บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์น้ำนมดิบในท้องตลาด

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศ มีอยู่ราว 22,000 ครัวเรือน ปริมาณโคนมในประเทศ มีประมาณ 300,000 ตัว ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้เกือบ 600,000 ตันต่อปี (ข้อมูลตามตารางที่ 1 เฉลี่ย 1,400 ตันต่อวัน) โดยมีอัตราการขยายตัวของการผลิตนมเฉลี่ยประมาณร้อยละ 14 ต่อปี น้ำนมดิบที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะนำมาแปรรูปเป็นนมพร้อมดื่มแต่ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้ในประเทศไม่เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากการบริโภคนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ต่อปี ทำให้ต้องมีการนำเข้านมพร่องมันเนยและไขมันนมเพื่อใช้ในการผลิตนมพร้อมดื่มด้วย ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2542 บังคับให้ผู้ผลิตนมเพื่อป้อนให้กับโครงการนมโรงเรียนต้องใช้น้ำนมดิบในประเทศในการผลิต โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาดซึ่งความต้องการน้ำนมดิบเพื่อผลิตนมพร้อมดื่มให้กับโครงการนมโรงเรียนเฉลี่ย 1,200 ตันต่อวัน ดังนั้นเท่ากับว่ามีน้ำนมดิบเหลือสำหรับโรงงานนมพร้อมดื่มเพื่อผลิตเข้าตลาดเพียงประมาณ 200 ตันต่อวันเท่านั้น ดังนั้นนมพร้อมดื่มที่มีอยู่ในตลาดส่วนใหญ่ จึงไม่ใช่นมที่ผลิตจากน้ำนมดิบ 100% ดังนั้นฉลากนมพร้อมดื่มจึงแยกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ นมโคแท้ 100% คือ ใช้วัตถุดิบเป็นน้ำนมดิบทั้งหมด และนมที่ติดฉลาก อื่นๆ เช่น นมคืนรูป นมดัดแปลง เป็นต้น ซึ่งจะไม่ได้ใช้วัตถุดิบเป็นน้ำนมดิบทั้งหมด ดังนั้น ถ้ามองในแง่ของปริมาณการผลิตน้ำนมดิบที่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตนมพร้อมดื่มกล่าวคือในปัจจุบันปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้ในประเทศนั้นคิดเป็นเพียง ร้อยละ 30 ของปริมาณความต้องการน้ำนมดิบของโรงงานผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่น่าจะเกิดปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาด แต่ปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาดจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงที่โรงเรียนปิดภาคเรียน เท่านั้น ซึ่งก็ได้มีการแก้ปัญหาโดยการอนุญาตให้มีการผลิตเป็นนมยูเอชทีเพื่อเก็บไว้ส่งให้กับโรงเรียนต่างๆเมื่อเปิดภาคเรียนแล้ว อย่างไรก็ตามปัญหาของธุรกิจนมพร้อมดื่มในปัจจุบันก็คือ การตรวจพบว่ามีการนำนมผงหรือหางนมผงมาผสมกับน้ำผลิตเป็นนมพร้อมดื่มจำหน่ายทำให้ปริมาณการรับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกรลดลง จนเกิดปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาดในบางพื้นที่ (บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการนมโรงเรียนซึ่งรัฐบาลใช้งบประมาณซื้อถึงปีละ 4,000 ล้านบาทนั้นปรากฏว่าส่วนใหญ่ นมพร้อมดื่มที่ซื้อจากผู้ผลิตไปให้นักเรียนเป็นหางนมผง ที่นำเข้าจากต่างประเทศมาละลายน้ำ เพราะมีต้นทุนต่ำ แต่คุณค่าทางโภชนาการลดลงไปมาก (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2547)

ตารางที่ 2.1 จำนวนโคนม และปริมาณน้ำนมดิบ เป็นรายภาค พ.ศ. 2543 – 2545

ภาค	จำนวนโคนม (ตัว)			ปริมาณน้ำนมดิบ (ตัน)		
	2543	2544	2545	2543	2544	2545
เหนือ	27,561	29,243	31,432	39,781	46,773	55,466
ตะวันออกเฉียงเหนือ	84,790	87,038	88,279	113,648	129,557	150,054
กลาง	232,954	242,034	250,491	358,226	378,919	420,089
ใต้	6,705	6,894	7,061	8,460	9,064	10,745
รวมทั้งประเทศ	352,010	365,209	377,263	520,115	564,313	636,354

ที่มา : สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย, 2546.

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาน้ำนมดิบที่ล้นตลาดนี้อีกทางหนึ่ง ผู้ประกอบการที่ผลิตนมพร้อมดื่มจึงควรผลิตผลิตภัณฑ์นมประเภทอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนยแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งมีมูลค่าสูง และมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารคาวเช่น แฮมเบอร์เกอร์ พาสต้า หรือในอาหารหวาน เนยแข็งที่นิยมใช้ได้แก่ เนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese) เนยแข็งกัวดา (Guada cheese) และเนยแข็งมอซซาเรลลา (Mozzarella cheese) ประเทศไทยมีผู้ผลิตเนยแข็งประมาณ 7 - 8 ราย (ไม่รวมรายย่อย) ประมาณ 3,000 ตันต่อปี เนยแข็งที่ผลิตได้จะผลิตจากน้ำนมดิบเพียงอย่างเดียว (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548)

การตลาดต่างประเทศผลิตภัณฑ์นม

มูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์นมทั้งหมด

สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์ (2546) รายงานว่ามูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมทั้งหมดในช่วงเดือน มกราคม – เมษายน 2546 เป็น 3,081 ล้านบาท น้อยกว่าช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา ร้อยละ 14 ในทำนองเดียวกัน มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์นมทั้งหมดเป็น 1,438 ล้านบาท และน้อยกว่าปีที่ผ่านมาร้อยละ 25 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์นมทั้งหมด ระหว่างปี 2545 และ 2546 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พบว่า ทั้งมูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์นมในปี 2546 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง แต่ในปี 2545 มีอัตราเพิ่มขึ้น(รายละเอียดตามตารางด้านล่าง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์นม ของเดือน มกราคม - เมษายน ปี 2544 - 2546

รายการ	*มูลค่าการนำเข้า (ม.ค. - เม.ย.)			*มูลค่าการส่งออก(ม.ค. - เม.ย.)		
	2544	2545	2546	2544	2545	2546
นมและครีมไม่เข้มข้นหรือไม่หวาน	0.711	0.338	0.434	84.441	189.515	242.820
นมและครีมเข้มข้น เติมน้ำตาลหรือสารหวานอื่น	2,198.434	2,562.906	2,151.110	477.552	1,583.443	1,008.841
บัตเตอร์มิลค์	297.749	340.760	186.997	75.752	123.037	153.117
หางนม(เวย์)	296.727	324.870	381.218	7.645	25.654	31.013
เนยเหลวหรือไขมันนมอื่น ๆ(butter)	258.648	254.170	257.070	0.382	1.511	1.459
เนยแข็ง (cheese)	94.058	98.004	104.075	0.415	0.402	0.812
รวมผลิตภัณฑ์นมทั้งหมด	3,146.327	3,581.048	3,080.904	646.187	1,923.562	1,438.062

ที่มา : สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2546.

หมายเหตุ : *มูลค่า (ล้านบาท)

ปริมาณการนำเข้านมผงจากประเทศออสเตรเลียคิดเป็นร้อยละ 60 ของทั้งหมด คิดเป็นเงิน 10,000 ล้านบาทต่อปี การนำเข้านมผงขาดมันเนยจากสมาชิกที่มิใช่ WTO (World trade organization) ต้องขออนุญาตนำเข้า และจะต้องมีการรับซื้อน้ำนมดิบภายในประเทศถ้านำเข้าเพื่อใช้ผลิตเป็นนมพร้อมดื่ม การนำเข้าจากสมาชิก WTO รวมลาวและกัมพูชา จะต้องมีหนังสือรับรองแสดงการใช้สิทธิ์ชำระภาษี (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548)

ผลิตภัณฑ์เนยแข็ง

ในผลิตภัณฑ์นมทั้งหมดเนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้รับความนิยมทั่วโลก การทำเนยแข็งเป็นวิธีการเก่าแก่เป็นการช่วยเก็บรักษานมในรูปของแข็งโดยการเอาน้ำออกจากน้ำนมโดยการตกตะกอน และมีอายุการเก็บรักษานานอีกทั้งมีคุณค่าทางอาหารสูง การผลิตเนยแข็งเป็นศิลปะเมื่อหลายร้อยปีก่อนคริสตกาล ซึ่งคล้ายกับผลิตภัณฑ์ของชาวอินเดียคือ เดฮี (dehi) ในสมัยกรีกโบราณผู้คนเก็บนมไว้ได้นานในรูปของนมเปรี้ยวตามธรรมชาติ และจะยิ่งเก็บได้นานมากขึ้นเมื่อเก็บไว้ในรูปของเคิร์ดอัดเป็นก้อน (pressed curd) และทำให้เคิร์ดแห้งบางส่วนโดยแสงอาทิตย์ ต่อมาผู้คนในแถบตะวันออกของเมดิเตอร์เรเนียนได้ค้นพบวิธีทำให้น้ำนมตกตะกอนได้เร็วขึ้นเมื่อเอานมใส่ในกระเพาะสัตว์ตากแห้ง ส่วนที่เป็นของเหลวก็จะแยกออกมาได้เร็วเหลือส่วนของแข็งรับประทานได้เลยหรือเก็บไว้รับประทานทีหลังก็ได้ ส่วนในอีกที่หนึ่งมีการใช้สารสกัดจากพืชทำให้นมตกตะกอน การทำเนยแข็งทำได้โดยใช้เรนเนตทำให้น้ำนมเกิดการตกตะกอนหรือใช้จุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สร้างกรดแลคติกร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ จากนั้นบ่มเนยแข็งที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน วิธีการผลิตเนยแข็งมีความ แตกต่างจากอีกประเทศหนึ่งสู่อีกประเทศหนึ่งจากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่งเพื่อพัฒนารสชาติ (Joshi, 1999)

ปัจจุบันมีชื่อที่ใช้เรียกเนยแข็งประเภทต่าง ๆ กว่า 2,000 ชื่อ ในเนยแข็งที่ถูกผลิตขึ้นกว่า 400 ชนิด และเนยแข็งชนิดหลักมี 18 ชนิด เพราะเหตุนี้จึงมีความหลากหลายของเนยแข็งไม่เฉพาะเนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese) เนยแข็งเกาดา (Guada cheese) เนยแข็งมอซซาเรลลา (Mozzarella cheese) และเนยแข็งคอทเทจ (Cottage cheese) แต่ยังรวมถึง เนยแข็งพาเนีย (Paneer cheese)เนยแข็ง ชานนา (Channa cheese) (Joshi, 1999)

คำจำกัดความ “เนยแข็ง”

Joshi (1999) กล่าวว่าเนยแข็งคือ เคิร์ดของนมที่แยกจากของเหลว (whey) และอัดให้เป็นก้อน ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเคิร์ดของน้ำนมซึ่งได้จากการตกตะกอนโปรตีนเคซีนด้วยเอนไซม์เรนเนต หรือเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ร่วมกับกรดแลคติคโดยมีหรือไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ช่วย ทำให้ความชื้นลดลงโดยการตัดเคิร์ด ให้ความร้อนและอัดเป็นก้อนให้เป็นรูปร่าง จากนั้นบ่มโดยเก็บที่เวลา อุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม

รายงานจากเครือข่ายกาญจนาภิเษก (2547) ได้กล่าวว่าเนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตกตะกอนของโปรตีนในนมที่เรียกว่า เคซีน (Casein) โดยอาศัยเอนไซม์และเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยให้เกิดการตกตะกอนเป็น เคิร์ด หรือลิ่ม (Curd) แล้วนำมาอัดเป็นก้อน เนยแข็งมีหลายชนิด ชนิดของเนยแข็งขึ้นอยู่กับกรรมวิธีที่ผลิต และวัตถุดิบที่ใช้

Alfa-Laval AB (2002) กล่าวว่าเนยแข็งคือผลิตภัณฑ์ที่สดหรือบ่ม หลังจากตกตะกอนและ แยกส่วนของเวย์ออกเติมครีมหรือนมพร่องมันเนย บัตเตอร์มิลค์ (Butter milk) หรือส่วนผสมข้างต้นผสมกัน เนยแข็งประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน น้ำ และเกลือ ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของเนยแข็ง

การแบ่งประเภทของเนยแข็ง

Joshi (1999) กล่าวว่าการแบ่งประเภทของเนยแข็งขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ (น้ำนม) ชนิดของส่วนประกอบ ลักษณะปรากฏทั้งภายในและภายนอก ปริมาณไขมัน ปริมาณความชื้นและวิธีการบ่ม แต่เกณฑ์ที่ใช้แบ่งประเภทของเนยแข็งโดยส่วนมากคือ ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายและวิธีการบ่ม ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบ่งตามปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

1. **เนยแข็งชนิดแข็งมาก** (Very Hard cheese) ความชื้นสูงสุด 34 เปอร์เซ็นต์
2. **เนยแข็งชนิดแข็ง** (Hard cheese) ความชื้นสูงสุด 39 เปอร์เซ็นต์
3. **เนยแข็งชนิดกึ่งแข็งกึ่งเหลว** (Semi-hard/Semi-soft cheese) ความชื้น 39 – 50 เปอร์เซ็นต์
4. **เนยแข็งชนิดเหลว** (Soft hard) ความชื้นระหว่าง 50 – 80 เปอร์เซ็นต์

แบ่งตามวิธีการบ่ม

1. **บ่มโดยใช้แบคทีเรีย** (Bacteria ripened) บ่มโดยแบคทีเรียต่าง ๆ เช่น Lactococci, Lactobacillus, Peiococci, Leuconostocs, Propionibacteria และ Brevibacteria เป็นต้น
2. **บ่มโดยใช้รา** (Mold ripened) บ่มโดยใช้เชื้อราชนิดต่าง ๆ เช่น Penicillium
3. **ไม่มีการบ่ม** (Unripened) ไม่มีการบ่มเนยแข็งเลย

Alfa-Laval AB (2002) กล่าวว่าเป็นการยากมากที่จะแบ่งแยกประเภทของเนยแข็งเพราะเนยแข็งมีหลายชนิดและแบ่งได้หลายกรณี แต่สามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์ที่ใช้ส่วนใหญ่คือ

แบ่งตามวิธีการตกตะกอนโปรตีน แบ่งระหว่าง Rennet cheese และ Acid cheese หรือใช้ทั้งสองวิธีรวมกันเรียกว่า Acid rennet cheese เช่น Cottage cheese

แบ่งตามปริมาณน้ำ แบ่งได้เป็นแบบแข็ง (Hard) กึ่งแข็ง (Semi-hard) และอ่อน (Soft)

- เนยแข็งชนิดแข็ง เช่น Emmenthal cheese และ Gouda cheese เป็นเนยแข็งที่เอาน้ำออกจากเคิร์ดมากในกระบวนการผลิต
- เนยแข็งชนิดอ่อน เช่น Camembert และ Brie มีความชื้นสูงในเคิร์ด

แบ่งตามจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบ่ม

Smear cheese ripening ใช้แบคทีเรีย smear ลงบนผิวหน้าเช่น Tilsit, Port Salut และ St. Paulin

Blue vein cheese เช่น Roquefort และ Gorgonzola

White mould cheese เช่น Brie และ Camembert

แบ่งตามเนื้อสัมผัส

Round-eyed cheese เกิดรูพรุนขึ้นในระหว่างการบ่มโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และถูกสะสมอยู่ภายในเนื้อเคิร์ด

Glanular ในเคิร์ดที่มีการใช้ราอากาศจะถูกจับไว้ระหว่างเม็ดเล็ก ๆ ของเคิร์ด (Curd grain) เช่น Tisit จะเกิดรูพรุนเล็ก ๆ กระจาย ถ้าราอยู่ใต้ผิวของชั้นเวย์ อากาศจะถูกกำจัดออก รูพรุนภายในจะน้อยกว่า คาร์บอนไดออกไซด์จะสะสมอยู่ในรูป round bubbles เช่น Guada cheese

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Close texture เป็นเนยแข็งชนิดแข็งที่ทำจากกล้าเชื้อ (starter) ที่สร้างคาร์บอนไดออกไซด์น้อยมากเกิดการหมักแลคโตสก่อนจะอัดขึ้นรูป เช่น Cheddar cheese

นอกจากนี้เนยแข็งยังมีความหลากหลาย ตั้งแต่ขนาด รูปร่าง การบรรจุ หรือการเคลือบผิว รวมทั้งสถานที่ผลิต ประเภทของน้ำนม Scott (1981) ได้แบ่งประเภทของเนยแข็งตามส่วนประกอบของเนยแข็ง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทของเนยแข็งที่แบ่งตามส่วนประกอบ

Cheese type	Water in fat free substance (%)	Fat in dry matter (%)	Descriptive class
Extra hard	< 50	>60	High fat cheese
Hard	49 – 55	≥ 45 - < 60	Whole milk cheese
Half fat	53 – 63	≥ 25 - < 45	Half fat cheese
Semi-soft	61 – 68	≥ 10 - < 25	Low fat cheese
Soft	>60	>10	Skim milk cheese

ที่มา : Scott, 1981.

ซึ่งเนยแข็งเชดดาร์จัดอยู่ในเนยแข็งประเภทแข็งมีความชื้นสูงสุดประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 45 – 60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในเนยแข็งประเภทต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าเนยแข็งชนิดแข็งจะให้พลังงานสูงสุดถึง 400 Kcal/ 100 g. (Joshi, 1999)

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบในเนยแข็งประเภทต่างๆ

ประเภทเนยแข็ง	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	วิตามิน (ug/100g)			พลังงาน (Kcal/100g)
					เอ	บี 1	บี 2	
Hard (Cheddar)	35.0	33.0	26.0	0.83	380	50	0.50	400
Semi-hard (Edam)	43.0	24.0	26.0	0.76	250	60	0.35	320
Blue-veined (Roqueford)	40.0	31.0	21.0	0.32	300	30	0.70	360
Soft (Camembert)	51.0	23.0	19.0	0.38	240	50	0.45	280
Unripened (Cottage)	79.0	0.4	16.9	0.09	3	30	0.28	82

ที่มา : Joshi, 1999.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนยแข็งเชดดาร์เป็นชนิดหนึ่งที่ทำการผลิตในโครงการของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ และทรงพระราชทานชื่อเนยที่ผลิตว่า “เนยแข็งมหามงคล” มี 3 ชนิด เนยแข็งเกาดา เนยแข็งเชดดาร์ เนยแข็งปรุงแต่ง (เครือข่ายกาญจนาภิเษก, 2547)

หลักการผลิตเนยแข็งเชดดาร์

เนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese) เป็นชื่อที่เรียกมาจากตำบล Cheddar จังหวัด Somerset ประเทศอังกฤษ เนยแข็งชนิดนี้อเมริกาเรียกว่า American cheese คานาดาเรียก Canadian cheese นับเป็นเนยแข็งที่แพร่หลายมากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื้อของเนยค่อนข้างแข็งเป็นเนยแข็งที่ทำจากนมวัว กรรมวิธีเริ่มต้นด้วยการใส่กล้าเชื้อ (starter) ลงในนม เพื่อให้นมเปรี้ยวเสียก่อน แล้วจึงใส่เรนเนตลงไปหลังจากนั้นประมาณ 20 นาที นมจะกลายเป็นวุ้น (coagulation) เมื่อแข็งตัวดีแล้วจึงตัดด้วยมีดให้เป็นก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ แล้วกวนช้าๆ ในอุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส เมื่อกวนไปชั่วระยะเวลาหนึ่งเคิร์ดจะหดตัวเหลือขนาดครึ่งหนึ่ง จากนั้นจึงกวาดเคิร์ดให้ไปรวมกันอยู่สองข้างของถังแล้วไขเอาหางนมออก ปล่อยให้เคิร์ดที่กองสุมกันอยู่เยิ้มติดกัน การกองให้เนยแข็งเยิ้มติดกันนี้เรียกว่า Cheddaring เมื่อเนยแข็งเยิ้มติดกันแล้วตัดออกเป็นก้อนสี่เหลี่ยม เอาวางซ้อนกันเพื่อไล่น้ำออกให้มากที่สุด จากนั้นเอาไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องตัด ใส่เกลือลงไป 2 กิโลกรัมต่อเนยแข็ง 100 กิโลกรัมแล้วกวนให้เข้ากันดีเกลือจะดูดน้ำให้เนยแข็งหดตัวลงอีก นอกจากนี้เกลือยังช่วยหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วย เนยแข็งเชดดาร์เป็นเนยแข็งในจำนวนที่น้อยชนิดที่ใส่เกลือลงไปในเนื้อของเนยแข็ง จากนั้นก็เอาเนยแข็งใส่ในแบบพิมพ์ซึ่งมีผ้าบุเอาเข้าเครื่องอัดด้วยกำลังอัดที่เพิ่มขึ้นช้าๆ ประมาณ 20 – 60 นาที จากนั้นเอาออกจากแบบดึงผ้าที่ห่อเนยให้ตึง แล้วเอากลับเข้าแบบใหม่กดประมาณ 12 – 24 ชั่วโมง ในระหว่างนี้น้ำจะไหลออกจากเนยแข็งอีก วันต่อมาจึงเอาเนยแข็งออกจากแบบพิมพ์ย้ายไปวางบนชั้นประมาณ 3 – 4 วัน ในระหว่างนั้นผิวของเนยจะแห้งกลายเป็นเปลือก เมื่อเกิดเปลือกเนยแข็งนำไปชุบเทียนไขแล้วนำไปเข้าห้องบ่มใช้เวลาในการบ่มประมาณ 2 – 6 เดือน อาจจะบ่มนานถึง 2 ปี ยิ่งเก็บไว้นานเนยแข็งจะมีรสและกลิ่นแรงขึ้น (เครือข่ายกาญจนาภิเษก, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนพื้นฐานในการผลิตเนยแข็ง (Joshi, 1999)

1. **การเตรียมน้ำนม** เช่น การปรับมาตรฐานไขมันนม (Standardization) โฮโมจีไนซ์เซชัน (Homogenization) และการให้ความร้อน (Heat treatment)
2. **การเตรียมน้ำนมให้ตกตะกอน**

การตกตะกอนนมคือการทำให้นมอยู่ในรูปของแข็งโดยใช้กรดหรือเรนเนต หรือใช้ทั้งสองอย่างร่วมกันขึ้นกับความแตกต่างของเนยแข็ง การตกตะกอนโดยกรดจะใช้ใน Cottage cheese โดยทั่วไปจะใช้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกตามด้วยเอนไซม์เรนเนตเพื่อเพิ่มความเป็นกรดของการตกตะกอน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การเติมกล้าเชื้อในการบ่ม

