บทที่ 7
นมและผลิตภัณฑ์นม
(Milk and Milk Products)

น้ำนมเป็นของเหลวที่กลั่นจากเต้านมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อใช้เลี้ยงลูกอ่อน สัตว์ที่สำคัญที่สุดที่ให้น้ำนมคือ โคนม โคนมเป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงโคนมมากกว่าสัตว์ให้น้ำนมชนิดอื่น แต่ในบางแห่งของโลกมนุษย์รับประทานน้ำนมจากกวางเรนเดีย กระบือและแพะ องค์ประกอบของนมสัตว์ชนิดต่าง ๆ และน้ำนมคน แสดงอยู่ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 องค์ประกอบของนมสัตว์ชนิดต่าง ๆ และน้ำนมคน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

สัตว์ให้นม	ไขมัน	โปรตีน	แลกโตส	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
กวางเรนเดีย	18.70	11.10	2.70	1.20	33.70
ปลาวาฬ	22.24	11.95	1.79	1.66	38.14

ตารางที่ 7.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของนมน้ำเหลือง

เวลาภายหลังคลอด	รีดทันที	6 ช.ม.	12 ช.ม.	24 ช.ม.	36 ช.ม.	48 ช.ม.	3 วัน	4 วัน	5 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
- คลอไรด์ (%)	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
- แอลบูมีนและโกลบูลิน	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
- แลกโตส	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 "โคโลสตรัม" (Colostrum) **มีลักษณะข้น และมีสีค่อนข้างเหลือง มีรสเค็ม องค์ประกอบและคุณสมบัติของนมน้ำเหลือง แสดงอยู่ในตารางที่** 7.2

นอกจากคุณสมบัติที่แสดงในตารางที่ 7.2 แล้ว นมน้ำเหลืองยังมีวิตามินเอ สูงกว่านมธรรมดา เนื่องจากมีปริมาณกรดสูงกว่านมธรรมดา จึงมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ นอกจากนี้ยังมีอิมมิวโนโกลบูลิน (immunoglubulin) ซึ่งเป็นอิมมูนโปรตีน (immune protein) สูงกว่านมธรรมดา จึงเหมาะสำหรับเลี้ยงลูกโคเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันโรค

7.1 ส่วนประกอบของน้ำนม

น้ำนมเป็นอาหารธรรมชาติที่นับได้ว่าสมบูรณ์ที่สุด เพราะมันประกอบด้วยสารอาหารครบทุกชนิดเท่าที่ชีวิตเริ่มต้นต้องการ ซึ่งยังไม่มีอาหารอื่นใดจะมีสารอาหารครบถ้วนเท่ากับนม 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	8.77

ส่วนประกอบโดยคร่าว ๆ นี้ ใช้เพื่อการตีราคาในเวลาซื้อขายนม ในการตีราคา

จะถือไขมันและของแข็งทั้งหมด (total solid) ในน้ำนมเป็นสำคัญ ของแข็งทั้งหมดในน้ำนมประกอบด้วยไขมัน โปรตีน แลกโตสและแร่ธาตุ ส่วนของแข็งไม่รวมไขมัน (solid – not – fat) ประกอบด้วยโปรตีน แลกโตสและแร่ธาตุ

ส่วนประกอบโดยละเอียดของนม มีดังนี้

1. น้ำ

2. น้ำตาล

ก. แลกโตส (คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สุดในนม)

ข. กลูโคส

ค. กาแลกโตส

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

4. ลิปิด

ก. ไขมัน

ข. ฟอสโฟลิปิด (phospholipids)

ค. สเตรอล (sterols)

5. เอ็นไซม์

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 กรดแพนโตเธนิก ไพริดอกซิน ไบโอติน กรดโฟลิก บีสิบสอง กรดแอสกอร์บิก คอลีน (choline) อิโนซิทอล (inositol) กรดโอโรติก (orotic acid)

7. รงควัตถุ (Pigments)

ก. แคโรทีน

ข. ไรโบแฟลวิน

8. เถ้าและแร่ธาตุ

แร่ธาตุที่สำคัญในนม ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส กรดซิตริก โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟอร์ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่มีอยู่ในปริมาณน้อยมากวัดเป็นส่วนในล้าน (parts per million) อีกเป็นจำนวนมาก เช่น อะลูมิเนียม อาร์ซีนิก แบเรียม โบรอน โบรมีน โครเมียม โคบอลต์ ทองแดง ไอโอดีน เหล็ก ตะกั่ว ลิเธียม แมงกานีส โมลิปดินัม รูบิเดียม ซีรีเนียม ซิลิคอน เงิน สตรอนเจียม ดีบุก ไทแทเนียม แวแนเดียม 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 แต่มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่ำ โคพันธุ์ Holstein มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันและโปรตีนต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำสูง

ตารางที่ 7.4 ส่วนประกอบของน้ำนมโคจากโคพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน	แลกโตส	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)

จากการศึกษาปัจจัยในประเทศหนาวพบว่า ถ้าลดอุณหภูมิจาก 72 จนถึง 27°ฟ ลงทุก ๆ 10 ฟ ปริมาณของไขมัน (butter fat) จะเพิ่มขึ้น 0.2% จากการวิจัยพบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยของน้ำนมโคจะมีค่าต่ำสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิถึงต้นฤดูร้อน และเปอร์เซ็นต์ของไขมันและโปรตีนจะมีค่าสูงสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วงถึงต้นฤดูหนาว (ตารางที่ 7.5) ส่วนในประเทศไทยพบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันของนม จะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว แต่จะมีค่าต่ำในฤดูร้อน เพราะฤดูร้อนนี้เป็นฤดูที่ขาดแคลนหญ้า (อาหารหยาบ)

ตารางที่ 7.5 อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อส่วนประกอบของนม

เดือน	ไขมัน	โปรตีน	แลกโตส	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

แม่โคพันธุ์เดียวกันแต่เป็นโคคนละตัวก็ยังให้เปอร์เซ็นต์ของมันเนยต่างกัน สาเหตุอาจมาจากลักษณะทางสรีรวิทยาและกรรมพันธุ์ของโคแต่ละตัว

4. อายุของโค (age)

ในปีแรก ๆ โคจะให้นมที่มีไขมันสูง จนกระทั่งถึงประมาณปีที่ 10 ของการให้นม หลังจากนี้ปริมาณไขมันจะลดลงร้อยละ 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 ถ้าแบ่งช่วงระยะการให้น้ำนม (lactation) ของโคออกเป็น 3 ช่วง

ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนที่หนึ่งถึงเดือนที่สามหลังคลอดลูก เปอร์เซ็นต์ของมันเนยจะค่อนข้างต่ำ แต่พอเข้าช่วงที่สองคือ ตั้งแต่เดือนที่สี่จนถึงเดือนที่เก้าหรือสิบ เปอร์เซ็นต์ของมันเนยจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ระยะอีก 3-4 สัปดาห์ก่อนสิ้นระยะให้นม เปอร์เซ็นต์ของมันเนยจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 7.6 อิทธิพลของระยะการให้นมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ของไขมันนม

ระยะของการให้นม (เดือน)	Guernsey (3,763 รายงาน) มันเนย (%)	Jersey (299 รายงาน) มันเนย (%)	Holstein (95 รายงาน) มันเนย (%)
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 การให้อาหารมากเกินพอ อาจจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนส่วนประกอบของน้ำนม แต่จะทำให้โคอ้วนขึ้น

ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคก็มีผลกระทบต่อส่วนประกอบของน้ำนม อาหารโคที่ขาดโปรตีนหรือมีแคลอรี่ต่ำ จะทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตลดลง นอกจากนี้ อาหารที่ขาดวิตามินดีและแคโรทีนจะมีผลต่อปริมาณของวิตามินดี และแคโรทีนของนมด้วย แต่องค์ประกอบอื่น ๆ ในนมจะค่อนข้างคงที่

7. ช่วงระยะเวลาก่อนการรีดนมและช่วงเวลาของวันที่มีการรีดนม

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

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะแบ่งช่วงเวลาก่อนรีดนมให้เท่า ๆ กัน นมที่รีดในตอนบ่ายก็ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่านมที่รีดตอนเช้า (แต่ความแตกต่างมีไม่มากนัก) นักวิจัยสันนิษฐานว่า คงเป็นเพราะอิทธิพลของแสงที่ไปกระตุ้นการปลดปล่อยฮอร์โมนออกซิทอกซิน (oxytoxin) 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-แลกตัลบูมีน (α – lactalbumin) และเบต้า-แลกโตโกลบูลิน (β – lactoglobulin) ส่วนประกอบของโปรตีนในหางนม (นมที่กำจัดไขมันออกแล้ว) แสดงอยู่ในตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ส่วนประกอบเฉลี่ยของโปรตีนในหางนมอุ่น

	กรัม/100 กรัมของนม	% โปรตีนทั้งหมด[1]
Colloidal casein	2.36	74
Serum casein	0.26	8
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	2

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

เคซีนเป็นโปรตีนที่พบในนมเท่านั้น และสามารถทำให้ตกตะกอนได้ โดยทำให้นมหรือหางนมเป็นกรดที่ pH 4.6 และอุณหภูมิ 20°ซ เคซีนไม่ใช่โปรตีนเดี่ยว แต่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ตัว คือ α_{s_1} – casein, β – casein และ k – casein α_{s_1} – casein มีปริมาณมากที่สุด คือประมาณ 50% ของ casein ทั้งหมด มีน้ำหนักโมเลกุล 23,600 และเป็นโซ่โพลีเปปไทด์โซ่เดี่ยว ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนเรซิดิว (amino acid residues) ถึง 199 เรซิดิว รวมทั้งฟอสเฟตเรซิดิว (phosphate residues) ซึ่งอยู่เป็นฟอสฟอโมโนเอสเธอร์ของเซรีน (phosphosmonoester of serine)

โปรตีนที่พบในนมมากเป็นลำดับรองลงมาคือ β – casein ซึ่งมีอยู่ประมาณ 33% β – casein เป็นโซ่โพลิเปปไทด์โซ่เดี่ยวมีน้ำหนักโมเลกุล 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) เพราะมันช่วยทำให้ α_{s_1} – casein และ β – casein ซึ่งไม่ละลายในสารละลายแคลเซียมเสถียรอยู่ได้ นอกจากนี้ k – casein ยังเป็นองค์ประกอบของสารเชิงซ้อนเคซีนที่ถูกไฮโดรไลส์ได้ง่ายที่สุดโดยเรนนิน

(rennin) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการไฮโดรไลส์คือ para – k – casein และ glycomacropeptide โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) ของ k – casein ยังไม่กระจ่างนัก มันเป็นโปรตีนในกลุ่มเคซีนเพียงชนิดเดียวที่ประกอบด้วยซีสทีน (cystine) และเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เพราะมันประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โดยส่วนของคาร์โบไฮเดรตติดกับปลายคาร์บอน (C – terminal) ของ glycomacropeptide ของ k – casein และเป็นส่วนที่ละลายได้ดีที่สุดเมื่อถูกไฮโดรไลส์โดยเรนนิน

1. **เคซีนไมเซลล์** (Casein micelle)

เคซีนในนมอยู่ในรูปของไมเซลล์ ซึ่งกระจายเป็นแบบคอลลอยด์ในนม (colloidal dispersed micelle) ประกอบด้วยหน่วยย่อย (subunits) ซึ่งมีแคลเซียมเป็นตัวเชื่อมโยง และ/หรือ เกิดสารเชิงซ้อนกับแคลเซียมฟอสเฟต ถ้าใส่สารคีเลท (chelating agent) เพื่อดึงแคลเซียมไอออนออก ไมเซลล์จะแตกตัวออกเป็นหน่วยย่อย แต่ถ้าเติมแคลเซียมไอออนเข้าไปใหม่ หน่วยย่อยเหล่านี้จะกลับรวมกันเป็นไมเซลล์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8.5°ซ β – casein และ k – casein ส่วนใหญ่จะแตกตัวจากสารเชิงซ้อน เหลือแต่ α_{s_1} – casein เป็นแมตริกซ์ของโครงสร้าง (structural matrix) แต่เมื่ออุ่นหน่วยย่อยเหล่านี้ จะกลับรวมกันเป็นสารเชิงซ้อน ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ยังไม่สมบูรณ์ มีผู้เสนอโมเดล (model) ที่เป็นไปได้สำหรับโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ไว้หลายแบบ แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วกัน

2. **เวย์โปรตีน** (Whey protein)

เวย์โปรตีนหรือซีรัมโปรตีนประกอบด้วย เบต้า แลกโตโกลบูลิน (β – lactoglobulin) เป็นส่วนใหญ่ ยังมีแอลฟา-แลกตัลบูมิน (α – lactalbumin) และโปรตีนอื่น ๆ ได้แก่ อิมมิวโนโกลบูลิน (immunoglobulin), ซีรัมแอลบูมินและส่วนของสารเชิงซ้อนโปรทีโอส-เปปโตน (proteose-peptone fraction) เวย์โปรตีนไม่เสถียรต่อความร้อน และรวมกันเป็นสารเชิงซ้อน (associated complexes) เมื่อนมถูกต้ม

ก. เบต้า-แลกโตโกลบูลิน เป็นโปรตีนที่อุดมที่สุดในเวย์ เบตา-แลกโตโกลบูลินมีโมโนเมอร์ (monomers) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 18,000 และมันจะอยู่ในรูปนี้เฉพาะที่ pH < 3.5 และ > 7.5 ระหว่าง pH 3.5 และ 7.5 มันจะเป็นไดเมอร์ (dimer) มีน้ำหนักโมเลกุล 36,000 โปรตีนนี้มีเอกลักษณ์ที่สำคัญคือ ประกอบด้วยหมู่ซัลไฟดริล (– SH) 1 หมู่ต่อ 1 โมล หมู่ซัลไฟดริลนี้อยู่ในรูปของซิสเทอิน (cysteine) การแปลงสภาพ (denaturation) ของเบต้า-แลกโต-

โกลบูลิน เกิดจากอิทธิพลของความร้อน, การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน, และ pH > 8.6

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

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

$$\text{UDP} - \text{gal} + \text{glucose} \xrightarrow{\text{lactose synthetase}} \text{lactose} + \text{UDP}$$

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

ค. อิมมิวโนโกลบูลิน อิมมิวโนโกลบูลินของเวย์คล้ายคลึงกับอิมมิโนโกลบูลินของเลือดคือ ประกอบด้วยไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ซึ่งมีแอนติบอดี้อยู่ มันเป็นโปรตีนสำคัญในนมน้ำเหลืองและเป็นสารที่ให้ภูมิคุ้มกันแก่ลูกโคที่เกิดใหม่ ในนมธรรมดามีอิมมิวโนโกลบูลินอยู่น้อย และจะรวมกับวัฏภาคลิปิด (lipid phase) ในการเกิดปรากฏการณ์การเกิดขั้นครีม (creaming phenomenon)

ง. *โปรตีนอื่น ๆ* เวย์ซีรัมโปรตีนเหมือนกับซีรัมโปรตีนของเลือด มันเป็นโมเลกุลค่อนข้างใหญ่ (น้ำหนักโมเลกุล ~69,000) และมีปริมาณซิสทีนสูง (17 เรซิดิวต่อโมล) และมีหมู่ซัลไฟดริลอิสระ 1 หมู่

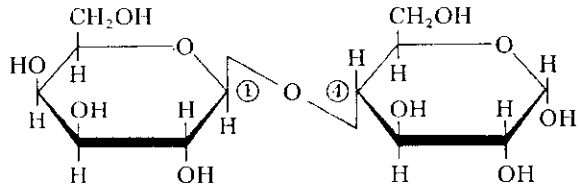
ในหางนมยังประกอบด้วยแลกโตเฟอร์ริน (lactoferrin) ซึ่งเป็นโปรตีนสีแดงที่ประกอบด้วยเหล็กและซีรัมทรานสเฟอร์ริน (serum transferrin) ซึ่งเหมือนกับซีรัมทรานสเฟอร์รินของเลือด

ส่วนของโปรตีโอส-เปปโตน เป็นกลุ่มฟอสฟอไกลโคโปรตีน (phosphoglycoprotein) (ประกอบด้วยองค์ประกอบ ~8-10 ตัว) ที่เสถียรต่อความร้อนและกรด มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง ~4,000 ถึง ~2,000,000 โปรตีโอส-เปปโตนเป็นโปรตีนที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีกรดอะมิโนที่เป็นอะโรเมติก และกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณต่ำ และมีคาร์โบไฮเดรตด้วย

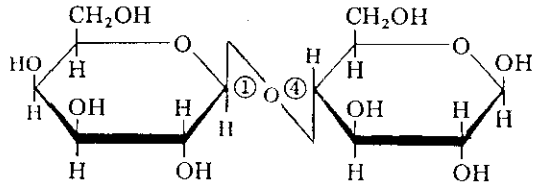
ยังมีสารโปรตีนอีกปริมาณเล็กน้อยในเยื่อบุผิวของเม็ดไขมัน (fat globule membrane) ในรูปของสารเชิงซ้อนลิปิด-โปรตีน (lipid-protein complex)

7.4 แลกโตส (Lactose) ในนม

แลกโตสเป็นน้ำตาลที่พบเฉพาะในนมเท่านั้น แลกโตสเป็นน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) เมื่อแลกโตสถูกไฮโดรไลส์จะได้กลูโคสและกาแลกโตส 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 (O – β – D – galactopyranosyl – (1→4) – α – D – glucopyranose)



β – Lactose (O – β – D – galactopyranosyl – (1→4) – β – D – glucopyranose)

รูปที่ 7.1 แอลฟา-แลกโตส และเบต้า-แลกโตส

เบต้า-แลกโตสหรือแลกโตสแก้ว (lactose glass) มีความหวานเพียงหนึ่งในห้าของความหวานของซูโครส ทั้งแลกโตสและแร่ธาตุมีส่วนรับผิดชอบต่อกลิ่นรสของนม เมื่อตกผลึกแลกโตสจากเวย์ที่เข้มข้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 93.5°ซ จะได้แลกโตสเป็นแอลฟา-แลกโตสไฮเดรต ประกอบด้วยน้ำ 1 โมล ผลึกแอลฟา-แลกโตสไฮเดรตมีสเปซิฟิกโรเตชันในน้ำ $[\alpha]_D^{20}$ = 89.4°ซ และมีจุดหลอมเหลว 201.6°ซ ผลึกแอลฟา-แลกโตสไฮเดรตมีรูปผลึกเป็นรูปขวานโทมาฮอค (tomahawk) ละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อใส่เข้าปากจะรู้สึกสาก ๆ (gritty geel) ถ้าตกผลึกที่อุณหภูมิสูงกว่า 93.5°ซ จะได้เบต้า-แลกโตสแอนไฮดรัส (anhydrous β – lactose) มีรูปเข็มและมีสเปซิฟิก-โรเตชัน $[\alpha]_D^{20}$ = 35.0°ซ และมีจุดหลอมเหลว 252.5°ซ

เมื่อแลกโตสรูปใดรูปหนึ่งละลายในน้ำ จะเกิดการเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปอีกรูปหนึ่งจนกระทั่งถึงจุดสมดุล ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า มิวทาโรเตชัน (mutarotation) มิวทาโรเตชันมีผลทำให้สเปซิฟิกโรเตชันสุดท้ายเปลี่ยนเป็น 55.3°ซ ที่จุดสมดุล และสารผสมที่จุดสมดุลจะประกอบด้วยแอลฟา-แลกโตส 37.3% และเบต้า-แลกโตส 62.7% เมื่อสารละลายของแลกโตสถูกทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว ดังเช่นในขบวนการผลิตนมผง แลกโตสจะมีลักษณะที่ไม่เป็นรูปผลึกแต่เหมือน "แก้ว" (glass) ซึ่งเป็นสารผสมของแอลฟา- และ เบต้า-แลกโตสที่จุดสมดุล มีคุณสมบัติ ดูดความชื้น ง่าย (hygroscopic)

7.5 เอ็นไซม์ในนม

เอ็นไซม์อาจอยู่ในรูปโปรตีนอิสระหรือเป็นอะโพโปรตีน (apoprotein) ในสารเชิงซ้อนไลโพโปรตีน (lipoprotein complex) เอ็นไซม์ในนมจะกระจายอยู่ทั่วไปในนม เอ็นไซม์บางส่วนอยู่ที่เยื่อผิวของเม็ดไขมัน (fat globule membrane) บางส่วนรวมตัวกับไมเซลล์ (casein micelle) และบางส่วนอยู่อย่างอิสระและแขวนลอยอยู่ในนมในรูปคอลลอยด์ (ตารางที่ 7.8) แม้ว่ามีเอ็นไซม์มากมายหลายชนิดในนม แต่มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อนักวิทยาศาสตร์ทางอาหาร

(1) แอลคาไลน์ ฟอสฟาเตส (Alkaline phosphatase)

เอ็นไซม์อยู่ในรูปของสารเชิงซ้อนไลโพโปรตีน และกระจายอยู่ระหว่างชั้นลิปิดในเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน (fat globule membrane, FGM) และชั้นเอเควียส ปกติเอ็นไซม์นี้จะถูกทำลายโดยขบวนการพาสเจอไรส์ 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]
UDP-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 เยื่อกอลไจ (Golgi membrane)

PM เยื่อพลาสมา — ER คือ เอ็นโดพลาสมิกเรติคิวลัม

(2) **ไลเปส** (Lipase)

จากข้อมูลต่าง ๆ แสดงว่าอาจมีเอ็นไซม์ไลเปสมากกว่า 1 ชนิดในนม ได้แก่ "เมม-เบรนไลเปส" (membrane lipase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ถูกดูดซับอย่างถาวรอยู่ที่เยื่อหุ้มเม็ดไขมัน เมื่อนมถูกทำให้เย็นลง และ "พลาสมาไลเปส" (plasma lipase) ซึ่งเป็นไลเปสส่วนที่เหลืออยู่ในหางนม (skim milk) เมื่อนมถูกปั่น เยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะฉีกขาดและปลดปล่อยเอ็นไซม์ไลเปสออกมาย่อยไขมันได้ นักวิจัยหลายท่านแสดงให้เห็นว่า ไลเปสในนมรวมอยู่กับเคซีน-ไมเซลล์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งรวมกับ k – casein เอ็นไซม์ไลเปสจะถูกทำลายโดยขบวนการพาสเจอไรส์

(3) **โปรทีเอส** (protease)

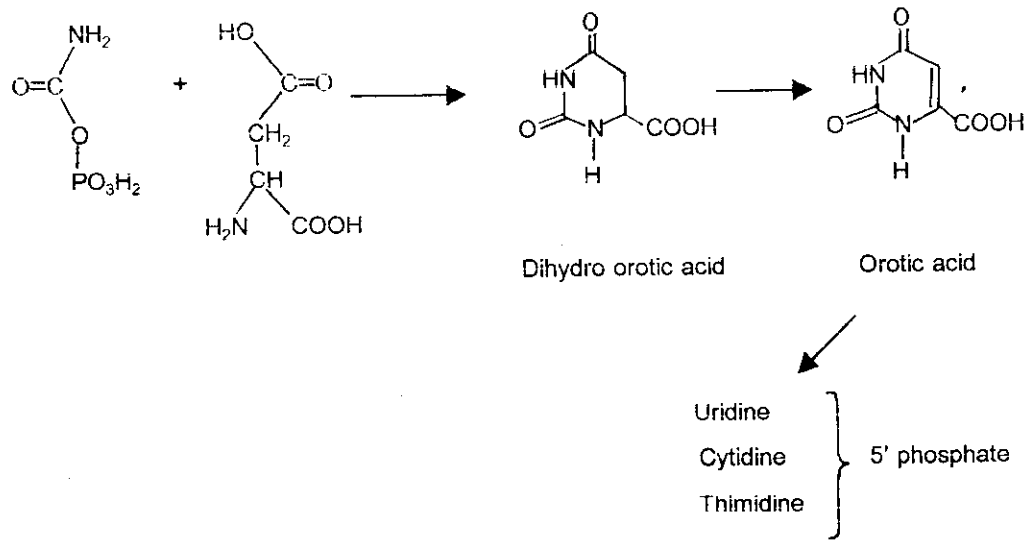
เอ็นไซม์โปรทีเอสเป็นเอ็นไซม์ที่ค่อนข้างทนต่อความร้อนและรวมอยู่กับส่วนของเคซีน ผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านขบวนการพาสเจอไรส์แบบ HTST (High temperature short time) ก็อาจเสียได้ เนื่องจากเอ็นไซม์นี้ยังไม่ถูกทำลาย

(4) **แซนธิน ออกซิเดส** (xanthine oxidase)

เอ็นไซม์นี้มีอยู่ปริมาณมากในเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน มันประกอบด้วยโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งจะจับอย่างแน่นหนากับ 2 โมลของแฟลวินอะดินินไดนิวคลีโอไทด์ (FAD), 8 อะตอมของเหล็ก และ 2 อะตอมของโมลิบดินัม (molybdenum) การแตกหักของ FAD โดยเอ็นไซม์นี้จะให้แฟลวินโมโนนิวคลีโอไทด์ (FMN) และไรโบแฟลวิน ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า แซนธินออกซิเดสทำให้เกิดปริมาณของไรโบแฟลวินสูงในนมโค

7.6 กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ที่มีมากเป็นพิเศษในน้ำนมสดๆ คือ กรดซิตริก (1.8 กรัม / ลิตร) แต่หลังจากเก็บนมไว้ระยะหนึ่ง กรดนี้จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการกระทำของแบกทีเรียในน้ำนม กรดอื่นๆ เช่น กรดแลกติกและกรดอะซิติกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแตกหักของน้ำตาลแลกโตส นอกจากนี้ยังมีกรดออโรติก(7.5 มิลลิกรัม / ลิตร)ซึ่งเป็นสารมัธยันต์(Intermediate) จากขบวนการสังเคราะห์ไพริดีนนิวคลีโอไทด์ กรดนี้พบเฉพาะในน้ำนม



7.7 วิตามิน

วิตามินที่พบในนมมีทั้งวิตามินที่ละลายในไขมันและละลายน้ำ วิตามินที่ละลายในไขมันได้แก่ วิตามินเอ ดี อี เค และแคโรทีนอยด์อยู่ในส่วนไขมันนม ส่วนวิตามินบีต่าง ๆ และวิตามินซีส่วนใหญ่อยู่ในหางนม ปริมาณของวิตามินที่ละลายในไขมัน ยกเว้นวิตามินเค ขึ้นกับปริมาณอาหารที่โคบริโภค ปริมาณของวิตามินเค และวิตามินที่ละลายในน้ำไม่ขึ้นกับอาหารโค เพราะมันสามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นได้ในกระเพาะที่หนึ่ง (rumen) และเนื้อเยื่อของโค วิตามินเหล่านี้นอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีบทบาทต่อการรักษากลิ่นรสของนม วิตามินบีต่าง ๆ อยู่ในรูปอิสระหรือเป็นสารเชิงซ้อนกับโปรตีน

7.8 เถ้าและแร่ธาตุในนม

เถ้าของนมแตกต่างจากแร่ธาตุของนม เถ้าเป็นส่วนที่เหลืออยู่หลังจากเผานมจนเป็นเถ้าที่ 600°ซ เถ้าของนมประกอบด้วยออกไซด์ของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ รวมทั้งคลอไรด์ด้วย ซัลเฟอร์และส่วนของฟอสฟอรัสและเหล็กมาจากโปรตีนของนม ส่วนแร่ธาตุในนม ได้แก่ ฟอสเฟตคลอไรด์และซิเตรตของโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (ตารางที่ 7.9) โซเดียม โพแทสเซียมและคลอไรด์จะไอออไนส์หมด ส่วนฟอสเฟต แคลเซียม แมกนีเซียมและซิเตรตบางส่วนอยู่ในรูปที่ละลาย และบางส่วนอยู่เป็นสารเชิงซ้อนคอลลอยด์ (colloidal complexes) ประมาณสองในสามของปริมาณแคลเซียมทั้งหมดของนมกระจายเป็นคอลลอยด์ และมีเพียงหนึ่งในสิบเท่านั้นที่อยู่ในรูปแคลเซียม

ไอออน สภาวะของสมดุลระหว่างแคลเซียมในรูปแคลเซียมไอออน และรูปสารเชิงซ้อนมีส่วนสำคัญต่อเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์นม ถ้าเติมกรด แคลเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแคลเซียมไอออนและทำให้เคซีนไมเซลล์ไม่เสถียร ถ้าทำไดแอลิซิส (dialysis) สารเชิงซ้อนแคลเซียม-ฟอสเฟตจะแตกตัวปลดปล่อยหน่วยย่อยของระบบเคซีนออกมา ที่อุณหภูมิสูง สภาวะสมดุลจะเปลี่ยนไปทางด้านการเกิดสารเชิงซ้อน 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
Silenium	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[1]	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)	8.94
Palmitic acid (hexadecanoic)	13.8
Stearic acid (octadecanoic)	13.2
Unsaturated :	
Oleic acid (9:10 octadecanoic)	29.6[1]
Linoleic acid (octadecadienoic)	2.11

Source : Kurtz (1965).

[1]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), สเตรอล (sterols) และวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามินเอ ดี เค และ อี ตลอดจนแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ปริมาณเล็กน้อย

ตารางที่ 7.13 แสดงปริมาณของฟอสฟอลิปิดในนมและผลิตภัณฑ์นม และตารางที่ 7.14 แสดงชนิดและปริมาณของฟอสฟอลิปิดในไขมันนม ซึ่งรวบรวมจากผลการวิเคราะห์ของกลุ่มนักวิจัยหลายกลุ่ม

ตารางที่ 7.13 ปริมาณของฟอสฟอลิปิดของนมและผลิตภัณฑ์นม

ผลิตภัณฑ์	ฟอสฟอลิปิดในผลิตภัณฑ์	ไขมันในผลิตภัณฑ์	ฟอสฟอลิปิดในไขมันนม
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 ชนิดของฟอสฟอลิปิดในไขมันนม

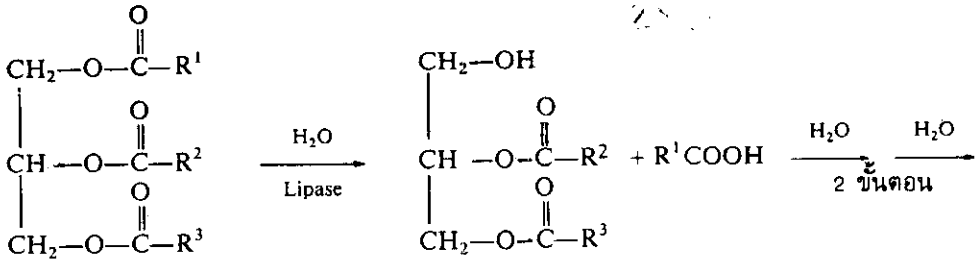
ชนิดของฟอสฟอลิปิด	อัตราส่วนของฟอสฟอลิปิดทั้งหมด			
	Deutsch et al. Mole % (1958)	Rhodes and Lea mole % (1958)	Koops mole % (1958)	Smith and Freeman Wt.% (1959)
Phosphatidyl choline	33	33	30	32
Phosphatidyl ethanolamine	38	29	30	35
Phosphatidyl serine		10	10	
Phosphoinositides	–	5	6	มีอยู่
Plasmologens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

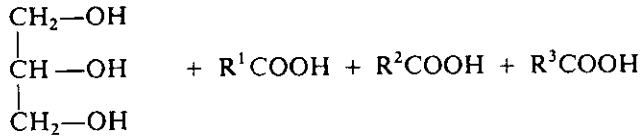
7.10 การเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นรสที่ไม่ดีในนม

การเกิดกลิ่นหืน (racidity) ในนม เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดกับไขมันนม การเกิดกลิ่นหืนมีสาเหตุอยู่ 2 ประการ คือ

ก. การไฮโดรไลส์ไขมันนมโดยเอ็นไซม์ไลเปส

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

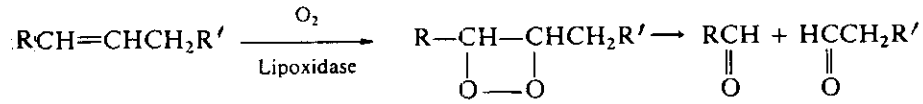




ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ จะทำให้เกิดไดกลีเซอไรด์, โมโนกลีเซอไรด์และในที่สุดจะให้กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล กรดไขมันเหล่านี้มีตั้งแต่ C_4 (กรดบิวทีริก) จนถึง C_{18} (กรดสเตียริกและกรดโอเลอิก) กรดไขมันอิสระบางชนิดทำให้เกิดกลิ่นคล้ายเนยเหลว และกลิ่นคล้ายสบู่

ข. ออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว

ไขมันนมประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถึงประมาณ 40% กรดไขมันเหล่านี้มีพันธะคู่ ซึ่งจะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ โดยมีไลพอกซิเดส (Lipoxidase) เป็นตัวเร่ง



แอลดิไฮด์ที่เกิดโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวนี้ มีความยาวโซ่จาก C_4 ถึง C_{14} แอลดิไฮด์เหล่านี้มีกลิ่นแรง 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

น้ำนมนอกจากจะใช้บริโภคในรูปของน้ำนมสดแล้ว องค์ประกอบต่าง ๆ ของน้ำนมสามารถจะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมต่าง ๆ กันได้ เช่น นมผง น้ำนมข้น น้ำนมเปรี้ยว น้ำนมระเหย ไอศกรีม เนยแข็งและเนยเหลว เป็นต้น

1. นมสด

นมสดที่มีขายตามท้องตลาดก่อนที่จะนำออกจำหน่าย จะต้องนำมาผ่านขบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเสียก่อน ขบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การพาสเจอไรส์ (Pasteurization)

คือ กรรมวิธีที่ใช้ความร้อนปริมาณเพียงพอแค่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดที่จะทำให้เกิดโรคเท่านั้น ไม่ได้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด การพาสเจอไรส์นมแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

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

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

กรรมวิธีพาสเจอไรส์ทั้ง 2 วิธีนี้ เมื่อให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดให้แล้ว จะต้องทำให้นมเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิประมาณ 5°ซ หรือต่ำกว่า และต้องเก็บนมไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ การพาสเจอไรส์นมจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคได้ทุกชนิด และลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นสาเหตุของโรคให้น้อยลงเพื่อป้องกันนมเสีย การพาสเจอไรส์นมจะทำลายเอ็นไซม์ส่วนใหญ่ในนม ดังนั้น การทดสอบแอกติวิตีของเอ็นไซม์ จึงอาจใช้เป็นวิธีที่จะแยกนมที่พาสเจอไรส์กับนมดิบที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์หรือนมที่พาสเจอไรส์ไม่สมบูรณ์ นมที่ผ่านการพาสเจอไรส์โดยวิธี L.T.L.T. นี้ จะมีกลิ่นคุก (cook flavor) และรสชาติเปลี่ยนไป เพราะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเมธีลซัลไฟด์

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

2. *การสเตอริไลส์* (Sterilization)

เป็นกรรมวิธีซึ่งใช้ความร้อนไม่น้อยกว่า 100°ซ ในเวลาที่เหมาะสม สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของมันด้วย

นมที่จะนำมาสเตอริไลส์จะต้องผ่านขบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "โฮโมจิไนเซอร์" (homogenizer) ซึ่งจะทำให้เม็ดไขมันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ถึง 10 ไมครอน ลดลงจนมีขนาดน้อยกว่า 2 ไมครอน วิธีนี้ทำให้เม็ดไขมันแทรกตัวอยู่ในน้ำได้นานมากขึ้น ไม่แยกตัวลอยขึ้นสู่ผิวบนหลังจากตั้งนมทิ้งไว้

การสเตอริไลส์นมทำได้ดังนี้คือ บรรจุนมที่ผ่านขบวนการโฮโมจิไนส์แล้ว ลงในกระป๋องที่สะอาด แล้วปิดสนิทมิให้มีรอยรั่ว เอากระป๋องนมไปนึ่งโดยใช้ความร้อน 116.7°ซ เป็นเวลา 12-15 นาที หรือ 129.6°ซ เป็นเวลา 3 ถึง 5 นาที

นมสดพาสเจอไรส์ต้องเก็บไว้ในตู้เย็น และมีอายุการเก็บไม่นาน เพราะในนมยังมีจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคเหลืออยู่ แต่สามารถทำให้นมเปรี้ยวได้ อุณหภูมิของตู้เย็นไม่ควรเกิน 40°ฟ และไม่ควรเก็บเกิน 48 ชั่วโมง ส่วนนมสดสเตอริไลส์เก็บได้นาน โดยไม่มีกำหนดเวลา แต่เมื่อใดที่เปิดกระป๋องแล้ว จะต้องเก็บไว้ในตู้เย็นเหมือนนมพาสเจอไรส์ และควรรับประทานให้หมด ไม่ควรเก็บไว้นาน

ในปัจจุบัน น้ำนมสดที่มีภายในประเทศไทยมีหลายชนิด ทั้งที่บรรจุขวดแก้ว กล่องกระดาษและถุงพลาสติก นมที่มีขายแพร่หลายอีกประเภทหนึ่งคือ นมยูเอชที (Ultra high temperature milk หรือ U.H.T. milk) ซึ่งเป็นนมที่ผ่านการโฮโมจิไนส์แล้วมาผ่านความร้อนโดยตรงโดยการฉีดพ่นด้วยไอน้ำที่ 140-150°ซ เป็นเวลา 2-4 วินาที หรือให้นมผ่านขดลวดหรือเพลท (plates) ที่ร้อน 135-140 °ซ เป็นเวลา 6-10 วินาที และบรรจุในภาชนะที่ปลอดเชื้อ นมชนิดนี้สามารถเก็บได้นานไม่ต่ำกว่า 3 เดือน กรรมวิธีนี้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์ของมันด้วย เวย์โปรตีนถูกแปลงสภาพ (denatured) ไปบางส่วน สี กลิ่น และรสของนมยูเอชที เทียบได้กับนมพาสเจอไรส์แบบ H.T.S.T. มีสีค่อนข้างขาวและกลิ่นคุกไม่มี นมชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็น

2. นมผง (powder milk)

ได้แก่ นมสดที่ระเหยน้ำออกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ จนเป็นผง นมผงอาจแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

ก. นมผงไขมันเต็ม (dried whole milk)

นมผงประเภทนี้ ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำนมสดที่ไม่ได้แยกไขมันออก นมผงไขมันเต็มมีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่า 26% นมผงประเภทนี้เก็บได้ไม่นานนัก เพราะมีกลิ่นหืนง่าย เป็นนมผงที่มีประโยชน์ ใช้เลี้ยงทารก ทำไอศกรีม ผสมไส้กรอกและทำเป็นนมคืนรูปใช้ในครัวเรือน

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

นมผงประเภทนี้ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำนม ที่แยกเอาไขมันบางส่วนออกไป นมผงประเภทนี้มีไขมันไม่น้อยกว่า 1.5% และไม่เกิน 26% นมผงประเภทนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กัน มีใช้บ้างในการทำผลิตภัณฑ์นมคืนรูปเฉพาะอย่างเท่านั้น

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

เป็นนมผงที่ได้จากการระเหยน้ำออกจากน้ำนมที่แยกเอาไขมันออกแล้ว หรือหางนม นมผงประเภทนี้มีไขมันไม่ถึง 1.5% นมผงประเภทนี้มีปริมาณของไขมันต่ำเท่านั้น แต่สารอาหารอื่น ๆ จะใกล้เคียงกับนมผงธรรมชาติ นมผงประเภทนี้ไม่เหมาะสำหรับเลี้ยงทารก เพราะขาดวิตามินชนิดที่ละลายได้ในไขมัน นมผงประเภทนี้เก็บได้นาน ไม่หืนง่าย นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์นมคืนรูป

วิธีทำนมแห้งในทางอุตสาหกรรมมี 3 วิธีคือ

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

(2) ขบวนการลูกกลิ้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drum process) ระบบนี้ดัดแปลงจากระบบลูกกลิ้ง โดยการลดอุณหภูมิของการระเหยน้ำออกจากนม จากอุณหภูมิ 300°ฟ (148.8°ฟ) เป็น 100 – 130°ฟ (37.7 – 54.4°ซ) โดยการระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ

(3) ขบวนการสเปรย์ (spray process) ระบบนี้ใช้วิธีฉีดพ่นนมที่ระเหยน้ำออกไปบางส่วน โดยปั๊มไปตามท่อแล้วพ่นนมออกมาเป็นฝอยผ่านหัวฉีดในห้องอบแห้ง (drying chamber)

ซึ่งมีเครื่องพ่นอากาศร้อนเข้าไป ไอของลมร้อนจะทำให้น้ำของนมระเหยไป ส่วนนมผงจะร่วงอยู่ที่ส่วนล่างของถังซึ่งเป็นรูปกรวย และมีสายพานนำนมผงผ่านออกไปรับไอเย็น มันเนยของนมผงซึ่งร้อนละลายอยู่จะแข็งตัวเย็นลง ระบบนี้นมผงไม่ต้องรับความร้อนนานเหมือนขบวนการลูกกลิ้ง นมผงที่ได้โดยวิธีนี้จะมีคุณภาพดีกว่าและไม่ไหม้เกรียม นมผงจะออกมาเป็นผงไม่เป็นฟิล์มแบบในขบวนการลูกกลิ้ง

3. **นมข้นจืด** (unsweetened condensed milk) **หรือนมระเหย** (evaporated milk)

เป็นนมที่ระเหยเอาน้ำออกจากนมสดโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (vacuum evaperator) ที่อุณหภูมิประมาณ 60°ซ 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)

นมข้นมีทั้งชนิดที่มีไขมันครบถ้วนและเป็นนมข้นหวานแปลงไขมัน ซึ่งเป็นนมข้นหวานที่ผลิตขายในเมืองไทยทั่วไป โดยใช้น้ำมันอื่นบางส่วนหรือทั้งหมดแทนไขมันที่มีอยู่ในนม 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 น้ำมันเนยและทำผลิตภัณฑ์นมคืนรูปอื่นๆ การแยกครีมออกจากนมแบบง่าย ๆ คือ ตั้งนมทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง มันเนยก็จะลอยขึ้นสู่ผิวบน แล้วใช้ช้อนตักออกได้ ปัจจุบันมีเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยง (centrifuge separator) ที่มีประสิทธิภาพสูง บางชนิดสามารถแยกครีมจากนมที่อุณหภูมิเย็นจัดได้ ครีมต้อง

ผ่านขบวนการพาสเจอไรส์เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เช่นเดียวกับนม บางครั้งอาจผ่านขบวนการโฮโมจิไนส์ (homogenization) ด้วย

ครีมแบ่งออกได้เป็น

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

ข. วิปปิ้งครีม (whipping cream) หรือครีมฟู คือครีมที่มีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 ใช้ประโยชน์สำหรับทำอาหารทั้งคาวหวาน การที่ครีมฟูขึ้นก็เพราะมีฟองอากาศ (หรือก๊าซ) เข้าไปแทรกอยู่ ครีมฟูจึงนุ่มกว่าครีมธรรมดา การทำครีมฟูหวานจะเติมน้ำตาลทรายลงไป 15% และอาจปรุงกลิ่นด้วยวานิลลา

ปัจจัยและวิธีทำให้ครีมฟู

(1) ครีมต้องมีมันเนยพอเพียง คือประมาณ 36 – 40%

(2) ควรนำครีมไปบ่ม (aging of cream) ในห้องเย็นประมาณ 1 คืนก่อนนำไปตี ครีมจึงจะฟูดี (ถ้าบ่มนาน 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) พ่นก๊าซไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide) ความดัน 80 – 90 ปอนด์ ลงไปให้เดือดในเนื้อครีม จะทำให้ครีมฟูและมีโอเวอร์รัน (over run) ประมาณร้อยละ 200 – 600 (การเพิ่มปริมาตรของครีมฟู เนื่องจากการอัดอากาศหรือก๊าซเข้าไปในครีม แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเริ่มต้น เรียกว่า โอเวอร์รัน โอเวอร์รันอาจมีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์)

6. ไอครีม (Ice-cream)

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

ทำไอศครีม หลังจากผสมส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้ว จะต้องผ่านการพาสเจอไรส์เพื่อฆ่าเชื้อ และโฮโมจีไนส์เพื่อเพิ่มความหนืดและทำให้ไอศครีมขึ้นฟูดี จากนั้นจึงนำไปปั่นโดยแช่ในน้ำแข็งผสมเกลือ เพื่อให้ไอศครีมค่อย ๆ แข็งตัวระหว่างที่ปั่น

ไอศครีมมีหลายชนิดแตกต่างกัน ขึ้นกับส่วนผสมและชนิดของสารที่ให้กลิ่นรส เช่น ไอศครีมธรรมดา เชอร์เบร์ท (Sherbert) ซึ่งมีน้ำผลไม้ผสมด้วยและไอศครีมรสต่าง ๆ

7. ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว (Fermented milk products)

เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากการหมักโดยการเติมแบคทีเรียหรือยีสต์ในนม, หางนม หรือครีม เพื่อให้เกิดการหมักจนได้กรดแลกติกเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีรสเปรี้ยว มีกลิ่นเฉพาะตัวต่าง ๆ กัน

ก. โยเกิร์ต (Yogert) ทำจากนมสดที่ต้มเพื่อเพิ่มปริมาณของแข็ง หรือนมสดที่เติมของแข็งไม่รวมไขมันร้อยละ 1 – 5 โดยผสมเชื้อ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus bulgaricus จะได้ของเหลวที่มีเนื้อแน่น อาจเติมกลิ่นรสต่าง ๆ เพื่อให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น เช่น สตรอเบอรี่, สับปะรดหรือน้ำตาล โยเกิร์ตมีประโยชน์ช่วยให้ขับถ่ายได้ดีขึ้นสำหรับคนที่ท้องผูก

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

ค. นมแลซิโดฟิลัส (Acidophilus milk) เป็นนมเปรี้ยวประเภทที่ใช้แบคทีเรีย Lactobacillus acidophilus เป็นเชื้อหมัก

ง. นมบูลการิคัส (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 diacetilactis หรือ Leuconostoc diacetilactis อย่างเดียว ในครีมที่ผ่านการพาสเจอไรส์และโฮโมจีไนส์แล้ว ครีมเปรี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคแถวประเทศในตะวันออกกลาง การรับประทานนิยมใช้ทาขนมปังหรือโรยบนผักผลไม้แล้วรับประทานรวมกัน

ฉ. เคเฟอร์ (Kefir) เป็นนมเปรี้ยวที่มีกลิ่นรสแอลกอฮอล์หรืออาจเรียกว่า เหล้า

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

ข. ยาคูลท์ (Yacult) เป็นนมเปรี้ยวที่ผลิตขึ้นในญี่ปุ่น ได้จากการหมักเชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus casei var. Shirota ผู้ผลิตเป็นคนแรกคือ ดร.ชิโรต้า นมเปรี้ยวชนิดนี้มีรสหวานและมีกลิ่นหอมอร่อย ชวนรับประทาน

ข. คูมิส (Kumis) เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีแอลกอฮอล์ผสมด้วย ทำจากน้ำนมม้าใส่เชื้อ 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 diacetyllactis เพื่อให้เกิดกลิ่น diacetyl ซึ่งเป็นกลิ่นหอมของเนย

ครีมที่ใช้ปกติจะผ่านการพาสเจอไรส์และทำให้เย็น แต่ก่อนที่จะพาสเจอไรส์ อาจจำเป็นต้องเติมด่างเพื่อปรับความเป็นกรดให้เหลือ 0.4% เพราะถ้าเป็นกรดมาก จะทำให้การปั่นเนยไม่ได้ผล และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการในเนยเหลว ในช่วงระยะของการเก็บครีมที่ผ่านการพาสเจอไรส์จะทำให้เย็นลง 40 - 50°ฟ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาหลายชั่วโมงก่อนจะปั่นเนย

การปั่นเนยโดยระบบเก่า ใช้เครื่องปั่นเนย (churner) โดยนำครีมข้นที่ผ่านการพาสเจอไรส์แล้วมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 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 ไขมันจะเหลวหมดซึ่งจะทำให้การปั่นเนยไม่ได้ผลตามที่ต้องการ ระหว่างการปั่นเนย ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจเติมน้ำแข็งเพื่อให้ครีมเย็นลง เมื่อไขมันจับกันเป็น

ก้อนโตเพียงก้อนเดียวก็หยุดปั่น ระเหยเอาน้ำสีขาว ๆ (butter milk) ออกไปจนหมด เทน้ำเย็นที่สะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิระหว่าง 55 - 60°ฟ ลงปั่นกับเนยเพื่อละลายของแข็งที่ไม่รวมไขมันออกไป แล้วไขน้ำทิ้งไป ล้างด้วยน้ำสัก 2 - 3 ครั้งจนน้ำที่ล้างใส เอาเนยไปเก็บในตู้เย็น จากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการนวดเอาน้ำออก นวดจนเหลือน้ำในเนย 16% ตามมาตรฐาน ในระหว่างนวดเนยต้องให้เนยมีอุณหภูมิ 50°ฟ ถ้าทำเนยจืดไม่ต้องเติมเกลือ แต่ถ้าเนยเค็มให้เติมเกลือป่น 1 - 2.5% คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปตัดเป็นรูปที่ต้องการแล้วห่อด้วยแผ่นอะลูมิเนียม-ฟอยล์ (Aluminium foil) นำไปเก็บในห้องเย็นเพื่อจำหน่ายต่อไป ถ้าอุณหภูมิของการเก็บอยู่ระหว่าง 0 ถึง -10°ฟ มันจะมีช่วงชีวิตของการเก็บยาวนานมาก

ปัจจุบันการผลิตเนยเหลวจะใช้ระบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเนยใหญ่ ๆ ระบบนี้จะนำครีมข้นที่มีมันเนยประมาณ 80% ไปปั่น (ตี) ให้เม็ดไขมันอัดตัวเป็นก้อนขับน้ำ (butter milk) ออกมา ให้เหลือน้ำในเนยเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่อยู่ในเนยอยู่ในรูปของหยดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งอาจพิจารณาให้ว่าเป็นอิมัลชันของน้ำในน้ำมัน (water – in – oil emulsion) เครื่องปั่นเนยระบบนี้เรียกว่า Texturer (เครื่องทำเนื้อเนย) Texturer นี้ทำหน้าที่ทำเนยให้เย็น (chilling) และนวดเอาน้ำออก (working) ต่อเนื่องกัน

ตามมาตรฐาน ปริมาณไขมันในเนยเหลวจะต้องไม่ต่ำกว่า 80% และปริมาณความชื้นจะต้องไม่สูงกว่า 16% โดยทั่วไปเนยเหลวประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้คือ ไขมัน 83.0%, ความชื้น 16%, โปรตีน 1.0%, แลกโตส 0.4% และเถ้า 0.15% ถ้าทำเนยเค็มให้เติมเกลือป่น 1-2.5%

ประเภทของเนยเหลวจำแนกตามวัตถุดิบที่ใช้ผลิตและการปรุงแต่งรส 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) โดยนำครีมเปรี้ยวมาเติมด่างเพื่อให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไป

CM 480 293

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 เนยแบบนี้นิยมนำไปทำไอศครีม

9. เนยแข็ง (Cheese)

เป็นผลิตภัณฑ์นมที่สำคัญที่สุด เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ เนยแข็งทำได้จากนมสดหรือหางนม โดยนำน้ำนมมาเติมเรนเนท (ซึ่งสกัดจากกระเพาะของลูกโคในระยะที่ดูดนมแม่) หรือกรดที่เกิดจากแบคทีเรียหรือทั้งสองอย่าง จะได้ตะกอนที่เรียกว่าเคิร์ด (curd) ซึ่งประกอบด้วยเคซีน ไขมัน วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เคิร์ดที่ได้จะถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก และแยกเอาส่วนที่เป็นของเหลวคือเวย์ (whey) ออกไป ทำให้เคิร์ดแห้งโดยการให้ความร้อน อาจมีการเติมเกลือ สีและรสที่ต้องการ เก็บบ่มไว้ในที่เย็นประมาณ 3-4 เดือน ก้อนเนยจะมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน และเป็นอาหารที่เก็บได้นาน

เอ็นไซม์ที่ใช้ตกตะกอนนม คือ เอ็นไซม์เรนนิน (rennin) เอ็นไซม์นี้มีอยู่ในกระเพาะของลูกโคในระยะที่ดูดนมแม่ เอ็นไซม์เรนนินอาจได้จากการเอากระเพาะลูกโคมาแช่ในน้ำเกลือ น้ำเกลือสกัดจากกระเพาะลูกโคนี้เรียกว่า "เรนเนท" (Rennet) ในน้ำเกลือสกัดเรนเนทประกอบด้วยเอ็นไซม์เรนนินซึ่งแอกติฟ (active) และโปรเรนนิน (prorennin) ซึ่งไม่แอกติฟ เมื่อเติมกรดในน้ำเกลือ โปรเรนนินจะถูกเปลี่ยนเป็นเรนนิน ซึ่งจะให้แอกติวิตีสูงที่ pH 5.0 ถ้า pH ต่ำกว่านี้ เรนนินมีเสถียรภาพต่ำ เรนนินอาจเตรียมในรูปผลึกเพื่อสะดวกในการขนย้าย อย่างไรก็ตาม เอ็นไซม์นี้ยิ่งวันจะหายากขึ้น จำเป็นต้องหาเอ็นไซม์ประเภทอื่นมาทดแทน พืช 3 ชนิดที่สามารถให้เอ็นไซม์มาทดแทนเรนนินได้ คือ

1. Butterwort ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Pinguicula vulgaris
2. Lady's bedstraw ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Galium vorum

3. เมล็ดพืชชื่อ Withania coagulan

เรนเนทที่สกัดจากพืช บริสุทธิ์กว่าเรนเนทจากกระเพาะลูกโค ซึ่งมีเปปซินปนอยู่ สามารถไฮโดรไลส์โปรตีนเป็นเปปโตน (peptone) ซึ่งมีรสขม

การตกตะกอนนมนี้อาจใส่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดและกลิ่นผสมกับเรนเนท จะได้เนยแข็งที่มีกลิ่นรสดี อาจใช้สตาร์ตเตอร์คัลเจอร์ (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

กลิ่นที่แบคทีเรียสร้างขึ้นจากกรดซิตริกและน้ำตาลแลกโตส คือ

(ก) acetyl methyl carbinol ($CH_3COCH(OH)CH_3$) ซึ่งเป็น precursor ของสารประกอบในข้อ (ข)

(ข) Diacetyl ($CH_3COCOCH_3$)

เนยแข็งที่จำหน่ายทั่วโลกมีหลายร้อยชนิด อาจจำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

ก. เนยแข็งชนิดอ่อน (soft cheese) มีความชื้น 50 - 70% บางชนิดอาจถึง 80% เช่น เนยแข็งคอทเทจ (cottage cheese), เนยแข็งคาแมมเบิร์ท (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 เนยแข็งพาร์มีแซน (parmesan cheese), เนยแข็งโรมาโน (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 โดยให้นมผ่านการพาสเจอไรส์ด้วยความร้อน เนยแข็งเชดดาร์บางชนิดอาจทำจากนมดิบที่ไม่ได้ผ่านการพาสเจอไรส์ ถ้าเป็นนมดิบ เนยแข็งจะต้องเก็บไว้อย่างน้อย 60 วันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35°ฟ ก่อนจะเอาออกจำหน่าย การทำเช่นนี้ก็เพื่อจะทำลาย Staphylococci ซึ่งถ้าหากมีในเนยแข็งจะเจริญเติบโตและทำให้เป็นพิษโดยจะไปรบกวนลำไส้ในคน

นมที่ผ่านการพาสเจอไรส์แล้วจะต้องปรับอุณหภูมิของนมประมาณ 30 องศาเซลเซียส หลังจากเติมสตาร์ตเตอร์คัลเจอร์ซึ่งประกอบด้วย Streptococcus lactis และ Streptococcus cremoris แล้วคนให้เข้ากัน อินคิวเบท (incubate) เป็นเวลา 30 ถึง 60 นาที ระหว่างที่อินคิวเบทจะต้องตรวจเปอร์เซ็นต์กรด (กรดแลกติก) 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) ขั้นต่อไปตัดเคิร์ดออกเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก ๆ ประมาณ $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ ลูกบาศก์นิ้ว หลังจากคนเป็นเวลา 10 ถึง 15 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น 100 - 106°ฟ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำให้เคิร์ดหดตัว ระบายน้ำออกจากก้อนเคิร์ด รักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับนี้ต่อไปอีก 35 ถึง 45 นาที ระหว่างนี้ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้น จากนั้นระบายเวย์ (whey) ออกจากถัง เคิร์ดจะกองทับกันที่ก้นถัง และจะสุมกันและหลอมเข้าด้วยกันเป็นก้อนใหญ่ ตัดเคิร์ดเป็นบล๊อค (block) จับก้อนเคิร์ดเหล่านี้มากองสุมกันสัก 2-3 กอง ให้ก้อนเคิร์ดมากดทับกัน เพื่อให้มีน้ำหนักกดระบายน้ำออกจากเคิร์ดให้มากที่สุด ระหว่างที่ระบายน้ำออก ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อได้ปริมาณกรดประมาณ 0.5% ก้อนเคิร์ดจะถูกตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$ ตารางนิ้ว และยาว 2 นิ้ว โรยเกลือป่นในเคิร์ดชิ้นเล็ก ๆ ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีเกลืออยู่ 1.5% นำเคิร์ดไปอัดแบบโดยใส่ลงในแบบจนเต็มแล้วหมุนฝาอัดให้แน่นสุด อัดอยู่เช่นนี้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือ

นานกว่านี้ จะได้ก้อนเนยแข็งที่เนื้อละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ขั้นตอนต่อไปเป็น **การบ่มเนย** (ripening) ห้องบ่มเนยโดยทั่วไปมีอุณหภูมิ 2^0 ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85 % ภายในห้องจะติดหลอดอัลตราไวโอเลตเพื่อป้องกันเชื้อรา เนยแข็งอาจต้องบ่มนาน 2-12 เดือนหรืออาจนานกว่า

ปริมาณความชื้นในเนยแข็งเชดดาร์จะต้องไม่เกิน 39% และของแข็งในนมของเนยแข็งเชดดาร์จะต้องประกอบด้วยมันเนยไม่น้อยกว่า 50%

ระหว่างการบ่มเนยแข็งชนิดต่าง ๆ เชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและรา) จะเจริญเติบโตและเกิดเอ็นไซม์ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงโปรตีนซึ่งจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของเนยแข็งแต่ละชนิด และเชื้อจุลินทรีย์ยังเกิดสารเคมีปริมาณเล็กน้อยจากองค์ประกอบของเคิร์ด ซึ่งจะให้กลิ่นรสเฉพาะตัวของเนยแข็ง ระหว่างที่บ่ม แลกโตสจะถูกหมักโดยแลกเตสไปเป็นกรดแลกติก ไขมันบางส่วนถูกไฮโดรไลส์โดยไลเปสไปเป็นกรดไขมันและโปรตีนบางส่วนถูกไฮโดรไลส์เป็นกรดอะมิโน วิตามินและแร่ธาติส่วนใหญ่จะคงอยู่หลังการบ่ม

เนยแข็งอาจบ่มโดยใช้แบกที เรีย ตัวอย่างเช่น รูที่เกิดในเนยแข็งสวิสเกิดจากการหมักกับ แบททีเรียที่ทำให้เกิดแก๊ส เนยแข็งลิมเบอร์เกอร์บ่มโดยใส่แบททีเรียและยีสต์ในนม ส่วนเนยแข็งคาแมมเบิร์ทบ่มโดยฉีดราที่ผิว

10. ผลิตภัณฑ์นมพิเศษ

1. ฟิลล์มิลค์ (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) ด้วยโปแตซ (โพแทสเซียม) แล้วปั๊มนมผ่านเรซินนี้ 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, โซเดียมเคซีเนท (sodium caseinate), วิตามิน, แร่ธาตุและสารที่ทำให้คงตัว (stabilizer) เช่น พวกกัม (gums) หรือแอลจิเนท (alginates) นมเลียนแบบมักมีกลิ่นรสไม่เหมือนนม จึงต้องมีการเติมกลิ่นรสเพื่อให้เหมือนนม

2. มาร์การีน (Margarine) เป็นเนยเทียมที่ทำให้มีลักษณะเหมือนกับเนย โดยมีน้ำมันหรือไขมันชนิดอื่นที่มิใช่มันเนย เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่หรือทั้งหมด ผ่านกรรมวิธีปรุงแต่งสี กลิ่น และรส

เนยเหลวที่ผลิตจากนมโคมีราคาแพงมาก ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Hippolyte Mége 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) ฉาบน้ำมันให้เป็นฟิล์มบางบนผิวลูกกลิ้งของเครื่องตกผลึก อุณหภูมิของลูกกลิ้งจะปรับให้เย็นจัดถึง -10°ซ เมื่อน้ำมันผสมกระทบผิวของลูกกลิ้งซึ่งเย็นจัด จะถูกฉาบบนผิวลูกกลิ้งเป็นฟิล์มบาง ๆ และจะตกผลึกแข็งตัวทันที ใบมีดซึ่งติดตั้งไว้ในระยะและมุมที่พอเหมาะ

จะขูดฟิล์มน้ำมันให้ร่วงตกมาสะสมไว้ในห้อง maturing ซึ่งปรับอุณหภูมิระหว่าง 54-60°ฟ (12.2-15.5°ซ) 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°ฟ (45°ซ)	25	18	–
2. Hydrogenated ground nut oil จุดหลอมเหลว 89°ฟ (32°ซ)	–	40	–
3. น้ำมันมะพร้าว จุดหลอมเหลว 75°ฟ (24°ซ)	50	–	40
4. น้ำมันเมล็ดฝ้าย (cotton seed oil) (ของเหลว)	25	–	–
5. Ground nut oil (ของเหลว)	–	22	–
6. Palm kernel oil จุดหลอมเหลว 82°ฟ (28°ซ)	–	20	20
7. น้ำมันถั่วเหลือง (ของเหลว)	–	–	20
8. Hydrogenated whale oil จุดหลอมเหลว 113°ฟ (45°ซ)	–	–	20

7.12 การวิเคราะห์นมทางเคมี

1. การวิเคราะห์ไขมัน

ก. The Babcock test เป็นวิธีที่ใช้มากในทางการค้า โดยใช้กรดซัลฟุริกไปทำลายสารอื่น ๆ ให้เหลือแต่ไขมัน แยกไขมันออกแล้ววัดเปอร์เซ็นต์ของไขมัน ได้จากคอขวดของ Babcock ซึ่งมีขีดแบ่งไว้

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

299

ในเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ซึ่งจะทำให้ไขมันลอยขึ้น เติมน้ำอุ่นและปั่นอีก ไขมันจะสะสมที่คอขวดมากขึ้น อ่านเปอร์เซ็นต์ของไขมันได้จากคอขวดซึ่งมีขีดแบ่งไว้

ข. วิธีของ **Rose-Gottlieb** ขั้นแรกให้เติมแอลกอฮอลและแอมโมเนียใน 10 กรัมของน้ำนม แอลกอฮอลทำให้โปรตีนตกตะกอนและปลดปล่อยไขมันออกมา ส่วนแอมโมเนียจะละลายโปรตีน ไขมันจะถูกสกัดเข้าไปในไดเอธิลอีเธอร์ (diethyl ether)และปิโตรเลียมอีเธอร์(petroleum ether) เมื่อระเหยเอาตัวทำละลายออกไปจะได้ไขมันแห้ง วิธีนี้ใช้หาปริมาณไขมันในน้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมหลายชนิด

2. **การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด** (Total solid)

ก. โดยการอบแห้ง

ของแข็งทั้งหมด (total solid) ในนมประกอบด้วยสารประกอบทั้งหมดในนม ยกเว้นน้ำ การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดใช้วิธีระเหยน้ำในสารตัวอย่างออก โดยชั่งน้ำหนักนมและใส่ในจานก้นแบน รองด้วยทรายหรือแอสเบสทอส (asbestos) และเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ การเผาสารตัวอย่างไม่ควรเผาให้สูงเกิน 100 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้สารที่เผาแล้วเกิดสีน้ำตาลเข้ม ทรายหรือแอสเบสทอสช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวที่อบแห้ง และป้องกันการเกิดฟิล์ม (film) ซึ่งจะทำให้อัตราการเผาช้าลงในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ของแข็งแห้งที่มีน้ำหนักคงที่แล้วควรมีสีขาว ถ้าหากมีสีน้ำตาล แสดงว่าแลกโตสบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไหม้ (caramelized) จะทำให้ผลที่ได้ผิดพลาดได้

ข. โดยหาปริมาณของของแข็งอย่างคร่าว ๆ จากค่าที่อ่านได้จากแลกโตมิเตอร์ (Lactometer) *และเปอร์เซ็นต์ของไขมัน*

การหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในนม อาจใช้วิธีหาค่าคร่าว ๆ ได้จากการคำนวณถ้าหากทราบความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์ของไขมันในนม 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 = ค่าที่อ่านได้จากควีเวนน์แลกโตมีเตอร์ (Quévenne lactometer)ที่ 60 °ฟ

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 จะต้องแก้ไขให้เป็นค่าที่ถูกต้องที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์ ก่อนจะแทนค่าในสูตร

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

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในน้ำนม

โปรตีนสำคัญในน้ำนม ได้แก่ เคซีน แลกตัลบูมิน และแลกโตโกลบูลินซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน ~ 15.7% การหาปริมาณโปรตีนทำได้โดยใช้วิธีของ **Kjeldahl** ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณไนโตรเจนในอาหารทั่วไป เมื่อทราบปริมาณของไนโตรเจนในโปรตีน ก็สามารถหาปริมาณของโปรตีนในน้ำนมได้โดยคูณปริมาณไนโตรเจนด้วย 6.38 $\left(\frac{100}{15.7}\right)$

วิธีของ Kjeldahl คือ ใส่น้ำนม 10 กรัมใน Kjeldahl flask ทำการย่อย(digestion) โดยใช้กรดซัลฟุริกเข้มข้น(เพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำนม)และโพแตสเซียมซัลเฟต(ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการย่อย)และใช้คิวปริกซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไนโตรเจนในโปรตีนจะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นแอมโมเนียซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟุริก ไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากรีดักชัน(reduction)ของกรดซัลฟุริกจะระเหยออกไป

สารอินทรีย์ในน้ำนม + H_2SO_4 ⟶ CO_2 + H_2O + $(NH_4)_2SO_4$ + SO_2

เมื่อเติมด่างแก่ลงไปในแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียจะถูกปล่อยออกมา ดักจับแอมโมเนียในกรดมาตรฐานที่ทราบปริมาณ กรดนี้จะถูกไตเตรตกลับ (back titration) เพื่อหาปริมาณกรดที่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียซึ่งนำไปสู่การหาปริมาณของแอมโมเนียต่อไป

อีกวิธีหนึ่งที่ใช้หาปริมาณของแอมโมเนียโดยตรงคือ ให้แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับ Nessler's reagent จะได้เกลือ Nessler's สีส้ม

$$2\ K_2HgI_4 + NH_3 + KOH \longrightarrow NH_2Hg_2I_3 + 5\ KI + H_2O$$

Nessler's reagent เกลือ Nessler's

เกลือ Nessler's ไม่ละลายและตกตะกอน ถ้ามีปริมาณน้อยอาจมีลักษณะเป็นคอลลอยด์และสามารถหาปริมาณได้โดยวิธี colorimetry

การหาปริมาณของแอมโมเนียอีกวิธีหนึ่งคือ การออกซิไดส์แอมโมเนียด้วยโซเดียมไฮโปโบรไมต์(sodium hypobromite)และไตเตรตกลับโดยใช้ไอโอดิน

$$2\ NH_3 + 3\ NaBrO \longrightarrow N_2 + 3\ H_2O + 3\ NaBr$$

นำเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่หาได้จากวิธีของ Kjeldahl มาคูณด้วย 6.38 (ซึ่งตรงกับ 15.67% ไนโตรเจนในน้ำนม) จะได้ปริมาณของโปรตีนในน้ำนม

4. การวิเคราะห์แลกโตสในน้ำนม

ก. วิธีวัดออปติกัลแอกติวิตี

โดยใช้สมมติฐานที่ว่า แลกโตสเป็นสารประกอบตัวเดียวในนมที่มีออปติกัลแอกติวิตี (optical activity) สมมติฐานนี้ไม่ถูกต้องนัก เพราะมีองค์ประกอบอื่น ๆ ในนมที่มีออปติกัล-แอกติวิตี แต่องค์ประกอบเหล่านี้มีความเข้มข้นต่ำกว่ามาก

การวัดออปติกัลแอกติวิตี (optical activity) ทำได้โดยการตกตะกอนโปรตีนในนมก่อน แล้วนำฟิลเทรต (filtrate) มาวัดออปติกัลแอกติวิตี โดยใช้เครื่องโพลาริมิเตอร์ (Polarimeter)

ข. วิธี Chloramine-T

วิธีนี้จะต้องกำจัดโปรตีนออกก่อน โดยเติม Tungstic acid reagent(ประกอบด้วย sodium tungstate ในน้ำ + สารละลาย orthophosphoric acid (88%) + 0.5 M sulfuric acid) ไปยังสารละลายนมเจือจางที่ทราบปริมาตรแล้วกรอง เอาฟิลเทรต(filtrate)มาเติมสารละลาย Chloramine-T(มากเกินพอ) ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แลกโตส(น้ำตาลรีดิวส์)จะถูกออกซิ-ไดส์โดย Chloramin-T Chloramin-T ส่วนที่เหลือจะหาได้โดยการเติมโพแตสเซียมไอโอไดด์ที่ทำให้เป็นกรดแล้ว Chloramin-T จะออกซิไดส์โพแตสเซียมไอโอไดด์ไปเป็นไอโอดิน สุดท้าย ไตเตรตหาปริมาณของไอโอดินได้โดยใช้สารละลายมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต(sodium thiosulfate solution) โดยใช้แป้งเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อทราบปริมาณของ Chloramin-T ที่ทำปฏิกิริยากับโพแตสเซียมไอโอไดด์ ก็สามารถหาปริมาณ Chloramin-T ที่ทำปฏิกิริยากับแลกโตส

$$\text{Lactose} + \text{Chloramin-T} \longrightarrow \text{Oxidised lactose} + \text{Reduced Chloramin-T}$$

$$\text{Chloramin-T} + KI \longrightarrow \text{Reduced Chloramin-T} + I_2$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

7.13 การตรวจสอบนมที่พาสเจอไรส์และนมดิบ

การพาสเจอไรส์เป็นขบวนการสำคัญที่ใช้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในนม วิธีทดสอบทางเคมี ที่ใช้หาว่าตัวอย่างนมผ่านการพาสเจอไรส์หรือไม่ หรือทดสอบว่าขบวนการพาสเจอไรส์สมบูรณ์หรือไม่ เอ็นไซม์ส่วนใหญ่ในนมจะถูกทำลายเมื่อผ่านการพาสเจอไรส์ แม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรส์จะต่ำ การตรวจหาเอ็นไซม์ในนมจึงเป็นวิธีตรวจสอบนมว่า เป็นนมดิบหรือนมที่ผ่านการพาสเจอไรส์เพียงพอแล้วหรือไม่

ก. Schardinger test ใช้ตรวจสอบเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ที่มีอยู่ในนม โดยการใส่สารละลายแอลกอฮอล์ของเมธิลีนบลู (Methylene blue), ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) และน้ำในสารตัวอย่างนมซึ่งใส่อยู่ในหลอดทดลอง แล้วนำเอาหลอดทดลองไปใส่ในน้ำอุ่น (water bath) ที่ 45°ซ ถ้าเป็นนมดิบมันจะฟอกสีของเมธีลีนบลูในเวลาน้อยกว่า 20 นาที ส่วนนมที่ผ่านการพาสเจอไรส์จะใช้เวลานานกว่ามาก จึงจะฟอกสีของเมธีลีนบลูได้

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

$$\underset{\text{Phenyl phosphate}}{C_6H_5OPO_3H_2} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{phenol}}{C_6H_5OH} + H_3PO_4$$

ถ้านมผ่านการพาสเจอไรส์เพียงพอ เอ็นไซม์ฟอสฟาเตสส่วนใหญ่จะถูกทำลาย และจะเกิดไฮโดรลิซิส (hydrolysis) เพียงเล็กน้อย และฟีนอลจะถูกตรวจหาโดยวิธีใช้มาตรเทียบสี (Colorimetry) และค่าที่ได้ถ้าเกินกว่า 0.047 มิลลิกรัมของฟีนอล ต่อ 0.5 มิลลิกรัมของนม แสดงว่าการพาสเจอไรส์ไม่สมบูรณ์

7.14 คุณสมบัติทางกายภาพของนม

1. **สีของนม** สีพื้นของนมเป็นสีขาวซึ่งเป็นสีของเคซีน ส่วนสีเหลืองที่ปนอยู่ (สีขาวเหลืองหรือเหลืองอมขาว) เป็นสีของครีมซึ่งเกิดจากแคโรทีนอยด์ในนม ถ้าตกตะกอนแล้วแยก

เอาเคซีนออกไปแล้ว น้ำใส ๆ ที่เหลือจะมีสีฟ้าหรือสีเขียวอ่อนซึ่งเป็นสีของแลกโตแฟลวิน (lactoflavin) หรือไรโบแฟลวิน (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