

การพัฒนาถ่บรจุณท์ชีวภาพจากฟางข้าวและสารสกัดจากบัวบกเพื่อ
เพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียของอาหาร

Bioplastic Development from Rice Straw and Flavonoids Extracted from *Centella asiatica* for the Inhibition of *Escherichia coli* Responsible for Food Spoilage

ญานิศา คงนอก¹ และภัทรลภา ทิพย์โชน¹

คุณครูที่ปรึกษา: นายเกียรติศักดิ์¹ บุตรสุด และนายศิริส บัวเรียน¹

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัยบุรีรัมย์ 299 หมู่ 2 ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ 31150

*Email: 467PatlapaThippoach@pcshsbr.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากฟางข้าว การสกัดสารสกัดจากบัวบก และการประเมินคุณสมบัติของถ่บรจุณท์ชีวภาพที่เคลือบด้วยสารสกัดบัวบกในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารโดยเฉพาะเนื้อสด โดยนำฟางข้าวแห้ง และแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% ปริมาตร 200 มิลลิลิตรนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อชะล้างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากนั้นทำให้แห้ง เพื่อให้ได้เซลลูโลส และสกัดสารสกัดจากบัวบก ใช้ใบสดบดบดในเอทานอล 70% (อัตราส่วน 1:5 w/v) กวนต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง กรองและระเหยตัวทำละลายด้วย rotary evaporator ที่ 45 °C จนได้สารสกัดเข้มข้น จากนั้นขึ้นรูปถ่บรจุณท์ชีวภาพใช้แป้งมันสำปะหลังและเซลลูโลส (อัตราส่วน 60:40 w/w จากนั้นเตรียมสารเคลือบโดยใช้เจลาติน 10% (w/v) ผสมกับสารสกัดบัวบกที่ความเข้มข้น 0%, 25%, 50% และ 75% (v/v) เคลือบถ่บรจุณท์ชีวภาพและทำให้แห้ง ประเมินคุณสมบัติของถ่บรจุณท์ชีวภาพโดยการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* แบบเลี้ยงบนจานเพาะเชื้อโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงยับยั้งเชื้อ (inhibition zone) การทดสอบการย่อยสลายในดินโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและโครงสร้างทุก 10 วัน จนครบ 30 วัน และการวัดสมบัติเชิงกลโดยการทดสอบความทนต่อแรงดึง โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นถ่บรจุณท์ถนอมอาหารที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนตามหลัก SDGs เป้าหมายที่ 9 และ 12 สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้

คำสำคัญ: พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics); สารสกัดบัวบก (*Centella Asiatica Extract*); เซลลูโลส (cellulose); *Escherichia coli* (E. coli)

บทนำ

การบริโภคอาหารสดและอาหารแปรรูปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ปัญหาการเน่าเสียของอาหารและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะ *Escherichia coli* ยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคขณะเดียวกันปัญหาขยะพลาสติกจากบรรจุภัณฑ์อาหารกำลังทวีความรุนแรง

โดยมีรายงานว่าเกือบครึ่งหนึ่งของขยะมูลฝอยทั่วโลกมาจากบรรจุภัณฑ์อาหาร และมีการผลิตพลาสติกมากกว่า 140 ล้านตันต่อปี (Business Waste, 2023; Foodprint, 2023) จึงเกิดการพัฒนารวจุณท์ที่ทั้งสามารถยืดอายุอาหาร ลดความเสี่ยงจากจุลินทรีย์ และลดขยะพลาสติกไปพร้อมกัน

บัวบก (*Centella asiatica*) เป็นพืชสมุนไพรที่



มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* ได้ (Srivastava et al., 2023; Rahman et al., 2024) มาใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ชีวภาพในการเพิ่มคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์

ฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีเซลลูโลสพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ย่อยสลายได้ ช่วยเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้ทรัพยากรเหลือใช้

ดังนั้น โครงการนี้จึงมุ่งพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากฟางข้าว โดยเคลือบด้วยสารสกัดจากบัวบก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และการชะลอการเน่าเสียของอาหารโดยเฉพาะเนื้อสด เป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs)

วิธีการดำเนินวิจัย

ตอนที่ 1 เตรียมฟางข้าวและบัวบกที่ได้จากแหล่งเกษตรกรรมนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อชะล้างสิ่งปนเปื้อนออก นำบัวบกมาบดหยาบเพื่อนำไปแช่เอทานอลสำหรับการสกัดสารสกัดจากบัวบกต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณการสกัดเซลลูโลสโดย นำฟางข้าวแห้ง 20 กรัม ต้มฟางและเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 4% w/v ให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อล้าง NaOH ออกจนหมดและนำไปอบเพื่อลดละอองต่อไป

