

บทที่ 7
นมและผลิตภัณฑ์นม
(Milk and Milk Products)

น้ำนมเป็นของเหลวที่กลั่นจากเต้านมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อใช้เลี้ยงลูกอ่อน สัตว์ที่สำคัญที่สุดที่ให้น้ำนมคือ โคนม โคนมเป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำนมได้ดีที่สุด เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงโคนมมากกว่าสัตว์ให้น้ำนมชนิดอื่น แต่ในบางแห่งของโลกมนุษย์รับประทานน้ำนมจากวางเรนเดีย กระบือและแพะ องค์ประกอบของนมสัตว์ชนิดต่าง ๆ และน้ำนมคน แสดงอยู่ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 องค์ประกอบของนมสัตว์ชนิดต่าง ๆ และน้ำนมคน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

สัตว์ให้นม	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า	ของแข็ง
โค	4.00	3.50	4.90	0.70	13.10
แพะ	4.09	3.71	4.20	0.78	12.80
คน	3.70	1.63	6.90	0.21	12.57
ม้า	1.59	2.69	6.14	0.51	10.96
ลา	1.50	2.10	6.40	0.30	10.30
สุกร	6.77	6.22	4.02	0.97	17.98
แกะ	6.18	5.15	4.17	0.93	16.43
กระบือแม่น้ำ	12.46	6.03	3.74	0.89	23.91
อูฐ	5.40	3.00	3.30	0.70	12.39
วางเรนเดีย	18.70	11.10	2.70	1.20	33.70
ปลาวาฬ	22.24	11.95	1.79	1.66	38.14

ตารางที่ 7.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของนมผงแห้งเลี้ยง

เวลายาทิ้งกลอด	รีดทันที	6 ชม.	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.	3 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน
- ความเป็นกรด, กรดแลคติก	0.41	-	-	0.24	-	0.22	0.23	0.21	0.19	0.20
- จุดเยือกแข็ง (°ซ)	0.605	-	-	0.575	-	0.580	0.575	0.555	0.575	0.570
- ความถ่วงจำเพาะ	1.0670	1.0437	1.0368	1.0343	1.0320	1.0319	1.0331	1.0335	1.0334	1.0320
- คอลอไรด์ (%)	0.1525	0.1631	0.1560	0.1560	0.1595	-	0.1365	0.1347	0.1312	0.1134
- เคซีน	5.18	3.51	3.00	2.76	2.77	2.63	2.70	2.68	2.68	2.42
- แอลบูมินและโกลบูลิน	11.34	6.31	2.96	1.48	1.03	0.99	0.97	0.82	0.87	-
- เถ้า	1.01	0.91	0.89	0.86	0.84	0.83	0.84	0.83	0.85	0.84
- มันเนย	5.11	6.85	3.80	3.40	3.55	2.80	3.10	2.80	3.75	3.45
- แลคโตส	2.19	2.71	3.71	3.98	3.97	3.97	4.37	4.72	4.76	4.96
- ของแข็งทั้งหมด	26.99	20.46	14.53	12.77	12.22	11.46	11.86	11.85	12.67	12.13
- ของแข็งไม่รวมไขมัน	21.89	13.61	10.70	9.37	8.67	8.66	8.70	9.05	8.92	8.68
- การต้ม	จับเป็นก้อน	จับเป็นก้อน	จับเป็นก้อน	จับเป็นก้อน	จับเป็นก้อน	จับเป็นก้อน	ไม่จับเป็นก้อน	ไม่จับเป็นก้อน	ไม่จับเป็นก้อน	ไม่จับเป็นก้อน

นมที่รีดจากเต้านมแม่โคภายหลังคลอดลูกไม่เกิน 7 วัน มักนิยมเรียกว่า “นมน้ำเหลือง” หรือ “โคลอสตรัม” (Colostrum) มีลักษณะข้น และมีสีค่อนข้างเหลือง มีรสเค็ม องค์ประกอบ และคุณสมบัติของนมน้ำเหลือง แสดงอยู่ในตารางที่ 7.2

นอกจากคุณสมบัติที่แสดงในตารางที่ 7.2 แล้ว นมน้ำเหลืองยังมีวิตามินเอ สูงกว่า นมธรรมดา เนื่องจากมีปริมาณกรดสูงกว่านมธรรมดา จึงมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ นอกจากนี้ ยังมีอิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) ซึ่งเป็นอิมมูโนโพรตีน (immune protein) สูงกว่านม ธรรมดา จึงเหมาะสำหรับเลี้ยงลูกโคเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันโรค

7.1 ส่วนประกอบของน้ำนม

น้ำนมเป็นอาหารธรรมชาติที่นับได้ว่าสมบูรณ์ที่สุด เพราะมันประกอบด้วยสารอาหารครบทุกชนิดเท่าที่ชีวิตเริ่มต้นต้องการ ซึ่งยังไม่มีอาหารอื่นใดจะมีสารอาหารครบถ้วน เท่ากับนม ดังนั้น นมจึงเป็นอาหารที่สำคัญและจำเป็นสำหรับเด็ก คนชรา และผู้ที่พักฟื้น ส่วนประกอบเฉลี่ยโดยคร่าว ๆ ของน้ำนมโค แสดงอยู่ในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ส่วนประกอบของน้ำนม

	ช่วง (100%)	เฉลี่ย (%)
น้ำ	82.0-90.0	87.3
ไขมัน	2.3-7.8	3.67
โปรตีนทั้งหมด	2.0-4.5	3.42
แลกโตส	3.5-6.0	4.78
เถ้า	0.6-0.9	0.73
ของแข็ง	10.0-18.0	12.69
ของแข็งไม่รวมไขมัน	7.5-10.6	9.77

ส่วนประกอบโดยคร่าว ๆ นี้ ใช้เพื่อการตีราคาในเวลาซื้อขายนม ในการตีราคา

จะถือไขมันและของแข็งทั้งหมด (total solid) ในน้ำนมเป็นสำคัญ ของแข็งทั้งหมดในน้ำนม ประกอบด้วยไขมัน โปรตีน แล็กโตสและแร่ธาตุ ส่วนของแข็งไม่รวมไขมัน (solid – not – fat) ประกอบด้วยโปรตีน แล็กโตสและแร่ธาตุ

ส่วนประกอบโดยละเอียดของนม มีดังนี้

1. น้ำ

2. น้ำตาล

ก. แล็กโตส (คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สุดในนม)

ข. กลูโคส

ค. กาแล็กโตส

3. โปรตีน โปรตีนที่มีมากที่สุดในนม ได้แก่ เคซีน (casein) (80%) ส่วนที่เหลือ (20%) คือ แล็กตัลบูมิน (lactalbumin) และแล็กโตโกลบูลิน (lactoglobulin) ซึ่งเป็นซีรัมโปรตีน (serum protein) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า นมประกอบด้วยโปรตีนหลายประเภท รวมทั้งกรดอะมิโนอิสระ เปปไทด์ และสารประกอบไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ ด้วย

4. ลิพิด

ก. ไขมัน

ข. ฟอสโฟลิพิด (phospholipids)

ค. สเตอรอล (sterols)

5. เอนไซม์

ก. Aldolase

ข. Amylase

ค. Catalase

ง. Esterase

จ. Galactase

ฉ. Lipase

ช. Lipase

ซ. Lactoperoxidase

ฌ. Phosphatase

ญ. Protease

ฎ. Ribonuclease

ฏ. Xanthine oxidase

ฐ. Lactoperoxidase

6. วิตามิน มีทั้งวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี เค อี และวิตามินที่ละลายในน้ำ เช่น วิตามินบีหนึ่ง บีสอง ไนอาซิน กรดแพนโทเทนิก ไพริดอกซิน ไบโอติน กรดโฟลิก บีสิบสอง กรดแอสกอร์บิก คอไลน์ (choline) อินอซิทอล (inositol) กรดโอโรติก (orotic acid)

7. รังควาญ (Pigments)

ก. แคโรทีน

ข. ไโรโบแฟลวิน

8. เถ้าและแร่ธาตุ

แร่ธาตุที่สำคัญในนม ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส กรดซิตริก โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟอร์ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่มีอยู่ในปริมาณน้อยมากวัดเป็นส่วนในล้าน (parts per million) อีกเป็นจำนวนมาก เช่น อะลูมิเนียม อาร์ซีนิก แบริียม โบรอน โบรมีน โครเมียม โคบอลต์ ทองแดง ไอโอดีน เหล็ก ตะกั่ว ลิเทียม แมงกานีส โมลิบดีนัม รูบิเดียม ซีรีเนียม ซิลิคอน เงิน สตรอนเชียม ดีบุก ไททาเนียม แวนาเดียม และสังกะสี

9. แก๊ส ได้แก่ CO_2 , N_2 และ O_2

7.2 ปัจจัยที่มีผลต่อส่วนประกอบของน้ำนม

มันเนยของนมเป็นส่วนที่มีความแปรผันมากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ของนม มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้เกิดความแปรผันนี้ คือ

1. ชนิดของสัตว์ (species) และพันธุ์ของสัตว์ (breed)

คนและสัตว์ชนิดต่าง ๆ จะให้นมที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 7.1 นอกจากนี้สัตว์ชนิดเดียวกันแต่พันธุ์ต่างกัน ก็ให้องค์ประกอบของน้ำนมที่ต่างกันด้วย เช่น โคพันธุ์ต่าง ๆ จะให้องค์ประกอบของน้ำนมที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 7.4 จะเห็นได้ว่าโคพันธุ์ Jersey และ Guernseys ให้น้ำนมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูง นอกจากนี้โปรตีนของน้ำนมในโค 2 พันธุ์นี้ ยังมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ เล็กน้อย แต่มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลโคพันธุ์ Holstein มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันและโปรตีนต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำสูง

ตารางที่ 7.4 ส่วนประกอบของน้ำนมโคจากโคพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า	ของแข็งทั้งหมด
Guernsey	85.38	5.05	3.90	4.96	0.74	14.65
Jersey	85.47	5.05	3.78	5.00	0.70	14.53
Ayshire	86.97	4.03	3.51	4.81	0.68	13.03
Brown Swiss	86.87	3.85	3.48	5.08	0.72	13.13
Holstein	87.72	3.41	3.32	4.87	0.68	12.28

2. ผลจากฤดูกาล (seasonal effects)

จากการศึกษาวิจัยในประเทศหนาวพบว่า ถ้ำลดอุณหภูมิจาก 72 จนถึง 27°ฟ ลงทุก ๆ 10 ฟ ปริมาณของไขมัน (butter fat) จะเพิ่มขึ้น 0.2% จากการวิจัยพบว่า เบอ์เชินต์ ไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยของน้ำนมโคจะมีค่าต่ำสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิถึงต้นฤดูร้อน และเบอ์เชินต์ของไขมันและโปรตีนจะมีค่าสูงสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วงถึงต้นฤดูหนาว (ตารางที่ 7.5) ส่วนในประเทศไทยพบว่า เบอ์เชินต์ไขมันของนม จะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว แต่จะมีค่าต่ำในฤดูร้อน เพราะฤดูร้อนนี้เป็นฤดูที่ขาดแคลนหญ้า (อาหารหยาบ)

ตารางที่ 7.5 อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อส่วนประกอบของนม

เดือน	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า	ของแข็งทั้งหมด
มกราคม	4.31	3.67	4.87	0.72	13.57
กุมภาพันธ์	4.22	3.62	4.89	0.72	13.45
มีนาคม	4.16	3.56	4.98	0.71	13.41
เมษายน	4.10	3.54	5.01	0.71	13.37
พฤษภาคม	4.10	3.53	5.04	0.71	13.37
มิถุนายน	3.96	3.45	5.02	0.70	13.13
กรกฎาคม	3.95	3.46	5.02	0.70	13.12
สิงหาคม	3.95	3.54	5.00	0.69	13.18
กันยายน	4.10	3.62	4.96	0.70	13.38
ตุลาคม	4.24	3.66	4.92	0.71	13.53
พฤศจิกายน	4.27	3.69	4.88	0.72	13.55
ธันวาคม	4.30	3.65	4.92	0.72	13.59

3. ความแปรผันเฉพาะตัว

แม้โคพันธุ์เดียวกันแต่เป็นโคคนละตัวก็ยังให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันเนยต่างกัน สาเหตุอาจมาจากลักษณะทางสรีรวิทยาและกรรมพันธุ์ของโคแต่ละตัว

4. อายุของโค (age)

ในปีแรก ๆ โคจะให้นมที่มีไขมันสูง จนกระทั่งถึงประมาณปีที่ 10 ของการให้นม หลังจากนั้นปริมาณไขมันจะลดลงร้อยละ 0.2 และจะลดลงเรื่อย ๆ เช่น วัวพันธุ์ Jersey ในระยะแรก ๆ จะให้นมที่มีไขมันเฉลี่ย 5.2% แต่หลังจาก 15 ปี ปริมาณของไขมันในนมจะเหลือเพียง 4.5% เท่านั้น ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันก็จะลดลงร้อยละ 0.5 หลังจากเวลา 10 ปีของการให้นม (Stage of lactation)

5. ช่วงเวลาของระยะการให้นม

จากตารางที่ 7.6 ถ้าแบ่งช่วงระยะการให้นม (lactation) ของโคออกเป็น 3 ช่วง

ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนที่หนึ่งถึงเดือนที่สามหลังคลอดลูก เเปอร์เซ็นต์ของไขมันเนยจะค่อนข้างต่ำ แต่พอเข้าช่วงที่สองคือ ตั้งแต่เดือนที่สี่จนถึงเดือนที่เก้าหรือสิบ เเปอร์เซ็นต์ของไขมันเนยจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ระยะอีก 3-4 สัปดาห์ก่อนสิ้นระยะให้นม เเปอร์เซ็นต์ของไขมันเนยจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 7.6 อิทธิพลของระยะการให้นมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ของไขมันนม

