บทที่ 2

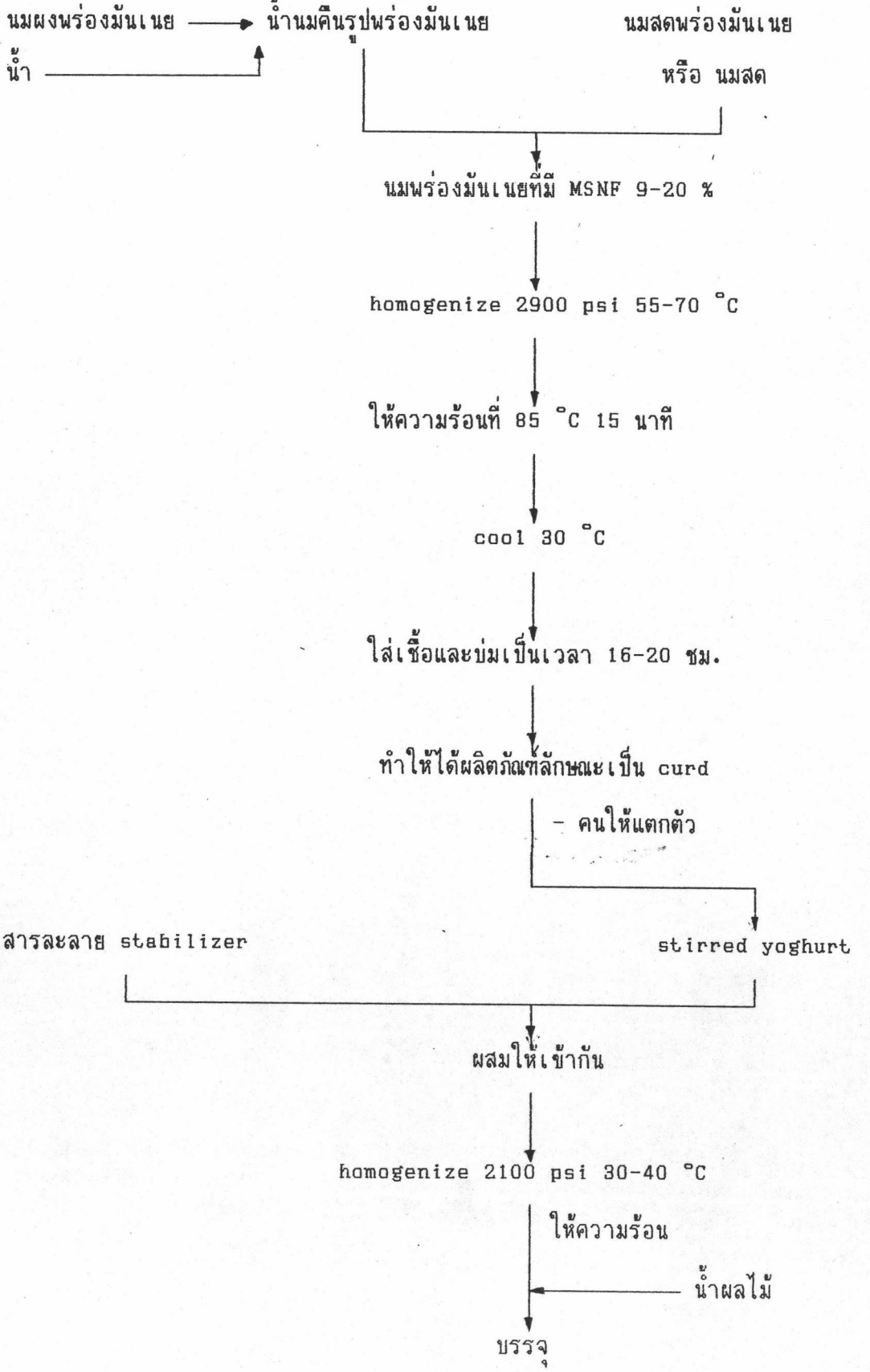
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วารสารปริทัศน์

<u>การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม</u>

การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มส่วนใหญ่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการผลิต แต่มักพบกับปัญหาเชื้อไม่เจริญเติบโตหรือเจริญเติบโตไม่ดีพอ ทำให้ไม่ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ(Little, 1967; Igoe, 1979) การเติมกรดโดยตรงลงในนมเป็นวิธีหนึ่ง ที่สามารถผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มได้โดยสามารถปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยน้ำผลไม้ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสดชื่นและให้รสชาติดีขึ้น เนื่องจากนมเปรี้ยวพร้อมดื่มมี pH ต่ำและคุณค่าทางอาหารของนมสูงทำให้เครื่องดื่มประเภทนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภค(The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.) สำหรับการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์และการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มด้วยวิธีเติมกรด มีกรรมวิธีที่แตกต่างกันดังนี้

