แบบสรุปผู้บริหาร

Executive Summary

---

1. รายละเอียดเกี่ยวกับแผนงานวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง

(ภาษาไทย) โครงการฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ

(ภาษาอังกฤษ) Functional Biodegradable Film from Natural Polymers

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล (ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย, หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2)

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5518 โทรสาร 0 2254 4314

อ.ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช (หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1)

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314

รศ.ดร.อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ (หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3)

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5516 โทรสาร 0 2254 4314

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314

ผศ.ดร.รมณี สงวนดีกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314

ผศ.ดร.พาสวดี ประทีปะเสน

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5516 โทรสาร 0 2254 4314

ผศ.ดร.ชื่นจิต ประกิตชัยพัฒนา

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน

กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314

อ.ดร.นุจรินทร์ เหลืองสะอาด

ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

โทรศัพท์ 0 2470 8572 โทรสาร 0 2470 8571

ผศ.ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม

โทรศัพท์ 0 4375 4316 โทรสาร 0 4375 4316

ผศ.ดร.ละมุล วิเศษ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม

โทรศัพท์ 0 4375 4316 โทรสาร 0 4375 4316

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2555 งบประมาณที่ได้รับ 2,308,000.00 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ สิงหาคม 2555 ถึง พฤษภาคม 2557

2. สรุปโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการผลิตอาหาร ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความปลอดภัย โดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัย ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพและรสชาติที่ดีของผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัย รวมทั้งสามารถยืดอายุการเก็บของอาหารได้ จะช่วยเพิ่มมูลค่าและยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารของประเทศให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ และจากกระแสการรณรงค์เรื่องสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสนใจในวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติและสลายตัวได้โดยวิธีทางธรรมชาติมากขึ้น จึงหันมาใช้กระดาษ และ/หรือฟิล์มที่บริโภคหรือย่อยสลายได้ เพื่อลดการใช้พลาสติก นอกจากนี้ปัญหาของปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะที่ย่อยสลายไม่ได้มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อทดแทนวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุปิโตรเลียม จึงเป็นทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว นอกจากความสำคัญในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว การผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การเติมวัตถุเจือปนที่มีหน้าที่เฉพาะในบรรจุภัณฑ์ย่อย

สลายได้นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ด้วย

แผนงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (2) เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (3) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัยของแผนงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน โดยในส่วนที่ 1 - โครงการ ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล จะเป็นการนำโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดมาใช้เพื่อขึ้นรูปฟิล์มที่บริโภคได้ แต่เนื่องจากฟิล์มโปรตีนมักมีข้อด้อยในเรื่องสมบัติเชิงกลและการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ จึงนำฟิล์มมาปรับปรุงสมบัติดังกล่าว โดยการเติมลิพิดและการบ่มร้อน โดยศึกษาชนิดและความเข้มข้นของลิพิด, อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มสารละลายฟิล์มให้ร้อนต่อสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เลือกฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่มีสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลที่ดีเพื่อนำมาใช้ต่อไป จากนั้นในส่วนที่ 2 – โครงการไมโครเอนแคปซูเลชันของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ เป็นการพัฒนาสารที่มีหน้าที่เฉพาะในรูปของไมโครแคปซูล และ ไลโพโซม โดยศึกษาวิธีการเอนแคปซูเลชันของสารสกัดจากสัตว์และพืชที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ เพื่อมาใช้ขึ้นรูปร่วมกับฟิล์มย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อให้ฟิล์มนั้นมีสมบัติที่มีหน้าที่เฉพาะ นอกเหนือจากหน้าที่ในการปกป้องอาหาร ได้ฟิล์มที่มีความหลากหลายและจำเพาะเจาะจงต่อการใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยมีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น 3 ผลิตภัณฑ์ด้วยกันดังนี้ (1) ไฮโดรไลเสทจากโครงปลานิล (2) ไลโพโซมน้ำมันสาระแหน่ (3) ไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อน เลือกผลิตภัณฑ์ไมโครแคปซูลที่มีสมบัติที่ดีเพื่อใช้ขึ้นรูปร่วมกับฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลแล้ว สำหรับส่วนที่ 3 – โครงการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เป็นการนำฟิล์มมาใช้ร่วมกับกระดาษเพื่อเพิ่มความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์ โดยลองศึกษาต้นแบบของฟิล์มไคโตซานที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (อบเชย) เคลือบบนกระดาษ โดยศึกษาวิธีการเตรียมสารละลายฟิล์ม ชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ที่เหมาะสม และสัดส่วนการเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (อบเชย) ในฟิล์มที่ยังคงให้ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลายฟิล์มไคโตซาน และไคโตซานที่มีการเติม CBO สามารถนำมาเคลือบบนกระดาษคราฟท์ โดยทำให้ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นกระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น

