การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

USE OF TAMARIND KERNEL POWDER AND MALVA NUT POWDER AS GELATIN REPLACEMENT IN LIME SORBET ICE CREAM

เป็นเอก ทรัพย์สิน
PENAKE SUPSIN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-287

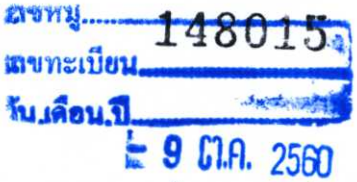
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

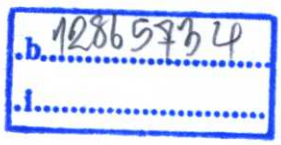
การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาติน ในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

USE OF TAMARIND KERNEL POWDER AND MALVA NUT POWDER AS GELATIN REPLACEMENT IN LIME SORBET ICE CREAM

เป็นเอก ทรัพย์สิน

PENAKE SUPSIN





วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-287

USE OF TAMARIND KERNEL POWDER AND MALVA NUT POWDER AS GELATIN REPLACEMENT IN LIME SORBET ICE CREAM

PENAKE SUPSIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SERVICE AND CATERING TECHNOLOGY

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-AI-M-055-287

COPYRIGHT 2017

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว
USE OF TAMARIND KERNEL POWDER AND MALVA NUT POWDER AS GELATIN REPLACEMENT IN LIME SORBET ICE CREAM

ชื่อนักศึกษา นายเป็นเอก ทรัพย์สิน

รหัสประจำตัว 55680308

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ	ธงชัย พุฒทองศิริ
ผศ.ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์	
ดร.ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร	ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร
รศ.ดร.ระติพร มูลสาร	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 25 กรกฎาคม 2560 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 เดือน กค. พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาติน ในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว
นักศึกษา	นายเป็นเอก ทรัพย์สิน
รหัสประจำตัว	55680308
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและการบริการอาหาร
พ.ศ.	2560
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ

บทคัดย่อ

การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว โดยแปรปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25 50 และ 100 (โดยน้ำหนัก) พบว่า ปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามที่เพิ่มขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการปั่นไอศกรีมน้อยลง และมีผลทำให้ค่าความหนืดของส่วนผสมก่อนปั่นและอัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าความหนืดสูงสุด คือ 905.67 เซนติพอยท์ และอัตราการขึ้นฟูสูงสุดร้อยละ 132.85 ที่ระดับการทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100 และมีอัตราการละลายช้าลงเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว ในขณะที่ปริมาณสำรองผงไม่มีผลต่อเวลาในการปั่นไอศกรีม แต่มีผลกับค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่น และอัตราการละลายช้าลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าความหนืดสูงสุด คือ 781.33 เซนติพอยท์ ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 แต่อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยสำรองผงลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสำรองผงมากขึ้น เมื่อนำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50 ส่วนไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยสำรองผงผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับที่ร้อยละ 25 และเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมให้คะแนนการยอมรับไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามที่ร้อยละ 50 และไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยสำรองผงที่ร้อยละ 25

Thesis Title	Use of Tamarind kernel powder and Malva nut powder as Gelatin Replacement in Lime sorbet ice cream
Student	Mr. Penake Supsin
Student ID	55680308
Degree	Master of Science
Field	Food Service and Catering Technology
Year	2017
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Tongchai Puttongsiri

ABSTRACT

The study utilized tamarind kernel powder and malva nut powder replacement of gelatin in lime sorbet ice cream. The contents of tamarind kernel powder and malva nut powder used in place of gelatin were 25, 50, and 100% (w/w), respectively. The results showed that the overrunning time of ice cream preparation was significant decreased as the amount of tamarind kernel powder increased. Utilizing tamarind kernel powder also affected the viscosity of the mixture before churning the ice cream and significantly increased the leavening of the ice cream ($p \leq 0.05$) with the highest viscosity being 905.67 cP and the highest overrun of 132.85% when replacement with 100% tamarind kernel powder. However, the melting time found that being increased as the amount of tamarind kernel powder increased in lime sorbet ice cream. On the other hand, malva nut powder had no effect on the overrunning time of lime sorbet ice cream but significantly ($p \leq 0.05$) increased the viscosity of the mixture before churning and the rate of melting with the highest viscosity being 781.33 cP when substituting gelatin with 100% malva nut powder. The overrun of lime sorbet decreased as the amount of malva nut powder increased. The sensory test revealed a significant difference when different amount of tamarind kernel powder and malva powder were substituted in the recipe ($p \leq 0.05$). The results of sensory test showed that participants preferred lime sorbet with 50% tamarind

kernel powder and 25% malva nut powder. The owners of ice cream shop referred lime sorbet substituting with 50% tamarind kernel powder and with 25% malva nut powder.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา พร้อมทั้งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และรศ.ดร.ระติพร มูลสาร ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุรชัย ใหญ่เย็น ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร และบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนการเสนอผลงานทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2559

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่เทคนิค เจ้าหน้าที่ธุรการ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ นักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจในการทำวิจัยนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นางสาวกัญญา เทพทวีพิทักษ์ เพื่อนร่วมรุ่น ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา จนถึงวันสำเร็จการศึกษา และทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ทีมงานนิตยสาร HEALTH & CUISINE และเพื่อนพนักงาน บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) ทุกคน ที่ให้โอกาสและคอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า นายดนัย ทรัพย์สิน (บิดา) นางเพ็ญรำไพ ทรัพย์สิน (มารดา) และนางสาวน้ำหนึ่ง ทรัพย์สิน (พี่สาว) ที่คอยเป็นกำลังใจ ช่วยเหลือในด้านทุนทรัพย์ตลอดระยะเวลาการศึกษามาโดยดีตลอดจนทุกอย่างสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

นายเป็นเอก ทรัพย์สิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....IV
สารบัญ.....V
สารบัญตาราง.....VIII
สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ไอศกรีม.....4
2.2 สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม.....7
2.3 เจลาติน.....7
2.4 กัมและมิวซิเจลจากพืช.....9
2.5 แป้งเมล็ดมะขาม.....19
2.6 ลูกสำรอง.....22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....30
3.1 วัตถุดิบ.....30
3.2 อุปกรณ์.....30
3.3 เครื่องมือ.....30
3.4 วิธีการทดลอง.....31

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....37
4.1 ผลศึกษาการใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาติน ในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว.....37
4.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว ที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน.....38
4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมต่อไอศกรีม ซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาติน.....45

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....49
5.1 สรุปผลการทดลอง.....49
5.2ข้อเสนอแนะ.....49

บรรณานุกรม.....50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....56
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....57
ภาคผนวก ข แบบสอบถาม.....62
ภาคผนวก ค รายชื่อสถานประกอบการที่เกี่ยวกับธุรกิจขายไอศกรีม
ที่ใช้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส.....66
ภาคผนวก ง การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว.....68
ภาคผนวก จ รูปวัตถุดิบสำคัญและรูปไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว
ที่ใช้ในการทดลอง.....70

ประวัติผู้เขียน.....75

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างกัมและมิวซิเจลจากพืชในประเทศไทย.....14

2.2 คุณสมบัติทางอาหารและการนำกัมและมิวซิเจลธรรมชาติมาใช้.....16

2.3 คุณค่าทางอาหารของเนื้อผลสำรอง.....25

2.4 ส่วนประกอบที่เป็นโมโนแซกคาไรด์ จากการสกัดใยอาหารของเยื่อหุ้มเมล็ดสำรอง.....25

3.1 ส่วนผสมไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวสูตรมาตรฐาน.....31

3.2 สูตรไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม.....33

3.3 สูตรไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผง.....33

4.1 ค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และสำรองผง.....38

4.2 ค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และสำรองผง.....39

4.3 อัตราการละลาย (ปริมาตรต่อเวลา) ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ.....41

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วย แป้งเมล็ดมะขามต่อผู้บริโภค.....43

4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วย สำรองผงต่อผู้บริโภค.....44

4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วย แป้งเมล็ดมะขามต่อเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีม.....46

4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วย สำรองผงต่อเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีม.....47

ง1 ราคาต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในทำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ.....69

ง2 ราคาต้นทุนของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ.....69

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างของ Guar gum.....12
2.2 โครงสร้างของ Gum Arabic.....12
2.3 โครงสร้างของ Pectin.....13
2.4 โครงสร้างของ Yellow mustard mucilage.....13
3.1 การเตรียมแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาติน
ในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว.....34
4.1 ระยะเวลาในการปั่นไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาติน
ด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง.....38
4.2 อัตราการละลาย (ปริมาตรต่อเวลา) ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาติน
ด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง.....42
ก1 อุปกรณ์วัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว.....61
จ1 แป้งเมล็ดมะขาม.....71
จ2 สำรองผง.....71
จ3 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน (เจลาตินร้อยละ 100).....72
จ4 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25.....72
จ5 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50.....72
จ6 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100.....73
จ7 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 25.....73
จ8 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 50.....73
จ9 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 100.....74

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการบริโภคไอศกรีมเป็นที่แพร่หลายและนิยมในประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง มีทั้งผลิตขึ้นในเมืองไทยและนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งต่างก็เป็นที่ชื่นชอบของคนทุกเพศทุกวัย รับประทานแล้วชื่นใจช่วยดับกระหายคลายร้อนได้เป็นอย่างดี โดยไอศกรีมในท้องตลาดมีหลายชนิดขึ้นกับส่วนผสมที่ใช้ ปกติแล้วไอศกรีม จะประกอบด้วยองค์ประกอบจากนม สารให้ความหวาน สเตอบิไลเซอร์ อิมัลซิไฟเออร์ และสารให้กลิ่นรส อาจเติมไข่ สี และสตาร์ชไฮโดรไลเซตเติมในส่วนผสมไอศกรีม ต้องนำส่วนผสมไปพาสเจอไรซ์และโฮโมจิไนซ์ก่อนไปปั่นเป็นไอศกรีม ไอศกรีมซอร์เบท์ (sorbet) เป็นขนมหวานแช่แข็งที่ทำจากส่วนผสมคล้ายกับไอศกรีมแล้วนำไปแช่แข็ง ไม่มีส่วนผสมของนมและผลิตภัณฑ์นม (Hernandez et al., 2015) ไม่มีไขมัน มีส่วนผสมสำคัญ คือ ผลไม้ (น้ำผลไม้หรือชิ้น เนื้อผลไม้ และน้ำตาล ซอร์เบท์มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด เนื้อไอศกรีมมีลักษณะเป็นเกล็ดละเอียดนุ่ม ได้รสชาติผลไม้เข้มข้น (อัครพล, 2552)

ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีการใส่สารเพิ่มความคงตัว (sterbilizer) ซึ่งมีความสำคัญต่อการผลิตและคุณภาพของไอศกรีม โดยมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน และเป็นเนื้อเดียวกัน ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการละลายของไอศกรีม และช่วยลดหรือชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม ซึ่งสารให้ความคงตัวในไอศกรีมส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) (ปิยนุสร์ และ วชิรพันธ์, 2549) สารปรับปรุงคุณภาพจึงมีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัสไอศกรีมเป็นอย่างยิ่ง สารที่เพิ่มความคงตัวในไอศกรีมมักจะเป็นสารที่สามารถเกิดเจลได้

แป้งเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder: TKP) แหล่งของสารที่ทำให้เกิดเจลในธรรมชาติที่น่าสนใจ กัม (gum) ในเมล็ดมะขาม ซึ่งพบสารไซโลกลูแคน (xyloglucan) เป็นองค์ประกอบหลัก แป้งเมล็ดมะขามถูกใช้เป็นสารให้ความเสถียรและสารก่อเจลในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศญี่ปุ่นที่เป็นสารเติมแต่งอาหารที่ถูกต้องตามกฎหมาย อีกทั้งในอินเดียแป้งเมล็ดมะขามยังเป็นแป้งที่ราคาถูกที่สุด (Goyal et al., 2007)

ลูกสำรอง (malva nut) เป็นผลไม้ในเอเชียใต้ใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกของลูกสำรองมีสารเมือก (mucilaginous substance) จำนวนมากที่สามารถสกัดได้โดยการ

นำผลสำรองไปแช่น้ำ สารเมือกที่ได้สามารถนำมาใช้ทำขนมหวานเพื่อบริโภคได้ (บงกชมาศ, 2553) มีสารโพลีแซคคาไรด์ (พร้อมจิต และคณะ, 2535) ประเภทกัม (gum) ซึ่งละลายน้ำได้

งานวิจัยนี้มีความต้องการศึกษาการนำแป้งเมล็ดมะขามและลูกสำรองมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์ซึ่งเป็นไอศกรีมที่ไม่มีส่วนผสมของนมจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากสารในแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับเจลาติน ซึ่งเป็นตัวช่วยให้ไอศกรีมซอร์เบท์คงตัวและละลายช้าลง อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ในประเทศ และอาจได้สารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายจากแป้งเมล็ดมะขามและลูกสำรอง และเป็นแนวทางในการเลือกสารเพิ่มความคงตัวให้กับผู้ที่สนใจในการทำไอศกรีมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

1.2.2 เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

1.2.3 ศึกษาการยอมรับขอเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมที่มีต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาติน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาใช้ทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว โดยศึกษาอัตราส่วนในการทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว จากนั้นตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสัดส่วนการทดแทนเจลาตินที่เหมาะสมในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง

1.4.2 ทราบคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

1.4.3 ทราบการยอมรับของเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไอศกรีม

ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์นมที่ถูกทาให้เย็นจัดและแข็งตัว มีลักษณะเนื้อที่นุ่มเนียน เนื่องมาจากการผสมของอากาศขณะทำให้แข็งตัว ไอศกรีมมีมากมายหลายชนิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของปริมาณไขมันและของแข็งไม่ใช่มันเนย (milk solid not fat) น้ำตาล สารให้กลิ่นรส (flavor) อิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัว (emulsifiers and stabilizers) และสารให้สีต่าง ๆ (จิตธนา และ คณะ, 2546)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 (2556) บัญญัติไว้ว่า ไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ จะต้องมีคุณภาพมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด รวมทั้งวิธีการผลิต เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร ภาชนะบรรจุ ตลอดจนฉลากต้องผ่านการตรวจสอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาว่ามีความถูกต้องเหมาะสม จึงจะสามารถผลิตหรือนำเข้าเพื่อออกจำหน่ายได้ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขดังกล่าว ได้แบ่งไอศกรีมเป็น 5 ชนิด และกำหนดคุณภาพมาตรฐานของไอศกรีมแต่ละชนิดไว้ ดังนี้

1.ไอศกรีมนม ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นม หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม โดยต้องมี มันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก

2.ไอศกรีมดัดแปลง ได้แก่ ไอศกรีมนมที่ทำขึ้นโดยใช้ไขมันชนิดอื่นแทนมันเนยทั้งหมดหรือบางส่วน หรือไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน แต่ผลิตภัณฑ์นั้นมิใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม และต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

3.ไอศกรีมผสม ได้แก่ ไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลง ซึ่งมีผลไม้หรือวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย โดยต้องมีมาตรฐานเช่นเดียวกับไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลงทั้งนี้ไม่นับรวมน้ำหนักของผลไม้หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่ด้วย

4. ไอศกรีมชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผง ได้แก่ ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีม ผสมที่เป็นชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผง นั่นเอง ซึ่งต้องไม่มีกลิ่นหืน มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้น มีลักษณะไม่เกาะเป็นก้อน ไม่มีวัตถุกันเสีย มีความชื้นไม่เกิน

ร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

5. ไอศกรีมหวานเย็น ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำ และน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย และอาจใส่วัตถุแต่งกลิ่น รส และสีด้วยก็ได้

ไอศกรีมทั้ง 5 ชนิด ต้องไม่มีกลิ่นหืน ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทาให้เกิดโรค และไม่มีสารพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ไอศกรีมซอร์เบท์ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของไอศกรีมหวานเย็น ซึ่ง Hernandez et al., (2015) และ อัครพล, (2552) ได้กล่าวถึงไอศกรีมซอร์เบท์ (Sorbet) ว่าเป็นขนมหวานแช่แข็งที่ทำจากส่วนผสมคล้ายกับไอศกรีมแล้วนำไปแช่แข็ง ไม่มีส่วนผสมของนมและผลิตภัณฑ์นม ไม่มีไขมัน มีส่วนผสมสำคัญ คือ ผลไม้ น้ำผลไม้ หรือชิ้น เนื้อผลไม้ และน้ำตาล ไอศกรีมซอร์เบท์มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด เนื้อไอศกรีมมีลักษณะเป็นเกล็ดละเอียดนุ่ม ได้รสชาติผลไม้เข้มข้น

นอกจากนี้ สมจิต, (2555) กล่าวว่า ไอศกรีมจัดเป็นขนมหวานแช่แข็งที่อุดมด้วยสารอาหารต่าง ๆ มีคุณค่าทางอาหาร มีมาตรฐานและคำจำกัดความเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ไอศกรีม คัสตาร์ดแช่แข็ง หวานเย็น เชอร์เบท นมเย็น ไอศกรีมแท่ง frozen dairy confection และ เมลโลรีน ชนิดต่าง ๆ ของอาหารนมแช่แข็งนั้น มีชื่อเรียกต่างกันแล้วแต่ส่วนผสมและส่วนประกอบของไอศกรีมนั้น ๆ ซึ่งสามารถจำแนกไอศกรีมออกเป็น 12 ชนิด ดังนี้

1.ไอศกรีม (Ice Cream) เป็นอาหารแช่แข็งที่ได้จากการปั่นไอศกรีมเหลว (ice cream mix) ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์เพื่อความปลอดภัยและเหมาะสมต่อการนำมาทำไอศกรีม ส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ ไขมันนม เนื้อนมไม่รวมมันเนย น้ำตาลทรายหรือสารให้ความหวานอื่นๆ ที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ และกลิ่นรสต่างๆ ที่เติมลงไปเพื่อทาให้เกิดรสชาติที่ต่างกันออกไป ไอศกรีมที่สำเร็จแล้วต้องมีไขมันไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 2.2 เปอร์เซ็นต์

