# การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง

# Development of Bio-packaging Made by Pectin Extracted from Pomelo Peels for Sustaining the Quality of Ground Coffee


นภัสสร เพชรธำรงกุล

เจนนิษา เฟื่องชูนุช

ศุมาลี กลิ่นพิมล


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

2564

# การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง

# Development of Bio-packaging Made by Pectin Extracted from Pomelo Peels for Sustaining the Quality of Ground Coffee


นภัสสร เพชรธำรงกุล

เจนนิษา เฟื่องชูนุช

ศุมาลี กลิ่นพิมล


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

2564


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**ชื่อปริญญานิพนธ์** การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง

**ชื่อ นามสกุล** นภัสสร เพชรธำรงกุล
เจนนิษา เฟื่องชูนุช
ศุมาลี กลิ่นพิมล

**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

**คณะ** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ)

..... กรรมการ
(ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

**ชื่อปริญญานิพนธ์** การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง
**ชื่อ นามสกุล** นภัสสร เพชรธำรงกุล
เจนนิษา เฟื่องชูนุช
ศุมาลี กลิ่นพิมล
**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต
**สาขาวิชา** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
**คณะ** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
**ปีการศึกษา** 2564

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ศึกษาความสามารถของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสมกับการเก็บรักษากาแฟผง ศึกษาความสามารถของกาแฟผงระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ และการย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ โดยทำการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ พบว่าเพคตินจากเปลือกส้มโอละลายในน้ำได้ง่าย หากมีอุณหภูมิสูงจะช่วยให้ละลายตัวได้ดีขึ้นเช่นเดียวกับเพคตินมาตราฐาน มีปริมาณเมธอกซิล 4.65% อยู่ในช่วงเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 83.20% อยู่ในช่วงเพคตินห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณ Degree of Esterification 63.63% อยู่ในช่วงเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม และนำเพคตินที่สกัดได้มาขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ใช้ปริมาณเพคติน 20.16% แป้งมันสำปะหลังสุก 39.92% และกลีเซอรอล 39.92% ลักษณะทางกายภาพของซองบรรจุภัณฑ์เป็นแผ่นฟิล์มเรียบ ใส สามารถเก็บกาแฟผงได้เป็นระยะเวลา 1 เดือน สามารถคงรสชาติของกาแฟไว้ได้ หากเกิน 1 เดือน คุณภาพซองบรรจุภัณฑ์จะลดลง การทดสอบการดูดความชื้นของบรรจุภัณฑ์ ซองบรรจุภัณฑ์จะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่มากขึ้นเป็นลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง น้ำหนักจะเพิ่มขึ้น 5.83% นอกจากนี้ซองบรรจุภัณฑ์ยังสามารถย่อยสลายบนดินได้ง่ายกว่าซองบรรจุภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งซองที่ไม่บรรจุกาแฟจะย่อยสลายได้เร็วกว่าใช้เวลาย่อยสลายภายใน 10 วัน และซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟผง สามารถย่อยสลายได้ภายใน 11 วัน และสำหรับซองเปล่าหากฝังในดินลึก 2 cm ทั้งซองที่บรรจุและไม่บรรจุกาแฟผงสามารถย่อยสลายได้ภายใน 4 วัน จากการทดลองการย่อยสลายในดินสามารถย่อยสลายได้ไวกว่าการย่อยสลายบนดินถึง 7 วัน บรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ สามารถย่อยสลายได้ง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับซองบรรจุภัณฑ์ทางการค้าที่ย่อยสลายยากและก่อมลพิษในขั้นตอนการเผากำจัด สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อบรรจุกาแฟเบื้องต้น โดยกำจัดฟองออกจากบรรจุภัณฑ์ ประยุกต์เคลือบบรรจุภัณฑ์เพื่อไม่ให้อากาศเข้า และปรับปรุงเพิ่มส่วนผสมที่สามารถลดการดูดความชื้นเพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟผงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



**คำสำคัญ** *:* เพคติน, บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ, เปลือกส้มโอ, กาแฟผง,

**Thesis title** Development of Bio-packaging Made by Pectin Extracted from Pomelo Peels for Sustaining the Quality of Ground Coffee
**Author** Napatsorn Pethtamrongku
Jennisa Fueangchoonuch
Sumalee Klinpimol

**Degree** Bachelor of Science
**Major program** Division of Environmental Science and Technology
Faculty of Science and Technology
**Academic Year** 2021



**Abstract**

This research was to develop a bio-package with pectin from grapefruit peel to maintain the quality of coffee powder. with purpose To study the quality of pectin from pomelo peels. Efficiency of bio-packaging suitable for ground coffee storage Stability of coffee powder during storage in bio-packaging of pectin from grapefruit peel and packaging degradation By extracting pectin from grapefruit peels. and form the packaging by mixing with glycerol and tapioca starch Formed into envelopes of 5.8 × 7 centimeters, it was found that the pectin from the grapefruit peel was tough and flexible, soluble in water. but not soluble in oil, with Degree of Esterification 63.63%, which is in the standard pectin range. and found that the content of galacturonic acid was 83.20% and the methoxyl content was 6.72% is similar to commercial pectin. The quality of the packaging showed that the packaging was clear. Tough, flexible and dry Coffee powder can be stored for a period of more than 1 month and still retains the flavor of the coffee. but also found that the removal of air bubbles during forming There are air bubbles in the packaging. As a result, the coffee smell is not very good. Further improvement of the forming method is needed. and from the hygroscopic test of the packaging Packaging sachets will gain weight over time. After 24 hours, weight increases by 5.83 % Decomposes on soil more easily than commercial packaging. which the packaging envelope will be biodegradable within 11 days and the envelope containing the coffee powder will decompose within 10 days and for the empty envelope if buried in the soil 2 cm deep Can be decomposed within 4 days from the experiment found that Soil degradation is 7 days faster than soil degradation by using pomelo peels, which are leftovers, to produce coffee powder packaging. which is a disposable envelope It helps to reduce the amount of waste. including that the envelope is easily biodegradable Therefore, it helps to save money, reduce the amount of waste and be environmentally friendly.

**Keywords** : Pectin, Bio-packaging, Pomelo Peel, Ground Coffee,

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาของคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.ดวงฤทัย นิคมรัตน์ ประธานสอบปริญญานิพนธ์ และ ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม และคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องของการใช้สถานที่ในการทำวิจัย และให้คำแนะนำตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพแก่คณะผู้วิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัย ภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน และช่วยสับสนุนในทุกๆ ด้าน และเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการศึกษาจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ รวมถึงขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการทำศึกษาวิจัยครั้งนี้

นภัสสร เพชรธำรงกุล
เจนนิษา เฟื่องชุนุช
ศุมาลี กลิ่นพิมล

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ซ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 3 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 3 |
| 1.4 กรอบแนวคิด | 4 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ | 5 |
| 1.7 คำสำคัญ | 5 |
| 1.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงานและแผนการดำเนินงานตลอด | 6 |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | |
| 2.1 บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ | 7 |
| 2.2 เพคติน | 8 |
| 2.3 ส้มโอ | 11 |
| 2.4 กาแฟผง | 14 |
| 2.5 กลีเซอรอล | 20 |
| 2.6 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ | 21 |
| 2.7 การทดสอบคุณภาพเพคติน | 23 |
| 2.8 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง | 24 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการ** | |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์ | 27 |
| 3.2 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 29 |
| 3.3 การศึกษาคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 30 |




## สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.4 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ | 33 |
| 3.5 การทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ | 34 |
| 3.6 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของ | 35 |

ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ
3.7 การศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ 36
ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ
**บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล**
4.1 ผลการสกัดเพคติน 37
4.2 ผลการทดสอบคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ 37
4.3 ผลการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 38
4.4 ผลการทดสอบความสามารถของซอง 38
บรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ
**บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ**
5.1 สรุปผล 46
5.2 ข้อเสนอแนะ 47
เอกสารอ้างอิง 48
ประวัติการศึกษา 50

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| 1.1 ตารางแสดงระยะดำเนินการวิจัยตลอดโครงงาน | |
| 4.1 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า | 38 |
| 4.2 ตารางแสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา | 40 |
| 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ตามช่วงเวลา | 41 |
| 4.4 ตารางแสดงความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 45 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 กรอบแนวคิดการทำบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคติน จากเปลือกส้มโอ | 4 |
| 2.1 สูตรโครงสร้างของเพคติน | 9 |
| 2.2 ผงเพคติน | 10 |
| 2.3 ส่วนต่างๆ ของส้มโอ | 12 |
| 2.4 ลำต้นของส้มโอ | 12 |
| 2.5 ใบของส้มโอ | 12 |
| 2.6 ดอกของส้มโอ | 13 |
| 2.7 ผลของส้มโอ | 13 |
| 2.8 เมล็ดของส้มโอ | 14 |
| 2.9 ส่วนต่างๆ ของกาแฟ | 14 |
| 2.10 เมล็ดกาแฟคั่ว 3 ระดับ | 17 |
| 2.11 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล | 20 |
| 3.1 เครื่องชั่งละเอียด | 28 |
| 3.2 ตู้อบลมร้อน | 28 |
| 3.3 เตาให้ความร้อน | 28 |
| 3.4 ตู้ดูดไอสารเคมี | 29 |
| 3.5 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 30 |
| 3.6 การตรวจสอบเพคตินทางเคมี | 30 |
| 3.7 การปริมาณเมทอกซิล | 31 |
| 3.8 การหาค่ากรดกาแลคทูโรนิค | 32 |
| 3.9 วิเคราะห์หาค่า Degree of Esterification | 33 |
| 3.10 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ | 34 |
| 3.11 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ ของบรรจุภัณฑ์และผงกาแฟก่อนและหลังได้รับความชื้น | 34 |
| 3.12 แสดงการเปรียบเทียบการย่อยสลายซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ ของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 35 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | หน้า |
|---|---|
| 3.13 แสดงการเปรียบเทียบการย่อยสลายซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอในดินลึก 2 cm | 36 |
| 3.14 ซองบรรจุภัณฑ์ที่เก็บไว้ตามระยะเวลา 1-4 สัปดาห์และตัวควบคุมเป็นซองกาแฟสำเร็จทางการค้า | 36 |
| 4.1 ผงเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ | 37 |
| 4.2 ขนาดของซองบรรจุภัณฑ์ชีวพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | 38 |
| 4.3 กราฟแสดง % ที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา | 39 |
| 4.4 กราฟแสดง % ที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา | 40 |
| 4.5 กาแฟที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วส่องด้วยกล้องสเตอริโอ | 41 |
| 4.6 การย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางลงบนผิวดิน | 43 |
| 4.7 การย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางในดิน 2 cm | 44 |
| 4.8 กาแฟที่เก็บไว้ในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอเป็นระยะเวลา 1 เดือน | 46 |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเกิดกระแสความตื่นตัวในการลดการใช้พลาสติกและโฟมในการบรรจุอาหารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกต้องใช้เวลาย่อยสลายถึง 450 ปี และหากนำไปเผาจะทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หรือบรรจุภัณฑ์โฟมจะมีสาร คลอโรฟลูออโรคาร์บอนมีผลทำให้โอโซนชั้นบรรยากาศลดน้อยลง และทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้หลายประเทศทั่วโลกจึงมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตสินค้าให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้น คือ “พลาสติกชีวภาพ” (Bioplastic) เพื่อทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชีวภาพมีคุณสมบัติการใช้งานได้เทียบเคียงกับพลาสติกแบบเดิม แต่จะไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และส่งผลให้ปริมาณ ขยะในประเทศลดน้อยลงอีกด้วย พลาสติกชีวภาพ เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ สำหรับวัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลากหลายชนิด ส่วนใหญ่จะมาจากพืช เช่น เซลลูโลส (Cellulose) คอลลาเจน (Collagen) เคซีน (Casein) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) แป้ง (Starch) เพคติน (Pectin) และโปรตีนจากถั่ว (Soy protein) เป็นต้น ซึ่งแป้งจะเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกมากที่สุด เนื่องจากหาได้ง่าย มีปริมาณมาก และราคาถูก เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลังเป็นต้น (วิลาส รัตนานุกูล, 2554)

เพคตินเป็นสารจำพวกพอลิแซ็คคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 14 ไกลโคซิดิค (G-1,4 glycosidic) สารประกอบเพคตินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วๆ ไป ในส่วนของ Extracellular Matrix โดยเฉพาะผลไม้จำพวกตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้มเขียวหวาน อุตสาหกรรมการผลิตเพคตินส่วนใหญ่จะสกัดจากเปลือกด้านใน (Albedo) ส้มโอเป็นพืชตระกูลส้ม มีปริมาณเพคตินในเปลือกของส้มโออยู่ปรมาณ 30-40% (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ, 2559) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจะสกัดได้โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.05 N เป็นวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ เนื่องจากค่าระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดแลคทูโรนิค มีค่าใกล้เคียงกับทางการค้า (หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน, 2562) ซึ่งเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม ชนิดของเพคติน โดยแบ่งชนิดของเพคตินตามระดับเมทิลเลชั่น (Degree of Methylation : % DM) การขึ้นรูปซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพโดยการนำเพคตินที่สกัดได้ไปผสมกับแป้ง และกลีเซอรอล จะทำให้แผ่นฟิล์มที่จะนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพนั้นมีความยืดหยุ่น และ สารมารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ซองบรรจุภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพดี จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่าง 1.1:2:2 (เพคติน : แป้งมันสำปะหลัง : กลีเซอรอล) (กนกพร สังขรักษ์, 2552)



กาแฟเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเกษตรประเภทกาแฟคั่ว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน กาแฟที่นิยมปลูก มี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์โรบัสตา (*Coffea canephora* var. *robusta*) (ธนาวรรณ สุขเกษม, 2557) และพันธุ์อาราบิกา (*Coffea arabica*) ผลกาแฟดิบมีสีเขียว ผลกาแฟสุกมีสีเหลือง ส้ม แดง หรือแดงเข้ม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์กาแฟ (พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์, 2542)

เปลือกส้มโอเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ การบริโภคส้มโอจะบริโภคเฉพาะเนื้อ ขณะที่เปลือกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่นิยมบริโภคและมีปริมาณค่อนข้างมากจะถูกทิ้งไป แต่เนื่องจากในเปลือกส้มโอมีสารเพคตินเป็นจำนวนมากกว่าส้มทั่วไป จึงนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ 80 °C และระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวม 19.56% (ชญานิน กำลัง และคณะ, 2546) และพบว่าค่า DM ของเพคตินจากส้มโอสายพันธุ์ทองดีที่ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 1 เดือนซึ่งสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่า DM มากที่สุด 67.89% (วัชระ เวียงแก้ว, 2549) จึงเลือกใช้ส้มโอสายพันธุ์ทองดีในการสกัดเพคตินเนื่องจากมีค่า DM ที่สูงเหมาะสมกับการนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแทนซองพลาสติกที่ย่อยสลายยาก เพื่อลดภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้พลาสติก และยังสามารถลดมลภาวะที่เกิดจากการเน่าเปื่อยจากวัสดุเหลือได้ทิ้งอีกด้วย

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งและการรักษาคุณภาพกาแฟผง จึงทำให้เกิดแนวคิดในการทำซองบรรจุภัณฑ์รักษาคุณภาพของกของกาแฟผง โดยนำเปลือกส้มโอที่เป็นวัสดุเหลือจากการเกษตรมาใช้ในการสกัดเพคติน นำมาพัฒนาเป็นซองบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาขยะพลาสติกที่ย่อยสลายได้ยาก เกิดมลพิษในขั้นตอนกำจัดขยะพลาสติก เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและทดสอบคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสมกับการเก็บรักษากาแฟผง

