วิชา เทคโนโลยีนมและผลิตภัณฑ์

by ครูชมบี

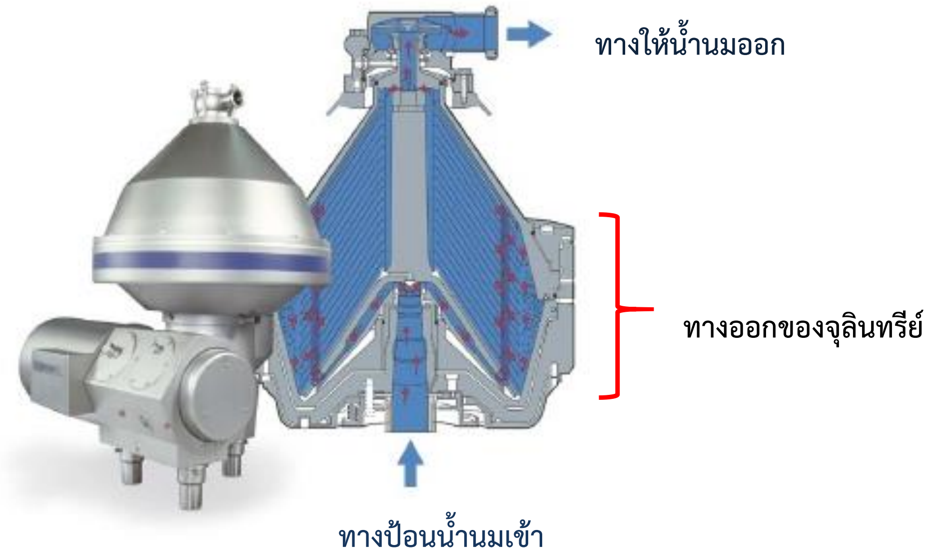
อาจารย์ผู้สอน

ผศ. ชมภูนุช เผื่อนพิภพ Chompoonuch phuenpipob

3. การแยกจุลินทรีย์ในน้ำนม

เป็นการแยกจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่และสปอร์ของจุลินทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนสูง เครื่องมือที่ใช้จะมีลักษณะแบบจานหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,950 รอบต่อนาที ความสามารถของเครื่องในการแยกจุลินทรีย์และสปอร์ในน้ำนมจะอยู่ที่ 10,000-15,000 ลิตร/ชั่วโมง และสามารถทำการแยกจุลินทรีย์ออกได้มากถึง 9.6 ลิตรต่อครั้งในการเหวี่ยง (Tetra Pak, 1995) โดยน้ำนมจะเคลื่อนที่เข้ามาในจานรูปกรวย จากนั้นแรงเหวี่ยงที่สูงมากจะทำให้จุลินทรีย์ (ค่าความถ่วงจำเพาะ = 1.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำนมถูกเหวี่ยงออกไปทางขอบนอกของกรวยแยก ส่วนน้ำนมที่ถูกแยกจุลินทรีย์ออกแล้วจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน แสดงดังภาพที่ 1.

อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ที่ถูกแยกจะมีโปรตีนนม (เคซีน) ปะปนอยู่ประมาณร้อยละ 0.15-3 ของน้ำนมดิบ ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียโปรตีนนมจึงนำส่วนของจุลินทรีย์ที่แยกได้ไปฆ่าเชื้อ โดยการใช้ความร้อนในรูปของไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 130-140 องศาเซลเซียส นาน 2-4 วินาที และทำให้เย็นทันที จากนั้นนำมาผสมกลับเข้าไปในน้ำนมที่แยกได้ (อรพิน, 2554; ALFA-LAVAL, 1989)



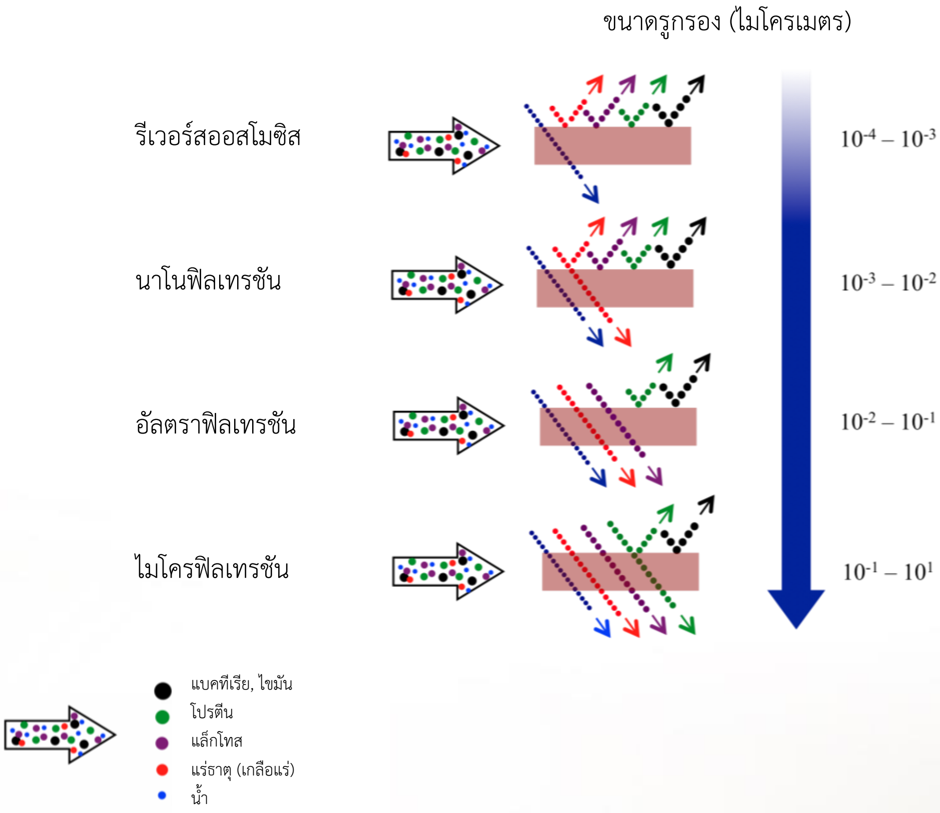
(ก) (ข)

ภาพที่ 1 เครื่องแยกจุลินทรีย์ (ก) เครื่องแยกจุลินทรีย์ในน้ำนมโดยอาศัยการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง และ (ข) ภาพตัดขวางของเครื่องแสดงทิศทางการเข้า-ออกของน้ำนม และจุลินทรีย์

ที่มา : Tetra Pak (1995)

4. การกรองด้วยเมมเบรน

เป็นอีกหนึ่งวิธีในการทำให้น้ำนมปราศจากจุลินทรีย์โดยไม่ต้องใช้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ คุณภาพของน้ำนมที่ได้จากการกรองจะมีความสัมพันธ์ขึ้นกับชนิด และขนาดรูกรองของเมมเบรน สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เม็ดไขมันนม จุลินทรีย์และสปอร์ แล็กโทส โปรตีน เกลือ เป็นต้น ซึ่งจะคงค้างอยู่บนเมมเบรน ส่วนสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนได้ แสดงดังภาพที่ 2 เมมเบรนที่นิยมใช้มี 4 ชนิด ดังนี้



ภาพที่ 2 การผ่านเข้า-ออกของสารผ่านเมมเบรนชนิดต่างๆ

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Wu and Imai (2004)

1. ไมโครฟิลเทรชัน (micro filtration ; MF) : ขนาดรูกรอง 10^{-1}-10^{1} ไมโครเมตร

ใช้กรองจุลินทรีย์ออกจากน้ำนมก่อนเข้าสู่อัลตราฟิลเทรชัน เมมเบรนชนิดนี้จะมีเฉพาะจุลินทรีย์เท่านั้นที่ค้างอยู่บนเมมเบรน

.

2. อัลตราฟิลเทรชัน (ultra filtration ; UF) : ขนาดรูกรอง 10^{-2}-10^{-1} ไมโครเมตร

เมมเบรนชนิดนี้จะมีไขมันนมและโปรตีนนมที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่คงค้างบนเมมเบรน เรียกส่วนนี้ว่า คอนเซนเทรต (concentrate) หรือ รีเทนเทรต (retentrate) หากนำส่วนนี้ไปทำแห้งจะสามารถนำมาใช้ทดแทนหางนมผงในการผลิตไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี และอาหารเด็กอ่อนได้ สำหรับน้ำ แล็กโทส และ แร่ธาตุที่เคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนออกมาได้นั้น จะเรียกว่า อัลตราฟิลเทรต (ultrafiltrate) หรือ เพอมีเอท (permeate)

3. นาโนฟิลเทรชัน (nano filtration ; NF) : ขนาดรูกรอง 10^{-3}-10^{-2} ไมโครเมตร

เมมเบรนชนิดนี้ยอมให้น้ำและแร่ธาตุที่ละลายน้ำได้เท่านั้นที่ผ่านเมมเบรนได้ มีหลักการคล้ายกับไมโครฟิลเทรชันและอัลตราฟิลเทรชัน

4. รีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis ; RO) : ขนาดรูกรอง 10^{-4}-10^{-3} ไมโครเมตร

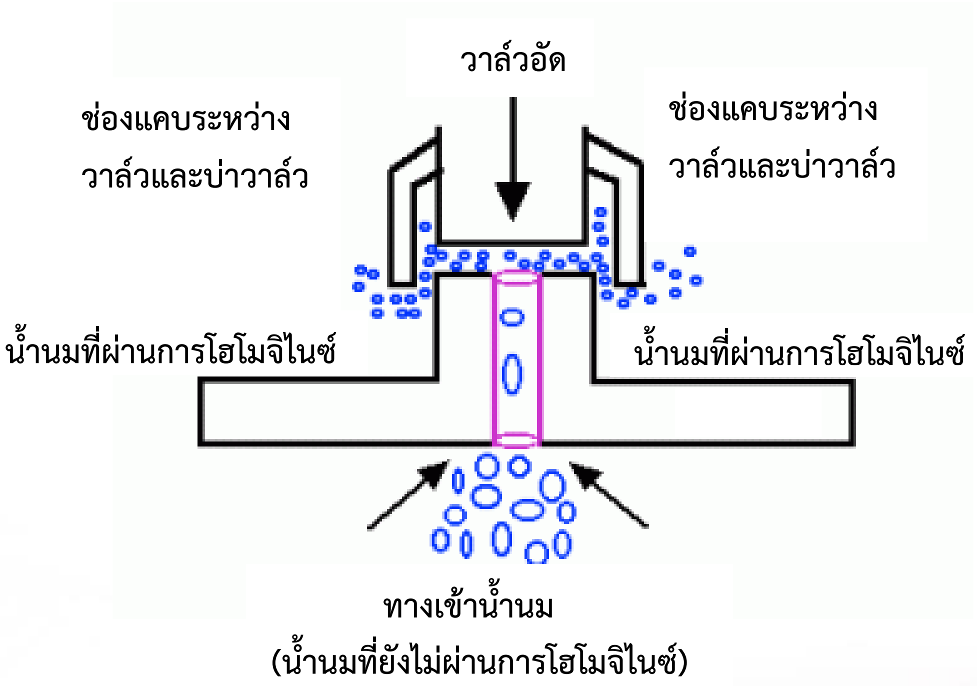
มีการใช้ปั๊มลูกสูบที่มีแรงต้านกลับของแรงดันออสโมติกด้วยแรงดันที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับแรงดันออสโมติก เพื่อทำให้น้ำเคลื่อนผ่านเมมเบรนได้อย่างต่อเนื่องและป้องกันการเคลื่อนที่กลับ ของน้ำที่เคลื่อนผ่านเมมเบรน เมมเบรนชนิดนี้จะยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านเมมเบรนได้ จึงมีการประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมนมให้มีความบริสุทธิ์เพียงพอต่อการดื่ม