2. เฟร้นซ์ไอศกรีม (French Ice Cream) ซึ่งคล้ายไอศกรีมชนิดแรกแต่มีไขมันนมและเนื้อนมมากกว่าไอศกรีม จึงมีสีออกเหลืองกว่าและต้องเติมไข่แดงลงไปในปริมาณน้อยกว่า 1.4เปอร์เซ็นต์

3. ไอศกรีมเฟร้นซ์คัสตาร์ด (French Custard Ice Cream) คล้ายเฟร้นซ์ไอศกรีมแต่มีไข่แดงไม่น้อยกว่า 1.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก สำหรับชนิดธรรมดาและ 1.12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพวกที่เติมกลิ่นรสด้วย

4. คัสตาร์ดแช่แข็ง (Frozen Custard) ลักษณะคล้ายไอศกรีมแต่ต้องมีไข่แดงไม่น้อยกว่า 1.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับชนิดไม่เติมกลิ่นรสและ 1.12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพวกเติมกลิ่นรสและมักขายในรูปที่ยังนิ่มอยู่ แต่บางครั้งอาจจะขายในรูปแช่แข็งได้

5. ไอซ์มิลค์ (Ice Milk) เป็นอาหารแช่แข็งที่มีส่วนผสมและวิธีการทำเหมือนไอศกรีม แต่มีไขมันนมน้อยคืออยู่ในช่วง 2-7 เปอร์เซ็นต์ และต้องมีเนื้อนมไม่น้อยกว่า 585 กรัมต่อ 4 กิโลกรัม

6. เชอร์เบท (Sherbet) มีส่วนผสมและการทำเหมือนไอศกรีมแต่สัดส่วนของส่วนผสมน้อยกว่าและมักเติมกลิ่นรสเฉพาะลงไป เชอร์เบท 3.8 ลิตร ต้องหนักไม่น้อยกว่า 2.7 กิโลกรัม ประกอบด้วยไขมันนมไม่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อนมไม่รวมมันเนย (milk solid-not- fat = MSNF) ไม่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อนมในนมทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของเชอร์เบทที่เสร็จแล้ว กลิ่นรสผลไม้ที่เติมนั้น ต้องเติมให้ได้ปริมาณกรดที่ติเตรทได้ในรูปของกรดแลคติกไม่น้อยกว่า 0.35 เปอร์เซ็นต์

7. หวานเย็น (Water Ice) มีลักษณะคล้ายเชอร์เบท แต่ไม่มีเนื้อนม (Milk solid) เลย นอกจากนั้นมาตรฐานเหมือนเชอร์เบท

8. Quiescently Frozen Dairy Confection เป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกมาเป็นแท่งๆ มันถูกทาให้แข็งตัวโดยไม่มีการกวนเลย และต้องมีการขึ้นฟูไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อนมไม่น้อยกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อนมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 33 เปอร์เซ็นต์

9. Quiescently Frozen Confection ลักษณะคล้ายแบบที่ 8 แต่มีเนื้อนมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 17 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และอาจมีหรือไม่มีเนื้อนม

10. Dietary Frozen Dessert เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแคลอรี่ต่ำและต้องประกอบด้วยไขมันน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อนมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ไอศกรีมเหลวแบบนี้ 3.8 ลิตร ต้องหนักไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม มีเนื้อนมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 500 กรัม แต่ไม่เกิน 650 กรัมต่อ 3.8 ลิตร

11. เมลโลรีน (Mellorine) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในลักษณะคล้ายไอศกรีมแต่ส่วนผสมนั้นเตรียมจากของแข็งที่แปลงจากนมและไขมันซึ่งอาจเป็นไขมันจากสัตว์หรือพืช หรือทั้งสองชนิดผสมกันก็ได้ ต้องมีเนื้อนมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 720 กรัมต่อ 3.8 ลิตร และ 3.8 ลิตรหนัก

2 กิโลกรัม มีไขมันไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนไม่น้อยกว่า 2.7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของอาหารยกเว้นน้ำหนักของกลิ่นรสที่เติม

12. ไอศกรีมเทียม (Nondairy Frozen Dessert) ผลิตเหมือนไอศกรีมแต่ส่วนผสมต่างๆ ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม คือ มาจากผลิตภัณฑ์พืช ไข่ หรือไม่ใช่จากนม

2.2 สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

สารให้ความคงตัว (Stabilizer) เป็นสารที่ช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีมโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิไม่คงที่การผลิตไอศกรีม โดยปกติแล้วใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณน้อยจึงมีผลต่อคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสเล็กน้อย สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีสมบัติในการอุ้มน้ำสูง ซึ่งมีผลทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ให้รูปร่างต่อไอศกรีมและช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลง แต่ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็ง นอกจากนี้สารให้ความคงตัวยังทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง การใช้สารให้ความคงตัวมากเกินไปทำให้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดี ไอศกรีมมีลักษณะเหนียวแฉะ เนื้อหยาบและหลอมเหลวละลายยาก ปริมาณและชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือชนิดของไอศกรีมมิกซ์ เวลาในการแปรรูป ความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และอาจมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Marshall, 1996)

2.3 เจลาติน

เจลาติน (Gelatin) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมมากที่สุดในการผลิตเจลลี่ ใช้ประมาณร้อยละ 5-15 ขึ้นกับเนื้อสัมผัสที่ต้องการ เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จากเส้นใยคอลลาเจน ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิด ต่อด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide) เป็นสายยาว ย่อยง่าย เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำ เป็นคือ ทริปโตเฟน เจลาตินผลิตจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ หนังหมู กระดูกวัวและหนังวัว ที่กำจัดเกลือแร่ออกแล้ว เจลาตินที่ได้จากคนละแหล่งจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (Glicksman, 1969) องค์ประกอบโดยทั่วไปของเจลาตินประกอบด้วย คาร์บอนร้อยละ 50.11 ออกซิเจนร้อยละ 25.264 ไนโตรเจนร้อยละ 17.81 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.56 และซัลเฟอร์ร้อยละ 0.26 (Winton และ Winton, 1949) เจลาตินแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Type A เป็นเจลาตินที่ผลิตจากหนังหมู โดยการใช้กรดในการสกัด Type B เป็นเจลาตินที่ผลิตจากกระดูกวัวและหนังวัว โดยการใช้ด่างในการสกัดเจลาตินทั้ง 2 ชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

เจลาตินสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นสารทำให้เกิดเจล เป็นสารให้ความข้นหนืด เป็นสารช่วยให้เกิดความคงตัว เป็นอิมัลซิฟายเออร์รักษาสภาพคอลลอยด์ ช่วยจับฟองอากาศและยังทำ ให้สารละลายใสได้ เจลาตินมีสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เป็นเอกลักษณ์ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเจล เมื่อแช่เจลาตินในน้ำเย็น มันจะดูดน้ำเข้าไป 5-20 เท่าของปริมาตร เมื่อให้ความร้อนประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส เจลาตินส่วนที่อมน้ำไว้นี้จะละลาย ได้สารละลายที่เรียกว่า "sol" ซึ่งถ้าเย็นลงจะเกิดเป็นเจลใส หากได้รับความร้อนอีก เจลที่เซตตัวแล้วก็จะหลอมละลายเป็น sol ใหม่ (เป็นเจลชนิด thermoreversible) ความเข้มข้นของเจลาตินที่จะเกิดเจลได้ เริ่มตั้งแต่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักเจลาตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (เช่น พวกที่มีบลูมสูง) จะมีอุณหภูมิในการเซตตัวเป็นเจลอยู่ระหว่าง 18-25 องศาเซลเซียส ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของเจลาติน ถ้าบลูมสูงขึ้นความเข้มข้นสูงขึ้นด้วย อุณหภูมิที่เจลจะเซตตัวก็สูงตามไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลจากเจลาติน ได้แก่ เวลา ความเข้มข้น ค่าบลูม pH และอุณหภูมิ ดังนั้นในการพัฒนาสูตรและพิจารณาเลือกกระบวนการผลิตจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย เช่น พบว่าเจลของเจลาตินจะแข็งตัวเพิ่มขึ้นถ้าทิ้งไว้เป็นเวลานานขึ้น แต่จะมีค่าสูงสุด หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 14 ชั่วโมง ที่ pH มากกว่า 4 ค่าบลูมจะเป็นอิสระจากค่า pH แต่ถ้า pH น้อยกว่า 4 ความแข็งแรงของเจลจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากโมเลกุลของเจลาตินจะมีประจุบวกไปล้อมรอบอยู่มาก เกิดแรงผลักต่อกันอย่างรุนแรง จนทำ ให้เกิดฟังก์ชันได้น้อยหรือไม่เกิดเลย นอกเหนือไปจากการถูกไฮโดรไลซ์ ส่วนอุณหภูมินั้น พบว่าความแข็งแรงของเจลาติน จะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิลดลง เพราะจะเกิดพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุลของเจลาตินมากขึ้น ดังนั้นในการทำ ให้เจลาตินเซตตัว จึงควรปล่อยให้ค่อย ๆ เย็นลงและเจลาตินที่มีค่าบลูมสูงกว่า จะให้เจลที่มีเนื้อแข็งและแน่นกว่าเจลาตินที่มีค่าบลูมต่ำกว่า

2. ลักษณะความหนืดของสารละลาย ความหนืดของสารละลายเจลาตินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเจลาตินเพิ่มขึ้น หรือเมื่ออุณหภูมิลดลงซึ่งจะทำ ให้เนื้อสัมผัสของเจลแข็งขึ้นสามารถเคี้ยวได้มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของเจลาติน แต่แรงตึงผิวจะต่ำที่สุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตมากเมื่อเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น เพราะสามารถนำ ไปขึ้นรูปได้สะดวกขึ้น ผลิตภัณฑ์จะไม่มีหาง (tail) ติดและทำได้เร็ว

3. การเป็นแอมโฟเทอริก (amphoteric) ของเจลาติน มีผลต่อความใสของเจลและการที่เจลาตินจะรวมตัวได้กับส่วนผสมอื่น กล่าวคือเจลาตินมีประจุบวก จึงรวมกับโพลีแซก

คาไรด์ที่มีประจุลบ (เช่น คาราจีแนนและวุ้น) ได้ให้เจลาตินที่มีเนื้อสัมผัสต่างกันออกไปและที่จุดไอโซอิเล็กทริก เจลาตินจะมีความขุ่นมากที่สุด

4. สมบัติในการเป็น surface active agent เนื่องจากเจลาตินประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด มีทั้งชนิดที่ชอบน้ำ และชนิดที่ไม่ชอบน้ำ ทำ ให้มันสามารถดูดซับสารอื่นได้ทั้งบริเวณระหว่างอากาศกับน้ำ และน้ำกับน้ำมัน ซึ่งเป็นสมบัติที่ทำ ให้เป็นสารเกิดฟองได้ รวมทั้งอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีเจลาตินอยู่มีความเสถียรค่อนข้างดี

2.4 กัมและมิวซิเจลจากพืช

กัม (gum) และมิวซิเลจ (mucilage)จากพืชจัดเป็นโพลีแซคคาไรด์ ที่อยู่ในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ มีโครงสร้างประกอบด้วยโพลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวหรือหลายชนิดจับกับส่วนของกรด ยูโรนิก (uronic acid) สามารถพบได้ทั่วไปในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ เปลือกไม้ ใบ ราก และเมล็ด เป็นต้น เนื่องจากกัมและมิวซิเลจ สามารถย่อยสลายได้ ไม่มีพิษ มีราคาถูก ไม่เกิดการแพ้ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถบริโภคได้ ซึ่งเป็นข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับสารสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ ทาให้ได้รับความสนใจในการนามาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ และมีการศึกษาในด้านเทคนิค การสกัด รวมถึงการค้นหาแหล่งที่มาใหม่ๆ เพิ่มมากขึ้น ในอุตสาหกรรมยาและเภสัชกรรม พบว่ามีการใช้กัมและมิวซิเลจ เป็นสารช่วยในการยึดเกาะของเม็ดยา สารช่วยการแตกกระจายตัว สารอิมัลซิไฟเออร์ สารช่วยแขวนตะกอน สารเพิ่มความหนืด สารช่วยให้ยามีความคงตัว และช่วยด้านการควบคุมและการปลดปล่อยยา ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้กัมและมิวซิเลจ เป็นสารช่วยเพิ่มความคงตัว สารช่วยเพิ่มความหนืด และสารช่วยทาให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ยังพบว่ากัมและมิวซิเลจ เป็นแหล่งของใยอาหารชนิดที่ละลายน้าได้ ซึ่งมีบทบาทสาคัญต่อสุขภาพโดยมีช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และมีผลต่อระดับน้าตาลในเลือด ช่วยในการควบคุมน้าหนักตัว และบรรเทาความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหาร ในอุตสาหกรรมด้านอื่นๆพบว่า มีการประยุกต์ใช้กัมและมิวซิเลจ เช่น ในอุตสาหกรรม เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมเคมีและสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น บทความนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติทั่วไป แหล่งที่มา การนาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของกัมและมิวซิเลจจากพืช (ปิยนุสร์, 2555)

2.4.1 กัมและมิวซิเลจ

กัมและมิวซิเลจ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่พบส่วนใหญ่ในพืช มีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน แต่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน โมเลกุลมีความโปร่งแสง และเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวหรือหลายชนิด ซึ่งจับกับส่วนของกรดยูโรนิก (Daniel 2006 ; Banker และ Anderson, 1987) ทั้งกัมและมิวซิเลจไม่มีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอน เป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถรวมตัวกับน้ำได้สารละลายที่มีความข้นหนืดหรือเจลกัมเป็นสิ่งที่พืชสร้างขึ้น เมื่อเซลล์เกิดบาดแผลหรือในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาวะแห้งแล้ง โดยถูกสร้างออกมาตามรอยแตกของผนังเซลล์ เมื่อละลายกัมในน้ำ กัมจะพองตัวและกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เกิดเป็นสารแขวนลอยที่มีลักษณะเหนียวและมีความข้นหนืด (sticky) ในขณะที่มิวซิเลจถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการเมทาบอลิซึม ภายในเซลล์และถูกเก็บภายในชั้นผนังเซลล์ (Jani et al., 2009) ซึ่งพบว่าอาจมีส่วนช่วยในการเก็บน้ำ และการงอกของเมล็ด ทาหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเหนียวของผนังเซลล์ และเป็นแหล่งที่เก็บอาหาร เมื่อกระจายตัวในน้ำจะได้สารแขวนลอยที่มีลักษณะลื่น (slippery) (Sangwan et al., 2011)

2.4.2 แหล่งของของกัมและมิวซิเลจ

กัมและมิวซิเลจ พบได้จากหลากหลายแหล่ง ไม่ว่าจะเป็น พืช สัตว์ สาหร่าย เชื้อรา และจุลินทรีย์ บางชนิด พืชเป็นแหล่งของกัมและมิวซิเลจที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งสามารถพบในพืชเกือบทุกประเภทและทุกส่วนของพืช ตัวอย่างของกัมจากเมล็ดของพืชบางชนิด เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) ทารากัม (tara gum) และกัวร์กัม (guar gum) ซึ่งเป็นสารกลุ่มกาแลคโต แมนแนน มีโครงสร้างหลักเป็นโพลิเมอร์สายยาวของแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของ กาแลคโตสต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตส เป็น 4:1, 3:1 และ 2:1 ตามลาดับ (แสดงดังภาพที่ 2.1) (Izydorczyk et al., 2005) กัมในกลุ่มนี้ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและสารทาให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหาร ปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และช่วยในการป้องกันการเกิดซินเนอรีซิสได้ การใช้งานจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของกัม

นอกจากนี้ยังพบกัมจากยางไม้และสารสกัดจากพืช เช่น กัมอะราบิก (gum arabic) หรือกัมอะคาเซีย (gum acacia) กัมทรากาแคนต์ (gum tragacanth) และ กัมคารายา (gum karaya) เป็นเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยน้าตาลโมโนแซคคาไรด์ และอนุพันธ์ของน้ำตาลหลายๆ ชนิด ต่อกัน เช่น กาแลคโตส แรมโนส ไซโลส อะราบิโนส และกรด

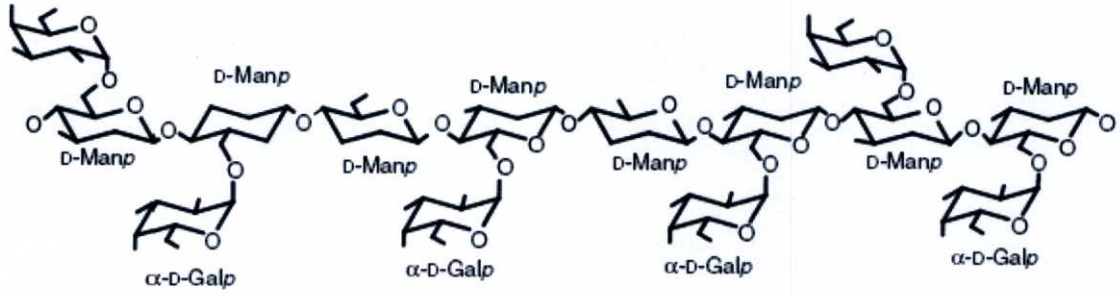
กลูคูโรนิก เป็นต้น ซึ่งกัมแต่ละชนิดมีน้ำตาลในอัตราส่วนต่างๆ กัน (แสดงดังภาพที่ 2.2) (Izydorczyk et al., 2005) ซึ่งกัมอะราบิกใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ส่วนกัมทรากาแคนต์ ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด สารช่วยในการยึดเกาะ และสารอิมัลซิไฟเออร์ และกัม คารายา เป็นกัมที่คงตัวได้ดีในกรด และใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและความคงตัวในอาหาร

ส่วนกัมจากเปลือกของผักและผลไม้บางชนิด ได้แก่ เพคติน (pectin) ซึ่งเป็นเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) และมีกิ่งแขนงอาจเป็นกาแลคโตส อะราบิโนส และแรมโนส และบางส่วนของหมู่ คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดกาแลคทูโรนิกจะถูก เอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทธิล (-CH3) เป็นเมทธิลเอสเทอร์ (แสดงดังภาพที่ 2.3) (Izydorczyk et al., 2005) เพคตินทาหน้าที่หลักเป็นสารทาให้เกิดเจลในอาหาร และยังช่วยให้ความคงตัวและให้ความ ข้นหนืดในอาหาร

ส่วนต่างๆ ของพืชที่ให้มิวซิเลจ ได้แก่ ส่วนผนังเซลล์ของเมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดป่าน (linseed) เมล็ดมัสตาสด์ (mustard seed) และเมล็ดเทียนเกล็ดหอย (psyllium) ส่วนเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ของเมล็ดมะขาม ส่วนผิวเซลล์ชั้นนอกของใบมะขามแขก (senna leaf) ส่วนรากของมาร์ชแมลโลว์ (marsh mallow) ส่วนเปลือกไม้ของต้นสลิปเปอร์รีดล์ม (slippery elm) และต้นอบเชย (cinnamon) ส่วนมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ของว่านหางจระเข้ เป็นต้น โครงสร้างของมิวซิเลจจัดเป็นเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน และคล้ายคลึงกับกัมที่ได้จากยางไม้ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกรดในกลุ่มของกาแลคทูโรนิก และกลูคูโรนิก และมีกิ่งแขนงเป็นน้ำตาลโมโน แซคคาไรด์หลายชนิด เช่น กาแลคโตส ไซโลส แรมโนส อะราบิโนส ฟิวโคส และกรดกลูคูโรนิก เป็นต้น (แสดงดังภาพที่ 2.4) (Izydorczyk et al., 2005) สาหรับในประเทศไทยมีการศึกษากัมและ มิวซิเลจจากพืชผัก สมุนไพร และผลไม้ต่างๆ ดังแสดงในตาราง

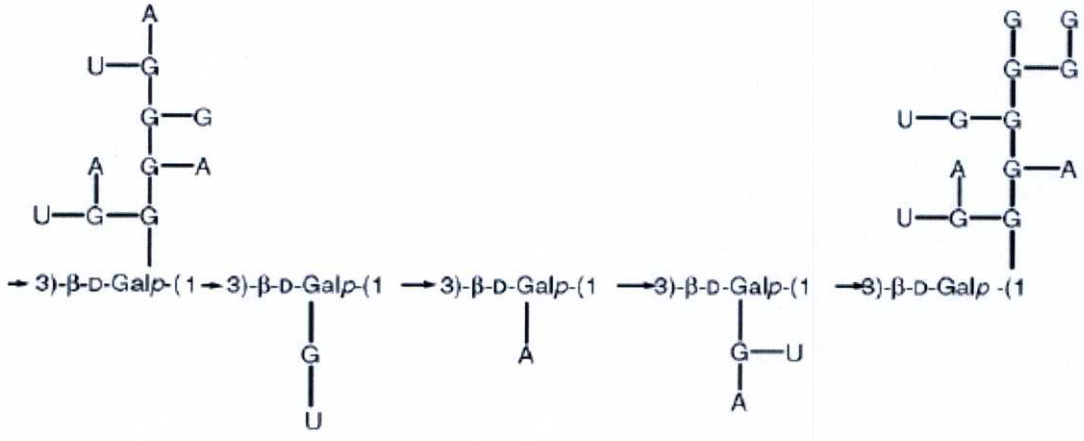
นอกจากนี้ยังพบกัมจากแหล่งอื่นๆ ตัวอย่างเช่น กัมจากสัตว์ ได้แก่ เจลาติน (gelatin) จากหมูหรือวัว และ ไคติน (chitin) หรือไคโตซาน (chitosan) จากเปลือกกุ้งและปู กัมจากสาหร่ายทะเล ได้แก่ กัมจากสาหร่ายสีแดง เช่น อะการ์ (agar) จาก *Gelidium cartilagineum, Gracilaria confervoides* และ *Pteroclaia capillacea* คาร์ราจีแนน (carrageenan) จาก *Euchema cottonii* และ *E. spinosum* และ เฟอเซลลาแรน (furcellaran) จาก *Furcellria fastigiat* และสาหร่ายสีน้ำตาล ได้แก่ แอลจิน (algin) หรือ อัลจีเนต (alginate) จาก *Macrocystis pyrifera, Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* หรือกัมจากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan

gum) จากแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* พูลลูแลน (pullulan) จากยีสต์ *Aureobasidium pullulans* (Izydorczyk et al., 2005) เจลแลนกัม (gellan gum) จากแบคทีเรีย *Pseudomonas elodea* หรือ *Sphingomonas elodea* เคิร์ดแลนกัม (curdlan gum) จากแบคทีเรีย *Alcaligenes faecalis* var. *myxogenes* เป็นต้น (Pszczola, 2003)



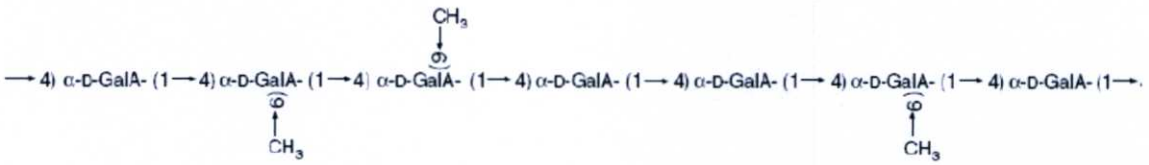
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ Guar gum

ที่มา : Izydorczyk et al., (2005)



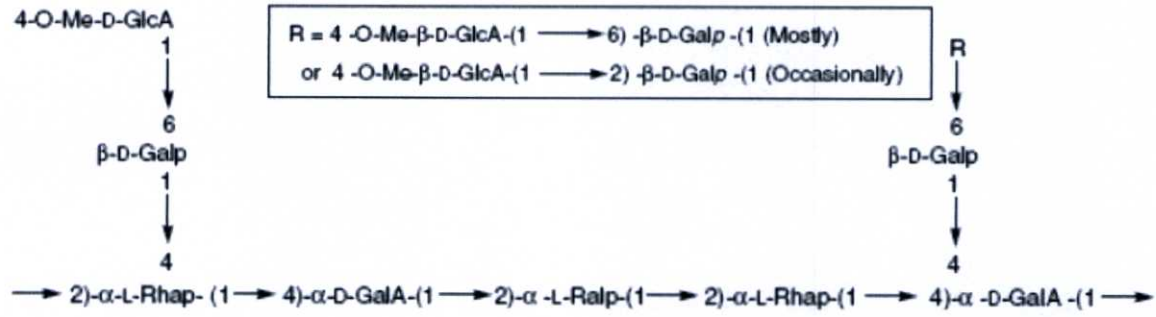
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ Gum Arabic

ที่มา : Izydorczyk et al., (2005)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ Pectin

ที่มา : Izydorczyk et al., (2005)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ Yellow mustard mucilage

ที่มา : Izydorczyk et al., (2005)

2.4.3 ตัวอย่างกัมและมิวซิเจลจากพืชในประเทศไทย (แสดงดังตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างกัมและมิวซิเจลจากพืชในประเทศไทย

ชื่อสามัญ	ชื่อทางพฤกษศาสตร์	วงศ์	ส่วนที่นำมาใช้	ประเภทของกัมและมิวซิเจล
Tamarind	*Tamarindus indica*	Leguminosae	endosperm of seed	mucilage tamarind gum
Hairy basil	*Ocimum canum* Sims.	Lamiaceae	seed-coat	mucilage
Khruea-Ma-Noi	*Cyclea barbata* Miers	*Menispermaceae*	leaves	pectin
Malva nut	Scaphium scaphigerum (G. Don) Guib and Planch	Sterculiaceae	seed-coat	malva nut gum
Dragon fruit	*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose	Cactaceae	fruits	mucilage pectin
Okra	*Abelmoschus esculentus* (Linn.) Moench,	Malvaceae	fruits	mucilage pectin
Yanang	*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels	Menispermaceae	leaves	mucilage pectin
Jujube	*Ziziphus mauritiana*	Rhamnaceae	fruits	mucilage
Ceylon spinash	*Basella alba Linn.*	Basellaceae	stem	mucilage

ที่มา : ปิยนุสร์, (2555)

2.4.4 การประยุกต์ใช้กัมและมิวซิเลจ

การประยุกต์ใช้กัมและมิวซิเลจในทางอุตสาหกรรมอาหารและยามีอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัยสาหรับการบริโภค นอกจากนี้ยังมีการนาไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมีและสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น (ปิยนุสร์, 2555)

2.4.5 คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้กัมและมิวซิเลจในอุตสาหกรรมอาหาร

หน้าที่ของกัมและมิวซิเลจแต่ละชนิดในอุตสาหกรรมอาหารแสดงในตาราง ตัวอย่างเช่น กัวร์กัมใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้าสลัดและซอส โลคัสบีนกัมใช้เป็นสารช่วยในการอุ้มน้ำและให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม คาร์ราจีแนนใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เนื้อ และขนมหวาน อะการ์ใช้ในผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด และขนมหวาน กัมอะราบิก กัมทรากาแคนต์ เพคติน อัลจิเนต และแซนแทนกัม ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด และขนมหวาน และผลิตภัณฑ์ซอส (Stephen et al., 2006) นอกจากนี้พบว่ามีการนำมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักมาใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด และความคงตัวของอิมัลชัน ในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส (ละอองดาว และ กุลยา, 2545) รวมถึงใช้เป็นสารให้ความ คงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และน้ำจิ้ม (ปิยนุสร์ และ วันชัย, 2547 ; ปิยนุสร์ และ เนตรนภา, 2549) ดังแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางอาหารและการนำกัมและมิวซิเจลธรรมชาติมาใช้

คุณสมบัติทางอาหาร	กัมและมิวซิเจลที่นำมาใช้
Adhesive	gum arabic
Stabilizer	tamarind seed gum, ocimum seed mucilage, guar gum, gum arabic, gum ghatti, ispagol mucilage, khaya gum, gum tragacanth, gum tara, pectin, sodium alginate
Foam stabilizer	gum arabic
Flavor encapsulating agent	gum arabic
Thickening agent	pectin, guar gum, gum tara, gum ghatti, locust bean gum, gum tragacanth, gum arabic
Binding agent	gum tragacanth
Gelling agent	pectin, aloe mucilage, agar, carrageenan, fenugreek mucilage, sodium alginate
Emulsifier, Emulsifying agent	tamarind seed gum, agar, guar gum, gum acacia, gum ghatti, gum tragacanth, hibiscus mucilage, ispagol mucilage, karaya gum, xanthan gum
Cloud agent	gum cassia

ที่มา : Stephen et al. (2006)

2.4.6 การประยุกต์กัมและมิวซิเจลในอุตสาหกรรมอื่นๆ

กัมที่ใช้ในเครื่องสำอาง ได้แก่ กัมอะราบิก กัมทรากาแคนต์ และกัมคารายา ในสิ่งทอ ได้แก่ แป้ง เดกซ์ทรินเซลลูโลส เพคติน และกัมทามารีน ในผลิตภัณฑ์กาว ได้แก่ กัมอะราบิก และกัมทรากาแคนต์ ในสิ่งพิมพ์ ได้แก่ กัมอะราบิก กัมทรากาแคนต์ และโลคัสบีนกัม ในสี ได้แก่ เพคติน เฮมิเซลลูโลส และเรซิน (Jani et al., 2009) และอุตสาหกรรมกระดาษ ได้แก่ กัมคารายา และกัมแกตติ ใช้เป็นตัวช่วยยึดเกาะเส้นใย ในการผลิตกระดาษ และกัมคารายา สามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในสีย้อมผ้าพิมพ์ (Stephen et al., 2006)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

นอกจากนี้สารในกลุ่มของเพคติน เฮมิเซลลูโลส กลูโคแมนแนน กัม และมิวซิเลจ ยังจัดเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อใยอาหารเหล่านี้ละลายน้ำ จะให้สารข้นหนืดที่สามารถเคลือบผนังกระเพาะอาหารและลาไส้ ทาให้ผนังกระเพาะอาหารและลาไส้หนามากขึ้น และเพิ่มความหนืดของอาหาร ทาให้อาหารเคลื่อนตัวได้ช้าลง และอยู่ในระบบทางเดินอาหารนานขึ้น ซึ่งผนังระบบทางเดินอาหารที่หนาขึ้นอาจรบกวนการดูดซึมสารอาหารต่างๆ เช่น น้าตาล และไขมัน รวมทั้งวิตามิน แร่ธาตุต่างๆ ได้ ใยอาหารที่ละลายน้าได้เหล่านี้ ส่วนใหญ่ถูกแบคทีเรียในลาไส้ย่อยสลายเป็นกรดไขมันชนิดสายสั้น และถูกดูดซึมได้ จึงเหลือเป็นกากอาหารที่จะเพิ่มปริมาณเนื้ออุจจาระน้อยกว่ากลุ่มใยอาหารชนิดไม่ละลายน้า แต่ใยอาหารกลุ่มนี้ช่วยลดการดูดซึมน้าตาลและไขมันได้ดี จึงมีผลช่วยป้องกันหรือชะลอการดาเนินของโรคเบาหวานและโรคไขมันในเลือดสูงด้วย แต่ถ้ารับประทานมากเกินหรือติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทาให้ร่างกายได้รับสารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินและแร่ธาตุบางชนิดน้อยลงได้ (นุชนาฏ, 2006)

2.4.7 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของกัมและมิวซิเลจจากพืช

กัมและมิวซิเลจที่ได้จากพืชเป็นโพลีเมอร์จากธรรมชาติ จึงสามารถนามาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย คือ สามารถย่อยสลาย และนากลับมาใช้ใหม่ได้ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยโมเลกุลของน้าตาลโมเลกุลเดี่ยวเรียงต่อกันจึงทาให้ไม่มีความเป็นพิษและปลอดภัยสาหรับสิ่งมีชีวิต กัมและมิวซิเลจยังมีราคาไม่สูงนัก เนื่องจากต้นทุนในการผลิตต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ในประเทศอินเดียและประเทศที่กาลังพัฒนาหลายประเทศ มีการพัฒนาจากพืชผลทางการเกษตร และกระบวนการผลิตเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกพืชที่ให้กัมและมิวซิเลจ เช่น ต้นกัวร์ (Guar, *Cyamopsis tetragonolobus*) และต้นทรากาแคนต์ (Tragacanth, *Astragalus gummifer*) (Jani et al., 2009)

กัมและมิวซิเลจที่ได้จากพืช มีข้อเสียเปรียบเมื่อเทียบกับกัมที่มาจากการสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ ในด้านความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ เนื่องจากกัมและมิวซิเลจส่วนใหญ่ มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 10 หรือมากกว่า และมีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นคาร์โบไฮเดรต อีกทั้งกระบวนการผลิตเป็นระบบเปิดที่มีโอกาสสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม ทาให้มีโอกาสที่จะทาให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามสามารถป้องกันได้โดยการจัดการที่เหมาะสมและการใช้วัตถุกันเสีย นอกจากนี้ยังมีความแปรปรวนในแต่ละครั้งของการผลิต กัมและมิวซิเลจที่ได้จากพืชยังมีคุณภาพไม่คงที่ เนื่องจากความแปรปรวนของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งขึ้นกับปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม

148015

ความแตกต่างของพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ และฤดูกาลที่ควบคุมได้ยาก ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของวัตถุดิบและปริมาณสารประกอบกัมและมิวซิเลจในวัตถุดิบ ในขณะที่กัมและมิวซิเลจที่ผลิตจากการสังเคราะห์ สามารถควบคุมการผลิตได้โดยการกำหนดส่วนผสมที่มีคุณภาพคงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าข้อเสียเปรียบในด้านความหนืดของสารละลายกัมและมิวซิเลจจะมีค่าลดลงหลังการเก็บรักษา (Jani et al., 2009) จะเห็นว่าการพัฒนากัมและมิวซิเลจให้มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งานมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ (Imeson, 2010)

การใช้กัมและมิวซิเลจในอดีตจนถึงปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการหาแหล่งที่มาหรือวัตถุดิบใหม่ๆ ตัวอย่างเช่น การพัฒนากัมชนิดใหม่เจลแลนกัม (gellan gum) จากจุลินทรีย์ *Sphingomonas elodea* กัมที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพในการใช้ครอบคลุมทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและยา ตลอดจนการพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติของกัมให้ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการดัดแปลงทางด้านกายภาพและเอนไซม์ เช่น การดัดแปลงเพคตินด้วยวิธีทางกายภาพ ได้เพคตินชนิดใหม่ที่มีชื่อทางการค้าว่า SlendidTM และมีการใช้ความรู้ทางด้านพันธุวิศวกรรมในการพัฒนากัมจากสาหร่าย หรือพืชผลทางการเกษตรให้มีการผลิตได้ปริมาณมากขึ้น หรือทาให้พืชโตเร็ว และสามารถเก็บผลผลิตได้เร็วขึ้น นอกจากนี้มีการใช้ความรู้เกี่ยวกับการกระบวนการหมักจุลินทรีย์ในการผลิตกัม เช่น แซนแทนกัม จากแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* พูลลูแลน จากยีสต์ *Aureobasidium pullulans* เจลแลนกัมจากแบคทีเรีย *Sphingomonas elodea* เป็นต้น ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนากัมชนิดใหม่ และมีคุณสมบัติที่ดีสามารถใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ ดังนั้นแนวโน้มในอนาคต กระบวนการผลิตกัมและมิวซิเลจเป็นสิ่งจำเป็นในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง และมีการพัฒนาให้ทันต่อการใช้งานและการบริโภคที่มีมากขึ้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต คือ ความสะดวกในการใช้งาน คุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของกัมที่ผลิตได้และราคา (Imeson, 2010)