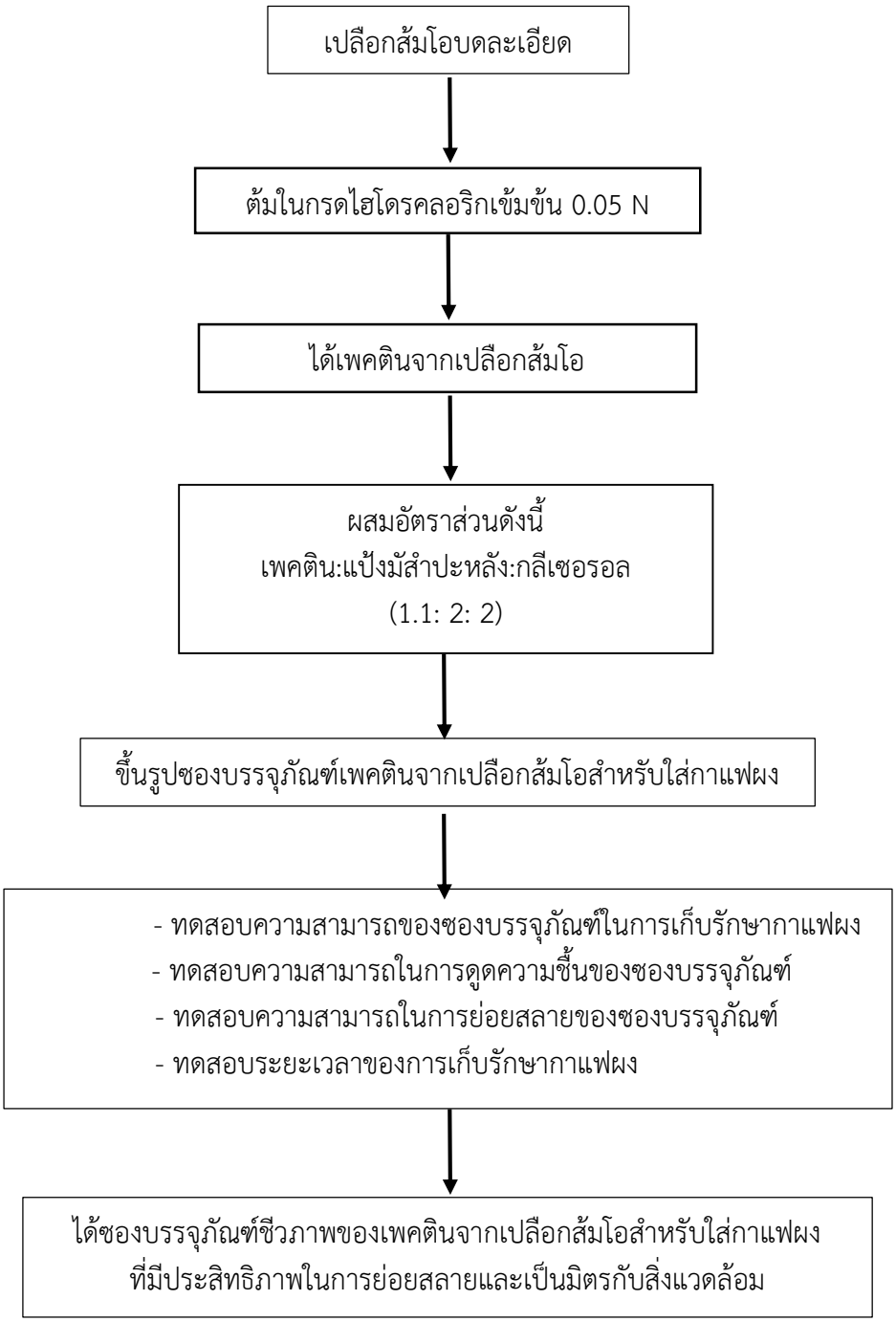
1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพของกาแฟผงระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 สถานที่ทำการวิจัย ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.3.2 เปลือกส้มโอที่นำมาทำการวิจัย นำมาจาก สวนส้มโอ ต.บางสะแก อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม

## 1.4 กรอบแนวคิด




**ภาพ 1.1** กรอบแนวคิดการทำบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงวิธีในการสกัดเพคตินเพื่อให้ได้เพคตินที่มีคุณภาพ

1.5.2 ทราบถึงประสิทธิภาพของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสมในการเก็บรักษากาแฟผง

1.5.3 ทราบถึงคุณภาพของกาแฟผงระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

## 1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 เพคติน เป็นสารสกัดที่ได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มและกากของแอปเปิลคุณสมบัติเด่นของเพคตินคือเมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสมจะเกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่มยืดหยุ่น

1.6.2 บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากวัสดุทางธรรมชาติและสามารถย่อยสลายด้วยวิธีทางชีวภาพ

1.6.3 เปลือกส้มโอ คือ ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มสีขาวที่มีความหนามาก นำมาสกัดเพคติน

1.6.4 กาแฟผง คือ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกาแฟ ที่สะดวกในการชง มีลักษณะ เป็นผงหรือเกล็ด ละลายได้ดีในน้ำร้อน

## 1.7 คำสำคัญ

ภาษาไทย : เพคติน, บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ, เปลือกส้มโอ, กาแฟผง

ภาษาอังกฤษ : Pectin, Bio-packaging, Pomelo Peel, Ground Coffee

## 1.8 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

**ตารางที่ 1.1** แสดงระยะเวลาดำเนินการวิจัยตลอดโครงงาน

| กิจกรรม | ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค | พ.ย | ธ.ค |
| 1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. วางแผนทำการทดลองและแผนการดำเนินงาน | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. ทำการทดลองสารเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. พัฒนาความคงทนของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. กระบวนการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภพเพคตินจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. กระบวนการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. พัฒนาความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. ทดสอบความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. สรุปผลการทดลอง | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. จัดทำรูปเล่ม | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. เผยแพร่และนำเสนองาน | | | | | | | | | | | | | | | |

# บทที่ 2

# เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง และความพึงพอใจของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการพิจารณาวิเคราะห์แนวทางการดำเนินงานวิจัย และอ้างอิงถึงเหตุผลและความเป็นมาในการจัดทำ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจนคณะผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมและนำเสนอข้อมูล ดังนี้

2.1 บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ
2.2 เพคติน
2.3 ส้มโอ
2.4 กาแฟผง
2.5 กลีเซอรอล
2.6 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์
2.7 การทดสอบคุณภาพเพคติน
2.8 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ ผลิตขึ้นจากวัสดุทางธรรมชาติและสามารถย่อยสลายด้วยวิธีทางชีวภาพ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

### 2.1.1บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิแลกติคแอซิด (Polylactic Acid : PLA)

พอลิแลคติคแอซิด (Polylactic Acid : PLA) เป็นพลาสติกชีวภาพที่สลายตัวได้ (Compostable Polymer) โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถหาได้จากทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น มอนอเมอร์ของ PLA คือ กรดแลคตินซึ่งมีไอโซเมอร์สองรูปแบบ ได้แก่ แบบดี-ไอโซเมอร์ และแบบแอล-ไอโซเมอร์ ทำให้ PLA มีคุณสมบัติที่โดดเด่น เช่น สามารถสลายตัวได้ ผลิตจากวัตถุดิบที่ยั่งยืน (Sustainable Sources) มีความเป็นพิษต่ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ PLA จัดเป็นวัสดุที่มีศักยภาพสามารถแก้ไขปัญหาการกำจัดขยะในสังคม และยังใช้เป็นวัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์บรรจุอาหารและผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภคอื่นๆ (Weber, 2002) มีลักษณะใส แข็งแรง ทนทาน สามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย ทนความร้อนที่ 60 °C โดยประมาณ นิยมบรรจุของเย็นหรือของที่ไม่มีความร้อนมาก

**2.1.2บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิบิวทิลีนซักซิเนต (Polybutylene Succinate : PBS)**

พอลิบิวทิลีนซักซิเนต (Polybutylene Succinate : PBS) เป็นพอลิเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาควบแน่นระหว่างกรดซักซินิก (Succinic acid) และ 1,4 บิวเทนไดออล ที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา กรดซักซินิกสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยวิธีทางเคมีและชีวภาพ เช่นเดียวกับกรดแลคติก จุลินทรีย์หลายชนิด สามารถสร้างกรดซักซินิกได้ เช่น แบคทีเรียในลำไส้ PBS เป็นพอลิเมอร์สีขาวมีความหนาแน่น 1.23 g /$cm^3$ ซึ่งใกล้เคียงกับพอลิแลคติกแอซิด PBS มีอุณหภูมิหลอมประมาณ 112-116 °C ในข้อมูลข้างต้นจึงทำให้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์นิยมใช้ในผลิตแก้วพลาสติกหรือผลิตเป็นพลาสติกสำหรับเคลือบบนบรรจุภัณฑ์กระดาษต่างๆ เนื่องจาก PBS สามารถย่อยสลายได้เอง เมื่อฝังกลบลงดินและไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (พีระศักดิ์ เภาประเสริฐ, 2556)

**2.1.3บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิบิวทิลีนอะดิเพท-โค-เทเรฟทาเลท (Polybutyrate adipate-co-terephthalate : PBAT)**

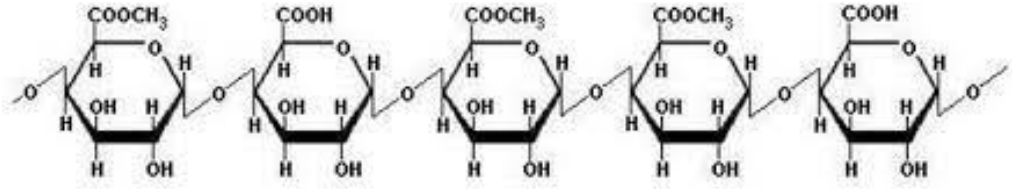
พอลิบิวทิลีนอะดิเพท-โค-เทเรฟทาเลท (Polybutylene Adipate-co-Terephthalate : PBAT) เป็นพลาสติกชีวภาพที่ได้จากผลิตภัณฑ์จากแหล่งปิโตรเคมี แต่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และเนื่องจาก PBAT เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเอสเทอร์และวงอะโรมาติกเป็นองค์ประกอบบนสายสายโซ่หลัก (Synthetic aliphatic-aromatic polyester) ทำให้มีความแข็งแรง เหนียว ขึ้นรูปได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งมีสมบัติคล้ายคลึงกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene : LDPE) ดังนั้นในปัจจุบันจึงนิยมนำ PBAT ส่วนมากประยุกต์ใช้งานในด้านการผลิตฟิล์มประเภทต่างๆ ทั้งฟิล์มห่อ อาหาร ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฟิล์มทางการเกษตร เป็นต้น แต่ต้นทุนการผลิต PBAT ยังมีราคาสูง จึงนิยมผสมกับ พอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ เช่น เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch : TPS), พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid : PLA), พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) : PBS) ซึ่งนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตแล้วยังช่วยปรับปรุงสมบัติของพลาสติกเชิงประกอบให้ดียิ่งขึ้น โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (พีระศักดิ์ เภาประเสริฐ, 2556)

## 2.2 เพคติน (Pectin)

เพคติน (ภาพ 2.2) เป็นสารพอลิแซกคาไรด์ประเภท Heteropolysaccharide พบได้ในผนังเซลล์ของพืชที่ขึ้นบนดิน โดยทั่วไปจะใช้ในรูปผงสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน ซึ่งสกัดจากผลไม้ มักใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในกระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะในแยมและเยลลี่ และยังเป็นสารที่ทำให้เกิดการคงตัว ในเครื่องดื่ม เช่น นม น้ำผลไม้ เพคตินเป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่คนบริโภคในทุกวัน แต่ไม่นับเป็นส่วนของโภชนาการ โดยปกติจะได้รับเพคตินจากผักและผลไม้ประมาณ 5 g หากบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณ 500 g การบริโภคเพคตินมีส่วนช่วยในการลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด โดยเพคตินจะเพิ่มความหนืดในช่วงลำไส้เล็ก ทำให้มีการดูดซึมคลอเรสเตอรอลจากอาหารและน้ำดีลดลง (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร, 2559)

**2.2.1 โครงสร้างของเพคติน**

เพคตินเป็นสารโมเลกุลใหญ่ มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) ที่เชื่อมผสานกันประมาณ 200 – 1000 หน่วย ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก ($\alpha$-1,4 glycosidic) มีน้ำหนักโมเลกุล 30,000-300,000 ดัลตัน และอาจพบน้ำตาลกาแล็กโตส อะราบิโนส และแรมโนสที่ โซ่พันธะของเพคติน กรดกาแล็กทูโรนิก บางส่วนจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิลเมทิลเลชั่นจะช่วยบ่งบอกคุณสมบัติของเพคตินได้ (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร, 2559)



**ภาพ 2.1** สูตรโครงสร้างเพคติน
https://www.agro.cmu.ac.th/

**2.2.2 คุณสมบัติของเพคติน**

2.2.2.1 การละลาย เพคตินเป็นสารมีขั้ว สัมผัสน้ำจึงละลายได้ง่าย และหากมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยให้เพคตินละลายตัวได้ดีขึ้น และเมื่อละลายน้ำจะสามารถขยายหรือพองตัวเพิ่มปริมาตรขึ้น เพคตินเป็นสารที่รวมตัวกับน้ำได้ปริมาณมาก และยังละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วต่างๆ เช่น เฮกเซน และเอทานอล หรือสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดด่างแต่ไม่ละลายในน้ำมัน

2.2.2.2 ความหนืด เพคตินเมื่อละลายน้ำหรือละลายในตัวทำละลายแล้ว จะเกิดการขยายตัวของพอลิเมอร์ทำให้เกิดความหนืดขึ้น ความหนืดของเพคตินจะมีความแตกต่างกันตามชนิดหรือวัตถุดิบที่ผลิต ความเข้มข้น และปริมาณแคลเซียมรวมถึงความเป็นกรดด่าง (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร, 2559)

**2.2.3 ประโยชน์ของเพคติน**

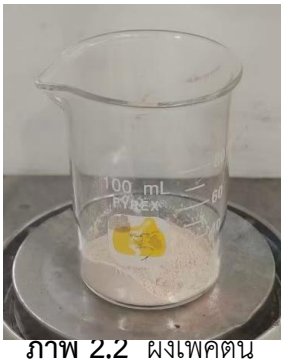
2.2.3.1 เพคตินใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารเพื่อให้เนื้ออาหาร มีความเหนียวหนืด คงตัว และมีรสสัมผัสตามต้องการ

2.2.3.2 เพคตินใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำหรับเป็นแหล่งเสริมเส้นใยที่มีผลดีต่อสุขภาพ รวมถึงช่วยลดอัตราการย่อยของอาหาร ลดการดูดซึมน้ำตาล มีผลต่อการลดความอ้วน และช่วยดูแลน้ำหนักได้ดี

2.2.3.3 เพคตินใช้เป็นส่วนผสมของยา และเครื่องสำอาง เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ได้แก่ (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร , 2559)

- ใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling Agent)
- ใช้เป็นสารให้หนืดข้น (Thickening Agent)
- ใช้เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัล (Emulsifier)

- ใช้เป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (Stabilizer) (กรวิทย์ สักแกแก้ว, 2562)




**ภาพ 2.2** ผงเพคติน

เพคตินเป็นส่วนประกอบสำคัญในการช่วยให้ซองบรรจุภัณฑ์มีความยืดหยุ่น ไม่แตกและกรอบง่ายเวลาพับ ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ และยังช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับซองบรรจุภัณฑ์มากยิ่งขึ้น (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร, 2559)

**2.2.4 การสกัดเพคติน**

การสกัดเพคตินจากเศษเหลือทางการ เกษตรและเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ทดแทนเพคตินทางการค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น เปลือกกล้วย เปลือกเสาวรส เปลือกแก้วมังกร กากแครอท และเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม (หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน, 2562) เป็นต้น จากงานวิจัยต่าง ๆ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เมื่อถึงฤดูกาลออกผลผลิต ซึ่งมีปริมาณมาก เนื่องจากมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดสมุทรสงคราม มาสกัดเพคติน เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการนำของเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ และหากมีการปรับปรุงคุณสมบัติ เพคตินให้ตรงตามมาตรฐานมากขึ้นจะช่วยลดขยะ และลดปัญหาสิ่งแวดล้อม วิธีที่สามารถรสกัดเพคตินทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.2.4.1 สกัดเพคตินด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น

วิธีการสกัดเพคตินด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น ดัดแปลงจาก ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ (2545) โดยนำเปลือกทุเรียนบดแห้งปริมาณ 100 g ใส่บีกเกอร์เติมกรด ไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N หรือน้ำกลั่น ในอัตราส่วนเปลือก ทุเรียนบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริกหรือน้ำกลั่น เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งสารสกัดให้เย็นลงที่ อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำส่วนใส มาตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลความเข้มข้น 80% ในอัตราส่วนส่วนใสต่อเอทานอล 1:2 โดยปริมาตร (v/v) คนผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกตะกอน เพคตินด้วยผ้าขาวบาง ล้างตะกอนเพคตินด้วย อะซิโตนความเข้มข้น 80% จำนวน 3 ครั้งครั้งละ 50 mL นำเพคตินที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหย อบตะกอนเพคตินที่ได้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 ℃ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดด้วยเครื่องบดและร่อน ผ่านตะแกรงขนาด 150 μm เก็บไว้ในถุงฟอยล์แบบทึบ หาปริมาณผลผลิตเพคตินที่ผลิต

ได้เป็น % yield โดย คำนวณจากจำนวนกรัมของเพคตินที่สกัดได้หลังอบแห้งต่อจำนวนกรัมของเปลือกทุเรียนบดแห้งก่อนการสกัดเพคติน (หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน, 2562)

2.2.4.2 สกัดเพคตินด้วยความดันไอสูง

การสกัดด้วยความดันไอสูง วิธีการสกัดเพคตินด้วยความดันไอสูง โดยนำเปลือกทุเรียนบดแห้งใน ปริมาตร 100 g ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น ในอัตราส่วนเปลือกบดแห้งต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำไปสกัดในหม้อนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 30 นาที ตั้งสารสกัดให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง และดำเนินการขั้นตอนต่อไปจนได้ ผงเพคติน แล้วคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้จากการค้นคว้าวิธีการสกัดเพคติน พบว่าการใช้วิธีสกัดแบบด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่นนั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมในการทดลองจึงเป็นวิธีที่เลือกทำการวิจัยในครั้งนี้ (หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน, 2562)

## 2.3 ส้มโอ

ส้มโอ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางในตระกูลเดียวกับส้ม แตกกิ่งก้านสาขาที่เรือนยอด ผิวของผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จัดเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง ผิวของผลไม่ เนื้อแต่ละส่วนเรียกว่า กลีบ มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว มีเมล็ดฝังอยู่ระหว่างเนื้อมากกว่า 1 เมล็ด ผลส้มโอมีเปลือกหนาทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน มีวิตามินซีมาก แหล่งกำเนิดอยู่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส้มโอจัดว่าเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย นิยมปลูกทางภาคตะวันตกของประเทศ

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.

