

ฟิล์มเพคตินชีวภาพเสริมสมุนไพรไทยสำหรับยับยั้งเชื้อรา *Cladosporium* spp. ก่อโรคจาก การเข้าอาหารในตู้เย็น

ปภาวิน ภักดีรักษพงศ์¹, กฤติเดช ชาญศรีภิญโญ¹, ชเนตติ ศรีวิไล¹
สุธี จุกกลก^{1*}, และ อับดุลอาซิส ประสิทธิหิมะ¹

¹โรงเรียนเบตง "วีระราษฎร์ประสาน, 19 ถ.รวมวิทย์ อ.เบตง, อำเภอเบตง ยะลา ประเทศไทย 95110

* Corresponding author: gaschem4159@kbyala.ac.th , papawinpeem115@gmail.com

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของเชื้อราในอาหารที่ถูกเก็บในตู้เย็นเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร โดยเฉพาะเชื้อราในสกุล *Cladosporium* spp. ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์เชิงรุก โดยใช้ฟิล์มเพคตินจากเปลือกทุเรียนมาเป็นวัสดุพลาสติกต้นแบบ ร่วมกับสารสกัดกระเทียม (*Allium sativum*) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในสภาวะการถูกเก็บรักษาในตู้เย็น ในการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการสกัดสารจากกระเทียม และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Cladosporium* spp. ในหลอดทดลอง (in vitro) จากนั้นนำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพมาผสมกับฟิล์มเพคตินจากเปลือกทุเรียนเพื่อขึ้นรูปเป็นวัสดุต้นแบบ และประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ขนมปังเป็นอาหารจำลอง ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 7 วัน จากผลการทดลองนี้พบว่า ขนมปังที่เก็บในภาชนะที่มีฟิล์มเพคตินเสริมสารสกัดกระเทียมมีการเจริญเติบโตของเชื้อราน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยในวันที่ 7 พบปริมาณโคโลนีเพียง 25 cfu/g ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณโคโลนีสูงถึง 110 cfu/g นอกจากนี้ การแผ่กระจายของโคโลนีในชุดทดลองเกิดขึ้นช้ากว่า

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ฟิล์มเพคตินจากเปลือกทุเรียนที่เสริมสารสกัดกระเทียมมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Cladosporium* spp. และสามารถนำไปพัฒนาเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มความปลอดภัยของอาหารต่อผู้บริโภคได้

คำสำคัญ: เทอร์โมพลาสติก / สมุนไพรไทย / สารสกัดกระเทียม / การยับยั้งเชื้อรา / บรรจุภัณฑ์เชิงรุก

Pectin based film reinforced with thai herbs for inhibiting *Cladosporium* spp. Causing food spoilage in refrigerators

Papawin Pakdeerakpong¹, Krittidej Charnsripinyo¹, Chanetti Sriwilai¹

Suthee Junglok^{1*}, and Abdulaziz Prasithima¹

¹Betong Wiraratprasan School, 19 Ruamwit Road, Betong Subdistrict, Betong District, Yala Province, Thailand

*Corresponding author: gaschem4159@kbyala.ac.th, and papawinpeem115@gmail.com

Abstract

Fungal contamination in foods stored under refrigeration is a significant problem that adversely affects both food quality and safety. This issue is particularly associated with fungi belonging to the genus *Cladosporium* spp., which are recognized as major contributors to food spoilage. The objective of this study was to develop and evaluate the effectiveness of active packaging materials based on a plastic prototype derived from durian peel pectin film, reinforced with garlic (*Allium sativum*) extract possessing antifungal properties, in order to inhibit fungal growth under refrigerated storage conditions.

The research process began with the extraction of garlic and the evaluation of its antifungal activity against *Cladosporium* spp. through in vitro testing. The extract demonstrating effective antifungal activity was subsequently incorporated into durian peel pectin film to fabricate a prototype material. The performance of the developed material was assessed using bread as a model food system under refrigerated storage conditions for a period of seven days.

The experimental results revealed that bread stored in containers with pectin film reinforced with garlic extract exhibited significantly lower fungal growth compared to the control. On day 7, the fungal colony count in the treated samples was 25 cfu/g, whereas the control samples showed a substantially higher count of 110 cfu/g. Furthermore, the spread of fungal colonies in the treated samples occurred at a slower rate than in the control.

These findings indicate that durian peel pectin film reinforced with garlic extract has strong potential to inhibit the growth of *Cladosporium* spp. and can be further developed as an active food packaging material to extend shelf life and enhance food safety for consumers.

Keywords: Thermoplastic / Thai herbs / Garlic extract / Antifungal inhibition / Active packaging

1. บทนำ

การเก็บรักษาอาหารในตู้เย็นเป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อยืดอายุและคงคุณภาพของอาหาร อย่างไรก็ตาม ก็ยังพบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราในสภาวะดังกล่าว โดยมีรายงานว่าตู้เย็นในครัวเรือนจำนวนมากสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และเชื้อราได้สูงและเชื้อราสกุล *Cladosporium* spp. เป็นหนึ่งในชนิดที่พบได้บ่อยในสภาพแวดล้อมดังกล่าว [1] โดยเฉพาะ *Cladosporium* spp. ซึ่งก็สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำและเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียของอาหาร ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ลดคุณภาพ และส่งผลต่อความปลอดภัยในอาหารของผู้บริโภค [2] อีกทั้งยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหารในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภค เช่น การเกิดโรคทางเดินอาหารและปัญหาสุขภาพอื่น ๆ [3] ควบคู่ไปกับในปัจจุบัน วัสดุบรรจุภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นพลาสติก ซึ่งแม้จะมีความแข็งแรงและขึ้นรูปได้ดี แต่ยังมีข้อด้อยในการยับยั้งจุลินทรีย์ จึงมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เชิงรุก (active packaging) ที่สามารถปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา [4] โดยสารสกัดจากสมุนไพรไทย เช่น กระเทียม (*Allium sativum*) ได้รับความสนใจเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา [5]

เทคนิคจากเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุชีวภาพที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากเปลือกทุเรียนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติในการเกิดเจลและสร้างโครงข่ายพอลิเมอร์ (polymer network) ซึ่งสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ [6] นอกจากนี้ เปลือกทุเรียนยังเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพได้หลากหลาย เช่น การผลิตสารชีวพอลิเมอร์และเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรม [7] อีกทั้งยังมีรายงานว่าเปลือกทุเรียนมีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรตและพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งในการสกัดเพคตินเพื่อพัฒนาเป็นฟิล์มชีวภาพได้ [8] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าวัสดุจากเปลือกทุเรียนสามารถนำมาใช้พัฒนาเป็นวัสดุชีวภาพได้จริง [9] อีกทั้งโครงสร้างของเพคตินยังเอื้อต่อการกักเก็บและปลดปล่อยสารออกฤทธิ์อย่างค่อยเป็นค่อยไป (controlled release) ทำให้เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์เชิงรุก [10] ควบคู่ไปกับปัญหาเปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศไทย การนำมาใช้จึงช่วยเพิ่มมูลค่า ลดของเสีย และส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาฟิล์มเพคตินจากเปลือกทุเรียนเสริมสารสกัดกระเทียม เพื่อยับยั้งเชื้อรา *Cladosporium* spp. โดยประเมินทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและเพิ่มความปลอดภัยของผู้บริโภค

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพในตู้เย็นจริง

3. ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาการพัฒนาฟิล์มชีวภาพจากเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุพลาสติกต้นแบบ
2. ศึกษาผลของการเติมสารสกัดกระเทียม (*Allium sativum*) ในระดับความเข้มข้นที่กำหนดต่อการยับยั้งเชื้อรา *Cladosporium* spp.
3. ศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มเพคตินเสริมสารสกัดกระเทียมในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยใช้ขนมปังเป็นอาหารจำลอง
4. ศึกษาผลของการเก็บรักษาในสภาวะตู้เย็น (อุณหภูมิประมาณ 4 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

4. วิธีการศึกษา

4.1 รวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1: การเตรียมเพคตินจากเปลือกทุเรียน

ล้างและตัดเปลือกทุเรียน จากนั้นนำไปต้มเพื่อสกัดสาร และกรองของเหลวด้วยกระดาษกรองเพื่อคัดแยกเปลือกทุเรียนออกจากสารละลายเพคติน [8]

ขั้นตอนที่ 2: การสกัดเพคตินและสารจากผงเปลือกกระเทียม

ต้มของเหลวที่กรองแล้วร่วมกับ กรดซिटริกเพื่อสกัดสารสกัดเพคติน [14] จากนั้นผสมกับไอโซโพรพานอลในอัตราส่วน 1:2 เพื่อให้เพคตินตกตะกอน และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50–60 °C จนแห้งสนิท ก่อนนำมาบดให้เป็นผง [11] และในส่วนของเปลือกกระเทียม ล้างให้สะอาด อบแห้ง และบดจนเป็นผงละเอียด จากนั้นนำไปสกัดด้วยเอทานอล 95% เพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ[12]

ขั้นตอนที่ 3: การเตรียมและขึ้นรูปฟิล์ม

ผสมผงเพคติน สารสกัดผงเปลือกกระเทียม และน้ำกลั่น นำไปกรองอีกครั้ง เสร็จแล้วเตรียมสารเคมี ผสมสารละลายกับผงเพคตินที่อุณหภูมิ 50–60 °C เพื่อช่วยให้เกิดการละลายและการกระจายตัวของสารอย่างทั่วถึง [13] แล้วเทลงบนภาชนะเรียบเพื่อขึ้นรูปเป็นฟิล์มและปล่อยให้แห้งจนแข็งตัว [14]

ขั้นตอนที่ 4: สังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

ทำการสังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อราและบันทึกผลจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการตรวจนับจุลินทรีย์ตามวิธีมาตรฐานทางจุลชีววิทยา [9]



รูปที่ 1,2,3 ขั้นตอนการเตรียมเปลือกทุเรียน

หั่นทุเรียนเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นทำให้แห้งอย่างทั่วถึง หลังจากนั้นต้มทุเรียนที่แห้งแล้วกับกรดซिटริกเพื่อช่วยให้กระบวนการสกัดเกิดขึ้นได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 8,9 ขั้นตอนการเตรียมเปลือกกระเทียม

ทำให้เปลือกกระเทียมแห้ง จากนั้นบดให้เป็นผงละเอียด และสกัดโดยใช้เอทานอล 95% ทำการสกัดต่อไปจนกว่าแอลกอฮอล์จะระเหยหมด จากนั้นกรองสารสกัด และสารละลายที่ได้จะถูกนำไปใช้สำหรับการใช้งานขั้นต่อไป





รูปที่ 4,5 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเพคติน

กรองส่วนผสม จากนั้นเติมไฮโซโพรพานอลลงในสารกรอง ในอัตราส่วน 1:2 ต่อมา ล้างตะกอนที่เกิดขึ้นด้วยไฮโซโพรพานอลอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 6,7 ขั้นตอนการเตรียมเพคติน

ทำให้วัสดุแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมงจนแห้งสนิท จากนั้นบดให้เป็นผงละเอียด



รูปที่ 10,11 ขั้นตอนการขึ้นรูป

ละลายผงเพคตินในน้ำกลั่น จากนั้นรวมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันและกวนอย่างต่อเนื่องจนได้ส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทส่วนผสมลงในถาดและปล่อยให้แห้งโดยไม่รบกวนจนกว่าฟิล์มจะแข็งตัวสมบูรณ์



รูปที่ 12,13,14 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

ทดสอบตัวอย่างขนมปังที่มีฟิล์มชีวภาพเพคตินและไม่มีฟิล์มชีวภาพเพคติน เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพและลักษณะการเก็บรักษา

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

5.1 ผลการศึกษารูปแบบผลงานวิชาการ

ผลการศึกษาที่พบว่าฟิล์มเพคตินเสริมสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ อาจอธิบายได้จากสารออกฤทธิ์สำคัญในกระเทียม ได้แก่ อัลลิซิน (allicin) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์และเชื้อรา [12] โดยสามารถรบกวนการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของเชื้อรา ส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของเชื้อราถูกยับยั้ง และลดความสามารถในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน นอกจากนี้ อัลลิซินยังสามารถทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ ซึ่งนำไปสู่การตายของเซลล์ในที่สุด [2] กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าจำนวนโคโลนีในตัวอย่างที่มีฟิล์มเสริมสารสกัดกระเทียมเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า สารสกัดจากกระเทียมมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราและจุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อราที่พบในอาหาร ซึ่งสนับสนุนศักยภาพของการนำสารสกัดจากกระเทียมมาใช้ในบรรจุภัณฑ์เชิงรุกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร [12], [2], [5] นอกจากนี้ ยังมีรายงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารสกัดจากพืชและวัสดุชีวภาพในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต้านเชื้อรา ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษานี้ [3], [4]

5.2 ผลการศึกษาข้อมูลผลงานวิชาการในฐานข้อมูล Scopus

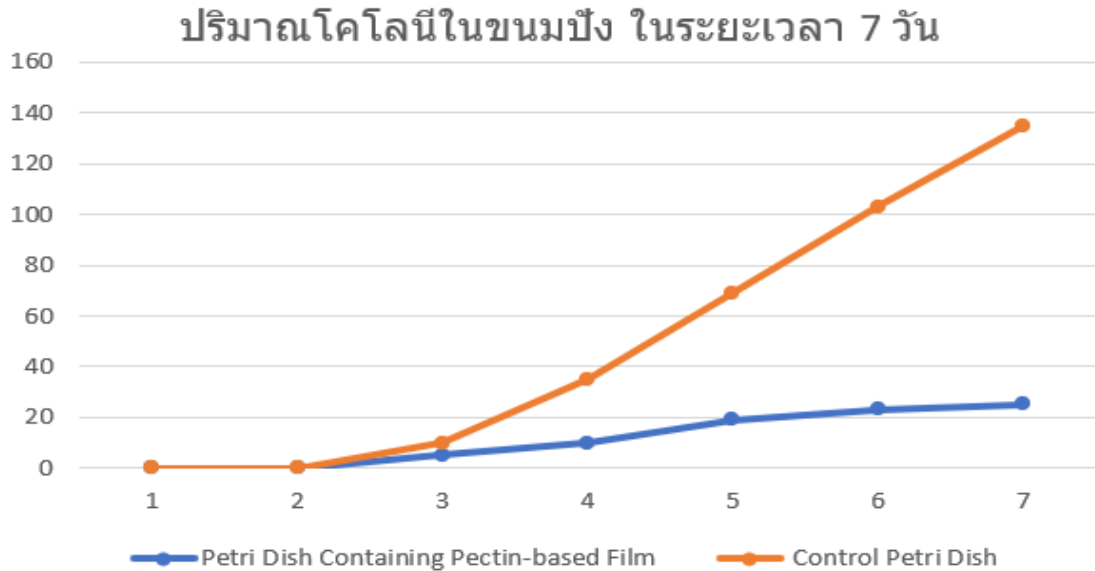
ตารางที่ 1 ปริมาณโคโลนีในขนมปัง (exponential growth) ในระยะเวลา 7 วัน

Time(days)	ปริมาณโคโลนี (cfu/g)	
	Petri Dish Containing Pectin-based Film	Control Petri Dish
1	0	0
2	0	0
3	5	5
4	10	25
5	19	50
6	23	80
7	25	110

รูปแบบการศึกษาโคโลนีของเชื้อราในขนมปัง 2 รูปแบบ เป็นเวลา 7 วัน

อ้างอิงจากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าในภาคที่มีฟิล์มเพคตินชีวภาพ การแผ่กระจายของโคโลนีเริ่มเพิ่มชัดเจนในวันที่ 5-7 ส่วนภาคที่ไม่มีฟิล์มเพคตินชีวภาพ การแผ่กระจายเกิดขึ้นมากตั้งแต่วันที่ 2 เป็นต้นไป

กราฟที่ 1 แสดงผล ปริมาณโคโลนีในขนมปัง (exponential growth) ในระยะเวลา 7 วัน



จากกราฟที่ 1 พบว่าฟิล์มเพคตินที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดปริมาณโคโลนีได้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 80% ตลอดระยะเวลา 7 วัน

6. สรุปผลการศึกษา

จากการดำเนินโครงการงานเรื่องการพัฒนาฟิล์มชีวภาพจากเพคตินเปลือกทุเรียนเสริมสารสกัดกระเทียม พบว่าสามารถนำเปลือกทุเรียนมาสกัดเป็นสารชีวพอลิเมอร์และขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มชีวภาพได้สำเร็จ โดยฟิล์มที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีความต่อเนื่องของเนื้อฟิล์ม และเมื่อเติมสารช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นจะช่วยลดการแตกร้าวและเพิ่มความเหมาะสมต่อการใช้งาน

ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพพบว่า ฟิล์มเพคตินที่เสริมสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Cladosporium* spp. ได้อย่างชัดเจน โดยตัวอย่างที่ใช้ฟิล์มดังกล่าวมีจำนวนโคโลนีของเชื้อราน้อยกว่าชุดควบคุม และมีอัตราการเพิ่มจำนวนของเชื้อราที่ช้ากว่า แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์จากกระเทียมในการยับยั้งเชื้อราในสภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็น

โดยสรุป ฟิล์มเพคตินจากเปลือกทุเรียนเสริมสารสกัดกระเทียมมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์เชิงรุกที่สามารถยับยั้งเชื้อรา ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยของผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และส่งเสริมการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bono, A., Ying, P. H., Yan, F. Y., & Muhammad, N. (2009). Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from durian rind. *Carbohydrate Polymers*, 76(2), 375–380.
- [2] Chaudhary, B. U., Lingayat, S., Banarjee, A. N., & Kale, R. D. (2021). Development of multifunctional food packaging films based on waste garlic peel extract and chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 479–490.
- [3] Ghaffar, M., Kusumaningrum, H., & Suyatma, N. (2019). Extraction of pectin from durian rind and its minimum inhibitory concentration towards *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. In Proceedings of the 2nd SEAFast International Seminar (pp. 72–76). SCITEPRESS. <https://doi.org/10.5220/0009978600002833>
- [4] Jebalsy, J., Jebastin, J., Senthil Kumar, N., & Vasantha, S. (2018). Antifungal activity of selected medicinal plants against *Cladosporium sphaerospermum*. *Journal of Mycopathological Research*, 56(2), 265–270.
- [5] Liu, J., Wang, R., & Li, R. (2020). Antifungal and antioxidant properties of essential oil from Thai herbs and its application in active packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100595.
- [6] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. (2564). การขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์และงานวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [7] จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, & ณิตติยา จันทวงษา. (2554). การศึกษาการผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกทุเรียนโดยเชื้อยีสต์เดี่ยวและเชื้อยีสต์ผสม. In การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (หน้า 242–249).
- [8] นิสวรรณ์ และคณะ. (2551). การศึกษาการสกัดเพคตินและแอลกอฮอล์จากเปลือกทุเรียน. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏ
- [9] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2549). การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจนับจุลินทรีย์ [เอกสารประกอบการวิจัย]. คลังข้อมูลดิจิทัล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [10] โรงพยาบาลกรุงเทพ. (n.d.). มะเร็งลำไส้ห่างไกลได้แค่ใส่ใจความเสี่ยง. สืบค้นจาก <https://www.bangkokhospital.com>
- [11] สมชาย, ช. (n.d.). การผลิตฟิล์มชีวภาพจาก CMC และพลาสติกไซเซอร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] สุดารัตน์ พรหมพิทักษ์, และคณะ. (2561). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของมะม่วง. *วารสารเกษตรศาสตร์*, 52(2), 245–256.
- [13] สุนันท์ พงษ์สามารถ. (2532). การศึกษาสารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนเพื่อใช้เป็นสารแขวนตะกอน. *จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.
- [14] สุนันท์ วิทิตสิริ. (2557). การสกัดและการประยุกต์ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียน. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 13(2), 25–37.