ผลการวิจัยของแผนงานได้พัฒนาพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติเบื้องต้น 2 ผลิตภัณฑ์ (ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัดผสมสารต้านออกซิเดชั่นจากใบหม่อนใช้สำหรับห่อหุ้มอาหารสดและกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ) เพื่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และได้แนวทางในการใช้ประโยชน์จากนำวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร (โครงปลานิลและใบหม่อน) มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เป็นไมโครแคปซูล

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 2 ผลิตภัณฑ์ รวมถึงไลโพโซมน้ำมันสาระแหน่ อีก 1 ผลิตภัณฑ์ และสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพโดยการปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 1 กระบวนการ

จากการดำเนินแผนงานวิจัยนี้พบว่าสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้และเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารจากสัตว์และพืช เช่น โครงปลานิล ใบหม่อน หรือส่วนต่างๆ ของพืช ที่สามารถสกัดสารที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชัน หรือ ต้านจุลินทรีย์ มาใช้ประโยชน์ร่วมกับฟิล์มที่ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติที่อาจได้จากวัสดุเหลือใช้และเหลือทิ้งเช่นกัน เช่น ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองสกัด หรือ ฟิล์มไคโตซาน ให้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะ สามารถนำไปใช้ยืดอายุการเก็บของอาหาร หรือ เพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารในด้านโภชนาการและลักษณะปรากฏได้ แต่ยังต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องความเสถียรของฟิล์มในระหว่างการเก็บรักษา อายุการเก็บของฟิล์ม และกระบวนการอบแห้งฟิล์ม ซึ่งต้องไม่ทำลายสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ที่หน้าที่เฉพาะในฟิล์มนั้น ในแผนงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติขึ้นมา แต่ยังต้องศึกษาสภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมของฟิล์มแต่ละชนิดต่อไป ผลงานวิจัยที่ได้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้ประกอบการทางด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร หรือ ผู้ผลิตวัตถุดิบทางด้านอาหารและเกษตรที่มีวัสดุเหลือใช้และเหลือทิ้งได้พิจารณาและนำวัสดุเหล่านั้นมาแปรสภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าได้

3. บทคัดย่อ/abstract

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมจากบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสนใจในวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติและสลายตัวได้โดยวิธีทางธรรมชาติมากขึ้น มีการหันมาใช้กระดาษ และ/หรือฟิล์มย่อยสลายได้ ลดการใช้พลาสติกมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อทดแทนวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุปิโตรเลียม จึงเป็นทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว นอกจากความสำคัญในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว การผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การเติมวัตถุเจือปนที่มีหน้าที่เฉพาะในบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ด้วย แผนงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 โครงการย่อยดังนี้ (1) ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล (2) ไมโครเอนแคปซูเลชันของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ (3) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลการวิจัยจากโครงการที่ 1 พบว่าสามารถปรับปรุง

สมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง โดย เติมน้ำมันเมล็ดในปาล์มไฮโดรจีเนตเข้มข้น 20% มาปรับปรุงสมบัติเชิงกลโดยการบ่มสารละลายฟิล์มด้วยความร้อน (Heat curing of film-forming solution) ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 60 นาที ส่งผลให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวถึงจุดขาดสูงที่สุด แต่มีผลให้สมบัติความไม่ชอบน้ำของฟิล์มด้อยลง สำหรับโครงการที่ 2 สามารถผลิตไมโครแคปซูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชและสัตว์ ได้ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ไฮโดรไลเสทจากโครงปลานิล โดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ โครงปลานิลที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบแห้งโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยมีอัตราการไหลของอากาศ ภายในเครื่องทำแห้งคงที่ 30%, ค่า aspiration เท่ากับ 100, อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 °C, อุณหภูมิลมร้อนขาออกอยู่ในช่วง 80-90°C, Feed rate 30% (7 มิลลิลิตรต่อนาที) ใช้ maltodextrin (10% DE) ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ 2 ไลโพโซมน้ำมันสาระแหน่ พบว่า การแปรชนิดและปริมาณตัวทำอิมัลชันสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบต่างกันและความสามารถในการกักเก็บน้ำมันสะระแหน่ในปริมาณที่ต่างกัน การที่ผลิตภัณฑ์มีขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของน้ำมันสะระแหน่ต่างกันทำให้ออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียต่างกัน เมื่อนำมาขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ แต่สมบัติเชิงกลของฟิล์มและการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มต้องมีการปรับปรุงต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ 3 ไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อนเพื่อให้ได้ไมโครแคปซูลที่สามารถกักเก็บสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง คือ อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทรินเท่ากับ 3:1 ปริมาณสารสกัดจากใบหม่อนที่สกัดจากเอทานอล 60%ต่อปริมาณสารเคลือบเท่ากับ 30% และอุณหภูมิอากาศขาเข้าเท่ากับ 180 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนปรับบรรยากาศที่ใช้สำหรับอบแห้งฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ ในโครงการที่ 3 ผลิตบรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าการเติมน้ำมันเปลือกอบเชยลงในฟิล์มไคโตซานจะทำให้คุณสมบัติทางกลของฟิล์มดีขึ้น คือมีความแข็งแรงมากขึ้น และสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น โดยคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำมันเปลือกอบเชยที่เติมลงในฟิล์ม และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในฟิล์มไคโตซานคือ 150 µl/g chitosan เนื่องจากฟิล์มที่ได้ มีค่า tensile strength สูงขึ้น ค่า WVTR ลดลง และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าฟิล์มไคโตซาน ทำให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลายฟิล์มไคโตซาน และไคโตซานที่มีการเติม CBO สามารถนำมาเคลือบบนกระดาษคราฟท์ โดยทำให้ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นกระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น จึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

Due to environmental problems caused by plastic packaging and increased awareness of the environment among the public, consumers nowadays pay more

attention to natural biodegradable packaging materials. Consumers now tend to use more paper or biodegradable materials and less plastic. Therefore, the development of biodegradable materials from biopolymers is an alternative option that can replace petroleum packaging materials, which can help in solving environmental problems. Apart from environmental conservation, the production of biodegradable materials from natural polymers adds value to agricultural products, especially agricultural waste. Adding functional additives into biodegradable packaging can prolong product shelf-life and preserve quality as well as safety. This research project is aimed at developing high performance functional packaging from natural polymer by using agricultural waste as well as improving the process of making functional biodegradable film. There are three sub-projects, namely; (1) Soy protein-based films: improvement of water vapor barrier and mechanical properties; (2) Microencapsulation of bioactive compounds for use in functional films; and (3) Active packaging from bioactive compound-incorporated chitosan film-coated paper.

The results from the first project showed that the mechanical properties and water vapor permeability of soy protein-based film can be improved by adding 20% hydrogenated palm kernel oil and curing of film-forming solution at 70 $^{\circ}$C for 60 min, which resulted in a film with the greatest tensile strength and elongation at break. However, heat curing of film-forming solution caused a decrease in the film hydrophobicity, as evidenced by the increased water vapor permeability and water solubility, and the decreased contact angle.

The second project was aimed at producing bioactive compounds extracted from animal and plant in a stable form that can be stored at ambient temperature. In this research microencapsulation technique was employed to study the process of encapsulation of extract from animal and plant which give antioxidation and antimicrobial properties to be incorporated with biodegradable film from natural polymer to produce functional film. The products from this project include (1) Tipalia fish protein hydrolysate (2) Mint oil liposome (3) Mulberry leaf extract microcapsule. The condition of production of each product was as follows; Product no. 1 Tilapia fish protein hydrolysate was prepared by hydrolysis Tilapia fish bone by using enzyme at the concentration of 2% w/w for 1 hour. Then the slurry was spray dried at air flow rate of 30%, aspiration of 100, inlet air temperature of 150 $^{\circ}$C, outlet air temperature at 80-90 $^{\circ}$C, feed rate at 30% (7 ml per min) using maltodextrin (10% DE) as drying aid at 10% w/w. Product no. 2 Mint oil liposome, for this study found that different types and amounts of emulsifier can produce liposome products that have different patterns and encapsulation efficiencies. The size of liposome and concentration of mint oil have an effect on antimicrobial

properties of mint oil liposome. When mint oil liposome was incorporated into methylcarboxyl cellulose film, the film can be formed but mechanical properties and water vapor transmission need to be improved. Product no. 3, mulberry leaf extract microcapsule, it was found that at 3:1 ratio of konjac glucomannan/maltodextrin, 30% mulberry leaf extract and Inlet air temperature of 180 ° C yielded the highest antioxidant capacity powder when compared to other conditions. Modified atmosphere heat pump dryer for drying heat sensitive functional biodegradable films was also designed and constructed.

The results from the third project suggested that 30% glycerol was the optimum concentration because % EAB increased while TS and WVTR were not changed. Thus the resulting film was more flexible while maintaining the strength and moisture barrier property of the film. The results suggested that adding essential cinnamon oil (CBO) improved mechanical and barrier properties of the film and the optimum concentration of the CBO was found to be 150 µl/g because the resulting film has higher TS, lower WVTR and better antioxidant property. Chitosan film containing CBO had better mechanical property and is expected to be suitable for food packaging. Moreover, it was found that film forming solution from chitosan and chitosan containing CBO could be coated on the Kraft paper. The coating improved the TS and WVTR of the paper. Therefore, paper coated with chitosan film containing CBO has potential to be used as environmentally friendly active packaging for food.

Keywords: Biodegradable, edible film, natural polymer, soy protein, heat curing, microencapsulation, liposome, protein hydrolysate, antioxidation, antimicrobial, chitosan, paper, active packaging.