ในประเทศไทย กัมและมิวซิเลจที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และบางชนิดมีราคาสูงมากในตลาดโลก ซึ่งราคาของกัมและมิวซิเลจแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและผลผลิตที่ได้ ถ้าสามารถผลิตได้ปริมาณมากและกระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก กัมมีราคาไม่สูง แต่ถ้ามีกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและซับซ้อน กัมมีราคาสูงมากขึ้น ซึ่งในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2552 ราคาของกัมในรอบ 10 ปี ที่ผ่านมา มีราคาค่อนข้างคงที่ ยกเว้นในบางปีที่มีกัมราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีเหตุการณ์ที่ทาให้มีผลผลิตลดลง เช่น การเกิดโรควัวบ้า ซึ่งมีผลต่อราคาของเจลาติน และกรณีการขาดแคลนวัตถุดิบเนื่องจากสภาวะแห้งแล้ง จะส่งผลทำให้กัมมี

ราคาสูงขึ้น จากข้อมูลของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในตลาดโลก พบว่ากัมที่มีส่วนแบ่งในตลาดโลกมากที่สุด ได้แก่ เจลาติน และรองลงมา คือ เพคติน (Imeson, 2010) ทำให้นักวิจัยและพัฒนาพยายามที่จะพัฒนาแหล่งของกัมชนิดใหม่ พัฒนาคุณภาพของกัม หรือศึกษาการใช้กัมมากกว่า 1 ชนิดในการทดแทนหน้าที่ของเจลาติน เพื่อเพิ่มพื้นที่ในตลาดโลกให้มากขึ้น เนื่องจากเจลาตินมีข้อจากัดในการใช้งาน คือ การใช้กับอาหารฮาลาล และอาหารสาหรับผู้รับประทานมังสวิรัติที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์

กัมและมิวซิเลจเป็นสารประกอบจากธรรมชาติ ที่พบได้ในพืชหลายชนิด ในปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกัน สามารถนามาประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เป็นสารให้ความ ข้นหนืด สารให้ความคงตัว สารทำให้เกิดเจล เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับสารสังเคราะห์หรือสารกึ่งสังเคราะห์ และยังมีราคาถูก สามารถหาได้ง่าย สามารถย่อยสลายได้ ซึ่งในประเทศไทยมีพืชผัก สมุนไพรและผลไม้อยู่หลายชนิดที่มีสารประกอบกัมและมิวซิเลจ ถ้ามีการศึกษาวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ สามารถใช้ได้จริงในอุตสาหกรรม จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้น ตลอดจนลดการนำเข้ากัมและมิวซิเลจจากต่างประเทศได้

2.5 แป้งเมล็ดมะขาม

2.5.1 มะขาม

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่อยู่ในตระกูล Fabaceae (Leguminosae) เจริญเติบโตในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 50 ประเทศ ทั่วโลก โดยเฉพาะในเอเชีย เช่น อินเดีย บังคลาเทศ ศรีลังกา ไทย และอินโดนีเซีย (Kumar และ Bhattacharya, 2008) ฝักมะขามมีลักษณะเป็นฝักสีน้ำตาล หนึ่งฝักประกอบด้วยเมล็ด 1-12 เมล็ด ซึ่งมีลักษณะแข็ง แบน มันวาว มีสีแดงหรือสีม่วงอมน้ำตาล แต่ละเมล็ดจะล้อมรอบด้วยเยื่อเหนียวคล้ายกับเยื่อหุ้ม ถือเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อมะขาม (Kaur et al., 2011) สำหรับเมล็ดมะขาม จัดเป็นของเสียจากการแปรรูปอาหารที่มีการใช้ประโยชน์น้อย อย่างไรก็ตามเมล็ดมะขามถือเป็นแหล่งของสารที่ทำให้เกิดเจลในธรรมชาติที่น่าสนใจ เนื่องจากเนื้อเมล็ดพบสารที่ก่อให้เกิดเจลสูงร้อยละ 46-48 รวมถึงเพกตินที่มีแคลเซียมเพคเตทร้อยละ 70.0-80.4 เมทอคซิลร้อยละ 7.9-9.9 และกัมจากมะขาม ซึ่งพบสารไซโลกลูแคน (xyloglucan) เป็นองค์ประกอบหลัก จึงให้ลักษณะเจลแข็งที่นิยมใช้ในอาหาร เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) (ร้อยละ 20-30) และเนื้อเมล็ด (ร้อยละ

70-80) เมล็ดมะขามเป็นแหล่งสาคัญของโปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนที่จาเป็น และคาร์โบไฮเดรต (Mirhosseini และ Amid, 2012) เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยสารพอลิแซกคาไรด์มากกว่าร้อยละ 65 โปรตีนร้อยละ 15-21 โดยประมาณ และไขมันร้อยละ 3-8 โดยประมาณ รวมถึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

แป้งเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder: TKP) มีคุณสมบัติเด่นด้านความคงตัวต่อความร้อน การเกิดเจลในช่วง pH กว้าง และยังเป็นแหล่งของโปรตีนและสารฟีนอลิก (Caluwé et al., 2010; Singh et al., 2007) แป้งเมล็ดมะขามยังเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลขนาดใหญ่ เรียงตัวกันอยู่ภายใน ลักษณะการเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้ก่อให้เกิดลักษณะที่ปรากฏของแป้ง ซึ่งเมื่อนำมาละลายก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวหนืด ซึ่งเรียกว่า เจลโลส (Gellose) (วิมล และ นมนต์, 2555) ซึ่งถือเป็นลักษณะเฉพาะตัวของพอลิแซคคาไรด์จากมะขามที่ไม่พบในเพกตินผลไม้ แป้งเมล็ดมะขาม ถูกใช้เป็นสารให้ความเสถียรและสารก่อเจลในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศญี่ปุ่นที่เป็นสารเติมแต่งอาหารที่ถูกต้องตามกฎหมาย อีกทั้งในอินเดียแป้งเมล็ดมะขามยังเป็นแป้งที่ราคาถูกที่สุด (Goyal et al., 2007) เมล็ดมะขาม เมื่อนำมาคั่วจะมีรสมัน สามารถนำมาใช้แก้พยาธิตัวกลม พยาธิไส้เดือน แก้ตานขโมย บำรุงไขข้อ บำรุงกำลัง รักษาบาดแผลของผู้ป่วยโรคเบาหวาน แก้บิด ทาแผลถูกไฟลวก แก้ท้องร่วง แก้อาเจียน แก้พิษจากสัตว์กัดต่อย (เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552)

การนำเมล็ดมะขามไปผลิตเป็นแป้งเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวในอาหาร เช่น ในอุตสาหกรรมไอศกรีม ทำน้ำมันกับน้ำให้เข้ากันดี เช่น การทำมายองเนส นำมาใช้ทำอาหารและนม เช่น เค้ก ขนมปัง โรตี เป็นต้น หรือใช้เป็นส่วนผสมในยาหรือเครื่องสำอาง ในประเทศอินเดียนำแป้งเนื้อในเมล็ดมะขามมาใช้สำหรับทำกาว สำหรับติดกระดาษซึ่งมีคุณภาพสูง สามารถใช้แทนแป้งข้าวเจ้าและลดปริมาณการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งจากสาคูที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เครื่องทอ และทำกระสอบป่านลงได้ เนื้อในเมล็ดมะขามสามารถนำมาใช้ผลิต กัม (gum) ซึ่งรู้จักกันดีในนาม เจลโลส (jellose) และกัมจากเมล็ดมะขามที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้ว คือ ไซโลกลูแคน ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ทนต่อความร้อน กรดและแรงเฉือนได้ดี ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหารจึงนำเอาไซโลกลูแคนมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัวและสารทดแทนไขมัน และสามารถนำไปใช้แทนแพกตินที่ราคาแพงกว่า เพื่อใช้ในการผลิตเจลลี่ได้เป็นอย่างดี (เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552 ; Bhattacharya et al., 1994)

2.5.2 กัมเมล็ดมะขาม

กัมเมล็ดมะขามหรือทามารีนกัม (Tamarind gum) สกัดได้จากเมล็ดมะขามในส่วนของเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างเป็นพอลิแซกคาไรด์ประเภทไซโลกลูแคน ประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำตาล 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลกาแลกโทสต่อกันเป็นสายโซ่ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 720,000-880,000 ดาลตัน (วันเช็ง, 2553)

ในอุตสาหกรรม ผงกัมที่สกัดจากเมล็ดมะขาม เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า jellose หรือ polyose สามารถละลายน้ำได้ดี ทนทานต่อสภาวะที่เป็นกรดด่างได้ดีและเกิดเจลได้ โดยสามารถเกิดเจลได้ในระบบที่มีน้ำตาล ซึ่งเป็นสมบัติและลักษณะที่คล้ายกับเพคทินจากผลไม้ จึงนามาใช้ในการสร้างเจลที่คล้ายกับเพกทินในผลิตภัณฑ์ได้ เช่น แยม เยลลี่ มามาเลด แต่สิ่งที่แตกต่างจากเพคทินที่ได้จากผลไม้ คือ เจลของกัมเมล็ดมะขามอยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง จึงมีการนาไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น กัมเมล็ดมะขามได้รับอนุญาตให้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่น ทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) เป็นสารให้ความข้นหนืด และสารที่ทาให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหาร กัมเมล็ดมะขามจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับกัมชนิดอื่น ได้แก่ กัวร์กัม และแอลจิเนต เป็นต้น (Marathe et al., 2002)

การใช้ประโยชน์ไซโลกลูแคนจากแป้งเมล็ดมะขามจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และชนิดของอาหาร แต่โดยทั่วไปใช้ปริมาณร้อยละ 0.1-0.5 การละลายเป็นสมบัติของไซโลกลูแคนที่นำมาใช้ โดยสามารถนำไซ-โลกลูแคนไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่น ปัจจัยที่ทำให้เกิดการละลายที่สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับใช้น้ำมากพอ ใช้อัตราการกวนดีทำให้เกิดการแพร่ขณะต้มและการใส่ทีละน้อย เพื่อป้องกันการเกิดเป็นก้อน ใช้อุณหภูมิในการละลายต่ำหรือใช้แอลกอฮอล์ในการทำให้ละลายแต่จะไม่ละลายในแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นสูง หรือใช้น้ำมันทำให้เกิดกระจายตัว (เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552)ไซโลกลูแคนในเมล็ดมะขามมีผลอย่างมากต่อความคงตัวในอาหารพวกนมแช่แข็ง (frozen dessert) เช่น ไอศกรีม เชอร์เบ็ท ซึ่งไซโลกลูแคนจะเพิ่มความคงตัวต่อการเกิด heat shock และยังมีคุณสมบัติอุ้มน้ำที่ดี นอกจากนี้ยังทำให้ผลึกน้ำแข็งและน้ำตาลไม่แยกออกจากกันหลังจากการเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน (เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552)

2.6 ลูกสำรอง

ต้นสำรองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Scaphium macropodum* Beaum., *Scaphiumscaphigrum* (G.Don) Guib. & Planch.,*Sterculia scaphigera* Wall.ชื่อวงศ์ Sterculiaceaeชื่อสามัญ Malva nut ชื่อพื้นเมือง สำรอง (ภาคตะวันออกเฉียงใต้) พุงทะลาย (ภาคกลาง) บักจอง หมากจอง (ภาคอีสาน) ฮวงไต้ ไฮ้ pangdahai(จีน) นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกแตงต่างกันออกไปตามแต่ละท้องถิ่นและลักษณะที่พบเห็น เช่น ท้ายเภา ท้ายเภาขาว เปรียง โปรง(ญษมณ, 2553)

2.6.1 การกระจายพันธุ์ของต้องสำรอง

กระจายพันธุ์ในแถบบริเวณป่าดิบชื้นในประเทศไทย ลาว พม่า เวียดนาม กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย บริเวณเกาะสุมาตราและบอร์เนียว สำหรับในประเทศไทยต้นสำรองเป็นพืชท้องถิ่นดั้งเดิมของภาคตะวันออก โดยพบมากที่เชิงเขาในอำเภอคิชกูฏ จังหวัดจันทบุรี และสามารถพบได้ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะเขตอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย จังหวัดอุบลราชธานี พืชชนิดนี้สามารถพบได้ในต่างประเทศเช่น ในประเทศจีนโดยมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์คือ *Sterculia lychnophora Hance* ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับลูกสำรอง และมีรายงานว่ามีต้นกำเนิดมาจากเวียดนาม ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และตะวันออดเฉียงใต้ของจีน (ญษมณ, 2553 ; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549.)

2.6.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลูกสำรอง

เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ชอบขึ้นในป่าดงดิบที่มีความชื้นสูง ลำต้นตรงและสูงชะลูดประมาณ 30-40 เซนติเมตร โคนต้นมีพูพอน เปลือกสีเทา มีรอยแปลเป็นทั่วไป เปลือกในสีชมพูมีเส้นตามยาว รูปทรงของเรือนยอดเป็นพุ่มกลมรูปกรวย กิ่งก้านมักแตกออกรอบลำต้น ณ จุดเดียวกันเป็นชั้นๆ แบบฉัตร ใบเดี่ยวเรียงเวียนสลับ ใบอ่อนสีแดงเรื่อๆ ใบลักษณะเป็นรูปไข่แกมขอบขนานหรือไข่แกมใบหอกกว้าง 10-12 เซนติเมตร ยาว 15-25 เซนติเมตร เนื้อใบบางเกลี้ยงเป็นมันทั้งสองด้าน เส้นกลางใบแต่ละแฉกชัดเจน มีเส้นแขนงใบแต่ละแฉก ก้านใบยาวเกลี้ยงและกลม ดอกช่อใหญ่ออกที่ปลายกิ่ง แยกเพศ กลีบดอกสีขาวและเขียวอ่อน มีขนสีแดงที่กลีบเลี้ยง ออกดอกช่วงเดือนธันวาคม – มกราคม การออกดอกไม่แน่นอนออกปีเว้นปี ผลอ่อนจะมีสีเขียว ผลแห้งมีลักษณะแผ่เป็นแผ่นขนาดใหญ่แตกขณะยังอ่อนอยู่ ซึ่งมีลักษณะโค้งงอคล้ายเรือติดอยู่ตรงโคนเรียกว่าสำเภา สามารถปลิวไปได้ไกล ปีกมีลายเส้นชัดเจน เมื่อแก่จะมีลักษณะกลมรีหัวท้ายมน เปลือกสีน้ำตาล ลักษณะเหี่ยวแห้ง ผิวขรุขระ ผล

เริ่มร่วงประมาณเดือนมีนาคม – เมษายน โดยที่ผลจะหล่นลงมาพร้อมปีกที่มีขนาดกว้าง 1 -1.5 เซนติเมตร ยาว 2-3 เซนติเมตร เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารเมือง (mucilage) จำนวนมาก ซึ่งจะพองตัวได้ดีในน้ำมีความสามารถในการดูดซับน้ำถึง 40-45 มิลลิลิตร/กรัม ทำให้เกิดเป็นเจล (gel)หรือเป็นวุ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยความร้อน (Yamada และ Suzuki, 1996 ; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549.)

2.6.3 การขยายพันธุ์ลูกสำรอง

สำรองขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด เนื่องจากการปลูกด้วยเมล็ดตามปกติสำรองต้องใช้เวลาหลายปีกว่าจะได้ผล ดังนั้นจึงเป็นพืชที่มีแนวโน้มอาจจะสูญพันธุ์ได้ รวมทั้งติดผลยากและเมื่อมีผลก็จะมีชาวบ้านมารอเก็บเมล็ดไปรับประทานและขายเพราะราคาแพงมาก แต่ปัจจุบันสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (มาโนชญ์, 2546) สามารถคิดค้นและขยายพันธุ์ต้นสำรองได้สำเร็จแล้วโดยใช้วิธีการเสียบยอด ตอนกิ่ง ตัดชำ ติดตาเสียบกิ่ง หรือเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นการตัดปัญหาการลักลอบเก็บลูกสำรองและโค่นต้นสำรองออกไป(มาโนชญ์ และคณะ, 2547)

2.6.4 ความสำคัญของลูกสำรองต่อเศรษฐกิจของประเทศ

สำรองเป็นต้นไม้ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น ประโยชน์ทางด้านภูมิสถาปัตย์ เนื่องจากเป็นต้นไม้ที่มีลำต้นตรงเรือนยอดเป็นพุ่มกลมคล้ายร่ม ใบอ่อนมีสีแดง ดูสวยงามและดูแลรักษาไม่ยาก จึงเหมาะในการนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผลสำรองสามารถพองตัวได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะคล้ายวุ้น ปัจจุบันนิยมนำผลสำรองมาใช้รักษาโรคตามตำรายาพื้นบ้านและผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพโดนเฉพาะประเทศจีนให้ความสนใจเกี่ยวกับการผลสำรองและสั่งซื้อจากประเทศไทยในแต่ละปีเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ประเทศไทยยังนิยมนำผลสำรองมาผลิตเป็นกัมผงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ซึ่งเป็นการลดวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ ใช้วุ้นสำรองทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับผลของลูกสำรองต่อการลดไขมันหน้าท้อง ระดับคอเลสเตอรอล และน้ำหนักตัวในคนไทยอ้วน จึงเป็นการเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากผลสำรองและทำให้มีหลักฐานที่น่ายอมรับทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2.6.5 สรรพคุณทางยาของสำรอง

ตามตำรายาพื้นบ้านได้กล่าวถึงสรรพคุณของสำรองดังนี้ รากมีรสเฝื่อนเปรี้ยวเล็กน้อย แก้ไอ แก้ท้องเสีย แก้พยาธิผิวหนัง, แก่นต้นรสเฝื่อน แก้โรคเรื้อน แก้กามโรค,ใบรสเฝื่อน แก้พยาธิ แก้ลม,

เปลือกต้นรสเฝื่อน แก้ไข้ แก้ท้องเสีย, ผลและเมล็ดแก้ตานขโมยในเด็ก แก้ท้องงเสีย แก้ลม แก้ธาตุพิการ แก้ร้อนใน แก้กระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ แก้ไอ มีฤทธิ์ระบาย ช่วยเรื่องจับไขมัน ทำให้ลดการดูดซึมของไขมัน (น้ำฝน, 2550)

ส่วนการใช้ประโยชน์ของต้นสำรองในประเทศต่างๆมีรายงานดังนี้ ประเทศอินเดียมีรายงานว่าสำรองสามารถใช้รักษาอาการอักเสบ แก้ไข้ และขับเสมหะ ส่วนในประเทศจีน มีความต้องการบริโภคลูกสำรองปริมาณสูงมาก จุดมุ่งหมายในการบริโภคก็เพื่อใช้ในการรักษาโรคแบบวิถีดั้งเดิมหรือ traditional Chinese medicine (TCM) มีรายงานว่าสำรองสามารถใช้รักษาอาการเจ็บคอ โดยใช้สำรองร่วมกับชะเอมจีนต้มกับน้ำแล้วนำมาจิบบ่อยๆ รักษาอาการไอ ขับเสมหะ แก้อาการท้องผูกเนื่องจากสำรองมีฤทธิ์เป็นยาระบายส่วนในประเทศอังกฤษมีรายงานการใช้พืชในวงศ์ Sterculiaในการรักษาอาการท้องผูกด้วย ส่วนสารเคมีที่พบในลูกสำรองที่สามารถค้นพบได้ในขณะนี้คือ histamine และ Sterculia polysaccharide-III (จารุวัฒน์ และ พิพัฒน์, 2550) วุ้นหรือเจลของลูกสำรองมีคุณสมบัติสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylcoccus aureus* และ *Bacillus cereus* ได้ (ชริดา และคณะ, 2549)

2.6.6 องค์ประกอบของสารอาหารในลูกสำรอง

เนื้อผลสำรองหรือเยื่อหุ้มเมล็ดสำรอง มีสารอาหารดังแสดงในตารางที่ 2.3 และมีความหวาน 3 องศาบริกซ์ (หน่วยวัดความหวาน) รวมถึงพลังงาน 4,175.24 แคลอรี/100 กรัม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงโครงสร้างพื้นฐานและองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารในลูกสำรอง โดยทำการสกัดใยอาหารของเยื่อเมล็ดหุ้มเมล็ดสำรองด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลลอริก (HCl) 0.05 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลาร์ พบว่าส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 62 โปรตีนร้อยละ 3.8 เถ้าร้อยละ 8.4 ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่พบส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลโมโนแซกคาไรด์ (monosaccharide)ได้แก่ arabinose, galactose, rhamnose, glucose, xylose และ mannose ดังแสดงในตารางที่ 2.4 (วรัญญา และคณะ, 2549)

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารของเนื้อผลสำรอง

คุณค่าทางอาหารของเนื้อผลสำรอง	ปริมาณร้อยละ
คาร์โบไฮเดรต	68.59
โปรตีน	8.45
ไขมัน	0.11
กาก	3.97
เถ้า	8.01
โซเดียม	0.12
โพแทสเซียม	0.14
แคลเซียม	0.25
ฟอสฟอรัส	0.20
เหล็ก	0.007

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, (2549)

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบที่เป็นโมโนแซกคาไรด์ จากการสกัดใยอาหารของเยื่อหุ้มเมล็ดสำรอง

ส่วนประกอบโมโนแซกคาไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Arabinose	31.9
Galactose	29.2
Rhamnose	29.4
Glucose	2.7
Xylose	2.1
Mannose	4.8

ที่มา : วรัญญา และคณะ (2549)

จากข้อมูลดังกล่าวคาดว่าสำรองสามารถลดความอ้วนได้เนื่องจากสำรองสามารถพองตัวในน้ำได้ถึง 10 เท่าจากปริมาณเดิม (น้ำฝน, 2550) เมื่อรับประทานสำรองเข้าไปในร่างกายแล้วจะเกิดการพองตัวเป็นวุ้นเสมือนมีอาหารบางส่วนอยู่ในกระเพาะจึงทำให้รับประทานอาหารในมื้อนั้น

ได้น้อยลง นอกจากนี้ผลสำรองยังประกอบด้วยใยอาหารสูงถึงร้อยละ 64.12 -76.45 และมีไขมันในปริมาณที่ต่ำพบเพียงร้อยละ 0.41-9.5 ใยอาหารในรูปสำรองนี้จัดเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ (water soluble dietary fiber) มีสารเมือกและมิวซิเจลสูง ซึ่งใยอาหารเหล่านี้มีคุณสมบัติพองตัวได้ดีเมื่อสัมผัสน้ำจะละลายเกิดเป็นสารข้นหนืดที่สามารถเคลือบกระเพาะอาหารและลำไส้มากขึ้น และทำให้ความหนืดของอาหารโดยรวมมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีผลให้อาหารเคลื่อนตัวช้าลง อยู่ในระบบทางเดินอาหารนานขึ้น ส่งผลรบกวนการดูดซึมสารอาหารต่างๆ เช่น น้ำตาล ไขมัน รวมทั้งวิตามินต่างๆได้ จึงช่วยชะลอการดูดซึมไขมันและน้ำตาลได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อลูกสำรองมีสารพวกกัม (guar gum) สารพวกนี้เมื่อรับประทานเข้าไปในร่างกายไม่สามารถย่อยได้เนื่องจากไม่มีน้ำย่อยจึงต้องถูกขับออกมา และมีคุณสมบัติที่ลื่นคล้ายเยลลี่ รวมทั้งมีเยื่อใยสูงจึงสามารถดูดซับน้ำได้จึงมีส่วนช่วยในการเป็นยาระบาย (Srivatava et al., 1976; นุชนาฏ, 2549) นอกจากนี้ยังสามารถจับกับน้ำดีเมื่อร่างกายมีน้ำดีลดลงการดูดซึมไขมันหรือคอเลสเตอรอลจึงลดลงด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ในปัจจุบันจึงมีผู้บริโภคสมุนไพรบางคนนำเนื้อสำรองมารับประทานเพื่อเป็นอาหารลดความอ้วนและลดระดับคอเลสเตอรอล

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิริการ และ วรางคณา (2558) ได้ทำการสกัดกัมจากเมล็ดมะขามด้วยน้ำร้อน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้กัมที่มีความสามารถในการละลาย (solubility) สูงที่สุด มีความสามารถในการดูดซับน้ำ (water adsorption ratio) สูง ได้ปริมาณผลผลิตกัมร้อยละ 7.73 + 1.01 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการสกัดด้วยกรดเจือจาง มีค่าความหนืดค่อนข้างสูง จาก FTIR spectra พบว่ากัมที่สกัดทั้ง 3 วิธี มีโครงสร้างที่คล้ายกัน และได้ศึกษาการทำแห้งกัม 4 วิธี ได้แก่ การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง การทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าการทำแห้งกัมเมล็ดมะขามที่เหมาะสมคือการใช้ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างจากการทำแห้งด้วยวิธีการอื่น มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด มีปริมาณน้ำอิสระ (aw) น้อย และมีค่าความสว่าง (L*) สูงรองจากกัมที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้กัมที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง และมีความสามารถในการละลายน้ำสูง

ที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

วรางคณา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาการใช้ไมโครเวฟในการสกัดกัมจากเมล็ดมะขามและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี พบว่าการใช้กำลังแมกนีตรอน x640 วัตต์ นาน 4 นาที ให้ปริมาณผลผลิต และค่าสี (L*) สูงที่สุด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงใช้สภาวะนี้ศึกษาผลของ pH อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อการเกิดเจลของกัมจากเมล็ดมะขาม แล้วนำมาวัดค่าสี (L*a* b*) และเวลาในการไหลของเจลจากกัมเมล็ดมะขาม พบว่าที่ pH 3 ให้เจลที่มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด เจลที่ละลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น45 องศาบริกซ์ มีเวลาในการไหลมากที่สุด จึงเลือกใช้เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแยมสตรอว์เบอร์รี โดยแปรอัตราส่วนระหว่างเพกตินต่อกัมเมล็ดมะขาม 4 ระดับ ได้แก่ 2:0, 1.5:0.5, 1:1 และ 0.75:1.25 โดยน้ำหนักสตรอว์เบอร์รีตีป่น แล้วนำไปวัดค่าสี (L* a* b*) ระยะทางในการไหล ความสามารถในการแผ่ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแยมที่อัตราส่วน 1.5:0.5 มีระยะทางในการไหล ความสามารถในการแผ่ และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส รสชาติ การเกาะตัว และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากแยมสูตรมาตรฐาน

ธิดารัตน์ (2547) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่หมากจอง คือ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการแช่ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และใช้อัตราส่วนของน้ำต่อหมากจองเป็น 60 : 1โดยน้ำหนัก นำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในหมูยอ ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 หมูยอที่มีการเติมเจลของหมากจองเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง และค่า Hardness ลดลง แต่ทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนเพิ่ม เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าหมูยอที่ทดแทนมันด้วยเจลของหมากจองที่ระดับร้อยละ 50 มีความแตกต่างจากสูตรควบคุมน้อยกว่าระดับอื่น แล้วนำหมูยอที่ระดับร้อยละ 50 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน เปรียบเทียบกับหมูยอสูตรควบคุม พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสและค่าสี แต่ทำให้ปริมาณสารมาโลนัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทำให้หมูยอทั้งสองสูตรมีค่า hardness ลดลง คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนกลิ่นหืนของหมูยอสูตรควบคุมมากกว่าสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลหมากจอง แต่สูตรควบคุมมีคะแนนความชอบรวมมากกว่าหมูยอสูตรที่ทดแทนไขมันด้วยเจลหมากจอง หมูยอสูตรที่ทดแทนไขมันด้วยเจลของหมากจองร้อยละ 50 มีปริมาณ

ความชื้น โปรตีน และปริมาณเยื่อใย มากกว่าสูตรควบคุม และสามารถลดปริมาณไขมันของหมูยอสูตรควบคุมลดลงจากร้อยละ 43.32 เป็น 36.15 โดยน้ำหนัก

ประภาศรี และคณะ (2549) ได้ทำการทดลองการใช้ลูกสำรองทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์หมูยอ โดยแปรอัตราส่วนของน้ำหนักลูกสำรองต่อไขมันเป็น 4 สูตร ดังนี้ 0:3, 1:2, 2:1 และ 3:0 จากนั้นประเมินผลผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะกายภาพในด้านแรงต้านการตัดขาด (Cutting Force) ความสามารถในการจับน้ำ (Water Holding Capacity) ความคงตัวของอิมัลชัน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าอัตราส่วนของลูกสำรองต่อไขมันที่เหมาะสมที่สุด คือ 2:1 จากนั้นนำหมูยอสูตรลดไขมันตามอัตราส่วนดังกล่าวไปศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าหมูยอที่ได้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม ร้อยละ 11.2 ดังนั้น ลูกสำรองจึงสามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต คือ มิวซิเลจ (Mucilage) และยังจัดเป็นใยอาหารเสริมประเภทละลายน้ำได้ (Water Soluble Fiber Supplement) ในผลิตภัณฑ์หมูยอลดไขมันได้อีกด้วย

บงกชมาศ (2553) ได้ศึกษาผลของปริมาณกัมสกัดจากลูกสำรอง เกลือ ฟอสเฟตต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนาลดไขมันที่เก็บถนอมโดยใช้ปัจจัยร่วม โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกัมสกัดจากลูกสำรอง ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยของความชื้น เถ้า ไขมัน ใยอาหาร โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นร้อยละ 8.93 4.29 0.08 5.35 4.50 และ 82.20 ตามลำดับ ต่อมาได้ผลิตไส้กรอก 7 สูตรที่มีปริมาณไขมัน (ไขมันเต็มลดไขมันลงร้อยละ 25 และไขมันลงร้อยละ 50) และปริมาณกัมสกัดจากลูกสำรองเป็นร้อยละ 0 0.1 และ 0.2 ผลการทดลองพบว่าค่าความคงตัวของอิมัลชั่นดิบของตัวอย่างทั้ง 7 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และยังพบว่าไส้กรอกสูตรลดไขมันร้อยละ 25 และลดไขมันร้อยละ 50 ทั้งที่เติมและไม่เติมกัมจากลูกสำรองมีปริมาณไขมันลดลงเมื่อเทียบกับสูตรไขมันเต็ม ($p\leq0.05$) การลดปริมาณไขมันและเติมกัมสกัดจากลูกสำรองที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัส ($p>0.05$) จากการทดสอบความชอบพบว่าไส้กรอกที่ลดไขมันลงร้อยละ 50 และเติมกัมสกัดร้อยละ0.2 มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมไขมันเต็มที่ไม่เติมกัมจากลูกสำรอง

นงเยาว์ และ จันทิมา (2558) ศึกษาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรไอศกรีมหวานเย็นรสนมข้าวโพด และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาสารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิด คือ โลกัสบีนกัม กัวร์กัม และคาร์ราจีแนน ปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้รวมกันให้ได้ร้อยละ 0.3 W/W ใช้แผนการทดลองวิธี

Mixture Design แบบ Simplex Axial วิเคราะห์คุณภาพด้านความหนืด ร้อยละการขึ้นฟู อัตราการละลาย และคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน ความนุ่ม การละลายในปาก (ขณะกำลังรับประทาน) และกลิ่นรสข้าวโพด ผลจากการวิเคราะห์จากพื้นผิวตอบสนอง ได้สูตรที่เหมาะสม คือ การใช้โลกัสบีนกัม ร้อยละ 0.12 กัวร์กัม ร้อยละ 0.09 และคาร์ราจีแนน ร้อยละ 0.09 ในการใช้โลกัสบีนกัมร่วมกับกัวร์กัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงและอัตราการละลายช้าลง ผลจากการพัฒนาสูตรไอศกรีมหวานเย็นรสนมข้าวโพด ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 100

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 น้ำมะนาวพันธุ์แป้นรำไพแช่เย็น ของบริษัท บ้านสวนมะนาวไทย จังหวัดสุพรรณบุรี

3.1.2 น้ำเชื่อม ของบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.3 เกลือป่น ของบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

3.1.4 เจลาตินผง ของบริษัท คอนติเนนตัล ฟูด จำกัด

3.1.5 แป้งเมล็ดมะขาม ของบริษัท Vasundhara gums and chemical, India

3.1.6 สำรองผง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตพืชสมุนไพรบ้านเกาะลอย จังหวัดจันทบุรี

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 กระบอกตวง

3.2.2 บีกเกอร์

3.2.3 แท่งแก้วคนสาร ขนาด 12 นิ้ว

3.2.4 กรวยแก้ว

3.2.5 ตะแกรงลวดขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว

3.2.6 ขาตั้งพร้อมที่ยึดวงแหวน

3.2.7 พายพลาสติก

3.2.8 ช้อนตักสารพลาสติก

3.2.9 ช้อนสแตนเลส

3.2.10 ถ้วยพลาสติกพอลิโพไพลีน

3.3 เครื่องมือ

3.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance)	Mettler toledo, Switzerland
3.3.2 เครื่องทำไอศกรีมพร้อมระบบความเย็น	Princess, China
3.3.3 เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน	BlueSpin LCD DigitalMagnetic Hot Plate Stirrer, China
3.3.4 เครื่องวัดความหนืด	Brookfield, USA.

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาการใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

3.4.1.1 เตรียมไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน

นำสูตรไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ดัดแปลงจาก หนังสือ Fruit Ice Cream (เป็นเอก, 2556) มีส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 มาผลิตเป็นไอศกรีมสูตรมาตรฐาน ตามขั้นตอนการผลิต จากนั้นนำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ได้ไปใช้เป็นสูตรไอศกรีมมาตรฐานเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
น้ำมะนาว	62.5
น้ำเชื่อม	93.75
น้ำเปล่า	320
เกลือป่น	1.15
เจลาตินผง	2.50

ที่มา : ปรับปรุงจาก เป็นเอก, (2556)

ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวสูตรมาตรฐาน

1. ผสมเจลาตินกับน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องทิ้งไว้ 5 นาที ให้เจลาตินพองตัว แล้วเติมน้ำเชื่อมและเกลือลงไปผสมกับเจลาตินที่พองตัวแล้ว คนให้เข้ากัน

2. นำส่วนผสมไปทำการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คนให้ส่วนผสมละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดไฟ ยกลงจากเตา เติมน้ำมะนาวลงไป คนให้เข้ากันอีกครั้ง พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3. ระหว่างรอส่วนผสมเย็น เปิดเครื่องปั่นไอศกรีมทิ้งไว้จนถึงอุณหภูมิที่ -25 องซาเซลเซียส เมื่อส่วนผสมเย็นแล้ว นำไปเทใส่ลงในเครื่องปั่นไอศกรีมในขณะที่เครื่องกำลังปั่นอยู่ ปล่อยให้เครื่องปั่นส่วนผสมจนส่วนผสมแข็งตัว (ใบพัดจะหยุดหมุนซึ่งเป็นระบบอัตโนมัติของเครื่อง)

4. ตักไอศกรีมที่ได้ออกจากโถปั่น ใส่ลงในภาชนะจนเต็ม ปิดฝาให้สนิท นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องซาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ขึ้นไป

3.4.1.2 ศึกษาสัดส่วนแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงต่อเจลาตินในการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

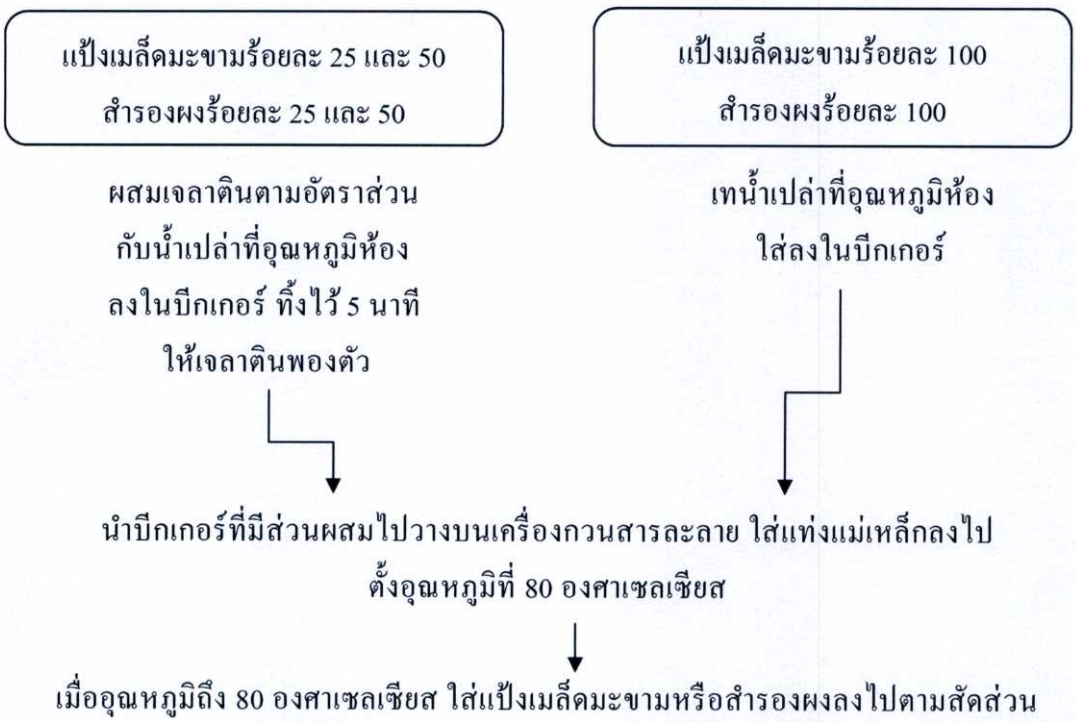
นำแป้งเมล็ดมะขาม (TKP) และสำรองผง (MNP) มาทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวสูตรมาตรฐาน โดยแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50 และ 100 ตามสูตรในตารางที่ 3.2 และ 3.3 การเตรียมแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินแสดงดังภาพที่ 3.1และผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงตามขั้นตอนการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวสูตรมาตรฐาน ตามข้อ 3.4.1.1

ตารางที่ 3.2 สูตรไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
น้ำมะนาว	62.5
น้ำเชื่อม	93.75
น้ำเปล่า	320
เกลือ	1.15
สัดส่วนทดแทน	
แป้งเมล็ดมะขาม 25% : เจลาตินผง 75%	0.625 : 1.875
แป้งเมล็ดมะขาม 50% : เจลาตินผง 50%	1.25 : 1.25
แป้งเมล็ดมะขาม 100% : เจลาตินผง 0 %	2.5 : 0

ตารางที่ 3.3 สูตรไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผง

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
น้ำมะนาว	62.5
น้ำเชื่อม	93.75
น้ำเปล่า	320
เกลือ	1.15
สัดส่วนทดแทน	
สำรองผง 25% : เจลาตินผง 75%	0.625 : 1.875
สำรองผง 50% : เจลาตินผง 50%	1.25 : 1.25
สำรองผง 100% : เจลาตินผง 0 %	2.5 : 0



ภาพที่ 3.1 การเตรียมแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

นำตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์รสมะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาวัดระยะเวลาการปั่น

3.4.1.2.1 การวัดระยะเวลาการปั่นไอศกรีม

การวัดระยะเวลาการปั่นส่วนผสมจนเป็นไอศกรีม (จนส่วนผสมแข็งตัว) โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เทส่วนผสมลงในเครื่องปั่นไอศกรีม แล้วปล่อยให้เครื่องทำงาน จนส่วนผสมแข็งตัวและใบพัดหยุดทำงาน (เป็นระบบอัตโนมัติของเครื่องทำไอศกรีม ยี่ห้อ Pricess รุ่น PW-282600) ซึ่งแสดงว่าส่วนผสมไอศกรีมมีความข้นหนืดและแข็งตัวในระดับที่สามารถเป็นไอศกรีมได้ แล้วนำเวลาที่ได้ของไอศกรีมแต่ละสูตรมาเปรียบเทียบกัน

3.4.2 ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

นำตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1.2 มาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับดังต่อไปนี้

3.4.2.1 สมบัติทางกายภาพ

นำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรมาตรฐาน ดังนี้

3.4.2.1.1 การวัดความหนืด

วัดความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่น โดยใส่ส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่นที่อุณหภูมิห้อง 25±1 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield DV-II viscometer เลือกหัวเข็ม (Spindle) เบอร์ 3 ที่ความเร็วรอบ 50 rpm (จันทิมา และคณะ, 2558) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4.2.1.2 การวัดอัตราการขึ้นฟู (เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน)

การวัดอัตราการขึ้นฟู ปรับปรุงจาก Arbuckle, W.S. (1986) โดยนำส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่นที่อุณหภูมิห้อง 25±1 องศาเซลเซียส บรรจุลงในถ้วยพลาสติกจนเต็มแก้ว แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำส่วนผสมไอศกรีมไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีมที่มีระบบทำความเย็นในตัว จนไอศกรีมแข็งตัว ตักไอศกรีมที่ปั่นแล้วบรรจุลงในถ้วยพลาสติกใบเดิมจนเต็มในเวลา 2 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณค่าโอเวอร์รัน ดังสมการที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

$$\text{การขึ้นฟู (\% Overun)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมก่อนปั่น} - \text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}} \times 100 \qquad (1)$$

3.4.2.1.3 การวัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์

การวัดอัตราการละลาย ดัดแปลงจาก Geilman และ Schmidt (1992) ; Garcia, et al. (1995) โดยนำตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติกปริมาตร 30 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร หลังผ่านการแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวอย่างที่ -15 องศาเซลเซียส ทำโดยนำไอศกรีมออกจากถ้วยพลาสติกแล้ววางบน

ตะแกรงลวดขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว ที่วางอยู่บนกรวยแล้วรองรับด้วยกระบอกตวง ปล่อยให้ไอศกรีมละลายที่อุณหภูมิห้อง 25±1 องศาเซลเซียส แล้วจับเวลาดูของเหลวที่ละลายออกมาทุกๆ 5 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างปริมาตรของของเหลวที่ได้ (มิลลิลิตร) ต่อระยะเวลาที่ผ่านไป (นาที)

3.4.2.2 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างไอศกรีมสูตรมาตรฐานและไอศกรีมที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธี 5-Point Hedonic scale ในด้านความเปรี้ยว ความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัว และความชอบโดยรวม โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาความชอบของตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวแต่ละสูตร

3.4.3 ศึกษาการยอมรับของเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมที่มีต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาติน

นำตัวอย่างไอศกรีมสูตรมาตรฐานและไอศกรีมที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธี 5-Point Hedonic scale ในด้านความเปรี้ยว ความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัว และความชอบโดยรวม โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ชิมที่เป็นเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมอย่างน้อย 2 ปี จำนวน 10 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาความชอบของตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวแต่ละสูตร

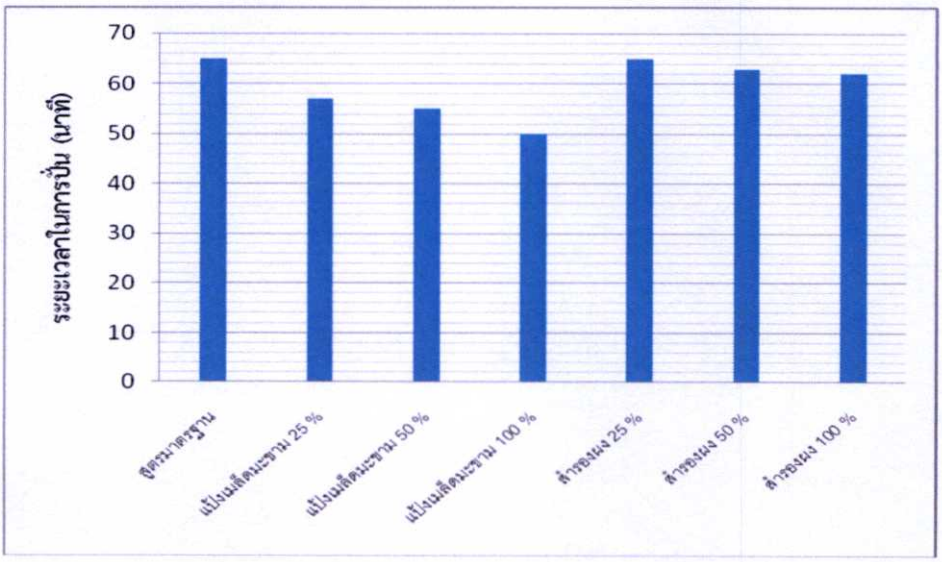
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลศึกษาการใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

4.1.1 ระยะเวลาการปั่นไอศกรีม

จากการเตรียมไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน ใช้ระยะเวลาในการปั่น 65 นาทีจนส่วนผสมแข็งตัวเป็นไอศกรีม โดยสังเกตุจากใบพัดในเครื่องทำไอศกรีมหยุดทำงาน ซึ่งเป็นระบบอัตโนมัติของเครื่องทำไอศกรีม (ยี่ห้อ Pricess รุ่น PW-282600) แสดงว่าส่วนผสมไอศกรีมมีความข้นหนืดและแข็งตัวในระดับที่สามารถเป็นไอศกรีมได้

ส่วนระยะเวลาในการปั่นไอศกรีมซอร์เบท์ที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม ผลปรากฏว่าใช้ระยะเวลาในการปั่นน้อยกว่าไอศกรีมสูตรมาตรฐาน โดยที่ระดับการทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100 50 และ25 ใช้เวลาในการปั่น 50 55 และ57 นาที ตามลำดับ เนื่องจากไซโลกลูแคนในเมล็ดมะขามมีผลต่อความคงตัวในอาหารพวกไอศกรีม และมีคุณสมบัติอุ้มน้ำที่ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์คงตัวเร็วและหลอมละลายช้า (เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552) ในขณะที่ระยะเวลาในการปั่นไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผง ใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรมาตรฐาน คือ 62 63 และ65 นาที ตามลำดับ แสดงว่าสารเมือกในสำรองผงไม่มีผลต่อระยะเวลาในการปั่นไอศกรีม ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ระยะเวลาในการปั่นไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง

4.2 ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาตินในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

4.2.1 สมบัติทางกายภาพ

4.2.1.1 การวัดความหนืด

เมื่อนำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาวัดความหนืดเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรมาตรฐาน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง

สูตร	ค่าความหนืด (เซนติพอยท์)
สูตรมาตรฐาน	469.00 ± 2.00^{f}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25	608.33 ± 1.52^{d}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50	826.67 ± 3.51^{b}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100	905.67 ± 2.08^{a}
สำรองผงร้อยละ 25	590.00 ± 1.00^{e}
สำรองผงร้อยละ 50	606.33 ± 1.52^{d}
สำรองผงร้อยละ 100	781.33 ± 1.52^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงก่อนนำไปปั่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25 50 และ 100 มีค่าความหนืดสูงกว่าไอศกรีมสูตรมาตรฐาน และค่าที่สูงที่สุดอยู่ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 โดยมีค่าเท่ากับ 905.67 เซนติพอยท์ ทั้งนี้เนื่องจากกัมเมล็ดมะขาม หรือ เจลโลส ทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืด และเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหาร (Marathe et al. 2002) ส่วนการทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว พบว่าค่าความหนืดสูงกว่าไอศกรีมสูตรมาตรฐาน โดยมีค่าที่สูงที่สุดอยู่ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 มีค่าเท่ากับ 781.33 เซนติพอยท์ ทั้งนี้เนื่องจากลูกสำรองมีสารเมือกประเภทมิวซิเลจเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี เมื่อดูดซับน้ำจะพองตัวออกมีลักษณะเหมือนวุ้นยืดหยุ่น และมีความข้นหนืด (อุไรวรรณ, 2556)

4.2.1.2 การวัดค่าความขึ้นฟู

เมื่อนำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาวัดค่าความขึ้นฟู หรือโอเวอร์รัน เปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรมาตรฐาน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และ สำรองผง

สูตร	ค่าความขึ้นฟู (เปอร์เซ็นต์)
สูตรมาตรฐาน	104.82 ± 2.21^{c}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25	112.39 ± 2.55^{b}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50	128.42 ± 2.81^{a}
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100	132.85 ± 0.89^{a}
สำรองผงร้อยละ 25	102.70 ± 1.01^{c}
สำรองผงร้อยละ 50	95.28 ± 4.98^{d}
สำรองผงร้อยละ 100	16.05 ± 1.0^{e}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาติน มีค่าความขึ้นฟูต่างจากสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25 50 และ 100 มีค่าความขึ้นฟูจาก 112.39–132.85 เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ซึ่งสูงกว่าค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมสูตรมาตรฐาน คือ 104.82 เปอร์เซ็นต์เวอร์รันทั้งนี้เป็นผลมาจากสารโพลิเมอร์ชีวภาพในแป้งเมล็ดมะขาม เมื่อนำมา

ละลายจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวหนืด หรือ เจลโลส (Gellose) (วิมล และ นมนต์, 2555) ซึ่งโดยทั่วไปความหนืดมีส่วนช่วยทำให้เกิดการจับอากาศได้ดีและจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูงขึ้น (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531) ส่วนการทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่อัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 พบว่ามีค่าความขึ้นฟูลดลงจาก 102.70 เป็น 16.05 เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ซึ่งน้อยกว่าค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมสูตรมาตรฐาน ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าสำรองผงเมื่อดูดซับน้ำจะพองตัวและทำให้มีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อนำมาปั่นเป็นไอศกรีมจะไม่ขึ้นฟูดีเท่ากับสูตรมาตรฐานและไอศกรีมที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขาม

4.2.1.3 การวัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์

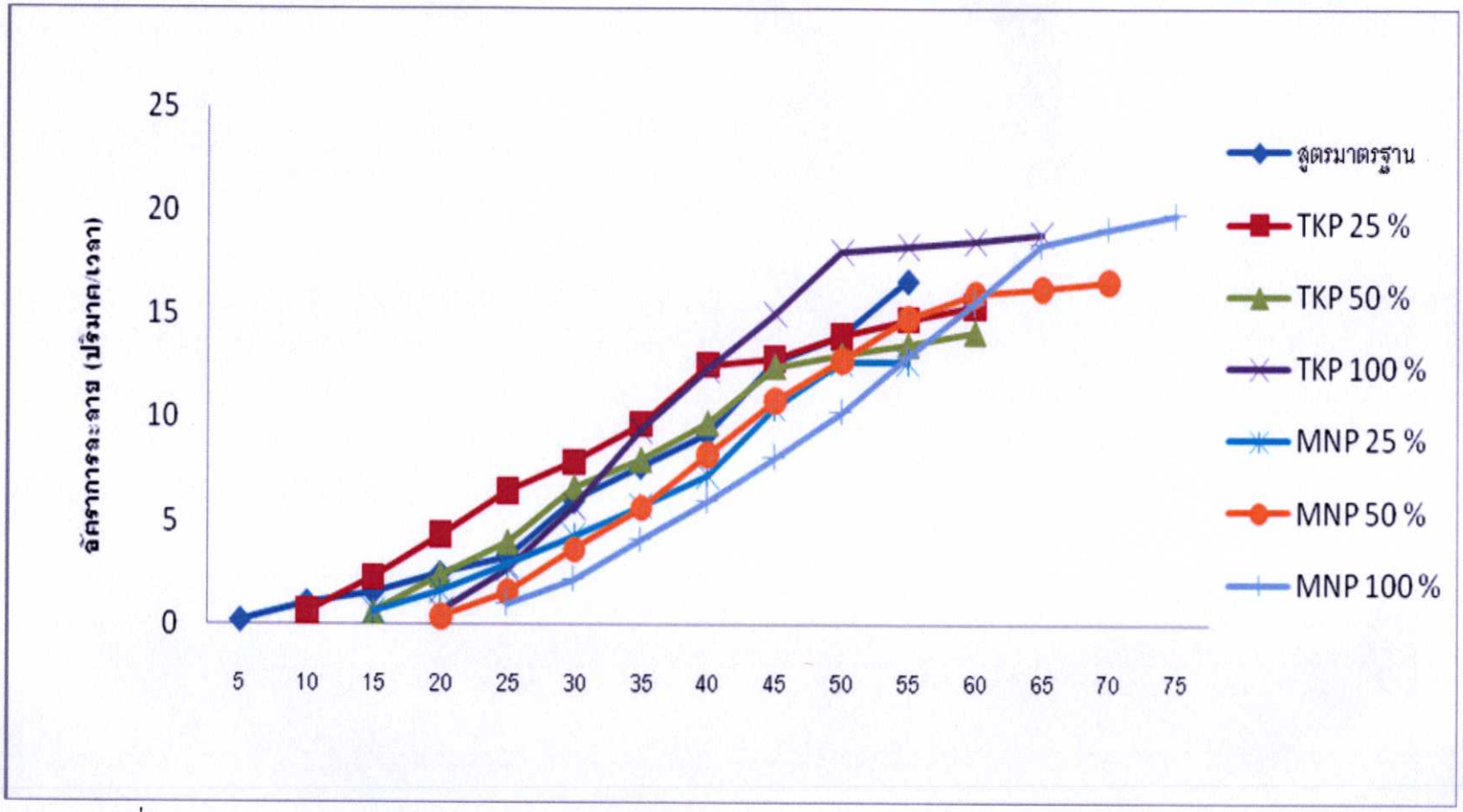
เมื่อนำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมาวัดอัตราการละลายได้ผลดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2 พบว่าอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง พบว่าไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทน เจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และสำรองผง มีอัตราการละลายต่ำกว่าไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน โดยอัตราการละลายจะมีแนวโน้มช้าลงเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และสำรองผงในสัดส่วนที่สูงขึ้น โดยเฉพาะการทดแทนที่ร้อยละ 100 ทั้งนี้เนื่องจากไซโลกลูแคนในแป้งเมล็ดมะขามสามารถอุ้มน้ำได้สูง ทนต่อความร้อน เป็นสารให้ความข้นหนืด และสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ไอศกรีม น้ำสลัด มายองเนส บะหมี่ เป็นต้น (Nishinari et al. 2000) และเนื่องจากเส้นใยของเนื้อผลสำรองมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงมาก มีคุณสมบัติเป็นกัมชนิดหนึ่ง และเป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร (อุไรวรรณ, 2556) จึงทำให้ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม และสำรองผง มีอัตราการละลายต่ำกว่าไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 อัตราการละลาย (ปริมาตรต่อเวลา) ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ

ระยะเวลา (นาที)	สูตรมาตรฐาน^{ns}	TKP 25 %^{ns}	TKP 50 %^{ns}	TKP 100 %^{ns}	MNP 25 %^{ns}	MNP 50 %^{ns}	MNP 100 %^{ns}
5	0.20±0.00	-	-	-	-	-	-
10	1.06±0.11	0.60±0.00	-	-	-	-	-
15	1.53±0.11	2.27±0.11	0.60±0.00	-	0.60±0.00	-	-
20	2.47±0.11	4.33±0.57	2.40±0.34	0.60±0.00	1.60±0.20	0.40±0.20	-
25	3.27±0.11	6.47±0.11	4.00±0.00	2.67±0.23	2.87±0.23	1.60±0.00	1.00±0.00
30	6.00±0.00	7.87±0.11	6.67±0.23	5.67±0.11	4.27±0.23	3.67±0.11	2.20±0.00
35	7.67±0.57	9.73±0.23	8.00±0.00	9.40±0.34	5.73±0.11	5.67±0.11	4.13±0.11
40	9.27±0.11	12.60±0.00	9.80±0.00	12.33±1.15	7.20±0.00	8.27±0.11	6.00±0.00
45	12.67±0.57	12.93±0.11	12.53±0.46	15.00±0.00	10.53±0.46	10.87±0.11	8.13±0.11
50	14.00±0.00	14.00±0.00	13.07±0.11	18.00±0.00	12.73±0.11	12.80±0.00	10.33±0.30
55	16.67±1.15	14.80±0.00	13.60±0.00	18.27±0.11	12.73±0.11	14.80±0.20	13.00±0.00
60	-	15.47±0.11	14.20±0.53	18.53±0.11	-	16.00±0.00	15.60±0.52
65	-	-	-	18.87±0.11	-	16.27±0.23	18.40±0.34
70	-	-	-	-	-	16.60±0.20	19.20±0.20
75	-	-	-	-	-	-	19.86±0.11

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

TKP หมายถึง แป้งเมล็ดมะขาม และ MNP หมายถึง สำรองผง



ภาพที่ 4.2 อัตราการละลาย (ปริมาตรต่อเวลา) ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวเมื่อทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง

หมายเหตุ TKP หมายถึง แป้งเมล็ดมะขาม และ MNP หมายถึง สำรองผง

4.2.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง ในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 พบว่าแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง มีผลต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวให้ดีขึ้น ได้แก่ ความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัง และความชอบโดยรวม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการทดแทนของแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามต่อผู้บริโภค

ปัจจัยคุณภาพ	สูตร			
	สูตรมาตรฐาน	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ **100**	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ **50**	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ**25**
ความเปรี้ยว^{ns}	3.07±0.37	3.20±0.44	3.37±0.45	3.17±0.38
ความแน่น	3.07±0.52^{ab}	2.57±0.42^{b}	3.10±0.45^{ab}	2.67±0.47^{b}
ความหนืด	3.03±0.43^{ab}	2.90±0.45^{ab}	3.30±0.39^{a}	2.43±0.40^{b}
ความเนียนเมื่อมองด้วยตา	3.60±0.35^{a}	2.47±0.41^{c}	3.30±0.49^{ab}	2.83±0.45^{bc}
ความเนียนเมื่อรับประทาน	3.63±0.29^{a}	2.70±0.53^{c}	3.60±0.40^{a}	2.73±0.44^{bc}
ความคงตัว	3.47±0.42^{a}	2.77±0.54^{bc}	3.50±0.51^{a}	2.50±0.41^{c}
ความชอบโดยรวม	3.23±0.38^{ab}	2.80±0.43^{b}	3.67±0.40^{a}	2.77±0.31^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนความแน่น ความหนืด ความคงตัว และความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50 มีค่าสูงที่สุด คือ 3.10 3.30 3.50 และ 3.67 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสารคงตัวในระดับที่เหมาะสมในไอศกรีมมีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสารคงตัวที่ใช้

(Marshall และ Arbuckle, 1996) และเจลโลสในแป้งเมล็ดมะขามเมื่อถูกความร้อนจะมีความข้นหนืดมากขึ้น (วิมล และ นมนต์, 2555) เมื่อนำมาผสมในไอศกรีมจึงทำให้เนื้อไอศกรีมหนืดตามไปด้วย ส่วนคะแนนความเนียนเมื่อมองด้วยตาและความเนียนเมื่อรับประทานเท่ากับสูตรมาฐาน ซึ่งมองด้วยตาเปล่าหรือชิมแล้วมีความคล้ายคลึงกันมาก และมีความแตกต่างจากไอศกรีมที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25 ส่วนคะแนนด้านความเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เพราะใช้ปริมาณน้ำมะนาวเท่ากันทุกสูตร และแป้งเมล็ดมะขามไม่มีผลทำให้รสเปรี้ยวของไอศกรีมต่างกัน

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงต่อผู้บริโภค

ปัจจัยคุณภาพ	สูตร			
	สูตรมาตรฐาน	สำรองผง ร้อยละ **100**	สำรองผง ร้อยละ **50**	สำรองผง ร้อยละ **25**
ความเปรี้ยว^{ns}	3.09±0.39	3.13±0.44	3.70±0.42	3.43±0.49
ความแน่น	3.09±0.52^{ab}	3.20±0.40^{ab}	3.23±0.44^{ab}	3.53±0.39^{a}
ความหนืด	3.05±0.43^{ab}	3.23±0.39^{a}	2.87±0.40^{ab}	3.30±0.45^{a}
ความเนียนเมื่อมองด้วยตา	3.62±0.35^{a}	3.13±0.39^{ab}	3.37±0.39^{ab}	3.50±0.35^{a}
ความเนียนเมื่อรับประทาน	3.63±0.31^{a}	3.00±0.43^{abc}	3.33±0.47^{ab}	3.40±0.35^{a}
ความคงตัว	3.45±0.40^{a}	3.13±0.34^{ab}	3.43±0.38^{a}	3.53±0.35^{a}
ความชอบโดยรวม	3.21±0.38^{ab}	3.20±0.33^{ab}	3.53±0.39^{a}	3.53±0.35^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัว และความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่ทดแทนด้วยสำรองผงร้อย

ละ 25 และ50 มีค่าสูงที่สุด คือ 3.53 3.30 3.50 3.40 3.53 และ3.53 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณของสำรองผงมากขึ้นทำให้คะแนนการยอมรับลดลงตามการเพิ่มปริมาณ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อผลสำรองมีความอุ้มน้ำสูง(อุไรวรรณ, 2556) ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าสำรองผงเมื่อดูดซับน้ำแล้วจะพองตัวและทำให้มีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อนำมาเติมลงในไอศกรีมทำให้เนื้อของไอศกรีมแน่นขึ้น มีความข้นหนืดสูงเกินไปจึงไม่สามารถกักเก็บอากาศได้ดีในระหว่างการปั่น และทำให้ผลึกของไอศกรีมใหญ่ขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เนื้อของไอศกรีมไม่เนียนละเอียด ส่วนคะแนนด้านความเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เพราะใช้ปริมาณน้ำมะนาวเท่ากันทุกสูตร และสำรองผงไม่มีผลทำให้รสเปรี้ยวของไอศกรีมต่างกัน

4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงทดแทนเจลาติน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง ในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 พบว่าแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงมีผลต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว ได้แก่ ความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัง และความชอบโดยรวม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการทดแทนของแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามต่อเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีม

ปัจจัยคุณภาพ	สูตร			
	สูตรมาตรฐาน	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ 100	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ 50	แป้งเมล็ดมะขาม ร้อยละ 25
ความเปรี้ยว^{ns}	3.12±0.37	3.04±0.43	3.19±0.47	3.20±0.45
ความแน่น	3.12±0.51^{ab}	2.93±0.47^{b}	3.75±0.40^{a}	2.87±0.32^{b}
ความหนืด	3.38±0.43^{a}	2.98±0.45^{b}	3.40±0.39^{a}	2.63±0.40^{c}
ความเนียนเมื่อมองด้วยตา	3.70±0.35^{c}	3.97±0.51^{b}	4.60±0.13^{a}	3.93±0.32^{b}
ความเนียนเมื่อรับประทาน	3.42±0.29^{a}	2.40±0.53^{c}	3.42±0.25^{a}	2.72±0.44^{b}
ความคงตัว	3.40±0.42^{b}	2.77±0.44^{c}	3.57±0.51^{a}	2.60±0.23^{c}
ความชอบโดยรวม	3.23±0.16^{b}	2.80±0.23^{c}	3.69±0.40^{a}	2.77±0.23^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัว และความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50 มีค่าสูงที่สุด คือ 3.75 3.40 4.60 3.42 3.57 และ 3.69 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกัมเมล็ดมะขาม ทนต่อความเป็นกรด (Marathe et al., 2002) ของน้ำมะนาวในไอศกรีมซอร์เบท์ได้ดี ทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีสมบัติคล้ายเพคตินหรือเจลาติน ทำให้ผลิตภัณฑ์คงตัว และมีความข้นหนืด (Marathe et al., 2002; เกศวลี และ สุภารัตน์, 2552) ซึ่งคุณสมบัติที่กล่าวมานี้ ส่งผลให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมดีขึ้นกว่าสูตรมาตรฐาน แต่ถ้าเพิ่มปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามสูงเกินไปในอัตราส่วนการทดแทนร้อยละ 100 ส่งผลให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ลดลง ส่วนคะแนนด้านความเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (p>0.05) เพราะใช้ปริมาณน้ำมะนาวเท่ากันทุกสูตร และแป้งเมล็ดมะขามไม่มีผลทำให้รสเปรี้ยวของไอศกรีมต่างกัน

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงต่อเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีม

ปัจจัยคุณภาพ	สูตร			
	สูตรมาตรฐาน	สำรองผง ร้อยละ 100	สำรองผง ร้อยละ 50	สำรองผง ร้อยละ 25
ความเปรี้ยว^{ns}	3.29±0.14	3.23±0.30	3.20±0.06	3.48±0.14
ความแน่น	3.49±0.35^{b}	3.50±0.41^{b}	3.53±0.09^{b}	3.73±0.08^{a}
ความหนืด	3.25±0.41^{a}	3.23±0.31^{a}	2.87±0.21^{b}	3.30±0.45^{a}
ความเนียนเมื่อมองด้วยตา	3.62±0.23^{a}	3.13±0.73^{b}	3.20±0.01^{b}	3.60±0.23^{a}
ความเนียนเมื่อรับประทาน	3.63±0.31^{a}	3.00±0.87^{c}	3.58±0.11^{b}	3.74±0.53^{a}
ความคงตัว	3.48±0.45^{a}	3.33±0.19^{c}	3.43±0.06^{b}	3.50±0.51^{a}
ความชอบโดยรวม	3.21±0.26^{b}	3.20±0.13^{b}	3.53±0.31^{a}	3.53±0.45^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงในอัตราส่วนร้อยละ 25 50 และ 100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนความแน่น ความหนืด ความเนียนเมื่อมองด้วยตา ความเนียนเมื่อรับประทาน ความคงตัว และความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่ทดแทนด้วยสำรองผงร้อยละ 25 มีค่าสูงที่สุด คือ 3.73 3.30 3.60 3.74 3.50 และ 3.53 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของลูกสำรองตามคำวิจารณ์จากตารางที่ 4.5 ส่งผลให้คุณลักษณะในการทดสอบไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงดีขึ้นจึงทำให้คะแนนสูงกว่าไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนคะแนนด้านความเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เพราะใช้ปริมาณน้ำมะนาวเท่ากันทุกสูตร และสำรองผงไม่มีผลทำให้รสเปรี้ยวของไอศกรีมต่างกัน

จากข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่ผู้ทดสอบที่เป็นเจ้าของธุรกิจร้านไอศกรีมให้คำแนะนำในแบบสอบถาม พบว่าผู้ทดสอบ 7 ใน 10 คน มีความเป็นอคติกับสีของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงทั้ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25 50 และ 100 แต่มีความชอบในด้านรสชาติสูง และมีข้อเสนอแนะว่า ถ้านำไปประยุกต์ใช้ในไอศกรีมมะขามหวานจะมีความเหมาะสมมากกว่าในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว เพราะสีของไอศกรีมไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขาม ผู้ทดสอบให้คำแนะนำว่า ไอศกรีมซอร์เบท์ที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100 เนื้อสัมผัสของไอศกรีมละเอียดฟูและเบาเกินไป ซึ่งไม่ใช้ลักษณะที่ดีของไอศกรีมซอร์เบท์

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ค่าความหนืดของส่วนผสมก่อนปั่นของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามที่อัตราส่วนร้อยละ 100 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 905.67 เซนติพอยท์ ซึ่งสูงกว่าสูตรมาฐานและสูตรที่ทดแทนด้วยสำรอง

5.1.2 ค่าความขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดมะขามที่อัตราส่วนร้อยละ 100 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 132.85 เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ซึ่งสูงกว่าสูตรมาตรฐานและสูตรที่ทดแทนด้วยสำรองผง

5.1.3 ค่าอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผง มีคุณสมบัติต้านทานการละลายได้ดีกว่าสูตรมาตรฐาน (เจลาตินร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก)

5.1.4 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50 เป็นสัดส่วนที่ผู้บริโภคทั่วไป ส่วนไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 25 50 เป็นสัดส่วนที่ผู้บริโภคและการทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงไม่มีผลต่อความเปรี้ยวของไอศกรีมซอร์เบท์

5.1.5 การยอมรับของเจ้าของธุรกิจร้านต่อไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามสัดส่วนร้อยละ 50 ส่วนไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผง ยอมรับในสัดส่วนร้อยละ 25

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรเปลี่ยนรสชาติของไอศกรีมให้ตรงกับชนิดและลักษณะของตัวแปรที่นำมาใช้เพื่อไม่ให้เกิดความอคติต่อผู้ทดสอบชิม คือ ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผง ควรเปลี่ยนเป็นไอศกรีมซอร์เบท์มะขามเพื่อให้สีของไอศกรีมไปในทิศทางเดียวกับสำรองผง และควรศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของไอศกรีมด้วย

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) เรื่องไอศกรีม.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.fda.moph.go.th/Pages/HomeD1.aspx

เกศวลี เลาหศักดิ์ประสิทธิ์ และสุภารัตน์ โภคาปกรณ์. 2552. **ฟิล์มจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม.** ปัญหาพิเศษ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2559. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุวัฒน์ หล่ำวังชัย และพิพัฒน์ เถาหมอ. 2550. **การใช้สารทดแทนเนื้อสัตว์และไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์.** สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มผล และคณะ. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ. 2558. **ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดต่อคุณภาพไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด.** วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 7(13) : 1-14.

ชริดา ปุกหุต และคณะ. 2549. **ผลของสารจากหมากจองต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์.** ในรวมบทคัดย่อการประชุมวิชาการ ม.อบ.วิจัยครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ญษมณ ละทัยนิล. 2553. **ผลของฉลูกสำรองต่อการลดไขมันหน้าท้องและน้ำหนักตัวในคนไทยที่มีภาวะอ้วน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธิดารัตน์ จุทอง. 2547. **ผลของการใช้เจลหมากจองในการทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์หมูยอ.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

นงเยาว์ ชูสุข; และจันทิมา ภูงามเงิน. 2553. **การใช้สารเพิ่มความคงตัวบางชนิดในการพัฒนาสูตรไอศกรีมหวานเย็นรสนมข้าวโพด.** วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 20(1) 106-114.

นุชนาฎ กิจเจริญ. 2549. **อาหารสมุนไพรยาระบาย: ใยอาหาร** (Herble Food Laxative: Dietary Fiber). Thai Pharm Health Sci J; 1(2): 153-8.

นุชนาฎ กิจเจริญ. 2549. **อาหารสมุนไพรยาระบาย: ชนิดกระตุ้นลำไส้ใหญ่** (Herble Food Laxative: Dietary Fiber). Thai Pharm Health Sci J; 1(2): 159-69.

