

ผลของเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุน
เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป

EFFECTS OF PECTINASE AND CELLULASE ON JACKFRUIT COB
EXTRACTION FOR SYRUP PRODUCT DEVELOPMENT

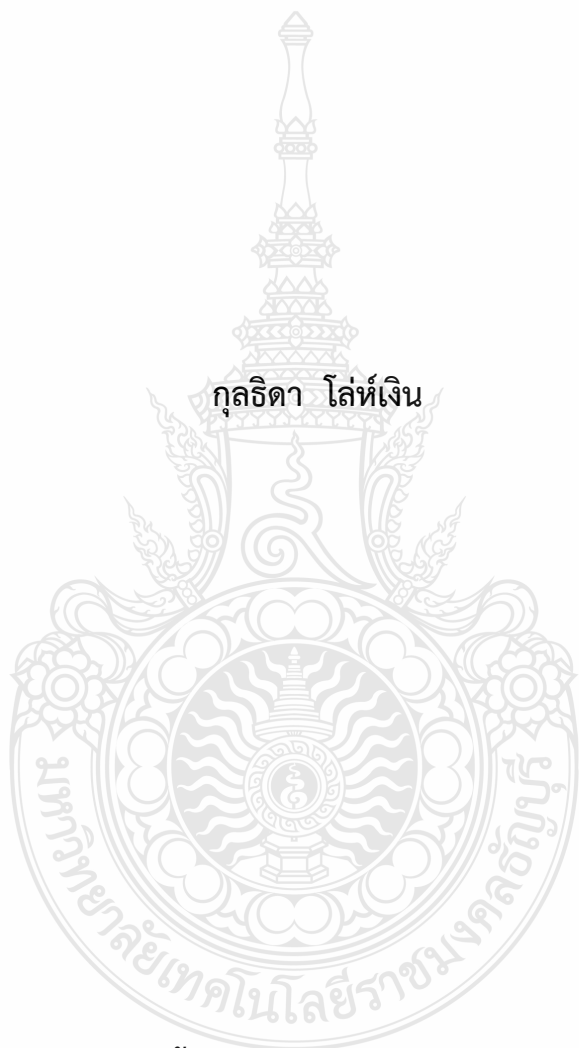
กุลธิดา โล่ห์เงิน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลของเอนไซม์เพคตินเอสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขุ่น
เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป

กุลธิดา โล่ห์เงิน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีศึกษาศาสตร์
คณะเทคโนโลยีศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า


This thesis consists of research materials conducted at Faculty of Home Economics, Rajamangala University of Technology Thanyaburi and hence the copyright owner. I hereby certify that the thesis does not contain any forms of plagiarism.

กุลธิดา โล่ต๊ะเงิน
(นางสาวกุลธิดา โล่ต๊ะเงิน)




หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุนเพื่อการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์ไซรัป
Effects of Pectinase and Cellulase on Jackfruit Cob Extraction for
Syrup Product Development
ชื่อ - นามสกุล นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน
สาขาวิชา เทคโนโลยีศหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปลัมภานนท์, ปร.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬกุลต์, Ph.D.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอลักษณ์ เสนีย์รัตน์, Ph.D.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปลัมภานนท์, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีศหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต


..... คณบดีคณะเทคโนโลยีศหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 2 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขุ่นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุพัฒน์ภานนท์, ประ.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขุ่น ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริ๊ไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซังขุ่น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ คือ ผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 150 คน โดยใช้แบบสอบถาม การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขุ่น โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.04 0.06 และ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 90 และ 150 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ร้อยละการส่องผ่านแสง และการทดสอบความชอบของผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยวิธี 9 Point Hedonic Scale ทำการผลิตไซรัปจากซังขุ่นตามกระบวนการที่เหมาะสม เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี ปริ๊ไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขุ่น

ผลการวิจัย พบว่า แนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปจากผลไม้ คือ ผู้บริโภคเห็นว่าไซรัปควรผลิตจากผลไม้ของไทย ร้อยละ 31.33 รูปแบบในการรับประทานที่เหมาะสม คือ รับประทานคู่กับขนมไทย ร้อยละ 15.16 บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ หลอดบีบพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 36.67 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขุ่น พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำซังขุ่น คือ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส และเวลาในการบ่ม 90 นาที ตามลำดับ และเมื่อนำไซรัปซังขุ่นมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 22.77 ± 0.04 ร้อยละการส่องผ่านแสง เท่ากับ 1.99 ± 0.01 และค่าความหนืด เท่ากับ 14.00 ± 0.05 เซนติพอยซ์ คุณสมบัติทางเคมี พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.75 ± 0.10 และคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.96 ถ้ามีผลิตภัณฑ์ไซรัปซังขุ่นออกมาจำหน่าย ผู้บริโภคจะซื้อ คิดเป็นร้อยละ 85.00

คำสำคัญ: ไซรัป ซังขุ่น เพคตินเนส เซลลูเลส ปริ๊ไบโอติก

Thesis Title	Effects of Pectinase and Cellulase on Jackfruit Cob Extraction for Syrup Product Development
Name – Surname	Miss Kulthida Longern
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Orawan Oupathumpanont, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Associate Professor Sunan Parnsakhorn, Ph.D.
Academic Year	2021

ABSTRACT

This research aimed to study the concepts in product development of fruit syrup by examining the optimal conditions for producing syrup from jackfruit cob and investigating the physicochemical and prebiotic properties, and consumers' acceptance of jackfruit cob syrup.

The samples employed to study the concept for developing fruit syrup products in this research were 150 consumers above 15 years by using questionnaire. The optimal conditions for producing syrup from jackfruit cob were studied along with pectinase at 3 levels: 0.04, 0.06 and 0.08 and cellulase at 2 levels: 0.1 and 0.2. The 3 levels of temperature used for incubation were 40, 45 and 50 degrees Celsius. The incubation period was at 3 levels: 30, 90 and 150 minutes under the factorial experiment design in completely randomized design (CRD). The optimized formulation was considerably selected based on physical properties: brightness (L^*), transmission and 100 consumers' preference test by using 9-point hedonic scale to produce syrup from jackfruit cob. The optimal procedure was employed to analyze physicochemical and prebiotic properties, including consumers' acceptance of syrup products from jackfruit cob.

The research results revealed that the concept development in syrup production from fruits that consumers wanted should be made from Thai fruits at 31.33%. The most suitable eating style was eating syrup with Thai desserts at 15.16% and the suitable packaging material was plastic tube at 36.67%. The optimal condition in producing syrup from jackfruit cob was the optimal condition for juice extraction from jackfruit cob with pectinase at 0.08 and cellulase at 0.2 under the curing temperature at 40 degrees Celsius and the curing time of 90 min, respectively. It was found that the physical properties of syrup from jackfruit cob were brightness (L^*) 22.77 ± 0.04 , transmission 1.99 ± 0.01 and viscosity 14.00 ± 0.05 cP. The chemical properties showed

that pH value was at 4.75 ± 0.10 and the overall preference test score was at 7.96. If syrup products made from jackfruit cob are available, 85% of consumers will buy them.

Keywords: syrup, jackfruit cob, pectinase, cellulase, prebiotic



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวิทย์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนัน ปานสาคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สุภา จุฬคุปต์ ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้ คำแนะนำและให้คำปรึกษาในกระบวนการจัดทำวิทยานิพนธ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณตลาดไท ที่สนับสนุนและจัดหาซึ่งขนุนในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ในหลักสูตรคหกรรมศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ที่ให้ความสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอด ระยะเวลาในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ เครื่องมือในการศึกษาวิจัยและทดสอบในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านที่สนับสนุนกำลังทรัพย์และให้กำลังใจตลอด ระยะเวลาการศึกษาวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนให้ความสนับสนุนช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าว นามมา ณ ที่นี้ด้วย



กุลธิดา โส้ทเงิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(6)
สารบัญ.....	(7)
สารบัญตาราง.....	(9)
สารบัญรูป.....	(10)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	13
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	13
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	13
1.5 คำจำกัดความในการวิจัย.....	14
1.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	14
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 ชนุน.....	15
2.2 ไשרิป.....	24
2.3 เอนไซม์.....	26
2.4 ฟรีไปโอดิก.....	41
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
3.1 วัตถุประสงค์.....	44
3.2 อุปกรณ์.....	44
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	45
3.4 ระยะเวลาในการทดลอง.....	53
3.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	53
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล.....	54
4.1 การศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไשרิปผลไม้.....	54
4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนสและเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อการผลิตไשרิปจากชังขนุน.....	66
4.3 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี ฟรีไปโอดิก และการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ไשרิปจากชังขนุน.....	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปลผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	82
5.1 สรุปลผลการทดลอง.....	82
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค.....	91
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการผลิตไซรัปจากชั่งขนุน.....	105
ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์.....	110
ภาคผนวก ง แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	114
ประวัติผู้เขียน.....	116



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของซังขนุน.....	20
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อขนุนและซังขนุน.....	20
ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด.....	29
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของผลไม้ (Fruit Cell).....	35
ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองที่ได้จากการทดลองแบบ Factorial in CRD	48
ตารางที่ 4.1 ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อความคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ...	56
ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค.....	57
ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค.....	58
ตารางที่ 4.4 แนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไซรีปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในอนาคต.....	64
ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของไซรีปจากซังขนุน.....	71
ตารางที่ 4.6 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไซรีปจากซังขนุน.....	74
ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฟิสิกส์ของไซรีปจากซังขนุน.....	76
ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	77
ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ไซรีปจากซังขนุน.....	79
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค.....	80
ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและ เอนไซม์เซลลูเลส.....	111



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1	กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 14
รูปที่ 2.1	ต้นขุ่น..... 16
รูปที่ 2.2	ต้นขุ่นป่า..... 16
รูปที่ 2.3	ต้นขุ่นบ้าน..... 17
รูปที่ 2.4	ขุ่นละมุด..... 18
รูปที่ 2.5	ขุ่นหนัง..... 18
รูปที่ 2.6	ขุ่นจำปาตะ..... 19
รูปที่ 2.7	ซังขุ่น (ก) ซังขุ่นที่ติดกับเปลือกขุ่น และ(ข) ซังขุ่นที่แยกออกจากเปลือกขุ่น..... 19
รูปที่ 2.8	ไอศกรีมซังขุ่นไขมันต่ำ..... 21
รูปที่ 2.9	ขนมทองม้วนเสริมโยอาหารจากซังขุ่น..... 22
รูปที่ 2.10	แฮมเสริมซังขุ่น..... 22
รูปที่ 2.11	ซังขุ่นแผ่นอบกรอบ..... 23
รูปที่ 2.12	แผ่นห่ออาหารจากซังขุ่น..... 23
รูปที่ 2.13	ไซร์ผลไม้..... 24
รูปที่ 2.14	กลไกการย่อยสารตั้งต้นของเอนไซม์..... 27
รูปที่ 2.15	โครงสร้างของเซลล์พืช..... 36
รูปที่ 2.16	ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเพคตินและสารประกอบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อผลไม้..... 36
รูปที่ 2.17	โมเลกุลของเพคติน (เส้นสีชมพู) ในเนื้อเยื่อของผัก ผลไม้ บริเวณ Middle Lamella และ ผนังเซลล์..... 37
รูปที่ 2.18	สายโมเลกุลเซลลูโลส..... 38
รูปที่ 2.19	ปฏิกิริยาย่อยเพคตินโดยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส..... 39
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม..... 45
รูปที่ 3.2	กระบวนการผลิตไซร์จากซังขุ่น..... 50
รูปที่ 4.1	ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์..... 62
รูปที่ 4.2	ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านราคา..... 62
รูปที่ 4.3	ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย..... 63
รูปที่ 4.4	ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านการส่งเสริมการตลาด..... 63
รูปที่ 4.5	แผนผังการแบ่งกลุ่ม 68
รูปที่ 4.6	ไซร์จากซังขุ่น (ก) สิ่งทดลองที่ 47 (ข) สิ่งทดลองที่ 48 และ (ค) สิ่งทดลองที่ 49..... 72
รูปที่ 4.7	เหตุผลของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์..... 81
รูปที่ 4.8	บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไซร์จากซังขุ่น..... 81

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.1 การเตรียมน้ำซังซนุน.....	106
รูปที่ ข.2 การเตรียมน้ำซังซนุนในสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลสในกระบวนการผลิตไซรัปจากซังซนุน.....	107
รูปที่ ข.3 แยกน้ำซังซนุนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง.....	108
รูปที่ ข.4 การระเหยแบบสุญญากาศด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ.....	109
รูปที่ ข.5 ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังซนุน.....	109



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนุนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญในเขตร้อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus heterophyllus* อยู่ในวงศ์ Moraceae ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานขนุนในรูปเนื้อม้วน เนื้อม้วน ขนุนสุกใช้รับประทานเป็นผลไม้ และใช้ทำขนมได้หลายชนิด เช่น ใสในไอศกรีม ลอดช่อง ลิงคโปร รวมมิตร ทานคู่กับข้าวเหนียวมูน ขนุนในน้ำเชื่อมกระป๋อง ขนุนอบแห้ง ขนุนทอดกรอบ ขนุนกวน ขนุนแช่อิ่ม แยมขนุน ส่วนขนุนอ่อนนำมาปรุงอาหารใช้เป็นผัก เช่น ใสในแกง ยำ ส้มตำ เป็นต้น [1] จากสถิติการปลูกขนุนหนึ่งในปี 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกขนุน 47,344 ไร่ ผลผลิตรวม 69,560 ตัน ต่อปี [2] ในประเทศไทยแปรรูปขนุนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมใช้ส่วนจากเนื้อม้วนขนุนเท่านั้น ส่วนเมล็ดขนุน มีปริมาณเหลือทิ้งสูงสุดถึง 19,600 -19,931 ตัน เมล็ดขนุนไปนำไปใช้ประโยชน์ยังมีน้อยส่วนใหญ่นิยมนำมาต้มเพื่อรับประทานเป็นอาหารว่างเท่านั้น แต่ซึ่งขนุน ผู้บริโภคไม่นิยมนำมารับประทานทำให้ซึ่งขนุนเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งขนุนที่เหลือส่วนมากนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และหมักปุ๋ยชีวภาพ ปัจจุบันซึ่งขนุนก็ยังคงเป็นเศษเหลือทิ้งจากการบริโภคเนื้อม้วนจำนวนมาก ซึ่งขนุนจึงกลายเป็นขยะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม คือ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลง พาหะของโรค ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เกิดการเสียสุขภาพ เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เป็นต้น [3] แต่ซึ่งขนุนยังคงมีกลิ่นและความหวาน 22 องศาบริกซ์ และมีคุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 [4]

ไซรัปผลไม้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากผลไม้ เป็นการถนอมอาหารโดยการใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงผสมกับน้ำผลไม้ ไซรัปมีลักษณะเป็นของเหลว มีความหนืดสูง สีของไซรัปอาจมีลักษณะขุ่นหรือใส มีกลิ่นรสของผลไม้ การนำไซรัปไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม ขนมหวาน นม ไอศกรีม โดยใช้เป็นสารให้ความหวาน สารให้กลิ่น รส ใช้ตกแต่งหน้าผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค [5] ไซรัป จึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตขนม เครื่องดื่ม นม อาหาร และขนมต่าง ๆ ปัจจุบันประเทศไทยสั่งซื้อไซรัป แยกเป็นวัตถุดิบประสงคดังนี้ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์และยา ร้อยละ 17 อุตสาหกรรมอาหาร ร้อยละ 45 นำเข้าบรรจุและจัดจำหน่าย ร้อยละ 3 และอื่น ๆ ร้อยละ 35 จะเห็นว่าการนำเข้าในอุตสาหกรรมอาหาร เท่ากับร้อยละ 45 ซึ่งมีมูลค่าประมาณ 250 - 300 ล้านบาท [6] ไซรัปเป็นสารให้ความหวานที่ปลอดภัยต่อสุขภาพเมื่อเทียบกับน้ำตาล คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยชะลอวัย ชะลอความแก่ชรา แล้วยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคร้ายแรงต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคมะเร็งและหลอดเลือด รวมไปถึงโรคที่เกี่ยวกับสมองต่าง ๆ ช่วยย่อยอาหาร ลดการเกิดแก๊สในกระเพาะอาหาร ท้องอืดและท้องผูก ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย [7]

พรีไบโอติกเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อโปรไบโอติก โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ช่วยป้องกันและลดอาการท้องเสียที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยย่อยและดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย และช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิด Low Density

Lipoprotein (LDL) ซึ่งขนุนมีส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ จัดเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ คือ น้ำตาลฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ หรือโอลิโกฟรุกโทส เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก [8]

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการนำซึ่งขนุนมาแปรรูปเป็นไซรัป เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ลดต้นทุนการสั่งซื้อไซรัป และเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของตลาด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซึ่งขนุน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี พรีไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัป

ซึ่งขนุน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส อุณหภูมิในการบ่ม และระยะเวลาในการบ่ม มีผลต่อคุณภาพไซรัปจากซึ่งขนุน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การผลิตไซรัปจากซึ่งขนุน มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.4.1 ขอบเขตเนื้อหาการวิจัย

1.4.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและออกแบบแบบสอบถาม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม ปรับปรุงและแก้ไขแบบสอบถาม

1.4.1.2 สืบค้นแนวความคิดของผู้บริโภคเกี่ยวกับในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินผล

1.4.1.3 การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตไซรัปจากซึ่งขนุน

1.4.1.4 ผลิตไซรัปจากซึ่งขนุน โดยปัจจัยในการศึกษามี 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.04 0.06 และ 0.08 [41,42] ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 [43] อุณหภูมิในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส [41,45] ระยะเวลาในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 90 และ 150 นาที [41,43] โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 54 สิ่งทดลอง และศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี ของน้ำซึ่งขนุน จากนั้นคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมเพื่อการผลิตไซรัปจากซึ่งขนุน

1.4.1.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี พรีไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซึ่งขนุน

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 ไชร์ป หมายถึง สารให้ความหวานที่อยู่ในรูปที่เป็นของเหลวเพื่อใช้แทนน้ำตาลทรายส่วนมากจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 20-30

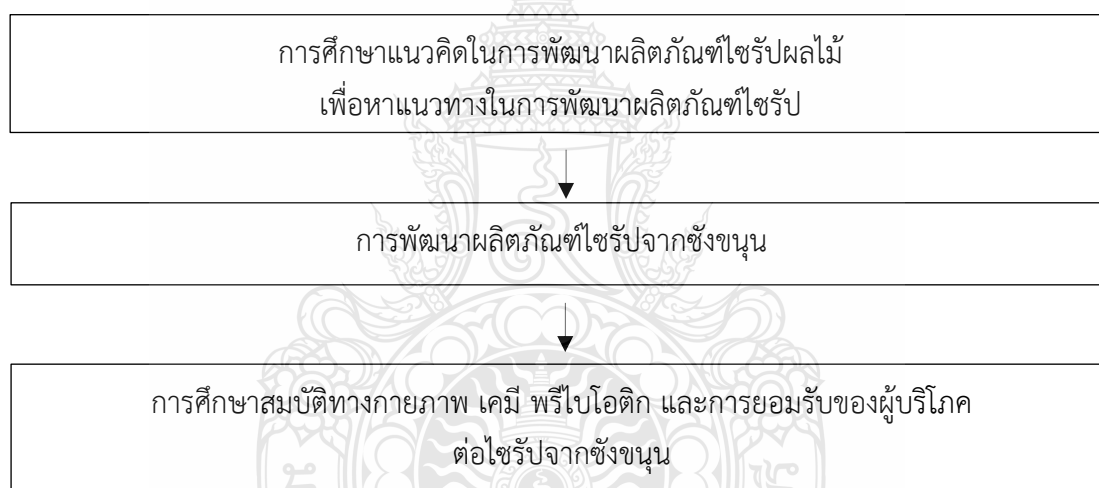
1.5.2 ชั่งขุ่น หมายถึง ส่วนของดอกตูมเมี่ยงที่ไม่ได้รับการพัฒนาจะกลายเป็นชั่งขุ่น

1.5.3 เพคตินเอส หมายถึง เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายเพคตินให้เซลล์พืชฉีกขาด

1.5.4 เซลลูเลส หมายถึง เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายเซลลูโลสให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง

1.5.5 พรูไบโอติก หมายถึง อาหารซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อย และไม่ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร ทั้งกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียบริเวณในลำไส้ใหญ่ โดยจะกระตุ้นการทำงานและส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โปรไบโอติก มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จัดเป็นอาหารในกลุ่ม Functional Food

1.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้แนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไชร์ปผลไม้

1.7.2 ได้สภาวะที่เหมาะสมการผลิตไชร์ปจากชั่งขุ่น

1.7.3 นำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลไม้ชนิดอื่น

1.7.4 เพิ่มมูลค่าให้กับชั่งขุ่นและการลดขยะทางการเกษตร

บทที่ 2

วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขนุน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ฟรีโบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซังขนุน ซึ่งมีวรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 ขนุน
- 2.2 ไซรัป
- 2.3 เอนไซม์
- 2.4 ฟรีโบโอติก
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนุน

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus heterophyllus* Lam

สกุล *Artocarpus*

วงศ์ Moraceae (Mulberry)

ชื่อสามัญ Jackfruit

ชื่อท้องถิ่น เปอะนวยสะ (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน), ปะหน่อยชะ (กะเหรี่ยงเชียงใหม่), ไฮเบร่ล่าง (ปะหล่อง), มะหนูน (คนเมือง), ปล้าหยุง (ม้ง)

ขนุนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญในเขตร้อน เป็นผลไม้พื้นเมืองของประเทศอินเดีย และประเทศในเขตร้อนอื่นๆ ขนุน มีผลออกทั้งปี จากสถิติการปลูกขนุนหนึ่งในปี 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกขนุน 59 จังหวัด ผลผลิตรวม 69,560 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 1,971 กิโลกรัม [2] ในประเทศไทยมีการบริโภคขนุนเนื้อขนุนสุก มีการแปรรูปใช้ประกอบอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของขนุน

ขนุนเป็นต้นไม้ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ อายุยืน มียางสีขาว ออกดอก และผลตามส่วนของลำต้นและกิ่งแก่ ลักษณะผลของขนุนภายนอกมีหนามถี่ ภายในมียางสีเหลืองหรือสีจําปา น้ำหนักของผลเฉลี่ยประมาณ 18 ถึง 50 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นรวดเร็วการออกผลจะใช้เวลาประมาณ 3-5 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของขนุนเป็นพันธุ์หนัก หรือเป็นพันธุ์เบา และการปลูกใช้ส่วนของเมล็ดหรือกิ่งทาบกิ่งและติดตา ถ้าใช้เมล็ดก็จะตกผลช้ากว่าการปลูกกิ่งทาบกิ่งหรือกิ่งติดตา ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ต้นขนุน
ที่มา : [8]

2.1.2 การจำแนกชนิดของขนุน

การจัดแบ่งชนิดขนุนที่ปลูกในประเทศไทยได้ 2 ชนิด คือ

2.1.2.1 ขนุนป่า ลักษณะลำต้นสูงใหญ่กว่าขนุนบ้านมาก ทรงต้นจะสูงชะลูดเกือบเท่าต้นยาง เพราะไม่ค่อยมีกิ่งกระโดงมาก ทรงพุ่มจึงไม่กว้าง แต่มีลำต้นขนาดใหญ่ ใช้แกะทำเครื่องดนตรีพวก จะเข้ ใช้ทำตุ้ โต้ะ แก่นใช้ย้อมสรง จีวรพระ ผลขนุนป่ากินไม่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ต้นขนุนป่า
ที่มา : [9]

2.1.2.2 ขนุนบ้าน มีลักษณะลำต้นคล้ายขนุนป่ามาก แต่ต้นจะเตี้ยกว่าขนุนป่า กิ่งกระโดงมีน้อยกิ่งค่อนข้างสั้น แก่นใช้ย้อมผ้าได้เช่นเดียวกับขนุนป่า แต่จะใช้ทำจะเข้าไม่ค่อยได้เพราะต้นมีขนาดใหญ่หายาก ผลมีรสหวานดีมาก สามารถใช้รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก เวลาสุกผิวจะมีสีเหลืองกลิ่นหอม รสของเนื้อจะหวาน ขนุนบ้านโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ขนุนบ้านจำแนกได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของเนื้อเวลาสุก คือ ขนุนละมุด ขนุนหนัง และขนุนจำปาตะ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ต้นขนุนบ้าน
ที่มา : [10]

1) ขนุนละมุด เป็นขนุนที่มีผลเล็ก ลักษณะของผลค่อนข้างกลม มีหนามถี่และแหลม เมื่อผลแก่ผิวเปลือกจะมีสีเขียวอมเหลือง หนามไม่มีรอบ สีน้ำตาลเหมือนขนุนหนัง เวลาสุกยวงจะอ่อนนุ่มเนื้อละเอียดและเหนียวเล็กน้อย รสชาติของเนื้อขนุนละมุดจะออกหวานจัด มีกลิ่นฉุน ซึ่งเนื้อนั้นสามารถใช้กวนทำแยมขนุน เวลารับประทานขนุนพันธุ์นี้เกือบจะไม่ต้องเคี้ยว สามารถกลืนได้เลย ขนุนละมุดเป็นขนุนที่มีเปลือกบาง เมื่อผลสุกแล้วเวลารับประทานสามารถใช้มือฉีกและดึงไส้ออกได้สะดวก ขนุนชนิดนี้ไม่สามารถจะแกะยวงเอาเมล็ดออกให้เหลือแต่ส่วนของเนื้อ โดยอยู่ในสภาพยวงอย่างเดิมได้ การขายจึงไม่ได้ราคา ส่วนมากจะขายเป็นผลขนุนอ่อนหรือขนุนดิบเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขนุนละมุด
ที่มา : [11]

2) ขนุนหนัง เป็นขนุนที่นิยมรับประทานหรือปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน เป็นขนุนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีผลขนาดใหญ่ ทรงผลกลมยาวหรือทรงป้อม ผิวเป็นหนาม เปลือกบางขนุนหนังเมื่อสุกจะเหนียวมียางมาก เนื้อยวงแห้งเหนียวแน่น แข็งกรอบไม่และ สามารถแกะออกเป็นยวง ๆ และแกะเมล็ดออกได้ง่าย เหมาะสำหรับรับประทานสด แช่เย็น อบแห้ง ขนุนอัดกระป๋องแช่แข็ง เนื้อยวงขนุนมีทั้งหนาทั้งบาง ขนุนหนังเป็นขนุนที่นิยมปลูกในทางการค้า สำหรับสีของเนื้อยวงขนุนหนังอาจแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ ขนุนฝ้าย เป็นขนุนที่มีเนื้อยวงเป็นสีขาว ขนุนเหลือง เป็นขนุนที่มีเนื้อเหลืองทอง และขนุนจำปา เป็นขนุนที่มีเนื้อยวงสีนาก [12] ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ขนุนหนัง
ที่มา : [13]

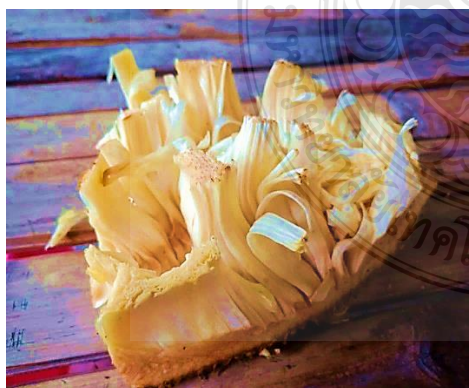
3) ขนุนจำปาตะ พบมากทางภาคใต้ ต้น ใบ และผลคล้ายกับขนุนหนั่ง ผลจะมีลักษณะยาวแต่ขนาดเล็กกว่าขนุนหนั่ง ให้ผลดกในแต่ละต้น เปลือกบางหนามที่ผลเล็ก น้ำยางน้อยกว่าขนุนทั่วไป เมื่อสุกเปลือกฉีกง่ายและแถบไม่มียาง เวลาผ่าผลยวงจะแยกออกจากเปลือก เนื้อยวงค่อนข้างและ รสหวานหอม กลิ่นฉุนมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขนุนจำปาตะ
ที่มา : [13]

2.1.3 ชั่งขนุน

ชั่งขนุน (Jackfruit Cob) เปลี่ยนแปลงมาจากผนังของรังไข่ หรือส่วนของดอกตัวเมียที่ไม่พัฒนา จะกลายเป็นชั่งขนุน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ชั่งขนุนเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ จึงนำมาผลิตเป็นไซรัปชั่งขนุน ซึ่งมีความหวานและสารอาหารต่าง ๆ ของชั่งขนุน ดังแสดงในตารางที่ 2.1



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.7 ชั่งขนุน (ก) ชั่งขนุนที่ติดกับเปลือกขนุน และ (ข) ชั่งขนุนที่แยกออกจากเปลือกขนุน
ที่มา : [14]

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของซังขนุน

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย
ความชื้น	66.60	ร้อยละ
ไขมัน	0.00	ร้อยละ
คาร์โบไฮเดรต	29.20	ร้อยละ
เส้นใย	1.80	ร้อยละ
โปรตีน	1.40	ร้อยละ
พลังงาน	122.00	กิโลแคลอรี/100กรัม
แคลเซียม	21.00	มิลลิกรัม/100กรัม
ฟอสฟอรัส	13.00	มิลลิกรัม/100กรัม
เหล็ก	0.20	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามินบี 1	0.08	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามินบี 2 วิตามินซี	0.15	มิลลิกรัม/100กรัม
ไนอาซิน	0.00	มิลลิกรัม/100กรัม
วิตามินเอ	0.00	หน่วยสากล

ที่มา : [15]

เนื้อขนุนและซังขนุนมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน โดยเนื้อขนุนและซังขนุนมีความชื้น ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อขนุนและซังขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	เนื้อขนุน	ซังขนุน	หน่วย
ความชื้น	78.49	79.33	ร้อยละ
ปริมาณเถ้า	0.65	0.79	ร้อยละ
ไขมัน	0.20	0.62	ร้อยละ
โปรตีน	0.88	1.13	ร้อยละ
คาร์โบไฮเดรต	19.78	18.13	ร้อยละ

ที่มา : [15]

เนื้ชงนุและชงงนุ ประกอบดว้ยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ กลูโคส และฟรุกโทส และ น้ำตาลโมเลกุลคู่ ได้แก่ ซูโครส แต่ในเนื้ชงนุ พบว่ามีปริมาณมากกว่า โดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็น ธรรมชาติของชงนุที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเนื้ชงนุสูงกว่าฟรุกโทสและกลูโคส [16]

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ขนมที่ใช้ชงงนุเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

2.1.4 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชงงนุ

2.1.4.1 ไอศกรีม (Ice Cream) ชงงนุไขมันต่ำ ใช้ชงงนุทดแทนไขมันผลิตมาจาก เวย์โปรตีน ซึ่งเป็นการเลียนแบบไขมัน แต่ให้พลังงานและโคเลสเตอรอลน้อยกว่าไขมันปกติ โดยการแปร ปริมาณพิวรีชงงนุเป็นร้อยละ 15 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ชงงนุไขมันต่ำที่ผลิตได้มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 30.00 โปรตีน ร้อยละ 3.28 ไขมัน ร้อยละ 0.88 พลังงานทั้งหมด 12.5 กิโลแคลอรี [17] ไอศกรีมชงงนุไขมันต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ไอศกรีมชงงนุไขมันต่ำ

ที่มา : [17]

2.1.4.2 ขนมทองม้วน (Kanhom Tong-Muan) ใช้ชงงนุแห้งที่อบในตู้ 45-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-16 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด ซึ่งเป็นการนำชงงนุแห้งทดแทน แป้งเพื่อเพิ่มใยอาหารในขนมทองม้วน ในปริมาณ ร้อยละ 10 เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด มีใยอาหาร เท่ากับ 2.67 กรัม [18] ขนมทองม้วนเสริมใยอาหารจากชงงนุ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ขนมทองม้วนเสริมใยอาหารจากชังขนุน
ที่มา : [18]

2.1.4.3 การผลิตเอทานอล (Ethanol) จากชังขนุน ใช้ส่วนชังขนุนที่ไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร ที่เวลา 8 ชั่วโมง โดยใช้ยีสต์ร้อยละ 5 โดยปริมาตรของน้ำตาลรีตีวซ์และค่า pH เท่ากับ 4.00 ที่เวลา 24 ชั่วโมง จะได้ปริมาณเอทานอลสูงสุด 2.8 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 100 กรัมชังขนุน [19]

2.1.4.4 การผลิตแหนม (Naem) ผสมชังขนุนเพื่อเสริมโปรไบโอติก โดยการนำชังขนุนบดให้ละเอียดก่อนนำไปใช้ และมีส่วนประกอบดังนี้ คือ เนื้อหมู หนังกหมู กระเทียม ชังขนุนบดละเอียด พริกขี้หนูสวน เกลือ และผงชูรส [20] หมักจนได้ผลิตภัณฑ์แหนมเสริมชังขนุน ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แหนมเสริมชังขนุน
ที่มา : [20]

2.1.4.5 ชังขนุนแผ่นอบกรอบ (Snack from Jackfruit Sepal) โดยนำชังขนุนอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 มาป่น แล้วนำมาควนกับฟลาวเมิลด์ขนุน ที่ 80 องศาเซลเซียส นำไปอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จึงนำมาตัดได้ขนาด นำไปทอด 5 วินาที คลุกผงปรุงรส และนำไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที [21] ดังแสดงใน รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ชังขนุนแผ่นอบกรอบ
ที่มา : [21]

2.1.4.6 แผ่นห่ออาหาร (Food Wrapping Sheets) จากชังขนุน โดยนำชังขนุนพันธุ์ มาเล กระบวนการที่เหมาะสมในการผลิต คือ อัตราส่วนของชังขนุนต่อน้ำเป็น 1:3 ต้มเป็นเวลา 30 นาที แผ่นห่ออาหารจากชังขนุนมาใช้ประโยชน์ในการห่ออาหารในรูปของแผ่นสด ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ได้แก่ ใช้ห่อแหนมเนืองและรูปของแผ่นทอด ได้แก่ ถูงทอง [22]



รูปที่ 2.12 แผ่นห่ออาหารจากชังขนุน
ที่มา : [22]

2.2 ไชร์ป

ไชร์ปผลไม้ (Fruit Syrup) คือ ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากผลไม้ เป็นการถนอมอาหารโดยการใช้ น้ำตาลความเข้มข้นสูงผสมกับน้ำผลไม้ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น ที่มีค่า Water Activity (a_w) ต่ำ ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสีย ไชร์ปผลไม้จึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้ มีลักษณะเป็นของเหลว มีความหนืดสูง โดยความหนืดของไชร์ปเกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างสารละลายน้ำตาลซึ่งเป็นกลุ่มของไฮดรอกไซด์ [23] สีของไชร์ปอาจมีลักษณะขุ่นหรือใส มีกลิ่นรสของผลไม้ มีส่วนของน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 และมีปริมาณสารที่ละลายน้ำได้น้อยร้อยละ 65 แต่มีความเป็นกรดต่ำ ถ้ามีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 68 ต้องใช้สารกันเสีย (Preservative) ช่วยในการเก็บรักษาหากต้องการตีพิมพ์เป็นเครื่องดื่มต้องทำให้เจือจางก่อนดื่ม ซึ่งควรมีสารที่ละลายน้ำร้อยละ 10-20 และมีความเป็นกรด 0.5-0.6 [5] ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ไชร์ปผลไม้
ที่มา : [24]

2.2.1 ลักษณะของไชร์ปผลไม้

ตามมาตรฐานของไชร์ปผลไม้ของสถาบันมาตรฐานของศรีลังกา ได้กำหนดมาตรฐานของไชร์ปผลไม้ว่า ผลไม้ที่มีส่วนประกอบต้องเป็นเนื้อผลไม้หรือน้ำผลไม้ที่ไม่มีเมล็ดและเปลือกของผลไม้ ผลไม้ที่นำมาทำการผลิตต้องมีคุณภาพสะอาดและมีความเหมาะสม ผลไม้ที่ใช้ต้องไม่ผ่านกระบวนการหมัก ปราศจากแมลงที่เป็นพาหนะก่อโรค ต้องเป็นผลไม้ส่วนประกอบไม่น้อยกว่า ร้อยละ 45 ของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบ น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (ซูโครส) กลูโคส ฟรุคโตส กลูโคสไชร์ป น้ำตาลอินเวิร์ท กรดที่ใช้เป็นส่วนประกอบ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก กรดมาลิก กรดแลกติก กรดฟูมาริก

ลักษณะทั่วไป ผลิตภัณฑ์ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน มีความข้นหนืด และมีสีสม่ำเสมอ ไม่มีเมล็ด เศษเปลือก เนื้อ และสารที่เติมไปในผลิตภัณฑ์ก่อกวนและกลั่นรสผลิตภัณฑ์ต้องมีกลิ่นรสและกลิ่นที่ดี ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม ต้องไม่มีกลิ่นไหม้หรือกลิ่นน้ำตาลไหม้ กลั่นรสตามธรรมชาติของผลไม้ไม่ต้องคงอยู่ ไม่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้ทำการเจือจางไซรัปผลไม้ ต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก [5]

2.2.2 กระบวนการผลิตไซรัป

การผลิตไซรัปผลไม้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.2.1 การสกัด (Extraction) โดยในการสกัดผลไม้มี 2 วิธี คือ

1) การสกัดโดยใช้เอนไซม์ เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ลักษณะขุ่นและมีความหนืดต่ำ

2) การสกัดโดยวิธีเชิงกล สกัดโดยเครื่องแยกกาก (Pulper) เพื่อทำการแยกส่วนที่เป็นกากและเมล็ดออกจากส่วนของเนื้อผลไม้ ให้ได้ส่วนของเนื้อผลไม้ที่เรียกว่า พิวรี (Puree)

2.2.2.2 การทำให้เข้มข้น เป็นการทำให้ผลไม้เข้มข้นที่สามารถบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย วิธีการทำให้ผลไม้เข้มข้นมี 4 วิธี คือ

1) การให้ความร้อนโดยตรง คือการต้มเคี่ยวในภาชนะ เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย แต่มีข้อเสีย คือ การควบคุมอุณหภูมิไม่ได้ มีการเปลี่ยนแปลงของ รส กลิ่น สี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่ให้กลิ่นเพราะถูกออกซิไดซ์ และกรดอะมิโนจะเกิดปฏิกิริยามิลลาร์ดกับน้ำตาลรีดิวซ์ [16]

2) การทำให้เข้มข้นโดยการแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีที่ได้ผลดีแต่มีค่าใช้จ่ายสูงมากและทำให้เข้มข้นได้สูงสุดเพียงร้อยละ 50 [25]

3) รีเวอร์ออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) หรือไฮเปอร์ฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) เป็นวิธีการแยกซับซ้อนขึ้น หรือเรียกว่าการเอาน้ำออก (Dewatering) เพราะวิธีนี้จะยอมให้น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150 ดาลตัน (Daltons) จะไม่สามารถผ่านไปได้ วัสดุที่เป็นเยื่อกรองได้แก่

(1) วัสดุที่ทำจากเยื่อกรองจำพวกเซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose Acetate: CA) มีคุณสมบัติ คือ ปริมาณของเหลวไหลผ่านเยื่อกรองสูง กักเก็บสารโมเลกุลเล็ก ๆ หรือ อีออนไว้ได้มากแต่มีข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิ ความคงทนต่อกรด - ด่าง และไม่ทนต่อการถูกทำลายโดยจุลินทรีย์และเอนไซม์

(2) เยื่อกรองซึ่งไม่ได้ทำจากเซลลูโลส (Non- Cellulose Membrane) ทนต่อความร้อนและสารเคมี จึงมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการแปรรูป

(3) โพลีเมอร์หลายชนิดผสมกันเป็นแผ่นฟิล์มบาง (Thin-Filmed Composite : TFC) ซึ่งทำจากโพลีเมอร์ชนิดต่าง ๆ คือ โพลีเอไมด์ (Polyamide) โพลีซัลโฟน (Polysulphone) เยื่อกรองชนิดนี้ทนต่อกรด-ด่าง มากขึ้น และทำความสะอาดได้แต่ไม่ทนความร้อน

คุณสมบัติเยื่อกรองในวิธีการนี้นิยมบอกเป็นอัตราซึมผ่านของน้ำและรีเทนชันของเกลือ (NaCl Retention) ที่สภาวะหนึ่ง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้น เป็นต้น

(4) การระเหยภายใต้ระบบสุญญากาศ (Vacuum Evaporation) การระเหยเป็นวิธีการที่เก่าแก่ที่สุดและยังคงมีการใช้อยู่ โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการใช้อย่างกว้างขวางหลักการ คือ แยกน้ำออกไปโดยใช้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำ ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน จึงอาจทำให้อาหารสูญเสียคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ลดอุณหภูมิภายใต้ความดันต่ำ โดยต่อกับปั๊มสุญญากาศ เรียกวิธีการนี้ว่า การระเหยภายใต้สุญญากาศ น้ำจะถูกแยกออกไปที่อุณหภูมิต่ำพอที่จะไม่ทำให้อาหารสูญเสียคุณภาพ เริ่มใช้อุณหภูมิที่ 21 – 50 องศาเซลเซียส แม้ว่าจะมีวิธีการใหม่ ๆ ในการทำให้น้ำผลไม้เข้มข้น แต่วิธีการนี้ยังคงนิยมใช้กันอย่างมากเนื่องจากมีหลายแบบให้เลือก โดยจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ ซึ่งมีข้อจำกัดแตกต่างกัน เช่น การไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง การมีสิ่งเจือปนทำให้เกิดการอุดตัน และมีความหนืดสูง เป็นต้น ในปัจจุบันยังคงเลือกวิธีการระเหยภายใต้สุญญากาศเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการทำให้น้ำผลไม้เข้มข้น [5]

2.2.3 การใช้ประโยชน์ของไซรัปในอุตสาหกรรมอาหาร

โดยใช้เป็นสารให้ความหวาน สารให้กลิ่น รส ใช้ตกแต่งหน้าผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค เช่น ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ดังนี้

2.2.3.1 ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน โดยใช้เป็นสารให้ความหวานและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เช่น ลูกอม เยลลี่ วุ้น

2.2.3.2 ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยใช้เป็นสารให้ความหวาน สารให้กลิ่น รส ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหรือตกแต่งหน้าไอศกรีม

2.2.3.3 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยใช้เป็นสารให้ความหวาน และสารให้กลิ่นรสรับประทานคู่กับ เค้ก พาย แพนเค้ก เช่นเดียวกับแยม

2.2.3.4 ผลิตภัณฑ์นม เป็นสารให้ความหวานในนมสดร้อนและเย็น ครีมชนิดอื่น ๆ

2.2.3.5 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โดยการเจือจางด้วยน้ำ เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพหรือเป็นส่วนประกอบของกาแฟ ค็อกเทล

2.2.3.6 ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยใช้เป็นสารให้สีในอาหาร และยา

2.3 เอนไซม์

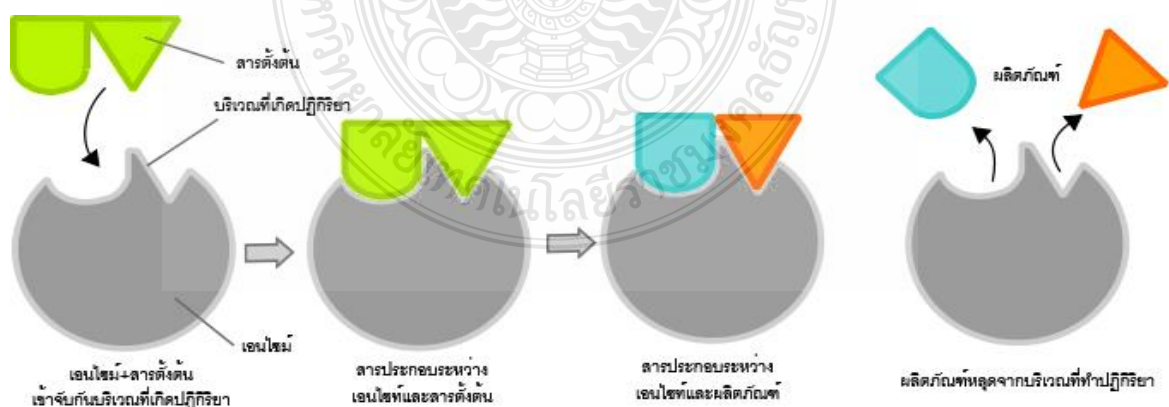
2.3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเอนไซม์

เอนไซม์ คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เกิดในสิ่งมีชีวิต (Biocatalyst) ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นได้ถึง 10^8 – 10^{14} เท่าของปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ในปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง สารที่เข้าปฏิกิริยากัน (Reactant) มีชื่อเรียกว่า ซับสเตรท (Substrate) เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาที่มีซับสเตรทชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะเท่านั้น เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่มีลักษณะ

เป็นก้อน (Globular Protein) ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ในการทำงานจะขึ้นอยู่กับโครงสร้าง (Conformation) ของโปรตีน เอนไซม์ บางชนิดทำงานได้ต่อเมื่อมีโคแฟกเตอร์ (Cofactor) ซึ่งไม่ใช่โปรตีนอยู่ด้วย [23]

เอนไซม์มีความจำเพาะ (Specificity) ต่อซับสเตรตสูงมาก เช่น เอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน จะไม่ย่อยสลายพันธะไกลโคซิลของคาร์โบไฮเดรต หรือพันธะเอสเทอร์ในลิพิด และจะไม่สามารถย่อยสลายพันธะเพปไทด์ของโปรตีนได้ทั้งหมด ความจำเพาะของเอนไซม์ที่มีต่อซับสเตรตเช่นนี้ สามารถที่จะบ่งบอกได้ว่าซับสเตรตจะต้องมีโครงสร้างที่เหมาะสมสอดคล้องกันพอดี (Complementary) กับเอนไซม์และโคแฟกเตอร์ เหมือนลักษณะทางกายภาพและลูกกุญแจ (ซับสเตรต) กับแม่กุญแจ (เอนไซม์และโคแฟกเตอร์) หรือสามารถชักนำให้เกิดการรวมตัวกันได้ และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น ทั้งนี้เอนไซม์และโคแฟกเตอร์จะต้องจับกับซับสเตรตก่อน จึงจะเกิดการเร่งได้เป็นผลิตภัณฑ์ดังนี้ [26]

เอนไซม์ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่พบได้แก่ โพลีกลาลิคาเลส เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรส วัไลเนส ลามินาริเนส แอลฟาแมนโนซิเดส เบต้ากลาลิโคซิเดส อะมัยเลส เซลลูเลส เอมิเซลลูเลส เอนโดเบต้าแมนนาเนส และกาแลคทาเนส ในระหว่างผลไม้สุกเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารประกอบเพคติน ได้แก่ เอนไซม์โพลีกลาลิคาเลสไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรสจะมีความทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้นหลังจาก Climateric Peak เอนไซม์เซลลูเลสและเอมิเซลลูเลสจะมีความทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของผลไม้สุกและจะลดลง เอนไซม์วัไลเนสและอะมัยเลสจะมีความทำงานของเอนไซม์คงที่ ในขณะที่เอนไซม์แอลฟาแมนโนซิเดสและลามินาริเนสมีความทำงานของเอนไซม์สูงในช่วง Climateric ส่วนเอนไซม์เอนโดเบต้าแมนนาเนส และกาแลคทาเนสมีความทำงานของเอนไซม์ต่ำในระหว่างการสุก [27] โดยแสดงกลไกการย่อยสารตั้งต้นของเอนไซม์ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กลไกการย่อยสารตั้งต้นของเอนไซม์
ที่มา : [28]

ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ไม่นั้นมีปัญหาเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบหลายประการ เนื่องจากความแปรปรวนขององค์ประกอบซึ่งขึ้นกับ สายพันธุ์ ฤดูกาลในการปลูกและระยะของการสุก วัตถุประสงค์หลักในอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้ต้องการแปรรูปโดยใช้ปริมาณผลไม้มากที่สุด มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดและจะต้องรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายทั้งในด้านรสชาติและการเก็บรักษาสำหรับผลไม้ที่มีเพคตินสูงจะทำให้เกิดปัญหาในการผลิตเนื่องจากมีความหนืดสูงและเกิดเจล ดังนั้นจึงเริ่มมีการประยุกต์ใช้เอนไซม์เพคตินเนสในการผลิตน้ำแอปเปิลชนิดใสในปี 1930 ซึ่งจะช่วยให้ขนาดของเพคตินสั้นลง ความหนืดและระยะเวลาในการผลิตลดลง ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำแอปเปิลในระดับอุตสาหกรรม ต่อมาจึงได้มีการนำมาใช้ในผลไม้ชนิดอื่น ๆ เช่น แอปเปิ้ล กล้วย ฝรั่ง ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ เชอร์รี่ แครนเบอร์รี่ และองุ่น เป็นต้น และยังพบว่าการใช้เอนไซม์จะช่วยให้อายุของ น้ำผลไม้ที่สกัดได้ดีขึ้นด้วย ต่อมามีการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับอะไมเลส (Amylase) เพื่อช่วยย่อยแป้งของแอปเปิลระหว่างขั้นตอนการทำให้ใสโดยใช้ความร้อนซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดความขุ่น ทั้งในขั้นต้นและหลังการเก็บรักษา การใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับเฮมิเซลลูเลส (Hemicellulase) ช่วยลดความหนืดของเนื้อเยื่อแอปเปิล จึงใช้แรงน้อยลงในการบีบอัดเพื่อแยกน้ำและทำให้ผลผลิตสูงประยุกต์มีนัยสำคัญ การใช้เพคตินเนสร่วมกับ อราบินเนส (Arabinase) ช่วยทำให้ความขุ่นของน้ำผลไม้เข้มข้นที่มีสาเหตุจาก Arabans ลดลง การแยกอะลาบินเนสออกไปจากน้ำแอปเปิลจะช่วยให้เกิดความใสและความคงตัวของน้ำแอปเปิลและน้ำแอปเปิลเข้มข้น นอกจากนี้ยังมีการเติมเซลลูเลสร่วมกับเพคตินเนสเพื่อย่อยผนังเซลล์ของผลไม้ ทำให้การสกัดน้ำผลไม้ง่ายขึ้น แต่น้ำผลไม้ที่ได้จะมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีปริมาณโพลีแซคคาไรด์ละลายออกมาได้มากขึ้น [29] ซึ่งมีผลต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของน้ำผลไม้ จึงได้มีการศึกษาผลกระทบของการใช้เอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลสยี่ห้อต่าง ๆ ที่ใช้ในเชิงการค้า สัดส่วนต่าง ๆ กันในการย่อยผนังเซลล์ของแอปเปิลโดยศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำแอปเปิลที่ได้ ได้แก่ เพคตินเนส โยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำรวมถึงขนาดโมเลกุลของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ การย่อยผนังเซลล์ทำให้มีปริมาณโยอาหาร พวกออลิโกเมอร์และโพลิเมอร์เพิ่มขึ้น (Oligomeric และ Polymeric Dietary Fibre) [30]

ด้านอุตสาหกรรม การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมได้มีวิวัฒนาการจนถึงปัจจุบัน การใช้ งานเอนไซม์แต่ละชนิดจะเป็นไปตามลักษณะการใช้งานนั้น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน เช่น เพื่อการผลิตสารใหม่ ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
แอมิเลส (Amylases)	ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลจากการย่อยสสารสำหรับใช้ในกระบวนการหมัก
	เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	เพื่อเปลี่ยนสสารเป็นน้ำตาลหมัก เพื่อแยกสสารออกจากสารละลายจะช่วยลดความขุ่น และความหนืดเนื่องจากแป้ง
	ผลิตภัณฑ์ธัญชาติ	เพื่อเปลี่ยนสสารเป็นมอลโทเดกซ์ทรินและน้ำตาล เพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ หรืออีกนัยหนึ่งทำให้สายโมเลกุลแอมิโลสสั้นลง จะเพิ่มการละลายน้ำและการดูดซับน้ำได้ดีขึ้น
	ซ็อกโกแลต – โกโก้	เพื่อลดความหนืดของแป้ง ทำให้การไหลอิสระดีขึ้น
	ขนมหวาน	เพื่อแยกคืนน้ำตาลจากเศษลูกกวาด (Candy Scraps)
	น้ำผลไม้	เพื่อแยกและทำลายสสาร ซึ่งช่วยประสิทธิภาพการสกัดน้ำผลไม้จากเนื้อผลไม้
	เพคติน	เพื่อช่วยกระบวนการสกัดเพคตินจากผลไม้ เช่น เนื้อแอปเปิล
เซลลูเลส (Cellulases)	น้ำเชื่อม	เพื่อเปลี่ยนแปลงน้ำตาลเชิงเดี่ยว เช่น น้ำเชื่อมกลูโคส (Glucose Syrup)
	ผงซักฟอก	เพื่อขยายเส้นใยเซลลูโลสของผ้า ทำให้เอนไซม์เข้าสู่เนื้อผ้า และทำให้สิ่งสกปรกหลุดจากเนื้อผ้าได้ง่ายขึ้น
	เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กสำหรับหมักแอลกอฮอล์
	ผลไม้	ช่วยแยกส่วนเนื้อหยาบของผลแพร์ แยกเปลือกของแอฟริคอต และของมะเขือเทศ

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด (ต่อ)

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
เดกซ์เทรนซูเครส (Dextranucrase)	น้ำเชื่อม	ทำให้น้ำเชื่อมเข้มข้นขึ้น เนื่องจากมีการสร้างเดกซ์แทรนจากน้ำตาลซูโครส
	ไอศกรีม	เพื่อเพิ่มเดกซ์แทรนเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและเพิ่มลักษณะมีเนื้อ
อินเวอร์เทส (Invertase)	น้ำผึ้งเทียม	ใช้ในการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส
	ลูกกวาด	ใช้ในอุตสาหกรรมการทำลูกกวาด และเคลือบด้วยช็อกโกแลตนิ่มผสมครีม
แล็กเทส (Lactase)	ไอศกรีม	เพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลแล็กโทส ซึ่งผลึกเหล่านี้จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อหยาบ
	อาหารสัตว์	ช่วยเปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสเป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว คือกาแล็กโทส และกลูโคส ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยนมในร่างกาย
	นม	ช่วยทำให้โปรตีนนมมีความเสถียร โดยแยกส่วนของน้ำตาลแล็กโทสออกไป โดยทั่วไปจะใช้กับผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง
แทนเนส (Tannase)	เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	เพื่อแยกสารประกอบพอลิฟีนอล
เพนโทซานเนส (Pentosanase)	กระบวนการโมแป็ง	แยกแป้งบริสุทธิ์กลับคืนจากแป้งสาลี
นารินจินเนส (Naringinase)	ผลไม้ตระกูลส้ม	เพื่อลดสารขมในผลไม้และสารขมในพืชดินที่สกัดได้โดยการย่อยสลายสารขม คือ นารินจิน

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด (ต่อ)

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
เพคตินเนส (Pectinase)		
ในกรณีให้ประโยชน์	ซีอิกโกลแลต - โกลโก้	ช่วยในการย่อยสลายเพคตินในระหว่างการหมักเมล็ดโกโก้
	กาแฟ	ทำให้มีการย่อยสลายเพคตินเจลที่เคลือบในระหว่างการหมักเมล็ดกาแฟ
	ผลไม้	ช่วยทำให้ผลไม้ฉ่ำ
	น้ำผลไม้	ช่วยการสกัด ทำให้น้ำผลไม้ใส ได้ผลผลิตสูง
	โอลิว	ช่วยการสกัดน้ำมัน
	ไวน์	ช่วยแยกเพคตินทำให้ไวน์ใส
	ในกรณีให้โทษ	น้ำผลไม้ตระกูลส้ม
โปรติเอส	ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	เพิ่มความนุ่มในแป้งนวด ลดเวลานวด เพื่อการยึดของแป้งนวด ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังมีความเป็นรูพรุนสม่ำเสมอขนาดก้อนโต
	เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	พัฒนาให้มีเนื้อ กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหารในระหว่างการหมักและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกรอง การทำให้ใส และลดการตกตะกอนในระหว่างการแช่เย็น
	ธัญชาติ	เพื่อตัดแปลงโปรตีนให้ธัญชาติ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้ง ตลอดทั้งจะช่วยปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์
	เนยแข็ง	เกิดการตกตะกอนโปรตีนนมสำหรับผลิตเนยแข็งผลิตเคซีน เกิดกลิ่นรสระหว่างการบ่มเนยแข็ง

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด (ต่อ)

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
โปรติเอส	ไข่และผลิตภัณฑ์จากไข่	ปรับปรุงสมบัติด้านการทำแห้ง
	อาหารสัตว์	การย่อยสลายโปรตีนจากของเหลือทิ้งเป็นกรดแอมิโนหรือสารเพปไทด์สั้นสำหรับผสมในอาหารสัตว์
	ไฮโดรไลเตสของโปรตีน	กระบวนการผลิตน้ำซอสปรุงรส น้ำปลา และน้ำซุ้จากวัตถุดิบที่มีโปรตีน ทั้งจากพืช สัตว์
	ไวน์ เบียร์	กระบวนการแยกตะกอนโปรตีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ใส อาจเพิ่มฟองในเบียร์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนของโปรตีนละลายน้ำมากขึ้น เพิ่มเนื้อให้ผลิตภัณฑ์ด้วย
	เนื้อสัตว์	กระบวนการทำให้เนื้อนุ่ม
ผงซักฟอก	ผสมในสารซักฟอกเพื่อละลายสิ่งสกปรกที่เป็นโปรตีน	
ไลเปส (Lipase)		
ในกรณีให้ประโยชน์	เนยแข็ง	ย่อยสลายไขมันในระหว่างการบ่ม เกิดกรดไขมันอิสระ ช่วยเพิ่มกลิ่นรสผลิตภัณฑ์
	นม นมไขมัน	ช่วยเพิ่มกลิ่นรสเฉพาะในนม
ในกรณีให้โทษ	ผงซักฟอก	ช่วยลดแรงตึงผิว
	ธัญชาติ	เกิดสีน้ำตาลเข้มของเค้กผสมข้าวโอ๊ต และเกิดการเปลี่ยนสีน้ำตาล (Brown Discoloration) ของรำข้าวสาลี
	นมและผลิตภัณฑ์นม	เกิดกลิ่นหืน
	น้ำมัน	เกิดกลิ่นหืน

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด (ต่อ)

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
ฟอสเฟตเทส (Phosphatases)	อาหารเด็ก เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ นม	เพิ่มปริมาณฟอสเฟต ย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟต ตรวจสอบประสิทธิภาพของการพาสเจอร์ไรซ์
นิวคลีเอส (Nucleases)	สารปรุงแต่งกลิ่นรส	การผลิตสารนิวคลีโอไทด์และสารนิวคลีโอไซด์
เพอร์ออกซิเดส (Peroxidases)	ผัก	เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการลวก (Blanching)
ในกรณีให้ประโยชน์	การวิเคราะห์หาน้ำตาลกลูโคส	ใช้เพอร์ออกซิเดสร่วมกับกลูโคสออกซิเดสในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเลือด ปัสสาวะเกิดกลิ่นรสผิดปกติ
ในกรณีให้โทษ	ผัก ผลไม้	มีส่วนในการทำให้เกิดสีน้ำตาล มีส่วนในการทำให้เกิดสารสีน้ำตาล
แคทาเลส (Catalases)	นม	การทำลาย H ₂ O ₂ หลังกระบวนการ Cold Pasteurization หรือการฆ่าเชื้อด้วย H ₂ O ₂
กลูโคสออกซิเดส (Glucose Oxidase)	ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ	การกำจัดก๊าซออกซิเจน หรือกลูโคส จากผลิตภัณฑ์ เช่น เบียร์ เนยแข็ง เครื่องดื่มที่มีกรดคาร์บอนิก ไซฟอง น้ำผลไม้ เนื้อและปลา นมผง ไวน์ โดยใช้ร่วมกับแคทาเลส เพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาล
	การวิเคราะห์น้ำตาลกลูโคส	ใช้วิธีจำเพาะในการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส โดยใช้ร่วมกับเพอร์ออกซิเดส

ตารางที่ 2.3 การใช้งานเอนไซม์แต่ละชนิด (ต่อ)

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ / ชนิดอุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์ หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidases)	ในกรณีให้ประโยชน์ ในกรณีให้โทษ	ชา กาแฟ และยาสูบ ผลไม้ ผัก
ลิปอกซิเจเนส (Lipoxygenase)	ผัก	เพื่อพัฒนาให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการบ่มระหว่างการทำและทำให้เกิดการสุกงอม เกิดการพัฒนากาเกิดสีน้ำตาล เกิดกลิ่นรสผิดปกติ และการสูญเสียวิตามินจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน
กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid Oxidase)	ผักและผลไม้	ทำลายกรดไขมันจำเป็นและวิตามินเอ รวมทั้งการพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ ทำลายกรดไขมันจำเป็นและวิตามินเอ รวมทั้งการพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ
ไทอะมิเนส (Thiaminase)	เนื้อ ปลา	ทำลายวิตามินซี

ที่มา : [26]

2.3.2 การใช้เอนไซม์ในกระบวนการสกัดน้ำผลไม้และสารให้กลิ่นรสจากผลไม้

ผลไม้ในทางพฤกษศาสตร์ คือ ส่วนที่พัฒนามาจากรังไข่ ซึ่งมีทั้งส่วนเดียวหรือหลายส่วนเกิดเป็นผลเดี่ยวหรือผลรวม ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อและของเหลวเป็นที่รวมของสารให้กลิ่นและรสเฉพาะของผลไม้ชิ้นนั้น ผลไม้ดิบเนื้อจะแข็ง ปริมาณของเหลวต่ำ สารให้กลิ่นรสมีน้อย ผลไม้สุกหรือผลไม้ที่มีเนื้อนิ่มหรือเนื้อมากเป็นผลไม้สุกงอม พบว่าเปลือกนอกหรือเปลือกผลที่เรียกว่า เอกโซคาร์ป (Exocarp) มี 2 ชนิด คือ แห้งแข็ง (Stone) เช่น พุทรา มะขาม แอปเปิล และเปลือกนอกนิ่ม เช่น กล้วย ฝรั่ง ขนุน ส้ม มะม่วง ผลไม้เนื้อนิ่มในส่วนของเนื้อชั้นกลางเรียกว่า มีโซคาร์ป (Mesocarp) มีลักษณะฉ่ำน้ำ ส่วนเนื้อชั้นในเรียก เอนโดคาร์ป (Endocarp) คือ ส่วนของเมล็ดมีลักษณะแข็ง ดังนั้นผลไม้เมล็ดแข็งจะจัดได้ว่าเป็นผลไม้ในระยะเนื้อนิ่มทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังมีผลไม้ประเภทที่เนื้อทั้ง 3 ชั้นมีเนื้อลักษณะนิ่ม ได้แก่ ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ (Berry Fruit) เช่น สตรอเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ เป็นต้น โดยผลไม้เนื้อนิ่มหรือผลไม้ระยะเนื้อนิ่มมีปริมาณน้ำไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ส่วนที่เหลือเป็นส่วนของสารประกอบที่รวมเป็นเนื้อเยื่อ ซึ่งพบว่าเป็นส่วนของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในรูปต่าง ๆ เช่น แป้ง น้ำตาล กัม โยอาหาร ซึ่ง

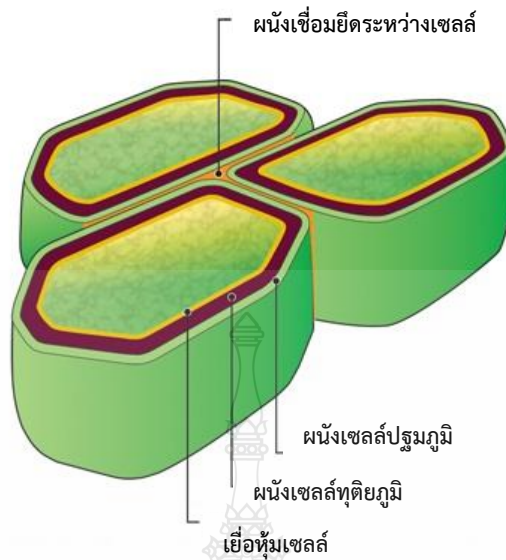
ส่วนของใยอาหาร ได้แก่ เพคตินและเซลลูโลสเป็นหลัก ปริมาณเพคตินที่พบในผลไม้มีประมาณร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนัก แต่มีผลอย่างมากต่อความข้นหนืด ความชุ่ม รวมทั้งมีผลต่อการแยกของเหลวจากเนื้อเยื่อออกมา [26] ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของผลไม้ (Fruit Cell)

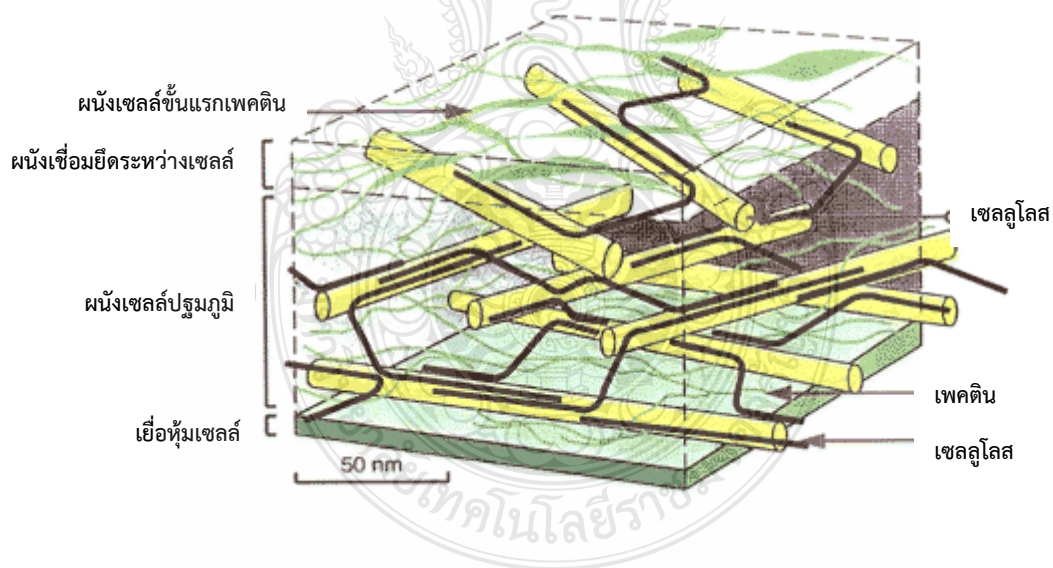
ชนิดผลไม้	องค์ประกอบของเซลล์ผลไม้โดยน้ำหนัก (ร้อยละ)			
	เพคติน	เฮมิเซลลูโลส	เซลลูโลส	ไกลโคโปรตีน
เชอร์รี่	0.51	0.06	0.17	0.32
สับปะรด	0.21	0.35	0.27	0.12
มะม่วง	1.02	0.23	0.59	0.32
แอปเปิล	0.54	0.34	0.70	0.15
แพร์	0.42	0.22	0.40	0.12

ที่มา : [26]

คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโพลีแซคคาไรด์เป็นเนื้อเยื่อของผลไม้ ซึ่งเนื้อเยื่อของผลไม้จะประกอบด้วย เซลพาเรนไคมา (Parenchyma Cells) ซึ่งมีโครงสร้างหลักอยู่ 2 ส่วน คือ ผนังเซลล์ (Cell Wall) และ โปรโทพลาสซึม (Protoplasm) ผนังเซลล์ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ได้แก่ มิดเดิลลามลลา (Middle Lamella) ผนังเซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell Wall) ผนังเซลล์ทุติยภูมิ (Secondary Cell Wall) และเยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane) มิดเดิลลามลลาเป็นชั้นที่อยู่ระหว่างผนังเซลล์ปฐมภูมิของเซลล์ที่อยู่ติดกัน โดยเป็นแนวเชื่อมหรือเยื่อเกี่ยวพันระหว่างเซลล์ ประกอบไปด้วยสารประกอบเพคตินหลายชนิด ผนังเซลล์ปฐมภูมิ ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน ส่วนในผนังเซลล์ทุติยภูมิประกอบไปด้วยเซลลูโลส รวมอยู่กับเฮมิเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.15 และ รูปที่ 2.16 โปรโทพลาสซึมเป็นส่วนที่ถูกล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบไปด้วย สารเคมีหลายชนิด เช่น แป้ง โปรตีน ลิพิด น้ำ รงควัตถุ กรดอินทรีย์ น้ำตาล โปรโทพลาสซึมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส [31]



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของเซลล์พืช
ที่มา : [32]

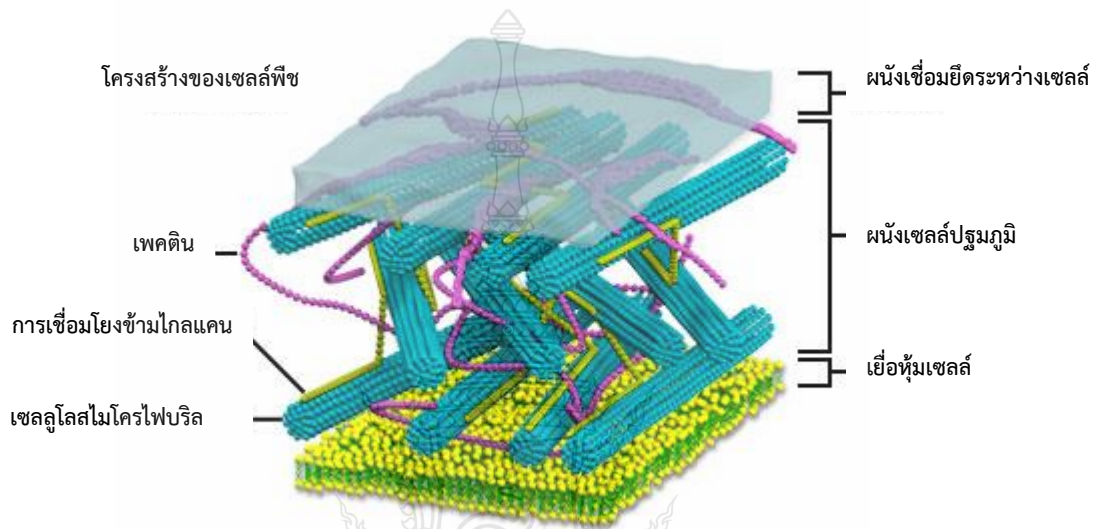


รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเพคตินและสารประกอบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อผลไม้
ที่มา : [33]

2.3.2.1 เพคติน (Pectin)

เพคติน เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ หรือสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับ แป้ง และเซลลูโลส เพคตินธรรมชาติพบในพืชชั้นสูงแทบทุกชนิด ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของผนัง

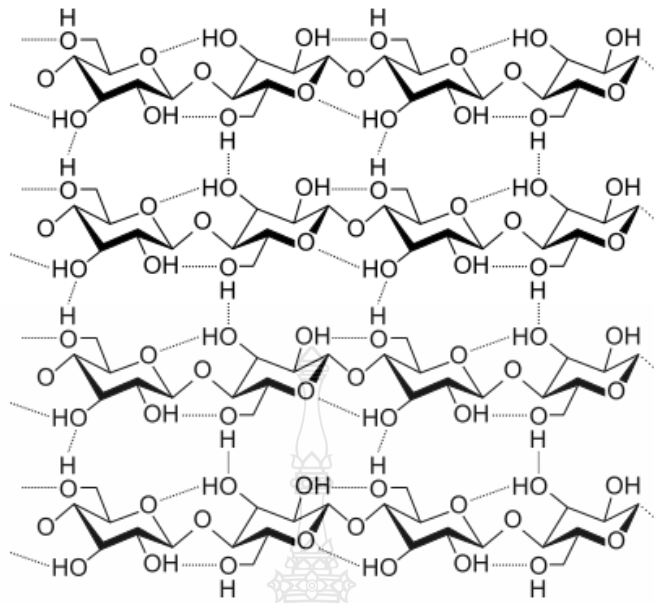
เซลล์ปฐมภูมิขณะที่ผลไม้ยังดิบอยู่สารประกอบเพคตินอยู่ในรูปของ Protopectin ที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เมื่อผลไม้สุก Protopectin จะถูกเปลี่ยนเป็นเพคตินที่มีคุณสมบัติละลายน้ำ โดยมีเอนไซม์ Protopectinase เป็นตัวเร่ง จึงทำให้ผลไม้มีลักษณะอ่อนนุ่มลง สารประกอบเพคตินมีความสำคัญในการแปรรูปน้ำผลไม้ โดยก่อให้เกิดความข้นในน้ำผลไม้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ที่ดูน้ำได้ดี สมบัติการละลายของเพคติน เพคตินสามารถละลายน้ำแล้วทำให้เกิดความข้นหนืดที่อุณหภูมิห้อง เช่นเดียวกับกัมส์ชนิดอื่น ๆ [34] ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โมเลกุลของเพคติน (เส้นสีชมพู) ในเนื้อเยื่อของผัก ผลไม้ บริเวณ Middle Lamella และ ผนังเซลล์ ที่มา : [35]

2.3.2.2 เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส (Cellulose and Hemicellulose)

เซลลูโลสเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบผนังเซลล์พืช โครงสร้างทางเคมีเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ที่ไม่มีกิ่งสาขา ประกอบด้วยหน่วยย่อยของน้ำตาลกลูโคสหลาย ๆ หน่วยมาต่อสายกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ β -1, 4-Glycosidic Bond เซลลูโลสจะเชื่อมต่อกับเพคตินและเฮมิเซลลูโลสในผนังเซลล์ปฐมภูมิด้วย Xyloglucans ซึ่งจะรวมตัวกันเป็นไมโครไฟบริล แต่สายของไมโครไฟบริลจะเรียงขนานกันและยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยแสดงสายโมเลกุลเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 สายโมเลกุลเซลลูโลส
ที่มา : [36]

เฮมิเซลลูโลสเป็นสารประกอบ Polymeric Carbohydrate ที่พบรวมอยู่กับสารประกอบเพคตินและเซลลูโลสในผนังเซลล์ในผนังของเซลล์พืช โครงสร้างทางเคมีมีลักษณะเป็น Heteroglycan ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลไซโลสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1, 4- β -Linkage หรือไซแลน และมีโครงสร้างที่แตกแขนงด้วยน้ำตาล Pentose, Hexose และ Uronic Acid อื่น ๆ [37]

2.3.2.3 แป้ง (Starch)

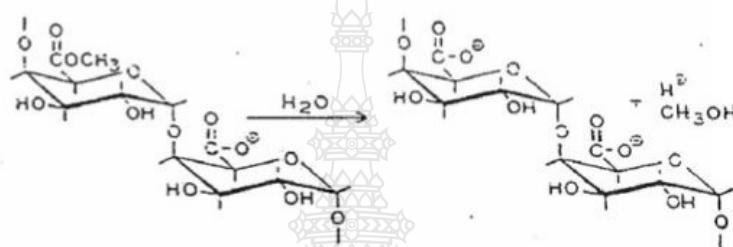
แป้งเป็นสารประกอบ Polymeric Carbohydrate ที่มีผลต่อการแปรสภาพน้ำผลไม้ แป้งมีคุณสมบัติอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดที่ได้หลังจากเย็นลง แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี และเมื่อต้มในน้ำเดือดจะมีความหนืดน้อยกว่า แต่จะข้นกว่าอะไมโลเพคติน เมื่อทิ้งให้เย็นอะไมโลสจะเกิดรีโทรกราเดชัน ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินจะไม่คืนตัว ดังนั้นแป้งต่างชนิดกันจะมีอะไมโลสแตกต่างกันทั้งปริมาณและน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแตกต่างกัน [14]

2.3.3 เอนไซม์เพคตินเนส (Pectinase Enzymes)

เอนไซม์เพคตินเนส (Pectinase Enzymes) หรือเอนไซม์เพคติก (Pectic Enzymes) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่มีความสามารถในการตัดย่อยสารประกอบเพคติน กรดเพคติน พบทั่วไปในพืชชั้นสูง และในจุลินทรีย์ เอนไซม์ทำงานเมื่อเซลล์พืชฉีกขาดหรือได้รับความกระทบกระเทือน โดยเอนไซม์เพคตินเนส ทำให้เกิดการย่อยสลายเพคตินในผลไม้ ในผลไม้จะมีเอนไซม์เพคตินเนสน้อยมากและมีปริมาณไม่แน่นอน [38]

2.3.3.1 เอนไซม์เพคตินเนสแบ่งได้ 3 ประเภท

1) เพคตินเอสเทอเรส (Pectinesterase) ตามปฏิกิริยาเอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาการแยกหมู่เมธิลจากเพคตินที่มีการเติมหมู่เมธิลที่หมู่คาร์บอกซิล ทั้งนี้ไม่ย่อยสลายพันธะไกลโคซิด และยังคงจัดอยู่ในกลุ่มย่อยของไฮโดรเลสที่ย่อยสลายพันธะเอสเทอร์เหมือน เช่น ลิปิด ปฏิกิริยาของ Pectinesterase มีความจำเพาะต่อพันธะเอสเทอร์ที่อยู่สลับที่หมู่คาร์บอกซิลของ Anhydro-Galacturonic Unit ผลผลิตจากปฏิกิริยาได้กรดเพคติน กรดเพคตินิก และเมธานอล โดยแสดงปฏิกิริยาย่อยเพคตินโดยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ปฏิกิริยาย่อยเพคตินโดยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส
ที่มา : [39]

2) เอนไซม์ประเภท Depolymerizing Enzymes แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) Hydrolyzing Glycosidic Linkages เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดในสารประเภทเพคตินหรือกรดเพคติก ได้แก่ Polymethylgalacturonase (PMG) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยเพคตินเป็นซัสเตรท และ Polygalacturonase (PG) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยกรดเพคตินหรือกรดกาแลคทูโรนิกเป็นซัสเตรท

(2) Cleaving เป็นเอนไซม์ที่แยกพันธะไกลโคซิดในเพคตินหรือกรดเพคติกโดยการกำจัดไฮโดรเจนแบบทรานส์ (Trans Elimination) จากคาร์บอนที่ตำแหน่งที่ 4 และ 5 โดยไม่ใช้น้ำ แล้วได้สารพอลิเมอร์สายสั้นที่สายหนึ่งมีปลายรีดิวซ์และอีกสายพอลิเมอร์มีพันธะคู่ ได้แก่ Polymethylgalacturonate Lyases (PMGL) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยเพคตินเป็นซัสเตรท และ Polygalacturonate Lyases (PGL) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยกรดเพคตินหรือกรดกาแลคทูโรนิกเป็นซัสเตรท

3) Protopectinase เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนโปรโตเพคตินให้อยู่ในรูปของเพคตินที่ละลายน้ำได้

2.3.3.2 การใช้ประโยชน์จากเอนไซม์เพคตินเนสในอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำผลไม้

1) การทำให้น้ำผลไม้ใส เช่น น้ำแอปเปิล กำจัดเพคติน เพื่อไม่ให้เกิดเจลเมื่อทำให้เข้มข้น และไม่เกิดความขุ่น

2) การเพิ่มผลผลิตในการสกัดน้ำมันจากปาล์ม โอลีฟ เป็นต้น

3) การทำให้น้ำผลไม้ขุ่นและเพื่อใช้ในการผลิตเนคต้าและอาหารเด็ก

4) การทำให้เป็นของเหลว ทำให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำเพิ่มขึ้น ผลผลิตสูงขึ้น

5) การผลิตสารให้ความขุ่นจากเปลือกส้ม การสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

2.3.4 เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulases Enzymes)

เอนไซม์เซลลูเลส หมายถึง เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายเซลลูโลสให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง เช่น กลูโคส เซลโลไบโอส เซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ และเซลโลเดกซ์ทริน โดยพบว่า เอนไซม์นี้สร้างได้ โดยสิ่งมีชีวิตทั้งพืชสัตว์และจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย และรา เป็นต้น [40] ส่วนใหญ่ถูกสร้างและหลั่งออกมาออกเซลล์ ซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้สร้างโดยสิ่งแวดล้อมเนื่องจากโมเลกุลของเซลลูโลสไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องขับเอนไซม์ออกสู่นอกเซลล์เพื่อย่อยเซลลูโลสจนได้น้ำตาลที่ละลายน้ำจากนั้นจึงดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนต่อไป

2.3.4.1 การย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลส [41]

ในธรรมชาติการย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลสเกิดโดยอาศัยการย่อยสลายจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกันในสภาพที่มีออกซิเจนผลที่ได้จากการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฮิวมัส ความร้อน และจุลินทรีย์ เพิ่มขึ้นโดยที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์จะได้มาจากการย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลสในสภาพที่เหมาะสม มีการระบายอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสม มีแหล่งอาหารเพียงพอกับการนำไปสร้างพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม และการเพิ่มจำนวนเซลล์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนการย่อยสลายเซลลูโลสจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน เอทานอล กรดฟอร์มิก กรดซัลฟอนิก กรดบิวริก และกรดแลกติก เป็นต้น การย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลสสามารถทำได้โดยวิธีทางเคมีซึ่งมีการย่อยสลายด้วยสารเคมี เช่น การใช้กรดการย่อยสลายวิธีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะไม่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นน้ำตาลกลูโคส บางส่วนที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับกรดต่อไป ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้างเคียงชนิดอื่น และกรดยังทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นที่ติดมากับเซลลูโลส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ นอกจากนี้โครงสร้างในส่วนที่เป็นคริสตัลลินจำเป็นต้องใช้กรดที่มีความเข้มข้นและอุณหภูมิสูงในการย่อยสลายจึงจะได้น้ำตาลกลูโคสปฏิกิริยาย่อยจึงเกิดแบบรุนแรงภาชนะที่ใช้ต้องทนทานต่อการกัดกร่อนต้นทุนจึงสูงและกรดที่ถูกทิ้งออกมาก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่วิธีนี้ปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 15-20 นาที หรือโดยวิธีทางชีวภาพ เช่น การย่อยสลายด้วยเอนไซม์เซลลูเลสเป็นวิธีที่เฉพาะเจาะจงระหว่างเอนไซม์เซลลูเลสกับสารบริสุทธิ์ลักษณะการย่อยจะเกิดขึ้นช้า สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญเติบโตและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็ไม่รุนแรง นอกจากนี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้ภาชนะที่ทนทานต่อการกัดกร่อนต้นทุนจึงต่ำกว่า และยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม หากแต่วิธีนี้น้ำตาลกลูโคสที่ได้อยู่ในรูปสารละลายเจือจาง

2.3.4.2 การทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส [42]

การย่อยสลายเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เป็นกระบวนการย่อยสลายที่มีความจำเพาะสูงเอนไซม์จะไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมาทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง และปฏิกิริยาไม่รุนแรง ซึ่งเอนไซม์ที่ถูกย่อยสลายเซลลูโลสได้เรียกรวมว่าเป็นเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลส เอนไซม์เซลลูเลสเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเบต้า 1,4 ไกลโคซิดิกภายในโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสหน่วยเล็กที่สุด หากการย่อยสลายสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคส

2.4 프리ไบโอติก

ฟรีไบโอติกเป็นส่วนของอาหารจุลินทรีย์โดยเป็นอาหารส่วนที่เมื่อรับประทานเข้าไปแล้ว จะไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารส่วนบน ผ่านมาถึงลำไส้ส่วนล่าง จึงช่วยส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่ ซึ่งก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ [43] 프리ไบโอติกบางชนิดมีตำแหน่งจับจำเพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Bacteria) เช่น *Salmonella* และ *E.coli* ซึ่งต่อมาจะถูกกำจัดออกจากระบบทางเดินอาหารไปกับอุจจาระ ในขณะที่ฟรีไบโอติกชนิดอื่น ๆ ก็กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* โดยการเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรีย ทำให้ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้

ฟรีไบโอติก เป็นสารกลุ่มโอลิโกแซคคาไรด์ ที่ไม่ถูกย่อยสลายในระบบทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิต ซึ่งฟรีไบโอติกแต่ละชนิดจะมีผลต่อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารที่แตกต่างกัน เช่น ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และแลคตูโลส ในน้ำนมมีปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *Lactobacillus* [44]

กลไกในการทำหน้าที่ที่เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของฟรีไบโอติกว่า เป็นการทำให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพผ่านกลไกการทำหน้าที่ของจุลินทรีย์สุขภาพหรือฟรีไบโอติกด้วยการกระตุ้นการเติบโตของจุลินทรีย์สุขภาพ และจุลินทรีย์สุขภาพมีการหมักฟรีไบโอติกแล้วเกิดผลผลิตเป็นกรดยับยั้งการเติบโตของเชื้อก่อโรค ซึ่งแบ่งประเภทของฟรีไบโอติกว่าเป็นสารที่มีลักษณะอย่างน้อย 3 ประการคือ สารนั้นจะต้องไม่ถูกย่อยหรือดูดซึมในกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก สารนั้นจะต้องจำเพาะกับแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ เช่น *Bifidobacterium* และการหมักของสารนั้นควรมีการกระตุ้นที่เป็นประโยชน์ต่อ Host ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของฟรีไบโอติกได้ดังนี้

2.4.1 Alcohol Sugar จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีการสังเคราะห์โพลิเมอร์ (Degree of Polymerization) เช่น Maltitol, Sorbitol, Isomalt, Xylitol เป็นต้น ในบางครั้งจะเรียก Alcohol Sugar ว่า POLYOLS สามารถเป็นสารให้ความหวานได้ โดยมีความหวานประมาณ 3 ใน 4 หรือครึ่งหนึ่งของน้ำตาลทั่วไป และยังดูดซับได้ซ้ำในลำไส้เล็กเมื่อเทียบกับน้ำตาล จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

2.4.2 Resistant Starch จัดเป็น Polysaccharides ซึ่งจะไม่ถูกดูดซับในลำไส้เล็ก ประกอบด้วย Amylase ประมาณร้อยละ 20-25

2.4.3 Non-starch Polysaccharides (NSP) เป็นสารที่ได้รับจากพืช เช่น Pectin, Cellulose, Hemicellulose, Guar และ Xylan

2.4.4 Inulin เป็นสาร Polysaccharides ที่พืชเก็บไว้เป็นอาหารพบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด เช่น Chicory Root เห็ด หัวหอม หัวกระเทียม กล้วย เป็นต้น

2.4.5 Sugar และ Oligosaccharides จัดเป็น Short-Chain Polysaccharide ประกอบด้วย น้ำตาลตั้งแต่ 2 ถึง 20 หน่วย ตัวอย่างเช่น Raffinose, Stachyose, Fructooligosaccharides (FOS) ซึ่งจัดเป็น Non-digestible Oligosaccharide นอกจากนี้ยังมี Lactose, Lactulose, Galactooligosaccharide (GOS), Soybean Oligosaccharide, Lactosucrose, Isomalto-oligosaccharide, Gluco-oligosaccharides, Xylo-oligosaccharides และ Palatinose ที่สามารถจัดเป็นพรีไบโอติกได้

2.4.6 Mucin Glycoproteins ถูกสร้างโดย Goblet Cells ที่อยู่ในเยื่อบุผิวลำไส้และเป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับการหมักในลำไส้

2.4.7 Related Mucopolysaccharides ตัวอย่างเช่น Chondroitin Sulphate, Heparin, Pancreatic และ Bacterial Secretions ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่มีไว้สำหรับจุลินทรีย์ในลำไส้

2.4.8 Protein และ Peptides สารเหล่านี้สร้างขึ้นในอาหาร สร้างโดยการหลั่งของตับอ่อน หรือสร้างโดยแบคทีเรีย แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าพวกคาร์โบไฮเดรต

FOS และ Inulin จะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและในลำไส้เล็กของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม FOS และ Inulin จะถูกหมักโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ให้เป็น Short Chain Fatty Acid (SCFA) ซึ่ง SCFA ที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ pH ลดลงมีผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของ Pathogenic Bacteria นอกจากนี้ Butyrate ที่เกิดขึ้นจะช่วยกระตุ้นให้เซลล์หยุดการเจริญเติบโต หยุดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และช่วยเพิ่มการตายตามธรรมชาติของเซลล์ (Apoptosis) ซึ่งคุณสมบัติทั้ง 3 นี้ อาจมีฤทธิ์ในการต้านการเกิดมะเร็งได้ และยังพบว่า FOS ช่วยให้มีการเพิ่มความเข้มข้นของ Calcium และ Magnesium ในลำไส้ใหญ่ ทำให้มีการดูดซับแร่ธาตุได้ดีขึ้นและยังทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นให้กับ Epithelial Cell ในลำไส้ที่สูงขึ้น จะช่วยให้เกิด Insoluble Bile หรือเกลือของกรดไขมัน ซึ่งจะช่วยลดอันตรายจากผลของ Bile หรือกรดไขมันที่มีต่อเซลล์ในลำไส้ใหญ่ได้ และความเข้มข้นของ Cation ที่สูงขึ้นในลำไส้ใหญ่ อาจช่วยควบคุมอัตราการแบ่งตัวและการตายของเซลล์ (Cell Turnover) ได้ด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่า Inulin ยังช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้อีกด้วย นอกจากนี้ Inulin ยังมีแคลอรีต่ำ และมีความหวานน้อยจึงมีการนำมาใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ เพราะ Inulin ไม่ถูกดูดซึมจึงไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดและอาจนำมาผลิตเป็นสารอาหารลดความอ้วนได้ [43]

นอกจากนี้ข้อมูลจากการศึกษาผลของพรีไบโอติก ที่ได้รับการสนับสนุนให้เป็น Function Food จึงมีการเติมพรีไบโอติกในอาหาร เช่น Oligofructose และอินูลิน ในนมสำหรับทารกและเด็ก และเป็นสารรสหวานในเครื่องดื่ม ไอศกรีม และโยเกิร์ต เพื่อลดอัตราฟันกร่อน และทำให้รู้สึกอิ่ม (Satiety) และสบายท้อง เนื่องจากเกิดการหมัก พรีไบโอติก โดยจุลินทรีย์เกิดผลผลิตเป็นบิวทิเรท กระตุ้นการหลั่งของ Glucagon Like Peptide 1 (GLP-1) จากลำไส้ใหญ่ไปในกระแสเลือด ทำให้สมองรับรู้ความรู้สึกอิ่ม จึงมีการเสนอว่าควรใช้พรีไบโอติกในการควบคุมน้ำหนัก และเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม ป้องกันภาวะกระดูกพรุนในคนทุกอายุ ขนาดที่กิน 5-10 กรัมต่อวัน [44]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 สมฤดี ไทพาณิชย์ [42] ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพคติเนส เวลาและอุณหภูมิในการบ่ม พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไซรัปขนุนชนิดผง คือ การใช้เอนไซม์เพคติเนส ร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก เวลาในการบ่ม 30 นาที ที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

2.5.2 มยุรา วชิรศักดิ์ชัย และคณะ [45] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำตาลตะขบ ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิในการบ่ม และระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อคุณภาพ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนสในการผลิตไซรัปจากตะขบ คือ เอนไซม์เพคติเนส ปริมาณ ร้อยละ 1 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที

2.5.3 ชิตชัย ปัญญาสุวรรณ และคณะ [46] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำกล้วยหอม ได้แก่ เอนไซม์เพคติเนส เอนไซม์เซลลูเลส อุณหภูมิเวลาในการบ่ม พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำกล้วยหอม คือ การใช้เอนไซม์เพคติเนส ร้อยละ 0.06 เอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.13 ของกล้วยบด (ปริมาตร/น้ำหนัก) บ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที แล้วทำให้น้ำกล้วยหอมเข้มข้นโดยวิธีการระเหยแบบสูญญากาศ 60 องศาเซลเซียส

2.5.4 ชฎากาญจน์ กวระระการ และคณะ [47] ศึกษาหาปริมาณเอนไซม์เพคติเนสในการผลิตไซรัปเข้มข้นจากกล้วยเล็บมือนางโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนส พบว่าปริมาณเอนไซม์เพคติเนสที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปเข้มข้นจากกล้วยเล็บมือนางโดยการใช้เอนไซม์ ร้อยละ 0.1 ลักษณะของไซรัปมีค่าความสว่าง และความหนืดเพิ่มขึ้น

2.5.5 วิภา ประพินอักษร และคณะ [48] ศึกษาปริมาณเอนไซม์เพคติเนสที่เหมาะสมในการสกัดน้ำจากผลมะม่วงหิมพานต์ อุณหภูมิในการบ่มและระยะเวลาในการบ่ม พบว่าการเพิ่มปริมาณเอนไซม์เพคติเนสทำให้สามารถสกัดน้ำมะม่วงหิมพานต์ ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณเอนไซม์ เพคติเนสที่เหมาะสมในการสกัดร้อยละ 0.15 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11 องศาบริกซ์ อุณหภูมิในการระเหยแบบสูญญากาศที่เหมาะสม คือ 60 องศาเซลเซียส ไซรัปจากผลมะม่วงหิมพานต์ที่ได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล

2.5.6 นันทพร อัครนิจ และคณะ [49] การเสริมใยอาหารจากซังขนุนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูอิมัลชัน โดยศึกษาการเสริมใยอาหารจากซังขนุน พบว่าระดับที่เหมาะสมที่สุดในการอบซังขนุน คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง สูตรที่มีการเสริมใยอาหารจากซังขนุนเหมาะสม ร้อยละ 5 ซึ่งได้รับการยอมรับจากการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.5.7 สุคันธรส ธาดากิตติสาร และคณะ [50] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำกล้วย โดย ใช้เอนไซม์เพคติเนสเข้มข้น ร้อยละ 0.15 เวลาในการบ่ม 2 ชั่วโมง บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตน้ำกล้วยร้อยละ 62 ± 0.72 พบว่าไซรัปกล้วยหอมทองมีสีเหลืองทองและใส มีความหนืด มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 วิธีเก็บรักษาไซรัปกล้วยหอมทองด้วยขวดแก้วใสที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.5.8 พาณิตาวี ด้วงเกต และอาติยา สงนุ้ย [4] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากซังขนุน โดยศึกษาการใช้ซังขนุนทดแทนแป้งสาลี พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวที่ใช้ซังขนุนทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 45

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขนุน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ฟรีโบอิติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซังขนุน มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 วัสดุุดิบ

- 3.1.1 ซังขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ (Jackfruit Cob) ร้านขายขนุนตลาดไท
- 3.1.2 เอนไซม์เพคติเนส (Pectinase Enzymes) ยี่ห้อ iKnowZyme
- 3.1.3 เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase Enzymes) ยี่ห้อ iKnowZyme

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตไซรัปจากซังขนุน
 - 3.2.1.1 มีด (Knife)
 - 3.2.1.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Tanita รุ่น KD-200
 - 3.2.1.3 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Philips i6jo HR2118
 - 3.2.1.4 ปีกเกอร์ (Beaker)
 - 3.2.1.5 หลอดหยดสาร (Dropper)
 - 3.2.1.6 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น Edelstahl Rostfrei
 - 3.2.1.7 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Benchtop รุ่น LMC 4200R
 - 3.2.1.8 เครื่องวัดความหวาน (Hand Refractometer) 0-32 องศาบริกซ์ รุ่น N-1d และ 58-90 องศาบริกซ์ ยี่ห้อ ATAGO รุ่น Master-93H
 - 3.2.1.9 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum Rotary Evaporator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-200/V Basic
- 3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ
 - 3.2.2.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
 - 1) เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Lovibond) รุ่นSP60 บริษัท เอช.เอ.วี.เสริช จำกัด
 - 2) เครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield Digital Viscometer) รุ่น DV-III
 - 3) เครื่องวัดการส่องผ่านแสง (UV/VIS Spectrophotometer) ยี่ห้อ Biochrom รุ่น S12

3.2.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 1) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FE20
- 2) เครื่องวัดค่าความหวาน (Hand Refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น

Master-93H

3.2.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์

- 1) อาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacillus MRS agar

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.3.1 แบบทดสอบการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

3.2.3.2 ถ้วย

3.2.3.3 แก้วน้ำ

3.2.3.4 ช้อน

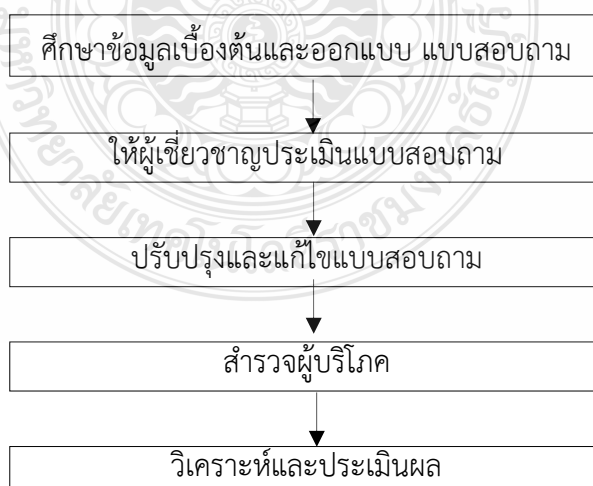
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีวิธีการวางแผนการทดลอง ดังนี้

3.3.1 การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การศึกษาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป โดยตั้งคำถามในแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานไซรัปในแต่ละวัน แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป โดยใช้ผู้บริโภคในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จำนวนทั้งสิ้น 150 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบถามการสำรวจแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป

3.3.1.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

โดยการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือ อินเทอร์เน็ต รวมถึงเอกสาร หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามศึกษา แนวคิดจากพฤติกรรมกรรมการรับประธานไชร์ป

2) ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

โดยการออกแบบแบบสอบถามซึ่งข้อคำถามต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษาและคำตอบเหล่านั้นจะตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจใช้คำถามปลายปิด หรือ ปลายเปิดก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม จากนั้นเรียงลำดับคำถามอาจเรียงตามหมวดหมู่ของคำถาม เช่น ข้อมูลส่วนตัว คำถามเกี่ยวกับทัศนคติ หรือเรียงจากความยากง่าย เพื่อทดสอบแนวคิดของผู้บริโภค ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไชร์ป เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นปัจจัยประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ เป็นต้น

(2) การสำรวจข้อมูลพฤติกรรมของผู้บริโภค ได้แก่ รับประธานผลิตภัณฑ์ บ่อยเพียงใด รูปแบบในการรับประธานผลิตภัณฑ์ไชร์ป สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ไชร์ปบ่อยที่สุด ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ไชร์ปที่ซื้อบ่อยที่สุด เหตุผลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไชร์ปยี่ห้อดังกล่าว ขนาดบรรจุภัณฑ์ที่ซื้อ รับประธาน ชนิดของผลิตภัณฑ์ไชร์ปที่เคยซื้อรับประธานบ่อยที่สุด และปัญหาที่พบเมื่อรับประธาน ผลิตภัณฑ์ไชร์ป

(3) ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ไชร์ปของผู้บริโภค สอบถามระดับความสำคัญปัจจัยด้านการตลาด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด

3) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบแบบสอบถาม

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาแบบสอบถาม การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม เป็นรายข้อ ซึ่งความถูกต้องตามองค์ประกอบที่ต้องการศึกษาและภาษาที่ใช้ ข้อคำถามแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้ คะแนน +1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ คะแนน 0 ไม่แน่ว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตาม วัตถุประสงค์ คะแนน -1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม แต่ละข้อ (Index of Item-Objective Congruence of IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ยังต้องปรับปรุงแก้ไขใช้ไม่ได้

4) ปรับปรุงแบบสอบถาม

เมื่อได้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผ่านการประเมินและการตรวจสอบ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้

สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้องเที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหา ครอบคลุมเนื้อหา ใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

5) สํารวจผู้บริโภค

การสำรวจผู้บริโภคดำเนินการแจกแบบสอบถามเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป โดยการแจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่าง 150 คน เพื่อสำรวจข้อมูลและรวบรวมข้อมูลนำมาสร้างแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6) การวิเคราะห์และประเมินผล

จากนั้นนำข้อมูลจากแบบสอบถามประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (Statistical for Social Sciences) for Window โดยใช้คํานวณค่าทางสถิติต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเพื่อการพัฒนา โดยใช้การวัดข้อมูลแบบนามบัญญัติ (Nominal Scale) สถิติที่ใช้ คือ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละและส่วนที่ 3 ใช้วิธีการวัดแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน

3.3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมน้ำชงชุน ใช้ชงชุนสุกที่มีสีเหลือง กลิ่นหอม ทำการแยกชงชุนกับเปลือกชุน คัดชงชุนที่มีลักษณะขี้ทิ้ง จากนั้นล้างชงชุนให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด นำชงชุนไปย้บยั้งปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยไอน้ำเดือด ที่ความดันบรรยากาศ นาน 10 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วให้อุณหภูมิในชงชุนถึงอุณหภูมิห้อง นำชงชุนมาทำการปั่นแยกกากด้วยเครื่องแยกกากที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที เวลาในการปั่น 5 นาที มีค่าความหวาน 20 องศาบริกซ์ จะได้น้ำชงชุนมีลักษณะขุ่น มีเนื้อ และกากใย

3.3.2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลสใน กระบวนการผลิตไซรัปจากชงชุน

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตไซรัปจากชงชุน โดยปัจจัยในการศึกษามี 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.04 0.06 และ 0.08 [42-43] ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 [44] อุณหภูมิในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส [42-48] ระยะเวลาในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 90 และ 150 นาที [45,47] โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 54 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 แล้วทำการผลิตไซรัปจากชงชุน ดังแสดงกระบวนการผลิตไซรัปจากชงชุน ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองที่ได้จากการทดลองแบบ Factorial in CRD

สิ่งทดลอง	ปริมาณเอนไซม์ เพคตินเนส (ร้อยละ)	ปริมาณเอนไซม์ เซลลูเลส (ร้อยละ)	อุณหภูมิใน การบ่ม (องศาเซลเซียส)	เวลาในการบ่ม (นาที)
1	0.04	0.1	40	30
2	0.04	0.1	40	90
3	0.04	0.1	40	150
4	0.04	0.1	45	30
5	0.04	0.1	45	90
6	0.04	0.1	45	150
7	0.04	0.1	50	30
8	0.04	0.1	50	90
9	0.04	0.1	50	150
10	0.04	0.2	40	30
11	0.04	0.2	40	90
12	0.04	0.2	40	150
13	0.04	0.2	45	30
14	0.04	0.2	45	90
15	0.04	0.2	45	150
16	0.04	0.2	50	30
17	0.04	0.2	50	90
18	0.04	0.2	50	150
19	0.06	0.1	40	30
20	0.06	0.1	40	90
21	0.06	0.1	40	150
22	0.06	0.1	45	30
23	0.06	0.1	45	90
24	0.06	0.1	45	150
25	0.06	0.1	50	30
26	0.06	0.1	50	90
27	0.06	0.1	50	150
28	0.06	0.2	40	30

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองที่ได้จากการทดลองแบบ Factorial in CRD (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ปริมาณเอนไซม์ เพคตินเนส (ร้อยละ)	ปริมาณเอนไซม์ เซลลูเลส (ร้อยละ)	อุณหภูมิใน การบ่ม (องศาเซลเซียส)	เวลาในการบ่ม (นาที)
29	0.06	0.2	40	90
30	0.06	0.2	40	150
31	0.06	0.2	45	30
32	0.06	0.2	45	90
33	0.06	0.2	45	150
34	0.06	0.2	50	30
35	0.06	0.2	50	90
36	0.06	0.2	50	150
37	0.08	0.1	40	30
38	0.08	0.1	40	90
39	0.08	0.1	40	150
40	0.08	0.1	45	30
41	0.08	0.1	45	90
42	0.08	0.1	45	150
43	0.08	0.1	50	30
44	0.08	0.1	50	90
45	0.08	0.1	50	150
46	0.08	0.2	40	30
47	0.08	0.2	40	90
48	0.08	0.2	40	150
49	0.08	0.2	45	30
50	0.08	0.2	45	90
51	0.08	0.2	45	150
52	0.08	0.2	50	30
53	0.08	0.2	50	90
54	0.08	0.2	50	150



รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตไซรัปจากซังขนุน

หมายเหตุ : *การวิเคราะห์คุณภาพข้อ 3.3.2.3 **การวิเคราะห์คุณภาพข้อ 3.3.2.4

ที่มา : ดัดแปลงจาก [18]

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพ น้ำซังขนุนที่ตกตะกอนและไซรัปซังขนุน ดังนี้

3.3.2.3 น้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์* ทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ทางกายภาพ

(1) ค่าร้อยละของผลผลิต (% Yield) การหาร้อยละของผลผลิตน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลส โดยนำน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนจากเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลส ที่ได้มาหาปริมาณของผลผลิต ซึ่งคำนวณดังแสดงในสมการที่ 3.1

$$\text{ร้อยละของผลผลิต (\% Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำซังขนุนที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักน้ำซังขนุนเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3.1)$$

(2) วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab โดยบรรจุตัวอย่างน้ำซึ่งขุ่นลงใน Cuvette ขนาด 7 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมวางลงในเครื่องวัดค่าสีอ่านค่าโดยใช้ระบบ Hunter Lab ค่าที่วัดได้จะเป็นค่า $L^* a^* b^*$ โดยค่า L^* (Lightness) เป็นค่าแสดงความสว่าง คือ มีค่าตั้งแต่ 0 แสดงความเป็นสีดำ ถึง 100 แสดงความเป็นสีขาว

a^* ที่เป็น + สีเป็นไปในทิศสีแดง

a^* ที่เป็น - สีเป็นไปในทิศสีเขียว

b^* ที่เป็น + สีเป็นไปในทิศสีเหลือง

b^* ที่เป็น - สีเป็นไปในทิศสีน้ำเงิน

(3) วัดค่าการส่องผ่านแสง ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer โดยบรรจุตัวอย่างลงใน Cuvette ขนาด 3.5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer อ่านค่าร้อยละของการทะลุผ่านแสง (% Transmittance, %T) ใช้ความยาวคลื่นที่ระดับ 650 นาโนเมตร

2) การวิเคราะห์ทางเคมี

(1) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter โดยปรับเทียบมาตรฐานก่อนการใช้โดยการปรับเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (pH 4 ,7 หรือ 10) อย่างน้อย 2 ค่า ที่มีค่าครอบคลุมในช่วงที่ต้องการวัด วิธีการวัดทำได้โดยล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) หรือน้ำกลั่น (Distilled Water) และซับด้วยกระดาษทิชชู แล้วรีบจุ่มอิเล็กโทรดลงในน้ำซึ่งขุ่น อ่านค่าและบันทึกข้อมูล

(2) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer) โดยหยดน้ำกลั่น 1-2 หยด ลงบนปริซึมรองรับสาร มองเส้นตัดผ่านช่องมองภาพ อ่านค่าเส้นตัดสีขาวและสีฟ้าตรงกับขีดบอกปริมาณที่ 0 องศาปริกซ์ แล้วค่อย ๆ วางตัวอย่างประมาณ 0.3 มิลลิลิตร ลงบนปลายด้านหน้า หรือปลายด้านของแท่นรองรับตัวอย่างแล้วหมุนเครื่องวัดการหักเหของแสง เพื่อให้ตัวอย่างเคลื่อนไปอยู่บนปริซึม ตัวอย่างเหลวจะแผ่อย่างสม่ำเสมอและสามารถวัดค่าได้อย่างรวดเร็ว โดยการลดขั้นตอนการเปิดและปิดแผ่นปริซึมระหว่างการหยดตัวอย่าง มองเส้นตัดผ่านช่องมองภาพ อ่านค่าเส้นตัดสีขาวและสีฟ้าตรงกับขีดบอกปริมาณองศาปริกซ์

จากนั้นทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสว่าง และค่าการส่องผ่านแสง โดยนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามความสามารถ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไซรัปจากซึ่งขุ่น โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) โดยกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 7 กลุ่ม ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปัจจุบันหรือตัวแปร 2 ตัว คือ ค่าสว่างในกลุ่มมากที่สุด และค่าการส่องผ่านแสงในกลุ่มมากที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

3.3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพไซรัปจากซึ่งขุ่น**

1) การวิเคราะห์ทางกายภาพ

(1) วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ

3.3.2.3)

(2) วัดค่าการส่องผ่านแสง ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ 3.3.2.3)

(3) วัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield Digital Viscometer โดยนำตัวอย่างไซรัปจากซังขนุนใส่ปิเกตอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้หัววัดขนาดเบอร์ 4 ที่ความเร็วรอบในการหมุนหัวเข็ม 90 รอบต่อนาที อ่านค่าความหนืดภายในเวลา 2 นาที ทำการบันทึกค่า

2) การวิเคราะห์ทางเคมี

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ 3.3.2.3)

3) การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยนำไซรัปจากซังขนุนที่ได้คัดเลือกมาจากข้อ 3.3.2.4 ในข้อที่ 1) และ 2) โดยทำการศึกษาความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ระดับการให้คะแนน 1 ถึง 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส กลิ่นขนุน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 100 ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

3.3.3 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ปริ๊ไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

3.3.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

1) วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ 3.3.2.4)

2) วัดค่าการส่องผ่านแสง ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ 3.3.2.4)

3) วัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield Digital Viscometer โดยนำตัวอย่างไซรัปจากซังขนุนใส่ปิเกตอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้หัววัดขนาดเบอร์ 4 ที่ความเร็วรอบในการหมุนหัวเข็ม 90 รอบต่อนาที อ่านค่าความหนืดภายในเวลา 2 นาที ทำการบันทึกค่า

3.3.3.2 คุณภาพทางเคมี

1) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter (ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกับข้อ 3.3.2.4)

3.3.3.3 สมบัติปริ๊ไบโอติก

การวิเคราะห์สมบัติปริ๊ไบโอติก การเตรียมไซรัปซังขนุน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ระดับการเจือจาง 10^{-1} ทำการเจือจางตัวอย่างตั้งแต่ระดับ 10^{-2} - 10^{-6} หรือตามความเหมาะสมโดยเปิดตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้ว (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ใช้ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรของแต่ละระดับการเจือจาง ลงบนอาหาร Lactobacillus MRS agar ไข่แห้งแก้วเกลี่ยเชื้อกระจายตัวอย่างให้ทั่วจานเพาะเชื้อ เชื้อละ 2 จาน นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เวลา 24

ชั่วโมง ถ้ายังไม่พบโคโลนีของเชื้อให้บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของเชื้อในงานที่มีเชื้อเจริญอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี หากครบ 24 ชั่วโมง ไม่พบการเจริญของเชื้อให้บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง ซึ่งคำนวณ (Calculation of Results) นับเชื้อที่มีโคโลนี 25-250 โคโลนี โดยใช้เครื่องนับโคโลนี และนำผลมาคำนวณดังแสดงในสมการที่ 3.2

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times (d)} \quad (3.2)$$

เมื่อ N = จำนวนโคโลนีต่อกรัม หรือต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง
 $\sum C$ = ผลรวมของจำนวนโคโลนีทั้งหมดที่นับได้จากทุกจานเพาะเชื้อ
 n_1 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นำมานับโคโลนี ที่ระดับการเจือจางแรก
 n_2 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นำมานับโคโลนี ที่ระดับการเจือจางถัดไป
 d = ระดับการเจือจางแรกของการนับจำนวนโคโลนี

3.3.3.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน

โดยนำไซรัปจากชงชุนที่ได้คัดเลือกมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ระดับการให้คะแนน 1 ถึง 9 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดและ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส ความหนืด กลิ่นขนุน รสหวาน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้บริโภคที่มีอายุ ตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561 - พฤษภาคม พ.ศ. 2565

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

การวิจัยเรื่อง ผลของเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขนุน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริ๊โอดิก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซังขนุน มีผลการทดลองและการวิจารณ์ผล ดังนี้

4.1 การศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้

4.1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ผลจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เพื่อสืบค้นข้อมูลจากหนังสือ การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปของผู้บริโภค สามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก ซึ่งปัจจุบันไซรัปนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ราคาค่อนข้างสูง จึงต้องการให้มีการพัฒนาไซรัปจากผลไม้ไทยที่มีน้ำตาลสูง เพื่อทดแทนการนำเข้าไซรัปจากต่างประเทศ

4.1.2 การสร้างแบบสอบถาม

จากผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่า โดยทั่วไปแบบสอบถาม มี 4 ส่วน ดังนี้

4.1.2.1 ประชากรศาสตร์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์เป็นปัจจัยที่จะนำมาช่วยในการกำหนดตลาดเป้าหมาย โดยเฉพาะการศึกษาตัวแปรทางด้านประชากรศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการวางเป้าหมายทางการตลาดสำคัญประกอบไปด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ อาชีพ รายได้ต่อเดือน เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นเกณฑ์ที่นิยมนำมาใช้ในการแบ่งส่วนการตลาด ข้อมูลด้านประชากรสามารถเข้าถึงและมีประสิทธิภาพต่อการกำหนดตลาดเป้าหมาย โดยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคซึ่งจะมีผลต่อการตัดสินใจในรูปแบบของอุปสงค์และปริมาณการซื้อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ [51]

4.1.2.2 ทัศนคติและพฤติกรรมของผู้บริโภค

ทัศนคติถือเป็นโครงสร้างหลักทางจิตวิทยาสังคมที่ซับซ้อน และมีแรงจูงใจที่ทำให้ส่งผลต่อความคิดและพฤติกรรมทางสังคม โดยการดำเนินชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคลมีอิทธิพลอย่างมากต่อรูปแบบ การปรับปรุง เปลี่ยนแปลงทัศนคติของคน อีกทั้งข้อมูลทางสังคมและทัศนคดียังถูกจำแนกและส่งผลให้แสดงพฤติกรรมออกมาด้วยความเป็นเหตุเป็นผล [52] การซื้อและการใช้สินค้า เพื่อให้ทราบถึงลักษณะความต้องการ รวมถึงพฤติกรรมการใช้งานของผู้บริโภค ผลการวิเคราะห์ ที่ได้จะช่วยให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การตลาด (Marketing Strategy) เพื่อที่จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการ และความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยคำถามส่วนใหญ่จะถามเกี่ยวกับ รับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัปบ่อยเพียงใด รูปแบบในการรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป สถานที่ ที่

ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์บ้อยที่สุด ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ไซร์ที่ท่านชอบซื้อบ้อยที่สุด เหตุผลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์ยี่ห้อดังกล่าว ขนาดบรรจุที่ท่านซื้อรับประทาน ชนิดของผลิตภัณฑ์ไซร์ที่ท่านเคยซื้อรับประทานบ้อยที่สุด และปัญหาที่ท่านพบเมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ไซร์

4.1.2.3 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด

แนวความคิดทางการตลาด (Marketing Concept) ซึ่งเป็นกลุ่มของเครื่องมือทางการตลาดซึ่งธุรกิจใช้ร่วมกันในการวางแผนกลยุทธ์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางการตลาด เพื่อการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เครื่องมือการตลาด 4 ประการ คือ ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ด้านราคา (Price) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place or Distribution) และด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) แนวคิดทฤษฎีขั้นตอนในการตัดสินใจซื้อ โดย Kotler กล่าวว่า ขั้นตอนในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคจะมีลำดับขั้นตอนในการตัดสินใจ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ความต้องการได้รับการกระตุ้นหรือการรับรู้ถึงความต้องการ (Need arousal or Problem Recognition) 2. การแสวงหาข้อมูล (Information Search) 3. การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternatives) 4. การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision) และ 5. พฤติกรรมหลังการซื้อ (Post Purchase Behavior) [53] โดยตั้งคำถามเกี่ยวกับในการแสดงระดับความคิดเห็น 1-5 โดยระดับ 5 มากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด

4.1.2.4 ความต้องการของผู้บริโภค

การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเป็นการค้นหาวិชาญเกี่ยวกับพฤติกรรม การซื้อ การใช้ และการประเมินผล เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง หรือภายในครัวเรือนและองค์กร ผู้บริโภคทุกคนที่ซื้อสินค้าและบริการไปเพื่อวัตถุประสงค์เช่นนี้รวมกันเรียกว่าตลาดผู้บริโภค (Consumer Market) [54] เป็นแนวคิดเกี่ยวกับส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix) เป็นตัวแปรทางการตลาดที่ควบคุมได้ ซึ่งใช้ร่วมกันเพื่อตอบสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคำตอบที่ได้สามารถช่วยให้นักการตลาดสามารถกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด (Market Strategies) ที่สามารถตอบสนองต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม [55] โดยตั้งคำถามเกี่ยวกับถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซร์จากซังซุน ท่านคิดว่าจุดเด่นของไซร์ ซังซุน มีในด้านใด หากมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไซร์จากซังซุนท่านคิดว่าท่านคู่กับผลิตภัณฑ์ใดเหมาะสมมากที่สุด ท่านต้องการให้บรรจุผลิตภัณฑ์ไซร์ซังซุนในภาชนะบรรจุแบบใด และหากท่านมีโอกาสเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์ซังซุนท่านจะใช้เหตุผลใดเป็นเหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อ

4.1.3 การประเมินแบบสอบถาม

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเป็นรายข้อ ซึ่งความถูกต้องตามองค์ประกอบที่ต้องการศึกษาและภาษาที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดมุ่งหมายของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
2	1.00	0.00	1.00	2.00	0.70	ใช้ได้
3	1.00	0.00	1.00	2.00	0.70	ใช้ได้
4	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
5	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
6	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
7	1.00	1.00	0.00	2.00	0.70	ใช้ได้
8	1.00	0.00	1.00	2.00	0.70	ใช้ได้
9	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
10	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
11	1.00	1.00	0.00	2.00	0.70	ใช้ได้
12	1.00	0.00	1.00	2.00	0.70	ใช้ได้
13	1.00	0.00	1.00	2.00	0.70	ใช้ได้
14	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้
15	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	ใช้ได้

ที่มา : จากการทำแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ข้อคำถามสอดคล้องกับเกณฑ์จำนวน 15 ข้อ ซึ่งผลคะแนนค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเท่ากับ 0.85 ซึ่งมีค่า IOC มากกว่า 0.50 หมายถึง มีความเที่ยงตรงใช้ได้ ค่า IOC เป็นความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 ข้อคำถามที่มีความตรงตามเนื้อหาจะมีค่า IOC เข้าใกล้ 1.00 ถ้าข้อใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรจะปรับปรุงข้อคำถามให้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด โดยผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของประโยค การจัดเรียงประโยคคำถาม การตรวจคำ เพื่อความสมบูรณ์ของแบบสอบถามจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะที่ได้รับให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งสามารถนำข้อคำถามไปใช้ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อให้แบบสอบถาม ฉบับนี้มีข้อคำถามและเนื้อหาที่สมบูรณ์ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้องเที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาและใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุดดังแสดงในภาคผนวก ก Rovinelli และ Hambleton ผู้คิดการหาค่า IOC เป็นการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ ในแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ และจะต้องให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามหนึ่ง ๆ กับวัตถุประสงค์ทุก ๆ ข้อ ที่มุ่งวัดในแบบทดสอบ

ซึ่งเหมาะกับการนำแนวคิดการหาค่า IOC มาใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบการผลิตไซรัปจากผลไม้ เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องกับข้อคำถามทุกวัตถุประสงค์ที่มีในแบบทดสอบ และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภค [56]

4.1.4 การสำรวจแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป

ผลการสำรวจแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป โดยการสำรวจกลุ่มผู้บริโภคในชีวิตประจำวัน จำนวน 150 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.5

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	46	30.67
หญิง	104	69.33
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
2. อายุ		
15 - 24 ปี	20	13.30
25 - 34 ปี	49	32.70
35 - 44 ปี	43	28.70
ตั้งแต่ 45 ปี	38	25.30
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
3. อาชีพ		
นิสิต / นักศึกษา	18	12.00
ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว	62	41.34
ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	35	23.33
พนักงานบริษัทเอกชน	33	22.00
อื่น ๆ โปรดระบุ	2	1.33
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
4. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	2	1.30
มัธยมศึกษาตอนต้น	12	8.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	25	16.70
อนุปริญญา/ปวส.	49	32.70
ปริญญาตรี	39	26.00
สูงกว่าปริญญาตรี	23	15.30
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
5. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	10	6.67
10,001 – 20,000 บาท	29	19.33
20,001 – 25,000 บาท	30	20.00
25,001 – 30,000 บาท	48	32.00
30,001 บาทขึ้นไป	33	22.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

จากตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 69.3 โดยส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 25-34 ปี ส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 41.34 ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับอนุปริญญา/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 32.70 มีรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 32.00 ตามลำดับ

การสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคไซร้ป โดยผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค

พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
6. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์ไซร้ปบ่อยเพียงใด		
ทุกวัน	16	10.67
1 - 2 ครั้งต่อสัปดาห์	52	34.67
3 - 4 ครั้งต่อสัปดาห์	51	34.00
นาน ๆ ครั้ง	30	20.00
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	1	0.66
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค (ต่อ)

พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
7. รูปแบบในการรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
รับประทานกับแพนเค้ก	82	18.81
รับประทานกับวaffles	46	10.55
รับประทานกับขนมปังแผ่น	62	14.22
รับประทานกับขนมปังกรอบ	48	11.01
รับประทานกับคอร์นเฟล็ก	58	13.30
ผสมในนมสด	49	11.24
ผสมกับชา กาแฟ	49	11.24
ผสมเป็นเครื่องดื่ม	27	6.19
ใช้แทนน้ำตาลทราย	15	3.44
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	436	100.00
8. สถานที่ที่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปบ่อยที่สุด		
ห้างสรรพสินค้า	47	31.33
แหล่งจัดงานนิทรรศการต่าง ๆ	31	20.67
ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven	71	47.33
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	1	0.67
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
9. ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ไซรัปที่ท่านชอบซื้อบ่อยที่สุด		
BINGO	13	8.67
TORANI	36	24.00
TEISSEIRE	27	18.00
MONIN	51	34.00
LIN	23	15.33
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค (ต่อ)

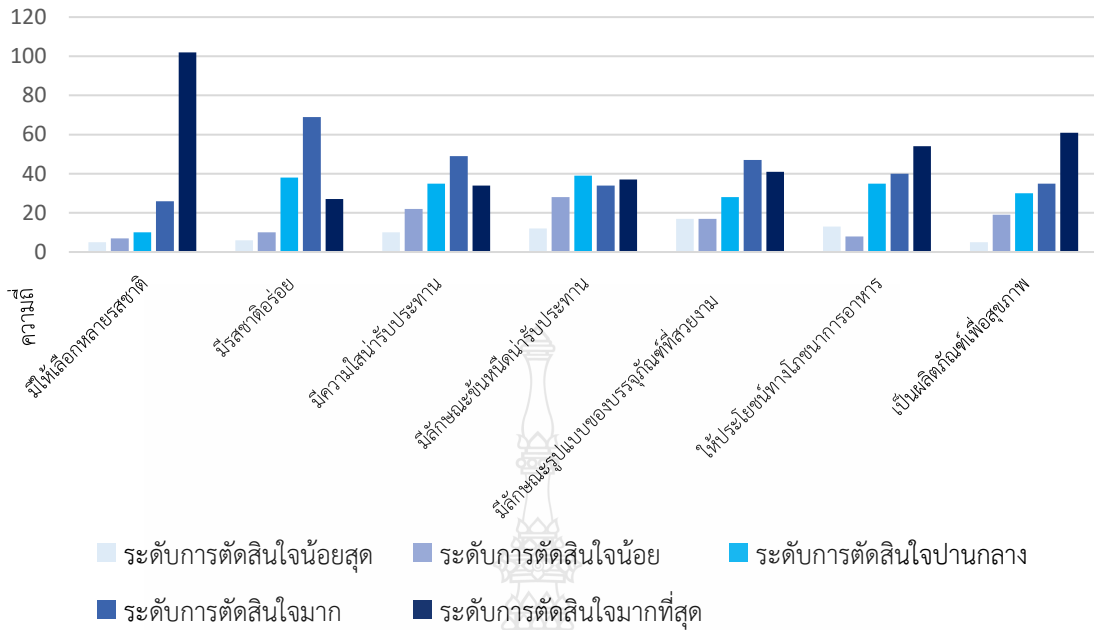
พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
10. เหตุผลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปที่ห่อตั้งกล่อง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
การโฆษณา	46	11.33
รสชาติดี / อร่อย	54	13.30
หาซื้อได้สะดวก	82	20.20
สีเป็นที่พอใจ	52	12.81
ภาชนะบรรจุสวยงาม	76	18.72
มีกลิ่นหอม	47	11.57
คุณค่าทางอาหาร	49	12.07
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	406	100.00
11. ขนาดบรรจุที่ท่านซื้อรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ขนาดเล็ก (93 ml.)	77	29.39
ขนาดกลาง (357 ml.)	78	29.77
ขนาดใหญ่ (750 ml.)	107	40.84
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	262	100.00
12. ชนิดของผลิตภัณฑ์ไซรัปที่ท่านเคยซื้อรับประทานบ่อยที่สุด		
เมเปิ้ลไซรัป	42	28.00
คาราเมล	43	28.67
กีวไซรัป	19	12.67
น้ำผึ้ง	22	14.66
ช็อกโกแลตไซรัป	24	16.00
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค (ต่อ)

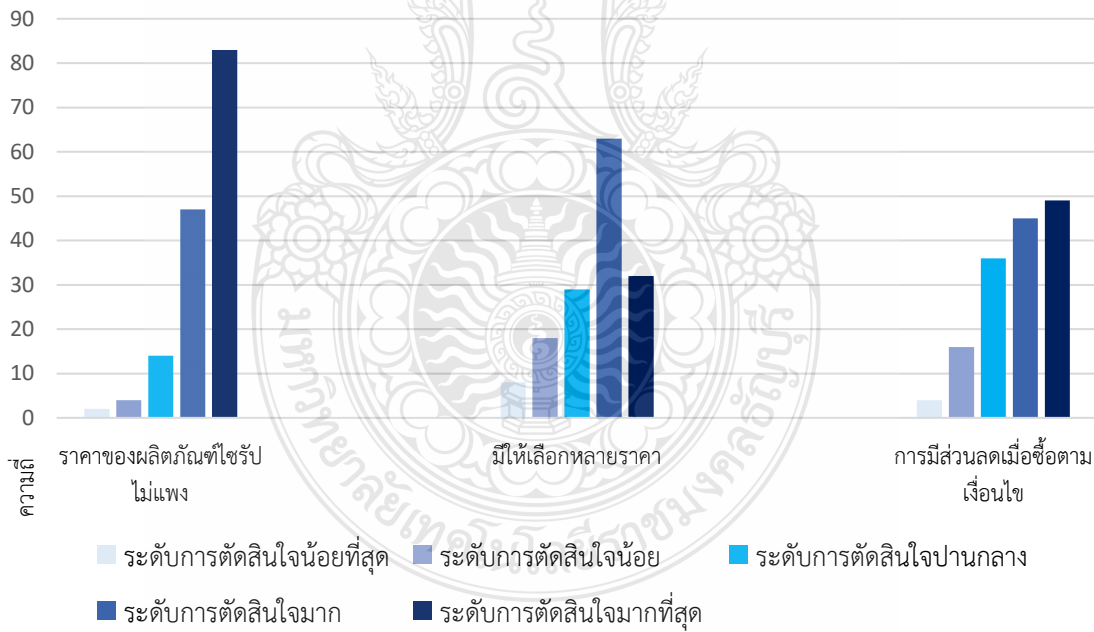
พฤติกรรมของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
13. ปัญหาที่ท่านพบเมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
มีความขื่นเหนียวเกินไป	30	8.89
มีความขื่นเหนือน้อยไป	27	7.99
สีอ่อนเกินไป	21	6.22
สีขุ่นเกินไป	64	18.94
รสหวานเกินไป	90	26.63
ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ไทย	106	31.33
อื่น ๆ (โปรดระบุ).....	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	338	100.00

จากตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคการผลิตภัณฑ์ไซรัป จำนวน 150 คน พบว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภครับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 34.67 ซึ่งทัศนคติของผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความถี่ในการบริโภคสารให้ความหวานจากธรรมชาติ คือ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งเหตุผลบางคนบอกว่าทานหวานแก็้เครียด ทานหวานแล้วอารมณ์ดี มีแรงทำงาน หรือทานความหวานแล้วเจริญอาหาร [57] ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป คู่กับแพนเค้ก ร้อยละ 18.81 สถานที่ที่ผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปส่วนใหญ่ซื้อจากร้านสะดวกซื้อ ร้อยละ 47.33 ซึ่งผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อการซื้อผลิตภัณฑ์ในร้านสะดวกซื้อ ซึ่งมีความหลากหลายของประเภทสินค้าภายในร้าน ความหลากหลายของยี่ห้อสินค้ามีสินค้าที่สะอาด สินค้าใหม่ และมีสถานที่ใกล้บ้านสะดวกในการซื้อสินค้า [58] ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ไซรัปที่ผู้บริโภคชอบซื้อ ส่วนใหญ่ MONIN ร้อยละ 34.00 ส่วนใหญ่เหตุผลที่ผู้บริโภคเลือกซื้อ คือ หาซื้อได้สะดวก ร้อยละ 20.20 ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปขนาดใหญ่ ร้อยละ 40.84 กลิ่นรสของไซรัปที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานคือ กลิ่นรสคาราเมล ร้อยละ 28.67 และปัญหาที่ผู้บริโภคมักพบในการรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัปส่วนใหญ่ คือ การมีไซรัปที่ไม่ได้ผลิตจากผลไม้ไทย ร้อยละ 31.33 และไซรัปมีรสหวานเกินไป ร้อยละ 26.63

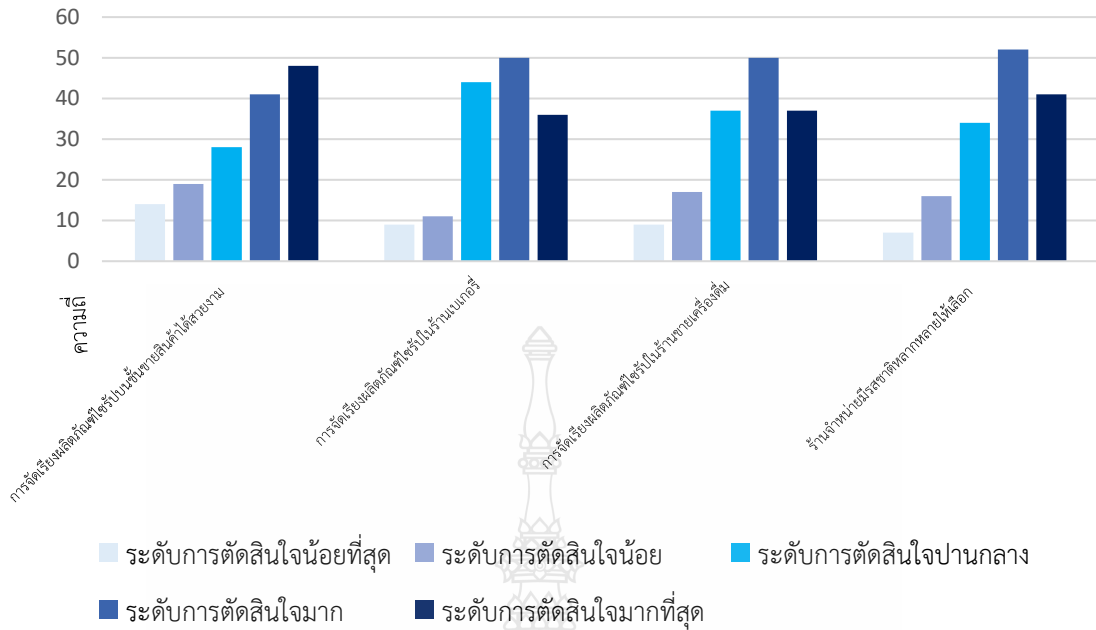
การสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคไซรัป โดยผลการสำรวจปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปของผู้บริโภค ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.4



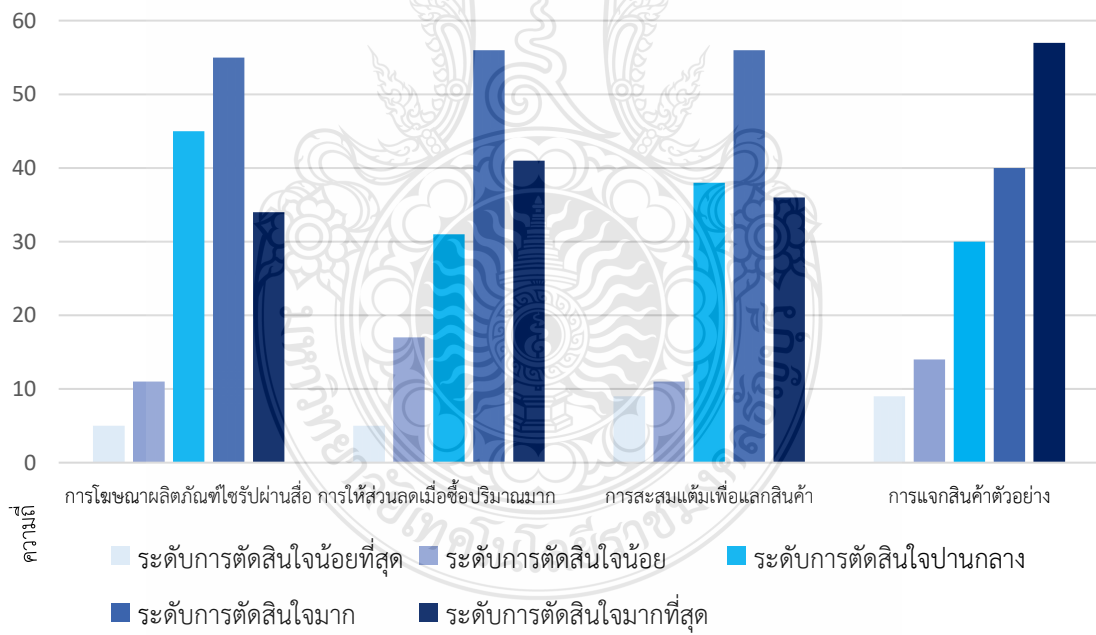
รูปที่ 4.1 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.2 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านราคา



รูปที่ 4.3 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย



รูปที่ 4.4 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านการส่งเสริมการตลาด

จากรูปที่ 4.1-4.4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคการผลิตภัณฑ์ไชรป์ จำนวน 150 คน มีระดับความสำคัญส่วนประสมทางการตลาด ดังนี้ ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้ระดับความสำคัญส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ไชรป์มีให้เลือกหลายรสชาติ มีค่าเฉลี่ย 4.42 ± 1.032 ซึ่งอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกบริโภคขนมหวาน คือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์เมนูขนมหวาน คือมีส่วนผสมที่ทำจากธรรมชาติโดยตรง ใช้น้ำผึ้งแทนน้ำตาลทราย ทำให้ขนมหวานมีหน้าตาสวยงาม ดึงดูดใจ น่ารับประทาน มีความแตกต่างและแปลกใหม่ [59] ด้านราคา พบว่า ผู้บริโภคให้ระดับความสำคัญ ส่วนใหญ่ราคาของผลิตภัณฑ์ไชรป์มีราคาไม่แพง มีค่าเฉลี่ย 4.37 ± 0.862 กลุ่มตัวอย่างให้ระดับความสำคัญด้านราคาเพราะมีอิทธิพลต่อผู้ซื้อจะเปรียบเทียบระหว่างคุณค่าของผลิตภัณฑ์กับราคา ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณค่าสูงกว่าราคาผู้ซื้อจะตัดสินใจซื้อ ดังนั้นกลยุทธ์ด้านราคาต้องคำนึงปัจจัยสำคัญ คือ ราคาผลิตภัณฑ์ [60] และการให้ส่วนลดด้าน ช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า ผู้บริโภคให้ระดับความสำคัญ ส่วนใหญ่ร้านจำหน่ายมีรสชาติหลากหลายให้เลือก มีค่าเฉลี่ย 3.69 ± 1.123 พฤติกรรมผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกซื้อบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำหวาน คือ มีรสชาติให้เลือกหลากหลายซึ่งเป็นกลยุทธ์การขายกับคู่แข่งและกระตุ้นการขาย ผู้บริโภคในร้านเบเกอรี่ใช้ไชรป์รสชาติต่าง ๆ เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในการรับประทานขนมเพื่อเพิ่มรสชาติ และกลิ่นหอมหวานของไชรป์รวมไปถึงที่ตั้งของร้านสะดวกต่อการเดินทาง [61-62] ด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้บริโภคให้ระดับความสำคัญ ส่วนใหญ่การแจกสินค้าตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 3.81 ± 1.212 ปัจจุบันร้านค้ามีผลิตภัณฑ์ออกใหม่มีการแจกให้ลูกค้า ชิมฟรี การลดราคาเพื่อกระตุ้นให้มีการซื้อสินค้าเดิมมากขึ้น เพิ่มปริมาณการซื้อ ให้เกิดการทดลอง ดึงดูดลูกค้าของคู่แข่ง รักษาความภักดีในตราสินค้า และดึงลูกค้ามาซื้อสินค้าที่ร้านโดยกิจกรรมในการส่งเสริมการขายมุ่งผู้บริโภค [63]

การสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ผลการสำรวจแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไชรป์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต

แนวทางการปรับปรุง	ความถี่	ร้อยละ
18. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไชรป์จากซังขนุน		
ท่านคิดว่าจุดเด่นของไชรป์ซังขนุน มีในด้านใด		
เป็นการลดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	29	19.33
เป็นผลไม้ของไทย	47	31.33
มีกลิ่น รส เป็นเอกลักษณ์	40	26.67
ราคาถูก	19	12.67
เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล	14	9.33
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	1	0.67
รวมทั้งสิ้น	150	100.00

ตารางที่ 4.4 แนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไซรัปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต (ต่อ)

แนวทางการปรับปรุง	ความถี่	ร้อยละ
19. หากมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนท่านคิดว่าท่าน คู่กับผลิตภัณฑ์ใดเหมาะสมมากที่สุด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
แพนเค้กโรยไซรัปซังขนุน	62	14.03
ไอศกรีมกะทิราดไซรัปซังขนุน	46	10.40
นมปั่นราดไซรัปซังขนุน	47	10.63
ชา กาแฟปั่นราดไซรัปซังขนุน	45	10.18
นมปั่นอบกรอบเคลือบไซรัปซังขนุน	51	11.54
เครปเค้กราดซอสไซรัปซังขนุน	59	13.35
ข้าวเหนียวขนุนราดไซรัปซังขนุน	67	15.16
ลอดช่องกะทิราดไซรัปซังขนุน	30	6.79
สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในอาหารคาว อื่น ๆ (โปรดระบุ)	35 0	7.92 0.00
รวมทั้งสิ้น	442	100.00
20. ท่านต้องการให้บรรจุผลิตภัณฑ์ไซรัปซังขนุนในภาชนะ บรรจุแบบใด		
ขวดแก้ว	26	17.30
โหลแก้ว	45	30.00
ขวดพลาสติก	22	14.70
หลอดบีบพลาสติก	55	36.70
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	2	1.30
รวมทั้งสิ้น	150	100.00
21. หากท่านมีโอกาสเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปซังขนุนท่านจะใช้ เหตุผลใดเป็นเหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้ไทย	60	18.02
เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ	59	17.72
ความแปลกใหม่สำหรับผู้บริโภค	76	22.82
ราคาถูกกว่าไซรัปจากผลไม้อื่น	59	17.72
รูปแบบบรรจุภัณฑ์	51	15.31
มีกลิ่น รส เป็นเอกลักษณ์	28	8.41
อื่น ๆ (โปรดระบุ)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	333	100.00

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาข้อมูลแนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไซรัปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคการผลิตภัณฑไซรัป จำนวน 150 คน พบว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับจุดเด่นของไซรัปจากชงชุน ในด้านเป็นผลไม้ของไทย คิดเป็นร้อยละ 31.33 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภรณ์ แยมพันธ์ [64] พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ไทยแปรรูปตราดอยคำ เนื่องจากเป็นผัก ผลไม้ไทยมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปหลากหลายจนสร้างมูลค่าให้กับสินค้าได้มากขึ้นอย่างต่อเนื่องและลดขยะของเหลือทิ้งได้จำนวนมาก ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่าผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุนทานคู่กับข้าวเหนียวขุ่นเหมาะสมที่สุด คิดเป็นร้อยละ 15.16 ผู้บริโภคนิยมรับประทานขนมไทยมากกว่าเบเกอรี่ ซึ่งปัจจุบันร้านขนมไทยหรือร้านคาเฟ่ขนมไทยใช้สื่อโซเชียลมีเดีย การตกแต่งร้าน เมนูและการนำเสนอขนมไทย เพื่อสื่อความหมายโดยลักษณะของเนื้อหากถูกปรับเปลี่ยนให้มีความทันสมัยสะดุดตาผู้ชมกระตุ้นให้ผู้รับสารเกิดความรู้สึกร่วมกับสิ่งที่นำเสนอสร้างบรรยากาศให้โดดเด่นโดยการนำเอาความเป็นไทยมาใช้สื่อความหมายภายในร้านเพื่อสร้างอัตลักษณ์แก่ร้านตามรสนิยมและความถนัดของตน เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความตระหนักถึงคุณค่าของขนมไทยตามกลุ่มเป้าหมายของร้านคาเฟ่ขนมไทยที่เป็นคนรุ่นใหม่และชาวต่างชาติ ซึ่งต้องการความแปลกใหม่และความแตกต่างในการบริโภคขนมไทย [65] ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้บรรจุผลิตภัณฑ์ไซรัปใส่ในภาชนะบรรจุแบบหลอดบีบพลาสติก ร้อยละ 36.70 ปัจจุบันผู้บริโภคมีเจตคติต่อบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับบรรจุอาหารและเครื่องดื่มภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.74 ± 0.50 และเมื่อวิเคราะห์รายละเอียดแต่ละข้อ พบว่าผู้บริโภค มีเจตคติต่อบรรจุภัณฑ์ในระดับมากทั้ง 10 ประเด็น ประเด็นที่มากที่สุดคือ ประเด็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุให้เลือกไซรัปสำหรับใช้งานที่เหมาะสมและหลากหลาย ค่าเฉลี่ย 4.15 ± 0.71 รองลงมา คือประเด็นที่ 10 บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความสะดวกในการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.12 ± 0.79 [65] บรรจุภัณฑ์ประเภทหลอดบีบพลาสติกมีลักษณะสวยงาม เบาล สะดวกในการใช้งานสามารถบีบได้เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากน้ำตาลสดมีความหนืด และหากออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้สะดุดตาสามารถซื้อไปเป็นของฝากได้ [68] และผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้เหตุผลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน คือความแปลกใหม่สำหรับผู้บริโภค ร้อยละ 22.82 สารให้ความหวานประเภทฟรุคโตสไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ ทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ ที่มีกลิ่น รสชาติ เฉพาะตัวจากผลไม้ไทย [69]

4.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนสและเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อการผลิตไซรัปจากชงชุน

4.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

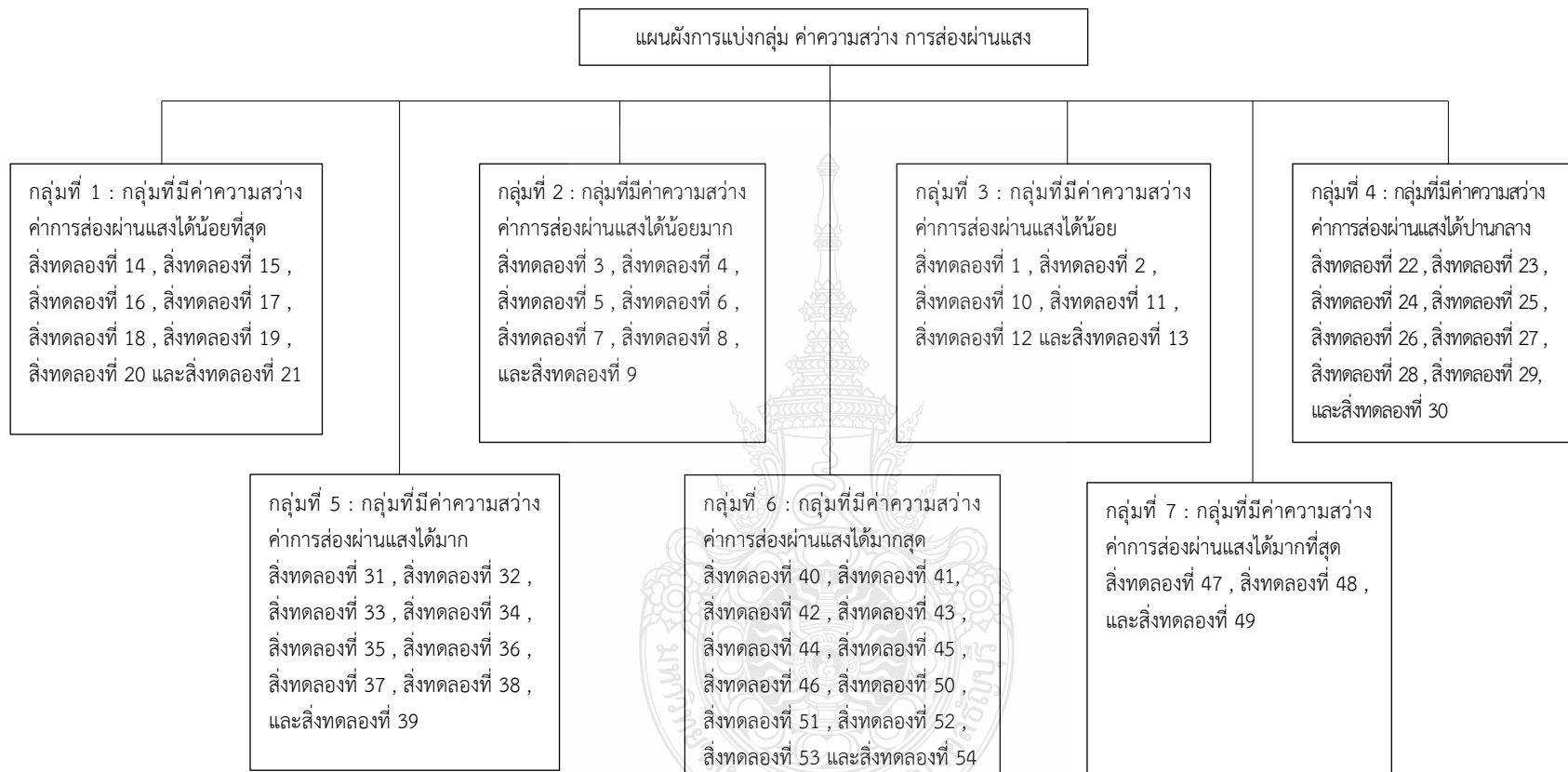
จากการเตรียมวัตถุดิบ พบว่า ชงชุนที่นำมาสกัดแยกกากโดยใช้วิธีการปั่นแยกกาก ได้น้ำชงชุนที่มีลักษณะขุ่น มีเนื้อและกากใบบางส่วนอยู่ในน้ำชงชุน มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 6.15 ค่า (a^*) มีค่าความเป็นสีแดง -5.06 ค่า (b^*) มีค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 25.24 ร้อยละการส่องผ่านแสง

(Transmittance 650) เท่ากับ 0.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.60 จากการคำนวณร้อยละของผลผลิต (% Yield) พบว่า ได้น้ำซังขุ่นในปริมาณร้อยละ 21.3 และมีค่าความหวาน เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ พบว่ามีน้ำตาลเข้มข้นซึ่งตรงกับลักษณะของการผลิตไซรัปจากผลไม้ เช่น สตรอเบอรี่ มีค่าความหวาน 6.6-8.8 องศาบริกซ์ [70] มะม่วงน้ำดอกไม้ [23] ซึ่งมีค่าความหวาน 22 องศาบริกซ์ กล้วยหอมทอง มีค่าความหวาน 19.6 องศาบริกซ์ [46,50] ขนุน มีค่าความหวาน 20-23 องศาบริกซ์ [42] น้ำตาลสด มีค่าความหวาน 14.6 องศาบริกซ์ [67] เป็นต้น

4.2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณภาพของไซรัปซังขุ่น

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณภาพของน้ำซังขุ่น โดยนำน้ำซังขุ่นที่ได้จากข้อ 4.2.1 มาทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส มี 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส แปรเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.04 0.06 และ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการบ่ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 90 และ 150 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 54 สิ่งทดลอง จากนั้นนำน้ำซังขุ่นที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ คำนวณร้อยละของผลผลิต (% Yield) ค่าความสว่าง และค่าการส่องผ่านแสง และคุณภาพทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในภาคผนวก ค

จากนั้นทำการวิเคราะห์คัดเลือกกลุ่มสิ่งทดลองที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสว่าง และค่าการส่องผ่านแสง โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามความสามารถ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไซรัปจากซังขุ่น โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) โดยกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 7 กลุ่ม ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปัจจุบันหรือตัวแปร 2 ตัว คือ ค่าความสว่าง และค่าการส่องผ่านแสง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผนผังการแบ่งกลุ่ม

จากรูปที่ 4.5 แผนผังการแบ่งกลุ่ม โดยใช้ Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มค่าความสว่าง ค่าการส่องผ่านแสง ได้เป็น 7 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ผู้ศึกษาสนใจ คือ กลุ่มที่มีค่าความสว่าง ค่าการส่องผ่านแสงมากที่สุด อยู่ในกลุ่มที่ 7 ซึ่งมีอยู่ 3 สิ่งการทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 47 สิ่งทดลองที่ 48 และสิ่งทดลองที่ 49 ซึ่งมีค่าความสว่าง คือ 32.63 , 32.62 และ 33.81 ตามลำดับ และค่าการส่องผ่านแสง คือ 1.13, 1.13 และ 1.13 ตามลำดับ ค่าความสว่าง และค่าการส่องผ่านแสง เกิดจากกระบวนการเอนไซม์เพคตินเนส ตัดย่อยสารประกอบเพคติน กรดเพคติน ทำให้เซลล์พืชฉีกขาดทำให้เกิดการย่อยสลายเพคตินในผลไม้ โมเลกุลของโปรตีนในคอลลอยด์ และเพคตินรวมตัวเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกตะกอน ส่งผลให้น้ำผลไม้มีความใสเพิ่มขึ้น และเอนไซม์เซลลูเลส มีคุณสมบัติย่อยเซลลูโลสหรือผนังเซลล์ของผลไม้ย่อยจนได้น้ำตาลที่ละลายน้ำจากนั้นจึงดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนต่อไป ส่งผลให้สกัดน้ำผลไม้ปริมาณเพิ่มขึ้น จึงทำให้น้ำซังขนุนได้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี [45] เนื่องจากปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.08 และปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 อุณหภูมิในการบ่มสูงขึ้น และระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น มีผลดีต่อคุณสมบัติของไซรัปทำให้เอนไซม์สามารถย่อยสลายเพคตินที่อยู่ในส่วนของผนังเซลล์ และมิตติลลาเมลลาแตกออก ทำให้น้ำถูกปล่อยมาได้มากขึ้นส่งผลให้ความหนืดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนพพล แสนใจบาล [70] พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส และเวลาที่ใช้ในการบ่ม สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำสตอเบอรี่ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสมฤดี ไทพาศิษฐ์ [42] พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเนส กระบวนการผลิตไซรัปขนุน เมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนสต่อเนื้อขนุนตีปั่นสูงขึ้นทำให้ได้ไซรัปขนุนปริมาณมากขึ้น แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนสต่อเนื้อขนุนตีปั่นมากกว่าร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ปริมาตรไซรัปขนุนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้เอนไซม์เพคตินเนสความเข้มข้น ร้อยละ 0.08 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ชิตชัย ปัญญาสุวรรณ และคณะ [46] พบว่า การใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส ส่งผลให้ผนังเซลล์ของผลไม้ฉีกขาดง่าย ทำให้การสกัดน้ำผลไม้ง่ายขึ้น และทำให้น้ำผลไม้ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี โดยจากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลส อุณหภูมิในการบ่มสูงขึ้น และระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้นมีผลดีต่อคุณสมบัติของไซรัปลักษณะกายภาพที่ดี ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสทำหน้าที่ย่อยสลายเพคตินในเนื้อผลไม้ ทำให้ได้น้ำผลไม้ใสและสกัดน้ำผลไม้สูงขึ้น [40] และเอนไซม์เซลลูเลสย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเบต้า 1,4 ไกลโคซิดิกภายในโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสหน่วยเล็กที่สุด ย่อยสลายสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและสกัดน้ำผลไม้ให้ใสขึ้น [42] จึงทำให้ค่าความสว่างและค่าการส่องผ่านแสงหรือความใสเพิ่มขึ้น ผู้ศึกษาจึงคัดเลือกกลุ่มที่ 7 กลุ่มที่มีค่าความสว่าง ค่าการส่องผ่านแสงมากที่สุดมี 3 สิ่งการทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 47 สิ่งทดลองที่ 48 และสิ่งทดลองที่ 49 มาผ่านกระบวนการผลิตไซรัป (ดังแสดงในรูปที่ 3.2) โดยนำน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลส ที่มีความเข้มข้น 20 องศาบริกซ์ ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง ผ่านกระบวนการทำให้เข้มข้นโดยใช้วิธีระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจากปริมาณของน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์

เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส ได้ความเข้มข้น 65 อนุภาคปริกซ์ และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าการส่องผ่านแสง และความหนืด และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ต่าง (pH) ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.5



ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของไซรัปจากชงุนุน

สิ่งทดลองที่	ปริมาณเอนไซม์ เพคตินเนส (ร้อยละ)	ปริมาณเอนไซม์ เซลลูเลส (ร้อยละ)	อุณหภูมิใน การต้ม (องศา เซลเซียส)	เวลาใน การต้ม (นาที)	ค่าสี			การส่องผ่าน แสง (%T ₆₅₀)	ความหนืด (cP)	กรด-ด่าง (pH)
					L*	a*	b*			
47	0.08	0.2	40	90	22.77 ^a ± 0.04	-0.74 ^b ± 0.06	9.16 ^b ± 0.43	1.99 ^a ± 0.01	14.00 ^c ± 0.05	4.75 ^a ± 0.10
48	0.08	0.2	40	150	20.27 ^c ± 0.05	-0.96 ^c ± 0.06	7.46 ^c ± 0.43	1.90 ^b ± 0.01	16.00 ^b ± 0.01	4.48 ^b ± 0.12
49	0.08	0.2	45	30	20.59 ^b ± 0.04	-0.07 ^a ± 0.06	9.90 ^a ± 0.43	1.87 ^c ± 0.02	17.50 ^a ± 0.15	4.29 ^c ± 0.11

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



จากตารางที่ 4.5 ค่าความสว่างของสี (L^*) ของไซรัปจากซังขนุน พบว่าสิ่งทดลองที่ 47 ใช้ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีค่าความสว่างของสี (L^*) สูงที่สุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างของสี (L^*) ของไซรัปจากซังขนุนมีค่าความสว่างน้อยกว่าค่าความสว่างของน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลส เนื่องจากการใช้อุณหภูมิระเหยมีผลต่อค่าความสว่างของไซรัปทำให้ค่าความสว่างของไซรัปมีแนวโน้มลดลง ซึ่งพบว่า การใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยทำให้ลักษณะของไซรัปที่ได้มีความสว่างลดลง เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดของคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนของเป็นปฏิกิริยาทางเคมีพื้นฐานที่ทำให้อาหารแปรรูปจำนวนมากมีรส กลิ่น และสีที่แตกต่างกัน โดยการเปลี่ยนสีของอาหารนั้นเริ่มต้นจากหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted Glycosylamine) และน้ำ จากนั้นไกลโคซิลเอมีนที่ไม่เสถียรจะจัดเรียงตัวใหม่ผ่าน Amadori Rearrangement และฟอร์มตัวเป็นสารประกอบ Amadori (Amadori Compound) โดยสารประกอบดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยาได้ในหลายรูปแบบนำไปสู่การก่อตัวของสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลอย่างเมลานอยดิน (Melanoidins) ซึ่งทำให้ไซรัปมีสีน้ำตาลมากขึ้น [71] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมยุรา วชิรศักดิ์ [45] พบว่าอุณหภูมิสูง เวลามากขึ้นส่งผลทำให้ไซรัปมีสีน้ำตาลมากขึ้นและค่าความสว่างลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี โดยทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) และในส่วนของค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a^*) ค่าที่ได้มีค่าติดลบแสดงว่าไซรัปจากซังขนุนมีสีเขียวมากกว่าสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชฎากาญจน์ และคณะ [46] พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์มากขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) มากขึ้นแต่ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a^*) ลดลง และค่าความเป็นสีเหลืองถึงสี น้ำเงิน (b^*) ค่าที่ได้ไปทางสีเหลือง ดังนั้นจึงให้ลักษณะสีเหลืองแก่ไซรัปซังขนุน ที่เกิดสารสีที่เรียกว่าฟลาโวนอล (Flavonol) พบได้ในผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ไซรัปจากซังขนุน (ก) สิ่งทดลองที่ 47 (ข) สิ่งทดลองที่ 48 และ(ค) สิ่งทดลองที่ 49

ผลการวิเคราะห์ร้อยละการส่องผ่านแสง ของไซรัปจากซังขนุน พบว่า สิ่งทดลองที่ 47 ใช้ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ร้อยละการส่องผ่านแสงสูงสุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยร้อยละการส่องผ่านแสงของไซรัปจากซังขนุนมีค่ามากกว่าน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส เนื่องจากการใช้เวลานานมีผลต่อความใสหรือการส่องผ่านแสง ซึ่งอุณหภูมิในการบ่มและเวลาในการบ่มมีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งละลายน้ำสกัดและความใส หรือค่าการส่องผ่านแสง [46]

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด (cP) ของไซรัปจากซังขนุนตารางที่ 4.5 พบว่าสิ่งทดลองที่ 47 ใช้ปริมาณเอนไซม์ เพคตินเอส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีค่าความหนืดน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเวลาในการบ่มของเอนไซม์เพคตินเอส และเอนไซม์เซลลูเลส เกิดการทำให้เป็นของเหลว (Liquefaction) ที่เกือบสมบูรณ์คือเอนไซม์เพคตินเอสเข้าไปทำหน้าที่ย่อยสลายเพคตินในผลไม้ให้มีโมเลกุลเล็กลง ละลายลงสู่ส่วนที่เป็นของเหลว ทำงานเมื่อเซลล์พืชฉีกขาดหรือได้รับความกระทบกระเทือน [72] และเอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเบต้า 1,4 โกลโคซิดิกภายในโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสหน่วยเล็กที่สุด [42] จึงส่งผลทำให้ไซรัปจากซังขนุนมีค่าความหนืดน้อย

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไซรัปจากซังขนุนตารางที่ 4.5 พบว่า สิ่งทดลองที่ 47 ใช้ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงสุด เท่ากับ 4.75 ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดอ่อน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 4.73-4.80 ไม่จัดเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค ส่งผลให้ถนอมอาหารและยืดอายุไว้ได้นาน [47]

4.2.3 การศึกษาการความชอบของผู้บริโภคต่อไซรัปจากซังขนุน

โดยนำผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนที่ได้คัดเลือกทั้ง 3 สิ่งการทดลอง ศึกษาการความชอบของผู้บริโภคโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส กลิ่นขนุน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคจำนวน 100 ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จากนั้นคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาจากคะแนนสูงสุดที่ได้ นำไปศึกษาสมบัติฟิสิกส์ และการยอมรับของผู้บริโภค โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ดังนี้

4.2.3.1 การศึกษาความยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาความยอมรับของผู้บริโภค โดยได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากซังขนุน

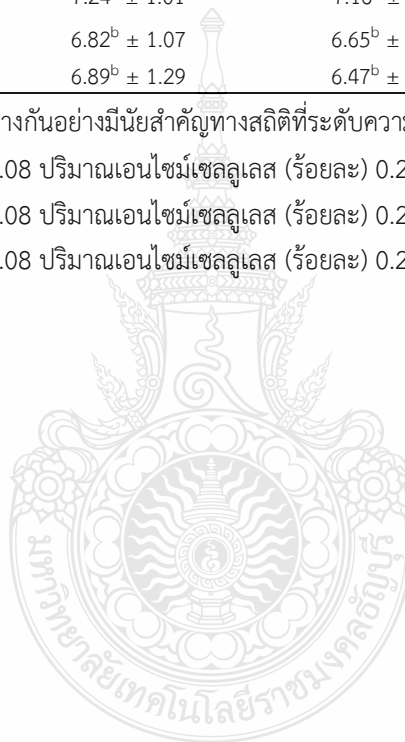
สิ่งทดลองที่	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความใส	กลิ่นขนุน	กลิ่นรสขนุน	ความชอบโดยรวม
47	7.23 ^a ± 1.18	7.32 ^a ± 1.14	7.24 ^a ± 1.01	7.16 ^a ± 1.53	7.31 ^a ± 1.38	7.43 ^a ± 1.01
48	6.72 ^b ± 1.06	6.81 ^b ± 1.06	6.82 ^b ± 1.07	6.65 ^b ± 1.42	6.68 ^b ± 1.35	6.78 ^b ± 1.01
49	6.48 ^b ± 1.34	6.84 ^b ± 1.35	6.89 ^b ± 1.29	6.47 ^b ± 1.70	6.62 ^b ± 1.40	6.65 ^b ± 1.23

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

สิ่งทดลองที่ 47 : ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส (ร้อยละ) 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ) 0.2 อุณหภูมิในการต้ม (องศาเซลเซียส) 40 เวลาในการต้ม 90 นาที

สิ่งทดลองที่ 48 : ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส (ร้อยละ) 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ) 0.2 อุณหภูมิในการต้ม (องศาเซลเซียส) 40 เวลาในการต้ม 150 นาที

สิ่งทดลองที่ 49 : ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส (ร้อยละ) 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ) 0.2 อุณหภูมิในการต้ม (องศาเซลเซียส) 45 เวลาในการต้ม 30 นาที



จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผลผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส กลิ่นขนุน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม โดยสิ่งทดลองที่ 47 มี 4 ปัจจัย คือ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส เวลาในการบ่ม 90 นาที ได้คะแนนสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส กลิ่นขนุน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม เนื่องจากผลผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนใช้เวลาบ่มน้อยสุดซึ่งเวลาในการบ่มมีผลต่อ สี ความใสหรือค่าการส่องผ่านแสง และกลิ่นรสของขนุน สอดคล้องกับงานวิจัยของชิตชัย ปัญญาสว่าง และคณะ [46] พบว่า อุณหภูมิในการบ่มและเวลาในการบ่มมีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งละลายน้ำสกัดและความใส หรือค่าการส่องผ่านแสงทำให้สีออกมาใสสีน้ำผึ้งเป็นธรรมชาติมากกว่าสิ่งทดลองที่ 48 และสิ่งทดลองที่ 49 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภา พงษ์จันทา และคณะ [73] พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด คือ อุณหภูมิ เวลา และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงและการใช้เวลานานมีผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเป็นกรดต่างจะลดลงมีผลให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดน้อย ในตรงข้ามปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีที่ความเป็นกรด-ต่างสูงและจะเกิดได้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในด้านกลิ่น และกลิ่นรสขนุน ผู้บริโภคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งให้กลิ่นรสที่ดีใกล้เคียงคล้ายธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืนปราศจากกลิ่นรสอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ โดยจากผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า สิ่งทดลองที่ 47 มีคะแนนความชอบสูงกว่าสิ่งทดลองที่ 48 และสิ่งทดลองที่ 49 จึงนำไปศึกษาคุณภาพสมบัติฟรีโบโอติกของผลผลิตภัณฑ์ไซรัปซังขนุนขั้นต่อไป

4.3 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี ฟรีโบโอติก และการยอมรับของผลผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

4.3.1 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน ได้แก่ ค่าสี ค่าการส่องผ่านแสง และความหนืด คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ต่าง (pH) และสมบัติฟรีโบโอติก ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และพรีไบโอติกของไซร์ปจากชังขนุน

คุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าความสว่าง (L [*])	22.77
การส่องผ่านแสง (nm)	1.99
ความหนืด (cP)	14.00
คุณภาพทางเคมี	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.75
คุณภาพทางจุลินทรีย์ พรีไบโอติก (CFU/g)	
น้ำชังขนุน	3.8×10 ⁶
ไซร์ปชังขนุน	1.6×10 ⁴

ที่มา : จากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคุณภาพทางกายภาพได้แก่ ค่าความสว่างของสี (L^{*}) เท่ากับ 22.77 ร้อยละการส่องผ่านแสง เท่ากับ 1.99 และค่าความหนืด (cP) เท่ากับ 14.00 โดยใช้ปริมาณเอนไซม์ เพคตินเนส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิในการบ่มมีผลต่อค่าความสว่าง และอุณหภูมิกับเวลาในการบ่ม มีอิทธิพลต่อ ปริมาณของแข็งละลายน้ำสกัดและความใส หรือค่าการส่องผ่านแสง [46] ดังนั้น ไซร์ปจากชังขนุนมี ลักษณะสีเหลืองแก่ มีสารสีที่เรียกว่าฟลาโวนอล (Flavonol) พบได้ในผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง และ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.75 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดอ่อน พบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 4.73-4.80 ไม่จัดเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ ทำให้เกิดอาหารเน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค ส่งผลให้ถนอมอาหารและยืดอายุไว้ได้นาน [47]

การวิเคราะห์สมบัติพรีไบโอติกของผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชังขนุน โดยศึกษาจากไซร์ปจาก ชังขนุนนำไปเป็นอาหารของจุลินทรีย์เชื้อ *Lactobacillus sp.* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติก เจริญได้ดีทั้ง ในที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนต้องการสารประกอบที่ซับซ้อนในการเจริญและขณะเจริญในอาหาร พวก คาร์โบไฮเดรตจะให้กรดแลคติก [74] แบคทีเรียชนิดนี้มีประโยชน์ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทาง อาหารเป็นอย่างมาก มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตด้วยคุณสมบัติในด้านการหมักและการเป็นพรีไบโอติก [75] จากตารางที่ 4.7 พบว่า ไซร์ปจากชังขนุนมีปริมาณของ *Lactobacillus sp.* เท่ากับ 1.6×10⁴ โคโลนีต่อกรัม ถือว่าไม่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก โดยทั่วไปปริมาณแบคทีเรียโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ ที่เหมาะสม คือ อย่างน้อยประมาณ 10⁶-10⁷ โคโลนีต่อกรัม แสดงว่าไม่เป็นพรีไบโอติก [76] หากเมื่อ เทียบกับน้ำชังขนุนจะมีปริมาณของ *Lactobacillus sp.* เท่ากับ 3.8×10⁶ โคโลนีต่อกรัม ถือว่ามีพรีไบโอติก

เพราะการให้ความร้อนในการทำให้เข้มข้นความร้อนทำให้น้ำตาลแตกตัวจากน้ำตาลโมเลกุล คู่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัว ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำตาลโมเลกุลคู่ตัวนั้นเสมอ เช่น ปฏิกริยาการ สลายซูโครสจะได้โมเลกุลของกลูโคสและฟรุกโทสออกมาในสัดส่วนเท่ากัน เหมาะที่จะเป็นเชื้อ Lactic acid bacteria คือ กลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก ที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแล็กโทส

ให้เกิดกรดแล็กติก (Lactic Acid Fermentation) กรดอินทรีย์อื่น ได้แก่ กรดแอสिटิก (Acetic Acid) และกรดโพรพิโอนิก (Propionic Acid) และสารอื่น นำไปใช้ประโยชน์ในการหมัก ช่วยในการถนอมอาหาร และทำให้อาหารปลอดภัย ซึ่งเหมาะกับ LAB และนำไปใช้ศึกษาต่อ น้ำซังขนุนยังไม่ได้ผ่านการบ่มของเอนไซม์ ซึ่งแหล่งที่มาของพรีไบโอติกได้มาจาก 3 แหล่งหลัก ๆ คือ สังเคราะห์จากเอนไซม์ด้วยการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและ ทรานสโกลโคซิเลชันของเอนไซม์ตัดแปรคาร์โบไฮเดรตสังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมี และสกัดทำยสกัดจากแหล่งผลิตตามธรรมชาติได้จากพืช เช่น ถั่วเหลือง หัวบีท และอาร์ทิชอก ได้แก่ พรีไบโอติกจำพวก Soybean Oligosaccharides, Raffinose, Inulin และ Non-starch Polysaccharides ได้แก่ เพคติน และเซลลูโลส เป็นต้น [19] แต่ในกระบวนการผลิตไซรัปจากซังขนุน มีเอนไซม์เพคตินเนสทำหน้าที่สกัดเพคติน และเอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่สกัดเซลลูโลสในน้ำซังขนุน จึงส่งผลให้ไซรัปซังขนุนที่ผ่านการบ่มเอนไซม์ ไม่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก เอนไซม์มีผลต่อปริมาณโพรไบโอติก ซึ่งสมบัติพรีไบโอติกมีคุณสมบัติเป็นสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ภายในทางเดินอาหาร และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogens) ในทางเดินอาหารอันเป็นสาเหตุของอาหารท้องร่วง พรีไบโอติกจะไม่ถูกย่อยหรือดูดซึมในทางเดินอาหาร เป็นสารอาหารที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของโพรไบโอติกที่เฉพาะเจาะจง สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของจุลินทรีย์ทำให้เกิดสุขภาพที่ดี [77] ดังนั้นไซรัปจากซังขนุนไม่จัดว่าเป็นอาหารประเภทพรีไบโอติก แต่น้ำซังขนุนจัดว่าเป็นอาหารประเภทพรีไบโอติก

4.3.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

4.3.2.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน โดยผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	27	27.00
หญิง	73	73.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. อายุ		
15 – 24 ปี	25	25.00
25 – 34 ปี	35	35.00
35 – 44 ปี	23	23.00
ตั้งแต่ 45 ปี	17	17.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
3. อาชีพ		
นิสิต / นักศึกษา	27	27.00
ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว	12	12.00
ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	21	21.00
พนักงานบริษัทเอกชน	20	20.00
แม่บ้าน	15	15.00
อื่น ๆ (พนักงานมหาวิทยาลัย)	5	5.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
4. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	5	5.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	10	10.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	6	6.00
อนุปริญญา/ปวส.	8	8.00
ปริญญาตรี	54	54.00
สูงกว่าปริญญาตรี	17	17.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
5. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท	42	42.00
15,001 – 20,000 บาท	23	23.00
20,001 – 25,000 บาท	31	31.00
25,001 – 30,000 บาท	3	3.00
30,001 บาทขึ้นไป	1	1.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.8 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.00 มีอายุอยู่ในช่วง 25-34 ปี ร้อยละ 35.00 มีอาชีพนิสิต/นักศึกษา ร้อยละ 27 โดยการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 54.00 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท ร้อยละ 42.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพศหญิงมีการบริโภคผลิตภัณฑ์ไซร์ปมากกว่าเพศชาย ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่อยู่ในวัยทำงานมีพฤติกรรมซื้อเครื่องดื่มจากร้านกาแฟ ทั้งผู้บริโภคที่ชอบนั่งดื่มที่ร้านและแบบกลับบ้านสำหรับผู้เร่งรีบ ผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้น แต่สำหรับคนไทยจำนวนไม่น้อย ไม่ว่าจะอาหารหรือเครื่องดื่มยังไม่สามารถขาดรสหวานได้ [78]

การสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน โดยผลการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11

4.3.2.2 การศึกษาความชอบและระดับการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาความชอบและการระดับการยอมรับของผู้บริโภค โดยได้ผลวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.10

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยความชอบ	การแปลผลค่าเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	7.57 ± 1.07	ชอบปานกลาง
สี	7.82 ± 0.63	ชอบปานกลาง
ความใส	7.82 ± 0.58	ชอบปานกลาง
ความหนืด	7.82 ± 0.56	ชอบปานกลาง
กลิ่นชงชุน	7.98 ± 0.32	ชอบปานกลาง
รสหวาน	7.80 ± 0.44	ชอบปานกลาง
กลิ่นรสชงชุน	7.53 ± 0.10	ชอบปานกลาง
ความชอบโดยรวม	7.96 ± 0.62	ชอบปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	7.79 ± 0.26	ชอบปานกลาง

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.9 การศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส ความหนืด กลิ่นชงชุน รสหวาน กลิ่นรสชงชุน และความชอบโดยรวม โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้บริโภคจำนวน 100 คน ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี เป็นกลุ่มนักศึกษานิสิตและบุคลากร พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส ความหนืด กลิ่นชงชุน รสหวาน กลิ่นรสชงชุน และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.79 ± 0.26 มนุษย์มีการกระตุ้นประสาทสัมผัสทั้งการมองเห็นหรือการได้กลิ่นอย่างใดอย่างหนึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมชอบและไม่ชอบ ดังนั้นลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จึงนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการยอมรับและปฏิเสธของผู้บริโภค [79] การยอมรับของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน ซึ่งผู้บริโภครส่วนใหญ่ให้การยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากในปัจจุบันเทรนด์สุขภาพมาแรง ผู้บริโภคเริ่มหันมาใส่ใจสุขภาพหันมารับประทานของธรรมชาติ ไม่ผ่านการปรุงแต่ง ซึ่งไซรัปจากชงชุนมีลักษณะเด่น คือ มีกลิ่นรสชงชุนเฉพาะตัว

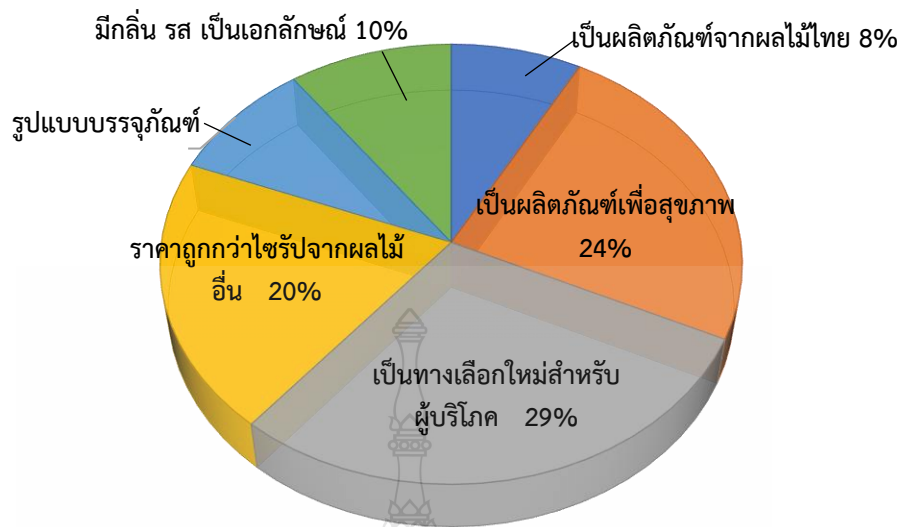
จากนั้นทำการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แล้วสอบถามการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
ถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่ไชร้ปจากซังขนุนวางจำหน่าย ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้รับประทานหรือไม่		
ซื้อแน่นอน	85	85.00
ไม่แน่ใจ	13	13.00
ไม่ซื้อแน่นอน	2	2.00
รวม	100	100.00

หมายเหตุ : ผลจากการทำแบบสอบถามผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.10 โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค คือ เมื่อได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไชร้ปจากซังขนุน ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มากที่สุด จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาใส่ใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น ทั้งในเชิงสุขภาพร่างกาย อารมณ์ และสุขภาพจิตใจ ซึ่งพบว่าผู้บริโภคต้องการให้มีโภชนาการที่ดีขึ้น คือการปรับรับประทานอาหารที่มาจากพืชผักธรรมชาติโดยตรง สินค้าที่สดใหม่ มาจากธรรมชาติที่ไม่ปรุงแต่ง กลิ่น สี รส ร่องลงมา ไม่แน่ใจ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 13.00 และไม่ซื้อแน่นอน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00 ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับฉลากความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค และเครื่องมือการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อม ตราสินค้าเพื่อสิ่งแวดล้อม และสื่อโฆษณาเพื่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเชื่อมั่นในฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อม และตราสินค้าเพื่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมในการซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของ [75] ซึ่งผลิตภัณฑ์ไชร้ปจากซังขนุน เมื่อรับประทานร่างกายจะไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารส่วนบนผ่านมาถึงลำไส้ล่าง จึงช่วยส่งเสริมการเติบโตของ จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่ ซึ่งก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ [80] 프리ไบโอติก บางชนิดมีตำแหน่งจับจำเพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Bacteria) เช่น Salmonella และ E. coli ซึ่งต่อมาจะถูกกำจัดออกจากระบบทางเดินอาหารไปกับอุจจาระ ในขณะที่ 프리ไบโอติกชนิดอื่น ๆ ก็กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ เช่น Bifidobacterial และ Lactobacilli โดยการเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรีย ทำให้ ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้ได้ [81] โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เหตุผลของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.7 ผู้บริโภคได้ให้เหตุผลส่วนใหญ่ที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซรับจากชงชุน คือ เป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค คิดเป็นร้อยละ 29.00 รองลงมาผู้บริโภคให้เหตุผลเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ คิดเป็นร้อยละ 24.00 เนื่องจากปัจจุบันคนไทยเริ่มมีวิถีชีวิตเปลี่ยนจากสังคมชนบทเป็นสังคมเมืองมากขึ้น [80] มีการศึกษาที่สูงขึ้น ส่งผลให้คนไทยเริ่มมาสนใจสุขภาพของตัวเอง และคนในครอบครัวมากขึ้น ดังนั้นการผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่มีสารพิษปนเปื้อน จึงมีความสำคัญต่อสุขอนามัยของผู้บริโภค การเชื่อมโยงระหว่างภาคเกษตรกรรมได้เพิ่มมูลค่าการผลิต [81] บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไซรับจากชงชุน ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไซรับจากชงชุน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสต่อการสกัดน้ำซังขนุนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขนุน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริ๊ไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อไซรัปซังขนุน ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตไซรัปซังขนุน โดยสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1.1 การทดสอบแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้

จากการศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปผลไม้ จำนวน 150 คน พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับจุดเด่นของไซรัปจากซังขนุน ในด้านเป็นผลไม้ของไทย รูปแบบในการรับประทานที่เหมาะสม คือ รับประทานคู่กับขนมไทย บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ หลอดบีบพลาสติก และปัญหาที่ผู้บริโภคมักพบในการรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัป คือ การมีไซรัปที่ไม่ได้ผลิตจากผลไม้ไทย และไซรัปมีรสหวานเกินไป

5.1.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากซังขนุน พบว่า ในการสกัดจะต้องใช้ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการบ่ม 90 นาที

5.1.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริ๊ไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภค

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.77 ± 0.04 ร้อยละการส่องผ่านแสงของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.99 ± 0.01 และค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.00 ± 0.05 เซนติพอยส์

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.10

ผลจากการศึกษาสมบัติปริ๊ไบโอติกในผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน พบว่า ในน้ำซังขนุนมีคุณสมบัติเป็นปริ๊ไบโอติก ส่วนไซรัปซังขนุนไม่มีคุณสมบัติเป็นปริ๊ไบโอติก เนื่องจากมีจุลินทรีย์ที่เป็นโปรไบโอติกเจริญเพียง 10^4 โคโลนีต่อกรัม

การศึกษารยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนผลจากการศึกษาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความใส ความหนืด กลิ่นขนุน รสหวาน กลิ่นรสขนุน และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นขนุน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.98 ± 0.32 รองลงมา คือ ด้านความชอบรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.96 ± 0.62 สี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.82 ± 0.63 ความใส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.82 ± 0.58 ความหนืด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

7.82 ± 0.56 รสหวาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ± 0.44 ลักษณะปรากฏ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.57 ± 1.07 กลิ่นรสขุ่น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.53 ± 0.10 ตามลำดับ เมื่อผู้ตอบแบบสอบถามได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน ผู้บริโภคจะซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปชงชุนแน่นอน คิดเป็น ร้อยละ 85.00 โดยเหตุผลที่ซื้อมากที่สุดเนื่องจากความแปลกใหม่ คิดเป็นร้อยละ 29.00

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูโลสต่อการสกัดน้ำชงชุนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัป มีข้อเสนอแนะในการดำเนินงานเพิ่มเติม ดังนี้

5.2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมในด้านการนำไปใช้ประโยชน์กับผลิตภัณฑ์ให้หลากหลาย เช่น ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เครื่องดื่ม ลูกอม และเยลลี่ เป็นต้น

5.2.2 ควรศึกษาอายุในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไซรัปชงชุนเพิ่มเติม เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบการทำฉลากโภชนาการ



บรรณานุกรม

- [1] กองโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, *ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม*, กรุงเทพมหานคร : คณะกรรมการสวัสดิการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, 2530.
- [2] สถิติการเกษตรปี 2559 (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก :
<http://www.agriinfo.doae.go.th/year61/plant/rortor/fruit/jackfruit.pdf>
(8 กันยายน 2560).
- [3] อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, “การพัฒนาฟิล์มบรีโอบคได้จากกล้วย,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร, 2544.*
- [4] พาณิตาวี ต้วงเกต และอาติยา สงน้อย, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากชั่งขนุน,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2554.*
- [5] มะลิวัลย์ ไชโย, “การเปรียบเทียบคุณภาพของไซรัปกล้วยที่ผลิตจากน้ำตาลทรายและน้ำตาลอ้อย,” *ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2554.*
- [6] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจาก กรมศุลกากร (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก :
http://www.customs.go.th/list_strc_link.php?ini_content=statistics_report&lang=th&left_menu=nmenu_eservice_007 (8 กันยายน 2560).
- [7] อูชา ภูคัสมาส, “น้ำตาลและบทบาทความสำคัญของสารให้ความหวาน,” *วารสารอาหาร*, ปีที่ 43, ฉบับที่ 1, 2556.
- [8] ต้นขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก:
<https://www.ecitepage.com/viewtopic.php?t=63177> (16 มีนาคม 2562).
- [9] ขนุนป่า (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก:
[http://15number.weebly.com/361936363617362636233609/9 m](http://15number.weebly.com/361936363617362636233609/9_m)
(16 มีนาคม 2562).
- [10] ขนุนบ้าน (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_72146 (16 มีนาคม 2562).
- [11] ขนุนละมุด (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://piromwaroon.blogspot.com/2013/01/blog-post_293.html (16 มีนาคม 2562).
- [12] นฤชิต แว่วศรีฝ่อง, *การปลูกขนุน*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพิมพ์สวย, 2529.
- [13] ขนุนจำปาตะ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <http://www.uasean.com/kerobow01/735>
(16 มีนาคม 2562).
- [14] ชั่งขนุน (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=2053>
(16 มีนาคม 2562).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, “การสกัดและศึกษาสมบัติทาง เคมี กายภาพของแป้งเมล็ดขนุน,” รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- [16] เกตุชูลี ถึงจื่อ, “การสกัดน้ำตาลนอกรีตซึ่งจากขนุนในระดับห้องปฏิบัติการ ระดับโรงงาน ทดลอง และการประเมินสมบัติการทนต่อการย่อยในระบบทางเดินอาหารจำลอง,” รายงาน การวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.
- [17] เนาวรัตน์ ดำนิล, “การผลิตไอศกรีมซึ่งขนุนไขมันต่ำ,” ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัย ราชภัฏวไลยอลงกรณ์, 2548.
- [18] สุภิญญา ชินชัย, “การใช้ซึ่งขนุนแห้งเพื่อเพิ่มใยอาหารในขนมทองม้วน,” วิทยุคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.
- [19] อัมพิกา ทังพรหม, “การพัฒนาวิธีการผลิตเอทานอลจากซึ่งขนุน ชานอ้อย และกากมะพร้าว,” ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2549.
- [20] สายฝน สีกันนทร์, “การผลิตแทนนินผสมซึ่งขนุนเพื่อเสริมพรีไบโอติก,” ปริญญาวิทยาศาสตร บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [21] สุภิญญา วงวาท, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งขนุนแผ่นอบกรอบ,” ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [22] กัญญาภัทร มองพิมาย, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นห่ออาหารจากซึ่งขนุน,” วิทยุคหกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.
- [23] ช่อลัดดา เทียงฟู และสายสนม ประดิษฐ์ดวง, “การผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นใสจากพันธุ์ น้ำดอกไม้,” ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- [24] ไชร์ปผลไม้ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <http://www.vppcoffee.com/product/syrup/> (16 มีนาคม 2562).
- [25] พัชรา วีระกะลัส, *เอนไซม์*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ด้านสุทธาการพิมพ์, 2541.
- [26] ปราณี อานเป็รื่อง, *เอนไซม์ทางอาหาร*, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558.
- [27] Prabha, T.N. and N. Bhagyalakshmi, “Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit,” *Phytochemistry*, 48: 915-919, 1998.
- [28] กลไกการย่อยสารตั้งต้นของเอนไซม์ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://ngthai.com/science/14770/definition-enzyme/> (16 มีนาคม 2562).
- [29] Mehrlander, K., H. Dietrich, S. Sembries, G. Dongowski and F. Will, “Structure characterization of oligosaccharides and polysaccharides from apple juices produces by enzymatic pamaice liquefaction,” *J. Agric. Food Chem.* 50: 1230-1236, 2002.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [30] Dongowski, G. and S. Sembries, “Effect of commercial pectolytic enzyme preparation on apple cell wall. J. Agric,” Food Chem. 49:4236-4242, 2001.
- [31] Dekker, R.F.H. , “Enzymes in food and beverage processing ll” Food Australia. 46 (4): 179 – 181, 1994.
- [32] โครงสร้างของเซลล์พืช (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://www.scimath.org/lesson-biology/item/7034-2017-05-21-15-16-43> (12 พฤษภาคม 2561).
- [33] ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเพคตินและสารประกอบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อผลไม้ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2889/8/296284_ch1.pdf (12 พฤษภาคม 2561).
- [34] Urlaub, R., “Enzymes in fruit and vegetable juice extraction,” In R.J, Whitehurst and B.A. Law, eds, Enzymes in Food Technology, Sheffield Academic Press, Wiltshire, pp. 144-183, 2002.
- [35] โมเลกุลของเพกทิน (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/cellwall.html> (16 มีนาคม 2562).
- [36] สายโมเลกุลเซลลูโลส (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/> (16 มีนาคม 2562).
- [37] Uhlig, H. “Industrial Enzymes and Their Applications,” A Wiley-Interscience Publication, New York, 1998.
- [38] นิธิยา รัตนานนท์, *เคมีอาหาร*, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2551.
- [39] ปฏิกริยาย่อยเพคตินไดโนเอ็นไซม์เพกทินเอสเทอร์ส (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: <https://www.slideshare.net/GawewatDechaapinun/4-58311070> (16 มีนาคม 2562).
- [40] จุรีรัตน์ สุตชะเน, ชนานันท์ หุตางกูร และปิ่นหทัย ชำเขต, “การคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตความสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ย่อยสลายขานอ้อยเพื่อใช้เป็นสับสเตรทในการผลิตเอทานอลด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*,” ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2558.
- [41] เสาวภา สุราษฎร์ และคณะ, “การคัดเลือกเชื้อราที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลสในพื้นที่ป่าโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช เนื่องจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี,” *การประชุมวิชาการทรัพยากรไทยก้าวสู่โลกกว้างอย่างมั่นใจภาคบรรยาย*, จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2554, หน้า 48-58.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [42] สมฤดี ไทพานิชย์, “กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง แบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผง,” *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, 1 มิถุนายน – พฤษภาคม, 2555.
- [43] วันดี วราวิทย์, “โพรไบโอติกและพรีไบโอติก (Probiotics and Prebiotics),” *วารสารคลินิก*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 2, นน. 19-23, 2551.
- [44] เฉลิมขวัญ คำคำ และมัลลิการ์ ชมนาวัง, “คุณรู้จัก Prebiotics แลหรือยัง,” *วารสารอาหาร*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, นน. 96-101, 2548.
- [45] มยุรา วชิรศักดิ์ชัย, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลผลตะขบเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร,” *ปริญญาโทกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 2559.
- [46] ชิดชัย ปัญญาสุวรรณ และคณะ, “การพัฒนาไซรัปจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์,” *ปริญญาโทวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 2547.
- [47] ชฎากาญจน์ กวยระคาร และคณะ, “การผลิตไซรัปเข้มข้นจากกล้วยเล็บมือนางโดยการใช้เอนไซม์เพคตินเนส,” *รายงานการวิจัย, สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, 2555.
- [48] วิภา ประพินอักษร และคณะ, “การผลิตไซรัปจากผลมะม่วงหิมพานต์,” *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สถาบันวิจัยอุมดมศึกษาภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 2554.
- [49] นันทพร อัครนิจ และคณะ, “การเสริมใยอาหารจากซึ่งขนุนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูอิมัลชัน,” *รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 2557.
- [50] สุกันธรส ธาดากิตติสาร, วิชัย หฤทัยธนาสันต์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, และธงชัย สุวรรณสีชนม์, “ศึกษาปัจจัยคุณภาพของกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกสำหรับการผลิตไซรัป,” *ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 2548.
- [51] ฉัตรยาพร เสมอใจ และมัทนียา สมมิ, *พฤติกรรมผู้บริโภค*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : เอ็กเซอร์เนท, 2548.
- [52] William, D.C. & Prislín, R., “Attitudes and Attitude Change”, New York : Taylor & Francis, 2008.
- [53] กุณฑลี รื่นรมย์, *การวิจัยการตลาด*, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [54] กมลภพ ทิพย์ปาละ, “กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภคในอำเภอเมืองเชียงใหม่ในการซื้อกล่องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวระบบดิจิทัล,” *วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 2555.
- [55] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *พฤติกรรมผู้บริโภค*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2546

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [56] พิศิษฐ ตัณฑวณิช และ พนา จินดาศรี, “ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC” *วารสารการวัดผล การศึกษา*, ปีที่ 24, ฉบับที่ 2, ธันวาคม พ.ศ. 2561, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, นน. 11, 2561.
- [57] อรพิน บุญโชคชัย, “ทัศนคติของผู้บริโภคต่อสารให้ความหวานพลังงานต่ำในกรุงเทพมหานคร,” *ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
- [58] พิกุล บุญธิมา, “ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการร้านสะดวกซื้อในเขตเทศบาลนครเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย,” *วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2551.
- [59] นกสร ทวีปัญญาศ, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกบริโภคร้านขนมหวานในรูปแบบคาเฟ่ ขนมหวาน (Dessert Cafe) ของผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล,” *ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2557.
- [60] ภาณุพันธ์ ขวัญวงษ์, “ส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำดื่มบรรจุขวดของผู้ประกอบการในเขตอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง,” *ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยลำปาง, 2558.
- [61] ลลิตวดี คงขวัญ, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มน้ำอัดลมของคนในกรุงเทพมหานคร,” *วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2559.
- [62] กนกวรรณ พิมพ์จันทร์ และคณะ “พฤติกรรมและปัจจัยส่วนประสมของการตลาดคาเฟ่ขนมหวาน ร้านเบเกอรี่ After You,” *วารสารวิชาการ*, ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และ ศิลปะ, ปีที่ 11, ฉบับที่ 2, เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม, 2561.
- [63] เฉลิมพล นิรมล, “การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ของผู้บริโภคในเขต กรุงเทพมหานคร,” *วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร, 2549.
- [64] ภรณ์ แยมพันธ์, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูป,” *วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559.
- [65] เบญจพร พรหมมา, “ปัจจัยที่ผลต่อการเลือกบริโภคสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร,” *ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.
- [66] อริสา สาขากร, “การสื่อความหมายและการสร้างอัตลักษณ์ร้านคาเฟ่ขนมไทยในเขต กรุงเทพมหานคร,” *วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2561.
- [67] เรณุกา แจ่มฟ้า, “การผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2545.
- [68] สุรวุฒิ สงครามศรี, “การศึกษาเจตคติของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีต่อบรรจุภัณฑ์และ อร์รณประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม,” *ปริญญาบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2549.

บรรณานุกรม (ต่อ)

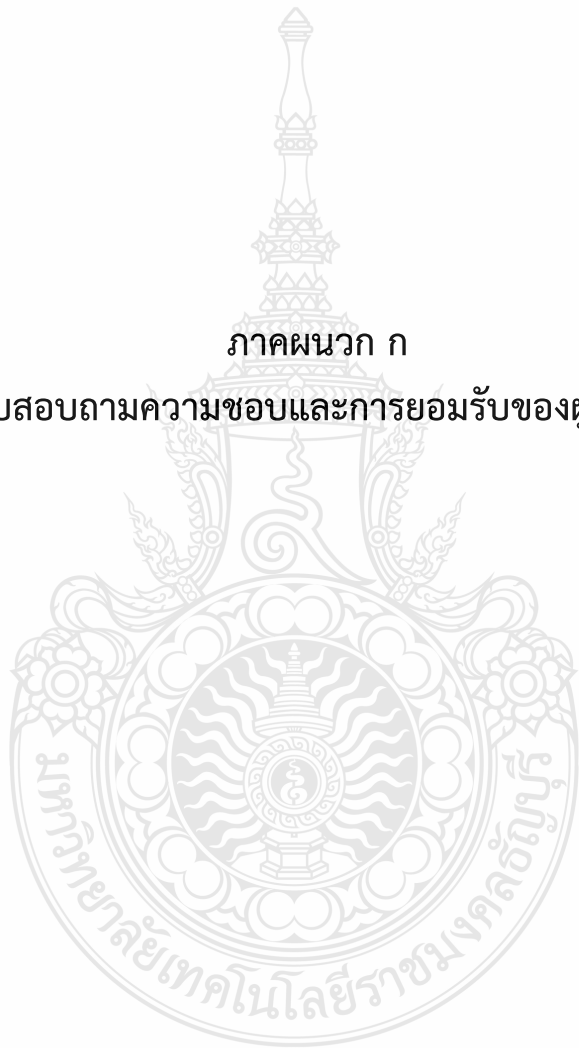
- [69] เจนจิรา ตันติพิริยะ, “การใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์แยมส้มโอ,” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2549.
- [70] นวพล แสนใจบาล, “การคัดเลือกสายพันธุ์สตอเบอรี่และสภาวะการใช้เอ็นไซม์เอนไซม์เพคตินเนสที่เหมาะสมเพื่อการสกัดน้ำสตอเบอรี่,” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.
- [71] พรรณพร กะตะจิตต์, *เคมีอธิบายอาหารใหม่มีสีด้าลิ่งพิมพ์ในรูปแบบดิจิทัล*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561.
- [72] อรุณี เพียรทวีรัชต์ และปราณี อ่านเป็รื่อง, “ผลของเพคตินเนส เซลลูเลสและอะมัยเลสต่อการผลิตน้ำกล้วยหอม,” *วารสารอาหาร*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, หน้า 188-196, 2536.
- [73] จิรภา พงษ์จันดา และคณะ, “การผลิตน้ำเชื่อม (ไซรัป) จากสับปะรดและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร,” โครงการวิจัยสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2552.
- [74] บัญญัติ สุขศรีงาม, *จุลชีววิทยาทั่วไป*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร, 2534.
- [75] ณัฐนิชา นิสัยสุข และคณะ, “ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการณ์ซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค,” *ปริญญาานิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*, 2556.
- [76] สุภัสสร วันสุทะ และคณะ, “ความคงตัวของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผ่านการห่อหุ้มเซลล์ด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชันในน้ำแครอท,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, 2562.
- [77] ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน, “คุณสมบัติพรีไบโอติกของโอลิโกแซคคาไรด์จากเมล็ดพืชตระกูลถั่วบางชนิดเพื่อประยุกต์ใช้ในอาหารสัตว์,” *รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้*, 2554.
- [78] ฐานันท์ เสวตโชติธนากร และคณะ, “แผนธุรกิจไซรัปอินทผลัมผลสด,” *ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ*, 2562.
- [79] สุวัจพงษ์ อัสวาทิพย์ไพบูลย์ และราตรี ใต้ฟ้าพูล, “อิทธิพลของการสื่อสารการตลาดเชิงประสาทวิทยาต่อพฤติกรรมการณ์ซื้อสินค้าประเภทกาแฟขมหวาน,” *วารสารการประชาสัมพันธ์และการโฆษณา*, ปีที่ 57, ฉบับที่ 2 นน. 95-96, 2557.
- [80] พัชริน สงศรี, “ฟักข้าวพืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ,” *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 4, นน. 1-6, 2555.
- [81] นาฏอนงค์ นามบุตดี, “อนาคตของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและการปรับกลยุทธ์การตลาดไทย,” *วารสารสังคมศาสตร์*, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, นน. 353-374, 2558.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค



แบบสอบถามผู้บริโภคร แนวความคิดผลิตภัณฑ์ไซร์ผลไม้

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง พฤติกรรมการบริโภคและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์ผลไม้

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ เพื่อการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์ซึ่งชนุนของผู้บริโภค ข้อมูลจากแบบสอบถามจะนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น

1. ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงในการตอบแบบสอบถามชุดนี้
แบบสอบถามนี้มีทั้งหมด 5 ตอน จำนวน 5 หน้า โปรดทำทุกส่วน
ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม
ตอนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ไซร์ของผู้บริโภค
ตอนที่ 3 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซร์
ตอนที่ 4 แนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไซร์ซึ่งชนุนเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต
ตอนที่ 5 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ
2. กรุณาระบุคำตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน
ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภคร

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

A

2. อายุ

() 15 – 24 ปี

() 25 – 34 ปี

B

() 35 – 44 ปี

() ตั้งแต่ 45 ปี

3. อาชีพ

() นิสิต / นักศึกษา

() ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว

C

() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() อื่น ๆ โปรดระบุ.....