ตอนที่ 3 ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์โดยเตรียมส่วนผสมโดยใช้แป้งมันสำปะหลังกับผงเซลลูโลส อัตราส่วน 60:40 w/w เติมน้ำกลีเซอรอล 3 กรัม และกรดซิตริก 0.5 กรัม เติมน้ำกลั่นจนผสมจนเนียนจากนั้นเทส่วนผสมลงในพิมพ์มาตรฐานทั้งหมด 4 อันจากนั้นนำพิมพ์ที่บรรจุส่วนผสมไปอบในเครื่องอบลมร้อนที่ 60 °C จนแข็งตัวและไม่เสียรูป

ตอนที่ 4 ทดสอบลักษณะทางกายภาพตรวจสอบลักษณะภายนอกของกล่องบรรจุภัณฑ์ชีวภาพหลังจากนั้นวัดขนาดของกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยเวอร์เนีย ไมโครมิเตอร์ เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอโดยทดสอบแรงดึง UTM test

standard ASTM D 822 บันทึกค่าแรงสูงสุดที่กล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้ประเมินสมบัติเชิงกลและบันทึกผล

ตอนที่ 5 แช่บัวบกเอทานอล 70% v/v อัตราส่วน 1:5 w/v เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองและนำสารละลายไประเหยเอาเอทานอลด้วย Rotary Evaporator ที่ 45 °C และระเหยน้ำด้วย Water Bath ที่ 45 °C จนได้สารสกัดเข้มข้น เก็บในขวดแก้วสีขาปิดฝาแน่นเก็บที่ 4 °C

ตอนที่ 6 ประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากบัวบก โดยใช้วิธี DPPH assay นำสารสกัดจากบัวบกเจือจางด้วยเมทานอล และใช้ในการเตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 10, 25, 50, 100 และ 200 µg/mL เตรียมสารละลาย DPPH ละลายในเมทานอลให้ได้ความเข้มข้น 0.1 mM เตรียมสารในหลอดโดยสารสกัดจากบัวบกแต่ละความเข้มข้น กับสารละลาย DPPH ให้มีปริมาตรรวมต่อหลอดเท่ากับ 4.0 mL เขย่าให้เข้ากันชุดควบคุมเตรียมโดยผสมสาร DPPH กับเมทานอลในปริมาตรเท่ากันและชุด sample blank เตรียมโดยผสมสารสกัดจากบัวบกกับเมทานอลนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโน เพื่อคำนวณ % DPPH inhibition มีสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

ตอนที่ 7 เคลือบสารสกัดจากบัวบก เตรียมสารเคลือบโดยละลายเจลาตินชนิดอาหาร 10% w/v ในน้ำให้ความร้อนผสมสารสกัดบัวบกเข้มข้นในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 0% , 25%, 50% และ 75% (v/v) และนำบรรจุภัณฑ์มาเคลือบ

ตอนที่ 8 เพาะเลี้ยง *E. coli* ในอาหารเหลว Nutrient broth นำไปวัดความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ 600 นาโนเมตร ให้มีค่า absorbance อยู่ระหว่าง 0.03-0.3 ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียวิธี Agar disc diffusion เตรียมอาหารแข็ง NA ชุบแบคทีเรีย swab บนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar จากนั้นวางแผ่น paper disc ลงบน NA หยดสารสกัดลงบนแผ่น paper disc ความเข้มข้นของสารสกัดที่ 25% 50% 75% 100% บ่มเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง แล้ววัดบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) โดยใช้เวอร์เนียวัดและบันทึกผล



ตอนที่ 9 ทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายซังน้ำหนักรบรจุณชีวะภาพเริ่มต้น (W_0) ผึ่งในกล่องปลูกที่มีดินสะอาด มีความชื้นที่ 73.04 % เก็บตัวอย่างทุกๆ 10 วันเป็นเวลา 30 วันชดถ่วงบรจุณชีวะภาพที่ตากให้แห้งในเครื่องอบที่ 60 °C ซังน้ำหนักรบรจุณชีวะภาพ (W_t) ประเมินการย่อยสลายทางกายภาพ มีสมการ ดังนี้

$$\text{Mass loss(\%)} = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100$$

ผลการทดลอง

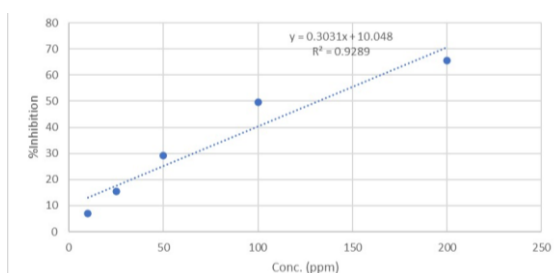
ตารางที่ 1 ทดสอบลักษณะทางกายภาพ และเชิงกล

