

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ फिल्मย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ
Functional Biodegradable Film from Natural Polymers

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2555 จำนวนเงิน 2,308,000.00 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 21 เดือน ตั้งแต่ 14 สิงหาคม 2555 ถึง 15 พฤษภาคม 2557

ชื่อผู้วิจัย

1. ผศ.ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล (ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย, หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2)
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5518 โทรสาร 0 2254 4314
2. อ.ดร.ธนจันท์ มหาวนิช (หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1)
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314
3. รศ.ดร.อุบลรัตน์ สิริภัทรวรรณ (หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3)
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5516 โทรสาร 0 2254 4314
4. ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314
5. ผศ.ดร.รมณี สงวนดีกุล
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314
6. ผศ.ดร.พาสวดี ประทีปะเสน
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5516 โทรสาร 0 2254 4314
7. ผศ.ดร.ชื่นจิต ประกิจชัยวัฒนา
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 5515 โทรสาร 0 2254 4314
8. อ.ดร.นุจรินทร์ เหลืองสะอาด
ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทรศัพท์ 0 2470 8572 โทรสาร 0 2470 8571

9. ผศ.ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม
โทรศัพท์ 0 4375 4316 โทรสาร 0 4375 4316

10. ผศ.ดร.ละมุล วิเศษ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม
โทรศัพท์ 0 4375 4316 โทรสาร 0 4375 4316

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมจากบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสนใจในวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติและสลายตัวได้โดยวิธีทางธรรมชาติมากขึ้น มีการหันมาใช้กระดาษ และ/หรือฟิล์มย่อยสลายได้ ลดการใช้พลาสติกมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อทดแทนวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุปิโตรเลียม จึงเป็นทางเลือกเพื่อแก้ไข ปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว นอกจากนี้ความสำคัญในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว การผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์การเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การเติมวัตถุดิบที่มีหน้าที่เฉพาะในบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ด้วย แผนงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 โครงการย่อยดังนี้ (1) ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล (2) ไมโครเอนแคปซูเลชันของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ (3) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลการวิจัยจากโครงการที่ 1 พบว่าสามารถปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง โดย เติมน้ำมันเมล็ดในปาล์มไฮโดรจีเนตเข้มข้น 20% มาปรับปรุงสมบัติเชิงกลโดยการบ่มสารละลายฟิล์มด้วยความร้อน (Heat curing of film-forming solution) ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 60 นาที ส่งผลให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวถึงจุดขาดสูงสุด แต่มีผลให้สมบัติความไม่ชอบน้ำของฟิล์มด้อยลง สำหรับโครงการที่ 2 สามารถผลิตไมโครแคปซูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชและสัตว์ ได้ดังนี้ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ไฮโดรไลสจากโครงปลานิล โดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ โครงปลานิลที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบแห้งโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยมีอัตราการไหลของอากาศ ภายในเครื่องทำแห้งคงที่ 30%, ค่า aspiration เท่ากับ 100, อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 °C, อุณหภูมิลมร้อนขาออกอยู่ในช่วง 80-90°C, Feed rate 30% (7 มิลลิลิตรต่อนาที) ใช้ maltodextrin (10% DE) ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ 2 โลโพโซมน้ำมันสาระแน พบว่า การแปรชนิดและปริมาณตัวทำอิมัลชันสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบต่างกันและความสามารถในการกักเก็บน้ำมันสาระแนในปริมาณที่ต่างกัน การที่ผลิตภัณฑ์มีขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของน้ำมันสาระแนต่างกันทำให้ออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียต่างกัน เมื่อนำมาขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้คาร์บอกซิล

เมทิลเซลลูโลส สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ แต่สมบัติเชิงกลของฟิล์มและการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มต้องมีการปรับปรุงต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ 3 ไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อนเพื่อให้ได้ไมโครแคปซูลที่สามารถกักเก็บสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง คือ อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทรินเท่ากับ 3:1 ปริมาณสารสกัดจากใบหม่อนที่สกัดจากเอทานอล 60% ต่อปริมาณสารเคลือบเท่ากับ 30% และอุณหภูมิอากาศเข้าเท่ากับ 180 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนปรับบรรยากาศที่ใช้สำหรับอบแห้งฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะในโครงการที่ 3 ผลิตภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าการเติมน้ำมันเปลือกอบเชยลงในฟิล์มไคโตซานจะทำให้คุณสมบัติทางกลของฟิล์มดีขึ้น คือมีความแข็งแรงมากขึ้น และสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น โดยคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำมันเปลือกอบเชยที่เติมลงในฟิล์ม และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในฟิล์มไคโตซานคือ 150 $\mu\text{L/g}$ 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 °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) Tilapia 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 °C, outlet air temperature at 80-90 °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.