วงศ์ : Rutaceae

ชื่อสามัญ : Pomelo

ถิ่นกำเนิด : ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย

สรรพคุณ : ส้มโอมีใยอาหารสูง ช่วยป้องกันอาการท้องผูก ช่วยลดความเสี่ยงของโรคมะเร็ง ส้มโอยังมีสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่นๆ เช่น ไลโคปีน ช่วยให้เจริญอาหารสำหรับผู้ที่เบื่ออาหาร, ส้มโอยังมีวิตามินซีสูง ช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน

**ภาพ 2.3** ส่วนต่างๆของต้นส้มโอ
อ้างอิง https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology

ลำต้นส้มโอมีลักษณะค่อนข้างเป็นเหลี่ยม และมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน มีความสูงของลำต้นประมาณ 5-15 m ลำต้นแตกกิ่งแขนงมาก กิ่งอ่อนมีขนปกคลุม ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปทรงอ้วน ยาวประมาณ 1-5 cm ลำต้นมีทรงพุ่มบริเวณส่วนปลายของลำต้น ขนาดทรงพุ่มประมาณ 3-4 m เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลอมเทา ส่วนเนื้อไม้มีลักษณะเหนียว แต่ไม่แข็ง กิ่งหักได้ยาก

**ภาพ 2.4** ลำต้นของส้มโอ
อ้างอิง https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology

ใบส้มโอเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ แตกออกเป็นใบเดี่ยว เรียงวนสลับกันบนกิ่ง ใบมีขนาดใหญ่สีเขียวเข้ม แผ่นใบหนา และมีความกว้าง 10-12 cm ใบประกอบด้วยแผ่นใบ และก้านใบ โดยก้านใบจะมีแผ่นใบขนาดเล็ก ส่วนแผ่นใบจะรูปร่างคล้ายรูปไข่ยาว หรือรูปโล่ ฐานใบแหลม ปลายใบมน และมีรอยเว้าตรงกลางเป็นรูปหัวใจ ส่วนขอบใบจะมีหยักเล็กๆ แผ่นใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว ส่วนแผ่นใบด้านล่างเป็นสีเขียวอ่อนและมีขนนุ่มปกคลุม

**ภาพ 2.5** แสดงส่วนใบของส้มโอ
อ้างอิง https://www.opsmoac.go.th/

ดอกส้มโอจ าอบด้วยช่อดอก ที่เกิดบริเวณปล ย ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง กลีบดอกรูปดอก กลีบดอกมีกลิ่นหอม งเข ละมีฐานเกสรเชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม 4-5 กลุ่ม ส่วนด้านในสุดเป็นรังไข่

**ภาพ 2.6** ดอกของส้มโอ
อ้างอิง https://www.palangkaset.com/

ผล ส้มโอมีรูปร่างค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีขั้วผลเรียวแหลม ผลมีขนาดใหญ่ ขนาดผลประมาณ 10-13 cm ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกมีสีเขียวอมเหลืองหรือสีเหลืองทองตามสายพันธุ์ เปลือกหนาประมาณ 1.5-2 cm แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นนอกสุด มีสีเขียวอมเหลือง มีต่อมน้ำมันจำนวนมาก ชั้นต่อมาเป็นส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มสีขาวที่มีความหนามาก และชั้นที่สามเป็นเนื้อเยื่อของพูที่หุ้มรอบเนื้อผล ส่วนเนื้อผลแบ่งออกเป็นกลีบๆ เรียงติดกันเป็นวงกลม แต่แกะแยกออกจากกันง่าย เนื้อผลภายในกลีบจะฉ่ำด้วยน้ำที่ให้รสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว และเปลือกส้มโอเป็นส่วนประกอบของยาหอมสมุนไพร ซึ่งมีส่วนช่วยแก้อาการวิงเวียนศีรษะ หน้ามืดตาลาย ใจสั่น คลื่นไส้อาเจียน ช่วยขับลมในลำไส้และกระเพาะอาหาร และส้มโอมีเส้นใยอาหารช่วยป้องกันอาการท้องผูกและช่วยในการขับถ่าย

**ภาพ 2.7** ผลของส้มโอ
อ้างอิง https://www.palangkaset.com/

เมล็ด ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเมล็ดค่อนข้างน้อย แต่บางพันธุ์มีเมล็ดมาก เมล็ดรวมกันอยู่ตรงแกนกลางของผล มีจำนวนตั้งแต่ 0-265 เมล็ด/ผล เมล็ดมีทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็กสุด เมล็ดมีรูปร่างแบน และผิวย่น เปลือกเมล็ดมีสีเขียวอมเหลือง และเป็นร่องลึก ขนาดเมล็ดกว้าง 0.6-1.2 cm

**ภาพ 2.8** เมล็ดของส้มโอ
อ้างอิง https://www.palangkaset.com/

เพคติน สารสกัดที่ได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม คุณสมบัติเด่นของเพคตินคือเมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสมจะเกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่มจึงนิยมนำไปทำแยมและเยลลี่เพคตินยังมีคุณสมบัติช่วยลดการแยกชั้นในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรด จึงถูกนำไปใช้ในนมเปรี้ยวและน้ำผลไม้ที่ผ่านมาไทยต้องนำเข้าเพคตินจำนวนมาก นักวิจัยเอ็มเทคจึงได้ศึกษากระบวนการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอจนได้เพคตินที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อเจลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเพคตินในท้องตลาดสามารถลดการใช้ลงครึ่งหนึ่งแต่ได้คุณสมบัติของเจลเทียบเท่าเดิม นอกจากนี้นักวิจัยเอ็มเทคยังคิดค้นสารทดแทนไขมันที่มีเพคตินและเส้นใยจากเปลือกส้มโอเป็นองค์ประกอบสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ (วัชระ เวียงแก้ว, 2549)

## 2.4 กาแฟผง

วงศ์ (Family): Rubiaceae
จีนัส (Genus): Coffea
สปีชีส์ (Species): C. Canephora
ชื่อสามัญ (Common name): Robusta Coffee
ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name): Coffea robusta Pierre ex Froehner L.

ก.ลำต้นของต้นกาแฟ

ข.ใบของต้นกาแฟ

ค.ช่อดอกและดอกของกาแฟ

ง.ผลของต้นกาแฟ

**ภาพ 2.9** ส่วนต่างๆของต้นกาแฟ
อ้างอิง https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/index.php

ใบ ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น โคนใบและปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ นุ่มเป็นมัน ขอบใบหยักเป็นคลื่น ขนาดของใบขึ้นกับพันธุ์กาแฟ ใบจะเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ส่วนปากใบอยู่ด้านท้องใบ แต่ละใบจะมีปากใบประมาณ 3 ล้านถึง 6 ล้านรู ปากใบของกาแฟโรบัสต้ามีขนาดเล็กกว่าปากใบของกาแฟอาราบิก้า (วลัยภรณ์ ภัสสรศิริ, 2541)

ช่อดอกและดอก ปกติดอกกาแฟจะมีลักษณะเป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอก จำนวน 4 ถึง 9 กลีบ กลีบเลี้ยง จำนวน 4 ถึง 5 ใบ มีเกสร 5 อัน รังไข่ 2 ห้อง ดอกกาแฟจะออกเป็นกลุ่มๆ บริเวณโคนใบบนข้อของกิ่งแขนงที่ 1 แขนงที่ 2 หรือ 3 กลุ่มดอกแต่ละข้อมีดอก จำนวน 2 ถึง 20 ดอก
(วลัยภรณ์ ภัสสรศิริ, 2541)

ผล ผลของกาแฟมีลักษณะคล้ายลูกหว้า รูปรี ก้านผลสั้น ผลดิบสีเขียว เมื่อเวลาผลสุกจะมีสีเหลือง สีส้ม สีแดง ผลของกาแฟจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1. เปลือก (Skin) 2. เนื้อ (Pulp) มีสีเหลือง ช่วงระหว่างเมล็ดกับกะลาจะมีเยื่อบางๆ หุ้มเมล็ดอยู่เรียกว่า เยื่อหุ้มเมล็ด (Silver Skin) ผลกาแฟแต่ละผลจะมี 2 เมล็ดประกบกัน ด้านที่ประกบกันจะอยู่ด้านในมีลักษณะแบน มีร่องบริเวณกลางเมล็ด 1 ร่อง ส่วนด้านนอกมีลักษณะโค้ง ผลกาแฟมีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียวรูปร่างกลมรีทั้งเมล็ด โดยมีร่องบริเวณกลางเม็ด 1 ร่อง
(วลัยภรณ์ ภัสสรศิริ, 2541)

กาแฟจัดเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดอย่างหนึ่งของโลก ผลจากการเดินทางอันยาวนาน ได้บ่มเพาะสายพันธุ์และกรรมวิธีการผลิตพัฒนาด้านการคั่วและการปรุงกาแฟในสูตรต่าง ๆ กาแฟเป็นผลผลิตที่ได้จากต้นกาแฟ ผลกาแฟมีลักษณะเป็นผลกลมรี เมื่อสุกจะมีสีแดงสดเหมือนลูกเชอร์รี่ (แต่มีบางสายพันธุ์ที่สุกแล้วมีสีเหลือง) ภายในจะมีเมล็ด 2 เมล็ด ประกบกัน โดยทั่วไปแล้วจะนิยมเรียกผลดิบนี้ว่าเชอร์รี่ ส่วนที่นำมารับประทานคือเมล็ดซึ่งต้องนำมาผ่านกระบวนการแยกเนื้อออกก่อน หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดมาตากแห้ง เมื่อได้เมล็ดแห้งแล้ว เกษตรกรจึงนำไปขายให้แก่พ่อค้าโรงงาน กาแฟสามารถแบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ คือ อาราบิก้าและโรบัสต้า โดยอาราบิก้าจะสามารถเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีได้ต้องปลูกในที่สูง สภาพอากาศเย็น เพราะหากปลูกในที่ต่ำและอากาศร้อนเกินไป จะทำให้ผลกาแฟเชอร์รี่สุกเร็ว ซึ่งนั่นเป็นผลร้าย เพราะเมล็ดกาแฟจะไม่มีปริมาณคาเฟอีนมากพอ จึงไร้คุณภาพ ในส่วนของกาแฟ โรบัสต้าสามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมทั่วไป คืออากาศร้อนชื้นต้องการน้ำจำนวนมาก โดยในตัวโรบัสต้านั้นจะมีสารคาเฟอีนมากพออยู่แล้ว จึงทำให้มีความทนมากกว่าอาราบิก้าที่ต้องใช้เวลาบ่มสะสม นอกจากนี้พื้นที่ในการเพาะปลูกก็สามารถปลูกได้ในที่ ๆ ต่ำกว่าได้ (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2549)

1. อาราบิก้า (Arabica: *Coffea Arabica*) เป็นสายพันธุ์ที่ผู้คนนิยมมากที่สุดมีลักษณะเด่นที่กลิ่นและรสที่หอมหวนเป็นที่ถูกใจคนทั่วโลกมีคาเฟอีนประมาณร้อยละ 1-1.6 ต่อเมล็ด แต่มีข้อ จำกัด ในเรื่องพื้นที่ปลูกมักจะไม่ทนต่อโรคและความผันผวนทางสภาพอากาศ ในประเทศไทยมีการปลูกมากในจังหวัดภาคเหนือ เช่นเชียงใหม่เชียงรายแม่ฮ่องสอนตากน่านลักษณะของเมล็ดจะเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเรียวและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเหมือนรูปตัว S พื้นที่ที่ใช้ปลูกอาราบิก้าให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพควรจะเป็นที่สูงอากาศเย็นเพราะสายพันธุ์นี้จะเจริญเติบโตได้ดีจึงจำเป็นต้องปลูกบนพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 800-1,000 เมตรหรือ 1,000 m ขึ้นและด้วยเอกลักษณ์ของกลิ่นที่หอมอย่างพอดีพร้อมกับรสชาติที่ออกไป

ทางกลมกล่อมนุ่มนวลอีกทั้งยังมีปริมาณของคาเฟอีนที่ต่ำมากไม่ถึง 2% ที่ส่งผลให้สายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าเป็นที่นิยมและขายได้มากที่สุดในโลกเฉลี่ยถึง 80% อาราบิก้ามีสายพันธุ์ย่อยอีกหลายสายพันธุ์ เช่น ทริปปิก้า เบอร์เบิ้ล คาทูร่า คาติมอร์ (เกิดจากการผสมลูกครึ่งคาทูร่า-โรบัสต้าเข้ากับคาทูร่าจนได้ลูกผสม 75% คาทูร่า 25% กาแฟโรบัสต้าจะมีรสชาติใกล้เคียงกับสายพันธุ์บริสุทธิ์อาราบิก้า แต่มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศและโรคราสนิมเหมือนโรบัสต้า) (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ,2549)

2. โรบัสต้า (*Caffea Robusta* Pierre ex Frochner L.) ประเทศไทยมีผู้ปลูกกาแฟมากกว่า 30,000 ครอบครัว โดยเป็นเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟโรบัสตาประมาณ 25,000 ครอบครัว ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟประมาณ 400,000 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ทาง ภาคใต้ทั้งฝั่งตะวันออกและตะวันตก โดยมีความแตกต่างของสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน โดย เฉพาะที่จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และกระบี่ ซึ่งเป็นการปลูกกาแฟโรบัสตา สภาพอากาศที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรที่มีอากาศไม่ร้อนจัด ประมาณ 25-32 °C ดินควรเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5- 6.5% มีการกระจายของฝนไม่น้อยกว่า 7 เดือน ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,500 mm/Y สำหรับพื้นที่ ปลูกในจังหวัดสตูลไม่มีข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดสตูล เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกไม่มีการรายงานการ ปลูกกาแฟ เกษตรกรที่ปลูกกาแฟโรบัสตาส่วนใหญ่เป็นรายย่อย ยังขาดความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต โดยมี การปลูกร่วมกับไม้ผลอื่นๆ เช่น ลองกอง ทุเรียน รายละประมาณ 50-200 ต้น การปลูกกาแฟในสภาพ กลางแจ้งทำให้ได้ผลผลิตสูง การปลูกใต้ร่มเงาแม้จะให้ผลผลิตต่ำกว่าแต่ก็เชื่อว่าให้คุณภาพเมล็ดกาแฟดีกว่า ที่ปลูกกลางแจ้ง (วลัยภรณ์ ชัยฤทธิไชย, 2551) และการพัฒนาคุณภาพและผลผลิต ประกอบด้วยการพัฒนาพันธุ์ เทคนิคการขยายพันธุ์ วิธีเขตกรรม วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและการกำหนด มาตรฐาน โดยเฉพาะการใช้พันธุ์ จึงควรเลือกใช้กาแฟโรบัสตาพันธุ์ดี ที่มีการให้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ ส่วนการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพควรเลือกใช้สูตรปุ๋ยให้ถูกต้องตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ โดยใช้ สูตรปุ๋ยให้เหมาะสมกับช่วงระยะของการเจริญเติบโต ใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมตามอายุและระยะการ เจริญเติบโต โดยการใส่ปุ๋ยต้องมีการวางแผนหากใส่ถูกต้องจะทำให้เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต การใส่ ปุ๋ยกาแฟเกษตรกรควรกำจัดวัชพืชและปลิดกิ่งแขนงทิ้งก่อนการใส่ปุ๋ย แต่เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกกาแฟส่วน ใหญ่ยังขาดเทคโนโลยีด้านการใช้พันธุ์ การจัดการปุ๋ยและการตัดแต่งที่เหมาะสม จึงทำให้มีผลผลิตต่อไร่ต่ำ (กรมวิชาการเกษตร,2547)

**2.4.1 การคั่วกาแฟ (Roasting)**

การคั่วกาแฟคือกระบวนการให้ความร้อนกับเมล็ดกาแฟดิบจนเกิดการเปลี่ยนแปลงสารดั้งเดิมในเมล็ดกาแฟดิบ ให้กลายไปเป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติอันพึงประสงค์เมื่อนำเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วมาชงเป็นเครื่องดื่ม กาแฟแต่ละชนิดมีจุดที่เหมาะสมที่สุดในการคั่วแตกต่างกัน การคั่วกาแฟจึงเป็นวิธีและขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการดึงคุณสมบัติต่างของกาแฟออกมา ไม่ว่าจะเป็นความหอมความกลมกล่อมของรสชาติเข้มกลมกล่อมต่าง ๆ ออกมา ปกติการคั่วกาแฟจะใช้ความร้อนที่ 180-240°C ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 - 20 นาที อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะมีผลต่อความหอมและรสชาติกาแฟเป็นอย่างยิ่ง (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2549)ระดับของการคั่วโดยทั่วไปแล้วแบ่งได้หลักๆ 3 ระดับ ดังภาพที่ 2.10

**ภาพ 2.10** เมล็ดกาแฟคั่ว 3 ระดับ
อ้างอิง https://www.arabica.com

2.4.1.1 คั่วอ่อน (Light Roast หรือเรียกว่า Cinnamon Roast หรือ American Roast) การคั่วระดับอ่อนให้กาแฟเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือเหลืองซีดคล้ายซินนามอน ดังภาพ 2.10 (ก) ไม่มีความมันที่ผิวเมล็ด ใช้อุณหภูมิความร้อนที่ประมาณ 350 °F (176.7 °C) ใช้เวลา ประมาณ 10-15 นาที การคั่วระดับนี้จะคงรสของของเมล็ดกาแฟดั้งเดิมไว้ได้มากที่สุด ให้ ความรู้สึกของสมุนไพร ผลไม้ พืชเขียว และยังมีความเป็นกรดอยู่มากทำให้ออกรสอมเปรี้ยว

2.4.1.2 คั่วกลาง (Medium Roast) แบ่งย่อยได้อีกเป็น High, City+ roast, Full city roast และ Full City+ Roast กาแฟที่ได้มีความเข้มปานกลาง เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลและมีความมันจากน้ำมันในเมล็ดเคลือบ ดังภาพที่ 2.10 (ข) รสชาติเข้มขึ้นอย่างกลมกล่อม ความเปรี้ยวลดลง คั่วที่อุณหภูมิ 400 – 430 °F (204.4 -221.1 °C ) ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 นาที คนอเมริกันมักชอบกาแฟที่คั่วในระดับนี้ นำไปชงแบบหม้อต้มหรือใช้เครื่องแบบกด (French press) เป็นส่วนใหญ่

2.4.1.3 คั่วเข้ม (Dark Roast หรือเรียกว่า Vienna Roast, French Roast, Italian Roast) รสชาติกาแฟเข้ม เมล็ดกาแฟที่คั่วระดับนี้จะมีสีเข้มมาก เมล็ดจะมันวาวเหมือนมีน้ำมันมา เคลือบจนบางคนเข้าใจว่าต้องใส่น้ำมันหรือเนยการคั่วแบบนี้จะให้รสเข้มข้น เมล็ดสีน้ำตาล เกือบไหม้แต่ไม่ถึงกับดำ ดังภาพที่ 2.10 (ค) คั่วที่อุณหภูมิ 450 °F (232.2 °C ) ระยะเวลา ประมาณ 15 – 20 นาที ไม่มีรสเปรี้ยวเพราะความเป็นกรดถูกความร้อนทำลายไปจนหมด การคั่วถึงระดับนี้จะทำให้รสชาติดั้งเดิมของเมล็ดกาแฟแทบไม่หลงเหลืออยู่ แต่จะทดแทนด้วยความหนักแน่นของกลิ่นกาแฟรุนแรง กาแฟที่คั่วระดับนี้ มักนำไปชง Espresso การคั่วกาแฟเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนและต้องการความสมดุลระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการคั่ว การคั่วกาแฟด้วยอุณหภูมิสูงเกินไปโดยใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้ผิวกาแฟเมล็ดไหม้ ในขณะที่ส่วนภายใน

เมล็ดได้รับความร้อนไม่เพียงพอ แต่การคั่วกาแฟที่ใช้อุณหภูมิต่ำเกินไป มักจะทำให้ได้กาแฟคั่วมีรสชาติไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

**2.4.2 การเก็บรักษาเมล็ดกาแฟคั่ว**

สมบัติที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์สำหรับกาแฟคั่วดังนี้ คือ อัตราซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (ไม่เกิน 0.3 g/$m^2$/D ) และต้องสามารถป้องกันแก๊สออกซิเจนและป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดี เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากาแฟคั่วจะปลดปล่อยกลิ่นและรสอย่างต่อเนื่อง วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถขึ้นรูปได้ง่าย บรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุกาแฟต้องแข็งแรงทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้แก่ แรงกดอัดจากภายนอกที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและแรงดันจากภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซค์ บรรจุภัณฑ์ควรมีส่วนร่วมในการยืดระยะเวลาเก็บรักษาในระหว่างการจำหน่ายอีกด้วย ในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟมีวิธีดังนี้ (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2549)

2.4.2.1 การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษ

การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษมักเก็บในถุงขนาด 50 Kg หรือกระสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ในการส่งออกสินค้าในรูปแบบขายส่งซึ่งนิยมใช้ในตลาดยุโรป แต่กระดาษไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านความชื้น การรั่วซึมหรือการแลกเปลี่ยนแก๊ส อีกทั้งกระดาษสามารถซึมซับน้ำมันของกาแฟคั่วได้ง่าย เมื่อน้ำมันทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้กลิ่นและรสด้อยลง การเก็บในถุงกระดาษ จึงไม่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้นาน

2.4.2.2 การเก็บในถุงพลาสติก

การเก็บในถุงพลาสติกเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับแก้ไขปัญหาของถุงกระดาษ (เจริญ ,2546) รายงานว่าวัสดุที่นิยมใช้ผลิตถุงพลาสติก ได้แก่ โพลิเอทิลีน (Polyethylene:PE) และโพลิโพรพิลีน (Polypropylene:PP) โดยทั่วไปพลาสติกทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติที่ดีสำหรับการทำหน้าที่ในการบรรจุโดยมีความอ่อนตัว จึงขึ้นรูปได้ง่าย พิมพ์ติดได้ดีและป้องกันความชื้นได้ดี โดยเฉพาะโพลิเอทิลีนเป็นวัสดุพลาสติกที่ใช้งานมากที่สุด และราคาถูก เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ทำให้ปิดผนึกได้ง่ายและต้นทุนการผลิตต่ำ แต่การป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์และกลิ่นยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากถุงพลาสติกที่ผลิตจากโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีนมีช่องว่างขนาดเล็ก (Pinhole) ที่ทำให้แก๊สซึมผ่านได้ดี

2.4.2.3 เก็บในวัสดุโลหะ

วัสดุโลหะ หมายรวมถึง กระป๋องโลหะซึ่งนิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา และวัสดุประกอบ (Laminate) ซึ่งส่วนมากนิยมใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรป การประกบประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไป โดยนำวัสดุต่างกันมาประกบรวมกันเป็นแผ่นเดียว เพื่อรวมคุณสมบัติที่ดีของวัสดุแต่ละชนิดไว้ในตัวบรรจุภัณฑ์ เช่น การใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันแสงได้ดีร่วมกับโพลิเอทิลีนที่เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของชั้นที่จะต้องปิดผนึกด้วย ความร้อน นอกจากนั้นโพลิเอทิลีนยังสามารถปิดช่องว่างขนาดเล็กที่มีอยู่ในแผ่นเปลวอลูมิเนียม การประกบแผ่นเปลวอลูมิเนียมอยู่ระหว่างโพลิเอสเตอร์และโพลิเอทิลีน โดยใช้โพลิเอสเตอร์ทำให้

เกิดความแข็งแรงและการคงรูป ส่วนแผ่นเปลวอลูมิเนียมป้องกันความชื้น แก๊สออกซิเจนและแสง และโพลิเอทิลีนซึ่งถูกประกบด้านในสุดของบรรจุภัณฑ์ให้การปิดผนึกด้วยความร้อนที่ดี บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้สามารถปิดผนึกแบบสุญญากาศได้ และบรรจุภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งคือ บรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยการประกบโพลิไวนิลคลอไรด์อยู่ระหว่างโพลิเอไมด์และโพลิเอทิลีน โดยโพลิเอไมด์จะถูกเมทัลไลซ์ ซึ่งการเมทัลไลซ์สามารถช่วยให้บรรจุภัณฑ์ป้องกันแสงและความชื้นได้

2.4.2.4 การเก็บในถุงหรือวัสดุที่เป็นสุญญากาศ หรือเติมแก๊สเฉื่อยบางชนิดลงในบรรจุภัณฑ์

การเก็บในลักษณะนี้สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วได้นานขึ้น เนื่องจากป้องกันไม่ให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆ ในกาแฟคั่ว โดยทั่วไปถุงที่ใช้ในการบรรจุแบบสุญญากาศได้จากการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม ทำให้มีลักษณะคล้ายกระป๋องที่มีลักษณะอ่อนตัว (Flexible Can) และถุงสุญญากาศมีข้อดีที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการบรรจุในกระป๋องโลหะในกรณีที่กำลังการผลิตเท่ากัน

2.4.2.5 การเก็บในถุงที่มีส่วนช่วยระบายแก๊ส (Degassing Valve)

การบรรจุกาแฟคั่วโดยใช้บรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัวทั้งในลักษณะถุงประกบหรือถุงพลาสติก อาจทำให้ถุงโป่งพองแตกได้เนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จึงต้องปล่อยแก๊สปริมาณหนึ่งออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยการใช้วาล์วระบายแก๊สติดไว้กับบรรจุภัณฑ์ วาล์วดังกล่าวมีลักษณะเป็นวาล์วแบบทิศทางเดียว (One-way Valve) โดยยอมให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ดันออกนอกบรรจุภัณฑ์แต่ไม่ยอมให้แก๊สออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อความดันภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นสูงกว่าความดันภายนอกบรรจุภัณฑ์ วาล์วจะเปิดเพื่อระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ภายนอก เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลวาล์วจะปิด การใช้วาล์วระบายแก๊สจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพราะสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ป้องกันความชื้นและแสงได้ดี

**2.4.3 วิธีการชงกาแฟ**

ใช้กระดาษกรองสำหรับกรองกาแฟ วางบนปากแก้วเพื่อที่จะกรองกาแฟสำหรับทาน เทกาแฟลงไปบนกระดาษกรอง จำนวน 2 g เติมน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 °C ลงบนกระดาษกรอง 30 mL วนให้ทั่วกระดาษกรองประมาณ 3-4 รอบ น้ำจะพอดีต่อกาแฟ 2 g เพื่อที่จะได้รสชาติกาแฟที่ดีที่สุดจากนั้นให้ใช้ช้อนคนให้เข้ากัน จึงจะทาน (พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส, 2549)

**2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาคุณภาพของกาแฟผง**

การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่วการเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่วเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟเมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งโดยกลิ่นรสของกาแฟมีแนวโน้มด้อยลงซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับปัจจัยต่อไปนี้

2.4.4.1 แก๊สออกซิเจนเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งนำไปสู่การเกิดกลิ่นอันเป็นปัญหาหลักมีต่อการเสื่อมเสียรสชาติของกาแฟโดยการคั่ว จะกระตุ้นให้ลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในของกาแฟเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าของกาแฟ และกาแฟเริ่มสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น อย่างไรก็ตามกาแฟมีสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (antioxidant) ประเภทโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดคลอโรจินิกและกรดควินิก ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยชะลอปฏิกิริยาออซิเดชั่นได้

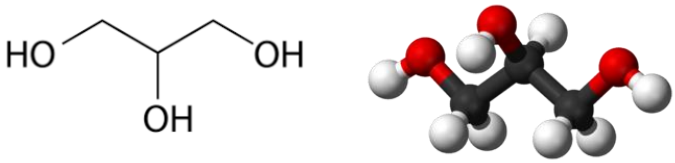


2.4.4.2 อุณหภูมิและความชื้นสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและปฏิกิริยาชีวเคมีอื่น ๆ ทำให้สารที่ให้กลิ่นรสของกาแฟกระจายตัวโดยละลายไปกับไอน้ำเป็นผลให้คุณภาพของกาแฟคั่วด้อยลงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสูงเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน แต่การเก็บกาแฟคั่วในสภาวะแวดล้อมที่แห้งและอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บกาแฟได้เป็นระยะเวลานานนับเดือนก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟ

2.4.4.3 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่มีประโยชน์ในการช่วยเก็บรักษากลิ่นรสของกาแฟเอาไว้แต่แก๊สนี้ระเหยออกไปได้ง่ายโดยเฉพาะระหว่างการบดทำให้กลิ่นรสของกาแฟสูญเสียไปด้วย ถ้าบรรจุกาแฟหลังจากการคั่วเสร็จใหม่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิททันทีก็มีโอกาสให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้บรรจุภัณฑ์เสียหายและยังทำให้กาแฟคั่วบดฟุ้งกระจายเมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์ครั้งแรก

## 2.5 กลีเซอรอล

กลีเซอรอล (Glycerol) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอรีน (Glycerin) เป็นชื่อที่มาจากคำในภาษากรีกว่า glykys หมายถึงความหวาน กลีเซอรอลมีลักษณะเป็นของเหลว ใสหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ มีรสหวานเล็กน้อย กลีเซอรอลเป็นสารจำพวกโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric Alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุลคือ $C_3 H_8 O_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92.09 g/mol และมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3 -โพรเพนไตรออล (1,2,3-propanetriol) จากภาพโครงสร้างของกลีเซอรอลดงแสดงในภาพ 2.11 พบว่ากลีเซอรอลประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ซึ่งใน 2 หมู่ เป็นของไฮดรอกซิลปฐมภูมิ (Primary hydroxyl) และหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ (Secondary hydroxyl) 1 หมู่




**ภาพ 2.11** สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล
อ้างอิง https://doc.chemipan.com



สำหรับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกลีเซอรอล พบว่ากลีเซอรอลละลายได้ดีทั้งใน น้ำ เมทานอล เอทานอล ไอโซเมอร์ของโพรพานอล บิวทานอล เพนทานอล รวมทั้งฟีนอลไกลคอลโพรเพนไดออลเอมีน และสารประกอบที่เป็นเฮเทอโรไซคลิก ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลเอสเทอร์ และ ไดออกเซน ไม่ละลายในตัวทำละลายจำพวกเฮโลเจน เช่น คลอโรฟอร์ม เป็นต้น ดังนั้นการที่กลีเซอรอล ละลายได้ในสารหลายประเภทจึงถูกใช้เป็นตัวทำละลายที่มีประโยชน์สำหรับอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมยาอาหารและเครื่องสำอาง เป็นต้น นอกจากนั้นกลีเซอรอลยังสามารถทำปฏิกิริยา ได้เหมือนกับแอลกอฮอล์ การผลิตกลีเซอรอลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีเช่น อาจผลิตได้จากการหมักด้วยจุลินทรีย์หรือผลิตจากการสังเคราะห์ทางเคมีโดยใช้วัตถุดิบจากปิโตรเคมี หรือผลิตจากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสฆู่ จากไขมัน หรือผลิตมาจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์รวมคือกลีเซอรอล ในอดีตกลีเซอรอลส่วนใหญ่ผลิตจากการทาสบู่ เนื่องจากปัญหาราคาน้ำมันดิบที่มีมูลค่าสูงขึ้น ทำให้มีการหาแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ หนึ่งในนั้นคือการผลิตไบโอดีเซล พบว่าในปี ค.ศ.1992 ปริมาณการผลิตกลีเซอรอลส่วนใหญ่มาจากสฆู่และกรดไขมัน และยังไม่มีรายงาน ของการผลิตกลีเซอรอลจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซล ต่อมาในปีค.ศ. 1995 เริ่มมีการผลิตกลีเซอรอล จากไบโอดีเซลแต่ยังมีปริมาณไม่มาก จนมาถึงในปีค.ศ. 2010 การผลิตกลีเซอรอลจากไบโอดีเซลมี ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากจนแซงการผลิตกลีเซอรอลจากสฆู่และกรดไขมันในการผลิตไบโอดีเซล ประมาณ 200 ตัน/วัน จะเกิดกลีเซอรอลดิบที่เป็นผลพลอยได้จำนวนมากถึง 14-16 ตัน/วัน กลีเซอรอลดิบที่ได้มี ลักษณะเป็นสีน้ำตาลและไม่สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ โรงงานที่มีการผลิตไบโอดีเซล จึงจำเป็นต้อง