4. ระดับการศึกษา

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น

() มัธยมศึกษาตอนต้น

D

() มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

() อนุปริญญา/ปวส.

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

5. รายได้ต่อเดือน

() ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท

() 10,001 – 20,000 บาท

E

() 20,001 – 25,000 บาท

() 25,001 – 30,000 บาท

() 30,001 บาทขึ้นไป

ตอนที่ 2 : พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมของผู้บริโภค

1. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมเพียงใด
- | | | |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| () ทุกวัน | () 1 - 2 ครั้งต่อสัปดาห์ | F <input type="checkbox"/> |
| () 3 - 4 ครั้งต่อสัปดาห์ | () นาน ๆ ครั้ง | |
| () อื่น ๆ (โปรดระบุ) | | |
2. รูปแบบในการรับประทานผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| () รับประทานกับแพนเค้ก | () รับประทานกับวaffle | G <input type="checkbox"/> |
| () รับประทานกับขนมปังแผ่น | () รับประทานกับขนมปังกรอบ | |
| () รับประทานกับคอร์นเฟล็ก | () ผสมในนมสด | |
| () ผสมกับชา กาแฟ | () ผสมเป็นเครื่องดื่ม | |
| () ใช้แทนน้ำตาลทราย | () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | |
3. สถานที่ที่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมที่สุด
- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| () ห้างสรรพสินค้า | () แหล่งจัดงานนิทรรศการต่าง ๆ | H <input type="checkbox"/> |
| () ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven | () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | |
4. ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมที่ท่านชอบซื้อบ่อยที่สุด
- | | | | |
|-----------|------------|----------------------------|----------------------------|
| () BINGO | () TORANI | () TEISSEIRE | I <input type="checkbox"/> |
| () MONIN | () LIN | () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | |
5. เหตุผลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมยี่ห้อดังกล่าว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- | | | |
|--------------------|----------------------------|---|
| () การโฆษณา | () รสชาติดี / อร่อย | J1 <input type="checkbox"/> J2 <input type="checkbox"/> |
| () หาซื้อได้สะดวก | () สีเป็นที่พอใจ | J3 <input type="checkbox"/> J4 <input type="checkbox"/> |
| () ภาพยนตร์จูงใจ | () มีกลิ่นหอม | J5 <input type="checkbox"/> J6 <input type="checkbox"/> |
| () คุณค่าทางอาหาร | () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | J7 <input type="checkbox"/> J8 <input type="checkbox"/> |
6. ขนาดบรรจุที่ท่านซื้อประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- | | | |
|------------------------|----------------------------|---|
| () ขนาดเล็ก (93 ml.) | () ขนาดกลาง (357 ml.) | K1 <input type="checkbox"/> K2 <input type="checkbox"/> |
| () ขนาดใหญ่ (750 ml.) | () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | K3 <input type="checkbox"/> K4 <input type="checkbox"/> |
7. ชนิดของผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีมที่ท่านเคยซื้อรับประทานบ่อยที่สุด (ตอบเพียง 1 ข้อ)
- | | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| () เมเปิ้ลไอซ์ครีม | () คาราเมล | () กีวีไอซ์ครีม | L <input type="checkbox"/> |
| () น้ำผึ้ง | () ช็อกโกแลตไอซ์ครีม | () อื่น ๆ โปรดระบุ..... | |
8. ปัญหาที่ท่านพบเมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ไอซ์ครีม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- | | | |
|----------------------------|--------------------------------|---|
| () มีความชื้นเหนียวเกินไป | () มีความชื้นเหนือน้อยไป | M1 <input type="checkbox"/> M2 <input type="checkbox"/> |
| () สีอ่อนเกินไป | () สีขุ่นเกินไป | M3 <input type="checkbox"/> M4 <input type="checkbox"/> |
| () รสหวานเกินไป | () ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ไทย | M5 <input type="checkbox"/> M6 <input type="checkbox"/> |
| () อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | | M7 <input type="checkbox"/> |

ตอนที่ 3 : ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปของผู้บริโภค ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () ที่แสดงระดับความคิดเห็นของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัป

5 หมายถึง ระดับการตัดสินใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับการตัดสินใจมาก

3 หมายถึง ระดับการตัดสินใจปานกลาง

2 หมายถึง ระดับการตัดสินใจน้อย

1 หมายถึง ระดับการตัดสินใจน้อยที่สุด

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด	ระดับการตัดสินใจซื้อ				
	5	4	3	2	1
1. ด้านผลิตภัณฑ์					
1.1 ผลิตภัณฑ์ไซรัปมีให้เลือกหลายรสชาติ					
1.2 ผลิตภัณฑ์ไซรัปมีรสชาติอร่อย					
1.3 ผลิตภัณฑ์ไซรัปมีความใส่น้ำรับประทาน					
1.4 ผลิตภัณฑ์ไซรัปมีลักษณะชั้นหนืดน้ำรับประทาน					
1.5 ผลิตภัณฑ์ไซรัปมีลักษณะรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม					
1.6 ผลิตภัณฑ์ไซรัปให้ประโยชน์ทางโภชนาการอาหาร					
1.7 ผลิตภัณฑ์ไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ					

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด	ระดับการตัดสินใจซื้อ				
	5	4	3	2	1
2. ด้านราคา					
2.1 ราคาของผลิตภัณฑ์ไซร์ปไม่แพง					
2.2 มีให้เลือกหลายราคา					
2.3 การมีส่วนลดเมื่อซื้อตามเงื่อนไข					
3. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย					
3.1 การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ไซร์ปบนชั้นขายสินค้าได้สวยงาม					
3.2 การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ไซร์ปในร้านเบเกอรี่					
3.3 การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ไซร์ปในร้านขายเครื่องดื่ม					
3.4 ร้านจำหน่ายมีรสชาติหลากหลายให้เลือก					
4. ด้านการส่งเสริมการตลาด					
4.1 การโฆษณาผลิตภัณฑ์ไซร์ปผ่านสื่อ (โซเชียลมีเดีย โทรทัศน์ สิ่งพิมพ์)					
4.2 การให้ส่วนลดเมื่อซื้อปริมาณมาก					
4.3 การสะสมแต้มเพื่อแลกสินค้า					
4.4 การแจกสินค้าตัวอย่าง					

ตอนที่ 4 : แนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไซรัปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านต้องการเลือก

1. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุนน ท่านคิดว่าจุดเด่นของไซรัปชงชุนน มีในด้านใด

(ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

() เป็นการลดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร () เป็นผลไม้ของไทย

() มีกลิ่น รส เป็นเอกลักษณ์ () ราคาถูก

() เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล () อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

2. หากมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุนนท่านคิดว่าท่านคู่กับผลิตภัณฑ์ใดเหมาะสมมากที่สุด

ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() แพนเค้กโรยไซรัปชงชุนน () ไอศกรีมกะทิราดไซรัปชงชุนน P1 P2

() นม ปั่นราดไซรัปชงชุนน () ชา กาแฟปั่นราดไซรัปชงชุนน P3 P4

() ขนมปังอบกรอบเคลือบไซรัปชงชุนน () เค้ก ราดซอสไซรัปชงชุนน P5 P6

() ข้าวเหนียวชงชุนนราดไซรัปชงชุนน () ลอดช่องกะทิราดไซรัปชงชุนน P7 P8

() สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในอาหารคาว P9 P10

() อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3. ท่านต้องการให้บรรจุผลิตภัณฑ์ไซรัปชงชุนนในภาชนะบรรจุแบบใด (ตอบเพียง 1 ข้อ)

() ขวดแก้ว () โหลแก้ว () ขวดพลาสติก

() หลอดบีบพลาสติก () อื่น ๆ (โปรดระบุ)

4. หากท่านมีโอกาสเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไซรัปชงชุนนท่านจะใช้เหตุผลใดเป็นเหตุผลสำคัญในการ

ตัดสินใจซื้อ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() เป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้ไทย () เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ R1 R2

() ความแปลกใหม่สำหรับผู้บริโภค () ราคาถูกกว่าไซรัปจากผลไม้อื่น R3 R4

() รูปแบบบรรจุภัณฑ์ () มีกลิ่น รส เป็นเอกลักษณ์ R5 R6

() อื่น ๆ (โปรดระบุ) R7

ตอนที่ 5 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ โปรดระบุ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ท่านกรุณาตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่องการผลิตไซรัปจากชงชุน เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน อันเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ของ นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความชอบของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุน

ดังนั้นจึงขอใคร่ขอความร่วมมือจากทุกท่าน กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการศึกษาและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงชุนในครั้งต่อไป ข้าพเจ้าในนามผู้สอบถามขอขอบพระคุณอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้ด้วย



นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน
ผู้ดำเนินการวิจัย

คำชี้แจง : กรุณาตอบแบบสอบถามโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () ที่ตรงกับความเป็นจริง และความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ A
() ชาย () หญิง

2. อายุ B
() 15 – 24 ปี () 25 – 34 ปี
() 35 – 44 ปี () ตั้งแต่ 45 ปี

3. อาชีพ C
() นิสิต / นักศึกษา () ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว
() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ () พนักงานบริษัทเอกชน
() แม่บ้าน () อื่น ๆ โปรดระบุ.....

4. ระดับการศึกษา D
() ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น () มัธยมศึกษาตอนต้น
() มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. () อนุปริญญา/ปวส.
() ปริญญาตรี () สูงกว่าปริญญาตรี

5. รายได้ต่อเดือน E
() ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท () 15,001 – 20,000 บาท
() 20,001 – 25,000 บาท () 25,001 – 30,000 บาท
() 30,001 บาทขึ้นไป

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงุน

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบ ในแต่ละลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบาย
คะแนนความชอบข้างล่าง ให้ตรงกับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับคะแนน
ดังต่อไปนี้

คำแนะนำ : กรุณาต็มน้ำเปล่าก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 = เฉย ๆ | 6 = ชอบส่วนน้อย |
| 7 = ชอบ | 8 = ชอบมาก | 9 = ชอบมากที่สุด |

คำแนะนำ : กรุณาต็มน้ำเปล่าก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	549	483	193
ลักษณะปรากฏ			
สี			
ความใส			
กลิ่นชงุน			
กลิ่นรสชงุน			
ความชอบรวม			

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชงขนุน

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชงขนุน เพื่อทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชงขนุน อนึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อความถูกต้องของผลการศึกษาและข้อมูลของท่านนั้นจะถูกเก็บไว้เป็นความลับและไม่มีการเปิดเผยชื่อ-สกุลของผู้ทำแบบสอบถาม ซึ่งใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้นอันเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญา ศหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ของนางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตรคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชงขนุน ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 4 ส่วน จำนวนทั้งหมด 7 หน้า โดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 3 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซร์ปจากชงขนุน

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

โดยกรุณาระบุคำตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน

ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภคร

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

A

2. อายุ

() 15 – 24 ปี

() 35 – 44 ปี

() 25 – 34 ปี

() ตั้งแต่ 45 ปี

B

3. ระดับการศึกษา

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น

() มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

() ปริญญาตรี

() มัธยมศึกษาตอนต้น

() อนุปริญญา/ปวส.

() สูงกว่าปริญญาตรี

C

4. อาชีพ

() นิสิต / นักศึกษา

() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

() แม่บ้าน

() ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว

() พนักงานบริษัทเอกชน

() อื่น ๆ โปรดระบุ.....

D

5. รายได้ต่อเดือน

() ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท

() 20,001 – 25,000 บาท

() 30,001 บาทขึ้นไป

() 15,001 – 20,000 บาท

() 25,001 – 30,000 บาท

E

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงุน

คำชี้แจง โดยกรณาระบุคำตอบโดยทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือกในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 9 = ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย |
| 8 = ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 7 = ชอบปานกลาง | 2 = ไม่ชอบมาก |
| 6 = ชอบเล็กน้อย | 1 = ไม่ชอบมากที่สุด |
| 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | |

2.1 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงุน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของตัวอย่าง
ลักษณะปรากฏ	
สี	
ความใส	
ความหนืด	
กลิ่นชงุน	
รสหวาน	
กลิ่นรสชงุน	
ความชอบโดยรวม	

2.2 ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ไซรัปจากชงุนเพียงใด กรุณาระบุการยอมรับ

ระดับการยอมรับ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	F

ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน เป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากซังขนุน มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน มีความข้นหนืด และมีสีเหลืองน้ำตาลใสสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสของขนุนหอมหวาน ไม่มีกลิ่นไหม้หรือกลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นรสตามธรรมชาติของผลไม้คงอยู่ไม่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งในไซรัปจากซังขนุนมีพรีไบโอติก หรือเรียกว่าอาหารที่ช่วยหล่อเลี้ยงจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ ทำหน้าที่ให้ร่างกายแข็งแรง คือ ให้ลำไส้มีความสมดุล มีจำนวนจุลินทรีย์ชนิดดีมากกว่าจุลินทรีย์ที่ไม่ดี ในระบบทางเดินอาหารจะทำงานได้เป็นปกติ เป็นตัวช่วยให้ผู้ที่ทานอาหารจำพวกผักและผลไม้ไม่เพียงพอ ได้เสริมพรีไบโอติกให้กับร่างกาย

พรีไบโอติก (Prebiotic) เป็นส่วนของอาหารจุลินทรีย์โดยเป็นอาหารสวนที่เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารสวนบน ผ่านมาถึงลำไส้ส่วนล่าง จึงช่วยส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่ ซึ่งก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ พรีไบโอติก (Prebiotic) เป็นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหาร พบได้ในอาหารหลายชนิด พบมากในผัก เช่น เมล็ดธัญพืชบางชนิด แอปเปิ้ลกล้วย หน่อไม้ฝรั่ง หอมหัวใหญ่ และ กระเทียม มีหน้าที่ในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แลคโตบาซิลัส และบิฟิโดแบคทีเรีย ที่สามารถทนต่อน้ำย่อย กรด ต่าง ในกระเพาะและลำไส้ ทำให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้อย่างเป็นปกติ

2.2 เมื่อท่านได้รับข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุนท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่

ซื้อแน่นอน ไม่แน่ใจ ไม่ซื้อแน่นอน G

2.3 เหตุผลใดที่ท่านจึงสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

เป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้ไทย เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ H
 เป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค ราคาถูกกว่าไซรัปจากผลไม้อื่น
 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ มีกลิ่น รส เป็นเอกลักษณ์

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการผลิตไซรัปจากชงขนุน



ขั้นตอนการผลิตไซรัปจากซังขนุน

1. การเตรียมน้ำซังขนุน โดยนำซังขนุนไปต้วยังปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลด้วยไอน้ำเดือด ที่ความดันบรรยากาศ นาน 10 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วให้อุณหภูมิในซังขนุนถึงอุณหภูมิห้อง นำซังขนุนมาทำการปั่นแยกกากด้วยเครื่องแยกกากที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที เวลาในการปั่น 5 นาที จะได้น้ำซังขนุนมีลักษณะขุ่น มีเนื้อและกากใย ดังแสดงในรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 การเตรียมน้ำซังขนุน



2. นำน้ำซังขนุนเติมปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.08 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส ร้อยละ 0.2 อุณหภูมิในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส เวลาในการบ่ม 90 นาที หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยการแช่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 การเตรียมน้ำซังขนุนในสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์เซลลูเลสในกระบวนการผลิตไซรัปจากซังขนุน

3. การแยกน้ำซังขุ่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (2,000 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 20 นาที
ดังแสดงในรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 แยกน้ำซังขุ่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง

4. นำน้ำซังขนุนที่ได้ นำไปทำให้เข้มข้นโดยวิธีระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ได้ความเข้มข้น 65 องศาบริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ ข.4 และจะได้ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน ดังแสดงในรูปที่ ข.5

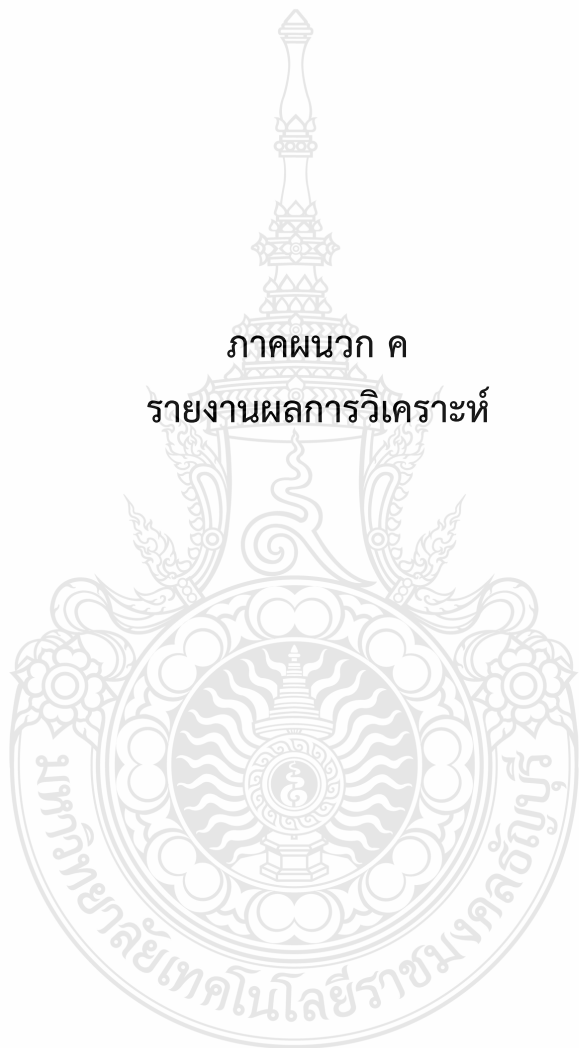


รูปที่ ข.4 การระเหยแบบสุญญากาศด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ



รูปที่ ข.5 ผลิตภัณฑ์ไซรัปจากซังขนุน

ภาคผนวก ค
รายงานผลการวิเคราะห์



การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี การส่องผ่านแสง ค่าความหวาน และกรด-ด่าง ทั้งหมด 54 สิ่งทดลอง ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำซังขนุนที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและเอนไซม์เซลลูเลส

สิ่งทดลองที่	น้ำหนัก (% Yield)	ค่าสี			การส่องผ่านแสง (%T650)	Brix	pH
		L*	a*	b*			
1	22.00	6.65	-4.61	17.35	0.90	11.67	4.62
2	22.20	8.15	-4.03	18.02	0.12	13.00	4.16
3	23.00	10.39	-3.66	18.74	0.13	13.90	4.09
4	24.00	10.60	-4.04	11.91	0.13	13.90	4.04
5	26.40	10.77	-3.77	10.87	0.14	14.00	4.03
6	28.00	11.16	-2.48	11.36	0.14	14.00	3.95
7	28.40	11.61	-0.27	13.54	0.15	14.00	3.92
8	28.80	12.38	-4.74	14.86	0.16	14.00	4.62
9	29.20	13.06	-1.65	17.02	0.16	14.00	3.85
10	30.00	13.57	-4.60	17.66	0.22	14.10	4.55
11	30.00	13.93	-3.68	19.13	0.23	14.10	4.14
12	30.27	14.49	-3.19	18.19	0.24	14.10	4.13
13	33.00	14.87	-4.14	15.01	0.27	14.20	3.99
14	33.00	15.93	-5.12	13.86	0.27	14.20	3.93
15	33.00	15.93	-3.27	19.40	0.28	14.20	3.92
16	34.00	16.54	-2.83	22.11	0.46	15.00	3.91
17	34.00	17.29	-4.87	17.58	0.49	15.10	4.55
18	34.00	17.49	-2.56	19.88	0.53	15.20	3.87
19	34.00	17.86	-5.16	20.96	0.57	15.30	4.57
20	34.00	18.22	-3.74	19.23	0.63	15.30	4.13
21	35.00	18.57	-4.37	17.94	0.65	15.40	4.10
22	35.00	20.77	-4.97	20.07	0.66	15.40	4.01
23	35.00	20.99	-3.84	20.23	0.77	15.50	3.93
24	35.00	21.40	-2.23	21.59	0.83	15.50	3.88
25	35.00	21.85	-2.81	16.46	0.91	15.50	3.70

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำซังขนุนที่ตากตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์เซลลูเลส (ต่อ)

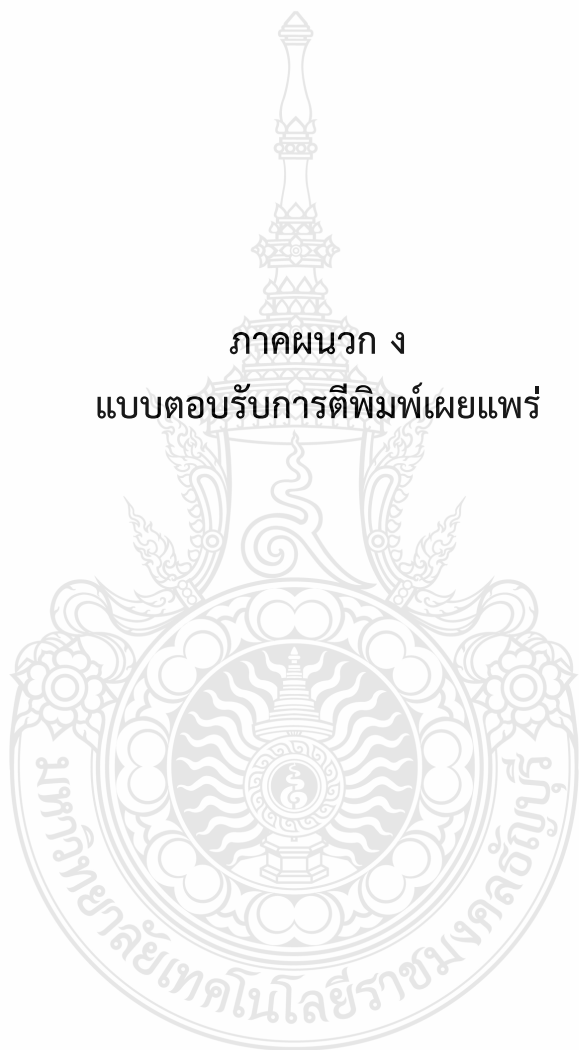
สิ่งทดลองที่	น้ำหนัก (% Yield)	ค่าสี			การส่องผ่านแสง (%T650)	Brix	pH
		L*	a*	b*			
26	35.00	21.91	-2.93	16.40	0.91	16.00	3.99
27	35.00	22.14	-3.25	16.87	0.92	16.10	3.85
28	35.00	22.89	-4.92	17.17	0.92	16.10	4.53
29	36.00	22.94	-3.52	19.17	0.93	16.10	4.13
30	36.00	23.21	-1.91	18.33	0.94	16.10	4.07
31	36.00	24.35	-3.95	17.19	0.94	16.10	4.01
32	36.00	24.44	-3.72	19.96	0.95	16.10	3.90
33	36.00	24.89	-2.17	18.58	0.98	16.20	3.88
34	36.00	24.99	-2.79	17.46	0.99	16.20	3.84
35	37.00	25.11	-2.20	24.38	1.00	16.80	3.90
36	37.00	25.16	-2.47	22.23	1.00	16.80	3.84
37	37.00	25.81	-4.85	22.01	1.02	16.80	4.49
38	37.00	25.82	-2.67	22.09	1.04	16.90	4.10
39	37.00	26.93	-4.16	22.06	1.05	16.90	4.05
40	37.00	28.56	-4.53	17.04	1.05	16.90	3.92
41	38.00	28.69	-3.35	17.17	1.06	16.90	3.83
42	38.00	28.73	-2.26	19.37	1.07	17.00	3.84
43	38.00	29.02	-2.06	23.42	1.10	17.00	3.95
44	38.00	29.62	-3.01	24.05	1.11	17.00	3.89
45	38.00	29.92	-3.10	23.78	1.11	17.00	3.82
46	39.00	30.80	-5.14	18.72	1.12	17.10	4.53
47	39.00	32.63	-2.33	19.11	1.13	17.10	4.09
48	40.00	32.62	-2.28	20.80	1.13	17.20	4.08
49	40.00	33.81	-4.06	22.05	1.13	17.20	3.97
50	40.00	29.71	-3.36	17.89	1.00	17.20	3.84
51	40.00	29.85	-2.74	21.68	1.10	17.30	3.85
52	40.00	30.01	-1.23	20.44	1.01	17.30	3.98

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำซังขนุนที่ตากตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและเอนไซม์เซลลูเลส (ต่อ)

สิ่งทดลองที่	น้ำหนัก (% Yield)	ค่าสี			การส่องผ่านแสง (%T650)	Brix	pH
		L*	a*	b*			
53	41.00	30.01	-5.14	18.72	1.03	17.30	4.54
54	41.00	29.95	-2.94	19.38	1.04	17.30	3.83



ภาคผนวก ง
แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่





IEEE
Computer
Society
Thailand



วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

กุลธิดา ไถ่ท์เงิน

ได้เข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิจัย รูปแบบโปรเจกต์

การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ไซร์ป และปัจจัยส่วนประกอบทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ

การประชุมวิชาการนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติ ครั้งที่ 6 (6th TECHCON 2020)

“วิจัยและพัฒนา เพื่อแก้ปัญหาชาติ”

อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ไว้ไว้ ณ วันที่ 31 กรกฎาคม 2563

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกฤต ปานขลิบ)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรพิสุทธิ์ มงคลวนิช)

อธิการบดีวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกุลธิดา โล่ห์เงิน
วัน เดือน ปีเกิด 25 ตุลาคม 2536
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 14/23,14/24 หมู่ 8 ตำบลโพชนไก่ อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี รหัสไปรษณีย์ 16130
การศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2556 – 2559
เบอร์โทรศัพท์ 080-108-8909
อีเมล kulthida_l@mail.rmutt.ac.th