น้ำฝน ปิยะตระกูล. 2550. **น้ำสำรองลดความอ้วนได้จริงหรือ.** วารสารข่าวสารเภสัชสนเทศคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บงกชมาศ โสภา, 2553. **ผลของปริมาณกัมสกัดจากลูกสำรอง เกลือ และฟอสเฟตต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนาลดไขมันที่เก็บถนอมโดยใช้ปัจจัยร่วม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประภาศรี เทพรักษา. 2547. **การใช้ลูกสำรองทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์หมูยอ.** โครงการวิจัยเสริมหลักสูตร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ประภาศรี เทพรักษา, นณีน อ่อนหวาน และอุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์. 2549. **การใช้ลูกสำรองทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์หมูยอ.** อาหาร 36(3) : 238-246. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และเนตรนภา วิเลปะนะ. 2549. **การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่.** วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 3(1): 22-29.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ วชิรพันธ์ จันทร์พงษ์. 2549. **การใช้มิวซิเจลแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม.** วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2(1): 18-27.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และวันชัย ศรีโสม. 2547. **การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมช็อกโกแลต.** ในการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 6 (ThaiFex & HalFex, 2004), หน้า 29-30. 28-29 พฤษภาคม 2547. ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี, กรุงเทพฯ.

เป็นเอก ทรัพย์สิน. 2556. **Fruit Ice Cream.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

พร้อมจิต ศรลัมพ์ รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุลและคณะ. 2535. **สมุนไพรสวนสิริรุขชาติ.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์ พริ้นติ้ง กรุ๊พ.

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2548. **สมบัติของเมือกจากผลพุงทะลาย Scaphium scaphigerum และผลต่อสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของอิมัลชันเนื้อสัตว์ไขมันปกติและไขมันต่ำ.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี และคณะ. 2547. **การเจริญเติบโตของสำรองจากากรขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งและตัดชำกิ่ง.** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15(1) : 42-52.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี, เพิ่มศักดิ์ สุทธิวารี และสมหวัง วิเชียรฉันทน์. 2546. **ศึกษาการเจริญเติบโตของสำรองจากการยายพันธ์ด้วยการตอนกิ่งและตัดกิ่งชำ.** วารสารวิจัยและฝึกอบรมสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ; 6(3): 57-68

ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. 2545. **การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส.** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 7(1): 17-24

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โอเอส พริ้นติ้ง เฮาส์. 131-166

วรางคณา สมพงษ์ และคณะ. 2559. **การสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟ และการใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี.** วาสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 24(2) : 288-298

วรัญญา ศุภมิตร, ภาวิณี ภูศรี และ ปริญดา เพ็ญโรจน์. 2549. **สมบัติทางกระแสวิทยาของกัมจากผลสำรอง.** เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 8; ศูนย์การประชุมนานาชาติไบเทค บางนา. กรุงเทพฯ

วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน. 2558. **การเตรียมแคปซูลยาชนิดแข็งจากทัมมารีนกัมและไคโตซาน.** ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา

วิมล ตันติไชยากุล และ นมนต์ หิรัญ, 2555. **การจัดเรียงโมเลกุลของแป้งเมล็ดมะขามสำหรับผสมตัวยารักษาโรค.** สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน(องค์การมหาชน). [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.slri.or.th/slri/files/emedia/research/[2012-7-9%209_2]%205_research Research_%20Highlights.pdf

สมจิต สุรพัฒน์. 2555. **ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2549. **คุณค่าทางอาหารของเนื้อผลสำรอง.** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปทุมธานี.

สิริการ หนูสิงห์ และ วรางคณา สมพงษ์. 2558. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกัมสกัดเมล็ดมะขาม.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23(1) :43-58

อัครพล สันติรัตน์ตระกูล, 2552. **พฤติกรรมการซื้อไอศกรีมของนักศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี.** งานวิจัยนักศึกษา ระดับปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยศิลปากร. เพชรบุรี. 6

อารีวรรณ ลาภนิกรกุล และจันทิมา วัฒนา. 2551. **โครงงาน "เค้กชิฟฟอนลูกสำรองลดไขมัน.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดความหนืด

การวัดความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่นทำตามวิธีของ จันทิมา และคณะ, (2558)

อุปกรณ์

1.เครื่องวัดความหนืด Brookfield DV-II viscometer เลือกหัวเข็ม (Spindle) เบอร์ 3

2.บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

วิธีการ

1.ปรับลูกน้ำให้อยู่จุดกึ่งกลางของกรอบ เพื่อตั้งเครื่องให้สมดุล

2.ก่อนเปิดเครื่องให้ใส่ guard

3.เปิดสวิทช์ ซึ่งอยู่ด้านหลังฐานของเครื่องทางขวามือ จอปรากฏ remove spindle press any key

4.กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง รอจนหน้าจอปรากฏ replace spindle press any key (ใช้เวลาประมาณ 15 วินาที) กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง หน้าจอจะปรากฏ cP 0.00 ---------- C

5.ใส่ตัวอย่างให้เรียบร้อย (การเตรียมตัวอย่างใช้บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ใส่ตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร จุ่มเข็มเบอร์ 03 ลงในตัวอย่างจนถึงระดับขีด mark ที่กึ่งกลางเข็ม โดยใช้มือด้านหนึ่งจับแกนของมอเตอร์ให้นิ่ง ต่อเข็มเข้ากับแกนของมอเตอร์ หมุนตามเข็มนาฬิกาจนแน่น

6.กด select spindle เพื่อเลือกเบอร์ของเข็มให้ตรงกับที่นำมาใช้ (เบอร์ 03) แล้วกด select spindle อีกครั้งเพื่อให้เครื่องบันทึก จากนั้นกดปุ่ม motor on/off เพื่อเปิดเครื่อง

7.กดปุ่ม set speed เพื่อกำหนดความเร็วรอบในการหมุน โดยกำหนดที่ 50 rpm แล้วกด set speed อีกครั้ง เพื่อให้เครื่องบันทึก

8.เมื่อวัดค่าเสร็จ ก็ลดความเร็วรองลงครั้งละน้อยๆ ให้ค่าถึงศูนย์ แล้วกดปุ่ม motor off ให้มอเตอร์หยุดทำงาน และปิดสวิทช์

ภาคผนวก ก (ต่อ)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

2.การวัดอัตราการขึ้นฟู (เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน)

การวัดอัตราการขึ้นฟู ดัดแปลงวิธีจาก Arbuckle, W.S. (1986) และเมื่อได้ค่าน้ำหนักนำมาคำนวณหาค่าโอเวอร์รัน ด้วยสมการดังนี้

$$\text{การขึ้นฟู (\% Overun)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมก่อนปั่น} - \text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น} \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}}$$

อุปกรณ์

1.เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance)

2.เครื่องทำไอศกรีมพร้อมระบบความเย็น

3.ถ้วยพลาสติกพอลิโพไพลีน

4.พายพลาสติกและช้อนสำหรับตักไอศกรีม

วิธีการ

1.นำส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่น หรือ ไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mix) ที่อุณหภูมิห้อง 25±1 เทใส่ลงในถ้วยพลาสติกจนเต็ม

2.นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าไว้

3.นำส่วนผสมไอศกรีมในถ้วยไปปั่นจนแข็งตัว

4.ตักไอศกรีมที่ปั่นแล้วบรรจุลงในถ้วยพลาสติกใบเดิมจนเต็มในเวลา 2 นาที

5.นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกค่าไว้

6.นำค่าก่อนปั่นและนำค่าหลังปั่นไปคำนวณตามสมการ ก็จะได้ค่าโอเวอร์รันหรือค่าการขึ้นฟู

ภาคผนวก ก (ต่อ)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

3. การวัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์

ผู้วิจัยทำการดัดแปลงวิธีการวัดอัตราการละลายของไอศกรีมประเภทที่มีไขมันจากวิธีของ Geilman และ Schmidt (1992) และ Garcia, et al. (1995) มาปรับให้เป็นวิธีการวัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์ (ไม่มีไขมัน)

อุปกรณ์

1.กรวยแก้ว

2.กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร

3.ตะแกรงลวดขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว (ดัดแปลงจากที่กรองชา)

4.ขาตั้งพร้อมที่ยึดวงแหวน

วิธีการ

1.แกะตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติกปริมาตร 30 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร หลังผ่านการแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ออกจากถ้วยพลาสติก

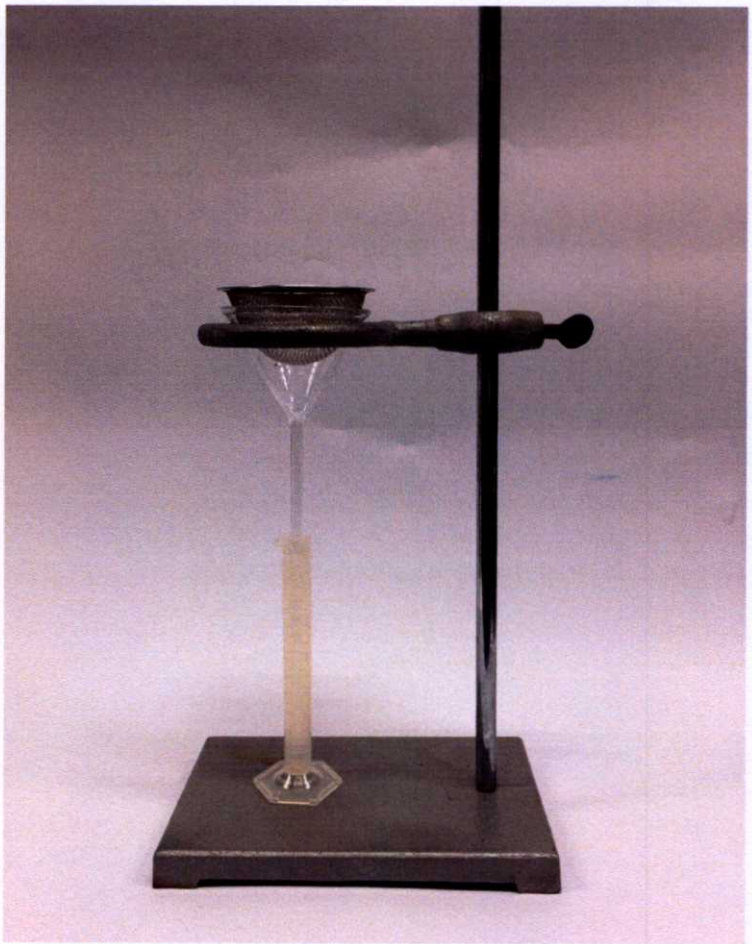
2.วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวอย่างไอศกรีมที่ -15 องศาเซลเซียส

3.นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางบนตะแกรงลวดขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว ที่วางอยู่บนกรวยแก้วแล้วรองรับด้วยที่ยึดวงแหวน โดยที่ยึดยึดติดอยู่กับขาตั้ง ปรับระดับให้ปากกรวยพอดีกับปากกระบอกตวง

4.ปล่อยให้ไอศกรีมละลายที่อุณหภูมิห้อง 25±1 องศาเซลเซียส แล้วจับเวลาดูของเหลวที่ละลายออกมาทุกๆ 5 นาที นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างปริมาตรของของเหลวที่ได้ (มิลลิลิตร) ต่อระยะเวลาที่ผ่านไป (นาที)

ภาคผนวก ก (ต่อ)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ



ภาพ ก1 อุปกรณ์วัดอัตราการละลายของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว (วิธีการโดย เป็นเอก ทรัพย์สิน)

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามที่ใช้ในการทดลอง

แบบสอบถามนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

"ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับเวลาและความคิดเห็นอันมีค่าต่อการศึกษาและขอเรียนว่า ข้อมูลส่วนตัวของท่านในแบบสอบถามนี้จะไม่ถูกนำไปเผยแพร่เพื่อการอื่นแต่อย่างใด"

นายเป็นเอก ทรัพย์สิน

ชุดที่.....

แบบสอบถามตัวอย่าง ไอศกรีมซอร์เบท์

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

ตัวอย่าง ไอศกรีมซอร์เบท์

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด และกรุณาบ้วนปากก่อนการทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

1 = ไม่ชอบ 2 = พอรับได้ 3 = เฉยๆ

4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของตัวอย่าง			
1.รสชาติความเปรี้ยวของไอศกรีม				
2.ความแน่นของเนื้อไอศกรีม				
3.ความหนืดของเนื้อไอศกรีมเมื่อรับประทาน				
4.ความเนียนของเนื้อไอศกรีมเมื่อมองด้วยตา				
5.ความเนียนของเนื้อไอศกรีมเมื่อรับประทาน				
6.ความคงตัวของไอศกรีม(การละลาย)				
7.ความชอบโดยรวมของไอศกรีม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

ชุดที่.....

แบบสอบถามตัวอย่าง ไอศกรีมซอร์เบท์

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

ชื่อสถานประกอบการ.....

สถานที่ตั้งของสถานประกอบการ

.....ตัวอย่าง ไอศกรีมซอร์เบท์

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะตามความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด และกรุณาบ้วนปากก่อนการทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

1 = ไม่ชอบ 2 = พอรับได้ 3 = เฉยๆ

4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของตัวอย่าง			
1.รสชาติความเปรี้ยวของไอศกรีม				
2.ความแน่นของเนื้อไอศกรีม				
3.ความหนืดของเนื้อไอศกรีมเมื่อรับประทาน				
4.ความเนียนของเนื้อไอศกรีมเมื่อมองด้วยตา				
5.ความเนียนของเนื้อไอศกรีมเมื่อรับประทาน				
6.ความคงตัวของไอศกรีม(การละลาย)				
7.ความชอบโดยรวมของไอศกรีม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ค

รายชื่อสถานประกอบการที่เกี่ยวกับธุรกิจขายไอศกรีม ที่ใช้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค

รายชื่อสถานประกอบการที่เกี่ยวกับธุรกิจขายไอศกรีม ที่ทำการทดสอบไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ ในการทดลอง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	สถานที่ตั้ง
1.	ร้าน All Coco	บ้านแพ้ว (สมุทรสาคร)
2.	ร้าน Emack And Bolio's	สุขุมวิทซอย 36 (กรุงเทพฯ)
3.	ร้าน Empty Tasty	อารีย์ซอย1 (กรุงเทพฯ)
4.	ร้าน Farmsook Icecream	ไม่มีหน้าร้าน (กรุงเทพฯ)
5.	ร้าน Guss Damn Good	ศาลาแดงซอย1 (กรุงเทพฯ)
6.	ร้าน Hazel's Ice Cream Parlor and Fine Drinks	ถนนจักรพรรดิพงษ์ (กรุงเทพฯ)
7.	ร้าน Jaiyen Cafe	ทองหล่อซอย 13 (กรุงเทพฯ)
8.	ร้าน Koolii	พุทธมณฑลสาย 2 (กรุงเทพฯ)
9.	ร้าน Mocking Tales	ทองหล่อซอย4 (กรุงเทพฯ)
10.	ร้าน Mora Studio	ราษฎร์บูรณะ (กรุงเทพฯ)

หมายเหตุ รายชื่อเรียงลำดับตัวอักษร ใช้เจ้าของสถานประกอบการจำนวน 1 ท่านเป็นผู้ทดสอบ

ภาคผนวก ง

การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว

ภาคผนวก ง

การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบการผลิตไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ง1 ราคาต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ทำไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ

ส่วนผสม	ส่วนผสม	ราคาต่อ 100 กรัม (บาท)
น้ำมะนาวแป้นรำไพแช่เย็น	บริษัท บ้านสวนมะนาวไทย จังหวัดสุพรรณบุรี	12
น้ำเชื่อม	บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด	3.16
เกลือป่น	บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด	1.1
เจลาตินผง	บริษัท คอนติเนนตัล ฟูด จำกัด	80
แป้งเมล็ดมะขาม	บริษัท Vasundhara gums and chemical, India	3.5
สำรองผง	วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตพืชสมุนไพรบ้านเกาะลอย จังหวัดจันทบุรี	600

หมายเหตุ ราคาต้นทุนของวัตถุดิบไม่รวมค่าขนส่ง

ตารางที่ ง2 ราคาต้นทุนของไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรต่างๆ

สูตร	ราคาต้นทุนต่อ 1 สูตรการทดลอง (บาท)
สูตรมาตรฐาน	12.47
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25	11.99
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50	11.52
แป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100	10.56
สำรองผงร้อยละ 25	15.72
สำรองผงร้อยละ 50	18.97
สำรองผงร้อยละ 100	25.47

หมายเหตุ ราคาต้นทุนของวัตถุดิบไม่รวมค่าขนส่ง

ภาคผนวก จ

รูปวัตถุดิบสำคัญและรูปไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว ที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก จ

รูปตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ จ1 แป้งเมล็ดมะขาม

ภาพ จ2 สำรองผง

ภาคผนวก จ (ต่อ)

รูปตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ จ3 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวสูตรมาตรฐาน (เจลาตินร้อยละ 100)

ภาพ จ4 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 25

ภาพ จ5 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 50

ภาคผนวก จ (ต่อ)

รูปตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ จ6 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 100

ภาพ จ7 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 25

ภาพ จ8 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสำรองผงร้อยละ 50

ภาคผนวก จ (ต่อ)

รูปตัวอย่างไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ จ9 ไอศกรีมซอร์เบท์มะนาวที่ทดแทนเจลาตินด้วยสารองผงร้อยละ 100

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายเป็นเอก ทรัพย์สิน
วัน เดือน ปีเกิด	13 ธันวาคม 2527 จังหวัดกรุงเทพฯ
ที่อยู่	66/109 ซอยอาทรอุปถัมภ์ แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2548 จบปริญญาตรี (เกียรตินิยม) สาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ พ.ศ.2555 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาปีการศึกษา 2559
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2554 – 2560 รองบรรณาธิการอาหาร นิตยสาร HEALTH & CUISINE
ผลงาน	เขียนตำราอาหาร Fruit Bakery (2555) และ Fruit Ice Cream (2556) กับสำนักพิมพ์ อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)
การนำเสนอผลงาน	นำเสนอผลงานรูปแบบบรรยาย เรื่อง การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อเป็นสารคงตัวในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว ในการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17 ณ ศูนย์วัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง วังจันทร์ริเวอร์วิว มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก