องค์ประกอบและสมบัติในการทำหน้าที่ของไข่แดง

Composition and Functional Properties of Egg Yolk

เรียบเรียบโดย ณฐมล จินดาพรรณ[1]

บทนำ

ไข่แดง เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ หลายชนิด เช่น มายองเนส น้ำสลัด ขนมอบ เค้ก และคัดสตาร์ด พบว่าไข่แดงเป็นส่วนผสมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่จำเพาะกับผลิตภัณฑ์อาหาร ในการเตรียมผลิตภัณฑ์อิมัลชัน เช่น มายองเนส ลักษณะของอิมัลชันที่ดีขึ้นอยู่กับความสามารถของไข่แดง ในการดูดซับที่ระหว่างผิวหน้าของน้ำมันและน้ำ (o/w interface) และการสร้างฟิล์มที่แข็งแรงรอบ ๆ หยดน้ำมันที่สามารถป้องกันไม่ให้หยดน้ำมันเข้ามารวมตัวกันได้อีก หรือในการเตรียมผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น เค้ก องค์ประกอบของไข่แดงอาจทำหน้าที่ เป็นทั้งสารช่วยทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifiers) และสารช่วยให้เกิดฟอง (foaming agents) กรณีนี้ส่วนผสมของเค้ก จะถูกตีให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันจนมีลักษณะที่เรียกว่า คอลลอยด์ที่ประกอบด้วยของแข็งของเหลว และก๊าซ และจะถูกเปลี่ยนเป็นโฟมของแข็ง (solid foam) ในระหว่างการอบทำให้เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่จำเพาะ

แม้ว่าไข่แดงจะเป็นส่วนผสมสำคัญ ในระบบของอาหารหลายชนิด แต่สมบัติในการทำหน้าที่ (functional properties) ของไข่แดงยังไม่เป็นที่เข้าใจกันมากนัก เนื่องจากไข่แดงมีโครงสร้างและองค์ประกอบที่ซับซ้อน

1. องค์ประกอบของไข่แดง

องค์ประกอบสำคัญในไข่แดง ได้แก่ โปรตีนและลิปิด พบว่าองค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อสูตรของเครื่องสำอางค์ ผลิตภัณฑ์อาหารและยา เนื่องจากไข่แดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และให้ลักษณะเฉพาะกับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ด้วยเหตุนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์จำนวนมาก สนใจศึกษาถึงองค์ประกอบอันซับซ้อนของไข่แดง ซึ่งพบสรุปได้ว่า ไข่แดงสดประกอบด้วยของแข็งร้อยละ 50 โดยมีอัตราส่วนลิปิดต่อโปรตีน 2:1 [1] ลิปิดในไข่แดงส่วนใหญ่คือ triacylglycerol รองลงมาคือ phospholipids ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ phosphatidyl choline หรือ lecithin และ cholesterol [2] ถ้าเรานำไข่แดงมาแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์จะแยกได้ 2 ส่วน ส่วนที่ตกตะกอนเรียกว่า granules ส่วนใสเราเรียกว่า plasma [3] granules คือส่วนที่ไม่ละลาย มีอยู่ประมาณร้อยละ 20 ของไข่แดงสด ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 64 ลิปิดร้อยละ 30 เถ้าร้อยละ 6 และ divalent cation เช่น แคลเซียมร้อยละ 0.5 [4] ส่วน plasma ในไข่แดงมีอยู่ประมาณร้อยละ 80 เป็นส่วนที่ละลายได้ดี หรือเป็นสารละลายที่มีอนุภาคเล็กๆ แพร่กระจายอย่างอิสระ จากการศึกษาจึงพบว่า ลิปิดทั้งหมดของไข่แดงอยู่ร่วมกับโปรตีน เรียกว่า lipoproteins [5] โดยพบลิปิดใน plasma มากกว่า granules ประมาณสองเท่า ในทางตรงกันข้ามกลับพบว่า granules มี cholesterol เป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่า plasma [6]

1.1 Granules

ประกอบด้วย phosvitin ร้อยละ 16 high density lipoproteins (HDL) ที่เรียกว่า lipovitellins ร้อยละ 70 และ low-density lipoproteins ร้อยละ 12 [7]

phosvitin เป็นฟอสโฟโปรตีนที่มีสัดส่วนของ serines อยู่สูงถึงร้อยละ 50 และมีความสามารถในการจับเหล็กได้สูงมากจนได้ชื่อว่าเป็น metal chelator ที่ดีทั้งในระบบของสารละลายและอิมัลชัน อีกทั้งเป็นตัวช่วย

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ทำให้อิมัลชันคงตัวได้ดี แต่เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ไม่ดีนัก [8] และมีค่า isoelectric point ประมาณ 4.0 [9]

lipovitellins (HDL) เป็น apoprotein ที่มีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลเป็น globular โดยจะอุ้มโมเลกุลของลิปิดไว้ภายในและมีลิปิดที่ผิวแตกต่างกันไป โครงสร้างของ lipovitellins คงตัวอยู่ได้ด้วย hydrophobic interactions การทำปฏิกิริยากับ SDS จะทำให้ lipovitellins คลายตัวและเปิดส่วนของลิปิดออกมา [10] พบว่าที่ pH ต่ำกว่า 7 lipovitellins จะอยู่ในรูปของ dimers และถ้า pH มากกว่า 7 โครงสร้างจะแยกออกเป็น monomers ค่า isoelectric point ของ lipovitellins ยังไม่ทราบแน่ชัดเนื่องจากเป็นช่วงที่กว้างมากโดยอยู่ในช่วงของ neutral pH [11]

ลักษณะทางเคมีฟิสิกส์ของ granules นั้นขึ้นอยู่กับ ionic strength และค่าความเป็นกรด-ด่างของสิ่งแวดล้อมที่ ionic strength ต่ำๆ (น้อยกว่า 0.17 M NaCl) phosvitin จะอยู่ร่วมกับ HDL โดยจับกันด้วยพันธะ phosphocalcic bridge ซึ่งเชื่อมระหว่าง seryl residues ของ HDL กับ phosvitin ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ granules อยู่ในรูปที่ไม่ละลายแต่ถ้าเพิ่ม ionic strength ให้มีค่ามากกว่า 0.5 M NaCl จะทำให้ phosphocalcic bridges แตกออกส่งผลให้ granules อยู่ในรูปที่ละลายได้ [4] และพบว่าความเป็นกรด-ด่างก็เป็นสาเหตุทำให้ granules แตกออกและเกิดการละลายขององค์ประกอบได้เช่นเดียวกันเพราะเมื่อ pH เป็นกรดจำนวนของ positive charges (NH^+) จะเพิ่มขึ้นซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิด electrostatic repulsion และเมื่อ pH เป็นด่างจะเกิดแรงผลักของ negative charges (COO^-) [12]

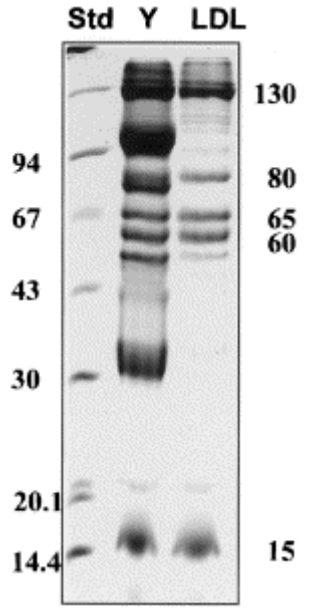

Fig. 1. SDS-polyacrylamide gel electrophoresis of yolk (Y) and LDL solution. Low-molecular weight calibration Kit (Amersham Pharmacia Biotech) was used as protein standard (Std). Stacking and running gels: 3.5% and 10% acrylamide, respectively.

ที่มา: Anton et al. (2003)

Table 1. Composition of LDL (g/100 g dry matter)

	LDL
Proteins	12.0
Lipids	86.7
Triglycerides (TG)	62.0
Phospholipids (PE)	21.5
Phosphatidylcholine (PC)	18.4
Phosphatidylethanolamine (PE)	3.0
Cholesterol	3.2
Lipids/proteins	7.2
PL/TG	0.35
PC/PE	6.1
Fatty acid composition of LDL (% of fatty acids of total lipids)	
Palmitic acid (C16:0)	24.7
Oleic acid (C18:1)	41.1
Linoleic acid (C18:2)	16.0
PUFA/SFA	0.60

ที่มา : Anton et al. (2003)

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

1.2 Plasma

ประกอบด้วย globular glycoprotein ที่เรียกว่า α-, β-, และ γ- livetins ร้อยละ 15 และ low-density lipoproteins (LDL) ซึ่งเป็น apoprotein ที่เรียกว่า lipovitellenins ร้อยละ 85 [7] livetins มีค่า isoelectric point อยู่ระหว่าง 4.3-5.5 [9] ส่วน lipovitellenins มีค่า isoelectric point ระหว่าง 6.5-7.3 [13] และมีโครงสร้างเป็นอนุภาคกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 35 nm ภายในประกอบด้วย triglycerides, cholesterol และ cholesteryl esters ล้อมรอบด้วยชั้นของ apoproteins และ phospholipids ด้วยปริมาณต่างๆ ดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่า LDL ประกอบด้วยโมเลกุลของ apoproteins ทั้งสิ้น 5 ชนิด มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 130, 80, 65, 60 และ 15 kDa ตามลำดับ (รูปที่ 1) LDL สามารถละลายได้มากกว่าร้อยละ 90 ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างและความเข้มข้นของเกลือในช่วงกว้าง อีกทั้งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ และสามารถเข้าไปดูดซับที่ o/w interface ได้อย่างรวดเร็ว [14]

2. การเกิดเจลของโปรตีนไข่แดง (yolk protein gelation)

เจลเกิดขึ้นจากการคลายตัวบางส่วนของโปรตีนและพัฒนาไปเป็นสายโพลีเปปไทด์ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาที่จำเพาะ เพื่อสร้างโครงร่างตาข่ายสามมิติ การเกิดเจลของโปรตีนโดยทั่วไปต้องทำให้โปรตีนคลายตัวบางส่วน โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขั้นที่สองเพียงเล็กน้อย การคลายตัวบางส่วนของโปรตีนสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความร้อน กรด ด่าง และยูเรีย ฯลฯ [15] กระบวนการเกิดเจลขึ้นอยู่กับการสร้างโครงร่างตาข่ายสามมิติของโปรตีน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับโปรตีน และโปรตีนกับตัวทำละลายอันได้แก่ น้ำ ปฏิกิริยาเหล่านี้จะเกิดเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนสูงๆ เพราะการสัมผัสระหว่างโมเลกุลมีมาก การเกิดเจลของโปรตีนเป็นผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลด้วยแรงทางกายภาพต่างๆ ได้แก่ hydrogen bonding, ionic และ hydrophobic interaction , Van der Waals forces และ covalent disulfide bonding ทำให้เกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติของเส้นใยโปรตีน พันธะข้ามเชื่อมเหล่านี้เป็นปัจจัยที่พบว่า ทำให้โครงสร้างของเจลโปรตีนมีลักษณะที่แข็งแรง ยืดหยุ่นเป็นธรรมชาติ [16]

Gelation เป็นสมบัติในการทำหน้าที่ (functional properties) ต่างๆ ของไข่แดงที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการไหลและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น เค้ก ครีม ลูกกวาด รวมทั้งการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ไข่แดงเหลว และซอสที่มีส่วนผสมของไข่ที่มีการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์เซชันหรือสเตอริไรส์เซชัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้โปรตีนในไข่แดงเสียสภาพบางส่วน และเกิดเจล ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียสมบัติการไหล แต่ทั้งนี้การเกิดเจลอาจมีความจำเป็นในผลิตภัณฑ์บางประเภท เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค [17] เนื่องจากไข่แดงไม่ใช่สารละลายโปรตีนบริสุทธิ์ แต่มีอนุภาคกระจายอยู่เป็นจำนวนมาก ได้แก่ LDL micelles และ HDL granules ในขณะที่ neutral triglycerides ถูกซ่อนไว้ภายในอนุภาคเหล่านั้น ทำให้โปรตีนปกคลุมผิวของอนุภาค ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพ [18]

การเกิดเจลของไข่แดง คือ กระบวนการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคโมเลกุลโปรตีนที่คงตัว (LDL micelles และ HDL granules) ด้วยความร้อนซึ่งการที่โมเลกุลโปรตีนซึ่งมีความเสถียรที่ผิวหน้า เกิดการเสียสภาพบางส่วน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคโปรตีน เนื่องจากแรงดึงดูดทางกายภาพจนกระทั่งได้โครงร่างตาข่ายระหว่างอนุภาคโปรตีนที่แข็งแรงและยืดหยุ่น [19,18] กล่าวว่ากระบวนการเกิดเจลของไข่แดงเกิดจาก molecular interaction ของ LDL apolipoproteins ในพลาสมาและของเหลวในไข่แดง ขณะที่ granules มีหน้าที่ทำให้กลไกต่างๆ ของการสร้างเจลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีอิทธิพลน้อยต่อการเกิดโครงร่าง

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

ตาข่ายของเจล โดยให้เหตุผลว่าธรรมชาติของ LDL micelles มีความคงตัวต่ำเนื่องจาก micellar apolipoprotein และ livetins สามารถเสียสภาพได้ที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก ส่วน granular proteins ไวต่อความร้อนน้อยกว่าเพราะมันมีโครงสร้างเป็น globular มากกว่า อีกทั้งโครงสร้างของ granular มีความซับซ้อนของ high density apolipoprotein และ phosvitin [20] นอกจากนี้พบว่า ความหนืดปรากฏของไข่แดงเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่าง 4 นาที แรกและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่าง 4 ถึง 8 นาที ก่อนที่จะเริ่มลดลงอีกครั้ง แสดงว่าในช่วงแรกของการให้ความร้อน เป็นเวลาสำหรับทำให้ apoprotein (LDLs) ที่เป็นองค์ประกอบของพลาสมาในไข่แดงสูญเสียเสถียรภาพเดิมและเกิดการคลายตัวก่อนที่มันจะเริ่มเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันโดย hydrophobic interaction และ disulfide linkage เกิดเป็นโครงร่างตาข่ายขึ้น ในขณะนี้ความเข้มข้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ความเข้มข้นวิกฤตของโปรตีน ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอีก (มากกว่า 7 นาที) สารแขวนลอยของไข่แดงจะเกิดเจล ซึ่งมีลักษณะข้นมากเกินกว่าจะกระจายในสารละลายเหลวได้อีก จึงเกิดการตกตะกอนขึ้น [21]

งานวิจัยบางฉบับแสดงให้เห็นว่า การให้ความร้อนในระหว่างการทำแห้งแบบพ่นฝอย อาจทำให้โครงสร้างโมเลกุลของอนุภาคสูญเสียเสถียรภาพ ดังนั้นเมื่อละลายไข่แดงในน้ำจะมี physical force เกิดขึ้นเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลโปรตีนและจะเกิด weak gel structure ขึ้นทันทีที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจาก hydrophobic และ hydrogen interaction ลักษณะเช่นนี้คล้ายกับโปรตีนไข่แดงเข้มข้นที่ได้จากการสกัดไขมัน [22] และเมื่อระบบได้รับความร้อนจะพัฒนาเป็นโครงสร้างของเจลที่แท้จริงขึ้นจากการเกิด covalent disulfide bonds ในระหว่างการเสียสภาพบางส่วนขณะได้รับความร้อน [19] อีกทั้งเราพบว่าการเก็บรักษาไข่แดงโดยการแช่แข็ง และตามด้วยการละลายน้ำแข็งเป็นสาเหตุทำให้ไข่แดงเกิดเจล คาดว่าเป็นเพราะ low-density lipoprotein (LDL) มีความหนืดเพิ่มขึ้นและการละลายลดลง [15]

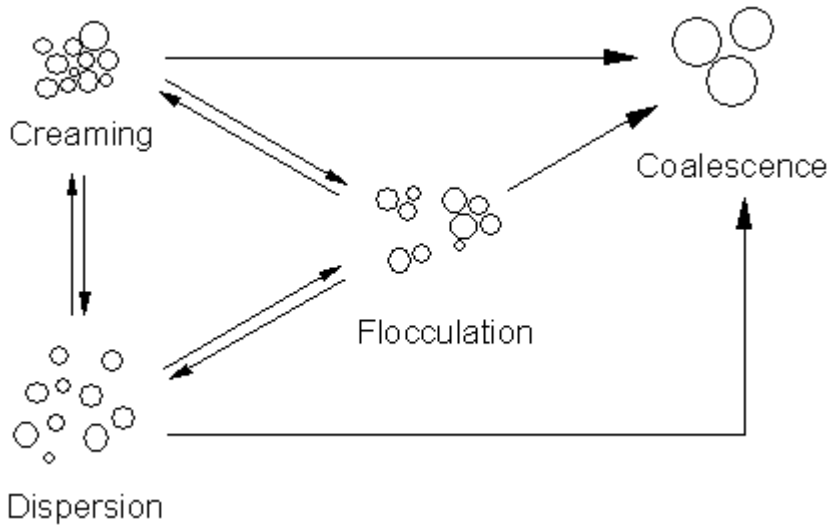

Fig. 2 Major mechanisms of physical instability in emulsions
ที่มา: Friberg and Larsson, 1997 [23]