กำจัดทิ้งในฐานะที่เป็นของเสีย ดังนั้นหากมี การนำกลีเซอรอลเหล่านี้มาบำบัดให้มีความบริสุทธิ์เพียงพอ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทำให้กลีเซอรอลสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง (ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร, 2557)

## 2.6 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

การทดสอบคุณภาพของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ อาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเพคติน ดังนี้

### 2.6.1 การย่อยสลาย

การย่อยสลายทางชีวภาพนั้นอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์มาย่อยสลายวัสดุให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซมีเทน หรือน้ำ ซึ่งวัสดุพลาสติก อาจจะเป็นพลาสติกที่ได้รับการพัฒนาโดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีให้จุลทรีย์ย่อยสลายได้ หรือ วัสดุโพลิเมอร์

Polylactic Acid หรือ PLA วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Polylactic Acid (PLA) คือแป้งที่มาจากทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ (Renewable Resource) ซึ่งได้แก่พืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการบดหรือโม่พืชนั้นให้ละเอียดเป็นแป้ง จากนั้นทำการย่อยแป้งให้ได้เป็นน้ำตาล และนำไปหมัก (Fermentation) ด้วยจุลินทรีย์เกิดเป็น Lactic Acid ซึ่งมีกรรมวิธีคล้ายกับการหมักเบียร์ ทำให้คุณสมบัติของ PLA เปลี่ยนไปตามลักษณะการใช้งาน ทั้งนี้ PLA สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกได้เช่นเดียวกับเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียม อีกทั้ง PLA ยังมีคุณสมบัติพิเศษคือมีความใส ไม่ย่อยสลายในสภาพแวดล้อมทั่วไป แต่สามารถย่อยสลายได้เองเมื่อนำไปฝังกลบในดิน ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถ้วยใส่อาหาร กล่องใส่อาหาร แก้วใส่ของร้อน

Polyhydroxyalkanoates หรือ PHAs วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Polyhydroxyalkanoates (PHAs) คือ แป้งหรือน้ำตาลที่มาจากทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ ซึ่งได้แก่ พืชที่มีแป้งหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังและอ้อย เป็นต้น โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการบดหรือโม่พืชนั้นให้ละเอียดเป็นแป้ง จากนั้นทำการย่อยแป้งให้ได้เป็นน้ำตาล และนำไปหมัก ด้วยจุลินทรีย์ชนิดพิเศษชื่อ *Eschericia Coli* ซึ่งกินน้ำตาลเป็นอาหาร และสามารถเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลภายในตัวจุลินทรีย์เองเป็น PHAs ซึ่งสามารถแยกออกมาได้โดยการกะเทาะแยกเปลือกนอกหุ้มจุลินทรีย์ออก เนื่องจาก PHAs มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลว (Tm) ที่กว้างตั้งแต่ 50 – 180 ℃ จึงทำให้มีคุณสมบัติในการนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกได้หลากหลาย เช่น การขึ้นรูปเป็นฟิล์ม (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15)

**2.6.2 การเก็บรักษากลิ่นของกาแฟ**

กลิ่น ถือเป็นสัมผัสแรกของนักบริโภคกาแฟ เนื่องจากกลิ่นของกาแฟเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยเสริมรสชาติกาแฟให้กลมกล่อม ช่วยสร้างบรรยากาศภายในร้านกาแฟให้มีความหอมอบอวล ทั้งยังช่วยปลุกสมอง ทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า พร้อมทำงานตลอดเวลา แม้ว่าอาจจะรู้สึกว่ากลิ่นของกาแฟนั้นคล้ายคลึงกันไปหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วกาแฟแต่ละชนิดได้ซ่อนกลิ่นที่แตกต่างกันเอาไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงทำให้การเก็บรักษากลิ่นของกาแฟเป็นเรื่องสำคัญ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้หาวิธีการเก็บรักษากลิ่นกาแฟ ดังนี้ (**พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส, 2549**)

1) ควรเก็บเมล็ดกาแฟ หรือกาแฟบดในบรรจุภัณฑ์ทึบ เพื่อช่วยป้องกันแสงแดด เพราะแสงอาทิตย์ทำให้กลิ่นระเหยเร็วและความสดหายไป และปิดสนิทเพื่อป้องกันอากาศและความชื้น อาจใช้กระปุกเซรามิกแบบฝามีซิลยาง แต่ไม่แนะนำให้เก็บในถุงกาแฟแล้วใช้แค่ลวดหรือที่หนีบปิดปากถุง เพราะไม่มีความแน่นหนาพอจะป้องกันอากาศและความชื้นได้ ซึ่งหากต้องการเก็บในถุงกาแฟ ให้พับปากถุงหลาย ๆ ชั้นแล้วปิดทับด้วยเทปกาวหรือมัดด้วยยางอย่างหนาแน่น และนำมาเก็บในกระปุกที่กันอากาศได้อีกชั้นหนึ่ง

2) เก็บถุงหรือขวดกาแฟไว้ให้ห่างจากแหล่งความร้อน หากหีบห่อแน่นหนาพอป้องกันกลิ่นและความชื้นได้ อย่าลืมว่าหากใช้เสร็จทุกครั้งจะต้องรีบปิดภาชนะในทันที ไม่ควรนำกาแฟเก็บในตู้เย็น แม้ว่ากาแฟบางยี่ห้อจะแนะนำให้แช่เย็นก็ตาม เพราะความเย็นทำให้รสชาติของกาแฟเสีย และเมื่อเอาขวดออกจากตู้เย็นอาจทำให้เกิดความชื้นในขวดได้

3) หากมีเครื่องบด ให้บดเท่าที่ต้องใช้ครั้งต่อครั้ง โดยเมื่อมีการบดแล้วก็ต้องใช้ให้หมดในคราวเดียว เพราะกาแฟที่บดแล้วจะสูญเสียกลิ่นและรสชาติได้ไวกว่ากาแฟที่เป็นเมล็ด แต่หากไม่มีเครื่องบดและสั่งซื้อกาแฟบดแล้ว ก็ให้ระมัดระวังในการเก็บรักษาโดยเฉพาะการเปิด-ปิด ภาชนะ เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพไว้ให้นานที่สุด การเก็บรักษากาแฟควรหลีกเลี่ยง ความชื้น แสงแดด อากาศ รวมทั้งความร้อน เพราะสิ่งเหล่านี้จะส่งผลทำให้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนรสชาติ และความหอมของกลิ่นกาแฟได้

**2.6.3 ความชื้น**

อุณหภูมิและความชื้น สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและปฏิกิริยาชีวเคมีอื่นๆ ทำให้สารที่ให้กลิ่น รส ของกาแฟสลายตัวโดยละลายไปกับไอน้ำ เป็นผลให้คุณภาพของกาแฟคั่วเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสูงเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน แต่การเก็บกาแฟคั่วในสภาวะแวดล้อมที่แห้งและอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บกาแฟได้ เป็นระยะเวลานานนับเดือนก่อนการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสของกาแฟ กิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งเมื่อปริมาตรน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.6% โดยเชื้อราส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาตรน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.7% ส่วนยีสต์

และแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาตรน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.8% และ 0.9% ตามลำดับ ปริมาตรน้ำอิสระมีผลต่ออัตราเร็ว ปริมาตรน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นถึงระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้และส่งผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส, 2549)

## 2.7 การทดสอบคุณภาพเพคติน

การสกัดเพคตินโดยการหาปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในพืชเพียงอย่างเดียวนั้น ไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าพืชชนิดนั้น มีคุณสมบัติที่จะสามารถนำ มาใช้เป็นแหล่งของเพคตินในระดับอุตสาหกรรมได้ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินที่เราสกัดได้ ดังนี้

**2.7.1 การวิเคราะห์หาค่า Degree of Esterification (DE)**

เป็นการหาร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิก ที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ ด้วยหมู่เมทิล ถ้ามีหมู่คาร์บอกซิลในกรดพอลีกาแลคทูโรนิกทั้งหมดเป็นเอสเทอร์จะมีปริมาณของ หมู่เมททอกซิล 16.32% ซึ่งลักษณะนี้จะถือว่าเป็นระดับของการเกิด เอสเทอร์ 100% (Kertesz ,1951) โดยมีการแบ่งเพคตินตามระดับการเกิดเอสเทอร์คือเพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์มากกว่า 50% ขึ้นไป หรือมีปริมาณเมททอกซิลตั้งแต่ 8.16 % ขึ้นไป จัดเป็นเพคติน ชนิดที่มีหมู่เมททอกซิลสูง ส่วนเพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์น้อยกว่า 50% หรือมี ปริมาณเมททอกซิลต่ำกว่า 8.16% จัดเป็นเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ มีสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละระดับ Degree of Esterification (\%DE)} = \frac{V2}{V1+V2+10} \times 100$$

เมื่อ V1 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

**2.7.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเมธอกซิล ( Methoxy1 Content; MeO )**

จำนวนของหมู่เมททอกซิล ที่อยู่ในโมลกุลของเพคติน ปริมาณหมู่เมททอกซิลนี้จะคล้ายกับระดับการเกิดเอสเทอร์ และเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคติน และความว่องไวในการตอบสนองต่อโพลีวาเลนต์แคตไอออน (Polyvalent Cation) ซึ่งใช้วิธีการหาโดยการทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นของเพคติน และทำการไทเทรตเพื่อหาหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณเมธอกซิล (\%w/w)} = \frac{\mathbf{V_{รวม} \times 15.52}}{\text{ปริมาณตัวอย่าง}(\mathbf{mg})} \times 100$$

เมื่อ V1 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1
V2 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2
Vรวม = V1 + V2

**2.7.3 การวิเคราะห์หาค่ากรดกาแลคทูโรนิก**

เพคตินที่สกัดได้จะมีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดกาแลดทูโรนิก ซึ่งหาได้จากการนำเพคตินไปทำปฏิกิริยา กับกรดซัลฟิวริก เพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H') เข้าแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนของโลหะ ทำให้ได้กรดกาแลดทูโรนิกที่มีแต่หมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด แล้วไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย ดาร์บาซอลจะได้สารละลายสีม่วง จากนั้นนำไปวัดด่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพดติน ซึ่งเป็นวิธีที่ (Kim,*et al*., 2000). ใช้ในการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในงานวิจัย มีสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (\%w/w)} = \frac{\mathbf{V_{รวม} \times 97.07}}{\text{ปริมาณตัวอย่าง}(\mathbf{mg})} \times 100$$

เมื่อ V1 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1
V2 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2
$V_{รวม}$ = V1 + V2

## 2.8 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

**2.8.1 การสกัดเพคติน**

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ (2562) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนและประยุกต์ใช้ในการทำแยมและเยลลี่ทำได้ โดยนำเปลือกทุเรียนส่วนสีขาวมาบดทำแห้งและสกัดโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.05 N น้ำกลั่นและความดันไอสูง จากผลการทดลองพบว่าวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียน คือการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากค่าระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค มีค่าใกล้เคียงกับเพคติน ทางการค้าที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินคืออุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพคตินที่สกัดได้จัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเพคตินเกรดโรงงาน เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าตามข้อกำหนดของคณะกรรมการด้านวัตถุเจือปนในอาหาร



ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ,ม.ป.ป ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน จากเปลือกส้มโอและคุณสมบัติของเพคตินโดยค่าพีเอชกรดไฮโดรคลอริกที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ อุณหภูมิที่ใช้คือ 60 70 80 และ 90 °C และเวลาที่ใช้ 15 30 60 และ 90 นาที พบว่าสามารถสกัดเพคตินได้มากที่สุดคือ pH 1 อุณหภูมิ 90 °C และสกัด 90 นาที มีปริมาณเพคตินสูงสุดเท่ากับ 3.33 g หรือ 8.33% โดยน้ำหนัก

กนกพร สังขรักษ์และคณะ (2554) ศึกษาผลของความชื้น อุณหภูมิ pH ชนิดและความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการสกัด ปริมาณโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และเวลาต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้

พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินและให้ปริมาณเพคตินสูงสุด คือการใช้เศษผักกาดขาวสกัดกับกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N (pH 3.0) อุณหภูมิ 100 °C ร่วมกับโซเดียมเอกซะเมตาฟอสเฟต 8% (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 90 นาที จากสภาวะที่เหมาะสมนี้ได้ผลผลิตเพคติน 3.46 : 0.002 g เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่ได้ พบว่าอยู่ในช่วงมาตรฐานเพคตินตามที่ (JECFA) ได้กำหนด

ธนาวรรณ สุขเกษม และขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา (2559) ศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี ที่เหมาะสม โดยนำกะหล่ำปลีจากภูทับเบิกมาสกัดด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกและกรคไนตริก ความเข้มข้น 1 N อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ คือ 80, 90 และ 100 °C และเวลาที่ใช้คือ 30,60 และ 90 นาที จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ ร้อยละความชื้น, ปริมาณเมธอกซี, น้ำหนักสมมูล,เปอร์เซ็นต์ DE และมิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิก (%) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีดีเอ็มอาร์ที (DMRT) พบว่าสารสกัดเพคตินที่สกัดได้ดีที่สุด คือ เพคตินที่สกัดด้วยกรคในตริก ($HN0_3$) เข้มข้น 1 N ที่อุณหภูมิ 90 °C 90 นาที จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี มีปริมาณน้ำหนักแห้ง 15.8% ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ พบว่าเพคตินที่สกัดได้จะมีความชื้น 26.33%, ปริมาณเมธอกซี 6.44%, น้ำหนักสมมูล 808.19 mg, เปอร์เซ็นต์ DE 51.65% และปริมาณของกรดกาแลกทูโรนิก 691.97%

**2.8.2 ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์**

ภาวิณี เทียมดี และ บวรรัตน์ บิ้งสลุง (2562) ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฟิล์ม ศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล 4 ระดับ คือ 0%, 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนักของแป้งขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 4 ชั่วโมง นำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ได้แก่ ความหนาค่าแอคติวิตี้ของน้ำ ค่าการละลาย ค่าต้านทานแรงดึง ค่าต้านทานแรงเจาะ และศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม พบว่าความหนาของฟิล์มมีค่า ระหว่าง 0.20-0.30 mol สำหรับค่าแอคติวิตี้ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.40-0.50 mol

**2.8.3 บรรจุภัณฑ์ใส่กาแฟ**

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส (2549) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดที่เหมาะสมสำหรับผู้ผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กเปรียบเทียบคุณภาพของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดกับชุดควบคุม ตัวชี้วัดคุณภาพของกาแฟคั่วบด ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ปริมาณกรดทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์สามารถลดโอกาสของการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกซิเจนกับกาแฟคั่วบดได้ โดยถุง

อลูมิเนียมฟอยล์พร้อมซองบรรจุสารดูดซับก๊าซออกซิเจนสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ได้ดี รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดยังสามารถทนทานต่อแรงดันของแก๊สคาร์บอนไดออกไซค์จากที่กาแฟคั่วบดปล่อยออกมาได้ โดยไม่ทำให้บรรจุภัณฑ์เสียหาย สมบัติที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์สำหรับกาแฟคั่วดังนี้ คือ อัตราซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (ไม่เกิน 0.3 g/$m^2$/D) และต้องสามารถป้องกันแก๊สออกซิเจนและป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดี เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากาแฟคั่วจะปลดปล่อยกลิ่นและรสอย่างต่อเนื่อง วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถขึ้นรูปได้ง่าย บรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุกาแฟต้องแข็งแรงทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้แก่ แรงกดอัดจากภายนอกที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและแรงดันจากภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซค์ บรรจุภัณฑ์ควรมีส่วนร่วมในการยืดระยะเวลาเก็บรักษาในระหว่างการจำหน่ายอีกด้วย

**2.8.4 การคั่วกาแฟ**

ลานิ คิงส์ตัน (2560) ได้ศึกษาการคั่วกาแฟ ซึ่งกระบวนการให้ความร้อนกับเมล็ดกาแฟดิบจนเกิดการเปลี่ยนแปลงสารดั้งเดิมในเมล็ดกาแฟดิบ ให้กลายไปเป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติอันพึงประสงค์เมื่อนำเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วมาชงเป็นเครื่องดื่มกาแฟแต่ละชนิดมีจุดที่เหมาะสมที่สุดในการคั่วแตกต่างกัน การคั่วกาแฟจึงเป็นวิธีและขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการดึงคุณสมบัติต่างของกาแฟออกมา ไม่ว่าจะเป็นความหอม ความกลมกล่อมของรสชาติเข้มกลมกล่อมต่าง ๆ ออกมา พบว่าการคั่วกาแฟจะใช้ความร้อนที่ 180-240 ℃ ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 - 20 นาที อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะมีผลต่อความหอมและรสชาติกาแฟเป็นอย่างมาก

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อทดสอบคุณภาพของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ และทดสอบความสามรถของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.2 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ

3.3 การศึกษาคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

3.4 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

3.5 การทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์

3.6 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

3.7 การศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

**3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการสกัดเพคติน**

1. ปิเปตต์ (Pipette)
2. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 mL
3. ผ้าขาวบาง (Thin Whites)
4. แท่งแก้วคนสาร (Glass Rod)
5. กระบอกตวง (Cylinder) 10 mL และ 100 mL
6. ช้อนตักสาร (Dispensing Spoons)
7. ฟอยล์ห่ออาหาร (Aluminium Foil)

**3.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบคุณภาพของเพคติน**

1. กระบอกตวง (Cylinder) 10 mL และ 100 mL
2. ปิเปตต์ (Pipette)
3. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 mL
4. แท่งแก้วคนสาร (Glass Rod)
5. กระบอกตวง (Cylinder) 10 mL และ 100 mL
6. ช้อนตักสาร (Dispensing Spoons)
7. ชุดบิวเรต (Buret)
8. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)

### 3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น ATX 224

**ภาพ 3.1** เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

2) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น Model 100-800

**ภาพ 3.2** ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

3) เตาให้ความร้อน (Hotplate) ยี่ห้อ EGO 1500W Germany รุ่น 310

**ภาพ 3.3** เตาให้ความร้อน (Hot Plate)

4) ตู้ดูดไอสารเคมี (Fume Hood) ยี่ห้อ GTech “Thailand” รุ่น GT-240TA

**ภาพ 3.4** ตู้ดูดไอสารเคมี (Fume Hood)

### 3.1.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมีที่ใช้ในการสกัดเพคติน

1. กรดไฮโดรคลอริก
2. เอทิลแอลกอฮอร์ 95%
3. อะซิโตน

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพเพคติน

1. ไฮดรอกซาลามีน
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. เฟอริคคลอไรด์
4. ฟีนอลเรด
5. ฟีนอล์ฟทาลีน

## 3.2 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ

### 3.2.1 วิธีสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ

1) หั่นเปลือกส้มโอ ปริมาณ 1 Kg เป็นชิ้นเล็กๆ และล้างด้วยน้ำสะอาด

2) ต้มเปลือกส้มโอในเอทานอล ปริมาตร 1000 mL อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที แล้วตากแดดให้แห้งสนิท

3) ปั่นเปลือกส้มโอที่แห้งสนิทจนเป็นผงละเอียด

4) ชั่งเปลือกส้มโอบดแห้งปริมาณ 100 g เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N ปริมาตร 1,200mL สกัดที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 1 ชั่วโมง (ภาพ 3.5 ก)

5) พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง และกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เพื่อตกตะกอน นำส่วนที่กรองได้มาล้างด้วยเอทานอล 1:2 โดยปริมาตร (ภาพ 3.5 ก)

6) ผสมให้เข้ากันและแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง (ภาพ 3.5 ข)

7) ล้างตะกอนด้วยอะซิโตน เข้มข้น 80% จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 mL และใส่ถาด ตั้งทิ้งไว้ 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหย

8) อบตะกอนที่ได้ ให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 65 ℃ เวลา 12 ชั่วโมง แล้วปั่นให้ละเอียด เก็บใส่ภาชนะไม่ให้อากาศเข้า

ก) ต้มด้วย HCl และตกตะกอนด้วย HCl

ข) เมื่อคนให้เข้ากันแล้วแช่ตู้เย็น 15 ชั่วโมง

**ภาพ 3.5** การสกัดเพคตินจากเปลือกส้ม

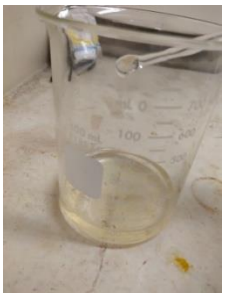
## 3.3 การศึกษาคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

### 3.3.1 การตรวจสอบเพคตินเบื้องต้น

1) เพคตินที่ต้องการทดสอบ 0.01 g (ภาพ 3.6) ละลายในน้ำกลั่น 100 mL

2) กรดไฮดรอกซาลมีน เข้มข้น0.1 N ปริมาตร 1 mL และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 1 mL แล้วรอทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จึงเติมกรดไฮโดรคลอริคปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารเฟอริคคลอไรด์เข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1 mL ถ้าสารละลายที่ได้มีตะกอนสีแดงไม่ละลายน้ำเกิดขึ้น แสดงว่ามีสารประเภทเพคติน(ภาพ 3.6)

ก) ชั่งเพคติน 0.01 g



ข) เพคตินเกิดตะกอนที่ไม่ละลาย

**ภาพ 3.6** การตรวจสอบเพคตินทางเคมี

**3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเมธอกซิล**

1) นำสารละลายที่ผ่านการหาน้ำหนักสมมูลแล้ว มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 mL จนเป็นสีชมพูเข้ม แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที

2) เติมสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 mL เขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีชมพูเข้มเป็นสีเหลือง

3) นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียวไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ไตเตรทจนกระทั่งถึงจุดยุติ

4) คำนวณหาปริมาณเมธอกซิลจากสูตร (เวธกา เช้าเจริญ, 2561)

$$\text{ร้อยละปริมาณเมธอกซิล (\%w/w)} = \frac{\mathbf{V}_{\text{รวม}} \times 15.52}{\text{ปริมาณตัวอย่าง}(\mathbf{mg})} \times 100$$

ก) เติมสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 N จนเป็นสีเหลือง

ข) ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียวไฮดรอกไซด์จนเป็นสีชมพู

**ภาพ 3.7** การหาปริมาณเมทอกซิลซิล

**3.3.3 การวิเคราะห์หาค่ากรดกาแลคทูโรนิก**



1) ผงเพคติน 5 g เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 5 mL และแอลกอฮอล์เข้มข้น 60% ปริมาตร 100 mL ใช้แท่งแก้วคนประมาณ 10 นาที

2) กรองและล้างกรดไฮโดรคลอริกด้วยแอลกอฮอล์ครั้งละ 15 mL รวม 6 ครั้ง

3) ล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 60% จนตะกอนไม่มีคลอไรด์ และล้างด้วยแอลกอฮอล์อีก 20 mL

4) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C เป็นเวลา 2:30 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

5) นำเพคตินที่เตรียมได้จากข้อ 4) มา 1 ใน 10 ของน้ำหนักแห้ง เติมแอลกอฮอล์ ปริมาตร 2 mL และเติมน้ำอุณหภูมิห้อง ปริมาตร 100 mL เขย่าจนได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกันไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์จนได้ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เท่ากับ V1

6) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 20 mL เขย่าจนไม่มีสีชมพู เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนจากนั้น ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนได้สีชมพูอ่อนปริมาตรของด่างที่ใช้เท่ากับ V2 คำนวณจากสูตร (เวธกา เช้าเจริญ, 2561)

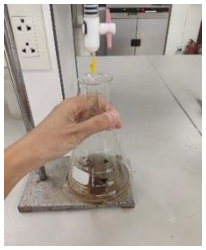


V1 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

$V_{รวม}$ = V1 + V2

$$\text{ร้อยละปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (\%w/w)} = \frac{V_{รวม} \times 97.07}{\text{ปริมาณตัวอย่าง(mg)}} \times 100$$



ก) ไตเตรทครั้งที่ 1 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนได้สีชมพู

ข) ไตเตรทครั้งที่ 1 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนได้สีชมพู

**ภาพ 3.8** การหาค่ากรดแลคทูโรนิค



### 3.3.4 การวิเคราะห์หาค่า Degree of Esterification

1) ชั่งน้ำหนักผงเพคติน 0.5 g เติมเอทานอลเข้มข้น 95% ลงไปปริมาตร 2 mL

2) ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาตร 100 mL

3) ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 5 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็น V1

4) จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 10 mLแล้วเขย่าแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

5) นำไปเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 mL จากนั้นเขย่าจนกระทั่งสีชมพูจางหายไป

6) เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด 10 เข้มข้น 0.5 N จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกผลคำนวณหาค่าDegree of Esterification จากสูตร (เวธกา เช้าเจริญ, 2561)

V1 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซต์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซต์ที่ใช้ครั้งที่ 2

$$\text{ร้อยละระดับ Degree of Esterification (\%DE)} = \frac{\mathbf{V2}}{\mathbf{V1+V2+10}} \times 100$$

ก) ไตเตรทด้วยสารลายโซเดียมไฮดรอกไซต์จนเป็นสีชมพู

ข) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 mL เขย่าจนสีชมพูจาง

**ภาพ 3.9** วิเคราะห์หาค่า Degree of Esterification

## 3.4 การขึ้นรูปบรรจุภัณ

### 3.4.1 วิธีการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

1) ชั่งเพคติน 10 g ใส่บีกเกอร์ขนาด 50 mL

2) ชั่งแป้งมันสำปะหลัง 20 g ใส่บีกเกอร์ขนาด 50 mL

3) นำเพคตินที่ชั่งได้มาผสมกับน้ำกลั่น 200 mL

4) ผสมแป้งมันสัมปะหลังกับเพคตินเข้าด้วยกัน แล้วนำไปต้ม

5) ต้มแป้งมันสำปะหลังและเพคตินเข้าด้วยกัน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °C แป้งจะมีลักษณะข้นและหนืด

6) กรองกับผ้าขาวบางเพื่อแยกตะกอนออก

7) นำส่วนผสมที่กรองแล้ว มาเติมน้ำกลั่นเพิ่มอีก 100 mL

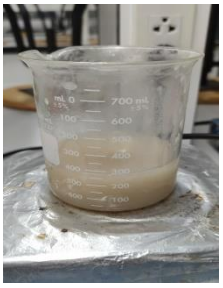
8) หลังจากนั้นใส่กลีเซอรอลในส่วนผสม 20 mL

9) ต้มส่วนผสมทั้งหมด 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °C จนสุก

10) เทส่วนผสมลงในถาดซิลิโคนขนาด 26.5 x 31 cm แล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอกัน

11) เข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 60-70 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

12) หลังจากนั้นจะได้เป็นแผ่น นำมาตัดและซีลตามขนาดที่ต้องการ แล้วจะได้เป็นซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ



ก) ต้มเพคติน แป้งมันสัมปะหลัง และกลีเซอรอล เข้าด้วยกัน

ข) นำส่วนผสมเพคตินไปอบและนำมาขึ้นเป็นซองบรรจุภัณฑ์

**ภาพ 3.10** การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

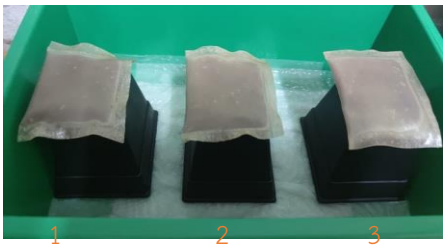


## 3.5 การทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์

1. เตรียมภาชนะมีฝาปิด เพื่อใช้ทดสอบการดูดความชื้นของบรรจุภัณฑ์
2. สำลีชุบน้ำอุณหภูมิ 40 ℃ ให้ชุ่มนำไปใส่ในภาชนะ
3. รอให้มีความชื้นเพียงพอในภาชนะที่จะใช้สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงในเวลา 1 ชั่วโมง
4. เอาซองบรรจุภัณฑ์ไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและวางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนฐานในภาชนะให้เหนือกว่าสำลี
5. ปิดฝาภาชนะให้แน่น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของบรรจุภัณฑ์และผงกาแฟด้านใน เมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง และทุก 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 15 วัน เปรียบเทียบกับก่อนได้รับความชื้น

*หมายเหตุ ถ้าซองกาแฟมีความชื้นกาแฟในซองจะละลายและจับตัวกันเป็นก้อน

6. ทำการทดลองซ้ำตามในข้อที่ 1-5 เป็นกาแฟเปล่าและกาแฟที่บบรจุในซองบรรจุภัณฑ์เป็นเวลา 1-6 ชั่วโมง และ 1 วัน และ 2 วัน
7. เอากาแฟที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอ



**ภาพ 3.11** แผนผังแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของบรรจุภัณฑ์และผงกาแฟด้านใน ก่อนได้รับความชื้นและหลังได้รับความชื้น

## 3.6 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

### 3.6.1 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ ที่วางลงบนผิวดิน

1) ใส่ดินทางการเกษตรลงในภาชนะลึก 10 cm ตัวอย่างละ 3 ภาชนะ เทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า อีก 1 ภาชนะ วางตำแหน่งให้สอดคล้องตามภาพ (ดังภาพที่ 3.12)

2) วางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนผิวดิน

3) รดน้ำ ปริมาตร 100 mL เช้า-เย็น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะย่อยสลายหมด

ซองเปล่า

ซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟ

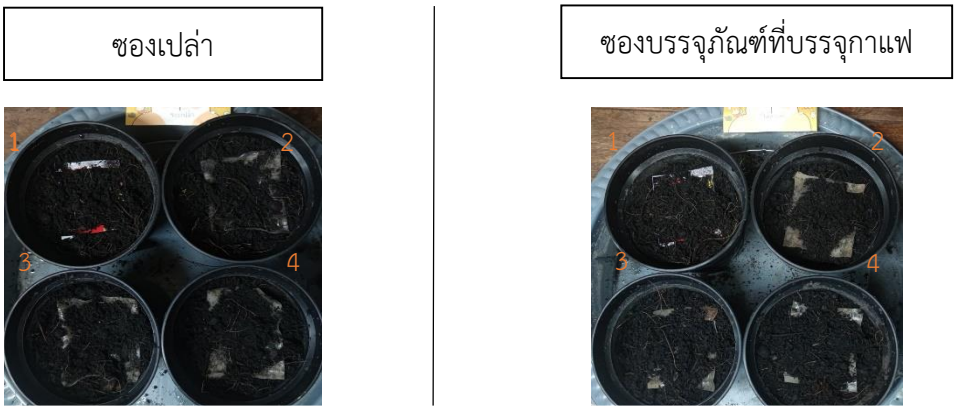
**ภาพ 3.12** แสดงการเปรียบเทียบการย่อยสลายซองบรรจุภัณฑ์ที่วางลงบนผิวดิน
*หมายเหตุ : ภาชนะที่ 1 ซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า, ภาชนะที่ 2-4 ซองบรรจุภัณฑ์

**3.6.2 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน**

1) ใส่ดินทางการเกษตรลงในภาชนะลึก 10 cm ตัวอย่างละ 3 ภาชนะ เทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟทางการค้า อีก 1 ภาชนะ วางตำแหน่งให้สอดคล้องตามภาพ (ดังภาพที่ 3.13)

2) วางซองบรรจุภัณฑ์ลึกลงไปในดิน 2 cm จากผิวดิน

3. รดน้ำ ปริมาตร 100 mL เช้า-เย็น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะย่อยสลายหมด




**ภาพ 3.13** แสดงการเปรียบเทียบการย่อยสลายซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน

*หมายเหตุ : ภาชนะที่ 1 ซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า, ภาชนะที่ 2-4 ซองบรรจุภัณฑ์

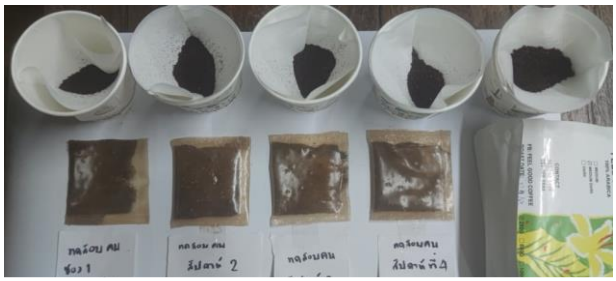
## 3.7 การศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

1. นำกาแฟเก็บใส่ซองบรรจุภัณฑ์ตามระยะเวลาดังต่อไปนี้ สัปดาห์ซองที่ 1 เก็บไว้ระยะเวลา 4 สัปดาห์, ซองที่ 2 เก็บไว้ระยะเวลา 3 สัปดาห์, ซองที่ 3 เก็บไว้ระยะเวลา 2 สัปดาห์และซองที่ 4 เก็บ ไว้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ และตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

2. นำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ใส่กาแฟแล้วไปให้ผู้เข้าร่วมทดสอบ ทดสอบการรักษารสชาติ, การรักษากลิ่น, ความชื่นชอบขนาดและรูปทรงของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

3. ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบทำแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 20 คน

4. จากนั้นเอากาแฟที่เก็บใส่ซองบรรจุภัณฑ์เป็นเวลา 1 เดือน มาส่องกล้องสเตอริโอเพื่อดูกาแฟที่เก็บไว้ในซองบรรจุภัณฑ์และซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า



**ภาพ 3.14** ซองบรรจุภัณฑ์ที่เก็บไว้ ตามระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ และตัวควบคุม ซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้

# บทที่ 4
# วิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเพคตินจากเปลือกส้มโอและเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง ผลการศึกษาแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสกัดเพคติน

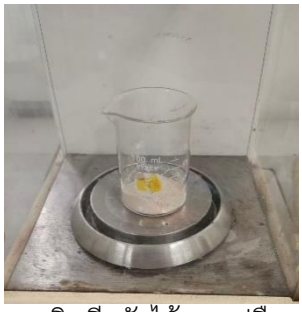
4.2 ผลกการทดสอบคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

4.3 ผลการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

## 4.1 ผลการทดลองการสกัดเพคติน

ผลการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง เปลือกส้มโอสด 1 Kg เมื่อน้ำไปตากแดดจนแห้งสนิท จะได้เปลือกส้มโอแห้ง 65 g เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีลักษณะคล้ายนมผง แต่เนื้อมีความละเอียดน้อยกว่านมผง สีครีมอมน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย ละลายน้ำได้และละลายได้ดีในน้ำร้อน



**ภาพ 4.1** ผงเพคตินทีสกัดได้จากเปลือกส้มโอ

## 4.2 ผลกการทดสอบคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอกับเพคตินทางการค้า

นำเพคตินเปลือกส้มโอที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 90 นาที มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้า ได้ผลดังตารางที่ 1 จากตารางพบว่า เพคตินจากเปลืองส้มโอที่สกัดได้มีปริมาณ Degree of Esterification อยู่ในช่วงเพคตินมาตรฐาน และพบว่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก และปริมาณเมธอกซิล มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินห้องปฏิบัติการมากที่สุด

**ตารางที่ 4.1** การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินเปลือกส้มโอที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า

| คุณสมบัติ | เกรดเพคติน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เพคตินจากเปลือกส้มโอ | โรงงานอุตสาหกรรม | ห้องปฏิบัติการ | เพคตินมาตราฐาน |
| **% เมธอกซิล** | 4.65 | 5.08 | 6.29 | >2.5 |
| **% กรดกาแลคทูโรนิก** | 83.20 | 69.89 | 78.54 | >65 |

หมายเหตุ : ค่าของเพคติน โรงงานอุตสาหกรรม ห้องปฏิบัติการ และเพคตินมาตรฐาน อ้างอิงจาก [3]

## 4.3 ผลการทดลองขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

จากการทดลองขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จำนวน 4 ซองนั้น จะใช้เพคติน 5.5 g ที่ได้จากเปลือกส้มโอสด 1 Kg และใช้พิมพ์ในการขึ้นรูปจะได้ขนาดของซองที่ไว้สำหรับใสกาแฟผง 5.8 × 7 $cm^2$ (ดังภาพที่ 4.2) ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์เป็นแผ่นฟิล์มใส มีความยืดหยุ่นและเหนียว ไม่มีกลิ่น สีน้ำตาลอ่อน เนื้อเรียบมันเงาและเกิดฟองขนาดเล็ก

**ภาพ 4.2** ขนาดของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

## 4.4 ผลการทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

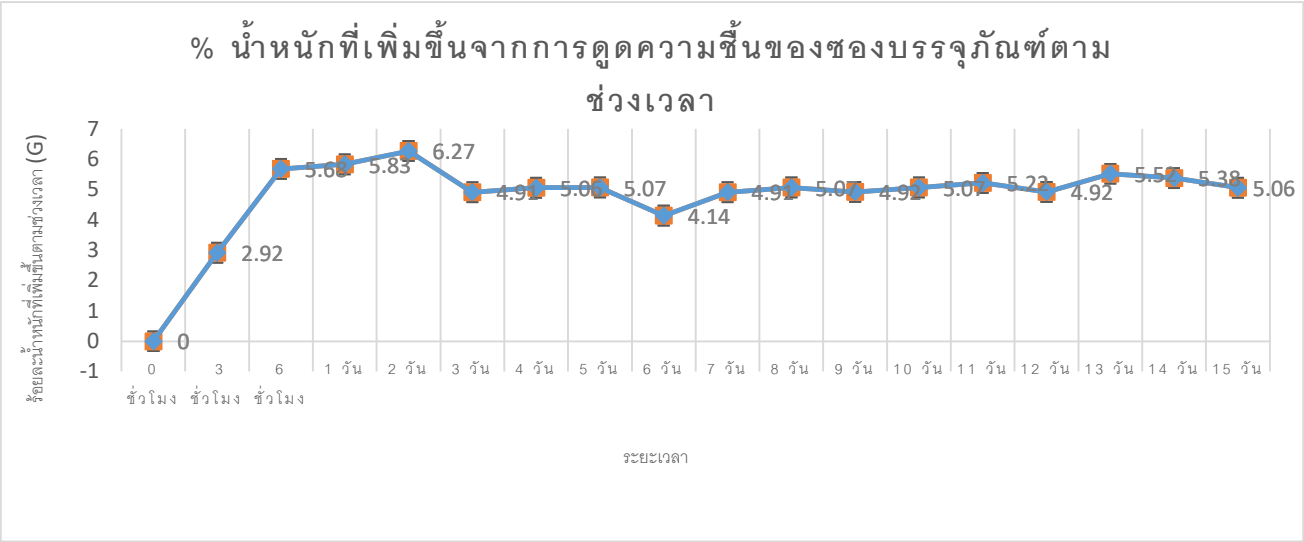
4.4.1 ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพก่อนได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใสและมีฟองอากาศขนาดเล็ก, เนื้อซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพหลังได้รับความชื้น มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใส เนื้อของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความนิ่มลง เนื่องจากความชื้นที่ได้รับทำให้ซองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา (ดังตารางที่ 4.2) และภาพการแสดงแนวโน้มของน้ำหนักตามช่วงเวลา (ดังภาพที่ 4.2) ในตัวซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพพบว่าเนื้อซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความเหนียวน้อยลงจากก่อนได้รับความชื้น

ลักษณะกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพก่อนได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นผงกาแฟละเอียด, ไม่จับตัวกันเป็นก้อนและไม่ละลายรวมกับซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ, ลักษณะกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพหลังได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นผงกาแฟละเอียด, ไม่จับตัวกันเป็นก้อนและไม่ละลายรวมกับซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

ในการทดสอบการดูดความชื้น พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา (ดังตารางที่ 4.2 ) ในตัวซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพพบว่าเนื้อซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความเหนียวน้อยลงจากก่อนได้รับความชื้น

**ตารางที่ 4.2** แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา

| ช่วงเวลา | น้ำหนักของซองบรรจุภัณฑ์ (g) | ร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น |
|---|---|---|
| น้ำหนักเริ่มต้น | 6.51 $\pm$ 0.03 | - |
| 3 ชั่วโมง | 6.70 $\pm$ 0.02 | 2.92 $\pm$ 0.36 |
| 6 ชั่วโมง | 7.07 $\pm$ 0.04 | 5.68 $\pm$ 0.33 |
| 1 วัน | 7.45 $\pm$ 0.05 | 5.83 $\pm$ 1.06 |
| 2 วัน | 7.86 $\pm$ 0.03 | 6.27 $\pm$ 1.83 |
| 3 วัน | 8.18 $\pm$ 0.02 | 4.91 $\pm$ 2.42 |
| 4 วัน | 8.51 $\pm$ 0.03 | 5.06 $\pm$ 0.08 |
| 5 วัน | 8.84 $\pm$ 0.02 | 5.07 $\pm$ 0.07 |
| 6 วัน | 9.11 $\pm$ 0.03 | 4.14 $\pm$ 0.16 |
| 7 วัน | 9.43 $\pm$ 0.05 | 4.91 $\pm$ 0.38 |
| 8 วัน | 9.76 $\pm$ 0.07 | 5.07 $\pm$ 0.06 |
| 9 วัน | 10.08 $\pm$ 0.03 | 4.92 $\pm$ 0.15 |
| 10 วัน | 10.41 $\pm$ 0.03 | 5.07 $\pm$ 0.40 |
| 11 วัน | 10.75 $\pm$ 0.05 | 5.22 $\pm$ 1.26 |
| 12 วัน | 11.07 $\pm$ 0.07 | 4.92 $\pm$ 0.68 |
| 13 วัน | 11.43 $\pm$ 0.05 | 5.52 $\pm$ 0.78 |
| 14 วัน | 11.78 $\pm$ 0.16 | 5.38 $\pm$ 0.21 |
| 15 วัน | 12.11 $\pm$ 0.11 | 5.06 $\pm$ 0.17 |

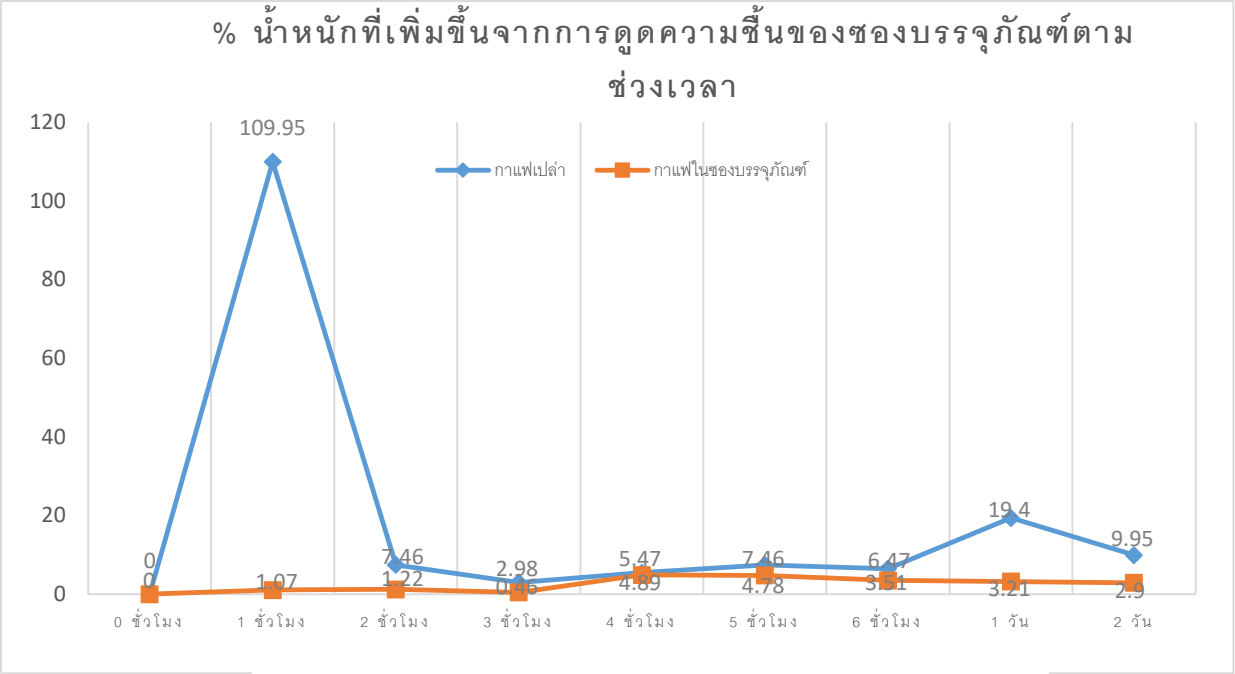



**ภาพ 4.3** กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา

จากภาพ 4.3 พบว่าการดูดความชื้นที่อิ่มตัวค่อนข้างคงที่ประมาณ 5.83 ในเวลา 15 วัน จึงมีการทดลองเพิ่มเติมเผื่อดูการดูดความชื้นของกาแฟเปล่าและกาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ เพื่อดูว่าซองบรรจุภัณฑ์สามารถเก็บกาแฟไม่ให้ถูกความชื้นและทำให้กาแฟไม่เสื่อมคุณภาพเหมือนกาแฟเปล่าที่ไม่ใส่ซองบรรจุภัณฑ์ จาก ภาพที่ 8 จะพบว่ากาแฟที่ไม่ใส่ซองบรรจุภัณฑ์จะมีการดูดความชื้นเพิ่มมากกว่ากาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ ทำให้ซองบรรจุภัณฑ์มีการกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่กาแฟได้

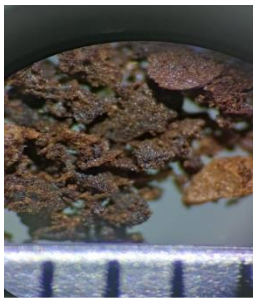
**ตารางที่ 4.3** แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา

| ช่วงเวลา | กาแฟสำเร็จรูปเปล่า | | กาแฟที่ใส่ในซองบรรจุภัณฑ์ | |
|---|---|---|---|---|
| | น้ำหนักของซองบรรจุภัณฑ์ (g) | ร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น | น้ำหนักของซองบรรจุภัณฑ์ (g) | ร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น |
| น้ำหนักเริ่มต้น | 2.01 ± 0.07 | - | 6.54 | - |
| 1 ชั่วโมง | 4.22 ± 0.07 | 109.95 ± 0.38 | 6.61 | 1.07 |
| 2 ชั่วโมง | 4.37 ± 0.01 | 7.46 ± 1.08 | 6.69 | 1.22 |
| 3 ชั่วโมง | 4.43 ± 0.02 | 2.98 ± 0.36 | 6.72 | 0.46 |
| 4 ชั่วโมง | 4.54 ± 0.01 | 5.47 ± 1.73 | 7.04 | 4.89 |
| 5 ชั่วโมง | 4.69 ± 0.02 | 7.46 ± 1.08 | 7.35 | 4.78 |
| 6 ชั่วโมง | 4.82 ± 0.03 | 6.47 ± 1.73 | 7.58 | 3.51 |
| 1 วัน | 5.21 ± 0.02 | 19.40 ± 2.52 | 7.79 | 3.21 |
| 2 วัน | 5.42 ± 0.03 | 9.95 ± 0.73 | 7.98 | 2.90 |

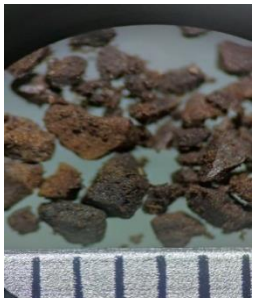



**ภาพ 4.4** กราฟ % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา

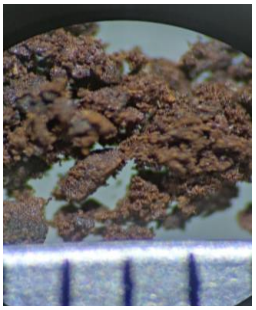
จากการดูดความชื้นจึงทำ[illegible]กาแฟที่ผ่านการดูดความชื้นและกาแฟที่ไม่ผ่านความชื้นเป็นสีน้ำตาลเข้มและเป็นเกล็ดก้อนไม่ต่างกันทั้งกาแฟที่ผ่านความชื้นและกาแฟที่ไม่ผ่านความชื้น



(ก)
กาแฟตัวอย่างที่ไม่ผ่านความชื้น



(ข)
กาแฟตัวอย่างที่ผ่านความชื้น



(ค)
กาแฟที่ผ่านความชื้นในซองบรรจุภัณฑ์

**ภาพที่ 4.5** กาแฟที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอ

**4.4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ**

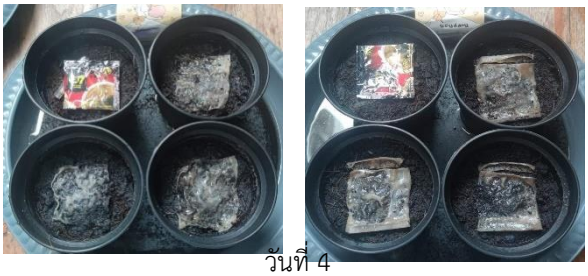
1) ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางลงบนผิวดิน

พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่วางลงบนผิวดิน ซองเปล่ามีการย่อยสลายภายใน 10 วัน และซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟมีการย่อยสลายภายใน 11 วัน มีการเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายตั้งแต่วันแรก ซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟและซองเปล่ามีการย่อยสลายที่ต่างกัน ซองเปล่ามีการย่อยสลายเร็วกว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟ คาดว่าเนื่องจากกาแฟเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ และเมื่อเทียบกับซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า พบว่าซองบรรจุภัณฑ์มีการย่อยสลายเร็วกว่า

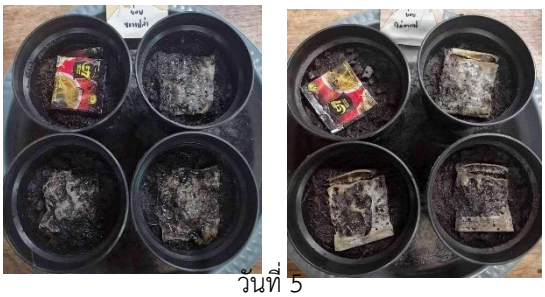
วันที่ 1

วันที่ 2

วันที่ 3

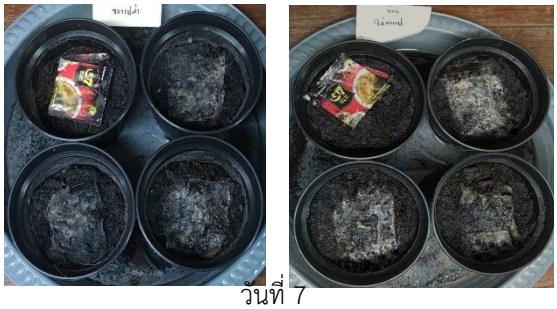


วันที่ 4



วันที่ 5

วันที่ 6



วันที่ 7

วันที่ 8

วันที่ 9

วันที่ 10

วันที่ 11

*หมายเหตุ : ซ้าย คือ ซองเปล่า

ขวา คือ ซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟ

ภาชนะที่ 1 ซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า, ภาชนะที่ 2-4 ซองบรรจุภัณฑ์

**ภาพ 4.6** การย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางลงบนผิวดิน

2) ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน

พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน ทั้งซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟและซองเปล่ามีการย่อยสลายภายใน 4 วัน มีการเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายตั้งแต่วันแรก ซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟและซองเปล่ามีการย่อยสลายที่ไม่ต่างกัน ซองบรรจุภัณฑ์เมื่อเทียบกับซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าจะพบว่าซองบรรจุภัณฑ์มีการย่อยสลายเร็วกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

วันที่ 1

วันที่ 2

วันที่ 3

วันที่ 4

*หมายเหตุ : ซ้าย คือ ซองเปล่า

ขวา คือ ซองบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกาแฟ

ภาชนะที่ 1 ซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า, ภาชนะที่ 2-4 ซองบรรจุภัณฑ์

**ภาพ 4.7** การย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางในดิน 2 cm

**สรุปผลการทดลองการย่อยสลาย**

พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน มีการย่อยสลายเร็วกว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่วางลงบนผิวดิน 7 วัน และพบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังลงในดินลึก 2 cm และซองบรรจุภัณฑ์เมื่อเทียบกับซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า จะพบว่าซองบรรจุภัณฑ์มีการย่อยสลายเร็วกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

**4.4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ**

จากการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ ตามระยะเวลาดังต่อไปนี้ ซองที่ 1 เก็บไว้ระยะเวลา 4 สัปดาห์, ซองที่ 2 เก็บไว้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ซองที่ 3 เก็บไว้ระยะเวลา 2 สัปดาห์และซองที่ 4 เก็บไว้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาจากผู้เข้าร่วม จำนวน 20 คน เพศหญิง 16 คน เพศชาย 4 คน ระหว่างช่วงอายุ 10-60 ปี ได้แก่ อายุ10-20 ปี 11 คน, 21-30 ปี 5 คน , อายุ 41-50 ปี 2 คน, อายุ 51-60 ปี 1 คน และอายุ 60 ปี ขึ้นไป 1 คน

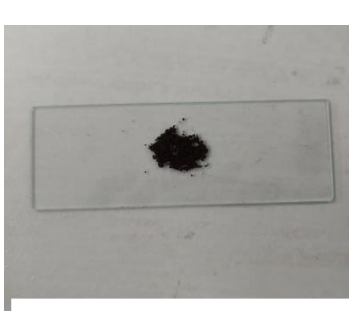
**ตารางที่ 4.4** แสดงความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

| ความพึงพอใจต่อซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคติน จากเปลือกส้มโอ | คะแนนความพึงพอใจ ต่อซองกาแฟสำเร็จรูป | ความพึงพอใจ ต่อซองบรรจุภัณฑ์ |
|---|---|---|
| สมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ | 95 | 89 |
| สมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ | 98 | 67 |
| สมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ | 94 | 60 |
| ความชื่นชอบซองบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วย่อยสลายได้ง่าย | 50 | 88 |
| ความชื่นชอบรูปทรงและขนาดซองบรรจุภัณฑ์ | 94 | 86 |

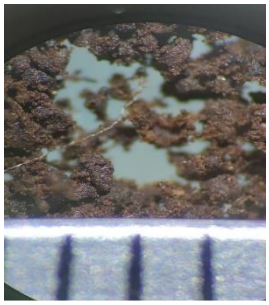
**สรุปการทดสอบจากผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถาม**

ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์จากกลุ่มบุคคล จำนวน 20 คน เพศหญิง 16 คน เพศชาย 4 คน ระหว่างช่วงอายุ 10-60 ปี ได้แก่ อายุ10-20 ปี 11 คน 21-30 ปี 5 คน, อายุ 41-50 ปี 2 คน, อายุ 51-60 ปี 1 คน และอายุ 60 ปี ขึ้นไป 1 คน ความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ในด้านต่างๆดังนี้ สมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 89% สมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 67% สมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 60% ความชื่นชอบซองบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วย่อยสลายได้ง่าย 88% ความชื่นชอบรูปทรงและขนาดซองบรรจุภัณฑ์ 86% ดังนั้นสรุปได้ว่าสมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟและสมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ มีความพึงพอใจปานกลาง เนื่องจากมีฟองอากาศปนอยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ ทำให้มีอากาศเข้าจึงมีผลทำให้รสชาติกาแฟและกลิ่นกาแฟลดลงอย่างมาก และในสมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากลักษณะตัวซองบรรจุภัณฑ์มีสีใสโปร่งแสง จึงทำให้แสงส่องผ่านและเกิดการกระทบของแสง ทำให้สมรรถภาพสีของกาแฟลดน้อยลงเมื่อนำไปชงทานในน้ำร้อน จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการขึ้นรูปต่อไป และพบว่าผู้เข้าร่วมทดสอบมีความชื่นชอบขนาด รูปทรงและการย่อยสลายได้ง่ายของซองบรรจุภัณฑ์มีความพึงพอใจมาก

จากการเก็บกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากาแฟที่ดูมองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาลเข้มไม่ติดกันเป็นก้อน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอพบว่ากาแฟมีลักษณะเป็นก้อน มีสีน้ำตาลเข้มและมีความมันวาว



(ก)
กาแฟที่มองเห็นด้วยตาเปล่า



(ข)
กาแฟที่ส่องด้วยกล้องสเตอริโอ

**ภาพ 4.8** กาแฟที่เก็บไว้ในซองบรรจุภัณฑ์เป็นระยะเวลา 1 เดือน

**ข้อเสนอแนะจากกลุ่มผู้เข้าร่วมทดสอบ**

ควรมีการปรับเปลี่ยนลักษณะและรูปแบบของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ เช่น ทำให้สีของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพดูมีความสวยงามขึ้น ในเรื่องกลิ่นและรสชาติ มีความเจือจางลงไปตามระยะเวลาในการเก็บรักษา จึงไม่สามารถเก็บไว้ได้ในระยะยาว ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพนี้มีการเก็บกลิ่นได้ดีในเวลา 1 สัปดาห์ และเก็บกลิ่นและรสชาติได้นานที่สุดแค่ 1-2 สัปดาห์ ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพนี้มีขนาดกะทัดรัดใช้งานได้จริง และสามารถย่อยสลายได้ง่าย

# บทที่ 5
## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

### 5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองที่นำเพคตินจากเปลือกส้มโอมาสกัด มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้าพบว่า เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดได้มีปริมาณเมธอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินห้องปฏิบัติการ และค่าDegree of Esterification มีค่าใกล้เคียงกับเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณเพคตินเฉลี่ยที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอแห้ง 12.52 % มีปริมาณ Degree of Esterification 63.63% ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 83.20% และปริมาณเมธอกซิล 6.72% เมื่อตรวจสอบเพคตินเบื้องต้นพบว่ามีตะกอนเพคตินเกิดขึ้น จึงสรุปได้ว่า ผลผลิตที่สกัดได้คือเพคติน การทดสอบการดูดความชื้นของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา จากการทดสอบพบว่าซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ เมื่อผ่านไป 1 วัน น้ำหนักเพิ่มขึ้น 5.83% และการดูดความชื้นจะคงที่ 5.83% ในเวลา 15 วัน ทำให้เกิดการทดลองเพิ่มเติม เพื่อดูการดูดความชื้นของกาแฟที่ไม่ได้อยู่ซอง และกาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ พบว่ากาแฟที่ไม่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์จะมีการดูดความชื้นเพิ่มมากขึ้นกว่ากาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ ทำให้ซองบรรจุภัณฑ์มีการกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่กาแฟได้ นอกจากนี้ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเพคตินของเปลือกส้มโอ ยังสามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า ซึ่งซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเปล่าจะสามารถย่อยสลายได้ภายใน 11 วัน และซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ใส่กาแฟผงไว้จะย่อยสลายภายใน 10 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วันแรก สำหรับซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเปล่า และซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ใส่กาแฟหากฝังในดินลึก 2 cm สามารถย่อยสลายได้ภายใน 4 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วันแรก พบว่าการย่อยสลายในดินสามารถย่อยสลายได้ไวกว่าการย่อยสลายบนดิน 7 วัน และย่อยสลายเร็วกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าอย่างเห็นได้ชัด ในการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเพคตินของเปลือกส้มโอ จากกลุ่มผู้ร่วมทดสอบ จำนวน 20 คน เพศหญิง 16 คน เพศชาย 4 คน ระหว่างช่วงอายุ 10 - 60 ปี ได้แก่ อายุ 10 - 20 ปี 11 คน 21 - 30 ปี 5 คน, อายุ 41 -50 ปี 2 คน, อายุ 51 - 60 ปี 1 คน และอายุ 60 ปี ขึ้นไป 1 คน ความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ในด้านต่างๆ ดังนี้ สมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 89% สมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 67% สมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 60% ความชื่นชอบซองบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วย่อยสลายได้ง่าย 88%

ความชื่นชอบรูปทรงและขนาดซองบรรจุภัณฑ์ 86% ดังนั้นสรุปได้ว่าสมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟและสมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ มีความพึงพอใจค่อนข้างน้อย จากการที่เก็บกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจำเพคตินของเปลือกส้มโอ ในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากาแฟที่ดูด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาลเข้มไม่ติดกันเป็นก้อน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอพบว่ากาแฟมีลักษณะเป็นก้อน มีสีน้ำตาลเข้มและมีความมันวาว เนื่องจากมีฟองอากาศปนอยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ทำให้มีอากาศเข้าจึงมีผลทำให้รสชาติกาแฟและกลิ่นกาแฟลดลงอย่างมาก และในสมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ จากการที่เก็บกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากาแฟที่ดูด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาลเข้มไม่ติดกันเป็นก้อน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอพบว่ากาแฟมีลักษณะเป็นก้อน มีสีน้ำตาลเข้มและมีความมันวาว เนื่องจากลักษณะตัวซองบรรจุภัณฑ์มีสีใส โปร่งแสง จึงทำให้แสงส่องผ่านและเกิดการกระทบของแสง ทำให้สมรรถภาพสีของกาแฟลดน้อยลงเมื่อนำไปชงทานในน้ำร้อน จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการขึ้นรูปต่อไป และพบว่าผู้เข้าร่วมทดสอบมีความชื่นชอบขนาด รูปทรงและการย่อยสลายได้ง่ายของซองบรรจุภัณฑ์มีความพึงพอใจมาก

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 ควรมีการปรับเปลี่ยนลักษณะและรูปแบบของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพให้สวยงาม

5.2.2 ควรมีสารเคลือบซองบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ซองบรรจุภัณฑ์มีการเก็บรักษากลิ่นกาแฟได้ดียิ่งขึ้น

5.2.3 ควรเก็บกาแฟไว้ในซองบรรจุภัณฑ์ในระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ เพื่อรักษารสชาติกาแฟให้คงความหอม

5.3.4 ควรศึกการระบายอากาศของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเพคตินของเปลือกส้มโอ

# เอกสารอ้างอิง


กนกพร สังขรักษ์ และเจนจิรา โตะแบ. 2552. **เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **ระบบการจัดการคุณภาพ GAP กาแฟสำหรับเกษตรกร.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.moac.go.th/

ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. 2545. **การสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วและการใช้ประโยชน์ในระบบอาหาร.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชญานิน กำลัง และคณะ. 2546. **ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธนาวรรณ สุขเกษม. 2557. **การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี** (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ. 2559. **สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์, บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ผู้. 2542. **การปลูกและผลิตกาแฟอาราบีก้าบนที่สูง.** ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัชนี สุวรรณวิศลกิจ. 2549. **สารสาระกาแฟ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/247209

พัชนี สุวรรณวิศลกิจ. 2552. **กาแฟอราบิก้าไทย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www. chiang maicoffee.com/arabica.htm

พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส. 2549. **ผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของกาแฟคั่วบดระหว่างการเก็บรักษา. โครงการบัณฑิต** มหาวิทยาลัยแม้โจ้ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร.

พีระศักดิ์ เภาประเสริฐ. 2556. **พอลิเมอร์จากแหล่งชีวภาพ**: การทบทวนวรรณกรรม, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.KKU Research Journal.

ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553 **กาแฟ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.anatomy.dent.chula.ac.th/coffee.html

ภาวิณี เทียมดี และ บวรรัตน์ บิ้งสลุง. 2562. **การประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธ์เพื่อผลิตถุงเพาะชำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ.** สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร. 2557. **กลีเซอรอล. การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน**. วารสารวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลานิ คิงส์ตัน. 2560. **จักรวาลในถ้วยกาแฟ ศาสตร์แห่งศิลป์ของการชมชิมรสกลิ่นกาแฟ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : Openbooks.

วลัยภรณ์ ชัยฤทธิไชย. 2551. **การพัฒนากาแฟโรบัสต้าในประเทศไทย.** ศูนย์วิจัยพืชสวนเพชรบุรี สำนักวิจัยและ พัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

วัชระ เวียงแก้ว. 2549. **การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ.** ภาควิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.

วิลาส รัตนานุกูล. ม.ป.ป. **พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic)** สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวธกา เช้าเจริญ. 2561. **การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และสมบัติของเพคตินจากตาล.** สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน. 2562) **การสกัดและการประยุกต์ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียน.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

FAO. 2006. **Guidelines for the prevention of mould formation in coffee**. [Online]. Available source: http://dev.ico.org/documents/ed1988e.pdf.

Weber C J, Haugaard V, Festersen R and Bertelsen G 2002 **Production and applications of biobased packaging materials for the food industry, Food Addit Contam** [Online]

# ประวัติการศึกษา

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวนภัสสร เพชรธำรงกุล
**วันเดือนปีเกิด** 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541
**ภูมิลำเนา** อำเภอดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

**ประวัติการศึกษา**

| **วุฒิการศึกษา** | **ชื่อสถาบัน** | **ปีที่สำเร็จการศึกษา** |
|---|---|---|
| วท.บ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | 2564 |
| มัธยมศึกษาปีที่ 6 | โรงเรียนบ้านบ่อรัง | 2560 |

# ประวัติการศึกษา

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวเจนนิษา เฟืองชูนุช
**วันเดือนปีเกิด** 2 สิงหาคม พ.ศ. 2542
**ภูมิลำเนา** อำเภอจอมทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

**ประวัติการศึกษา**

| **วุฒิการศึกษา** | **ชื่อสถาบัน** | **ปีที่สำเร็จการศึกษา** |
|---|---|---|
| วท.บ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | 2564 |
| มัธยมศึกษาปีที่ 6 | โรงเรียนวัดนวลนรดิศ | 2560 |

# ประวัติการศึกษา

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวศุมาลี กลิ่นพิมล
**วันเดือนปีเกิด** 3 ธันวาคม พ.ศ. 2541
**ภูมิลำเนา** อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

**ประวัติการศึกษา**

| วุฒิการศึกษา | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| วท.บ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | 2564 |
| มัธยมศึกษาปีที่ 6 | โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา | 2560 |