



อิมัลชัน

แบบเมมเบรนหลายชั้น



ดร. สุวิมล อริยประกาย
คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอีสต์สมิธตัน

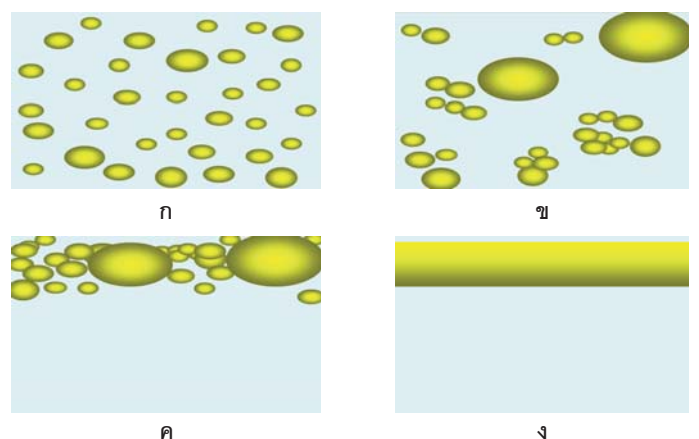
1. บทนำ

อิมัลชันน้ำมันในน้ำ คือระบบที่ประกอบด้วยอนุภาคน้ำมันกระจายแขวนลอยในวัฏภาคน้ำ ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำมันและน้ำส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปของอิมัลชัน อาทิเช่น นม ครีม กะทิ และน้ำสลัด นอกจากนี้หลังจากการแปรรูปแล้วผลิตภัณฑ์อาหารเครื่องสำอางที่มีน้ำมันและน้ำเป็นส่วนประกอบ ส่วนใหญ่ยังจัดอยู่ในประเภทอิมัลชันด้วย ผลิตภัณฑ์อิมัลชันจึงพบเห็นทั่วไปและใช้ในการอุปโภคบริโภคอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามอิมัลชันเป็นระบบที่ไม่คงตัวหรือไม่เสถียร กล่าวคืออนุภาคน้ำมันอาจเกาะกลุ่มกันรวมตัวกันเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น ลอยตัวขึ้น และท้ายที่สุดแยกชั้นออกเป็นชั้นน้ำมันและชั้นน้ำ ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 ปกติแล้วผลิตภัณฑ์อิมัลชันจะสามารถเก็บไว้ได้เพียงระยะเวลาหนึ่ง ก่อนเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำและน้ำมันดังกล่าว

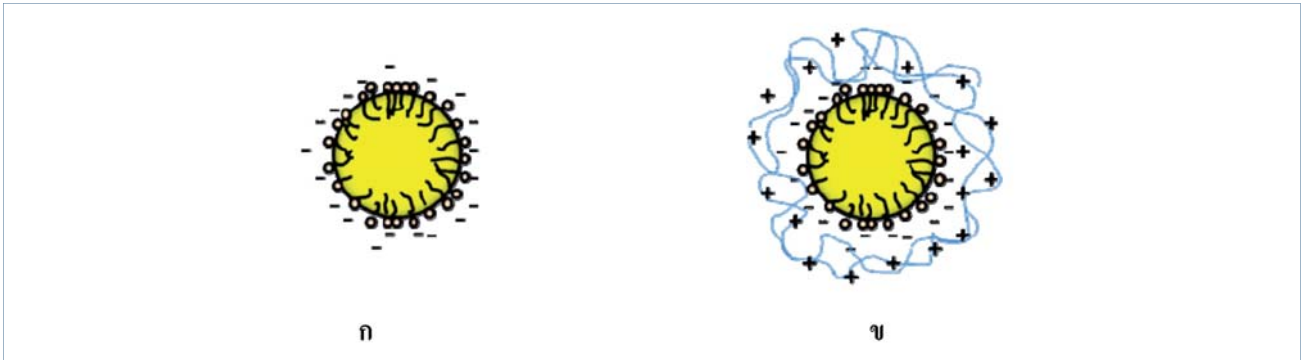


การเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันสามารถทำได้โดยเติมอิมัลซิไฟเออร์หรือสารลดแรงตึงผิวเพิ่ม อิมัลซิไฟเออร์

คือโมเลกุลสารที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบน้ำมันในโมเลกุลเดียวกัน เมื่ออิมัลซิไฟเออร์ไปเกาะและเคลือบอยู่รอบๆอนุภาคน้ำมันดังแสดงในรูปภาพ 2 ก อิมัลซิไฟเออร์จะทำหน้าที่กั้นไม่ให้แต่ละอนุภาคน้ำมันเข้ามาชิดติดกัน และป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคน้ำมัน อิมัลชันจึงมีความคงตัวมากขึ้น



รูปภาพที่ 1 (ก) อิมัลชันน้ำมันในน้ำเริ่มต้นประกอบด้วยอนุภาคน้ำมันกระจายแขวนลอยในน้ำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อตั้งทิ้งไว้อิมัลชันซึ่งไม่คงตัว จะสลายตัวตามลำดับขั้นตอนแสดงในรูปภาพ ข ถึง ง (ข) อนุภาคน้ำมันเกาะกันกลุ่มและบางส่วนรวมตัวเป็นอนุภาคน้ำมันที่ใหญ่ขึ้น (ค) อนุภาคน้ำมันลอยตัวขึ้นสูงเหนือผิวน้ำ และ (ง) อนุภาคน้ำมันทั้งหมดสลายตัวกลายเป็นชั้นน้ำมันแยกอยู่เหนือชั้นน้ำในท้ายที่สุด



รูปภาพที่ 2 (ก) อิมัลชันแบบปกติ (อิมัลชันปฐมภูมิ) ที่มีอิมัลซิไฟเออร์ประเภทประจุลบเกาะอยู่รอบๆ อนุภาคน้ำมัน และ (ข) อิมัลชันแบบเมมเบรนสองชั้น (อิมัลชันทุติยภูมิ) ที่มีสารโพลีเมอร์ชีวภาพที่ประจุบวกปกคลุมอยู่รอบๆ อิมัลซิไฟเออร์ประจุลบอีกชั้นหนึ่ง

อิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้น (multilayer membrane emulsions) เป็นอิมัลชันรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจ เพราะจากการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะในต่างประเทศในช่วงปีที่ผ่านมา พบว่าอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นนี้มีความคงตัวมากกว่าอิมัลชันแบบปกติ โดยมีความคงตัวต่อภาวะปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น ในภาวะเป็นกรด ในสารละลายเกลือ และไม่สลายตัวหลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ลักษณะพิเศษของอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นคือรอบๆ อนุภาคน้ำมันประกอบด้วยชั้นเยื่อหรือเมมเบรนของสารต่างๆมากกว่าหนึ่งชนิดเรียงซ้อนๆ กันโดยชั้นแรกยังคงเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์แต่ต้องเป็นอิมัลซิไฟเออร์ประเภทที่มีประจุ และชั้นถัดไปเป็นสารประเภทโพลีเมอร์ชีวภาพที่มีประจุตรงข้ามกับสารอิมัลซิไฟเออร์ชั้นแรก โดยชั้นโพลีเมอร์ชีวภาพยึดเกาะบนอิมัลซิไฟเออร์ชั้นแรกจากแรงดึงดูดที่เกิดจากขั้วประจุที่ต่างกันระหว่างสารทั้งสอง สารโพลีเมอร์ชีวภาพอาจเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีนก็ได้

รูปภาพ 2ก เป็นรูปตัวอย่างอนุภาคอิมัลชันแบบปกติ (หรืออาจเรียกว่า อิมัลชันปฐมภูมิ) ที่รอบๆ อนุภาคน้ำมันมีอิมัลซิไฟเออร์ที่มีประจุลบเกาะอยู่เพียงชั้นเดียว ส่วนรูปภาพ 2ข เป็นรูปตัวอย่างอนุภาคอิมัลชันแบบเมมเบรนสองชั้น (หรืออาจเรียกว่า อิมัลชันทุติยภูมิ) ซึ่งมีสารโพลีเมอร์ชีวภาพที่มีประจุบวกเกาะอยู่ล้อมรอบชั้นอิมัลซิไฟเออร์ประจุลบอีกทีหนึ่ง จำนวนชั้นสารบนอนุภาคน้ำมันอาจเพิ่มเป็นสามชั้น (หรืออาจเรียกว่า อิมัลชันตติยภูมิ) ทั้งนี้โพลีเมอร์ชีวภาพชั้นที่สามต้องมีประจุตรงข้ามกับสารโพลีเมอร์ชีวภาพชั้นที่สอง

ในการงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารโพลีเมอร์ชีวภาพชนิดต่างๆ ในการเตรียมอิมัลชันแบบเมมเบรนแบบหลายชั้นและได้นำมาแสดงเป็นตัวอย่างข้างล่างนี้โดยสารที่ใช้เตรียมเมมเบรนเรียงตามลำดับชั้น คือ

[อิมัลซิไฟเออร์ชั้น ที่หนึ่ง] – [โพลีเมอร์ชีวภาพชั้นที่สอง] – [โพลีเมอร์ชีวภาพชั้น ที่สาม]

- เลซิทิน (ประจุลบ) –โคโคแซน (ประจุบวก) [1-4]
- ซีเทรียม (ประจุลบ) –โคโคแซน (ประจุบวก) [5]
- SDS (ประจุลบ) –เจลาติน (ประจุบวก) [6]
- SDS (ประจุลบ) –โคโคแซน (ประจุบวก) –เพคติน (ประจุลบ) [7, 8]
- โปรตีนเคซีน (ประจุบวก) – เพคติน (ประจุลบ) [9]
- โปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลิน (ประจุบวก) –เพคติน (ประจุลบ) [10, 11]
- โปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลิน (ประจุบวก) –คาราจีแนน (ประจุลบ) [10]
- โปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลิน (ประจุบวก) –คาราจีแนน (ประจุลบ) –เจลาติน (ประจุบวก) [12]

2. วิธีการเตรียมอิมัลชันแบบเมมเบรนสองชั้น

อิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นสามารถเตรียมได้โดยวิธีที่เรียกว่าการทับถมแบบชั้นต่อชั้นทางไฟฟ้า (Layer-by-layer electrostatic deposition technique) [7] กล่าวคือ เริ่มจากการเตรียมอิมัลชันปฐมภูมิแบบปกติ คือผสมน้ำ น้ำมัน และอิมัลซิไฟเออร์ชนิดที่มีประจุเข้าด้วยกัน ตีผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูงและผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ความดันสูงเพื่อลดขนาดอนุภาคน้ำมัน ได้เป็นอิมัลชันปฐมภูมิที่ประกอบด้วยอนุภาคน้ำมันปกคลุมด้วยชั้นอิมัลซิไฟเออร์ นำอิมัลชันปฐมภูมิที่ได้ไปเจือจางต่อโดยการเติมสารละลายโพลีเมอร์ชีวภาพที่มีประจุตรงข้ามกับอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ สารโพลีเมอร์ชีวภาพจะไปเกาะบนชั้นอิมัลซิไฟเออร์โดยแรงดึงดูดที่เกิดจากประจุไฟฟ้าที่ต่างกัน ก่อกำเนิดเป็นอิมัลชันทุติยภูมิหรืออิมัลชันแบบเมมเบรนสองชั้น

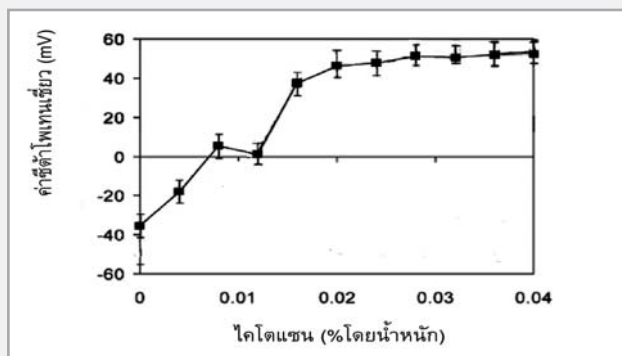


3. การวัดประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน

ค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชันหรือค่าซีต้าโพเทนเชียลสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดอิเล็กโตรโฟรีซิส ค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชันเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญว่ามีการสร้างเมมเบรนที่มีประจุบวกหรือประจุลบรอบๆ อนุภาคน้ำมัน ประจุไฟฟ้าบนอิมัลชันปฐมภูมิเป็นประจุที่เกิดจากสารอิมัลซิไฟเออร์ และประจุไฟฟ้าบนอิมัลชันทุติยภูมิเป็นประจุที่เกิดจากสารโพลิเมอร์ชีวภาพที่ไปยึดเกาะบนอิมัลซิไฟเออร์ชั้นแรก ดังนั้นประจุไฟฟ้าบนอิมัลชันทุติยภูมิจะตรงกันข้ามกับประจุไฟฟ้าบนอิมัลชันปฐมภูมิ รูปภาพที่ 3 เป็นตัวอย่างการศึกษาของ Ogawa *et. al.* (2003) [3] จากกราฟจะเห็นว่าค่าประจุไฟฟ้าตอนแรกของอิมัลชันปฐมภูมิที่ใช้เลซิตินเป็นอิมัลซิไฟเออร์มีค่าประมาณ -35 มิลลิโวลต์ เมื่อเติมสารละลายโคโคซานซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีประจุบวกที่ความเข้มข้นต่างๆ ค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคน้ำมันเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโคโคซาน และค่าประจุบนอนุภาคน้ำมันมีค่าเป็นค่าบวกเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโคโคซานมีค่ามากกว่า 0.01 % โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่ามีการสร้างชั้นโคโคซานประจุบวกปกคลุมล้อมรอบอนุภาคอิมัลชันปฐมภูมิอีกทีหนึ่ง

3.1 การแปรความเข้มข้นเกลือไอออนต่อค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน

การศึกษาสมบัติทางประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชันสามารถทำได้โดยการแปรค่าความเข้มข้นเกลือไอออน เมื่อเติมสารละลายเกลือลงในอิมัลชัน เกลือไอออนสามารถบดบังประจุไฟฟ้าของอนุภาคน้ำมัน ทำให้ค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชันลดลง

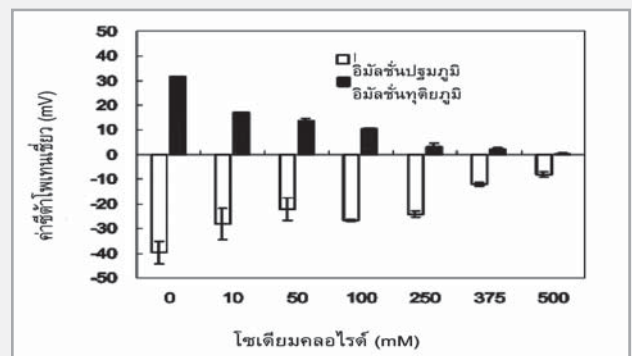


รูปภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน (ค่าซีต้าโพเทนเชียล) และความเข้มข้นของสารละลายโคโคซานที่เติมลงในอิมัลชันที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพด 1% โดยน้ำหนัก, เลซิติน 0.2% โดยน้ำหนัก, และที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3 (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง [3])

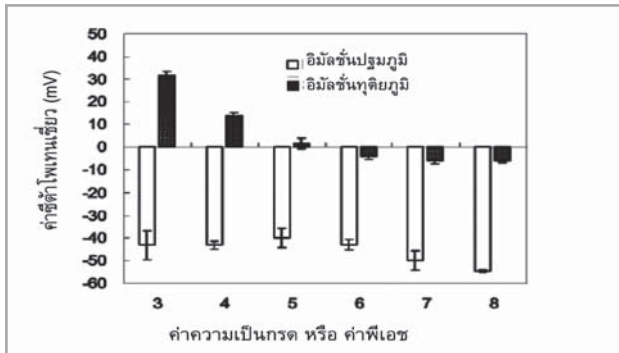
ตัวอย่างศึกษาในรูปภาพที่ 4 Surh *et. al.* (2005) [6] แสดงให้เห็นว่าเมื่อเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในอิมัลชันปฐมภูมิที่ใช้ SDS เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ค่าประจุลบของอิมัลชันลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ และเมื่อเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในอิมัลชันทุติยภูมิที่ใช้ SDS เป็นอิมัลซิไฟเออร์และหุ้มด้วยชั้นเจลาตินประจุบวก ค่าประจุบนอิมัลชันลดลงตามความเข้มข้นของเกลือไอออนที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

3.2 การแปรค่าความเป็นกรดต่อค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน

โปรตีนเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพที่นิยมใช้ในการเตรียมอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้น ค่าประจุไฟฟ้าของโปรตีนขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของโปรตีนชนิดนั้นๆ และขึ้นกับค่าความเป็นกรดหรือค่าพีเอชของสารละลาย ดังนั้นค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชันที่มีโปรตีนปกคลุมอยู่ จะเป็นค่าลบเมื่อปรับพีเอชให้สูงกว่าค่าพีเอชของโปรตีน และเป็นค่าบวกเมื่อปรับพีเอชให้ต่ำกว่าค่าพีเอชของโปรตีนนั้นๆ ในรูปภาพที่ 5 Surh *et. al.* (2005) [6] ได้แปรค่าพีเอชในช่วง 3-8 ในอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพดโดยใช้ SDS เป็นอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าค่าประจุบนอิมัลชันมีค่าลบตลอดช่วงพีเอชที่ใช้ ในขณะที่เมื่อแปรค่าพีเอชในอิมัลชันทุติยภูมิที่เตรียมโดยใช้ SDS เป็นอิมัลซิไฟเออร์และใช้โปรตีนเจลาตินจากปลาหุ้มอีกชั้น พบว่าค่าประจุบนอนุภาคอิมัลชันมีค่าบวกเมื่อค่าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 5 และมีค่าเป็นลบเมื่อค่าพีเอชมากกว่า 6 ทั้งนี้ค่าพีเอชของเจลาตินจากปลามีค่าโดยประมาณอยู่ระหว่างค่าทั้งสองนี้



รูปภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน (ค่าซีต้าโพเทนเชียล) และความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เติมในอิมัลชันปฐมภูมิ (ที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพด 20% โดยน้ำหนัก, SDS 0.46 % โดยน้ำหนัก, และที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3) และในอิมัลชันทุติยภูมิ (ที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพด 10% โดยน้ำหนัก, SDS 0.23 % โดยน้ำหนัก, เจลาตินจากปลา 2% โดยน้ำหนัก, และที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3) (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง [6])



รูปภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจุไฟฟ้าบนอนุภาคอิมัลชัน (ค่าซีต้าโพเทนเชียล) และค่าความเป็นกรดหรือค่าพีเอชในอิมัลชันปฐมภูมิ (ที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพด 20% โดยน้ำหนัก, SDS 0.46 % โดยน้ำหนัก, และที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3) และในอิมัลชันทุติยภูมิ (ที่เตรียมจากน้ำมันข้าวโพด 10% โดยน้ำหนัก, SDS 0.23 % โดยน้ำหนัก, เจลาตินจากปลา 2 % โดยน้ำหนัก, และที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3) (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง [6])

4. คุณสมบัติของอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นต่อปฏิกิริยาเคมีและกระบวนการผลิตต่างๆ

4.1 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน

(Lipid Oxidation)

อิมัลชันซึ่งมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสามารถเกิดปฏิกิริยากับอากาศหรือที่เรียกว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก่อให้เกิดเป็นกลิ่นหืน ผลิตภัณฑ์อิมัลชันเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคต่างๆ ไปไม่สามารถเก็บไว้ได้นานเกินระยะเวลาหนึ่งเพราะการเกิดกลิ่นดังกล่าว ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันในอิมัลชันปฐมภูมิและในอิมัลชันทุติยภูมิ และพบว่าน้ำมันในอิมัลชันทุติยภูมิมีแนวโน้มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอัตราที่ช้ากว่าในอิมัลชันปฐมภูมิ Ogawa *et al.* 2003 [4] และ Klinkesorn *et al.* 2005 [13] พบว่าน้ำมันในอิมัลชันทุติยภูมิที่เตรียมจากเลซิตินประจุลบและโคโคเทนนประจุบวก มีแนวโน้มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอัตราที่ช้ากว่าน้ำมันในอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากเลซิตินเพียงชั้นเดียว Katsuda *et al.* 2008 [11] ใช้โปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลินในการเตรียมอิมัลชันไฟเออร์ซันแรกและเพคตินในการเตรียมเมมเบรนชั้นที่สอง พบว่าเพคตินสองชนิดคือซีตรัสเพคตินและซูก้าบีทเพคตินมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่างกัน กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอิมัลชันยังไม่ทราบแน่ชัดและอาจขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วยเช่น ชนิดประจุบนอนุภาคอิมัลชัน ซึ่งอาจมีปฏิสัมพันธ์กับตัวออกซิไดซ์ประเภทโลหะไอออนต่างๆ [14]

4.2 การใช้ความร้อน (Thermal processing)

กระบวนการให้ความร้อนเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตอาหารทั้งในการทำสุกและการฆ่าเชื้อ จากการศึกษที่ผ่านมา พบว่าอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าอิมัลชันปฐมภูมิ เช่น จากการศึกษาของ Ogawa *et al.* (2003) [4] ที่ใช้อิมัลชันทุติยภูมิน้ำมันข้าวโพดที่เตรียมจากเลซิตินและโคโคเทนน มาเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง 90 °C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าอนุภาคน้ำมันมีลักษณะกระจายตัวและไม่เกาะกลุ่มกัน ในขณะที่ในอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากเลซิตินชั้นเดียวอนุภาคน้ำมันมีลักษณะเกาะกันเป็นกลุ่มในขณะที่ Klinkesorn *et al.* (2005) [2] ใช้น้ำมันปลาพวพบว่าอนุภาคน้ำมันของอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากเลซิตินรวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้น แต่อิมัลชันทุติยภูมิที่เตรียมจากเลซิตินและโคโคเทนนไม่รวมตัวกันหลังให้ความร้อน

4.3 การละลายน้ำแข็ง (Freeze thawing)

การเก็บแช่แข็งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร การละลายน้ำแข็งเป็นกระบวนการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อละลายน้ำแข็งมีงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาถึงความคงตัวของอิมัลชันหลังผ่านการละลายน้ำแข็ง เช่นในการทดลองของ Ogawa *et al.* (2003) [4] ที่นำอิมัลชันน้ำมันข้าวโพดมาแช่แข็งที่ -10 °C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง และเก็บที่ 30 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำซ้ำเป็นจำนวน 6 ครั้ง และพบว่าในอิมัลชันแบบทุติยภูมิที่เตรียมจากเลซิตินและโคโคเทนนมีอนุภาคน้ำมันที่เกาะกลุ่มกันปริมาณน้อยกว่าอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากเลซิตินเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองทำนองเดียวกันที่พบในอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นชนิดอื่นๆ เช่น อิมัลชันทุติยภูมิที่ใช้ SDS-โคโคเทนน-เพคติน [7, 8] และอิมัลชันทุติยภูมิที่ใช้โปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลิน- คาราจีแนน-เจลาติน [12] โดยพบว่าอนุภาคน้ำมันมีความคงตัวดีกว่าในอิมัลชันปฐมภูมิ กล่าวคือ มีลักษณะกระจายตัวไม่เกาะกลุ่มกันหรือไม่รวมตัวกันเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นหลังผ่านการละลายน้ำแข็ง

4.4 การอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze drying)

กระบวนการอบแห้งแบบแช่แข็งเป็นกระบวนการทำแห้งที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเนื่องจากเป็นการระเหยให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ ผลิตภัณฑ์อิมัลชันสามารถนำมาอบแห้งโดยวิธีดังกล่าว ซึ่งหลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาบดเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปผง ปกติแล้วผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ต้องนำมาละลายน้ำเพื่อคืนรูปอิมัลชันก่อนการอุปโภคบริโภค Klinkesorn *et al.* (2005) [2] นำอิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นที่เตรียมจาก

เลซิทินและโคโคธแซนหลังจากผ่านกระบวนการดังกล่าวมาละลายน้ำเพื่อคืนรูปอิมัลชัน พบว่าอิมัลชันที่ได้มีลักษณะเหมือนกับก่อนผ่านกระบวนการอบแห้ง กล่าวคือขนาดอนุภาคไม่เปลี่ยนแปลง อนุภาคน้ำมันไม่เกาะกลุ่มกันและไม่เกิดการรวมตัวกัน ในขณะที่อนุภาคอิมัลชันของอิมัลชันปฐมภูมิที่เตรียมจากเลซิทินชั้นเดียวมีลักษณะรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น Mun et al. (2008) [10] พบว่าอิมัลชันทุติยภูมิที่เตรียมจากโปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลินและเพคตินและจากโปรตีนเบต้าแลคโตกลอบูลินและคาราจีแนนมีความคงตัวดีกว่าอิมัลชันปฐมภูมิคืออนุภาคน้ำมันมีการเกาะกลุ่มกันน้อยกว่า และใช้สารยึดเกาะมอลโตสเดสตรินในปริมาณน้อยกว่า Kaasgaard และ Keller (2010) [5] กักเก็บน้ำมันแต่งกลิ่นรสที่ระเหยง่ายให้อยู่ในรูปแบบผงแห้งโดยเตรียมเป็นอิมัลชันแบบเมมเบรนสองชั้น คือใช้ซีเทรียมและโคโคธแซน พบว่าผงแห้งที่เตรียมจากอิมัลชันทุติยภูมิสามารถกักเก็บน้ำมันได้มีประสิทธิภาพกว่าผงแห้งที่เตรียมจากอิมัลชันปฐมภูมิที่ใช้ซีเทรียม อีกทั้งเมื่อเติมน้ำสามารถคืนรูปอิมัลชันได้ดี อิมัลชันหลังการคืนรูปมีขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมันใกล้เคียงกับอิมัลชันก่อนนำไปทำแห้ง

4.5 การพ่นแห้งแบบละอองฝอย (Spray drying)

การพ่นแห้งแบบละอองฝอยเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยิยมใช้ในการแปรรูปอิมัลชันให้อยู่ในรูปแบบผงแห้ง Klinkesorn et al. (2006) [15] พ่นแห้งอิมัลชันน้ำมันทูน่าที่เตรียมโดยเมมเบรนแบบสองชั้นคือเลซิทินและโคโคธแซนและ พบว่าผงที่ได้กักเก็บน้ำมันได้ดีและอนุภาคน้ำมันกระจายตัวได้ดีเมื่อนำมาละลายน้ำเพื่อคืนรูปอิมัลชัน

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

อิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นเป็นอิมัลชันลักษณะใหม่คือ รอบๆ อนุภาคน้ำมันประกอบด้วยสารอิมัลซิไฟเออร์และสารโพลีเมอร์ชีวภาพต่างๆ เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ อิมัลชันแบบเมมเบรนหลายชั้นนี้มีคุณสมบัติที่ดีว่าอิมัลชันแบบปกติเพราะมีความคงตัวสูงโดยสามารถคงตัวหลังผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การให้ความร้อน การละลายน้ำแข็ง การอบแห้งแบบแช่แข็ง และการพ่นแห้งแบบละอองฝอย และมีแนวโน้มที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศในอัตราที่ช้ากว่าอิมัลชันแบบปกติ ในอนาคตจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัยเพื่อเลือกสรรชนิดสารอิมัลซิไฟเออร์และสารโพลีเมอร์ชีวภาพที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อิมัลชันอาหารยาและเครื่องสำอาง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Klinkesorn, U., et al. 2005. *Stability of spray-dried tuna oil emulsions encapsulated with two-layered interfacial membranes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 8365-8371.
2. Klinkesorn, U., et al. 2005. *Encapsulation of emulsified tuna oil in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition*. Food Hydrocolloids 19: 1044-1053.
3. Ogawa, S., Decker, E.A., and McClements, D.J. 2003. *Production and characterization of O/W emulsions containing cationic droplets stabilized by lecithin-chitosan membranes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 2806-2812.
4. Ogawa, S., Decker, E.A., and McClements, D.J. 2003. *Influence of environmental conditions on the stability of oil in water emulsions containing droplets stabilized by lecithin-chitosan membranes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 5522-5527.
5. Kaasgaard, T. and Keller, D. 2010. *Chitosan coating improves retention and redispersibility of freeze-dried flavor oil emulsions*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58: 2446-2454.
6. Surh, J., et al. 2005. *Influence of environmental stresses on stability of O/W emulsions containing cationic droplets stabilized by SDS-fish gelatin membranes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 4236-4244.
7. Aoki, T., Decker, E.A., and McClements, D.J. 2005. *Influence of environmental stresses on stability of O/W emulsions containing droplets stabilized by multilayered membranes produced by a layer-by-layer electrostatic deposition technique*. Food Hydrocolloids 19: 209-220.

8. Thanasukarn, P., Pongsawatmanit, R., and McClements, D.J. 2006. *Utilization of layer-by-layer interfacial deposition technique to improve freeze-thaw stability of oil-in-water emulsions.* Food Research International 39: 721-729.
9. Surh, J., Decker, E.A., and McClements, D.J. 2006. *Influence of pH and pectin type on properties and stability of sodium-caseinate stabilized oil-in-water emulsions.* Food Hydrocolloids 20: 607-618.
10. Mun, S., et al. 2008. *Utilization of polysaccharide coatings to improve freeze-thaw and freeze-dry stability of protein-coated lipid droplets.* Journal of Food Engineering 86: 508-518.
11. Katsuda, M.S., et al. 2008. *Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with beta-lactoglobulin and pectin.* Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 5926-5931.
12. Gu, Y.S., Decker, E.A., and McClements, D.J. 2007. *Application of multi-component biopolymer layers to improve the freeze-thaw stability of oil-in-water emulsions: [b]-Lactoglobulin-[i]-carrageenan-gelatin.* Journal of Food Engineering 80: 1246-1254.
13. Klinkesorn, U., et al. 2005. *Increasing the oxidative stability of liquid and dried tuna oil-in-water emulsions with electrostatic layer-by-layer deposition technology.* Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 4561-4566.
14. McClements, D.J. and Decker, E.A. 2000. *Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems.* Journal of Food Science 65: 1270-1282.
15. Klinkesorn, U., et al. 2006. *Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition.* Food Research International 39: 449-457.

