การพัฒนานวัตกรรมสารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติ สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน เพื่อการส่งออก

โดย

รมย์นลิน จันทะวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2565

Ref. code: 25656309034590LUF

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF COATINGS MIXED NATURAL -EXTRACTS FOR EXTENDING SHELF LIFE AND CONTROLLING FRUIT ROT IN DURIAN FOR EXPORT

BY

ROMNALIN JANTAWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (ORGANIC FARMING MANAGEMENT)
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2022

Ref. code: 25656309034590LUF

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

รมย์นลิน จันทะวงษ์

เรื่อง

การพัฒนานวัตกรรมสารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียนเพื่อการส่งออก

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)

เมื่อ วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2565

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดลิต อธินุวัฒน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญ ผลประไพ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิรขจรกุล)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนานวัตกรรมสารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน เพื่อการส่งออก
ชื่อผู้เขียน	รมย์นลิน จันทะวงษ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อนุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญ ผลประไพ
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญมีมูลค่าการส่งออกสูงทุกปี การเน่าเสียของผลทุเรียนก่อนวางจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญของผู้ประกอบการ จากประเด็นปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมสารเคลือบผิวเปลือกทุเรียนเพื่อป้องกันโรคผลเน่าและยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งเพื่อการส่งออกไปยังประเทศจีน ด้วยการคัดเลือกสารสกัดจุลินทรีย์และสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน พบว่าสารสกัดโหระพามีประสิทธิภาพการยับยั้ง *L. theobromae* ได้ดีที่สุดเท่ากับ 90% จึงได้มีการนำสารสกัดโหระพามาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในสารเคลือบผิว ซึ่งมี กัม อารบิก 10% เป็นส่วนผสมหลัก ผลการวิจัยพบว่า สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก ผสมสารสกัดโหระพานั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวได้ 100% ทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm ยิ่งไปกว่านั้นสารเคลือบผิวสูตรนี้ยังมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุม และพันธุ์หมอนทองได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ เท่ากับ 14 และ 21 วัน ตามลำดับ โดยสามารถรักษาสี L* และ b* ของเนื้อทุเรียน ความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรด ของทุเรียนกระดุม เท่ากับ 82.96 ± 0.06, 35.62 ± 0.23, 6.55 ± 0.05 นิวตัน, 12.00 ± 0.50 และ 0.76 ± 0.00 ตามลำดับ และในทุเรียนหมอนทอง เท่ากับ 81.17 ± 0.07, 33.78 ± 0.31, 0.69 ± 0.04 นิวตัน, 14.50 ± 0.50 °Brix และ 0.10 ± 0.00 ตามลำดับ รวมทั้งลดการปลด

Ref. code: 25656309034590LUF

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลทุเรียนได้ 50.87% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยผลทุเรียนที่ผ่านการเคลือบผิวจะไม่มีความมันวาวและไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่น สี รสชาติ ของผลไม้ ดังนั้นจึงยังคงความหอมหวานตามธรรมชาติของทุเรียนได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: สารสกัดจุลินทรีย์, สารสกัดโหระพา, กัม อารบิก, ผลเน่าทุเรียน, *Lasiodiplodia theobromae*

Ref. code: 25656309034590LUF

Thesis Title	INNOVATIVE DEVELOPMENT OF COATINGS MIXED NATURAL -EXTRACTS FOR EXTENDING SHELF LIFE AND CONTROLLING FRUIT ROT IN DURIAN FOR EXPORT
Author	Romnalin Jantawong
Degree	Master of science (Organic Farming Management)
Department /Faculty/University	Agricultural Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Dusit Athinuwat, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Wilawan Chuaboon, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Chanan Phonprapai, Ph.D.
Academic Year	2022

ABSTRACT

Durian is an important economic fruit with high export value every year but rotten of durian fruit during export remains one of the problems faced by entrepreneurs. Based on these issues, this research aims to develop an innovative coating for durian peel to prevent fruit rot disease and prolong shelf life during export to China. By screening of the beneficial microbial extracts and herb extracts, which inhibited *Lasiodiplodia theobromae*, the causal agent of durian fruit rot. Result revealed that the basil extract showed highest efficacy on *L. theobromae* inhibited with 90%. Therefore, basil extract was used as the active ingredient in the coating film, which contained 10% gum arabic as the main ingredient. The results showed that the coating film obtained from gum arabic mixed with basil extract was showed 100% effective in preventing fruit rot of durian, equal with 500 ppm imazalil. Moreover, this coating film was effective in prolonging the shelf life of Kra Dom durian and Mon Thong as compared to other treatments by 14 and 21 days, respectively. The L* and b* color of durian, firmness, total soluble solid content, and titratable acidity acid content of

Ref. code: 25656309034590LUF

Kra Dom were maintained at 82.96 ± 0.06, 35.62 ± 0.23, 6.55 ± 0.05 N, 12.00 ± 0.50 °Brix, and 0.76 ± 0.00, respectively and Mon Thong were 81.17 ± 0.07, 33.78 ± 0.31, 0.69 ± 0.04 N, 14.50 ± 0.50 °Brix, and 0.10 ± 0.00, respectively. As well as coated durian fruit was reduced carbon dioxide emissions with 50.87% when compared with control. The coated durian fruit has no luster and does not affect the smell, color, and taste, so it retains the natural sweetness of the durian very well.

Keywords: Microbial extract, Basil extract, Gum arabic, Durian fruit rot*, Lasiodiplodia theobromae*

Ref. code: 25656309034590LUF

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดุสิต อธินุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการศึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญ ผลประไพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ กรรมการสอบที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ สารเคมีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2563 ตามสัญญาเลขที่ ทบ 32/2563

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนเสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยจนกระทั่งมีวันนี้ และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์ทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจจนประสบผลสำเร็จตามที่ได้คาดหวังไว้

รมย์นลิน จันทะวงษ์

Ref. code: 25656309034590LUF

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญภาพ	(14)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(17)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.3 สมมุติฐาน	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ที่มาและความสำคัญของทุเรียน	5
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของทุเรียน	7
2.2.1 ใบ	7
2.2.2 ราก	7

Ref. code: 25656309034590LUF

2.2.3 ดอก 8
2.2.4 ผล 8
2.3 สายพันธุ์ทุเรียน 8
2.3.1 ทุเรียนหมอนทอง 8
2.3.2 ทุเรียนชะนี 9
2.2.3 ทุเรียนก้านยาว 10
2.2.4 ทุเรียนนกหยิบ 10
2.2.5 ทุเรียนกระดุมทอง 11
2.2.6 ทุเรียนหลง-หลินลับแล 12
2.2.7 ทุเรียนกบชายน้ำ 12
2.2.8 ทุเรียนพวงมณี 13
2.4 การเก็บเกี่ยวผลผลิตทุเรียน 14
2.4.1 การนับอายุ 14
2.4.2 สีผล 14
2.4.3 ร่องหนาม 14
2.4.4 ก้านผล 14
2.4.5 ปากปลิง 14
2.4.6 ความยืดหยุ่นของปลายหนาม 15
2.4.7 ร่องพลู 15
2.4.8 การเคาะผล 15
2.4.9 การดูน้ำที่ก้านผล 15
2.5 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว 15
2.5.1 การคัดขนาดและคุณภาพ ตามมาตรฐานคุณภาพของทุเรียน 15
2.5.1.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำ 15
2.5.1.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ 16
2.5.1.3 ขนาด 17
2.5.2 การทำความสะอาดและการใช้สารเคมี 17
2.5.3 การบรรจุ 17
2.5.3.1 ภาชนะบรรจุ 17
2.5.3.2 ความสม่ำเสมอ 18
2.5.4 ฉลากและเครื่องหมาย 18

Ref. code: 25656309034590LUF

2.5.5 การเก็บรักษาและการขนส่ง 18

2.6 การเก็บรักษาผลผลิตทุเรียน 18
2.6.1 อุณหภูมิและความชื้น 18
2.6.2 การใช้สารเคลือบผิว 19
2.6.3 การการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ 19
2.6.4 การลดอุณหภูมิ 19
2.7 สารเคลือบผิวผลไม้ 20
2.7.1 สารเคลือบผิวที่มาจากสัตว์ 22
2.7.1.1 เชลแล็ค (Shellac) 22
2.7.1.2 ไคโตซาน (Chitosan) 22
2.7.1.3 ไขผึ้ง (Bee wax) 22
2.7.2 สารเคลือบผิวที่มาจากปิโตรเลียม 22
2.7.3 สารเคลือบผิวที่มาจากพืช 22
2.7.3.1 กัม (Gums) 23
2.7.4 วิธีการเคลือบผิวผลไม้ 36
2.8 มาตรการการส่งออกทุเรียนของไทยไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน 37
2.8.1 หลักกการทั่วไปของมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS) 37
2.8.2 การนำเข้าทุเรียนของจีนตามมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช 37
2.8.3 มาตรการและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในการนำเข้าทุเรียนผ่านทาง ฮ่องกง 39
2.9 การขนส่งทุเรียนไปจีน (Transportation) 40
2.9.1 การขนส่งทางทะเล 40
2.9.2 การขนส่งทางบก 40
2.9.3 การขนส่งทางรถไฟความเร็วสูงจีน-ลาว 41
2.9.4 การขนส่งทางอากาศ 41
2.10 โซ่อุปทาน และกิจกรรมโลจิสติกส์ในการส่งออกทุเรียน 41
2.11 โรคที่สำคัญในทุเรียน 42
2.11.1 โรคผลเน่า 43
2.11.1.1 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* 43
2.11.1.2 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis* sp. 44

Ref. code: 25656309034590LUF

2.11.1.3 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* 45
2.11.1.4 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* 46
2.11.2 โรครากเน่าโคนเน่า 47
2.11.3 โรคกิ่งแห้งของทุเรียน 48
2.12 การป้องกันกำจัดโรคผลเน่าในทุเรียน 49
2.12.1 การใช้สารเคมีป้องกันกำจัด 49
2.12.2 การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี 50
2.12.2.1 จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช 50
2.12.2.2 สมุนไพรควบคุมโรคพืช 51
2.13 สารสำคัญในพืช 56
2.13.1 สารปฐมภูมิ (primary metabolite) 56
2.13.2 สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) 56
2.13.2.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) 56
2.13.2.2 แอลคาลอยด์ (alkaloid) 57
2.13.2.3 ไกลโคไซด์ (glycoside) 57
2.13.2.4 น้ำมันหอมระเหย (volatile oil or essential oil) 58
2.13.2.5 ไขมัน (lipid) 59
2.13.2.6 เรซิน (resin) 59
2.13.2.7 วิตามิน (vitamin) 59
2.13.2.8 ยาปฏิชีวนะ (antibiotic) 59
2.13.2.9 สเตียรอยด์ (steroid) 59

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 60

3.1 เชื้อสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 60
3.1.1 แหล่งที่มาของเชื้อสาเหตุโรค 60
3.1.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานทางวิทยาของเชื้อรา 60
3.1.3 การทดสอบความสามารถในการก่อโรค 60
3.1.4 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา 60
3.1.5 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล 61

Ref. code: 25656309034590LUF

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 61
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 62
3.3.1 การเตรียมสารสกัดจากเชื้อจุลินทรีย์ 62
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารทุติยภูมิในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 63
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อรา สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 63
3.5.1 การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืช 63
3.5.2 การคัดเลือกสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่า 63
3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียน 64
3.6.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนพันธุ์กระดุมและหมอนทอง 64
3.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน 64
3.7 ศึกษาคุณภาพของทุเรียนด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมี 65
3.7.1 ทดสอบความแน่นเนื้อ 65
3.7.2 สีผิว 65
3.7.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble solid, SS) 65
3.7.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity, TA) 66
3.7.5 ทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก 66
3.7.6 การวัดอัตราการหายใจ 66

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 67

4.1 เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน 67
4.1.1 ความสามารถในการก่อให้เกิดโรค 67

Ref. code: 25656309034590LUF

4.1.2 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเทคนิคชีวโมเลกุล 67
4.2 ประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* 69
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน 71
4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน 73
4.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน 75
4.6 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน 76
4.7 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่า 77
4.8 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง 79
4.8.1 ลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียน 79
4.9 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียน 81
4.10 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อความแน่นเนื้อของทุเรียน 82
4.11 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของทุเรียน 84
4.12 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียน 88
4.13 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียน 89
4.14 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทุเรียน 91

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 93

5.1 สรุปผลการวิจัย 93
5.2 ข้อเสนอแนะ 93

Ref. code: 25656309034590LUF

รายการอ้างอิง 94

ประวัติผู้เขียน 101

Ref. code: 25656309034590LUF

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบการผลิตทุเรียนในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2553 / ปี 2562)	5
2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร	27
3.1 การตั้งภาวการณ์ทดลองบนโปรแกรม GC Solution software	66
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*	71
4.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดทุติยภูมิจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*	72
4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*	74
4.4 ผลของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*	77
4.5 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าในทุเรียน	78

Ref. code: 25656309034590LUF

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สัดส่วนผลผลิตทุเรียนรายจังหวัด ปี 2562	6
2.2	ลักษณะทั่วไปของผลทุเรียน	7
2.3	ทุเรียนหมอนทอง	9
2.4	ทุเรียนชะนี	9
2.5	ทุเรียนก้านยาว	10
2.6	ทุเรียนนกหยิบ	11
2.7	ทุเรียนกระดุมทอง	11
2.8	ทุเรียนหลง-หลินลับแล	12
2.9	ทุเรียนกบชายน้ำ	13
2.10	ทุเรียนพวงมณี	13
2.11	ฟิล์มเอลเดอร์เบอร์รี่ผลิตโดยใช้สารห่อหุ้มและความหนาของฟิล์มที่แตกต่างกัน	25
2.12	SEM ของฟิล์มเอลเดอร์เบอร์รี่ที่มีโซเดียมอัลจิเนต	26
2.13	วิธีการเคลือบผิวผลไม้	37
2.14	ห่วงโซ่อุปทานทุเรียนไทย	42
2.15	ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*	44
2.16	ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis* sp.	45
2.17	ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*	46
2.18	ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora*	47
2.19	ลักษณะโรครากเน่าโคนเน่า	48
2.20	ลักษณะโรคกิ่งแห้งของทุเรียน	49
2.21	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง	52
2.22	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกานพลู	53
2.23	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโหระพา	54
4.1	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Lasiodiplodia theobromae* โคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน (ก), Hyaline conidia ระยะ immature conidia (ข), สปอร์อ่อน (immature conidia) (ค) และสปอร์แก่ (mature conidia) (ง)	68

Ref. code: 25656309034590LUF

4.2 ประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์แต่ละสายพันธุ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* 70

4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัด *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay (ก) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil (ข) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ๆ (ค) 72

4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดโหระพาที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *L. theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay (ก) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ข) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ๆ (ค) 74

4.5 ผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน, สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติในรูปแบบสเปรย์ (ก) ลักษณะการเกิดฟิล์ม (ข) 75

4.6 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี spore drop technique , สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ) 76

4.7 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนหมอนทอง, สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ) 78

4.8 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียนพันธุ์กระดุม , สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ) 80

Ref. code: 25656309034590LUF

4.9 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง , สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ) 80

4.10 การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนกระดุมภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 81

4.11 การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนหมอนทองภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 82

4.12 ความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 83

4.13 ความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°C เป็นเวลา 21 วัน 84

4.14 ค่าความสว่าง (*L) ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 85

4.15 ค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 85

4.16 ค่าความสว่าง (*L) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 87

4.17 ค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 87

4.18 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 88

4.19 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 89

4.20 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน 90

4.21 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 91

4.22 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทุเรียนหมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน 92

Ref. code: 25656309034590LUF

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
µl	Microliter
mL	Milliliter
cm	Centimeter
mm	Millimeter
mg/kg	Milligrams per liter
w/w	Weight per weight

Ref. code: 25656309034590LUF

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญและมีมูลค่าการส่งออกสูง ทุเรียนเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ การส่งออกทุเรียนช่วยสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2562 มีการส่งออกทุเรียน 655,362 ตัน คิดเป็นมูลค่า 45,485 ล้านบาท (กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก, 2563) แต่การส่งออกทุเรียนผลสดมักเน่าเสียก่อนวางจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ด้วยข้อจำกัดของทุเรียนที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น เกิดบาดแผลง่ายระหว่างการขนส่ง รวมถึงมีการเกิดโรคเมื่อผลสุก โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อราต่าง ๆ ซึ่งสร้างความเสียหายและส่งผลกระทบทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทุเรียน ซึ่งโรคที่พบมากและเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการส่งออกทุเรียน คือ โรคผลเน่า เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด ตั้งแต่แปลงปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ *Phytophthora palmivora*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อราเหล่านี้จะแพร่โดย ลม ฝน หรือ แมลงไปยังผลผลิต ซึ่งจากรายงานก่อนหน้านี้พบว่าเชื้อรา *L. theobromae* เป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคผลเน่าได้มากที่สุด โดยอาการจะปรากฏให้เห็นภายหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อผลผลิตถูกบ่มให้สุก การเข้าทำลายในระยะแรกจะปรากฏรอยแผลสีน้ำตาลและนิ่ม แผลขยายใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็วและปรากฏเส้นใยสีเทาฟูบริเวณแผล ต่อมาแผลจะเป็นสีดำและเต็มไปด้วย pycnidia ของเชื้อราบริเวณแผล อาการเน่าจะลามลงไปจนถึงส่วนเนื้อของทุเรียน (สมศิริ, 2559) ทำให้ผลผลิตทุเรียนเน่าเสีย ด้วยสาเหตุนี้ส่งผลให้เกษตรกรและผู้ประกอบการสูญเสียรายได้จำนวนมาก จากการถูกปฏิเสธเพราะการด้อยคุณภาพของผลผลิตจากประเทศปลายทาง ซึ่งเป็นตัวเลขมหาศาล หรือเป็น 1 ใน 3 ของผลผลิตที่เราผลิตได้ (ผู้จัดการออนไลน์, 2562)

การควบคุมโรคพืชส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีเป็นหลัก ขณะเดียวกันการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน สารสกัดทุติภูมิของจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์มีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืช โดยเฉพาะในกลุ่มไลโพเปปไทด์ เช่น surfactin, iturin และ fengycin หรือในกลุ่ม polypeptide, macrolactones, fatty acid, polyketides และ isocoumarins ร่วมถึง antibiotic, hydrogen cyanine และผลิตเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ต่าง ๆ เช่น chitinase และ protease (Olanrewaju *et al*., 2017) ตลอดจนชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรคด้วยการกระตุ้นให้พืชผลิตเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) peroxidase (POX)

Ref. code: 25656309034590LUF

และ β , 1-3 glucanase (Reinhold-Hurek and Hurek, 2011; Mei *et al.*, 2014) วิจิตรา และคณะ (2544) รายงานการใช้สารสกัดหยาบจากน้ำเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus subllis* ในการป้องกันกำจัดกลุ่มเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคผลเน่าในทุเรียน ได้แก่ *P. palmivora*, *L. theobromae*, *Phomopsis* sp. และ *C. gloeosporioides* พบว่าสารสกัดหยาบจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับสารเคมี imazalil ทั้งนี้ Wilasinee *et al*. (2020) รายงานประสิทธิภาพของ *Torulaspora indica* DMKU-RP35 ในการควบคุม *L. theobromae* ได้ดีที่สุด 82.4% และ *Papiliotrema aspenesis* DMKU-SP67 มีประสิทธิภาพในการควบคุม *C. gloeosporioides* ได้ดีที่สุด 94.1% โดยจุลินทรีย์ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับสารเคมี benomyl อีกทั้งจุลินทรีย์ยังสามารถผลิต volatile organic compounds (VOCs), biofilm และ siderophore ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของจุลินทรีย์ในการควบคุมโรค นอกจากนี้สารสกัดหยาบจากพืชหลายชนิดยังมีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืชได้เช่นกัน โดยเฉพาะในกลุ่มสารประกอบฟีนอล เช่น ยูจินอล (eugenol) พบใน กานพลู ตะไคร้ ใบกะเพรา และใบโหระพา จินเจอรอล (gingerol) พบใน ขิง แคปไซซิน (capsaicin) พบใน พริก เคอคิวมิน (curcumin) พบใน ขมิ้น และแคทีชิน (catechin) พบใน ชา เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560) จากการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดหยาบสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าใน พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชหลายชนิด เช่น กานพลู ขิง ขมิ้น กะเพรา และโหระพา สามารถนำมาควบคุมโรคนี้ได้ (บัญญัติ, 2518) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดธรรมชาติเหล่านี้สามารถที่จะนำมาปรับประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการจัดการโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการเสื่อมคุณภาพของผลผลิตทุเรียนก็เป็นอีกข้อจำกัดในการส่งออกอย่างเลี่ยงไม่ได้ เป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน หากมีการพัฒนาชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิต รวมทั้งสามารถกักเก็บสารออกฤทธิ์ในสมุนไพรได้เป็นอย่างดี จะเป็นการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต ช่วยลดอัตราการตีกลับของสินค้าเกษตร สร้างมูลค่าการส่งออกทุเรียนสู่ตลาดโลกมากยิ่งขึ้น โดยมีรายงานการพัฒนาสารเคลือบผิวผลไม้ locust bean gums ผสมสารสกัดจากทับทิม และจุลินทรีย์ *Wickerhamomyces anomalus* ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นวัตถุดิบธรรมชาติ มีต้นทุนต่ำ อีกทั้งคุณสมบัติของกัมนอกจากทำหน้าที่เสมือนฟิล์มชะลอการสุกของผลไม้แล้ว ยังสามารถกักเก็บสารสำคัญในทับทิมและจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปทดสอบบนผลส้ม พบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในส้มได้มากถึง 95% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Samira *et al*., 2018) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าโรคผลเน่าเป็นอุปสรรคโดยตรงต่อการส่งออกทุเรียนเป็นอย่างมาก และจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน สอดคล้องกับนโยบาย BCG (Bio-Circular-Green Economy) ในการใช้องค์ความรู้ด้าน

Ref. code: 25656309034590LUF

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value creation) จากฐานความหลากหลายของทรัพยากรชีวภาพ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการผลิต ลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต และให้ความสำคัญกับระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์และสมุนไพรไทย ทดแทนการใช้สารฆ่าเชื้อราร่วมกับสารเคลือบผิวในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อผลทุเรียนมาถึงโรงคัดบรรจุ หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวผลไม้ผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน ผลิตภัณฑ์นี้จะได้รับความนิยมจากผู้ประกอบการ สามารถช่วยลดสูญเสียในกระบวนการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน ลดอัตราการตีกลับของสินค้าเกษตร ลดการระบาดของโรคพืช ตลอดจนสร้างมูลค่าการส่งออกทุเรียนสู่ตลาดโลกมากยิ่งขึ้น การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สารเคลือบผิวผลไม้ผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน สำหรับเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ประกอบการและเป็นต้นแบบในการผลิตระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ต่อไป

Ref. code: 25656309034590LUF

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

(1) เพื่อสกัดสารจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน

(2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบสารเคลือบผิวผลไม้ผสมสารสกัดจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน

1.3 สมมุติฐาน

นวัตกรรมสารเคลือบผิวผลไม้ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันผลเน่าในทุเรียนและยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียน ระหว่างการขนส่งเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น จีน ด้วยการผสมสารสกัดจุลินทรีย์หรือสารสกัดสมุนไพร ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน โดยสารเคลือบผิวสูตรนี้สามารถรักษาสี L* และ b* ของเนื้อทุเรียน ความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรด รวมทั้งลดอัตราหายหายใจของทุเรียนได้ โดยผลทุเรียนที่ผ่านเคลือบผิวจะไม่มีความมันวาวและไม่ส่งผลที่จะเปลี่ยนแปลงกลิ่น สี รสชาติ ของผลไม้ ดังนั้นจึงยังคงความหอมหวานตามธรรมชาติของทุเรียนได้เป็นอย่างดี และได้รับการยอมรับและความพึงพอใจจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศเป็นอย่างดี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) สารสกัดจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน

(2) ผลิตภัณฑ์ใหม่ในรูปแบบสารเคลือบผิวเปลือกทุเรียนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันผลเน่าและยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งเพื่อการส่งออก

Ref. code: 25656309034590LUF

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ที่มาและความสำคัญของทุเรียน

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญมีมูลค่าการส่งออกสูง เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ในปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกทุเรียนทั่วประเทศรวม 937,607 ไร่ โดยมีเนื้อที่ให้ผล 724,730 ไร่ และมีผลผลิตรวม 1,017,097 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,403 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบ กับปี 2553 (ระยะ 10 ปีที่ผ่าน) พบว่า พื้นที่เพาะปลูกทุเรียน เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น โดยพื้นที่ที่มีการปลูกทุเรียนมากที่สุดอยู่ในภาคใต้ รองลงมา คือ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคกลาง แต่พื้นที่ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงที่สุด คือ ภาคตะวันออก รองลงมาคือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการผลิตทุเรียนในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2553 / ปี 2562)

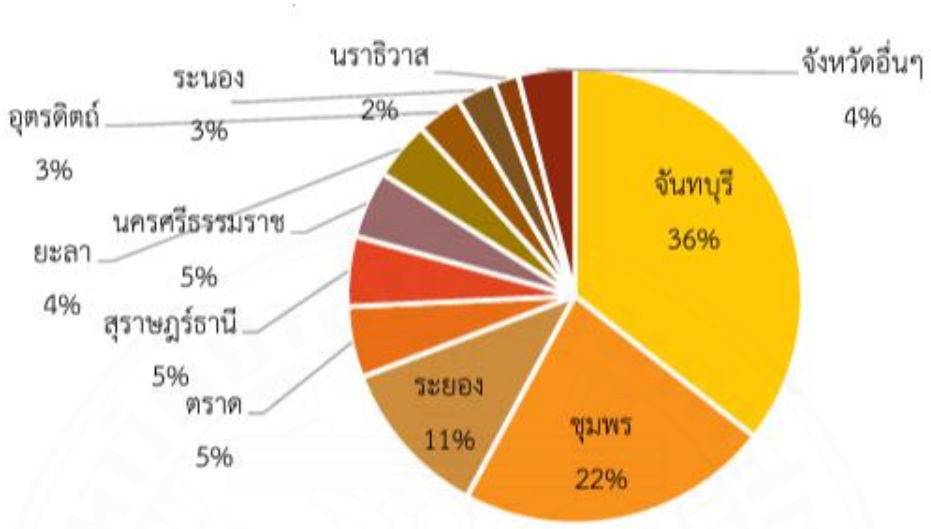
ภาค	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)		เนื้อที่ให้ผล (ไร่)		ผลผลิต (ตัน)		ผลผลิต/ไร่ (กก.)	
	2553	2562	2553	2562	2553	2562	2553	2562
รวมทั้งประเทศ	**668,192**	**937,607**	**612,057**	**724,730**	**568,660**	**1,017,097**	**929**	**1,403**
เหนือ	27,660	59,334	24,807	42,942	14,148	27,270	570	635
ตะวันออกเฉียงเหนือ	2,014	14,119	1,603	3,870	960	3,699	599	956
กลาง	2,301	4,047	958	579	463	460	483	794
ตะวันตก	4,811	14,063	4,283	6,265	3,022	6,132	705	979
ตะวันออก	288,878	342,531	264,389	283,130	325,174	497,396	1,230	1,757
ใต้	342,528	503,513	316,017	387,944	224,893	482,140	712	1,243

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ประมวลโดยสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า 2562

จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ จันทบุรี (225,273 ไร่) รองลงมา ชุมพร (192,685 ไร่) ระยอง (73,650 ไร่) ยะลา (67,164 ไร่) นครศรีธรรมราช (65,495 ไร่) อุตรดิตถ์ (41,592 ไร่) ตราด (40,439 ไร่) ระนอง (39,184 ไร่) นราธิวาส (30,803 ไร่) และสงขลา (15,456 ไร่) ตามลำดับ จังหวัดที่มีผลผลิตมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ จันทบุรี (339,292 ตัน) รองลงมา ชุมพร (277,729 ตัน) ระยอง (108,093 ตัน) ตราด (48,158 ตัน) นครศรีธรรมราช (47,855 ตัน) สุราษฎร์

Ref. code: 25656309034590LUF

ธานี (45,825 ตัน) ยะลา (42,053 ตัน) ระนอง (28,854 ตัน) อุตรดิตถ์ (22,837 ตัน) และนราธิวาส (14,023 ตัน) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 สัดส่วนผลผลิตทุเรียนรายจังหวัด ปี 2562
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ประมวลโดยสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า

Ref. code: 25656309034590LUF

2.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของทุเรียน

ภาพที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของผลทุเรียน

วงศ์ (Family) : Bombacaceae

ชื่อสามัญ (Genus) : Durian

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) : Durio zibethinus Murray

2.2.1 ใบ

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้น เป็นพืชที่ไม่มีการผลัดใบ ทรงพุ่มแผ่กว้าง มีความสูง 20-40 เมตร (เพาะเมล็ด) สำหรับต้นที่ปลูกจากการเสียบยอด มีความสูง 8-12 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ยาว 8-20 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ปลายใบแหลม มีก้านใบสีน้ำตาลบนใบสีเขียวแก่ถึงเขียวเข้ม ด้านใต้ใบเป็นสีน้ำตาล เส้นใบทุเรียนสานกันมีลักษณะเป็นร่างแห ใบของทุเรียนในแต่ละพันธุ์ก็จะมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์นั้น ๆ ด้วย

2.2.2 ราก

ทุเรียนมีรากหาอาหารบริเวณผิวดินจนถึงระดับ 50 เซนติเมตร มีรากพิเศษที่เกิดจากบริเวณโคนต้นอยู่มากมายตามผิวดิน แตกออกมาลักษณะตีนตะขาบเรียกว่า “รากตะขาบ” รากแก้วของทุเรียนทำหน้าที่ยึดลำต้น ทุเรียนนนท์ส่วนใหญ่ไม่มีรากแก้วเพราะปลูกจากกิ่งตอน แต่จะมีรากพิเศษแทนหรือรากแขนงที่แตกจากรากพิเศษที่หยั่งลึกลงไปในดินทำหน้าที่คล้ายรากแก้วและสามารถหยั่งลึกไปถึงระดับน้ำใต้ดินได้มีรากฝอยเป็นรากหาอาหารออกมาจากรากพิเศษมีหน้าที่ในการดูดอาหาร

Ref. code: 25656309034590LUF

2.2.3 ดอก

ดอกทุเรียนมีลักษณะคล้ายระฆัง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ใน 1 ดอกประกอบด้วย กลีบเลี้ยง ซึ่งอยู่ชั้นนอกสุดมีสีเขียวอมน้ำตาล ทำหน้าที่หุ้มกลีบดอกไว้เมื่อดอกเริ่มบานจะเห็นกลีบเลี้ยง 2-3 กลีบ มีกลีบรองลักษณะคล้ายหม้อตาลโตนดอยู่ถัดเข้าไปจากกลีบเลี้ยง กลีบดอก มีสีขาวนวล จำนวน 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 5 ชุด มีก้านเกสร 5-8 อัน ทุเรียนมักออกดอกเป็นช่อๆละ 1-30 ดอก

2.2.4 ผล

ผลทุเรียนมีลักษณะเป็นหนามแหลมแข็ง เปลือกหนา ในแต่ละพันธุ์มีลักษณะของผลแตกต่างกันออกไป เช่น พันธุ์กลม (ก้านยาว กระดุม) พันธุ์ก้นป้าน (หมอนทอง ทองย้อย) ฯลฯ ในแต่ละผลมีลักษณะแบ่งเป็นพู ในแต่ละพูจะมีเนื้อทุเรียนและมีเมล็ดอยู่ ภายในเนื้อของทุเรียนมีสีจำปาหรือเนื้อสีเหลืองอ่อนขึ้นอยู่กับสภาพของดินและพันธุ์ของทุเรียน

2.3 สายพันธุ์ทุเรียน

ทุเรียนที่เพาะปลูกในประเทศไทยมีหลากหลายสายพันธุ์มากกว่า 200 พันธุ์ แต่มีพันธุ์ที่เป็นที่นิยมสำหรับการบริโภคและการค้า และได้รับการส่งเสริมประมาณ 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง พันธุ์ก้านยาว พันธุ์พวงมณี และพันธุ์กระดุม นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์ทุเรียนที่เรียกได้ว่าเป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication : GI) ได้แก่ ทุเรียนนนท์ ทุเรียนป่าละอู ทุเรียนปราจีน ทุเรียนหลินลับแลอุตรดิตถ์ ทุเรียนภูเขาไฟศรีษะเกษ ทุเรียนในวงระนอง ทุเรียนสาลิกาพังงา เป็นต้น ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะดังนี้

2.3.1 ทุเรียนหมอนทอง

ทุเรียนหมอนทองจะมีลักษณะลูกใหญ่และเนื้อเยอะกว่าพันธุ์อื่น เมล็ดลีบ เนื้อสีเหลืองอ่อนนุ่ม กลิ่นไม่แรงมาก มีรสหวานมาก หาได้ง่ายที่สุด เมื่อผลสุกแล้วเนื้อจะไม่แฉะ นิยมเอาไปแปรรูปเป็นทุเรียนกวน หรือทุเรียนแช่แข็ง (ภาพที่ 2.3)

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.3 ทุเรียนหมอนทอง

2.3.2 ทุเรียนชะนี

ทุเรียนชะนีจะมีลักษณะเนื้อสีเหลืองเข้ม เหนียว มีเส้นใยมาก กลิ่นแรง มีรสชาติหวานจัด เมล็ดเล็กและมีเมล็ดน้อย เมื่อผลสุกแล้วเนื้อทุเรียนจะเละ และส่งกลิ่นแรงกว่าเดิม นิยมเอาไปทำข้าวเหนียวทุเรียน ไอศกรีมทุเรียน ที่ต้องการให้มีกลิ่นทุเรียนโดดเด่น (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.4 ทุเรียนชะนี

Ref. code: 25656309034590LUF

2.3.3 ทุเรียนก้านยาว

ทุเรียนก้านยาวจะมีลักษณะเนื้อสีเหลืองสวย ละเอียด เหนียว มีเส้นใยน้อย เมื่อผลสุกแล้วจะคงรูปเหมือนเดิมไม่แฉะเสียรูป ลูกใหญ่ และมีก้านยาวกว่าทุเรียนสายพันธุ์อื่น จำนวนเมล็ดเยอะ และใหญ่มาก มีราคาสูง (ภาพที่ 2.5)

ภาพที่ 2.5 ทุเรียนก้านยาว

2.3.4 ทุเรียนนกหยิบ

ทุเรียนชนิดนี้ เป็นสายพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมของ จ.นนทบุรี ต่อมามีผู้นำเอาพันธุ์ไปปลูกเพื่อเก็บผลขายในพื้นที่ จ.ตราด จ.ระยอง และ จ.จันทบุรี ทุเรียนนกหยิบได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติความอร่อย ใกล้เคียงกับทุเรียนหมอนทองมาก แต่จะมีความหวานมันจัดกว่า เนื้อค่อนข้างละเอียด เป็นสีเหลืองเข้ม เมล็ดลีบ ทรงผลเหมือนกับผลของทุเรียนหมอนทอง แต่หนามจะละเอียดและถี่คล้ายผลทุเรียนพันธุ์พวงมณี จนทำให้พูดกันว่า “ทุเรียนนกหยิบ” เป็นลูกผสมระหว่างทุเรียนหมอนทองกับทุเรียนพวงมณี (ภาพที่ 2.6)

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.6 ทุเรียนนกหยิบ

2.3.5 ทุเรียนกระดุมทอง

ทุเรียนกระดุมทองจะมีลักษณะลูกเล็กกว่าทุเรียนทั่วไป หนึ่งลูกหนักเพียงหนึ่งกิโลกรัม มีเนื้อสีเหลืองอ่อน รสชาติออกหวานนำ ไม่ค่อยมัน เมล็ดใหญ่และเนื้อบาง เละง่ายเมื่อผลสุกจัด เพราะปลูกง่ายและเติบโตง่าย แต่มีเนื้อน้อยจึงมีราคาถูกที่สุดในหมู่ทุเรียน (ภาพที่ 2.7)

ภาพที่ 2.7 ทุเรียนกระดุมทอง

Ref. code: 25656309034590LUF

2.3.6 ทุเรียนหลง-หลินลับแล

ทุเรียนหลง-หลินลับแลเป็นทุเรียนจากจังหวัดอุตรดิตถ์ เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์จนเกิดเป็นทุเรียนเนื้อดี มีลักษณะเนื้อสีเหลืองอ่อน แห้ง ไม่เลอะติดมือ หอมหวานมันกำลังดี กลิ่นไม่แรงมาก เมล็ดเล็ก ราคาสูงมากแต่หาไม่ยากนัก (ภาพที่ 2.8)

ภาพที่ 2.8 ทุเรียนหลง-หลินลับแล

2.3.7 ทุเรียนกบชายน้ำ

ทุเรียนกบชายน้ำมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมที่ จ.นนทบุรี ต่อมาได้มีผู้นำเอากิ่งพันธุ์ไปปลูกที่ จ.ปราจีนบุรี อย่างแพร่หลาย มีผลสวย มีพูเต็ม เปลือกผลบาง เมล็ดลีบ เนื้อเยอะ เนื้อแน่นหนาเป็นสีเหลืองเข้ม รสชาติหวานมันหอมนุ่มละเอียด มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ น้ำหนักผลประมาณ 2-4 กิโลกรัมต่อผล เป็นทุเรียนสายพันธุ์เบา มีดอกเยอะ และติดผลง่าย ผลดก ติดผลตามฤดูกาลปีละครั้ง (ภาพที่ 2.9)

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.9 ทุเรียนกบชายน้ำ

2.3.8 ทุเรียนพวงมณี

ทุเรียนพวงมณีเป็นทุเรียนจาก จ.จันทบุรี ชื่อเดิมคือทุเรียนอีเนื้อแดง ลูกเล็กมาก หนึ่งลูกขนาดเท่าฝ่ามือ และหนักไม่ถึงหนึ่งกิโลกรัม เนื้อสีเหลืองเข้มออกส้ม เนียนละเอียด ไม่มีเส้นใยเลย แต่มีเมล็ดใหญ่ทำให้มีสัดส่วนเนื้อน้อย ราคาสูง หายากเพราะไม่ค่อยนิยมปลูก (ภาพที่ 2.9)

ภาพที่ 2.10 ทุเรียนพวงมณี

Ref. code: 25656309034590LUF

2.4 การเก็บเกี่ยวผลผลิตทุเรียน

ต้นทุเรียนที่มีคุณภาพดีนอกจากจะมีการผลิตที่ดีแล้ว ยังต้องผ่านการเก็บเกี่ยวและการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีและถูกต้องเหมาะสม ที่สำคัญต้องมีการตรวจสอบความสุกแก่ของทุเรียนก่อนการตัดสินใจตัดทุเรียนแต่ละผล ซึ่งต้องทำด้วยความระมัดระวัง ความชำนาญและประสบการณ์ของคนตัดทุเรียน จะทำให้ผลทุเรียนทุกผลมีคุณภาพความสุกแก่สม่ำเสมอกัน โดยมีแนวทางในการเก็บเกี่ยวทุเรียน ดังนี้

2.4.1 การนับอายุ

การนับอายุ โดยเริ่มต้นนับตั้งแต่ดอกแรก หรือดอกทั้งต้นบานเป็นส่วนใหญ่จนกลีบดอกร่วงหมด หรือเรียกกันว่า หางแย้ จนกระทั่งผลแก่และเริ่มเก็บเกี่ยวได้ ดังนั้นดัชนีการเก็บเกี่ยวโดยอาศัยการนับอายุจึงมีการแนะนำเป็นช่วงซึ่งมีค่าแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 10-20 วัน ซึ่งทุเรียนหมอนทองอยู่ในช่วง 115-130 วันหลังดอกบาน การนับอายุนี้มีความผันแปรด้วยปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ แหล่งปลูก อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความแตกต่างของแต่ละช่อดอก และแต่ละผลในต้นเดียวกันเป็นต้น

2.4.2 สีผล

สังเกตสีผลของทุเรียน ทุเรียนอ่อนหนามจะมีสีเขียวหรือน้ำตาลอ่อน เมื่อผลแก่ปลายหนามจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มตัดกับสีโคนหนาม และร่องหนามซึ่งเป็นสีอ่อนกว่า ทั้งนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ถ้าผลทุเรียนได้แสงแดดไม่เท่ากัน โดยเฉพาะผลที่ได้รับแสงแดดมากย่อมมีลักษณะผิวกร้าน

2.4.3 ร่องหนาม

สังเกตุร่องหนามของทุเรียน ทุเรียนแก่นอกจากปลายหนามจะสีเข้มแล้ว ร่องหนามก็ขยายออกเล็กน้อย ทำให้ร่องหนามห่าง นอกจากนี้สีของร่องหนามก็จะเข้มมากขึ้นตามอายุของทุเรียนด้วย

2.4.4 ก้านผล

สังเกตุก้านผลของทุเรียน เมื่อผลแก่ ก้านผลทุเรียนจะขยายใหญ่ขึ้น (ดูอ้วนขึ้น) ในทุเรียนหมอนทองจะสังเกตุเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้สีของขั้วในส่วนที่ติดกับก้านผลจะมีสีคล้ำกว่าส่วนที่ติดกับกิ่ง

2.4.5 ปากปลิง

ปากปลิง หรือรอยตรงปลายกิ่งที่ต่อกับปลายก้านผล เมื่อผลทุเรียนแก่จะสังเกตุเห็นได้ว่าปากปลิงขยายโตขึ้น โดยทุเรียนพันธุ์หมอนทองจะเห็นเด่นชัดในผลที่สมบูรณ์

Ref. code: 25656309034590LUF

2.4.6 ความยืดหยุ่นของปลายหนาม

ความยืดหยุ่นของปลายหนาม เมื่อผลทุเรียนแก่จะสังเกตุเห็นได้ว่าปลายหนามจะมีความยืดหยุ่น มีแรงดีดกลับคล้ายสปริงเมื่อบีบปลายหนามเข้าหากัน ส่วนทุเรียนที่อ่อนปลายหนามจะแข็งไม่มีความยืดหยุ่น

2.4.7 ร่องพลู

เมื่อผลทุเรียนแก่จะสังเกตุเห็นได้ว่ารอยต่อระหว่างพลูจะดูห่างมากขึ้นและมองเห็นเป็นเส้นตรงมากขึ้น

2.4.8 การเคาะผล

เมื่อทำการเคาะผลทุเรียนจะสังเกตุเห็นได้ว่าทุเรียนแก่จะให้เสียงโพรก เสียงโปร่งมากกว่าผลอ่อน ทั้งนี้ในช่วงเช้าหรือมีความชื้นมากการเคาะผลก็ส่งผลทำให้ได้ข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนได้

2.4.9 การดูน้ำที่ก้านผล

การดูน้ำที่ก้านผลจะสังเกตุเห็นได้ว่าทุเรียนแก่จะมีน้ำใส ส่วนทุเรียนอ่อนน้ำจะข้นเหนียวมียางติดมือเมื่อสัมผัส

2.5 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการดูแลรักษาผลผลิต หากมีการเก็บเกี่ยวและการจัดการที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ผลผลิตเสียหายทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คือ การนำหลักการทางวิทยาศาสตร เข้ามาช่วยในการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อประยุกตใช้วิธีการต่าง ๆ ในการเก็บรักษาผลผลิตให้อยู่ได้นานและมีสภาพที่สมบูรณที่สุดก่อนจะถึงมือผู้บริโภค ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวภายในแปลง การทำความสะอาด การบรรจุ ลักษณะของบรรจุภัณฑที่เหมาะสม การเก็บรักษา และการขนสง มีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 การคัดขนาดและคุณภาพ ตามมาตรฐานคุณภาพของทุเรียน

2.5.1.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำ

ผลทุเรียนทุกชั้นคุณภาพต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้นคุณภาพ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มีได้ตามที่ระบุไว้

(1) เป็นทุเรียนทั้งผลที่มีขั้วผล

(2) ตรงตามพันธุ์

Ref. code: 25656309034590LUF

(3) สด

(4) สะอาด ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

(5) ไม่มีรอยแตกที่เปลือก

(6) ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอกของผลทุเรียน

(7) ไม่มีร่องรอยความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อทุเรียน

(8) ไม่มีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ หรืออุณหภูมิสูง

(9) ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม หรือรสชาติที่ผิดปกติ

(10) เมื่อผลทุเรียนสุก ไม่มีความผิดปกติของเนื้อ

ได้แก่ แกน เต่าเผา ไส้ซึม ถ้ามีอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันต้องไม่เกิน 5% ของส่วนที่บริโภคได้

2.5.1.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ

ผลทุเรียนตามมาตรฐานสินค้าเกษตร แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

(1) ชั้นพิเศษ (Extra Class)

ผลทุเรียนในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะหนามสมบูรณ์ ต้องมีจำนวนพลูสมบูรณ์ ไม่น้อยกว่า 4 พลู ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรงและไม่มีตำหนิ ในกรณีที่มีความผิดปกติหรือตำหนิต้องมองเห็นได้ ไม่ชัดเจน และไม่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอก คุณภาพของเนื้อทุเรียน คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

(2) ชั้นหนึ่ง (Class I)

ผลทุเรียนในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดี อาจมีความผิดปกติหรือตำหนิได้เล็กน้อย ดังต่อไปนี้ ทุเรียนที่มีความผิดปกติเล็กน้อยด้านรูปทรง โดยมีจำนวนพลูสมบูรณ์ไม่น้อยกว่า 3 พลู และพลูไม่สมบูรณ์อีก 2 พลู และไม่ทำให้รูปทรงผลทุเรียนเสียไป นอกจากนี้ยังรวมถึงทุเรียนที่มีตำหนิเล็กน้อยซึ่งเกิดจากกระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว หรือการขนส่ง เช่น รอยแผลเป็นตื้นๆ และหนามหักหรือช้ำ โดยขนาดของตำหนิโดยรวมต้องไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวของผลทุเรียน

(3) ชั้นสอง (Class II)

ผลทุเรียนในชั้นนี้รวมผลทุเรียนที่มีคุณภาพไม่เข้าชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพตามข้อกำหนดขั้นต่ำที่กำหนด ในข้อ 2.5.1.1 ผลทุเรียนในชั้นนี้มีความผิดปกติหรือตำหนิได้ดังต่อไปนี้ ความผิดปกติด้านรูปทรง โดยจำนวนพลูสมบูรณ์ไม่น้อยกว่า 2 พลู และพลูไม่สมบูรณ์อีก 2 พลู และไม่ทำให้รูปทรงทุเรียนเสียไป นอกจากนี้ยังรวมถึงทุเรียนที่มีตำหนิเล็กน้อยซึ่งเกิดจากกระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวหรือการขนส่ง เช่น รอยแผลเป็นตื้นๆ และหนามหักหรือช้ำ โดยขนาดของตำหนิโดยรวมต้องไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวของผลทุเรียน ความผิดปกติหรือตำหนิจะต้องไม่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอก คุณภาพของเนื้อทุเรียนคุณภาพ ระหว่างการเก็บรักษา

Ref. code: 25656309034590LUF

และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557)

2.5.1.3 ขนาด

ผลทุเรียนที่เป็นพันธุ์ทางการค้าทั่วไปต้องมีน้ำหนักต่อผล ดังนี้

(1) พันธุ์ชะนี

ไม่น้อยกว่า 1.5 kg (กิโลกรัม) และไม่มากกว่า 4.5 kg

(2) พันธุ์หมอนทอง

ไม่น้อยกว่า 1.5 kg และไม่มากกว่า 6 kg

(3) พันธุ์ก้านยาว

ไม่น้อยกว่า 1.5 kg และไม่มากกว่า 4 kg

(4) พันธุ์กระดุมทอง

ไม่น้อยกว่า 1.3 kg และไม่มากกว่า 4 kg

(5) พันธุ์นวลทองจันทร์

ไม่น้อยกว่า 1.5 kg และไม่มากกว่า 4.5 kg

(6) พันธุ์พวงมณี

ไม่น้อยกว่า 1.0 kg

(7) พันธุ์หลงลับแล

ไม่น้อยกว่า 1.0 kg

(8) พันธุ์อื่น ๆ ที่เป็นพันธุ์ทางการค้า

ไม่น้อยกว่า 0.5 kg

2.5.2 การทำความสะอาดและการใช้สารเคมี

ทำความสะอาดผลทุเรียนที่คัดคุณภาพแล้วโดยใช้แรงลมเป่า เพื่อกำจัดเศษวัสดุและแมลงบางชนิด ออกจากผิวผล จากนั้นจุ่มผลทุเรียนในสารละลายของสารเคมีเบนโนมิล กรดฟอสฟอรัส หรืออิมาซาลิล ความเข้มข้น 500 ppm เพื่อป้องกันโรคผลเน่า จากนั้นทำการจุ่มผลทุเรียนในสารละลายเอทธิฟอน ความเข้มข้น 1,000-2,000 ppm หรือจุ่มเฉพาะส่วนก้านผล ในสารละลายเอทธิฟอน 10,000 ppm ในกรณีที่ต้องขนส่งทุเรียนทางอากาศ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน ก่อนถึงผู้บริโภค เพื่อทำให้ผลทุเรียนสุกเสมอกัน จากนั้นทำการผึ่งผลทุเรียนให้แห้งบนแท่นรองรับสินค้า

2.5.3 การบรรจุ

2.5.3.1 ภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุต้องมีคุณภาพ ถูกสุขลักษณะ ไม่มีกลิ่นและสิ่งแปลกปลอม สามารถป้องกันความเสียหาย ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลทุเรียนได้ วัสดุที่ใช้ภายในภาชนะบรรจุ

Ref. code: 25656309034590LUF

ต้องสะอาด และมีคุณภาพ หากมีการใช้วัสดุโดยเฉพาะกระดาษหรือตราประทับที่มีข้อมูลทางการค้า ต้องใช้หมึกพิมพ์หรือกาว ที่ไม่เป็นพิษ

2.5.3.2 ความสม่ำเสมอ

ผลทุเรียนที่บรรจุในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องมีการจัดเรียงสม่ำเสมอ ทั้งในเรื่องของพันธุ์ คุณภาพ และขนาด กรณีที่มองเห็นผลทุเรียนจากภายนอกภาชนะบรรจุ ผลทุเรียนส่วนที่มองเห็นต้องเป็นตัวแทน ของผลิตผลทั้งหมด

2.5.4 ฉลากและเครื่องหมาย

ผลิตผลที่จำหน่ายโดยตรงต่อผู้บริโภค ต้องมีข้อความแสดงรายละเอียดที่ภาชนะบรรจุ สิ่งห่อหุ้ม สิ่งผูกมัด ป้ายสินค้าหรือบนผลิตผล โดยต้อง มองเห็นได้ง่าย ชัดเจน ไม่หลุดลอก ไม่เป็นเท็จหรือหลอกลวง ได้แก่ ชื่อผลิตผล น้ำหนักสุทธิ ชั้นคุณภาพ ขนาด ข้อมูลผู้ผลิต ข้อมูลแหล่งผลิต วันที่ผลิตหรือบรรจุ

2.5.5 การเก็บรักษาและการขนส่ง

ขนย้ายทุเรียนที่บรรจุในกล่องแล้วด้วยรถพ่วงสินค้าห้องเย็น ไปยังท่าเรือหรือท่าอากาศยาน เพื่อจำหน่ายในตลาดต่างประเทศหรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 % เพื่อรอการขนส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศต่อไป (ทนง, 2526)

2.6 การเก็บรักษาผลผลิตทุเรียน

2.6.1 อุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนให้นานขึ้น ในสภาพอุณหภูมิห้องปกติ (28–30 °C) ผลทุเรียนแก่จะสุกภายใน 4–7 วัน หลังจากนั้นผลจะเหลืองและแตก เนื้อนิ่มลงและมีความแฉะมากขึ้นจนรับประทานไม่ได้ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสม (14-15 °C) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำให้เก็บรักษาทุเรียนได้นาน 10-16 วัน การเก็บรักษาทุเรียนดิบ ที่อุณหภูมิต่ำเกินไป ผลทุเรียนอาจแสดงอาการสะท้านหนาว (Chilling injury, CI) ได้ อาการที่พบคือ ทุเรียนไม่สุก เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทุเรียนจะแสดงอาการรุนแรงขึ้น คือ เปลือกปริ หนาม ก้านและปลิงเหี่ยว ผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำและเน่าเสียง่าย ความรุนแรงของอาการ ขึ้นกับอายุการเก็บเกี่ยว ความสุก อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ความชื้นของอากาศมีผลต่อการสูญเสียน้ำของผลไม้ โดยอัตราการสูญเสียน้ำของผลไม้จะสูง เมื่อเก็บรักษาในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทุเรียนที่เก็บในอุณหภูมิต่ำที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 75-85% พบว่าเนื้อส่วนที่ติดขั้วเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงเป็นจุดสีน้ำตาลภายใน 1-2 สัปดาห์ อาการจะรุนแรงมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และยังมีผลกระทบ

Ref. code: 25656309034590LUF

ทำให้ทุเรียนสุกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาทุเรียน ในสภาพที่มีความชื้นสูงประมาณ 90% แต่ก็มักพบว่าส่งปัญหาตามมาคือการเน่าเสียของผลทุเรียน

2.6.2 การใช้สารเคลือบผิว

คุณสมบัติที่สำคัญของสารเคลือบผิว คือ ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากผลิตผล ลดอัตราการหายใจ ชะลอการสุกของผลไม้โดยลดการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่างบรรยากาศกับตัวผลผลิต และลดการผ่านเข้าออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ภายนอก ซึ่งการลดระดับออกซิเจนและการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในผลทำให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจต่ำลง ส่งผลให้การสร้างและการทำงานของเอทิลีนเกิดขึ้นได้น้อย เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์จะขัดขวางการทำงานของเอทิลีนจึงสามารถชะลอการสุกได้อีกด้วย (ทนง, 2526) การเคลือบผิวทุเรียนพันธุ์ชะนีด้วย Stra–Fresh # 7055 ความเข้มข้น 20 % หรือ Tandam ความเข้มข้น 8 % ที่ผสมหรือไม่ผสมจิบเบอเรลลิน (Gibberellin, GA_3) ความเข้มข้น 100 ppm จะช่วยรักษาคุณภาพทุเรียนได้นานขึ้น 2–6 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยทุเรียนมีคุณภาพการรับประทานที่ดี แต่การใช้สารเคลือบผิวความเข้มข้นสูงเกินไปอาจมีผลเสียทำให้ทุเรียนสุกไม่สม่ำเสมอหรืออาจไม่สุกได้

2.6.3 การการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage, CA)

ในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำ 2-5% หรือมีคาร์บอนไดออกไซด์สูง 3-10% จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผลไม้ เช่นเดียวกับการใช้สารเคลือบผิว แต่การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมสัดส่วนของก๊าซที่แน่นอนและคงที่ช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลได้ดีขึ้น ในการทดลองเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์หมอนทองในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจนผสมกับไนโตรเจนให้มีออกซิเจนความเข้มข้น 3-10 % เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95% นั้น พบว่า สภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจนความเข้มข้น 3-5% ทำให้ทุเรียนสุกไม่สม่ำเสมอ ส่วนสภาพบรรยากาศที่มี ออกซิเจนความเข้มข้น 7-10% นั้นพบว่าสามารถบ่มทุเรียนให้สุกได้ภายหลังการเก็บรักษา โดยไม่มีอาการผิดปกติแม้จะเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ แต่ปัญหาสำคัญที่พบคือการเน่าเสียทั้งที่เกิดจากเชื้อที่แฝงมากับผลทุเรียนและจากการเน่าเสียสู่ผลทางขั้วและก้านผล ดังนั้นการจะเก็บทุเรียนสดทั้งผลให้ได้นาน 3-4 สัปดาห์ เพื่อการส่งออกทางเรือไปยังประเทศที่นอกเหนือจากตลาดหลักในปัจจุบันนั้นจะต้องมีวิธีควบคุมโรคระหว่างการเก็บรักษาด้วย

2.6.4 การลดอุณหภูมิ (precooling)

การลดอุณหภูมิของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการทำให้อุณหภูมิของผลิตผลลดลงหรือเย็นลง จนถึงอุณหภูมิขนส่ง หรือเก็บรักษาก่อนที่จะทำการขนส่ง หรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ต้องการ การลดอุณหภูมิของผลิตผลจะช่วยระบายความร้อน และลดอัตราการหายใจของผลิตผลให้ต่ำลงเพราะผลิตผลส่วนใหญ่จะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น 2-3 เท่า ทุก ๆ 10 °C ที่สูงขึ้นจากอุณหภูมิที่

Ref. code: 25656309034590LUF

เหมาะสมในการเก็บรักษา การลดอุณหภูมิของผลิตผลจึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียความชื้น การผลิตเอทิลีนและการแพร่กระจายของโรคด้วย การลดอุณหภูมิมีหลายวิธี ได้แก่ การเก็บในห้องเย็น (room cooling) การเก็บในห้องเย็นที่มีระบบลมอัด (forced air cooling) ซึ่งช่วยให้การหมุนเวียนของอากาศเย็นผ่านผลิตผลได้เร็วขึ้น การใช้น้ำเย็นไหลผ่านผลิตผล (hydrocooling) เป็นต้น ปัจจุบันมีผู้ส่งออกทุเรียนบางรายทำการลดอุณหภูมิโดยการเก็บในห้องเย็นจนทุเรียนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่จะส่งออก แต่การลดอุณหภูมิทุเรียนนั้นยังไม่เป็นที่นิยมกันมากเพราะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย ประกอบกับตลาดใหญ่ของทุเรียนในปัจจุบันคือ ประเทศจีนที่ต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งสั้นโดยเฉลี่ย 5-6 วัน ทำให้ผู้ส่งออกให้ความสนใจกับการลดอุณหภูมิของทุเรียนน้อย ที่สำคัญคือ ต้องการให้ทุเรียนไปถึงตลาดปลายทางในสภาพที่สุกพร้อมรับประทานประกอบกับตลาดส่วนใหญ่เป็นตลาดสดและขายอย่างรวดเร็ว คือ ขายหมดภายใน 1-2 วัน (ทนง, 2526)

2.7 สารเคลือบผิวผลไม้

สารเคลือบผิวหรือฟิล์มเคลือบผิว เป็นสารประกอบชั้นบาง ๆ ที่เคลือบหรือทาลงไปบนผิวด้านนอกของผักและผลไม้ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท สารเคลือบผิวสามารถควบคุมความชื้น รักษาความสด ควบคุมการแพร่ของก๊าซ ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ เนื่องจากผักและผลไม้จะมีน้ำองค์ประกอบ แม้ว่าที่ผิวหรือเปลือกของผลไม้จะมีสารพวกไขหรือนวลเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำอยู่แล้ว แต่สารพวกนี้บางครั้งมักหลุดไประหว่างการเก็บเกี่ยวหรือการล้างทำความสะอาดผลไม้ ดังนั้นการใช้สารเคลือบมาหุ้มป้องกันจะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำ ทำให้ผลผลิตดูสดใหม่ ผิวมันวาว และยังช่วยป้องกันริ้วรอยขีดข่วนที่ผิวผลไม้ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่งอีกด้วย ซึ่งการใช้สารเคลือบผิวในอาหาร มีประโยชน์ดังนี้

1) การปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ สารเคลือบผิวบางชนิดช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เช่น แวกซ์ ไคโตซานฟิลม์ เมื่อนำมาเคลือบบนผิวของผักหรือผลไม้ จะทำให้ผิวแวววาวและเต่งตึงมากขึ้น ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์คงความสด รวมทั้งยังช่วยในการปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น สี และกลิ่น เป็นต้น สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้ (Dhall, 2013)

2) การยืดอายุการเก็บรักษา ปัจจุบันนิยมใช้สารเคลือบผิวผลไม้ โดยเฉพาะประเภทผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่มักจะมีโอกาสเสื่อมเสียได้เร็ว ซึ่งการเคลือบผิวของผลไม้เหล่านี้ ช่วยลดการเสียน้ำหนักของผักและผลไม้ ลดอัตราการหายใจ ลดการเกิดออกซิเดชั่นของผัก ผลไม้ ป้องกันการบาดเจ็บของเซลล์ระหว่างการแช่เย็น จึงมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น อีกทั้งสารเคลือบผิวยังช่วย

Ref. code: 25656309034590LUF

ปกป้องผิวผักและผลไม้ไม่ให้เกิดรอยแผล ลดโอกาสการเจริญเติบโตของเชื้อราและจุลินทรีย์บางชนิด ทำให้ผลไม้เน่าเสียช้าลง (Biten-court *et al*., 2014)

3) การยับยั้งจุลินทรีย์ การผสมสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์ (กรดอะซีติก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก) โพแทสเซียมซอร์เบต แบคเทอริโอซิน (ไนซิน และแลคทิซิน) และสารสกัดธรรมชาติ เป็นต้น โดยใส่ลงในสารละลายเคลือบผิวหรือฟิล์มเคลือบผิวอาหาร ซึ่งสารเหล่านี้อยู่ในบัญชีของวัตถุเจือปนอาหารของ US. Food and Drug Administration ในกลุ่ม GRAS (Generally Recognized as Safe Substances) ที่ได้รับรองว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ปัจจุบันมีการเติมสารกรดอินทรีย์หรือโพแทสเซียมซอร์เบตลงในสารละลายแป้งคาราจีแนน ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียเมื่อใช้เคลือบบนเนื้อสัตว์ เป็นต้น และได้มีการพัฒนาโดยใส่สารเคลือบในบรรจุภัณฑ์ เพื่อความสดของผลิตภัณฑ์และลดการเน่าเสีย (จุฑามาศ, 2559)

4) การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ ปัจจุบันเทคโนโลยีการเคลือบผิวอาหาร ได้พัฒนาเป็นรูปแบบที่มีการเติม active ingredient ผสมในสารเคลือบ เช่น สารต้านจุลินทรีย์ สารกันหืน สารอาหาร เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในฟิล์มเคลือบหรือสารเคลือบ เช่น การเติมแคลเซียมและวิตามินอีบนผิวสตอเบอรี่ การเติมแคลเซียมลงบนผิวแครอท เป็นต้น ซึ่งแคลเซียมคลอไรด ($CaCl_2$) เป็นสารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มปลอดภัยตอผู้บริโภค ชวยรักษาคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยชวยเพิ่มความแข็งแรงใหกับเซลลลดอัตราการหายใจ ลดการผลิตเอทิลีน และลดอัตราเร็วในการออนนุ่มของผลไม้ระหวางการสุก รักษาคุณภาพ และทำใหมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (วาสนา, 2550; Yuen *et al*.,1993; Wasna *et al*., 1999

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเคลือบผิวผลไม้สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการเหี่ยวของผลไม้ได้ เนื่องจากการเคลือบผิวทำให้ช่องเปิดต่าง ๆ และรอยแผลถูกปกคลุมทำให้ลดการสูญเสียน้ำ และลดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ถือว่าเป็นการใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลง ลดปริมาณออกซิเจน เพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้หลังจากการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย การเลือกชนิดและปริมาณของสารเคลือบที่เหมาะสมทำให้ช่วยเก็บรักษาผลไม้ได้นานขึ้น ปัจจุบันการเคลือบผิวผลไม้ได้รับความสนใจ และนิยมนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้สำหรับการค้าหลายชนิด โดยที่สารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการยอมให้น้ำและก๊าซต่าง ๆ ซึมผ่านได้แตกต่างกัน ซึ่งสารต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมีรายละเอียดดังนี้

Ref. code: 25656309034590LUF

2.7.1 สารเคลือบผิวที่มาจากสัตว์

2.7.1.1 เชลแล็ค (Shellac)

เป็นสารที่สกัดได้จากมูลหรือสารคัดหลั่งของครั่ง ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสารเคลือบผิวของผลไม้ที่มีจำหน่ายทางการค้าอย่างแพร่หลาย การเคลือบด้วยเชลแล็กยังสามารถเพิ่มความมันเงาให้กับผิวของผลไม้ได้

2.7.1.2 ไคโตซาน (Chitosan)

เป็นสารที่สกัดได้จากกระดองปู กระดองปลาหมึก และเปลือกกุ้ง ซึ่งสามารถลดการสูญเสียน้ำและชะลอการสุกของผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการจุ่มไคโตซานสามารถกระตุ้นทำให้ผลไม้มีความต้านทานต่อการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้

2.7.1.3 ไขผึ้ง (Bee wax)

เป็นสารธรรมชาติที่ได้จากรังผึ้ง ไม่มีพิษต่อผู้บริโภค ส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุสาหกรรมเครื่องสำอาง ได้มีการนำเอาไขผึ้งมาเป็นส่วนประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้พบว่าสามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำได้ดี แต่มีความมันวาวน้อยกว่าสารเคลือบผิวที่ทำจาก เชลแล็ค และปิโตรเลียมแว๊กซ์

2.7.2 สารเคลือบผิวที่มาจากปิโตรเลียม

สารเคลือบผิวที่มาจากปิโตรเลียมได้แก่ พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) พอลิเอทิลีนแว๊ซ (Polyethylene wax) และพอลิเอทิลีน ไกลคอล (Polyethylene glycol) เป็นแว็กซ์ที่ได้มาจากกากส่วนที่เหลือที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นแว็กซ์ที่สามารถนำมาใช้ทำเทียนและใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ การใช้พาราฟินแว็กซ์ เป็นสารเคลือบผิวผลไม้จะทำให้ผลผลิตเกิดความมันวาว แต่มีอัตราการยอมให้น้ำผ่านได้น้อย จึงทำให้ผลผลิตมีการสุกที่ผิดปกติ และเกิดกลิ่นผิดปกติ สำหรับพอลิเอทิลีนแว๊ซ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ทำให้มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นสูงจึงทำให้ลดการสูญเสียน้ำและยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดีมากขึ้น จึงนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบในการผสมสารเคลือบผิว ซึ่งส่วนใหญ่ของสารเคลือบผิวที่มีจำหน่ายในทางการค้าจะประกอบด้วยพอลิเอทิลีนแว๊ซ ซึ่งสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดี และยังทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี ทำให้ผลไม้มีการหายใจปกติ ไม่มีความเสียหายจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากในบางประเทศไม่อนุญาตให้ใช้สำหรับเป็นสารเคลือบผิวผลไม้ (วิลาวัลย์, มปป.)

2.7.3 สารเคลือบผิวที่มาจากพืช

ได้แก่ แป้งจากพืชชนิดต่าง ๆ น้ำมันพืช สารที่ได้จากไขของพืช เช่น คาร์นูบาร์ (Carnaubar wax), ยางไม้ (Resin) หรือ กัม (Gums)

Ref. code: 25656309034590LUF

2.7.3.1 กัม (Gums)

กัม ที่ใช้ในอุตสหกรรมอาหาร เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วย กลูโคส ฟรุกโตส แมนโนส และน้ำตาลอื่น ๆ และมีคุณสมบัติในการสร้างเจลหรือเมือก ที่เรียกว่า ไฮโดรคอลลอยด์ เนื่องจากความสามารถในการละลายในน้ำ กัมเป็นสารเฉื่อยทางเคมี เข้ากันได้ทางชีวภาพ ปลอดสารพิษ ไม่มีกลิ่น และมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ จากโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมี กัมจึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย ได้แก่ เครื่องสำอาง ยา และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นสารเพิ่มความข้น ให้ความชุ่มชื้น, อิมัลซิไฟเออร์, สารเพิ่มความคงตัว และสารเคลือบตลอดจนใช้เป็นสารประกอบในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ กัมตามธรรมชาติได้มาจากพืช แบคทีเรีย และสัตว์ กัมช่วยป้องกันการบาดเจ็บของพืชในจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค และสามารถพบได้ในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดพืช, สารสกัดจากสาหร่าย (Agar), แซนแทน กัม (Xanthan gum), พลูลูแลน (Pullulan), เคิร์ดแลน (Curdlan), เจลแลน (Gellan) และเซลลูโลส (Cellulose) เป็นกัมจุลินทรีย์ โดยกัมที่เป็นผลผลิตจากต้นไม้ได้แก่ กัม อารบิก (Arabic gum), ทรากาคาน กัม (Tragacanth gum), กาธี กัม (Ghatti gum), เปอร์เซีย กัม (Persian gum), คารายา กัม (Karaya gum), มะม่วงหิมพานต์ กัม (Cashew gum), กัวร์ กัม (Guar gum) , ทารา กัม (Tara gum) และกัมจากเมล็ดแมงลัก (Basil gum) เป็นต้น ซึ่งกัมแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

(1) แซนแทน กัม (Xanthan gum)

เป็นสารประกอบที่ปลอดภัย (GRAS) มีโครงสร้างเป็นเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ (Exopolysaccharide) ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ในสภาวะการหมักไม่สมบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2512 แซนแทน กัม ได้รับการอนุมัติจากองค์การอาหารและยาในวัตถุเจือปนอาหาร และต่อมาในปี พ.ศ. 2523 ได้รับการยอมรับจากสหภาพยุโรปภายใต้ชื่อ E415 เพื่อใช้เป็นสารทำให้คงตัว นอกจากนี้ แซนแทน กัม ยังใช้เป็นเจล อิมัลซิไฟเออร์ และสารเคลือบในผลไม้ และ EFSA ได้ประเมินความปลอดภัยของ แซนแทน กัม ในวัตถุเจือปนอาหาร และถือว่าสารเติมแต่งนี้ปลอดภัยสำหรับการบริโภคของมนุษย์

(2) กัม อารบิก (Arabic gum)

เป็นสารประกอบธรรมชาติชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) ที่นิยมใช้กันแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมอาหาร กัม อารบิก มาจากน้ำยางธรรมชาติที่ไหลออกมาจากผิวเปลือกของลำต้นของพืชในกลุ่ม อากาเซีย (Acacia) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อากาเซีย เซเนกัล (Acacia Senegal) น้ำยางจะไหลเกาะกันเป็นก้อน เมื่อกระทบความร้อนจากแสงแดดจะแห้งแข็งตัวใสคล้ายแก้วเกาะอยู่ตามกิ่งก้านและลำต้นของพืช มีสีสันแตกต่างกันไปตั้งแต่ขาวใสจนถึงเหลืองอำพัน รูปทรงมองดูคล้ายหยดน้ำบ้าง ทรงกลมรีบ้าง ไปจนถึงมีเหลี่ยมมุมบ้างตามธรรมชาติ น้ำยางธรรมชาติจากพืชกลุ่มนี้ได้ถูกรวบรวมนำมา

Ref. code: 25656309034590LUF

จำหน่ายในเชิงพาณิชย์มานานกว่า 4,000 ปีก่อนคริสตศักราช กัม อารบิก เป็นสารประกอบจากธรรมชาติที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส และที่สำคัญไม่เป็นพิษต่อร่างกายและมลภาวะ ซึ่งได้ผ่านการรับรองระบบมาตรฐานของอาหารโลก และได้รับกำหนดในตำรับ GRAS (Generally Recognized as Safe) และมาตรฐานของ United State pharmacopia, Food Chemical Codex และ EU Number E414 รวมทั้งผ่านการรับรองจากสำนักคณะกรรมการอาหารและยาประเทศไทย ในแง่โภชนาการยอมรับว่า กัม อารบิก ถูกย่อยได้ต่ำมากในระบบการย่อยของร่างกายมนุษย์จึงเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้พลังงานต่ำหรือปราศจากน้ำตาลได้เป็นอย่างดี จากคุณสมบัติที่ดีเด่นและหลากหลายด้านของ กัม อารบิก ทำให้มีการนำ กัม อารบิก ไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ดีเช่นกันอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคลือบต่าง ๆ เนื่องจาก กัม อารบิก ช่วยให้เกิดฟิล์มห่อหุ้มเคลือบเงาที่มีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอของเนื้อฟิล์มสูง เรียบเนียน อีกทั้งยังช่วยจับเกาะยึดติดส่วนผสมตัวอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี (Sonia *et al*., 2021) ซึ่งมีรายงานที่เกี่ยวข้องกับการนำ กัม อารบิก มาใช้เป็นสารเคลือบผิวผลไม้มีรายละเอียดดังนี้

Asgar *et al*. (2013) รายงานการใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก บนผลมะเขือเทศ ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 ℃ ผลการทดลองพบว่า การใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก ที่ความเข้มข้น 10% สามารถชะลอกระบวนการสุกของมะเขือเทศได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบ โดยสารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้นานถึง 20 วัน

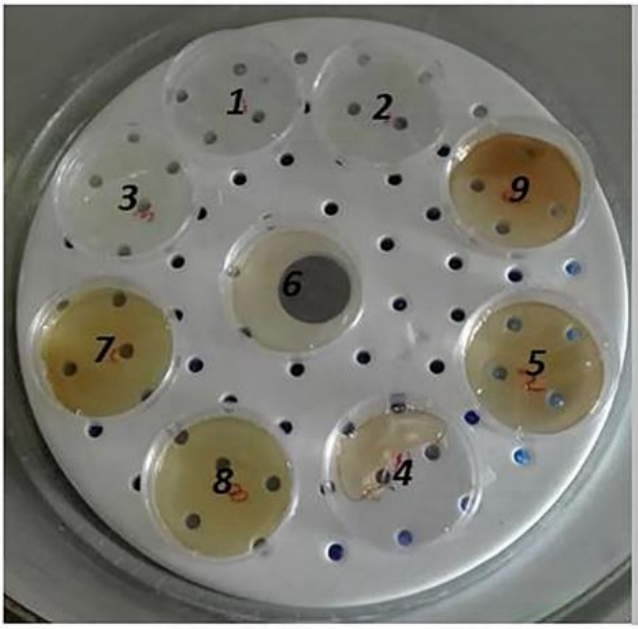
Qiang *et al*. (2021) รายงานการใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก บนผลส้มจีน ภายใต้การเก็บรักษาในห้องเย็น ผลการทดลองพบว่า การใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก ที่ความเข้มข้น 12% สามารถลดการสูญเสียของผลส้มได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับส้มที่ไม่ได้เคลือบ โดยมีอัตราการหายใจ การนำไฟฟ้า และการสะสมของ Malondialdehyde (MDA) ต่ำกว่าส้มที่ไม่ได้เคลือบ นอกจากนี้ยังกระตุ้นเอนไซม์สารต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วยโดยสารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มได้นานถึง 12 วัน

Tatenda *et al*. (2020) รายงานการใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก และเมทิลเซลลูโลส (Methyl cellulose) บนผลทับทิม ผลการทดลองพบว่า การใช้สารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก ที่ความเข้มข้น 1.5% ร่วมกับ Thyme oil ความเข้มข้น 0.5% สามารถลดการสูญเสียของทับทิมได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับทับทิมที่ไม่ได้เคลือบ โดยสารเคลือบผิวจาก กัม อารบิก สามารถยืดอายุการเก็บรักษาทับทิมได้นานถึง 8 วัน

นอกจากนี้ Ribeiro *et al*. (2020) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ฟิล์มเคลือบอาหารที่รับประทานได้ด้วยโพลิเมอร์ชีวภาพชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กัม อารบิก ไคโตซาน และโซเดียมอัลจิเนต ผสมกับสารสกัดจากเอลเดอร์เบอร์รี่ (*Sambucus Nigra* L.) (ภาพที่ 2.11) และทำการศึกษาประสิทธิภาพ

Ref. code: 25656309034590LUF

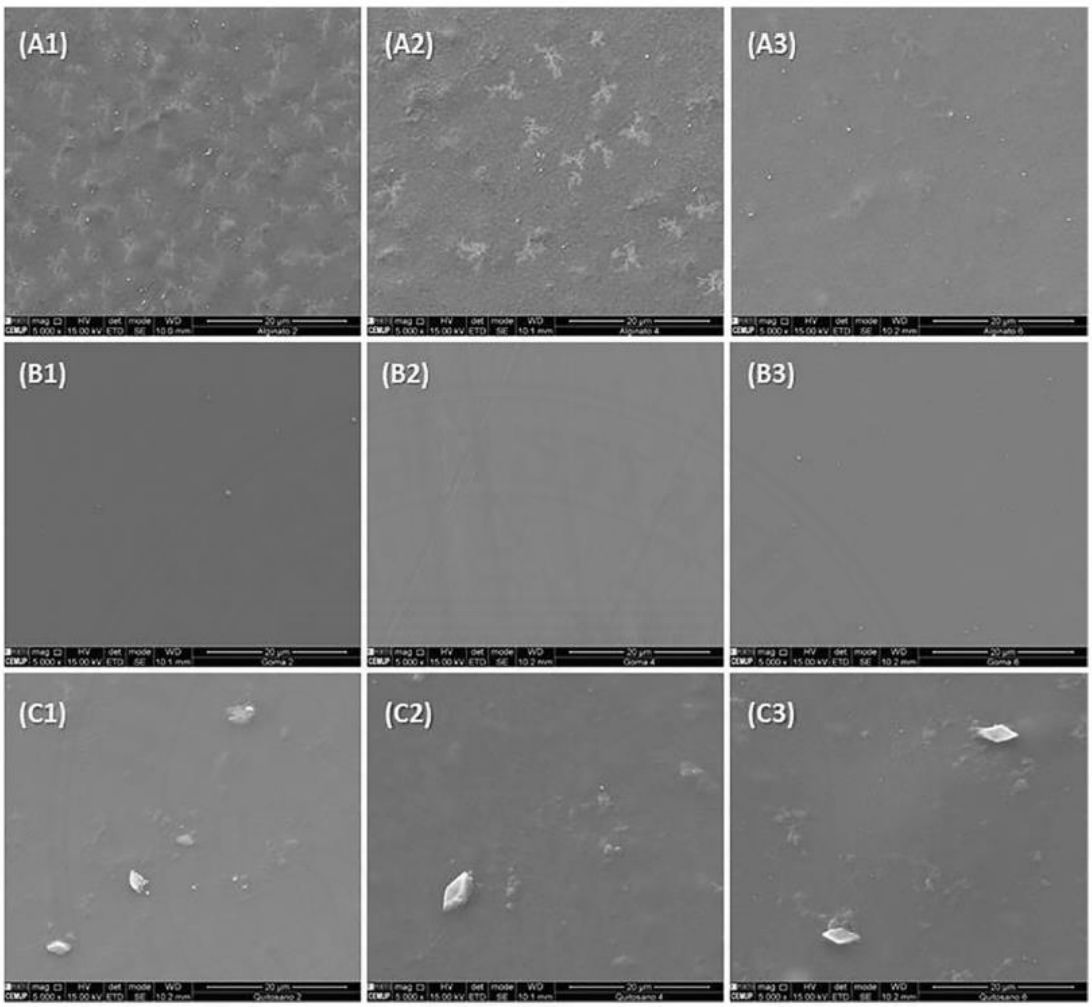
การกักเก็บและปลดปล่อยสารโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ในเอลเดอร์เบอร์รี่ ผลการทดสอบพบว่าฟิล์มเคลือบอาหารที่ผลิตจาก กัม อารบิก มีประสิทธิภาพการกักเก็บและปลดปล่อยสารโพลีฟีนอลสูงที่สุด โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การกักเก็บและปลดปล่อยเท่ากับ 74.0 ถึง 99.9% เมื่อนำฟิล์มเคลือบอาหารชนิดต่าง ๆ มาศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) จึงพบว่าฟิล์มเคลือบอาหารที่ผลิตจาก กัม อารบิก มีลักษณะพื้นผิวที่เรียบเนียนสม่ำเสมอ แตกต่างจากฟิล์มเคลือบอาหารที่ผลิตจากไคโตซาน และโซเดียมอัลจิเนต (ภาพที่ 2.12) แสดงให้เห็นว่า กัม อารบิก มีคุณสมบัติในการเป็นสารเคลือบผิวที่ดีเมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ฟิล์มเคลือบอาหารที่รับประทานได้



Sample	Encapsulating Agent	Film height
1	Gum arabic	2 mm
2	Gum arabic	4 mm
3	Gum arabic	6 mm
4	Modified chitosan	2 mm
5	Modified chitosan	4 mm
6	Modified chitosan	6 mm
7	Sodium alginate	2 mm
8	Sodium alginate	4 mm
9	Sodium alginate	6 mm

ภาพที่ 2.11 ฟิล์มเอลเดอร์เบอร์รี่ผลิตโดยใช้สารห่อหุ้มและความหนาของฟิล์มที่แตกต่างกัน

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 2.12 SEM ของฟิล์มเอลเดอร์เบอร์รี่ที่มีโซเดียมอัลจิเนต (A) กัม อารบิก (B) และไคโตซาน (C) ที่มีความหนาต่างกัน: 2 mm (1) 4 mm (2) และ 6 mm (3) ภายใต้กำลังขยาย × 5000 ; ความเข้มของลำแสง (HV), 15.00 kV; และระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับเลนส์ (WD) น้อยกว่า 11 มม.

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสารเคลือบผิวจากธรรมชาติเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากสารเคลือบจากธรรมชาติที่รับประทานได้ถือได้ว่าเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยกว่าสารเคลือบขี้ผึ้ง (wax) ซึ่งมักจะประกอบด้วยของโพลิเอธิลีนออกซิไดซ์ ตัวทำละลายอินทรีย์ สารลดแรงตึงผิว และสารกันบูด เช่น โซเดียมเมทิลพาราเบน (Moscoso-Ramírez *et al*., 2013) ต่างจากฟิล์มและสารเคลือบผิวจาก

Ref. code: 25656309034590LUF

ธรรมชาติที่บริโภคได้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แป้ง อนุพันธ์ของเซลลูโลส ไคโตซาน/ไคติน กัม โปรตีน (สัตว์หรือผัก) และไขมัน ซึ่งได้รับการพัฒนาให้เป็นวัสดุธรรมชาติ ไม่มีสารพิษ สามารถใช้ทดแทนสารเคลือบผิวจากสารเคมีที่ใช้กันทั่วไปในท้องตลาด

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Xanthan	Melon	β-carotene nanoparticles	Coating	Immersion	Improvement of coatings properties and increase in shelf time to 21 days at 4 °C
	Refrigerated fish	Chitosan	Film	-	Inhibition of the growth of Staphylococcus coagulase-positive, Salmonella spp. and coliforms at 45 °C Quality preservation
	Acerola	-	Coating		Reduction of weight loss and the respiration process Increase in shelf life (prolongation of 6 days at 30 °C without deterioration signs

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Xanthan	Pear	-	Coating	-	Retained the weight during 9 days of storage Prevention of oxidation
	Baby carrots	α-tocopherol	Coating	Dipping	Edible coatings improve the surface colour without organoleptic properties alterations
Galactomannan	Ricotta cheese	Nisin	Coating	Dipping	Delay of microbial growth during 28 days Weight loss and moisture content decreasing

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Guar gum	Fruits	Nisin	-	-	Decrease in gas transfer rates
	-	Ag/Cu nanoparticles	Film	Spreading	Strong antibacterial activity against Gram-positive Listeria monocytogenes bacteria and Gram-negative *Salmonella enterica* sv *typhimurium* Excellent UV, light and oxygen barrier capability
	Roma tomato	-	Coating	Immersion	Firmness enhancement Reduce the weight loss Retarded loss of total acidity Respiration rate decrease
	Black berries	-	-	-	Shelf-life extension for 13 days

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Guar gum	lemon	Spice extracts	Coating	Dipping	Shelf-life extension Maintenance of quality during cold storage Inhibition of bacterial growth
	Litchi fruits	-	Coating	-	Maintenance of fruit quality Shelf-life extension up to 10 days under low temperature storage
	Red chilli pepper	-	Coating	Dipping	Maintenance of fruit quality without deterioration during 20 days at storage temperature of 6 °C

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Arabic gum	Green chillies	Glycerol Thyme oil Tween 80	Coating	Dipping	Preservation of the quality and organoleptic properties During 12 days
	Guava	Sodium caseinate and Tulsi extract	Coating	Dipping	Maintenance of suitable internal gas composition delaying ripening Shelf-life of 7 days at 28 ± 2 °C compared to 4 days of control
	Persimmon fruits	-	Coating	Dipping	Lower weight loss, membrane leakage, H_2O_2 and malondialdehyde content relative to the control Suppression of the increase in activities of polygalacturonase, pectin methylesterase and cellulase enzymes Higher superoxide dismutase, peroxidase, ascorbate peroxidase and catalase activities

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Arabic gum	Mangoes	-	Coating	Dipping	Gas and water vapour barrier properties Slower the ripening process Shelf-life extension for 15 days relative to less of 10 days in control
	Tomato	-	Coating	Immersion	Delay of the ripening process Shelf-life extension for 20 days without deterioration and off-flavours, stored at 20 °C

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Gum tragacanth	Fresh apricots	Chitosan	Coating	Dipping	Improvement of firmness and stability in terms of weight loss, pH and moisture content during storage
		-	Coating	Dipping	Good sensorial qualities Antioxidant properties Maintenance of ascorbate peroxidase (APX), catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) enzymes activities Inhibition of polygalacturonase (PG), pectin methylesterase (PME) and cellulase (CX) enzymes activities

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Konjac glucomanann	Fortune mandarins	-	Coating	Immersion	Weight loss delay Improve gloss of the fruits
	Fresh-cut cucumber	Saffron petal extract	Film	-	Reduction in the water vapour permeability Antimicrobial properties against *Escherichia coli (E. coli), Shigella sonnei*, *Salmonella Typhi, Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) and *Bacillus cereus* Preservation of fruits and vegetables quality Shelf-life extension

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Gellan gum	Cantaloupe	Potassium sorbate	Coating	-	Maintenance of weight loss, hardness and firmness Inhibition of microbial growth Preservation of sliced cantaloupe up to 5 days
	Mango	-	Coating	Dipping	Improvement of sensorial characteristics namely appearance and firmness Stabilization of colour and volatiles composition during storage

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 2.2 กัม แต่ละชนิดที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

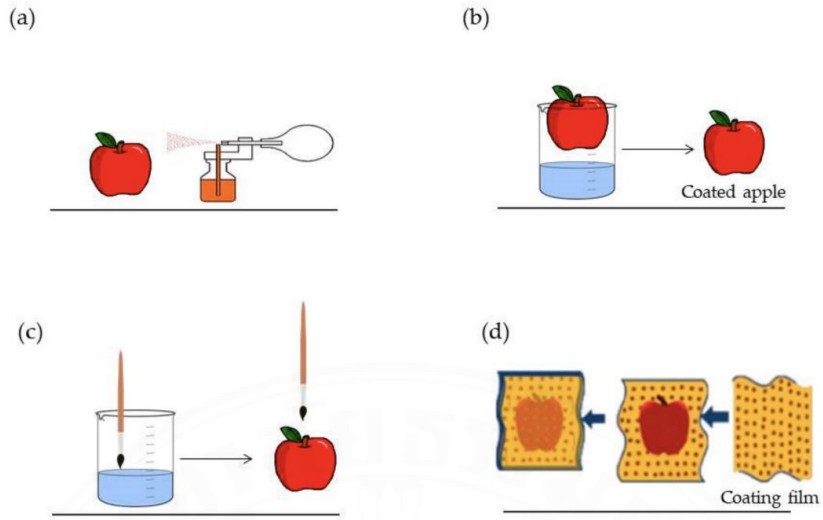
Polysaccharide	Food Application	Bioactive Compounds Incorporated	Type of Packaging	Application Coating Method	Results
Almond gum/Persian gum	Tomato	-	Coating	Immersion	Delay changes in colour, weight loss, firmness, acidity, ascorbic acid content, soluble solids concentration and decay percentage during a storage period of 20 days.
	Cherries	Gum Arabic	Coating	Immersion	Delay the ripening process and increase the shelf life of cherries without spoilage or off-flavour

ที่มา : Sonia *et al*. (2021)

2.7.4 วิธีการเคลือบผิวผลไม้

การเคลือบผิวผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพ่นสเปย์ การจุ่มผลไม้ลงในสารเคลือบ การป้ายยาที่ขั้วผล และการผลิตเป็นฟิล์มห่อหุ้มอาหาร ดังภาพที่ 2.11

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 2.13 วิธีการเคลือบผิวผลไม้ (a) การพ่นสเปย์ (b) การจุ่มผลไม้ลงในสารเคลือบ (c) การป้ายยาที่ขั้วผล และ (d) การผลิตเป็นฟิล์มห่อหุ้มอาหาร (Sonia *et al*., 2021)

2.8 มาตรการการส่งออกทุเรียนของไทยไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน

2.8.1 หลักกการทั่วไปของมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS)

มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืชและสัตว์ (SPS) เป็นมาตรการทางการค้าที่มิใช่ภาษี ซึ่งประเทศสมาชิกขององค์การการค้าโลก (WTO) นำมาใช้ในการจำกัดการนำเข้าสินค้าเกษตรเพื่อปกป้องและคุ้มครองชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ พืช และสัตว์ภายในประเทศจากความเสี่ยงในการบริโภคหรือความเสี่ยงต่อโรคที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตที่มากับพืช สัตว์และผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสารเจือปนในอาหาร สารพิษหรือจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรค โดยการกำหนดระดับความปลอดภัยและการตรวจสอบมาตรฐานสินค้านำเข้านั้น จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศ และตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นไปได้ในการตรวจวิเคราะห์และการประเมินข้อมูล ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเทศสมาชิกองค์การการค้าโลกมีสิทธิในการกำหนดและใช้มาตรการ SPS ภายใต้การตีความและประเมินความเสี่ยงที่เหมาะสม ประกอบกับหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการเปิดเสรีการค้า (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

2.8.2 การนำเข้าทุเรียนของจีนตามมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS)

กระทรวงเกษตรและและสหกรณ์ของไทย และกระทรวงควบคุมคุณภาพและตรวจสอบกักกันโรคของจีน (AQSIQ) มีการจัดทำบันทึกความเข้าใจร่วมกันว่าด้วยความร่วมมือด้านสุขอนามัยพืช พ.ศ. 2547 ซึ่งเป็นการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ ในการนำเข้าทุเรียน จากไทยภายใต้

Ref. code: 25656309034590LUF

กรอบของพิธีสารฯ นอกจากนี้ ยังมีกฎหมายภายในประเทศที่สอดคล้องกับการนำเข้าทุเรียนตามความร่วมมือทางด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (MOU) ด้วย สำหรับขั้นตอนการนำเข้าทุเรียน ซึ่งเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่จีนอนุญาตให้นำเข้าได้อย่างมีเงื่อนไขมีดังนี้ ผลไม้ที่อนุญาตให้นำเข้าได้นั้นจะต้องมาจากสวนที่จดทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตรสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กำหนดให้จดทะเบียนและปฏิบัติตามแนวทางการผลิตอย่างถูกต้องเหมาะสม (GAP)) โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ต้องส่งรายชื่อไปยังรัฐบาลจีน เพื่อรอการอนุมัติก่อนจะอนุญาตให้จดทะเบียนเพื่อส่งออกไปยังจีน ซึ่งเป็นการรับรองเฉพาะแปลงที่ใช้เพื่อการส่งออกเท่านั้นไม่ได้ให้การรับรองทั้งสวน ขณะที่โรงคัดบรรจุก็ต้องจดทะเบียนและปฏิบัติตามมาตรฐานตามระบบการผลิตที่ดี (GMP) กับกรมวิชาการเกษตร สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (วรรณสิร, 2552) นอกจากนี้จะต้องไม่มีศัตรูพืชควบคุม โดยเฉพาะเพลี้ยแป้ง อาทิเช่น สายพันธุ์ *Planococcus minor (Maskell) Phenacoccus solenopsis Tinsley* รวมถึงการห้ามนำเข้าเชื้อราจากพืชและแมลงที่เป็นอันตราย อีกทั้งพืชและผลิตภัณฑ์จากพืชต้องกักกันโรคจากเขตที่มีการระบาดร้ายแรงด้วย ต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค โลหะหนัก สารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ โดยเฉพาะชนิดและปริมาณยาฆ่าแมลงและสารเคมีตกค้างในผลไม้ จะต้องเป็นไปตามระเบียบกฎหมายจีน เช่น เมทาแลกซิล ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, คาร์บาริล ไม่เกิน 2.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, คาร์โบซัลแฟน ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณเพอร์เมทรินในทุเรียนจะต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, ดีดีที ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, ไซเพอร์เมทริน ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, ไกลโฟสเสต ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นต้น (Ministry of Agriculture, 2016)

นอกจากนี้ทุเรียนที่นำเข้าจะต้องไม่มี กิ่ง ใบ และดิน บรรจุภัณฑ์ต้องใหม่ สะอาด โดยต้องระบุชื่อบริษัทผู้ส่งออก ชนิดผลไม้ หมายเลขสวน หมายเลขโรงคัดบรรจุ หมายเลขผู้ส่งออก และระบุข้อความเป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาจีนว่า ส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน (Export to the People's Republic of China) และต้องมีฉลากภาษาจีนระบุคำแนะนำที่ถูกต้องตามกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง กรณีมีการใช้สารเติมแต่งจะต้องใช้ในปริมาณที่ตรงกับมาตรฐานของสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยจะต้องระบุชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งอาหาร ที่ผ่านกระบวนการผลิตหรือการเตรียมหรือการประกอบบนฉลากเป็นภาษาจีนอย่างชัดเจน เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ใช้ในกระบวนการรมฆ่าเชื้อ เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

ในส่วนของการตรวจสอบทุเรียนนำเข้าในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปจะใช้เวลา 1-4 วันตามความยากง่ายของการตรวจวิเคราะห์ปริมาณงาน และอัตรากำลังของเจ้าหน้าที่องค์กรกักกันโรคประจำด่าน (CIQ) ซึ่งปัจจุบันมีการเร่งรัดการตรวจสอบให้เร็วขึ้น จึงใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน โดยจะเน้นไปที่การตรวจสอบสารตกค้างที่เป็นอันตรายและเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรีย และเชื้อโรคต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังเช่นกรณีทุเรียนจะต้องปราศจาก สารเมทามิโดฟอส

Ref. code: 25656309034590LUF

(Methamidophos) และมีปริมาณสารตกค้างในเนื้อทุเรียนไม่เกิน 50 ppm นอกจากนี้ อาจมีการตรวจคุณลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ เช่น รูปร่าง สีกลิ่น รสชาติแมลงศัตรูพืช วัชพืช และสิ่งที่อาจเป็นอันตรายที่ติดมากับสินค้า รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ของทุเรียนเพิ่มเติมด้วย ซึ่งเป็นการรับรองคุณภาพและปล่อยสินค้าผ่านพิธีการศุลกากร และทำการกระจายสินค้าต่อไปในประเทศจีนจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค (AsianLii, 1992)

2.8.3 มาตรการและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในการนำเข้าทุเรียนผ่านทางฮ่องกง

เนื่องจากสภาพทางภูมิประเทศของฮ่องกงที่สามารถส่งออกสินค้าต่อไปยังเขตเศรษฐกิจพิเศษที่เซินเจิ้นและมณฑลใกล้เคียงของสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ โดยเฉพาะมณฑลกวางตุ้ง ด้วยเหตุนี้การขนส่งทุเรียนสดจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐประชาชนจีนจึงมีการใช้เส้นทางขนส่งทางทะเลผ่านทางฮ่องกง ในขณะที่ฮ่องกงเองก็มีการนำเข้าทุเรียนเพื่อบริโภคด้วยเช่นกัน โดยส่วนใหญ่จะเป็นทุเรียนเกรดเอ จัมโบ้ รวมไปถึงเกรดเอบี ที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งทุเรียนที่ส่งออกจะมีการบรรจุในกล่องกระดาษมาตรฐาน 18 กิโลกรัม สำหรับมาตรการสุขอนามัยของฮ่องกงในการนำเข้าทุเรียนนั้น กำหนดให้ผู้นำเข้าต้องมีใบอนุญาตนำเข้า และใบรับรองปลอดศัตรูพืช โดยที่ห้ามใช้สารเติมแต่งอาหารในทุเรียนสดที่ยังไม่ได้แปรรูป โดยเฉพาะการแต่งเติมสีบนผิวเปลือกของทุเรียนจะต้องได้รับอนุญาต ทั้งสีที่ได้จากธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ อย่างเช่น ขมิ้น ประกอบกับต้องมีฉลากที่อ่านง่ายและมองเห็นได้อย่างชัดเจน เพื่อแสดงให้ทราบว่าสินค้านั้นมีการเติมแต่งสี โดยจะต้องระบุข้อความภาษาอังกฤษและภาษาจีนว่า สีผสมอาหารมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมายของฮ่องกง (This food colour conforms to the legal requirements of Hong Kong) (กุสุมา, 2559)

นอกจากนี้ ทุเรียนสดที่นำเข้าจะต้องมีการจำกัดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits-MRLs) และจ ากัดปริมาณสารพิษตกค้างภายนอกสูงสุด (Extraneous Maximum Residue Limits-EMRLs) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานของคณะกรรมาธิการโครงการมาตรฐานอาหารขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) หรือองค์การอนามัยโลก (WHO) (CAC) อาทิเช่น ปริมาณคาบาริล (Carbaryl) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, คาร์โบซัลแฟน (Carbosulfan) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, ไซฮาโรทริน (Cyhalothrin) ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, เมทาแลกซิล (Metalaxyl) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, เมธิดาทิออน (Methidathion) ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, โฟซาโลน (Phosalone) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโปรฟีโนฟอส (Profenofos) ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นต้น รวมถึงปริมาณสารเร่งสุกที่ตกค้างในทุเรียนจะต้องไม่เกิน 2 ppm ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในเปลือกไม่เกิน 350 ppm และต้องไม่ตกค้างในเนื้อผลไม้ (สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ, 2549)

Ref. code: 25656309034590LUF

2.9 การขนส่งทุเรียนไปจีน (Transportation)

ความหมายโดยรวมหมายถึง การเคลื่อนย้ายคน (people) สินค้า (goods) หรือบริการ (services) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง การขนส่งทุเรียนเพื่อส่งออกไปยังท่าเรือปลายทางที่ประเทศจีนสามารถขนส่งได้หลายทาง เช่น ทางทะเล ทางบก ทางรถไฟ และทางอากาศ การขนส่งทุเรียนมีรายละเอียดดังนี้

2.9.1 การขนส่งทางทะเล

1) แหล่งผลิตในภาคเหนือ เริ่มจาก จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ไปยังท่าเรือแหลมฉบัง หลังจากนั้นขนส่งไปทางทะเลไปยังท่าเรือในประเทศจีน ได้แก่ ท่าเรือฮ่องกง เหวินจิ่งตู้-ท่า (เซิ่นเจิ้น) ท่าเรือเสอโขว่ (กวางโจว) หัวดู/ฝอซาน-(ทางแม่น้ำไข่มุก) ท่าเรือฮ่องกง (เซิ่นเจิ้น) ตลาดหลงหวู่ ไปสู้แหล่งตลาดสำคัญคือ ตลาดเจียงหนาน-เรือเซี่ยงไฮ้

2) แหล่งผลิตในภาคตะวันออก เริ่มจาก จังหวัด จันทบุรี และระยองไปยังท่าเรือแหลมฉบัง หลังจากนั้นขนส่งไปทางทะเลไปยังท่าเรือในประเทศจีน ได้แก่ ท่าเรือฮ่องกง เหวินจิ่งตู้-ท่า (เซิ่นเจิ้น) ท่าเรือเสอโขว่ (กวางโจว) หัวดู/ฝอซาน-(ทางแม่น้ำไข่มุก) ท่าเรือฮ่องกง (เซิ่นเจิ้น) ตลาดหลงหวู่ ไปสู้แหล่งตลาดสำคัญคือ ตลาดเจียงหนาน-เรือเซี่ยงไฮ้

3) แหล่งผลิตในภาคใต้ เริ่มจาก จังหวัด ชุมพร ไปยังท่าเรือแหลมฉบัง หลังจากนั้นขนส่งไปทางทะเลไปยังท่าเรือในประเทศจีน ได้แก่ ท่าเรือฮ่องกงเหวินจิ่งตู้- ท่าเรือ (เซิ่นเจิ้น) ตลาด-ท่าเรือเซี่ยงไฮ้ (เซิ่นเจิ้น) ท่าเรือเสอโขว่ (กวางโจว) หัวดู/ฝอซาน-(ทางแม่น้ำไข่มุก) ฮ่องกง หลงหวู่ ไปสู่แหล่งตลาดสำคัญคือตลาดเจียงหนาน (สภาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2552)

2.9.2 การขนส่งทางบก

1) เส้นทางการเศรษฐกิจมุกดาหาร) ดานัง-สะหวันนะเขต-R9) หรือเส้นทางเศรษฐกิจตะวันออก) ตะวันตก-East-West Economic Corridor) เป็นเส้นทางที่เชื่อม พม่า-ไทย-เวียด-ลาวนาม สำหรับการขนส่งผลไม้ไทยไปจีนจะเริ่มต้นจากแหล่งผลิตในภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคเหนือ ไปยังจังหวัดมุกดาหาร จากนั้นจะขนส่งข้ามสะพานมิตรภาพไทย ลาว แห่งที่-2 เข้าสู้เมืองสะหวันนะเขต ประเทศลาว จากนั้นเดินทางต่อไปยังเมืองลาวบาวซึ่งเป็นเมืองชายแดนระหว่างลาวกับเวียดนาม ผ่านเมืองดงฮาและเดินทางไปจีนโดยใช้เส้นทางหมายเลข 1 A ของเวียดนาม ผ่านเมืองดงเหย ฮาตินห์ วินห์ ฮานอย และสิ้นสุดชายแดนเวียดนามที่เมืองหลังเชิน เข้าสู่ประเทศจีนที่เมืองผิงเสียง เขตการปกครองอิสระกวางสีจากนั้นผลไม้จะกระจายไปยังตลาด ๆ ต่าง ๆ ในเมืองจีน

Ref. code: 25656309034590LUF

2) เส้นทางถนนหมายเลขที่ 12 หรือทางหลวงสายที่ 12 (R12) แยกจากเส้นทางเศรษฐกิจตะวันออกตะวันตกที่จังหวัดขอนแก่น การขนส่งผลไม้จะเข้าสู่จังหวัดนครพนนม จากนั้นจะข้ามแม่น้ำโขงโดยแพขนานที่ด่านศุลกากรนครพนม ประเทศไทย เข้าสู่เมืองท่าแขก แขวงคำม่วน ประเทศลาว จากนั้นเดินทางไปยังทองคำ ถึงด่านนาเพ่า ชายแดนประเทศลาว ซึ่งมีระยะทาง 150 กิโลเมตร ข้ามไปประเทศเวียดนามที่ด่านจอหลอ ไปยังเมืองฮาตินห์ และเดินทางไปจีนโดยใช้เส้นทางหมายเลข 1A ของเวียดนาม ผ่านเมืองดงเห่ย ฉาตินห์ วินห์ ฮานอย และสิ้นสุดชายแดนเวียดนามที่เมืองหลั่งเซิ่น เข้าสู้จีนที่เมืองผิงเสียง เขตการปกครองอิสระกวางสี จากนั้นผลไม้จะถูกกระจายไปยังตลาดในประเทศจีน สภาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย), 2552)

2.9.3 การขนส่งทางรถไฟความเร็วสูงจีน-ลาว

ปัจจุปันได้มีการสร้างเส้นทางรถไฟความเร็วสูงจีนลาว ถือเป็นโอกาสดีในการเริ่มต้นแนวทางการแก้ปัญหาการขนส่งผลไม้ไปสู่ประเทศจีน การขนส่งทุเรียนจากไทยสู่จีนสามารถทำได้ใช้เส้นทางรถไฟไทยจากมาบตาพุด ตรงไปด่านตรวจพืชจังหวัดหนองคาย หลังจากนั้นวิ่งเข้าสู่เวียงจันทน์ สปปลาว เมื่อถึงสถานีเวียงจันทน์ได้มีการเปลี่ยนย้ายตู้จากรถไฟไทยไปขึ้นร.ถไฟความเร็วสูงจีนลาว หลังจากนั้นจะย้ายตู้ทุเรียนจากรถไฟความเร็ว.ลาว และเดินทางต่อไปยังสถานีนาเดีย สปปลาว ที่เป็นรอยต่อกับด่านตรวจพืชโม.ลาวไปขึ้นรถบรรทุก จากนั้นขนส่งผ่านด่านบ่อเต็น สปป-สูงจีน ฮาน ประเทศจีน หากสินค้าผ่านการตรวจจากด่านจีนสามารถวิ่งเข้าไปส่งสินค้าได้ที่เมืองกว่างโจว ประเทศจีน คาดว่าใช้เวลาประมาณ 3 วันครึ่ง ผลไม้จากประเทศไทยจะเข้าสู่ประเทศจีน

2.9.4 การขนส่งทางอากาศ

เป็นรูปแบบการขนส่งที่ไปได้ไกลที่สุดและรวดเร็วที่สุด แต่มีต้นทุนต่อหน่วยแพงที่สุด ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะใช้การขนส่งทางอากาศเฉพาะทุเรียนเกรดพรีเมี่ยมซึ่งมีการสั่งซื้อล่วงหน้าหรือ Pre-order ซึ่งการขนส่งทางอากาศจากไทยต้นทางคือสนามบินสุวรรณภูมิสู่เมืองเซิ่นเจิ้น ประเทศจีน ใช้ระยะเวลาเพียง 9 ชม.

2.10 โซ่อุปทาน และกิจกรรมโลจิสติกส์ในการส่งออกทุเรียน

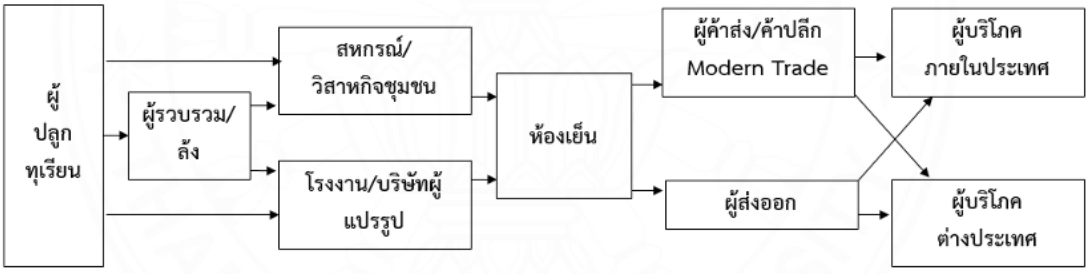
ต้นน้ำ ประเทศไทยในภาคตะวันออก ได้แก่ จันทบุรี ระยอง และตราด ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ทุเรียนที่เข้าสู่อุตสาหกรรมแปรรูปในประเทศไทย เกษตรกรสามารถนำผลผลิตมาขายให้แก่โรงงานวิสาหกิจชุมชน/บริษัทโดยตรง หรือขายให้กับสหกรณ์/โดยตรง เนื่องจากเกษตรกรเหล่านั้นอยู่ใกล้แหล่งผลิต ในขณะเดียวเกษตรกรที่อยู่ห่างจากโรงงานแปรรูป สามารถนำผลผลิตส่งให้ผู้ประกอบการผ่านผู้รวบรวมล้งของผู้ประกอบการ ผลผลิตที่ใช้ในการ/แปรรูปเป็นผลผลิตที่ไม่สามารถส่งออกได้หรือเป็นผลผลิตที่อยู่ในเกรดรอง เกษตรกรในภาคตะวันออก

Ref. code: 25656309034590LUF

และภาคใต้ของไทยมีช่องทางหลากหลาย เช่น การขายผลผลิตสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปพร้อมกับผลผลิตส่งออก หรือแยกการขายให้กับผู้ประกอบการ ผู้รวบรวมโดยตรง (ภาพที่ 2.14)

กลางน้ำ อุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียนในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ โรงงานวิสาหกิจชุมชน ทำการจัดหาผลผลิตทุเรียนที่เนื้อมีคุณภาพที่ดี/บริษัท สหกรณ์/ โดยมีการเปิดรับซื้อโดยตรงที่ โรงงาน รวบรวมผลผลิตผ่านผู้รวบรวมล้งของผู้ประกอบการเองหรือซื้อจากราย/อื่น ๆ ซึ่งมีอำนาจในการต่อรองต่ำ โดยทำการเก็บรักษาผลผลิตไว้ในในห้องเย็นของตนเองหรือนำสินค้าไปฝากที่บริษัทห้องเย็นต่าง ๆ เพื่อรอการจำหน่าย

ปลายน้ำ ผู้ค้าส่ง/ปลีก และผู้ส่งออก มีการจัดการผลผลิตเพื่อจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศด้วยตัวเอง เช่น การขายออนไลน์ หรือขายผ่านตัวแทนร้านค้า/ห้างสรรพสินค้า โดยมีการจัดทำเอกสารด้วยตนเองหรือจ้างบริษัทตัวแทน ซึ่งสามารถเลือกการขนส่งได้ทั้งการขนส่งทางเรือโดยท่าเรือแหลมฉบัง และการขนส่งสินค้าทางอากาศได้ นอกจากนี้ผู้ประกอบการในประเทศไทยยังมีโอกาสในการจัดจำหน่ายสูงกว่าประเทศอื่น ๆ เนื่องจากสามารถขนส่งทางบกผ่านเส้นทาง R3A และ R9 ได้ ทำให้มีต้นทุนการขนส่งที่ถูกกว่า



ภาพที่ 2.14 ห่วงโซ่อุปทานทุเรียนไทย

2.11 โรคที่สำคัญในทุเรียน

อนาคตการส่งออกทุเรียนของไทยจะดูสดใสและมีปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้น แต่การส่งออกผลผลิตทางการเกษตรเน่าเสีย ก่อนวางจำหน่ายไปยังตลาดต่างประเทศ ยังคงเป็นปัญหาหนึ่งที่ผู้ประกอบการประสบ ด้วยข้อจำกัดของทุเรียนที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น เกิดบาดแผลง่ายระหว่างการขนส่ง รวมถึงมีการเกิดโรคเมื่อผลสุก โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อราต่าง ๆ ซึ่งสร้างความเสียหายและส่งผลกระทบทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทุเรียน ซึ่งโรคที่พบมากและเป็นปัญหา

Ref. code: 25656309034590LUF

สำคัญที่สุดในการส่งออกทุเรียน คือ โรคผลเน่า เกิดได้จากหลายสาเหตุ ทั้งปัจจัยทางการขนส่งและการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด มีรายละเอียดดังนี้

2.11.1 โรคผลเน่า

เป็นโรคที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตและการส่งออกทุเรียน เกิดจากเชื้อรา 4 ชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Phytophthora palmivora* โดยเชื้อราทั้ง 4 ชนิดนี้เป็นสาเหตุของโรคผลเน่าหรือผลเน่าเหลือง ซึ่งพบได้ทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการปลูกทุเรียน โดยที่เชื้อรา *L. theobromae* จะเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคผลเน่าในระยะหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุด รองลงมาคือ เชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *C. gloeosporioides* ตามลำดับ ปกติชาวสวนทุเรียนจะให้ความสนใจในการควบคุมเชื้อรา *P. palmivora* อย่างมากทำให้เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว และที่สำคัญอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อราเหล่านี้ มีความคล้ายคลึงกับอาการที่เกิดจาก เชื้อรา *P. palmivora* จึงทำให้เกิดความเข้าใจผิด นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราทั้ง 3 ชนิด โดยเฉพาะเชื้อรา *C. gloeosporioides* จะเข้าทำลายผลทุเรียนตั้งแต่ผลยังอยู่บนต้น เมื่อผลทุเรียนสุกและสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเกิดโรคก็จะปรากฏอาการให้เห็น มีรายละเอียดดังนี้ (สมศิริ และคณะ, 2543)

2.11.1.1 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*

เชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* จัดอยู่ใน Order Sphaeropsidales, Family Sphaeropsidaceae เส้นใยมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้มค่อนข้างดำ เส้นใยละเอียดค่อนข้างฟู สร้าง pycnidia ผนังหนา สีดำ อาจเกิดเดี่ยว ๆ หรือเกิดรวมกันเป็นกลุ่ม แต่ละ pycnidia อาจมีช่องเดียวหรือหลายช่องก็ได้ ไม่มี ostiole สร้าง conidiophore ภายใน pycnidia มีลักษณะสั้น ๆ เกิดเดี่ยว ๆ มีรูปร่าง cylindrical สีอ่อนผนังเรียบ ไม่มีผนังกั้น conidia ขณะยังอ่อน สีอ่อน เซลล์เดียว เมื่อแก่สีของ conidia จะเข้มขึ้นสีน้ำตาลดำ มี 2 เซลล์ รูปร่าง ellipsoid, ovoid จนถึง elongate ที่ฐานของ conidia มีลักษณะปลายตัด (base tuncate) conidia มีขนาดประมาณ 20-30 x 10-15 μm โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *L. theobromae* แผลในระยะแรกปรากฏเป็นรอยสีน้ำตาลมีลักษณะนิ่ม ต่อมาเมื่อแผลยาวมากขึ้นปรากฏส่วนเส้นใยของเชื้อราสีเทาปนเขียวขึ้นฟูบริเวณแผล อาการเน่าจะลามลงไปจนถึงส่วนเนื้อของทุเรียน เชื้อรานี้สร้าง pycnidia ฝังอยู่ในเนื้อเยื่อของเปลือกบริเวณที่เกิดอาการ โดยมีส่วนปากเปิดโผล่ออกมาจากบริเวณผิวเปลือก และปล่อย conidia ของเชื้อราออกมา ดังภาพที่ 2.15

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.15 ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *L. theobromae*

2.11.1.2 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis sp.*

เชื้อรา *Phomopsis* sp. จัดอยู่ใน Family Sphacropsidales เช่นเดียวกับเชื้อรา *L. theobromae* เส้นใยมีสีขาวจนถึงน้ำตาลอ่อน ๆ เส้นใยค่อนข้างหยาบเรียบกับผิวอาหาร สร้าง pycnidia ผนังหนา สีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ อาจเกิดหลาย pycnidia รวมกันหรือเกิดเดี่ยว ๆ ก็ได้ รูปร่าง globose หรือ ampulliform อาจมีช่องเดียวหรือหลายช่อง (uniloculate หรือ multiloculate) ภายใน pycnidia สร้าง conidiophore สีอ่อน แตกแขนงมีผนังกั้น สร้าง conidium 2 แบบ คือ α-conidia ซึ่งมีสีอ่อน เซลล์เดียว รูปร่าง fusiform หัวท้ายเรียว และ β-conidia มีสีอ่อนเช่นเดียวกัน เซลล์เดียว รูปร่าง filiform ตรง ปลายงอเล็กน้อย Lim (1993) ได้อธิบายขนาดของเชื้อรา *Phomopsis durionis* ที่แยกได้จากใบทุเรียนพบว่า α-conidia มีขนาด 5-6 x 2 μm ส่วน β-conidia มีขนาด 12.75-20.4 x 1-1.2 μm และบนอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่าสามารถสร้าง α-conidia ได้มากกว่า β-conidia โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis* sp. ในระยะแรกปรากฏรอยแผลสีน้ำตาลดำ มีลักษณะนิ่ม ต่อมาแผลขยายออกเป็นสีน้ำตาลดำค่อนข้างกลมและพบกลุ่มของเส้นใยของเชื้อขนาดเล็กอยู่บนบริเวณแผล โดยเชื้อราจะสร้าง pycnidia ฝังอยู่ในเนื้อเยื่อเปลือกภายในสร้าง conidia ดังภาพที่ 2.16

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.16 ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis sp.*

2.11.1.3 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* จัดอยู่ใน Order Melanconiales, Family Melanconiaceae ลักษณะของเชื้อราที่แยกได้จากใบและผลบนอาหาร PDA โคโลนีมีสีขาวปนเทา เส้นใยละเอียด สร้าง acervuli สีอ่อนจนถึงน้ำตาลดำบนผิวหน้าอาหาร เกิดซ้อนกันเป็นวง (concentric ring) conidiophore เกิดจากเซลล์บริเวณฐานของ acervuli มีสีอ่อนถึงน้ำตาล มีผนังกั้นสามารถแตกแขนงได้จากส่วนฐาน รูปร่างยาวเรียว conidia สีอ่อน เซลล์เดียว รูปร่าง ovoid หรือ oblong มีขนาดประมาณ 10.72-15 x 4.5-5.36 μm สร้าง appressorium สีน้ำตาลรูปร่าง clavate มีขนาดประมาณ 6-20 x 4-12 μm ไม่สร้าง setae สามารถเจริญได้ดีภายใต้แสง near ultraviolet สลับมืด 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในระยะแรกปรากฏรอยแผลมีลักษณะเป็นจุดกลมสีน้ำตาลขนาดเล็ก ส่วนใหญ่อยู่ระหว่างร่องหนามและปรากฏอยู่ทั่วไปบริเวณผิวเปลือก บริเวณแผลนิ่ม ต่อมาแผลค่อยขยายใหญ่ขึ้น และอาจรวมกันทำให้เป็นแผลใหญ่ขึ้น เชื้อราสร้าง acervuli บริเวณร่องหนามที่แสดงอาการของโรค ไม่สร้าง setae (สมศิริ และคณะ, 2543) ดังภาพที่ 2.17

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.17 ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides*

2.11.1.4 โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora*

เชื้อรา *Phytophthora palmivora* จัดอยู่ใน class Oomycetes อาณาจักร Chromista ราสร้างเส้นใยไม่มีผนังกั้น สร้าง sporangia จำนวนมากบนผิวอาหารวุ้นแครอท มีหลายรูปแบบ รูปร่างรีหรือรูปไข่ (ovoid) รูปค่อนข้างยาว (elongated ellipsoid) มี papilla เด่นชัด การแตกกิ่ง (branching) ของก้านสปอร์ (sporangiophore) เป็นแบบ simple sympodium ฐาน sporangia ส่วนที่ติดอยู่กับก้านแคบลงเล็กน้อย สปอร์หลุดจากก้านสปอร์ได้ง่ายเมื่ออายุมาก การหลุดจากก้านของ sporangia (caducity) มีก้านที่ติดมากับสปอร์ (pedicel หรือ stalk) สั้น ความยาว 2.5 μm sporangium ขนาดแตกต่างกัน มีขนาดเฉลี่ย 54.51 x 33.54 μm โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. palmivora* เริ่มแรกจะเกิดจุดแผลขนาดเล็กสีน้ำตาลดำบนผล จุดแผลจะขยายใหญ่ลุกลามมากขึ้นตามการสุกของผล ในสภาพที่มีความชื้นสูงอาจพบเส้นใยสีขาวของเชื้อราสาเหตุโรคบนแผล พบอาการโรคได้ตั้งแต่ผลที่ยังอยู่บนต้น ซึ่งถ้าอาการรุนแรงมากผลจะเน่าร่วงหล่นก่อนกำหนด โรคผลเน่าพบได้ตั้งแต่ระยะผลอ่อน แต่ส่วนใหญ่มักพบในผลช่วง 1 เดือนก่อนเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และระหว่างการบ่มผลให้สุก ดังภาพที่ 2.18 (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2563)

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.18 ลักษณะโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. palmivora*

2.11.2 โรครากเน่าโคนเน่า

โรครากเน่าโคนเน่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการปลูกทุเรียน สามารถเกิดได้ตั้งแต่ทุเรียน เป็นต้นกล้าจนถึงต้นโต พื้นที่ปลูกที่เหมาะแก่การแพร่ระบาดของโรค คือ สภาพที่มีฝนตกชุกตลอดเวลา ความชื้นในดินและอากาศ สูง ลมพายุพัดผ่าน เหมาะกับการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรค ทำให้การแพร่ระบาดของโรคเป็นไปอย่างรุนแรง เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora Butler*. และ *Fusarium* spp. โดยเฉพาะในพันธุ์ที่อ่อนแอ เช่น หมอนทอง ใบจะสลด และร่วงหล่น สามารถพบได้ในระยะที่ต้นทุเรียนแตกใบอ่อน โดยจะพบอาการที่ราก เริ่มแรกเห็นใบที่ปลายกิ่งมีสีซีดไม่เป็นมันเงา ใบเหี่ยวลู่ลง เมื่ออาการรุนแรงมากขึ้นใบจะเหลืองและหลุดร่วง หากขุดดูที่รากฝอยจะพบรากฝอยมีลักษณะเปลือกล่อน และเปื่อยยุ่ยเป็นสีน้ำตาล กรณีที่โรครุนแรงอาการเน่าจะลามไปยังรากแขนงและโคนต้น ทำให้ต้นทุเรียนโทรมและยืนต้นตาย ดังภาพที่ 2.19 (อุดม, 2532; ปัญจมา, 2546; Lim and Chan, 1986)

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.19 ลักษณะโรครากเน่าโคนเน่า

2.11.3 โรคกิ่งแห้งของทุเรียน

ลักษณะอาการของทุเรียนที่เป็นโรคพบว่า บริเวณปลายยอดใบบิดเบี้ยว เมื่อสภาพอากาศร้อน ส่งผลให้เกิดลักษณะไหม้ที่บริเวณปลายหรือขอบใบ จากนั้นใบจะร่วง กิ่งแห้ง และลามมายังส่วนล่างของกิ่งหากอาการรุนแรง จะส่งผลให้ต้นทุเรียนโทรม ดังภาพที่ 2.20 ซึ่งมีรายงายของ รัติยา และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาเชื้อสาเหตุโรคกิ่งแห้งของทุเรียน พบว่าเกิดจาก เชื้อรา *Fusarium* spp. และเชื้อราในกลุ่มอื่น ๆ อาทิ *Colletotrichu*m spp., *Lasiodiplodia* spp., *Phomopsis* spp. เป็นต้น

Ref. code: 25656309034590LUF

ภาพที่ 2.20 ลักษณะโรคกิ่งแห้งของทุเรียน

2.12 การป้องกันกำจัดโรคผลเน่าในทุเรียน

2.12.1 การใช้สารเคมีป้องกันกำจัด

สมศิริ และคณะ (2543) รายงานประสิทธิภาพของสารเคมีที่ดีที่สุดในการควบคุมโรคผลเน่าของทุเรียน สารเคมีที่นำมาทดสอบมี 7 ชนิด ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ กลุ่ม benzimidazole เป็นกลุ่มสารเคมีชนิดดูดซึม ได้แก่ thiabendazole และ thiophanate-methyl สารเคมีในกลุ่มนี้จะยับยั้งขบวนการสังเคราะห์ DNA ในขบวนการ mitosis และ meiosis ของเชื้อรา ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณได้ กลุ่ม imidazole ได้แก่ imazalil หรืออาจเรียก สารเคมีในกลุ่มนี้ว่า sterol-inhibitor สารในกลุ่มนี้ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยการยับยั้ง sterol demethylation ในขบวนการสังเคราะห์ ergosterol ซึ่งเป็น sterol หลักในการสร้างผนังเซลล์ของเชื้อราชั้นสูง กลุ่ม triazole ได้แก่ flusilazole, propiconazole และ myclobutanil สารเคมีในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติยับยั้ง sterol demethylation ในขบวนการผลิต ergosterol เช่นกัน ทำให้เส้นใยของเชื้อราไม่สามารถงอกและเจริญต่อไปได้ ซึ่งคล้ายกับสารเคมีในกลุ่ม imidazole และกลุ่ม guanidine ได้แก่ guazatine ที่เป็นสารเคมีชนิดดูดซึม ผลทดลองพบว่าสารเคมี 5 ชนิด ได้แก่ flusilazole, imazalil, myclobutanil, thiabendazole และ thiophanate-methyl สามารถควบคุมโรคผลเน่าของทุเรียนได้ โดยพบว่า การจุ่มผลทุเรียนในสารเคมี imazalil, thiabendazole และ thiophanate-methyl ความเข้มข้น 500 ppm นาน 5 นาที สามารถควบคุมโรคผลเน่าได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างก็ตาม

Ref. code: 25656309034590LUF

การใช้สารเคมีควบคุมโรคพืชเป็นประจำอาจส่งผลให้เชื้อโรคดื้อต่อสารเคมี ขณะเดียวกันการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

2.12.2 การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี คือ การใช้สิ่งมีชีวิตหรือเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มายับยั้งหรือทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชเพื่อไม่ให้สร้างความเสียหายต่อพืช รวมถึงการใช้สารสกัดจากพืช เช่น สะเดา โหระพา กานพลู ขมิ้น และสารชีวภัณฑ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2.12.2.1 จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช

การนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาใช้ในการควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียนนั้น ต้องอาศัยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการเจริญและสามารถแข่งขันการใช้อาหารได้ดี การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เหล่านี้ เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม เช่น อาหาร อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด โดยจุลินทรีย์ที่ดีควรจะมีชีวิตอยู่รอดได้บนผิวพืชในสภาพแวดล้อม เช่นเดียวกันกับการเกิดโรคมีการเจริญและเพิ่มปริมาณที่ดี

Wilasinee *et al*. (2020) รายงานการใช้ยีสต์ ในการป้องกันกำจัดกลุ่มเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคผลเน่าในมะม่วง ได้แก่เชื้อรา *L. theobromae* และ *C. gloeosporioides* พบว่า *Torulaspora indica* DMKU-RP35 มีประสิทธิภาพในการควบคุม *L. theobromae* ได้ดีที่สุด 82.4% เปอร์เซ็นต์ และ *Papiliotrema* aspenesis DMKU-SP67 มีประสิทธิภาพในการควบคุม *C. gloeosporioides* ได้ดีที่สุด 94.1% เปอร์เซ็นต์ โดยจุลินทรีย์ทั้งสองสายพันธุ์มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับสารเคมี benomyl อีกทั้งจุลินทรีย์ยังสามารถผลิต volatile organic compounds (VOCs), biofilm และ siderophore ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของจุลินทรีย์ในการควบคุมโรค แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เหล่านี้สามารถที่จะนำมาปรับประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการจัดการโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีกลไกการยับยั้งหรือควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชอยู่ 4 รูปแบบ คือ

(1) การผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiosis)

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่สามารถทำลายเชื้อสาเหตุโรค การทดสอบการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. ต่อเชื้อรา *C. gloeosporioides* โรคแอนแทรคโนสของส้มโอ โดยวิธี paper-disc diffusion พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส โดยเห็นเป็นบริเวณใส (clear zone) เกิดขึ้นระหว่างเชื้อทดสอบ (นวลวรรณ, 2544)

(2) การแก่งแย่ง/แข่งขัน (competition)

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชในด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ธาตุอาหารอากาศและการครอบครองพื้นที่ได้ดีกว่าทำให้เชื้อโรคพืชไม่สามารถเจริญเติบโตหรืออาศัยอยู่ในบริเวณที่มีเชื้อปฏิปักษ์ พืชจะเจริญเติบโตแข็งแรงมีผลผลิตสูงขึ้น การแข่งขันที่พบมาก

Ref. code: 25656309034590LUF

คือ การนำเอาธาตุอาหารหรือสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินหรือในสภาพแวดล้อมนั้นมาใช้ประโยชน์ในการเติบโต ทำให้เชื้อโรคขาดสารอาหาร ไม่สามารถเจริญเติบโตเข้าทำลายพืช ดังรายงานของ Gilbert *et al*. (1990) พบว่าเชื้อ *Bacillus cereus* UW85 สามารถดึงธาตุแคลเซียมจากดินมาใช้ในการสร้างสปอร์ในเซลล์แล้วยังปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา ทำให้สภาพดินเป็นด่าง ส่งผลให้เชื้อ *Phytophthora* spp. ไม่สามารถสร้าง zoospore ได้

(3) การเป็นปรสิต (parasitism)

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการเข้าไปเจริญอาศัยในเชื้อสาเหตุโรคพืช แล้วคอยดูดกินอาหาร ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชอ่อนแอและตายในที่สุด ดังรายงานของ Rytter *et al*. (1989) รายงานว่า เชื้อ *B. subtilis* สามารถเข้าไปเจริญและทำลายสปอร์ของเชื้อราสนิมในพืชพวกไม้ดอกได้

(4) การชักนำให้ต้านทานต่อโรค (induced host resistance)

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช ดังรายงานของ Niranjan *et al*. (2003) พบว่า *Bacillus* spp. มีคุณสมบัติเป็น plant growth promotion rhizobacteria (PGPR) และมีคุณสมบัติในการชักนำให้ต้นข้าวฟ่าง (*Pennisetum glaucum*) เกิดความต้านทานโรคราน้ำค้าง โดย *Bacillus* spp. ส่งเสริมการงอกของเมล็ดพืชให้สูงขึ้น และส่งเสริมการเจริญทางด้าน vegetative growth เช่น ความสูง พื้นที่ใบ จำนวนการแตกกอ และส่งเสริมการเจริญทางด้าน reproductive growth เช่น เพิ่มขนาดความยาวของผล เพิ่มน้ำหนักผลผลิตให้สูงขึ้น ซึ่งความต้านทานโรคอาจเนื่องมาจาก *Bacillus* spp. ทำให้พืชมีการสร้างสารในกลุ่มฟีนอลเพิ่มมากขึ้น และลดการสร้างน้ำตาลลง ซึ่งมีผลทำให้พืชมีความต้านทานโรคสูงขึ้น

2.12.2.2 สมุนไพรควบคุมโรคพืช

การใช้พืชในการควบคุมโรคพืช พืชส่วนใหญ่เป็นประเภทสมุนไพรเครื่องเทศ และพืชหอม เนื่องจากพืชเหล่านี้ผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อโรคของคน สัตว์ และพืช โดยสารออกฤทธิ์หรือสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยาได้แก่ สารแอลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ ฟลาโวนอยด์ กัม น้ำยาง สเตอรอยด์ แทนนิน และน้ำมันหอมระเหย ปัจจุบันมีการศึกษาและนำมาใช้ในการควบคุมโรคพืชมากกว่า 200 ชนิด โดยพืชที่มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมโรคจะเป็นพืชที่มีคุณสมบัติดังนี้ เป็นพืชที่มีรส ได้แก่ รสเผ็ดร้อน เช่น พริกไทย ชะพลู รสขม เช่น สะเดา ยาสูบ และมะเขือเทศ เป็นพืชที่มีกลิ่น ได้แก่ กลิ่นหอม เช่น ตะไคร้หอม กะเพรา และโหระพา กลิ่นฉุน เช่น กระเทียม และหอม เป็นพืชที่มีสี ได้แก่ ขมิ้นชัน ไพล เป็นพืชที่มีพิษ ได้แก่ มันสำปะหลัง มีกรดไซยานิค และพวกมัสตาร์ดมีสารไอโซไธโอไซยาเนต (นิพนธ์, 2550)

Ref. code: 25656309034590LUF

(1) ขิง (Ginger)

ภาพที่ 2.21 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง

ชื่อสามัญ : Ginger

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale Roscoe*

ชื่อวงศ์ : ZINGIBERACEAE

ชื่อสกุล : Zingiber

ชื่ออื่น : ขิงแกลง ขิงแดง (จันทรบุรี) ขิงเผือก (เชียงใหม่)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ขิงมีลักษณะเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน เป็นไม้ล้มลุก จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกับข่า ขมิ้น และกระชาย ลักษณะเหง้าของขิงมีสีน้ำตาลแกมเหลืองอ่อน เนื้อภายในขิงมีสีเหลืองนวล มีกลิ่นเฉพาะตัว มีลำต้นเทียมมีความสูงประมาณ 1 เมตร ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว เรียงตัวสลับกัน ปลายเรียวแหลม แกมรูปใบหอก ไม่มีก้านใบ และมีช่อดอกสีเหลืออ่อนแกมเขียวออกเป็นช่อแทงออกมาจากเหง้าใต้ดิน ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ใบประดับเรียงอัดกันแน่นเป็นรูปไข่เวียนสลับสีเขียวอ่อน (ธนาวรรณ, 2558)

ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์: การสกัดเหง้าของสมุนไพรขิง ด้วยเอทานอล ได้ปริมาณสารสกัดที่คำนวณจากน้ำหนักแห้งของเหง้าสมุนไพรดังนี้ (% yields, w/w) เท่ากับ 4.06% เมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราโดยวิธี broth microdilution assay ในช่วงความเข้มข้น 1.56 - 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดจากขิงแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อราต่อเชื้อกลุ่มเดอร์มาโตไฟต์ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ทดสอบที่ MICs และ MFCs ระหว่าง 12.50 - 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้แก่ *Trichophyton rubrum* DMST 30263, *Trichophyton mentagrophytes* DMST 19735 และ *Microsporum gypseum* DMST 21146 (ปฐมาพร และคณะ, 2559)

Ref. code: 25656309034590LUF

(2) กานพลู (Clove)

ภาพที่ 2.22 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกานพลู

ชื่อสามัญ : Clove

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Syzygium aromaticum* (L.) Merr.& L.M.Perry

ชื่อวงศ์ : Myrtaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : มีลักษณะดอกตูม ยาว 1-2 เซนติเมตร สีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลดำ ส่วนล่างของดอก (hypanthium) มีลักษณะแข็ง เป็นทรงกระบอก ที่มีความแบนทั้ง 4 ด้าน มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ 4 อัน เป็นรูปสามเหลี่ยม อยู่สลับหว่างกับกลีบดอก 4 กลีบ ข้างในดอกประกอบด้วยเกสรตัวผู้จำนวนมาก และเกสรตัวเมีย 1 อัน ผงยามีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะ เป็นยาร้อน มีรสเผ็ดร้อน ฝาด ทำให้ลิ้นชา

ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ : การศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญ และการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยการทดสอบน้ำคั้นจากดอกกานพลูผสมในอาหารแข็ง PDA ให้ได้ความเข้มข้นของน้ำคั้นจากดอกกานพลูที่ 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 และ 30% และในอาหารเหลว YES ให้ได้ความเข้มข้นของน้ำคั้นจากดอกกานพลูที่ 2, 10 และ 30% ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี เมื่อเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง และน้ำหนักแห้งของเส้นใยเมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ผลการทดลองพบว่าทุกความเข้มข้นที่ทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ และเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นจะสามารถยับยั้งได้ดีขึ้น โดยที่น้ำคั้นจากกานพลูที่ความเข้มข้น 30% มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด เมื่อเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารทดสอบทั้งในอาหารแข็ง และอาหารเหลว โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 99.29% เมื่อทดสอบการยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา พบว่าสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 2% ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

Ref. code: 25656309034590LUF

เท่ากับ 99.61% และมีปริมาณอะฟลาทอกซินที่ตรวจพบเท่ากับ 14.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัด 20% ซึ่งปริมาณอะฟลาทอกซินที่วัดได้จะน้อยกว่าชุดควบคุมประมาณ 5.5 เท่า หรือมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างอะฟลาทอกซินได้เท่ากับ 81.65% (สุธัญญา, 2545)

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราของสารสกัดกานพลูด้วยเอทานอล ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี TLC พบว่าองค์ประกอบหลักคือสาร eugenol และเมื่อนำสารสกัดไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์ *Candida albicans* ทั้งหมด 28 สายพันธุ์ และ *C. neoformans* ทั้งหมด 25 สายพันธุ์ โดยวิธี Broth microdilution method เปรียบเทียบกับสาร eugenol และยามาตรฐาน amphotericin B (AMB) พบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) ของสารสกัดจากกานพลู, eugenol และ AMB ต่อเชื้อ *C. albicans* เท่ากับ 17.41±8.64 mg/ml, 12.16±4.53 mg/ml และ 0.23±0.1 mcg/ml ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อ (MFC) เท่ากับ 67.5±15.39 mg/ml, 15.4±6.47 mg/ml และ 0.47±0.21 mcg/ml ตามลำดับ และผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. neoformans* ของสารสกัดกานพลู, eugenol และ AMB เท่ากับ 2.43±0.95 mg/ml, 6.28±3.4 mg/ml และ 0.28±0.15 mcg/ml ตามลำดับ ค่า MFC เท่ากับ 22.22±12.71 mg/ml, 10.06±4.9 mg/ml และ 0.51±0.25 mcg/ml ตามลำดับ ซึ่งผลดังกล่าวแสดงว่าสารสกัดจากกานพลูมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *C.neoformans* ได้ดีกว่าสาร eugenol อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.005$) แต่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *C.albicans* ได้น้อยกว่าสาร eugenol อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.005$) AMB เป็นยาหลักที่ใช้ในการรักษาโรคจากการติดเชื้อยีสต์ที่มีฤทธิ์ดี ซึ่ง AMB และ eugenol พบว่าออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา ส่วนสารสกัดจากกานพลูมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา (โศภิต, 2000)

(3) โหระพา (Basil)

ภาพที่ 2.23 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโหระพา

Ref. code: 25656309034590LUF

ชื่อสามัญ : Basil

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ocimum basilicum* L.

ชื่อวงศ์ : Labiatae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : โหระพาเป็นพืชล้มลุก ลำต้นมีขนาดเล็ก เป็นพืชที่มีอายุได้หลายฤดู มีลักษณะลำต้นเป็นสี่เหลี่ยมและเป็นพุ่ม ลำต้นจะแตกแขนงได้มาก กิ่งก้านมีสีม่วงแดง มีขนอ่อนๆ ที่ผิวลำต้น ใบมีรูปร่างแบบรูปไข่ ปกติจะยาวไม่เกิน 2 นิ้ว ใบจะเรียงตัวแบบตรงกันข้ามกัน ใบมีสีเขียวอมม่วงและมีก้านใบยาว ดอกโหระพาจะมีขนาดเล็ก สีขาวหรือม่วงจะออกเป็นช่อคล้ายฉัตรที่ยอด ดอกมีทั้ง สีม่วง แดงอ่อน และสีขาว ในแต่ละดอกจะมีเกสรตัวผู้ 4 อัน รังไข่แต่ละอันจะมีสีม่วง เมล็ดมีสีดำมีกลิ่นหอมทั้งต้น

ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ : โหระพาเป็นที่รู้จักกันดีสำหรับน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีหน้าที่ในเรื่องของกลิ่นหอม และรสชาติของเครื่องปรุงรส นอกจากนี้โหระพายังประกอบด้วย เอซิเลตเทต แอนโทไซยานิน และไกลโคซิเลตเทต แอนโทไซยานิน; กรดฟีนอลิก เช่น กรดโรสมารินิค (rosamarinic acid), กรดลิโทสเปอมิก บี (lithospermic acid B), กรดวานิลลิค (vanillic acid), กรดพีคูมาริก (p-coumaric acid), กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acid), กรดไซรินจิก (syringic acid), กรดเฟรูลิก (ferulic acid), กรดโปรโตคาเทคซูอิค (protocatechuic acid), กรดคาร์เฟอิค (caffeic acid) กรดเจนทิซิก (gentisic acid) และกรดชิโคริก (chicoric acid); ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน; เอสเทอของกรดซินนามิก (cinnamic acid ester); ไตรเทอร์ปินนอยด์ ไกลโคไซด์ (triterpenoids glycosides) และสเตอรอยด์ ไกลโคไซด์ (steroidal glycosides) สารสกัดต่าง ๆ จากโหระพามีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ต้านไวรัส ต้านอนุมูลอิสระ ลดไขมัน ต้านการอักเสบ และต้านสารก่อมะเร็ง (Bora *et al*., 2011)

Moghaddam และคณะ (2009) ได้ทำการทดสอบผลของสารสกัดโหระพาต่อเชื้อ *Helicobacter pylori* พบว่า สารออกฤทธิ์ในโหระพา ได้แก่ methanol, butanol และ n-hexane fractions มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย (MIC = 39-117 ไมโครกรัม/disk) ในขณะที่ไม่มียา amoxicillin แสดงให้เห็นว่าสารสกัดโหระพามีประสิทธิภาพในการใช้เป็นยาต้านจุลชีพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ขาดแคลนยาปฏิชีวนะ

Sunčica *et al*. (2011) รายงานว่าสารสกัดโหระพาที่ความเข้มข้น 1.50% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium oxysporum*, F. *proliferatum*, F. *subglutinans*, และ F. *verticillioides* ได้ 100% เนื่องจากในโหระพา มีสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยมากถึงร้อยละ 1.5 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ thymol, eugenol และ carvacrol ที่มีรายงานว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเชื้อราในระดับ macro และ micro morphology ทำให้เส้นใยของเชื้อราเกิดการยุบตัว มีการแตกของแฟรกเมนต์ และลดการ

Ref. code: 25656309034590LUF

งอกของสปอร์ได้ อาการการผิดรูปเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่ระดับเซลล์ของเชื้อรา ได้แก่ การลดการดูดซึมออกซิเจน ลดการเจริญเติบโตของเซลล์ การยับยั้งการสร้างไขมัน โปรตีนและกรดนิวคลีอิก และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ และการยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา เป็นต้น (Adetumbi *et al*., 1986; Ghannoum, 1988; Gupta and Porter, 2001; Corzo-Martinez *et al*., 2007) นอกจากนี้ยังมี ฟีนอล เป็นสารประกอบ ที่มีลักษณะเป็นไขมันจะออกฤทธิ์ที่ผนังเซลล์และรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่กระตุ้นด้วยเมมเบรน ส่งผลให้องค์ประกอบผนังเซลล์ผิดปกติ และเพิ่มการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์นำไปสู่การตายของเซลล์ (Ultee *et al*., 1999)

2.13 สารสำคัญในพืช

สารเคมีที่แยกได้จากพืชนั้น สามารถได้จำแนกออกเป็น 2 พวกใหญ่ ได้แก่ primary metabolite และ secondary metabolite มีรายละเอียดดังนี้

2.13.1 สารปฐมภูมิ (primary metabolite)

เป็นสารที่พบได้ในพืชทุกชนิด เป็นผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และไขมัน และ secondary metabolite จะมีส่วนเริ่มต้นเป็นกรดอะมิโน อะซิเตรต เมวาโลเนท ฯลฯ โดยมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งพืชต่างชนิดกันจะมีเอนไซม์ที่ไม่เหมือนกันท าให้วิถีทางในกระบวนการชีวสังเคราะห์(Biosynthesis) ต่างกันไป

2.13.2 สารทุติยภูมิ (secondary metabolite)

สารเคมีที่แยกได้จากพืชนั้นจะเกิดสารที่ต่างกันไปในต้นไม้ต่างชนิดกันหรือต่างฤดู สาเหตุที่แท้จริงในการสร้าง secondary metabolite ในพืชยังไม่แน่นอน แต่พบว่าอาจเกิดจากการพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจากการศึกษา สารปฐมภูมิ และทุติยภูมิของพืช ทำให้สามารถนำมาใช้เป็นยารักษาโรคได้ซึ่งสามารถจัดจำแนกออกเป็น 9 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

2.13.2.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรต คือ สารที่ประกอบด้วย C, H และ O ซึ่งอัตราส่วนของ H:O มักเป็น 2:1 และอยู่ในรูปของ polyhydroxy aldehyde หรือ ketone ในปัจจุบันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในทางยามักใช้ในรูปของ dextrose, fructose, glucose, dextran, pectin, cotton, agar, pectin และ tragacanth เป็นต้น

Ref. code: 25656309034590LUF

2.13.2.2 แอลคาลอยด์ (alkaloid)

เป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (organic nitrogen compound) พบในพืชชั้นสูงเป็นส่วนมาก แต่บางครั้งก็พบได้ในพวกสัตว์และจุลินทรีย์ คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ส่วนใหญ่มีรสขมไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ชนิดต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์เป็นด่าง และมักมีฤทธิ์ต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย หน้าที่ของแอลคาลอยด์ในพืชยังไม่มีคำตอบที่แน่นอน แต่นักวิทยาศาสตร์ก็ได้ให้ข้อสังเกตที่น่าเชื่อถือได้ว่าอาจมีหน้าที่ดังนี้

(1) เป็นสารที่มีพิษ

ป้องกันไม่ให้แมลงหรือสัตว์มารบกวนหรือทำลาย

(2) เป็นผลที่ได้จากกระบวนการทำลายพิษ (detoxification)

การทำลายพิษของสารที่เป็นอันตรายต่อพืช

(3) เป็นตัวที่ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

(4) เป็นตัวเก็บสะสมแร่ธาตุ

สามารถสลายตัวในธาตุไนโตรเจน และธาตุอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช

(5) เป็น nitrogen excretory product

เช่นเดียวกับยูเรีย หรือกรดยูริก

(6) ช่วยรักษาดุลของไอออน (maintain ionic balance)

แอลคาลอยด์อาจพบในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ในเมล็ด (หมาก) ในผล (พริกไทย) ในใบ (ลำโพง) ในเปลือก (ซิงโคนา) ในเหง้า (ดอกดึง) ในราก (ระย่อม) และยังพบได้ในราที่ขึ้นบนพืช (ergot) เป็นต้น

2.13.2.3 ไกลโคไซด์ (glycoside)

ไกลโคไซด์ เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็น aglycone (genin) กับส่วนที่เป็นน้ำตาล ดังนั้นเมื่อถูก hydrolyse ด้วยกรด หรือน้ำย่อย จะได้ผลิตผล 2 อย่างนี้ ส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลจะมีสูตรโครงสร้างแตกต่างกันไปหลายประเภท ดังนั้นฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารประกอบในกลุ่มนี้จึงมีได้กว้างขวางแตกต่างกันออกไป ส่วนที่เป็นน้ำตาลจะไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา แต่เป็นส่วนช่วยทำให้การละลายและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายดีขึ้น หน้าที่ของไกลโคไซด์ในพืชจะทำให้การดำรงชีวิตของพืชปกติ (regulator and sanitary function) และทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่พืชด้วย ไกลโคไซด์อาจจำแนกตามสูตรโครงสร้างของ aglycone (เนื่องจากเป็นส่วนที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา) ได้ดังนี้

Ref. code: 25656309034590LUF

(1) Cardiac glycoside

Cardiac glycoside จะมีฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจ และระบบไหลเวียนของโลหิต

(2) Anthraquinone glycoside

นิยมใช้เป็นยาระบายและยาฆ่าเชื้อ

(3) Saponin glycoside

เมื่อเขย่ากับน้ำจะได้ฟองคล้ายสบู่ มักใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตยาประเภทสเตอรอยด์

(4) Cyanogenic glycoside

เป็นไกลโคไซด์ซึ่งเมื่อถูกย่อยด้วย เอนไซม์ กรด หรือด่าง จะให้ hydrocyanic acid (HCN) ซึ่งเป็นสารไซยาไนด์ที่มีพิษต่อมนุษย์หรือสัตว์

(5) Isothiocyanate glycoside

เป็นไกลโคไซด์ซึ่งเมื่อถูกน้ำย่อย จะได้น้ำมันมัสตาร์ต น้ำมันนี้จะเป็นตัวให้กลิ่น และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคด้วย

(6) Flavonoid glycoside

เป็นสีที่พบในดอกและผลของพืช นำมาทำเป็นสีย้อมและแต่งสีอาหาร บางชนิดก็ใช้เป็นตัวยา

(7) Phenolic glycoside

พบมากในธรรมชาติโดยพบในรูปอนุพันธุ์ของฟีนอล เช่นพวก tannin ในทางยาจะมีฤทธิ์ฝาดสมาน (astringent) ฆ่าเชื้อโรค ในทางอุตสาหกรรมใช้ฟอกหนัง และทำหมึกพิมพ์

2.13.2.4 น้ำมันหอมระเหย (volatile oil or essential oil)

เป็นน้ำมันที่ได้จากพืชโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) หรือการบีบ (expression) มีกลิ่น รส เฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิธรรมดา เบากว่าน้ำ พบว่าน้ำมันหอมระเหยเป็น waste product ไม่มีประโยชน์ในกระบวนการทางชีวเคมีบางท่านกล่าวว่ามันเกิดขึ้นเพื่อดึงดูดแมลง แต่เป็นไปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยเกิดจากผลิตผลที่ผิดปกติของกระบวนการชีวเคมีของพืช และอาจเป็นสารที่เกิดจากการทำลายพิษ ประโยชน์ทางด้านยานอกจากจะใช้เป็นตัวแต่งกลิ่นแล้ว ส่วนใหญ่จะใช้ไปในทางขับลม (carminative) ฆ่าเชื้อ (antibacterial antifungal) ทาถูนวด ยาทาภายนอก

Ref. code: 25656309034590LUF

2.13.2.5 ไขมัน (lipid)

คือสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เมื่อต้มกับด่างจะได้สบู่ ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ไขมัน ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน มักอยู่ในรูป elaioplast ของอาหารสะสมพืช ประโยชน์ของไขมันในทางยาจะใช้เตรียมขี้ผึ้ง อิมัลชัน หรือใช้เป็นยาระบาย เช่น น้ำมันละหุ่ง ส่วนยารักษาโรคผิวหนัง เช่น น้ำมันกระเบา

2.13.2.6 เรซิน (resin)

เรซิน คือ สารอินทรีย์หรือสารผสมประเภทโพลิเมอร์มีรูปร่างไม่แน่นอน มีสูตรโครงสร้างทางเคมีที่สลับซับซ้อน ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์เมื่อต้มกับด่างจะได้สบู่ เมื่อเผาจะได้ควัน เรซินอาจเกิดจาก normal physiological product คือ พืชได้สร้างอยู่เป็นปกติหรือเกิดการสร้างเมื่อเป็นโรค (pathological product) หรือเมื่อต้นพืชมีบาดแผลเกิดขึ้นในธรรมชาติมักพบเรซินร่วมกับน้ำมันหอมระเหย หรือ gum ตัวอย่างเช่น ยางสน ยางอะคาเซีย เป็นต้น

2.13.2.7 วิตามิน (vitamin)

วิตามิน หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่เล็กน้อยในอาหารตามธรรมชาติ สามารถเข้าสู่ร่างกายจากอาหารหรือแหล่งอื่น เพื่อให้มีหน้าที่เฉพาะทางกายภาพ หรือการเติบโตเข้าสู่สภาพปกติ

2.13.2.8 ยาปฏิชีวนะ (antibiotic)

ยาปฏิชีวนะเป็นผลผลิตทางเคมีที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่จะได้จากแบคทีเรียและรา สำหรับพืชชั้นสูงก็มีสารที่มีฤทธิ์เป็นยาปฏิชีวนะ แต่ยาปฏิชีวนะที่ได้จากพืชสมุนไพรที่ใช้อยู่ในตลาดยายังมีจำนวนน้อยมาก

2.13.2.9 สเตียรอยด์ (steroid)

สเตียรอยด์ คือ สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็น tetracyclic terpenoid ซึ่งสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะพืชและสัตว์ ในอดีตการสกัดพวก cortisone จาก bile acid ของสัตว์นั้นยุ่งยากและทำให้มีราคาแพง ปัจจุบันสามารถผลิตสเตียรอยด์จากพืชและจุลชีพทำให้ราคาของสเตียรอยด์ถูกลง

Ref. code: 25656309034590LUF

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 เชื้อสาเหตุโรคเน่าในทุเรียน

3.1.1 แหล่งที่มาของเชื้อสาเหตุโรค

เก็บตัวอย่างผลทุเรียนที่แสดงอาการผลเน่า นำมาแยกเชื้อด้วยวิธี tissue transplanting โดยใช้มีดขูดลอกผิวเปลือกทุเรียนภายนอกบริเวณที่เป็นโรคออก จากนั้นใช้มีดผ่าตัดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเฉือนเนื้อเยื่อภายในที่เป็นโรคขนาดประมาณ 5 x 5 มิลลิเมตร ใช้ปากคีบคีบชิ้นเนื้อเยื่อวางลงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-3 วันเมื่อพบการเจริญของเส้นใยเชื้อราออกมาจากเนื้อเยื่อพืช จึงทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี hyphal tip isolation ทำการเพิ่มปริมาณเชื้อราแต่ละไอโซเลทโดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน (มณีรัตน์ และคณะ, 2561)

3.1.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานทางวิทยาของเชื้อรา

ตรวจสอบลักษณะสัณฐานทางวิทยาได้แก่ การเจริญเติบโตและรูปร่างโคโลนีของเชื้อราแต่ละไอโซโลทที่เจริญบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นตรวจสอบรูปร่างและขนาดของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound light microscope ที่กำลังขยาย 400 เท่า

3.1.3 การทดสอบความสามารถในการก่อโรค

ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อราแต่ละไอโซเลท โดยใช้เชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน จนกระทั่งราเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำมาทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคตามวิธีการของ สมศิริ และคณะ (2543) โดยทดสอบบนผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ทำแผลบริเวณผลทุเรียนแล้วทำการปลูกเชื้อ จากนั้นคลุมด้วยถุงพลาสติกเพื่อให้ความชื้นจนผลสุก วิเคราะห์การเกิดโรคเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้อาหาร PDA ปกติ พร้อมทั้งแยกเชื้อกลับตามวิธีการพิสูจน์โรคของ Koch's postulation เพื่อตรวจสอบและยืนยันเชื้อสาเหตุโรค

3.1.4 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

นำเชื้อราสาเหตุโรคที่แยกได้มาเลี้ยงบนอาหาร water agar (WA) ที่วางใบสนสามใบ (*Pinus radiate*) นึ่งฆ่าเชื้อบนผิวหน้าอาหาร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °C ภายใต้แสง near UV สลับกับไม่ให้แสง (12/12 ชั่วโมง) เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา

Ref. code: 25656309034590LUF

สาเหตุโรค ได้แก่ ลักษณะโคโลนี รูปร่าง ขนาด และสีของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากตัวอย่างสปอร์จำนวน 50 สปอร์ต่อไอโซเลท ด้วยโปรแกรม Axios vision SE64 (Carl Zeiss, Germany) เพื่อระบุชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคในระดับสกุล (genus)

3.1.5 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล

สกัดดีเอ็นเอของเชื้อราสาเหตุโรคจากเส้นใยเชื้อราด้วยวิธี CTAB method (สุวิตา, 2554) นำดีเอ็นเอที่ได้มาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR ในส่วน internal transcribe spacer ของ rDNA (ITS1-5.8S-ITS2) โดยใช้ไพรเมอร์ ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') - ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al*., 1990) และบริเวณ translation elongation factor 1-alpha (EF1- α) gene โดยใช้ไพรเมอร์ EF1688F (5'-CGGTCACTTGATCTACAAGTGC-3') - EF1251R (5'-CCTCGAACTCACCAGTACCG-3') (Alves *et al*., 2008) ปฏิกิริยา PCR ประกอบด้วยดีเอ็นเอความเข้มข้น 100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร (µl), 10X Immobuffer ปริมาตร 2.5 µl, 50mM $MgCl_2$ ปริมาตร 0.75 µl, 25mM dNTPs ปริมาตร 2.5 µl, ไพรเมอร์ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ อย่างละ 1.25 µl, Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.15 µl และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วย water nuclease free ให้ได้ 25 µl และนำเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ thermal cycler โดยมีขั้นตอนดังนี้ initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 7 นาที denaturation ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 1 นาที annealing ของไพรเมอร์ ITS1-ITS4 ที่อุณหภูมิ 50 °C และ ไพรเมอร์ EF1688F-EF1251R ที่อุณหภูมิ 52 °C เป็นเวลา 1.30 นาที extension ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 2 นาที (จำนวน 30 รอบ) และ final extension ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 10 นาที ตรวจวิเคราะห์การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วย electrophoresis และนำ PCR products ไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ ทำการเปรียบเทียบข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้กับข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank โดยใช้โปรแกรม BlastN

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน โดยวิธี dual culture plate technique

ศึกษาประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อรา โดยวิธี dual culture plate technique ตามวิธีการดัดแปลงของ Karimi *et al*. (2012) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยนำแบคทีเรียที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus* sp. TU-Orga7, *Bacillus subtilis* TU-Orga7, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 และ *Actinomyces*

Ref. code: 25656309034590LUF

sp. KCM มาเลี้ยงบนอาหาร nutrient agar (NA) เป็นเวลา 24 ชม. และเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นใช้ cock borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะเส้นใยของเชื้อราวางลงบนอาหาร PDA จานใหม่ แล้วจึงใช้ loop แตะโคโลนีแบคทีเรีย มาขีดเป็นเส้นตรงยาวประมาณ 1 ซม. ขนานกับโคโลนีของเชื้อราทั้ง 4 ด้าน ให้มีระยะห่างจากโคโลนีเชื้อราประมาณ 2 ซม. บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม สารเคมี imazalil ความเข้มข้น 500 ppm และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย (Percent Inhibition of Radial Growth; PIGR) ดังสมการที่ 1

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ (PIRG) = ((R1-R2)/R1)× 100

โดย R1 = ความยาวรัศมีของเชื้อราก่อโรคในชุดควบคุม (ซม.)

R2 = ความยาวรัศมีของเชื้อราก่อโรคในชุดทดสอบ (ซม.)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version25

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

3.3.1 การเตรียมสารสกัดจากเชื้อจุลินทรีย์

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์แต่ละสายพันธุ์ที่แสดงศักยภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคผลเน่า ในอาหารเหลว Luria–Bertani broth (LB) ปริมาตร 100 มล. (10% inoculum) บนเครื่องเขย่า 170 rpm ที่อุณหภูมิ 30 ° C เป็นเวลา 4 วัน ปั่นแยกเซลล์แบคทีเรียที่ 8,000 rpm 20 นาที แยกน้ำเลี้ยงเชื้อไว้ ตรวจนับความเข้มข้นโดยวิธี plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นสกัดสารทุติยภูมิโดยการตกตะกอนด้วยกรดไฮโดรคลอริก ตามวิธีของ Mckeen *et al*., (1986) ด้วยการเติม 5 N HCl ให้มีค่า pH อยู่ในช่วง 2.0-2.5 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้สารตกตะกอนนอนก้นจนหมด เทส่วนใสทิ้งไปเหลือส่วนที่เป็นตะกอน นำมาละลายกลับโดยปรับ pH ด้วย 5 N NaOH ให้มีค่า pH ประมาณ 7.0 จากนั้นกรองสารทุติภูมิด้วย filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แช่แข็งสารทุติยภูมิที่ได้ในอุณหภูมิ -80 ° C และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เก็บรักษาสารทุติยภูมิ ที่ได้ที่อุณหภูมิ -20 ° C เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

Ref. code: 25656309034590LUF

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารทุติยภูมิในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

นำสารทุติยภูมิที่ได้จากการสกัดจากอาหาร LB มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา โดยวิธี agar diffusion assay วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยหยดสารทุติยภูมิที่มีความเข้มข้น 100 มก./มล. ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA ที่เจาะหลุมด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. นำชิ้นวุ้นที่มีเชื้อราเจริญอยู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ที่เจาะจากบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราที่มีอายุ 5 วัน วางลงบริเวณกลางจานอาหาร นำไปบ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อรา เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% แทนที่สารทุติยภูมิ โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราใน 2 แนวตั้งฉากกัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย (PIGR) จากสมการที่ 1 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version25

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

3.5.1 การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืช

นำดอกกานพลู (*Eugenia caryophyllata*) เหง้าขิง (*Zingiber officinale*) และใบโหระพา (*Ocimum basilicum*) มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C แล้วนำไปปั่นละเอียด จากนั้นแช่ในเอทานอล 70% ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C) 7 วัน ในสภาวะเขย่า 100 รอบต่อนาที จากนั้นให้นำมากรองตะกอนออกด้วยกระดาษกรอง แล้วนำส่วนของเหลวไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °C จนได้สารสกัดที่มีลักษณะหนืดข้น ชั่งน้ำหนักของสารที่ได้แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 4 °C (ศศิธร, 2547)

3.5.2 การคัดเลือกสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ โดยเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 10 100 1,000 และ 10,000 ppm จากนั้นทำการเจาะหลุมบนอาหาร PDA จำนวน 4 หลุม ด้วย cork borer แล้วหยดสารสกัดสมุนไพรลงไปแต่ละ

Ref. code: 25656309034590LUF

หลุม ปริมาตร 20 ไมโครลิตร แล้วย้ายชิ้นวุ้นของเชื้อรา *L. theobromae* วางลงตรงกลางจานอาหารเปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil ความเข้มข้น 500 ppm และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ บันทึกผลขนาดโคโลนีของเชื้อราอายุ 10 วัน นำผลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ดังสมการที่ (1) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version25

3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียน

3.6.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนพันธุ์กระดุมและหมอนทอง

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนพันธุ์กระดุมและหมอนทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) มีกรรมวิธีศึกษาทั้งหมด 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10%

กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 0.2%

กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10%

กรรมวิธีที่ 4 สารเคมี imazalil 500 ppm

กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)

โดยทำการจุ่มผลทุเรียนในแต่ละกรรมวิธี เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นผึ่งลมให้แห้ง ทำแผลบริเวณก้นของผลทุเรียนแล้วปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าโดยใช้ cork borer เจาะเส้นใยรา *L. theobromae* วางบนบริเวณที่ทำแผล จากนั้นคลุมด้วยถุงพลาสติกเพื่อให้ความชื้น เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 15 ℃ จนผลสุก สังเกตลักษณะอาการของโรคที่ปรากฏ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version25

3.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าทุเรียนด้วยวิธี spore drop technique

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี spore drop technique โดยเลี้ยงเชื้อรา *L. theobromae* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 10 วัน จนกระทั่งเชื้อราสร้างสปอร์ จากนั้นนำเตรียม spore suspension ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร มาทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร

Ref. code: 25656309034590LUF

ทดสอบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยใช้ micropipette ดูด spore suspension มา 0.1 มิลลิลิตร แล้วทำการหยดลงบนผิวหน้าอาหาร WA ที่ผสมกับสารเคลือบผิวแต่ละสูตร (รายละเอียดดังข้อ 3.5.1) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm และชุดควบคุม คือ อาหาร WA เพียงอย่างเดียว จากนั้นเกลี่ย spore suspension ให้ทั่วผิวหน้าอาหารโดยใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ตรวจสอบผลโดยใช้มีดที่ฆ่าเชื้อแล้วสุ่มตัดชิ้นวุ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 2x2 เซนติเมตร หยดสารละลาย lactophenol cotton blue ลงบนผิวหน้าวุ้นและวางลงบนแผ่นสไลด์ ปิดด้วย cover slip ส่องดูการงอกของสปอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ compound microscope โดยสุ่มนับสปอร์จำนวน 100 สปอร์ต่อ 1 ซ้ำ นับจำนวนสปอร์ที่งอก และนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์โดยใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับสูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย ในสมการที่ (1) (พิกุล, 2559) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version25

3.7 ศึกษาคุณภาพของทุเรียนด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมี

3.7.1 ทดสอบความแน่นเนื้อ

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อความหนาแน่นเนื้อของทุเรียนโดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ ที่มีหัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร กดลงบนเนื้อทุเรียนบริเวณแก้มลึก 0.5 เซนติเมตร

3.7.2 สีผิว

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อสีผิวของเนื้อทุเรียนโดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) วัดสีผิวของเนื้อทุเรียนบริเวณแก้มลึก 0.5 เซนติเมตรโดยที่ L* เป็นค่าความสว่าง และ b* เป็นค่าความเป็นที่เหลือง

3.7.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble solid, SS)

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยปั่นเนื้อทุเรียน 20 กรัม กับน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร (เนื้อทุเรียน : น้ำกลั่น = 1 :3 ; dilution factor = 4) ด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสมาหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วย hand refractometer รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยคูณค่าที่อ่านได้ด้วย 4

Ref. code: 25656309034590LUF

3.7.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity, TA)

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ โดยนำสารละลายส่วนใสในข้อ 3.6.3 มาไตเตรทด้วย 0.1N NaOH โดยมีฟีนอล์ฟทาลีนเป็น indicator คำนวณปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ดังสมการที่ (2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{1 \times \text{equivalent weight of citric acid} \times \text{normality} \times \text{ปริมาตร NaOH}}{10 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3.7.5 ทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียน โดยนำทุเรียนที่เคลือบผิวแล้วที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C มาทำการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนทุก 2 วัน โดยชั่งน้ำหนักทุเรียนหลังการเก็บรักษา คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น

3.7.6 การวัดอัตราการหายใจ

ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่ออัตราการหายใจของทุเรียน โดยใช้วิธีปิด (closed system) โดยบรรจุผลทุเรียนในกล่องบรรจุปิดสนิทนาน 30 นาที ก่อนที่จะดูดตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 mL ด้วย gastight syringe (ขนาด 2.5 mL) ฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography รุ่น 2410 (GC, Shimadzu, Japan) เทียบกับ standard 5% CO_2 โดยตั้งโปรแกรม GC ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การตั้งภาวะการณ์ทดลองบนโปรแกรม GC Solution software

ภาวะการทดลอง	รายละเอียด
Column	CarboPLOT P7
Temperature	35°C (1.5 min) →115°C,15°C /min;115°C (7 min)
Carrier Gas	He, 110 kPa (1.1 bar,15.7 psi)
Injector	Splitter; 1:15

จากนั้นนำพื้นที่ใต้กราฟ (area) ของตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม GC Solution software (Shimudzu co.) มาคำนวณเทียบกับ standard 5% CO_2 เพื่อคำนวณหาอัตราการหายใจ (mL CO_2 /kg-hr)

Ref. code: 25656309034590LUF

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

4.1.1 ความสามารถในการก่อให้เกิดโรค

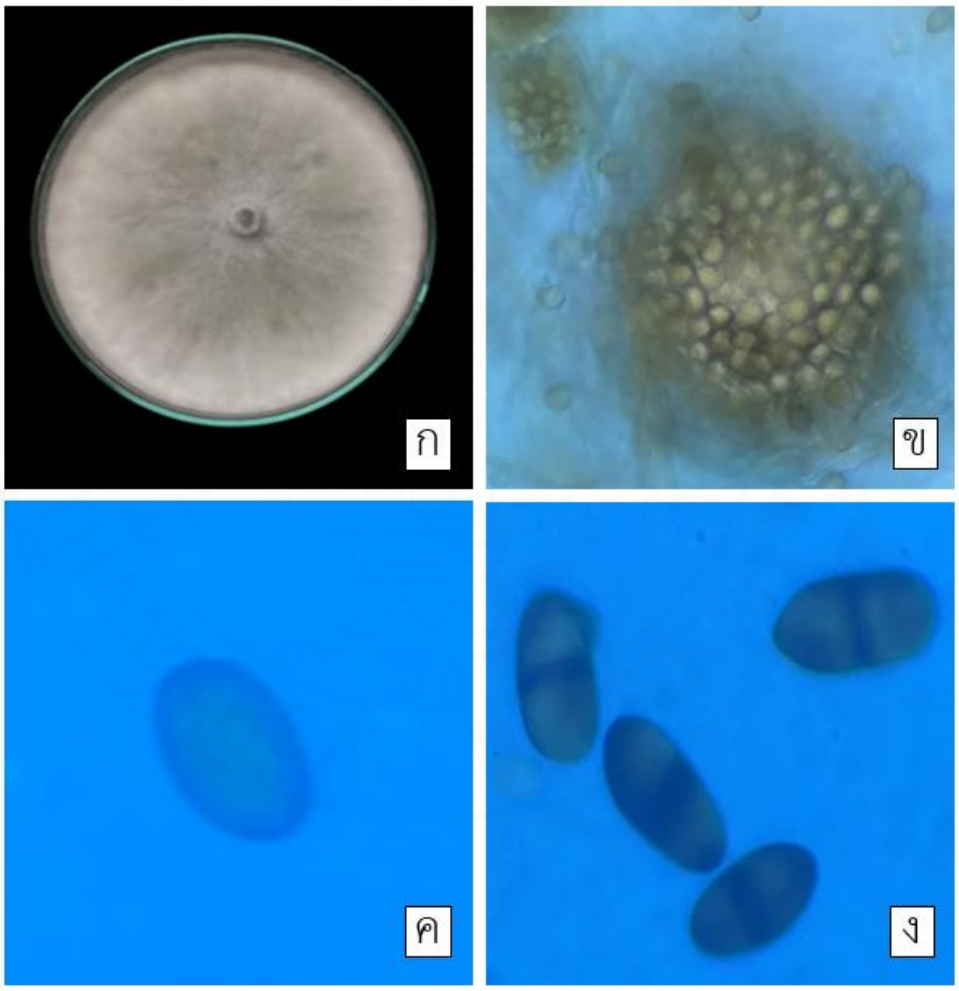
จากการแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียนและทดสอบความสามารถในการก่อโรค โดยทำการปลูกเชื้อราด้วยเส้นใยบนชิ้นวุ้นกับผลทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าได้เชื้อราที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาตรงกับเชื้อรา *L. theobromae* จำนวน 30 ไอโซเลท โดยทุกไอโซเลทสามารถก่อให้เกิดแผลสีน้ำตาลถึงดำบนผลทุเรียนในระยะสุกแก่เต็มที่ และพบเส้นใยสีเทาของเชื้อราขึ้นบริเวณแผล จึงเลือกไอโซเลทที่ก่อให้เกิดโรครุนแรงและรวดเร็วไปศึกษาวิจัยต่อไป

4.1.2 การระบุชนิดเชื้อราสาเหตุโรคโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเทคนิคชีวโมเลกุล

เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาตรงกับเชื้อรา *L. theobromae* พบว่าเส้นใยรามีการเจริญอย่างรวดเร็วบนอาหาร PDA โคโลนีเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในเวลา 3 วัน ลักษณะโคโลนีมีสีขาวอมเทา สีเทาจนถึงสีเทาดำ เส้นใยละเอียดและฟู (ภาพที่ 4.1 ก) เส้นใยมีผนังกั้น ไม่สร้างสปอร์บนอาหาร PDA เมื่อกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสปอร์ พบการสร้าง fruiting body แบบ pycnidia บนใบสน ภายในมีเส้นใย paraphyses ใส ไม่มีสี รูปทรงกระบอก conidiogenous cells ใส ผนังบาง มีลักษณะแบบ holoblastic ขนาดประมาณ 5 - 10 x 2.5 - 5 μm สปอร์อ่อน (immature conidia) มีเซลล์เดียว ใส รูปร่างกลมรีจนถึงค่อนข้างรี (subovoid-ellipsoid) ผนังหนา ขนาดเฉลี่ยประมาณ 16 - 26 x 12 - 18 μm (ภาพที่ 4.1 ค) สปอร์แก่ (mature conidia) มีผนังกั้นตามขวาง 1 อัน มี 2 เซลล์ มีสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม และผิวด้านในของผนังสปอร์มีริ้วลาย (striate) ตามยาว (ภาพที่ 4.1 ง) เชื้อราสาเหตุโรคนี้มีลักษณะคล้ายกับเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. สอดคล้องกับ Alves *et al*. (2008) ที่ได้รายงานว่าเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. เจริญได้ดีบนอาหาร PDA เส้นใยมีผนังกั้น เส้นใยมีสีขาวละเอียดและค่อนข้างฟู เมื่อแก่เส้นใยจะเปลี่ยนเป็นสีเทาดำ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศสร้าง pycnidia ค่อนข้างกลม ปากเปิดแคบ มีช่องเปิด (ostiole) ยื่นออกมาจากใน pycnidia ภายในประกอบด้วยเส้นใย paraphyses ใสไม่มีสี รูปร่างทรงกระบอก มีผนังกั้น มี conidiogenous cells ใส ไม่มีสี สร้าง conidia อยู่บนปลาย conidiophores conidia เมื่ออ่อนมีเซลล์เดียว ใสไม่มีสี รูปร่างค่อนข้างรีจนถึงค่อนข้างกลม (subovoid to ellipsoid-ovoid) ปลายด้านหนึ่งกลมมน อีกด้านสอบลงคล้ายกรวย ไม่

Ref. code: 25656309034590LUF

มีผนังกั้น เมื่อ conidia แก่จะสร้างผนังกั้นตรงกลาง 1 อัน ทำให้แบ่งออกเป็น 2 เซลล์ มีรูปร่างคล้ายไข่ ผนังด้านนอกหนา 2 ชั้น และมีการสร้างเม็ดสีเมลานินสีน้ำตาลเข้มบนผิวเซลล์ด้านในเรียงตัวเห็นเป็นริ้วในแนวยาว เชื้อรา *L. theobromae* มีขนาดสปอร์เฉลี่ย 26.2 - 27 x 14 - 14.4 μm เมื่อระบุชนิดด้วยเทคนิคชีวโมเลกุลโดยเทคนิค PCR จากการใช้ไพรเมอร์ ITS1 - ITS4 และ EF1688F - EF1251R ได้ PCR product ขนาดประมาณ 500 คู่เบส พบว่า เชื้อรามีความเหมือนกับเชื้อรา *L. theobromae* 99-100 % ในฐานข้อมูล GenBank บ่งชี้ให้ว่าเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน คือ เชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*



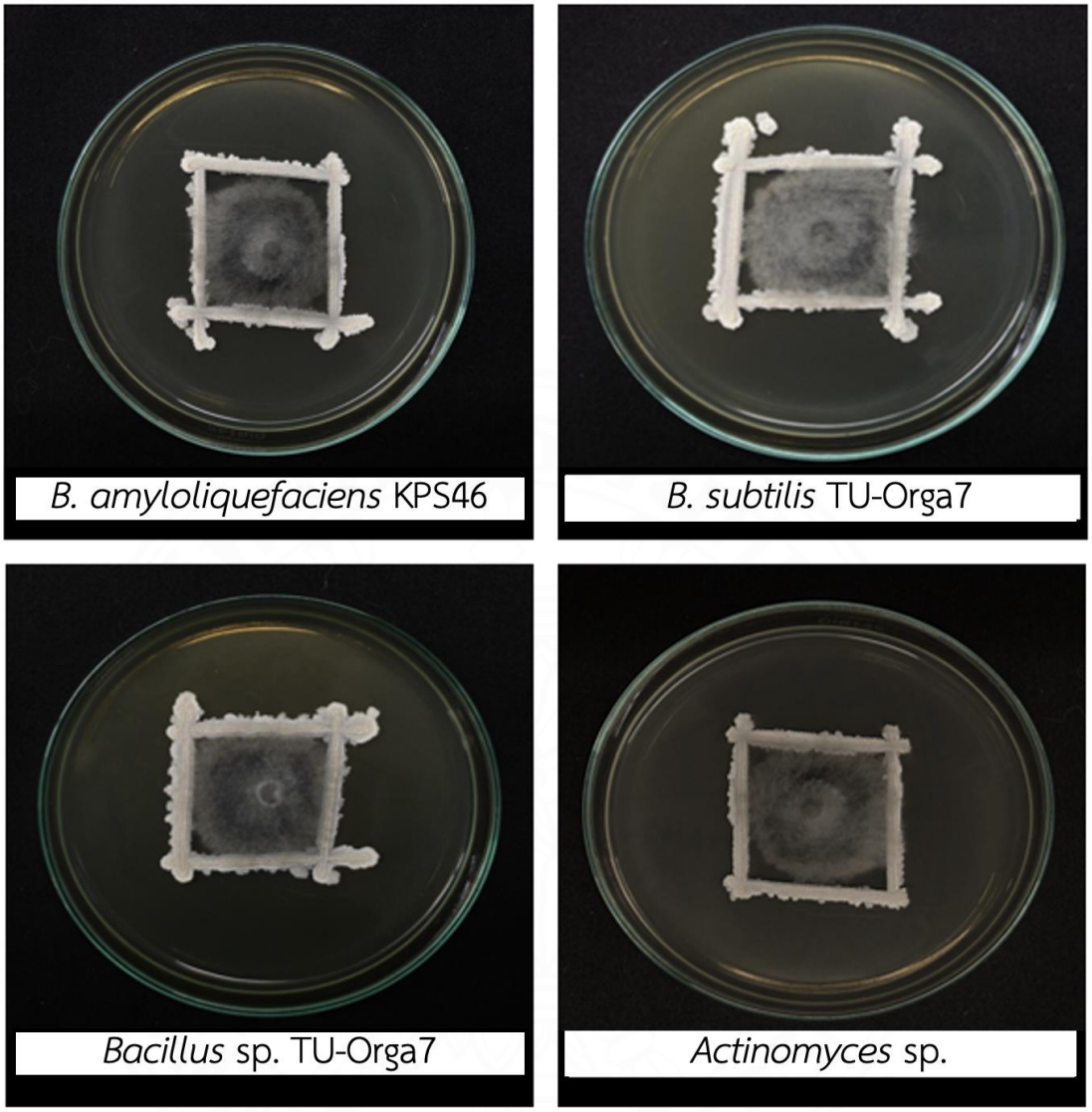
ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Lasiodiplodia theobromae*, โคโลนีของ *L. theobromae* ที่เจริญบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน (ก), Hyaline conidia ระยะ immature conidia (ข), สปอร์อ่อน (immature conidia) (ค) และสปอร์แก่ (mature conidia) (ง)

Ref. code: 25656309034590LUF

4.2 ประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* โดยวิธี dual culture plate technique

จากการทดสอบประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus* sp. TU-Orga7, *B. subtilis* TU-Orga7, *B. amyloliquefaciens* KPS46 และ *Actinomyces* sp. KCM ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *L. theobromae* พบว่า *B. amyloliquefaciens* KPS46 มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *L. theobromae* ได้ดีที่สุด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ *B. subtilis* TU-Orga7, *Bacillus* sp. TU-Orga7 และ *Actinomyces* sp. KCM โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 86.58±0.43, 86.04±0.78, 85.64±0.46 และ 83.33±0.78% ตามลำดับ โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ภาพที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.1) เช่นเดียวกับ Noor Khan *et al*. (2018) ได้ทำการศึกษาสารออกฤทธิ์ของ *Bacillus* 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *B. simplex* 30N-5, *B. simplex* 11, *B. simplex* 237 และ *B. subtilis* 30VD-1 ที่ต่อต้านเชื้อรา *Fusarium* 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* (FOC), *F. oxysporum* f. sp. *matthioli* (FOM) และ *F. solani* (FS) โดยพบว่าสารสกัดหยาบของ *Bacillus* ทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* ได้ 60-70% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจาก *Bacillus* ทั้ง 4 สายพันธุ์ดังกล่าวสามารถผลิตเอนไซม์ chitinase หรือ glucanase ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายผนังเซลล์ของ *Fusarium* ซึ่งประกอบด้วย chitin, α-1,3-glucans และ β-1,3-glucans (Schoffelmeer *et al*., 1999) เมื่อศึกษาลักษณะเส้นใยของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเฟสคอนทราสต์พบว่าสารสกัดหยาบของ *Bacillus* ทำลายองค์ประกอบผนังเซลล์ของเชื้อรา *Fusarium* ส่งผลให้เส้นใยมีลักษณะบิดเบือน เหี่ยวบางผิดปกติ ซึ่งความสามารถในการทำลายผนังเซลล์ของเชื้อราดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะของ biological control agent หลายชนิดที่สามารถผลิตเอนไซม์ cellulase, xylanase, pectinase และ chitinase ในการเข้าทำลายต่อเชื้อโรคได้

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.2 ประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์แต่ละสายพันธุ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* โดยวิธี dual culture plate technique

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* โดยวิธี dual culture plate technique

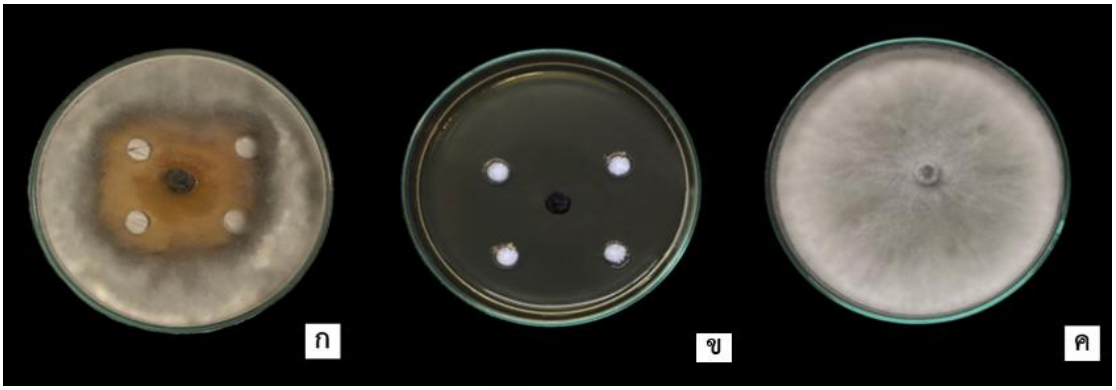
แบคทีเรียปฏิปักษ์	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*
Bacillus sp. TU-Orga7	85.64±0.46[a]
Bacillus subtilis TU-Orga7	86.04±0.78 [a]
Bacillus amyloliquefaciens KPS46	86.58±0.43 [a]
Actinomyces sp. KCM	83.33±0.78[a]
สารเคมี imazalil 500 ppm (positive control)	85.00 ± 0.00[a]
น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control)	0.00 ± 0.00[b]
F-Test	**

1/ วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย DMRT (P<0.05)

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจุลินทรีย์ในการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี agar diffusion assay พบว่า สารสารเคมี imazalil 500 ppm มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับสารสกัดจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือ สารสกัดจาก *B. amyloliquefaciens* KPS46 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ *B. subtilis* TU-Orga7 และ *Bacillus* sp. TU-Orga7 โดยพบว่า *Actinomyces* sp. KCM และกรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น) มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ต่ำที่สุด โดยแสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อราเท่ากับ 1.00 ± 0.00, 4.73 ± 0.15, 5.87 ± 0.12, 6.83 ± 0.09, 9.00 ± 0.00 และ 9.00 ± 0.00 cm ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.2) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับสารเคมี imazalil ดังนั้นในการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนจึงไม่ได้มีการนำสารสกัดจุลินทรีย์ผสมลงไปในสูตร จึงทำการคัดเลือกสารสกัดสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* สำหรับใช้ทดแทนสารเคมี imazalil ต่อไป

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัด *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay (ก) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil (ข) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (ค)

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดทุติยภูมิจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay

สารสกัดทุติยภูมิจุลินทรีย์	**ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae***
Bacillus sp. TU-Orga7	6.83 ± 0.09^{d}
Bacillus subtilis TU-Orga7	5.87 ± 0.12^{c}
Bacillus amyloliquefaciens KPS46	4.73 ± 0.15^{b}
Actinomyces sp. KCM	9.00 ± 0.00^{e}
สารเคมี imazalil 500 ppm (positive control)	1.00 ± 0.00^{a}
น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control)	9.00 ± 0.00^{e}
F-Test	**

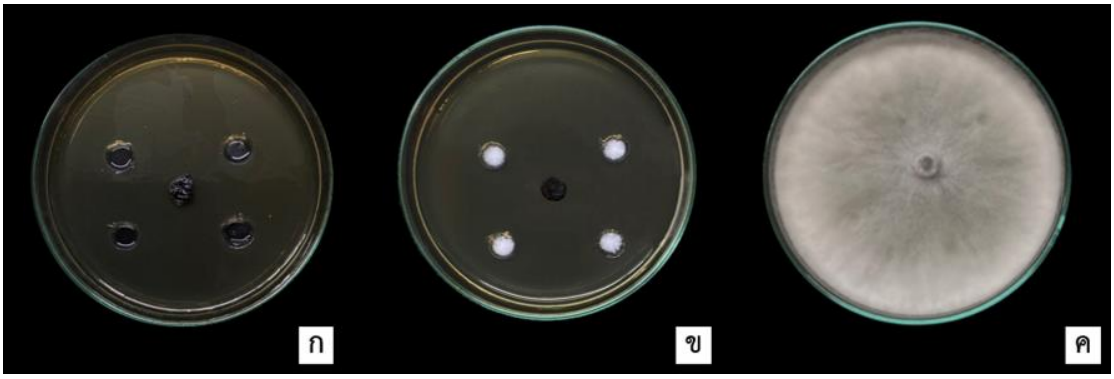
1/ วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย DMRT ($P<0.05$)

Ref. code: 25656309034590LUF

4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อโรคผลเน่าในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี agar diffusion assay พบว่า สารสกัดจากโหระพาที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีที่สุดทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากันเท่ากับ 90.00 ± 0.00% รองลงมาคือ สารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้น 10,000 ppm แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารสกัดจากกานพลูที่ความเข้มข้น 10,000 ppm โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 65.56 ± 0.64 และ 54.44 ± 1.11 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control) พบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 0.00 ± 0.00% (ภาพที่ 4.4 และตารางที่ 4.3) สอดคล้องกับรายงานของ Sunčica *et al*. (2011) รายงานว่าสารสกัดโหระพาที่ความเข้มข้น 1.50% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans* และ *F. verticillioides* ได้ 100% เนื่องจากในโหระพา มีสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยมากถึงร้อยละ 1.5 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ thymol, eugenol และ carvacrol ที่มีรายงานว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเชื้อราในระดับ macro และ micro morphology ทำให้เส้นใยของเชื้อราเกิดการยุบตัว มีการแตกของแฟรกเมนต์และลดการงอกของสปอร์ได้ อาการการผิดรูปเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่ระดับเซลล์ของเชื้อรา ได้แก่ การลดการดูดซึมออกซิเจน ลดการเจริญเติบโตของเซลล์ การยับยั้งการสร้างไขมันโปรตีนและกรดนิวคลีอิก และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ และการยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา เป็นต้น (Adetumbi *et al*., 1986; Ghannoum, 1988; Gupta and Porter, 2001; Corzo-Martinez *et al*., 2007) นอกจากนี้ยังมี ฟีนอล เป็นสารประกอบ ที่มีลักษณะเป็นไขมันจะออกฤทธิ์ที่ผนังเซลล์และรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่กระตุ้นด้วยเมมเบรน ส่งผลให้องค์ประกอบผนังเซลล์ผิดปกติ และเพิ่มการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์นำไปสู่การตายของเซลล์ (Ultee *et al*., 1999)

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดโหระพาที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay (ก) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ข) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (ค)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี agar diffusion assay

ความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร (ppm)	**เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae***		
	กานพลู	**ขิง**	**โหระพา**
10 ppm	24.81 ± 1.61^{e}	31.11 ± 1.28^{d}	41.85 ± 1.61^{c}
100 ppm	32.22 ± 0.64^{d}	41.11 ± 1.28^{c}	64.44 ± 1.28^{b}
1,000 ppm	42.22 ± 1.28^{c}	63.33 ± 1.69 ^{b}	90.00 ± 0.00^{a}
10,000 ppm	54.44 ± 1.11^{b}	65.56 ± 0.64^{b}	90.00 ± 0.00^{a}
สารเคมี imazalil 500 ppm (positive control)	90.00 ± 0.00^{a}	90.00 ± 0.00^{a}	90.00 ± 0.00^{a}
น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control)	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{d}
F-Test	**	**	**

1/ วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย DMRT ($P<0.05$)

Ref. code: 25656309034590LUF

4.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติ สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน

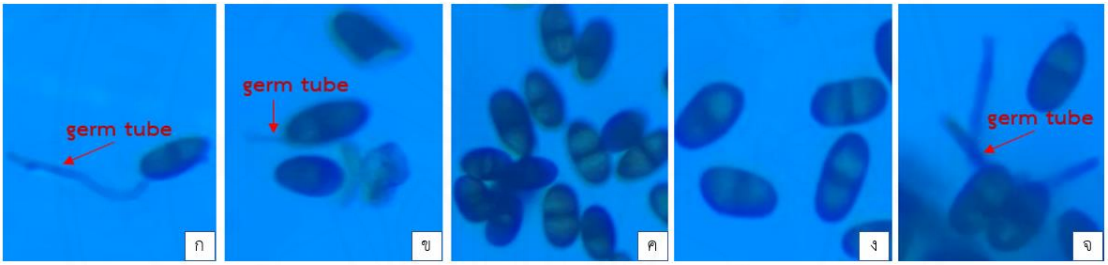
การใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนด้วยการเคลือบผิวทุเรียน โดยได้ปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ด้วยการเติมสารสกัดจากโหระพาที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคผลเน่าในทุเรียน ผลการทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบผิวพบว่า ผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิว กัม อารบิก ทั้ง 3 สูตร มีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีผลต่อสีของผิวทุเรียน เรียบเนียน มีความหนืดต่ำ ไม่เหนียวติดมือ แห้งง่าย เสมือนฟิล์มปกคลุมผิวผลและสามารถกักเก็บความชุ่มชื่นของผลทุเรียนได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 4.5) เช่นเดียวกับ Ribeiro *et al*. (2020) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ฟิล์มเคลือบอาหารที่รับประทานได้ด้วยโพลิเมอร์ชีวภาพชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กัม อารบิก ไคโตซาน และโซเดียมอัลจิเนต ผสมกับสารสกัดจากเอลเดอร์เบอร์รี่ (*Sambucus Nigra* L.) พบว่า ฟิล์มเคลือบอาหารที่ผลิตจาก กัม อารบิก ให้ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มที่เรียบเนียน สม่ำเสมอมากที่สุด แตกต่างจากฟิล์มเคลือบอาหารที่ผลิตจากไคโตซาน และโซเดียมอัลจิเนต แสดงให้เห็นว่า กัม อารบิก มีคุณสมบัติที่ดีในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน

ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาและควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน, สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติในรูปแบบสเปรย์ (ก) และลักษณะการเกิดฟิล์ม (ข)

Ref. code: 25656309034590LUF

4.6 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี spore drop technique ผลการวิจัย พบว่า สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีที่สุดทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 100.00 ± 0.00% รองลงมาคือ สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 0.2% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% เพียงอย่างเดียว โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 66.33 ± 0.88% และ 55.67 ± 1.20% ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่มีการใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control) พบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 0.00 ± 0.00% (ภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.4)



ภาพที่ 4.6 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี spore drop technique, สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ)

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 4.4 ผลของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน ด้วยวิธี spore drop technique

กรรมวิธี	สารเคลือบผิวแต่ละสูตร	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกสปอร์ *Lasiodiplodia theobromae*
กรรมวิธี 1	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10%	55.67 ± 1.20[c]
กรรมวิธี 2	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2%	66.33 ± 0.88[b]
กรรมวิธี 3	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10%	100.00 ± 0.00[a]
กรรมวิธี 4	สารเคมี imazalil 500 ppm	100.00 ± 0.00[a]
กรรมวิธี 5	กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)	0.00 ± 0.00[d]
F-Test		**

1/ วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย DMRT (P<0.05)

4.7 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนหมอนทอง

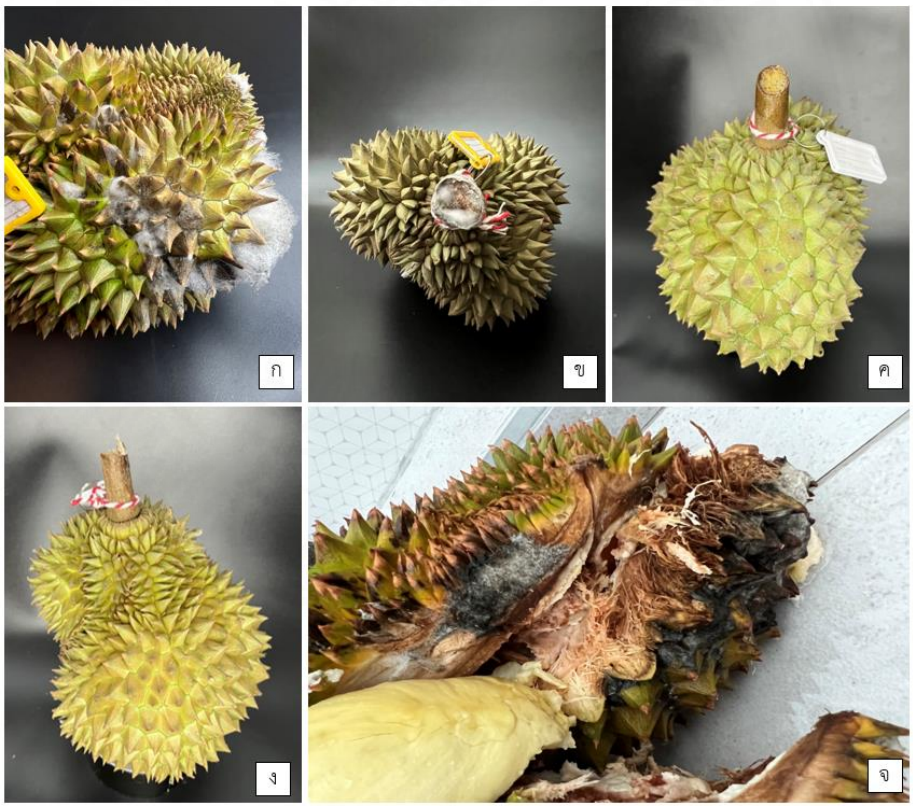
จากการทดสอบประสิทธิภาพสารเคลือบผิวต่อเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคผลเน่าในทุเรียน ผลการวิจัย พบว่า สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีที่สุดทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคผลเน่าเท่ากับ 100.00 ± 0.00% รองลงมาคือ สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 0.2% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% เพียงอย่างเดียว โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคผลเน่าเท่ากับ 62.33 ± 1.45 และ 52.66 ± 1.76 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่มีการใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (negative control) พบเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคผลเน่าเท่ากับ 0.00 ± 0.00% (ภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.5)

Ref. code: 25656309034590LUF

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าในทุเรียนหมอนทอง

กรรมวิธี	สารเคลือบผิวแต่ละสูตร	เปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคผลเน่า
กรรมวิธี 1	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10%	52.66 ± 1.76^{c}
กรรมวิธี 2	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2%	62.33 ± 1.45^{b}
กรรมวิธี 3	สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10%	100.00 ± 0.00^{a}
กรรมวิธี 4	สารเคมี imazalil 500 ppm	100.00 ± 0.00^{a}
กรรมวิธี 5	กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)	0.00 ± 0.00^{d}
F-Test		**

1/ วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย DMRT (P<0.05)



ภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคผลเน่าบนผลทุเรียนหมอนทอง, สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ)

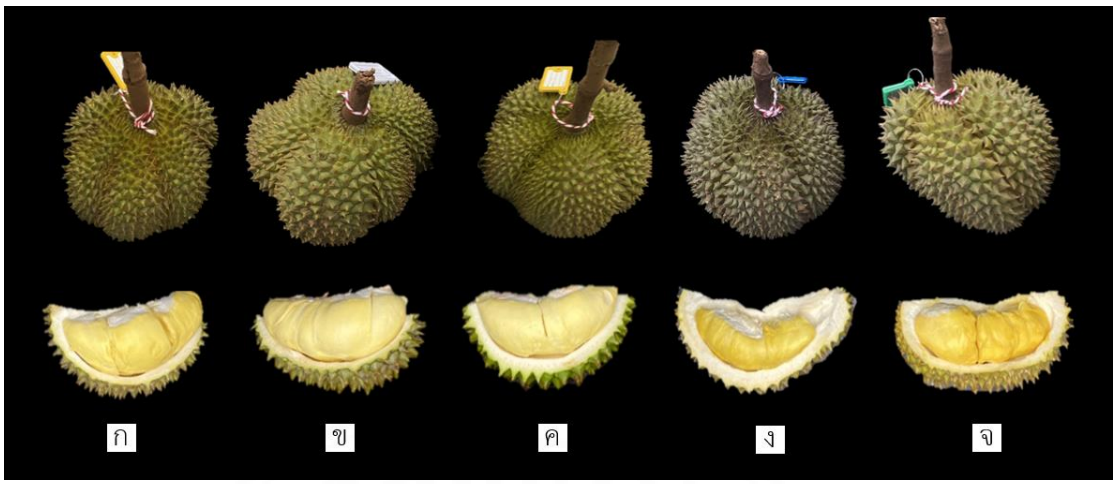
Ref. code: 25656309034590LUF

4.8 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

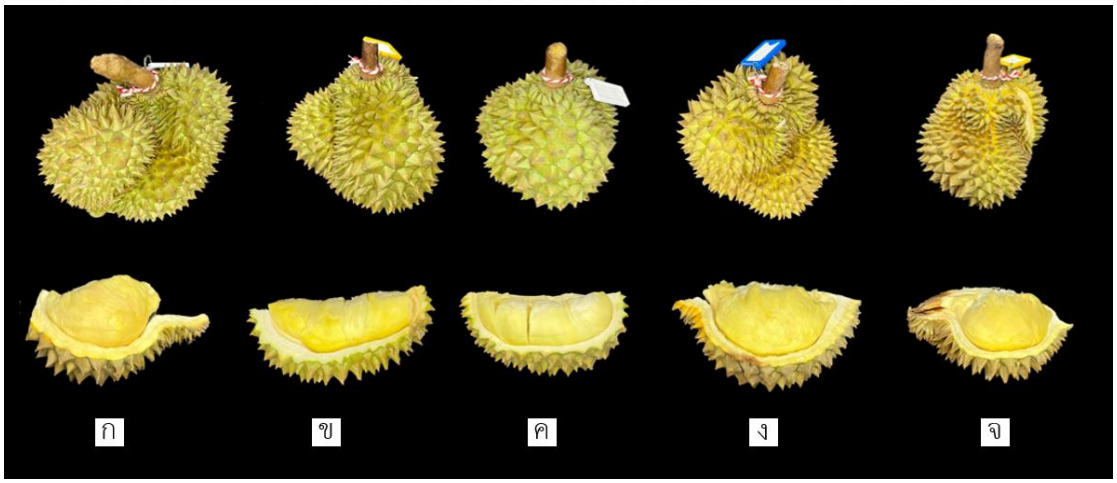
4.8.1 ลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุม พบว่าผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิว กัม อารบิก ทั้ง 3 กรรมวิธี เมื่อนำไปเคลือบบนผิวเปลือกทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ℃ พบว่าทุเรียนที่เคลือบมีสีผิวเปลือกที่มันเงามากกว่าผลทุเรียนที่ไม่ได้เคลือบ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกบริเวณโคนหนามจากสีเขียวกลายเป็นสีเขียวปนน้ำตาล และบริเวณร่องหนามห่างกันมากขึ้น ซึ่งผลทุเรียนที่ไม่ได้เคลือบ และเคลือบด้วยสารเคมี imazalil 500 ppm หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีการแตกที่ผิวผล ขณะที่ทุเรียนที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว กัม อารบิก ทั้ง 3 สูตร ไม่พบการแตกของเปลือกทุเรียน นอกจากนี้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองช้ากว่าปกติ ยิ่งไปกว่านั้น สารเคลือบผิวสูตรที่ 3 นี้ยังมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทองได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ เท่ากับ 14 และ 21 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9) เนื่องจากสารเคลือบผิว กัม อารบิก ทำหน้าที่เสมือนฟิล์มปกคลุมผิวผล จำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย ช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการหายใจ การสูญเสียน้ำ และการเกิดออกซิเดชั่น (Martínez *et al*., 2006) ส่งผลให้ระดับก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อการอ่อนนุ่มของเซลล์ แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบผิว กัม อารบิก สูตรนี้สามารถคงคุณภาพผลผลิต ช่วยลดสูญเสีย และกักเก็บความชุ่มชื่นของผลทุเรียนได้เป็นอย่างดี

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.8 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียนพันธุ์กระดุม , สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ)

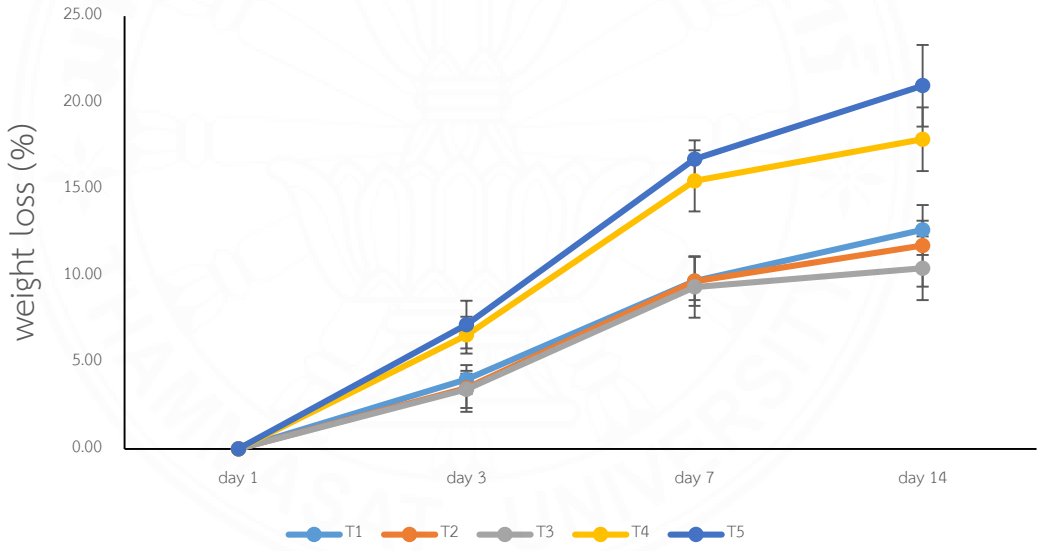


ภาพที่ 4.9 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อลักษณะภายนอกและภายในของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง , สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% (ก) สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสม $CaCl_2$ 0.2% (ข), สารเคลือบผิว กัม อารบิก 10% ผสมสารสกัดโหระพา 10% (ค) เปรียบเทียบกับสารเคมี imazalil 500 ppm (ง) และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (จ)

Ref. code: 25656309034590LUF

4.9 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์กระดุม เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัมอารบิก ทั้ง 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์กระดุมได้ดีที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีควบคุม โดยแสดงเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 17.74 ± 0.26, 10.44 ± 1.89, 11.10 ± 1.35 และ 18.67 ± 1.96 % ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์กระดุมต่ำที่สุด เท่ากับ 20.99 ± 2.36 % (ภาพที่ 4.10)

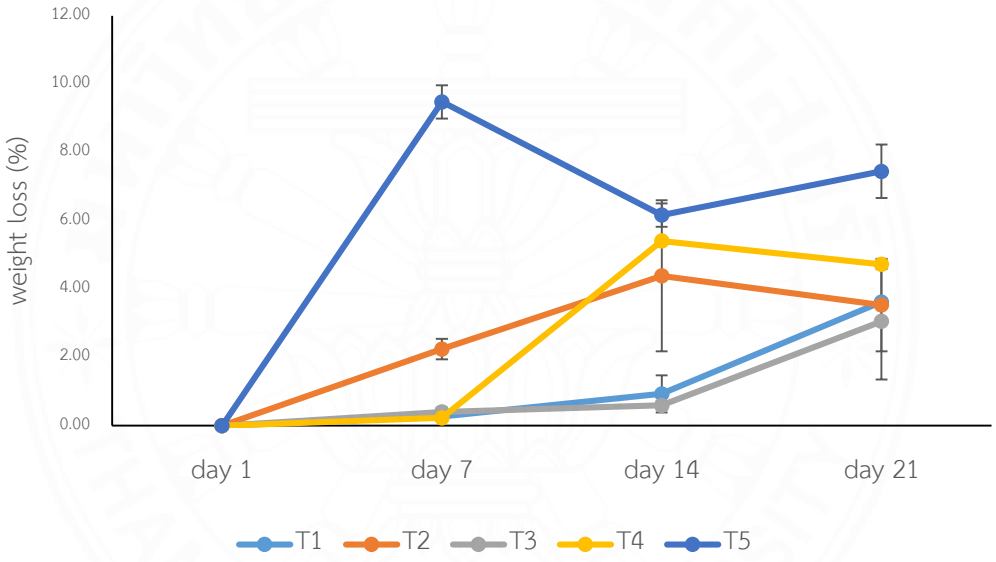


ภาพที่ 4.10 การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนกระดุมภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า ทุเรียนที่ไม่ได้เคลือบผิว (กรรมวิธีควบคุม) มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่ำที่สุด เท่ากับ 7.45 ± 0.78% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 4, กรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 โดย

Ref. code: 25656309034590LUF

พบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์หมอนทองได้ดีที่สุด เท่ากับ 4.72 ± 0.14, 3.62 ± 0.02, 3.53 ± 1.36 และ 3.05 ± 1.71 % ตามลำดับ (ภาพที่ 4.11) เนื่องจากสารเคลือบผิวมีผลต่อการปกคลุมผิวผลทุเรียน และมีส่วนช่วยในการทดแทนการหลุดของไข ทำให้มีการสูญเสียน้ำให้กับบรรยากาศน้อยลง สอดคล้องกับศิริวรรณ และพีระศักดิ์ (2557) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนหลงลับแลด้วยการใช้สารเคลือบผิว กัมอารบิก ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า ผลทุเรียนที่เคลือบผิวด้วย กัม อารบิก ที่ความเข้มข้น 5 % มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลทุเรียนที่ไม่เคลือบผิวโดยแสดงเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 16.17% และ 17.11 % ตามลำดับ



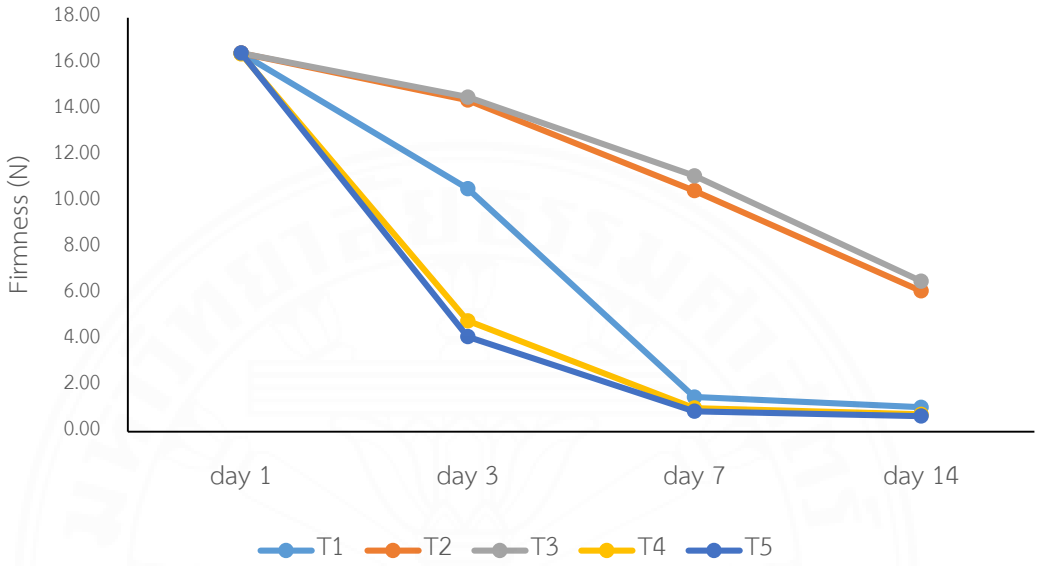
ภาพที่ 4.11 การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนหมอนทองภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน

4.10 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุม เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก กรรมวิธีที่ 3 มีประสิทธิภาพในการคงค่าความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุมได้ดีที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 2 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่แตกต่างอย่างมี

Ref. code: 25656309034590LUF

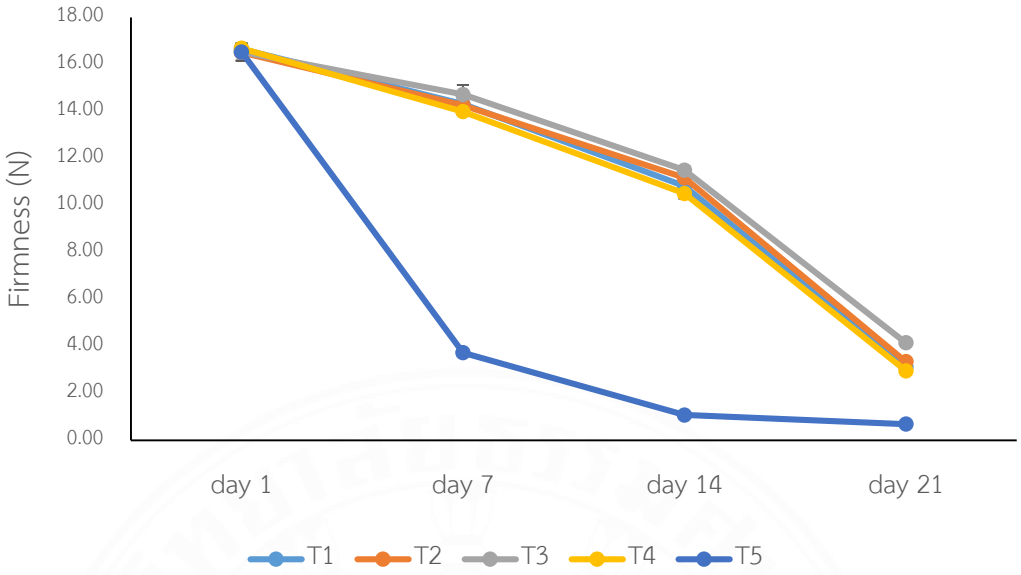
นัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีประสิทธิภาพในการคงค่าความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุมต่ำที่สุด เท่ากับ 6.55 ± 0.05, 6.12 ± 0.23, 1.07 ± 0.06, 0.76 ± 0.03 และ 0.68 ± 0.03 นิวตัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12 ความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัมอารบิก กรรมวิธีที่ 3 มีประสิทธิภาพในการคงค่าความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทองได้ดีที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 2 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีประสิทธิภาพในการคงความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่ำที่สุด เท่ากับ 4.15 ± 0.05, 3.35 ± 0.10 , 3.11 ± 0.02, 2.96 ± 0.11 และ 0.69 ± 0.04 นิวตัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13) การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของทุเรียนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากในเนื้อทุเรียนมี เพกทิน (pectin) ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืช ซึ่งเพกทินในทุเรียนอ่อนหรือ ห่าม จะอยู่ในรูปของ โพรโทเพกทิน (protopectin) ที่ละลายน้ำได้น้อย จะเปลี่ยนเป็น เพกทิน ซึ่งละลายในน้ำได้ โดยมีเอนไซม์ pectinesterase และ polygalacturonase ทำหน้าที่ย่อยสลายโพรโทเพกทินที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ให้มีโมเลกุลสายสั้นลง ส่งผลให้ทุเรียนมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง และมีค่าความแน่นเนื้อน้อยลง

Ref. code: 25656309034590LUF

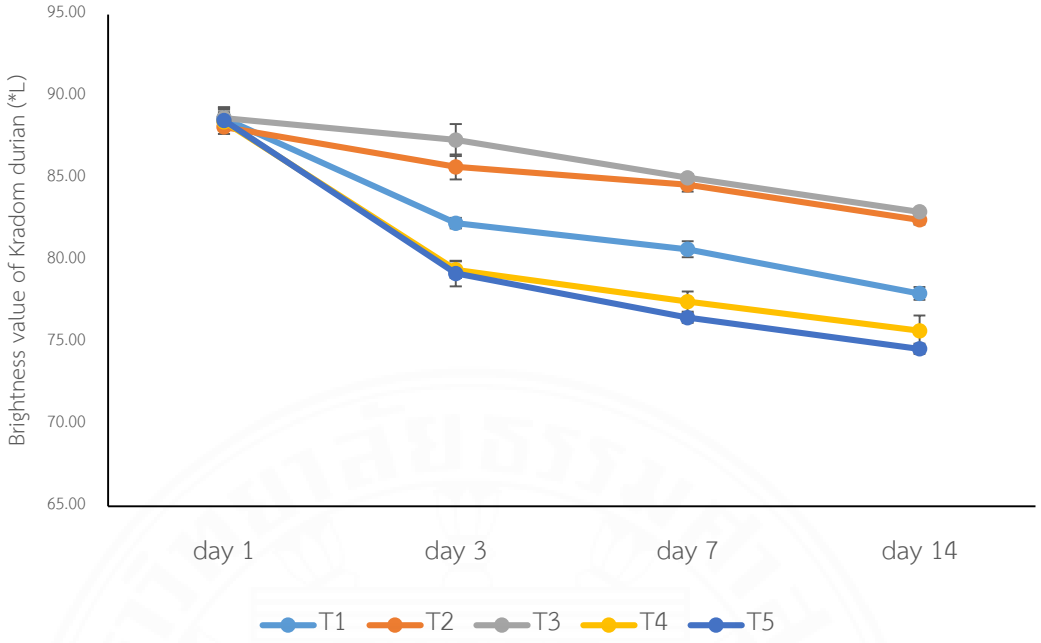


ภาพที่ 4.13 ความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน

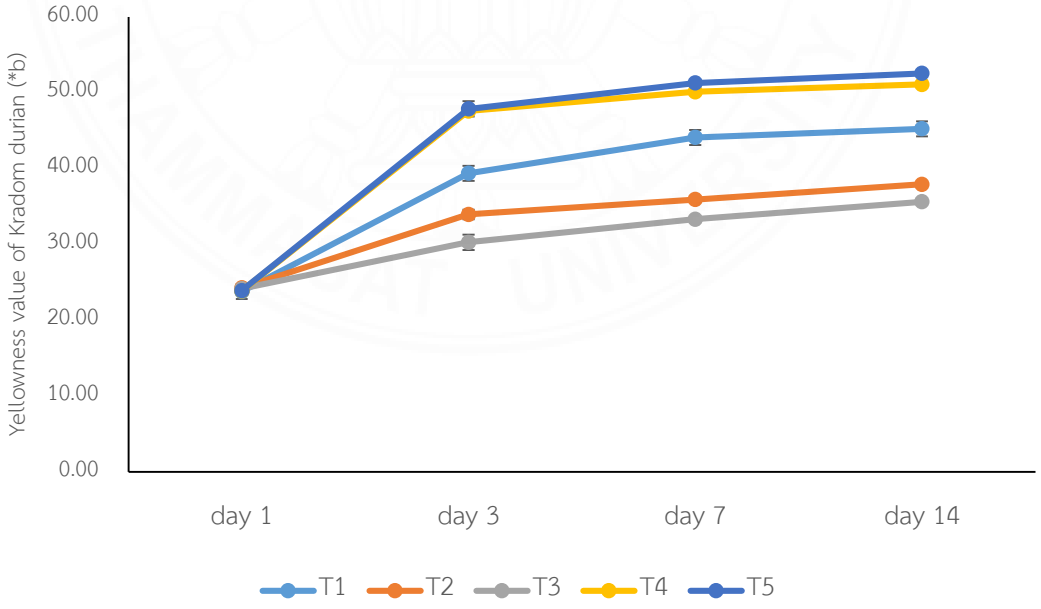
4.11 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของทุเรียนพันธุ์กระดุม เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัมอารบิก กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าความสว่าง (*L) ของเนื้อมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 1 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าความสว่างของทุเรียนพันธุ์กระดุมต่ำที่สุด เท่ากับ 82.96 ± 0.06, 82.73 ± 0.29, 77.98 ± 0.39, 75.71 ± 0.93 และ 74.61 ± 0.32 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.14) เมื่อทดสอบค่าความเป็นสีเหลือง (*b) พบว่าทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิว กรรมวิธีที่ 3 มีค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของเนื้อต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 2 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์กระดุมมากที่สุด เท่ากับ 35.62 ± 0.23, 37.92 ± 0.42, 45.24 ± 0.16, 51.09 ± 0.47 และ 52.55 ± 0.25 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.15)

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.14 ค่าความสว่าง (*L) ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

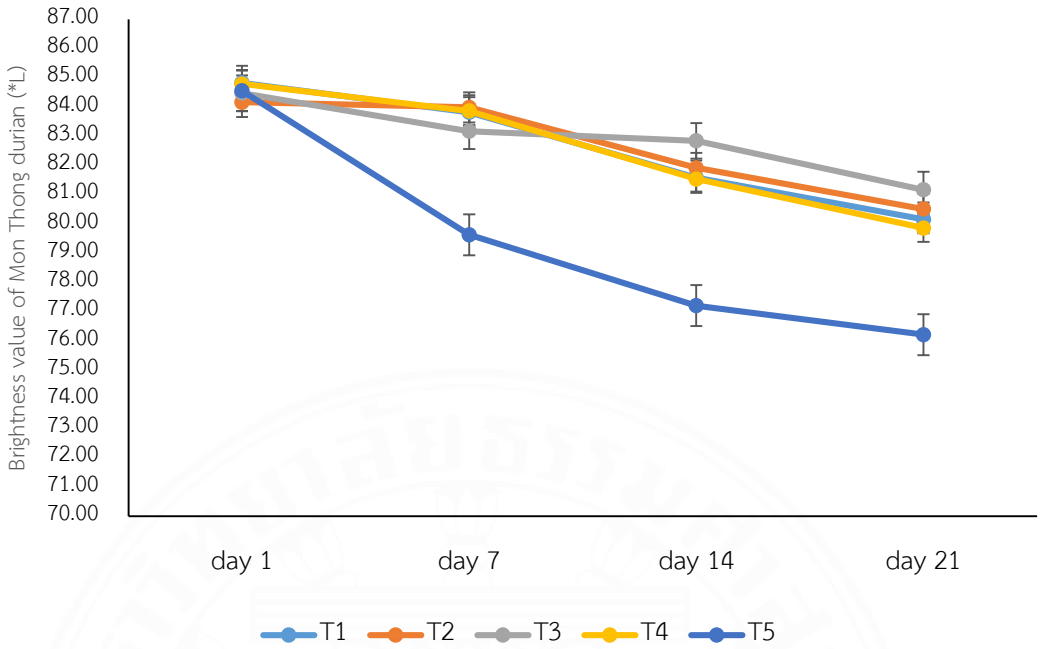


ภาพที่ 4.15 ค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

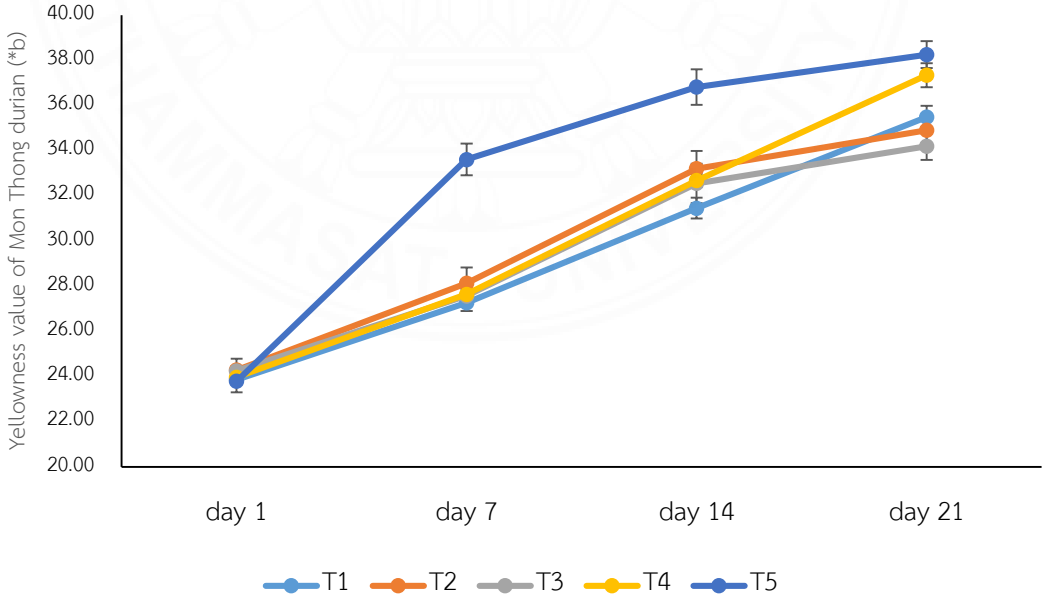
Ref. code: 25656309034590LUF

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จากกัม อารบิก ทั้ง 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 3, กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 1 มีค่าความสว่าง (*L) ของเนื้อมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีควบคุม โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าความสว่างของทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่ำที่สุด เท่ากับ 81.17 ± 0.07, 80.51 ± 0.31, 77.15 ± 0.50 และ 76.21 ± 0.48 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.16) เมื่อทดสอบค่าความเป็นสีเหลือง (*b) พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิว กรรมวิธีที่ 3 มีค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของเนื้อต่ำที่สุด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 2 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองมากที่สุด เท่ากับ 33.78 ± 0.31, 34.67 ± 0.24, 35.57 ± 0.28, 35.53 ± 0.32 และ 38.25 ± 0.59 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.17) สีของเนื้อทุเรียนมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองเข้มขึ้น เนื่องจากปริมาณเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีเหลืองในเนื้อทุเรียนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษาเป็นผลให้ค่าความสว่าง (*L) ลดลง และความเป็นสีเหลือง (*b) ของสีเนื้อทุเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ สำเริง และคณะ (2560) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของทุเรียนพันธุ์จันทบุรี 1 2 และ 3 ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ºC เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า ทุเรียนพันธุ์จันทบุรี 1 , 2 และ 3 มีค่าความสว่างลดลงเท่ากับ 76.40, 75.82 และ 76.20 จาก 80.36, 78.24 และ 79.72 ตามลำดับ และมีค่าสีเหลืองของเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 35.76, 47.74 และ 47.40 เป็น 32.92, 36.68 และ 43.24 ตามลำดับ

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.16 ค่าความสว่าง (*L) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน

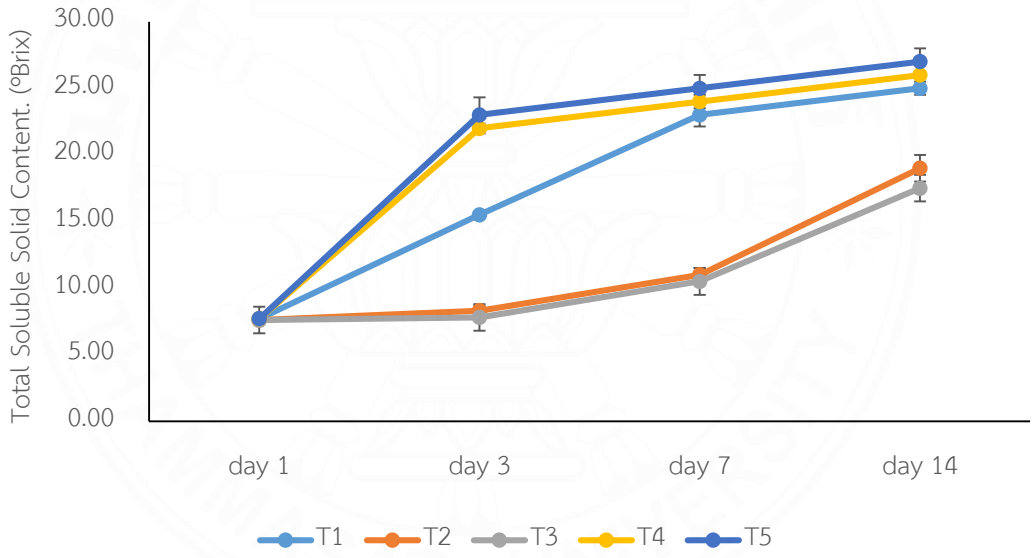


ภาพที่ 4.17 ค่าความเป็นสีเหลือง (*b) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน

Ref. code: 25656309034590LUF

4.12 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 1 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เท่ากับ 12.00 ± 0.50, 13.00 ± 1.00, 24.00 ± 1.00, 25.00 ± 1.00 และ 26.00 ± 0.00 °Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 4.18)

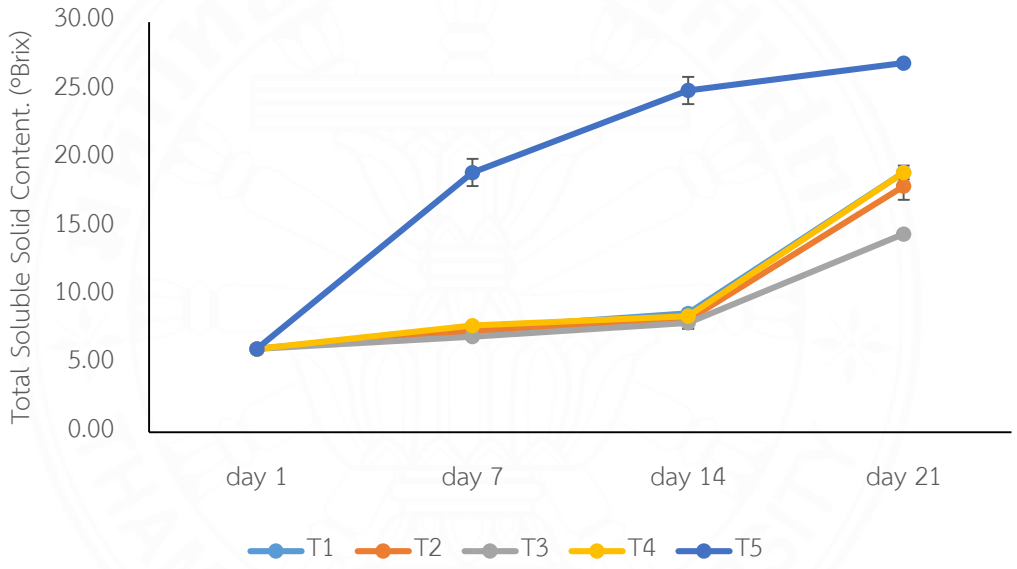


ภาพที่ 4.18 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก กรรมวิธีที่ 3 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เท่ากับ 14.50 ± 0.50, 18.00 ± 0.00, 19.00 ±

Ref. code: 25656309034590LUF

1.00, 19.00 ± 1.00, และ 27.00 ± 0.00 °Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 4.19) ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ของผลทุเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้จำพวก climacteric จะมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้ง เมื่อทุเรียนสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ทำให้ทุเรียนมีรสหวานขึ้น (ธำรงค์, 2548) สอดคล้องกับศิริวรรณ และพีระศักดิ์ (2557) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนหลงลับแลด้วยการใช้สารเคลือบผิวกัมอารบิก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า ผลทุเรียนหลงลับแลที่ไม่เคลือบผิว มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลทุเรียนที่เคลือบสารละลาย กัม อารบิก เท่ากับ 32.00 และ 29.47 °Brix ตามลำดับ



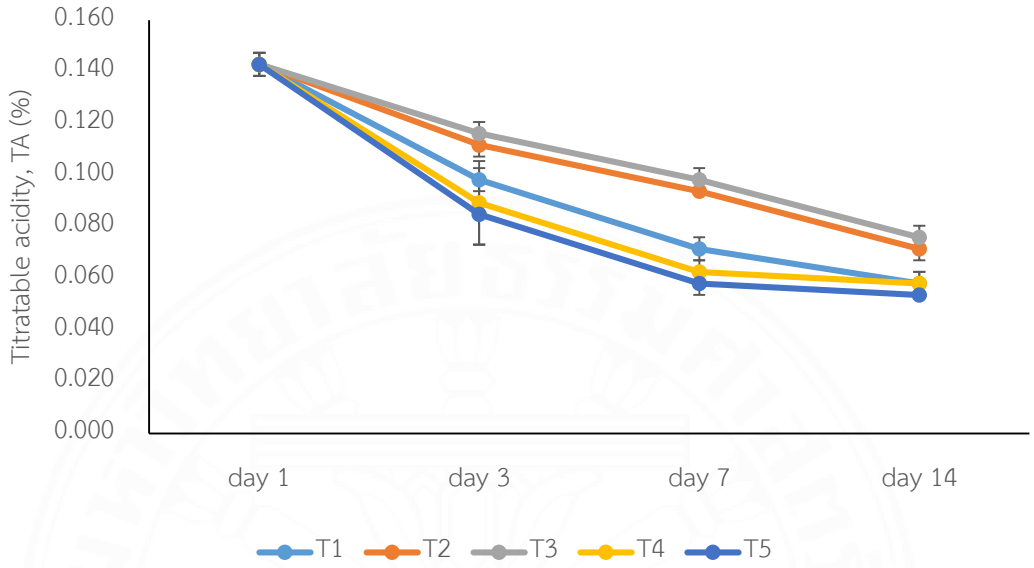
ภาพที่ 4.19 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 21 วัน

4.13 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุมและพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 1 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Ref. code: 25656309034590LUF

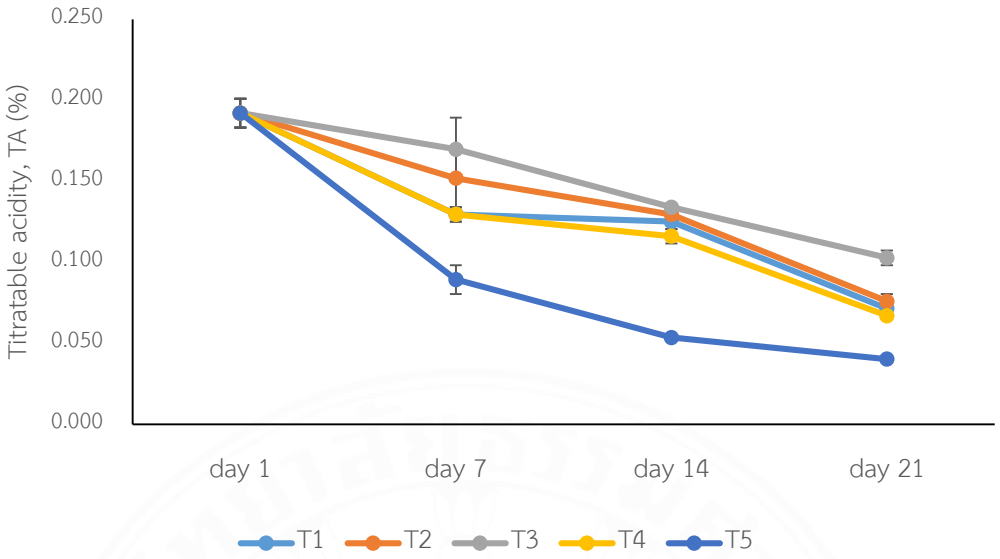
กับ กรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.76, 0.72, 0.58, 0.58 และ 0.54 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.20)



ภาพที่ 4.20 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์กระดุม ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 14 วัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวที่ได้จาก กัม อารบิก กรรมวิธีที่ 3 มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ กรรมวิธีที่ 2 รองมาคือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ กรรมวิธีที่ 4 โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.10 ± 0.00, 0.08 ± 0.00, 0.07 ± 0.00, 0.07 ± 0.00 และ 0.04 ± 0.00 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.21) จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกรด มาลิค ที่อยู่ในรูปเกลือมาเลต (malate) ถูกใช้ในกระบวนการหายใจผ่านทางวัฏจักรเครบส์ สอดคล้องกับ ธำรงค์ (2548) ได้ศึกษาสารเคลือบเชลแล็คเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนหมอนทอง พบว่า ทุเรียนที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า Lab-b ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน มีเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุเรียนที่ไม่ได้เคลือบ (กรรมวิธีควบคุม)

Ref. code: 25656309034590LUF

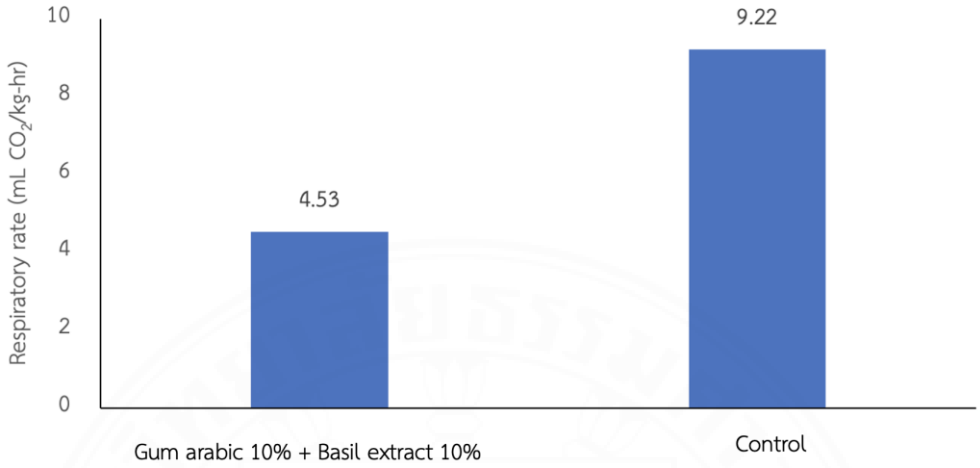


ภาพที่ 4.21 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ℃ เป็นเวลา 21 วัน

4.14 ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ใหม่สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนเพื่อการส่งออกต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน พบว่า สารเคลือบผิวผสมสารสกัดธรรมชาติที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 50.87% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4.53 mL CO_2/kg-hr ในขณะที่ กรรมวิธีควบคุมมีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 9.22 mL CO_2/kg-hr (ภาพที่ 4.22)

Ref. code: 25656309034590LUF



ภาพที่ 4.22 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทุเรียนหมอนทอง ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ℃ เป็นเวลา 21 วัน

Ref. code: 25656309034590LUF

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สารเคลือบผิวเปลือกทุเรียนที่ได้จาก กัม อารบิก ผสมสารสกัดโหระพานั้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวได้ 100% ทัดเทียมกับสารเคมี imazalil 500 ppm ยิ่งไปกว่านั้นสารเคลือบผิวสูตรนี้มีประสิทธิภาพยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์กระดุม และพันธุ์หมอนทองได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ เท่ากับ 14 และ 21 วัน ตามลำดับ โดยสามารถรักษาสี L* และ b* ของเนื้อทุเรียน ความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรด ของทุเรียนกระดุม เท่ากับ 82.96 ± 0.06, 35.62 ± 0.23, 6.55 ± 0.05 นิวตัน, 12.00 ± 0.50 และ 0.76 ± 0.00 และทุเรียนหมอนทอง เท่ากับ 81.17 ± 0.07, 33.78 ± 0.31 , 0.69 ± 0.04 นิวตัน, 14.50 ± 0.50 °Brix และ 0.10 ± 0.00 ตามลำดับ รวมทั้งลดการปลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลทุเรียนได้ 50.87% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยผลทุเรียนที่ผ่านเคลือบผิวจะไม่มีความมันวาวและไม่ส่งผลที่จะเปลี่ยนแปลงกลิ่น สี รสชาติ ของผลไม้ ดังนั้นจึงยังคงความหอมหวานตามธรรมชาติของทุเรียนได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

สารเคลือบผิวเปลือกทุเรียนที่พัฒนาขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ 100% ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของอายุการเก็บรักษา และความสามารถในการใช้ร่วมกันกับสารอื่น ๆ ตลอดจนพัฒนารูปแบบและวิธีการใช้ที่เหมาะสมต่อไป

Ref. code: 25656309034590LUF

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. รายงานการนำเข้าผลไม้จากประเทศไทยมายังประเทศสาธารณรัฐ ประชาชนจีน. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2560. การจดทะเบียนผู้ส่งออก และกฎ ระเบียบ และเงื่อนไขการส่งออกสินค้าเกษตรออกนอกราชอาณาจักร. กลุ่มจดทะเบียนและออกใบรับรอง (กทร.). นนทบุรี

ทนง ภัครพันธุ์. 2526. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของผักและผลไม้ เล่ม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ. 197 หน้า

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2542. โรคทุเรียน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะเกษตร ภาควิชาโรคพืช. กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ เภรินทวงค์. 2560. กลไกการต้านทานโรคของพืช. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. มาตรฐานสินค้าเกษตร (ทุเรียน). กรุงเทพฯ

สถาบันวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2552. โครงการศึกษาวิจัยระบบ Logistic และ Supply Chain สินค้าเกษตร เพื่อขยายตลาดส่งออกไปประเทศในเอเชีย (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ

อุดม ภู่พิพัฒน์. 2532. โรครากและโคนเน่าของทุเรียน. เอกสารประกอบการบรรยาย: เทคนิคและกลยุทธ์ในการต่อสู้โรคทุเรียนและพริกไทย. สมาคมโรคพืชแห่งประเทศไทย.กรุงเทพฯ

Ministry of Agriculture. 2016. National food safety standard Maximum Residue Limits for Pesticides in Foods. (GB 2763—2016)

Ref. code: 25656309034590LUF

บทความวารสาร

เกษม สร้อยทอง. 2532. การใช้ *Chaetomium cupreum* ในการควบคุมโรคใบไหม้ของข้าวโพดโดยชีววิธี. วารสารโรคพืช 9(1) : 28-33

จุฑามาศ กลิ่นโซดา. 2559. สารเคลือบผิวอาหารกับการประยุกต์ใช้ในผักและผลไม้. วารสารอาหาร 46(1) : 33-37

รัติยา พงศ์พิสุทธา, ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากลุ, สัณฐิติ บินคาเดอร์, กนกพร ฉัตรไชยศิริ และ พัชรี บุญเรืองรอด. 2563. การตรวจสอบเชื้อราสาเหตุของโรคกิ่งแห้งของทุเรียน. แก่นเกษตร 48(4) : 703-714

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. 2545. สุคนธบำบัด. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 172 น.

วรรณนิภา มธุรส, พัฒน ทวีโภค, จุฬาภรณ์ กำเนิดเพชร, อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช และ รัตนนุช จันทร์เพ็ญ. 2555. การใช้สารทุติยภูมิของเชื้อ *Bacillus subtilis* B01 เพื่อยับยั้งการเจริญ ของ *Curvularia eragrostidis* สาเหตุโรคดอกจุดสนิมของกล้วยไม้. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 : 1144-1150

วราภรณ์ สุทธิสา และปพิชญา นามแสง. 2560. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียจากผิวใบมะเขือเทศในการควบคุมเชื้อรา *Stemphylium* sp. สาเหตุโรคใบจุดสีเทา. วารสารวิทยาศาสตร์บรูพา 22 (ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้ง ที่ 9 : 72-83

วาสนา ณ ฝน. 2550. ผลของกรดซิตริก กรดแอสคอรบิค และแคลเซียมคลอไรดตอการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. วารสารเกษตรนเรศวร 10(1) :156-173

สมศิริ แสงโชติ, รัติยา พงศ์พิสุทธา และรัตตา อเนกรนโชติ. 2543. การควบคุมโคผลเน่าของทุเรียนแบบผสมผสาน. Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

สมศิริ แสงโชติ. 2559. โรคพืชที่สำคัญต่อการผลิตและการส่งออกทุเรียน. เกษตรอภิรมย์ 2(9): 49-52

Adetumbi MA, Javor GT and Lau BHS. 1986. *Allium sativum* (garlic) inhibits lipid synthesis by *Candida albicans*. Antimicrob. Agents. Chemother 30: 499-501.

AsianLii. 1992. Law of the People's Republic of China on the Entry and Exit Animal and Plant Quarantine. Article 17

Alves, A., P.W. Crous, A. Correia, and A.J.L. Phillips. 2008. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. Fungal Diversity 28: 1-13

Ref. code: 25656309034590LUF

Asgar Ali , Mehdi Maqbool, Peter G. Alderson, Noosheen Zahid .2013. Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. Postharvest Biology and Technology.Volume 76: 119-124

Bora, K.S., Arora, S., and Shri, R. 2011. Role of *Ocimum basilicum* L. in prevention of ischemia and reperfusion-induced cerebral damage and motor dysfunctions in mice brain. Journal of Ethnopharmacology. 137: 1360-1365

Bitencourt, R.G., Possasl, A.M.M., Camillotoll, G.P., Cruzll, R.S., Otoni, C.G. and Soares, N.F.F. 2014. Antimicrobial and aromatic edible coating on fresh-cut pineapple preservation. Ciencia Rural 44: 1119-1125

Corzo-Martinez ,M., N. Corzo, and M. Villamiel . 2007. Biological properties of onions and garlic. Trends. Food Sci. Tech 18: 609-625

Deans and S.G. 1991. Evaluation of antimicrobial activity of essential (volatile) oils. *In* : Linskens, H.F. and J.F. Jackson (Ed.) Essential oils and waxes. Springer-Verlag. Germany 33

Dhall, R. K. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53(5): 435-450

Gilbert, G.S., Handelsman, J., and Parke J.L. 1990. Role of ammonia and calcium in lysis of zoospores of *Phytophthora cactorum* by *Bacillus cereus* strain UW85. Exp. Mycol.14:1-8

Ghannoum MA. 1988. Studies on the anticandicidal mode of action of *Allium sativum* (garlic). J. Gen. Microbiol 134: 2917-2924

Gupta N, Porter TD. 2001. Garlic and garlic-derived compounds inhibit human squalene monooxygenase. J. Nutr 131: 1662-1667

Hammer, K.A., C.F. Carson and T.V. Riley. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. Journal of Applied Microbiology 86(6): 985-990

Josipa Vukoja , Ivana Buljeta, Anita Pichler, Josip Šimunovi´c and Mirela Kopjar. 2020. Formulation and Stability of Cellulose-Based Delivery Systems of Raspberry Phenolics. *Processes* 9(90) https://doi.org/10.3390/pr9010090

Ref. code: 25656309034590LUF

K. Karimi, J., B. H., B. Bahra. 2012. Evaluation of biocontrol potential of *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. against *Fusarium* wilt of chickpea. Australian Journal of Crop Science 6(4): 695-703

Lim, T.K. and L.G. Chan. 1986. Fruit rot of durian caused by *Phytophthora palmivora*. Pertanika 9: 269-276.

Lewis, J.A. and G.C. Papavizas. 1974. Effect of volatiles from decomposing plant tissues on pigmentation, growth and survival of *Rhizoctonia solani*. Soil Sci. 118: 156-163

Mckeen, C.D., C.C. Reilly and P.L. Pusey. 1986. Production and partial characterization of antifungal substances antagonistic to *Monilinia fructicola* from *Bacillus subtilis*. Ecology and Epidermiology 76: 136-139

Moghaddam, M.N., Karamoddin, M.-A.K., and Ramezani, M. 2009. In vitro anti-bacterial activity of sweet basil fractions against Helicobacter pylori. Journal of Biological Sciences 9(3): 276-279

Niranjan, R. S., Chaluvaraju, G., Amruthesh, K.N., and Shetty, H.S. 2003. Induction of growth promotion and resistance against downy mildew on pearl millet (Pennisetum glaucum) by *Rhizobacteria*. Plant Disease. 87: 380-384

Qiang Huang, Chunpeng Wan, Yajie Zhang, Chuying Chen and Jinyin Chen. 2021. Gum Arabic Edible Coating Reduces Postharvest Decay and Alleviates Nutritional Quality Deterioration of Ponkan Fruit During Cold Storage .original research article

Rytter, J.L., Lukezic, L., Craig, R., and Moorman, G.W. 1989. Biological control of geranium rust by *Bacillus subtilis*. Phytopathol. 79: 367-370

Ribeiro A. Marisa, Berta N. Estevinho and Fernando Rocha. 2020. Edible Films Prepared with Different Biopolymers, Containing Polyphenols Extracted from Elderberry (*Sambucus Nigra* L.) to Protect Food Products and to Improve Food Functionality. Food and Bioprocess Technology. doi: 10. 1007/ s11947- 020-02516-8

Ref. code: 25656309034590LUF

Sónia Pedreiro, Artur Figueirinha, Ana Sanches Silva and Fernando Ramos. 2021. Bioactive Edible Films and Coatings Based in Gums and Starch: Phenolic Enrichment and Foods Application. Coatings 11(1393) https://doi.org/10.3390/coatings11111393

Samira Kharchoufi, Lucia Parafati, Fabio Licciardello, Giuseppe Muratore, Mokthar Hamdi, Gabriella Cirvilleri, Cristina Restuccia. 2018. Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce Penicillium digitatum postharvest decay of oranges. Food Microbiology doi: 10.1016/j.fm.2018.03.011

Sunčica, G., J., I. Tanackov and D. Tuco. 2011. Antifungal activities of basil (*Ocimum basilicum* L.) extract on *Fusarium* species. African Journal of Biotechnology 10(50): 10188-10195

Tatenda Gift Kawhena, Alemayehu Ambaw Tsige, Umezuruike Linus Opara, and Olaniyi Amos Fawole .2020. Application of Gum Arabic and Methyl Cellulose Coatings Enriched with Thyme Oil to Maintain Quality and Extend Shelf Life of “Acco” Pomegranate Arils. Plants RESEARCH article

Ultee, A., E.P.W Kets, and E.J. Smid. 1999. Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. Applied and Environmental Microbiology 65: 4606–4610

Wilasinee Konsue, Tida Dethoup and Savitree Limtong. 2020. Biological Control of Fruit Rot and Anthracnose of Postharvest Mango by Antagonistic Yeasts from Economic Crops Leaves. Microorganisms 8(3): 317

Woo, P.C.Y., S.K.P. Lau, J.L.L. Teng, H. Tse, and K.Y. Yuen. 2008. Then and now: use of 16S rDNA gene sequencing for bacterial identification and discovery of novel bacteria in clinical microbiology laboratories. Clin. Microbiol. Infect., 14(10): 908–934

White, T.J., T. Bruns, S. Lee, and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal DNA for phylogenetics. Academic Press: 15-322

Ref. code: 25656309034590LUF

Wasna, N.P., K. Kawada, Y. Yoshida and M. Kusunoki. 1999. Effects of preharvest calcium application on postharvest quality of 'Nyoho' strawberries. J. Japan Asso. Food Preservation Science 25(2): 63-68

Yuen, L. W., W. Tianxia and A.E. Watada.1993. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. HortScience 36(6): 1091-1095.

วิทยานิพนธ์

กุสุมา สวนตะโก. 2559. ผลกระทบต่อการส่งออกทุเรียนสดจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐประชาชนจีน ภายใต้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS). วิทยานิพนธปริญญาศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 186 หน้า

ธงชัย ประจงใจ. 2555.การเจริญเติบโต คุณภาพผล และความต้านทานโรคราน้ำค้างขององุ่น ลูกผสมและการพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับยีนต้านทานโรคราน้าค้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี. 242 หน้า

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2518. ประสิทธิภาพของเครื่องเทศบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย. วิทยานิพนธปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

ปัญจมา กวางติ๊ด. 2546. การจัดการโรคโคนเน่าและผลเน่าของทุเรียน (*Durio zibethinus Murr.*) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora pamivora* (Butl.) Butl. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม. 2560. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการเกิดโรคของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าและโคนเน่าของทุเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา

วิจิตรา ลีละศุภกุล. 2544. การขยายผลการใช้จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* สำหรับการควบคุมโรคไม้ผล ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคโคนและรากเน่าและกลุ่มราโรคผลเน่าของทุเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วรรณสิริ วรรณวงศ์. 2552. ผลกระทบของข้อตกลงเขตการค้าเสรีไทย-จีน ต่อปริมาณการส่งออกทุเรียนของ ไทยไปจีน. ภาคนิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

Ref. code: 25656309034590LUF

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก. 2563. ทุเรียน ราชาแห่งผลไม้ไทย ถูกใจคนต่างแดน. แหล่งข้อมูล:http://www.tpso.moc.go.th/sites/default/files/thueriiyn_240863.pdf สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564

นวลวรรณ ฟ้ารุ่งสาง. 2544. การเป็นปฏิปักษ์ของ *Bacillus* sp. สายพันธ์ DL-1 ต่อ *Xanthomonas campestris* pv. citri และ C. gloeosporioides เชื้อสาเหตุโรคบนผลส้มโอ. แหล่งข้อมูล : http://kucon.lib.ku.ac. th/Fulltext/ KC3901066.pdf. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2563

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2560. สารประกอบฟีนอล. แหล่งที่มา: https://www.foodnetworksolution.com. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2563

ผู้จัดการออนไลน์. 2562. Eden Agritech สารเคลือบธรรมชาติ ยืดอายุผักผลไม้.แหล่งข้อมูล: https://m.mgronline.com/smes/detail/9620000116848. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สารสนเทศ เศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2561. แหล่งข้อมูล http://www.oae.go.th/assetsebookcategory/38_com1/. ค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2563

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2563. โรคผลเน่าทุเรียน. แหล่งข้อมูล https://www.doa.go.th/leka/?p=3799 สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2563

สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ. 2549. กฎระเบียบการนำเข้าสินค้าผลไม้ ของประเทศคู่ค้า. แหล่งข้อมูล http://www.dft.go.th/Portals/0/ ContentManagement/Document_Mod682/TL2-91-02 กฎระเบียบการนำเข้าสินค้าผลไม้ของประเทศคู่ค้า ปี 2549 ก@25541127- 1529535575.doc ค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2563

วิลาวัลย์ คำปวน. มปป. สารเคลือบผิวสำหรับผลไม้สด. แหล่งข้อมูล:https://stri.cmu.ac.th/article ค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2563

Ref. code: 25656309034590LUF

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	รมย์นลิน จันทะวงษ์
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2562: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีการศึกษา 2563: ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามสัญญาเลขที่ ทบ 32/2563

ผลงานทางวิชาการ

รมย์นลิน จันทะวงษ์, วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2565. ฟิล์มนาโนเซลลูโลสสำหรับเคลือบเปลือกทุเรียนเพื่อเพิ่มความสามารถในการส่งออกไปยังประเทศจีน. *ใน* การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 15. วันที่ 22-24 พฤศจิกายน 2565. ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพมหานคร.

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, พรชัย หาระโคตร และ**รมย์นลิน จันทะวงษ์**. 2564. ผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของไผ่รวกหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10 (4): 416-426.

รมย์นลิน จันทะวงษ์, ไกรวิชญ์ จิตตุรงค์อาภรณ์, วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2563. การวิเคราะห์ความรุนแรงของโรคพืชโดยโปรแกรม Image J เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้การสังเกต. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 17. วันที่ 2-3 ธันวาคม 2563. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม.

Ref. code: 25656309034590LUF