อัตราที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ เติมเชื้อที่อุณหภูมิ 30 – 31 องศาเซลเซียส นาน 30 – 60 นาทีให้เกิดการหมัก เชื้อจะปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่โดยผลิตกรดแลคติกเพียงพอเพื่อกระตุ้นการทำหน้าที่ของเรนเนตในขั้นตอนที่สองของการตกตะกอนต่อไป โดยปกติในนมมีค่าพีเอช 6.6 แคลเซียมในนมจะอยู่ในรูปที่เป็นคอลลอยด์ แต่เมื่อมีกรดที่สร้างขึ้นจากการทำงานของกล้าเชื้อ แคลเซียมจะอยู่ในรูปที่ละลายได้ เป็นเหตุให้เกิดระยะที่สองของการตกตะกอนเกิดขึ้นคือทำให้เวย์แยกออกมาง่ายขึ้นอีกทั้งยังเป็นการกำจัดจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการและควบคุมเนื้อสัมผัสและการเปลี่ยนแปลงในการบ่ม

2.2 การเติมเรนเนตและการตกตะกอน

อัตราการเติมเรนเนตขึ้นกับชนิดของเนยแข็งที่เตรียม สารละลายเรนเนตทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 30-31 องศาเซลเซียส พีเอช 6.4 จะเติมพร้อมกับการคนและตั้งทิ้งไว้นานประมาณ 30 นาที เพื่อให้เคิร์ดเป็นเนื้อเดียวกัน ระยะเวลาที่ใช้จะยาวนานขนาดไหนขึ้นอยู่กับส่วนประกอบขององค์ประกอบที่มีในน้ำนม ความเป็นกรดของนม อุณหภูมิของนม และปริมาณเรนเนตที่เติม

3. **การทำให้ตะกอนเป็นเคิร์ดของเนยแข็ง** (ระบายน้ำเวย์ออก)

ตะกอนของเนยแข็งที่ได้สด ๆ เมื่อเอาน้ำเวย์ออก ทำตามลำดับขั้นตอนและความเหมาะสมของขั้นตอน ได้แก่ การทำให้เคิร์ดเยิ้มเชื่อมติดกัน(Healing) การวางชั้นเคิร์ดซ้อนกัน(working) ขั้นตอนทั้งสองข้างต้อนทำสลับกันไปมาหลายครั้งจนกระทั่งได้ปริมาณกรดที่ต้องการ การบรรจุลงพิมพ์ (Hooping) และการกดอัด (Pressing) การเอาน้ำเวย์ออกทำโดยการเพิ่มกรดและความร้อน เพราะเคิร์ดมีการหดตัวและมีการไหลออกของเวย์ทำให้ได้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การเพิ่มจำนวนและการทำงานของกล้าเชื้อ

กล้าเชื้อยังคงทำงานต่อเนื่องผ่านขั้นตอนการเอาน้ำเวย์ออก แบคทีเรียที่เป็นกล้าเชื้อมีการเพิ่มจำนวนขึ้นหลายเท่าในระหว่างการบ่มเพื่อให้น้ำนมเกาะตัวกันตกตะกอน ในการตัดเคิร์ดประชากรของกล้าเชื้อส่วนใหญ่จะยังคงอยู่ในเคิร์ดทำให้เกิดผลขึ้น 2 อย่างคือ การเพิ่มจำนวนแบคทีเรียกล้าเชื้อและการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาลแลคโตส อัตราของกิจกรรมนั้นนอกจากเพิ่มขึ้นในระหว่างขั้นตอน การต้มเคิร์ด (cooking) ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของกล้าเชื้อ กล้าเชื้อจึงเพิ่มจำนวนขึ้นหลายเท่า ส่งผลให้แลคโตสลดน้อยลงจากการผลิตกรดแลคติกในเคิร์ด นอกจากแลคโตสลดลงแล้วการสร้างกรดในเคิร์ดจะเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเคซีน และการละลายได้ของแคลเซียมฟอสเฟต

เนื่องจากเหตุผลนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ ในส่วนของเวย์ประกอบด้วยแลคโตส ที่แพร่กระจายในเคิร์ดด้วย จึงทำให้มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์และการผลิตกรด เพราะฉะนั้นหากทิ้งเคิร์ดไว้ในน้ำเวย์นาน ๆ จะทำให้มีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสจากส่วนของเวย์ที่เป็นส่วนประกอบเป็นกรดแลคติก ถึงแม้ว่าการผลิตกรดโดยรวมมีมากในเคิร์ด พีเอชจะค่อย ๆ ลดลงในภายหลัง เนื่องจากความเข้มข้นของเคซีนในเคิร์ด อัตราการเพิ่มจำนวนของกล้าเชื้อแตกต่างไปตามชนิดของเนยแข็งเช่นในเนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese) มีค่าสูงสุดในระหว่างการทำให้เกิดเคิร์ด การสร้างกรดแลคติกจากกิจกรรมของกล้าเชื้อมีข้อดี 2 ข้อ คือ ช่วยขับความชื้นออก และมีผลต่อองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเคิร์ด

5. การเติมเกลือและการทำให้เป็นก้อนเคิร์ด

เนยแข็งแต่ละประเภทจะมีปริมาณเกลืออยู่ระหว่าง 1 – 10 เปอร์เซ็นต์ ของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลืออาจเติมในเนยแข็งในรูปของผง หรือใช้เป็นน้ำเกลือแช่ หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน การเติมเกลือที่เติมแบบผงแห้ง (dry salt) จะเติมในเนยแข็งที่ผ่านการบด (Milling) ก่อนจะอัดลงพิมพ์ (Hooping) เช่นในเนยแข็งเชดดาร์จะใช้วิธีนี้ การโรยเกลือลงบนผิวหน้าเนยแข็งใช้ในเนยแข็ง Brie และ Camembert หรืออาจเติมในการผสมครีมเช่นใน Creamed Cottage cheese การใช้น้ำเกลืออาจทำได้โดยพ่นน้ำเกลือลงบนผิวหน้าก่อนอัดเข้าพิมพ์หรือแช่ในน้ำเกลืออิ่มตัว (90 – 100 เปอร์เซ็นต์) เช่นใน Mozzarella cheese, Swiss cheese และ Romano cheese หลังอัดขึ้นรูปในพิมพ์แล้ว วิธีที่ใช้ข้างต้นนั้นการที่เกลือจะกระจายได้ทั่วทั้งก้อนของเนยแข็งนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของเนยแข็ง ความเข้มข้นของเกลือหรือน้ำเกลือที่ใช้ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ และพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรของก้อนเนยแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. การบ่มเนยแข็ง

การบ่มเนยแข็งเป็นกระบวนการเก็บเนยแข็งที่อุณหภูมิเหมาะสมจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีรูปร่าง เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ต้องการ การเปลี่ยนแปลงขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของเนยแข็ง ซึ่งจะเป็นสาเหตุการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทีย์

สารที่ใช้ในการบ่ม (Ripening agent) แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. จุลินทรีย์ แบ่งเป็นจำพวกกล้าเชื้อ (Starter) และ ที่ไม่ใช่กล้าเชื้อ (Non starter microorganism)

จำพวกกล้าเชื้อ (Starter) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังการบ่ม จำพวกที่ไม่เป็นกล้าเชื้อ (Non starter) เป็นกลุ่มที่ไม่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์แต่ปนเปื้อนเข้ามาในระหว่างกระบวนการผลิต

2. เอนไซม์ เช่น Carbohydrases, Proteinase, Lipase นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงในเนยแข็ง (Joshi, 1999)

กระบวนการบ่มและเก็บรักษาเนยแข็ง สรุปได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical changes)

ด้านรูปร่าง (Body) ลักษณะที่ครอบคลุมมีดังนี้คือ ความคงตัว (Firmnesss) ความยืดหยุ่น (elasticity) คุณสมบัติการเป็นพลาสติก (Plasticity) และการยึดเกาะภายใน (cohesivness) เคิร์ดของเนยแข็งสดจะมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง จะเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อ่อนกว่าหรือเปราะแตกง่าย มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ ละลายส่วนของเคซีนของเนยแข็งในอีกทางหนึ่งในช่วงแรกที่มีการเปราะแตกง่ายเพราะมีการพัฒนาความเป็นกรดสูงในระหว่างการทำเนยแข็งเกิดลักษณะที่เรียกว่า Short body คือผลิตภัณฑ์ขาดความยืดหยุ่น แตกหักง่าย

ด้านเนื้อสัมผัส (Texture) เนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับการเกิดรูพรุนในเนยแข็ง เนยแข็งอาจมีเนื้อสัมผัสแบบไม่มีรูพรุน (Close texture) เช่นใน cheddar cheese ถ้ามีรูพรุนเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นตำหนิในเนยแข็งประเภทนี้ หรือเป็นแบบมีรูนพรุน (Open texture) เช่นใน blue-vein cheese

ด้านกลิ่นรส (flavour) การสร้างกลิ่นที่ต้องการในเนยแข็งเป็นการเปลี่ยนแปลงเริ่มต้นในระหว่างการบ่ม ถึงแม้ว่ากลิ่นและการเกิดปฏิกิริยาจากเอนไซม์ไปย่อยโปรตีน ไขมัน และน้ำตาลแลคโตส และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น กรดแลคติก lactate และ citrate ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นต่าง ๆ ในเนยแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical/Biochemical changes)

Joshi (1999) กล่าวว่าเอนไซม์ที่ได้จากจุลินทรีย์ เรนเนต ทำให้เกิดปฏิกิริยาในนมส่วนใหญ่เกิดกับน้ำตาลแลคโตส โปรตีน และไขมัน เพื่อสร้างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนยระหว่างการบ่ม การเปลี่ยนแปลงนี้จะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

การเปลี่ยนแปลงช่วงแรก (Primary changs) คือเกิดการย่อยสลายองค์ประกอบหลักทั้งสามคือ โปรตีน ไขมัน และน้ำตาลแลคโตส ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติก กรดอะมิโน และกรดไขมัน

การเปลี่ยนแปลงช่วงที่สอง (Secondary changs) เอนไซม์จากช่วงแรกจะมีผลเปลี่ยนสารประกอบในช่วงแรก ทำให้เกิดสารประกอบที่ซับซ้อนเกิดจากปฏิกิริยาได้จาก lactate และ pyruvate ให้ผลเป็น propionic acid, citric acid, acetyl methyl carbinol, diacetyl, acetaldehyde, ethanol และ สารประกอบอื่นประกอบด้วย TCA cycle intermediate จากกรดอะมิโนได้รับ amine keto acid, aldehydes, cystine-cysteine-cysteic, acid-taurine, serine-pyruvic acid, methionine, trimethyl keto, buteric acid, glutamic acid-glutamine, aspartic acid-asparagine, tyrosine-tyramine,glycine-acetic acid-acetyl CoA เป็นต้น ได้จากกรดไขมัน เช่น buteric, caproic, capryic and capric ได้รับจาก acetoacetic acid-acetone,β-keto acids β-keto caproic acid-methyl ketones esters เป็นต้น กระบวนการย่อยสลายนี้จะได้แก๊สเกิดขึ้นได้แก่ NH_3, H_2S และ CO_2 NH_3 และ H_2S เกิดขึ้นได้โดยตรงในการเกิดกลิ่นรสเนยแข็ง แต่ CO_2 เกิดได้ทางอ้อม

การบ่ม (Ripening/Curing)

หลังจากได้เคิร์ดจากการตกตะกอนนมแล้วจะได้เนยแข็งสด ซึ่งผ่านกระบวนการทางชีววิทยา ชีวเคมี และทางฟิสิกส์ เป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลแลคโตส โปรตีน และไขมัน และส่วนประกอบจากการบ่มทำให้มีความแตกต่างระหว่างเนยแข็งชนิดแข็ง เนยแข็งชนิดอ่อนปานกลาง และเนยแข็งชนิดอ่อน มีรายละเอียด (Tetra Pak Processing System AB, 1995) ดังนี้

การย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส (Lactose decomposition)

เทคนิคที่ใช้มีความแตกต่างกันตามประเภทของเนยแข็ง

การย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis decomposition)

การย่อยสลายของโปรตีนเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ได้แก่

- เรนเนต (rennet)
- จุลินทรีย์ (Microorganism)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีเพียงเรนเนตเท่านั้นที่มีผลทำลายพาราเคซีนในสายโพลีเปปไทด์ การทำลายในขั้นแรกโดยเอนไซม์เรนเนตและย่อยต่อโดยจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายเคซีนเกิดขึ้นได้เร็วกว่าเอนไซม์จากจุลินทรีย์เข้าไปย่อยโดยตรงในเนยแข็งที่ให้อุณหภูมิสูงเช่น Emmenthal และ Parmesan

การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา (Microbiological changes)

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์นี้เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับวิธีการในการบ่มที่แตกต่างกันตามประเภทของเนยแข็ง โดยทั่วไปมี 2 วิธีในการบ่มใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้สองอย่างร่วมกัน

เนยแข็งแบบแข็งและกึ่งแข็ง สภาวะในการบ่มเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์เจริญภายในเนื้อเนยแข็งเท่านั้นไม่ให้เจริญที่ผิวหน้า กระบวนการบ่มไม่คำนึงถึงขนาดและรูปร่างของเนยแข็ง

เนยแข็งชนิดอ่อนหรือกึ่งเหลว สภาวะบ่มทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ที่ผิวของเนยแข็ง เช่น การเจริญของ Brevibactirium linenes ในเนยแข็งในขณะบ่มที่ผิวหน้า และราเช่น Penicillium camembert เชื้อจะปลดปล่อยเอนไซม์จากผิวหน้าเข้าไปยังเนื้อของเนยแข็ง กลไกนี้จะเพิ่มความรุนแรงจากผิวหน้าไปยังตรงกึ่งกลาง จึงจำเป็นที่จะต้องทำให้ขนาดและรูปร่างของเนยมีลักษณะแบบราบ ให้เกิดการบ่มได้ทั่วถึง

เนยแข็งชนิดอื่น ๆ ที่บ่มโดยใช้รา เช่น blue vein cheese ใช้วิธีการทั้งสองอย่างข้างต้นรวมกัน ในช่วงแรกของการบ่มจะเกิดการบ่มในเนื้อเนยแข็ง จะยอมให้อากาศเข้าเนื้อโดยการเกิดรูพรุน เนยแข็งแต่ละชนิดจะนำไปบ่มในห้องเย็นให้เกิดลักษณะที่ต้องการ (Joshi, 1999)

Ganesan *et al.* (2004) ได้ศึกษาการใช้เชื้อ Lactococci และ Lactobacilli กับการสร้างกรดโมโนคาร์บอกซิลิก (Monocarboxylic acid : MCA) จากกรดอะมิโนที่มีอนุมูล α-keto โดยที่ α-keto สามารถย่อยสลายตัวมันเองได้ MCA โดยไม่มีการเติมสารอินทรีย์ใด ๆ ลงไปเลย เมื่อวิเคราะห์ α-keto ในเชื้อทั้งสองพบว่าผลิต MCA ได้ต่ำกว่าระดับที่เกิดการย่อยสลายเอง จึงเป็นผลให้กลิ่นที่ได้น้อยกว่า ซึ่งเป็นผลดีต่อกลิ่นเนยแข็งเชดดาร์ จากผลที่คล้ายกันในการใช้สารตั้งต้นที่เป็นกรดอะมิโนให้ค่า MCA ที่ต่ำเหมือนกันซึ่งเป็นผลดีเช่นกัน แต่ความเข้มข้นของทั้งจากกรดอะมิโนและ α-keto ต่างกัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า Lactococci และ Lactobacilli สามารถเปลี่ยนกรดอะมิโนและ α-keto เป็น MCA ที่ความเข้มข้นที่เป็นลักษณะที่ดีและไม่ดีต่อกลิ่นของเนยแข็งเชดดาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kheadr *et al.* (2003) ได้ศึกษาการใช้วิธีกักเอนไซม์ในไลโพโซมร่วมกับการใช้เอนไซม์ผสมในการบ่มเนยแข็งเชดดาร์ การย่อยสลายโปรตีนและการย่อยสลายไขมันในเนยแข็งเชดดาร์สามารถเร่งการเกิดได้โดยการใช้ไลโพโซมกักเอนไซม์ไว้ภายใน มีทั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกลิ่น (Flavourzyme) เอนไซม์โปรตีเอสของแบคทีเรียที่เป็นกลาง(nutral bacterial protease) เอนไซม์โปรตีเอสที่เป็นกรดของรา(acid fungal protease) และเอนไซม์ไลเปส (Palatase M) จะถูกกักไว้ในไลโพโซม และเติมลงไปในนมก่อนการเติมเรนเนต เอนไซม์ที่ให้กลิ่นใช้ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ (Z1,Z2 และZ3) เอนไซม์ผสมประกอบด้วย เอนไซม์ไลเปสผสมกับโปรตีเอสของแบคทีเรีย (bacteria protease;BP) ไลเปสผสมกับโปรตีเอสของรา (fungal bacteria;FP) และไลเปสผสมเอนไซม์ที่ให้กลิ่น (flavourzyme;ZP) วัดผลด้านเคมี ด้าน rheologically และทาง Organoleptically ในระยะ 3 เดือนของการบ่มที่ 8 องศาเซลเซียส วัดค่าระดับกรดไขมันอิสระและการมีรสขม และความเข้มของ peptides ในเนยแข็งที่มีเอนไซม์ BPและ ZP ให้ผลที่มีค่าความเข้มของกลิ่นที่สูงในระยะเวลาสั้นเมื่อเทียบกับเนยแข็งควบคุม และไม่มีรสขมในเนยแข็งที่มีเอนไซม์ FP ที่ 90 วัน เมื่อครบอายุการบ่ม กลิ่นมีการพัฒนาในเนยที่ใช้เอนไซม์ระดับ Z3 และ เนยแข็งที่มีเอนไซม์ ZP ในขณะที่เนยแข็งที่มีเอนไซม์ BP เป็นชนิดที่มีความเข้มของกลิ่นที่เดือนที่ 2 และไม่มีกลิ่นที่ไม่ต้องการเมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มในเดือนต่อไป

การเก็บรักษา (Storage) (Tetra Pak Processing System AB, 1995)

จุดประสงค์ของการเก็บคือการสร้างบรรยากาศที่ต้องการควบคุมระบบการบ่มเนยแข็งให้นานเท่าที่จะเป็นไปได้ เนยแข็งแต่ละประเภทมีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เฉพาะในห้องเก็บรักษาเนยแข็งในห้องที่ระยะการบ่มแตกต่างกัน

สภาวะในการเก็บรักษา (Storage conditions)

เนยแข็งชนิดต่าง ๆ ต้องการอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันในห้องเก็บรักษา สภาวะอุณหภูมิปกติในบรรยากาศเป็นสิ่งสำคัญต่ออัตราการบ่ม การสูญเสียน้ำหนัก การสร้างเปลือก เนยแข็งเอง และ การพัฒนาลักษณะของผิวหน้า

เนยแข็งที่มีเปลือก (Cheese with rinds)

โดยทั่วไปในเนยแข็งชนิดแข็งและเนยแข็งกึ่งแข็ง สามารถเคลือบด้วยพลาสติกอิมัลชัน (Plastic emulsion) หรือ พาราฟิน (parafin) หรือไขเคลือบ (wax coating) (Tetra Pak Processing System AB, 1995) เนยแข็งเคลือบเพื่อรักษาความชื้นให้เหมาะสมและไม่ให้ผิวหน้าแห้งเกินไป ซึ่งเป็นของผสมระหว่าง microcrystalline wax กับ parafin ในเนยแข็งประเภทแข็ง (hard cheese)จะแข็งถ้าไม่มีการป้องกันเพราะต้องเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน การเคลือบจะประสบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลสำเร็จหากได้รับการห่อด้วย plastic chees coating อีกชั้นหนึ่ง เพราะจะช่วยป้องกันได้มากเพิ่มขึ้นอีก ตัวของ plastic cheese coating เป็น PVA (Polyvinyl Acetate) emulsion ออกแบบมาเพื่อใช้กับเนยแข็งโดยเฉพาะ วิธีที่ใช้ทั้งสองวิธี ในการใช้ plastic cheese coating คือ การทาด้วยพู่กันอันเล็ก ๆ หรือ เอาฟองน้ำหยาบถูสารนี้(Cheeselink, 2001)

เนยแข็งที่ไม่มีเปลือก (Rindless cheese)

เช่น เนยแข็งในกลุ่มเชดดาร์บ่มที่อุณหภูมิต่ำที่ 4 – 8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เนยแข็งจะห่อด้วยฟิล์มหรือถุงพลาสติก(Plastic film/bag) และบรรจุลงกล่อง หรือกล่องไม้ก่อนที่จะนำไปเก็บ ระยะเวลาในการบ่มแตกต่างกันไปตั้งแต่เวลาน้อยจนถึงเป็นเวลานาน 8 – 10 เดือน เพื่อให้ได้สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการแตกต่างกัน (Tetra pak processing System AB, 1995)

การเร่งการบ่มเนยแข็ง (Accelerated cheese ripening)

เนื่องจากวิธีการแบบเก่าในการผลิตเนยแข็งต้องใช้เวลาในการผลิตนานโดยเฉพาะเนยแข็งชนิดแข็ง จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการทดลองที่ประสบผลสำเร็จในการเร่งการบ่มเนยแข็ง และนำวิธีการมาใช้มี 2 วิธี (Joshi, 1999) ดังนี้

1. Biological คือโดยการเติมสารในการบ่ม เป็นเรนเนตหรือจุลินทรีย์ หรือใช้ทั้งสองอย่างร่วมกัน
   1.1 เติมเอนไซม์ เช่น protease, lipase, lactases (β-galactosidase) และ decarboxylase เติมในน้ำนมหรือในเคิร์ดเพื่อเร่งการบ่มได้ ในเนยแข็งเชดดาร์การเติมไลเปสจะทำให้เกิดการเหม็นหืน และถ้าใช้โปรตีเนสอย่างเดียวจะทำให้เกิดรสขม แต่ปัจจุบันมีเอนไซม์ตัวใหม่ที่ได้จากเตรียมเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายได้แก่ Naturage (Protease - lipase) Flavourage (lipase + protease) Maxilact (β-galactosidase)
   1.2 การเติมจุลินทรีย์ที่ต้องการ มีการทดลองที่ได้พยายามรวมเชื้อที่ไม่ใช่กล้าเชื้อให้มีการย่อยสลายเพิ่มสูงขึ้น
   1.3 การใช้สารประกอบร่วมในการให้กลิ่น ถือว่าประสบความสำเร็จในด้านนี้เพราะได้นำกลิ่นผสมมาผสมในการบ่มเนยแข็งให้ได้กลิ่นรสที่ต้องการ
2. Technology โดยการเปลี่ยนเทคนิคที่ใช้ในการผลิต และเปลี่ยนสภาวะในการบ่ม

ดังเช่นในงานวิจัยของ Reilly และคณะ (2003) ได้ศึกษาการเร่งการบ่มโดยใช้ความดันสูงสังเกตการย่อยสลายโปรตีน โดยพิจารณาผลของความดันและเวลาในการ ให้ความดัน 70 – 400 Mpa เวลา 3.5 – 81.5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยแยกกลุ่มควบคุมไว้ที่ 25 หรือ 8 องศาเซลเซียส โดยสรุปการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันต่ำจะเพิ่มระดับของการย่อยสลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนเริ่มแรกในเนยแข็งเชดดาร์ อุณหภูมิในการให้ความดันก็มีผลต่อการใช้ความดันสูง (HP) และการย่อยสลายโปรตีนด้วย

Hannon และคณะ (2003) ได้ศึกษาการใช้ระบบการย่อยสลายเชื้ออัตโนมัติในการเร่งการบ่มเนยแข็งเชดดาร์ มีการสังเกตตามสมมุติฐานในเนยแข็งเชดดาร์ที่ผลิตโดยใช้เชื้อเริ่มต้น 3 ชนิด แบ่งเป็น 3 ระบบคือ ระบบ A เชื้อเริ่มต้นที่ใช้คือ *Lactococcus lactis* 2สายพันธุ์ (223 และ 227)ที่มีค่าการย่อยสลายต่ำ ระบบ B เชื้อชนิดเดียวกับระบบ A แต่เพิ่มเชื้อ *Lactobacillus heveticus* DPC4571 ที่มีการย่อยสลายสูงระบบ C ประกอบด้วยเชื้อ DPC4571 เท่านั้น

ค่าที่วัดระหว่างการบ่มประกอบด้วย การย่อยสลายอัตโนมัติของเซลล์เริ่มต้น การย่อยสลายโปรตีน การพัฒนากลิ่นจากการอธิบายทางประสาทสัมผัส การเร่งมีการพัฒนากลิ่น การย่อยสลายโปรตีน และข้อมูลทางประสาทสัมผัส สนับสนุนสมมุติฐานว่าเกิดการย่อยสลายอัตโนมัติทำให้มีการเร่งอัตราการบ่ม

การเสื่อมเสียของเนยแข็งจากเชื้อจุลินทรีย์และการควบคุม

Joshi (1999) กล่าวว่าเนยแข็งมีความไวต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียมาก ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของเนยแข็งเกิดขึ้นได้ดังกรณีต่อไปนี้

การเจริญของรา (Mold growth) ยกเว้นในเนยแข็งที่ใช้ราในการทำอยู่แล้ว ราที่สามารถปนเปื้อนได้แก่ Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Monilia, Mucor and Penicillium เจริญได้ดีเหมือนกับ Geotrichum การเจริญของราสามารถควบคุมได้โดย การผลิตที่สะอาดและถูกสุขลักษณะ และโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ยีสต์และราสามารถเจริญได้ที่ผิวหน้าควบคุมโดยบรรจุในภาชนะที่มีสารต้านการเจริญของเชื้อรา

การสร้างแก๊ส (gas formation) เกิดจากเชื้อเช่น coliform และ Clostridium ที่มีอยู่แล้วในน้ำนมหรือปนเปื้อนในเคิร์ด ทำให้เกิดแก๊สที่ไม่ต้องการขึ้นในระหว่างการบ่ม การสร้างแก๊สในเนยแข็งสามารถควบคุมได้โดย ใช้นมคุณภาพดีในการผลิต และใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

Rind rot ตำหนินี้เกิดขึ้นเนื่องจากความชื้นที่ผิวหน้าของเนยแข็งเหมาะแก่การเจริญเกิดเป็นฟิล์ม รา จุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีนทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่นิ่ม การเกิด rind rot สามารถควบคุมได้โดยเก็บเนยแข็งให้ผิวหน้าแห้ง

การเปลี่ยนแปลงของสี (Discoloration) สีที่เป็นตำหนิเกิดขึ้นได้ที่ผิวหน้าหรือภายในเนื้อเนยแข็ง ตำหนินี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเจริญของเชื้อราเช่น *Aspergillus niger* ทำให้เกิดจุดดำในเนยแข็งชนิดแข็ง *Sporendonema casei* ทำให้เกิดจุดสีแดงใน blue cheese การเกิดสีนี้จะมีโอกาส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดขึ้นได้น้อย ควบคุมได้โดยการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ และรักษาสภาวะที่ดีในการเก็บทั้งความชื้นและอุณหภูมิดี (Joshi, 1999)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเนยแข็ง

1. น้ำนมดิบ

ในอุตสาหกรรมนมส่วนใหญ่ใช้น้ำนมโคในการทำเนยแข็ง และมีการใช้น้ำนมกระบือ น้ำนมแพะ น้ำนมแกะ และน้ำนมม้าในบางประเทศ เช่นในประเทศอิตาลี กรีซ อียิปต์ นอกจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีในน้ำนมแตกต่างกันเนื่องจากสายพันธุ์ของสัตว์และความแตกต่างจากฤดูกาลแล้วคุณภาพของนมยังมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและการผลิตของเนยแข็ง ที่เป็นผลมาจากสุขภาพของสัตว์ สุขลักษณะในการรีดนม ทั้งของฟาร์ม อุปกรณ์และคนรีดนม สุขลักษณะที่ดีและความสะอาดของนมจะลดลงจากเต้านมของสัตว์ที่มีสุขภาพไม่ดี และเมื่อมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์มาเพียงเล็กน้อย (น้อยกว่า 10,000 cfu/ml.) ความสะอาดของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในฟาร์มเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นส่วนที่สัมผัสน้ำนมหลังจากน้ำนมออกจากเต้านมของสัตว์ สุขลักษณะที่ดีสุดท้ายของการผลิตน้ำนมคือการการแช่เย็นที่เหมาะสมสามารถตรวจเช็คการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในนมก่อนทำเนยแข็งได้ น้ำนมควรเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระหว่างการขนส่งและในการผลิต (Joshi, 1999)

จุลินทรีย์กับน้ำนม

น้ำนมดิบ ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่น้ำนมดิบจะเก็บโดยการแชเย็น 1 - 3 วัน ก่อนการผลิต จะมีจุลินทรีย์ที่สามารถปนเปื้อนได้คือพวกแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ กลุ่มที่พบคือ *Pseudomonas, Aeromonas, Alcaligenas* แบคทีเรียกรดแลคติก พวกสร้างสปอร์แกรมบวก *Coryneform bacteria, micrococci* และ *Coliform* จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำนี้จะเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการแช่เย็น สภาวะที่เกิดขึ้นนี้สัมพันธ์กับเอนไซม์ที่ทนความร้อนบางตัว เช่น โปรตีเนส (Proteinase) ไลเปส (Lipase) ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพและผลผลิตเนยแข็งในภายหลัง (Joshi, 1999)

น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ จุลินทรีย์ในนมพาสเจอร์ไรส์ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ประเภท (Joshi, 1999) คือ

- พวกที่มีชีวิตรอดจากการพาสเจอร์ไรส์ พวกที่ทนอุณภูมิสูง เช่น *micrococci, enterococci, corynebacteria* และ พวกที่สร้างสปอร์ (*Bacillus* และ *Clostridium*)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- พวกที่ปนเปื้อนหลังจากให้ความร้อนแล้วเป็นพวก *micrococci, enterococci, coliforms* และ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (*Lactococci, Lactobacillus, Pediocooci และ Leuconostoc*)

นอกจากนี้แบคทีเรียสามารถปนเปื้อนได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ถ้าสภาพการผลิตมีการปนเปื้อน เอนไซม์ที่ทนความร้อนอย่างไลเปสและโปรตีเนสของแบคทีเรียที่ทนความเย็นที่ยังคงอยู่ในน้ำนม เอนไซม์ที่ทนความร้อนนี้จะเป็นผลเสียต่อคุณภาพการผลิตเนยแข็ง (Joshi, 1999)

Rynne และคณะ (2004) ได้ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์น้ำนมที่ใช้ทำเนยแข็งเชดดาร์ที่ลดไขมัน (half-fat) เพื่อเป็นการลดการมีชีวิตรอดของเชื้อ *Mycobacterium avium ssp.* Paratuberculosis โดยที่ได้ผลิตเนยแข็งจากน้ำนมที่พาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนที่ 72, 77, 82 และ 87 องศาเซลเซียส นาน 26 วินาที วิเคราะห์ค่าระยะเวลา 360 วัน ว่ามีค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายโปรตีนเวย์เป็น 2.8, 8.4, 20.2 และ 34.1 ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิยังมีผลต่อความชื้นและค่า non-expressed serum อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม น้ำมันอิสระ(free oil) ลดลงด้วย อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความเครียด (fracture stress) ค่าความเค้น(fracture strain) ค่าความสามารถในการไหล (flowability) ลดลง และค่าความสามารถในการยืดตัว (stretchability)ลดลง แต่ค่าอุณหภูมิที่ 72 – 77 องศาเซลเซียสไม่มีผลต่อคุณสมบัติการไหลและการยืดตัว

2. กล้าเชื้อที่ใช้สำหรับทำเนยแข็ง

กล้าเชื้อที่ใช้จะเป็นตัวกำหนดลักษณะปรากฏ รูปร่าง เนื้อสัมผัส และกลิ่นของเนยแข็ง กล้าเชื้อที่ใช้ถือเป็นหัวใจของการทำเนยแข็ง เพราะนอกจากจะมีบทบาทในตอนแรกแล้วยังเป็นตัวที่หมักให้เกิดกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนยแข็งในภายหลังอีกด้วย

หน้าที่ของกล้าเชื้อ จะแบ่งเป็น 2 บทบาท (Joshi, 1999) ดังนี้

บทบาทแรก (Primary Funtion)

- การสร้างกรด (การสร้างกรดแลคติก)
- การสร้างกลิ่นรสเนื่องจากการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส ย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) และย่อยสลายไขมัน (Lipolysis) กรดแลคติกช่วยให้กลิ่นรสในเนยแข็งที่ไม่มีการบ่มต่อหลังจากผลิตได้
- การเกิดรูพรุน (เนื่องจากการสร้างแก๊สในเนยแข็ง) เช่น Swiss cheese

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การยับยั้งสิ่งที่ไม่ต้องการ (เช่น จุลินทรีที่ทำให้เน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค) เนื่องจากการผลิตกรดโดยกล้าเชื้อ
- การเกิดสภาวะที่เหมาะสมภายในเนยแข็งในระหว่างการบ่ม

บทบาทที่สอง (Secondary Function)

- การตกตะกอนของนมโดยสารเรนเนต
- ทำให้เคิร์ดหดตัวและน้ำเวย์ไหลออกมา
- ขจัดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในระหว่างเตรียมและการบ่มเนยแข็ง
- ควบคุมความยืดหยุ่นของเคิร์ดที่ได้
- ช่วยให้เคิร์ดจับตัวกันเป็นของแข็ง
- ควบคุมกลไกการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ในระหว่างการบ่มที่มีผลต่อคุณลักษณะของเนยแข็ง

ประเภทของกล้าเชื้อในการผลิตเนยแข็ง ขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตกรด กล้าเชื้อทั้งแบคทีเรียและราอาจจะเป็นชนิด Lactic หรือ Non-lactic Bacteria.

- **กล้าเชื้อที่สร้างกรดแลคติก (Lactic starter) :** ส่วนใหญ่เป็น Lactocooci, Streptococci thermophillus และ homo-fermentative Lactococci
- **กล้าเชื้อที่ไม่สร้างกรดแลคติก (Non-lactic starter) :** ประกอบด้วย
    1. *Propionibacteria* ในเนยแข็งสวิส
    2. *Leuconostocs* ในเนยแข็งกัวดา(Guada) และเนยแข็งดัช (Dutch)
    3. *Brevibacteriun linens* ในเนยแข็ง Brick type cheese
    4. ราในเนยแข็งที่บ่มโดยรา
- *Penicillium roqueforti* และ *P. glaucum* (ในเนยแข็ง Blue-veined cheese)
- *Penicillium camembert* (ใน Camembert cheese)
- *Geotrichum candidum* (ใน Soft cheese)
- *Mucor racemosus* ในเนยแข็งพร่องไขมันของนอร์เวย์เรียกว่า Gemmelost

เนยแข็งส่วนใหญ่ใช้เชื้อผสมของจุลินทรีย์ขึ้นกับประเภทของเนยแข็งแสดงดังตารางที่ 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทำเนยแข็งแต่ละประเภท

Cheese	Starter composition
Cheddar	*L. lactis subsp. Lactis, L. lactis subsp. Cremoris* and *L. lactis subsp. diacetylactis*
Gouda	*L. lactis subsp. Lactis, L. lactis subsp. Cremoris L. lactis subsp. diacetylactis, Leuconostoc spp.*
Cottage	*L. lactis subsp. Lactis, L. lactis subsp. Cremoris, Leuconostoc spp.*
Swiss	*S. thermophillus, L. helveticus, propionibacterium shermanii*
Brick	*L. lactis supsp. Lactis, L. lactis subsp. cremoris, S. thermophillus, Brevibacterium linens*
Mozzarella	*S. thermophillus or S. faecalis and L. delbreuckii subsp. bulgaricus*
Blue (Roquefort)	*L. lactis subsp. lactis, Penicillium roqueforti*
Camembert	*L. lactis subsp. lactis, Penicillium camembert*

ที่มา : joshi, 1999

เกณฑ์ในการเลือกกล้าเชื้อ

1. ความไวต่ออุณหภูมิเลือกตามสายพันธุ์อาจจะเป็น mesophillic หรือ thermophillic ตามอุณหภูมิในการ cooking ของเคิร์ด แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเลือกสายพันธุ์ของเชื้อตามอุณหภูมิในการ cooking เคิร์ดของเนยแข็ง

Cooking temperature	Starter bacteria
สูงสุด 38 องศาเซลเซียส	*L. lactis subsp. lactis* or *L. lactis subsp. cremoris*
42 – 46 องศาเซเซียส เช่น brick cheese	*S. thermophillus* (active เมื่อเคิร์ดร้อน) + *L. lactis subsp. lactis* (กล้าเชื้อจะทำงานที่ 38 องศาเซลเซียส)
49 – 54 องศาเซลเซียส	*S. thermophillus* + *Lactobacillus spp.* (เช่น Swiss cheese) (*L. delbrueckii subsp. bulgaricus, L. helveticus*)

ที่มา : joshi, 1999

2. อัตราการผลิตกรด กล้าเชื้ออาจจะผลิตกรดช้า ปานกลางหรือเร็ว สามารถทดสอบได้ ด้วยวิธีการทำงานของกล้าเชื้อที่แตกต่างกัน
3. ความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดรสขม ความขมในเนยแข็งเป็นผลร่วมโดยตรงกับสายพันธุ์ของกล้าเชื้อที่มีชีวิตจากการให้ความร้อนและเพิ่มจำนวนในเคิร์ด การแยกสายพันธุ์ที่เป็น bitter หรือ non-bitter strains ตามการเจริญในน้ำนมที่ cooking ที่อุณหภูมิ 37 – 38 องศาเซลเซียส เชื้อที่ยังคงอยู่จะให้รสขม แต่ก็ยังมีสมมุติฐานว่ากล้าเชื้อสายพันธุ์ทั้งหมดสามารถให้รสขม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Phage sensitivity สายพันธุ์ที่ใช้ทำเนยแข็งมีปัญหาที่น่ากลัวเนื่องจากเชื้อไวรัส (Lytic Phage) เพราะจะมีอยู่โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตเนยแข็ง

3. เรนเนต

Joshi (1999) กล่าวว่าการเติมเรนเนตในระหว่างการบ่มเนยแข็งขณะน้ำนมตกตะกอน จะช่วย ในการบ่มเนยแข็งในขั้นต่อมาทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีน เรนเนตเป็นเอนไซม์ที่ได้จากการสกัดจากกระเพาะสัตว์ที่ยังอายุน้อย (ลูกวัว แกะ และแพะ) ในแบบดั้งเดิมการใช้เอนไซม์จากกระเพาะลูกวัวใช้เวลานานในการสกัด 10 - 30 วัน เอนไซม์เรนเนตที่ใช้ครั้งแรกในทางการค้าเมื่อปี 1874 โดย Henzen (Denmark) และในปัจจุบันมีทั้งในรูปของเหลว ผง และแบบอัดเม็ด เรนเนต 1 ส่วนใช้ตกตะกอนน้ำนม 5,000 ส่วน (คิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีน)

ส่วนประกอบของเรนเนตส่วนใหญ่เป็นเรนนิน และเปปซิน ทำให้นมตกตะกอน และต่อมาช่วยย่อยสลายโปรตีน เรนนิน (เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Chymosin) เป็นโปรตีนประกอบด้วยซัลเฟอร์ ที่ไวต่อความร้อนและอัลคาไลน์ ซึ่งจะมีผลทำให้ส่วนประกอบทางกายภาพและเคมีไม่คงที่แล้วยังสามารถถูกยับยั้งได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 14 นาที และที่พีเอช 6.8 – 7.0 จะมีทำให้น้ำนมตกตะกอน เนื่องจากความเข้มข้น อุณหภูมิ แคลเซียมไอออน สารยับยั้ง การโฮโมจีไนซ์และการให้ความร้อนกลไกการเกิดปฏิกิริยาของเรนเนตทำให้เกิดขึ้นแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การทำให้โปรตีนจับตัวกันเป็นก้อนและตกตะกอน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน (Joshi, 1999)

1.1 การทำให้โปรตีนจับตัวกันเป็นก้อน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

1.1.1 ทำลายโครงสร้าง เคซีนไมเซลล์จะถูกทำลายโครงสร้างโดยเรนเนต เข้าไปตัดส่วนของ (โมเลกุลของโปรตีนเคซีน) k- casein ได้เป็น para k- casein เป็นส่วนที่ชอบน้ำ และ glycomacopeptide เป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ เกิดขึ้นได้เนื่องจากภายในโมเลกุลของโปรตีนเคซีนที่เป็น k-casein ถูกตัดตรงพันธะลำดับที่ 105 และ 106 แยกสายโพลีเปปไทด์ที่มีความยาวมีกรดอะมิโน 169 ตัวออกเป็น 2 ส่วน

1.1.2 ทำให้โปรตีนตกตะกอนออกมา เกิดขึ้นต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 1 เมื่อโปรตีนถูกตัดแยกส่วนจึงทำให้ไม่สามารถลอยตัวอยู่ในน้ำนมได้จึงรวมตัวกันตกตะกอนออกมา

2. การย่อยสลายโปรตีน โดยย่อยสายเปปไทด์ของโปรตีนได้ความยาวแตกต่างกัน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มเนยแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารทดแทนเรนเนต

เนื่องจากความต้องการในการบริโภคเนยแข็งในโลกเพิ่มมากขึ้น ต้องมีการฆ่าสัตว์เพิ่มมากขึ้นเพื่อเอาเรนเนตจากกระเพาะสัตว์ ต้องใช้เรนเนตเป็นจำนวนมาก จากราคาที่สูงและประกอบกับการอนุรักษ์ทางศาสนาของพวกมังสะวิรัตในชาวอินเดีย และอิสราเอลในการบริโภคเนยแข็ง ดังนั้นจึงให้ความสนใจในการใช้สารทดแทนเรนเนตที่ได้จากพืช และจุลินทรีย์ แต่ยังมีข้อจำกัด คือ

- ทำให้น้ำนมเกิดจับตัวตกตะกอนกันน้อย เกิดอัตราการย่อยสลายโปรตีนน้อย
- ต้องใช้ปริมาณที่สูงในการทำให้เกิดเคิร์ด (Joshi, 1999)

สมุนไพรที่เป็นส่วนผสมในการผลิตเนยแข็งเชดดาร์

หอมเล็กหรือหอมแดง

ชื่อสามัญ/ชื่ออังกฤษ Shallot

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Allium ascalonicum Linn.*(Peter, 2001)

วงศ์ Alliaceae

ชื่ออื่น /ชื่อท้องถิ่น หัวหอม, หอมแดง, หอมไทย (ภาคกลาง)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นหรือมีหัวอยู่ใต้ดิน หัวมีลักษณะกลมสีม่วงอมแดง ประกอบด้วยหัวเล็ก ๆ อยู่รวมกันหลายหัว มีเปลือกบาง ๆ ห่อหุ้มอยู่ภายนอก ใบยาวกลวงออกดอกเป็นช่อ ช่อหนึ่งประกอบด้วยดอกเล็ก ๆ จำนวนมาก ดอกมีสีขาวหรือสีม่วงอ่อน

แหล่งที่พบ พบได้ทั่วไปนิยมปลูกเป็นพืชสวนครัว

สารสำคัญที่พบ ในหัวหอมมีน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยสารกำมะถัน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซี่ยม ส่วนกาบใบและใบสดมีสารเควอซีทีน (quercytine) และสเปริโอไซด์ (spheriocide)

สรรพคุณ

1. ช่วยทำให้เจริญอาหาร ช่วยลดความร้อนในร่างกาย แก้หวัดคัดจมูก ขับลมในลำไส้แก้ปวดท้อง ท้องอืด โดยรับประทานหัวแก่จัด
2. น้ำมันในหัวหอมใช้เป็นยาขับประจำเดือน ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ
3. แก้ผดผื่นคัน ถอนพิษแมงสัตว์กัดต่อย โดยตำหัวหอมผสมเหล้าเล็กน้อยทาหรือพอกบริเวณที่เป็น
4. น้ำหัวหอมใช้หยอดแก้อาการปวดหู และใช้ดมแก้อาการหน้ามืด ตาลาย วิงเวียนหรือเป็นลมและใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ รวมไปถึงใช้เป็นยาเสริมสมรรถภาพทางเพศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่ใช้ประกอบอาหาร หัว ใบ หรือ ต้นสด

วิธีใช้ประกอบอาหาร ใช้หัวและใบแต่งกลิ่นอาหารคาวหลายชนิด หัวตากแห้งใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกง น้ำพริกทุกชนิดต้มยำ และอาหารประเภทยำ ใช้ทำหอมเจียวเพื่อให้อาหารมีกลิ่นหอม เช่น น้ำปลาหวาน หลนทุกชนิด ขนมหม้อแกง ใบใช้โรยหน้าแกงจืด ข้าวต้ม ต้มยำ หรือรับประทานเป็นผักสด ผักดองหรือของเคียงกับอาหารประเภทอื่น เช่น ข้าวหมูแดง เมี่ยงคำ

ข้อสังเกต/ข้อควรระวัง ในหัวหอมมีสารกำมะถันซึ่งทำให้แสบตา แสบจมูก และทำให้ผิวหนังมีอาการระคายเคือง ปวดแสบปวดร้อน (ประพันธ์สาส์น, 2547)