Key words

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

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฅ
บทนำรวม	ฐ
โครงการย่อยที่ 1 फिल्मจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล	1
โครงการย่อยที่ 2 ไมโครเอนแคปซูเลชันของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ	40
โครงการย่อยที่ 3 บรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	99
ประวัติผู้วิจัย	125

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลิปิดและอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มและสารเคลือบ	5
2	ตัวอย่างสภาวะในการทำไมโครแคปซูลของสารสกัดจากพืช โดยการทำแห้งแบบพ่นกระจาย	48
3	องค์ประกอบของของผสมสำหรับขึ้นรูปฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสผสมหรือไม่ผสมผลิตภัณฑ์ด้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย	55
4	อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทริน, ปริมาณสารสกัดต่อปริมาณสารเคลือบ และอุณหภูมิอากาศขาเข้าที่ใช้ในการผลิตไมโครแคปซูลที่สภาวะต่างๆ	57
5	องค์ประกอบทางเคมีของโครงปลานิล	58
6	% yield ของผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	69
7	ค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ของผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	69
8	ปริมาณโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	70
9	ขนาดและการกระจายของอนุภาคน้ำมันในสารละลายไมเซลล์ อิมัลชันและไลโปโซม	72
10	ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันสะระแหน่	75
11	ความหนา ความยืดหยุ่น แรงต้านการดึงขาดและอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม	77
12	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบหม่อนที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอลต่างๆ (50%, 60%, 70% และ 95%)	79
13	ความสามารถในการละลายของไมโครแคปซูลที่อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทริน ปริมาณสารสกัดจากใบหม่อนต่อปริมาณสารเคลือบ และอุณหภูมิอากาศขาเข้าต่างๆ	80
14	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไมโครแคปซูลที่อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทริน, ปริมาณสารสกัดจากใบหม่อนต่อปริมาณสารเคลือบ และอุณหภูมิอากาศขาเข้าต่างๆ	81-82

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ความหนาของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	17
2	ปริมาณความชื้นของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	18
3	ความโปร่งแสงของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	19
4	ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	20
5	การยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	20
6	สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	22
7	มุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับผิวฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	22
8	ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มอิมัลชันที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่แปรชนิดและความเข้มข้นของลิพิด	24
9	ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลือง	25
10	ลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลือง	26
11	ความหนาของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	27
12	ปริมาณความชื้นของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	28
13	ความโปร่งแสงของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	29
14	ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	30
15	การยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
16	สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	31
17	มุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับผิวฟิล์มของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	32
18	ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	33
19	ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 85 °C เป็นระยะเวลา 30, 45 และ 60 นาที	34
20	ลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มอิมัลชันจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 85 °C เป็นระยะเวลา 30, 45 และ 60 นาที	35
21	ลักษณะของไมโครแคปซูล ซึ่งประกอบด้วยสารเคลือบ เรียกว่าวอลล์ (wall) และสารสำคัญที่ถูกกักเก็บ เรียกว่าแกน (core)	44
22	ไมโครแคปซูลรูปแบบต่างๆ	44
23	ปริมาณโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล เมื่อย่อยสลายโดยใช้ปริมาณเอนไซม์ 0, 1, 2 และ 3 เพอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง และ ระยะเวลาในการย่อย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง	60
24	ระดับการย่อยสลายโปรตีนของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล ที่ปริมาณเอนไซม์ 0, 1, 2 และ 3 เพอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง และ ระยะเวลาในการย่อยสลาย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง	61
25	อิทธิพลของปริมาณเอนไซม์ (Flavourzyme [®] 1000 L) 0, 1, 2 และ 3 เพอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักตัวอย่าง และ เวลาในการย่อย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ที่ส่งผลต่อความสามารถในการขจัดอนุมูล DPPH• ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	63
26	อิทธิพลของปริมาณเอนไซม์ (Flavourzyme [®] 1000 L) 0, 1, 2 และ 3 เพอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง และ เวลาในการย่อย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ที่ส่งผลต่อค่า % metal chelating activity ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	64
27	อิทธิพลของปริมาณเอนไซม์ (Flavourzyme [®] 1000 L) 0, 1, 2 และ 3 เพอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักตัวอย่าง และ เวลาในการย่อย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ที่ส่งผลต่อค่า % TBA activity ratio ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
28	อิทธิพลของปริมาณเอนไซม์ (Flavourzyme® 1000 L) 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ต่อ น้ำหนักตัวอย่าง และ เวลาในการย่อย 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ที่ส่งผลต่อค่า % ACE inhibition ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากโครงปลานิล	67
29	ลักษณะของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันสะระแหน่ที่เตรียมได้	71
30	ลักษณะอนุภาคน้ำมันสะระแหน่ในอิมัลชันภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	73
31	ลักษณะของอนุภาคไลโปโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า	74
32	ฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่ลอกออกจากแม่พิมพ์แล้ว	76
33	แผนภาพโครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสำหรับอบแห้งฟิล์มย่อยสลายได้ที่มี หน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ	83
34	เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่ เฉพาะ	84
35	จำลองค่าในแผนภูมิความดันและเอนทัลปี	85
36	จำลองค่าในแผนภูมิความดันและเอนทัลปี	87
37	จำลองค่าในแผนภูมิความดันและเอนทัลปี	89
38	ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิระหว่างการอบแห้ง	91
39	กราฟอุณหภูมิและเวลาในอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C	92
40	กราฟอุณหภูมิและเวลาในอบแห้งที่อุณหภูมิ 45°C	92
41	กราฟอุณหภูมิและเวลาในอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C	93
42	กราฟอุณหภูมิและเวลาในห้องอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ	93
43	ค่าความหนา ของฟิล์มไคโตซานที่เติม plasticizer ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	108
44	Tensile strength ของฟิล์มไคโตซานที่เติม plasticizer ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	109
45	ค่า Elongation at break ของฟิล์มไคโตซานที่เติม plasticizer ที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆ	109
46	ค่า WVTR ของฟิล์มไคโตซานที่เติม plasticizer ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	110
47	DSC thermograms แสดงค่า T_g ของฟิล์มไคโตซาน	111
48	ความหนาของฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	113
49	ค่า Tensile strength ของฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆ	113
50	ค่า Elongation at break ของฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความ เข้มข้นต่างๆ	114
51	อัตราการซึมผ่านของฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	115
52	ค่า L^* , a^* , b^* ของฟิล์มไคโตซานที่เติม CBO ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	116
53	FT-IR spectra ของไคโตซานฟิล์ม และฟิล์มที่เติม CBO 150 $\mu\text{L/g}$	118
54	DPPH scavenging effect ของสารละลายฟิล์มไคโตซานที่เติม CBO	119

รูปที่		หน้า
55	ความหนาของกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	120
56	ค่า Tensile strength ของกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	120
57	ค่า Elongation at break ของกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	121
58	อัตราการซึมผ่านไอน้ำของกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	122

บทนำรวม

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมหลักที่เป็นรากฐานทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในการนำรายได้เข้าประเทศ ในการเพิ่มศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก จำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปอาหาร และการพัฒนาปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีสนับสนุนการผลิตที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร คือ การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความปลอดภัย ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัย รักษาคุณภาพและรสชาติที่ดีของผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัย รวมทั้งสามารถยืดอายุการเก็บของอาหารได้ จะช่วยเพิ่มมูลค่าและยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารของประเทศให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ และจากกระแสการรณรงค์เรื่องสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในปัจจุบัน ที่ให้ความสนใจในวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติและสลายตัวได้โดยวิธีทางธรรมชาติมากขึ้น หันมาใช้กระดาษ และ/หรือฟิล์มที่ได้ ลดการใช้พลาสติก ทำให้การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์จากสารสังเคราะห์ นอกจากนี้ปัญหาการลดปริมาณขยะโดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะที่ย่อยสลายไม่ได้มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อทดแทนวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุปิโตรเลียม จึงเป็นทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว นอกจากนี้ความสำคัญในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว การผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การเติมวัตถุเจือปนที่มีหน้าที่เฉพาะในบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ด้วย

