

การตรวจสอบฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุน
ผสมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้กับอาหาร

INSPECTION BIOFILM FROM JACKFRUIT PEEL CONTAINING
ANTIMICROBIAL SUBSTANCE FOR APPLICATION IN FOOD



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
คณะอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน พ.ศ. 2566 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การตรวจสอบฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุน

ผสมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้กับอาหาร

INSPECTION BIOFILM FROM JACKFRUIT PEEL CONTAINING
ANTIMICROBIAL SUBSTANCE FOR APPLICATION IN FOOD

จัดทำโดย

เพชรพล กณะกาศัย รหัสนักศึกษา 62080115

อภิโชค สุขสำราญ รหัสนักศึกษา 62080155

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

...30 / ...พ.ค... / ...2566...

(ผศ.ดร.พิชญดา สมบูรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากไม่มีเหตุขัดแย้งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การตรวจสอบฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนผสมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้

กับอาหาร

ชื่อนักศึกษา พชรพล กนะกาศัย รหัสนักศึกษา 62080115

อภิโชค สุขสำราญ รหัสนักศึกษา 62080155

หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร

พ.ศ. 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิชญดา สมบูรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนและมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ก่อโรคทางอาหาร ฟิล์มที่ได้รับการพัฒนามีดังต่อไปนี้ (1) ฟิล์ม PVA (2) ฟิล์ม PVA ผสมผงเปลือกขนุน (3) ฟิล์ม PVA ผสมผงเปลือกขนุนและน้ำมันหอมระเหยกานพลู และ (4) ฟิล์ม PVA ผสมเปลือกขนุนและสารสกัดขิงด้วยวิธี Pressurized hot liquid extraction (PLE) น้ำมันหอมระเหยกานพลูและสารสกัดขิงเป็นสารออกฤทธิ์ธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และมีความปลอดภัยสำหรับการใช้กับอาหาร การติดตามประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ ด้วยวิธีการทดสอบบริเวณยับยั้ง (Zone of Inhibition) พบว่าฟิล์มชีวภาพผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *M. luteus* ได้ดี สำหรับการยับยั้ง *S. aureus* มีบริเวณยับยั้งเป็นวงใส (clear zone) และในการทดสอบกับ *M. luteus* มีผลของการยับยั้งในสองลักษณะคือบริเวณใส (clear zone) และบริเวณที่ความหนาแน่นของเซลล์ลดลง (inhibition zone) แสดงว่าฟิล์มชีวภาพผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูออกฤทธิ์ยับยั้ง *S. aureus* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธี Broth assay พบว่าฟิล์มชีวภาพขนุนผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่เวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่ฟิล์มผสมสารสกัดขิงไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope หรือ SEM) พบว่าฟิล์ม PVA ผสมผงขนุนมีลักษณะขรุขระจากผงขนุน และฟิล์ม PVA ผสมผงขนุนผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีลักษณะเป็นรูพรุน

คำสำคัญ : ฟิล์มชีวภาพ ขนุน ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์แบบที่เรีย น้ำมันหอมระเหยกานพลู สารสกัดขิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title Development of antimicrobial packaging-film from jackfruit peel
containing bioactive substances and its application

Student name Pacharapol kanakasai Student ID 62080115

Apichok suksumram Student ID 62080155

Program Bachelor of Science Program in Fermentation Technology in
Food Industry

Year 2023

Advisor Asst.Prof.Dr. Pichayada Somboon

Abstract

This study develop biofilm from jackfruit peel with antimicrobial property targeting, foodborne pathogens. Biofilm products consisted (1) PVA film (2) PVA film containing jackfruit peel powder (3) PVA film containing jackfruit peel powder and clove essential oil and PVA film containing jackfruit peel and ginger extract by Pressurized hot liquid extraction (PLE). Clove essential oil and ginger extract are the natural active ingredient with antimicrobial activity and recognized as safe for food. Antimicrobial was investigated by zone of inhibition assay which indicated antimicrobial activity of clove essential oil added biofilm against *S. aureus* and *M. luteus*. Clear zone was observed in the test against *S. aureus*, while clear zone and inhibition zone were observed in the test against *M.luteus*. This suggested that clove essential oil added biofilm had potent anti-*S. aureus* activity. Broth assay confirmed antimicrobial activity of clove essential oil added biofilm that could inhibit growth of *S. aureus* at 24 hours of exposure, while ginger extract added film had no antimicrobial activity against tested microorganism.

Scanning Electron Microscope (SEM) showed rough surface of PVA film containing jackfruit bark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

powder and porous surface of PVA film containing jackfruit bark powder and clove essential oil.

Keywords: biofilm, jackfruit, antimicrobial activity, clove essential oil, ginger extract



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการตรวจสอบฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนผสมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้กับอาหาร คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิชญดา สมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยช่วยแนะแนวและแนะนำช่วยเหลือสิ่งต่างๆและมีส่วนช่วยในการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีและสุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนช่วยในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้



พชรพล กณะกาศัย

อภิโชค สุขสำราญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ขนุน.....	3
2.2 กานพลู.....	4
2.3 ชিং.....	6
2.4 การใช้ฟิล์มชีวภาพรูปแบบต่างๆ ในการบรรจุอาหาร.....	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	12
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	12
3.2 อุปกรณ์.....	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	15
4.1 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปฟิล์ม.....	15
4.2 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Clear Zone of Inhibition assay.....	17
4.3 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay.....	20
4.4 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	28
บรรณานุกรม.....	29
ภาคผนวก.....	32
ภาคผนวก ก.....	33
ภาคผนวก ข.....	35
ภาคผนวก ค.....	37
ภาคผนวก ง.....	38
ประวัติผู้เขียน.....	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.3.1 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay.....	21
4.3.2 การรอดชีวิตของเชื้อ <i>S.aureus</i> การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay.....	23
4.3.3 การรอดชีวิตของเชื้อ <i>S.aureus</i> การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay ที่เวลา 24 ชั่วโมง.....	25
4.4 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	27
ง สารสกัดน้ำมันหอมระเหยชิง.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ขนุน.....	3
2.2 เปลือกและซังของขนุน.....	4
2.3 กานพลู.....	5
2.4 ชিং.....	7
2.5 फिल्मแคร์รอตบรรจุลูกอม.....	7
2.6 फिल्मบรรจุวัตถุดิบแบบสุญญากาศ.....	8
4.1 ลักษณะฟิล์มที่ขึ้นรูปในแต่ละรูปแบบ.....	16
4.2.1 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของฟิล์มชีวภาพจากขนุนเสริมฤทธิ์ด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	18
4.2.2 วงกลมแสดง Clear Zone.....	19
ก.1 ฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) โดยไม่มีส่วนผสมของ Jackfruit powder.....	32
ก.2 ฟิล์มที่มีส่วนผสมของ Jackfruit powder เป็นส่วนประกอบ.....	32
ก.3 ฟิล์มที่มีส่วนผสมของการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู 4%.....	34
ก.4 ฟิล์มที่มีส่วนผสมของการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยชิง.....	34
ค.1 เชื้อที่ใช้ในการทดสอบ.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

ในอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันนี้ใช้วัตถุดิบทางการเกษตร เช่น พืช ผัก ผลไม้ จำนวนมากมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตามส่วนเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เปลือกผลไม้ เป็นปัญหาที่อุตสาหกรรมอาหารต้องจัดสรรงบประมาณจำนวนมากเพื่อจัดการดูแลและกำจัด เช่น การฝังกลบและการเผา ดังนั้นการแปรรูปส่วนเหลือเหล่านี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาปัญหาพิเศษนี้มุ่งเน้นไปที่การใช้ประโยชน์จากเปลือกและซังของขนุนที่ไม่สามารถแปรรูปได้และถูกทิ้งให้เป็นขยะ โดยมีแนวคิดนำเปลือกและซังของขนุนมาใช้เป็นส่วนประกอบของฟิล์มชีวภาพเพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นฟิล์มบรรจุภัณฑ์อาหารได้ การศึกษาก่อนหน้านี้ของ ณิชากร และ อภิภูญ (2021) ได้พัฒนาฟิล์มจากเปลือกขนุนได้เป็นแผ่นฟิล์มที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อน มีความยืดหยุ่นและแข็งแรง และเพิ่มคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยการเติมน้ำมันหอมระเหยกานพลูลงในแผ่นฟิล์ม ซึ่งน้ำมันหอมระเหยกานพลูนั้นมีการยอมรับและปลอดภัยสำหรับการใช้กับอาหาร ในการวิจัยต่อยอดของ พุฒิพงศ์ และ รณกฤต (2022) ศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่เหมาะสมสำหรับการผสมในฟิล์มชีวภาพให้มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกและซังของขนุนในการยืดอายุผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นในการศึกษานี้จึงจะทำการต่อยอดในด้านต่อไปนี้ ฤทธิ์ทางชีวภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกและซังของขนุนในการต้านจุลินทรีย์ การเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 4% อีกทั้งยังมีการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขิงเพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์อีกด้วยและศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของฟิล์มชีวภาพจาก เปลือกและซังของขนุนในการต้านจุลินทรีย์
- 1.2.2 เพื่อการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม ชีวภาพจากเปลือกขนุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 การพัฒนาฟิล์มชีวภาพจากวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถสร้างมูลค่าให้วัตถุดิบเหลือทิ้ง

1.3.2 การพัฒนาฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในอาหาร ฟิล์มจะช่วยยืดอายุของอาหารและลดการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์อาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนุน

ขนุน (ภาพที่ 2.1) หรือ ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Artocarpus heterophyllus* เป็นไม้ยืนต้นที่อยู่ในวงศ์เดียวกับสาเก มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 15-30 เมตร ลำต้น กิ่ง และใบเมื่อมีบาดแผลจะมีน้ำยางสีขาวข้นไหลจากบาดแผล ใบขนุนมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับกันและรูปร่างเป็นลักษณะรี ปลายใบมีตั้งแต่แบบทู่จนถึงแบบแหลม โคนใบมีความโค้งมนและหนา ผิวใบด้านบนจะมีสีเขียวเข้มและเป็นมันต่าง ด้านล่างใบมีความสาก ใบขนุนจะมีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 10-15 เซนติเมตรและความยาวของใบเฉลี่ยประมาณ 10-15 เซนติเมตร ส่วนดอกของขนุนเป็นช่อเชิงสดแยกเพศอยู่ร่วมกันและอยู่บนต้นเดียวกัน โดยดอกเพศผู้จะออกตามปลายกิ่งหรือซอกใบ จะเรียกว่า “สำ” ส่วนดอกเพศเมียจะออกตามกิ่งใหญ่และลำต้น เมื่อติดผลดอกทั้งช่อจะเจริญร่วมกันกลายเป็นผลขนาดใหญ่ โดยหนึ่งในดอกจะกลายเป็นหนึ่งยวง ซึ่งตัวผลขนุนนั้น ลักษณะภายนอกจะคล้ายกับจำปาตะ โดยมีความลักษณะผลดิบมีสีขาว หนามทู่ ถ้ากรีดแล้วจะมียางเหนียว ผลขนุนแก่ มีเปลือกสีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง มีหนามลักษณะป้าน ภายในผลขนุนจะมีซังที่ห่อหุ้มยวงสีเหลือง ภายในมีเมล็ด (นิตดา หงส์วิวัฒน์และคณะ, 2007)



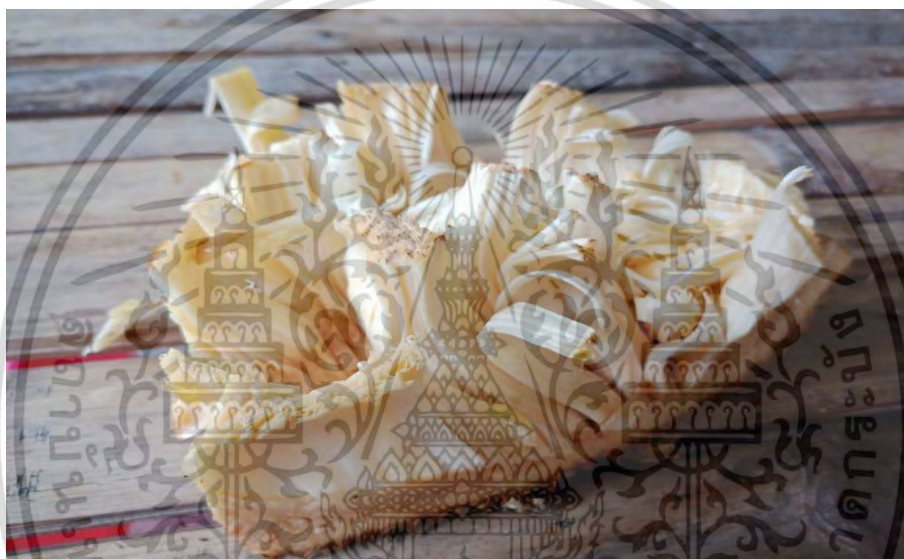
ภาพที่ 2.1 ขนุน

ที่มา: hello คุณหมอ (2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประโยชน์ของขนุน

นอกจากยวงขนุนที่สามารถรับประทานได้แล้วส่วนอื่นๆ ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เมล็ดขนุนสามารถนำมารับประทานได้เมื่อผ่านกระบวนการปรุงสุก เช่น ต้ม นึ่ง หรืออบ เมล็ดขนุนมีสรรพคุณช่วยบำรุงน้ำนม นอกจากนี้เมล็ดขนุนยังสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้บางชนิดอีกด้วย แก่นของขนุนสามารถนำมาบดแล้วทำเป็นสีย้อมผ้าให้สีน้ำตาลแก่ นิยมนำไปย้อมสีจีวรของพระภิกษุ ส่วนหางของขนุนสามารถใช้ทำเชื้อไฟที่ดีได้ เนื้อไม้ขนุนสามารถนำมาทำเป็นฟอร์นิเจอร์ไม้ขนุนได้ ส่วนซังและเปลือกของขนุน (ภาพที่ 2.2) ซึ่งไม่สามารถรับประทานได้จะถูกทิ้งเป็นขยะทางการเกษตร



ภาพที่ 2.2 เปลือกและซังของขนุน

ที่มา: แพทย์วิถีธรรม (2022)

2.2 กานพลู

กานพลู หรือ ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Syzygium aromaticum* L. มีลักษณะเป็นไม้ต้นขนาดเล็ก สูงประมาณ 4–12 เมตร ลำต้นลักษณะเป็นทรงพุ่มรูปกรวย เปลือกเรียบ ลำต้นมีสีเหลืองน้ำตาล มีเรือนยอดเป็นรูปกรวยค้ำ แตกกิ่งต่ำ มีกิ่งกลางเป็นจำนวนมาก มีกิ่งใหญ่ ประมาณ 3–5 กิ่ง ส่วนของลำต้นจะ ตั้งตรง เปลือกเรียบ สีเทา ใบกานพลู จะเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงตรงข้าม มีก้านใบเล็กเรียว ปลายใบเรียวแหลม ขอบเรียบ แผ่นใบด้านบนเป็นมันจะมีต่อมน้ำมันมาก มีสีแดงหรือน้ำตาลแดง ส่วนดอกออกเป็นช่อดอกสั้นๆหรือดอกตูมแทงออกบริเวณปลายยอดหรือง่ามใบบริเวณยอด แตกแขนงออกเป็นกระจุก 3 ช่อ ประกอบด้วยดอกย่อยประมาณ 10 ถึง 15 ดอกมีใบประดับรูปสามเหลี่ยม (ภาพ 2.3) ยาว 2-3 มิลลิเมตร กว้าง 4 กว้าง สีเขียว ออกสารเป็นเอกสารทสวงวนไวสำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดหนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ออกคล้ำ สำหรับในประเทศไทยมีการนำกานพลูมาปลูกบ้างแต่ยังไม่เป็นที่นิยมและยังไม่แพร่หลาย พบเพียงการปลูกสำหรับใช้เป็นยาในบางครัวเรือนเท่านั้น แต่เนื่องจากความต้องการใช้กานพลูในการผลิตเครื่องเทศและสมุนไพรมีความต้องการสูง กานพลูในประเทศไทยจึงไม่เพียงพอกับความต้องการ การใช้กานพลูในประเทศไทยจึงถูกนำเข้ามาจากต่างประเทศเป็นหลัก โดยมีปริมาณการนำเข้ามากกว่า 100 ตันต่อปี ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียเป็นหลัก (สปริงกรีนอีโวลูชัน, 2021)



ภาพที่ 2.3 กานพลู

ที่มา: kapook.com (2022)

2.2.1 ประโยชน์ของกานพลู

กานพลูมีลักษณะกลิ่นที่โดดเด่นหอมจนเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ มีสรรพคุณช่วยถนอมอาหาร เพราะจะไปยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา กานพลูนั้นจึงถือได้ว่าเป็นเครื่องเทศสำคัญชนิดหนึ่งในการทำอาหารหลากหลายชนิด อย่างเช่น กะหรี่ พะโล้ แกงมัสมั่น ข้าวหมกไก่ ฯลฯ และสิ่งที่สำคัญที่หลายคนอาจจะยังไม่รู้ก็คือกานพลูนั้นเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารวานิลลิน ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นวานิลลา เป็นส่วนผสมในการทำเบเกอรี่อีกด้วย ส่วนในด้านผลิตภัณฑ์ยังให้กลิ่นหอมผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ กลิ่นหอมของกานพลูใช้ตกแต่งกลิ่นในผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นยาอม น้ำยาบ้วนปาก น้ำหอม ยาสีฟัน ยาแก้ไอ นอกจากนี้กานพลูยังสามารถนำมาใช้ในการย้อมสีผมได้สีใกล้เคียงกับสีดำ (สปริงกรีนอีโวลูชัน, 2021)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียของกานพลู

ความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียของกานพลูเป็นที่รู้จักมาอย่างยาวนาน จากผลการวิจัยสารสกัดจากดอกของกานพลูด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, petroleum ether และ diethyl ether และ นำมาใช้ศึกษากับแบคทีเรีย 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Listeria innocua* โดยทดสอบด้วยวิธี agar diffusion พบว่าสารสกัดด้วยน้ำไม่มีฤทธิ์ยับยั้ง การเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด ส่วนสารสกัดด้วย petroleum ether และ diethyl ether มีฤทธิ์ยับยั้ง แบคทีเรียดังกล่าวได้ทั้งหมด โดยสารสกัดด้วย diethyl ether มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดได้ดีที่สุด (Gomez-Estaca et al, 2009)