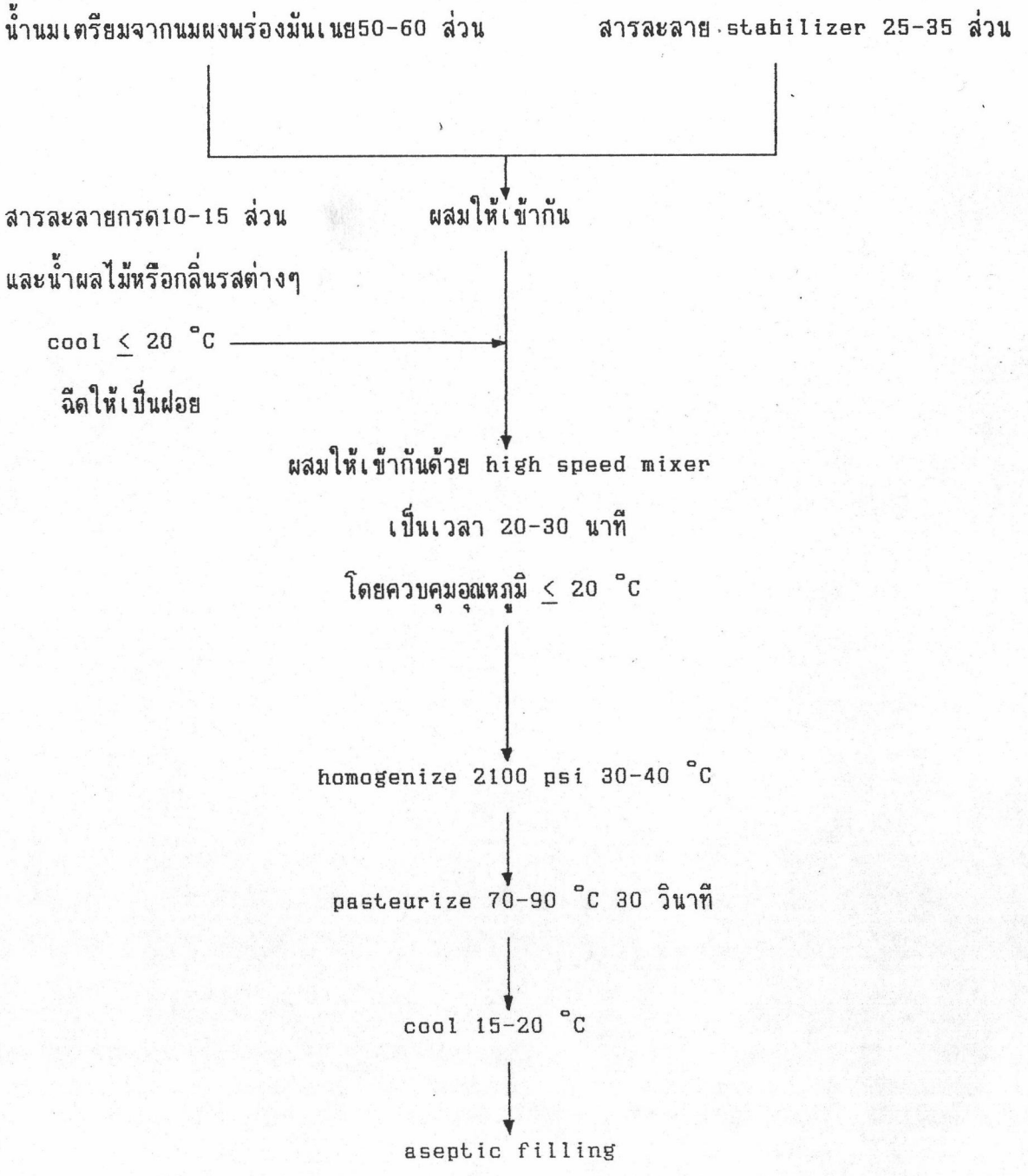
1. การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Alfa-Laval, n.d.; Harvey และ Hill, 1948; Shew, 1969; Hylmar และคณะ, 1980; Robinson, 1981) แสดงได้ตามผังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ผังการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์มีขั้นตอนมากมาย ยุ่งยาก อีกทั้งต้องใช้เวลาในการบ่มเป็นระยะเวลานาน ส่วนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มด้วยวิธีเติมกรดทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ทั้งยังมีข้อได้เปรียบกว่า คือ สามารถเลือกใช้กรดได้หลายชนิดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติตามที่ต้องการ ขณะเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์จะให้กรดแลคติคเป็นส่วนใหญ่ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีรสชาติเด่นไปด้านเดียว อีกทั้งยังเลือกปริมาณ milk solidเริ่มต้นโดยสามารถใช้ได้ตั้งแต่ 2-20 % ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เจือจาง หรือทำให้ข้นหนืดได้ตามต้องการ นอกจากนี้ยังเลือกวิธีการ acidify ได้ โดยเติมกรดบางส่วนลงในน้ำนมส่วนหนึ่ง เพื่อให้ได้ pH ตามต้องการก่อน แล้วนำไปผสมกับน้ำนมและกรดส่วนที่เหลือ ซึ่งจะไม่มีปัญหาในการ acidify คือขนาดของมวลโปรตีน (casein micelles)ไม่เพิ่มขึ้น เพราะมวลโปรตีน(casein micelles)บางส่วนถูกปรับให้อยู่ในสภาวะเป็นกรดแล้ว เมื่อนำไปผสมกับน้ำนมและกรดส่วนที่เหลือ จึงช่วยให้สภาวะใกล้เคียงกับที่ต้องการและไม่มีผลต่อขนาดของมวลโปรตีน(casein micelles) ถ้ามวลโปรตีน(casein micelles)มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจเป็นผลให้โปรตีนเกิดการตกตะกอนได้ แต่ทำให้ต้องเตรียมอุปกรณ์มากขึ้นบ้าง หรือใช้วิธีเติมกรดลงไปในน้ำนมทั้งหมด โดยวิธีฉีดกรดให้เป็นละอองฝอย และควบคุมอุณหภูมิน้ำนมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 °C เป็นต้น(The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.)

2. การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มด้วยวิธีเติมกรด (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.) แสดงได้ตามผังในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ผังการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มด้วยวิธีเติมกรด

เมื่อพิจารณาในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่ากระบวนการนี้สะดวก ง่าย รวดเร็วและไม่ต้องใช้เวลาในการบ่ม ขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการนี้ คือ ขั้นตอน acidification หรือการเติมกรด ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าเติมกรดเร็วหรือหยดกรดขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดมวล casein ขนาดใหญ่, เกิดการแยกของเวย์ และเกิดการตกตะกอน เนื่องจากเดิมมวลเคซีนมีประจุลบเหมือนกันและผลักกันอยู่ เมื่อเติมกรดลงไปประจุลบของมวลเคซีนจะลดลงอย่างเร็ว เป็นผลให้มวลเคซีนมาอยู่ใกล้กันและรวมตัวกันเป็นมวลเคซีนขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถแขวนลอยอยู่ได้จึงแยกตัวตกตะกอนออกมาและเกิดการแยกชั้นของเวย์ แต่ถ้าฉีดกรดให้มีลักษณะเป็นฝอยและมีการคนอย่างเพียงพอก็ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ เนื่องจากประจุของมวลเคซีนเปลี่ยนแปลงไปทีละน้อยและอย่างทั่วถึง (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.)

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม</u>

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ได้แก่

1. กระบวนการ acidification หรือการลด pH ของน้ำนม

ในการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มด้วยวิธีเติมกรด การลด pH ของน้ำนมขึ้นกับปัจจัยสำคัญ คือ วิธีในการเติมกรด ซึ่งจะมีผลต่อประจุลบบนอนุภาค casein คือ ถ้าเติมกรดในลักษณะเป็นละอองฝอยในน้ำนม และมีการคนอย่างเพียงพอ ประจุบวกของกรดจะไปเปลี่ยนแปลงประจุลบบนอนุภาค casein อย่างช้าๆ ทำให้เมื่อใกล้จุด pI อนุภาค casein มีการรวมตัวได้มวลขนาดเล็กและยังแขวนลอยอยู่ในสารละลายได้ เมื่อเติมกรดต่อไปประจุบวกที่ผิวของอนุภาค casein มากเกินพอทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค และเป็นสารคอลลอยด์อยู่ในน้ำนมได้ ถ้าเติมกรดเร็วหรือหยดขนาดใหญ่ จะได้มวล casein ขนาดใหญ่ และตกตะกอนออกมา ทำให้ไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ (Alfa-laval, 1980;Swaisgood, 1982)

สำหรับการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลด pH ของน้ำนม คือ การเตรียมจุลินทรีย์ซึ่งต้องควบคุมด้านสุขลักษณะอย่างดี และระมัดระวังการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น จุลินทรีย์ที่ใช้ คือ <u>Streptococcus thermophilus</u> และ <u>Lactobacilluus bulgaricus</u> ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 2:1 สัดส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้

ถ้าใช้อุณหภูมิไม่คงที่ จุลินทรีย์ที่ใช้ควรเตรียมชุดใหม่ตลอด เพราะ ถ้าใช้เชื้อชุดเก่าจุลินทรีย์จะไม่แข็งแรงและทำให้อัตราส่วนเปลี่ยนแปลงด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้ง 2ชนิดเมื่อเจริญอยู่ด้วยกันเป็นเวลานาน lactobacillus ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้างกรดมักจะมีปริมาณมากกว่า เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวจัด(The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.; นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

2. ชนิดและปริมาณ stabilizer ที่ใช้

ชนิดของ stabilizer มีผลต่อลักษณะนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ได้ เนื่องจาก stabilizer แต่ละชนิดมีสมบัติต่างกัน เมื่อผสมลงในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแตกต่างกันออกไป stabilizer ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมีดังต่อไปนี้(นิธิยา รัตนาปนนท์, 2534 ; Davidson, 1980)

Alginate

alginate ทุกชนิดไม่มีคุณสมบัติเป็นเจล และจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออนโดยแคลเซียมอิออนจะไปเกาะอยู่กับสายโพลีเมอร์ สมบัติที่ดีของ alginate คือ เกิด irreversible gel ในน้ำเย็นเมื่อมีแคลเซียมอิออนรวมอยู่ด้วย

alginate ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวใน ไอศกรีม, frozen dessert, processed cheese และน้ำสลัด

Carrageenan

เป็น sulphated polysaccharidesซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ kappa,iota และ lambda ชนิด kappa และ iota เท่านั้นที่มีสมบัติในการเกิดเจลโดยจะเกิดเจลเป็นแบบ thermoreversible aqueous gel โดยมีกลไกการเกิดเป็น double-helix carrageenan polymers kappa และ iota ไม่ละลายในน้ำเย็น (ยกเว้นที่เป็น sodium form)จะละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70°C carrageenan เมื่อละลายอยู่ในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil และถ้าทำให้เย็นลงจะเกิด polymer networkเป็น 3 มิติ โดยแต่ละสายของโพลีเมอร์จะรวมตัวกัน เกิด junction point เมื่อปล่อยให้เย็นลงอีก จะมีการเกาะตัวกันของ junction point มากขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจล kappa carrageenan จะเกิดเจลที่เปราะ แตกง่ายและมี syneresis เกิดขึ้น ส่วน iota

carrageenan จะให้เจลที่มีความยืดหยุ่นและเป็น syneresis-free สำหรับ lambda carrageenan ละลายได้ในน้ำเย็น และมีสมบัติเป็น non-gelling การเติมโลหะอิออนมีผลต่อการเกิดเจล เช่น kappa carrageenanเมื่อเติมโปตัสเซียมอิออนจะเกิด elastic gel แต่ถ้าเติมแคลเซียมอิออนจะเกิด rigid gel ส่วน iota carrageenanเมื่อเติมแคลเซียมอิออนจะเกิด elastic gel ถ้าผสมคาราจีแนนชนิด kappa กับ iota เข้าด้วยกัน ทำให้มีสมบัติในการเกิดเจลได้มากขึ้น เจลที่ได้มี elastic เพิ่มขึ้นและเกิด syneresis น้อยลง และนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น dessert gels, whipped topping และfluid milk products

การใช้ carragenan ผสมลงในอาหารที่มีโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของ carrageenan จะทำปฏิกิริยากับประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้

Agar

อะการ์ไม่ละลายในน้ำเย็น ละลายได้อย่างช้าๆในน้ำร้อน และละลายได้ดีในน้ำเดือดอะการ์มีความสามารถดูดน้ำได้ดี ทำให้เกิดเจลได้ที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.04 % และมีสมบัติเป็น thermoreversible gel เมื่ออุณหภูมิลดลงจะเริ่มเกิดเจลที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 °C เจลที่ได้มีลักษณะเนื้อแข็ง ใส เปราะและแตกได้ง่าย (brittle) และเกิด syneresis การเติมน้ำตาลหรือเดกซ์ตริน หรือผสมกับ locust bean gum จะทำให้เจลที่เกิดขึ้นมี gel strength และความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ลดการเกิด syneresis แต่ถ้าเติมแป้งหรือโซเดียมอัลจิเนตจะให้ผลตรงกันข้าม

เจลที่เกิดจากอะการ์ทนความร้อนเพราะอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจลและจุดหลอมเหลวของเจลมีช่วงห่างกันมาก นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น pudding, piping gels, pie filling และ meringues เป็นต้น ความเข้มข้นที่ใช้ประมาณ 0.2-0.5 %

Locust bean gum

locust bean gum ไม่สามารถเกิดเจลในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลายจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 95 °C หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้พัฒนา locust bean gum ให้มีคุณสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็นและนำมาใช้ใน

ผลิตภัณฑ์นม

locust bean gumไม่สามารถเกิดเจลได้ต้องนำมาผสมกับ xanthan gum จึงจะทำให้เกิดเจลได้และเมื่อรวมกับ kappa-carrageenan จะเพิ่ม gel strength มีลักษณะเนื้อเปลี่ยนไปและลด syneresis ตัวอย่าง เช่น ใช้คาราจีแนน 50 % ผสมกับ locust bean gum 33 1/3 % และโปตัสเซียมคลอไรด์ 16 2/3 % จะทำให้คาราจีแนนเจลที่ได้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เพราะ locust bean gum เป็น non-ionic ทนต่อความเป็นกรด-ด่าง ได้ในช่วงพีเอช 3.5-11.0

หน้าที่หลักของ locust bean gumคือเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอีมัลชั่นและยับยั้งการเกิด syneresis ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน บาร์บีคิวซอส เครื่องดื่ม เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อ ในเนยแข็ง locust bean gum ช่วยเร่งให้เกิด coagulation เร็วขึ้น และทำให้ได้เนื้อตะกอนของ curd เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 % ในไอศกรีม locust bean gum จะทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อเนียน

Guar Gum

มีสมบัติเป็น non-gelling แต่กระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ความคงตัวและอุ้มน้ำ สามารถมี interact กับ xanthan gum ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลาย guar gum ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ,pH, เวลา, ความเข้มข้น, การคนและขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก guar gum เป็น non-ionic และทนต่อ pH ได้ช่วงกว้าง คือ 4-10 ทำให้เติม electrolyte ได้เป็นจำนวนมาก guar gum มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ guar gum ได้แก่ ขนมหวาน, sauce, soup, ice cream,และน้ำสลัด

Gum Arabic

เป็น complex polysaccharide ที่อยู่ในรูปเกลือ แคลเซียม แมกนีเซียม และโปตัสเซียมของ arabic acid มีสมบัติเป็นกลางหรือกรดเล็กน้อย

gum arabic ละลายได้ดีในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำ และทนต่อ pH สมบัติการเกิดเจลของ gum arabic คล้ายแป้งจะต้องใช้ความร้อนช่วย gum arabicใช้มากในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท confectionary เพราะช่วยยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลและทำให้เกิด emulsion ได้ดี สำหรับอาหารที่อยู่ในรูป emulsion และต้องการ gum arabic เป็น emulsifier สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยการเติม whey protein

Gelatin

เป็น heat-reversible gel ละลายได้ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 71°C และกลายเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 48.5 °C gelatin ถูกทำลายบางส่วนเมื่อต้มหรือถูก hydrolyse หรือในสภาวะที่มีกรด, ด่าง และ proteolytic enzyme เป็นต้น

gelatin มีการใช้มากมายในอุตสาหกรรมอาหารและ confectionary

Xanthan Gum

ไม่มีคุณสมบัติเป็น gelling agentแต่สามารถเกิด elastic thermoreversible gel ได้เมื่อรวมกับ locust bean gum และเมื่อรวมกับ guar gum ได้สารละลายที่มีความหนืดสูง xantham gum ละลายได้ในน้ำเย็นและน้ำร้อนทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูง แม้ความเข้มข้นจะต่ำ และทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH โดยเฉพาะความหนืดของสารละลาย xanthan gum จะคงที่แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0-100 °C หรือ pH ในช่วง 1-13 xanthan gum จะมีสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีผลต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏ และความรู้สึกหลังชิมของผลิตภัณฑ์อาหาร

xanthan gum ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด ความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอสกรีม

ในภาวะเป็นกรด xanthan gum สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้เกิดการตกตะกอนแต่สามารถควบคุมได้โดยการเติม carboxymethyl cellulose(CMC) ซึ่งจะใช้กับเครื่องดื่มที่มีน้ำผลไม้ topping และ syrups เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและมีการแขวนลอยของอนุภาคได้ตามต้องการ

แป้ง

สมบัติในการเป็น gelling agentขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของโมเลกุลที่เป็น amylose ว่าสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกัลข้างเคียงเพื่อให้เกิดโครงสร้าง 3 มิติได้มากน้อยเพียงใด สำหรับ amylopectin ทำให้เกิดการเกาะตัวระหว่างโมเลกุลได้ยากจึงไม่เกิดเจล

การเกิดเจลของแป้งทำได้โดยนำสารละลายแป้งมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล หลังจากนั้นปล่อยให้สารละลายเย็นลงจะได้gelatinized dispersion ของแป้ง แต่ถ้านำแป้งไปใส่ในน้ำเย็นจะไม่มีปรากฏการณ์ใดๆเกิดขึ้น นอกจากอนุภาคแป้งดูดซึมน้ำเข้าไปเท่านั้น แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงเกิน 50 °C อนุภาคแป้งจะสูญเสีย birefringence ชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะเกิด annealing ของอนุภาคแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนเกิด birefringence ช่วงอุณหภูมิของการเกิด gelatinization จะแคบลง 2-3°C

ถ้าลด chemical potentialของน้ำ(a_w)ในสารละลายแป้งให้น้อยลงโดยการเติมน้ำตาลกลูโคสหรือซูโครส หรือลดปริมาณน้ำในสารละลายให้น้อยลง จะทำให้จุดเริ่มต้นของการเกิด gelatinization ช้าลง จนกว่าจะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น

optimum fumction ของแป้งจะเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคของแป้งที่กระจายตัวอยู่ในสารละลายได้รับความร้อนและเกิด gelatinization ที่ช่วงอุณหภูมิแคบ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะมัยโลสและอะมัยโลเพคตินในโมเลกุลของแป้งนั้น

แป้งที่นิยมใช้มากได้มาจาก ข้าวโพด ข้าวสาลี มันสำปะหลัง และข้าว แป้งเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และเป็น binding agent ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ได้แก่ พุดดิ้ง ซุป ซอส น้ำสลัด มายองเนส อาหารเสริมทารก และไส้ขนม

ผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งและลูกกวาดบางชนิด จะใช้แป้งคลุกผิวนอกป้องกันไม่ให้เหนียวติดกัน

Pectin

สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหรเพื่อทำหน้าที่ได้หลายอย่างได้แก่ เป็น gelling agent, thickener และ suspending agent pectin ที่มี degree of methylation (DM)ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของหมู่ methoxylated galacturonic acid ต่อหมู่ galacturonic acid ทั้งหมดที่มีอยู่ในโมเลกุลของ pectin จะมีผลต่อสมบัติของ pectin ต่างกัน เช่น gelling time, setting condition และ gel stength

การใช้ pectin ชนิด low methoxyl(LM) ซึ่งจะมีค่า DM น้อยกว่า 50%ในการทำให้เกิดเจลต้องควบคุมปริมาณแคลเซี่ยมอิออน pectin ชนิดนี้เกิดเจลได้ในช่วง pH กว้างตั้งแต่ 2.9-5.5 และมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10-80 % เจลที่ได้เป็นแบบ thermoreversible ลักษณะเนื้อของเจลมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่น

สำหรับ pectin ชนิด high methoxyl(HM) ใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ มี pH ระหว่าง 2.0-3.5 และมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่า 55 % จึงจะเกิดเจลได้ การใช้ pectin ชนิดนี้ต้องระวังไม่ให้เกิด premature gelation ซึ่งจะทำให้เกิดการแตกตัวของเจลภายหลังและมีผลต่อลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ได้

pectin ใช้มากในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทแยม,preserved,confection, bakery jellies,barbecue sauce,fruit topping,ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ,เครื่องดื่มบางชนิดและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื่อคล้ายเยลลี่

คาร์บอกซี่เมทธิลเซลลูโลส

อาจเรียกว่า cellulose gum หรือชื่อย่อว่า CMCเป็นโพลีเมอร์ชนิด anionic ที่ละลายได้ในน้ำ สมบัติของ CMC แต่ละชนิดถูกควบคุมได้ โดยผันแปรปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ uniformity of substitution, degree of substitution และ degree of polymerization และสมบัติของ CMC แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับ ขนาดของอนุภาค degree of substitution การดูดน้ำ และความหนืดของสารละลาย

CMC สามารถ form strong,clear filmซึ่งไม่ผลกระทบจากน้ำมัน grease และตัวทำละลายอินทรีย์ และสารละลาย CMC มีลักษณะคล้าย pseudoplastic โดยทั่วไป สารละลาย CMC จะมีความคงตัวที่ pH ช่วงกว้าง 4-10 แต่จะให้ค่าความหนืดสูงสุด และมี

019192

ความคงตัวดีที่สุดที่ pH 7-9 แต่ถ้ามี pH ต่ำกว่า 3 อาจทำให้ free acid form ของ CMC ตกตะกอน และถ้า pH สูงกว่า 10 จะทำให้สารละลายมีความหนืดลดลงเล็กน้อย

CMC ทำหน้าที่เป็น bulking agent เติมลงในอาหารเพื่อให้มีพลังงานต่ำ

ปริมาณ stabilizer ที่เหมาะสมต้องพิจารณาจาก

a) ความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม ถ้าความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณ stabilizerที่ใช้ก็ต้องเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนต่ำลงปริมาณ stabilizer ก็ลดลงด้วย แต่จะลดลงถึงระดับหนึ่งที่ stabilizer ยังสามารถรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (Ingenpass, 1980) เพราะปริมาณ stabilizer ต้องมากพอที่จะไปจับอยู่บนผิวของมวลโปรตีนและรักษาสภาวะคอลลอยด์ของมวลโปรตีน(casein micelles)ในน้ำนมได้เมื่อ pH ลดลงตามต้องการ

b) ขนาดอนุภาคโปรตีน เนื่องจากความคงตัวของผลิตภัณฑ์นี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ stabilizer ที่ถูกดูดซับบนอนุภาคโปรตีนซึ่งจะแสดงประจุเหมือนกัน ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวมากจะทำให้ต้องใช้ stabilizer มากขึ้นเพื่อปกคลุมผิวอนุภาค ส่วนอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นแต่ขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปที่จะรวมตัวกันตกตะกอน จะแขวนลอยไม่ได้ทำให้ต้องใช้ปริมาณ stabilizer มากขึ้นด้วย (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.)

c) ความเป็นกรดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายมีความเป็นกรดเพียงเล็กน้อย เช่น น้ำผลไม้ จะทำให้ต้องใช้ปริมาณ stabilizer เพิ่มขึ้น เนื่องจากความเป็นกรดในน้ำผลไม้มีผลต่อสมดุลของมวลโปรตีน(casein micelles) โดยที่ปกติมวลโปรตีน(casein micelles) เมื่อถูก acidify ด้วยกรด จะมีประจุรวมเป็นบวกเพื่อให้เกิดแรงผลักซึ่งกันและกันและแขวนลอยอยู่ในสารละลายได้ เมื่อเติมน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรด จะทำให้มวลโปรตีน(casein micelles) มีประจุบวกเพิ่มขึ้น เกิดแรงผลักมากขึ้น และมีโอกาสปะทะกันทำให้มวลโปรตีน (casein micelles)เกิดการรวมตัวกันใหม่ได้ ผลิตภัณฑ์ก็จะมีความคงตัวลดลง (Ingenpass, 1980)

3. การให้ความร้อน

การให้ความร้อนแก่น้ำนมดิบทำให้เกิดการ denatureของโปรตีนในเวย์(whey) ซึ่ง β-lactoglobulin ที่เป็นองค์ประกอบหลักของเวย์โปรตีนจะไปจับที่ผิวของ casein micellesเป็นผลให้เกิดเส้นสายยื่นออกมา เมื่อเกิดการรวมตัวกันในระหว่างการหมักหรือเมื่อ pH ลดลง micelles เหล่านี้จะจับกันโดยมีระยะระหว่าง micelles เพิ่มขึ้น จึงช่วยให้อุ้มน้ำได้มากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้น(The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.; Xiong, Aguilera และ Kinsella, 1991)

สำหรับผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม การให้ความร้อนที่ 70°C เป็นเวลา 30วินาที กับผลิตภัณฑ์ก็พอเพียง เนื่องจากที่อุณหภูมิ 68°C 30 วินาทีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายจะถูกทำลายหมด แต่ถ้าให้ความร้อนเป็นเวลานานจะลดความคงตัวของผลิตภัณฑ์ลง เพราะการให้ความร้อนมากเกินไปสาย stabilizer จะถูกย่อยให้สั้นลงและทำหน้าที่ด้อยลง ทำให้ต้องใช้ปริมาณ stabilizer เพิ่มขึ้นด้วย (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.; Robinson, 1981)

4. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Dry Solid Content)

ปริมาณของแข็งในน้ำนมทั้งหมดรวมถึงเคซีน ไขมัน น้ำตาลแลคโตส ซึ่งปริมาณเคซีนในน้ำนมมีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์อย่างมาก เนื่องจากเคซีนเป็นอนุภาคที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ เมื่อ pH ลดลง โดยเคซีนเป็นสารคอลลอยด์ในน้ำนม เมื่อ pH ลดลงทำให้เคซีนไม่สามารถรักษาสภาวะการเป็นสารคอลลอยด์ได้ จะเป็นผลให้เกิดการรวมตัวกันและตกตะกอนออกมาได้ ซึ่งมีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

5. Homogenization

การ homogenize ภายหลังการ acidify แล้ว ทำให้ผลิตภัณฑ์รวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดียิ่งขึ้น มีความคงตัวดีและป้องกันการแยกตัวของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม เพราะการ homogenize ทำให้ไขมันแตกตัวมีโมเลกุลเล็กลง และไปจับโมเลกุลโปรตีนได้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว ทั้งยังช่วยให้ส่วนผสมต่างๆในน้ำนมรวมกันได้ดี (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.; นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

6. pH และ acidity

pH ที่ให้รสชาติและความคงตัวที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะอยู่ในช่วง 3.5-4.0

และ acidity อยู่ในช่วง 0.65-1.0 %(คำนวณในรูป lactic acid) ถ้า pH ต่ำหรือปริมาณ acidity เพิ่มขึ้นต้องใช้ปริมาณ stabilizer มากขึ้น เพราะเมื่อ pH ต่ำหรือค่า acidity เพิ่มขึ้นทำให้ประจุบวกในสารละลายเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้มวลโปรตีน(casein micelles)เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุที่ผิวและรักษาสภาวะคอลลอยด์ในสารละลายไม่ได้ จึงต้องเติมstabilizer เพื่อให้มวลโปรตีน(casein micelles)ดูดซับ โดยทำปฏิกิริยากับประจุบวกส่วนเกิน ทำให้มวลโปรตีน(casein micelles)มีประจุบวกอยู่ในสมดุลและผลักกันให้แขวนลอยอยู่ในสารละลายได้ (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.)

อายุการเก็บของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

อายุการเก็บของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม จะมีอายุนานเพียงใดพิจารณาได้จาก

1. การเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ อาจเกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อ lactobacillus จากขั้นตอนการผลิตที่ผลิตโดยใช้เชื้อ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus bulgaricus ซึ่งส่วนใหญ่จะมีเชื้อ lactobacillus เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากว่า เพราะเป็นเชื้อที่ทนความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์ได้ดี ทำให้ไม่ได้รสชาติตามต้องการ หรือเกิดการปนเปื้อนจากยีสต์และราในขั้นตอนการบรรจุ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของstabilizer เนื่องจากเชื้อเหล่านี้จะสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยโครงสร้างของสารจำพวกpolysaccharide ใน stabilizer ได้ ทำให้อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สั้นลง (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.; Jenness และ Patton, 1959; Schmidtและ Vleck, 1974; Robinson และ Tamime, 1985)

2. ลักษณะปรากฏ เช่น การแยกชั้นของเวย์ ป้องกันได้โดยเพิ่มปริมาณ stabilizer ซึ่งจะช่วยให้มวล caseinมีประจุบวกเหมือนกันและผลักกันให้อยู่ในสมดุลที่แขวนลอยในสารละลายได้ แต่การแยกของเวย์อาจเกิดจากการที่อนุภาคโปรตีนมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้ไม่สามารถรักษาสภาวะการแขวนลอยได้ ซึ่งจะต้องแก้ไขที่กระบวนการ acidification เพื่อให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็ก หรืออาจให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนการผสมเข้ากับ stabilizer ที่ใช้ทำให้อนุภาคโปรตีนอุ้มน้ำเวย์ได้มากขึ้น (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d. ; นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

3. การสูญเสียกลิ่นรส ซึ่งเนื่องมาจากอายุการเก็บของน้ำผลไม้และ flavor ที่ใช้ว่ายาวนานเพียงใด

<u>การตรวจความคงตัวของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตได้</u> (The Copenhagen Pectin Factory Ltd, n.d.)

ความคงตัวของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มตรวจสอบได้ดังนี้

1.ใช้ microscopic testโดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังขยาย 100-400 เท่า จะเห็นมวลโปรตีน(casein micelles)มีลักษณะเป็นวงกลมสีดำ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความคงตัวจะเห็นมวลโปรตีน(casein micelles)อยู่รวมกันเป็นกลุ่มและเมื่อกด cover glass ลงไปกลุ่มมวลจะไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งแก้ไขได้โดยเพิ่มปริมาณ stabilizerที่ใช้ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวมวลจะมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ

2. ใช้วิธีทางกายภาพโดยเทผลิตภัณฑ์จำนวนเล็กน้อยลงไปข้างๆแก้ว สังเกตรอยของเหลวที่ได้ ถ้ามีลักษณะเหมือนน้ำนมโดยทั่วๆไป คือ เป็นเนื้อเดียวกันและมีคราบบางๆเหลืออยู่แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดี ถ้าผลิตภัณฑ์ไม่คงตัวจะไม่มีลักษณะดังกล่าวแต่จะเห็นเป็นเม็ดเล็กๆติดอยู่ข้างแก้วซึ่งแก้ไขได้โดยการเพิ่มปริมาณ stabilizer