โปรตีนหลายชนิดมีสมบัติในการเกิดเป็นฟิล์มรวมถึงโปรตีนถั่วเหลือง องค์กรประกอบหลักของโปรตีนถั่วเหลือง ได้แก่ โกลบินิน (โกลบูลินชนิด 11S) และเบต้า-คอนโกลบินิน (โกลบูลินชนิด 7S) ซึ่งสามารถเกิดพันธะไดซัลไฟด์และอันตรกิริยาไฮโดรโฟบิกที่จำเป็นต่อการเกิดเป็นฟิล์ม ฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส ไอสารอินทรีย์ และน้ำมันค่อนข้างดี แต่มีข้อจำกัดสำคัญในด้านการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และสมบัติเชิงกล ทำให้การนำฟิล์มถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ยังมีค่อนข้างจำกัด เนื่องจากโปรตีนประกอบด้วยหมู่เคมีที่มีสมบัติชอบน้ำอยู่ในปริมาณมาก ฟิล์มโปรตีนโดยทั่วไปจึงมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ต่ำ การเติมองค์ประกอบที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ เช่น ลิพิด จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มโปรตีนได้ นอกจากข้อจำกัดด้านการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำแล้ว ฟิล์มโปรตีนยังมีข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งในด้านสมบัติเชิงกล การปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มโปรตีนสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมคือการใช้สารเคมีที่ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลโปรตีนแอลดีไฮด์ เช่น ฟอรัมาดีไฮด์ กลูทาราลดีไฮด์ และไกลออกซัล มีประสิทธิภาพสูงในการทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลโปรตีนและปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มโปรตีน อย่างไรก็ตามยังมีความกังวลเกี่ยวกับความเป็นพิษของสารเคมีเหล่านี้ การบ่มสารละลายฟิล์มและการบ่มแผ่นฟิล์มด้วยความร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีรายงานว่าสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มโปรตีนได้ โดยการให้ความร้อนแก่สารละลายฟิล์มมีผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติบางส่วน (partial denaturation) ทำให้เกิดการคลายตัวของโมเลกุลโปรตีน หมู่ซัลไฟด์ไฮดรอลและหมู่เคมีที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำซึ่งอยู่ด้านในของโมเลกุลจะปรากฏขึ้นที่ผิวหน้า ทำให้สามารถเกิดพันธะไดซัลไฟด์และอันตรกิริยาไฮโดรโฟบิกระหว่างโมเลกุลโปรตีนได้ ส่วนการบ่มแผ่นฟิล์มด้วยความร้อนสามารถช่วยให้เกิดการเชื่อมข้ามทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลโปรตีนเพิ่มมากขึ้น ฟิล์มโปรตีนที่ได้จึงมีความแข็งแรงเชิงกลที่สูงขึ้น

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากพืชและสัตว์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ด้านจุลินทรีย์ หรือมีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญมักจะเสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน แสง ความชื้น กรดต่าง และโลหะ และเมื่อนำไปใช้โดยตรงในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ในกรณีสารต้านจุลินทรีย์หรืออนุมูลอิสระ เมื่อเติมสารสกัดลงในผลิตภัณฑ์อาหารต้องใช้สารสกัดจากธรรมชาติเหล่านั้นในปริมาณที่สูง ซึ่งการเติมสารในปริมาณสูงมีผลต่อกลิ่นและรสชาติของอาหาร อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการใช้สารสกัดในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นกระบวนการห่อหุ้มสารสกัด โดยการแปรรูปสารสกัดให้อยู่ในรูปที่สามารถกระจายตัวได้ดีในอาหาร พร้อมทั้งบดบังกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์จึงมีความสำคัญ สำหรับในทางการแพทย์และเภสัชกรรม การใช้สารตัวนำที่มีขนาดเล็กในระดับไมโครหรือนาโนสเกลในการนำสารออกฤทธิ์หรือตัวยาเข้าสู่ร่างกายเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถควบคุมให้ออกฤทธิ์ในที่ที่เจาะจง และ/หรือควบคุมการออกฤทธิ์ให้อยู่ในอัตราที่กำหนดได้ และยังมีรายงานว่าสารตัวนำดังกล่าวทำให้ลดการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ ทำให้สามารถคงความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทำให้สามารถใช้สารออกฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ สารที่ใช้เป็นสารตัวนำบางชนิด เช่น กลูโคแมนแนน กัมอารบิก หรือโปรตีนไฮโดรไลเสต เมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน ยังสามารถให้เนื้อสัมผัสที่ดี และใช้ทดแทนไขมันบางส่วนได้

โคโตะซานถือเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล มีราคาถูก โคโตะซานมีฤทธิ์ยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี และมีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำเมื่อเทียบกับฟิล์มที่บริโภคได้ชนิดอื่นๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้โคโตะซานในรูปแบบของฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้ในการยืดอายุการผลิตอาหารแปรรูปได้ดี แต่การใช้งานยังอยู่ในรูปแบบของฟิล์มและสารเคลือบเท่านั้น หากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของฟิล์มโคโตะซานให้ดีขึ้นโดยการเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ตลอดจนการศึกษาพัฒนานำฟิล์มโคโตะซานมาใช้ในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลายมากขึ้น โดยนำมาเคลือบบนกระดาษเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ย่อมทำให้มีการใช้งานในขอบเขตที่กว้างขวางขึ้น เนื่องจากในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้นยังมีคุณสมบัติเด่น คือ เป็นวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable material) ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม ความสำเร็จของโครงการสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับประยุกต์ใช้ในการขยายระดับการผลิตสู่ภาคอุตสาหกรรมในลำดับต่อไป

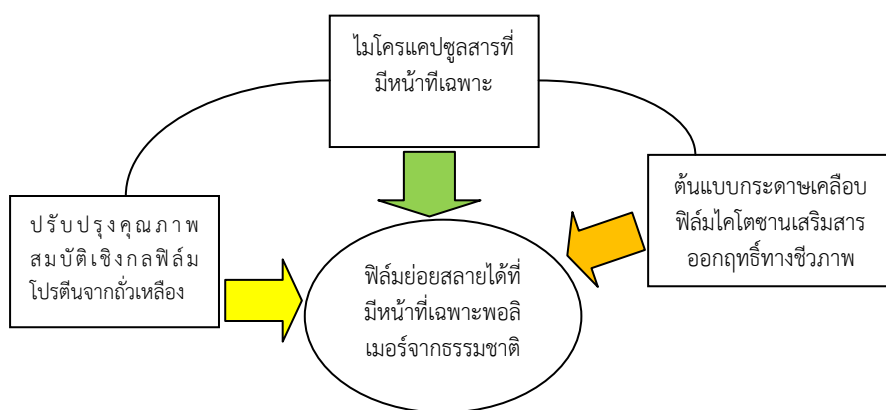
วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 โครงการย่อยดังนี้

ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล
ไมโครเอนแคปซูเลชันของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ
บรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มโคโตะซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการย่อย

ในโครงการย่อยที่ 1 เป็นการพัฒนาฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองและปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล โครงการย่อยที่ 2 พัฒนาสารที่มีหน้าที่เฉพาะในรูปของไมโครแคปซูลเพื่อใช้ขึ้นรูปร่วมกับฟิล์มที่พัฒนาขึ้นในการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะ โครงการย่อยที่ 3 นำฟิล์มมาใช้ร่วมกับกระดาษเพื่อเพิ่มความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์ โดยลงศึกษาต้นแบบของกระดาษเคลือบฟิล์มไคไธเรมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ



สรุปผลการวิจัยของแต่ละโครงการย่อยมีดังนี้

โครงการที่ 1 ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง: การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกล ผลของโครงการวิจัยนี้สามารถปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง โดย เติมน้ำมันเมล็ดในปาล์มไฮโดรจีเนตเข้มข้น 20% มาปรับปรุงสมบัติเชิงกลโดยการบ่มสารละลายฟิล์มด้วยความร้อน (Heat curing of film-forming solution) ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 60 นาที ส่งผลให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวถึงจุดขาดสูงสุด แต่มีผลให้สมบัติความไม่ชอบน้ำของฟิล์มด้อยลง

โครงการที่ 2 ไมโครแคปซูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้สำหรับฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ ผลจากการวิจัยนี้สามารถผลิตไมโครแคปซูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชและสัตว์ ได้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ไฮโดรไลเสทจากโครงปลานิล โดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ โครงปลานิลที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบแห้งโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยมีอัตราการไหลของอากาศ ภายในเครื่องทำแห้งคงที่ 30%, ค่า aspiration เท่ากับ 100, อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 °C, อุณหภูมิลมร้อนขาออกอยู่ในช่วง 80-90°C, Feed rate 30% (7 มิลลิลิตรต่อนาที) ใช้ maltodextrin (10% DE) ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์ที่ 2 โลโฟโซมน้ำมันสาระแหน่ พบว่า การแปรชนิดและปริมาณตัวทำอิมัลชันสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบต่างกันและความสามารถในการกักเก็บน้ำมันสาระแหน่ในปริมาณที่ต่างกัน การที่ผลิตภัณฑ์มีขนาด