2.3 ขิง

ขิง (ภาพที่ 2.4) เป็นพืชล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน เปลือกนอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีนวลมีกลิ่นหอมเฉพาะ ทางเหนือหรือลำต้นเทียมขึ้นเป็นกอประกอบด้วยกาบหรือโคนใบหุ้มซ้อนกัน ใบ เป็นชนิดใบเดี่ยว ออกเรียงสลับกันเป็นสองแถว ใบรูปหอกแกมรูปหัวใจ กว้าง 1.5-2 ซม. ยาว 12-20 ซม. หลังใบห่อจีบเป็นรูปร่างน้ำปลายใบสอบเรียวแหลม โคนใบสอบแคบและจะเป็นกาบหุ้มลำต้นเทียม ตรงช่วงระหว่างกาบกับตัวใบจะหักโค้งเป็นข้อคอก ดอกสีขาว ออกรวมกันเป็นช่อรูปเห็ดหรือกระบองโบราณ แทงขึ้นมาจากเหง้า ชูก้านสูงขึ้นมา 15-25 ซม. ทุก ๆ ดอกที่กาบสีเขียวปนแดงรูปโค้ง ๆ ห่อรองรับ กาบจะปิดแน่นเมื่อดอกยังอ่อน และจะขยายอ้าให้ เห็นดอกในภายหลัง กลีบดอกและกลีบรองกลีบดอก มีอย่างละ 3 กลีบ อุ่มน้ำ และหลุดร่วงไว โคนกลีบดอกมีวนห่อ ส่วนปลายกลีบผายกว้างออกเกสรตัวผู้มี 6 อัน ผล กลม แข็ง โต วัดผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ขิงขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า ปลูกในดินร่วนซุยผสมปุ๋ยหมัก หรือดินเหนียวปนทราย โดยยกดินเป็นร่องห่างกัน 30 ซม. ปลูกห่างกัน 20 ซม. ลึก 5-10 ซม. ขิงชอบขึ้นในที่ชื้นมีการระบายน้ำดี ถ้าน้ำขังอาจโดนโรคเชื้อรา และการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งอาจเป็นการลงทุนสูงแต่คุ้มค่าและจะได้พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ เพราะส่วนใหญ่โรคที่พบมักติดมากับท่อนพันธุ์ขิง (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ชิง

ที่มา: sanook.com (2018)

2.4 การใช้ฟิล์มชีวภาพรูปแบบต่างๆ ในการบรรจุอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหารมีการพัฒนาฟิล์มสำหรับใช้บรรจุอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารหลากหลายรูปแบบ เช่น ฟิล์มที่สามารถรับประทานได้ และมีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดความเสียหายต่อคุณภาพและระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารที่บรรจุเพื่อจำหน่าย (บุญฤทธิ์และธีรศักดิ์, 2017) ฟิล์มที่สามารถรับประทานได้จะมีส่วนประกอบวัตถุดิบทางธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น ฟิล์มแคร์รอต (ภาพที่ 2.5) ที่พัฒนาโดยกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร (2021) เพื่อนำมาใช้ในการห่อลูกอมและผลไม้กวน โดยฟิล์มแคร์รอตที่ถูกขึ้นรูปจะมีการปรับปรุงคุณภาพความแข็งแรงของฟิล์มด้วยเพคติน แอลจีเนต และไซลิทอล เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม โดยฟิล์มสามารถรับประทานได้ มีสารเบต้าแคโรทีนสูงและมีอายุการใช้งานได้นานถึง 2 เดือน



ภาพที่ 2.5 ฟิล์มแคร์รอตบรรจุลูกอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร (2020) เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มที่ไม่สามารถรับประทานได้จะขึ้นรูปมาจากพลาสติกสังเคราะห์ต่าง ๆ (ภาพที่ 2.6) เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol, PVA) พอลิแลคติกแอซิด ((Poly (lactic acid), PLA)) (วัชรพงษ์, 2013) เม็ดพลาสติกชีวภาพที่มีคาร์บอกซีเมทิล-เซลลูโลสหรือพลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพชนิดอื่น ได้แก่ พอลิเอทิลีนอะดิเพทาเทอราเลต (Polyethylene Terephthalate) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (สุปราณี, 2020) ฟิล์มชีวภาพประเภทนี้มีความแข็งแรงสูง และความยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับวัสดุหลักและสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม หากต้องการให้ฟิล์มมีความแข็งแรงมากขึ้นจะมีการเติมวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของเพคตินหรือเซลลูโลส (วัชรพงษ์, 2013) หรือต้องความยืดหยุ่นที่มากขึ้นอาจมีการเติมสารจำพวกกลีเซอรอลลงไปในการขึ้นรูปฟิล์ม (สุปราณี, 2020) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบรรจุหรือห่ออาหารเพื่อเก็บรักษา ทั้งในรูปแบบที่เป็นฟิล์มยืดเพื่อห่อจัดเก็บอาหารไม่ให้อาหารเสื่อมคุณภาพจากอากาศภายนอกหรือฟิล์มที่ต้องมีการทำสุญญากาศเพื่อป้องกันอาหารหรือวัตถุดิบไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนและความชื้น (บุญฤทธิ์และศรีศักดิ์, 2017) หรือฟิล์มที่ต้องนำไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคอื่น เช่น การทำถุงรีทอร์ทที่ทำจากแผ่นฟิล์มหลายชนิดมาเชื่อมประสานกันและขึ้นรูปเป็นถุงบรรจุภัณฑ์ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2021) ที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปพร้อมทาน



ภาพที่ 2.6 ฟิล์มบรรจุวัตถุดิบแบบสุญญากาศ

ที่มา: th.wikipedia.org/wiki/การบรรจุแบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมอาหารมีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในการแปรรูปและถนอมอาหาร เพื่อรับประกันผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและมีมาตรฐานความปลอดภัยในทุกวิธีการผลิต การจัดเก็บ และการจัดจำหน่าย ในระหว่างการเก็บรักษาอาหารนั้นได้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพและชีวภาพ ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เกิดข้อบกพร่องด้านกลิ่น สี หรือเนื้อสัมผัส ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมเสียของอาหารในที่สุด การเสื่อมสภาพของอาหารทางชีวภาพเกิดจากวิถีเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ เพื่อผลิตพลังงานหรือสังเคราะห์โมเลกุลที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย กลไกนี้ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตอนแรกและการเจริญเติบโตทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต Kerry และ Tyuftin (2017) ระบุว่าสภาวะที่ไม่มีชีวิต (abiotic conditions) หรือ สภาวะทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิในการเก็บรักษาหรือระบบการบรรจุ มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ระบบบรรจุภัณฑ์สามารถยืดอายุการเก็บอาหารได้โดยการชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของอาหาร ด้วยเหตุนี้จึงมีการประยุกต์ใช้กลยุทธ์หลากหลายอย่างในระบบบรรจุภัณฑ์ เช่น การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) วัสดุป้องกันการซึมผ่านศักยภาพสูง (high barrier materials) และ บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) คุณสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์สามารถปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการรวมหรือเชื่อมพลาสติกต่างๆเข้าด้วยกัน โดยใช้โครงสร้างแบบลามิเนตหรือผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปฟิล์มที่ประกอบด้วยชั้นของวัสดุต่างๆ และยังให้คุณสมบัติที่ต้องการ เช่น ป้องกันการซึมผ่านศักยภาพสูง (high barrier) ความแข็งแรง หรือ กันความร้อน (Gherardi et al., 2016). พลาสติกที่ใช้บ่อยที่สุดในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ โพลีเอทิลีน (ชนิดต่างๆ ตามน้ำหนักโมเลกุล) (PP), โพลีโพรพิลีน (PP), เอทิลีนไวนิลอะซีเตต (EVA), โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ (PVDC), โพลีเอไมด์ (PA), โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และโพลีสไตรีน (PS)

ขยะพลาสติกจำนวนมากศาลได้สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงทำให้เกิดกระแสการเปลี่ยนแปลงไปสู่การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้รับความสนใจมากขึ้น เทคนิคหนึ่งในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพคือการผสมผสานของโพลิเมอร์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านชนิดทั้งที่มีขั้วและไม่มีขั้ว มาใช้ในการสร้างระบบบรรจุภัณฑ์หลายชั้น มีประโยชน์ในการป้องกันการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์และบรรยากาศภายนอก ตัวอย่างเช่น ฟิล์มแบ่งที่มีเส้นใยอิเล็กโทรสปิน PCL, แป้งและ PLA, แป้งและ PLA-PHBV-PEG การศึกษาเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่าการเคลือบบรรจุภัณฑ์ด้วยชั้นโพลิเมอร์ที่มีขั้วและไม่มีขั้วช่วยเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของวัสดุบรรจุภัณฑ์ และมีคุณสมบัติความโปร่งใสและความทนแรงดึงที่ดี (tensile properties)

การประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ในระบบบรรจุภัณฑ์ได้รับความสนใจอย่างมากในการใช้งานกับอาหาร เนื่องจากความสามารถในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร สารออกฤทธิ์เหล่านี้สามารถผสมรวมเข้ากับวัสดุ

บรรจุภัณฑ์ได้โดยตรง หรือบรรจุในซองหรือแผ่นบาง นอกจากนี้ยังอาจเคลือบพื้นผิวของภาชนะที่สัมผัสกับอาหารโดยตรง มีการพัฒนาวัสดุฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่มีหลายชั้นเพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์จากบรรจุภัณฑ์ไปยังผลิตภัณฑ์ที่บรรจุได้ดีและยาวนานขึ้น (Sharma et al., 2020)

