บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ครีมคอทเทจชีสจัดเป็น uncured soft cheese หรือ unripened soft cheese ซึ่งนิยมบริโภคมากในสหรัฐอเมริกาและสหราชอาณาจักร (3,4) เป็นผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่มีการผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย จัดเป็นผลิตภัณฑ์นมเพาะเชื้อประเภทหนึ่งมีสมบัติดังนี้

2.1 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (3,5)

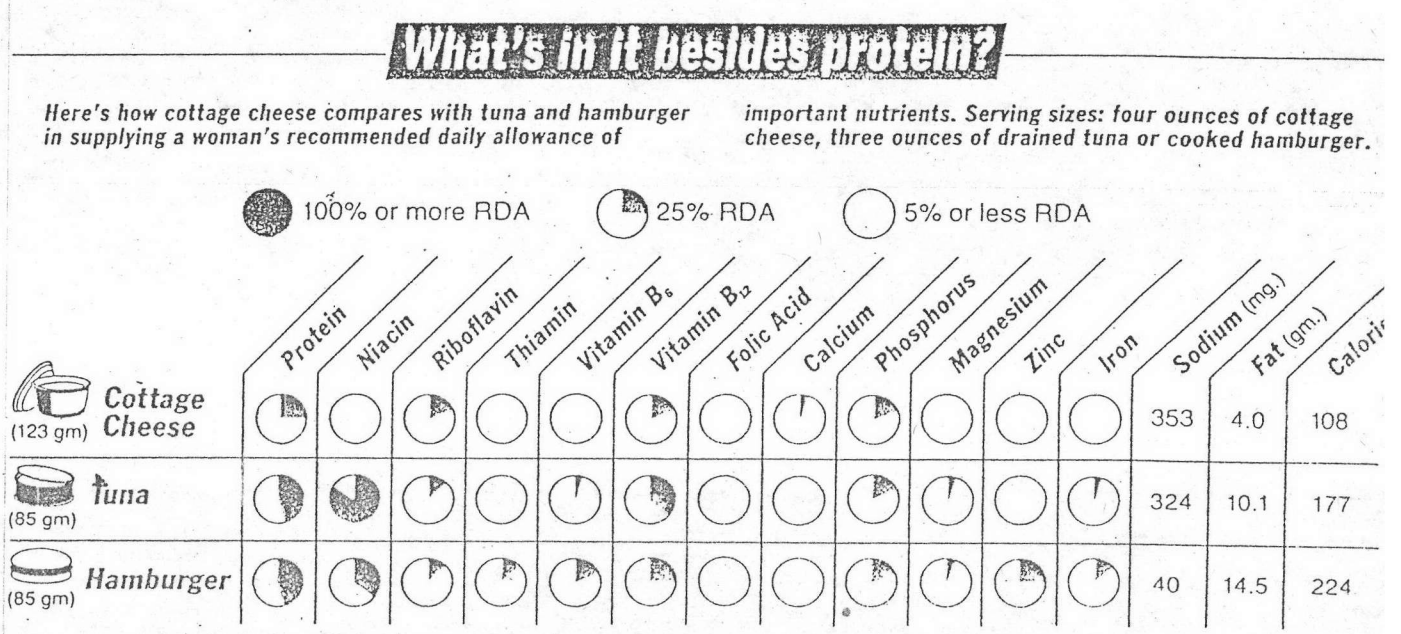
ครีมคอทเทจชีสเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ลิ่มโปรตีนนม (curd) ขนาด 1/4-1/2 นิ้ว ซึ่งได้จากการตกตะกอนโปรตีนในน้ำนมพร่องมันเนย (skim milk) โดยใช้กรดเป็น direct acidification หรือเชื้อเริ่มต้น (culture method) หรือใช้เอ็นไซม์เรนเนท (rennet assisted method) ผสมกับครีมซึ่งอาจผ่านกระบวนการเพาะเชื้อ (cultured cream) หรือไม่ก็ได้ ที่มีปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 12-18% มีความชื้นของ cottage cheese curd ไม่เกิน 80%

2.2 คุณค่าโภชนาการของครีมคอทเทจชีส

ครีมคอทเทจชีสเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูงและให้พลังงานต่ำเหมาะกับผู้ที่ไม่นิยมความอ้วน (slimming) คุณค่าทางโภชนาการของครีมคอทเทสชีสเมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารโปรตีนบางประเภทแสดงในตารางที่ 1 (4) และรูปที่1 (3) โดยปกติครีมคอทเทสชีสจะประกอบด้วยความชื้น 75-80%, โปรตีน 13-19%, ไขมัน 4-5%, เกลือแร่ 0.5-1.2%, (โดยเฉพาะแคลเซียมและฟอสเฟอรัส) น้ำตาลแลคโตส 0.2-0.8%, กรดแลคติก 0.25-0.55%, พลังงานประมาณ 105-110 แคลอรี่ต่อ 100 กรัม (6) จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับผู้บริโภคทั่วไปไม่ว่าจะเป็นคนหนุ่มสาวหรือผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเนยแข็งและอาหารบางประเภทต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม

Food	Protein N x 6.26 (g.)	Fat (g.)	Calcium (mg.)	Iron (mg.)	Thiamin (mg.)	Retinol (mg.)	Ribo-flavin (mg.)	Ascorbic acid (mg.)	Nicotinic acid (mg.)	Energy (kcal.)
Cottage cheese	13.6	4.0	60	0.10	0.07	32	0.30	0.00	0.30	96
Yoghurt	5.0	1.0	180	0.09	0.09	8	0.26	0.04	0.15	180
Chicken	20.5	4.3	10	0.70	0.10	0	0.16	0.00	6.00	121
Pork	13.6	31.5	8	0.90	0.58	0	0.19	0.00	5.00	338
Beer	15.8	24.3	7	1.90	0.07	0	0.20	0.00	5.00	283
Egg	12.3	10.9	52	2.00	0.09	140	0.47	0.00	0.07	147
Potato	2.1	0.0	8	0.50	0.11	12	0.04	15.00	1.20	87
Orange juice	0.8	0.0	41	0.30	0.10	0	0.03	50.00	0.20	35



รูปที่ 1 What's in it besides protein ?

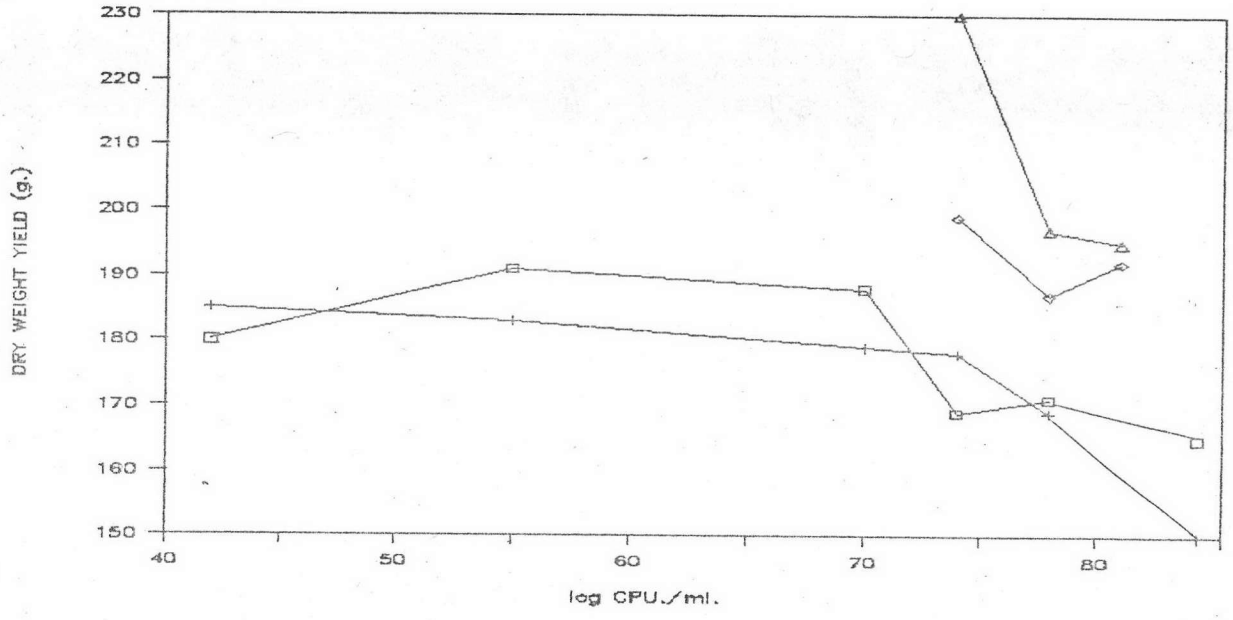
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 เทคโนโลยีของการผลิต มีปัจจัยเกี่ยวข้องอยู่หลายประการ (4,5,7) ได้แก่

2.3.1 วัตถุดิบ

2.3.1.1 น้ำนม

การผลิตครีมคอทเทจชีสจะใช้น้ำนมพร่องมันเนย (skim milk) หรือน้ำนมซึ่งผ่านการแยกมันเนยออก ปราศจากสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antibiotic) ที่นิยมใช้มากก็คือ skim milk powder ประเภทผ่านความร้อนต่ำ (low heat type) นำมาละลายน้ำให้ได้ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด (total solid) 9-12% (8) หากใช้น้ำนมหรือ skim milk ธรรมชาติต้องมีการเติม หรือปรับระดับธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (solid not fat) ให้ได้ 9-12% โดยใช้ธาตุน้ำนมที่ปราศจากมันเนยแห้งประเภทผ่านความร้อนต่ำ (non fat dry milk -low heat type) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยต้องมี whey protein nitrogen (WPN) เหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 6 มก./ กรัม หรือ protein index ไม่น้อยกว่า 6 (9) ซึ่งจะมีผลต่อ curd tension ที่ได้ การใช้น้ำนมธรรมชาติที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 74 °C เป็นเวลา 10 วินาทีแล้วทำให้เย็นลงที่ 3 °C เก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาผลิตคอทเทจชีสจะมีผลให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (10) การใช้ความร้อนเช่นนี้เพื่อทำลายจุลินทรีย์พวก psychrotrophic ในน้ำนมธรรมชาติเป็นการปรับปรุงคุณภาพของน้ำนมก่อนนำมาใช้ ลด proteolytic activity ของ psychrotrophs ที่จะมีผลต่อ casein proteolytic activity ของ psychrotrophs จะทำให้เกิด non casein nitrogen เพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตของคอทเทจชีสลดลง Aylward และคณะ (11) พบว่าหากเก็บน้ำนมธรรมชาติไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C โดยปราศจากการให้ความร้อน เพื่อทำลาย proteolytic activity ของ psychrotrophs และปริมาณจุลินทรีย์ในนมเริ่มต้นก่อน จะทำให้ผลผลิตของครีมคอทเทจชีส ลดลง 2.5-3.0% ต่อวัน ทั้งยังมีผลต่อกลิ่นรสของครีมคอทเทจชีสที่ได้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2 White และ Ryan (12) พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดใน skim milk และเวลาที่เก็บน้ำนม ณ อุณหภูมิต่ำ 6°C จะมีผลต่อผลผลิตของครีมคอทเทจชีสที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่า เวลาที่เก็บน้ำนม ณ อุณหภูมิต่ำนี้จะมีผลต่อ setting time หากเก็บไว้นาน setting time จะยาวนานขึ้น



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของครีมคอทเทจชีสกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมเริ่มต้น

□ UK long-set + UK short set

◇ Mingled long-set △ Mingled short set

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมดใน skim milk และเวลาที่เก็บน้ำนมไว้ ณ อุณหภูมิ 6 °C ที่มีต่อผลผลิตของครีมคอทเทจชีส

Solid level(%)	Holding time(h)	Mean moisture(%)	Yield(%)	Pct Yield(%)	Adjusted Yield(%)
10.5	12	80.90	533.1 D	17.2	17.0 C
12.0	0	79.62	597.8 C	19.2	19.3 C
15.0	12	79.39	720.9 C	23.2	23.6 B
15.0	0	79.33	733.3 B	23.6	23.8 B
15.0	24	78.69	736.8 B	23.7	23.7 B
15.0	36	78.39	755.1 B	24.3	24.8 B
20.0	36	77.03	933.7 A	30.0	31.2 A

2.3.1.2 เชื้อเริ่มต้น (starter)

เชื้อที่ใช้เป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria) พวก mesophilic lactic streptococci ดังแสดงในตารางที่ 3 (13) และไม่ควรเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซ เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้ curd ลอยตัวในระหว่างที่ต้ม มักใช้จุลินทรีย์ผสมได้แก่ Streptococcus lactis และ Streptococcus cremoris สำหรับจุลินทรีย์ที่ให้กลิ่น, รส ได้แก่ Streptococcus diacetylactis ปกติจะไม่ใช้ตามลำพัง เพราะ Streptococcus diacetylactis จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (14)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของจุลินทรีย์จำพวก lactic streptococci

Characteristic	S.lactis	S.lactis subsp. diacetylactis	S.cremoris	S.thermophilus	L.cremoris
Growth at 40 C	+	+	-	+	-
Growth at 50 C	-	-	-	+	-
NH3 from arginine	+	+	-	-	-
Acid from maltose	+	+	-	-	-
CO2 and diacetyl from citrate	-	+	-	-	+
%NaCl inhibiting growth	4.0-6.5	4.0-6.5	2.0-4.0	<2.0	<2.0
Group N antigen	+	+	+	-	-
Suger fermentation	homo	homo	homo	homo	hetero
Type of lactic acid	L	L	L	L	D
Function in cultures	Acid	Acid and flavor from diacetyl	Acid	Acid	Acid

คุณสมบัติของ starter ที่ดีควรเป็นดังนี้

1. อัตราการผลิตกรดแลกติกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ไม่ผลิตก๊าซ อัตราการผลิตกรดควรมากกว่า 10% ของน้ำหนักตัวต่อนาที ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดของ starter ดังแสดงในตารางที่ 4 (15)

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดของ starter

Instrinsic properties of starter 1 physiological condition 2 phenotypic and genotypic changes during culturing
Extrinsic factor 1 Manufacturing condition 2 Milk composition . mastitis . colostrum . miniral deficiencies 3 Milk inhibitors . antibiotics . antibodies . dissolved oxygen . disturbing phage . free fatty acid . inhibitory bacteria . lactoperoxidase system . sanitizers

2. อายุของ starter ควรเป็นเชื้อเริ่มต้นใหม่อายุไม่มากเพื่อป้องกันปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (mutation) ของ starter และปัญหาการปนเปื้อนของ bacteriophage ปกติหลังจากการเพาะเลี้ยงครั้งแรก ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ถ้า starter แข็งแรงพอก็จะนำมาใช้ในครั้งที่ 4 แต่ไม่ควรเกินครั้งที่ 10 หรือพิจารณา

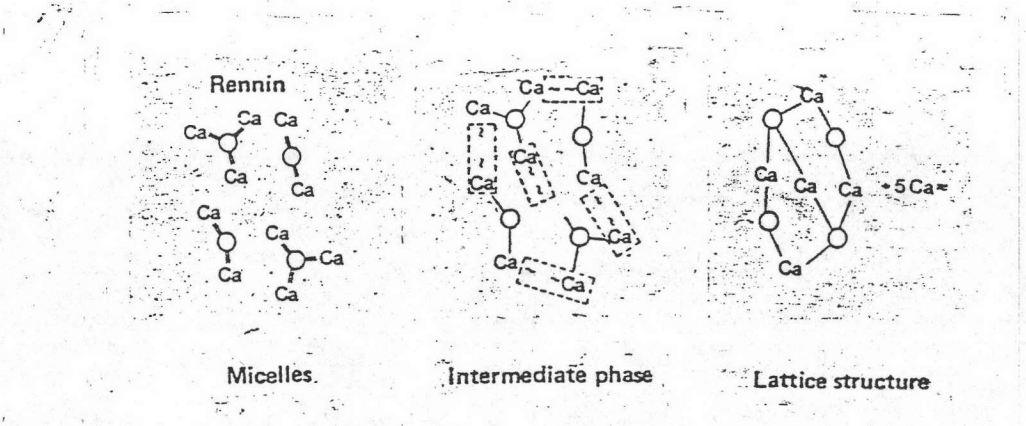
จาก activity ของ starter อัตราการเจริญและการผลิตกรด (14)

3. มีความต้านทานต่อสารปนเปื้อนและ bacteriophage สูง

2.3.1.3 เอ็นไซม์ (Enzyme)

เป็นตัวตกตะกอน (coagulator) โปรตีนนม (casein) เป็น proteolytic enzyme ที่นิยมใช้มากคือ rennet หรือ rennin สกัดได้จากกระเพาะลูกวัวอ่อน (calf gastric enzyme) เป็นพวก chymosin นอกจากนี้ยังสามารถสกัดได้จากพืชและสัตว์อื่น รวมทั้งจุลินทรีย์ด้วยรวมเรียกว่า milk cloting enzyme หากใช้ enzyme ที่สกัดได้นอกเหนือจาก calf gastric enzyme มักเป็นสาเหตุของรสขมและรสเปรี้ยว (acid and bitter flavor) ใน cheese ได้ เนื่องจาก free sulflydryl group ที่เกิดจากการย่อยของ enzyme ที่มี คุณสมบัติการย่อยเฉพาะตำแหน่ง (16)

chymosin จะย่อยสลายโมเลกุลของ polypeptide ของ K-casein ที่พันธะระหว่างตำแหน่งของ Phenylalanine ที่ 105 กับ Methionine ที่ 106 โดยที่ K-casein จะแตกตัวให้ para-K-casein และ caseinomacropeptide เมื่อมีอนุมูลของแคลเซี่ยมอยู่จะคอยจับตัวตกตะกอนเป็นลิ่มโปรตีน (curd) ดังแสดงในรูปที่ 3 (16) ปกติโปรตีนนมจะตกตะกอนที่ pH 4.6-4.7 (Isoelectric point ของ casein) จะได้ curd ที่แตกง่ายไม่ยืดหยุ่น แต่ถ้าใช้ enzyme ช่วยในการตกตะกอนพบว่า curd ที่ได้จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีการยืดหยุ่นบ้างโปรตีนจะตกตะกอนที่ pH 5.3 สูงกว่า pI ของ casein การใช้ enzyme มากเกินไปจะทำให้ whey แยกออกจาก curd ได้ (18)



รูปที่ 3 กระบวนการตกตะกอนโปรตีนนมโดยเอ็นไซม์

การตกตะกอนของ para-K-casein

para-K-casein มีคุณสมบัติเป็น protective colloid น้อยกว่า K-casein โดยเฉพาะเมื่อมีอนุมูลแคลเซี่ยม enzyme จะไม่ทำลาย micelles แต่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเท่านั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนโปรตีนโดย enzyme (17)

1. สัดส่วนของ K-casein ที่แตกตัว ถ้ามี K-casein มากจะเกิด clotting ช้า

2. อุณหภูมิ

3. pH

4. อนุมูลแคลเซี่ยม

5. ปริมาณ calcium phosphate ในน้ำนมมีปริมาณน้อยยิ่งทำให้มีอนุมูลแคลเซี่ยมมาก

6. ความเข้มข้นของ casein เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบ second order อัตราการเกิดปฏิกริยาขึ้นกับ substrate และความเข้มข้นของ enzyme

การเกิด gel และ syneresis ของ gel

gel หรือที่เรียกว่าลิ่มโปรตีน (curd) เป็น net work ที่ยึดเหนี่ยวกันดังแสดงในรูปที่ 3 ภายในมีเม็ดไขมัน (fat globule) ขนาดเล็กหรือ serum protein พวก whey protein บรรจุอยู่ ถ้าของเหลวหรือ whey ถูกขับออกมาเรียกว่าเกิด syneresis เกิดจากการรัดตัวของ gel ดังนั้นต้องระมัดระวังอย่างมากในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะขั้นตอนในการตัด curd ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด syneresis มีหลายประการได้แก่ (18)

1. อุณหภูมิ ในช่วง 30 นาทีแรกของการตัด curd อุณหภูมิมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับอัตราการเกิด syneresis แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิมีผลน้อยมาก

2. การกวน ทำให้อัตราการเกิด syneresis เพิ่มขึ้นมี whey ออกมาก

3. อัตราการให้ความร้อนมีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 °C พบว่า syneresis เกิดขึ้นง่าย

4. ขนาดของอนุภาค curd อัตราการเกิด syneresis ในตอนเริ่มต้นจะแปรผันโดยตรงกับ specific area ของอนุภาค curd

5. การเพิ่ม calcium phosphate ใน micelles มีผลให้ syneresis ลดลงเพราะ curd tension สูงขึ้น

6. pH ที่ pH ต่ำ calcium phosphate สามารถละลายได้และ conformation ของ casein จะซับซ้อนขึ้นมีผลให้ syneresis เกิดขึ้นง่าย

7. การเติมอนุมูลแคลเซี่ยมในปริมาณเล็กน้อยจะทำให้เกิด syneresis เพิ่มขึ้น แต่ถ้าเติมในปริมาณมากจะไปเพิ่ม calcium phosphate ใน micelles

ปัจจัยที่ผลต่อ curd firmness (18)

1. pH เมื่อ pH ลดลง curd firmness จะเพิ่มขึ้นจนถึง pH 5.8 แต่หลังจากนั้น curd firmness จะลดลง

2. พันธุ์และลักษณะจำเพาะของวัว องค์ประกอบของน้ำนม ถ้าเจือจางน้ำนมด้วย whey ทำให้ curd firmness ลดลงมากกว่าเจือจางด้วยน้ำ

3. clotting temperature ถ้าอุณหภูมิเพิ่มจะทำให้ curd firmness เพิ่มขึ้นด้วยจนถึงอุณหภูมิ 41-42 °C และ rennet curd ที่อุณหภูมิ 40 °C จะมีความยืดหยุ่นมากกว่า curd ที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีดตัด curd ไม่สามารถตัดเนื้อ curd ให้เรียบ

4. free fatty acid การปรับมาตรฐานน้ำนมให้มีไขมันเพิ่มขึ้นทำให้ curd firmness ลดลง เพราะการเพิ่มไขมันในน้ำนมเท่ากับลด casein ทางอ้อม

5. อนุมูลแคลเซี่ยม พบว่า calcium chloride ในน้ำนมจะช่วยเพิ่ม curd firmness

ผลการให้ความร้อนแก่น้ำนม ถ้าอุณหภูมิมากกว่า pasteurization ทำให้ whey protein denature มีผลให้ curd ที่ได้อ่อนตัว ทำให้เกิด syneresis ได้ง่าย (17,18) น้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อน ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานก่อนใส่ rennet และมี calcium chloride จะสามารถลด rennet clotting time ได้ เมื่อให้ความร้อน B-globulin จะสูญเสียธรรมชาติและทำปฏิกิริยากับ K-casein ทำให้ sensitivity ในการย่อยของ chymosin ที่พันธะ Phe-Met ลดลง ความร้อนยังทำให้ CO_2 ถูกกำจัดออกจากน้ำนมทำให้ pH ต่ำลง ทำให้ calcium phosphate อยู่ในสภาพ Insoluble ดังสมการ

$$H_2PO^{4-} \longrightarrow H^+ + HPO_4^{2-}$$

$$3Ca^{2+} + 2HPO_4^{2-} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 2H^+$$

ในการปรุงแต่ง cottage cheese curd ช่วยเพิ่มความรู้สึกลื่นปากเมื่อรับประทาน (slimy mouthfeel) อาจใช้ร่วมกับ whey protein concentrate เป็นการเพิ่มผลผลิตให้กับครีมคอทเทจชีสด้วย (20)

2.3.1.4.2 เกลือแคลเซียม

ที่นิยมใช้มากได้แก่ calcium chloride จะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของ cottage cheese curd ให้มีเนื้อแน่น (firmness) ขึ้น และเป็นการเพิ่มผลผลิตให้กับครีมคอทเทจชีสที่ได้และลด rennet clotting time (RCT.) (17)

ปริมาณเกลือแคลเซียม (%)	RCT. ลดลง (นาที)
0.1	12
0.4	21

ปริมาณ calcium chloride ที่ใช้ 0.005 -0.02% หากใช้มากจะทำให้ curd ที่ได้มีรสขม และแข็งมากเกินไปเป็นอุปสรรคต่อการดูดซับครีม

2.3.1.4.3 เกลือ (sodium chloride)

เป็นเครื่องชูรสให้กับครีมคอทเทจชีส นอกจากนี้ยังช่วยรักษา water activity (21) ใน cottage cheese curd ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย ปริมาณเกลือที่ใช้ 0.75-1.0% ซึ่งเพียงพอที่จะหยุดการเจริญของ lactic acid bacteria

2.3.1.4.4 สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียของครีมคอทเทจชีสมักเกิดจากจุลินทรีย์ที่ทนกรดสูงหรือสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำได้แก่ จุลินทรีย์จำพวกรา, psychrotrophs สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซอร์บิก ผลการยับยั้งขึ้นกับการแตกตัวของซอร์เบท ดังนั้นประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกจึงขึ้นกับ pH ของสภาวะแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะให้ผลในการยับยั้งที่ pH 5-6 เพื่อให้การแตกตัวของซอร์เบทได้ดี จึงนิยมใช้ potassium sorbate สารยับยั้งเนื่องจากมีความสามารถในการละลายสูง นอกจากนี้น้ำตาลและเกลือแกงจะช่วยส่งเสริมการทำลายจุลินทรีย์ของ potassium sorbate อีกด้วย (22)

ข้อดีของการใช้ potassium sorbate เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

1. ระดับความเป็นพิษต่ำสามารถถูกย่อยสลาย

ได้โดยจุลินทรีย์คล้ายกับกรดไขมันทั่วไป (23)

2. ระดับความเป็นพิษน้อยกว่าเบนโซเอท และสามารถย่อยสลายได้ที่ตับและขจัดออกจากร่างกายได้ LD_{50} ของซอร์เบท 10 กรัม/กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย ในขณะที่ LD_{50} ของเกลือแกง 5 กรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย (22)

3. มีความสามารถในการละลายได้ดี ในน้ำมันทั้งนี้ขึ้นกับ pH ของผลิตภัณฑ์

4. ไม่มีผลต่อสีและเนื้อสัมผัส (24)

ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ขึ้นกับกฎหมายอาหารแต่ละประเทศเช่น สหรัฐอเมริกาให้ใช้ได้ไม่เกิน 1000 ppm. แต่ในออสเตรเลียอนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 3000 ppm. (25) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เป็นต้น Collin และ Moustafa (26) พบว่าโปตัสเซียมซอร์เบท 500-1000 ppm. สามารถยืดอายุการเก็บครีมคอทเทจชีสที่ 7 °C ได้นานกว่า 2 สัปดาห์ โดยไม่มีปัญหาการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าใช้มากกว่า 1000 ppm. จะมีรสขมเกิดขึ้นกับครีมคอทเทจชีสได้ แต่ Lawrence และ Perry ได้อธิบายการใช้ซอร์เบทกับครีมคอทเทจชีสใน US.Patent 3,022,176 และ US.Patent 2,974,046 โดยใช้ปริมาณ 250-1500 ppm. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 7 °C เป็นเวลามากกว่า 23 วัน (27) โดยคลุกเคล้ากับครีมหรือครีมที่ผ่านการเพาะเชื้อก่อนคลุกเคล้ากับ curd สำหรับรสขมที่เกิดจากการใช้นั้น เนื่องจาก metabolite ของ potassium sorbate ซึ่งทำให้เกิด kerosene (1,3 pentadiene) ซึ่งมีรสขม (25) ปริมาณ potassium sorbate ที่ใช้คำนวนจากน้ำหนักทั้งหมดครีมคอทเทจชีส เวลาใช้ให้ใช้ potassim sorbate ที่คำนวนได้ใส่ในครีมแล้วจึงคลุกเคล้ากับ curd ให้ทั่ว

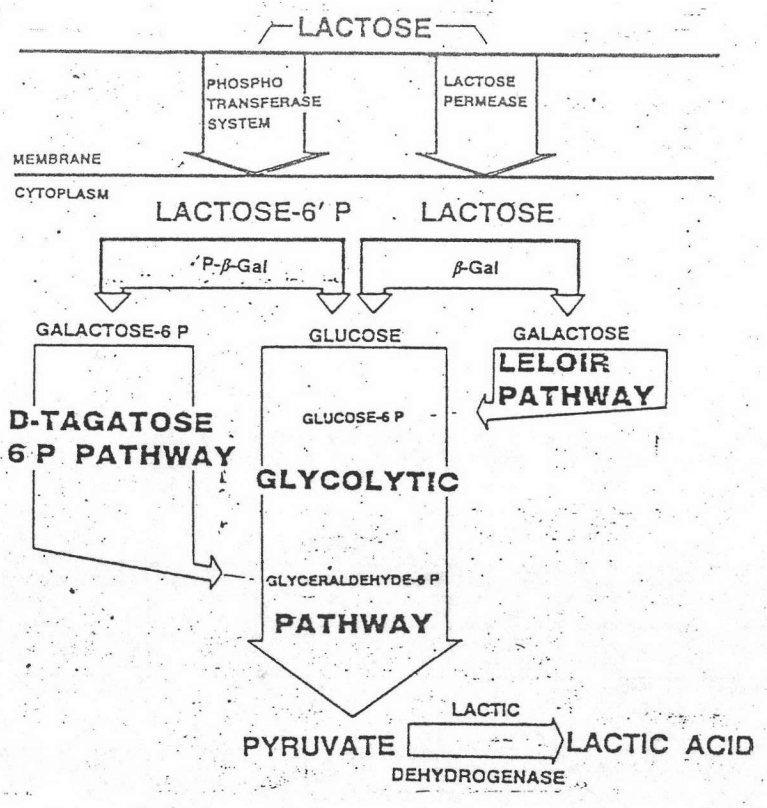
2.3.2 กระบวนการผลิตครีมคอทเทจชีส

2.3.2.1 Direct Acid Set Method (DAS)

โดยใช้กรดเป็นตัวตกตะกอนโปรตีนในน้ำนม ลดระยะเวลาในการผลิตและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ ลดปัญหาที่สืบเนื่องจากการปนเปื้อนของ antibiotic, bacteriophage และ starter ที่ใช้ (28,29) แต่มีข้อบกพร่องทางด้านกลิ่นรสบ้าง (30) กรดที่ใช้ต้องเป็นกรดที่ได้รับอนุญาตให้ใช้กับอาหารได้ เช่น lactic acid, hydrochloric acid, gluconic acid lactone หรือ D-glucono-delta-lactone เพื่อปรับ pH ในน้ำนมให้ถึงจุด Isoelectic ทำให้ casein ในนมตกตะกอนเป็นลิ่ม

2.3.2.2 Culture Method

โดยอาศัยการทำงานของ starter สำหรับผลิตกรดจาก lactose ในน้ำนมให้ได้ lactic acid ดังแสดงในรูปที่ 4 (15) และกรดนี้จะทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนเป็นลิ่ม



รูปที่ 4 กลไกการเกิดกรดแลคติกจากการหมักน้ำตาลแลคโตส

กรดแลคติกที่เกิดจากการหมักน้ำตาลแลคโตส โดยใช้ starter นี้ จะทำให้น้ำนมเกิดเป็นลิ่ม เนื่องจากการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมและฟอสเฟตจากสภาวะแขวนลอย ไปสู่สภาวะสารละลาย ซึ่งมีกลไกการเกิดดังนี้ (31)

1. การเคลื่อนย้ายของแคลเซียม จากแคลเซียมไฮโดรเจนเคซีเนต เพื่อไปรวมกับกรดแลคติกในรูปของแคลเซียมแลคเตท ดังสมการ

Calcium hydrogen caseinate + Lactic acid --> Acid casein + Calcium lactate

(colloidal) (ppt) (soluble)

2. ฟอสเฟตจะย้ายมาอยู่ในสภาวะสารละลายในรูปของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตและติดตามด้วยแคลเซียมแลคเตท ดังสมการ

$$Ca_3P_2O_8 + 4CH_3CHOHCOOH \text{ -----> } CaH_4P_2O_8 + 2(CH_3CHOHCOO)_2Ca$$

(colloidal) (soluble) (soluble)

จากนั้น อนุภาคเคซีนจะรวมกันเป็นโครงข่ายสามมิติ อุ้มส่วนที่เป็นสารละลายไว้ และเกิดเป็นระบบสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semisolid system)

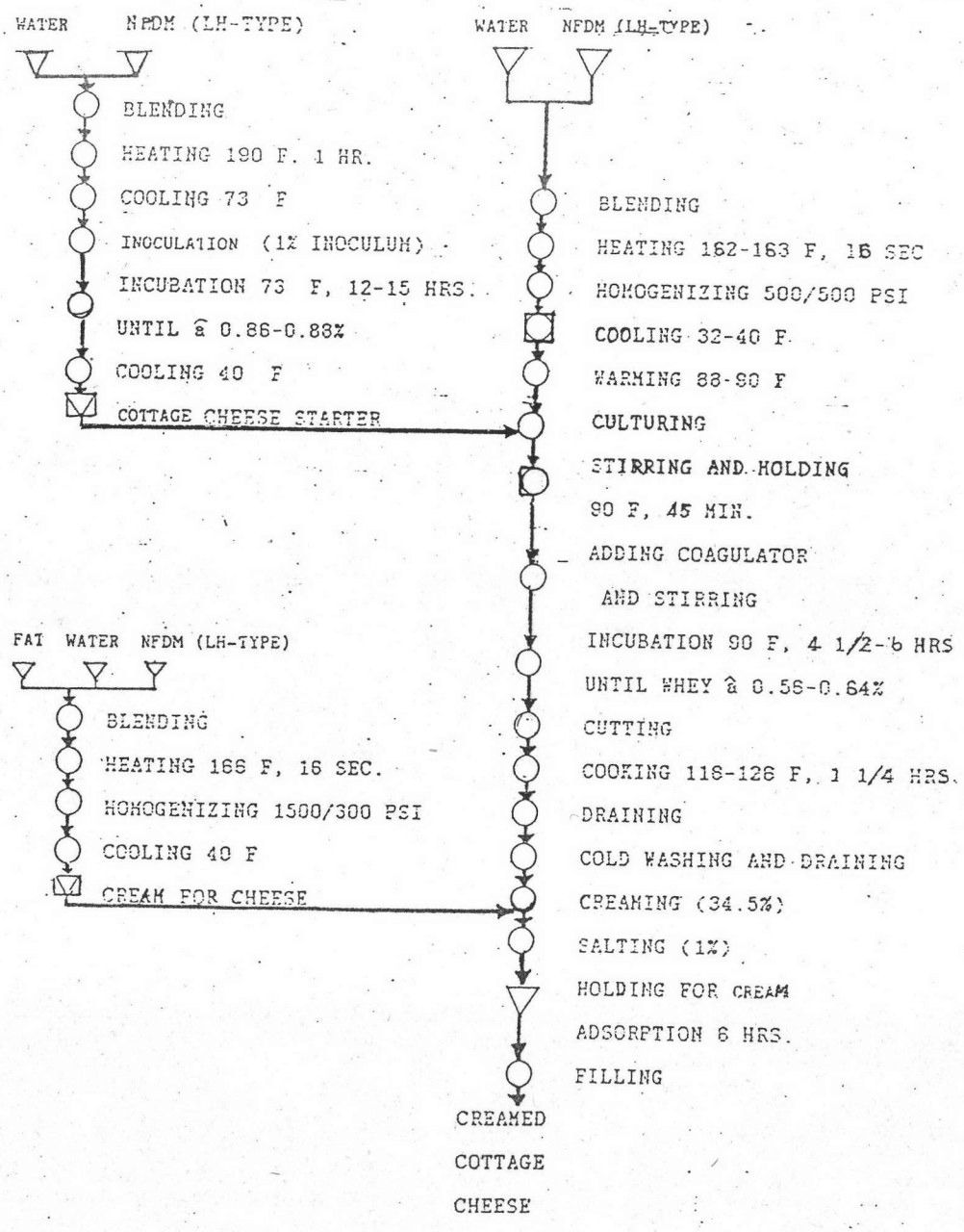
ปริมาณ starter ที่ใช้ขึ้นกับระยะเวลาในการตกตะกอนโปรตีน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 5 (15)

ตารางที่ 5 การแบ่งประเภทของครีมคอทเทจชีสตามระยะเวลาก่อตัวลิ่มนมและปริมาณ starter ที่ใช้

Set	Setting temperature(°C)	Active culture (%)	Time of set (h)
short	31-32	5-6	4.5-5
medium	26-28	2-3	7-9
long	21-23	1-2	12-15

starter ที่ใช้ได้แก่ Streptococcus lactis, S. cremoris, Leuconostoc citrovorum ซึ่งจะให้กลิ่นรส, โปรตีนจะตกตะกอนเกิดเป็นลิ่มที่ pH 4.6 (Ø.52-Ø.55% acidity) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ในการตัด curd และอาจใช้ enzyme rennet ช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า rennet assisted curd set method

กระบวนการผลิตแบบ rennet assisted curd short set from skim milk แสดงใน Flow process chart ต่อไปนี้



รูปที่ 5 FLOW PROCESS CHART : CREAMED COTTAGE CHEESE MAKING

2.4 ข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพและปัญหาการผลิต

การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของ creamed cottage cheese ขึ้นกับกรรมวิธีการผลิตและการเก็บรักษา หลังจากที่เก็บ creamed cottage cheese เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 7-10 °C จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ ปกติผลิตภัณฑ์จะคงคุณภาพด้านกลิ่นรสได้นานถึง 12 วัน หลังจากการผลิตและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7-10 °C แต่หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จะเก็บได้นานถึง 3 สัปดาห์ (5)

ข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพ ส่วนใหญ่ที่พบใน creamed cottage cheese 50% จะพบในเรื่องของความเป็นกรดมากเกินไปออกรสเปรี้ยว 57% จะพบในลักษณะของ curd ที่แตกละเอียด (shattered) และ 60% จะพบลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ mealy (32)

ข้อบกพร่องส่วนใหญ่เหล่านี้เกิดจาก

1. คุณภาพของวัตถุดิบ, skim milk
2. กรรมวิธีการแปรรูป cheese milk และความร้อนที่ใช้
3. กรรมวิธีการผลิต creamed cottage cheese
4. กรรมวิธีการบรรจุและเก็บรักษา
5. การลำเลียงและจัดจำหน่าย

หากพิจารณาขั้นตอนการผลิต และวิธีการจัดจำหน่ายอย่างละเอียดจะพบว่า คุณภาพและผลผลิตของ cottage cheese curd แปรผันตามกระบวนการผลิต และอายุการเก็บรักษา creamed cottage cheese จะขึ้นกับกระบวนการหลังจากที่ต้ม ได้แก่ การล้าง, การบรรจุหีบห่อ และการลำเลียง (6)

ข้อบกพร่องทั้ง 3 ประการคือ ด้านกลิ่นรส, รูปร่างและเนื้อสัมผัส เกิดจากขาดการควบคุมการผลิตที่ดีพอ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการผลิต (32) ได้แก่

1. activity ของ starter ที่ใช้
2. ปริมาณของ starter
3. ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้บ่ม
4. ปริมาณธาตุน้ำนมไปรวมมันเนยใน skim milk ที่ใช้
5. % acidity และวิธีวิเคราะห์
6. กรรมวิธีการต้ม curd
7. การล้าง curd และทำให้เย็นลง

การควบคุมตัวแปรเหล่านี้ ปัจจัยสำคัญคือ ผู้ควบคุมผลิตจะต้องคอยตรวจสอบ acidity และอัตราการเกิดกรด ระดับของความเป็นกรดที่ใช้ในการตัด curd (cutting acidity) หรืออาจพิจารณาจากกฎของ Thumb (32) กล่าวคือ เมื่อของแข็งทั้งหมดใน skim milk เปลี่ยนไป 1% cutting acidity จะเปลี่ยนไป ๐.๐5% เช่นปริมาณของแข็งทั้งหมดใน skim milk 8.5% cutting acidity จะอยู่ที่ ๐.49 % แต่ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดใน skim milk เพิ่มเป็น 9.5% cutting acidity จะเปลี่ยนไปเป็น ๐.55% และ cutting acidity นี้จะเพิ่มขึ้น ๐.๐4-๐.๐6 % ในระหว่างตัด curd และเวลาที่รอให้อุณหภูมิขึ้นสูงถึง 45 °C ในขั้นตอนการต้ม เกิดจาก whey ที่เกิดขึ้นในระหว่างการตัด curd และยังมีน้ำตาลแลคโตสเหลืออยู่พอที่จะเป็นอาหารสำหรับ lactic acid bacteria ในการผลิต lactic acid ได้ และถ้า % acidity สูงมากจะทำให้ calcium และ casein ละลายออกจาก curd มีผลให้โครงสร้างและองค์ประกอบที่เกาะแขวนกันขาดจากกัน ทำให้เนื้อสัมผัสของ curd หยาบมีลักษณะ grainy และ mealy เป็นอุปสรรค์ในการดูดซับครีมของ curd ทำให้ดูดซับครีมได้ไม่สม่ำเสมอ

ตัวแปรที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การให้ความร้อนกับ skim milk หากให้ความร้อนสูง whey protein จะสูญเสียสภาพธรรมชาติและตกตะกอนมีผลให้ gel ที่ได้ลดความแข็งแรงลง มีลักษณะบอบบางและมีความชื้นหลงเหลืออยู่มาก (32) ดังนั้นวิธีปฏิบัติโดยทั่วไปสำหรับเตรียม cheese milk จาก skim milk คือ

1. พาสเจอร์ไรส์ที่ 72 °C เป็นเวลา 17 วินาที

2. ใช้ skim milk ประเภท low heat ซึ่งมี whey protein nitrogen ที่ไม่เสียสภาพธรรมชาติน้อยกว่า 6 มิลลิกรัม ต่อ กรัมของ skim milk

เมื่อพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 °C cutting acidity จะลดลง ๐.๐1 % ทุก ๆ 1.1 °C ที่เพิ่มจาก 72 °C

ลักษณะข้อบกพร่องที่พบใน creamed cottage cheese โดยทั่วไป (6,32)

1. mealy curd

สาเหตุ -ทำให้ curd เย็นเร็วเกินไป

-อนุภาคของ curd สัมผัสกับความร้อนมากเกินไป

2. matted curd

สาเหตุ -ตัด curd ที่ cutting acidity ต่ำไป

3. shattered curd

สาเหตุ - พาสเจอร์ไรส์นานเกินไป

- ตัด curd ที่ cutting acidity สูงมาก

4. rubbery curd

สาเหตุ - ต้ม curd ที่อุณหภูมิสูงมาก

5. weak pasty curd

สาเหตุ - ให้ความร้อนกับ skim milk สูงมาก

- ต้ม curd ที่อุณหภูมิสูงมาก

- % acidity ของ whey ก่อนต้มและในระหว่างต้มสูงมาก

6. acid หรือ unclean flavour

สาเหตุ - cutting acidity สูง

- ต้มเร็วเกินไป

- มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนาในระหว่างการผลิต

- ใช้วัตถุดิบ, skim milk หรือ starter ที่มีคุณภาพต่ำ

7. gelatinous curd

สาเหตุ - เกิดจาก bacteria ที่ทำให้เสื่อมเสีย

- น้ำล้าง curd ที่มีสภาวะเป็นด่าง (น้ำกระด้าง)

8. poor shelf life

สาเหตุ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไม่สะอาดพอ

- เก็บรักษา creamed cottage cheese ที่อุณหภูมิสูงกว่า 5 °C

9. bitterness

สาเหตุ - เกิดการปนเปื้อนของ psychrotrophic bacteria ได้แก่ P. putrefaciens

- ต้มเร็วเกินไป

10. gassiness

สาเหตุ - skim milk เกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนา

- ใช้ starter ที่ผลิตก๊าซ ได้แก่ S. diacetylactis

11. sediment

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาเหตุ - starter จับตัวเป็นก้อน

12. medicinal flavor

สาเหตุ - ใช้น้ำล้างที่มี chlorine และสารอินทรีย์สูง

การเสื่อมเสียของ creamed cottage cheese

Brocklehurst และ Lund (33) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ของ creamed cottage cheese จากแหล่งผลิตต่างๆ, ทั้งชนิดที่มี sorbate เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และชนิดที่ไม่มี sorbate พบว่าการเสื่อมเสียมักเกิดจากจุลินทรีย์จำพวก psychrotrophs ได้แก่ Pseudomonas fluorescens จะเจริญให้แผ่น film ปกคลุมผิวหน้าทั้งมีสีและไม่มีสี ยังมี yeast เจริญอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบ Enterobacter agglomerans, Serratia liquefaciens, Candida sake และ Cryptrococcus miniato-infirmans เมื่อเก็บไว้ที่ 7 °C lactic acid bacteria โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Streptococus cremoris จะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจาก 14 วัน

จุลินทรีย์เหล่านี้โดยเฉพาะ P. fluorescens ทำให้เกิด endotoxin จำพวก Lipopolysaccharide และยังทำให้เกิดกระบวนการ proteolysis ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอายุการเก็บรักษา creamed cottage cheese (34) การเพิ่มของ psychrotrophic bacteria จะทำให้เกิด off flavour จากความเข้มข้นของกรดที่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 6 (34)

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดบางชนิดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

Shelf life (days)	Some acid change (ppm.) during storage		
	formic	acetic	lactic
1-2	38-202	11-292	126-352
14	23-306	12-174	124-452

การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นอีกประการหนึ่งก็คือ การแยกของ whey ออกจาก curd ในระหว่างเก็บรักษา ที่เรียกว่า syneresis หลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 10-14 วัน ที่อุณหภูมิ 7 °C

2.5 ผลผลิตของ creamed cottage cheese

วัตถุดิบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิตมีผลต่อ creamed cottage cheese ที่ได้ วิธีกำหนดปริมาณของผลผลิตของ creamed cottage cheese

1. น้ำหนักของ curd ที่ได้ต่อน้ำหนักของปริมาณของแข็งทั้งหมดใน cheese milk
2. กำหนด adjusted yield เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบผลผลิตแต่ละครั้ง (12) โดย

$$\% \text{ adjusted yield} = \frac{\% \text{ yield} \times 100}{\% \text{ moisture}}$$

การเพิ่มปริมาณโปรตีนใน cheese milk จะทำให้ผลผลิตของ creamed cottage cheese เพิ่มขึ้นด้วย (18) การเติมสารปรุงแต่งจำพวก polyeletrolyte เช่น sodium hexameta phosphate สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับ creamed cottage cheese ได้เช่นกัน (35) ถ้าเก็บน้ำนมไว้นานก่อนนำมาแปรรูปเป็น cottage cheese จะให้ผลผลิตของ cottage cheesse ลดลง เนื่องจากการเจริญของ psychrotrophic bacteria เพิ่มขึ้น และจะยอ่ยสลาย casein ใน skim milk แต่ถ้ามีการทำลาย psychrotrophic bacteria ที่อุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 10 วินาที แล้วนำน้ำนมมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาแปรรูปเป็น cottage cheese จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (10)

Bender และ Tuckey ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของ cottage cheese กับ casein และปริมาณของแข็งทั้งหมดใน cheese milk ไว้ดังนี้ (36)

$$Y = 5.71\ C_L - 0.45$$

$$Y = 6.03\ C_F - 1.68$$

$$Y = 4.90\ S_m - 29.72$$

เมื่อ

Y เป็นผลผลิตของ cottage cheese กำหนดโดยน้ำหนักของ cheese ที่มีปริมาณความชื้น 80% ต่อน้ำหนักของ cheese milk 100 หน่วย

C_L เป็น % casein ที่หาโดยการตกตะกอนด้วย lactic acid

C_F เป็น % casein ที่หาโดย formal titration

S_m เป็น % ของแข็งทั้งหมดใน cheese milk