อนุภาคและความเข้มข้นของน้ำมันสาระแนแตกต่างกันทำให้ออกฤทธิ์ด้านแบคทีเรียต่างกัน เมื่อนำมาขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ แต่สมบัติเชิงกลของฟิล์มและการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มต้องมีการปรับปรุงต่อไป

ผลิตภัณฑ์ที่ 3 ไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไมโครแคปซูลของสารสกัดจากใบหม่อนเพื่อให้ได้ไมโครแคปซูลที่สามารถกักเก็บสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง คือ อัตราส่วนของผงบุกต่อมอลโตเดกซ์ทรินเท่ากับ 3:1 ปริมาณสารสกัดจากใบหม่อนที่สกัดจากเอทานอล 60% ต่อปริมาณสารเคลือบเท่ากับ 30% และอุณหภูมิอากาศเข้าเท่ากับ 180 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ยังสร้างเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับอบฟิล์มที่มีหน้าที่เฉพาะ เพื่ออบแห้งฟิล์มบริโภคได้ที่มีหน้าที่เฉพาะเสร็จสิ้นเรียบร้อย

โครงการที่ 3 บรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษเคลือบฟิล์มไคโตซานเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเติมน้ำมันเปลือกอบเชยลงในฟิล์มไคโตซานจะทำให้คุณสมบัติทางกลของฟิล์มดีขึ้น คือมีความแข็งแรงมากขึ้น และสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น โดยคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำมันเปลือกอบเชยที่เติมลงในฟิล์ม และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในฟิล์มไคโตซานคือ 150 $\mu\text{L/g}$ chitosan เนื่องจากฟิล์มที่ได้ มีค่า tensile strength สูงขึ้น ค่า WVTR ลดลง และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าฟิล์มไคโตซานนอกจากนี้ยังพบว่าสารละลายฟิล์มไคโตซาน และไคโตซานที่มีการเติม CBO สามารถนำมาเคลือบบนกระดาษกราฟท์ โดยทำให้ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นกระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น จึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

ประโยชน์ที่ได้รับ

- ได้ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น
- เพิ่มศักยภาพในการนำฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองไปใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร
- สร้างมูลค่าแก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยนำมาสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกักเก็บสารสำคัญในรูปของไมโครแคปซูลที่เสถียรและปลอดภัย
- ได้กระบวนการผลิตไมโครแคปซูลที่เหมาะสมโดยใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติเป็นสารเคลือบ
- ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ไมโครแคปซูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและข้อมูลการนำไปใช้ร่วมกับการขึ้นรูปฟิล์มย่อยสลายได้ และมีหน้าที่เฉพาะในการถนอมอาหาร ยืดอายุการเก็บและเป็นสารให้คุณค่าทางอาหาร
- ได้ต้นแบบเครื่องอบแห้งฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะที่เหมาะสม
- ได้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่มีสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลและย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ
- ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมที่สนใจในการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของธุรกิจ
- เพิ่มมูลค่าการส่งออกของผลิตภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยและลดการนำเข้า

- เผยแพร่ความรู้สู่สาธารณชน โดยเผยแพร่ผลงานวิจัยในบทความในวารสารวิชาการ หรือเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ หรือให้คำปรึกษาแก่ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรม และการเผยแพร่โดยใช้ในการเรียนการสอน

เพิ่มขีดความสามารถของอาจารย์และนักวิจัยรุ่นใหม่ในด้านเทคโนโลยีการบรรจุอาหาร ซึ่งเป็นสาขาที่ยังขาดแคลน

หน่วยงานที่สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้

กระทรวงอุตสาหกรรมและกระทรวงสาธารณสุขสามารถนำผลงานนี้ไปพิจารณากำหนดเป็นมาตรฐานให้ผู้ประกอบการเรื่องอาหารใช้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวทดแทนการใช้พลาสติกห่ออาหารซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดของพลาสติก กลุ่มอุตสาหกรรมทั้งภาครัฐและเอกชนที่สนใจในการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้ รวมทั้งสถาบันการศึกษา และผู้ประกอบการโดยทั่วไป