

รายงานการวิจัย

ผลไม้เพื่อสุขภาพที่เคลือบเกลือแร่และวิตามินสำหรับผู้สูงอายุ
(Fruit coated mineral supply for healthy aging)

คณะผู้วิจัย

นาย สเตฟอน ดูบาส*

อ.ดร. ลักขณา ดูบาส**

*สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2551 คณะทำงานขอขอบคุณ สถาบันวิจัย โลหะและวัสดุ และ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ และสถานที่สำหรับทำวิจัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาวิธีการเตรียมฟิล์มเคลือบผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ ที่มีคุณสมบัติที่รับประทานได้ และสามารถเติมสารอาหารชนิดต่างๆ ลงไป โดยพอลิเมอร์ที่จะนำมาเตรียมเป็นฟิล์มนี้ได้แก่ เจลาติน ไคโตซาน อัลจิเนต และคาราจีแนน โดยสารอาหารที่เติมลงไปในฟิล์มที่เตรียมจากพอลิเมอร์เหล่านี้ควรมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ที่สำคัญฟิล์มนี้ควร โปร่งแสง สารอาหารหรือแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้เช่น แคลเซียม สังกะสี เหล็ก หรือ โอเมกา-3 เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้รายงานถึงวิธีการเติมแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และเหล็ก ลงไปในฟิล์มที่เตรียมจากไบโอพอลิเมอร์โดยวิธีการผสมลงไปโดยตรง และวิธีการเตรียมฟิล์มที่เติมอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ลงไป โดยเตรียมอิมัลชันให้เป็น multilayer emulsion เพื่อเพิ่มความเสถียรของน้ำมัน โอเมกา-3 ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เพื่อประยุกต์ในด้านการเพิ่มสารอาหารและวิตามินรวมถึงน้ำมันที่สำคัญแก่ผู้บริโภค



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

In this research, we aim to develop an edible thin film to be applied as coatings on fresh fruits and containing various classes of nutrients have been designed. The pure or blended coating was composed of various type of bio-polymer including Gelatin, Chitosan and Alginate. The film formation of these polymers was used to form uniform and transparent coatings which were further doped with nutrients such as Calcium, Zinc, Iron, and or Omega-3 essential oils. Because ions can induce oxidation of the omega 3 oil, these components needed to be deposited in distinct coatings. In this year our focus turned toward blending minerals directly into the polymer solution due to the simple method. For development of Omega-3 films, we focused on the preparation of multilayer emulsions of omega-3 oil emulsion, which will enhance the stability of oil/water emulsion and the decrease of oil oxidation rate. The resulting film could show interesting applications in the field of nutrition supply of minerals as well as essential oil to customers.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
1. บทนำ	1
2. การทดลอง	3
2.1. การพัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เติมเกลือแร่	3
2.1.1 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ค่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่เคลือบบนผิวผลไม้	3
2.1.2 การศึกษาผลของการเคลือบผลไม้ด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ ต่อลักษณะทางกายภาพของฝรั่ง	3
2.1.3 การเตรียมฟิล์มที่เติมเกลือแร่	3
2.2 พัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เติมน้ำมัน โอเมกา-3	4
2.2.1 การเตรียม primary emulsion ของน้ำมันทูน่าซึ่งมีโอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ	4
2.2.2 การเตรียม secondary emulsion	4
2.2.3 เตรียมฟิล์มที่มีอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ผสมอยู่	5
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล	7
3.1 พัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เติมเกลือแร่	7
3.1.1 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ค่อน้ำหนักของสารละลายที่เคลือบบนผิวผลไม้	7
3.1.2 การศึกษาผลของการเคลือบผลไม้ด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ ต่อลักษณะทางกายภาพของฝรั่ง	8
3.1.3 การเตรียมฟิล์มที่เติมเกลือแร่	9
3.2 การพัฒนาฟิล์มที่เติมน้ำมัน โอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ	10
3.2.1 การเตรียม primary emulsion ของน้ำมันทูน่าซึ่งมีโอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ	10
3.2.2 การเตรียม secondary emulsion	12
3.2.3 ฟิล์มที่มีอิมัลชันของ โอเมกา-3	15
4. สรุป	17
บรรณานุกรม	18
ประวัติผู้วิจัย	19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการเตรียม secondary emulsion ของน้ำมันโอเมกา-3	2
รูปที่ 3.1 แสดงการเคลือบเกลือแร่บนผิวผลไม้	7
รูปที่ 3.2 ภาพของผลฝรั่งที่เคลือบด้วย a) อัลจินเต้ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 % b) เจลาตินที่ความเข้มข้น 5 และ 10 % และ c) โคลโคซานที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % (%w/w)	9
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมโดยผสมระหว่างสารละลายของเกลือแร่ a) สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม และแคลเซียม และ b) สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม กับอัลจินเต้	10
กราฟที่ 3.1 แสดงปริมาณของอนุภาคหยดน้ำมัน ในแต่ละขนาดของอนุภาคที่มีปริมาณมากของอิมัลชันที่มีความเข้มข้นของเคซีนที่แตกต่างกัน	10
กราฟที่ 3.2 แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายเคซีนที่มีต่อค่า zeta potential ของอิมัลชัน ที่มีเคซีน ณ pH 5.6 เป็นอิมัลซิฟายเออร์	11
กราฟที่ 3.3 แสดงผลของ pH ที่มีต่อค่า %transmission ของอิมัลชัน	11
กราฟที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % transmission ต่อปริมาตรของ primary emulsion ที่เติมลงในสารละลาย PDAD ที่ความเข้มข้น 1 (■), 5 (◆) และ 10 mM (▲)	12
กราฟที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณของ primary emulsion และ PDAD ที่ต้องใช้ในการเตรียม secondary emulsion ที่เสถียร	13
กราฟที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % transmission ต่ออัตราส่วน โดยปริมาตรของ primary emulsion (1.5% ของเคซีน) ที่เติมลงในสารละลายโคลโคซานที่ความเข้มข้น 0.1% (w/v)	13
กราฟที่ 3.7 แสดงขนาดอนุภาคของ emulsion ณ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของอิมัลชันและ PDAD ที่ 0, 0.1, 0.3, 1 และ 2	14
กราฟที่ 3.8 แสดงผลของอัตราส่วน โดยปริมาตรของอิมัลชันและ PDAD ต่อค่า zeta potential	15
รูปที่ 3.4 แสดงเจลาตินฟิล์มที่เติม primary emulsion ลงไปในอัตราส่วน โดยน้ำหนัก 0.01 ถึง 1	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายพอลิเมอร์ต่ออิมัลชัน	6
ตารางที่ 3.1 แสดงค่า RDI สำหรับคนไทย	7
ตารางที่ 3.2 ปริมาณของพอลิเมอร์ที่เคลือบบนฝรั้ง	8



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันประชากร โดยเฉพาะผู้สูงอายุป่วยเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคกระดูกและข้อพรุน โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง ในอัตราที่สูงขึ้น¹ ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ปัญหาหนึ่ง และเป็นภาระต่อรัฐบาลที่ค่อนข้างสูงประมาณ ทั้งด้านทรัพยากรและบุคลากรเพื่อให้การ รักษาพยาบาลแก่ผู้ป่วย ได้มีการรายงานถึงอิทธิพลของรูปแบบการบริโภคอาหารต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ในประชากร โดยประชากรส่วนใหญ่ที่ได้รับวิตามินและแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม และวิตามินบีหนึ่ง ไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดโรคหัวใจล้มเหลว โรคความจำเสื่อม²

การรับประทานอาหารที่ถูกต้องเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมและป้องกันการป่วยเป็นโรคเรื้อรังในประชากร อย่างไรก็ตาม แนวทางการดำเนินชีวิตในปัจจุบันมีเอื้อต่อการรับประทานอาหารที่เหมาะสม คณะวิจัยหลายคณะได้ทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการเพิ่มสารอาหาร ในอาหารชนิดต่างๆ เช่นการเพิ่ม ไอ โอดีนในเกล็ด บริษัทธิปลาได้วางจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้น้ำสำหรับเด็กที่มีการเติมน้ำมันตับปลาลงไป การเพิ่มวิตามิน เกลือแร่ได้รับความสนใจมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งมีการพัฒนาไปหลายรูปแบบ

เทคนิคการเคลือบผิวบนผลิตภัณฑ์อาหารมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งมุ่งเพื่อประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่นการเคลือบผิวของสตอเบอรี่และราสเบอร์รี่ด้วย โกลโคซานเพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์ การเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์ช็อคโกแลต M&M เพื่อให้ละลายได้เมื่อรับประทานเข้าไป การเคลือบผลไม้ หรือ ผักด้วย wax เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นอกจากนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผิว ช่วยรักษากลิ่นและรสชาติของสารระเหยง่าย รวมถึงด้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

เมื่อไม่นาน ได้มีการรายงานการเติมสารอาหารลงในผิวเคลือบที่เคลือบบนผลไม้เช่นเดียวกับ การเพิ่มปริมาณ ไอ โอดีนในเกล็ด เช่นการเคลือบ Xanthan gum ที่มีองค์ประกอบของ แคลเซียมอยู่ 5% และ วิตามิน E อยู่ 0.2% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ได้มีการรายงานการเคลือบผิวสตอเบอรี่และ ราสเบอร์รี่ด้วย โกลโคซานที่มีแคลเซียม และ วิตามิน E เป็นองค์ประกอบ³ อยู่เช่นกัน

โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเสริมสร้างสุขภาพของประชากร โดยพัฒนาฟิล์มบางที่เติมสารอาหารเช่น เกลือแร่และวิตามินและเคลือบบนผลไม้หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อแก้ปัญหาการขาดสารอาหาร ประเภทวิตามินและเกลือแร่ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ประชากรมีภาวะโภชนาการดีขึ้น โดยฟิล์มนี้ต้องสามารถรับประทานได้ โปร่งแสง เสถียร ง่ายต่อการเตรียม และไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และรสชาติของผลไม้

งานวิจัยในปีที่ 1

ในปีที่ 1 งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการเตรียมฟิล์มบางที่สามารถเคลือบผลไม้และเติมแคลเซียม สังกะสี และ โอเมกา-3 ในรูปอิมัลชันลงไป โดยแคลเซียมจะถูกเตรียมอยู่ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ hydrocolloid ของ calcium alginate และ calcium alginate nanosphere โดยใช้วิธี emulsification technique ซึ่งพบว่าวิธี calcium alginate nanosphere เป็นวิธีที่ดีเนื่องจากอนุภาคแคลเซียมที่มีขนาดเล็กที่สุด ประมาณ 1 ไมครอนโดยเฉลี่ย สำหรับการเติมสังกะสีผู้วิจัยได้ผสมเข้ากับพอลิเมอร์โดยตรง พอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นฟิล์มที่มีเกลือแร่คือ เจลาติน โกลโคซาน อัลจินเนต เนื่องจากสีและความโปร่งแสงของฟิล์มที่เตรียมได้ ราคา แต่พบว่าฟิล์มที่เติมแคลเซียมจะให้สีขาว

ผู้วิจัยได้เตรียมอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ขึ้น โดยใช้เลซินเป็น emulsifier ซึ่งผู้วิจัยยังต้องพัฒนาวิธีการเตรียมอิมัลชันให้มีขนาดเล็กและการกระจายตัวของอิมัลชันแคบลง ทั้งนี้ผู้วิจัยสามารถเตรียม secondary emulsion ได้ และพบ

ว่ามีความเสถียรมากกว่า primary emulsion นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเติมหยคน้ำมัน โอเมกา-3 ลงในแผ่นฟิล์ม โดยเปรียบเทียบระหว่างฟิล์มที่เตรียมจาก ไซโตซาน และแผ่นฟิล์มที่เตรียมจาก composite พอลิเมอร์ของ ไซโตซานและเจลาติน พบว่า composite พอลิเมอร์ ให้ฟิล์มที่เรียบ เป็นมันวาวกว่า และหยคน้ำมันมีการกระจายตัวดี ไม่มีการแตกของหยคน้ำมันที่เติมลงไป

งานวิจัยในปีที่ 2

จากผลงานวิจัยในปีที่ 1 ผู้วิจัยได้มุ่งพัฒนาวิธีการเตรียมฟิล์มเคลือบผลไม้ที่รับประทานได้ และเติมสารอาหารหลายชนิดลงไป โดยในปีที่ 2 นี้ คณะผู้วิจัยได้มุ่งในการพัฒนาฟิล์มที่เติมเกลือแร่ได้แก่ เหล็ก สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม และน้ำมัน โอเมกา-3 ลงไป เนื่องจากเกลือแร่เป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ดังนั้นในการเตรียมฟิล์มจึงจะเตรียมแยกชั้นกันระหว่างฟิล์มที่เติมเกลือแร่และฟิล์มที่เติมน้ำมัน โอเมกา-3

รายงานนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ได้แก่ *การพัฒนาฟิล์มที่เติมเกลือแร่ลงไป* และทำการเคลือบบนฝรั่ง ซึ่งจะใช้เป็นผลไม้ต้นแบบ โดยปริมาณของเกลือแร่ที่เติมลงไปจะเติมเพียง 10% ของ RDI และ*การพัฒนาฟิล์มที่เติมน้ำมันโอเมกา-3* การผสมน้ำมัน โอเมกา-3 ลงบนผลไม้โดยตรงเป็นไปได้ยาก ผู้ทำงานวิจัยจึงได้เตรียมน้ำมัน โอเมกา-3 ให้อยู่ในรูปอิมัลชันก่อนแล้วจึงเตรียมเป็นฟิล์ม โดยผู้วิจัยพัฒนาวิธีการเตรียม multilayer emulsion เพื่อให้ได้อิมัลชันของน้ำมันงูน่าที่มีความเสถียร และลดอัตราการเกิดออกซิเดชัน โดยในปีนี้ผู้วิจัยเตรียม secondary emulsion ซึ่งเตรียมโดยเคลือบ primary emulsion ที่มีเคซีนเป็นอิมัลซิฟายเออร์ด้วยไบโอพอลิเมอร์ (PDAD และ ไซโตซาน) อีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการเตรียม secondary emulsion ของน้ำมันโอเมกา-3

บทที่ 2 การทดลอง

ในปฏิกิริยาประมาณนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเป็น 2 ส่วน

1. พัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เดิมเกลือแร่ โดยเลือกวิธีการเดิมเกลือแร่ลงไปโดยตรงในแผ่นฟิล์ม
2. พัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เติมน้ำมัน โอเมกา-3 ชั้นแรกเตรียมอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ที่มีจำนวนชั้นล้อมรอบมากขึ้น เพื่อเพิ่มความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แล้วจึงนำไปเตรียมเป็นแผ่นฟิล์ม

2.1 การพัฒนาวิธีเตรียมฟิล์มบางที่เดิมเกลือแร่

2.1.1 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่เคลือบบนผิวผลไม้

การที่สารละลายพอลิเมอร์จะแห้งกลายเป็นฟิล์มได้นั้น ปัจจัยสำคัญอยู่ที่ความหนืดซึ่งแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย หากความหนืดมากเกินไป ทำให้การแห้งของสารละลายกลายเป็นฟิล์มใช้เวลานาน และฟิล์มที่ได้จะหนา และหากความหนืดน้อยเกินไปก็จะไม่เกิดเป็นฟิล์ม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่มีความหนืดเหมาะสม และทำให้แห้งได้

- เตรียมสารละลาย 2% และ 4% (%w/w) โซเดียมอัลจิเนต, สารละลาย 5% และ 10% (%w/w) เจลาติน และสารละลาย 1% และ 2% (%w/w) โทโคซาน

- นำผลฝรั่งที่ล้างด้วยน้ำสะอาด (ใช้เพียงผลเดียวตลอดการทดลอง) และเช็ดผิวให้แห้งมาชั่งน้ำหนัก

- จุ่มในสารละลายแต่ละชนิด พักไว้บนตะแกรงจนกระทั่งไม่มีสารละลายหยดลงมาจากผลฝรั่งอีก แล้วนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง ทำซ้ำ 3 ครั้งต่อพอลิเมอร์ 1 ชนิด

2.1.2 การศึกษาผลของการเคลือบผลไม้ด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ ต่อลักษณะทางกายภาพของฝรั่ง

- เตรียมสารละลาย 2% และ 4% (%w/w) โซเดียมอัลจิเนต, สารละลาย 5% และ 10% (%w/w) เจลาติน และสารละลาย 1% และ 2% (%w/w) โทโคซาน

- นำผลฝรั่งที่ล้างด้วยน้ำสะอาดและเช็ดผิวให้แห้งจำนวน 3 ผลมาผ่าครึ่ง จากนั้นนำแต่ละครึ่งผลไปจุ่มในสารละลายแต่ละชนิด ในแต่ละความเข้มข้น พักไว้บนตะแกรงจนกระทั่งไม่มีสารละลายหยดลงมาจากผลฝรั่งอีก แล้วหึ่งไว้ให้แห้ง สังเกตลักษณะทางกายภาพ

2.1.3 การเตรียมฟิล์มที่เดิมเกลือแร่

ความเข้มข้นและปริมาตรของเกลือแร่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คำนวณจากปริมาณที่ควรได้รับต่อวันและพื้นที่ผิวของผลฝรั่ง ในการศึกษาครั้งนี้ ผลฝรั่งที่ใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 5 cm จึงมีพื้นที่ผิวเท่ากับ 314.16 cm^2 งานเพาะเชื้อที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.5 cm ดังนั้นพื้นที่ผิวของงานเพาะเชื้อจะเท่ากับ 63.6 cm^2 ซึ่งมีขนาดน้อยกว่าพื้นที่ผิวของผลฝรั่ง 5 เท่า ดังนั้นปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และเหล็กที่จะต้องผสมกับ สารละลายอัลจิเนตมีค่าเท่ากับ 16, 7, 0.3 และ 0.3 mg ตามลำดับ

- เตรียมสารละลาย 1% (w/w) โซเดียมอัลจินเนต, 4% (w/w) โคลโตซาน และ 10% (w/w) เจลาติน และสารละลาย 0.5 M แคลเซียมคลอไรด์, 0.5 M แมกนีเซียมคลอไรด์, 0.01 M ซิงค์อะซิเตต และ 0.01 M แอมโมเนียมเฟอริกซิเตรต

- เติมน้ำสารละลายของเกลือแต่ละชนิดอย่างละ 0.5 mL ลงในสารละลายพอลิเมอร์อย่างละ 4 g อย่างช้าๆ และคนอย่างต่อเนื่อง

2.2 พัฒนาวีธีเตรียมฟิล์มบางที่เติมน้ำมันโอเมกา-3

2.2.1 การเตรียม *primary emulsion* ของน้ำมันทูน่าซึ่งมีโอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ

อิมัลชันของน้ำมันทูน่าในระบบน้ำมันในน้ำโดยมีเลซินเป็นอิมัลซิไฟเออร์ สามารถเตรียมได้โดย homogenize สารผสมระหว่างน้ำมันทูน่าและสารละลายอิมัลซิไฟเออร์ ที่อัตราส่วน 5% กับ 95% โดยน้ำหนัก เป็นจำนวน 5 รอบ รอบละ 2 นาที โดยใช้เครื่อง homogenizer (Polytron PT3100)

2.2.1.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายเลซินต่อขนาดของหยดอิมัลชัน และ zeta potential

- สารละลายอิมัลซิไฟเออร์ควบคุมให้มี pH 5.6 ที่ความเข้มข้นของเลซิน (อิมัลซิไฟเออร์) เป็น 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% และ 2.5% (w/v) ตามลำดับ
- เจือจางอิมัลชันด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.6 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5
- วัดขนาดของหยดน้ำมันและ zeta potential โดยใช้เครื่อง nanosizer โดยวิเคราะห์อิมัลชันจำนวน 3 ตัวอย่าง ในแต่ละภาวะการทดลอง

2.2.1.2 ผลของ pH ต่อความเสถียรของ *primary emulsion*

- เตรียม *primary emulsion* ตามวิธีการทดลอง 2.2.1 โดยปรับสารละลายเลซินให้มี pH เท่ากับ 3, 4, 5, 6 และ 7 โดยใช้บัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต
- เจือจางอิมัลชัน 100 μ L ให้เป็น 3 mL
- วัด %transmission

2.2.2 การเตรียม *secondary emulsion*

การเตรียม *secondary emulsion* ทำโดยเติม *primary emulsion* ที่เตรียมตามวิธีในการทดลองหัวข้อ 2.2.1 ที่ควบคุมให้มี pH ของสารละลายอิมัลซิไฟเออร์เท่ากับ 6 ลงในสารละลายพอลิเมอร์ในขณะที่ทำการ homogenize อย่างช้าๆ โดยทำการ homogenize เป็นเวลา 2 นาที ที่จำนวนรอบ 20,000 rpm จำนวน 1 รอบ cationic พอลิเมอร์ที่ใช้ได้แก่ polydiallyldimethylammonium chloride (PDADMAC) ซึ่งมีหมู่ quaternary amine และโคลโตซาน

2.2.2.1 ศึกษาหาปริมาณ ณ จุดสมมูล (equivalent point) ระหว่างพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม *secondary emulsion* กับ *primary emulsion*

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อที่จะหาปริมาณสูงสุดของ *primary emulsion* ที่สามารถเติมลงในสารละลายพอลิเมอร์เพื่อที่จะได้ *secondary emulsion* ที่เสถียร และมีปริมาณของพอลิเมอร์น้อยที่สุด

ในกรณีศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับ PDAD นั้น ความเข้มข้นของสารละลาย PDAD ที่ใช้ในการศึกษามีค่าเท่ากับ 1, 5 และ 10 mM ปริมาตรของพอลิเมอร์ที่ใช้เท่ากับ 20 mL และความเข้มข้นของ primary emulsion ที่ใช้คือ ไม่เจือจาง และเจือจาง 10 เท่า ในกรณีศึกษาเกี่ยวกับไคโตซานนั้น ความเข้มข้นของ primary emulsion จะไม่ทำการเจือจางก่อน และความเข้มข้นของไคโตซานเท่ากับ 0.1%w/v

- เติมน้ำ primary emulsion ลงในสารละลายของพอลิเมอร์แต่ละชนิด homogenize สารผสมด้วยวิธีเคียวการทดลองข้างต้น

- centrifuge สารผสมที่ 4000 rpm เป็นเวลา 10 นาที

- เจือจางส่วนที่เป็นของเหลวได้จากการ centrifuge โดยเปิดของเหลว 500 μ L แล้วเจือจางให้เป็น 3000 μ L

- วัด %transmission โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 nm

2.2.2.2 การศึกษาขนาดของอนุภาคและค่า zeta potential ของ primary emulsion และ secondary emulsion ที่เตรียมได้

- เตรียม primary emulsion ดังแสดงในการทดลองที่ 2.2.1 โดยควบคุมสารละลายอิมัลซิฟายเออร์ให้มี pH เท่ากับ 6

- เตรียม secondary emulsion ที่มี PDADMAC ล้อมรอบ โดยเติมน้ำ primary emulsion ที่มี % เติมน้ำเท่ากับ 1.5 จำนวน 6 ml ลงไปในสารละลาย PDADMAC ที่ความเข้มข้น 10mM ปริมาตร 20 ml ในขณะที่ทำการ homogenize โดยศึกษาถึงอัตราส่วนปริมาตรระหว่าง primary emulsion และสารละลาย PDAD 4 อัตราส่วน ได้แก่ 0.1 (อัตราส่วนก่อนการตกตะกอน), 0.3 (ใกล้อัตราส่วน ณ จุด equivalent), 1 และ 2 (อัตราส่วนหลังจากเกิดการตกตะกอน) ปริมาตรรวมสุดท้ายเป็น 22, 26, 40 และ 60ml ตามลำดับ อัตราส่วนข้างต้น ทำการ centrifuge ก่อนการวัด

- เตรียม secondary emulsion ที่มีไคโตซานล้อมรอบ โดยศึกษาถึงอัตราส่วนปริมาตรระหว่าง primary emulsion และสารละลาย chitosan 2 อัตราส่วน คือ 0.1 และ 0.5 ซึ่งเติมน้ำ primary emulsion 2 และ 10 mL ลงไปในสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.1%w/v ปริมาตร 20 ml. ในขณะที่ทำการ homogenize ตามลำดับ

- เจือจางอิมัลชันด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเตดบัฟเฟอร์ ที่ pH 6 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 50

- วัดขนาดของอนุภาคและค่า zeta potential ของ primary emulsion และ secondary emulsion

2.2.3 เตรียมฟิล์มที่มีอิมัลชันของน้ำมันโอเมกา-3 ผสมอยู่

- เตรียม emulsion ด้วยวิธีการทดลองในหัวข้อ 2.2.1

- เตรียมสารละลาย 10%w/w เจลาติน, 4%w/w อัลจินเนต และ 2%w/w ไคโตซาน ปรับ pH ของสารละลายทุกชนิดให้เท่ากับ 6.00 ด้วยสารละลาย HCl หรือ NaOH จากนั้นทำการผสมสารละลาย polymer แต่ละชนิดกับ emulsion แต่ละชนิดตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 2.1 สนของผสมอย่างค่อนเนื่องเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเทของผสม 2 g ลงในจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งจนกลายเป็นฟิล์ม แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อสังเกตลักษณะของหยดน้ำมัน

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายพอลิเมอร์ต่ออิมัลชัน

น้ำหนักของสารละลายพอลิเมอร์ (g)	น้ำหนักของอิมัลชัน (g)
1	1
1	0.5
1	0.4
1	0.3
1	0.2
1	0.1
1	0.05
1	0.01



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

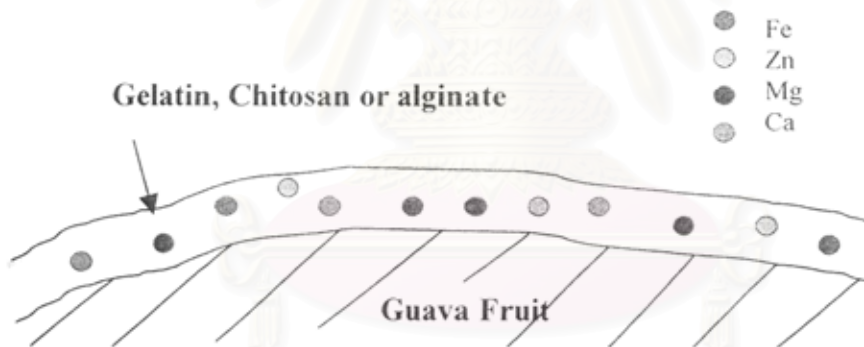
ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 พัฒนาการเตรียมฟิล์มบางที่เคลือบแร่

ฟิล์มที่เตรียมจากผสมระหว่างเกลือแร่และพอลิเมอร์โดยตรงแทนการเตรียมแคลเซียมเป็นอนุภาค หรือไฮโดรเจลก่อน โดยพอลิเมอร์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อเคลือบบนผิวผลไม้ได้แก่ โคนโทซาน เจลาติน และอัลจินต ในประเทศไทยปริมาณของเกลือแร่ที่แนะนำให้คนไทยรับประทานต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 คณะผู้วิจัยได้เลือกที่จะเติมเพียง 10% ของค่า RDI ของเกลือแร่แต่ละชนิดเพื่อป้องกันการ overdose เป็นค่าเริ่มต้นในการศึกษาก่อน โดยในการศึกษารั้งนี้ จะใช้ฝรั่งเป็นผลไม้ต้นแบบในการเคลือบฟิล์ม

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า RDI สำหรับคนไทย

เกลือแร่	ปริมาณที่แนะนำต่อวัน (RDI)	ปริมาณต่อผลไม้ 1 ผล (mg)
แคลเซียม	800	80
แมกนีเซียม	350	35
สังกะสี	15	1.5
เหล็ก	15	1.5



รูปที่ 3.1 แสดงการเคลือบเกลือแร่บนผิวผลไม้

3.1.1 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ค่อน้ำหนักของสารละลายที่เคลือบบนผิวผลไม้

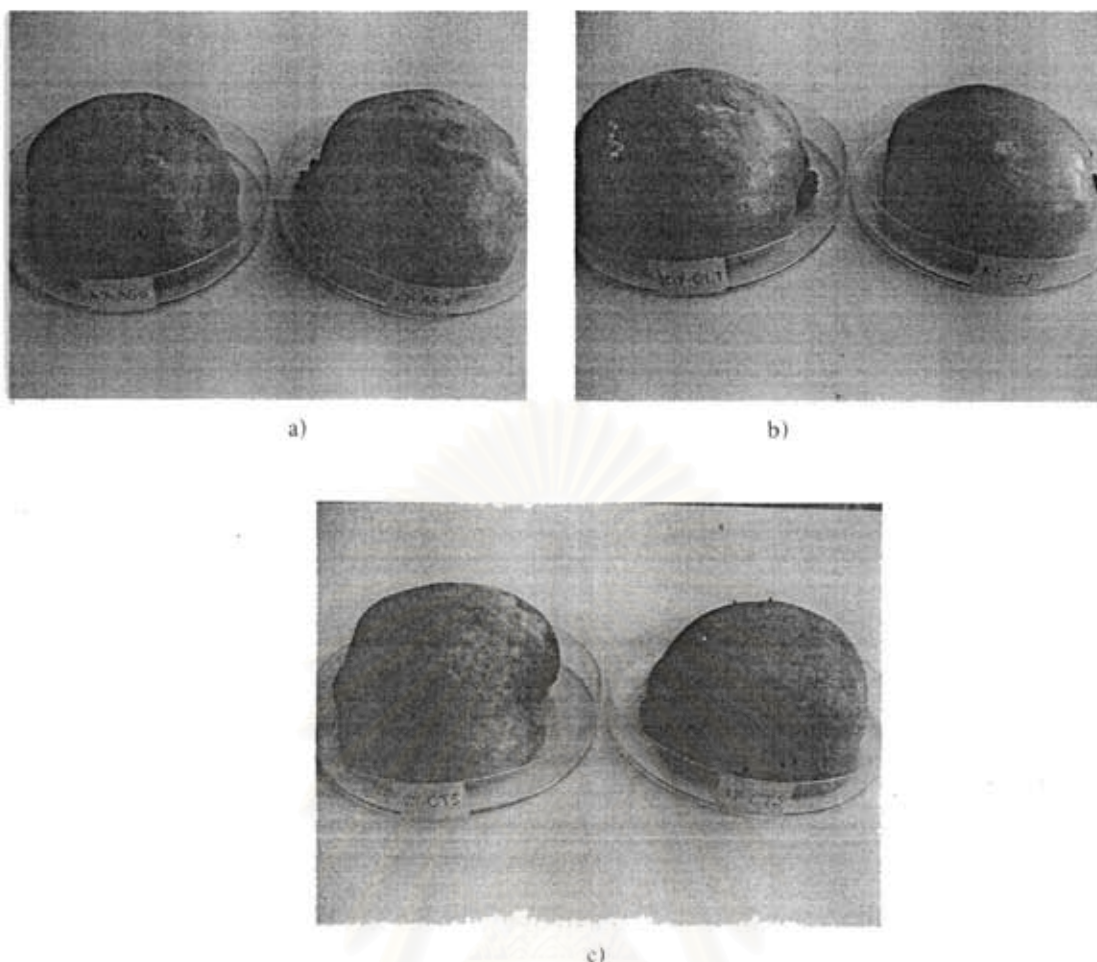
ปริมาณของพอลิเมอร์ที่สามารถเคลือบบนผลไม้เป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดปริมาณของเกลือแร่ที่จะถูกเคลือบบนผิวของผลไม้ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการชั่งน้ำหนักของผลไม้ก่อนและหลังจากจุ่มในสารละลายพอลิเมอร์ เพื่อหาปริมาณพอลิเมอร์ที่เคลือบบนผิวผลไม้นั้นมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ และพอลิเมอร์แต่ละชนิดให้ผลต่างกัน ซึ่งเป็นผลจากความหนืดที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถเคลือบบนผลไม้ได้มากขึ้น ดังนั้นปริมาณของเกลือแร่ที่จะเติมลงในพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน

ตารางที่ 3.2 ปริมาณของพอลิเมอร์ที่เคลือบบนฝรั่ง

ชนิดของพอลิเมอร์	ความเข้มข้น (w/w)	ครั้งที่	น้ำหนักก่อนจุ่ม (g)	น้ำหนักหลังจุ่ม (g)	น้ำหนักของพอลิเมอร์ที่เคลือบบนผิวของผลไม้ (g)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	% RSD (g)
อัลจินต	4%	1	228.17	230.27	2.10	2.09	2.41
		2	228.31	230.45	2.14		
		3	228.26	230.30	2.04		
	2%	1	228.10	229.18	1.08	1.26	10.85
		2	228.10	229.44	1.34		
		3	228.36	229.75	1.39		
		4	228.43	229.67	1.24		
เจลาติน (ที่ 40°C)	10%	1	228.61	229.65	1.04	0.88	15.97
		2	228.43	229.13	0.70		
		3	228.50	229.36	0.86		
		4	228.41	229.32	0.91		
	5%	1	228.28	228.82	0.54	0.51	7.42
		2	228.35	228.82	0.47		
		3	228.01	228.54	0.53		
ไคโตซาน	2%	1	228.02	231.51	3.49	3.44	1.60
		2	228.15	231.59	3.44		
		3	228.24	231.62	3.38		
	1%	1	227.65	229.21	1.56	1.51	13.51
		2	227.83	229.52	1.69		
		3	228.14	229.43	1.29		

3.1.2 การศึกษาผลของการเคลือบผลไม้ด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ ต่อลักษณะทางกายภาพของฝรั่ง

ฟิล์มที่เหมาะสมนั้นต้องไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลไม้ จากรูปที่ 3.2 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางกายภาพสำหรับผลไม้ที่เคลือบด้วย 2% และ 4% (w/w) อัลจินต และเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ที่เคลือบด้วย 5% และ 10% (w/w) เจลาตินพบว่ามีความเป็นมันวาวมากกว่า สำหรับฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย พบว่าเกิดสีน้ำตาลขึ้นภายใน 1 วัน ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นคาดว่าเกิดจาก acetic acid ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายไคโตซาน โดยในขณะที่กำลังศึกษาวิธีการกำจัด acetic acid ที่เหลือ โดยใช้ dialysis tube โดยเจลาตินเป็นพอลิเมอร์ที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ลักษณะทางกายภาพที่ดี