ข่า

ชื่อสามัญ/ชื่ออังกฤษ Galanga

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga SW.*

วงศ์ Zingiberraceae

ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น ข่าตาแดง / ข่าหยวก (เหนือ) / ข่าหลวง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ข่าเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นเป็นกอ มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เหง้ามีสีน้ำตาลอมแสด มีเส้นแบ่งข้อเป็นช่วงสั้นๆ เนื้อในเหง้ามีสีขาวรสขมเผ็ดร้อน แต่ไม่เผ็ดเหมือนกับขิง มีกลิ่นหอมฉุน ข่าเป็นพืชใบเดี่ยว ใบยาวปลายใบมนขอบใบเรียบ ก้านใบยาวเป็นกาบหุ้มซ้อนกัน ดอกเป็นช่อสีขาวนวล ผลกลมสีแดงส้ม มีรสเผ็ดร้อน ข่าเป็นพืชพื้นเมืองในเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และภูมิภาคเอเชียเขตร้อน ปัจจุบันข่าใช้เป็นเครื่องเทศในประเทศไทยและประเทศอินโดนีเซียมากกว่าที่อื่น ประเทศไทยมีการปลูกข่าทั่วไป เพราะข่าถือเป็นผักสวนครัวอย่างหนึ่ง

สารสำคัญที่พบ เหง้าสดมีน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil) ซึ่งประกอบด้วยสารเมททิล-ซินนาเมต (Methyl-cinnamate) ซีนิออล (Cineol) การบูร (Camphor) และยูจีนอล (Eugenol)

สรรพคุณ

1. ใช้เหง้าสดตำให้ละเอียด ผสมกับน้ำปูนใส รับประทานครั้งละครึ่งแก้ว ช่วยขับลมแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเดิน และบรรเทาอาการคลื่นไส้อาเจียน
2. ใช้รักษาโรคผิวหนัง กลาก เกลื้อนและแก้ลมพิษ โดยใช้เหง้าสดตำให้ละเอียดผสมกับเหล้าขาวทาบริเวณที่เป็นบ่อยๆ จนกว่าจะดีขึ้น
3. สารสกัดจากข่านำมาประกอบเป็นยารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น ยารักษาแผลสด แก้โรคปวดบวมตามข้อ แก้โรคหลอดลมอักเสบ ยาธาตุและยาขับลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ใช้ไล่แมลง โดยนำเหง้ามาทุบหรือตำให้ละเอียดเพื่อให้น้ำมันหอมระเหยออกมา แล้วนำไปวางในบริเวณที่มีแมลง

5. ผลข่ามีสรรพคุณคล้ายกับเหง้า คือ ใช้เป็นยาแก้ปวดท้อง ท้องร่วง ฆ่าเชื้อบิด และช่วยย่อยอาหาร ผงจากผลแห้งสามารถรักษาอาการปวดฟันได้ โดยนำไปบดและทาบริเวณที่ปวด

ส่วนที่ใช้ประกอบอาหาร เหง้าและลำต้นอ่อน ดอก

วิธีใช้ในการประกอบอาหาร ข่าเป็นเครื่องเทศที่ใช้แต่งกลิ่นอาหารและดับกลิ่นคาวพวกเนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น ต้มยำปลา ข้าวต้มปลา ต้มข่าไก่ เป็นส่วนผสมในน้ำพริกเครื่องแกงต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของลูกแป้งที่ใช้ทำข้าวหมากและเหล้า ดอกและลำต้นอ่อนใช้รับประทานเป็นผักสด (ประพันธ์สาส์น, 2547)

ตะไคร้

ชื่อสามัญ/ชื่ออังกฤษ Lemon Grass

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.

วงศ์ Graminae

ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น ไคร (ภาคใต้) จะไคร (ภาคเหนือ)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ตะไคร้เป็นพืชล้มลุก ขึ้นรวมกันเป็นกอแน่น โดยมีเหง้าอยู่ใต้ดิน ใบเรียวยาวขนานแคบ ปลายใบแหลม ตามขอบใบมีขนเล็กน้อย ลำต้นยาวทรงกระบอกมีไขสีขาวปกคลุม เหง้าและใบมีกลิ่นหอม ออกดอกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาว ผลมีขนาดเล็ก

สารสำคัญที่พบ พบน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil) ในเหง้าและกาบใบ ซึ่งประกอบด้วยสารซิทราล (Citral) ยูจีนอล (Eugenol) เจอรานิออล (Geraniol) ซิโทรเนลลอล (Citronellol) เมอร์ซีน (Myrcene) การบูร (Camphor) เป็นต้น

สรรพคุณ ตะไคร้มีฤทธิ์อุ่น รสเผ็ด ช่วยลดความดันโลหิตสูง ขับเหงื่อ แก้หวัดลมเย็น ปวดศีรษะ แก้อาการขัดเบา ช่วยขับปัสสาวะ แก้ปัสสาวะเป็นเลือด ระงับอาการปวดเกร็งตามร่างกาย

1. แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ แน่น จุกเสียด ช่วยขับลมในลำไส้ บรรเทาอาการไอ รักษาอาการอ่อนเพลีย โดยนำตะไคร้สดมาต้มดื่มแต่น้ำ

2. แก้อาการปวดเมื่อยตามตัว โดยนำตะไคร้สดมาต้มกับน้ำใช้อาบ

3. รักษาอาการข้อเท้าแพลง ปวดบั้นเอว นำต้นตะไคร้สดทุบพอแตก ขยี้ทาบริเวณที่เป็น

4. แก้อาการปวดบวมตามข้อ โดยใช้น้ำมันตะไคร้ทาบริเวณที่ปวดบวม

5. น้ำมันตะไคร้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา ช่วยไล่ยุงและแมลงต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่ใช้ประกอบอาหาร เหง้า ลำต้น โคนใบ

วิธีใช้ในการประกอบอาหาร ตะไคร้ใช้ปรุงรสอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว และช่วยให้อาหารมีกลิ่นหอม เช่น ใส่ในอาหารประเภทยำ ต้มยำ แกงส้ม น้ำยา และเป็นส่วนผสมในน้ำพริกแกงเผ็ด น้ำมันตะไคร้ใช้แต่งกลิ่นอาหาร แต่งกลิ่นเยลลี่ ขนมผิง ขนมหวาน เนื้อกระป๋อง เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ (ประพันธ์สาส์น, 2547)

การเตรียมสมุนไพรผง

ขั้นตอนในการเตรียมสุมนไพรได้ดัดแปลงมาจากการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้ง สิริวัฒนา (2534) รายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) สมุนไพรสดที่ได้นำมาล้างให้สะอาด และคัดเอาส่วนที่เสียออกไป
(2) ฝานสมุนไพรสดที่ได้ให้มีความหนาประมาณ 0.25 มิลลิเมตร
(3) อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบ Air dryer ที่อุณหภูมิ 80 – 100 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จะได้สมุนไพรที่มีความชื้นลดลงเหลือ 4 – 6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของสมุนไพร
(4) บดด้วยเครื่องบด และร่อนด้วยตะแกรงที่มีรูตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.5 – 1 มิลลิเมตร
(5) เติมสารยับยั้งการเกาะตัวกันเป็นก้อน (anti caking) Cilicon dioxide ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ลงไปในหอมแดงผง ส่วนข่าผงและตะไคร้ผงนั้นไม่มีการเติมสารใด ๆ
(6) บรรจุถุงพลาสติกปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่แห้ง

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ismail *et al*. (2004) ได้รายงานว่าหอมแดงมีความสามารถเป็น Antioxidant ได้สูงที่สุด ตามด้วย Spinash, Swamp cabbage, Cabbage และ Kale โดยที่ Spinash มีปริมาณ phenolic ที่สูง รองลงมาคือ swamp cabbage, kale, shallot และ cabbage หลังจากผ่านความร้อน ความสามารถในการเป็น antioxidant ลดลงยกเว้นใน shallot และ cabbage ($p < 0.05$) ส่วนปริมาณ phenolic ในพืชผักทุกชนิดลดลงเมื่อผ่านความร้อน 1 นาที ($p < 0.05$)

De Pooter *et al*. (1985) รายงานว่าข่าหรือ A. galanga ที่เป็นเครื่องเทศในมาเลเซีย ที่ได้จากเหง้าสดหรือตากแห้งนำมาวิเคราะห์ GC และ GC/MS สามารถแยกองค์ประกอบได้ 40 ตัวจากปริมาณน้ำมัน 83 – 93 % ขึ้นกับวิธีการเตรียมส่วนหนึ่งจาก monoterpenes, monoterpene alcohols และ ester และ sesquiterpenes รวมทั้ง methylleugenol, eugenal acetate,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

chavicol (4-allylphenol) และ chavicol acetate เป็นครั้งแรกที่มีรายงานส่วนประกอบในธรรมชาติ มาตรฐานของ GC ได้ถูกเสนอใช้ในการทดลองหลายระบบของ Kovats indices เพื่อแยกส่วนประกอบของ essential oils

Barik *et al.* (1987) ได้รายงานการใช้คลอโรฟอร์มสกัดสารจากเหง้าของข่าได้ p-hydroxycinnamaldehyde และ [di-(p-hydroxy-cis-styryl)]methane เป็นครั้งแรกได้เป็นสารสกัดตัวใหม่

Adegoke และ Odesolo (1996) ได้ทดลองเก็บตัวอย่างข้าวโพด(maize)และถั่ว(cowpea) โดยใช้ผลตะไคร้และน้ำตะไคร้เติมลงไปแล้วเก็บรักษานาน 10 วันพบว่าข้าวโพดและถั่วไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ส่วนตัวอย่างที่ไม่เติมผงตะไคร้และน้ำตะไคร้จะเกิดสีผิดปกติ (off colour) กลิ่นผิดปกติ (off odour) และเกิดรา ตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราเช่น *Aspergillus flavus, Microphomina phaseoli* และ *Penicillium chrysogenum* และแบคทีเรียเช่น *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Ps fluorescens, Bacillus subtilis* และ *Staphyllococcus aureus.* ซึ่งในผงตะไคร้มีสารประกอบ phytochemical เช่น alkloids tannin และ cardiac glycoside ซึ่งเชื่อว่ามีส่วนร่วมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในตัวอย่างข้าวโพดและถั่วได้

Onawunmi (2002) ได้นำ *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. หรือชื่อเรียกทั่วไปว่าตะไคร้ นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำใช้วิธี Chromatography และ mass spectrometric ได้สารสกัด 3 ชนิดซึ่งพบว่า -citral (geranial) และ-citral (neral) แสดงคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แกรมลบ และแกรมบวก ส่วน myrcene ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่จะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเมื่อผสมกับองค์ประกอบอื่นที่แยกได้

Agboola และ Tesic (2002) ได้ศึกษาเนยแข็งที่เติมสมุนไพรธรรมชาติของออสเตรเลียที่บรรจุแบบสูญญากาศต่อเนยแข็งที่บ่มได้ เนยแข็งที่ผลิตเป็นเนยแข็งชนิดกึ่งเหลวที่เติมสมุนไพรได้แก่ mint, lemon myrtle และbush tomato เปรียบเทียบกับเนยแข็งที่ไม่เติมสมุนไพร บ่มนาน 90 วัน ผลปรากฏว่าปริมาณความชื้น โปรตีน และเกลือ มีค่าเหมือนกันไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านการบ่ม แต่ปริมาณไขมันของเนยแข็งที่ไม่เติมสมุนไพรมีปริมาณสูงกว่าเนยแข็งที่เติมสมุนไพร ซึ่งพบว่าเนยแข็งที่เติม bush tomato มีค่าต่ำกว่าตลอดการบ่มในเนยแข็งทุกชนิดปริมาณจุลินทรีย์ (*Lactobacillus* และ *Lactococcus*)ทั้งหมด มีค่าอยู่ระหว่าง 10^6 – 10^7 cfu/g ปริมาณยีสต์และราในเนยแข็งทุกชนิดน้อยกว่า 10^2 cfu/g ยกเว้นในเนยแข็งที่เติม bush tomato มีค่า 10^3 cfu/g ทั้งนี้ค่าการย่อยสลายโปรตีน(proteolysis)และการย่อยสลายไขมัน(Lipolysis) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การบ่ม แต่ในเนยแข็งที่เติม bush tomato มีค่ามากที่สุด และใช้เครื่องมือ Electrophoresis หาปริมาณของ alpha-s และ β-casein พบว่ามีผลต่อคุณสมบัติของเนยแข็งที่ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Rehman *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นของแลคโตสในเคิร์ดของเนยแข็ง ต่อการย่อยสลายโปรตีนและคุณภาพของเนยแข็งเชดดาร์ แบ่งกลุ่มการผลิตออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (C) กลุ่มลดแลคโตส (L) โดยเติมน้ำลงไปแทนส่วนของน้ำเวย์และ กลุ่มเพิ่มแลคโตส (H) โดยเสริมแลคโตสลงไป 8.4 % ผลที่ได้พบว่ากลุ่ม L ไม่พบแล็คโตสที่ 150 วันเปรียบเทียบกับกลุ่ม C ส่วนกลุ่ม H มีแลคโตส 1.4% ที่การบ่ม 180 วัน ค่าพีเอชของกลุ่ม C และ กลุ่ม L มีค่าคงที่ตลอดการบ่มส่วนกลุ่ม H มีค่าลดลงเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง กลุ่ม H มีค่าความเข้มข้นกรดอะมิโนสูงสุด ส่วนกลุ่ม L มีค่าต่ำสุดหลังการบ่ม 180 วัน ในทางการค้านั้นพิจารณากลุ่ม L ว่าเป็นเนยแข็งที่ไม่สมบูรณ์มีอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เดือนของการบ่ม 180 วันแต่พบว่ามีกลิ่นเหมือนกับกลุ่ม C ส่วนกลุ่ม H ให้ค่าคะแนนด้านกลิ่นต่ำสุด ด้านการทดสอบของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ากลุ่ม L มีค่าความเข้มของกลิ่นต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีกลิ่นเปรี้ยวน้อย มีความคงตัวน้อย แตกหักง่าย แต่มีคุณสมบัติการเคลือบภายในปาก (mouth-coating) ที่ดีดว่ากลุ่ม C และ H

Seisa *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของความเข้มของรังสีแกรมมาที่ใช้และอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาและทางเคมีในระหว่างการบ่มของเนยแข็งเชดดาร์โดยได้ใช้รังสีที่ความเข้ม 4 กิโลเกย์ ร่วมกับอุณหภูมิในการบ่มที่ 8 และ 10 องศาเซลเซียส วัดการเปลี่ยนแปลงโดย การทดสอบทางประสาทสัมผัส การเปลี่ยนแปลงด้านจุลชีววิทยาและวิเคราะห์ด้านเคมี ด้านประสาทสัมผัสนั้นไม่มีเนยใดเลยที่มีแนวโน้มในการชอบมากกว่า ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส รังสีมีผลต่อกลุ่มแบคทีเรียแต่ไม่มีผลต่อกลุ่ม psychrothops ปริมาณกรดไขมันอิสระของเนยแข็งไม่ได้รับผลจากรังสี แต่ให้ค่ากรด thiobarbituric หลังบ่มที่ 10 องศาเซลเซียสมีค่าสูงกว่า อีกทั้งยังมีค่า water-soluble nitrogen ต่อค่า total nitrogen สูงด้วย ความแตกต่างของการย่อยสลายโปรตีนตรวจสอบโดยการใช้ Urea- page และ RP – HPLC

Pandey *et al.* (2003) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในขั้นตอนการทำเนยแข็งเชดดาร์ที่ทำมาจากน้ำนมดิบ น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ น้ำนมที่ปั่นเหวี่ยงจุลินทรีย์ออกและ น้ำนมที่ผ่านการใช้ความดันสูง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพีเอชจะถูกกำหนดโดย การเป็นบัฟเฟอร์ของเคิร์ดหรือเวย์ และความเหมาะสมของตัวยับยั้ง และวิธีการที่ใช้เตรียมนมก่อนนำมาทำเนยแข็ง ความร้อนที่ให้และการปั่นเหวี่ยงจะใช้ค่าเท่ากับในทางการค้า ความดันที่ใช้ประกอบด้วย 2 ระดับคือ 300 Mpa ที่เวลา 60 และ 90 นาที และ 400 Mpa ที่เวลา 32 และ 40 นาที คิด เทียบเท่ากับอัตราการตายที่ลดลง 4 และ 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของ *Listeria monocytogeses* การเปลี่ยนแปลงพีเอชวัดที่ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นบ่มเนยแข็ง ขั้นตอน cooking/holding ขั้นตอน cheddaring ผลของน้ำนมต่าง ๆ ต่อค่าพีเอชพบความแตกต่างทั้งสามขั้นตอน โดยที่พีเอชลดลงเป็นเส้นตรงกับเวลาในช่วงขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่ 2 และจะลดลงแบบลอการิทึมในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบน้ำนมดิบกับทุกทรีทเมนต์พบอัตราการเปลี่ยนแปลงพีเอชลดลง และในนมที่ปั่นเหวี่ยงจุลินทรีย์พบค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพีเอชต่ำที่สุดในขั้นตอน Cooking/Holding นมที่พาสเจอร์ไรส์และนมที่ปั่นเหวี่ยงจุลินทรีย์ค่อนข้างมีอัตราการเปลี่ยนแปลงพีเอชที่สูง ในขณะที่นมที่ผ่านความดันสูงมีอัตราต่ำกว่าในระหว่างขั้นตอนสุดท้าย (cheddaring)อัตราการเปลี่ยนแปลงพีเอชในนมที่ผ่านความดันสูงเหมือนกับในนมที่ปั่นเหวี่ยง และถึงอย่างไรการเปลี่ยนแปลงพีเอชยังคงช้าเหมือนกันกับในน้ำนมดิบและนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

เรณู และคณะ (2544) ได้ศึกษาการใช้น้ำนมถั่วเหลือง (Glycine max) ทดแทนน้ำนมวัวที่ใช้ในการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาในอัตราส่วนของน้ำนมวัวต่อน้ำนมถั่วเหลืองเท่ากับ 100:0, 80:20, และ 0:100 ตามลำดับ เติมกรดอะซิติคเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์จำนวน 1 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสม แคลเซียมคลอไรด์ 0.02 เปอร์เซ็นต์และเรนเนต 0.0025 เปอร์เซ็นต์ลงไป ศึกษาผลของสายพันธุ์ถั่วเหลือง 3 สายพันธุ์ได้แก่ สจ.4, เชียงใหม่60 และเชียงใหม่3 นำไปวิเคราะห์ผลทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส โดยใช้ scoring test พบว่าเนยแข็งที่ผลิตจากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีนมวัว มีปริมาณความชื้นสูงประมาณ 70% ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ปริมาณเกลือของเนยแข็งที่มีส่วนผสมนมถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน และพีเอชลงลด พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลีฟอร์ม, อี.โคไล และแบคทีเรียชอบเจริญที่อุณหภูมิปานกลางและไร้อากาศ ในบางตัวอย่างสามารถใช้นมถั่วเหลืองแทนน้ำนมโคผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

เรณู และพัชรินทร์(2548) จากรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยการวิจัยในเนยแข็งรสสมุนไพรและการบำบัดน้ำเวย์ที่เหลือทิ้งได้ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนยแข็งมอซซาเรลลาผสมสมุนไพรใบมะกรูด และใบผักชี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (95เปอร์เซ็นต์) แต่การยอมรับที่ความเข้มข้นสมุนไพร 0.2 และ 0.4 มากกว่าระดับที่สูงขึ้น ยังพบว่าเนยแข็งมีสภาวะที่ยีสต์และราเจริญได้ง่ายกว่าแบคทีเรีย ยิ่งเติมใบมะกูดและใบผักชีผงในเนยแข็งมากขึ้นยิ่งมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดุสิดา (2548) ได้ศึกษาการพัฒนาสูตรการทำเนยแข็งมอซซาเรลลากลิ่นรสสมุนไพรหอมแดง ข่า และตะไคร้ โดยได้เติมสมุนไพรผงในปริมาณร้อยละ 0.4, 0.6 และ 0.8 ของปริมาณเคิร์ด พบว่าเนยแข็งที่เติมสมุนไพรร้อยละ 0.6 มีคุณภาพใกล้เคียงกับที่ผู้บริโภคต้องการ และส่วนผสมที่เหมาะในการใช้เป็นส่วนผสมได้แก่ผงข่าร้อยละ 30 ผงหอมแดงร้อยละ 25 และผงตะไคร้ร้อยละ 45 และศึกษาการเก็บรักษาเนยแข็งแบบใช้ฟิล์มเคลือบ 2 ชั้นที่ประกอบด้วยคาราจีแนนกับเนยขาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียสนาน 28 วัน พบว่าเนยแข็งที่ไม่เคลือบฟิล์มในวันแรกมีคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ดีกว่าเนยแข็งที่เคลือบฟิล์มที่เก็บรักษานาน 28 วัน และเนยแข็งที่เคลือบฟิล์มที่อายุการเก็บรักษา 28 วันมีคุณภาพที่ดีกว่าเนยแข็งที่ไม่เคลือบฟิล์มที่อายุการเก็บรักษา 28 วัน และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันทั้งเนยแข็งที่เคลือบและไม่เคลือบและที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน

ปิยวรรณ (2548)ได้ศึกษาการพัฒนาสูตรเนยแข็งกัวดาสมุนไพรโดยใช้สมุนไพรหอมแดง ข่า และตะไคร้ผง เป็นส่วนผสมในเนยแข็งเพื่อเพิ่มรสชาติ โดยได้ทำการทดลองหาปริมาณสมุนจากการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลา พบว่าปริมาณสมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดในปริมาณสมุนไพรผงร้อยละ 0.6 ของเคิร์ด อัตราของส่วนผสมได้แก่ ผงหอมแดงร้อยละ 25 ผงข่าร้อยละ 30 และผงตะไคร้ร้อยละ 45 วิธีการเติมสมุนไพรทั้งสองแบบคือแบบที่เติมในน้ำนมก่อนการตกตะกอนและแบบที่เติมหลังจากตกตะกอนแล้ว ในชุดที่มีการเติมสมุนไพรในนมก่อนการตกตะกอน วิเคราะห์ปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 43.18, 37.18 และ 37.90 ความชื้นร้อยละ 44.05, 38.62 และ 38.78 โปรตีนร้อยละ 12.84, 14.38 และ 13.52 ปริมาณ ส่วนชุดเติมสมุนไพรหลังตกตะกอนแล้วมีปริมารไขมันร้อยละ43.08, 36.93 และ 37.32 ความชื้นร้อยละ 43.67, 38.47 และ38.16 และปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.48, 14.21 และ 13.26 ตามลำดับ จุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติคอยู่ในช่วง 10^6 cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และรา 10^3 cfu/g ตลอดระยะเวลาการบ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved