บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

นมสดยูเอชที (ultra high temperature หรือ ultra heat treated milk) หมายถึง นมดิบที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 ^{0}C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วินาที ก่อนบรรจุในสภาวะและภาชนะที่สะอาดปราศจากเชื้อ และปิดสนิทอากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ (กระทรวงอุตสาหกรรม, " มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นมสด, มอก. 738-2530 " 4 พฤศจิกายน 2530)

2.1. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารของนมสดยูเอชทีในระหว่างการเก็บ

โดยทั่วไปคุณค่าทางอาหารของนมยูเอชทีประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก อาทิเช่น ไขมันอาจเกิดการพัฒนากรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิสูง ถ้าน้ำนมนั้นมีปริมาณไขมันมาก และจะเกิดขึ้นมากในนมที่ผ่านระบบการให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดนี้ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการในนมยูเอชที (Burton, 1988) สำหรับพวกวิตามินที่ละลายในไขมันได้แก่ วิตามินเอ, ดี และ อี จะมีความเสถียรระหว่างการเก็บนมไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่วิตามินเอ จะถูกทำลายโดยแสงสว่าง ถ้าเก็บนมยูเอชทีไว้ในที่มีแสงสว่างจะมีการสูญเสียวิตามินเอถึง 40 % ส่วนวิตามินที่ละลายน้ำมีความเสถียรในระหว่างการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและไม่มีแสงสว่าง Ford et al. (1969) พบว่า วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 ไม่มีการสูญเสียหลังจากการเก็บไว้ 3 เดือนที่อุณหภูมิ 15-19 ^{0}C แต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20-25 ^{0}C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จะมีการสูญเสียวิตามินทั้งสองไปถึง 10 %

สำหรับนมสดยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ เป็นนมที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบ indirect heating ซึ่งในกระบวนการผลิตนมยูเอชทีแบบนี้จะมีออกซิเจนละลายอยู่ด้วยทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี และ folic acid ซึ่งจะมีการสูญเสียมากถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15-19 ^{0}C (พงษ์ วนานุวัธ, 2523) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการสูญเสียวิตามินบี 12 ในระหว่างการเก็บ เนื่องจาก oxidative degradation ของ ascorbic acid ซึ่งเป็นสาร reducing ที่ไป reduce วิตามินบี 12 จึงทำให้การสูญเสียวิตามินบี 12 ขึ้นอยู่กับปริมาณของ ascorbic acid และปริมาณออกซิเจน

ที่จะไปออกซิไดซ์ ascorbic acid อาทิเช่น การเก็บนมยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิ 23 ^{0}C และมีปริมาณออกซิเจนอยู่ 8-9 mg./liter หลังจากการเก็บไว้ 9 สัปดาห์ จะเกิดการสูญเสียวิตามินบี 12 ไป 20 % แต่ถ้ามีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ต่ำกว่า 1 mg./liter จะเกิดการสูญเสียวิตามินบี 12 ไป 10 % (Burton, 1988)

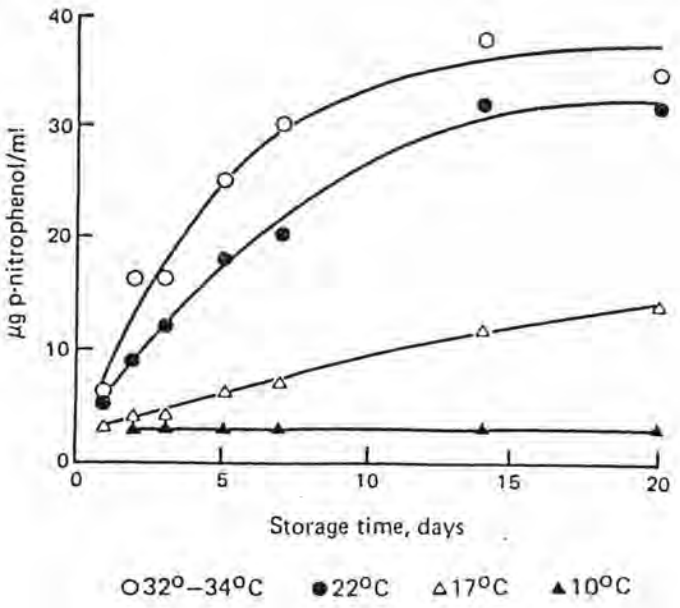
สำหรับการเก็บนมยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C ทำให้กรดอะมิโน lysine ลดลงไปมาก เนื่องจาก lysine เกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็น lysino-alanine และไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก นอกจากนี้การสูญเสียคุณค่าทางอาหารของ lysine ทำให้เคซีนเกิด covalent polymerization ขึ้น เป็นผลให้เกิด lactulosyl lysine และ fructosyl lysine ซึ่ง covalent polymerization จะเกิดมากขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่น ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 6 เดือน เคซีนอาจเกิดการฟอร์มโพลิเมอร์ได้ถึง 50 % และถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C เป็นเวลา 6 เดือน จะเกิดการฟอร์มโพลิเมอร์ได้ 21 % (Burton, 1988)

2.2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีและฟิสิกส์ของนมสดยูเอชทีในระหว่างการเก็บ

การเปลี่ยนแปลงของนมสดยูเอชทีในระหว่างการเก็บทางด้านชีวเคมีและฟิสิกส์ที่สำคัญได้แก่

2.2.1 <u>เอนไซม์</u> (enzyme reactivation)

โดยทั่วไปปฏิกิริยาของเอนไซม์ phosphatase ในนมยูเอชทีจะไม่เกิดขึ้น และให้ผลการทดสอบ phosphatase เป็นลบ ซึ่งผลทดสอบนี้เกิดขึ้นทันทีหลังจากการให้ความร้อน แต่หลังจากเก็บไว้เป็นเวลานาน เอนไซม์จะถูกกระตุ้นให้มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อีก และให้ผลการทดสอบ phosphatase เป็นบวก นอกจากนี้การเก็บรักษานมยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิ 34 ^{0}C เป็นเวลานานปฏิกิริยาของเอนไซม์จะเกิดขึ้นได้มาก แสดงดังรูปที่ 2.1 (Burton, 1988; พิษณุ วิเชียรสรรค์, 2533)



รูปที่ 2.1 ผลของอุณหภูมิในการเก็บนมยูเอชทีต่อการกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์ phosphatase (Burton, 1988)

2.2.2 <u>การเกิดเจล</u> (age gelation)

การเกิดเจล คือ การที่นมรวมตัวกันเป็นลิ่มนม เกิดจากการเชื่อมต่อกันของอนุภาคเคซีน เนื่องจาก whey protein ที่เสียสภาพเดิมไป และเกิดการสะสมของ primary calcium phosphate และ citrate ซึ่งจะเกิดเจลขึ้นในเวลา 15 สัปดาห์ ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 2 ^{0}C จะยืดอายุไปได้เป็น 18 สัปดาห์ (ประกาย จิตรกร, 2526) ลักษณะของลิ่มนมที่เกิดจะมีลักษณะนิ่มและไม่หดตัว เมื่อเกิดขึ้นใหม่ ๆ สามารถที่จะทำให้หายไปได้โดยการเขย่าหรือกวนให้ผสมกันใหม่ เพราะอนุภาคเคซีนมีการเกาะกันอย่างหลวมๆ แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้นานเกินไปนมก็จะไม่กลับรูปเดิม (ทองยศ อเนกะเวียง, 2527)

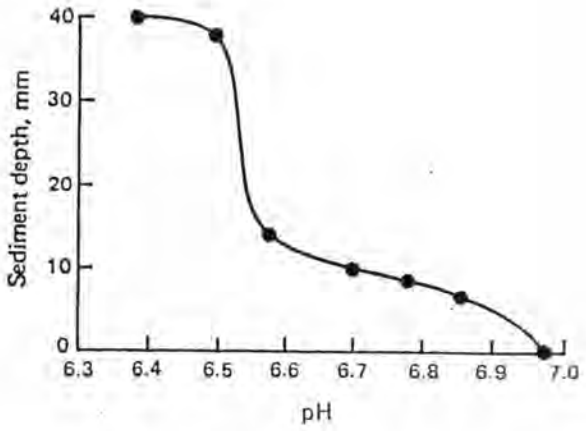
Manji, Kakuda and Arnott (1986) ศึกษาการเกิดเจลของนมยูเอชทีที่ผ่านระบบการให้ความร้อนโดยตรงและโดยทางอ้อม เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 182 วัน ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C, 22-25 ^{0}C และ 37 ^{0}C พบว่า นมที่ผ่านระบบการให้ความร้อนโดยตรงจะเกิดเจลหลังจากการเก็บไว้ 84-98 วัน ที่อุณหภูมิ 22-25 ^{0}C โดยทั่วไปการเก็บนมยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (4 ^{0}C) และอุณหภูมิสูง

(37 ^{0}C) ทำให้การเกิดเจลช้าลง Samel, Weaver, and Gammack (1971) อธิบาย การเกิดเจลที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C อาจถูกยับยั้งโดยสารที่เกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning (Maillard reaction) ที่เกิดขึ้นในน้ำนม ทำให้การเกิดเจลถูกขัดขวางโดย ε- NH_2 lysine ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับ lactose ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจะไปขัดขวาง reactive side chains ของไมเซลล์เป็นผลให้การเกิดเจลช้าลง

2.2.3 <u>การแยกชั้นของไขมันและการตกตะกอน</u> (fat separation and sedimentation)

Ramsey and Swartzel (1984) ศึกษาการแยกชั้นของไขมันและการตกตะกอนของนมยูเอชทีที่ผ่านระบบการให้ความร้อนโดยตรงและโดยทางอ้อม เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 , 22 และ 35 ^{0}C พบว่าไขมันจะเกิดการแยกชั้นมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนืดของนมลดลงทำให้อนุภาคไขมันเคลื่อนที่ได้อิสระจึงช่วยให้เกิดการแยกชั้นของไขมันได้ง่าย และในกระบวนการแปรรูประบบการให้ความร้อนกับนมโดยตรงจะเกิดการแยกชั้นของไขมันน้อยกว่าระบบการให้ความร้อนกับนมโดยทางอ้อม แต่มีการตกตะกอนมากกว่า เนื่องจากการฉีดไอน้ำเข้าไปในน้ำนมโดยตรงสามารถทำให้โปรตีนแตกตัวออกได้ จึงเป็นเหตุให้เกิดการตกตะกอนได้ง่าย และการทำให้น้ำนมมีการไหลแบบ turbulence โดยเพิ่ม injector เข้าไปในการโฮโมจิไนซ์จะช่วยลดการแยกชั้นของไขมัน นอกจากนี้การเพิ่มความดันในการโฮโมจิไนซ์ยังช่วยลดการแยกชั้นของไขมันให้น้อยลง เพราะทำให้การกระจายตัวของไขมันดีขึ้นและมีความคงตัวมากขึ้น

สำหรับการตกตะกอนของนมจะเด่นชัดมากถ้า pH ของนมต่ำกว่า 6.6 แสดงดังรูปที่ 2.2 และมีปริมาณของ calcium ion สูง การตกตะกอนของนมสามารถแก้ไขได้โดยการปรับ pH ให้สูงขึ้น และเพิ่มความดันในการโฮโมจิไนซ์ ซึ่งจะช่วยลดการตกตะกอนของนมได้



รูปที่ 2.2 ระดับของ pH ที่มีผลต่อการตกตะกอนในนมยูเอชที (Burton, 1988)

2.2.4 <u>การเกิดสีน้ำตาล</u> (browning reaction)

นมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อมีการให้ความร้อนสูงหรือเก็บไว้นาน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ระหว่างหมู่ carbonyl ของ lactose กับหมู่ ε-amino ของ lysine เกิดการ cyclization กันได้เป็นสารประกอบประเภท nitrogenous polymer ซึ่งสารประกอบประเภทนี้บางชนิดเป็นสารให้สีน้ำตาล เช่น melanoidins ผลของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล นอกจากจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปยังทำให้เกิดการสูญเสียascorbic acid ด้วย (Burton, 1988; Wong, 1989)

Venkatachalam, McMahon and Savello (1993) ศึกษาบทบาทของโปรตีนและ lactose ต่อการเกิดสีน้ำตาลของนมยูเอชที โดยตัวอย่างนมยูเอชทีชุดแรกเติม lactose 3% (weight / volume) และชุดที่สองเติม sucrose ในปริมาณเท่ากัน และเปรียบเทียบการเกิดสีน้ำตาลกันโดยวัดค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 20 และ 35 ^{0}C จากการมองดูด้วยตาเปล่า พบว่า ตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C และ 20 ^{0}C ไม่เกิดสีน้ำตาล แต่ตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 ^{0}C และประกอบด้วย lactose จะเกิดสีน้ำตาล ส่วนตัวอย่างที่ประกอบด้วย sucrose ไม่เกิดสีน้ำตาล เนื่องจาก sucrose เป็นน้ำตาล nonreducing จึงไม่มีผลต่อปฏิกิริยา Maillard ในการเกิดสีน้ำตาล Turner, Swaisgood, and Hansen (1978) ได้เสนอว่าปฏิกิริยาระหว่าง lactose กับหมู่อะมิโนเกี่ยวข้องกับ Schiff's base formation และ

Amadori rearrangement ซึ่งผลสุดท้ายจะได้โครงสร้าง keto และ enol โดยปฏิกิริยา Maillard ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บ เนื่องจากการ crosslink ของสายโปรตีนภายในทำให้ได้สารประกอบหลายอย่างที่สำคัญเช่น melanoidins ซึ่งเป็นโพลิเมอร์สีน้ำตาล สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมักเกิดกับส่วนของเคซีนโดยเฉพาะ κ-casein ซึ่งอาจส่งผลต่อความคงตัวของเคซีนไมเซลล์ในระหว่างการเก็บรักษานมยูเอชทีได้

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรสของนมสดยูเอชทีในระหว่างการเก็บ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรสของนมยูเอชทีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บ วิธีการสเตอริไลส์ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำนม ซึ่งการเก็บนมสดยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิห้องมีผลให้ความเข้มข้นของ volatile compounds อาทิเช่น acetaldehyde, propanal, n-hexanal, 2-pentanone, 2-hexanone และ 2-heptanone เพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสได้ง่ายกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับวิธีการสเตอริไลส์ ระบบการให้ความร้อนกับนมโดยตรงจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำนมน้อยกว่าระบบการให้ความร้อนกับนมโดยอ้อม เนื่องจากมีกระบวนการ flash-cooling เพราะถ้าหากในนมยูเอชทีมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่มากจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอับ (stale) หรือ oxidized flavor ได้เร็วขึ้น (Rerkrai, Jeon, and Bassetle, 1987)