ระยะของการให้นม (เดือน)	Guernsey	Jersey	Holstein
	(3,763 รายงาน) ไขมันเนย (%)	(299 รายงาน) ไขมันเนย (%)	(95 รายงาน) ไขมันเนย (%)
1	4.63	4.98	3.24
2	4.59	4.82	3.01
3	4.71	4.88	2.99
4	4.85	5.10	3.02
5	4.97	5.13	3.01
6	5.08	5.26	3.08
7	5.16	5.40	3.11
8	5.22	5.43	3.16
9	5.29	5.50	3.19
10	5.39	5.58	3.27
11	5.49	5.60	3.32
12	5.60	5.73	3.49

6. อาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงโคมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมที่โคผลิตขึ้น กล่าวคือ ถ้าให้อาหารปริมาณน้อยเกินไป ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตจะลดลง และคุณภาพของนมจะเลวลงด้วย การให้อาหารมากเกินไป อาจจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประกอบของน้ำนม แต่จะทำให้โคอ้วนขึ้น

ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคก็มีผลกระทบต่อส่วนประกอบของน้ำนม อาหารโคที่ขาดโปรตีนหรือมีแคลอรีต่ำ จะทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตลดลง นอกจากนี้ อาหารที่ขาดวิตามินดี และแคโรทีนจะมีผลต่อปริมาณของวิตามินดี และแคโรทีนของนมด้วย แต่องค์ประกอบอื่น ๆ ในนมจะค่อนข้างคงที่

7. ช่วงระยะเวลาก่อนการรีดนมและช่วงเวลาของวันที่มีการรีดนม

ถ้าช่วงระยะเวลาก่อนรีดนมโคนาน นมที่รีดได้จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ เช่น นมที่รีดตอนบ่ายเวลา 15.00 น. จะมีไขมันสูงกว่าและน้ำน้อยกว่านมที่รีดตอนเช้า เวลา 06.00 น. เพราะระยะเวลาก่อนรีดนมในตอนบ่ายนานเพียง 9 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาก่อนรีดนมในตอนเช้า นานถึง 15 ชั่วโมง แต่ถ้าแบ่งช่วงเวลาก่อนการรีดนมให้เท่า ๆ กัน ผลต่างจะมีน้อยลง

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะแบ่งช่วงเวลาก่อนการรีดนมให้เท่า ๆ กัน นมที่รีดในตอนบ่าย ก็ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่านมที่รีดตอนเช้า (แต่ความแตกต่างมีไม่มากนัก) นักวิจัยสันนิษฐานว่า คงเป็นเพราะอิทธิพลของแสงที่ไปกระตุ้นการปลดปล่อยฮอร์โมนออกซิโทซิน (oxytocin) ซึ่งทำหน้าที่ปลดปล่อยนมในตอนสุดท้ายของการรีดนม (stripping milk) นมที่รีดจากเต้านมโคตอนครั้งแรกสุด (fore milk) จะมีไขมันน้อยกว่านมส่วนที่รีดในตอนสุดท้าย (stripping milk)

7.3 โปรตีนในนม

โปรตีนสำคัญที่พบในนม ได้แก่ เคซีน (casein) และเวย์โปรตีน (Whey proteins) หรือซีรัมโปรตีน (serum proteins) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ตัวคือ แอลฟา-แลกตัลบูมิน (α -lactalbumin) และเบต้า-แลกโตโกลบูลิน (β -lactoglobulin) ส่วนประกอบของโปรตีนในหางนม (นมที่กำจัดไขมันออกแล้ว) แสดงอยู่ในตารางที่ 7.7

;

ตารางที่ 7.7 ส่วนประกอบเฉลี่ยของโปรตีนในหางนมอ่อน

	กรัม/100 กรัมของนม	% โปรตีนทั้งหมด ¹
Colloidal casein	2.36	74
Serum casein	0.26	a
β - Lactoglobulin	0.29	9
α - Lactalbumin	0.13	4
Bovine serum albumin	0.03	1
Total immunoglobulins	0.06	2
Other proteins	0.06	a

¹All values normalized to 3.2 gm total protein/100 gm milk.

เคซีนเป็นโปรตีนที่พบในนมเท่านั้น และสามารถทำให้ตกตะกอนได้ โดยทำให้นมหรือหางนมเป็นกรดที่ pH 4.6 และอุณหภูมิ 20°C เคซีนไม่ใช่โปรตีนเดี่ยว แต่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ตัว คือ α_{s1} -casein, β -casein และ k-casein α_{s1} -casein มีปริมาณมากที่สุด คือประมาณ 50% ของ casein ทั้งหมด มีน้ำหนักโมเลกุล 23,600 และเป็นโซโพลีเปปไทด์โซเดี่ยว ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนเรซิดิว (amino acid residues) ถึง 199 เรซิดิว รวมทั้งฟอสเฟตเรซิดิว (phosphate residues) ซึ่งอยู่เป็นฟอสฟอโมโนเอสเทอร์ของเซรีน (phosphomonoester of serine)

โปรตีนที่พบในนมมากเป็นลำดับรองลงมาคือ β -casein ซึ่งมีอยู่ประมาณ 33% β -casein เป็นโซโพลีเปปไทด์โซเดี่ยวมีน้ำหนักโมเลกุล 24,500 และมี 5 ฟอสฟอเซรีนเรซิดิว (phosphoserine residues) ส่วน k-casein มีอยู่ประมาณ 15% และต่างจาก casein 2 ประเภทที่กล่าวมาแล้ว คือ มันละลายในสารละลายของแคลเซียมไอออน (สารละลาย CaCl_2) ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันในช่วงกว้าง เนื่องจากการละลายในสารละลายแคลเซียมไอออนได้ มันจึงมีบทบาทในการรักษาเสถียรภาพของเคซีนไมเซล (casein micelle) เพราะมันช่วยให้ α_{s1} -casein และ β -casein ซึ่งไม่ละลายในสารละลายแคลเซียมเสถียรอยู่ได้ นอกจากนี้ k-casein ยังเป็นองค์ประกอบของสารเชิงซ้อนเคซีนที่ถูกไฮโดรไลส์ได้ง่ายที่สุดโดยเรนิน

(rennin) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการไฮโดรไลส์คือ para-k-casein และ glycomacropeptide โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) ของ k-casein ยังไม่กระจ่างนัก มันเป็นโปรตีนในกลุ่มเคซีนเพียงชนิดเดียวที่ประกอบด้วยซิสทีน (cystine) และเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เพราะมันประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โดยส่วนของคาร์โบไฮเดรตติดกับปลายคาร์บอน (C-terminal) ของ glycomacropeptide ของ k-casein และเป็นส่วนที่ละลายได้ดีที่สุดเมื่อถูกไฮโดรไลส์โดยเรนิน

1. เคซีนไมเซลล์ (Casein micelle)

เคซีนในนมอยู่ในรูปของไมเซลล์ ซึ่งกระจายเป็นแบบคอลลอยด์ในนม (colloidal dispersed micelle) ประกอบด้วยหน่วยย่อย (subunits) ซึ่งมีแคลเซียมเป็นตัวเชื่อมโยง และ/หรือเกิดสารเชิงซ้อนกับแคลเซียมฟอสเฟต ถ้าใส่สารคีเลต (chelating agent) เพื่อดึงแคลเซียมให้ออก ไมเซลล์จะแตกตัวออกเป็นหน่วยย่อย แต่ถ้าเติมแคลเซียมให้ออนเข้าไปใหม่ หน่วยย่อยเหล่านี้จะกลับรวมกันเป็นไมเซลล์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8.5°C β -casein และ k-casein ส่วนใหญ่จะแตกตัวจากสารเชิงซ้อน เหลือแต่ α_1 -casein เป็นแมตริกซ์ของโครงสร้าง (structural matrix) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะกลับรวมกันเป็นสารเชิงซ้อน ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ยังไม่สมบูรณ์ มีผู้เสนอโมเดล (model) ที่เป็นไปได้สำหรับโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ไว้หลายแบบ แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วกัน

2. เวย์โปรตีน (Whey protein)

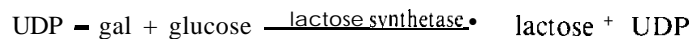
เวย์โปรตีนหรือซีรัมโปรตีนประกอบด้วย เบต้า แล็กโตโกลบูลิน (β -lactoglobulin) เป็นส่วนใหญ่ ยังมีแอลฟา-แล็กตัลบูมิน (α -lactalbumin) และโปรตีนอื่น ๆ ได้แก่ อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin), ซีรัมแอลบูมินและส่วนของสารเชิงซ้อนโปรทีโอส-เปปโตน (proteose-peptone fraction) เวย์โปรตีนไม่เสถียรต่อความร้อน และรวมกันเป็นสารเชิงซ้อน (associated complexes) เมื่อนมถูกต้ม

ก. เบต้า-แล็กโตโกลบูลิน เป็นโปรตีนที่อุดมที่สุดในเวย์ เบตา-แล็กโตโกลบูลินมีโมโนเมอร์ (monomers) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 18,000 และมันจะอยู่ในรูปนี้เฉพาะที่ $\text{pH} < 3.5$ และ > 7.5 ระหว่าง $\text{pH} 3.5$ และ 7.5 มันจะเป็นไดเมอร์ (dimer) มีน้ำหนักโมเลกุล 36,000 โปรตีนนี้มีเอกลักษณ์ที่สำคัญคือ ประกอบด้วยหมู่ซัลไฟดริล (-SH) 1 หมู่ต่อ 1 โมล หมู่ซัลไฟดริลนี้อยู่ในรูปของซิสเทอีน (cysteine) การแปลงสภาพ (denaturation) ของเบต้า-แล็กโต-

ไกลบูลิน เกิดจากอิทธิพลของความร้อน, การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน, และ $\text{pH} > 8.6$

ข. แอลฟา-แลกตัลบูมิน เป็นโปรตีนที่มีมากเป็นอันดับที่สอง รองจากเบต้า-แลกโต-ไกลบูลินในเวย์ (~25% ของเวย์) และ ~4% ของโปรตีนทั้งหมดของนม แอลฟา-แลกตัลบูมิน เป็นโปรตีนสำคัญที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสุด และเป็นสารประกอบที่ค่อนข้างเสถียร โมโนเมอร์ของสารประกอบนี้มีน้ำหนักโมเลกุล 14,000 โครงสร้างปฐมภูมิหรือลำดับกรดอะมิโน (amino acid sequence) ทั้งหมดของสารประกอบนี้ เป็นที่ทราบกันแล้วในปัจจุบัน กรดอะมิโนที่มีมากที่สุดใแอลฟา-แลกตัลบูมินคือ ทริปโตเฟน มันไม่มีหมู่ซัลไฟดริลอิสระแม้ว่าจะมีปริมาณซิสทีนสูง (4 เรซิดิวต่อโมล) สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับโปรตีนนี้คือ มันเป็นโปรตีนเพียงชนิดเดียวในนมที่มีกรดแอสพาร์ติกมากกว่ากรดกลูตามิก และมีลำดับกรดอะมิโนในโมเลกุลคล้ายคลึงกับของไลโซไซม์ (lysozyme) แม้ว่าโปรตีน 2 ตัวนี้จะมีหน้าที่ต่างกัน

แอลฟา-แลกตัลบูมินมีสิ่งที่แตกต่างกันจากโปรตีนสำคัญอื่น ๆ ในนมคือ มันเป็นบีโปรตีน (B protein) ของ lactose synthetase ซึ่งเป็นระบบเอ็นไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาต่อไปนี้



ถ้าขาดแอลฟา-แลกตัลบูมิน องค์ประกอบ A (galactosyl transferase) ของ lactose synthetase จะไม่ย้าย (transfer) กาแลคโตสของ UDP-gal (uridine-diphosphate galactose) ไปยังกลูโคส แต่จะย้ายไปที่ N-acetyl glucosamine

ค. อิมมิวโนไกลบูลิน อิมมิวโนไกลบูลินของเวย์คล้ายคลึงกับอิมมิวโนไกลบูลินของเลือดคือ ประกอบด้วยไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ซึ่งมีแอนติบอดีอยู่ มันเป็นโปรตีนสำคัญในนม น้ำเหลืองและเป็นสารที่ให้ภูมิคุ้มกันแก่ลูกโคที่เกิดใหม่ ในนมธรรมชาติมีอิมมิวโนไกลบูลินอยู่น้อย และจะรวมกับวัฏภาคลิปิด (lipid phase) ในการเกิดปรากฏการณ์การเกิดชั้นครีม (creaming phenomenon)

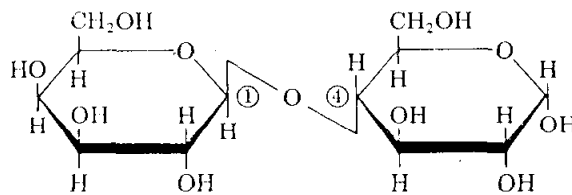
๗. โปรตีนอื่น ๆ เวทย์ซีรัมโปรตีนเหมือนกับซีรัมโปรตีนของเลือด มันเป็นโมเลกุลค่อนข้างใหญ่ (น้ำหนักโมเลกุล ~69,000) และมีปริมาณซิสทีนสูง (17 เรซิดิวต่อโมล) และมีหมู่ซัลไฟดริลอิสระ 1 หมู่

ในหางนมยังประกอบด้วยแลกโตเฟอริน (lactoferrin) ซึ่งเป็นโปรตีนสีแดงที่ประกอบด้วยเหล็กและซีรัมทรานสเฟอริน (serum transferrin) ซึ่งเหมือนกับซีรัมทรานสเฟอรินของเลือด

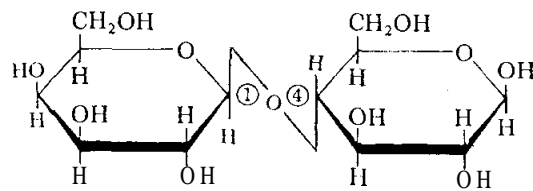
ส่วนของโปรตีโอส-เปปโตน เป็นกลุ่มฟอสโฟไกลโคโปรตีน (phosphoglycoprotein) (ประกอบด้วยองค์ประกอบ ~8-10 ตัว) ที่เสถียรต่อความร้อนและกรด มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง ~4,000 ถึง ~2,000,000 โปรตีโอส-เปปโตนเป็นโปรตีนที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีกรดอะมิโนที่เป็นอะโรเมติก และกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณต่ำ และมีคาร์โบไฮเดรตด้วย ยังมีสารโปรตีนอีกปริมาณเล็กน้อยในเยื่อหุ้มของเม็ดไขมัน (fat globule membrane) ในรูปของสารเชิงซ้อนลิปิด-โปรตีน (lipid-protein complex)

7.4 แลกโตส (Lactose) ในนม

แลกโตสเป็นน้ำตาลที่พบเฉพาะในนมเท่านั้น แลกโตสเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) เมื่อแลกโตสถูกไฮโดรไลสจะได้กลูโคสและกาแลกโตส แลกโตสที่อยู่ในนมมีประมาณ 4.9% และมี 50-52% ของของแข็งทั้งหมด (total solid) ในนม แลกโตสมีรูปผลึก 2 รูป คือ แอลฟา-แลกโตส (α -Lactose) และเบต้า-แลกโตส (β -Lactose ; lactose glass) (รูปที่ 7.1)



α -Lactose (0 - β - D - galactopyranosyl - (1 \rightarrow 4) - α - D - glucopyranose)



β - Lactose (0 - β - D - galactopyranosyl - (1 \rightarrow 4) - β - D - glucopyranose)

รูปที่ 7 . 1 แอลฟา-แลกโตส และเบต้า-แลกโตส

เบต้า-แลคโตสหรือแลคโตสแก้ว (lactose glass) มีความหวานเพียงหนึ่งในห้าของความหวานของซูโครส ทั้งแลคโตสและแร่ธาตุมีส่วนรับผิดชอบต่อกลิ่นรสของนม เมื่อตกผลึกแลคโตสจากเวย์ที่เข้มข้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 93.5°C จะได้แลคโตสเป็นแอลฟา-แลคโตสไฮเดรตประกอบด้วยน้ำ 1 โมล ผลึกแอลฟา-แลคโตสไฮเดรตมีสเปซิฟิกโรเตชันในน้ำ $[\alpha]_D^{20} = 89.4^\circ\text{ซ}$ และมีจุดหลอมเหลว 201.6°C ผลึกแอลฟา-แลคโตสไฮเดรตมีรูปผลึกเป็นรูปชวานโทมาฮอค (tomahawk) ละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อใส่เข้าปากจะรู้สึกสาก ๆ (gritty geel) ถ้าตกผลึกที่อุณหภูมิสูงกว่า 93.5°C จะได้เบต้า-แลคโตสแอนไฮดรัส (anhydrous β -lactose) มีรูปเข็มและมีสเปซิฟิกโรเตชัน $[\alpha]_D^{20} = 35.0^\circ\text{ซ}$ และมีจุดหลอมเหลว 252.5°C

เมื่อแลคโตสรูปใดรูปหนึ่งละลายในน้ำ จะเกิดการเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปอีกรูปหนึ่งจนกระทั่งถึงจุดสมดุล ปฏิกิริยานี้เรียกว่า มิวทาโรเตชัน (mutarotation) มิวทาโรเตชันมีผลทำให้สเปซิฟิกโรเตชันสุดท้ายเปลี่ยนเป็น 55.3°C ที่จุดสมดุล และสารผสมที่จุดสมดุลจะประกอบด้วยแอลฟา-แลคโตส 37.3% และเบต้า-แลคโตส 62.7% เมื่อสารละลายของแลคโตสถูกทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว ดังเช่นในขบวนการผลิตนมผง แลคโตสจะมีลักษณะที่ไม่เป็นรูปผลึกแต่เหมือน“แก้ว” (glass) ซึ่งเป็นสารผสมของแอลฟา- และ เบต้า-แลคโตสที่จุดสมดุล มีคุณสมบัติดูดความชื้นง่าย (hygroscopic)

7.5 เอ็นไซม์ในนม

เอ็นไซม์อาจอยู่ในรูปโปรตีนอิสระหรือเป็นอะโปโปรตีน (apoprotein) ในสารเชิงซ้อนไลโปโปรตีน (lipoprotein complex) เอ็นไซม์ในนมจะกระจายอยู่ทั่วไปในนม เอ็นไซม์บางส่วนอยู่ที่เยื่อผิวของเม็ดไขมัน (fat globule membrane) บางส่วนรวมตัวกับไมเซลล์ (casein micelle) และบางส่วนอยู่อย่างอิสระและแขวนลอยอยู่ในนมในรูปคอลลอยด์ (ตารางที่ 7.8) แม้ว่าเอ็นไซม์มากมายหลายชนิดในนม แต่มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อนักวิทยาศาสตร์ทางอาหาร

(1) แอลคาไลน์ ฟอสฟาเตส (Alkaline phosphatase)

เอ็นไซม์อยู่ในรูปของสารเชิงซ้อนไลโปโปรตีน และกระจายอยู่ระหว่างชั้นลิปิดในเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน (fat globule membrane, FGM) และชั้นเอเคเวียส ปกติเอ็นไซม์นี้จะถูกทำลายโดยขบวนการพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้น ถ้าตรวจพบเอ็นไซม์นี้ในผลิตภัณฑ์นม แสดงว่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นยังไม่เพียงพอ

ตารางที่ 7.8 เอ็นไซม์ในนม

เอ็นไซม์ (Trivial name)	เลขจำพวก ¹	การกระจาย ²
α -Mannosidase	E.C.3.2.1.24	MC
Lipase	E.C.3.1.1.3	MC
Protease	E.C.3.4.4.-	MC
Esterase	E.C.3.1.1.1	S
Lactoperoxidase	E.C.1.11.1.7	S
Lysozyme	E.C.3.2.1.17	S
α -Amylase	E.C.3.2.1.1	S
β -Amylase	E.C.3.2.1.2	S
Ribonuclease	E.C.2.7.7.16	S
Sulfhydryl oxidase	E.C.1.8.3.-	S
Catalase	E.C.1.11.1.6	FGM, MC, S
Alkaline phosphatase	E.C.3.1.3.1	FGM, S
Acid phosphatase	E.C.3.1.3.2	FGM, S
Aldolase	E.C.4.1.2.7	FGM, S
Xanthine oxidase	E.C.1.2.3.2	FGM
Phosphodiesterase	E.C.3.1.4.1	FGM
NADH-cytochrome c reductase	E.C.1.6.2.1	FGM, ER
Acetylcholinesterase	E.C.3.1.1.7	FGM
Mg ²⁺ -activated ATPase	E.C.3.6.1.4	FGM
Glucose-6-phosphatase	E.C.3.1.3.9	FGM
5'-Nucleotidase	E.C.3.1.3.5	FGM, PM ^c
UDP-Galactose hydrolase		FGM, PM ^c
CDP-Glucose hydrolase		FGM, PM ^c
UDP-Galactosyl transferase	E.C.2.4.1.22	GM, S
Triglyceride synthetase		ER

1. จัดตามคณะกรรมการของ Enzymes of International Union of Biochemists

2. แสดงตำแหน่งของเอ็นไซม์ในนม;

MC คือ เคซีนไมเซลล์

S คือ ซีรัม (เวย์)

FGM คือ เยื่อหุ้มเม็ดไขมัน

GM คือ เยื่อกอลจิ (Golgi membrane)

PM เยื่อพลาสมา

ER คือ เอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม

(2) ไลเปส (Lipase)

จากข้อมูลต่าง ๆ แสดงว่าอาจมีเอ็นไซม์ไลเปสมากกว่า 1 ชนิดในนม ได้แก่ “เมมเบรนไลเปส” (membrane lipase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ถูกดูดซับอย่างถาวรอยู่ที่เยื่อหุ้มเม็ดไขมัน เมื่อนมถูกทำให้เย็นลง และ “พลาสมาไลเปส” (plasma lipase) ซึ่งเป็นไลเปสส่วนที่เหลืออยู่ในหางนม (skim milk) เมื่อนมถูกปั่น เยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะฉีกขาดและปลดปล่อยเอ็นไซม์ไลเปสออกมาย่อยไขมันได้ นักวิจัยหลายท่านแสดงให้เห็นว่า ไลเปสในนมรวมอยู่กับเคซีนไมเซลล์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งรวมกับ k-casein เอ็นไซม์ไลเปสจะถูกทำลายโดยขบวนการพาสเจอร์ไรส์

(3) โปรทีเอส (protease)

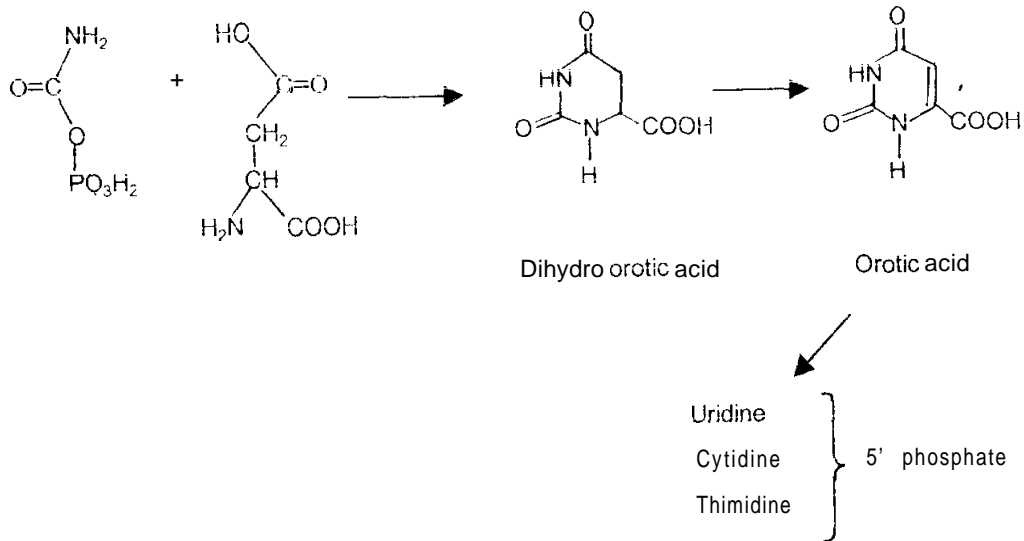
เอ็นไซม์โปรทีเอสเป็นเอ็นไซม์ที่ค่อนข้างทนต่อความร้อนและรวมอยู่กับส่วนของเคซีน ผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านขบวนการพาสเจอร์ไรส์แบบ HTST (High temperature short time) ก็อาจเสียได้ เนื่องจากเอ็นไซม์นี้ยังไม่ถูกทำลาย

(4) แชนธิน ออกซิเดส (xanthine oxidase)

เอ็นไซม์นี้มีอยู่ปริมาณมากในเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน มันประกอบด้วยโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งจะจับอย่างแน่นหนา กับ 2 โมลของแฟลวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ (FAD), 8 อะตอมของเหล็ก และ 2 อะตอมของโมลิบดีนัม (molybdenum) การแตกหักของ FAD โดยเอ็นไซม์นี้จะให้แฟลวินโมโนนิวคลีโอไทด์ (FMN) และโรโบแฟลวิน ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า แชนธินออกซิเดสทำให้เกิดปริมาณของโรโบแฟลวินสูงในนมโค

7.6 กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ที่มีมากเป็นพิเศษในน้ำนมสด ๆ คือ กรดซิทริก (1.8 กรัม / ลิตร) แต่หลังจากเก็บนมไว้ระยะหนึ่ง กรดนี้จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการกระทำของแบคทีเรียในน้ำนม กรดอื่น ๆ เช่น กรดแลกติกและกรดอะซิติกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแตกหักของน้ำตาลแลคโตส นอกจากนี้ยังมีกรดออโรติก (7.5 มิลลิกรัม / ลิตร) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ (Intermediate) จากขบวนการสังเคราะห์ไพริดีนนิวคลีโอไทด์ กรดนี้พบเฉพาะในน้ำนม



7.7 วิตามิน

วิตามินที่พบในนมมีทั้งวิตามินที่ละลายในไขมันและละลายน้ำ วิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี เค และแคโรทีนอยด์อยู่ในส่วนไขมันนม ส่วนวิตามินบีต่าง ๆ และวิตามินซี ส่วนใหญ่อยู่ในหางนม ปริมาณของวิตามินที่ละลายในไขมัน ยกเว้นวิตามินเค ขึ้นกับปริมาณอาหารที่โคบริโภค ปริมาณของวิตามินเค และวิตามินที่ละลายในน้ำไม่ขึ้นกับอาหารโค เพราะมันสามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นได้ในกระเพาะที่หนึ่ง (rumen) และเนื้อเยื่อของโค วิตามินเหล่านี้ นอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีบทบาทต่อการรักษากลิ่นรสของนม วิตามินบีต่าง ๆ อยู่ในรูปอิสระหรือเป็นสารเชิงซ้อนกับโปรตีน

7.8 ไขมันและแร่ธาตุในนม

ไขมันของนมแตกต่างจากแร่ธาตุของนม ไขมันเป็นส่วนที่เหลืออยู่หลังจากเผาไหม้จนเป็นเถ้าที่ 600°C ไขมันของนมประกอบด้วยออกไซด์ของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ รวมทั้งคลอไรด์ด้วย ซัลเฟอร์และส่วนของฟอสฟอรัสและเหล็กมาจากโปรตีนของนม ส่วนแร่ธาตุในนม ได้แก่ ฟอสเฟตคลอไรด์และซิเตรตของโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (ตารางที่ 7.9) โซเดียม โพแทสเซียมและคลอไรด์จะไอออนในนม ส่วนฟอสเฟต แคลเซียม แมกนีเซียมและซิเตรตบางส่วนอยู่ในรูปที่ละลาย และบางส่วนอยู่เป็นสารเชิงซ้อนคอลลอยด์ (colloidal complexes) ประมาณสองในสามของปริมาณแคลเซียมทั้งหมดของนมกระจายเป็นคอลลอยด์ และมีเพียงหนึ่งในสิบเท่านั้นที่อยู่ในรูปแคลเซียม

ไอออน สภาวะของสมดุลระหว่างแคลเซียมในรูปแคลเซียมไอออน และรูปสารเชิงซ้อนมีส่วนสำคัญต่อเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์นม ถ้าเติมกรด แคลเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแคลเซียมไอออนและทำให้เคซีนไมเซลล์ไม่เสถียร ถ้าทำไดแอลลิซิส (dialysis) สารเชิงซ้อนแคลเซียม-ฟอสเฟตจะแตกตัวปลดปล่อยหน่วยย่อยของระบบเคซีนออกมา ที่อุณหภูมิสูง สภาวะสมดุลจะเปลี่ยนไปทางด้านเกิดการเกิดสารเชิงซ้อน และลดความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน ผลก็คือทำให้เคซีนไมเซลล์เสถียรมากขึ้น

ตารางที่ 7.9 ความเข้มข้นและการกระจายของเกลือสำคัญของนม

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/100 กรัม)	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
Total calcium	117.7	110.9-120.3
Total magnesium	12.1	11.4-13.0
Total citric acid	176.0	166-192
Total phosphorus	95.1	79.8-101.7
Sodium	58	47-77
Potassium.	140	133-171
Chloride	104.5	89.8-127.0
Colloidal inorganic Ca	49.7	41.8-54.0
Caseinate Ca	31.4	28.9-33.9
Soluble unionized Ca	25.3	21.9-28.8
Ionized Ca	11.4	10.5-12.8
Colloidal Mg	4.3	7.0-8.5
Soluble Mg	7.8	7.0-8.5
Colloidal citric acid	19	15 - 22
Soluble citric acid	158	143-175
Colloidal inorganic P	29.3	24.9-31.1
Casein P	21.5	18.7-23.0
Soluble inorganic P	33.6	27.0-38.9
Ester P	10.6	7.7-13.1

แร่ธาตุที่มีอยู่น้อยในนม วัดเป็นไมโครกรัมต่อลิตร แสดงอยู่ในตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 แร่ธาตุที่มีปริมาณน้อยมากในนมโค

แร่ธาตุ	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/ลิตร)
Aluminum	460
Arsenic	50
Boron	270
Bromine	200
Chromium	15
Cobalt	0.6
Copper	130
Fluorine	150
Iodine	43
Iron	450
Lead	40
Manganese	22
Molybdenum	73
Selenium	40-1,270
Silicon	1,430
Zinc	3,900

7.9 ลิปิดในนม (Milk lipids)

ไขมันนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ของกรดไขมันเป็นส่วนใหญ่ ตารางที่ 7.11 แสดงส่วนประกอบของลิปิดในนมโค กรดไขมันที่พบในปริมาณมากในนมโค แสดงอยู่ในตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.11 ส่วนประกอบของลิปิดในนมโค

จำพวก	เปอร์เซ็นต์ลิปิดในนมทั้งหมด
Triglycerides of fatty acids	95-96
Diglycerides	1.26-1.59
Monoglycerides	0.016-0.038
Keto acid glycerides (total)	0.85-1.28
Ketonogenic glycerides	0.03-0.13
Hydroxy acid glycerides (total)	0.60-0.78
Lactonogenic glycerides	0.06
Neutral glyceryl ethers	0.016-0.020
Neutral plasmalogens	0.04
Free fatty acids	0.10-0.44
Phospholipids (total)	0.80-1.00
Sphingolipids (less sphingomyelin)	0.06
Sterols	0.22-0.41
Squalene	0.007
Carotenoids	0.0007-0.0009
Vitamin A'	0.0006-0.0009
Vitamin D	0.00000085-0.0000021
Vitamin E	0.0024
Vitamin K	0.0001

ตารางที่ 7.12 กรดไขมันที่พบในปริมาณมากในนมโค

กรดไขมัน	ปริมาณ
Saturated	
Butyric acid (tetranoic)	2.79%
Caproic acid (hexanoic)	2.34
Caprylic acid (octanoic)	1.06
Capric acid (decanoic)	3.04
Lauric acid (dodecanoic)	2.87
Myristic acid (tetradecanoic)	a.94
Palmitic acid (hexadecanoic)	13.8
Stearic acid (octadecanoic)	13.2
Unsaturated :	
Oleic acid (9: 10 octadecanoic)	29.6'
Linoleic acid (octadecadienoic)	2.11

Source : Kurtz (1965).

'Includes cis and trans isomers.

น้ำนมในสัตว์กระเพาะเดี่ยว (สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง) เช่น นมมนุษย์ นมสุกร และนมม้า จะไม่มีกรดบิวทีริก (butyric acid) เป็นองค์ประกอบเลย ดังนั้น น้ำนมของสัตว์เหล่านี้จึงไม่เกิดกลิ่นหืน เพราะกลิ่นหืนเกิดจากการระเหยของกรดบิวทีริก

ไขมันนมที่อยู่ในนมมีลักษณะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ เรียกว่า เม็ดไขมัน (fat globule) เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดไขมันประมาณ $\frac{1}{1,000}$ นิ้ว ใน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรของนม มีเม็ดไขมันประมาณ 250 ล้านเม็ด (ในวัว Jersey & Guernsey)

นอกจากนี้ ไขมันนมยังประกอบด้วยฟอสโฟลิปิด (phospholipids), กรดคีโตกลีเซอไรด์ (keto acid glycerides), สเตอรอล (sterols) และวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามินเอ ดี เค และอี ตลอดจนแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ปริมาณเล็กน้อย

ตารางที่ 7.13 แสดงปริมาณของฟอสโฟลิปิดในนมและผลิตภัณฑ์นม และตารางที่ 7.14 แสดงชนิดและปริมาณของฟอสโฟลิปิดในไขมันนม ซึ่งรวบรวมจากผลการวิเคราะห์ของกลุ่มนักวิจัยหลายกลุ่ม

ตารางที่ 7.13 ปริมาณของฟอสโฟลิปิดของนมและผลิตภัณฑ์นม

ผลิตภัณฑ์	ฟอสโฟลิปิด ในผลิตภัณฑ์	ไขมันใน ผลิตภัณฑ์	ฟอสโฟลิปิด ในไขมันนม
นมสด	0.0337	3.88	0.87
หางนม	0.0169	0.090	17.29
ครีม	0.1816	41.13	0.442
Butter milk	0.1819	1.94	9.378
เนยเหลว	0.1872	84.8	0.2207

ตารางที่ 7.14 ชนิดของฟอสโฟลิปิดในไขมันนม

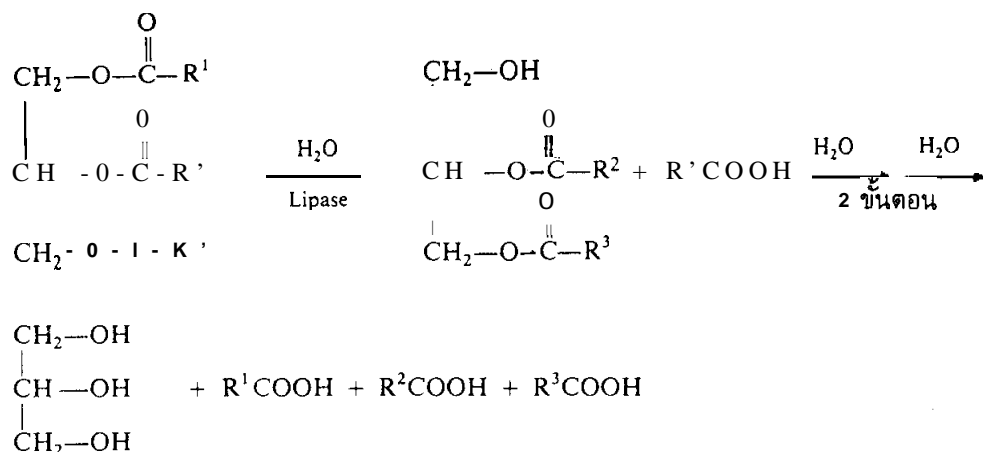
ชนิดของฟอสโฟลิปิด	อัตราส่วนของฟอสโฟลิปิดทั้งหมด			
	Deutsch et al. Mole % (1958)	Rhodes and Lea mole % (1958)	Koops mole % (1958)	Smith and Freeman Wt. % (1959)
Phosphatidyl choline	33	33	30	32
Phosphatidyl ethanolamine	{ 38	29	30	{ 35
Phosphatidyl serine		10	10	
Phosphoinositides	-	5	6	มีอยู่
Plasmalogens	-	3.3	3	-
Sphingomyelin	23	19	25	24
Cerebrosides	-	-	-	6
Lysolecithin	-	-	-	มีอยู่
Unidentified	-	-	3-4	มีอยู่

7.10 การเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นรสที่ไม่ดีในนม

การเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ในนม เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดกับไขมันนม การเกิดกลิ่นหืนมีสาเหตุอยู่ 2 ประการ คือ

ก. การไฮโดรไลส์ไขมันนมโดยเอ็นไซม์ไลเปส

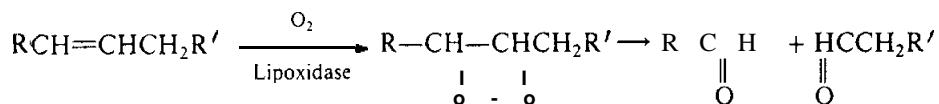
ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไลโปลิซิส (lipolysis) เกิดจากเอ็นไซม์ไลเปส (ส่วนมากมาจากจุลินทรีย์ที่เจริญในนม) ไปไฮโดรไลส์ไขมันนมเกิดกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระ กรดไขมันเหล่านี้มีกรดไขมันประเภทที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นหืนอยู่ด้วย เช่น กรดบิวทีริก เป็นต้น สมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของไขมันนม คือ



ปฏิกิริยาดังกล่าวนี จะทำให้เกิดไดกลีเซอไรด์, โมโนกลีเซอไรด์และในที่สุดจะให้กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล กรดไขมันเหล่านี้มีตั้งแต่ C₄ (กรดบิวทีริก) จนถึง C₁₈ (กรดสเตียริกและกรดโอเลอิก) กรดไขมันอิสระบางชนิดทำให้เกิดกลิ่นคล้ายเนยเหลว และกลิ่นคล้ายสบู่

ข. ออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว

ไขมันนมประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถึงประมาณ 40% กรดไขมันเหล่านี้มีพันธะคู่ ซึ่งจะถูกรีดออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ โดยมีไลพอกซิเดส (Lipoxidase) เป็นตัวเร่ง



แอลดีไฮด์ที่เกิดโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวนี้ มีความยาวโซ่จาก C₄ ถึง C₁₄ แอลดีไฮด์เหล่านี้มีกลิ่นแรง และทำให้เกิดการหืนได้ ออกซิเดชันของไขมันโดยไม่มีเอ็นไซม์เป็นตัวเร่งก็เกิดได้เช่นกัน แต่เกิดในอัตราที่ช้ากว่ามาก

การใช้ก๊าซเฉื่อย (inert gas) และการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ (vacuum packing) สำหรับนมผงและการแช่เย็นสำหรับเนยเหลว จำเป็นต่อการป้องกันกลิ่นหืนนี้

การเกิดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาในนมและผลิตภัณฑ์นม เกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ออกซิเจน แสงและโลหะ ในกลุ่มโลหะที่ทำให้กลิ่นไม่ดี คือ คิวปริก, เฟอร์รัสไอออน (คิวปริก-ไอออนมีกลิ่นแรงกว่า) และนิกเกิลก็มีส่วนอยู่บ้าง

กรดแอสกอร์บิกหรือวิตามิน ซี ก็มีส่วนในการทำให้เกิดกลิ่นไม่ดีในนม การเกิดออกซิเดชันของกรดแอสกอร์บิกในนมสด พบว่าเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain of reactions) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นออกซิไดส์ (oxidized flavor) สาเหตุอาจเกิดจาก H_2O_2 ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาภายใต้สภาวะของปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสกอร์บิก

7.11 นมสดและผลิตภัณฑ์นม

นํ้ามนอกจากจะใช้บริโภคในรูปของนํ้านมสดแล้ว องค์ประกอบต่าง ๆ ของนํ้านมสามารถจะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมต่าง ๆ กันได้ เช่น นมผง นํ้านมข้น นํ้านมเปรี้ยว นํ้านมระเหย ไอศกรีม เนยแข็งและเนยเหลว เป็นต้น

1. นมสด

นมสดที่มีขายตามท้องตลาดก่อนที่จะนำออกจำหน่าย จะต้องนำมาผ่านขบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเสียก่อน ขบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization)

คือ กรรมวิธีที่ใช้ความร้อนปริมาณเพียงพอแต่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดที่จะทำให้เกิดโรคเท่านั้น ไม่ได้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด การพาสเจอร์ไรส์นมแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

(ก) ระบบอุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน (low temperature long time) เรียกย่อว่า L.T.L.T. เป็นวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 62°C เป็นเวลา 30 นาที

(ข) ระบบอุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาน้อย (high temperature short time) เรียกย่อว่า H.T.S.T. เป็นกรรมวิธีฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนไม่ต่ำกว่า 72°C เป็นเวลา 15 วินาที

กรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ทั้ง 2 วิธีนี้ เมื่อให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดให้แล้ว จะต้องทำให้นมเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิประมาณ 5°C หรือต่ำกว่า และต้องเก็บนมไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ การพาสเจอร์ไรส์นมจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคได้ทุกชนิด และลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นสาเหตุของโรคให้น้อยลงเพื่อป้องกันนมเสีย การพาสเจอร์ไรส์นมจะทำลายเอ็นไซม์ส่วนใหญ่ในนม ดังนั้น การทดสอบแอกติวิตีของเอ็นไซม์ จึงอาจใช้เป็นวิธีที่จะแยกนมที่พาสเจอร์ไรส์กับนมดิบที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์หรือนมที่พาสเจอร์ไรส์ไม่สมบูรณ์ นมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์โดยวิธี L.T.L.T. นี้ จะมีกลิ่นคูก (cook flavor) และรสชาติเปลี่ยนไป เพราะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเมธิลซัลไฟด์

(methyl sulfide) จากโปรตีนในนม นอกจากนี้ยังอาจเกิดสีน้ำตาล (browning) ได้ ดังนั้น จึงนิยมใช้ความร้อนสูงเพียง 72 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาสั้นในการพาสเจอร์ไร้นม

2. การสเตอริไลส์ (Sterilization)

เป็นกรรมวิธีที่ใช้ความร้อนไม่น้อยกว่า 100°C ในเวลาที่เหมาะสม สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของมันด้วย

นมที่จะนำมาสเตอริไลส์จะต้องผ่านขบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “โฮโมจีไนเซอร์” (homogenizer) ซึ่งจะทำให้เม็ดไขมันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ถึง 10 ไมครอน ลดลงจนมีขนาดน้อยกว่า 2 ไมครอน วิธีนี้ทำให้เม็ดไขมันแทรกตัวอยู่ในน้ำได้นานมากขึ้น ไม่แยกตัวลอยขึ้นสู่ผิวบนหลังจากตั้งนมทิ้งไว้

การสเตอริไลส์นมทำได้ดังนี้คือ บรรจุนมที่ผ่านขบวนการโฮโมจีไนส์แล้ว ลงในกระป๋องที่สะอาด แล้วปิดสนิทให้มีรอยรั่ว เอากระป๋องนมไปนึ่งโดยใช้ความร้อน 116.7°C เป็นเวลา 12-15 นาที หรือ 129.6°C เป็นเวลา 3 ถึง 5 นาที

นมสดพาสเจอร์ไรส์ต้องเก็บไว้ในตู้เย็น และมีอายุการเก็บไม่นาน เพราะในนมยังมีจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคเหลืออยู่ แต่สามารถทำให้นมเปรี้ยวได้ อุณหภูมิของตู้เย็นไม่ควรเกิน 40°F และไม่ควรถูกเก็บเกิน 48 ชั่วโมง ส่วนนมสดสเตอริไลส์เก็บได้นาน โดยไม่มีกำหนดเวลา แต่เมื่อใดที่เปิดกระป๋องแล้ว จะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นเหมือนนมพาสเจอร์ไรส์ และควรรับประทานให้หมด ไม่ควรเก็บไว้นาน

ในปัจจุบัน น้มนมสดที่มีขายในประเทศไทยมีหลายชนิด ทั้งที่บรรจุขวดแก้ว กล่องกระดาษและถุงพลาสติก นมที่มีขายแพร่หลายอีกประเภทหนึ่งคือ นมยูเอชที (Ultra high temperature milk หรือ U.H.T. milk) ซึ่งเป็นนมที่ผ่านการโฮโมจีไนส์แล้วมาผ่านความร้อนโดยตรงโดยการฉีดพ่นด้วยไอน้ำที่ 140-150°C เป็นเวลา 2-4 วินาที หรือให้นมผ่านขวดหลอดหรือเพลท (plates) ที่ร้อน 135-140°C เป็นเวลา 6-10 วินาที และบรรจุในภาชนะที่ปลอดเชื้อ นมชนิดนี้สามารถเก็บได้นานไม่ต่ำกว่า 3 เดือน กรรมวิธีนี้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์ของมันด้วย เว้นโปรตีนถูกแปลงสภาพ (denatured) ไปบางส่วน สี กลิ่น และรสของนมยูเอชที เทียบได้กับนมพาสเจอร์ไรส์แบบ H.T.S.T. มีสีค่อนข้างขาวและกลิ่นคอกไม่ มี นมชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็น

2. นมผง (powder milk)

ได้แก่ นมสดที่ระเหยนํ้าออกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ จนเป็นผง นมผงอาจแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

ก. นมผงไขมันเต็ม (dried whole milk)

นมผงประเภทนี้ ได้จากการระเหยนํ้าออกจากนํ้านมสดที่ไม่ได้แยกไขมันออก นมผงไขมันเต็มมีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่า 26% นมผงประเภทนี้เก็บได้ไม่นานนัก เพราะมีกลิ่นหืนง่าย เป็นนมผงที่มีประโยชน์ ใช้เลี้ยงทารก ทำไอศกรีม ผสมใส่กรอกและทำเป็นนมคั้นรูปใช้ในครัวเรือน

ข. นมผงพร่องมันเนย (Partly non-fat dry milk or partly dry skim milk)

นมผงประเภทนี้ได้จากการระเหยนํ้าออกจากนํ้านม ที่แยกเอาไขมันบางส่วนออกไป นมผงประเภทนี้มีไขมันไม่น้อยกว่า 1.5% และไม่เกิน 26% นมผงประเภทนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กัน มีใช้บ้างในการทำผลิตภัณฑ์นมคั้นรูปเฉพาะอย่างเท่านั้น

ค. หางนมแห้งหรือนมผงขาดมันเนย (dried skim milk หรือ non-fat dry milk)

เป็นนมผงที่ได้จากการระเหยนํ้าออกจากนํ้านมที่แยกเอาไขมันออกแล้ว หรือหางนม นมผงประเภทนี้มีไขมันไม่ถึง 1.5% นมผงประเภทนี้มีปริมาณของไขมันต่ำเท่านั้น แต่สารอาหารอื่น ๆ จะใกล้เคียงกับนมผงธรรมชาติ นมผงประเภทนี้ไม่เหมาะสำหรับเลี้ยงทารก เพราะขาดวิตามินชนิดที่ละลายได้ในไขมัน นมผงประเภทนี้เก็บได้นาน ไม่หืนง่าย นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์นมคั้นรูป

วิธีทำนมแห้งในทางอุตสาหกรรมมี 3 วิธีคือ

(1) ขบวนการลูกกลิ้ง (Roller process) เป็นขบวนการระเหยนํ้าออกโดยฉาบน้ำนมบนผิวของลูกกลิ้งซึ่งทำให้ร้อน 300°ฟ (148.8°ซ) ในบรรยากาศธรรมดา เมื่อนมแห้งแล้วจึงขูดออกจากผิวของลูกกลิ้ง นำไปบดเป็นผง

(2) ขบวนการลูกกลิ้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drum process) ระบบนี้ดัดแปลงจากขบวนการลูกกลิ้ง โดยการลดอุณหภูมิของการระเหยนํ้าออกจากนม จากอุณหภูมิ 300°ฟ (148.8°ฟ) เป็น 100–130°ฟ (37.7–54.4°ซ) โดยการระเหยนํ้าภายใต้สุญญากาศ

(3) ขบวนการสเปรย์ (spray process) ระบบนี้ใช้วิธีฉีดพ่นนมที่ระเหยนํ้าออกไปบางส่วน โดยบีบไปตามท่อแล้วพ่นนมออกมาเป็นฝอยผ่านหัวฉีดในห้องอบแห้ง (drying chamber)

ซึ่งมีเครื่องพ่นอากาศร้อนเข้าไป ไอของลมร้อนจะทำให้หน้าของนมระเหยไป ส่วนนมผงจะร่วงอยู่ที่ส่วนล่างของถังซึ่งเป็นรูปกรวย และมีสายพานนำนมผงผ่านออกไปรับไอเย็น มันเนยของนมผงซึ่งร้อนละลายอยู่จะแข็งตัวเย็นลง ระบบนี้ นมผงไม่ต้องรับความร้อนนานเหมือนขบวนการลูกกลิ้ง นมผงที่ได้โดยวิธีนี้จะมีคุณภาพดีกว่าและไม่ไหม้เกรียม นมผงจะออกมาเป็นผงไม่เปื้อนฟิล์มแบบในขบวนการลูกกลิ้ง

3. นมข้นจืด (unsweetened condensed milk) หรือ นมระเหย (evaporated milk)

เป็นนมที่ระเหยเอาน้ำออกจากนมสดโดยใช้เครื่องระเหยแบบสูญญากาศ (vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิประมาณ 60°C ให้เหลือความเข้มข้นเป็น 2.4 เท่าของนมสด แล้วบรรจุภาชนะปิดแน่น ผ่านการสเตอริไลส์ด้วยความร้อนสูง เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ทุกชนิดและสปอร์ของมัน นมระเหยจะต้องมีของแข็งไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่า 17.5% โดยน้ำหนัก และมีมันเนยไม่น้อยกว่า 7.5% โดยน้ำหนัก

4. นมข้นหวาน (sweetened condensed milk)

คือ นมที่ระเหยเอาน้ำออกไปบางส่วน และเติมน้ำตาลลงไปผสมด้วยประมาณ 40 – 45% บรรจุภาชนะปิดแน่น ไม่ต้องสเตอริไลส์ด้วยความร้อน เพราะน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงนี้จะช่วยรักษานมไม่ให้เสีย (น้ำตาลเข้มข้นสูงจะป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้)

นมข้มนี้ทั้งชนิดที่มีไขมันครบถ้วนและเป็นนมข้นหวานแปลงไขมัน ซึ่งเป็นนมข้นหวานที่ผลิตขายในเมืองไทยทั่วไป โดยใช้ไขมันอื่นบางส่วนหรือทั้งหมดแทนไขมันที่มีอยู่ในนม เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น นมข้นหวานไม่เหมาะสำหรับเลี้ยงทารก เพราะนมข้นหวานที่ทำให้เจือจางจนได้ความหวานที่เหมาะสมแล้ว ปริมาณของสารอาหารจะเหลืออยู่น้อยโดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน ซึ่งจะกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของเด็กหรือทารกที่บริโภคแต่นมเพียงอย่างเดียว (จากรายงานของ FAO ทารกที่บริโภคนมข้นหวานเพียงอย่างเดียวอาจตายได้ภายใน 6 เดือน)

5. ครีม (cream)

คือ ผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งซึ่งมีองค์ประกอบของสารอาหารครบถ้วน เช่นเดียวกับนม แต่มีเปอร์เซ็นต์มันเนยสูงมากคือ 20 – 60% ครีมใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางมาก เช่น ใช้ผสมเครื่องดื่มประเภทชาและกาแฟ ทำไอศกรีม เนยเหลว น้ำมันเนยและทำผลิตภัณฑ์นมคั้นรูปอื่น ๆ การแยกครีมออกจากนมแบบง่าย ๆ คือ ตั้งนมทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง มันเนยก็จะลอยขึ้นสู่ผิวบน แล้วใช้ช้อนตักออกได้ ปัจจุบันมีเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยง (centrifuge separator) ที่มีประสิทธิภาพสูง บางชนิดสามารถแยกครีมจากนมที่อุณหภูมิเย็นจัดได้ ครีมต้อง

ผ่านขบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เช่นเดียวกับนม บางครั้งอาจผ่านขบวนการโฮโมจีไนส์ (homogenization) ด้วย

ครีมแบ่งออกได้เป็น

ก. **เทเบิลครีม (table cream)** คือ ครีมที่ใช้สำหรับผสมเครื่องดื่มประเภทชาและกาแฟ มีไขมันประมาณ 18–30%

ข. **วิปปิงครีม (whipping cream)** หรือครีมฟู คือครีมที่มีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 ใช้ประโยชน์สำหรับทำอาหารทั้งคาวหวาน การตีครีมฟูขึ้นก็เพราะมีฟองอากาศ (หรือก๊าซ) เข้าไปแทรกอยู่ ครีมฟูจึงนุ่มกว่าครีมธรรมดา การทำครีมฟูหวานจะเติมน้ำตาลทรายลงไป 15% และอาจปรุงกลิ่นด้วยวานิลลา

ปัจจัยและวิธีทำให้ครีมฟู

- (1) ครีมต้องมีมันเนยพอเพียง คือประมาณ 36–40%
- (2) ควรนำครีมไปป่ม (aging of cream) ในห้องเย็นประมาณ 1 คืนก่อนนำไปตี ครีมจึงจะฟูดี (ถ้าป่มนาน 24 ชั่วโมงจะยิ่งได้ผลดี)
- (3) อุณหภูมิของครีมขณะตีต้องเย็นพอเหมาะ
- (4) ในการตีครีมต้องตีด้วยอัตราเร็วสูงจึงจะฟู
- (5) ถ้าผสมเจลาติน (gelatin) ลงไปประมาณ 0.35% จะทำให้ครีมเหนียวขึ้นและตีเป็นฟองง่ายขึ้น

การทำครีมฟูทำได้ 2 ระบบ คือ

- (1) ตีด้วยเครื่องวิปเปอร์ (whippers) เช่น เครื่องตีไข่ อัตราเร็วประมาณ 120 รอบต่อนาที (ครีม 500 ซีซี. ใช้เวลาตีประมาณ 11 นาที)
- (2) ฟันก๊าซไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide) ความดัน 80–90 ปอนด์ ลงไปให้เดือดในเนื้อครีม จะทำให้ครีมฟูและมีโอเวอร์รัน (over run) ประมาณร้อยละ 200–600 (การเพิ่มปริมาตรของครีมฟู เนื่องจากการอัดอากาศหรือก๊าซเข้าไปในครีม แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเริ่มต้น เรียกว่า โอเวอร์รัน โอเวอร์รันอาจมีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์)

6. ไอศกรีม (Ice-cream)

เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ประกอบด้วยครีม, นม, น้ำตาล, สารที่ทำให้กลั่นรส, เจลาตินหรือสารที่ทำให้คงตัว (stabilizer) และอีมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ซึ่งอาจใช้ไข่แดงและเติมหางนมผงลงไป นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกันตามสูตร แล้วจึงนำไปปั่นที่อุณหภูมิต่ำ ในทางอุตสาหกรรม

ทำไอศกรีม หลังจากผสมส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้ว จะต้องผ่านการพาสเจอร์ไรส์เพื่อฆ่าเชื้อ และโฮโมจีไนส์เพื่อเพิ่มความหนืดและทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูดี จากนั้นจึงนำไปปั่นโดยแช่ในน้ำแข็งผสมเกลือ เพื่อให้ไอศกรีมค่อย ๆ แข็งตัวระหว่างที่ปั่น

ไอศกรีมมีหลายชนิดแตกต่างกัน ขึ้นกับส่วนผสมและชนิดของสารที่ให้กลิ่นรส เช่น ไอศกรีมธรรมชาติ เซอร์เบิร์ต (Sherbert) ซึ่งมีน้ำผลไม้ผสมด้วยและไอศกรีมรสต่าง ๆ

7. ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว (Fermented milk products)

เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากการหมักโดยการเติมแบคทีเรียหรือยีสต์ในนม, หางนม หรือครีม เพื่อให้เกิดการหมักจนได้กรดแลคติกเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีรสเปรี้ยว มีกลิ่นเฉพาะตัวต่าง ๆ กัน

ก. โยเกิร์ต (Yogurt) ทำจากนมสดที่ต้มเพื่อเพิ่มปริมาณของแข็ง หรือนมสดที่เติมของแข็งไม่รวมไขมันร้อยละ 1-5 โดยผสมเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะได้ของเหลวที่มีเนื้อแน่น อาจเติมกลิ่นรสต่าง ๆ เพื่อให้รับประทานยิ่งขึ้น เช่น สตรอเบอร์รี่, สับปะรดหรือน้ำตาล โยเกิร์ตมีประโยชน์ช่วยให้ขับถ่ายได้ดีขึ้นสำหรับคนที่ท้องผูก

ข. คัลเจอร์บัตเตอร์มิลค์ (cultured buttermilk) ทำจากหางนมหรือหางเนยเหลว (buttermilk) ซึ่งเป็นของเหลวที่เหลือจากการทำเนยเหลว โดยการหมักด้วยแบคทีเรียผสม 2 ชนิด คือ *Streptococcus lactis* หรือ *Streptococcus cremoris* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก และ *Leuconostoc citrovorum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ให้กลิ่นหอม

ค. นมแอซิโดฟิลัส (Acidophilus milk) เป็นนมเปรี้ยวประเภทที่ใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus acidophilus* เป็นเชื้อหมัก

ง. นมบูลการิกัส (Bulgaricus milk) เป็นนมเปรี้ยวที่มีวิธีการผลิตเช่นเดียวกับคัลเจอร์บัตเตอร์มิลค์ ต่างกันตรงที่ใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* เป็นเชื้อหมัก เป็นนมเปรี้ยวที่มีปริมาณกรดสูง

จ. ครีมเปรี้ยว (sour cream) ได้จากการเติมเชื้อ *Streptococcus lactis*, *Streptococcus citrovorum* และ *Streptococcus dextranicum* หรือ *Streptococcus lactis* กับ *Leuconostoc diacetylactis* หรือ *Leuconostoc diacetylactis* อย่างเดียว ในครีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และโฮโมจีไนส์แล้ว ครีมเปรี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคแถวประเทศในตะวันออกกลาง การรับประทานนิยมใช้ทาขนมปังหรือโรยบนผักผลไม้แล้วรับประทานรวมกัน

ฉ. เคเฟอร์ (Kefir) เป็นนมเปรี้ยวที่มีกลิ่นรสแอลกอฮอล์หรืออาจเรียกว่า เหล้า

นมเปรี้ยว เป็นเครื่องดื่มพื้นเมืองของประชาชนในแถบภูเขา Caucasus เชื้อที่ใช้หมักคือ *Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus Caucasicus* กับเชื้อยีสต์ *Torula* (*Torula* Yeast) เชื้อผสมนี้ ทำให้นมจับเป็นก้อนเล็ก ๆ คล้ายข้าวโพดคั่ว (popcorn) ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวประเภทนี้ นิยมทำจากนมม้า นมแพะ หรือนมวัว

ข. *ยาคุลท์* (Yacult) เป็นนมเปรี้ยวที่ผลิตขึ้นในญี่ปุ่น ได้จากการหมักเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus casei* var. *Shirota* ผู้ผลิตเป็นคนแรกคือ ดร.ชิโรต้า นมเปรี้ยวชนิดนี้มีรสหวาน และมีกลิ่นหอมอร่อย ชวนรับประทาน

ข. *คูมิส* (Kumis) เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีแอลกอฮอล์ผสมด้วย ทำจากนมนมม้า ใส่เชื้อ *Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus bulgaricus* กับยีสต์ *Candida* ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ 2% และมีความเป็นกรดประมาณ 1%

8. เนยเหลว (Butter)

เนยเหลวทำจากครีมซึ่งมีปริมาณไขมัน 25-40 เปอร์เซ็นต์ ครีมที่ใช้อาจเป็นแบบครีมหวาน (sweet cream) หรือครีมเปรี้ยว (sour cream) หรือครีมที่หมักด้วย *Streptococcus diacetylactis* เพื่อให้เกิดกลิ่น diacetyl ซึ่งเป็นกลิ่นหอมของเนย

ครีมที่ใช้ปกติจะผ่านการพาสเจอร์ไรส์และทำให้เย็น แต่ก่อนที่จะพาสเจอร์ไรส์ อาจจำเป็นต้องเติมแต่งเพื่อปรับความเป็นกรดให้เหลือ 0.4% เพราะถ้าเป็นกรดมาก จะทำให้การปั่นเนยไม่ได้ผล และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการในเนยเหลว ในช่วงระยะของการเก็บครีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์จะทำให้เย็นลง 40 - 50°ฟ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาหลายชั่วโมงก่อนจะปั่นเนย

การปั่นเนยโดยระบบเก่า ใช้เครื่องปั่นเนย (churner) โดยนำครีมขึ้นที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 50 - 58°ฟ มาคนให้เข้ากัน และชั่งน้ำหนักแน่นอน ใส่ในเครื่องปั่น ไม่ควรบรรจุครีมจนเต็มเครื่องปั่น ควรมีที่ว่างให้อากาศอยู่ได้ เครื่องปั่นจะปั่น (ตี) เม็ดไขมันให้แตก และไขมันส่วนที่เป็นของเหลว (butter milk) จะไหลออกมาเคลือบห่อหุ้มไขมันส่วนที่เป็นของแข็ง เม็ดไขมันจะจับกันหลายเม็ดมากขึ้น เมื่อฟองอากาศที่อยู่ในไขมันยุบตัว ไขมันจะจับกันเป็นก้อน ในระหว่างการปั่นต้องปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะเพื่อให้ไขมันในเม็ดไขมันอยู่ได้ 2 สภาวะ คือสภาวะครึ่งเหลวและครึ่งแข็ง เพราะถ้าครีมเย็นเกินไป ไขมันจะแข็งตัวหมด แต่ถ้าครีมไม่เย็นพอ ไขมันจะเหลวหมดซึ่งจะทำให้การปั่นเนยไม่ได้ผลตามที่ต้องการระหว่างการปั่นเนย ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจเติมน้ำแข็งเพื่อให้ครีมเย็นลง เมื่อไขมันจับกันเป็น

ก้อนโตเพียงก้อนเดียวก็หยุดปั่น ระบายเอาน้ำสีขาว ๆ (butter milk) ออกไปจนหมด เทน้ำเย็นที่สะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิระหว่าง 55 - 60°ฟ ลงปั่นกับเนยเพื่อละลายของแข็งที่ไม่รวมไขมันออกไป แล้วไขน้ำทิ้งไป ล้างด้วยน้ำสั๊ก 2 - 3 ครั้งจนน้ำที่ล้างใส เอานเนยไปเก็บในตู้เย็น จากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการรวบเอาน้ำออก รวบจนเหลือน้ำในเนย 16% ตามมาตรฐาน ในระหว่างรวบเนยต้องให้เนยมีอุณหภูมิ 50°ฟ ถ้าทำเนยจืดไม่ต้องเติมเกลือ แต่ถ้าเนยเค็มให้เติมเกลือปน 1 - 2.5% คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปตัดเป็นรูปที่ต้องการแล้วห่อด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil) นำไปเก็บในห้องเย็นเพื่อจำหน่ายต่อไป ถ้าอุณหภูมิของการเก็บอยู่ระหว่าง 0 ถึง -10°ฟ มันจะมีช่วงชีวิตของการเก็บยาวนานมาก

ปัจจุบันการผลิตเนยเหลวจะใช้ระบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเนยใหญ่ ๆ ระบบนี้จะนำครีมชั้นที่มีมันเนยประมาณ 80% ไปปั่น (ตี) ให้เม็ดไขมันอัดตัวเป็นก้อนขับน้ำ (butter milk) ออกมา ให้เหลือน้ำในเนยเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่อยู่ในเนยอยู่ในรูปของหยดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งอาจพิจารณาให้ว่าเป็นอิมัลชันของน้ำในน้ำมัน (water - in - oil emulsion) เครื่องปั่นเนยระบบนี้เรียกว่า Texturer (เครื่องทำเนย) Texturer นี้ทำหน้าที่ทำเนยให้เย็น (chilling) และรวบเอาน้ำออก (working) ต่อเนื่องกัน

ตามมาตรฐาน ปริมาณไขมันในเนยเหลวจะต้องไม่ต่ำกว่า 80% และปริมาณความชื้นจะต้องไม่สูงกว่า 16% โดยทั่วไปเนยเหลวประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้คือ ไขมัน 83.0%, ความชื้น 16%, โปรตีน 1.0%, แล็กโตส 0.4% และเกลือ 0.15% ถ้าทำเนยเค็มให้เติมเกลือปน 1-2.5%

ประเภทของเนยเหลวจำแนกตามวัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตและการปรุงแต่งรส ดังนี้

(1) เนยเหลวสด (Fresh butter) หรือเรียกว่าเนยหวาน (sweet butter) เป็นเนยที่ผลิตจากครีมสด (fresh cream) หรือครีมหวาน (sweet cream) ไม่ได้ปรุงแต่งรส อาจเติมเกลือหรือไม่เติมเกลือก็ได้แล้วแต่กรณี เช่น ถ้านำไปทำน้ำมันเนยต่อมักจะไม่เติมเกลือ

เนยเหลวที่มีจำหน่ายในอเมริกา มี 3 ประเภท คือ

(ก) เนยเหลวทำจากครีมหวานผสมเกลือ (Sweet cream salted butter) ผลิตจากครีมหวานและเติมเกลือประมาณ 1.6% ไม่ผสมเชื้อหมัก

(ข) เนยเหลวทำจากครีมเปรี้ยวทำให้เป็นกลาง (Neutralized sour cream butter) ผลิตจากครีมเปรี้ยว (sour cream) โดยนำครีมเปรี้ยวมาเติมต่างเพื่อให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไป

ปั่นเป็นเนยเหลวโดยผสมเกลือลงไป แต่ไม่ผสมเชื้อหมัก

(ค) เนยเหลวเวย์ (Whey butter) เป็นเนยเหลวที่ผลิตจากหางเนยแข็ง (Whey) โดยนำเวย์นี้มาแยกเอาครีมที่พอจะมีเหลืออยู่ออกแล้วนำเอาครีมนี้ไปปั่นเป็นเนยเหลวและผสมเกลือเล็กน้อย

(2) เนยเหลวหมัก (cultured butter) คือเนยเหลวที่ผลิตจากครีมซึ่งหมักกับเชื้อให้มีกลิ่นของ acetylmethyl carbinol และ diacetyl แล้วจึงนำไปปั่นเป็นเนย อาจผสมเกลือหรือไม่ก็ได้ เช่น

(ก) เนยเหลวทำจากครีมบ่มผสมเกลือ (Ripened cream salted butter) นำครีมไปผสมเชื้อหมักแล้วมาเติมด่างให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไปปั่นเป็นเนย ใส่เกลือ ชูรส

(ข) เนยเหลวไม่เค็ม (Unsalted butter) ผลิตจากครีมหวานโดยผสมเชื้อหมักนำไปเติมด่างเพื่อลดกรด แล้วจึงนำไปปั่นเป็นเนย เนยแบบนี้นิยมนำไปทำไอศกรีม

9. เนยแข็ง (Cheese)

เป็นผลิตภัณฑ์นมที่สำคัญที่สุด เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าผลิตภัณฑ์นมอื่น ๆ เนยแข็งทำได้จากนมสดหรือหางนม โดยนำนํ้านมมาเติมเรนเนท (ซึ่งสกัดจากกระเพาะของลูกโคในระยะที่ดูดนมแม่) หรือกรดที่เกิดจากแบคทีเรียหรือทั้งสองอย่าง จะได้ตะกอนที่เรียกว่าเคิร์ด (curd) ซึ่งประกอบด้วยเคซีน ไขมัน วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เคิร์ดที่ได้จะถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก และแยกเอาส่วนที่เป็นของเหลวคือเวย์ (whey) ออกไป ทำให้เคิร์ดแห้งโดยการให้ความร้อน อาจมีการเติมเกลือ สีและรสที่ต้องการ เก็บบ่มไว้ในที่เย็นประมาณ 3-4 เดือน ก่อนเนยจะมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน และเป็นอาหารที่เก็บได้นาน

เอนไซม์ที่ใช้ตัดตะกอนนม คือ เอนไซม์เรนนิน (rennin) เอนไซม์นี้มีอยู่ในกระเพาะของลูกโคในระยะที่ดูดนมแม่ เอนไซม์เรนนินอาจได้จากการเอากระเพาะลูกโคมาแช่น้ำเกลือ น้ำเกลือสกัดจากกระเพาะลูกโคนี้เรียกว่า “เรนเนท” (Rennet) ในน้ำเกลือสกัดเรนเนทประกอบด้วยเอนไซม์เรนนินซึ่งแอกติฟ (active) และโปรเรนนิน (prorennin) ซึ่งไม่แอกติฟ เมื่อเติมกรดในน้ำเกลือ โปรเรนนินจะถูกเปลี่ยนเป็นเรนนิน ซึ่งจะให้ออกติวิตีสูงที่ pH 5.0 ถ้า pH ต่ำกว่านี้ เรนนินมีเสถียรภาพต่ำ เรนนินอาจเตรียมในรูปผลึกเพื่อสะดวกในการขนย้าย อย่างไรก็ตาม เอนไซม์นี้ยิ่งวันจะหายากขึ้น จำเป็นต้องหาเอนไซม์ประเภทอื่นมาทดแทน พีช 3 ชนิดที่สามารถให้เอนไซม์มาทดแทนเรนนินได้ คือ

1. Butterwort ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Pinguicula vulgaris*

2. Lady's bedstraw ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Galium vorum*

3. เมล็ดพืชชื่อ *Withania coagulans*

เรนเนทที่สกัดจากพืช บริสุทธิ์กว่าเรนเนทจากกระเพาะลูกโค ซึ่งมีเปปซินปนอยู่ สามารถไฮโดรไลสโปรตีนเป็นเปปโตน (peptone) ซึ่งมีรสขม

การตกตะกอนนมที่อาจใส่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดและกลั่นผสมกับเรนเนท จะได้เนยแข็งที่มีกลิ่นรสดี อาจใช้สตาร์ทเตอร์คัลเจอร์ (starter culture) ซึ่งประกอบด้วยเชื้อหมักบริสุทธิ์เพียงตัวเดียวโดด ๆ หรือเป็นเชื้อผสม ตัวอย่างเช่น ใช้ราชื่อ *Penicillium roqueforte* ทำ blue cheese, แบคทีเรียชนิด *Streptococcus thermophilus* ทำ Swiss cheese ใช้ *Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus casei* ทำ cheddar cheese เป็นต้น

แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกอย่างเดียวและสร้างกลิ่นเล็กน้อย คือ

(1) พวก Streptococci เช่น *Streptococcus lactis* และ *Streptococcus cremoris*

(2) พวก Lactobacilli เช่น *Lactobacillus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus bulgaricus*

ส่วนแบคทีเรียที่สร้างกลิ่น คือ *Leuconostoc citrovorum*, *Leuconostoc dextranicum*

กลิ่นที่แบคทีเรียสร้างขึ้นจากกรดซिटริกและน้ำตาลแลกโตส คือ

(ก) acetyl methyl carbinol ($\text{CH}_3\text{COCH}(\text{OH})\text{CH}_3$) ซึ่งเป็น precursor ของสารประกอบในข้อ (ข)

(ข) Diacetyl ($\text{CH}_3\text{COCOCH}_3$)

เนยแข็งที่จำหน่ายทั่วโลกมีหลายร้อยชนิด อาจจำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

ก. เนยแข็งชนิดอ่อน (soft cheese) มีความชื้น 50 - 70% บางชนิดอาจถึง 80% เช่น เนยแข็งคอตเทจ (cottage cheese), เนยแข็งคาแมมเบิร์ต (camembert cheese) เป็นต้น

ข. เนยแข็งชนิดอ่อนปานกลาง (semi - soft cheese) ประกอบด้วยความชื้น 39 - 50% เช่น เนยแข็งบลู (blue cheese), เนยแข็งลิมเบอร์เกอร์ (Limburger cheese) เป็นต้น

ค. เนยแข็งชนิดแข็ง (hard cheese) มีความชื้น 30 - 40% เช่น เนยแข็งเชดดาร์ (cheddar cheese), เนยแข็งสวิส (swiss cheese) เป็นต้น

ง. เนยแข็งชนิดแข็งมาก (very hard cheese) เช่น เนยแข็งพาร์มีซาน (parmesan cheese), เนยแข็งโรมานโน (Romano cheese) เป็นต้น

เนยแข็งเชดดาร์ เป็นเนยแข็งที่รู้จักกันทั่วโลก องค์ประกอบของเนยแข็งเชดดาร์ คือ

1. น้ำ 35-37%

2. ไขมัน 33-36%
3. เคซีน 23-25%
4. เกลือ 1.4-1.8%

การทำเนยแข็งเชดดาร์

เนยแข็งเชดดาร์ทำจากนมสด โดยให้นมผ่านการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อน เนยแข็งเชดดาร์บางชนิดอาจทำจากนมดิบที่ไม่ได้ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ถ้าเป็นนมดิบ เนยแข็งจะต้องเก็บไว้อย่างน้อย 60 วันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35°F ก่อนจะทำเนยแข็งจำหน่าย การทำเช่นนี้ก็เพื่อจะทำลาย Staphylococci ซึ่งถ้าหากมีในเนยแข็งจะเจริญเติบโตและทำให้เป็นพิษโดยจะไปรบกวนลำไส้ในคน

นมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วจะต้องปรับอุณหภูมิของนมประมาณ 30 องศาเซลเซียส หลังจากเติมสตาร์ทเตอร์คัลเจอร์ซึ่งประกอบด้วย Streptococcus lactis และ Streptococcus cremoris แล้วคนให้เข้ากัน อินคิวเบท (incubate) เป็นเวลา 30 ถึง 60 นาที ระหว่างที่อินคิวเบทจะต้องตรวจเปอร์เซ็นต์กรด (กรดแลคติก) ให้ได้ประมาณ 0.2% เติมเรนเนทในอัตราส่วน 1 ส่วนต่อ 4,500 ส่วนของนม แล้วคนให้เข้ากัน ปล่อยให้เรนเนททำปฏิกิริยากับนมเป็นเวลา 20 ถึง 30 นาที เรนเนทจะทำให้เคซีนตกตะกอนเป็นพาราเคซีน (paracasein) ในรูปของ calcium para caseinate ($Ca_3P_2O_8$) ซึ่งรวมกับไขมันและแร่ธาตุ เรียกว่า เคิร์ด (curd) ขึ้นต่อไปตัดเคิร์ดออกเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก ๆ ประมาณ $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ ลูกบาศก์นิ้ว หลังจากคนเป็นเวลา 10 ถึง 15 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น 100 - 106°F เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำให้เคิร์ดหดตัว ระบายน้ำออกจากก้อนเคิร์ด รักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับนี้ต่อไปอีก 35 ถึง 45 นาที ระหว่างนี้ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้น จากนั้นระบายเวย์ (whey) ออกจากถัง เคิร์ดจะกองทับกันที่ก้นถัง และจะสุ่มกันและหลอมเข้าด้วยกันเป็นก้อนใหญ่ ตัดเคิร์ดเป็นบล็อก (block) จับก้อนเคิร์ดเหล่านี้มากองสุ่มกันสัก 2-3 กอง ให้ก้อนเคิร์ดมากดทับกัน เพื่อให้มีน้ำหนักกดรระบายน้ำออกจากเคิร์ดให้มากที่สุด ระหว่างที่ระบายน้ำออก ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อได้ปริมาณกรดประมาณ 0.5% ก้อนเคิร์ดจะถูกตัดเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$ ตารางนิ้ว และยาว 2 นิ้ว โรยเกลือป่นในเคิร์ดชั้นเล็ก ๆ ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีเกลืออยู่ 1.5% นำเคิร์ดไปอัดแบบโดยใส่ลงในแบบจนเต็มแล้วหมุนฝาอัดให้แน่นสุด อัดอยู่เช่นนี้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือ

นานกว่านี้ จะได้ก้อนเนยแข็งที่เนื้อละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ขั้นตอนต่อไปเป็นการบ่มเนย (ripening) ห้องบ่มเนยจะติดหลอดแสงอัลตราไวโอเล็ต เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา เนยแข็งเชดดาร์อาจบ่มนาน 12 ถึง 18 เดือน ที่ 32 ถึง 34°F, 8 ถึง 10 เดือน ที่อุณหภูมิ 30° ถึง 40°F หรือ 60 วัน ที่ 38 ถึง 40°F

ปริมาณความชื้นในเนยแข็งเชดดาร์จะต้องไม่เกิน 39% และของแข็งในนมของเนยแข็งเชดดาร์จะต้องประกอบด้วยมันเนยไม่น้อยกว่า 50%

ระหว่างการบ่มเนยแข็งชนิดต่าง ๆ เชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและรา) จะเจริญเติบโตและเกิดเอ็นไซม์ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงโปรตีนซึ่งจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของเนยแข็งแต่ละชนิด และเชื้อจุลินทรีย์ยังเกิดสารเคมีปริมาณเล็กน้อยจากองค์ประกอบของเคิร์ด ซึ่งจะให้กลิ่นรสเฉพาะตัวของเนยแข็ง ระหว่างที่บ่มเนยแข็งเชดดาร์ พวกแบคทีเรีย Streptococci ที่ให้กรดแลคติกจะเจริญต่อไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นพวกแบคทีเรีย Lactobacillus จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น

ในการผลิตเนยแข็งบางชนิด แทนที่จะใช้วิธีหมักโดยใช้แบคทีเรียเพื่อให้ความเป็นกรดตามที่ต้องการ อาจใช้วิธีเติมกรดแลคติกหรือกรดอื่น ๆ ที่เหมาะสม เพื่อปรับ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับการทำงานของเอ็นไซม์เรนเนทเพื่อตกตะกอนโปรตีนในนม

10. ผลิตภัณฑ์นมพิเศษ

1. *ฟูลด์มิลค์ (Filled milk) หรือนมแปลงไขมัน* เป็นนมชนิดที่ใช้ไขมันจากแหล่งอื่นมาแทนไขมันนม เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม โดยใช้หางนมหรือส่วนผสมของของแข็งจากนมที่ปราศจากไขมัน หรือของแข็งปราศจากไขมัน จากแหล่งอื่นนอกเหนือจากนม มาผสมกับน้ำมันพืช

2. *นมเสริมวิตามินและแร่ธาตุ (Multivitamin-mineral fortified milk)* เป็นนมที่เสริมวิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินดี, เอ, บีหนึ่ง, บีสอง, ไนอาซิน, เหล็กและไอโอดีน เป็นต้น ส่วนวิตามินซีไม่นิยมเติมลงในนม เพราะวิตามินซีถูกทำลายได้ง่ายโดยแสงแดด และยังเป็นกรดทำให้นมเสียง่าย

ปริมาณของวิตามินและแร่ธาตุที่เติม จะต้องคิดคำนวณจากปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่มีอยู่ แล้วเติมให้ครบตามที่ร่างกายต้องการต่อ 1 วัน

3. *นมที่มีปริมาณโซเดียมต่ำหรือนมโปแตช (Low sodium milk or Potash milk)* นมประเภทนี้เหมาะสำหรับบุคคลที่มีโรคความดันโลหิตสูง, โรคไตและโรคหัวใจ จำเป็นต้องลด

ปริมาณโซเดียมในอาหารที่บริโภค [ปกติโซเดียมในนมมีประมาณ 480 มิลลิกรัมในนม 1 ควอร์ต (quart)] ทำได้โดยวิธี ion exchange โดยการชาร์จ (charge) เม็ดเรซิน (resin) ด้วยโปแตช (โพแทสเซียม) แล้วบีมนมผ่านเรซินนี้ โซเดียมไอออนจะแลกเปลี่ยนกับโพแทสเซียมไอออน ทำให้โซเดียมลดลงไปประมาณ 20-50 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมของนมจะเพิ่มจาก 1.2 กรัมเป็น 2.3 กรัมต่อลิตร

คำแนะนำสำหรับผู้ป่วยคือ ไม่ควรรับประทานโซเดียมเกิน 200 มิลลิกรัมต่อวัน นมประเภทนี้จึงเหมาะสมสำหรับคนไข้ประเภทนี้

11. ผลิตภัณฑ์นมเลียนแบบ

1. นมเลียนแบบ (Imitation milk)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เลียนแบบนมสด แต่ไม่มีส่วนประกอบของนมอยู่เลย ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ประกอบด้วยน้ำ, น้ำมันพืช, น้ำตาลผลิตจากแป้งข้าวโพด (corn sugar), แป้ง, โปรตีนจากพืช, โซเดียมเคซีเนต (sodium caseinate), วิตามิน, แร่ธาตุและสารที่ทำให้คงตัว (stabilizer) เช่น พวกกัม (gums) หรือแอลจีเนต (alginates) นมเลียนแบบมักมีกลิ่นรสไม่เหมือนนม จึงต้องมีการเติมกลิ่นรสเพื่อให้เหมือนนม

มาร์การีน (Margarine) เป็นเนยเทียมที่ทำให้มีลักษณะเหมือนกับเนย โดยมีน้ำมันหรือไขมันชนิดอื่นที่มีไขมันเนย เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่หรือทั้งหมด ผ่านกรรมวิธีปรุงแต่งสี กลิ่น และรส

เนยเหลวที่ผลิตจากนมโคมีราคาแพงมาก ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Hippolyte Mège Mouriés จึงคิดค้นวิธีผลิตเนยเทียมขึ้นในปี ค.ศ. 1869 และจดทะเบียนลิขสิทธิ์ไว้ที่ประเทศฝรั่งเศส ในปี 1870

น้ำมันที่ใช้ในการผลิตเนยเทียมนี้ ส่วนมากเป็นน้ำมันผสม เช่น น้ำมันพืชหลายอย่างผสมกัน หรือน้ำมันพืชผสมกับน้ำมันสัตว์บางชนิด ดังตัวอย่างนี้แสดงในตารางที่ 7.13

การผลิตเนยเทียมทำได้ดังนี้

(1) นำน้ำมันซึ่งเป็นองค์ประกอบตามปริมาณที่กำหนดในสูตร (ก), (ข) และ (ค) (ตารางที่ 7.13) มาใส่ลงในถังผสม อุ่นให้ละลายและคนให้เข้ากัน

(2) ฉาบน้ำมันให้เป็นฟิล์มบางบนผิวลูกกลิ้งของเครื่องตกลูก อุนอุณหภูมิของลูกกลิ้งจะปรับให้เย็นจัดถึง -10°C เมื่อน้ำมันผสมกระทบผิวของลูกกลิ้งซึ่งเย็นจัด จะถูกฉาบบนผิวลูกกลิ้งเป็นฟิล์มบาง ๆ และจะตกลูกแข็งตัวทันที ไบมีดซึ่งติดตั้งไว้ในระยะและมุมที่พอเหมาะ

จะจุดฟิล์มน้ำมันให้ร่วงตกมาสะสมไว้ในห้อง maturing ซึ่งปรับอุณหภูมิระหว่าง 54-60°F (12.2-15.5°C) ณ ห้องนี้ ไขมันจะตกผลึกมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างไปจากคุณสมบัติทางกายภาพเดิม คือ มีลักษณะเหมือนกับเนยเหลว

ตารางที่ 7.13 น้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นองค์ประกอบของเนยเทียม สูตร (ก), (ข) และ (ค)

น้ำมัน	น้ำมันผสมสูตร		
	(ก)	(ข)	(ค)
	(%)	(%)	(%)
1. Hydrogenated ground nut oil จุดหลอมเหลว 113°F (45°C)	25	18	
2. Hydrogenated ground nut oil จุดหลอมเหลว 89°F (32°C)		40	
3. น้ำมันมะพร้าว จุดหลอมเหลว 75°F (24°C)	50	-	40
4. น้ำมันเมล็ดฝ้าย (cotton seed oil) (ของเหลว)	25		
5. Ground nut oil (ของเหลว)		22	
6. Palm kernel oil จุดหลอมเหลว 82°F (28°C)		20	20
7. น้ำมันถั่วเหลือง (ของเหลว)			20
8. Hydrogenated whale oil จุดหลอมเหลว 113°F (45°C)	-		20

7.12 การวิเคราะห์นมทางเคมี

1. การวิเคราะห์ไขมัน

ก. The Babcock test เป็นวิธีที่ใช้มากในทางการค้า โดยใช้กรดซัลฟูริกไปทำลายสารอื่น ๆ ให้เหลือแต่ไขมัน แยกไขมันออกแล้ววัดเปอร์เซ็นต์ของไขมัน ได้จากคอบขวดของ Babcock ซึ่งมีขีดแบ่งไว้

นํานมที่มีปริมาตรมาตรฐาน 17.6 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 17.5 มิลลิลิตร กรดจะแปลงสภาพ (denature) โปรตีนและไฮโดรไลส์โปรตีนบางส่วน ทำให้โปรตีนไม่อยู่ในสภาพคอลลอยด์ ไขมันจะลอยขึ้นข้างบน ความร้อนจากปฏิกิริยาทำให้ไขมันอยู่ในรูปของเหลวและโดยการอุ่นสารผสมของนมและกรด ในขณะทดลอง และนำขวดไปปั่น

ในเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ซึ่งจะทำให้ไขมันลอยขึ้น เติมน้ำอุ่นและปั่นอีก ไขมันจะสะสมที่คอขวดมากขึ้น อ่านเปอร์เซ็นต์ของไขมันได้จากคอขวดซึ่งมีขีดแบ่งไว้

ข. วิธีของ **Rose-Gottlieb** ขั้นแรกให้เติมแอลกอฮอล์และแอมโมเนียใน 10 กรัมของน้ำนม แอลกอฮอล์ทำให้โปรตีนตกตะกอนและปลดปล่อยไขมันออกมา ส่วนแอมโมเนียจะละลายโปรตีน ไขมันจะถูกสกัดเข้าไปในไดเอทิลอีเธอร์ (diethyl ether) และปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) เมื่อระเหยเอาตัวทำละลายออกไปจะได้ไขมันแห้ง วิธีนี้ใช้หาปริมาณไขมันในน้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมหลายชนิด

2. การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด (Total solid)

ก. โดยการอบแห้ง

ของแข็งทั้งหมด (total solid) ในนมประกอบด้วยสารประกอบทั้งหมดในนม ยกเว้นน้ำ การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดใช้วิธีระเหยน้ำในสารตัวอย่างออก โดยชั่งน้ำหนักนมและใส่ในจานกันเบน รองด้วยทรายหรือแอสเบสตอส (asbestos) และเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ การเผาสารตัวอย่างไม่ควรเผาให้สูงเกิน 100 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้สารที่เผาแล้วเกิดสีน้ำตาลเข้ม ทรายหรือแอสเบสตอสช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวที่อบแห้ง และป้องกันการเกิดฟิล์ม (film) ซึ่งจะทำให้อัตราการเผาช้าลงในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ของแข็งแห้งที่มีน้ำหนักคงที่แล้วควรมีสีขาว ถ้าหากมีสีน้ำตาล แสดงว่าแลกโตสบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไหม้ (caramelized) จะทำให้ผลที่ได้ผิดพลาดได้

ข. โดยหาปริมาณของของแข็งอย่างคร่าว ๆ จากค่าที่อ่านได้จากแลกโตมิเตอร์ (Lactometer) และเปอร์เซ็นต์ของไขมัน

การหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในนม อาจใช้วิธีหาค่าคร่าว ๆ ได้จากการคำนวณ ถ้าหากทราบความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์ของไขมันในนม การคำนวณนี้อาศัยความจริงที่ว่า องค์ประกอบของนมทั่วไปจะมีอยู่ในอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่ หากเป็นจริงเช่นนี้ ถ้าสามารถหาค่าของปัจจัย (factors) 2 อย่างในนมได้ ค่าของปัจจัยที่สามก็สามารถหาได้ สูตรที่ใช้สำหรับคำนวณเป็นสูตรที่เสนอโดย Hehner และ Richmond ในปี ค.ศ. 1888 ดังนี้

$$T.S. = \frac{L}{4} + 1.2F + 0.14$$

T.S. = ของแข็งทั้งหมดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

L = ค่าที่อ่านได้จากควีเวนน์แลกโตมิเตอร์ (Quévenne lactometer) ที่ 60 °F

F = เปอร์เซ็นต์ของไขมันในนม

ตัวอย่างเช่น ค่าที่อ่านได้จากแลกโตมิเตอร์คือ 32.0 (ความถ่วงจำเพาะ 1.032) และปริมาณไขมันเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งทั้งหมดในนมจะมีค่าเท่ากับ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด} = \frac{32}{4} + 1.2 \times 4 + 0.14 = 12.9\%$$

ค่าที่อ่านได้จากแลกโตมิเตอร์ จะต้องแก้ไขให้เป็นค่าที่ถูกดองที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์ ก่อนจะแทนค่าในสูตร

ปริมาณของของแข็งทั้งหมดในนม ก่อนข้างจะคงที่จึงมีประโยชน์ที่จะใช้หาว่า มีสิ่งเจือปนอยู่ในนมหรือไม่ ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid – not – fat) คำนวณได้จากการลบน้ำหนักของไขมัน (crude fat) จากน้ำหนักของของแข็งทั้งหมด ปริมาณของของแข็งไม่รวมไขมัน มีค่าคงที่มากกว่าของแข็งทั้งหมด เพราะปริมาณของไขมันแปรผันได้ง่าย

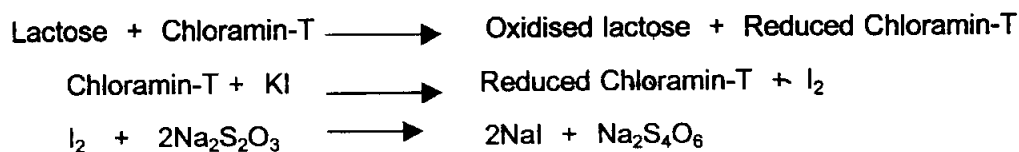
3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในนํ้านม

โปรตีนสำคัญในนํ้านม ได้แก่ เคซีน แลคตอลบูมิน และแลกโตโกลบูลินซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน ~ 15.7% การหาปริมาณโปรตีนทำได้โดยใช้วิธีของ Kjeldahl ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณไนโตรเจนในอาหารทั่วไป เมื่อทราบปริมาณของไนโตรเจนในโปรตีน ก็สามารถหาปริมาณของโปรตีนในนํ้านมได้โดยคูณปริมาณไนโตรเจนด้วย 6.38 ($\frac{100}{15.7}$)

วิธีของ Kjeldahl คือ ใส่ นํ้านม 10 กรัมใน Kjeldahl flask ทำการย่อย(digestion) โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น(เพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ในนํ้านม)และโพแตสเซียมซัลเฟต(ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการย่อย)และใช้คิวปริกซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไนโตรเจนในโปรตีน จะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นแอมโมเนียซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริก ไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากรีดักชัน(reduction)ของกรดซัลฟูริกจะระเหยออกไป



เมื่อเติมด่างแก่ลงไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียจะถูกปล่อยออกมา ดักจับแอมโมเนียในกรดมาตรฐานที่ทราบปริมาณ กรดนี้จะถูกไทเตรตกลับ (back titration) เพื่อหาปริมาณกรดที่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียซึ่งนำไปสู่การหาปริมาณของแอมโมเนียต่อไป

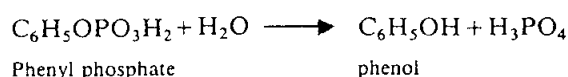


7.13 การตรวจสอบนมที่พาสเจอร์ไรส์และนมดิบ

การพาสเจอร์ไรส์เป็นขบวนการสำคัญที่ใช้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในนม วิธีทดสอบทางเคมีที่ใช้หาว่าตัวอย่างนมผ่านการพาสเจอร์ไรส์หรือไม่ หรือทดสอบว่าขบวนการพาสเจอร์ไรส์สมบูรณ์หรือไม่ เอ็นไซม์ส่วนใหญ่ในนมจะถูกทำลายเมื่อผ่านการพาสเจอร์ไรส์ แม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์จะต่ำ การตรวจหาเอ็นไซม์ในนมจึงเป็นวิธีตรวจสอบนมว่าเป็นนมดิบหรือนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์เพียงพอแล้วหรือไม่

ก. Schardinger test ใช้ตรวจสอบเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ที่มีอยู่ในนม โดยการใส่สารละลายแอลกอฮอล์ของเมธิลีนบลู (Methylene blue), ฟอรั้มัลดีไฮด์ (formaldehyde) และน้ำในสารตัวอย่างนมซึ่งใส่อยู่ในหลอดทดลอง แล้วนำเอาหลอดทดลองไปใส่ในน้ำอุ่น (water bath) ที่ 45°C ถ้าเป็นนมดิบมันจะฟอกสีของเมธิลีนบลูในเวลาน้อยกว่า 20 นาที ส่วนนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์จะใช้เวลานานกว่ามาก จึงจะฟอกสีของเมธิลีนบลูได้

ข. การตรวจหาเอ็นไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatase) โดยวิธีของ Kay และ Graham เป็นวิธีที่ดีกว่าคือ นำสารตัวอย่างนมมาอินคิวเบต (incubate) กับฟีนิลฟอสเฟต (phenyl phosphate) ในไดเอธิลบาร์บิเตรทบัฟเฟอร์ (diethyl barbiturate buffer) เป็นเวลา 18 ถึง 24 ชั่วโมง ที่ 34-37°C ถ้ามีฟอสฟาเตสอยู่ ฟีนิลฟอสเฟตจะถูกไฮโดรไลส์ได้ฟีนอล (phenol)



ถ้านมผ่านการพาสเจอร์ไรส์เพียงพอ เอ็นไซม์ฟอสฟาเตสส่วนใหญ่จะถูกทำลาย และจะเกิดไฮโดรลิซิส (hydrolysis) เพียงเล็กน้อย และฟีนอลจะถูกตรวจหาโดยวิธีใช้มาตรเทียบสี (Colorimetry) และค่าที่ได้ถ้าเกินกว่า 0.047 มิลลิกรัมของฟีนอล ต่อ 0.5 มิลลิกรัมของนม แสดงว่าการพาสเจอร์ไรส์ไม่สมบูรณ์

7.14 คุณสมบัติทางกายภาพของนม

1. สีของนม สีพื้นของนมเป็นสีขาวซึ่งเป็นสีของเคซีน ส่วนสีเหลืองที่ปนอยู่ (สีขาเหลืองหรือเหลืองอมขาว) เป็นสีของครีมซึ่งเกิดจากแคโรทีนอยด์ในนม ถ้าตกตะกอนแล้วแยก

เอาเคซีนออกไปแล้ว น้ำใส ๆ ที่เหลือจะมีสีฟ้าหรือสีเขียวอ่อนซึ่งเป็นสีของแลกโตฟลาวิน (lactoflavin) หรือไรโบฟลาวิน (riboflavin) ในนม

2. ความถ่วงจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะของนมมีค่าระหว่าง 1.027 ถึง 1.035 และมีค่าเฉลี่ย 1.032 ที่ 20 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเติมน้ำลงในนม ความถ่วงจำเพาะจะมีค่าลดลง

3. จุดเยือกแข็ง นมมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าน้ำ (0 องศาเซลเซียส) เพราะนมมีองค์ประกอบต่าง ๆ ละลายอยู่ จุดเยือกแข็งของนมคือ -0.55 องศาเซลเซียส (31.01 องศาฟาเรนไฮต์) จุดเยือกแข็งของนมใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบดูว่า มีการเติมน้ำในนมหรือไม่ การวัดจุดเยือกแข็งของนมใช้เครื่อง Cryoscope

4. จุดเดือด จุดเดือดของนมคือ 100.17 องศาเซลเซียส (212.3 องศาฟาเรนไฮต์)

5. การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ในสารละลายนมมีไอออนต่าง ๆ อยู่มาก โดยเฉพาะคลอไรด์ (ประมาณ 60-70%) ไอออนเหล่านี้เป็นตัวนำไฟฟ้า ปกติการนำไฟฟ้าของนมคือ 0.005 โมห์ ถ้าสูงตั้งแต่ 0.006 โมห์ขึ้นไป อาจสันนิษฐานได้ว่า นมนั้นมาจากเต้านมของโคที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ

6. ดัชนีหักเหของแสง (Refractive index) ดัชนีหักเหของน้ำมีค่า $n_D^{20} = 1.33299$ ส่วนดัชนีหักเหของนมมีค่า $n_D^{20} = 1.3440 - 1.3480$ ถ้ามีการเติมน้ำในนมค่าดัชนีจะลดลง