Rchindapan@gmail.com
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

3. การดูดซับของโปรตีนไข่แดงที่ระหว่างผิวของน้ำมัน-น้ำ (yolk proteins at o/w interfaces)

การเตรียมและความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอิมัลชัน เช่น มายองเนส สลัดครีม และซอส ซึ่งใช้ไข่เป็นส่วนผสมขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย (1) ความสามารถขององค์ประกอบในไข่แดงในการลดแรงตึงที่ระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ (interfacial tension) เพื่อทำให้อนุภาคคอลลอยด์แตกตัว เป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กๆ กระจายอยู่ในตัวกลาง (dispersion) และ (2) กลไกการสร้างฟิล์มที่ระหว่างผิว (interfacial film) รอบ ๆ หยดน้ำมัน เพื่อช่วยควบคุมการเกิด colloidal interaction ซึ่งเป็นสาเหตุของการการเกาะกันเป็นก้อน (flocculation) การแยกชั้น (creaming) และการรวมตัวกัน (coalescence) ของหยดน้ำมันในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลานานๆ [17,19] ดังภาพที่ 2

ปัจจุบันงานวิจัยส่วนใหญ่พยายามศึกษาเพื่อเปรียบเทียบ emulsifying properties ขององค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ในไข่แดง โดยการเปรียบเทียบความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying capacity) และการทำให้อิมัลชันคงตัว (emulsion stability) Zayas (1997) ได้ให้นิยามของทั้งสองค่าไว้ว่าความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน คือ ปริมาณของน้ำมัน (มิลลิลิตร) ที่เกิดอิมัลชันกับโปรตีน 1 กรัม ภายใต้สภาวะที่กำหนด ดังนั้นความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันของ emulsifier จึงหมายถึงความสามารถของมันในการสร้างฟิล์มดูดซับรอบๆ อนุภาคของน้ำมัน และหมายถึงความสามารถในการลดแรงตึงที่ระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ ส่วนความสามารถในการทำให้อิมัลชันคงตัว หมายถึง ความสามารถในการคงไว้ซึ่งการกระจายตัวของหยดอิมัลชัน โดยไม่เกิดการแยกตัวระหว่างน้ำมันและน้ำหลังจากเกิด creaming, coalescing และ flocculation

การวัดความคงตัวของอิมัลชัน อาจทำได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงการกระจายของอนุภาค โดยใช้ microscopy หรืออาจทำการวัดปริมาตรของ cream phase ที่เกิดขึ้นหลังการเหวี่ยงแยกหรือระหว่างการเก็บรักษาอิมัลชันไว้เป็นระยะเวลานาน แสดงให้เห็นว่าถ้าปริมาตรของ cream phase มีค่าสูงแสดงว่าหยดน้ำมันกระจายอยู่ห่างกันมากความคงตัวของอิมัลชันที่วัดได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนการวัดความสามารถในการช่วยเกิดอิมัลชันของ emulsifier อาจทำการวัดปริมาณน้ำมันสูงสุดที่เกิดอิมัลชันภายในสภาวะที่กำหนด หรือทำการวัด electrical conductivity หรือ electrical resistance หลักการเติมน้ำมัน [15]

องค์ประกอบและโครงสร้างของฟิล์มโปรตีนจากไข่แดงที่ดูดซับรอบ ๆ หยดน้ำมัน รวมทั้ง rheological properties ที่ระหว่างผิวหน้าของน้ำมันและน้ำต่อความคงตัวของคอลลอยด์ ได้รับความสนใจและมีการศึกษากันมานานกว่าสองทศวรรษ เนื่องจากไข่แดงมีความซับซ้อนประกอบด้วยโมเลกุลชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกันทั้งโครงสร้างและคุณสมบัติ ยิ่งกว่านั้นพบว่าประมาณร้อยละ 90 ของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในไข่แดงจัดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่(supermolecular structures) แตกต่างกันทั้งขนาด โครงสร้าง และองค์ประกอบ [19] แต่พบลักษณะที่คล้ายกันระหว่าง LDL, HDL, phosvitin และ livetin คือ โครงสร้างมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและชอบน้ำมัน (amphipathic character) จึงชอบที่จะดูดซับและสร้างฟิล์มที่แข็งแรงที่ระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไข่แดงเป็น emulsifier ที่ดี แต่มีคำถามว่า emulsifying properties ของไข่แดงได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบใดเป็นหลักและปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อ emulsifying properties ขององค์ประกอบเหล่านี้

การดูดซับและสร้างฟิล์มที่ระหว่างผิว (interfacial film) รอบๆหยดน้ำมันมีความสัมพันธ์กับ solubility, hydrophobicity และ flexibility ของโมเลกุลโปรตีนเป็นอย่างมาก โดยพบว่าโปรตีนที่สามารถละลายได้สูงในช่วง pH และ ionic strength ที่กว้าง เช่น LDL micelles จะมีความคงตัวต่ำ ง่ายต่อการสูญเสียโครงสร้างเดิม เมื่อเข้าไปสัมผัสกับผิวหน้าของหยดน้ำมันก็จะดูดซับที่ o/w interface ได้รวดเร็วกว่า

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

soluble protein อื่นๆ เนื่องจากมีสมบัติของ hydrophobicity และ flexibility สูงมากกว่าโมเลกุลอื่นๆ โดยเฉพาะ LDL apoprotein ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด คือ 15 kDa [17] ส่วน HDL ปกติจะเป็นองค์ประกอบของ granules ซึ่งไม่ละลายที่ pH และ ionic strength ต่ำๆ จึงมีอิทธิพลน้อยต่อการลดแรงตึงที่ระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ ดังงานวิจัยของ Le Denmat และ คณะ, 2000 [11] พบว่าอิมัลชันที่เตรียมขึ้นโดยใช้ไข่แดงมีลักษณะใกล้เคียงกับที่เตรียมโดยใช้ plasma ขณะที่อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้เฉพาะส่วนของ granules กลับมีลักษณะที่แตกต่างออกไป แสดงว่าสมบัติการช่วยเกิดอิมัลชันของไข่แดงนั้นได้รับอิทธิพลมาจาก plasma มากกว่า (รูปที่ 3 และ 4) พฤติกรรมดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความสามารถในการละลายที่ pH และ ionic strength ได้ต่างกันของ plasma และ granules โดยพบว่าที่สภาวะเป็นกรด (pH 3) plasma จะให้ emulsifying properties ที่ดีกว่า granules เพราะอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ granules ที่สภาวะนี้หยดน้ำมันจะมีขนาดใหญ่ และมีความคงตัวของอิมัลชันต่ำ (รูปที่ 3 และ 4) เนื่องจากที่สภาวะนี้ granules มีโครงสร้างเป็น native aggregated จะให้ emulsifying properties ที่ไม่ดี ในขณะที่ neutral pH พบว่าอิมัลชันที่เตรียมจาก granules มีขนาดของหยดน้ำมันเท่าๆกับอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ plasma และมีความคงตัวของอิมัลชันดีกว่า (รูปที่ 3 และ 4) เนื่องจากที่ pH นี้จะทำให้โครงสร้างเดิมของ granules แตกออกที่ความเข้มข้นของ NaCl ต่ำจะเกิดการแตกบางส่วนและแตกสมบูรณ์เมื่อมีความเข้มข้นของ NaCl สูง ทำให้องค์ประกอบที่ละลายได้แยกตัวออกจากไข่แดง โดยเฉพาะ HDL ซึ่งเป็น emulsion stabilizer ที่มีประสิทธิภาพ [11] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anton,1998: Anton และ Gandemer,1997;Le Denmat et al, 1999 [24,4,20]

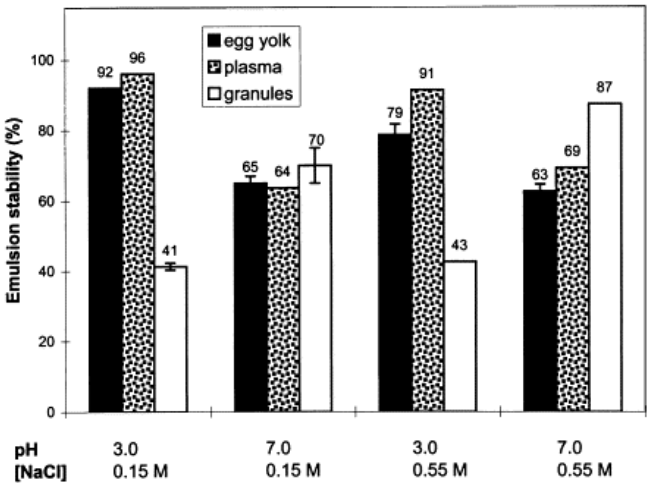

Fig. 3. Stability to creaming of emulsions prepared with egg yolk, plasma and granules as influenced by pH and NaCl concentration O/W emulsions 30:70, protein concentration in the initial aqueous solutions: 25 mg/ml, *n*=3

ที่มา: Le Denmat et al.(2000)

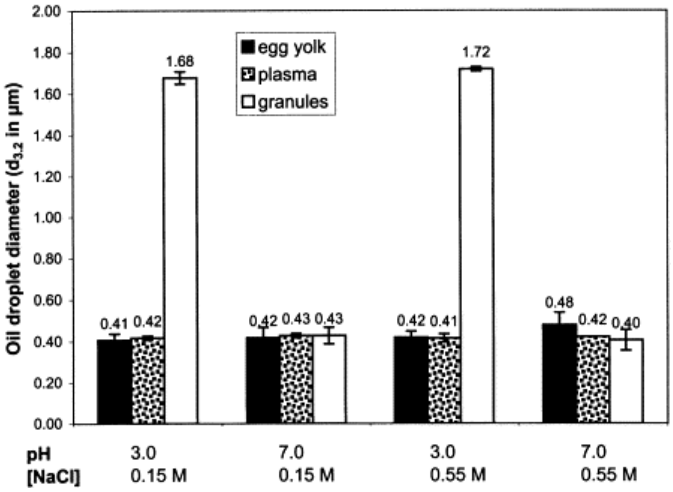

Fig. 4. Volume-surface mean diameter of oil droplets (*d*3.2) in emulsions prepared with egg yolk, plasma and granules as influenced by pH and NaCl concentration O/W emulsions 30:70, protein concentration in the initial aqueous solutions: 25 mg/ml, *n*=3

ที่มา: Le Denmat et al.(2000)

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

บทสรุป

องค์ประกอบต่างๆ ในไข่แดงเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการทำหน้าที่ต่างๆ ของไข่แดง โดยเฉพาะการเกิดเจล การทำให้เกิดอิมัลชัน และการช่วยทำให้อิมัลชันคงตัว โดยพบว่ากระบวนการเกิดเจลของไข่แดงเกิดจาก molecular interaction ของ LDL ใน plasma ขณะที่องค์ประกอบใน granules มีหน้าที่ทำให้กลไกต่างๆ ของการสร้างเจล สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีอิทธิพลน้อยต่อการเกิดโครงร่างตาข่ายของเจล ส่วนการดูดซับและสร้างฟิล์มที่ระหว่างผิวรอบๆหยดน้ำมันมีความสัมพันธ์กับ solubility, hydrophobicity และ flexibility ของโมเลกุลโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในไข่แดงเป็นอย่างมาก โดยพบว่า LDL micelles ซึ่งพบมากใน plasma มีความคงตัวต่ำง่ายต่อการสูญเสียโครงสร้างเดิม เมื่อเข้าไปสัมผัสกับผิวหน้าของหยดน้ำมันจะดูดซับที่ o/w interface ได้รวดเร็วกว่า soluble protein อื่นๆ จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เป็นตัวกำหนด emulsifying properties ของไข่แดง

เอกสารอ้างอิง

[1] Chung, S.L. and Ferrier, L.K. 1991. Partial Lipid Extraction of Egg Yolk Powder: Effects on Emulsifying Properties and Soluble Protein Fraction. Journal of Food Science: 1255.

[2] Gebhardtand, S.E. and Matthenos, R.H. 1991. Nutritive Value of Foods, Home and Garden Bull. No. 72, U.S. Dept.of Agriculture Washington, DC. Cited in Oloyede, O.I. 2005. A Comparative Study on The Cholesterol Content of Products Fractionated from Egg Yolk of Some Birds. Pakistan Journal of Nutrition. 4 (5): 310-312

[3] McBee, L.E. and Cotterill, O.J.1979. Ion Exchange Chromatography and Electrophoresis of Egg Yolk, Journal of Food Science. 44**:** 656–660

[4] Anton, M. and Gandemer, G. 1997. Composition, Solubility and Emulsifying Properties of Granules and Plasma from Egg Yolk. Journal of Food Science, 62: 484–487

[5] Li- Chan,E.C.Y., Powrie,W.B., and Nakai, S. 1995. In W.J. Standelman and O.J.Colterill (eds.) Egg Science and Technology.(pp105-175) New York: Food Products Press. Cited in Guilmineau, F. and Kulozik, U. 2006. Available online at www.sciencedirect.com, 9 pp.

[6] Oloyede, O.I. 2005. A Comparative Study on The Cholesterol Content of Products Fractionated from Egg Yolk of Some Birds. Pakistan Journal of Nutrition. 4 (5): 310-312.

[7] McCully,K.A., Mok,C.C., and Common, R.H. 1962. Paper Electrophoresis Characterization of Proteins and Lipoproteins of Hen' Egg Yolk, Canadian Journal of Biochemical Physiology. 40: 937-952 cited in Le Denmat, M., Anton,M. and Beaumal,V. 2000. Characterisation of Emulsion Properties and of Interface Composition in o/w Emulsions Prepared with Hen Egg Yolk, Plasma and Granules. Food Hydrocollids. 14: 539-549

[8] Castellani, O. 2006. Oil-in-water emulsion properties and interfacial characteristics of hen egg yolk phosvitin. Food Hydrocolloids. 20: 35-43

[9] Ternes, W. 1989. Characterization of Water Soluble Egg Yolk Proteins with Isoelectric Focusing. Journal of Food Science. 54:764-765

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

[10] Evans, R.J., Bandemer, S.L.,Heinlen, K. and Davidson,J.A. 1968. Biochemistry. 7: 3095-3102

[11] Le Denmat, M., Anton, M. and Beaumal, V. 2000. Characterisation of Emulsion Properties and of Interface Composition in o/w Emulsions Prepared with Hen Egg Yolk. Plasma and Granules. Food Hydrocollids. 14: 539-549

[12] Causeret, D., Matringe,E. and Lorient, D. 1991. Ionic Strength and pH Effects on Composition and Micro-Structure of Yolk Granules. Journal of Food Science. 56:1532-1536

[13] Kojima, E. and Nakamura, R. 1985. Heat Gelling Properties of Hen's Egg Yolk Low Density Lipoprotein(LDL) in the Presence of Other Protein. Journal of Food Science. 50: 63-66

[14] Anton, M., Martinet, V., Dalgalarrondo, M., Beaumal, V., David-Briand, E. and Rabesona, H. 2003. Chemical and Structural Characterization of Low-density Lipoproteins Purified from Hen Egg Yolk. Food Chemistry. 83:175-183

[15] Zayas,J.F.,(Eds.). 1997. Functionality of Proteins in Food. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York.

[16] Katsuta, K., Rector, D. and Kinsella, J.E. 1990. Viscoelastic Properties of Whey Protein Gel: Mechanical Model and Effects of Protein Concentration on Creep. Journal of Food Science. 55: 516

[17] Kiosseoglou,V. and Paraskevopoulou, A. 2005. Molecular Interactions in Gels Prepared with Egg Yolk and Its Fractions. Food Hydrocolloids. 19: 527-532

[18] Anton,M., Le Denmat,M., Beaumal,V., and Pilet,P. 2001. Filler Effects of Oil Droplets on the Rheology or Heat –set Emulsion Gel Prepared with Egg Yolk Land Egg Yolk Factions. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 21:137-147

[19] Kiosseoglou,V. 2003. Egg Yolk Protein Gels and Emulsions. Current Opinion in Colloid and Interface Science. 8: 365-370

[20] Le Denmat,M., Anton,M., and Gandemer,G. 1999. Protein Denaturation and Emulsifying Properties of Plasma and Granules of Egg Yolk as Related to Heat Treatment. Journal of Food Science. 64:194-197

[21] Guilmineau,F. and Kulozik,U. 2005. Impact of a thermal treatment on the emulsifying properties of egg yolk. Part 1: Effect of the heating time.Available online at www. Sciencedirect.com

[22] Paraskevopoulou, A., Kiosseoglou, V., Alevisopoulos,S. and Kasapis, S. 2000. Small Deformation Measurements of Single and Mixed Gels of Low Cholesterol Yolk and Egg White. Journal of texture studies. 31: 225-244

[23] Friberg, S. and Larsson, K. (Eds.) 1997. Food Emulsions. Vol.5. Marcel Dekker Inc., New York.

[24] Anton, M. 1998. Structure and Functional Properties of Hen Egg Yolk Constituents. Recent Research Developments in Agricultural and Food Chemistry 2. pp. 839–864.

Rchindapan@gmail.com

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University