5. การโฮโมจิไนซ์

เป็นวิธีการทำให้ของไหลผ่านช่องแคบออริฟิช (orifice) ที่บางมากด้วยความดันและความเร็วสูง อนุภาคของของแข็งหรือหยดของของเหลวที่อยู่ใกล้ผนังจะมีแรงต้านทานจากแรงเสียดทานของของไหล ซึ่งอาศัยหลักความแตกต่างของความเร็วที่ทำให้อนุภาคของของแข็งมีการบดซึ่งกันและกันด้วยแรงเฉือน ทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง ยิ่งการไหลมีความเร็วมากขึ้น ขนาดของช่องแคบเล็กลงแรงเฉือนก็จะเพิ่มมากขึ้น (รุ่งนภา, 2555) ทั้งนี้จึงเป็นผลให้ของแข็งและของเหลวในน้ำนมที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์ มีขนาดอนุภาคที่เล็กจนทำให้น้ำนมมีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น

การทำงานของเครื่องโฮโมจิไนซ์จะอาศัยแรงดันจากหัวอัดด้วยความดันสูงประกอบด้วยวาล์วและปั๊มแบบลูกสูบ โดยวาล์วจะถูกออกแบบให้สร้างช่องแคบที่มีความกว้างระหว่าง 15-300 ไมโครเมตร ของเหลวจะถูกนำเข้าสู่ช่องแคบนี้ด้วยปั๊มที่ใช้ความดันสูง 120-170 เท่าของบรรยากาศ ของเหลวถูกเร่งจนมีความเร็ว 50-200 เมตร/วินาที ทำให้อนุภาคของเฟสที่ไม่ต่อเนื่องอย่างเม็ดไขมันเกิดการเฉือนซึ่งกันและกันจนเสียรูปร่างจากการกระแทกและแตกตัวออกเป็นเม็ดเล็กๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร (รุ่งนภา, 2555 ; อรพิน, 2554)

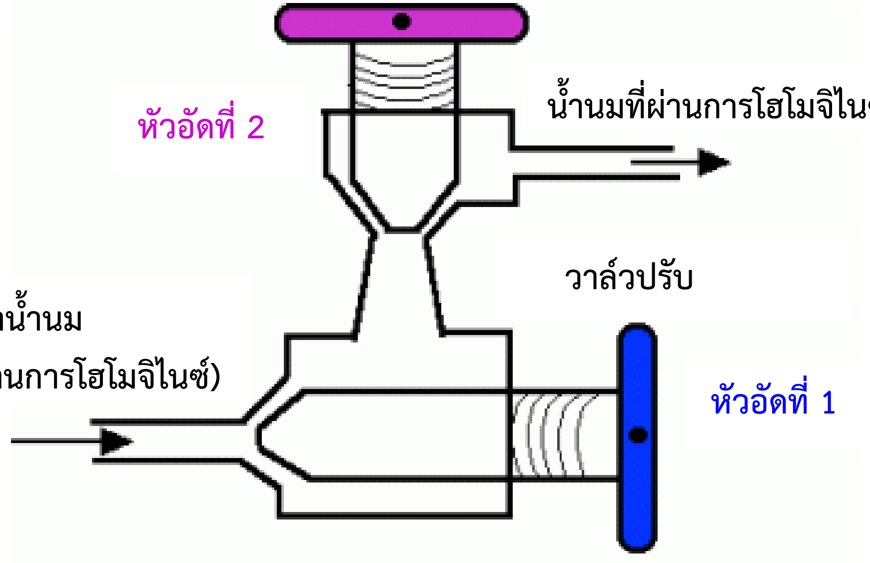
กรณีที่เป็นเครื่องโฮโมจิไนซ์แบบขั้นตอนเดียวจะมีหัวอัดเพียง 1 หัว (single-stage homogenizer หรือ one-stage homogenizer) และทำงานที่สภาวะความดันในการอัด 2,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืดสูง แสดงดังภาพที่ 3 ส่วนกรณีที่เป็นเครื่องโฮโมจิไนซ์แบบสองขั้นตอนจะมีหัวอัด 2 หัว (two-stage homogenizer) โดยหัวอัดแรกจะทำงานที่สภาวะความดันในการอัด ประมาณ 2,000-2,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว เม็ดไขมันที่ผ่านหัวอัดจะแตกตัวและมีขนาดอนุภาคเล็กลงแต่มีแนวโน้มที่จะเกาะตัวกันและกลับมารวมตัวกันอีก เพราะเยื่อหุ้มเม็ดไขมันไม่เพียงพอกับจำนวนเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นใหม่ จึงเกิดการกระจุกตัวของเม็ดไขมัน



ภาพที่ 3 เครื่องโฮโมจิไนซ์แบบขั้นตอนเดียว

ที่มา : Goff (2008)

แก้ปัญหานี้สามารถทำได้โดย การส่งผ่านน้ำนมไปยังหัวอัดที่สองที่สภาวะความดันต่ำกว่า ประมาณ 400-500 ปอนด์/ตารางนิ้ว เพื่ออัดให้เม็ดไขมันในน้ำนมเกิดการแตกตัวเป็นเม็ดไขมันเล็กๆ ที่มีขนาดเล็กลงกว่าเดิมประมาณ 10 เท่า เพื่อให้สามารถกระจายอยู่ในน้ำนมด้วยความ คงตัวและไม่จับตัวกันเป็นก้อน แสดงดังภาพที่ 4 (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553 ; รุ่งนภา, 2555 ; อรพิน, 2554) ทั้งนี้เครื่องโฮโมจิไนซ์แบบสองขั้นตอนจะมีประสิทธิภาพในการลดขนาดเม็ดไขมันและทำให้เม็ดไขมันมีความสามารถ ในการกระจายตัวในน้ำนมได้ดีกว่าเครื่องโฮโมจิไนซ์แบบขั้นตอนเดียว แต่ในปัจจุบันเครื่องโฮโมจิไนซ์มีการปรับปรุงให้เม็ดไขมันสามารถแตกและกระจายตัวได้ดีด้วยหัวอัดเพียงหัวเดียว



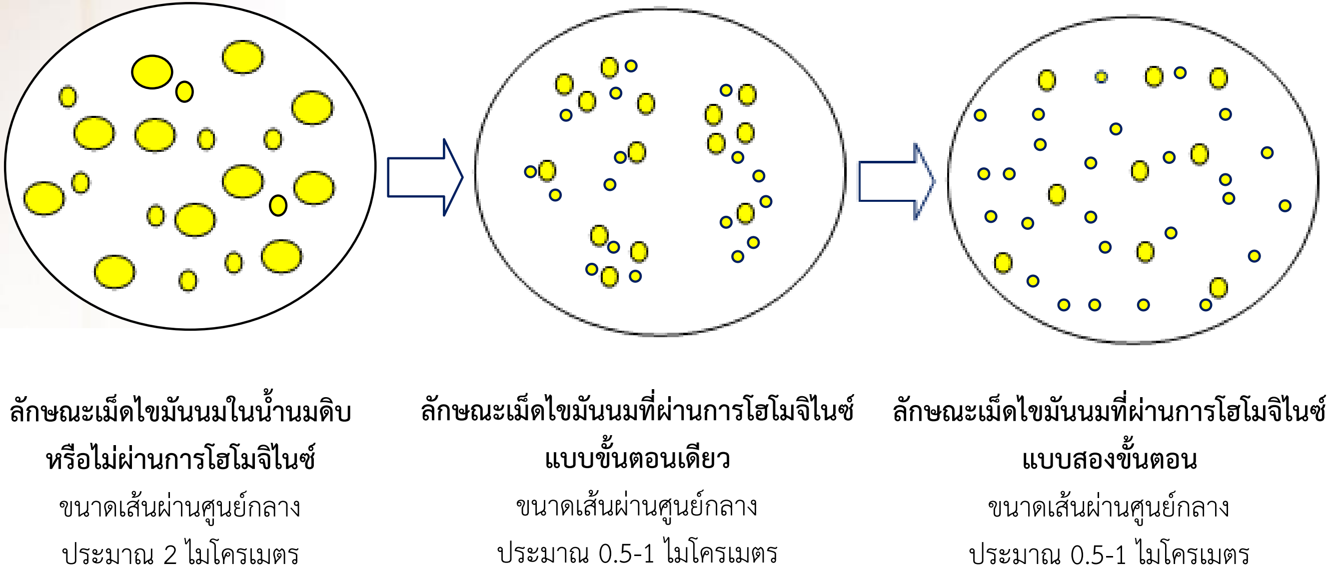
ภาพที่ 4 เครื่องโฮโมจิไนซ์แบบสองขั้นตอน

ที่มา : Goff (2008)

ขณะที่เป็นน้ำนมดิบเม็ดไขมันจะมีขนาดใหญ่บ้างเล็กบ้างกระจายคละกันและลอยตัวกระจายอยู่ด้านบนของหางนม เพราะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าหางนม เกิดเป็นลักษณะของชั้นครีม สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการของน้ำนม แต่เมื่อนำน้ำนมมาโฮโมจิไนซ์ เยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะแตกออกระหว่างการโฮโมจิไนซ์ เกิดการสร้างเยื่อหุ้มเม็ดไขมันขึ้นใหม่รอบเม็ดไขมันเล็กๆ ที่แตกออก โดยมีเคซีนและเวย์โปรตีนล้อมรอบเม็ดไขมัน ซึ่งเม็ดไขมันเล็กๆ เหล่านี้จะมีขนาดสม่ำเสมอเท่ากันทุกอนุภาคประมาณ 0.5-1.0 ไมครอน แสดงดังภาพที่ 5 และมีการเคลื่อนไหวแบบบราวน์เนียน (brownian movement)

การเคลื่อนไหวแบบบราวน์เนียน (brownian movement) คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาคในของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) แบบสุ่ม เนื่องจากการเคลื่อนที่ชนกันของอนุภาคในตัวกลาง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วการโฮโมจิไนซ์จะสามารถลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไขมันและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสได้ และน้ำนมสามารถคงลักษณะนี้ได้ตลอดโดยไม่เปลี่ยนแปลง เป็นการช่วยป้องกันการเกิดการแยกชั้นของครีมในน้ำนมได้ (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531; อรพิน, 2553)

น้ำนมที่ได้หลังจากผ่านการโฮโมจิไนซ์จะมีลักษณะที่ดีขึ้น ในส่วนของสีจะมีสีขาวมากขึ้น เพราะขนาดของเม็ดไขมันที่เล็กลงและมีจำนวนมาก ส่งผลต่อการสะท้อนของแสงให้เห็นเป็นสีขาวมากขึ้น อีกทั้งไม่มีชั้นของไขมัน เพราะเม็ดไขมันที่เล็กลงจะกระจายในน้ำนมแทนการลอยตัวอยู่ด้านบน ทั้งนี้การโฮโมจิไนซ์สามารถทำได้ ทั้งช่วงก่อน หรือช่วงหลังจากการใช้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับสูตรการผลิตของแต่ละโรงงาน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะและขนาดของเม็ดไขมันในน้ำนมตั้งแต่น้ำนมดิบจนผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์แบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน

ที่มา : ดัดแปลงจาก ALFA-LAVAL (1989)

วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์ มีดังนี้

1. **การแยกชั้นของไขมันนม** จะทำการตรวจวัดหาปริมาณไขมันในน้ำนมที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์โดยการนำน้ำนมที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์มาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วทำการหาปริมาณของไขมันนมในน้ำนมที่อยู่ส่วนบน (a) เปรียบเทียบกับปริมาณของไขมันนมในน้ำนมที่อยู่ส่วนล่าง (b) แล้วนำมาคำนวณตามสูตร ทั้งนี้น้ำนมที่ผ่าน

การโฮโมจิไนซ์สำหรับนำส่งเข้ากระบวนการพาสเจอไรซ์ ควรมีค่าประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์ มากกว่าร้อยละ 60 ส่วนยูเอชทีควรมีค่าประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์ มากกว่าร้อยละ 80 และน้ำนมสำหรับการผลิตโยเกิร์ต ควรมีค่าประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์ ที่ร้อยละ 80-90 (สุมณฑา, 2541 ; อรพิน, 2553)

สูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์

$$\text{ประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์} = 1 - \left[\frac{a - b}{a}\right] \times 100$$

2. การสังเกตขนาดและการเกาะกลุ่มของเม็ดไขมัน จะทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ หรือ ที่เรียกว่า ดัชนีของฟาร์ราลล์ (Farrall index) วิธีนี้เป็นการหาขนาดและดูการกระจายตัวของเม็ดไขมัน โดยการนับจำนวนเม็ดไขมันที่มีขนาดมากกว่า 2 ไมโครเมตร ในพื้นที่จัตุรัสมาตรฐานขนาด 100 ไมโครเมตร ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูง 1000 เท่า ข้อดีของวิธีนี้ คือมีความรวดเร็วและค่อนข้างถูกต้อง มักนิยมใช้ในการผลิตไอศกรีม และนมข้นจืด (รุ่งนภา, 2555)

ตารางที่ 1 ผลดีและผลเสียของการโฮโมจิไนซ์น้ำนม

ผลดี	ผลเสีย	การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
- มีการเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดไขมัน ช่วยป้องกันการแยกชั้นของครีม	- แยกครีมออกจากน้ำนมได้ยาก	– ใช้ ป้องกันการแยกชั้นของครีมในการผลิต นมสดพาสเจอไรซ์ สเตอริไลซ์ ชนิดเต็มไขมัน, พร่องไขมัน ฯ - ทำให้ไขมันและวัตถุเจือปนอื่นๆ ที่เติมลงไปเกิดการกระจายตัวที่ดีในการผลิตเครื่องดื่ม ไอศกรีมมิกซ์ - ช่วยเพิ่มความคงตัว และเพิ่มกลิ่นรสที่ดีในการผลิตโยเกิร์ต - ยับยั้งการเกิดหยดน้ำที่ผิวหน้าของเนยแข็ง และช่วยให้ไขมันเกิดการแตกตัวที่ดีในการผลิตเนยแข็ง - ป้องกันการแยกชั้นของครีม และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวขุ่นในการผลิตนมข้นระเหย และครีมใส่กาแฟ
- ขนาดของเม็ดไขมันเล็กลงกว่าเดิมหลายเท่า และมีความสม่ำเสมอของขนาด สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำนมได้ รสชาติ และเนื้อสัมผัสของน้ำนมดีขึ้น	- เม็ดไขมันที่มีขนาดเล็ก จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้กับออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย	
- สีขาวกระจ่างขึ้น เพราะการสะท้อนของแสงมีมากขึ้น	- เพิ่มความไวต่อแสง เกิดกลิ่นรสผิดปกติ เพราะสัมผัสกับแสงมากขึ้น (sunlight flavor)	
- การโฮโมจิไนซ์หลังการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน จะทำให้เอนไซม์ไลเพสในน้ำนมถูกทำลายไป	- การโฮโมจิไนซ์ก่อนการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนจะไม่สามารถทำลายเอนไซม์ไลเพสได้ แต่จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้เอนไซม์ไลเพสในไขมันนม เกิดปฏิกิริยาไลโพไลติกได้เร็วขึ้น	
- การตกตะกอนด้วยเอนไซม์เรนเนทเกิดได้เร็วขึ้น	- สมดุลของโปรตีนถูกทำลายและไมเซลล์เสียความคงตัว เกิดการตกตะกอนได้ง่ายขึ้นเมื่อโดนความร้อน	
- ผลิตภัณฑ์นมหมักมีความคงตัวมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น	- ค่าใช้จ่ายสูง	
- ร่างกายย่อยส่วนประกอบของน้ำนมได้ง่ายขึ้น		

ที่มา : อรพิน (2553)

ช่องทางการติดต่อ

สถานที่ : ห้อง 1406 ชั้น 4 อาคารปฏิบัติการ

เวลาติดต่อ : จันทร์-ศุกร์ (ยกเว้นวันหยุดราชการ) 09.00-16.30 น.

(กรณีที่อาจารย์มีสอนตามตารางสอน ให้นักศึกษาตรวจสอบ

เวลาตามตารางสอนก่อนหรือทำการนัดหมายล่วงหน้า)

เบอร์ติดต่อ : 089-788-2555

E-mail: chompoonuch.p@rmutp.ac.th

Facebook: chompoonuch phuenpipob