

การใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัด

The Application of Emulsifiers and Stabilizers in Salad Dressing

สรราชนีย์ เต็มเปี่ยม¹ และศุภักษร มาแสวง^{2*}

Sansanee Tempiam¹ and Supuksorn Masavang^{2*}

Received 20 มกราคม 2566 Revised 19 เมษายน 2566 Accepted 9 พฤษภาคม 2566

บทคัดย่อ

น้ำสลัดเป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชันที่มีส่วนผสมของไข่แดง น้ำมัน น้ำส้มสายชู น้ำตาล เกลือ สารให้กลิ่นรส สารให้สี และอิมัลซิไฟเออร์หรือสารเพิ่มความคงตัว ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของน้ำสลัด เช่น ปริมาณของน้ำมัน น้ำ และไข่แดงในเฟสของน้ำ ความหนืด วิธีการตีผสม ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งน้ำสลัดสามารถเป็นอิมัลชันทั้งชนิดน้ำมันหรือน้ำในน้ำขึ้นอยู่กับว่าเฟสกระจายเป็นน้ำหรือน้ำมันตามลำดับ ไข่แดงเป็นสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัดเนื่องจากมีโปรตีนที่ป้องกันการรวมตัวของเม็ดไขมันหรือน้ำ และปรับปรุงเนื้อสัมผัส ในปัจจุบันอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวซึ่งรวมถึงโปรตีนจากสัตว์และพืชแปรรูป และกัม ถูกใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเนื่องจากสามารถลดแรงตึงผิวระหว่างส่วนผสมที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำได้ อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวหลายชนิดถูกใช้ในการพัฒนาสูตรน้ำสลัดไขมันต่ำเพื่อลดความเสี่ยงต่อโรคอ้วนและโรคเบาหวานและเหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบัน ในบทความนี้ได้ทำการรวบรวมผลของการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

คำสำคัญ: น้ำสลัด, อิมัลซิไฟเออร์, สารเพิ่มความคงตัว, อิมัลชัน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Assistant Professor, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² อาจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² Lecturer, Dr., Faculty of Home Economic Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

* ผู้ประสานงานนิตยสาร e-mail: supuksorn.m@rmutp.ac.th

Abstract

Salad dressings are emulsions usually made of egg yolks, oil, vinegar, sugar, salt, flavoring, coloring emulsifiers and stabilizers. The factors that affect the stability of salad dressing such as the amount of oil-water-yolks added in aqueous phase, viscosity, method of mixing, pH and temperature. Salad dressing can be both the oil-in-water or water-in-oil emulsions, depending on whether the dispersed phase is oil or water, respectively. Egg yolk is used as emulsifiers in salad dressings because has protein that prevent coalescing of oil or water droplets and improve the texture. Currently, other emulsifiers and stabilizers include animal and vegetable proteins, modified starches and gums can be as food emulsion emulsifiers and stabilizers because of their capacity to reduce the interfacial tension between hydrophobic and hydrophilic ingredients. Moreover, various emulsifiers and stabilizers are used in the development of low-fat salad dressing formulations to reduce the risk of obesity and diabetes and fit current consumer behavior. In this paper, the effects of emulsifiers and stabilizers on the quality of salad dressing products were reviewed.

Keywords: Salad dressing, Emulsifier, Stabilizer, Emulsion

1. บทนำ

น้ำสลัด (salad dressing) เป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชันที่จัดเสิร์ฟพร้อมกับผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อเพิ่มและดัดแปลงรสชาติของอาหาร (Zhen and Boye, 2016) เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันชอบอาหารที่มีผักและผลไม้ ที่พร้อมรับประทานเพื่อความ สะดวก ดีต่อสุขภาพ และการควบคุมน้ำหนัก (Sumonsiri et al., 2020) ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแบ่งได้ เป็น 2 ประเภทหลัก คือ น้ำสลัดแบบตักด้วยช้อน (spoonable salad dressing) เช่น มายองเนส น้ำสลัดใส และน้ำสลัดแบบเทราด (pourable salad dressing) เช่น น้ำสลัดครีม หรือสลัดแบบ ข้น น้ำสลัดเป็นซอสข้นหนืดสีเหลืองซึ่งมักทำจากน้ำมันพืช น้ำส้มสายชูกลั่น น้ำตาล ไข่แดง น้ำ และเกลือ นอกจากนี้ยังสามารถเติมอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัว เช่น โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช แป้งดัดแปร และกัม เพื่อให้มีความหนืดและป้องกันแยกชั้นของส่วนผสม (Babajide & Olatunde, 2010) การวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการบริโภคน้ำสลัดทำให้ได้รับ ไขมันและคอเลสเตอรอล เนื่องจากมีน้ำมันพืช (อย่างน้อย 30%) และไข่แดง (4%) เป็น ส่วนประกอบหลัก (Eke-Ejiofor & Owuno, 2014) การบริโภคไขมันมากเกินไปอาจส่งผลให้เกิด ปัญหาสุขภาพ เช่น โรคอ้วนและโรคเบาหวาน ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ คอเลสเตอรอล และแคลอรีต่ำจึงมักเป็นที่นิยมโดยเฉพาะในหมู่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ จึงมีการศึกษาเพื่อพัฒนา ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดไขมันต่ำหรือไม่มีไขมันอย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ดีเมื่อนำไขมันออกจาก น้ำสลัดจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ในด้านความคงตัว เนื้อสัมผัส รสชาติ

และคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตจึงมีการเติมสารทดแทนไขมัน เช่น กัม แป้งดัดแปร เวย์โปรตีนเข้มข้น รวมถึงส่วนผสมจากพืช (plant-based ingredients) เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัส ป้องกันการแยกตัวของส่วนผสมที่ชอบและไม่ชอบน้ำในน้ำสลัด และลดปริมาณแคลอรี (Zhen and Boye, 2016) โดยทั่วไปไข่แดงเป็นอิมัลซิไฟเออร์หรือสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้อย่างแพร่หลายที่สุดในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด ข้อเสียของไข่แดงคือมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งคอเลสเตอรอลเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจ นอกจากนี้ไข่แดงยังอาจเป็นสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร จึงทำให้อุตสาหกรรมอาหารพัฒนาทางเลือกอื่นเพื่อทดแทนไข่แดง งานวิจัยหลายชิ้นได้ตรวจสอบพฤติกรรมของไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่แตกต่างกันในการสกัดคอเลสเตอรอลในมายองเนสที่ใช้ไข่แดงเป็นอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัว ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มายองเนสคอเลสเตอรอลต่ำ (Moros et al., 2002; Paraskevopoulou et al., 1999) การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้โปรตีนจากพืชเป็นอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัว ได้แก่ โปรตีนจากถั่วเหลือง (Diftis et al., 2005) โปรตีนถั่วเหลือง (Raymundo et al., 2002) โปรตีนถั่วลิสง (Franco et al., 2000) โปรตีนจากข้าวสาลี (Ghoush et al. 2008) แป้งข้าวโอ๊ต (Sumonsiri et al., 2020) แป้งเลททิน (Zhen et al., 2013; Zhen and Boyeb, 2016) สารไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม โพลีไกลคอลแอลจินेट คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กัวร์กัม คาราจีแนน เพคติน และกัมอารบิก) (De Cássia da Fonseca et al., 2009; Paraskevopoulou et al., 2007; Liu et al., 2007; Koh et al., 2008) ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง

ในการพัฒนาน้ำสลัดไขมันต่ำที่มีคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ สิ่งสำคัญคือต้องทำความเข้าใจ (1) ตัวแปรในกระบวนการผลิตมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายอย่างไร เพื่อที่จะควบคุมสภาวะการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (2) ส่วนผสม (เช่น น้ำมัน น้ำ อิมัลซิไฟเออร์ สารเพิ่มความข้น สารแต่งกลิ่น) มีส่วนช่วยในระบบอิมัลชันอย่างไร เพื่อเลือกวัตถุดิบได้อย่างเหมาะสม (3) คุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (เช่น ลักษณะที่ปรากฏ การไหล ความคงตัว โครงสร้างทางจุลภาค และรสชาติ) เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของหยดน้ำหรือหยดน้ำมัน พฤติกรรมทางกายภาพ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (4) ศักยภาพในการใช้ส่วนผสมจากพืชทางเลือก เพื่อลดหรือกำจัดส่วนผสมที่มาจากสัตว์สำหรับผู้ทานมังสวิรัติ ตลอดจนผู้ที่กำลังมองหาส่วนผสมที่มีคอเลสเตอรอลต่ำและส่วนผสมที่ปราศจากสารก่อภูมิแพ้ (5) คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับส่วนผสมของน้ำสลัดและลักษณะโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำอย่างไร เพื่อปรับปรุงการผลิตและส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ (Zhen and Boye, 2016) การทบทวนวรรณกรรมวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ประเด็นการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัดเพื่อให้ข้อมูลที่เป็ประโยชน์แก่ผู้ผลิตอาหารที่สนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อสุขภาพ

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสลัดเพื่อสุขภาพ
- 2.2 ศึกษาผลของการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

3. เนื้อเรื่อง

สารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

น้ำสลัดเป็นระบบอิมัลชันที่ไม่คงตัวทางอุณหพลศาสตร์เนื่องจากความแตกต่างกันของความหนาแน่นและความมีขั้วที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันและน้ำ การรวมตัวของอิมัลซิไฟเออร์และหรือสารเพิ่มความคงตัวเป็นส่วนสำคัญของการเตรียมอิมัลชัน อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวถูกใช้ในน้ำสลัดเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันและน้ำในอิมัลชันแยกตัวและจับตัวกันเป็นก้อนหลังจากการตีผสมเพื่อสร้างเฟสต่อเนื่องระหว่างการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน อีกทั้งช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ และให้การเคลือบป้องกันรอบ ๆ หยดน้ำหรือน้ำมันในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil in water) จึงป้องกันการรวมตัวของหยดน้ำหรือหยदन้ำมันที่เกิดขึ้น

ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) เป็นแอมโฟฟิลิกโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยส่วนที่ชอบน้ำที่มีขั้วและส่วนที่ไม่ชอบซึ่งไม่มีขั้ว ในระบบของอิมัลชันส่วนที่ไม่มีขั้วจะมีปฏิสัมพันธ์กับเม็ดไขมันในขณะที่ส่วนที่มีขั้วของอิมัลซิไฟเออร์จะหันไปทางด้านที่สัมผัสกับน้ำ ส่วนระบบของอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน การจัดเรียงตัวของอิมัลซิไฟเออร์จะทำหน้าที่กลับกันโดยส่วนที่มีขั้วจะตรงไปห่อหุ้มเม็ดละอองน้ำในขณะที่ส่วนที่ไม่มีขั้วจะไปหันไปจับกับสารละลายที่เป็นน้ำมันที่ล้อมรอบเม็ดละอองน้ำอยู่ ซึ่งปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างเม็ดน้ำหรือน้ำมันที่ไม่เข้ากันให้กระจายตัวอยู่ในระบบอิมัลชันไม่ใหรวมตัวกัน (Norn, 2004) ส่วนสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) มักถูกใช้ในอิมัลชันระบบน้ำมันในน้ำ (oil in water) เพื่อเพิ่มความเหนียวของเฟสต่อเนื่องที่เป็นน้ำ (aqueous phase) รักษาลักษณะเนื้อสัมผัส และเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันโดยการชะลอการเคลื่อนที่ของเม็ดไขมันโดยป้องกันการเกิดครีม (creaming) จากการรวมตัวกันของไขมันด้วยแรงสเตอริกและแรงอิเล็กโตรสแตติก (Steric and electrostatic forces) (Matsumura et al., 2003; Paraskevopoulou et al., 2005) โดยอิมัลชันกลไกที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันหยดน้ำหรือหยदन้ำมันจากการรวมตัวจะแตกต่างกันไปตามชนิดของอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้ในน้ำสลัด และรวมถึงปฏิกิริยาไฟฟ้าสถิต แรงสเตอริก แรงไฮเดรชัน ความเป็นกรด-ด่าง และความผันผวนของความอุนหภูมิ (McClements, 2008) ความสามารถในการทำอิมัลชัน (emulsifying capacity) โดยทั่วไปถูกกำหนดโดยการดูดซับของโปรตีน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ความไม่ชอบน้ำ ความสามารถในการคล่อกของสายเปปไทด์ และการรวมตัวที่รอยต่อระหว่างของส่วนผสมที่ไม่เข้ากันอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวที่มีความสามารถในการทำอิมัลชันได้ดีกว่าจะสามารถลดขนาดเฉลี่ยของหยदन้ำมันหรือน้ำ และเพิ่มปฏิสัมพันธ์ของหยदनน้ำหรือหยदनน้ำมัน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครือข่ายที่เชื่อมต่อกันในโครงสร้างระบบอิมัลชัน การเลือกประเภทและปริมาณของอิมัลซิไฟ

เออร์และสารเพิ่มความคงตัวต้องคำนึงถึงระดับของส่วนผสม เช่น น้ำมันและน้ำที่จะใช้ในการผลิตน้ำสลัดอาจส่งผลต่อลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปากของผลิตภัณฑ์

อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวในอาหารทั่วไป ได้แก่ อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวจากโปรตีนจากนม (เวย์โปรตีน เคซีน) โปรตีนจากพืช (โปรตีนจากถั่วและถั่วเหลือง) พอสฟอไลต์ (เลซิติน) จากไขมัน (โมโนและไดกลีเซอไรต์ และเอสเทอร์ของโมโนและไดกลีเซอไรต์) จากคาร์โบไฮเดรต (starch ester, sucrose ester และ polysorbates) และไฮโดรคอลลอยด์ (กัมอารบิก แชนแทนกัม กัวร์กัม) (Sheldrake 2003; Zhen and Boye, 2016) ตัวอย่างและคุณสมบัติของอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวที่มักถูกใช้ในน้ำสลัดสูตรพื้นฐานและน้ำสลัดไขมันต่ำหรือน้ำสลัดจากพืช มีดังต่อไปนี้

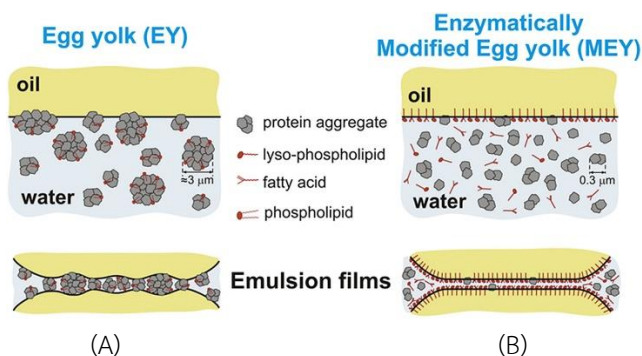
1) โปรตีน

การดูดซับโปรตีนที่ส่วนต่อประสานระหว่างน้ำมันกับน้ำ (oil-water interface) เกี่ยวข้องกับสองขั้นตอนหลัก คือ 1) โมเลกุลของโปรตีนตามธรรมชาติจะคลายตัวและกระจายตัวเพื่อแทรกซึมเข้าไปที่ส่วนต่อประสาน 2) โมเลกุลของโปรตีนที่ถูกดูดซับเหล่านี้จะถูกจัดเรียงใหม่เพื่อให้ได้สถานะของพลังงานอิสระขั้นต่ำ และทำให้หยดน้ำมันหรือหยดน้ำไม่รวมตัวกัน (Zhen et al., 2013)

1.1) ไข่แดง (Egg Yolks)

ไข่แดงเป็นส่วนผสมจากธรรมชาติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารประเภทอิมัลชัน เนื่องจากมีคุณสมบัติทางโภชนาการและประสาทสัมผัส รวมกับคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์หรือสารเพิ่มความคงตัว สารจับตัวเป็นก้อน และสารก่อเจลที่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากไข่แดง เช่น น้ำสลัด มายองเนส และขนมเค้ก เป็นต้น ไข่แดงประกอบด้วยน้ำประมาณ 50% ไขมัน 35% และโปรตีน 15% เป็นระบบที่ซับซ้อนทั้งองค์ประกอบและโครงสร้าง และมีอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 77–81 ของวัตถุแห้งทั้งหมดกระจายตัวในของเหลวสีเหลืองใสหรือพลาสมา ซึ่งประกอบด้วยไขมันในไข่แดง แครทีนอยด์ และโปรตีน (Anton, 2013) ไข่แดงในรูปแบบที่เป็นของเหลว แข็ง และผงแห้ง ถูกนำมาใช้ในสูตรของน้ำสลัด โดยประสิทธิภาพที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ใช้ (Lai & Lin, 2004) เมื่อใช้ไข่ทั้งฟอง ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายจะแข็งแรงกว่าเมื่อใช้ไข่แดงเป็นอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัว อาจเป็นเพราะการมีอัลบูมินของไข่ขาวที่เสียสภาพที่ส่วนต่อประสานสร้างเมทริกซ์ในเฟสที่เป็นน้ำและทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (Stauffer, 1999) นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าไข่แดงทำให้อิมัลชันครีมเทียมมีความคงตัวโดยสร้างเยื่อหุ้มที่แข็งแรงรอบ ๆ หยดน้ำมัน โดยส่วนของโปรตีนที่ไม่ชอบน้ำและไตรกลีเซอไรด์อิมัลชันจะเชื่อมต่อกับเฟสของน้ำมัน ไข่แดงมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน โดยมีอัตราส่วนโปรตีน:ไขมัน 1:2 โดยมีไลโปโปรตีน ฟอสโฟลิพิด และคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบหลักของไข่แดง คุณภาพของน้ำสลัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับสภาวะต่างๆ เช่น pH ความแรงของไอออนิก องค์ประกอบของตัวทำละลาย และอุณหภูมิของอิมัลชันอาหาร ผลกระทบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับระดับการเสียสภาพ

ธรรมชาติของไมเซลไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein) ในไข่แดง หากโปรตีนเสียสภาพมากจะทำให้ความคงตัวของอิมัลชันลดลงได้ (Zhen & Boye, 2016) โปรตีนไข่แดงที่มีไขมันต่ำสามารถเตรียมได้โดยการสกัดคอเลสเตอรอลและไขมันอื่น ๆ ออกจากไข่แดง ซึ่งไข่แดงคอเลสเตอรอลต่ำอาจมีพฤติกรรมการดูดซับที่ร่อยต่อประสานระหว่างน้ำกับน้ำมันที่มีประสิทธิภาพมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดไขมันและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสกัด จากภาพที่ 1 เป็นการใช้อินไซม์ฟอสโฟไลเปส (phospholipase) ส่งผลให้ชั้นการดูดซับที่เกิดขึ้นจากสารละลายไข่แดงที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ (MEY) มีอัตราการดูดซับที่เร็วขึ้น และความตึงผิวสมดุลที่สูงขึ้น การตัดแปรด้วยเอนไซม์ของไข่แดงยังนำไปสู่การเกิดฟองและฟิล์มบางเร็วขึ้น โดยคุณสมบัติพื้นผิวของ MEY นั้นควบคุมโดย lysophospholipids และกรดโอเลอิกเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ระบบอิมัลชันคงตัวมากกว่าไข่แดงธรรมชาติ (Gazolu-Rusanova et al., 2019)



ภาพที่ 1 แสดงการพฤติกรรมการดูดซับของโปรตีนไข่แดงที่ส่วนต่อประสานระหว่างน้ำมันกับน้ำ: (A) ส่วนต่อประสานระหว่างน้ำมันกับน้ำและคุณสมบัติของฟิล์มไข่แดง (EY) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของโปรตีนและไขมันตามธรรมชาติ (B) เป็นคุณสมบัติของสารละลายไข่แดงที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ (MEY) ในการเกิดฟิล์มของไลโซฟอสโฟลิปิดและกรดโอเลอิกที่เกิดการตัดแปรด้วยเอนไซม์

ที่มา : Gazolu-Rusanova et al. (2019)

1.2) โปรตีนชนิดอื่น (Other protein)

การเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันมีการรายงานการใช้โปรตีนจากแหล่งอื่น ได้แก่ โปรตีนจากนม เช่น เวย์โปรตีนไอโซเลตและเคซีน (Álvarez Cerimedo et al., 2010) โปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง (Diftis et al. 2005) โปรตีนถั่ว (Raymundo et al., 2002) โปรตีนถั่ว (Franco et al., 2000) และโปรตีนจากข้าวสาลี (Ghoush et al., 2008) ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางเพื่อพัฒนาสูตรน้ำสลัด การใช้โปรตีนถั่วไอโซเลตที่อุณหภูมิ 50–90 °C ในช่วงเวลา 10 และ 40 นาที ส่งผลค่าการไหลและเนื้อสัมผัส รวมทั้งความไม่ชอบน้ำที่ผิวโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมน้ำสลัดเพิ่มขึ้น อีกทั้ง

เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำมันลดลง Dickinson & Casanova (1999) สังเกตเห็นค่าความยืดหยุ่น (viscoelasticity) ของน้ำสลัดเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อให้ความร้อน (35–45 °C) อิมัลชันน้ำมันในน้ำที่เพิ่มความคงตัวด้วยไฮเดียมเคซีนัตที่มีการควบคุมปริมาณแคลเซียมไอออนิก การที่ค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นมีสาเหตุมาจากการปฏิสัมพันธ์ของความไม่ชอบน้ำที่เพิ่มขึ้นในโครงสร้างที่จับตัวเป็นก้อนด้วยอนุภาคน้ำที่เพิ่มขึ้น อีกทั้ง Sirison et.al., (2017) ได้พัฒนา น้ำสลัดครีมสูตรใหม่จากส่วนผสมของเต้าหู้ซึ่งเป็นโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยใช้เต้าหู้ร้อยละ 50 และไข่แดงร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของอัตราส่วนไข่แดง และน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 37 ทำให้คุณภาพของน้ำสลัดใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐานทั้งแบบที่เตรียมใหม่และหลังการจัดเก็บในตู้เย็น 14 วัน อีกทั้งได้รับการยอมรับในการประเมินทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรพื้นฐาน จึงสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกของผู้บริโภคน้ำสลัดไขมันต่ำได้

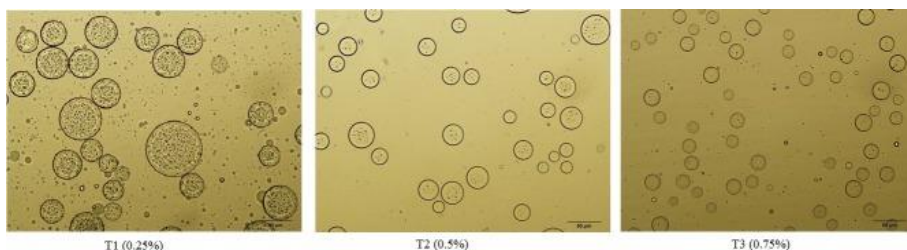
2) กัม (Gums)

กัมเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ที่มีส่วนประกอบทางเคมีซึ่งสามารถให้ความคงตัวแก่ระบบอิมัลชันในอาหารโดยการทำให้ระบบอาหารข้นหนืดขึ้น ลดการเคลื่อนตัวของระบบ และโดยการสร้างเครือข่ายที่มีความหนืดที่เป็นระเบียบในเฟสต่อเนื่องเพื่อป้องกันการแยกตัวของน้ำมัน หน้าที่ของสารเพิ่มความข้นในอิมัลชันไม่ว่าจะเป็นสารเพิ่มปริมาณ (เช่น แป้ง) หรือโดยการสร้างเครือข่ายหรือกอลเจล (เช่น เพคติน) โพลีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่ (กัม) ไมเซลล์เคซีน ผลิตไขมัน แป้งและแป้งตัดแปรล้วนจัดอยู่ในประเภทของสารเพิ่มความข้น กัมส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นสารทำให้ข้นหนืดมักเป็นสารที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ยกเว้นกัมอาร์บิกและโพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต (PGA) ที่ในโครงสร้างมีทั้งส่วนที่ชอบและไม่ชอบน้ำ (amphoteric) สามารถสร้างฟิล์มที่ส่วนต่อประสานระหว่างน้ำมันกับน้ำได้ (Zhen & Boye, 2016)

โดยทั่วไปกัมเป็นไบโอโพลิเมอร์สกัดได้มาจากต้นไม้มัน พืช ยางของต้นไม้มัน การหมักโพลิเมอร์จากแบคทีเรีย การสังเคราะห์ทางชีวภาพ และการดัดแปลงทางเคมี กัมมักเป็นโมเลกุลหรือมวลรวมโมเลกุลที่ดูดซับน้ำได้ และขยายตัวด้วยสายโซ่โพลีแซ็กคาไรด์สายยาวซึ่งมีแขนงย่อยของน้ำตาลหรือโอลิโกแซ็กคาไรด์จำนวนมาก โครงสร้างที่เป็นกิ่งแขนงช่วยให้ละลายน้ำได้ดี ความสามารถของกัมดังกล่าวช่วยเพิ่มความหนืดของอิมัลชัน ซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุล ระดับการแตกแขนง โครงสร้าง และความยืดหยุ่น กัมมักถูกเติมในน้ำสลัดและผลิตภัณฑ์มายองเนส เพื่อเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน ควบคุมความสามารถในการเท ปรับปรุงการเกาะติดภาชนะ และควบคุมการแขวนลอยอนุภาคของแข็งหรือเครื่องเทศ (Ma & Barbosa-Canovas 1995) กัมส่วนใหญ่ช่วยให้หยดน้ำหรือน้ำมันคงตัว โดยป้องกันการรวมตัวกันของเม็ดไขมันด้วยปฏิกิริยาร่วมกันทางกายภาพและเคมี รวมถึงปฏิกิริยาระหว่างไฟฟ้าสถิตกับโพลิเมอร์สเตียริก ฟันระไฮโดรเจน คุณสมบัติไม่ชอบน้ำ และการเชื่อมพันธะโดยใช้ไอออนบวกเป็นสื่อกลาง นอกจากความสามารถในการทำให้คงตัวแล้ว กัมเหล่านี้ยังมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการทำงานของอิมัลชันในแง่ของความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถในการทำให้ข้น

ความสามารถในการเกิดเจลและทำให้เจลคงตัว และความสามารถในการสร้างลักษณะทางประสาทสัมผัส

ลักษณะของกัมในสูตรน้ำสลัดได้รับอิทธิพลจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความแรงของไอออน ความเข้มข้น และอุณหภูมิของสารละลายกัม กัมที่ใช้ในการผลิตน้ำสลัดควรมีความคงตัวในสภาพที่เป็นกรด กัมมีแนวโน้มไปสู่การไฮโดรไลซิสที่ค่า pH ต่ำอาจส่งผลลดความหนืดของสารละลายกัมและทำให้ความคงตัวของน้ำสลัดลดลง กัมที่มักใช้น้ำสลัดไขมันต่ำหรือปราศจากไขมัน ได้แก่ แชนแทนกัม โพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนต (PGA) และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) กัมเหล่านี้มีความต้านทานสูงต่อการไฮโดรไลซิสระหว่างการเก็บรักษาที่ระดับ pH ต่ำ กัมชนิดต่างๆ อาจค่าความหนืดต่ำ (เช่น กัมอารบิก, กัม ghatti) ปานกลาง (PGA, แชนแทนกัม) หรือสูง (กัวร์กัม และโลคัสบินกัม) (De Cássia da Fonseca et al., 2009) เซลลูโลสจัดอยู่ในกลุ่มของกัมที่ถูกปรับปรุงความสามารถในการละลายด้วยการทดแทนหมู่ฟังก์ชันในโครงสร้าง เซลลูโลสที่ใช้กันทั่วไปในน้ำสลัดไขมันต่ำและมายองเนสคือ เซลลูโลสพวกที่แทนที่ด้วยคาร์บอกซีเมทิล เมทิล และไฮดรอกซีโพรพิลีน (Stewart and Mazza, 2000) ซึ่ง Abedinzadeh et al. (2016) ได้รายงานผลของแชนแทนกัมที่มีต่อโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ในน้ำสลัดไขมันต่ำที่ผลิตจากน้ำส้มแอปเปิ้ลและน้ำมันมะกอก แสดงให้เห็นว่าการเติมแชนแทนเป็นสารเพิ่มความคงตัวเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0.25-0.75) ส่งผลให้ขนาดของเม็ดน้ำมันมีขนาดเล็กลงและกระจายตัวสม่ำเสมอมากขึ้น (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 โครงสร้างจุลภาคของน้ำสลัดไขมันต่ำจากน้ำส้มแอปเปิ้ลกับน้ำมันมะกอกที่เพิ่มความคงตัวด้วยแชนแทนกัมที่ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75

ที่มา : Abedinzadeh et al. (2016)

3) สารเลียนแบบไขมัน (Fat Mimetics)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาสารทดแทนไขมันชนิดใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการที่เกี่ยวข้องกับกระแสนิยมอาหารลดไขมัน สารทดแทนไขมันในเชิงพาณิชย์บางชนิดผลิตจากโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นพื้นฐาน หรือมีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าได้รับประทานไขมันโดยไม่ให้พลังงานที่มาจากไขมัน (Liu et al., 2007) เช่น Simplese® ซึ่งเป็นส่วนผสมของไข่ที่ผ่านการอบด้วยความร้อนและโปรตีนจากนมในรูปของอนุภาคทรงกลมที่

มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ถึง 2 มิลลิเมตร (Stauffer 1999) Kelcogel® gellan gum เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ *Sphingomonas elodea* มีหมู่เอซิลในโครงสร้างโมเลกุลมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะของเจล ผลิตภัณฑ์นี้มีจำหน่ายในสองรูปแบบ (ปริมาณเอซิลสูงและปริมาณเอซิลต่ำ) ซึ่งได้มาจากการสลายตัวภายใต้สภาวะที่เป็นต่าง กันที่มีหมู่เอซิลเจลแลนต่ำสามารถสร้างเจลที่แข็งและเปราะได้ ในขณะที่กัมที่มีเอซิลเจลแลนสูงสามารถสร้างเจลที่นิ่มและยืดหยุ่นได้ดี สามารถใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อที่มีแคลอรีต่ำในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Olestra® เป็นสารประกอบที่สังเคราะห์จากน้ำตาลซูโครสซึ่งสามารถจับกับกรดไขมัน 6-8 ชนิด (ไขมันปกติมักจะมีกรดไขมันเพียง 3 ชนิด) มีรสชาติและสัมผัสในปากคล้ายไขมัน แต่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารจึงไม่ให้พลังงานหรือคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น

4) สารทดแทนไขมันอื่น (Other fat replacer)

4.1) อินูลินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ประเภทหนึ่งที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เป็นสารก่อเจลและให้ความข้นหนืด จึงถูกใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารอิมัลชันไขมันต่ำต่างๆ ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เช่น ไส้กรอกไก่ (Alaei et al., 2018) โยเกิร์ต เนยแข็ง (Juan et al., 2013) และมายองเนส (Alimi et al., 2013) เป็นต้น นอกจากนี้ยังถูกใช้เพื่อทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีมร้อยละ 17.5 ซึ่งทำให้น้ำสลัดมีพลังงานลดลงร้อยละ 30 อีกด้วย (พนิตตา ภาควงูมิ และคณะ, 2561)

4.2) น้ำมันสกัดจากเมล็ดเจีย (Chia seed oil) กากของเมล็ดเจียที่ได้จากการผลิตน้ำมันถือเป็นแหล่งของสารทดแทนไขมันจากธรรมชาติได้ เนื่องจากมีปริมาณโพลีแซคคาไรด์และโปรตีนสูง โดย Akcicek and Karasu (2018) ได้ทดแทนไขมันได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อมีการทดแทนไขมันในน้ำสลัดที่เติมน้ำมันสกัดจากเมล็ดเจียร้อยละ 2 ร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.4

4. องค์ความรู้ใหม่

การพัฒนาสูตรน้ำสลัดไขมันต่ำหรือน้ำสลัดจากพืชด้วยการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่าง ๆ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง หรือสารกัม อินูลิน หรือน้ำมันสกัดจากเมล็ดเจีย เป็นต้น ซึ่งเป็นสารให้ความข้นหนืดหรือสารก่อเจลในอาหาร เพื่อทดแทนการใช้ไขมันหรือไขมันที่เติมแคลอรีและคอเรสเตอรอลสูงในสูตรการผลิตน้ำสลัดแบบดั้งเดิม นอกจากลดไขมันแล้วก็ยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส และเพิ่มความคงตัวของน้ำสลัดได้อีกด้วย หรือการใช้สารเลียนแบบไขมันที่ไม่ให้พลังงานแต่ยังคงลักษณะการรับรู้ของบริโภคน้ำสลัดซึ่งสกัดจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือไขมันที่ไม่ถูกย่อยหรือดูดซึมในร่างกาย ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกมากขึ้นและเป็นพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบัน

5. สรุป

ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในการผลิตน้ำสลัด คือ น้ำมันและอิมัลซิไฟเออร์หรือสารเพิ่มความคงตัว ปริมาณน้ำมันที่มากเกินไปมักทำให้เกิดปัญหาความคงตัวซึ่งต้องแก้ไขด้วยอิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัว ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารและ

ส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำมันน้อย ไขมันและพลังงานต่ำเนื่องจากมีความกังวลเกี่ยวกับโรคที่มีการบริโภคไขมัน เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน อีกทั้งผู้บริโภคบางกลุ่มมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากวัตถุติดเทียมจากสัตว์ การผลิตน้ำสลัดจากพืชจึงเป็นการพัฒนาแนวทางการผลิตอาหารเพื่อตอบสนองผู้บริโภคกลุ่มดังกล่าว ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแบบไขมันต่ำหรือน้ำสลัดจากพืชให้ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาวะการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และบทบาทของส่วนผสมต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส แม้ว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่หลากหลาย แต่ก็ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่าง ๆ และประสิทธิภาพของสารเหล่านี้ในน้ำสลัด เพื่อทดแทนไขมันหรือไข่แดงในสูตรดั้งเดิม ซึ่งมักส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติการไหล และประสาทสัมผัสของอิมัลชัน จึงมีความจำเป็นต้องเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพื่อช่วยให้หยดน้ำมันหรือหยดมีความคงตัวต่อการรวมตัวกัน และเพื่อให้ได้อิมัลชันในน้ำสลัดไขมันต่ำหรือน้ำสลัดจากพืชที่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับน้ำสลัดสูตรดั้งเดิม

6. ข้อเสนอแนะ

การเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดซึ่งเป็นระบบอาหารอิมัลชัน ควรสอดคล้องกับกฎหมายอาหารรวมถึงความชอบของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะภายนอก และความรู้สึกในปาก ดังนั้นผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องศึกษาและปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านี้ด้วยสูตรที่แตกต่างกัน เมื่อมีการปรับสูตรการผลิตบางอย่างของน้ำสลัดเพื่อพัฒนาน้ำสลัดไขมันต่ำ อีกทั้งการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มาจากพืชทั้งหมดในการผลิตน้ำสลัดเพื่อสุขภาพให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารที่ปราศจากผลิตภัณฑ์จากสัตว์ยังเป็นสิ่งที่น่าสนใจในปัจจุบันอีกด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณการสนับสนุนจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้อำนวยความสะดวกในการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลสำหรับการเขียนบทความวิชาการนี้

8. เอกสารอ้างอิง

พนิตดา ภาคภูมิ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และ ศรชัย สินสุวรรณ. (2561, 6-9 กุมภาพันธ์). *การใช้โนลีนเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัด*. [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.

- Abedinzadeh, S., Torbati, M., and Azadmard-Damirchi, S. (2016). Some qualitative and rheological properties of virgin olive oil-apple vinegar salad dressing stabilized with xanthan gum. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 6(4), 597-606. <https://doi.org/10.15171/apb.2016.074>.
- Akcicek, A., and Karasu, S. (2018). Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer. *Journal of Food Process Engineering*, 41(5), e12694. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12694>
- Alaei, F., Hojjatoleslami, M., and Hashemi Dehkordi, S. M. (2018). The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. *Food science & Nutrition*, 6(2), 512-519. <https://doi.org/10.1002/fsn3.585>
- Alimi, M., Mizani, M., Naderi, G., and Shokoohi, S. (2013). Effect of inulin formulation on the microstructure and viscoelastic properties of low-fat mayonnaise containing modified starch. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(2), 801-809. <https://doi.org/10.1002/app.39159>
- Álvarez Cerimedo, M. S., Iriart, C. H., Candal, R. J., and Herrera, M. L. (2010). Stability of emulsions formulated with high concentrations of sodium caseinate and trehalose. *Food Research International*, 43(5), 1482–1493. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.008>
- Anton, M. (2013). Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 2871–2880. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6247>
- Babajide, J. M., and Olatunde. O. O. (2010). Proximate composition, rheological and sensory qualities of corn-cocoyam salad cream. *World Journal of Dairy and Food science*, 5(1), 25-29. <https://doi.org/10.4314/njns.v31i1.63892>
- De Cássia da Fonseca, V., Haminiuk, C. W. I., Izidoro, D. R., Waszczynskyj, N., De Paula Scheer, A. & Sierakowski, M.-R. (2009). Stability and rheological behaviour of salad dressing obtained with whey and different combinations of stabilizers. *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 777-783. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01897.x>

- Dickinson, E., and Casanova, H. (1999). A thermoreversible emulsion gel based on sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*, 13(4), 285–289.
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00010-7)
- Diffis, N. G., Biliaderis, C. G., and Kiosseoglou, V. D. (2005). Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry-heated soybean protein isolate–dextran mixture. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 1025–1031. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.01.003>
- Eke-Ejiofor, J., and Owuno, E. (2014). The functional properties of starches, physico-chemical and sensory properties of salad cream from cassava and potatoes. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(6), 567–571. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140306.22>
- Franco, J. M., Partal, P., Ruiz-M rquez, D., Conde, B., and Gallegos, C. (2000). Influence of pH and protein thermal treatment on the rheology of pea protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(9), 975–984. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0154-x>
- Gazolu-Rusanova, D., Mustan, F., Vinarov, Z., Tcholakova, S., Denkov, N., Stoyanov, S., and de Folter, J. W. J. (2019). Role of lysophospholipids on the interfacial and liquid film properties of enzymatically modified egg yolk solutions. *Food Hydrocolloids*, 99, 105319.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105319>
- Ghoush, M. A., Samhouri, M., Al-Holy, M., and Herald, T. (2008). Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.025>
- Juan, B., Zamora, A., Quintana, F., Guamis, B., and Trujillo, A. J. (2013). Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4), 478–483.
<https://doi.org/10.1111/1471-0307.12057>
- Koh, S. P., Arifin, N., Tan, C. P., Yusoff, M. S. A., Long, K., Idris, N. A., and Lai, O. M. (2008). Rheological properties, oxidative stability and sensory evaluation of enzymatically synthesized medium and long-chain triacylglycerol-based salad dressings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(12), 1116–1126.
<https://doi.org/10.1002/ejlt.200800066>

- Lai, L. S., and Lin, P. H. (2004). Application of decolourised hsian-tsao leaf gum to low-fat salad dressing model emulsions: a rheological study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1307–1314.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.1757>
- Liu, H., Xu, X. M., and Guo, S. D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 946–954.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.007>
- Ma, L., and Barbosa-Cánovas, G. V. (1995). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 409–425. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00010-7](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00010-7)
- Matsumura, Y., Egami, M., Satake, C., Maeda, Y., Takahashi, T., Nakamura, A., and Mori, T. (2003). Inhibitory effects of peptide-bound polysaccharides on lipid oxidation in emulsions. *Food chemistry*, 83(1), 107–119.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00057-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00057-8)
- McClements, D. J. (2008). Lipid-based emulsions and emulsifiers. In C. C. Akoh and D. B. Min (Eds.), *Food Lipids. Chemistry, nutrition, and biotechnology* (pp. 63–97). Boca Raton: CRC Press.
- Moros, J. E., Franco, J. M., and Gallegos, C. (2002). Rheological properties of cholesterol-reduced, yolk-stabilized mayonnaise. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(8), 837–843.
<https://doi.org/10.1007/s11746-002-0567-6>
- Norn, V. (2014). Introduction to Food Emulsifiers and Colloidal System. In *Emulsifiers in Food Technology*, V. Norn (Ed.).
<https://doi.org/10.1002/9781118921265.ch1>
- Paraskevopoulou, A., Boskou, D., and Kiosseoglou, V. (2005). Stabilization of olive oil–lemon juice emulsion with polysaccharides. *Food Chemistry*, 90(4), 627–634. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.023>
- Paraskevopoulou, A., Kiosseoglou, V., Alevisopoulos, S., and Kasapis, S. (1999). Influence of reduced-cholesterol yolk on the viscoelastic behaviour of concentrated O/W emulsions. *Colloids and Surfaces. B: Biointerfaces*, 12(3–6), 107–111. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(98\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(98)00067-8)

- Paraskevopoulou, D., Boskou, D., and Paraskevopoulou, A. (2007). Oxidative stability of olive oil–lemon juice salad dressings stabilized with polysaccharides. *Food Chemistry*, 101(3), 1197–1204.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.022>
- Raymundo, A., Franco, J. M., Empis, J., and Sousa, I. (2002). Optimization of the composition of low-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(8), 783–790.
<https://doi.org/10.1007/s11746-002-0559-6>
- Sheldrake, P. (2003). Controlling textures in soups, sauces and dressings. In B. M. McKenna (Ed.), *Texture in Food, Volume 1: semisolid food* (pp. 350–370). Boca Raton: CRC, Woodhead Publishing Lt
- Sirison, J., Rirermwong, A., Tanwisuit, N. and Meaksan, T. (2017). Salad cream formulated with tofu and coconut oil. *British Food Journal*, 119(10), 2194–2202. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2016-0523>
- Stauffer, C. E. (1999). *Emulsifiers*. St. Paul, MN, USA: Eagan Press handbook series.
- Stewart, S., and Mazza, G. (2000). Effect of flaxseed gum on quality and stability of a model salad dressing. *Journal of food quality*, 23(4), 373–390.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2000.tb00565.x>
- Sumonsiri, N., Panjun, B., Naksuk, S., Boonmawat, S., Mukprasirt, A., and Phasuthan, P. (2020). Effect of oatmeal as a fat replacer on physical properties and sensory acceptance of creamy salad dressing. *E3S Web of Conferences*, 141, 02006.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014102006>
- Zhen, M. A., and Boye, J. I. (2016). Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 648–670.
<https://doi.org/10.1007/s11947-012-1000-9>
- Zhen, M. A., Boye, J. I., Fortin, J., Simpson, B. K., and Prasher, S. O. (2013). Rheological, physical stability, microstructural and sensory properties of salad dressings supplemented with raw and thermally treated lentil flours. *Journal of Food Engineering*, 116(4), 862–872.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.024>