

อิมัลซิไฟเออร์ ในอาหาร

Emulsifiers in foods



ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ (Dr. Sunsanee Udomrati)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

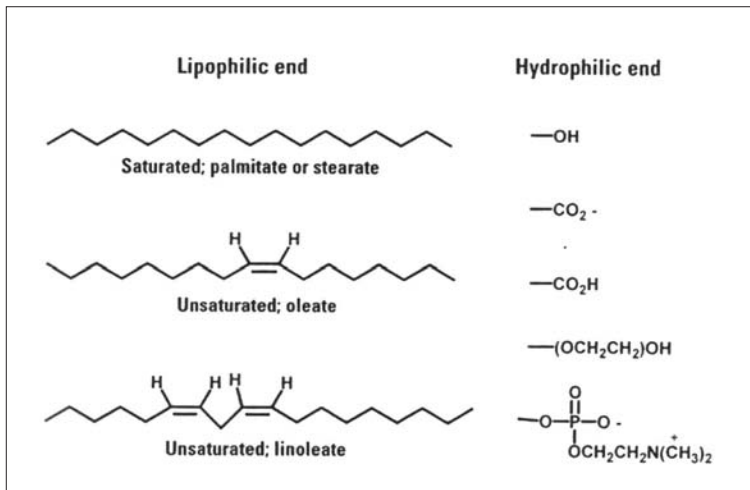
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

คำนำ

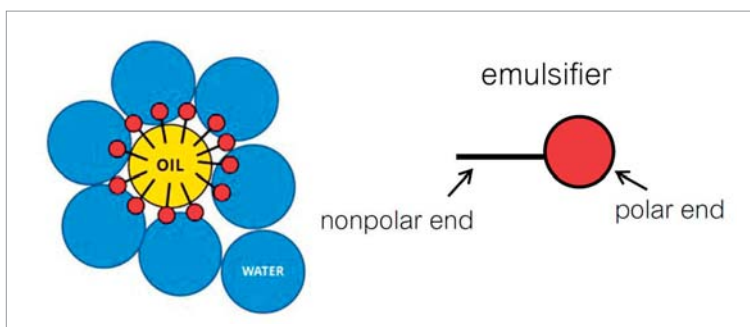
อิมัลชันอาหาร (emulsion foods) เป็นอาหารที่มีน้ำและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ เช่น นม น้ำสลัด มายองเนส เนย และมาการีน อาหารเหล่านี้จะพบปัญหาคือ เกิดการแยกวัฏภาค (phase separation) ของน้ำมันและน้ำในระหว่างการเก็บรักษา เพราะอิมัลชันเป็นระบบไม่เสถียรทางอุณหพลศาสตร์ (thermodynamically unstable system) เนื่องจากการผสมระหว่างน้ำและน้ำมันซึ่งเป็นของเหลวที่มีแรงตึงผิวแตกต่างกันมาก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำมีค่าสูงจนโมเลกุลของน้ำมันไม่สามารถแทรกตัวระหว่างโมเลกุลของน้ำได้ ของเหลวทั้งสองชนิดจึงไม่สามารถผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ (ปาริฉัตร, 2555) การเติมอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) หรือคาร์บอกซิล (carboxyl) และส่วนที่ชอบไขมัน (lipophilic) เช่น stearic, palmitic, oleic, linoleic acid หรือกรดไขมันผสม อิมัลซิไฟเออร์ช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมัน เอื้อต่อการกระจายตัวของโมเลกุลน้ำมันให้แทรกกระหว่างโมเลกุลของน้ำได้ โมเลกุลอิมัลซิไฟเออร์แสดงดังรูปที่ 1 ในระบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) ส่วนที่ชอบไขมันของโมเลกุลอิมัลซิไฟเออร์จะยึดเกาะที่ผิวเม็ดไขมันซึ่งเป็นวัฏภาคกระจายตัว (dispersed phase) และส่วนที่ชอบน้ำยื่นออกมาอยู่ในน้ำซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) แสดงดังรูปที่ 2 ส่วนในระบบอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil emulsion)



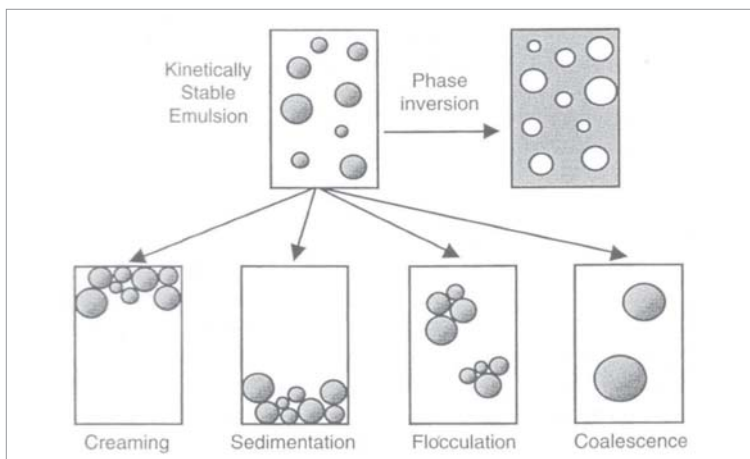
ส่วนที่ชอบไขมันยื่นออกมาอยู่ในส่วนน้ำมัน (วัฏภาคต่อเนื่อง) และส่วนที่ชอบน้ำจะยึดเกาะที่ผิวเม็ดอนุภาคน้ำ ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์ล้อมรอบอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคกระจายตัว (dispersed droplet) เกิดเป็นอิมัลชันที่เป็นของผสมเนื้อเดียวกันที่มีความคงตัว ช่วยป้องกันการเสถียรภาพของอิมัลชันจากการแยกชั้น (creaming) การตกตะกอน (sedimentation) การเกาะกลุ่ม (flocculation) การหลอมรวมตัว (coalescence) ของอนุภาคกระจายตัว และการกลับวัฏภาค (phase inversion) (รูปที่ 3)



รูปที่ 1 หมู่ที่ชอบน้ำและหมู่ที่ชอบไขมันของโมเลกุลอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหาร
ที่มา: Hasenhuettl (1997)



รูปที่ 2 กลไกของอิมัลซิไฟเออร์ในการรักษาความคงตัวของอิมัลชันชนิดไขมันในน้ำ
ที่มา: <http://www.molecularrecipes.com/emulsions/>



รูปที่ 3 กลไกการเสถียรภาพของอิมัลชัน
ที่มา: McClements (2005)

อิมัลซิไฟเออร์ที่พบในธรรมชาติ เช่น โปรตีนเคซีนในนม โปรตีนจากถั่วเหลือง เลซิทิน (ฟอสโฟลิปิด) ในไข่แดง และพอลิแซคคาไรด์บางชนิด ได้แก่ กัมอะราบิก กาลแลคโตแมนแนน เพคติน และไคโตซาน เป็นต้น ในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 เริ่มมีการใช้อิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ (synthetic emulsifiers) และได้มีการพัฒนาการสังเคราะห์

อิมัลซิไฟเออร์อย่างต่อเนื่องเพื่อขับเคลือบอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อช่วยรักษาคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่นการใช้อิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ที่เหมาะสมปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถช่วยทำให้น้ำสลัดเก็บรักษาได้นานกว่าหนึ่งปีโดยไม่เกิดการแยกชั้น ปริมาณเกลือและค่า pH ของอาหารมีความผันแปรในช่วงกว้างซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์ อิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ส่วนใหญ่จะทนต่อปริมาณเกลือและค่า pH ในช่วงกว้าง ในขณะที่สมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือและค่า pH ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ทั้งอิมัลซิไฟเออร์จากธรรมชาติร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ในส่วนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดอาหารและกระบวนการผลิต นอกจากนี้อิมัลซิไฟเออร์ช่วยรักษาความคงตัวของระบบอิมัลชันแล้วยังสามารถช่วยปรับปรุงและรักษาคุณภาพในด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย แสดงดังตารางที่ 1

อิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ที่ใช้ในอาหารสามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ (Zielinski, 1997)

1. Mono- and diglycerides
2. Propylene glycol monoesters
3. Lactylated esters
4. Polyglycerol esters
5. Sorbitan esters
6. Ethoxylated esters
7. Succinylated esters
8. Fruit acid esters
9. Acetylated mono- and diglycerides
10. Phosphated mono- and diglycerides
11. Sucrose ester

ตารางที่ 1 Other functions of food emulsifiers

Emulsifier function	Example (s)
Whipping (aerating) agent	Whipped toppings
Dispersant	Flavors, vitamins
Dough conditioner	Bread, bun, rolls
Deformer	Yeast and sugar manufacturing
Starch complexer	Macaroni, pasta
Crystallization inhibitor	Salad oil
Antistaling agent	Yeast-raised baked goods
Antisticking agent	Candy, chewing gum
Antispattering agent	Margarines, frying shortening
Freeze-thaw stabilizer	Frozen toppings
Gloss enhancer	Confectionary coatings
Cloud formers	Beverages
Hydrating agents	Powdered milk drinks
Encapsulating agents	Flavors, aromas
Dispersion stabilizers	Peanut butter

ที่มา: Hasenhuettl (1997)

ตารางที่ 2 HLB value of food emulsifiers

Emulsifier type	HLB value
Diglyceride	2-3
Monoglyceride	3-4
Calcium lactylate	7-9
Sodium lactylate	18-21
Polyglycerolester	6-11
Propylene glycolester	2-3

ที่มา: Norn (2015)

อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหารสามารถถูกจัดกลุ่มได้ด้วยค่า HLB (hydrophilic lipophilic balance) (ตารางที่ 2) โดยอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB ต่ำแสดงว่าโมเลกุลมีหมู่ที่ชอบไขมันมาก ในขณะที่อิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB สูงเนื่องจากโมเลกุลมีส่วนที่ชอบน้ำมาก โดยอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB 2-6 เหมาะสมสำหรับใช้ในระบบอิมัลชันชนิดน้ำในไขมัน ค่า HLB 8-18 เหมาะกับระบบอิมัลชันชนิดไขมันในน้ำ อย่างไรก็ตามอิมัลชันอาหารเป็นระบบเชิงซ้อนที่ประกอบไปด้วยส่วนผสมหลายอย่าง ดังนั้นค่า HLB จึงเป็นเพียงตัวชี้้นำในการเลือกใช้ อิมัลซิไฟเออร์ ดังนั้นการเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับระบบอิมัลชันอาหารชนิดนั้น ๆ จึงจำเป็นต้องมีการทดลองในระบบอาหารนั้น

อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร (food additives) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (1) GRAS (generally recognized as safe) (21CFR184) ปริมาณการใช้กฎหมายไม่ได้กำหนดอย่างเข้มงวด (2) Direct food additives (21CFR172) กฎหมายได้ระบุปริมาณสูงสุดที่สามารถใช้ได้ ในอาหาร โดยอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแสดงดังตารางที่ 3 และ 4



polysorbate เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่มีประจุ (non-ionic emulsifier) ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของ polyethoxylated sorbitan และกรดไขมัน ค่า HLB ของ polysorbate ชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 5 polysorbate มีค่า HLB มากกว่า 10 เนื่องจากประกอบด้วยหมู่ที่ชอบน้ำ polyoxyethylene สายยาวในโมเลกุล โดยโครงสร้างโมเลกุล polysorbate 60 แสดงดังรูปที่ 4 โมเลกุล polysorbate ที่ประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกันมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5) ส่วนความยาวของสายโมเลกุล ethylene oxide ถูกควบคุมให้อยู่ที่ 20 โมล

ตารางที่ 3 Emulsifiers affirmed as GRAS

Emulsifier	21CFR No.	Functionalities	Typical applications
Lecithin	184.1400	Coemulsifier, viscosity reducer	Margarines, chocolate products
Monoglycerides	184.1505	Emulsifier, aerator, crystal stabilizers	Margarines, whipped toppings, peanut butter stabilizers
Diacyltartaric acid esters of monoglycerides	184.1101	Emulsifier, film former	Baked goods, confection, dairy product analogs
Monosodium salt of analogs, phosphated monoglycerides	184.1521	Emulsifier, lubricant, release agent	Dairy products, soft candy

ที่มา: Hasenhuettl (1997)

ตารางที่ 4 Emulsifiers classified as direct food additives

Emulsifier	21CFR No.	Functionalities	Typical applications
Lactylated monoglycerides	172.850	Emulsifier, plasticizer, surface-active agent	Baked products, whipped toppings
Acetylated monoglycerides	172.828	Film former, moisture barrier	Fruits, nuts, pizza
Succinylated monoglycerides	172.830	Emulsifier, dough strengthener	Shortenings, bread
Ethoxylated monoglycerides	172.834	Emulsifier, stabilizer	Cakes, whipped toppings, frozen desserts
Sorbitan monostearate	172.842	Emulsifier, rehydrating agent	Confectionery coatings, yeast, cakes, icings
Polysorbates	172.836 172.838 172.840	Emulsifier, opacifier, solubilizer, wetting agent	Salad dressings, coffee whiteners, gelatins, ice cream
Polyglycerol esters	172.854	Emulsifier, aerator, cloud inhibitor	Icings, salad oils, peanut butter, fillings
Sucrose esters of fatty acids	172.859	Emulsifier, texturizer, film former	Baked goods, fruit coatings, confectionery
Calcium and sodium Stearoyl lactylates	172.844 172.846	Emulsifier, dough conditioner, whipping agent	Bread, coffee whiteners, icings, dehydrated potatoes
Propylene glycol esters	172.858	Emulsifier, aerator	Cake mixes, whipped toppings

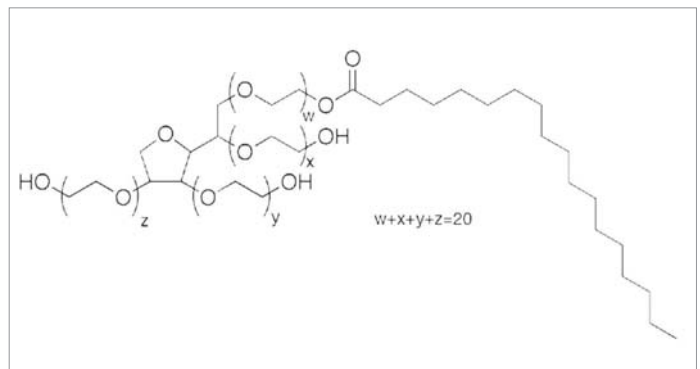
ที่มา: Hasenhuettl (1997)

ตารางที่ 5 Nomenclature and physical characteristics of polysorbate

Generic name	Common name	Other name	Physical form 25°C	HLB
Polysorbate 20	Tween 20	Polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate	Liquid	16.7
Polysorbate 40	Tween 40	Polyoxyethylene (20) sorbitan monopalmitate	Liquid	15.6
Polysorbate 60	Tween 60	Polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate	Gel	14.9
Polysorbate 80	Tween 80	Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate	Liquid	15.0
Polysorbate 65	Tween 65	Polyoxyethylene (20) sorbitan triostearate	Solid	10.5
Polysorbate 85	Tween 85	Polyoxyethylene (20) sorbitan trioleate	Liquid	11.0

ที่มา: Cottrell และ van Peij (2015)

polysorbate ละลายน้ำได้ดี สามารถลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันและน้ำได้มากเมื่อใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย เมื่ออิมัลซิไฟเออร์ละลายในน้ำจนอิ่มตัว อิมัลซิไฟเออร์ที่มากเกินไปจะจับตัวเป็นไมเซลล์ (micelle) ทำให้แรงตึงผิวระหว่างน้ำมันและน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเออร์ที่ทำให้เริ่มเกิดไมเซลล์คือ Critical Micelle Concentration (CMC) ความยาวของโมเลกุลกรดไขมันมีผลต่อ CMC แสดงดังตารางที่ 6 ไมเซลล์มีลักษณะเป็นทรงกลม (0-50 Å) ทรงกลมไมเซลล์เป็นส่วนที่ไม่มีขั้วอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4 โครงสร้างของ polysorbate 60
ที่มา: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polysorbate>

ตารางที่ 6 Approximate molecular weight (MW), and Critical Micelle Concentrations (CMC) of polysorbate emulsifiers at 25°C

	MW (average)	CMC (mM)	CMC (%)
Polysorbate 20	1228	0.059	0.07
Polysorbate 40	1284	0.027	0.03
Polysorbate 60	1312	0.025	0.03
Polysorbate 80	1310	0.012	0.015

ที่มา: Cottrell และ van Peij (2015)

polysorbate ถูกใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการกระบวนห่อหุ้ม (encapsulation) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) โดยชนิดของ polysorbate ที่ใช้มีผลต่อสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษา Anarjan และ Tan (2013) ศึกษาผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ (polysorbate 20, 40, 60 และ 80) ต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของอิมัลชัน และการสูญเสียแอสตาแซนธิน (astaxanthin) ในระหว่างกระบวนการผลิตอิมัลชันชนิดไขมันในน้ำที่มีแอสตาแซนธินซึ่ง

เป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี พบว่า อิมัลชันที่ใช้ polysorbate 20 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ให้อิมัลชันที่มีเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กที่สุด และมีค่าดัชนีการกระจายตัวแบบผสม (polydispersity index) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ polysorbate ชนิดอื่น และปริมาณแอสตาแซนธินสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิตอิมัลชันไม่แตกต่างจากอิมัลชันที่ใช้ polysorbate 40 และ 60 ในขณะที่แอสตาแซนธินเกิดการสูญเสียมากที่สุดเมื่อใช้ polysorbate 80 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ polysorbate 20 ได้ถูกใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการห่อหุ้ม (encapsulation) วิตามินและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น เบต้า-แคโรทีน วิตามิน B12 (resveratrol) วิตามิน D2 (ergocalciferol) วิตามิน D3 (cholecalciferol) และวิตามิน C (L-ascorbic acid) เป็นต้น

คำสำคัญ:

อิมัลซิไฟเออร์ อิมัลชัน พอลิซอร์เบต

Keywords:

emulsifier, emulsion, polysorbate

จะเห็นได้ว่าการเลือกอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมมีความสำคัญมากต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยค่า HLB สามารถนำมาพิจารณาคัดเลือกอิมัลซิไฟเออร์เบื้องต้นเท่านั้น แต่การที่จะได้อิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมกับอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างแท้จริงนั้น ต้องทำการวิจัยและทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากอาหารแต่ละชนิดมีส่วนประกอบ สภาวะของอาหาร และกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

ปารีฉัตร หงสประภาส. 2555. ระบบคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. สำนักพิมพ์ ธนาเพรส. กรุงเทพมหานคร.

Cottrell T and van Peij J. (2015). Sorbitan esters and polysorbate. In Norn, V. (ed). Emulsifiers in food technology. Chichester, Wiley. p. 271-293.

Hasenhuettl GL. 1997. Overview of food emulsifiers. In: Hasenhuettl GL and Hartel RW. (eds). Food emulsifiers and their applications, Chapman & Hall. New York. p. 1-9.

<http://www.molecularrecipes.com/emulsions/> [19 ตุลาคม 2560].

<https://en.wikipedia.org/wiki/Polysorbate> [19 ตุลาคม 2560].

McClements DJ. 2005. Food emulsions: Principles, practices, and techniques. (2nd ed.). CRC Press. New York.

Norn V. 2015. Introduction to food emulsifiers and colloidal system. In: Norn, V. (ed). Emulsifiers in food technology. Wiley. Chichester. p. 1-20.

Zielinski RJ. 1997. Synthesis and composition of food-grade emulsions. In: Hasenhuettl GL and Hartel RW. (eds). Food emulsifiers and their applications, Chapman & Hall. New York. p. 11-38.

