บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

น้ำนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง เพราะย่อยได้ง่ายและประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับอาหารธรรมชาติอื่นๆ ในปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ได้ตระหนักถึงคุณประโยชน์ของน้ำนมจึงส่งผลให้การบริโภคน้ำนมและผลิตภัณฑ์นมในตลาดโลกเพิ่มขึ้น (เศรษฐกิจการพาณิชย์ ,2532) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศที่พัฒนา อัตราการบริโภคน้ำนมเฉลี่ยรายบุคคลของประเทศดังกล่าวยังสูงกว่าในประเทศไทย ทำให้ในปี พศ. 2531 รัฐบาลไทยจึงได้รณรงค์ให้มีการบริโภคน้ำนมบรรจุพร้อมดื่มอย่างแพร่หลาย (เกษตรและสหกรณ์,2531)

นมหรือน้ำนม (Milk) นิยามได้ว่าเป็นสิ่งที่กลั่นจากเต้านมสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammals) เพื่อใช้เลี้ยงดูลูกอ่อน ประกอบด้วยเม็ดไขมันเล็กๆ ลอยตัวอยู่ในของเหลว ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนนมหรือเคซีน (Casein) และเกลือแร่ (วรรณา ตั้งเจริญชัย,2531)

<u>คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับน้ำนม</u> (วรรณา ตั้งเจริญชัย , 2531)(ชูศรี บำรุงพฤกษ์,2513)

1 น้ำนม (Milk) หมายถึง ของเหลวสะอาดบริสุทธิ์ กลั่นได้จากเต้านมโคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ ปราศจากโคลอสตรัม (Colostrum) ประกอบด้วยไขมันไม่ต่ำกว่า 3.25 เปอร์เซนต์ และของแข็งไม่รวมไขมันนม (Milk Solids-Non Fat) ไม่น้อยกว่า 8.25 เปอร์เซนต์

2 โคลอสตรัม (Colostrum) หมายถึง น้ำนมที่รีดได้ระหว่าง 15 วันก่อนสัตว์คลอดลูกและ 5 วันหลังคลอด มีกลิ่นแรง รสชาติขม มีสีเหลืองออกแดง มีความเหนียวข้น

3 ของแข็งไม่รวมไขมันนม (Milk solids non fat : SNF) หมายถึง องค์ประกอบของน้ำนมทั้งหมด ไม่รวมน้ำและไขมันนม ประมาณ 8.25 เปอร์เซนต์

4 ของแข็งทั้งหมดในน้ำนม (Total solids) หมายถึง ส่วนประกอบของน้ำนมโดยไม่รวมน้ำ มีประมาณ 13.1 เปอร์เซนต์

5 ซีรัมนม (Milk serum) หมายถึง องค์ประกอบทั้งหมดของน้ำนม ไม่รวมไขมันและ เคซีน

6 น้ำนมพร่องไขมันเนย (Skim milk) หมายถึง น้ำนมที่ผ่านการแยกเอาไขมันบางส่วน หรือทั้งหมด ออกไปแล้ว

7 เวย์ (Whey) หมายถึง หางเนยแข็งหรือของเหลวสีเหลืองอ่อนที่เหลือจากกรรมวิธีผลิตเนยแข็ง

ส่วนประกอบในน้ำนมที่สำคัญได้แก่ โปรตีนนม: เคซีน (Casein) ไขมันนมหรือเรียกว่าไขมันเนย (Butter fat) และคาร์โบไฮเดรทหลักได้แก่ น้ำตาลแลคโตส (Lactose) เกือบทั้งหมดของน้ำตาลในนมเป็นแลคโตส ที่เหลือเป็นกลูโคสอีกเล็กน้อย ในน้ำนมมีวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณมาก (ชูศรี บำรุงพฤกษ์ ,2513)
ส่วนประกอบหลักในน้ำนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่างๆ และคนแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปอร์เซนต์ขององค์ประกอบของน้ำนมจากคนและสัตว์ชนิดต่างๆ (เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ,2525)

ชนิด	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า	ของแข็ง
โค	4.00	3.50	4.90	0.70	13.16
แพะ	4.09	3.71	4.20	0.70	12.80
คน	3.70	1.63	6.98	0.21	12.57
ม้า	1.59	2.69	6.14	0.51	10.96
สุกร	6.77	6.22	4.02	0.97	17.98
แกะ	6.18	5.15	4.17	0.93	16.43
กระบือ	12.46	6.03	3.74	0.89	23.91
กวาง	18.70	11.10	2.70	1.20	33.70
ปลาวาฬ	22.24	11.95	1.79	1.66	38.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำนมมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน เพราะประกอบด้วยสารหลายชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน จากลักษณะทางกายภาพแล้ว มีความคล้ายคลึงกันดังนี้ (ชูศรี บำรุงพฤกษ์, 2513)

1 สี (Colour) สีของน้ำนม จะแปรจากสีขาวออกน้ำเงินไปจนถึงขาวออกเหลือง ตามพันธุ์สัตว์ ปริมาณไขมัน และของแข็งในน้ำนม ตลอดจนอาหารที่สัตว์กินเข้าไปด้วย

2 กลิ่น (Odor) มีกลิ่นเฉพาะ เมื่อรีดใหม่ๆ และจะระเหยไปเมื่อถูกอากาศ เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน จะมีกลิ่นเปลี่ยนไปเป็นกลิ่นเฉพาะของน้ำนมที่ผ่านความร้อนแล้ว

3 รส (Flavor) หวานเล็กน้อย ถ้านอกเหนือไปจากนี้ถือว่าผิดปกติ

4 ความเป็นกรดประมาณ 0.1-0.25 เปอร์เซนต์กรดแลคติก พีเอชประมาณ 6.6

5 เมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิต่ำจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนถึงจุดเดือดจะมีแผ่นฝ้าแห้งที่ผิว และถ้าให้ความร้อนเป็นเวลานาน สีจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล

6 เมื่อความเป็นกรดเพิ่ม น้ำนมจะตกตะกอนเป็นก้อนนุ่มขาวคล้ายเยลลี่ มีน้ำใสแยกตัวออกมา ก้อนนี้จะเรียกชื่อว่า ก้อนลิ่ม หรือ เคิร์ด (Curd)

7 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าประกอบด้วยเม็ดไขมัน จำนวนมาก ลักษณะเป็นรูปกลม

น้ำนมจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกประเภทมีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน เมื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี พบว่า น้ำนมโคมีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำนมคน อีกทั้งเป็นสัตว์ที่สามารถทำการเลี้ยงเพื่อผลิตน้ำนมปริมาณมากๆได้ จึงถูกนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อบริโภคและอาหารทดแทนน้ำนมมารดาโดยปรับแต่งส่วนประกอบให้มีคุณค่าทางอาหารเทียบเท่าน้ำนมคน เพื่อเลี้ยงทารก ในส่วนของน้ำนมโคนั้น มีการศึกษาถึงองค์ประกอบสำคัญ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณส่วนประกอบต่างๆในน้ำนมโคปรกติ (Corbin, 1965)(Jenness, 1976)

ส่วนประกอบ	ปริมาณความเข้มข้น / น้ำหนักต่อลิตรน้ำนม	
1 Water	870	g.
2 Lipids in emulsion phase		
a.Milk fat	30-50	g.
b.Phospholipids (lecithins, cephalins, sphingomyelins,etc.	0.30	g.
c.Cerebrosides	?	
d.Sterols	0.10	g.
e.Carotenoids	0.1-0.60	mg.
f.Vitamin A	0.1-0.50	mg.
g.Vitamin D	0.40	mg.
h.Vitamin E	1.0	mg.
i.Vitamin K	trace	
3 Protein in colloidal dispersion		
a. Casein (α ,β ,k fraction)	25	g.
b. β-lactoglobulin (s)	3	g.
c. α-lactalbumin	0.7	g.
d. Albumin probably identical to blood serum albumin	0.3	g.
e. Euglobulin	0.3	g.
f. Pseudoglobulin	0.3	g.
g. Other albumins and globulins	0.3	g.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบ	น้ำหนักต่อลิตรน้ำนม
j.Enzymes	?
1 Catalase	
2 Peroxidase	
3 Xanthine oxidase	
4 Phosphatases (acids and alkaline)	
5 Aldolase	
6 Amylases	
7 Lipases and other esterases	
8 Proteases	
4. Dissolves materials	
a. Carbohydrates	45-50 g.
1 Lactose	50 g.
2 Glucose	trace
b. Inorganic and organic ions and salts	
1 Calcium *	1.25 g.
2 Magnesium *	0.10 g.
3 Sodium	0.50 g.
4 Phosphates *	2.10 g.
5 Potassium	1.50 g.
6 Citrates * (as citric acid)	2.00 g.
7 Chloride	1.00 g.
8 Bicarbonate	0.20 g.
9 Sulphate	0.10 g.
10 Lactate	0.02 g.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบ	น้ำหนักต่อลิตรน้ำนม
c. Water soluble vitamins	
1 Thiamine	0.4 mg.
2 Riboflavin	1.5 mg.
3 Niacin	0.2-1.2 mg.
4 Pyridoxine	0.7 mg.
5 Panthothenic acid	3.0 mg.
6 Biotin	50 mg.
7 Folic acid	1.0 mg.
8 Choline	150 mg.
9 Vitamin B12	7.0 mg.
10 Inositol	180 mg.
11 Ascorbic acids	20 mg.
d. Gases	
1 CO_2	100 mg.
2 O_2	7.5 mg.
3 N_2	15.0 mg.
5 Trace elements	
Usually present :Rb,H,Ba,Sr,Mn,Al,Zn,B,Cu,Fe,Co,I	
Occasionally present of questionable :Pb,Mo,Cr,Ag, Sn,Ti,V,F,Si	

(?) :Presence ,identity, or concentration uncertain,

* :Partly in colloidal dispersion

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบที่พบได้ในน้ำนม ทั้งที่ตรวจวัดเป็นปริมาณและแสดงชนิดที่ตรวจพบโดยไม่สามารถระบุเป็นตัวเลขได้เช่น เอนไซม์ และแร่ธาตุที่พบได้ในปริมาณน้อย

ผลิตภัณฑ์นมหรือการแปรรูปน้ำนม

การแปรรูปน้ำนม คือ การเปลี่ยนสภาพ หรือการปรับแต่งสภาพน้ำนมให้สามารถเก็บได้นานขึ้น บริโภคได้ง่ายขึ้น หรือมีลักษณะเหมาะสมกับการบริโภคมากขึ้น

ผลิตภัณฑ์นม สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ (วรรณา ตั้งเจริญชัย,2531)

ผลิตภัณฑ์นมที่เป็นของเหลว (Fluid milk products) คือ ผลิตภัณฑ์นมที่จำหน่ายในท้องตลาดในสภาพของเหลว หรือพร้อมดื่ม เช่น น้ำนมรสต่างๆ (Flavoured milk), น้ำนมพร้อมมันเนย (Whole milk) , น้ำนมไขมันต่ำ (Low fat milk)เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์นมแปรรูป (Manufactured milk products) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีลักษณะเป็นน้ำนมพร้อมดื่ม เช่น นมผง (Milk powder) ไอศกรีม (Ice cream) เนย (Butter) เนยแข็ง (Cheese) โยเกิต (Yoghurt) นมข้นหวาน (Sweetened condensed milk) เป็นต้น

กระบวนการผลิตน้ำนมพร้อมดื่มมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1 การรับและเก็บน้ำนมดิบ (Receiving & Storage of raw milk)

2 การแยกฝุ่น และสิ่งสกปรกออกจากน้ำนมดิบ (Clarification & Separation)

3 การปรับมาตรฐานไขมันนม (Standardization)

4 กระบวนการทำให้ปลอดเชื้อหรือปลอดเชื้อก่อโรค (Sterilization or Pasteurization)

5 การปรับกลิ่นและรสชาติ (Flavour Treatment)

6 การโฮโมจิไนซ์ หรือการปรับขนาดเม็ดไขมันนม (Homogenization)

7 การบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม (Packaging)

8 การจัดจำหน่าย (Distribution)

ประเภทของน้ำนมพร้อมดื่ม

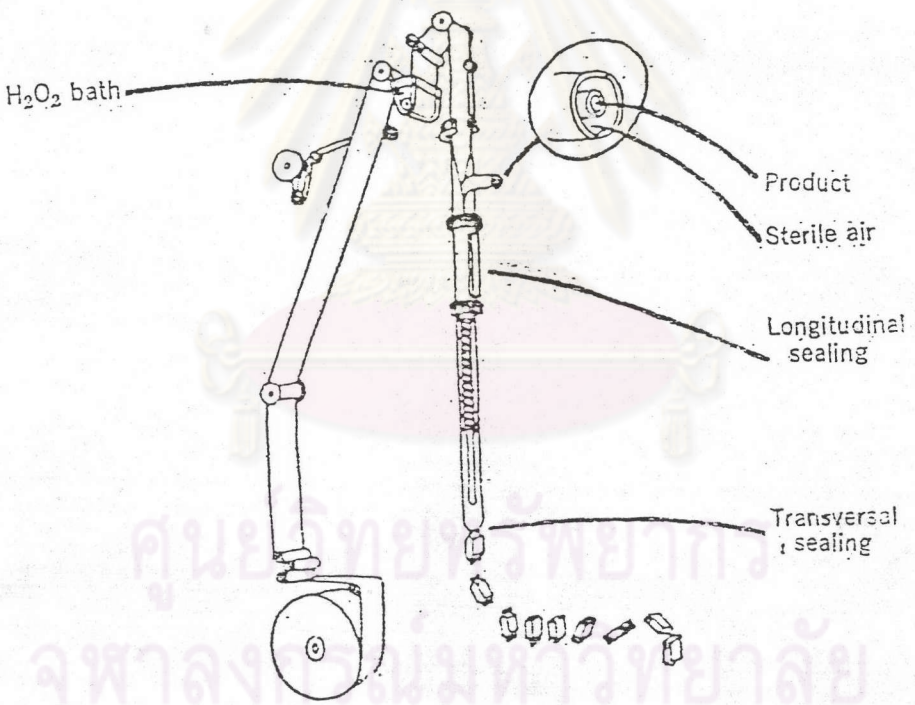
น้ำนมพร้อมดื่มสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1 น้ำนมพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurized milk) คือ น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีการทำลายเชื้อโรคด้วยความร้อนอุณหภูมิ 62.8 °ซ นาน 30 นาที หรือ 72.7 °ซ นาน 15 วินาที (วรรณา ตั้งเจริญชัย ,2531) แล้วทำให้เย็นลงทันที การผลิตด้วยวิธีนี้ทำให้คุณค่าทางอาหารของน้ำนมเปลี่ยนน้อยมาก แต่มีข้อจำกัดว่าต้องเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 4 °ซ และเก็บได้ไม่เกิน 7 วัน มี 2 ชนิดคือ น้ำนมพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่ได้ผสมสารปรุงแต่งรส กลิ่น สี ลงไปในน้ำนม เรียกว่า น้ำนมรสธรรมชาติ หรือรสจืด และน้ำนมพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรซ์ที่ผสมสารปรุงแต่ง กลิ่น สี รส ลงไป ซึ่งมีรสชาติที่นิยมอยู่ในตลาด 5 รส คือ รสชอคโกแลต รสกาแฟ รสหวาน รสสตรอเบอร์รี่และรสโกโก้

2 น้ำนมพร้อมดื่มสเตอริไลซ์ (Sterilized milk) คือ น้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีทำลายเชื้อโรคโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 115 °ซ 15 นาที น้ำนมพร้อมดื่มสเตอริไลซ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ น้ำนมสเตอริไลซ์ชนิดจืดและชนิดที่มีกลิ่นรส การสเตอริไลซ์นี้ทำลายแบคทีเรียได้เกือบทุกตัว จึงสามารถเก็บได้นาน 1 ปี ที่อุณหภูมิห้องปรกติ มักบรรจุด้วยกระป๋องโลหะ

3 น้ำนมพร้อมดื่มยูเอชที (UHT:Ultra high temperature milk) คือ น้ำนมที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 130 °ซ เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 1 วินาที และเย็นตัวลงทันที บรรจุในภาชนะด้วยระบบปลอดเชื้อ (Aseptic packaging) แต่โดยทั่วไปอุณหภูมิอาจแปรได้ระหว่าง 130-150 °ซ นาน 2-8 วินาที และผ่านเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ ภาชนะที่นิยมใช้บรรจุ คือ เตตร้า บริค (Tetra brik) ทำจากกระดาษที่เคลือบโพลีเอธิลีนและแผ่นอลูมิเนียมซ้อนกัน 7 ชั้นผ่านไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 15-20 เปอร์เซนต์เพื่อฆ่าเชื้อโรค และใช้ลมร้อนเป่ากำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การบรรจุน้ำนมเริ่มจากกระดาษที่ผ่านการรีดแล้วเลื่อนจากบนลงล่าง ประกอบเป็นทรงกระบอก มีลมร้อนเป่าให้แห้ง น้ำนมจะไหลมาตามท่อปลอดสนิมรอบท่อนมจะมีท่อสวมอีกชั้นเพื่อเป่าลมร้อนเหนือระดับนม ซึ่งสูงเท่ากับระดับปากกล่อง ป้องกัน

การเกิดฟองของนม ท่อกระดาษจะถูกบีบตามขวางใต้ระดับนม และตัดปิดสนิท และเชื่อมติดกันทันที รอยที่ปิดจะกลายเป็นก้นกล่องอันถัดไป น้ำนมประเภทนี้จะเก็บได้นาน 6 เดือนที่ อุณหภูมิห้อง (Mahmound,1984) (บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรม,2535) แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการบรรจุแบบปลอดเชื้อของนมยูเอชที (ประกาย จิตรกร,2526)

019174

คุณสมบัติอื่นๆของน้ำนมพร้อมดื่ม

1 ปลอดภัยจากเชื้อโรคเพราะผ่านกระบวนทำให้ปลอดเชื้อแล้ว

2 เก็บได้นานกว่าน้ำนมดิบ

3 ไม่ต้องการกระบวนการเตรียมเพื่อบริโภค

4 เป็นอาหารที่ประหยัดเพราะมีส่วนประกอบของอาหารจำเป็นหลายชนิดในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับอาหารโปรตีนชนิดอื่น (ทองยศ อเนกะเวียง,2527)

การผลิตน้ำนมพร้อมดื่มทั้ง 3 ประเภทดังกล่าวนิยมใช้น้ำนมโคดิบเป็นวัตถุดิบสำคัญ หากใช้วัตถุดิบชนิดอื่น คือ หางนมผง ไขมันเนยและน้ำเป็นวัตถุดิบแทนน้ำนมโคดิบ จะเรียกว่า น้ำนมคืนรูป (Recombined Milk) และสามารถผลิตน้ำนมพร้อมดื่มได้ทั้ง 3 ประเภท แต่โดยมากถูกนำไปผลิตน้ำนมยูเอชทีที่มีการปรุงแต่ง (บรรษัตเงินทุนอุตสาหกรรม,2535)

การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของน้ำนมที่ผ่านความร้อน กับน้ำนมดิบแสดงดังตารางที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 คุณค่าทางอาหารของน้ำนมยูเอชที น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ เทียบกับน้ำนมดิบ 100 กรัม (เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ,2525)

องค์ประกอบ	น้ำนมดิบ	น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์	น้ำนมยูเอชที
น้ำ :ก.	87.6	87.6	87.6
โปรตีน :ก.	3.3	3.3	3.3
ไขมัน :ก.	3.6	3.6	3.6
คาร์โบไฮเดรท :ก.	4.7	4.7	4.7
แคลเซียม :ก.	0.12	0.12	0.12
วิตามินเอ :มก.	50	50	50
วิตามินดี :มก.	2	2	2
ไทอามิน :มก.	45	42	42
ไรโบเฟลวิน :มก.	150	150	150
แพนโทเทนิคแอซิด :มก.	350	350	350
นิโคตินิคแอซิด :มก.	100	100	100
ไนอาซิน :มก.	25	25	25
ไบโอติน :มก.	1.5	1.5	1.5
วิตามินบี12 :มก.	0.30	0.30	0.24
แอสคอบิคแอซิด :มก. (วิตามินซี)	2.0	2.0	1.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารน้อยมากในการผ่านกระบวนการทางความร้อนเพื่อกำจัดเชื้ออันอาจก่อโรค

ส่วนลักษณะทางกายภาพ สีของนมยูเอชทีจะออกเหลืองครีมกว่าน้ำนมดิบหรือน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์รสธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์นมที่ไม่ใช่น้ำนมพร้อมดื่ม มีหลายชนิด ที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ได้แก่ เนยแข็ง

<u>เนยแข็ง</u> (Cheese)

เนยแข็ง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำนม ครีม บัตเตอร์มิลค์หรือเวย์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง มาผสมกับเอนไซม์หรือและจุลินทรีย์ที่เหมาะสม จนเกิดการรวมตัวเป็นก้อน แล้วแยกน้ำเวย์ (Whey : หางเนยแข็ง)ออก นำมาใช้บริโภคเลยหรือมีการบ่มให้ได้ที่ก่อนบริโภค (ทองยศ อเนกะเวียง,2527)

ลักษณะของเนยแข็งส่วนใหญ่เป็นก้อน สีอาจแปรได้ตั้งแต่สีขาวล้วนของน้ำนมโดยไม่มีการเติมสี หรือบางชนิดมีสีของจุลินทรีย์เฉพาะที่เติมลงไปเช่น เนยแข็งบลู (Blue cheese) จะมีสีน้ำเงินเป็นเส้นใยของราสีน้ำเงินที่เจริญแทรกในเนื้อเนยแข็ง เนื้อส่วนใหญ่จะเรียบเนียน บางชนิดมีรูกลมๆเป็นโพรงอากาศอยู่ทั่วไปได้แก่ เนยแข็งสวิส (Swiss cheese) อันเกิดจากการที่แบคทีเรียสร้างแกสคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเจริญเติบโตระหว่างการบ่ม หรือขรุขระจากสายใยรา กลิ่นจะแตกต่างไปตามเชื้อที่ใช้ผลิตที่จะได้กล่าวต่อไป โดยทั่วไปเนยแข็งจะมีกลิ่นเฉพาะแต่จะแรงหรืออ่อน เนื่องจากระยะเวลาในการบ่ม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่หัวเชื้อแบคทีเรียที่เติมลงไประหว่างการทำเนยแข็ง จะย่อยองค์ประกอบในน้ำนมให้สารที่มีกลิ่น ส่วนรสชาติโดยทั่วไปไม่มีการแต่งรสเพิ่ม อาจมีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญทั้งในด้านให้รสของเนยแข็งดีขึ้น และมีผลถึงปริมาณน้ำในเนยแข็งที่อุ้มไว้ในระหว่างการผลิต ซึ่งจะมีผลไปถึงการผลิตเนยแข็งในระดับอุตสาหกรรมมาตรฐานส่วนนี้จึงต้องถูกควบคุมด้วย ความแข็งของเนยแข็งขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการบ่มถ้าใช้เวลานานเนยแข็งจะแข็งมากขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์,2527) เนยแข็งบางชนิดเช่น ปาร์มีแซน (Parmesan cheese) จะต้องใช้เครื่องขูดจึงจะสามารถขูดเนยแข็งออกมาได้เป็นเกล็ดหรือผง

การจัดแบ่งเนยแข็งออกเป็นหมวดหมู่มีเกณฑ์มากมาย เช่น ประเภทน้ำนมที่ใช้ผลิต แหล่งผลิต ความแข็งของเนยที่ได้ ปริมาณความชื้น สี กลิ่น รส ลักษณะเฉพาะ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ระยะเวลาการบ่ม การปรุงแต่ง ลักษณะการห่อ รูปร่างและอื่นๆทำให้ชื่อเนยแข็งมีมากกว่า 800 ชนิด แต่ตามที่ประมวลได้ แสดงการจัดแบ่งด้วยลักษณะการผลิตและความแข็งของเนย จำแนกได้ดังนี้

ประเภทเนยแข็งที่แบ่งตามลักษณะการผลิต มี 3 กลุ่ม ดังนี้ (ทองยศ อเนกะเวียง, 2527)

1 เนยแข็งธรรมชาติ (Natural cheese) คือ เนยแข็งที่ทำจากน้ำนมโคไม่ว่าในการผลิตจะผ่านการบ่มหรือไม่ก็ตาม สามารถนำมาบริโภคได้เลย โดยไม่ต้องนำไปปรุงแต่ง หรือผ่านการพาสเจอร์ไรซ์อีก แบ่งเป็น

1.1 เนยแข็งที่ไม่ต้องบ่ม (Unripened cheese) เป็นเนยแข็งที่มีลักษณะนิ่มเพราะมีน้ำมาก ต้องบริโภคทันทีหลังผลิต หรือเก็บในตู้เย็นได้ประมาณ 7 วัน แบ่งได้ 2 ชนิด

1.1.1 เนยแข็งที่มีไขมันต่ำ (Low fat cheese) มีการแยกไขมันนมออกไปก่อนหรือระหว่างการผลิต ตัวอย่าง คอตเตจ (Cottage), เบเกอร์ (Baker) เป็นต้น

1.1.2 เนยแข็งที่มีไขมันสูง (High fat cheese) ได้แก่ ครีม (Cream), นัฟชาตัล (Neufchatel) เป็นต้น

1.2 เนยแข็งบ่ม (Ripened cheese) คือ เนยแข็งที่ผ่านการบ่มให้เกิดกลิ่นรส ที่เฉพาะของเนยแข็งตามชนิดจุลินทรีย์ แบ่งเป็น 4 ชนิดคือ

1.2.1 เนยแข็งชนิดแข็งมาก (Hard grating cheese) ความแข็งของเนยชนิดต้องใช้เครื่องตัดหรือขูด เช่น โรมาโน(Romano) ,ปาร์มีแซน (Parmesan) , เอเชียโก โอลด์ (Asiago old) เป็นต้น

1.2.2 เนยแข็งชนิดแข็งพอควร (Hard cheese) เช่น เชดดาร์ (Cheddar) , สวิส (Swiss) , กรูแยร์ (Gruyère) ,โปรโวโลน (Provolone) เป็นต้น

1.2.3 เนยแข็งชนิดอ่อน (Semi soft cheese) เช่น รอคฟอร์ด (Roquefort) , เกอร์กอนโซลา (Gorgonzola) , บริค (Brick),ลิมเบอเกอร์ (Limburger) เป็นต้น

1.2.4 เนยแข็งชนิดอ่อนนุ่ม (Soft cheese) เช่น กามองแบร์ (Camembert) , บรี (Brie) เป็นต้น

2 เนยแข็งที่นำมาปรุงรสและผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurized process cheese) เนยแข็งดังกล่าวมักจะเป็นเนยแข็งในข้อ 1 ที่ผ่านการบ่ม และนำมาปรับแต่งรสให้แตกต่าง หรือเข้าเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อจำหน่าย

3 เนยแข็งที่ทำจากเวย์ (Whey cheese) ทำจากหางนมที่เหลือจากการทำเนยแข็ง โดยพบว่ายังมีโปรตีนเหลืออยู่ 2-3 ชนิด คือ อัลบูมิน กลอบูลิน โปรตีโอส เปปโตน เนยแข็งกลุ่มนี้ได้แก่ ไมซอร์ท (Mysort) , ริคอตตา (Ricotta) เป็นต้น

เกณฑ์อื่นๆในการแบ่งประเภทเนยแข็งที่สำคัญได้แก่ ปริมาณความชื้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแข็งของเนยแข็งหลังผลิต แสดงดังตารางที่ 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 จำแนกเนยแข็งโดยใช้ความแข็ง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2527)

แข็งมาก (Hard) (ความชื้น 30-35%)			แข็งปานกลาง (Semi-hard) (ความชื้น 35-45%)		อ่อนนุ่ม (Soft) (ความชื้น 45-60%)		
บ่มด้วยแบคทีเรีย (Bacteria ripened)			บ่มด้วย		บ่ม		ไม่บ่ม
			แบคทีเรีย	รา	แบคทีเรีย	รา	
12-16 เดือน	3-12 เดือน	2-3 เดือน	1-8 เดือน	2-12 เดือน	1-2 เดือน	2-5 เดือน	-
Cheshire	American	Appetitost	Bel-	Bleu	Hand	Brie	Cottage
Parmesan	Apple	Nokkelost	-paese	Blue	Limburger	Camem-	Cream
Reggiano	Asiago	Kumminost	Brick	Gammelost		-bert	Neuchatel
Sardo	Cheddar		Fontina	Gorgonzola		Liverot	Primost
	Edam		Gouda	Roquefort		Pont l-	Ricotta
	Gjetost		Jack	Stilton		-Eveque	
	Gruyere		Muenster				
	Provolone		Port de-				
	Sapsago		-Salut				
	Sbrinz						
	Swiss						

* (ปริมาณความชื้น : เปอร์เซนต์น้ำหนักต่อปริมาตร)

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าเนยแข็งมีมากมายหลายชนิด การบริโภคแตกต่างกันไปตามแหล่งการผลิตและประชากรในแหล่งนั้นๆ เนยแข็งที่เป็นที่นิยมบริโภคมากและแพร่หลายไปทั่วโลกได้แก่ เชดดาร์ (Cheddar cheese) (Lawrence,1987) ซึ่งมีต้นกำเนิดจากชื่อหมู่บ้านแห่งหนึ่งในประเทศอังกฤษ ทำจากน้ำนมโค ผสมกับแบคทีเรียผสมที่เรียกว่า หัวเชื้อแบคทีเรีย (Starter culture) ซึ่งผลิตกรดแลคติกจากน้ำตาลแลคโตสในน้ำนม มีการเติมเอนไซม์เรนเนท เนยแข็งสดจะถูกบ่มในที่เหมาะสมเป็นระยะเวลา 2-12 เดือน ลักษณะเนยแข็งที่ได้จะมีสีอ่อน บางครั้งมีการเติมสีแอนเนตโต จากเมล็ดแอนเนตโต (Annatto seed) เพื่อให้มีสีเหลืองเข้มขึ้น ความแข็งคงรูป เป็นก้อนตามพิมพ์ (Hoop) ซึ่งมักเป็นทรงกระบอก เนื้อเนียนไม่มีรูหรือสายใยรา กลิ่นไม่แรง (Olson,1988)

<u>องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการทำเนยแข็งเชดดาร์</u>

1 น้ำนมโค (Milk of cow)

2 หัวเชื้อแลคติกส์ (Lactics)

3 เอนไซม์เรนเนท (Rennet)

4 อื่นๆ

1 <u>น้ำนมโคดิบ</u>

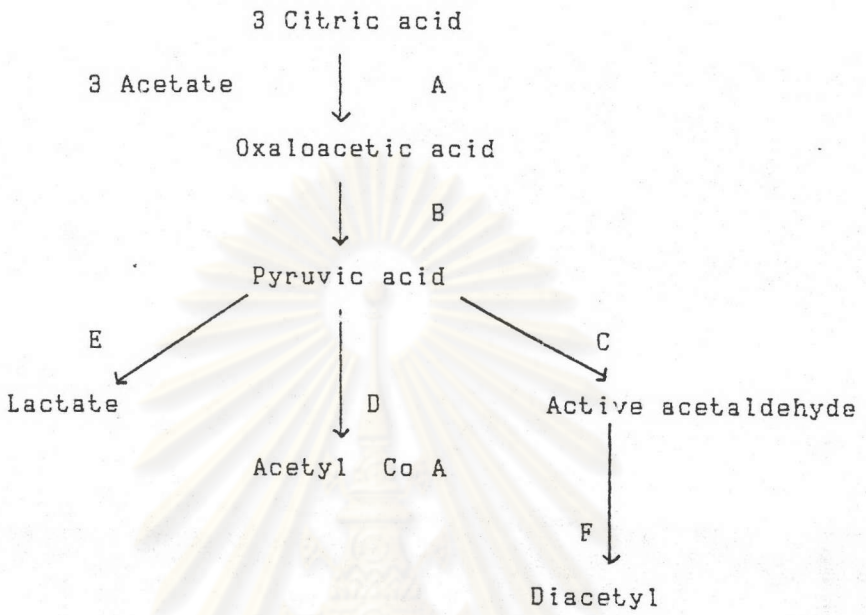
ในการทำเนยแข็งชนิดแข็ง (Hard) และชนิดกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Semi-soft) นิยมใช้น้ำนมดิบซึ่งเป็นกระบวนการแบบต้นตำรับแต่การพาสเจอร์ไรซ์น้ำนมถูกนำมาใช้เพิ่มขึ้นเพราะทำให้ได้คุณภาพเนยแข็งที่สม่ำเสมอ การพาสเจอร์ไรซ์ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์อื่นที่ปนมากับน้ำนมแต่จะทำให้กลิ่นรสที่เกิดจากเอนไซม์และแบคทีเรียในน้ำนมดิบบางส่วนถูกทำลายไปไม่เกิดขึ้นในขณะบ่ม ระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น ลักษณะกลิ่นและรสไม่ดีเท่ากับที่ทำจากน้ำนมดิบ ส่วนเนยแข็งคอตเตจและครีม ส่วนมากจะต้องทำจากน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (นิธิยา รัตนาปนนท์,2527)

2 **หัวเชื้อแลคติกส์**

แบคทีเรียแลคติกส์ที่ใช้ในการผลิตเนยแข็ง จะมีคุณสมบัติในการย่อยน้ำตาลแลคโตส มีกระบวนการเมตาบอไลซ์ให้เกิดเป็นกรดแลคติกได้แตกต่างกันตามชนิด นอกจากกรดแลคติกแล้ว ยังมีการสร้างสารระเหยอื่นๆ ที่ให้กลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์นมดังกล่าว เช่น ไดอเซธิล และอเซตัลดีไฮด์ (Diacetyl and acetaldehyde) ที่เกิดจากการเปลี่ยนซิเตรท หรือกรดอมิโน เช่น ทรีโอนีน (Threonine) เนยแข็งส่วนใหญ่จะใช้แบคทีเรียหัวเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิดผสมกัน ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลักษณะที่เป็นที่ต้องการ แบคทีเรียแลคติกส์แบ่งเป็น กลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45 °ซ ซึ่งเรียกว่า เทอร์โมฟิลลิก สตาร์ทเตอร์ (Thermophilic starter) และกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-30 °ซ เรียกว่า มีโสฟิลลิก สตาร์ทเตอร์ (Mesophilic starter) และมีเชื้อที่นำมาใช้ 3 สกุลได้แก่ สเตรปโตคอคคัส (Streptococcus) ลูโคนอสตอก(Leuconostoc) และแลคโตแบซิลลัส (Lactobacillus) (Law,1973)

สเตรปโตคอคคัส เชื้อสเตรปโตคอคคัสที่ใช้ในการผลิตเนยแข็งอยู่ในกลุ่มแลคติกส์ จำแนกได้ดังนี้ *Streptococcus lactis* , *S. diacetyllactis* , *S. cremoris* ต่อมามีการจัดแบ่ง subspecies ใน species เดียวกัน ได้แก่ *S. lactis subsp.lactis*, *S. lactis subsp. diacetyllactis* , *S. lactis subsp. cremoris* ตามลำดับ ทั้งสามสับสปีชีส์ ในบางกรณีอาจใช้ทั้ง สองแบบ สเตรปโตคอคคัสทั้งสามสับสปีชีส์ จะเป็นพวกมีโสไฟล์(mesophile) สามารถเมตาบอไลซ์ซิเตรทเป็นไดอเซธิล ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นภายหลังการหมักเนยแข็ง แสดงในรูปที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



A: Citrate lyase

B: Oxaloacetate decarboxylase

C: An Uncharacterized enzyme

D: Pyruvate dehydrogenase

E: Lactate dehydrogenase

F: Diacetyl synthase

รูปที่ 3 การสร้างไดอเซธิล จากซิเตรท โดย *Streptococcus diacetylactis* (Board, 1983)

ลูโคนอสตอก แบคทีเรียในสกุลนี้มีลักษณะเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนใหญ่เจริญในน้ำนมได้ไม่ดี ไม่เหมาะที่จะใช้เพื่อผลิตกรดแลคติก แต่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนซิเตรทเป็นสารไดอเซธิลและอแซโตอิน (Diacetyl and Acetoine)

ลูโคนอสตอกจะเฟอร์เมนท์น้ำตาลแลคโตสในน้ำนม ทำให้เกิดแกสคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะดันเนื้อเนยแข็งระหว่างการบ่ม เช่นเนยแข็งเกาดาและเอแดม เกิดเป็นโพรง (Eye) เช่นเดียวกับเนยแข็งสวิสแต่เนยแข็งสวิสเกิดจากเชื้อ *Propionebacterium shermanii* (Galloway,1985)

แลคโตแบซิลลัส เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ บางครั้งต่อกันเป็นสายยาวเมื่ออยู่ในอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เป็นแบคทีเรียแลคติกส์ที่มีทั้งกลุ่ม โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ และเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ แต่ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ ซึ่งจะผลิตกรดแลคติกได้มาก เมื่อผสมกับแบคทีเรียตัวอื่นๆในกลุ่มแลคติกส์มักใช้ผลิตนมเปรี้ยวและโยเกิตมากกว่าเนยแข็ง (Law ,1973)

การนำแบคทีเรียเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ มีการผสมกันเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดี แสดงดังตารางที่ 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและแบคทีเรียที่ใช้ผลิต (นภา โล่ห์ทอง,2534)

ผลิตภัณฑ์	กล้า
เนยแข็ง (Cheese)	
เชดดาร์ (Cheddar)	*Streptococcus cremoris* และหรือ *S. lactis*
สวิส (Swiss)	*Lactobacillus bulgaricus* *S. thermophilus*
บริค (Brick)	*S. thermophilus* หรือ *S. thermophilus*และ *S. cremoris*
บลู (Blue)	*S. lactis* และหรือ *S.cremoris*
กามองแบร์ (Camembert)	*S.lactis* ,*S. cremoris* และ *S. diacetyl-lactis* หรือ *Leuconostoc cremoris*
เกาดาและเอแดม (Gouda & Edam)	*S. lactis* และ *L. cremoris*
คอตเตจ (Cottage)	*S. lactis* ,*S.cremoris* หรือ *S. lactis* และ *L. cremoris*
ครีม (Cream)	*S. lactis* , *S. cremoris*, *L. cremoris*
นมเปรี้ยว (Yoghurt)	
โยเกิต (Yogurt)	*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*
บัตเตอร์มิลค์ (Butter milk)	*S. diacetylactis*, *S. lactis* , *S. cremoris* , *L. cremoris*
บัลการิคัสมิลค์ (Bulgaricus milk)	*L. bulgaricus*
แอซิโดฟิลัสมิลค์ (Acidophilus milk)	*L. acidophilus*
ยาคูลท์ (Yakult)	*L. casei* สายพันธุ์ *Shirota*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การผลิต การเพาะเลี้ยง และเก็บรักษาหัวเชื้อแลคติกส์

การผลิตและเพาะเลี้ยงหัวเชื้อแลคติกส์มีหลักการที่สำคัญดังนี้

1 เพาะเลี้ยงในอาหารที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เซลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการทำเนยแข็งเชดดาร์ อาหารที่ใช้เลี้ยงหัวเชื้อแลคติกส์จะเป็น อาหารนมพร่องมันเนย (Skim milk medium)นอกจากนี้ยังมี โปรตีนถั่วเหลืองย่อยสลายโดยจะมีการกำจัดสารเคมี หรือเอนไซม์ที่อาจพบได้ว่า เป็นสารต่อต้านการเจริญของเชื้อ (นภา โล่ห์ทอง,2534)

2 เลือกวิธีที่เหมาะสมกับการใช้ การทำเนยแข็งสามารถใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเพียงพอที่ไม่จำเป็นต้องทำให้เข้มข้นก่อนใช้ และไม่จำเป็นต้องทำให้แห้งเป็นผงละเอียด (นภา โล่ห์ทอง,2534)

3 ทุกขั้นตอนต้องระวังการปนเปื้อนเชื้อที่อาจทำลายหัวเชื้อแลคติกส์ หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้ ถึงแม้ว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติกซึ่งสามารถป้องกันการปนเปื้อนตามธรรมชาติได้ในระดับหนึ่ง แต่อาจมีสารเคมีบางอย่างที่เชื้อปนเปื้อนสร้างและสามารถทำลายหัวเชื้อได้ (Huggins,1984)

4 เลือกรูปแบบและวิธีที่สะดวกในการนำไปใช้และเก็บรักษา การแช่แข็งจะทำให้เก็บเชื้อได้นานขึ้น การทำให้แห้งจะทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ในแบคทีเรียกลุ่มนี้ การแช่แข็งจะใช้อุณหภูมิประมาณ -20 ถึง -40 °ซ โดยปรับพีเอชประมาณ 6.5-7 ก่อน ส่วนใหญ่เชื้อจะมีชีวิตอยู่รอดและคงคุณสมบัติได้นาน 1- 3 เดือน ต่อมาใช้อุณหภูมิต่ำถึง -196 °ซ โดยแช่ไนโตรเจนเหลว หัวเชื้อจะบรรจุกระป๋องอลูมิเนียมเติมสารป้องกันการตายและบาดเจ็บของเซล (Cryoprotective agent) เช่น กลีเซอรอล ประมาณ 10 เปอร์เซนต์ น้ำตาลแลคโตส 7.5เปอร์เซนต์ ซึ่งจะมีความต่างในการรอดชีวิตตามแต่ชนิดของเชื้อ ส่วนการทำให้แห้งโดยการระเหิดแห้งภายใต้สูญญากาศ (Lyophilization) พบว่า เชื้อสเตรปโตคอคคัสจะลดจำนวนลงถึง 50-80 เปอร์เซนต์ (นภา โล่ห์ทอง,2534)

3. เอนไซม์เรนเนท (Rennet enzyme)

เรนเนทเป็นชื่อทางการค้า ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากกรรมวิธีที่ทำให้เอนไซม์เรนนิน (Rennin) ตกผลึกหรือผสมด้วยสารประกอบที่ทำให้การเก็บรักษาเอนไซม์ได้นานขึ้นคือมีส่วนผสมของเอนไซม์เรนนิน มีเปปซินเล็กน้อย มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 10 เปอร์เซนต์ ใส่เป็นสารชะลอการเสื่อมสภาพ กรดบอริค 4 เปอร์เซนต์ โซเดียมเบนโซเอท (Sodium benzoate)เล็กน้อย หรือ พรอพิลีน ไกลคอล (Propylene glycol) (นภาศรี ไวศยะนนท์, 2528) เรนเนทแรกเริ่มถูกค้นพบโดยเมื่อนำกระเพาะลูกโคที่ยังไม่อดนมมาแช่ในน้ำนมจะทำให้น้ำนมเกิดการจับตัวเป็นก้อนลิ่ม (Curd) (ทองยศ อเนกะเวียง,2527) กระบวนการนี้จัดเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำเนยแข็ง เนื่องจากในกระเพาะลูกโคจะมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนนมและน้ำเกลือที่ดองกระเพาะลูกโคก็สามารถทำให้น้ำนมเกิดการแข็งตัวได้ พบว่าเอนไซม์เรนนิน สกัดได้จากกระเพาะที่สี่ (Abomasum) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Nicolas,1989)

เรนนินถูกจัดลำดับทางเอนไซม์คือ EC 3.4.4.3 มีอีกชื่อคือ ไคโมซิน Chymosin (Foster R.L.,1980) สามารถย่อยโปรตีนได้มากที่สุดที่พีเอช 3.8 เรนนินบริสุทธิ์ 1 ส่วน สามารถตกตะกอนน้ำนมได้มากกว่า 5 ล้านส่วน นอกจากเรนนินแล้วยังมีเอนไซม์ตัวอื่นที่พบในกระเพาะลูกวัวและทำให้น้ำนมตกตะกอนได้คือ เปปซินและทริปซิน (Pepsin and Trypsin) แต่จะทำให้เนยแข็งหลังบ่มมีรสขม เอนไซม์เหล่านี้สามารถใช้ในการตกตะกอนน้ำนมได้แต่คุณสมบัติเนยแข็งที่ได้ไม่ดีเท่าเรนนิน เอนไซม์เปปซินทำให้การตกตะกอนช้าลง ภายหลังพบอีกว่าเอนไซม์ปาเปน (Papain) ก็สามารถตกตะกอนน้ำนมได้ แต่ลักษณะไม่ดีและยุ่งยากเวลาใช้งาน การพัฒนาทำให้สามารถผลิตเอนไซม์เรนนินที่บริสุทธิ์ได้แต่มีราคาแพง จึงได้มีการศึกษาหาแหล่งผลิตเรนนินอื่นที่อาจจะมีราคาถูกกว่าพบว่าพืชบางชนิดสามารถให้เรนนินได้ ได้แก่ บัตเตอร์เวิท (Butterwort) *Pinguicula vulgaris* , เลดี้เบดสตรอว์ (Lady' s bedstraw) *Galium vorum* และ *Withania coagulan* เป็นต้น (ทองยศ อเนกะเวียง,2527)

เอนไซม์ที่ได้จากพืชเหล่านี้จะทำให้เนยแข็งมีรสขมเกินไป หรือมีคุณสมบัติต่างไปจากเดิมทำให้ยังไม่เป็นที่นิยมทั่วไป มีการศึกษาพบว่ามีจุลินทรีย์บางชนิดที่ให้เรนนินได้ ได้แก่ *Endothia parasitica* ให้เรนนินที่เหมาะในการทำเนยแข็งสวิส ไม่เหมาะที่จะใช้ทำเนยแข็งเชดดาร์ เพราะทำให้กลิ่นรสไม่ดีหลังจากการบ่ม 30 วันไปแล้ว (นภาศรี ไวศยนนท์,2526)

Mucor meihei สามารถให้เรนนินที่มีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้ทำเนยแข็งเชดดาร์และเนยแข็งอื่นๆอีกหลายชนิดซึ่งทำให้ปัจจุบันการทำเนยแข็งมีต้นทุนจากการใช้เรนเนทที่มีราคาถูกลงและมีคุณภาพดีขึ้น การเตรียมเรนนินเพื่อจำหน่าย มักจะเตรียมในรูปเรนเนทที่ระเหิดแห้งภายใต้สูญญากาศซึ่งจะเก็บได้นานและขนส่งได้สะดวก เมื่อจะใช้ก็สามารถละลายกับน้ำกลั่นได้เลย

เรนนินจะให้ก้อนลิ่มที่เหลวกับน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ แต่จะแข็งขึ้นในกรณีที่เป็นน้ำนมดิบการที่เกิดก้อนลิ่มเหลวกว่า เนื่องจากน้ำนมผ่านความร้อนทำให้ลดความสามารถในการละลายของแคลเซียมอิออนจากโมเลกุลนม (Micelles)ไปสู่ซีรัมนม แก้ไขโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ 0.09 เปอร์เซนต์ เพื่อให้แคลเซียมอิออนในน้ำนมสมดุลซึ่งจะไปมีผลเพิ่มการทำงานของเรนนิน (นภาศรี ไวศยะนนท์,2526) (Anprung,1989)

กลไกการทำงานของเรนนินจะแสดงได้เป็น 2 ระยะ (ทองยค อเนกะเวียง,2525)

ระยะที่ 1 <u>การทำงานของเอนไซม์ (Enzymic stage)</u> คือ ระยะที่เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับเคซีน โดยจะไปตัดสายโปรตีน แคปปา เคซีน ตำแหน่ง 105 -106 (ฟีนิลอะลานีนและเมไธโอนีน) ได้เป็น Glycomacropeptide (GMP)หรือ Caseinomacropeptide ซึ่งจะมีปลายด้านหนึ่งจับกันส่วนที่ชอบน้ำของ k-casein และ GMP นี้จะหลุดออกจาก micelles ซึ่งเป็นโมเลกุลโปรตีนน้ำนม เหลือส่วนที่เป็น para k-casein เกิดเป็นประจุลบที่ผิว และไม่ละลายน้ำ (Schmidt,1984) น้ำนมจะตกตะกอนเมื่อปฏิกิริยาสมบูรณ์ ช่วงอุณหภูมิที่ดีในการทำปฏิกิริยาคือ 15-60 °ซ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้จะไม่ทำปฏิกิริยา เอนไซม์นี้มีสัมประสิทธ์ 2-4 เท่าต่อ 10 °ซ แสดงว่าทุก 10 °ซ ที่น้ำนมร้อนขึ้น เอนไซม์จะทำปฏิกิริยาเร็วขึ้น 2-4 เท่า

ระยะที่ 2 <u>การจับตัวเป็นก้อนลิ่ม (Coagulation stage)</u> คือ ระยะที่น้ำนมตกตะกอน ดังสมการต่อไปนี้

Calcium (hydrogen) caseinate (associate with $Ca_3P_2O_8$)

↓

Calciumparacaseinate (associate with $Ca_3P_2O_8$)

เคซีนจากรูปแคลเซี่ยมเคซีเนทซึ่งละลายน้ำได้ถูกเปลี่ยนเป็นพาราเคซีนในรูปแคลเซี่ยมพาราเคซีเนท ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงแยกตัวออกมา แคลเซี่ยมพาราเคซีเนทนี้มีเกลือแร่รวมอยู่มากรวมทั้งโปรตีน ไขมันอีกด้วย ขั้นตอนที่ 2 นี้เป็นการสานตัวจับตัวเป็นก้อนลิ่มโดยอาศัย แคลเซียมอิออน และการจับตัวนี้จะเร่งให้เกิดได้ดีขึ้นโดยการเพิ่มความร้อนจาก 31 เป็น 40 °ซ และความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดก้อนลิ่มได้ดีขึ้นด้วย มีการวิจัยพบว่าการที่น้ำนมได้ผ่านความร้อนสูงมาก่อนทำให้ การทำงานของเรนเนทในการเกิดก้อนลิ่มช้าลง โดยที่ความร้อนจะเปลี่ยนโครงสร้างของ micelles น้ำนมทำให้ ลดความสามารถในการละลายของแคลเซียม และทำให้ matrix มีรูปร่างผิดไป น้ำเวย์จะแยกตัวได้ยาก ซึ่งเป็นการขัดขวางขั้นตอนการทำเนยแข็งส่วนหนึ่งด้วย (Schmidt,1984)

การตกตะกอนนี้ทำให้เนยแข็งเป็นที่รวมของวัตถุธาตุในน้ำนมขั้นต้น หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเหล่านี้ในน้ำนมจะเกิดในช่วงระยะเวลาการดำเนินต่อไปของกระบวนการ อาทิเช่น เนยแข็งที่ต้องการการบ่มเช่น เชดดาร์และเอแดม บ่มนาน 2- 12 เดือนด้วยแบคทีเรีย จะมีการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาการย่อยของเชื้อที่เจริญเติบโตในเนยแข็ง และการทำงานต่อเนื่องของเอนไซม์เมื่อเปรียบเทียบกับเนยแข็งที่บ่ม 2-12 เดือนด้วยรา เช่น รอคฟอร์ต หรือบ่ม 2-5 เดือนโดยเชื้อรา เช่น กามองแบร์ และเนยแข็งที่ไม่ต้องการการบ่มเช่น คอตเตจ แต่ทั้งนั้นขึ้นกับประเภทของวัตถุดิบน้ำนมด้วย เนยแข็งคอตเตจทำจากน้ำนมพร่องมันเนยขณะที่ที่เหลือทำจากน้ำนมพร้อมมันเนย พบว่ามีความแตกต่างในแต่ละประเภทของเนยแข็ง แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบเนยแข็ง 6 ชนิด (เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ,2525)

เนยแข็ง	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน	แคลเซี่ยม	วิตามินเอ	ไทอามีน	ไรโบเฟลวิน	นิโคตินิกแอซิด
		ร้อยละ		มก.	ไมโครกรัม	มก.	มก.	มก.
คิดจากน้ำหนักที่มีน้ำอยู่ด้วย								
เชดดาร์	35.1	33.1	25.8	826	410	0.03	0.42	0.09
เอ็มเมนตัล	34.9	30.5	27.4	1180	370	0.05	0.33	0.10
เอแดม	43.4	23.6	26.1	765	180	0.06	0.35	0.07
กามองแบร์	51.3	22.8	18.7	382	420	0.05	0.45	1.45
คอทเทจ	78.3	4.2	13.6	94	51	0.03	0.25	0.10
รอคฟอร์ต	40.0	30.5	21.5	315	372	0.03	0.70	1.20
คิดจากน้ำหนักที่หักน้ำออกแล้ว								
เชดดาร์		51.1	39.7	1072	632	0.04	1.00	0.13
เอ็มเมนตัล		47.0	42.2	1817	570	0.10	0.50	0.20
เอแดม		41.8	46.2	1354	319	0.11	0.60	0.12
กามองแบร์		46.2	38.3	783	861	0.10	1.00	2.97
คอทเทจ		19.4	62.7	433	235	0.14	1.15	0.50
รอคฟอร์ต		50.9	35.9	526	621	0.05	1.16	2.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำเนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese making)

การทำเนยแข็งเชดดาร์แต่เดิมไม่มีข้อจำกัดตายตัว แต่ละแหล่งที่ผลิตเนยแข็งจะมีวิธีแตกต่างกันไปเล็กน้อย ต่อมาได้มีการกำหนดมาตรฐานในการทำ โดยมีข้อจำกัดเพื่อที่คุณภาพที่คงที่ของเนยแข็ง (Van slyke ,1952) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1 การตกตะกอนโปรตีนในน้ำนม (Curding)

2 การใช้ความร้อน (Heating)

3 การบีบ (Pressing)

4 การเติมสารปรุงแต่ง (Seasoning)

5 การบ่ม (Ripening)

การตกตะกอนโปรตีนนม โปรตีนในน้ำนม 80 เปอร์เซนต์เป็นเคซีน สามารถตกตะกอนโดยเอนไซม์เรนนิน หรือกรดแลคติก หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน แต่ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจะใช้เรนเนทแทนเอนไซม์เรนนินบริสุทธิ์ (นิธิยา รัตนาปนนท์,2527)

อุณหภูมิที่ใช้ในการตกตะกอนมีความสำคัญมาก เนยแข็งแต่ละชนิดจะใช้อุณหภูมิแตกต่างกันส่วนมากอยู่ในช่วง 22 ถึง 35 °ซ อุณหภูมิที่ใช้ตกตะกอนเนยแข็งเชดดาร์ใช้อุณหภูมิประมาณ 30 ถึง 31 °ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับหัวเชื้อที่จะเจริญเติบโต อุณหภูมิที่ใช้และปริมาณเอนไซม์ที่เติมลงไป จะเป็นตัวควบคุมการเกิดกรดแลคติกและลักษณะของก้อนลิ่มระยะแรกของเนยแข็ง ถ้าต้องการให้เวลาในการตกตะกอนสั้นลง ทำได้โดยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ในระดับอุตสาหกรรมการผลิตเนยแข็งเชดดาร์ จะใช้อุณหภูมิในการตกตะกอนเคซีนที่ 38 °ซ เพื่อเร่งประสิทธิภาพการทำงานของเรนนิน (นภาศรี ไวศยะนนท์,2528) ปริมาณกรดแลคติกในน้ำนมขณะตกตะกอนมีความสำคัญ เนยแข็งที่มีคุณภาพดีการตกตะกอนจะมีช่วงพีเอชระหว่าง 5.0 ถึง 5.3 (Lawrence, 1987) และดีที่สุดที่พีเอช 5.1 ถึง 5.15 (เคซีนบริสุทธิ์มีจุดไอโซอิเลกทริกที่ 4.7 แต่ในสภาพที่เคซีนแขวนลอยเป็นสารประกอบกับธาตุอื่นอยู่ในน้ำนมนั้นจะตกตะกอนที่พีเอช 5.0 - 5.3 (ประกาย จิตรกร,2527)) เมื่อตกตะกอนโปรตีนได้เป็นก้อนลิ่มจะมีไขมันนมปนอยู่ประมาณ 90 เปอร์เซนต์ของไขมันนมทั้งหมด ก้อนลิ่มเหล่านี้จะถูกตัดให้เป็นก้อนสี่เหลี่ยมเล็กๆ เพื่อให้มีลักษณะง่ายต่อการไล่น้ำเวย์ออก

ก้อนลิ่มที่ได้มาบีบหรืออัดให้เป็นรูปร่างตามพิมพ์ ให้เนื้อเกาะกันแน่น

การเติมสารในการผลิตเนยแข็ง ที่สำคัญ คือเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งจะผสมในเนื้อและเนยแข็งบางชนิดจะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงที่ส่วนผิว จะควบคุมการเกิดการบ่ม และทำให้มีกลิ่นรสดี ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เติมมีความสำคัญมาก ปริมาณน้อยเกินไปจะทำให้เนยแข็งเหลว (Weak and pastry body) มีการบ่มที่ผิดปรกติ และมีการหดตัวเพิ่มขึ้น หากเติมมากเกินไปจะทำให้เนื้อเนยแข็งแห้งเปราะ แตกง่าย (Lawrence,1987)

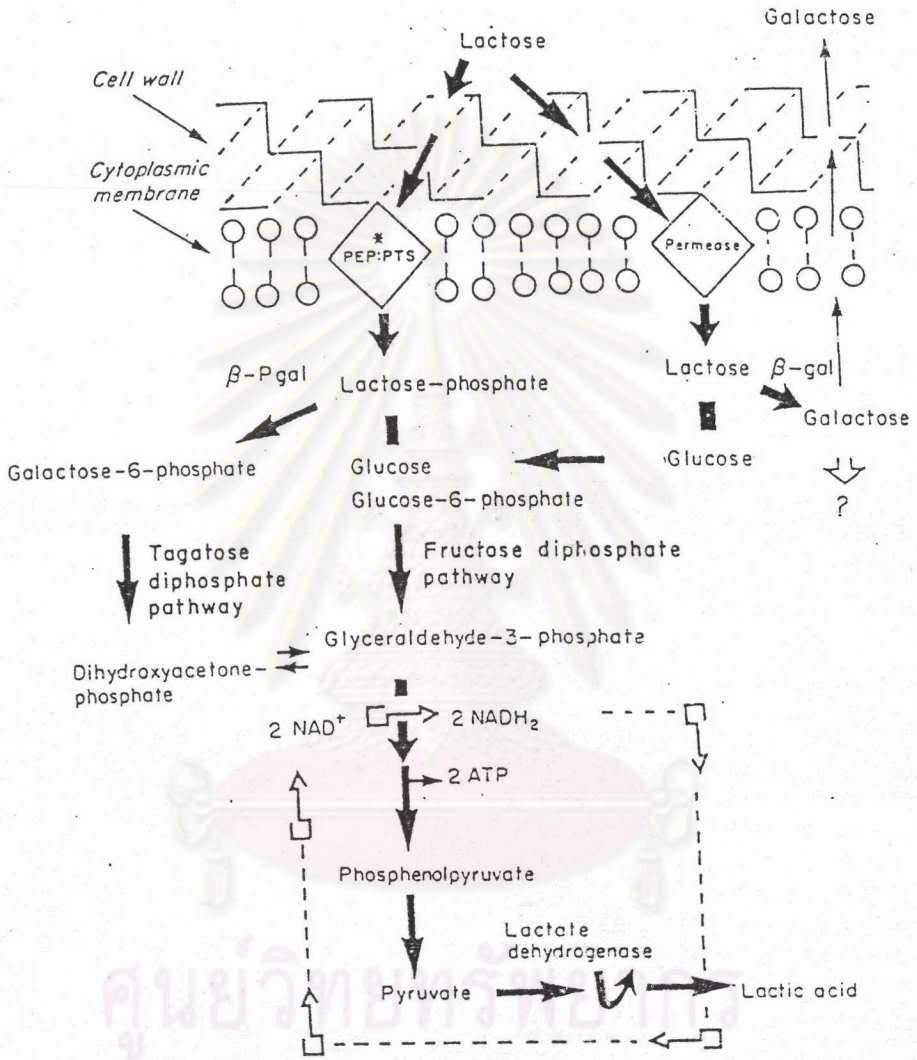
การบ่มเนยแข็ง การบ่มเนยแข็งเป็นส่วนที่สำคัญมากสำหรับเนยแข็งชนิดแข็ง จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางฟิสิกส์ เกิดขึ้นกับส่วนประกอบเนยแข็ง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และน้ำตาลแลคโตส ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเนยแข็งได้แก่

1 มีการหมักเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติก และสังเคราะห์กรดโปรปิโอนิค (Propionic acid) และแกสคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาการสร้างกรดแลคติกแสดงดังรูปที่ 3

จากรูปจะเห็นได้ว่า การสร้างกรดแลคติกอาศัยเอนไซม์หลายชนิดซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้บ่ม ส่วนกรดโปรปิโอนิกที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากแคลเซี่ยมแลคเตท (Calcium lactate) และบางส่วนเกิดจากกรดอมิโนอะลานีน (Alanine),เซรีน (Serine) และกรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) หรือเกิดจากการสลายตัวของกรดซัคซินิก(Succinic acid) (นภาศรี ไวศยะนนท์ ,2526)

2 มีการสลายตัวของโปรตีนเป็นโปรตีโอส (Proteose),เปปโตน (Peptone) เปปไทด์(Peptide) และกรดอมิโน (Amino acid) เอนไซม์ที่ควบคุมการสลายตัวของไขมัน ได้แก่ เรนนิน เปปซิน (เมื่อใช้เรนเนท) และเอนไซม์โปรตีเอสจากจุลินทรีย์ (Lawrence, 1987)

3 มีการสลายตัวของไขมันเป็นกรดไขมันอิสระโดยอาศัยเอนไซม์ไลเปสที่มีในน้ำนมและจากจุลินทรีย์ ไขมันนมมีกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งมักจะละลายน้ำได้น้อย ระเหยได้ง่าย จึงทำให้เกิดกลิ่น โดยเฉพาะกรดบิวทีริก (Butyric acid) (Holsinger,1931)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกในเนยแข็ง

(Board ,1983)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4 มีการเปลี่ยนกรดอมิโนและกรดไขมัน ได้สารประกอบที่ให้กลิ่นเฉพาะของเนยแข็ง เช่น ปฏิกิริยาดีแอมิเนชั่น (Deamination) ของกรดอมิโน เป็นกรดอินทรีย์ , แอมโมเนีย หรือ กรดไฮดรอกซี่ (Hydroxy acid) การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันเป็น การสลายกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยอาศัยปฏิกริยา บีต้า ออกซิเดชั่น (β-Oxidation) ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งพันธะคู่ ได้ กรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ คีโตน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ละลายได้ในน้ำสารประกอบเหล่านี้จะไปกระตุ้นต่อมรับรสในปากเมื่อรับประทานเนยแข็ง (นภาศรี ไวศยะนนท์, 2526)

การศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการนี้จะอ้างอิงวิธีการผลิตที่เป็นที่น่าเชื่อถือและนิยมมาในแหล่งอุตสาหกรรมผลิตเนยแข็งเชดดาร์ส่วนใหญ่ในอเมริกา (Olson, 1988)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนยแข็งแบบต้นตำรับ (Olson, 1988) ในระดับอุตสาหกรรม แสดงดังต่อไปนี้

น้ำนม (มีไขมันนม 3.5 %)	10,000 ปอนด์
หัวเชื้อแลคติกส์	70 ปอนด์
เรนเนท	30 ปอนด์
จะได้เนยแข็งเชดดาร์ (ที่มีไขมัน 33 %)	985 ปอนด์

น้ำนมที่นำมาใช้จะผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่ 161 ° ฟ 20 วินาที และเตรียมเนยแข็งตามขั้นตอน ในตารางที่ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i17186192

ตารางที่ 9 วิธีเตรียมเนยแข็งเชดดาร์ (Olson ,1988)

ขั้นตอนการผลิต	ช่วงเวลาแต่ละขั้นตอน(นาที)	อุณหภูมิ °ฟ	% กรด	พีเอช	หมายเหตุ
1 เติมหัวเชื้อ	30	88	0.16	6.65	
2 เติมสี	15	88	0.16	-	10 ออนซ์
3 เติมเรนเนท	12	88	0.17	6.60	30 "
4 น้ำนมแข็งตัว	18	88	-	-	
5 ตัดก้อนลิ่มให้เล็กลง	15	88	0.10	-	ขนาด1/4นิ้ว
6 ให้ความร้อน	30	88	0.10	-	
7 หยุดให้ความร้อน	45	102	0.11	6.40	กวนช้าๆ
8 แยกหางนมออก	30	102	0.13	6.20	
9 หยุดแยกหางนม	15	102	0.15	6.00	
10 ตัดเป็นบล๊อค 7 นิ้ว		101	0.17	5.90	
11 ตัดครึ่งบล๊อคแล้วซ้อนทับกัน		96	0.25	5.70	
12 ตัดให้เล็กลงแล้วซ้อนทับกัน (Cheddaring)		93	0.32	5.50	
13 ตัดให้เล็กลง	20	91	0.40	5.45	
14 เติมเกลือ1.5%(W/W)	40	89	-	-	
15 ตักใส่พิมพ์	20	88	-	-	
16 กดด้วยความดัน	30	88	ทิ้งไว้ 5-20 ชม.		

นำออกจากพิมพ์ ผึ่งผิวให้แห้งเรียบ เคลือบด้วยไข บ่มไว้ที่ 0-5 °ซ

เนยแข็งเชดดาร์ที่ได้จะถูกตรวจสอบด้านคุณภาพด้านส่วนประกอบทางโภชนาการให้เข้าเกณฑ์ที่ดี ก่อนจะบรรจุหรือแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อพร้อมที่จะบริโภคต่อไป

ลำดับการผลิตดังกล่าวจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ทองยศ อเนกะเวียง,2527)

1 ทำความสะอาดถังตกตะกอนน้ำนมและเครื่องมือที่ต้องสัมผัสน้ำนม ความสะอาดมาตรฐาน คือ จำนวนจุลินทรีย์ที่อยู่บนผิวภาชนะในเกณฑ์กำหนด ไม่เกิน 1 โคโลนี/พื้นที่ 1 ตารางนิ้ว การล้างในระดับอุตสาหกรรม ต้องใช้น้ำยาเคมีล้างครั้งสุดท้ายด้วยคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm. และผึ่งให้แห้ง

2 พาสเจอร์ไรซ์น้ำนม นำน้ำนมไปผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วปรับอุณหภูมิเป็น 38 °ซ เก็บไว้ในถังตกตะกอน

3 ตกตะกอนน้ำนม ลำดับต่อไปนี้

3.1 เติมหัวเชื้อแลคติกส์ ใส่ถังน้ำนม คนให้เข้ากัน ในระดับอุตสาหกรรมจะมีเครื่องคนน้ำนม

3.2 คงอุณหภูมิที่ 38 °ซเพื่อให้แบคทีเรียเติบโตอย่างสม่ำเสมอ นำมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ทุก 30 นาที จนได้ระดับ 0.17-0.2 เปอร์เซนต์ หรือระดับพีเอชประมาณ 5.8-6.10

3.3 เติมเรนเนท ชนิดเหลวสามารถเติมได้เลย ถ้าเป็นผง ต้องละลายน้ำกลั่นก่อนเติมลงไป คนให้เข้ากันแล้วหยุด

4 ทำให้ก้อนลิ่ม (Curd) หดตัว

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นการทำให้ก้อนลิ่มหดตัวเพื่อให้น้ำออกมากที่สุด ดังนี้

4.1 ตัดก้อนลิ่ม เมื่อน้ำนมตกตะกอนสมบูรณ์ ใช้ที่ตัดตัดให้เป็นก้อนลูกบาศก์ขนาด 1/4 - 3/8 นิ้ว การตัดจะทำได้โดยใช้เครื่องตัดที่มีลักษณะคล้ายตะแกรงใบมีดลากไปตามยาวและขวางของถังทำเนย (Vat) ในระดับอุตสาหกรรมจะมีกลไกการควบคุมการตัดโดยใช้มอเตอร์ให้ได้ขนาดสม่ำเสมอ

4.2 ให้ความร้อน เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 39 °ซ โดยเพิ่มอย่างช้าๆ มีการคนตลอดเวลา ก้อนลิ่มจะหดตัวลง และคายน้ำเวย์ออกมามาก

4.3 ระบายเวย์ออกจากถัง ในระดับอุตสาหกรรมจะไขก๊อกด้านข้างถังเพื่อระบายเวย์ออกจากถังให้หมด ก้อนลิ่ม หรือ เคิร์ดที่เหลือจะกองอยู่ก้นถัง ใช้พายรวมให้อยู่ด้านหนึ่งปล่อยตรงกลางให้เป็นทาง ให้เวย์ไหลออกมากที่สุด ก้อนเคิร์ดจะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ตัดเป็นบล๊อก

4.4 เชดเดอริ่ง หรือเชดดาริ่ง (Cheddaring) คือ การกดเอาเวย์ออก วิธีการคือตัดแผ่นเคิร์ดขนาด 8-12 นิ้ว นำแผ่นมาวางซ้อนกันหลายชั้นให้มีน้ำหนักพอที่จะกดให้เวย์ออกจากก้อนเคิร์ด ซ้อนไว้นาน 1 ชั่วโมง จนหมาด เคิร์ดจะจับตัวรวมกันอีก ต่อไปตัดเป็นชิ้นพอเหมาะเพื่อขูดเป็นละเอียด พีเอชประมาณ 5.4

5 ตัดเคิร์ดให้เป็นชิ้นเล็ก (Milling) ในระดับอุตสาหกรรมจะมีเครื่องตัดเคิร์ดให้ละเอียดเพื่อสะดวกในการเติมเกลือและอัดใส่พิมพ์

6 เติมเกลือป่น (Salting) เพื่อปรุงรส เติมในปริมาณ 1.5 เปอร์เซนต์ (1 -2 เปอร์เซนต์) คนให้เข้ากัน

7 นำเคิร์ดไปใส่พิมพ์ หรือแบบ (Moulding the curd) พิมพ์หรือแบบจะเรียกว่า ฮูป (Hoop)ส่วนใหญ่จะเป็นทรงกระบอก ภายในบุด้วยผ้าขาวบาง ใส่จนเต็มแล้วจึงปิดฝาอัดด้วยน้ำหนัก ในระดับอุตสาหกรรมจะมีการใช้ความดันและเครื่องเพิ่มกำลังภายในเวลา 30-60 นาที นำออกจากแบบห่อผ้าให้ตึง อัดใหม่อีก 12-24 ชั่วโมง

8 ผึ่งก้อนเคิร์ดให้แห้ง (Drying) นำไปผึ่งลมในห้องเย็นเป็นเวลาประมาณ 3-4 วัน ผิวจะแข็งตัวเป็นเปลือกเนยแข็ง

9 เคลือบก้อนเนยแข็งด้วยไข (Waxing) อุ่นเทียนไขหรือแวกซ์ให้ร้อนพอละลายหมด จุ่มก้อนเนยลงไปแล้วยกขึ้นทันที เทียนไข หรือแวกซ์จะป้องกันการระเหยของน้ำ

10 บ่มเนยแข็ง (Ripenning) นำก้อนเนยแข็งไปบ่ม สำหรับการผลิตในอเมริกันนิยมบ่มที่อุณหภูมิ 0-5 °ซ ความชื้น 75เปอร์เซนต์ ส่วนในยุโรปนิยมบ่มที่ 10-15 °ซ ความชื้น 80-90 เปอร์เซนต์ ในขณะที่บ่มนี้จะต้องกลับเนยแข็งอย่างสม่ำเสมอ ให้ทุกส่วนมีความชื้นเท่ากัน เพื่อให้จุลินทรีย์เติบโตอย่างสม่ำเสมอและป้องกันเนยแข็งกระด้าง การบ่มจะใช้เวลา 2-12 เดือน หรืออาจบ่มนานถึง 2-3 ปี ระยะเวลาการบ่มเนยแข็งไม่สำคัญเท่าอุณหภูมิและความชื้นในห้องบ่ม (Lawrence,1987) ในยุโรปนิยมบ่มเพียง 13-18 สัปดาห์ เมื่อบ่มครบกำหนดแล้วจะนำออกมาตัดแต่งห่อขาย หรืออาจปรุงแต่งเป็นโพรเซสชีส ก่อนนำออกจำหน่าย

ขั้นตอนการทำเนยแข็งเชดดาร์ที่กล่าวมาเป็นวิธีที่ทำในระดับอุตสาหกรรมและมีเครื่องมือพร้อม เมื่อนำมาศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องเปลี่ยนและลดบางขั้นตอนลงไปเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำ ในการศึกษานี้ ได้ทดลองนำน้ำนมถั่วเหลืองมาผสมกับน้ำนมโคยูเอชทีเพื่อเตรียมเนยแข็ง ต่อไปนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวข้องกับน้ำนมถั่วเหลือง

<u>น้ำนมถั่วเหลือง</u> (Soybean milk)

ถั่วเหลือง *(Glycine max (L) Merrill)* มีถิ่นกำเนิดที่ เอเชียตะวันออก คือจีนตอนเหนือและตอนกลางเมื่อ 3,100 - 5,800 ปีมาแล้ว จากนั้น มีการนำไปปลูกที่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น การใช้ประโยชน์ในแง่เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ ในประเทศไทยพบหลักฐานการปลูกถั่วเหลืองในปีพศ.2473 ที่เชียงใหม่และลำพูน และมีการส่งเสริมมากเริ่มปีพศ. 2513 โดยรัฐบาลญี่ปุ่นให้ความช่วยเหลือ ปัจจุบันกลายเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ในตลาดโลก สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่ผลิตถั่วเหลืองมากที่สุดในโลก โดยเป็นพืชที่ผลิตในประเทศมากเป็นอันดับสองรองจากข้าวโพด

การนำถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในเชิงบริโภคนั้น ได้มีการแปรรูปมากมายหลายชนิด เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองมีราคาถูก เช่น แป้งถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลือง อาหารสำเร็จรูป น้ำนมถั่วเหลือง เป็นต้น การที่ไม่นิยมนำทั้งเมล็ดมาปรุงเพราะมักมีกลิ่นเหม็นเขียว มีรายงานว่า (เรณู ปิ่นทอง,2523) สารระเหยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นดังกล่าว ได้แก่ เอน เฮกซานาล (n-Hexanal) เอน เพนตานาล (n-Pentanal) เอน เฮกซานอล (n-Hexanol) ไอโซเพนตานอล (Isopentanol) และ เอน เฮปตานอล (n-Heptanol) เป็นสารสำคัญในปริมาณเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดกลิ่นและรสเฉพาะของถั่วเหลืองได้ (Wilken , 1967)

อุตสาหกรรมการทำน้ำนมถั่วเหลือง (พิชัย สราญรมย์,2528)

ปัจจุบันการใช้ถั่วเหลืองมาผลิตเป็นน้ำนมถั่วเหลือง หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่าน้ำเต้าหู้ มีมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เพราะประชาชนเริ่มเข้าใจในคุณค่าทางอาหารของน้ำนมถั่วเหลืองมากขึ้น ประกอบกับน้ำนมถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแทนน้ำนมโคได้ดีพอควร ซึ่งเนื่องด้วยราคาที่ถูกกว่า แต่มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมโคใน 100 กรัม (พิชัย สราญรมย์,2528)

ส่วนประกอบ	น้ำนมถั่วเหลือง*	น้ำนมโค
น้ำ (กรัม)	92.5	87.0
โปรตีน (กรัม)	3.4	3.5
ไขมัน (กรัม)	1.5	3.9
คาร์โบไฮเดรท (กรัม)	2.1	1.9
เถ้า (กรัม)	0.5	0.7
แคลเซี่ยม (มก.)	21.1	118.0
ฟอสฟอรัส (มก.)	47.0	93.0
เหล็ก (มก.)	0.7	0.1
ไทอามีน (มก.)	0.09	0.04
ไรโบเฟลวิน (มก.)	0.04	0.17
ไนอาซิน (มก.)	0.30	1.0

* อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1:9

ปัจจุบันถั่วเหลืองถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำนมถั่วเหลืองประมาณ 10 เปอร์เซนต์ของปริมาณถั่วเหลืองที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์

วิธีการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง ได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยกันอย่างมากมาย ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ให้ได้น้ำนมคุณภาพดีทั้งรสชาติและลักษณะกายภาพ ตามความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น แบ่งเป็น 4 แบบ ดังนี้

1 การใช้น้ำสกัด (Water extract process)

2 การใช้เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกับน้ำด้วยความดันสูง (Water emulsion process)

3 การใช้โปรตีนบริสุทธิ์ (Protein isolate process)

4 การใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soy flour process)

1 <u>การใช้น้ำสกัด</u>

ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด แช่น้ำให้นิ่มจะพองตัวขึ้นอีก 1-1.2 เท่า ระยะเวลาที่ใช้แช่ 1-20 ชั่วโมง แล้วแต่อุณหภูมิน้ำที่แช่ น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะใช้เวลาน้อยกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ บดถั่วกับน้ำ อัตราส่วนที่เหมาะสมได้แก่ 1 : 9 ถั่วและน้ำตามลำดับ น้ำที่กรองได้จะมีลักษณะคล้ายน้ำนม แต่มีกลิ่นถั่ว การกำจัดทำโดยใช้อัลกอฮอล์แช่ถั่ว (Eldridgy,1977) หรือใช้สารโซเดียมซัลเฟตแช่ถั่ว ก่อนบดปั่น (Matsuura,1989) และการใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์และเชื้อปนเปื้อนของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้น มีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

1.1 ถั่วเหลืองนำมาคัดเมล็ดเสียออก อาจโม่ผ่าซีกก่อนหรือไม่ก็ได้

1.2 ล้างน้ำให้สะอาด

1.3 แช่น้ำให้อิ่มตัว อาจเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) หรือ โซเดียม คาร์บอเนต (Sodium carbonate)เพื่อฟอกสีของถั่วให้ขาวขึ้นและกำจัดรสขมที่อาจมีในถั่ว การแช่ถั่วนี้ใช้น้ำไม่น้อยกว่า 3 เท่า

1.4 ล้างให้สะอาดอีกครั้ง

1.5 บดให้ละเอียด โดยอาจใช้เครื่องบดไฟฟ้า หรือ อื่น ๆ โดยใช้น้ำร่วมด้วย เพื่อให้การบดเป็นไปโดยสะดวก

1.6 กรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก ระดับการผลิตขนาดเล็กจะใช้ผ้าขาวบางกรอง แต่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีเครื่องกรอง ได้แก่ ฟิลเตอร์ เพรส (Filter press)หรือ เดแคนเดอร์ และ เซพพาเรเตอร์ (Decanter & Separater) เป็นต้น

1.7 ต้มน้ำกรองให้สุก เพื่อทำลายและหยุดยั้งปฏิกิริยาเคมีที่อาจทำให้กลิ่นรสที่ได้เปลี่ยนแปลงไป

1.8 ปรุงแต่งโดยเติมไขมันพืช ให้มีคุณภาพใกล้เคียงน้ำนมโคให้มากที่สุดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผู้บริโภค

1.9 ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) เพื่อให้เกิดการชวนดื่ม ในการผลิตเพื่อจำหน่าย จำเป็นต้องผ่านกระบวนการนี้ โดยเฉพาะด้านไขมันจะถูกทำให้เล็กลง และกระจายสม่ำเสมอในน้ำนม โปรตีนที่จับตัวจะถูกทำให้กระจาย ความข้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จะใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ ความดันรวม 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 70 °ซ 10 นาที การฆ่าเชื้อ (Heat treatment) น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จะผ่านการบรรจุในภาชนะหลายแบบ เช่นถุงพลาสติก ขวดแก้ว กระป๋อง กล่องกระดาษ ที่นิยมใช้จะเป็นกล่องกระดาษที่เรียกว่า เตตร้า บริค (Tetra brik) มักใช้วิธีการ ยูเอชที ทำให้ปลอดเชื้อ เก็บได้เป็นเวลานาน (พิชัย สราญรมย์,2528)

2 <u>การใช้เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกับน้ำด้วยความดันสูง</u>

ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลาง ซึ่งมีส่วนของเครื่องจักรมากขึ้น คล้ายกับวิธีที่ 1 แตกต่างบางขั้นตอน คือ ถั่วที่ผ่านการทำความสะอาดจะต้องแยกเอาเปลือกออก นำเนื้อถั่วไปอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 165 °ซ ผ่านเข้าเครื่องรีดเป็นแผ่นบางๆ นำมาใส่น้ำร้อน นำไปผ่านเครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ความดันสูง 8,000 psi. ผ่านการกรอง ให้ความร้อน ก่อนนำไปบรรจุฆ่าเชื้อ

3 <u>การทำจากโปรตีนบริสุทธิ์</u>

เป็นวิธีการที่มีคุณภาพสูง ใช้ในอุตสาหกรรมบางส่วนในประเทศญี่ปุ่นและอเมริกาซึ่งมีเทคโนโลยีใช้ปรับแปรรูปผลผลิตเหล่านี้ นำ SPI (Soy protien isolate) มาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 50-55° ซ เติมสารปรุงแต่งได้แก่ไขมัน น้ำตาล ผสมให้เข้ากัน ผ่านการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ความดันสองครั้ง ครั้งแรก 2,500 ปอนด์ ครั้งที่สอง 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้เย็นลงทันที ที่ 5 °ซ ปรุงแต่งกลิ่นรสต่างๆ และสารที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ผ่านกระบวนการกำจัดเชื้อเพื่อให้สามารถเก็บได้นานโดยไม่เสียสภาพ (พิชัย สราญรมย์,2528)

4 <u>การใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม</u>

เป็นวิธีการที่เหมาะใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น เพราะสะดวกต่อการเตรียมวัตถุดิบ มีประสิทธิภาพสูง แต่ใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง คล้ายวิธีที่ 2 แต่ต่างกันที่ถั่วเหลืองที่ผ่านการคัด อบความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ที่มีในถั่วเหลือง แยกเปลือก บดเป็นแป้งถั่วเหลืองที่ละเอียดมาก ผ่านกระบวนการทำน้ำนมถั่วเหลืองแบบที่ 2 จะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดี (พิชัย สราญรมย์,2528)

การศึกษาเพื่อนำโปรตีนจากพืชมาทดแทนโปรตีนจากสัตว์ได้มีรากฐานการศึกษาในหลายเอกสาร เช่น ตามการวิจัยของ Jonas (1974) อ้างว่า Piper และคณะ ได้ศึกษาในปี 1923 พบว่าถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารสูง เมื่อนำมาทำเต้าหู้ (Soybean curd) มีความชื้น 90-94 เปอร์เซนต์ โปรตีน 5-8 เปอร์เซนต์ ไขมัน 3-4 เปอร์เซนต์ คาร์โบไฮเดรท 2-4 เปอร์เซนต์ และปี 1958 Smith ได้เสนอแนวความคิดว่าก้อนลิ่มจากถั่วเหลืองเหมาะที่จะนำมาหมักด้วยจุลินทรีย์ (Jonas,1974)

ปี 1967 Hang และคณะ ได้ทดลองทำให้โปรตีนจากถั่วเหลืองตกตะกอนจับตัวเป็นก้อนลิ่มด้วยวิธีการ ได้แก่ การใช้คัลเซียมซัลเฟต จะได้ก้อนลิ่มที่มีปริมาณโปรตีน 54 เปอร์เซนต์ ความชื้น 84.8 เปอร์เซนต์ การใช้กรดอซีติกทำให้ได้ก้อนลิ่มที่มีโปรตีน 67.8 เปอร์เซนต์ ความชื้น 77.6 เปอร์เซนต์ และมีความแข็งปานกลาง การใช้จุลินทรีย์แลคติกส์ สร้างกรดแลคติก จะได้ก้อนลิ่มถั่วเหลืองที่มีโปรตีน 55.0 เปอร์เซนต์ ความชื้น 76.9 เปอร์เซนต์ ความแข็งเปราะต่ำ แต่คงรูปและยืดหยุ่นดีกว่า

ปี 1981 Lee และ Marshall ได้ศึกษาการเตรียมเนยแข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง โดยมีการวิจัยทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนโดยใช้หัวเชื้อแลคติกส์และเอนไซม์เรนเนท โดยพบว่าในการผสมด้วย นมผงพร่องมันเนยจะทำให้ได้เนยแข็งหลังบ่ม 63 วันที่มีลักษณะเนื้อเนยแข็งมีความยืดหยุ่นสูง ส่วนเนยแข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองจะเปราะ ไม่ยืดหยุ่นและอุ้มน้ำมาก

จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาเพื่อนำน้ำนมถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์เพื่อทำเนยแข็งน้อยมาก เมื่อเทียบกับการนำไปใช้ประโยชน์ในอาหารกลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะการผสมกับน้ำนมโค ในขณะที่ขั้นตอนการทำเนยแข็งเชดดาร์มีการพัฒนาไปอย่างมากมาย อาทิ การปรับปรุงขั้นตอนการให้ความร้อนทำให้ลดระยะเวลาทำ จาก 7 ชั่วโมง ลดเหลือ 5 ชั่วโมง (Lawrence ,1987) และลดลงไปจนเหลือ 4 ชั่วโมง 25 นาที (Farkye ,1992) และมีการเร่งให้เนยแข็งสุก (Mature) ใช้ระยะเวลาบ่มน้อยลง โดยการเติมเชื้อ *Lactobacillus casei* สายพันธุ์ที่ได้วิจัยมาแล้วว่าสามารถเพิ่มลักษณะที่ดีให้เนยแข็งหลังบ่ม 2-4 เดือนโดยมีคุณลักษณะเทียบเท่าเนยแข็งที่บ่ม 6-12 เดือน (Trepeanier,1992) การศึกษานี้จึงจัดเป็นรากฐานของการศึกษาการเตรียมเนยแข็งในประเทศจากวัตถุดิบน้ำนมยูเอชที น้ำนมยูเอชทีหมดอายุ และน้ำนมยูเอชทีหมดอายุผสมน้ำนมถั่วเหลือง