สารออกฤทธิ์กลุ่มฟีนอลซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย เป็นสารที่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางที่สุดและมีฤทธิ์ต้านจุลชีพในวงกว้าง ฤทธิ์ต้านจุลชีพของกลุ่มฟีนอลนั้นสัมพันธ์กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่ hydroxyl group ในวงแหวนฟีนอลิก ซึ่งทำหน้าที่เป็นแลกเปลี่ยนโปรตอนได้ ซึ่งช่วยลดการไล่ระดับสี (gradient across) ทัวเยื่อหุ้มเซลล์ไซโตพลาสซึมและมีผลลดแรงขับเคลื่อนโปรตอน (proton-motive force) ที่จำเป็นสำหรับการสร้าง ATP จึงนำไปสู่การตายของเซลล์

สำหรับวัตถุประสงค์ของการใช้สารประกอบเหล่านี้ในอาหารจะใช้ในรูปแบบที่ผ่านกระบวนการเอนแคปซูลชัน เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้ไวต่อความร้อนและผลกระทบต่อรสสัมผัสของอาหาร เช่น สาร คาร์วาครอล (Carvacrol) เป็นสารประกอบสำคัญในออริกาโน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารผ่านทางไอรระเหยได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถประยุกต์ใช้เป็นสารต้านจุลชีพบรรจุในฟิล์มบรรจุภัณฑ์และให้กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ผ่านอากาศในช่องว่างของบรรจุภัณฑ์อาหาร (Tao et al., 2022)

การใช้กรดฟีนอลและไฮดรอกซีซินนามิก (phenolic และ hydroxycinnamic) ในอาหารจึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีผลกระทบทางประสาทสัมผัสน้อยและมีสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลชีพที่ดี เช่น กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) เป็นสารประกอบฟีนอลตามธรรมชาติที่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและคุณสมบัติต้านจุลชีพ นอกจากนี้กรดเฟอร์ูลิกสามารถสร้างฟิล์มโพลีเมอร์ที่มีความต้านทานแรงดึงที่ดีและมีประสิทธิภาพในการพองตัวเมื่อใช้ร่วมกับโพลีแซคคาไรด์และโปรตีน (Oudgenog et al., 2001; Prodpran et al., 2012; Cao et al., 2007).

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ หรือ Polyvinyl alcohol (PVA) เป็นโพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งมีศักยภาพในการใช้งานสูงในบรรจุภัณฑ์อาหาร เนื่องจากไม่มีสี ไม่เป็นพิษ โปร่งใส และมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนสูง ฟิล์ม PVA ได้มาจากการหล่อสารละลายโพลีเมอร์หรือโดยกระบวนการทางความร้อนขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของโมเลกุล (น้ำหนักโมเลกุลและระดับของอะซิเติลเลชันของสายโซ่) PVA มีความสามารถในการรวมตัวกับสารออกฤทธิ์หลายชนิด เช่น คาร์วาครอล เฟอร์ูลิก และกรดซินนามิก เข้าไว้ในเมทริกซ์ฟิล์มที่มีสารออกฤทธิ์ เนื่องจากระดับไฮดรอกซีเลชันสูงของโมเลกุล วัสดุที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น PVA จึงสามารถให้น้ำซึมผ่านได้สูงและมีระดับความไวต่อน้ำสูง อีกทั้งยังมีความสามารถในการละลายสูงด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ PVA ไม่เหมาะสมกับการใช้งานกับอาหารที่มีความชื้นสูงหรือมีค่ากิจกรรมทางน้ำสูง อย่างไรก็ตาม การเคลือบ PVA ด้วยวัสดุต่างๆ เช่น โพลีเอสเตอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นวิธีการทางเลือกที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้วัสดุป้องกันการซึมผ่านศักยภาพสูง (high barrier materials) เพียงพอ

สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร โพลีแลคติกแอซิด Poly (lactic acid) PLA เป็นโพลีเอสเตอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เหมาะสำหรับการใช้งานด้านอาหาร เนื่องจากมีความสามารถในการกันความชื้นสูง ความต้านทานเชิงกล และความเข้ากันได้ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามโพลีแลคติกแอซิดมีระดับความแข็งสูงจึงจำเป็นต้องใช้พลาสติกไซเซอร์ (plasticizers) ในการปรับปรุงการยืดตัว (Tampau et al., 2020) ได้พัฒนาฟิล์ม PLA-PVA Bilayers ซึ่งได้มาจากการเคลือบชั้น PLA ด้วยสารละลาย PVA ในน้ำผสมคาร์วาครอล ฟิล์ม PLA-PVA Bilayers ที่ได้แสดงลักษณะทางกายภาพที่ดีและมีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ แต่ไม่ได้ปรับปรุงการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนเนื่องมาจากความหนาที่ไม่สม่ำเสมอ (Johana et al., 2020)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

น้ำมันหอมระเหยกานพลู (รวมเคมี1986, ไทย)

น้ำมันหอมระเหยขิง

เปลือกขมิ้น, ชั่งขมิ้น

3.1.2 สารเคมี

Agar (Himedia, India)

Alcohol 95%

Dextrose (Himedia, India)

Ethanol 95% (QR&C, Newzealand)

Glycerol (KemAus, Australia)

Peptone (Himedia, India)

Polyvinyl alcohol (Loba, India)

Soyabean casein digest medium base (Himedia, India)

Yeast extract (Himedia, India)

3.1.3 จุลินทรีย์

Bacillus subtilis TISTR 1248, *Bacillus subtilis* TISTR 2057, *Bacillus subtilis* TISTR 1528, *Bacillus subtilis* TISTR 001 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Bacillus cereus* และ *Micrococcus luteus* (ศูนย์ความเป็นเลิศเทคโนโลยีเอนไซม์และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

Autoclave (TOMY, Japan)

Biological safety cabinet (MICROTECH, UK)

Hot air oven (MAMMERT, USA)

Hot plate stirrer (IKA, Germany)

Hot Plate Stirrer Multi-positions (IKA, Germany)

Incubator (Eppendorf, Germany)

Shaking Incubator (Eppendorf, Germany)

Magnetic bar (Cowie, USA)

Micropipette (Eppendorf, Germany)

Parafilm M (Bemis, USA)

Petri dish plastic (Hycon, USA)

Plastic cuvette (BRAND, Germany)

UV sterilizer (Eppendorf, Germany)

UV-VIS Spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, USA)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปฟิล์ม

ในการขึ้นฟิล์มจะเริ่มต้นจากการนำโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 4 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิระหว่าง 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในระหว่างนั้นก็ทำการเตรียม JK powder โดยการชั่ง JK powder 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร เตรียมไว้ใน flask ขนาด 100 มิลลิลิตร มีขั้นตอนการ homogenize โดยเริ่มจากการประกอบเครื่องโฮโมจีไนซ์ต่อมาเตรียมผงขุ่นตามสัดส่วน ผงขุ่น 6.7 กรัม น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำบีกเกอร์ที่เตรียมสารละลายผงขุ่นมาตีปั่นด้วยเครื่องโฮจีไนซ์ที่ความเร็วรอบ 10000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 40 นาทีแล้วนำไปเข้าเครื่อง autoclave เพื่อฆ่า เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ต่อมาเมื่อ PVA ละลายจนหมดให้เติม JK powder ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ลงไปใน สารละลาย PVA 15 มิลลิลิตร กวนสารละลายต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นก็เติมกลีเซอรอล 1 กรัม แล้วผสมให้เข้ากันอีก 10 นาที จากนั้นปรับปริมาตรของของเหลวให้ได้ 40 มิลลิลิตร นำไปใส่เพลท แก้ว เพลทละ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่ 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำไปใส่โถความชื้นอีกเป็นน้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 24 ชั่วโมง การขึ้นรูปฟิล์มที่ผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลู จะใช้สารละลายฟิล์มขุ่นที่ได้มาจากการผสมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 100% ให้ได้ความเข้มข้น 4% จากนั้นจึงเติมกลีเซอรอล 1 กรัม แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน 10 นาที จากนั้นปรับปริมาตรของเหลวทั้งหมดให้ได้ 40 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปขึ้นแผ่นฟิล์ม

3.3.2 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขุ่นที่ระยะเวลาต่างๆ

การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขุ่นที่ระยะเวลาต่างๆ ดำเนินการทดสอบตัดชั้นฟิล์มให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จากนั้นนำชั้นฟิล์มวางบนจานเพาะเชื้อที่มีจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* TISTR 1248, *Bacillus subtilis* TISTR 2057, *Bacillus subtilis* TISTR 1528, *Bacillus subtilis* TISTR 001, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella enterica* ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เพื่อดูการเกิด Clear zone ต่อมานำเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในหลอดทดลองที่เลี้ยงไว้ทั้งหมด 3 หลอด หลอดที่ 1 อาหารเลี้ยงเชื้อกับเชื้อ ต่อมานำแผ่นฟิล์มใส่ลงไปหลอดทดลอง 2 หลอด หลอดละ 3 ชิ้น ได้แก่ หลอดที่ 2 ฟิล์มขุ่นผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลู หลอดที่ 3 ฟิล์มขุ่นผสมสารสกัดขิง และนำไปเขย่าอย่างต่อเนื่องที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง จะทำการดูดออกมาด้วยไมโครปิเปต 100 ไมโครลิตรเพื่อนำไป Spread plate และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำแบบนี้จนครบ 7 ชั่วโมง หลังจากบ่มจนครบเวลาดังกล่าวแล้วนำจุลินทรีย์ ณ ชั่วโมงที่ 24 มา Spread Plate และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเจือจาง 1:100 1:1000 และ 1:10000 ในอาหารเหลว Nutrient Broth และประเมินเซลล์รอดชีวิตด้วยเทคนิค Broth assay โดยดูดเชื้อจุลินทรีย์ในหลอดทดลองด้วยไมโครปิเปต 100 ไมโครลิตรเพื่อนำไป Spread plate และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขุ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope หรือ SEM)

การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope หรือ SEM) เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นผิวฟิล์ม ตัวอย่างฟิล์มทั้งหมดถูกเคลือบด้วย gold sputter ที่ 10 kV (Mustafa et al, 2021)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

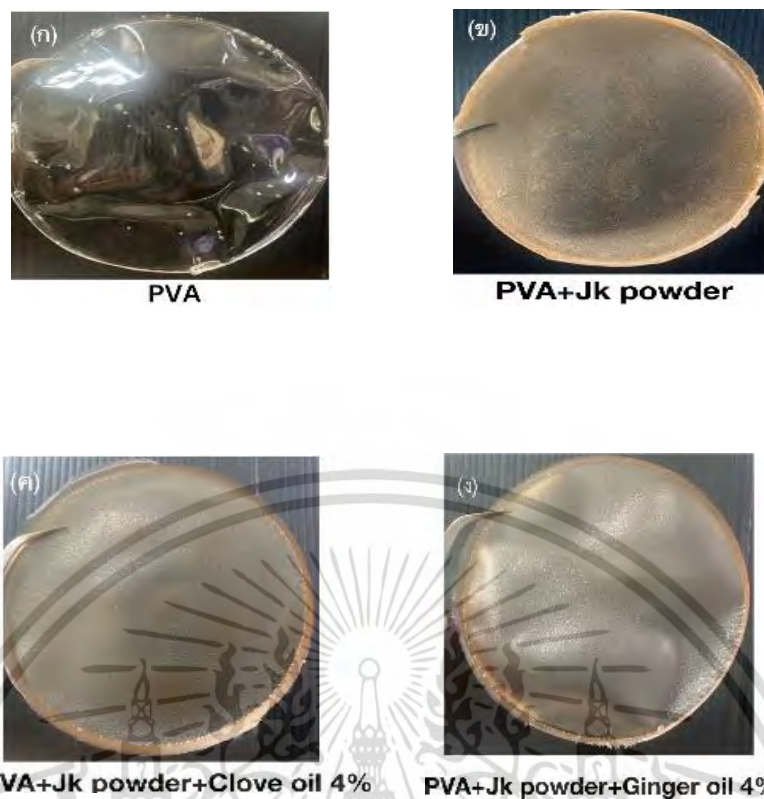
4.1 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปฟิล์ม

กระบวนการทดลองขึ้นรูปฟิล์มจะเริ่มขึ้นตั้งแต่กระบวนการเตรียมผงขุ่น (Jk powder) เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มในแต่ละแบบให้ใช้ผงขุ่นขนาด < 80 ไมโครกรัม ที่ได้ไปทำการขึ้นรูปฟิล์มในขั้นตอนต่อไป

ฟิล์มที่ขึ้นรูปมีทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ ฟิล์มโพลีไวนิล (PVA), ฟิล์มชีวภาพขุ่น, ฟิล์มชีวภาพขุ่นเสริมฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยกานพลูความเข้มข้น 4 % และฟิล์มชีวภาพขุ่นเสริมฤทธิ์สารสกัดขิงความเข้มข้น 4 %

ฟิล์มโพลีไวนิลมีลักษณะใส ไม่มีสี ผิวสัมผัสเรียบไม่เป็นมัน มีความเหนียวและยืดหยุ่น (ภาพที่ 4.1 ก) ฟิล์มชีวภาพขุ่นมีลักษณะโปร่งใสแต่สามารถมองเห็นผงขุ่นในฟิล์มได้อย่างชัดเจน ผิวสัมผัสเรียบไม่เป็นมัน มีความเหนียวและยืดหยุ่น (ภาพที่ 4.1 ข) ฟิล์มชีวภาพขุ่นเสริมฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยกานพลู 4 % เมื่อยังเป็น ของเหลวมีลักษณะขุ่นทึบแสงแต่เมื่อแห้งแล้วฟิล์มมีลักษณะโปร่งใส ผิวสัมผัสเรียบมีความเป็นมันที่ผิวฟิล์มโดย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยกานพลู เมื่อสัมผัสแผ่นฟิล์มจะมีน้ำมันหอมระเหยการพลูอยู่ที่มือที่ สัมผัส ฟิล์มมีความเหนียวยืดหยุ่น (ภาพที่ 4.1 ค) ฟิล์มชีวภาพขุ่นเสริมฤทธิ์สารสกัดขิง 4 % มีลักษณะโปร่งแสง สีของฟิล์มมีสีเหลืองที่เข้มมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยขิง มีความขุ่น สามารถมองเห็นผงขุ่นในฟิล์มได้อย่างชัดเจน ผิวสัมผัสเรียบมีน้ำมันหอมระเหยติดที่นิ้วเมื่อสัมผัสผิวฟิล์มโดย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดขิง ฟิล์มมีความเหนียวและยืดหยุ่นสามารถดึงยืดได้ในระดับหนึ่ง (ภาพที่ 4.1 ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



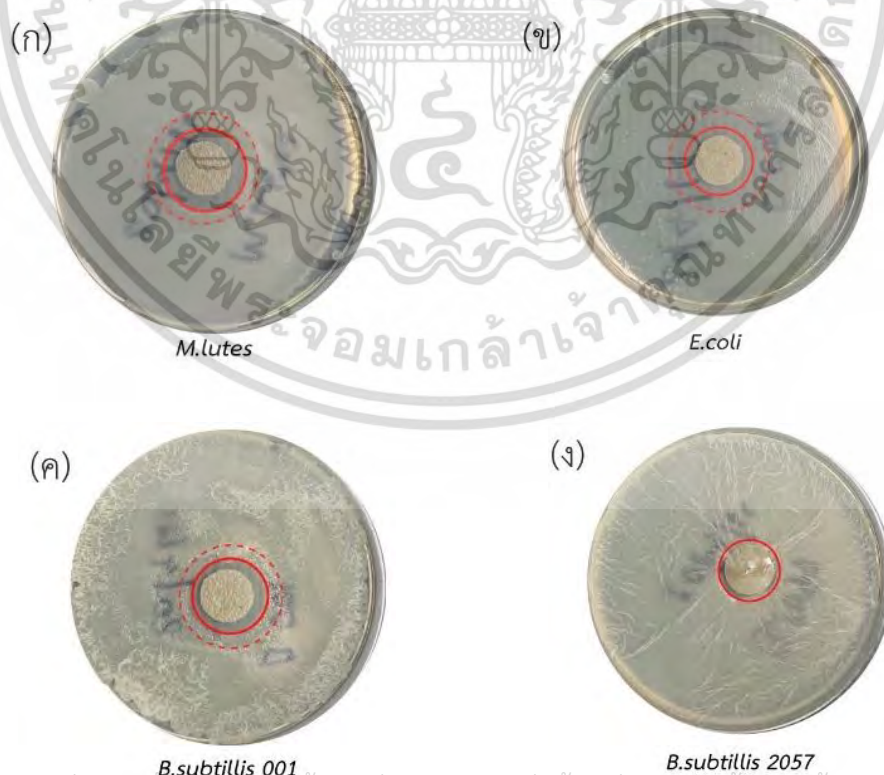
ภาพที่ 4.1 ลักษณะฟิล์มที่ขึ้นรูปในแต่ละรูปแบบ ก) ฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ข) ฟิล์มชีวภาพขหนูน ค) ฟิล์ม PVA ผสมเสริมฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยกานพลู 4% ง) ฟิล์ม PVA ผสมเสริมฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยขิง 4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

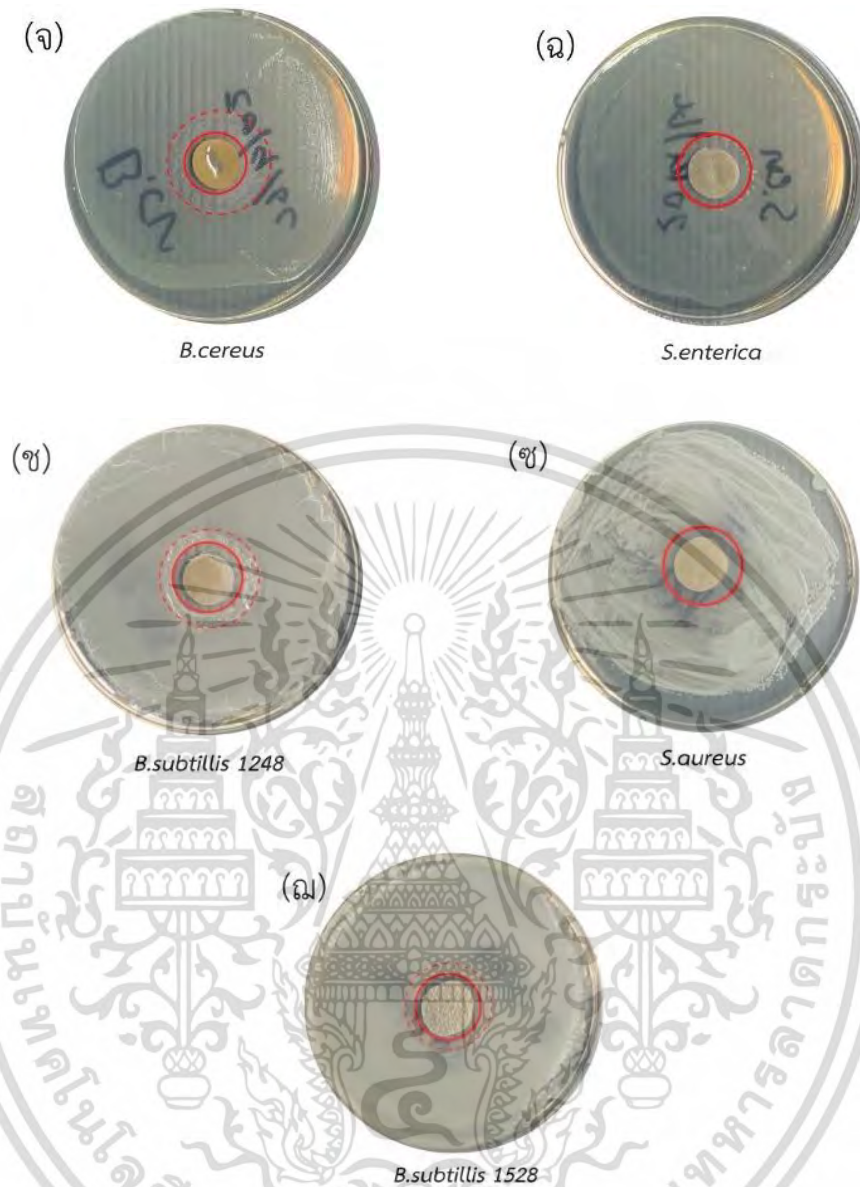
4.2 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Clear Zone of Inhibition assay

ในการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพที่ผสมน้ำมันหอมระเหย กานพลู เพื่อสังเกตการเกิด Clear Zone ที่แสดงให้เห็นฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของฟิล์มชีวภาพ

การทดสอบนี้ได้มีการตัดแบ่งฟิล์มขุ่นที่ผสมน้ำมันหอมระเหย กานพลู ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ไปแปะลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อหลังจากบ่มเป็นเวลาข้ามคืนพบว่า เกิด Clear zone ขึ้นบริเวณรอบแผ่นฟิล์มที่แปะลงไป อีกทั้งยังมีจำนวนเซลล์ที่เบาบางลงอีกด้วย (ภาพที่ 4.2.2) โดยเชื้อที่เกิด Clear zone อย่างชัดเจน คือ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* TISTR 2057 และ *Salmonella enterica* อีกทั้งยังมีเชื้อ *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *B. cereus*, *Bacillus subtilis* TISTR 001, *B. subtilis* 1248, *B. subtilis* TISTR 1528 ที่แสดง Clear Zone และจำนวนเซลล์ที่เบาบางลงอีกด้วย (ภาพที่ 4.2.1 ก-ง) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟิล์มชีวภาพมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ก่อโรคโดยเฉพาะในเชื้อ *S.aureus* ที่เกิด Clear zone ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

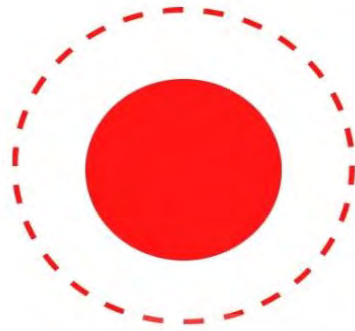


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2.1 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของฟิล์มชีวภาพจากขุ่นเสริมฤทธิ์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย ก) *Micrococcus luteus* ข) *Escherichia Coli* ค) *Bacillus subtilis* TISTR 001 ง) *Bacillus subtilis* TISTR 2057 จ) *Bacillus cereus* ฉ) *Salmonella enterica* ช) *Bacillus subtilis* TISTR 1248 ซ) *Staphylococcus aureus* ฉ) *Bacillus subtilis* TISTR 1528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2.2 วงกลมแสดง Clear Zone วงสีแดงแสดงให้เห็น Clear Zone ที่เห็นได้ชัด ในส่วนของเส้นประ วงกลมสีแดงแสดงให้เห็นจำนวนเซลล์ที่เบาบางลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

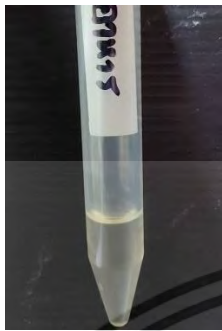

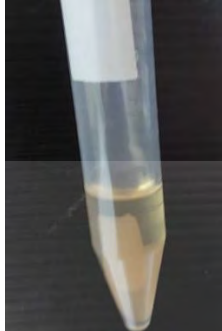

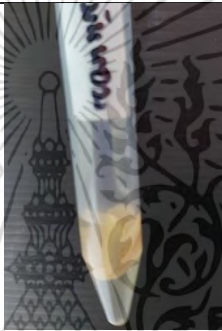

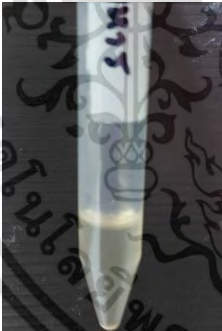


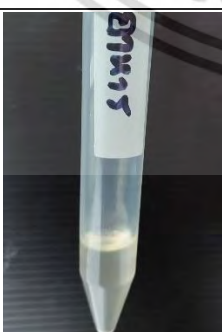
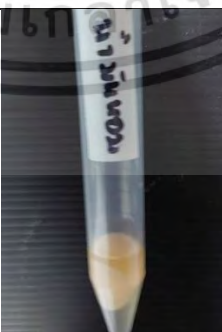
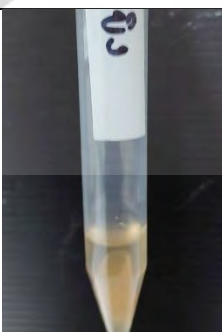
4.3 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay

เชื้อที่ใช้ทดสอบคือ *Staphylococcus aureus* ในผลที่ได้คือตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7 ในหลอดทดลองที่มีฟิล์มชีวภาพ (ตารางที่ 4.3.1) โดยในหลอดทดลองที่มีฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารออกฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารสกัดขิง หลังจากการบ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารออกฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีผลยับยั้ง *S. aureus* ดีที่สุดเปรียบเทียบกับฟิล์ม PVA และ ฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารสกัดขิง (ตารางที่ 4.3.2)

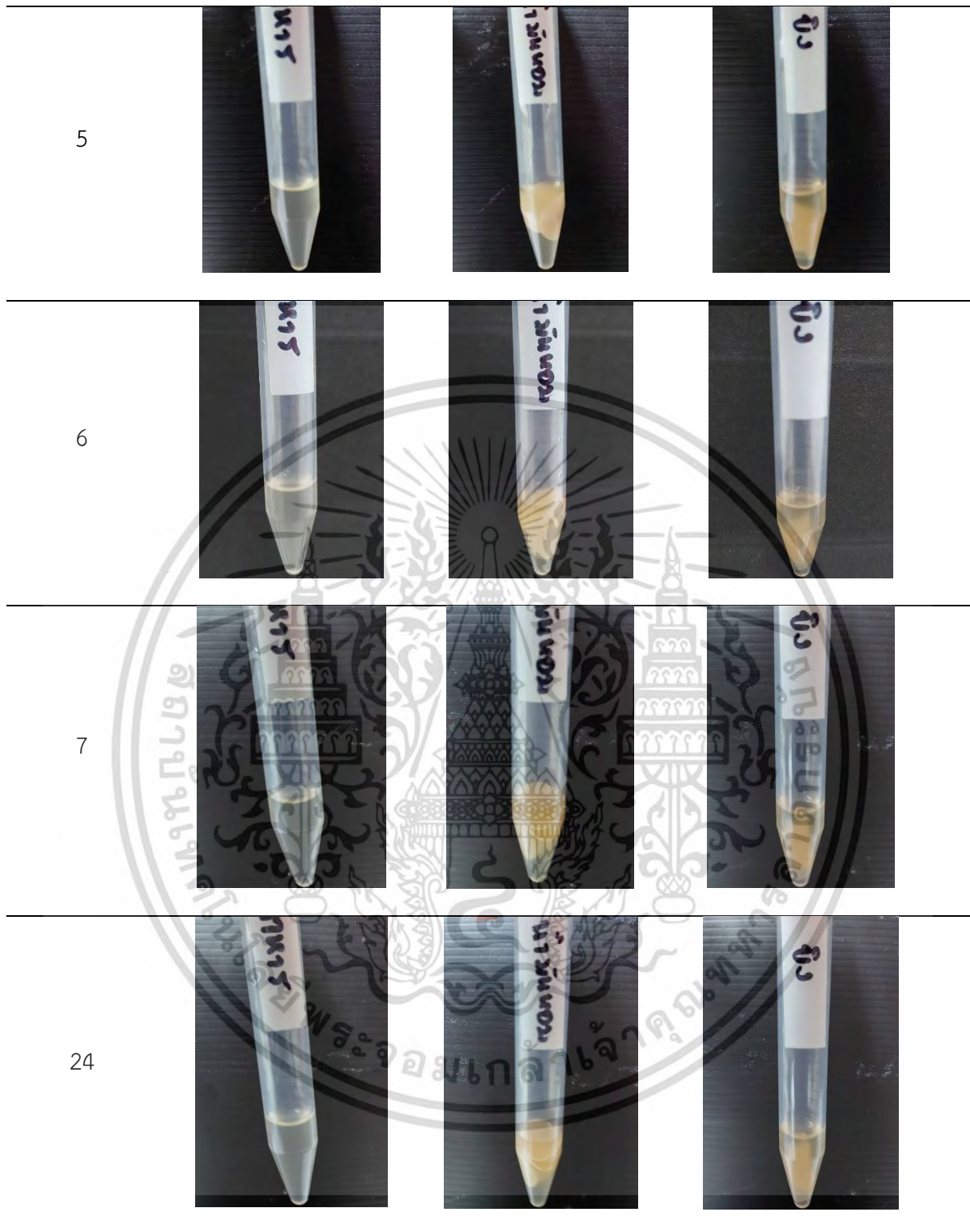
เซลล์ที่บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้ถูกนำมาติดตามการรอดชีวิตของเซลล์ โดยทำการเจือจางที่ 100 1000 และ 10000 เท่า พบว่าในการบ่ม เชื้อ *S. aureus* กับฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารออกฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยการพลูมีเซลล์ที่รอดชีวิตน้อยกว่า การบ่ม เชื้อ *S. aureus* กับฟิล์มชีวภาพขุ่นผสมสารสกัดขิง และ ฟิล์มที่ไม่ใส่สารออกฤทธิ์ (ตารางที่ 4.3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.1 การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay



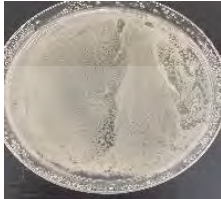
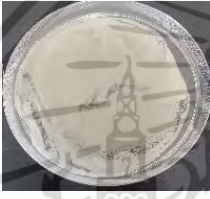







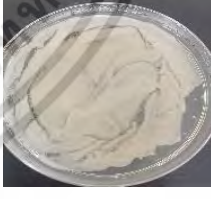



เวลา (ชม.)	Control	Clove oil	Ginger oil
1			
2			
3			
4			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.2 การรอดชีวิตของเชื้อ *S.aureus* การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay

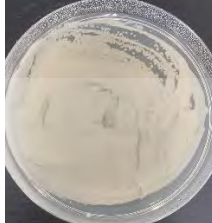
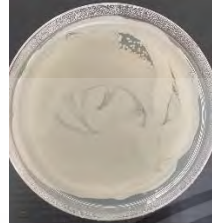
เวลา (ชม.)	Control	Clove oil	Ginger oil
1			
2			
3			
4			
5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

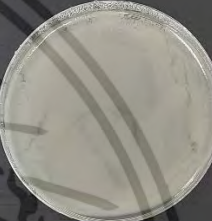
6



7

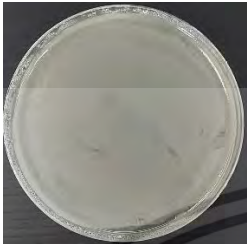

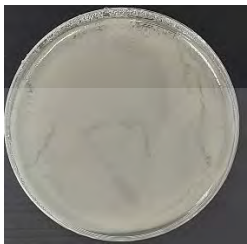
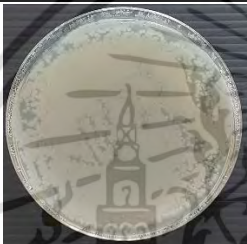










24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.3 การรอดชีวิตของเชื้อ *S.aureus* การทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลชีพของฟิล์มชีวภาพด้วยวิธี Broth assay ที่เวลา 24 ชั่วโมง

การเจือจาง (เท่า)	Control	Clove oil	Ginger oil
1			
100			
1000			
10000			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



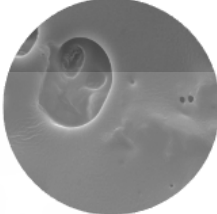


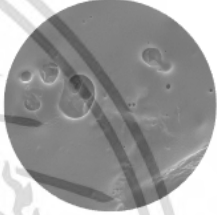





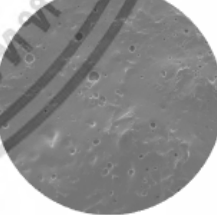
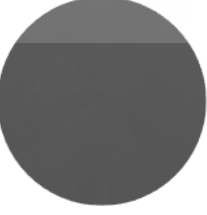
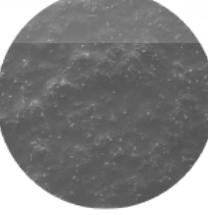
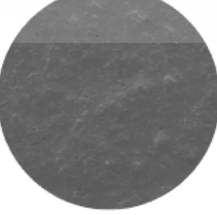
4.4 ผลการการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นำตัวอย่างฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุน 3 ชนิด ได้แก่ ฟิล์ม PVA , ฟิล์ม PVA ผสมผงขนุน , ฟิล์ม PVA ผสมผงขนุน ผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลู 4% นำไปตรวจลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ฟิล์ม PVA มีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ ฟิล์ม PVA ผสมผงขนุนมีลักษณะที่เป็นกลุ่มก้อนเนื่องจากการจับตัวกันของตัวผงขนุน ฟิล์ม PVA ผสมผงขนุนผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลู 4% พบว่ามีลักษณะเป็นหลุมเกิดจากการแทรกตัวของน้ำมันหอมระเหย มีการสลายตัวไปเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ การเก็บรักษา (ตารางที่ 4.4)

จากผลการทดสอบหากเราเก็บตัวฟิล์มไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม ตัวน้ำมันหอมระเหยที่แทรกตัวอยู่ อาจจะไม่ระเหยหรือสูญหายไป ตัวฟิล์มที่ได้อาจมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวภาพจากเปลือกขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

กำลังขยาย (เท่า)	Film PVA	PVA + JK powder	JK Film + Clove oil
10000			
5000			
3000			
1000			
150			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ฟิล์มชีวภาพขุ่นที่ได้จะมีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่น เมื่อนำไปทำการส่องกราดด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนจะพบว่า ฟิล์ม PVA ลักษณะทางกายภาพมีความเรียบเนียน ฟิล์ม PVA ผสมผงขุ่นมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนอาจเป็นเพราะตัวผงขุ่นมีการจับตัวกัน ฟิล์ม PVA ผสมผงขุ่น ผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีหลุมเกิดขึ้นอาจเป็นเพราะการแทรกตัวของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและมีการสูญเสียบ้างไปทำให้เกิดหลุม ในส่วนของฟิล์มชีวภาพที่เติมสารน้ำมันหอมระเหยกานพลูพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แกรมบวกชนิด *S.aureus*, *B.cereus*, *B. subtilis* TISTR 001, *B. subtilis* TISTR 1248 และ *B. subtilis* TISTR 1528 ได้อย่างดี ฟิล์มชีวภาพนี้เหมาะสำหรับอาหารประเภทของสด เช่น เนื้อไก่ หรืออาหารจำพวกแป้ง เช่น ขนมปัง เป็นต้น ในส่วนของสารสกัดขิงนั้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์จำพวก *S.aureus*, *E.coli* และ *S.enterica* แต่ในส่วนของฟิล์มที่ทำมาจากสารสกัดขิงนั้นพบว่า ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ไม่ดีเท่ากับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพราะสารสกัดขิงที่นำมาเจือจางใส่ฟิล์มนั้นมีความเข้มข้นไม่มากพอที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1.การพัฒนาตัวฟิล์มชีวภาพขุ่นให้เป็นฟิล์มจากธรรมชาติโดยใช้สารประสานจากธรรมชาติทดแทน
- 2.การปรับปรุงฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วยการใช้สารออกฤทธิ์ที่มีความเข้มข้นมากพอที่จะสามารถต้านจุลินทรีย์ก่อโรค
- 3.การใช้เครื่องไล่ฟองอากาศในการลดฟองอากาศที่เกิดขึ้นตอนตีปั่นผงขุ่นในขั้นตอน homogenizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. (2021). फिल्मห่ออาหารจากแคร์รอต (ออนไลน์) สืบค้นจาก <http://fic.nfi.or.th/technologyandinnovation-detail.php?smid=2304> (9 มิถุนายน 2565)

ณิชากร สุรงษา, อภิภูญ์ เกียรติชัยไพบูลย์. การพัฒนาและการทดสอบประสิทธิภาพไปโอฟิล์มต้าน-เชื้อจุลชีพจากส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ. ปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2563

นิดดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. ขนุน ใน ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน. กทม. แสงแดด. 2550 หน้า 41- 43

บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์ และ ธีรศักดิ์ ปั่นวิชัย. 2017. การยืดอายุผลิตภัณฑ์พริกแกงและออกแบบบรรจุภัณฑ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บริษัท สปริงกรีนอีโวลูชั่น จำกัด. 2021. กานพลู (ออนไลน์). สืบค้นจาก <http://www.sgethai.com> (6 ธันวาคม 2565)

พุดพิงศ์ เอี่ยมสิริลักษณ์ และ รณกฤต นิมิตร. 2565. การพัฒนาฟิล์มชีวภาพต้านเชื้อจุลชีพจากเปลือกขนุนผสมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการประยุกต์ใช้. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

แพทย์วิถีธรรม. 2022. ชังขนุน (ออนไลน์). สืบค้นจาก <http://www.แพทย์วิถีธรรม.com> (20 พฤศจิกายน 2565)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนพานนท์. (2021). Retort pouch / รีทอร์ทเพาซ์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0473/retort-pouch-รีทอร์ทเพาซ์> (9 มิถุนายน 2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัชรพงษ์ เติวียะ. 2013. การเตรียมแผ่นฟิล์มต้านเชื้อจุลินทรีย์ของพอลิแอลแลคติกแอซิด/เซลลูโลส สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร(Doctoraldissertation,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สาขาวิชาเคมีนวัตกรรม).

ศุภย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร . 2020. ฟิล์มแคร่รอตบรรจุลูกอม (ออนไลน์). สืบค้นจาก <https://www.kaset1009.com/> (14 ธันวาคม 2565)

hello คุณหมอ. 2022. ขนุน (ออนไลน์). สืบค้นจาก [http://www.hello คุณหมอ.com](http://www.helloคุณหมอ.com) (20 พฤศจิกายน 2565)

kapook.com. 2022. กานพลูและน้ำมันหอมระเหย (ออนไลน์). สืบค้นจาก <http://www.kapook.com> (20 พฤศจิกายน 2565)

wikipedia.org. 2022. การบรรจุแบบสูญญากาศ (ออนไลน์). สืบค้นจาก <https://th.wikipedia.org/wiki/> (14 ธันวาคม 2565)

Alina Tampau, Chelo González-Martínez, Amparo Chiralt, Biodegradability and disintegration of multilayer starch films with electrospun PCL fibres encapsulating carvacrol, Polymer Degradation and Stability, Volume 173, 2020, 109100

Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., and Montero, P. 2009. Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil. Journal of Aquatic Food Product Technology. 18(1- 2). 46-52.

Johana Andrade, Chelo González-Martínez, Amparo Chiralt, Antimicrobial PLA-PVA multilayer films containing phenolic compounds, Food Chemistry, Volume 375, 2022, 131861, ISSN 0308-8146,

Maksym Krepker, Rotem Shemesh, Yael Danin Poleg, Yechezkel Kashi, Anita Vaxman, Ester Segal, Active food packaging films with synergistic antimicrobial activity, Food Control, Volume 76, 2017, Pages 117-126.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mustafa P, Niazi MBK, Jahan Z, et al. Improving functional properties of PVA/starch-based films as active and intelligent food packaging by incorporating propolis and anthocyanin. *Polymers and Polymer Composites*. 2021;29(9):1472-1484.

Na Cao, Yuhua Fu, Junhui He, Mechanical properties of gelatin films cross-linked, respectively, by ferulic acid and tannin acid, *Food Hydrocolloids*, Volume 21, Issue 4, 2007, Pages 575-584.

oe P. Kerry, Andrey A. Tyuftin, Chapter 10 - Storage and Preservation of Raw Meat and Muscle-Based Food Products: IV Storage and Packaging, Editor(s): Fidel Toldra', In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Lawrie's Meat Science (Eighth Edition), Woodhead Publishing, 2017, Pages 297-327

Oudgenoeg, Gideon, et al. "Peroxidase-mediated cross-linking of a tyrosine-containing peptide with ferulic acid." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49.5 (2001): 2503-2510.

Ran Tao, Jacqueline Sedman, Ashraf Ismail, Characterization and in vitro antimicrobial study of soy protein isolate films incorporating carvacrol, *Food Hydrocolloids*, Volume 122, 2022, 107091.

R. Gherardi, R. Becerril, C. Nerin, O. Bosetti, Development of a multilayer antimicrobial packaging material for tomato puree using an innovative technology, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 72, 2016, Pages 361-367.

Shubham Sharma, Sandra Barkauskaite, Amit K. Jaiswal, Swarna Jaiswal, Essential oils as additives in active food packaging, *Food Chemistry*, Volume 343, 2021, 128403

Thummanoon Prodpran, Soottawat Benjakul, Suttirug Phatcharat, Effect of phenolic compounds on protein cross-linking and properties of film from fish myofibrillar protein, *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 51, Issue 5, 2012, Pages 774-782.

Zhe Liu, Dehui Lin, Rui Shen, Runguang Zhang, Liu Liu, Xingbin Yang, Konjac glucomannan-based edible films loaded with thyme essential oil: Physical properties and antioxidant-antibacterial activities, *Food Packaging and Shelf Life*, Volume 29, 2021, 100700.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

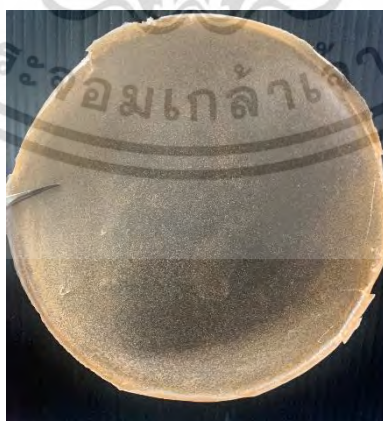
การขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากเปลือกของขนุน

ก.1 ลักษณะของฟิล์มที่ไม่มีการเติม Jackfruit powder



ภาพที่ ก.1 ฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) โดยไม่มีส่วนผสมของ Jackfruit powder

ก.2 ลักษณะของฟิล์มชีวภาพที่มีการเติม Jackfruit powder เป็นส่วนประกอบ



ภาพที่ ก.2 ฟิล์มที่มีส่วนผสมของ Jackfruit powder เป็นส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 ลักษณะของฟิล์มชีวภาพขนุนที่มีการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู



ภาพที่ ก.3 ฟิล์มที่มีส่วนประกอบของการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู 4%

ก.4 ลักษณะของฟิล์มชีวภาพขนุนที่มีการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขิง



ภาพที่ ก.4 ฟิล์มที่มีส่วนประกอบของการเติมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สูตรการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ข.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA)

Yest extract 0.9 กรัม

Peptone 1.5 กรัม

Agar 6 กรัม

น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ข.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB)

Yest extract 0.9 กรัม

Peptone 1.5 กรัม

น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy agar (TSA)

Pancreatic digest of casein	5.1 กรัม
Pancreatic digest of soybean meal	0.9 กรัม
Sodium chloride	1.5 กรัม
Potassium phosphate	0.75 กรัม
Glucose	0.75 กรัม
Agar	6 กรัม
น้ำกลั่น	300 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ข.4 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy broth (TSB)

Pancreatic digest of casein	5.1 กรัม
Pancreatic digest of soybean meal	0.9 กรัม
Sodium chloride	1.5 กรัม
Potassium phosphate	0.75 กรัม
Glucose	0.75 กรัม
น้ำกลั่น	300 มิลลิลิตร

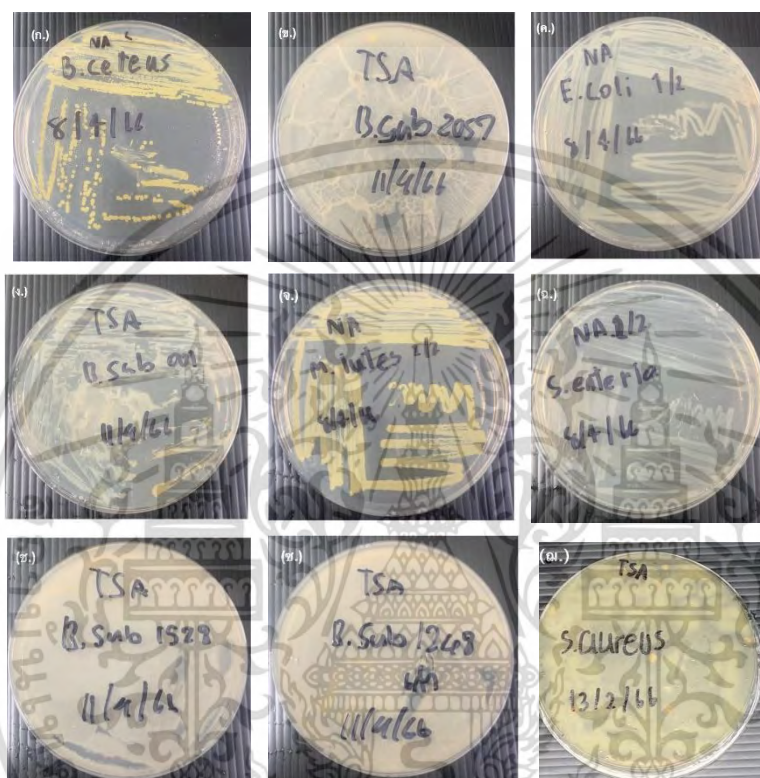
นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์ม

ค.1 เชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดสอบ



ภาพที่ ค.1 เชื้อที่ใช้ในการทดสอบ

ก) *Bacillus cereus* ข) *Bacillus subtilis* TISTR 2057 ค) *Escherichia coli* ง) *Bacillus subtilis* TISTR

001 จ) *Micrococcus luteus* ฉ) *Salmonella enterica* ช) *Bacillus subtilis* TISTR 1528

ซ) *Bacillus subtilis* TISTR 1248 ฉ) *Staphylococcus aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

สารสกัดน้ำมันหอมระเหยขิงที่นำมาทดสอบ

ตาราง ง สารสกัดน้ำมันหอมระเหยขิง

สารที่	น้ำมันหอมระเหยขิง
4	
6	
9	
11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายพชรพล กณะกาศัย

วัน เดือน ปี เกิด 27 พฤศจิกายน 2543

ประวัติการศึกษา -โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย

-วท.บ สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อีรภัทรฟู้ดส์

และผลงานการวิจัย

รางวัลที่เคยได้รับ -

ชื่อ-นามสกุล นายอภิโชค สุขสำราญ

วัน เดือน ปี เกิด 3 พฤษภาคม 2544

ประวัติการศึกษา -โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า

-วท.บ สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อีรภัทรฟู้ดส์

และผลงานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รางวัลที่เคยได้รับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้