Ashton (1970) พบว่า กลิ่นรสของนมสดยูเอชทีที่เกิดขึ้นในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษที่เคลือบด้วย wax และ polyethylene laminate และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C และ 22 ^{0}C มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ 5 ช่วง

- ช่วงที่ 1 : หลังจากที่นมผ่านกระบวนการผลิตมาจะมีรสชาติที่ไม่ต้องการ และมีกลิ่นของ hydrogen sulfide, carbon disulfide หรือกลิ่น boiled cabbage ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อย –SH group ระหว่างการเสียสภาพเดิมของ serum proteins โดยเฉพาะ β-lactoglobulin เมื่อเกิดการรวมตัวกันจึงทำให้เกิดกลิ่น hydrogen sulfide ขึ้น

- ช่วงที่ 2 : ในระยะ 2-3 วัน กลิ่นของ hydrogen sulfide, boiled cabbage และกลิ่นรสที่ไม่ต้องการจะค่อย ๆ จางลงไปมากจนเหลือกลิ่นนมต้มเล็กน้อย

- ช่วงที่ 3 : ในระยะ 5-12 วันนมสดยูเอชทีจะมีลำดับการพัฒนากลิ่นรสที่ดีขึ้นมา และกลิ่นรสที่ไม่ต้องการจะลดลง คือจะมีกลิ่น creamy taste คล้ายกับนมพาสเจอร์ไรส์เกิดขึ้นมา

- ช่วงที่ 4 : ในระยะ 12-18 วัน จะปรากฏลักษณะ flat และ chalky เกิดขึ้นหรือมีกลิ่นนมต้มเหลืออยู่บ้าง

- ช่วงที่ 5 : ในระยะ 19 วัน นมสดยูเอชทีจะเริ่มมีกลิ่นของ oxidative rancidity หรือกลิ่น cardboard และกลิ่นผิดปกตินี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บ

ดังนั้นนมยูเอชทีที่ผลิตเสร็จใหม่ ๆ จึงต้องเก็บไว้ 5 วัน เพื่อให้กลิ่นรุนแรงจางหายไป จึงจะส่งออกขายตามท้องตลาด (Bassette and Mantha, 1986)

2.4 กรรมวิธีการผลิตโพรเซสชีส

โพรเซสชีส (processed cheese) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมเนยแข็งชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน โดยใช้ความร้อน และกวนอย่างแรง เพื่อให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาบรรจุในภาชนะปิดสนิท สำหรับเนยแข็งที่จะนำมาผลิตโพรเซสชีสมักมีอายุการบ่มไม่เท่ากันอาจมีไขมันต่ำ ความชื้นสูง หรืออาจมีกลิ่นผิดไปจากที่ต้องการปกติ (ประกาย จิตรกร, 2526) ส่วนกรรมวิธีในการผลิตโพรเซสชีสนั้น อาจมีการเติมน้ำ, emulsifying salt, สี และส่วนผสมอื่น ๆ ลงไปในช่วงการผสม เพื่อให้ได้โพรเซสชีสที่มีรสชาติสม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน และเก็บรักษาได้นานขึ้น (Nath, 1992)

2.4.1 ชนิดของโพรเซสชีส

โพรเซสชีสแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด โดยมีปริมาณความชื้น pH อุณหภูมิที่ใช้ และส่วนประกอบอื่นต่างกัน ดังนี้ (Caric, 1992; Nath, 1992; Gouda, 1993)

2.4.1.1 Pasteurized processed cheese เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนยแข็งชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน ถ้าผลิตจากเนยแข็งชนิดเดียวผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นไม่เกิน 1 % ของปริมาณความชื้นซึ่งกำหนดไว้สำหรับ natural cheese ที่นำมาใช้ในการผลิต แต่สูงสุดไม่เกิน 43 % และมีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่า 47 % ยกเว้นถ้าผลิตจากเนยแข็ง Swiss, Gruyere หรือ Limburger อุณหภูมิที่ใช้ในการต้ม 71-80 ^{0}C เป็นเวลา 4-8 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี pH ระหว่าง 5.6-5.8

2.4.1.2. Processed cheese food เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นไม่เกิน 44 % และไขมันไม่น้อยกว่า 23 % อุณหภูมิที่ใช้ในการต้ม 79-85 ^{0}C เป็นเวลา 4-8 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี pH ระหว่าง 5.2-5.6 นอกจากนี้อาจเติม cheese ingredient ลงไปไม่น้อยกว่า 51% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ สำหรับ cheese ingredient ที่อาจเติมลงไป ได้แก่ cream, skim milk, butter milk และ cheese whey เป็นต้น

2.4.1.3. Processed cheese spread เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 44-60 % และไขมันไม่น้อยกว่า 20% อุณหภูมิที่ใช้ในการต้ม 88-91 ^{0}C เป็นเวลา 8-15 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี pH น้อยกว่า 5.2 แต่ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเท่ากับ 85-95 ^{0}C ความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 55 % ผลิตภัณฑ์จะมี pH ระหว่าง 5.6-5.9 นอกจากนี้โพรเซสชีสสเปรดยังสามารถแผ่กระจาย (spreadable) ได้ที่อุณหภูมิ 21 ^{0}C และอาจเติม cheese ingredient ลงไปได้ไม่น้อยกว่า 51 % ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

2.4.2 ข้อดีของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส

Nath, (1992) ได้กล่าวถึงข้อดีของโพรเซสชีสดังนี้ คือ

- สามารถเก็บไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมัน
- สามารถรักษากลิ่นรสและลักษณะต่าง ๆ ของเนยแข็งไว้ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับการเลือกชนิด, อายุการบ่ม และกรรมวิธีการผสมเนยแข็ง
- รักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไม่สามารถเจริญได้ และถูกทำลายไปในระหว่างการให้ความร้อน
- สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารและปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์โดยเติมส่วนผสมอื่น ๆ ลงไป เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อ และเครื่องเทศ เป็นต้น
- สามารถนำไปใช้ในการ cooking, และใช้ใน dips, sauces, และ snacks เป็นต้น
- ช่วยในด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นการนำเนยแข็งที่ maturity ต่ำหรือด้อย และเนยแข็งที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคมาทำเป็นโพรเซสชีสได้

2.4.3 กระบวนการผลิตโพรเซสชีส

โพรเซสชีสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็น soft-cheese หรือ semi-soft cheese ที่อยู่ในรูปของ spread, dip และ dressing (Robinson, 1993) โดยมีขั้นตอนการผลิตโดยทั่วไปดังนี้

2.4.3.1 การเลือกเนยแข็ง

ในการเลือกเนยแข็งเพื่อมาใช้ในการผลิตโพรเซสชีสจะต้องเลือกให้มีความเหมาะสม ในด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส ซึ่งเมื่อนำมาผสมร่วมกันและปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ใหม่จะได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Foster et al., 1957) ส่วนเนยแข็งที่มีข้อบกพร่อง เช่น มีกลิ่นหืน หรือ กลิ่นเน่า (putrid) จะไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตโพรเซสชีสได้ สำหรับอายุและสัดส่วนของเนยแข็งที่ใช้ในการผสมขึ้นอยู่กับลักษณะของโพรเซสชีสที่ต้องการ

สำหรับปริมาณสัดส่วนของเนยแข็งที่ใช้ในการผลิตโพรเซสชีสระหว่างเนยแข็งสด กับเนยแข็งที่อายุการบ่มนาน จะมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างกัน (Caric, 1992) เช่น

ถ้าใช้ปริมาณเนยแข็งสดมากในการผลิตโพรเซสชีสมีข้อดีข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี
- ลดต้นทุนวัตถุดิบ
- สามารถนำเนยแข็งที่ผ่านการบ่มไม่สมบูรณ์มาใช้ในการผลิตได้ทันที
- ทำให้เกิด emulsion ที่มีความคงตัวเนื่องจากมี water binding capacity สูง
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปร่างแน่น (firm body) ทำให้มีสมบัติการ slice ที่ดี

ข้อเสีย
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติของเนยแข็งน้อย (tasteless cheese)
- เกิดกลิ่นที่ผิดปกติของ emulsifying salt
- ทำให้เกิดการพองตัว (swelling) ของโปรตีนมากเกินไป
- ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง (harden) มากขึ้นในระหว่างการเก็บ
- เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากของผสมมีความหนืดสูง

และถ้าใช้ปริมาณเนยแข็งที่อายุการบ่มนานมากกว่าเนยแข็งสดในการผลิตโพรเซสชีสมีข้อดีข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี - เกิดการพัฒนากลิ่นรสมากในผลิตภัณฑ์
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี
- ผลิตภัณฑ์มีการหลอมละลายสูง

ข้อเสีย - ผลิตภัณฑ์มีการพัฒนากลิ่นรสที่รุนแรง (sharp flavor)
- ทำให้ emulsion มีความคงตัวต่ำ
- ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดต่ำ

ดังนั้นการเลือกเนยแข็งเพื่อมาใช้ในการผลิต ต้องเลือกเนยแข็งที่มีความชื้น, อายุการบ่ม, สี, กลิ่นรส, และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการด้วย เพื่อให้ได้โพรเซสชีสที่มีคุณภาพดี (Kosikowski, 1966) เช่น โพรเซสชีสที่ต้องการทำเป็น slice จะทำจากเนยแข็งที่อายุการบ่ม 3 เดือน ประมาณ 75 % ผสมกับเนยแข็งที่อายุการบ่ม 6-12 เดือน ประมาณ 25 % ซึ่งเนยแข็งสดจะให้ลักษณะที่เป็น elastic, เนื้อสัมผัสเรียบเนียน (smooth texture), ลักษณะปรากฏแน่น และมีสมบัติการ slice ที่ดี ส่วนเนยแข็งที่อายุการบ่มนานหรือเนยแข็งเก่าจะให้กลิ่นรสมาก และเนื้อสัมผัสเป็นเม็ด ๆ (grainy) สำหรับ cheese spread ส่วนใหญ่ทำจากเนยแข็งที่มีความเป็นกรดสูง และอาจใช้เนยแข็งเก่ามาใช้ผสมได้ (Nath, 1992)

Saluja and Singh (1989) ศึกษาการพัฒนาโพรเซสชีสสเปรดโดยใช้ cheddar curd slurries ที่ได้จากการเร่งอายุการบ่ม โดยนำ cheddar curd มาบดให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก และเติมสารปรุงแต่งได้แก่ glutathione (GSH) หรือ GSH ผสมกับ cobalt, manganese, riboflavin, และ diacetyl แล้วบ่มไว้ 7 วัน จะได้ cheddar curd slurries จากนั้นนำ cheddar curd slurries ที่ได้มาผลิตเป็นโพรเซสชีสสเปรด โดยใช้ cheddar curd slurries 75 % ผสมกับ regular cheddar cheese 25 % เปรียบเทียบกับโพรเซสชีสสเปรดที่ผลิตจาก regular cheddar cheese 100 % และ cheddar curd slurries 100 % ตรวจสอบทางประสาทด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความสามารถในการแผ่กระจาย (spreadability) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสม cheddar curd slurries (75%) กับ regular cheddar cheese (25%) จะมีคะแนนการทดสอบด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความสามารถในการแผ่กระจายสูงที่สุด อาจเนื่องมาจาก

สารปรุงแต่งที่เติมลงไปใน cheddar curd เพื่อเร่งการบ่ม โดยเฉพาะ GSH จะช่วยพัฒนากลิ่นรสของ cheddar curd slurries ในระหว่างการบ่มให้ดีขึ้น เนื่องจาก lactic acid bacteria สามารถใช้ GSH ในการสังเคราะห์โปรตีนได้ดีกว่าการใช้ cysteine ที่มีอยู่แล้วในน้ำนม เพื่อให้เกิดกลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้ GSH ยังมีผลต่อ activity ของเอนไซม์ lipase โดย GSH ซึ่งเป็น reducing agent จะกระตุ้น activity ของเอนไซม์ lipase (Chandan and Shahani, 1965) ทำให้เอนไซม์ lipase สามารถย่อยไขมันนมเพื่อให้ได้กรดไขมันที่เป็น short-chain (C_4-C_{10}) ที่มีความสำคัญต่อกลิ่นรส โดยเฉพาะ caproic acid (C_6), capric acid (C_8) และ caprylic acid (C_{10}) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะใน cheddar cheese (Gouda, 1993) ดังนั้นเมื่อผสมกับ regular cheddar cheese จึงมีการเสริมลักษณะที่เด่นต่อกัน ส่วนตัวอย่างที่ผลิตจาก cheddar curd slurries 100 % มีลักษณะเป็น elastic เล็กน้อย และเป็น rubbery หรือคล้ายยางเหนียว สำหรับตัวอย่างที่ผลิตจาก regular cheddar cheese 100 % (อายุบ่ม 4 เดือน) มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด

2.4.3.2 <u>การบดเนยแข็งให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก</u>

เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งเพื่อความสะดวกในการผสม emulsifying salt และส่วนผสมอื่น ๆ ที่จะเติมลงไป (Kosikowski, 1966) เนื่องจากน้ำถูกดูดซึมเข้าไปได้ง่ายเป็นผลให้ cheese protein กระจายตัวได้ดี ทำให้การผสมเป็นไปอย่างทั่วถึง (Gouda, 1993)

2.4.3.3 <u>การเติม emulsifying salt</u>

การเติม emulsifying salt ลงไปไม่เกิน 3 % ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะผิวเรียบ และเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากโปรตีนสามารถละลายได้ดีขึ้น (Kosikowski, 1966) โดย emulsifying salt ที่เติมลงไปจะยึดจับกับ calcium ทำให้ปริมาณ calcium phosphate ในโปรตีนน้อยลง เป็นผลให้เคซีนละลายน้ำได้มากขึ้น จึงเพิ่มความสามารถในการเป็น emulsifying ของ cheese proteins ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส (Nath, 1992) สำหรับหน้าที่ของemulsifying salt มีดังนี้

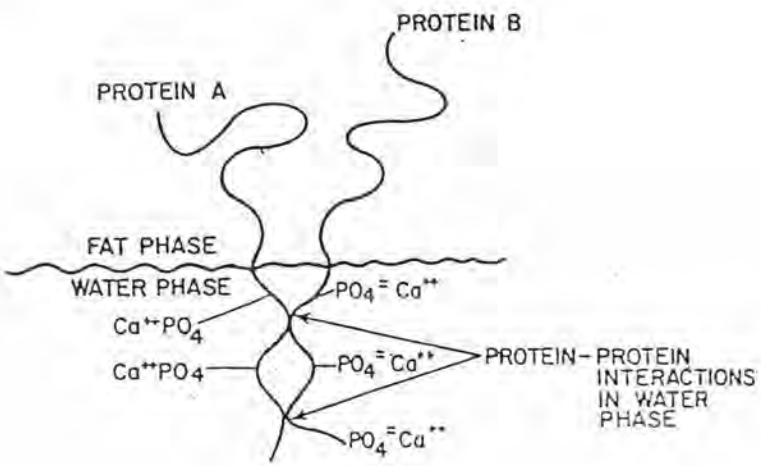
ก. กำจัด calcium ออกจากระบบของโปรตีน โดย emulsifying salt ที่เติมลงไปจะยึดกับ calcium ทำให้ปริมาณ calcium phosphate ในโปรตีนน้อยลง ซึ่ง calcium ใน Ca-paracaseinate complex ของลิ่มนมถูกเคลื่อนย้ายโดยการแลกเปลี่ยนไอออนกับ emulsifying salt ทำให้ casein-paracaseinate ละลายน้ำได้มากขึ้น จึงเพิ่มความสามารถในการเป็น emulsifying ของ cheese protein แสดงดังสมการ (Caric, 1992)

$$\text{Curd (Ca-paracaseinate)} + H_2O + \text{emulsifying salt} \xrightarrow[\text{mechanical action}]{\text{heat}} \text{Processed Cheese (Na-paracaseinate)}$$

ข. ทำให้โปรตีนมีพันธะเปปไทด์ซึ่งส่งผลต่อการละลาย และการกระจายตัวให้เป็นไปได้ดีขึ้น

ค. ทำให้โปรตีนรวมตัวกับน้ำ เนื่องจาก emulsifying salt จะไปเพิ่มลักษณะ hydrophilic ให้กับโปรตีน ทำให้โปรตีนดูดน้ำเข้าไปและเกิดการพองตัว (swelling) ขึ้น ส่งผลให้ colloidal mass มีความหนืดเพิ่มขึ้น (Caric, 1992)

ง. ทำให้ emulsion ของไขมันมีความคงตัว เนื่องจากโปรตีน (casein) จะห้อมล้อมเม็ดไขมันไว้ โดยมีส่วนที่เป็น organic end อยู่ในไขมันและส่วนที่เป็น phosphate end อยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้โปรตีนมีสมบัติเป็น emulsifying ดังนั้นโปรตีนจึงมีหน้าที่เหมือนเป็น emulsifier ให้กับไขมัน สำหรับส่วนที่เกิด emulsion กับ emulsifying salt จึงเป็นส่วนของโปรตีนที่ละลายอยู่ในน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Schematic of emulsifying protein (Shimp, 1985)

จ. ควบคุม pH ของเนยแข็งให้คงที่หรือการมีสมบัติเป็น buffer ของ emulsifying salt ซึ่งมีความสำคัญมาก เนื่องจาก pH มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีน การละลายของโปรตีน และความสามารถของ emulsifying salt ในการจับกับ calcium สำหรับ pH ของ

โพรเซสชีสควรอยู่ในช่วง 5.0-6.5 ถ้า pH น้อยกว่า 5.0 เนื้อสัมผัสของโพรเซสชีสจะแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ (crumbly) เนื่องจากพันธะระหว่าง protein-protein ไม่แข็งแรง ส่วน emulsion ของไขมันจะแตกตัวน้อยลง แต่ถ้า pH มากกว่า 6.5 จะมีเนื้อสัมผัสนิ่มเกินไปและอาจมีปัญหาด้านจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ (Caric and Kalab, 1987)

นอกจากนี้ emulsifying salt บางชนิดยังมีผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เช่น monophosphate ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และจะเห็นผลชัดเจนมากเมื่อมีปริมาณ phosphate มากขึ้น ส่วน citrate ไม่มีผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สำหรับผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส แม้ว่าในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะไม่มี viable bacteria แต่อาจมี viable spore ของ Clostridia ที่อาจมาจากเนยแข็งสดหรือเครื่องเทศที่เติมลงไป ซึ่ง monophosphate สามารถทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ที่เริ่มเกิดขึ้นได้ (Caric and Kalab, 1987) Tanaka et al. (1986) พบว่าผลการยับยั้ง *Clostridium botulinum* ในผลิตภัณฑ์ pasturized processed cheese spread ของ sodium orthophosphate ดีกว่าการใช้ sodium citrate เป็น emulsifying salt โดยขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และ pH ของผลิตภัณฑ์ ปกติผลการยับยั้งแบคทีเรียของ phosphate จะเพิ่มขึ้นเมื่อเป็น chain ยาว ซึ่งอาจเป็นผลจากการเกิด interactions กับโปรตีนของแบคทีเรีย และการจับกับ calcium ที่มีความสำคัญกับ cellular cation และเป็น cofactor ของ microbial enzyme (Meyer, 1973; Fox et al., 1996) นอกจากนี้สภาวะการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น ชนิดของ emulsifying salt, pH และปริมาณความชื้น มีผลต่อการเกิดสปอร์ของ Clostridia (Caric and Kalab, 1987) ด้วย

การเติม emulsifying salt เพื่อให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ ไม่ได้ขึ้นกับชนิดของ emulsifying salt เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับปริมาณที่เติมลงไปด้วย เช่น ถ้าเติม emulsifying salt น้อยเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และเกิดการแยกของตัวน้ำมัน (oil-off) ได้ (Sevenich, 1996) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ อายุของเนยแข็ง, ความเป็นกรด, สมบัติของเนยแข็งที่นำมาใช้ในการผลิตโพรเซสชีส และการให้ความร้อนก็เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงด้วย

Gupta, Karahadian and Lindsay (1984) ศึกษาชนิดของemulsifying salt ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโพรเซสชีส โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเตรียมจากเนยแข็งสด

(อายุน้อยกว่า 2 สัปดาห์) 75 % ผสมกับเนยแข็งเก่า (natural cheddar cheese) 25 % และเติม emulsifying salt ลงไปประมาณ 1.2-3.0 % ต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติม trisodium citrate มีค่าการหลอมละลาย (meltability) มากกว่า disodium phosphate เนื่องจาก phosphate มีสมบัติการเป็น melt resistance มากกว่า citrate ยิ่งถ้าใช้ปริมาณมาก melt resistance จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาระหว่างตัวอย่างที่เติม tripotassium citrate และ trisodium citrate พบว่า เมื่อใช้ปริมาณเท่ากัน ตัวอย่างที่เติม tripotassium citrate จะมีค่าการหลอมละลายน้อยกว่าตัวอย่างที่เติม trisodium citrate แต่ยังให้เนื้อสัมผัสของตัวอย่างเหมือนกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการผลิต reduced sodium processed cheese เพื่อเป็นอาหารสุขภาพ สามารถใช้ potassium emulsifying salt มาทดแทนได้ และยังให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สามารถยอมรับได้อยู่ แต่การใช้ potassium salt จะมีปัญหาคือ potassium salt จะให้รสขมกับผลิตภัณฑ์ และอาจทำให้มีกลิ่นโลหะติดในผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เติม sodium potassium tartrate จะมีค่าการหลอมละลายดี แต่ให้เนื้อสัมผัสของตัวอย่างไม่ดี คือเป็น slightly fibrous และมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบ ๆ (gritty) เนื่องจากเกิดผลึกของ calcium tartrate ในตัวอย่างทำให้เนื้อสัมผัสของตัวอย่างมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบ ๆ ดังนั้นชนิดและปริมาณของ emulsifying salt ที่ใช้จะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสมบัติการหลอมละลายที่ดี จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.4.3.4 <u>การให้ความร้อน</u>

การให้ความร้อนกับเนยแข็งโดยนำเนยแข็งผสม และส่วนผสมอื่น ๆ มารวมกัน แล้วต้มให้ความร้อนเพื่อเป็นการพาสเจอร์ไรส์เนยแข็งผสม และมีการกวนตลอดเวลาซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิด emulsion ของเนยแข็งผสม (Gouda, 1993) ถ้าเป็นการผลิตแบบ batch processing จะใช้อุณหภูมิ 70-95 ^{0}C และกวนตลอดเป็นเวลา 4-15 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับสูตร ความเร็วของการกวน ชนิดของ cooker ที่มีอัตราเร็วในการกวน 50-3000 rpm. และลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ เช่น texture body และ อายุการเก็บ (Fox et al., 1996) สำหรับ continuous cooker อุณหภูมิและเวลาในการผลิตขึ้นอยู่กับชนิดของโพรเซสชีส และชนิดของเนยแข็งที่นำมาทำโพรเซสชีส (Gouda, 1993) โดยจะดำเนินการผลิตจนได้ลักษณะ smooth plastic การผสมที่ให้ผลดีที่สุดคือ การต้มที่อุณหภูมิสูงภายในเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ระยะเวลาสั้นแล้วรีบเทออกจาก cooker ในเวลาไม่เกิน 3 นาที (Kosikowski, 1966) หรือใน cooker บางชนิดจะให้ความร้อนภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 130-140 ^{0}C ในเวลา 2-3 วินาที (Gouda, 1993) ซึ่งการให้ความร้อนวิธีนี้จะรักษากลิ่นรสของเนยแข็งไว้ได้ ช่วยลดการเกิดสีชมพู (pinking) ที่เกิดจากการให้

ความร้อนกับเนยแข็งผสมมากเกินไป ทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard (nonenzyme browning) ที่เป็นข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Caric, 1992) และป้องกันการเกิดเจลของ mass ใน cooker สำหรับการให้ความร้อนโดยวิธี direct steam injection นั้นไอน้ำที่ใช้ต้องสะอาด เพราะถ้าไอน้ำไม่สะอาด อาจพบสารที่ใช้เป็น boiler preservative เช่น tertiary amine ในผลิตภัณฑ์ได้ (Kosikowski, 1966) เนื่องจากสารประกอบ amine ใช้เป็นสารป้องกันการกัดกร่อนในท่อส่งไอน้ำและท่อน้ำควบแน่น โดยมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องและกลายเป็นไอออกไปพร้อมกับไอน้ำ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2527) จึงอาจทำให้พบสารประกอบ amine อยู่ในผลิตภัณฑ์

2.4.3.5 <u>การเติมกรด</u>

การเติมกรดลงไปเพื่อให้เกิดรสเปรี้ยว และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น ในการเติมกรดต้องปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 5.2-5.8 ถ้าหาก pH ต่ำเกินไปจะเกิดลักษณะเป็นเม็ดหยาบ (graininess) ในผลิตภัณฑ์ สำหรับกรดที่นิยมใช้ในการผลิตโพรเซสชีส ได้แก่ กรดแลคติก, กรดซิตริก, กรดอะซิติก และ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น (Kosikowski, 1966)

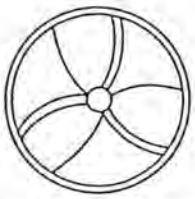
2.4.3.6 <u>การเติมเกลือ</u>

มีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งสารปรุงแต่งรสอาหารโดยเป็นสารให้รสเค็มและสารเคมีถนอมอาหาร เนื่องจากเกลือทำให้อาหารเกิดแรงดันออสโมติกสูงขึ้น ทำให้เซลเหี่ยวตาย ได้โดยเกลือจะแตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- ซึ่ง Cl^- จะทำลายจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

2.4.3.7 <u>การโฮโมจิไนซ์</u>

การโฮโมจิไนซ์เป็นการปรับปรุง emulsion ของไขมันให้มีความคงตัว ซึ่งเป็นการลดขนาดเม็ดไขมันให้เล็กลงเท่ากัน โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณไขมันมาก นอกจากนี้การโฮโมจิไนซ์ยังเป็นการปรับปรุงความข้นหนืด โครงสร้าง และ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสให้ดีขึ้น (Caric, 1992) สำหรับเครื่องมือที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันของเนยแข็งผสม ชนิดของ cooker ที่ใช้ เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน (smoothness) และลักษณะ body ที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ (Fox et al., 1996) ในระหว่างการโฮโมจิไนซ์หรือการทำความสะอาดเครื่อง homogenizer ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจทำให้ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสเกิดการปนเปื้อนได้ (Gouda, 1993)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Hand homogenizer (รูป ค. 7) เพื่อทำให้ของผสมเกิดลักษณะเป็น emulsion โดยหัวผสมเป็นแบบใบจักร (guarded propeller) 3 ปีก อยู่ในกรอบ ดังรูปที่ 2.4 และความเร็วในการโฮโมจิไนซ์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นคือ 1000 รอบ/นาที เนื่องจากการหมุนของใบจักรจะทำให้เกิดแรงดูดที่จุดศูนย์กลางของภาชนะมีลักษณะเป็นหลุมลึก ถ้าใบจักรหมุนเร็วขึ้นหลุมจะมีความลึกมาก ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง และมีผลให้ดูดอากาศเข้าไปรวมกับของผสมได้ง่าย นอกจากนี้ยังทำให้ของผสมมีความร้อนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ emulsion เกิดการแตกตัวได้ (Brennan et al., 1969)



รูปที่ 2.4 หัวผสมแบบใบจักร 3 ปีกอยู่ในกรอบ (Brennan et al., 1969)

2.4.3.8 <u>การบรรจุและการเก็บรักษา</u>

การบรรจุเป็นขั้นตอนที่จำเป็นมากในกระบวนการผลิต ซึ่งจะป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารไม่เหมาะสำหรับการบริโภค และอาจทำให้เกิดการแพร่ระบาดของอาหารเป็นพิษ เนื่องจากมี pathogenic bacteria เกิดขึ้นมา สำหรับภาชนะบรรจุที่ใช้ขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น ถ้าเป็นโพรเซสชีสที่ทำเป็น slice จะห่อด้วย polypropylene film แล้วห่อด้วย polyvinylidene chloride (PVDC) film อีกชั้นหนึ่ง หรือใช้ภาชนะพลาสติก เช่น polystyrene cups และ low density polyethylene tubs มาใช้บรรจุโพรเซสชีส นอกจากนี้ยังสามารถใช้ lacquered tins มาเป็นภาชนะบรรจุโพรเซสชีสได้ด้วย (Babu and Goyal, 1989)

หลังจากการบรรจุผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสขณะร้อน (อุณหภูมิ 40-60 ^{0}C) ต้องทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง โดยเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของโพรเซสชีส เช่น ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดต้องทำให้เย็นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 15-30 นาที เพื่อยับยั้งการเกิด creaming เพราะถ้าเกิด creaming มากจะทำให้ไขมันและน้ำเกิดการแยกชั้นกัน เนื่องจากไขมัน

เกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนขุ่นแล้วลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ (Dickinson and Stainsby, 1982) ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ต้องการ ในการลดอุณหภูมิของโพรเซสชีสสเปรดจะใช้ลมเย็น (cool air) โดยวางภาชนะบรรจุให้มีช่องว่างห่างกัน เพื่อให้ลมเย็นเคลื่อนที่ผ่านได้ง่ายทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลงอย่างรวดเร็ว สำหรับ pasteurized processed cheese จะทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10-15 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลงอย่างช้าๆ ถ้าหากมีน้ำตาล lactose เหลืออยู่เกิน 6 % ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิด browning หรือการแข็งตัวขึ้น (firming-up) และอาจมีการเจริญของพวก spore-forming bacteria เกิดขึ้น ดังนั้นหลังจากที่ผลิตภัณฑ์เย็นลงแล้วต้องเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 5-10 ^{0}C (Gouda, 1993) แม้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจทำให้เกิดผลึกของ calcium diphosphate หรือ calcium pyrophosphate (Caric, 1992) แต่ก็เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาโพรเซสชีส เพราะถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 ^{0}C เล็กน้อย อาจมีการเจริญของจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต โดยเฉพาะพวก Clostridia ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย (Gouda, 1993)

2.4.4 <u>การเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสในระหว่างกระบวนการผลิต และระหว่างการเก็บรักษา</u>

ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสได้แก่ (Caric and Kalab, 1987)

ก. ส่วนผสมไม่เหมาะสม เกิดจากการใช้เนยแข็งสดที่คุณภาพไม่ดีหรือมีการปนเปื้อนมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต เนื่องจากเนยแข็งเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตีนคุณภาพต่ำจึงทำให้อัตราส่วนของโปรตีนต่อไขมันไม่เหมาะสม การใช้ emulsifying salt ที่มีคุณภาพหรือปริมาณไม่แน่นอน และการปรับ pH ไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ทำ รวมทั้งปริมาณความชื้น และปริมาณ rework cheese ที่ใช้ไม่เหมาะสมอาจมากหรือน้อยเกินไป สำหรับ rework cheese หมายถึง โพรเซสชีสส่วนที่เหลือติดอยู่ในเครื่อง cooking หรือเครื่องบรรจุ , หรือโพรเซสชีสที่ภาชนะบรรจุถูกทำให้เสียหาย นอกจากนี้อาจเป็นโพรเซสชีส batch ที่เกิด creaming มากเกินไป และมีลักษณะเหนียวหนืดมาก (Fox et al., 1996)

ข. กระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง เช่น การใช้เวลา อุณหภูมิในการผลิต การกวน และการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวลงไม่เหมาะสม รวมทั้งการเก็บรักษาที่เวลาและอุณหภูมิไม่เหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส

2.4.4.1 <u>การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์</u>

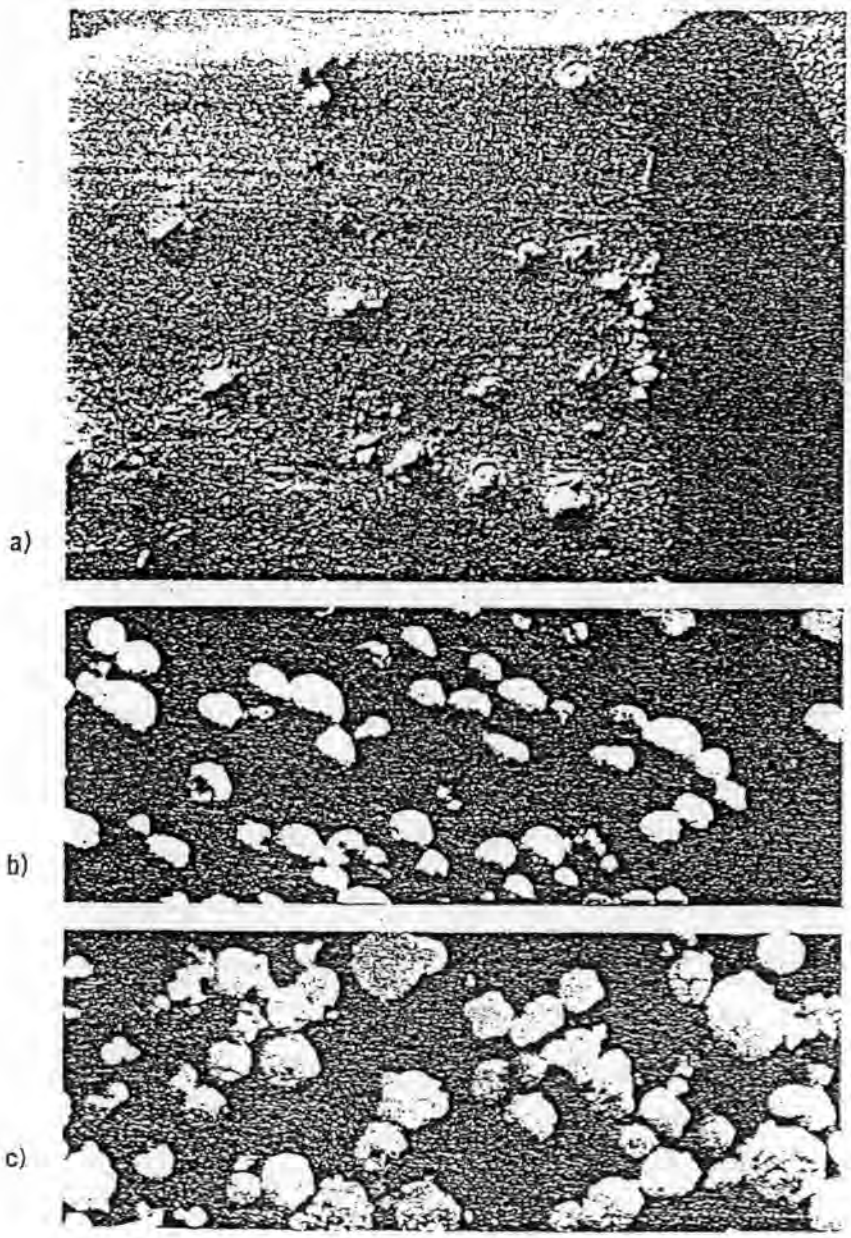
การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสเกิดจากแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ (spore-forming bacteria) ซึ่งปนเปื้อนอยู่ใน cheese milk ที่ผสมในโพรเซสชีส รวมทั้งเนยแข็งสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังเกิดจาก น้ำที่ใช้ในการผสม เครื่องมือ หรือสารปรุงแต่งอาหารที่ใช้ แต่ปกติจะพบน้อยมาก การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นหลังจากการผลิตถือเป็นสิ่งที่ผิดปกติมาก เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตสูงพอที่จะทำลาย vegetative bacteria cells ได้ รวมทั้งภาชนะบรรจุก็ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ แต่การปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นได้อีก (recontamination) โดย viable bacteria หรือเชื้อรา ถ้าภาชนะบรรจุนั้นฉีกขาด หรือถูกทำให้เสียหาย

สำหรับแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส โดยการสร้างก๊าซและมีหรือไม่มีกลิ่นผิดปกติ จะเป็นพวก Clostridia (*Cl. butyricum, Cl. sporogenes, Cl. perfringens*) และ Bacillus (*B. licheniformis* และ *B. polymixa*) โดยเฉพาะ *Cl. botulinum* ที่สร้างสารพิษ botulinal toxin การผลิตโพรเซสชีสทั้งแบบต่อเนื่องและแบบ batch cooker ไม่มีการฆ่าเชื้อ ซึ่งการเจริญของสปอร์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการผลิตขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น องค์ประกอบของส่วนผสม ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ชนิดและความเข้มข้นของ emulsifying salt ปริมาณน้ำ pH ของผลิตภัณฑ์ และการมีหรือไม่มีสารยับยั้งตามธรรมชาติ (natural inhibitor) อย่างไรก็ตามแนวทางที่อาจใช้ในการป้องกันการเจริญของสปอร์ได้แก่ การใช้สารกันเสียผสมใน cheese blend (Caric and Kalab, 1987)

2.4.4.2 <u>การเกิดผลึก</u> (crystal formation)

การเกิดผลึกเป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส อาจสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งมีสาเหตุจากการใช้ emulsifying salt ที่มีการละลายต่ำ โดยสภาวะนี้จะรุนแรงมากขึ้นเมื่อใช้ emulsifying salt มากเกินไป หรืออาจเกิดจากการที่เนยแข็งสดมีปริมาณ calcium มาก หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มี pH สูง รวมถึงการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังเกิดจากการละลาย emulsifying salt ไม่หมด ในระหว่างการผลิต หรือเกิด recrystallization ในระหว่างการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวลง (Caric and Kalab, 1987) สำหรับการเกิดผลึกของ calcium diphosphate หรือ calcium pyrophosphate ในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ emulsifying salt ที่ประกอบด้วย pyrophosphate หรือ polyphosphate ในการผลิตโพรเซสชีส แสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งจากการสันนิษฐานเข้าใจว่าผลึกที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายของ calcium ions และ pyrophosphate anions ใน protein matrix หรือเป็นผลมา

จากปฏิกิริยา hydrolysis ของ polyphosphate นอกจากนี้การใช้ emulsifying salt ความเข้มข้นสูง อาจทำให้เกิดการตกผลึกได้เหมือนกัน (Pommert et al., 1988; Caric, 1992)



รูปที่ 2.5 Calcium diphosphate crystals in (a) Gruyere processed cheese, (b) the isolated above diphosphate globular clumps, (c) chemically pure crystals (spray dried) (APV Anhydro A/S). (Caric, 1992)

2.4.4.3 การเปลี่ยนสีหรือการเกิดสีน้ำตาล (discoloration or browning)

การเปลี่ยนสีหรือการเกิดสีน้ำตาลมีสาเหตุจากปฏิกิริยา Maillard (non-enzymatic browning) ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีชมพู ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูง และเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ เนื่องจากสารตั้งต้นของปฏิกิริยาคือ amino acid และ reducing sugar ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วมากเมื่อใช้ young cheese ผสมในปริมาณมาก หรือมีความเข้มข้นของ lactose สูง สำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในโพรเซสชีสสเปรดเมื่อเปรียบเทียบกับ processed cheese block จะเกิดขึ้นเร็วมาก เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิสูง และเวลาในการผลิตนาน อีกทั้งมีปริมาณน้ำ ปริมาณ lactose และ pH สูงกว่า (Caric and Kalab, 1987)

2.4.4.4 การแยกชั้นของน้ำ (water separation)

การแยกชั้นของน้ำจะพบเป็นหยดเล็ก ๆ ด้านข้างหรือเปียกชื้นทั่วผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลง colloidal ในโครงสร้างของโพรเซสชีส หรือเกิด creaming มากเกินไป (overcreaming) และเกิดจากโพรเซสชีสมี pH ต่ำเกินไป รวมทั้งสภาวะการเก็บที่ไม่เหมาะสม วิธีแก้ไขคือ หลีกเลี่ยงปัจจัยที่มีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิด creaming มากเกินไป และรักษาอุณหภูมิในการผลิตให้มากกว่า 85 ^{o}C (Caric and Kalab, 1987)

2.4.4.5 การแยกชั้นของไขมัน (fat separation)

การแยกชั้นไขมันในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส เกิดจากการใช้เนยแข็งที่มีอายุการบ่มนานเป็นวัตถุดิบ, การใช้ emulsifying salt น้อยเกินไป, ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำเกินไป และใช้เวลาในการผลิตนานหรือเร็วเกินไป (Gouda, 1993)

2.4.4.6 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรส

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสมีหลายแบบขึ้นอยู่กับสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังนี้ (Caric and Kalab, 1987)

- rancid taste : กลิ่นหืนเกิดจากการนำเนยแข็งที่มีกลิ่นหืน หรือเนยแข็งที่บ่มด้วยเชื้อรา มาใช้ในการผลิต

- sharp flavor : กลิ่นเนยแข็งที่รุนแรงเกิดจากการใช้เนยแข็งที่มีอายุบ่มนานเป็นส่วนผสมมากเกินไป

- sour. slightly bitter : เกิดจากการนำ sour raw cheese มาใช้ในการผลิต

- salty taste : เกิดจากการนำ salty raw cheese มาใช้ในการผลิต หรือการใช้ emulsifying salt มากเกินไป

- chemical flavor : เกิดจากการนำเนยแข็งที่มีกลิ่นผิดปกติ สารกันเสีย และ emulsifying salt ที่ไม่บริสุทธิ์ มาใช้ในการผลิต หรือเกิดจากไอน้ำที่ใช้ในการผลิตไม่สะอาด

- putrid : กลิ่นเหม็นเน่าเกิดจากนำเนยแข็งที่มีอายุบ่มนาน และมีกลิ่นเน่ามาใช้ในการผลิต หรือมีการปนเปื้อนของ Clostridia ในผลิตภัณฑ์

2.4.4.7 <u>การเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัส</u>

การเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสของโพรเซสชีส เป็นการเปลี่ยนแปลงด้าน body และ consistency ของผลิตภัณฑ์ (Caric and Kalab, 1987) ได้แก่

- too soft : ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเกินไป เกิดจากมีปริมาณความชื้นสูงในผลิตภัณฑ์ การใช้ emulsifying salt ไม่เหมาะสมหรือน้อยเกินไป ผลิตภัณฑ์มี pH สูง การใช้เนยแข็งที่มีอายุบ่มนานเป็นส่วนผสมมากเกินไป และใช้เวลาในการผลิตนาน

- inhomogeneous (grainy) : ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นเนื้อเดียวกันและมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบ เกิดจากการใช้ emulsifying salt มากหรือน้อยเกินไป ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำ รวมทั้งใช้เวลาในการผลิตน้อย หรืออุณหภูมิในการผลิตต่ำ

- sticky (adhering to lid foil) : ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียวหนืดเกาะติดกับฝาฟอยล์ เกิดจากการมีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มากเกินไป หรือมีการเติมน้ำลงไปอีก ผลิตภัณฑ์มี pH สูง หรือการทิ้ง processed mass ไว้ใน cooker นานเกินไปโดยไม่มีการกวน

- gum-like : เป็นลักษณะเนื้อสัมผัสของ cheese spread ที่คล้ายยางเหนียว เกิดจากการใช้เนยแข็งสดมากเกินไปและไม่มี rework cheese เป็นส่วนผสม การใช้ emulsifying salt ไม่เหมาะสม ใช้เวลาในการผลิตน้อย และมีการกวนส่วนผสมซ้ำเกินไป