การทดสอบ (ครั้ง)	ลักษณะทางกายภาพ	ความหนา (mm)	ความเค้นที่จุดขาด (MPa)	Yong modulus (MPa)	R ²
1	ขรุขระ	0.67	4.46	329	0.99591
2	ขรุขระ	0.64	0.561	233	0.99217
3	ขรุขระ	0.66	2.81	236	0.99524

ตาราง 2 ประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระ

ความเข้มข้น (μg/mg)	ค่าดูดกลืนแสง (Abs)	%Inhibition
10	0.902	7.05
25	0.820	15.5
50	0.687	29.22
100	0.490	49.5
200	0.333	65.65

กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นกับ % inhibition



ผลการทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E. coli* พบว่าความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (zone of inhibition) เท่ากับ 15, 16.2, 23.2 และ 27 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะเป็นวงใสทั้งหมด ขณะที่ชุดควบคุมและน้ำกลั่นไม่

พบการยับยั้งเชื้อ 0 มิลลิเมตรส่วนสารมาตรฐาน

Ampicillin ให้ขนาดวงยับยั้งอยู่ในช่วง 32–32.5 มิลลิเมตร สารสกัดมีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้อย่างมีประสิทธิภาพในลักษณะขึ้นกับความเข้มข้นของสารสกัด

ผลการทดลองที่ 4 การย่อยสลายทางชีวภาพ

ตอนที่ 4.1 จากการทดลองการย่อยสลายทางชีวภาพของบรจุณชีวะภาพที่ไม่เคลือบสาร พบว่ามีการย่อยสลายโดยตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.26 g ลดลงเหลือ 0.06 g ภายใน 10 วัน และไม่พบมวลคงเหลือในวันที่ 20 และ 30 ตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.25 g ลดลงเหลือ 0.05 g ในวันที่ 10 และลดลงเป็น 0.00 g ในวันที่ 20 และ 30 ขณะที่ตัวอย่างที่ 3 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.29 g ลดลงเหลือ 0.06 g ภายใน 10 วัน และไม่พบมวลคงเหลือในวันที่ 20 และ 30 โดยทุกตัวอย่างมีค่า mass loss เท่ากับ 100% แสดงให้เห็นว่าบรจุณชีวะภาพสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ภายในระยะเวลาไม่เกิน 20 วัน

ตอนที่ 4.2 จากการทดสอบบรจุณชีวะภาพที่มีสารเคลือบพบว่าบรจุณชีวะภาพสามารถย่อยสลายได้โดยตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.29 g ลดลงเหลือ 0.03 g ภายใน 10 วันและไม่พบมวลคงเหลือในวันที่ 20 และ 30 ตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.28 g ลดลงเหลือ 0.04 g ในวันที่ 10 และลดลงเป็น 0.00 g ในวันที่ 20 และ 30 ส่วนตัวอย่างที่ 3 มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.28 g ลดลงเหลือ 0.05 g ในวันที่ 10 และไม่พบมวลคงเหลือหลังจากวันที่ 20 เป็นต้นไป โดยทุกตัวอย่างมีค่า mass loss เท่ากับ 100% แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบไม่มีผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพของบรจุณชีวะภาพและบรจุณชีวะภาพยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

สรุปผล

จากผลการทดลองบรจุณชีวะภาพจากเซลลูโลสฟางข้าวสามารถขึ้นรูปเป็นโครงสร้างแข็งคงรูป ไม่เปราะแตกง่ายและมีสมบัติเชิงกลความเค้นที่จุดขาด 0.56–4.46 MPa, Young's modulus 233–329 MPa, $R^2 > 0.99$ สะท้อนถึงโครงข่ายพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีเสถียรภาพ วัสดุสามารถย่อยสลายในดินได้ภายใน 30 วัน



แม้มีการเคลือบผิวก็ไม่กระทบต่อการย่อยสลายในระยะยาว แสดงศักยภาพของการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและพร้อมต่อการพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมสารสกัดจากใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล 70% แสดงสมบัติทางชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทั้งด้านการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* โดยผลการทดสอบ DPPH assay และ disc diffusion แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับประสิทธิภาพทางชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมีของบัวบกที่อุดมด้วยสารฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีบทบาทในการลดกระบวนการออกซิเดชันและรบกวนการทำงานของโครงสร้างเซลล์แบคทีเรีย

โดยสรุปสารสกัดจากบัวบกมีศักยภาพเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในระบบบรรจุภัณฑ์เชิงหน้าที่เพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพและลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการและแนวทางการพัฒนาวัตกรรมอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง การพัฒนากล่องบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากฟางข้าวและสารสกัดจากบัวบกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียของอาหาร สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือคำแนะนำและคำปรึกษาในด้านต่างๆตลอดจนได้รับกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ คุณครูเกียรติศักดิ์ บุตรสุด และคุณครูศิริส บัวเรียน ครูที่ปรึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาและสิ่งแวดล้อม ครูที่ปรึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยบุรีรัมย์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำความรู้ และความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณครูกานพพงศ์ ปราบหนองบัว และคุณครูณัฐ อาจพลไทย พนักงานวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยบุรีรัมย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาคำแนะนำช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ ดร.ศักดิ์อนันต์ อนันตสุข ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยบุรีรัมย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ผู้เป็นที่รัก ที่ให้การสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจความเข้าใจมาโดยตลอด ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้โครงการฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณสิทธิ์ ศิริลักษณ์ และ คำเจริญ เอกรัฐ.

(2567).สารพฤกษเคมี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดยอดและลำต้นของบัวบกโขด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัย*, 9(3), 52–59.สืบค้นจาก

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/yr_u_jst/article/view/262585

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/yr_u_jst/article/view/262585

จินตกาญจน์ จุลทัศน์, นลินนิภา รัตนประเสริฐ, พิตะวัน แสนขัน, วิไลวรรณ สิมเชื้อ และ ปิยะนุช เหลืองงาม.

(2566).การทดลองการต้านอนุมูลอิสระของใบบัวบก.ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเลย วิชาการครั้งที่ 9 “งานวิจัยเชิงพื้นที่เพื่อยกระดับเศรษฐกิจมูลค่าสูงของชุมชน”, วันที่ 22 มีนาคม 2566.สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

ชินสาร, ส. & ชินสาร, ก. (2558). รายงานวิจัยฉบับ

สมบูรณ์: การสกัดและใช้ประโยชน์เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากกากมะพร้าวเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและการสร้างตัวแบบ



เพื่อการพยากรณ์การถ่ายเทมวลสารระหว่างการ

ทอด. มหาวิทยาลัยบูรพา. สืบค้นจาก

<https://buuir.buu.ac.th/bitstream>

1234567890/1649/1/2559_051.pdf

ดวงใจ จันทรา, และ อรอนงค์ พรหมมา. (2562). การใช้

เซลล์โลสจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการ

พัฒนาบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้. *วารสารวิจัยและ*

พัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ.

บุญยืน สงวนวงศ์, ณ นคร ประเสริฐ, & ศากยวงศ์ นิธิ.

(2559).ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์

ทั้งหมดของสารสกัดพืชทางนกยูง. *Thai*

Journal of Science and Technology, 5(1),

20–28.

พะวงศ์รัตน์, ร. (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้ง

ทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส /

Pretreatment processes for enhancing the

efficiency of ethanol production from

lignocellulosic-agricultural wastes. *วารสาร*

Veridian E-Journal Science and Technology,

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัย

ศิลปากร.สืบค้นจาก [https://ph01.tci-](https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/)

[thaijo.org/index.php/](https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/)

VESTSU/article/view/35649

ภักดีสิทธิฤทธิ์ กวิน. (2565). การพัฒนากระบวนการผลิต

กระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางกลและชีวภาพ

Journal of Engineering and

Industrial Technology, Kalasin University,

3(1), 1–15.

สุกัญญา จันทร์สุนะ, เจริญทรัพย์ ลาภผล, จิระเกียรติกุล

ยุทธนา, & ทาระโคตร พิมพิไล. (2563). ผลของ

อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่อปริมาณ

สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูล

อิสระของใบบัวบก. *Thai Science and*

Technology Journal, 28(12), 2270–2278.

อุไรวรรณ ศรีพนา, รัตนา งามอภิญา, อัญญุโพธิ์ สุภาวดี,

ข้าคมเขตต์ ปริ้มมาลา, & ภูทองขาว ปิยะนุช.

(2567). ประสิทธิภาพของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

จากต้นสักซีต่อการต้านเชื้อ *Escherichia coli*

TISTR 527. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด:*

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(3), 23–31.

Chollakup, R., Kongtud, W., Sukatta, U.,

Premchookiat, M., Piriyaatits, K.,

Nimitkeatkai, H., &

Jarerat, A. (2021). Eco-friendly rice straw

paper coated with longan (*Dimocarpus*

longan) peel extract as bio-based and

antibacterial packaging. *Polymers*, 13(18),

3096.

Hamid, M. E., Alamri, F., Abdelrahim, I. M., et al.

(2024). Effects of antimicrobial flavonoids

against representative bacteria and fungi:

A review of the literature. *Cureus*, 16(6),

e62765.