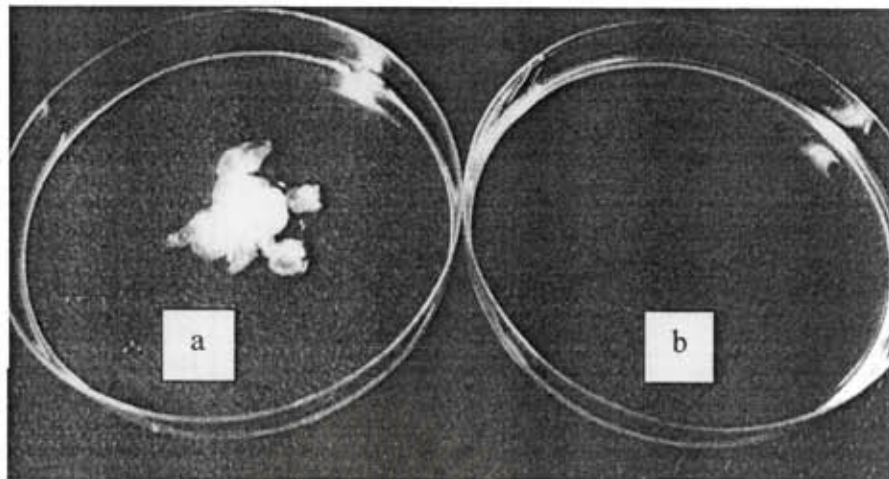


รูปที่ 3.2 ภาพของผลฝรั่งที่เคลือบด้วย a) อัลจินเนตที่ความเข้มข้น 2 และ 4 % b) เจลาตินที่ความเข้มข้น 5 และ 10 % และ c) ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % (w/w)

3.1.3 การเตรียมฟิล์มที่เติมเกลือแร่

3.1.3.1 อัลจินเนตฟิล์ม

อัลจินเนตสามารถเกิดปฏิกิริยา crosslink กับ divalent cation ได้ จากผลการทดลองพบว่าฟิล์มที่เตรียมโดยผสมเกลือแร่ทั้งสี่ชนิดลงไป ได้แก่ สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม และแคลเซียม เกิดปฏิกิริยา crosslink ขึ้น ส่งผลให้แผ่นฟิล์มที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นก้อน (รูปที่ 3.3 (a)) จากรูปที่ 3.3 (b) จะเห็นว่าฟิล์มที่ผสมกับสังกะสี เหล็ก และแมกนีเซียม มีลักษณะเป็นฟิล์มใส แสดงว่า divalence ของโลหะเหล่านี้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา crosslink ได้กับอัลจินเนตซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางรัศมีของไอออน และ coordination number ของไอออนของเกลือแร่แต่ละชนิด



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมโดยผสมระหว่างสารละลายของเกลียวแร่: a) สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม และแคลเซียม และ b) สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม กับอัลจินเต

3.1.3.2 โคโคซานและ เจลาตินฟิล์ม

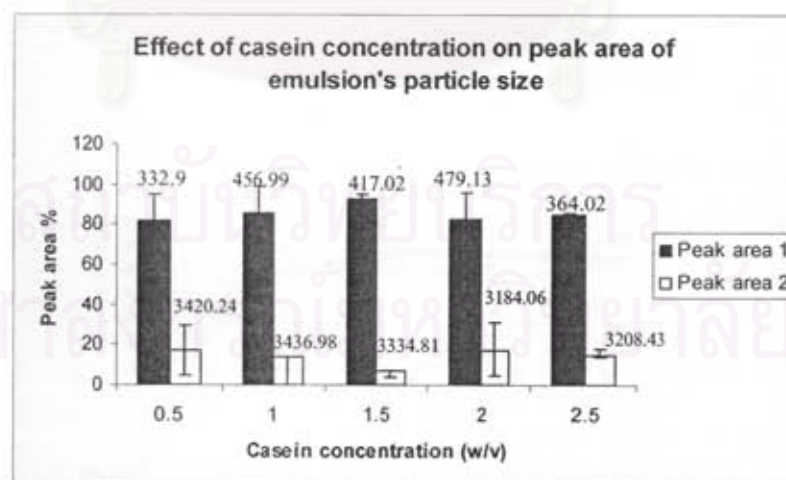
ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายโคโคซาน หรือเจลาติน และเติมเกลียวแร่ทั้ง 4 ชนิดลงไปนั้นมีลักษณะเป็นฟิล์มใส ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไปถึงการละลายกลับของไอออนเหล่านี้ต่อไป

3.2 การพัฒนาฟิล์มที่เติมน้ำมันโอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ

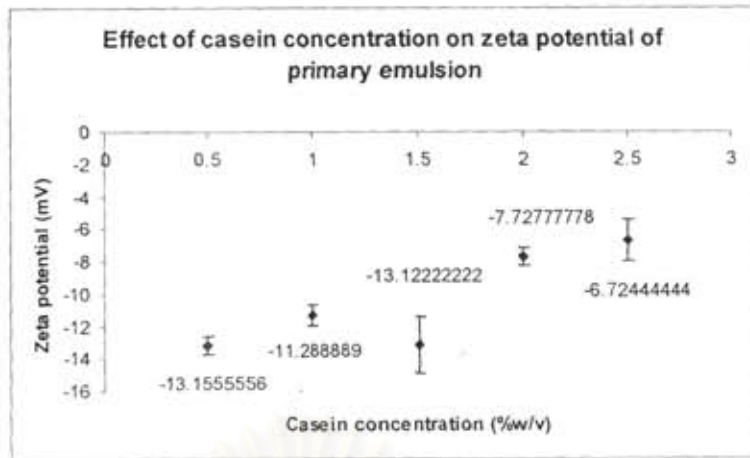
3.2.1 การเตรียม primary emulsion ของน้ำมันห่านซึ่งมีโอเมกา-3 เป็นองค์ประกอบ

3.2.1.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายเคซีนต่อขนาดของหยดอิมัลชัน และ zeta potential

ผลการทดลองเป็นดังแสดงในกราฟที่ 3.1 และ 3.2 จากกราฟที่ 3.1 พบว่าหยดน้ำมันกระจายตัวเป็นแบบ polydisperse เมื่อความเข้มข้นของเคซีนเพิ่มขึ้นแนวโน้มการกระจายตัวแคบลง



กราฟที่ 3.1 แสดงปริมาณของอนุภาคหยดน้ำมันในแต่ละขนาดของอนุภาคที่มีปริมาณมากของอิมัลชันที่มีความเข้มข้นของเคซีนที่แตกต่างกัน

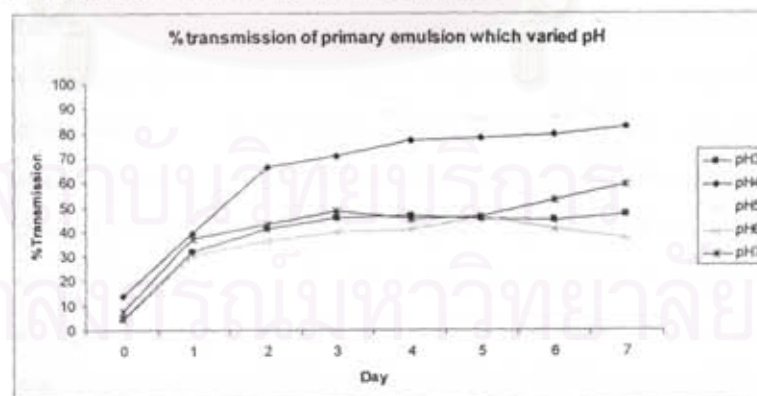


กราฟที่ 3.2 แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายเคซีนที่มีต่อค่า zeta potential ของอิมัลชัน ที่มีเคซีน ณ pH 5.6 เป็นอิมัลชันฟายเออร์

จากกราฟที่ 3.2 primary emulsion มีประจุเป็นลบ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าอิมัลชันที่เตรียมได้มีเคซีนล้อมรอบ อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่า zeta potential มีค่าน้อยกว่า -30mV แสดงให้เห็นว่า primary emulsion ที่เตรียมได้นั้นมีเคซีนล้อมรอบหยดน้ำมันน้อย ทำให้แรงผลักทางไฟฟ้า (electrostatic repulsion) นั้นมีน้อย ส่งผลให้ไม่เสถียรเท่าที่ควร และพบว่าในช่วงความเข้มข้นเคซีน 0.5-1.5% นั้น ค่า zeta potential นั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของเคซีน 2% และ 2.5% นั้นพบว่าค่า zeta potential มีค่าแตกต่างออกไปซึ่งต้องหาเหตุผลมาประกอบการอธิบายต่อไป

ดังนั้นจากผลการทดลองผู้วิจัยจึงเลือกใช้เคซีน 1.5% ในการเตรียม primary emulsion เนื่องจากให้อิมัลชันที่มีขนาดของหยดน้ำมันขนาดเล็ก การกระจายตัวของหยดน้ำมันมีการกระจายตัวที่แคบ และขนาดของประจุมีความเป็นลบที่มาก เมื่อเทียบกับความเข้มข้นเคซีนต่างๆ

3.2.1.2 ผลของ pH ต่อความเสถียรของ primary emulsion



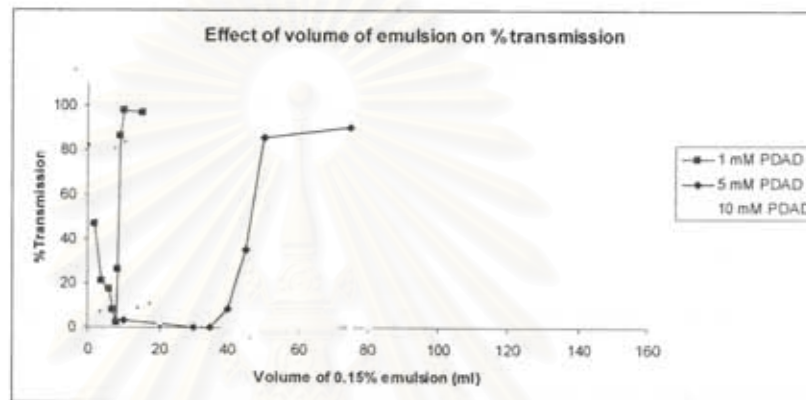
กราฟที่ 3.3 แสดงผลของ pH ที่มีต่อค่า %transmission ของอิมัลชัน

จากกราฟที่ 3.3 เห็นได้ว่า ณ pH ของสารละลายอิมัลชันฟายเออร์มีค่าเท่ากับ 4 และ 5 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า pI ของเคซีน (pI = 4.7) ซึ่งอิมัลชันที่เกิดขึ้นไม่ก่อเสถียร และที่ pH 6 พบว่าอิมัลชันมีความเสถียรมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในวันเดียวกัน

3.2.2 การเตรียม secondary emulsion

3.2.2.1 ศึกษาหาปริมาณ ณ จุด equivalent ระหว่างพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม secondary emulsion กับ primary emulsion

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม secondary emulsion กับปริมาณของ primary emulsion ดังแสดงในกราฟที่ 3.4 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของ primary emulsion ต่อปริมาตรของ PDAD สูงสุดที่สามารถใช้ได้ในการเตรียม secondary emulsion



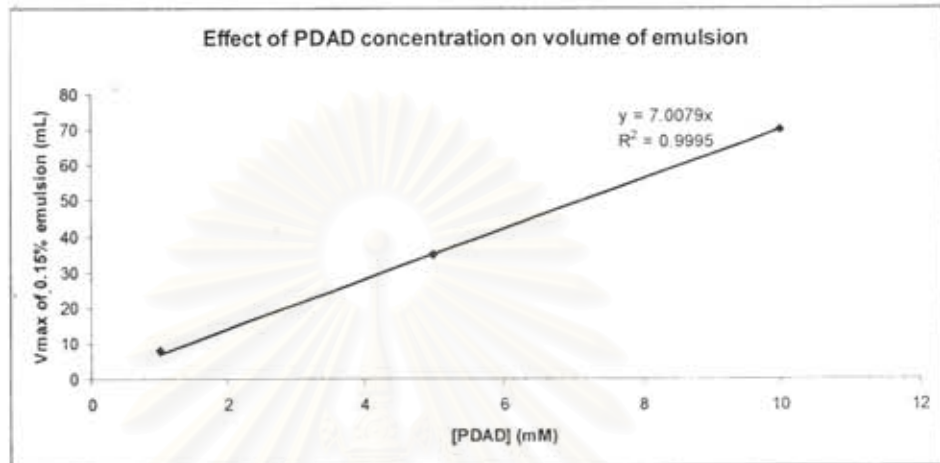
กราฟที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % transmission ต่อปริมาตรของ primary emulsion ที่เติมลงในสารละลาย PDAD ที่ความเข้มข้น 1 (■), 5 (◆) และ 10 mM (▲)

% transmission แสดงถึงสถานะภาพของสารผสม เมื่อยังไม่เติม primary emulsion ค่า % transmission จะมีค่าใกล้ 100 เนื่องจากมีเพียงสารละลายพอลิเมอร์อยู่ เมื่อเติม primary emulsion ที่มีเคซีนเป็นอิมัลซิฟายเออร์ และมีประจุลบ (pH 6) ลงไปในสารละลาย PDADMAC ซึ่งมีประจุเป็นบวกจึงเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างประจุบวกของ PDAD และประจุลบของเคซีน ทำให้เกิด secondary emulsion ที่มี PDAD ล้อมรอบอยู่ภายนอกขึ้น และไม่เกิดการตกตะกอน สารผสมยังอยู่ในรูปของ colloid อยู่ ดังนั้นค่า % transmission จึงต่ำลง เมื่อเติมปริมาตรของ primary emulsion มากขึ้น ทำให้ค่า % transmission ลดลงมากขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของ emulsion ที่เพิ่มขึ้น เมื่อถึงจุด equivalent ระหว่างปริมาณของ PDAD และ primary emulsion ค่า % transmission ต่ำสุด เมื่อเติม primary emulsion มากขึ้น พบว่าเกิด complex ขึ้น โดย complex ดังกล่าวตกตะกอนออกมา ส่งผลให้ค่า % transmission สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นจุดที่แสดงถึงอัตราส่วนน้ำหนักที่มากเกินพอระหว่าง primary emulsion และพอลิเมอร์ที่ใช้ โดย complex ที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง primary emulsion ที่มากเกินพอทำปฏิกิริยากับ secondary emulsion ที่เตรียมได้

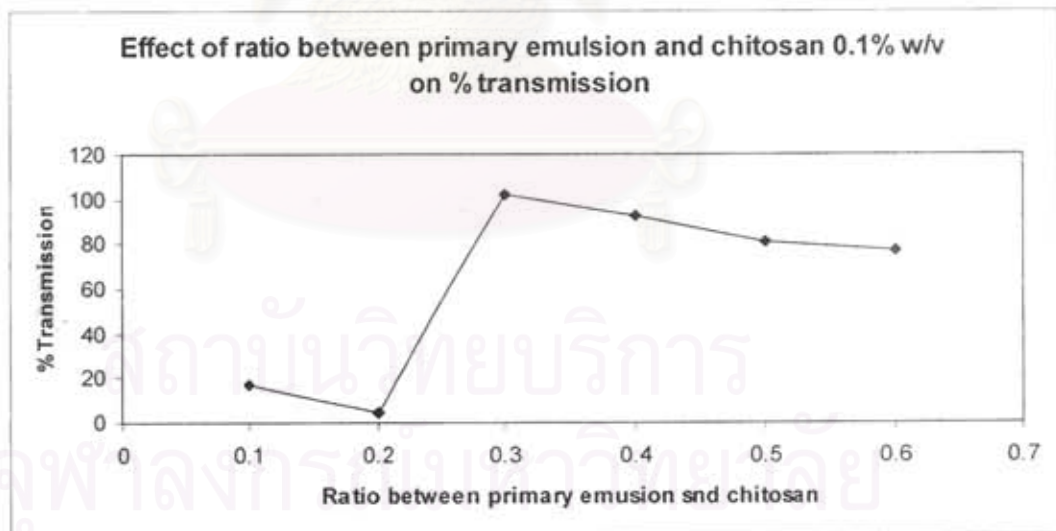
จากกราฟที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของ PDAD 1 mM ปริมาตร ณ จุด equivalent มีค่าเท่ากับ 8 mL และเมื่อความเข้มข้นของ PDAD เพิ่มขึ้นพบว่าปริมาตรของ primary emulsion ณ จุด equivalent จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาตร ณ จุด equivalent มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเข้มข้นของ PDADMAC จากกราฟจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนน้ำหนักที่เหมาะสมระหว่าง

PDADMAC และ primary emulsion มีค่าเท่ากับ 2.6 ดังนั้นในการศึกษาเพื่อเตรียม secondary emulsion ที่ใช้ PDAD นั้นผู้วิจัยเลือกอัตราส่วนน้ำหนักที่น้อยกว่า 2.6 เล็กน้อย

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน โดยน้ำหนักระหว่าง primary emulsion ที่ไม่ได้เชื่อมขวางกับ สารละลาย PDADMAC นั้นมีค่าเท่ากับ 2.6 เช่นกัน ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วน โดยปริมาตรระหว่าง primary emulsion (1.5 % เคซีน) และสารละลาย PDAD เท่ากับ 0.25



กราฟที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณของ primary emulsion และ PDAD ที่ต้องใช้ในการเตรียม secondary emulsion ที่เสถียร



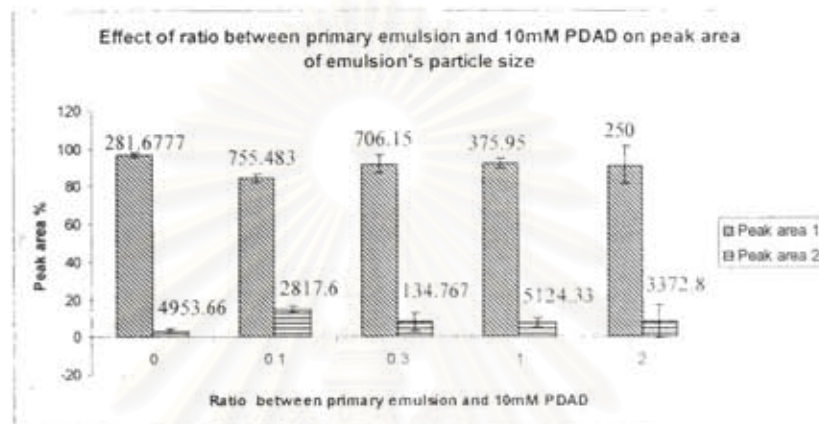
กราฟที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % transmission ต่ออัตราส่วน โดยปริมาตรของ primary emulsion (1.5% ของเคซีน) ที่เติมลงในสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 0.1% (w/v)

จากกราฟที่ 3.6 พบว่าอัตราส่วน โดยปริมาตรระหว่าง primary emulsion และสารละลาย chitosan 0.1% (w/v) ที่เหมาะสมเพื่อใช้เตรียม secondary emulsion เป็น 0.2-0.3 ซึ่งมีปริมาณไคโตซานส่วนเกินน้อยที่สุด และที่อัตราส่วนที่มากกว่า 0.3 จะเกิดการตกตะกอนของ secondary emulsion กับ primary emulsion ซึ่งทำให้ค่า

%transmission มีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเติม primary emulsion ต่อไป ค่า %transmission ลดลงเนื่องจาก primary emulsion ที่เติมลงไปในสารผสม

3.2.2.2 การศึกษานาณของอนุภาคและค่า zeta potential ของ primary emulsion และ secondary emulsion

จากผลการทดลองพบว่าการกระจายตัวของอนุภาค primary ยังคงเป็นแบบ polydisperse แต่สัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดประมาณ 280 ไมครอน มีมากกว่า 95%



กราฟที่ 3.7 แสดงขนาดอนุภาคของ emulsion ณ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของอิมัลชันและ PDAD ที่ 0, 0.1, 0.3, 1 และ 2

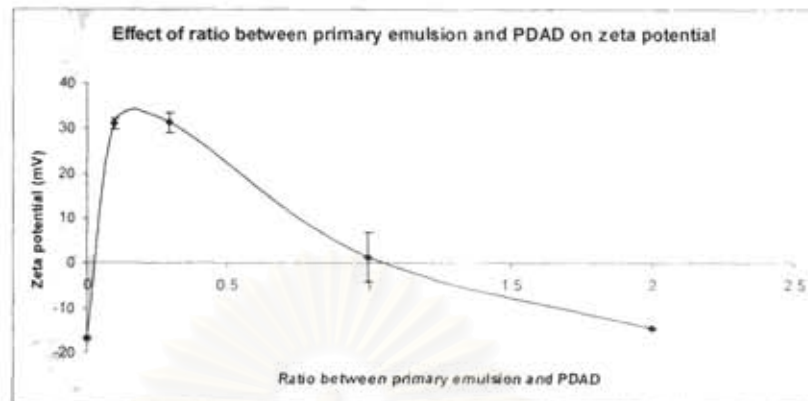
ในกรณีที่ใช้ PDAD เป็นพอลิเมอร์เพื่อเตรียม secondary emulsion นั้นพบว่าการกระจายตัวยังคงเป็นแบบ polydisperse เช่นกัน เมื่อพิจารณากราฟที่ 3.7 และ 3.8 ณ อัตราส่วนเท่ากับ 0 สารผสมมีเพียง primary emulsion ซึ่งยังมีการกระจายตัวเป็นแบบ polydisperse และเมื่อเพิ่มอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 0.1 (อัตราส่วนโดยปริมาตรก่อนถึงจุด equivalent) และ 0.3 (อัตราส่วน โดยปริมาตรใกล้จุด equivalent) พบว่าอนุภาคของอิมัลชันมีขนาดใหญ่ขึ้น และค่า zeta potential เป็นบวกซึ่งเป็นประจุของ PDAD ที่ล้อมรอบ primary emulsion ไว้ แสดงว่าเกิด secondary emulsion ขึ้น

เมื่ออัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนหลังจุด equivalent พบว่าขนาดของอนุภาคอิมัลชันมีขนาดเล็กลง และประจุบนพื้นผิวมีค่าใกล้ 0 แสดงว่าอนุภาคส่วนใหญ่ในสารผสมมีประจุเกือบเป็นศูนย์ บ่งบอกถึงการรวมตัวกันระหว่าง secondary emulsion และ PDAD

ณ ภาวะที่อัตราส่วน โดยปริมาตรเท่ากับ 2 พบว่าขนาดของอนุภาคที่เกิดขึ้นมีขนาดใกล้เคียงกับ primary emulsion และพบว่าค่า zeta potential ที่ได้นั้นมีค่าเป็นลบและใกล้เคียงกับค่าของ primary emulsion ซึ่งเป็นการยืนยันว่า ณ อัตราส่วนนี้มีเพียง primary emulsion อยู่ในสารผสม ดังนั้นอัตราส่วน โดยปริมาตรที่เหมาะสมต่อการเตรียม secondary emulsion คือ 0.2-0.3

ทางผู้วิจัยสามารถเตรียม secondary emulsion โดยใช้โคโคซานได้ พบว่า ณ อัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่าง primary emulsion และ โคโคซานที่ 0.1 (อัตราส่วนก่อนจุด equivalent) อนุภาคในของผสมมีค่า zeta potential เป็นบวก (15mV) และ มีการกระจายตัวของขนาดเป็นแบบ polydisperse โดยมีขนาด 981 nM (76.7%) และ 1792 nM (19.27%) บ่งบอกถึงการเกิด secondary emulsion ขึ้นและ secondary emulsion ที่เตรียมจากโคโคซานมีขนาดใหญ่มากกว่าที่เตรียมจาก PDAD ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากโคโคซานมีความหนืดของ

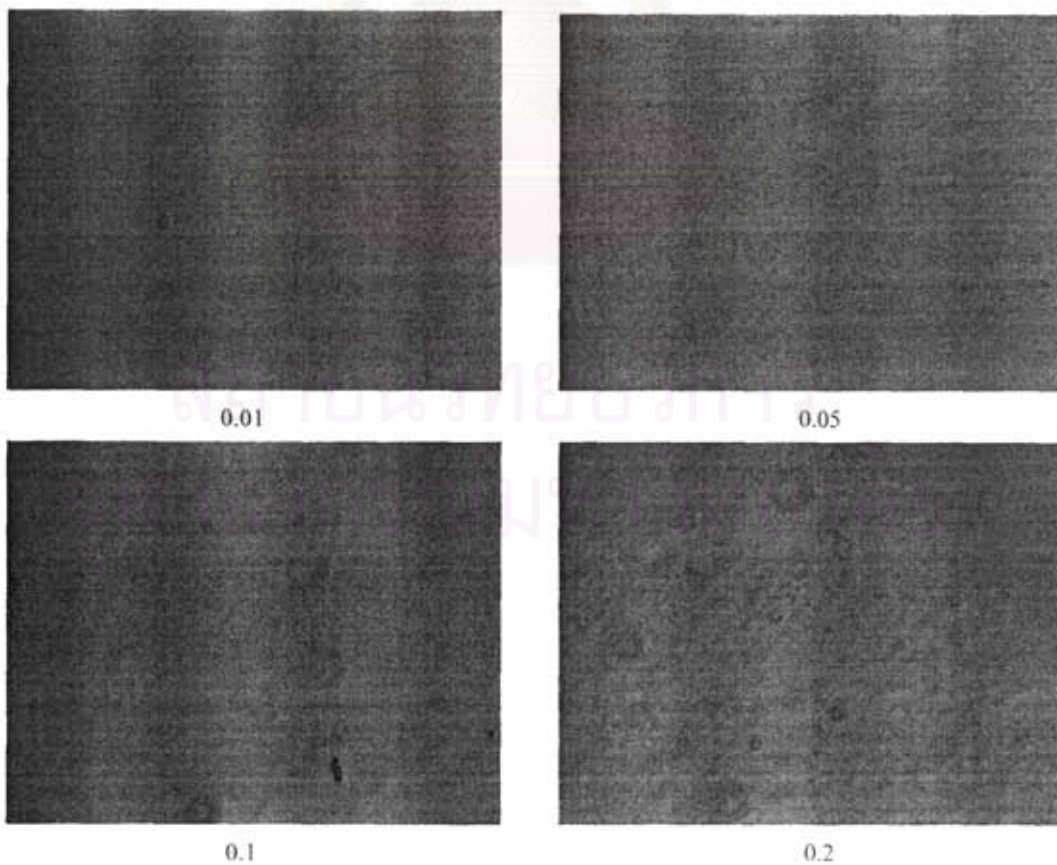
ประจุน้อยกว่าจึงต้องใช้ในปริมาณมากกว่าเพื่อจับกับเคซีนที่ล้อมรอบ primary emulsion อยู่ (มิได้แสดงกราฟไว้ ณ ที่นี้)

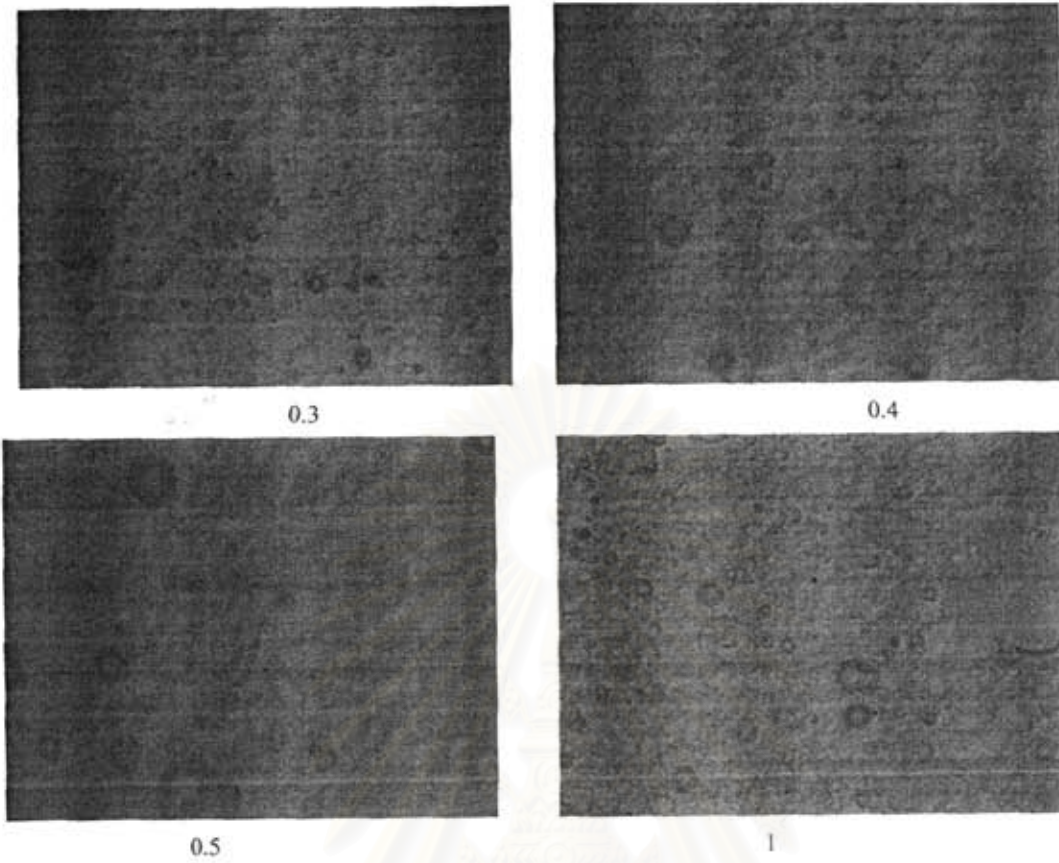


กราฟที่ 3.8 แสดงผลของอัตราส่วน โดยปริมาตรของอิมัลชันและ PDAD ต่อค่า zeta potential

3.2.3 फिल्मที่มีอิมัลชันของ ไอเมกา-3

จากการทดลองพบว่า เจลาตินฟิล์มให้ผลที่ดีที่สุด โดยแสดงดังรูปที่ 3.4 แสดงเจลาตินฟิล์มที่ผสมกับ primary emulsion ในอัตราส่วนต่างๆ โดยพบว่าปริมาณอิมัลชันที่สามารถเติมลงในพอลิเมอร์ฟิล์มสูงสุดเท่ากับ 50%





รูปที่ 3.4 แสดงเจลาตินพีลล์ที่เติม primary emulsion ลงไปในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 0.01 ถึง 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง

รายงานนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ได้แก่ *การพัฒนาฟิล์มที่เติมเกลือแร่ลงไป* และทำการเคลือบบนฝรั่ง ซึ่งจะใช้เป็นผลไม้ต้นแบบ โดยปริมาณของเกลือแร่ที่เติมลงไปจะเติมเพียง 10% ของ RDI และ *การพัฒนาฟิล์มที่เติมน้ำมันโอเมกา-3* การผสมน้ำมัน โอเมกา-3 ลงบนผลไม้โดยตรงเป็นไปได้ยาก ผู้ทำงานวิจัยจึงได้เตรียมน้ำมัน โอเมกา-3 ให้อยู่ในรูปอิมัลชันก่อนแล้วจึงเตรียมเป็นฟิล์ม โดยผู้วิจัยพัฒนาวิธีการเตรียม multilayer emulsion เพื่อให้ได้อิมัลชันของน้ำมันงูน่าที่มีความเสถียร และลดอัตราการเกิดออกซิเดชัน โดยในปริมาณประมาจะเป็นผู้วิจัยเตรียม secondary emulsion ซึ่งเตรียมโดยเคลือบ primary emulsion ที่มีเคซีนเป็นอิมัลซิฟายเออร์ด้วยไบโอพอลิเมอร์ (PDAD และ โคโคซาน) อีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (หน้า 2)

ในปริมาณประมาจะเป็นนี้ ผู้วิจัยสามารถเตรียมแผ่นฟิล์มที่มีการเติมเกลือแร่ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และเหล็ก ลงไปโดยตรงได้ และฟิล์มที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถเคลือบลงบนผลไม้ได้โดยการจุ่มซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย โดยพบว่าฟิล์มที่เหมาะสมต่อการเคลือบบนผิวฝรั่งได้แก่ เจลาติน เนื่องจากให้พื้นผิวที่มันวาวและมีความสามารถเติมเกลือแร่ลงไปได้นอกจากนี้คณะผู้วิจัยสามารถเตรียมฟิล์มที่มีอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ได้ โดยพบว่าเจลาตินเป็นพอลิเมอร์ที่ดีที่สุดเพราะมีความโปร่งแสง และสามารถเติมอิมัลชันของน้ำมัน โอเมกา-3 ได้ถึง 50% โดยน้ำหนัก secondary emulsion ได้ถูกเตรียมขึ้นโดยใช้ PDAD และ โคโคซานเป็นพอลิเมอร์ ซึ่งพบว่า secondary emulsion ที่เตรียมด้วย PDAD มีความเสถียรมากกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจาก pH ของสารละลาย โคโคซาน

ทั้งนี้งานวิจัยดำเนิน ไปล่าช้าจากแผนที่วางไว้เนื่องจากได้รับงบประมาณของครึ่งปีหลังล่าช้ากว่ากำหนดมาก

แนวทางในการวิจัยในขั้นต่อไป

1. ตรวจสอบอัตราการหลุดออกของ ไอออนต่างๆ และพัฒนาวิธีการเตรียมฟิล์มที่ป้องกันการหลุดออกให้ได้มากที่สุด
2. พัฒนาวิธีเตรียม multilayer emulsion ของน้ำมัน โอเมกา-3 และที่มีความเสถียร และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย ซึ่งจะทำให้สามารถเตรียมฟิล์มเพียงชั้นเดียวที่เติมเกลือแร่และน้ำมัน โอเมกา-3 ลงไปพร้อมกันได้
3. วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่เติมลงไปในฟิล์มที่พัฒนาขึ้น
4. พัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีแผ่นฟิล์มที่เติมเกลือแร่และน้ำมัน โอเมกา-3 เคลือบอยู่

บรรณานุกรม

1. <http://data.schq.mi.th/~medo/update2.html>
2. สุจิตรา ผลประไพ, มาลี เขาลออง, ศิริบังกช ดวงดาว. การศึกษาภาวะโภชนาการผู้สูงอายุ รายงานการวิจัย. กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข, 2533
3. S. Park, Y. Zhao "Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films" *J. Agric. Food chem.*, 52 (2004) 1933-1939.
4. C. Wang, Z. Xu, Z. Jingzhe, L. Yanhua, S. Ye, W. Zichen" Biomimetic nucleation and growth of hydrophobic vaterite nanoparticles with oleic acid in a methanol solution" *n Applied Surface Science* 253 (2007) 4768-4772.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัตินักวิจัย

1. นาย สเตฟาน ดูบาส (Mr. Stephan T. Dubas)
ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย
หน่วยงานที่อยู่ติดต่อ
สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กทม. 10330
โทรศัพท์ 0-2218-4234 E-mail : Stephan.d@chula.ac.th
2. ดร.ลักษณา ดูบาส (ลีม์สุวรรณค์) (Dr. Luxsana Dubas)
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
หน่วยงานที่อยู่ติดต่อ
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กทม. 10330
โทรศัพท์ 0-2218-7611 โทรสาร 02 254 1309 E-mail: Luxsana.l@chula.ac.th



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย