สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรื่อง

ปริมาณผลผลิต คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

(Yield,Chemical and Physical Properties of Mozzarella Cheese from Buffalo Milk)

จัดทำโดย

นางสาวจุฑามาศ ปกป้องมงคล รหัส 47040153

นางสาวชุลีรัตน์ วงฉยา รหัส 47040154

ปพ.
ว162ม
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85418
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12009520
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ปริมาณผลผลิต คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

จัดทำโดย

นางสาวจุฑามาศ ปกป้องมงคล 47040153

นางสาวชุลีรัตน์ วงฉยา 47040154

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....(ดร.วนพร เลิศรัตนปัญญา)..... .....4 / 10 / 51.....

(ดร.วนพร เลิศรัตนปัญญา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุลผู้เรียบเรียง 1. นางสาวจุฑามาศ ปกป้องมงคล รหัส 47040153
2. นางสาวชุลีรัตน์ วงฉยา รหัส 47040154

ชื่อเรื่องปัญหาพิเศษ ปริมาณผลผลิต คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

(Yield ,Chemical and Physical Properties of Mozzarella Cheese from Buffalo Milk)

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือที่มีปริมาณไขมัน6.33±0.05% มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มเชื้อในน้ำนมคือ40 องศาเซลเซียส เวลา 35 นาที มีปริมาณ Lactic Acid Bacteria ก่อนการเติมเชื้อ เท่ากับ 4.5 x 10^3 cfu/mL เมื่อใช้เอนไซม์เรนเนทในกระบวนการผลิตจะใช้เวลาในการเกิดเคิร์ด 35 นาที และใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อน(cooking) ที่ 45 องศาเซลเซียสก่อนการไล่น้ำเวย์ นำก้อนเคิร์ดมาทำให้เป็นแผ่นวางซ้อนทับกัน(cheddaring)และนำไปยืดในน้ำร้อน ได้ศึกษาถึงคุณภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน(27.60 ± 0.14%) โปรตีน(34.93 ± 0.51%) ความชื้น(58.88 ± 0.25%) ของแข็งทั้งหมด (41.12 ± 0.25) ค่าความเป็นกรด(0.38 ± 0.03%)และ pH(5.98 ± 0.01) และมีปริมาณ Lactic Acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์เท่ากับ5×10^5 cfu/g pH สุดท้ายของการเชดดาร์ริ่งก่อนนำมายืด มีผลต่อปริมาณและคุณภาพคือ ปริมาณผลผลิตของเคิร์ดมอซซาเรลลาเท่ากับ 17.01 ± 1.21 % เมื่อนำเคิร์ดที่ระดับ pH ก่อนการยืดที่แตกต่างกันมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่ามีผลต่อค่า Hardness และ Chewiness ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่ระดับ pH 5.10 มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลา

จุฑามาศ ปกป้องมงคล
ชุลีรัตน์ วงฉยา ..... 4 มิ.ย. 51

(ลายมือชื่อนักศึกษา) (อาจารย์ที่ปรึกษา) (วัน / เดือน / ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องปริมาณผลผลิต คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาพิเศษให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอบพระคุณ ผศ.ดร. อรสา สุริยาพันธ์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยทำให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เสร็จสิ้นลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ คำปรึกษา คำแนะนำที่ดี รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมาและที่สำคัญที่จะขาดเสียมิได้คือ คู่ปัญหาพิเศษที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลาที่ร่วมทำปัญหาพิเศษด้วยกัน ทำให้การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

17 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 เนยแข็ง	2
2.2 เนยแข็งมอซซาเรลลา	4
2.3 กระบวนการผลิตเนยแข็ง	6
2.4 กระบือนม	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 วิธีดำเนินการ	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของน้ำนมดิบ	19
4.2 ผลการศึกษาคุณภาพเนยแข็งมอซซาเรลลา	20
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก ก	25
ภาคผนวก ข	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำนมสัตว์ชนิดต่างๆ	15
4.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบจากกระบือและนมโค	19
4.2	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือและนมโค	20
4.3	แสดงปริมาณ Lactic Acid Bacteria ในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิต	21
4.4	แสดงปริมาณผลผลิตที่ได้ของเนยแข็งมอซซาเรลลา	21
4.5	ตารางแสดงค่า Hardness Cohesiveness Springiness และ Chewiness ของเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ระดับ pH แตกต่างกัน	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แสดงขั้นตอนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตน้ำนม และการแปรรูปอาหารนมมีบทบาทต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานของเศรษฐกิจทางการเกษตรและอุตสาหกรรม ประเทศไทยมีศักยภาพในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารนมหลายชนิดเพื่อตลาดในประเทศ และต่างประเทศ เช่น นมพร้อมดื่ม นมระเหยน้ำ นมข้น และ นมเปรี้ยว เป็นต้น

เนยแข็งมอซซาเรลลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารนมที่กำลังได้รับความนิยมภายในประเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้หลายประเภท และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ผลิตจากนมกระบือนั้นยังมีคุณภาพที่ไม่ดีพอและยังไม่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ดังนั้นการการปรับปรุงคุณภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือจึงเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการศึกษาวิจัย เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

ปัญหาพิเศษนี้จะศึกษากระบวนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ ปริมาณผลผลิต วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน ค่าความเป็นกรดคุณภาพทางจุลินทรีย์และทางกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 เนยแข็ง (Cheese)

เนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนม ครีม บัตเตอร์มิลค์ (butter milk) หรือ เวย์ (whey) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างมาผสมกับเอนไซม์ กรด หรือจุลินทรีย์ จนเกิดก้อนตะกอนที่มีลักษณะเป็นลิ่มประกอบด้วยแคลเซียมเคซีเนต ไขมัน และวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน และน้ำ เมื่อแยกส่วนที่เป็นน้ำออก เรียกน้ำที่เหลือว่า เวย์ ซึ่งประกอบด้วยแล็กโทส วิตามิน เกลือแร่ และแล็กโตกลอบิวลิน นำก้อนตะกอนเนยแข็งไปบ่มจนมีกลิ่นรสตามต้องการ หรืออาจบริโภคสด ทั้งนี้แล้วแต่ประเภทของเนยแข็ง เนยแข็งประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน น้ำ และเกลือ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (วรรณา, 2550)

ผลิตภัณฑ์เนยแข็งมีจุดเด่นอยู่ที่กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคในแถบเอเชียรวมถึงในประเทศไทยที่ไม่ได้บริโภคเป็นประจำจะมีความรู้สึกว่าเนยแข็งมีกลิ่นเหม็น และไม่นิยมที่จะบริโภค แต่สำหรับผู้บริโภคที่อาศัยในแถบยุโรปและอเมริกาเหนือแล้ว เนยแข็งจะเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมากในการนำมารับประทาน หรือนำมาเป็นส่วนประกอบของอาหารชนิดอื่นๆ เช่น พิซซา แฮมเบอร์เกอร์ หรืออาหารอิตาลีเกือบทุกชนิด (Albert, 1973)

ผลิตภัณฑ์เนยแข็งมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามกระบวนการผลิต และสถานที่ทำการผลิต ปกติเนยแข็งมักมีชื่อตามสถานที่ ศาสนา ชนิดของน้ำนม เช่น นมโค นมแพะ นมแกะ และอื่นๆ รูปร่างและลักษณะปรากฏของเนยแข็ง วิธีการบ่ม และวิธีใส่สารเจือปน ซึ่งทั่วโลกมีเนยแข็งอยู่ทั้งหมดเกือบ 5,000 ชนิด จึงจำเป็นที่ต้องจำแนกชนิดของเนยแข็ง (Walstra, 2006)

2.1.1 ชนิดของเนยแข็ง

สุรีย์ (2539) กล่าวว่าการจำแนกชนิดของเนยแข็งแต่ละชนิดนั้นอาจถูกจัดจำแนกตามลักษณะปรากฏ คุณลักษณะในการบ่ม และองค์ประกอบทางเคมี โดยทั่วไปจำแนกเนยแข็งได้เป็น 4 ชนิด คือ

2.1.1.1 เนยแข็งชนิดแข็ง (Hard cheese) เป็นเนยแข็งที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 26-50% ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิดย่อยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) เนยแข็งชนิดแข็งมาก (Very hard cheese) เป็นเนยแข็งที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าชนิดอื่น ลักษณะสำคัญของเนยแข็งชนิดนี้คือ ใช้น้ำนมไขมันต่ำในการผลิตและใช้แบคทีเรียแลคติกประเภทชอบเจริญที่อุณหภูมิสูง หรือเรียกว่า เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) เป็นจุลินทรีย์กล้าเชื้อ (starter culture)

2.) เนยแข็งชนิดแข็งและมีรู (Hard cheese with eyes) เป็นเนยแข็งที่มีตาหรือฟองแก๊สกระจายในเนื้อเนยแข็ง ฟองแก๊สนี้เกิดจากการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์โดย Propionibacteria การเกิดตาหรือฟองแก๊สขึ้นอยู่กับลักษณะทางฟิสิกส์ของเนยแข็งและอัตราการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เนยแข็งชนิดนี้ได้แก่ Edam, Emmenthal ,Gruyere และ Herrgard

3.) เนยแข็งชนิดแข็งและไม่มีรู (Hard cheese without eyes) เป็นเนยแข็งที่มีลักษณะเนื้อแน่นคงตัว และไม่มีตาหรือฟองแก๊สในเนื้อเนยแข็ง ชนิดที่มีความสำคัญที่สุดคือ Cheddar มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เป็นเนยแข็งที่มีไขมันปริมาณ 48% และมีความชื้นประมาณ 39% ผลิตจากน้ำนมพร้อมมันเนย และใช้แบคทีเรีย *Streptococci* ประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลางในการเจริญหรือเรียกว่า พวกมีโซไฟล์ (Mesophile) เป็นจุลินทรีย์กล้าเชื้อ

4.) เนยแข็งชนิดกึ่งแข็ง (Semi-hard cheese) อาจใช้น้ำนมพร้อมมันเนยหรือน้ำนมพร่องมันเนยเป็นวัตถุดิบในการผลิต และใช้แบคทีเรีย *Streptococci* พวกมีโซไฟล์เป็นจุลินทรีย์กล้าเชื้อ ในการผลิตจะมีการตัดเคิร์ดอย่างหยาบๆ และให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยทำให้เนยแข็งมีปริมาณความชื้นที่สูง และปริมาณแลกโตสค่อนข้างสูง

2.1.1.2 เนยแข็งชนิดที่บ่มด้วยแบคทีเรียที่ผิว (Bacteria surface-ripened cheese) เนยแข็งชนิดนี้เป็นเนยแข็งชนิดกึ่งอ่อน (Semi-soft cheese) มีความชื้น 45-55% เนยแข็งชนิดนี้ทำจากเคิร์ดที่มี pH สูง ซึ่งจะถูกบ่มโดยแบคทีเรียที่ผิว ได้แก่ Brick, Limburger, Tilist

2.1.1.3 เนยแข็งชนิดที่บ่มที่ผิวด้วยจุลินทรีย์ (Surface-ripened cheese) เนยแข็งชนิดนี้อาจจัดเป็นเนยแข็งชนิดกึ่งแข็ง (Semi-hard cheese) เนื่องจากมีปริมาณความชื้น 42-52% ส่วนใหญ่ผลิตจากเคิร์ด ในการผลิตจะไม่มีการอัดเคิร์ดแต่จะทิ้งไว้ให้เคิร์ดแข็งตัวไปเอง อาจเติมเกลือลงในเคิร์ดก่อนทำเป็นรูปร่าง เช่น เนยแข็ง Stilton หรือเติมลงไปที่ผิวของเคิร์ดหลังจากทำเป็นรูปร่างแล้ว เช่น เนยแข็ง Organzalo และ Roquefort

2.1.1.4 เนยแข็งชนิดอ่อน (Soft cheese)

1.) เนยแข็งชนิดอ่อนที่ผ่านการบ่ม

1.1) ชนิดที่บ่มด้วยเชื้อราที่ผิว เนยแข็งชนิดนี้ส่วนใหญ่ผลิตจากน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมมันเนย มีการเติมจุลินทรีย์กล้าเชื้อและเอนไซม์เรนเนทเพื่อให้ได้เคิร์ดที่มีความเป็นกรดสูง ในการบ่มจะบ่มด้วยเชื้อราที่ผิว เพื่อให้เชื้อรา เช่น *Penicillium camember* ผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีนแพร่เข้าไปในเคิร์ดและทำการย่อยโปรตีน ทำให้เกิดลักษณะเนื้อที่เนียนและนุ่ม โดยทั่วไปมักผลิตเนยแข็งชนิดนี้ให้มีขนาดเล็ก เพื่อสะดวกต่อการเจริญของเชื้อราและทำให้เอนไซม์จากเชื้อราสามารถเข้าไปในเคิร์ดได้อย่างทั่วถึง

1.2) ชนิดที่บ่มด้วยแบคทีเรียที่ผิว เนยแข็งชนิดนี้ได้แก่ Romadar เป็นเนยแข็งที่ผลิตในประเทศออสเตรเลีย มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายเนยแข็ง Limburger แต่จะบ่มด้วยแบคทีเรีย *Brevibacterium linens* ที่ผิวซึ่งจะทำให้ผิวของเนยแข็งมีสีน้ำตาลแดง ใช้ระยะเวลาในการบ่มประมาณ 4 สัปดาห์

2.) เนยแข็งชนิดอ่อนที่ไม่ผ่านการบ่ม เนยแข็งชนิดนี้ได้แก่ Coulommier, Cream, Cottage, Mozzarella เนยแข็งชนิดนี้อาจทำจากน้ำนม ครีมหรือหางนม ทำให้เนยแข็งชนิดนี้มีปริมาณไขมันและปริมาณน้ำแปรผันในช่วงกว้าง โดยทั่วไปชนิดที่มีไขมันสูงจะนุ่มและเนียนกว่าชนิดที่มีไขมันต่ำ ในการผลิตเนยแข็งประเภทนี้ทุกชนิดจะมีหลักการคล้ายกัน คือ จะนำน้ำนมบ่มด้วยแบคทีเรียแลคติกเสียก่อน แล้วจึงเติมเอนไซม์เรนเนท เพื่อทำให้เกิดเคิร์ดจากนั้นขจัดหางนมออก และเติมเกลือลงไป นอกจากนี้อาจเติมสารเจือปนอื่นที่อนุญาตให้เติมได้ เช่น สารให้กลิ่นรส สตาร์ช อิมัลซิไฟเออร์ และกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดแลคติก กรดซิตริก กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น

2.2 เนยแข็งมอซซาเรลลา

2.2.1 ประเภทของเนยแข็งมอซซาเรลลา

Kindstedt et al. (2004) ได้แบ่งเนยแข็งมอซซาเรลลาออกเป็น 2 ชนิด ตามระดับความชื้น คือ ชนิดความชื้นต่ำ และความชื้นสูง ซึ่งมีความแตกต่างของการเลือกใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิต

2.2.1.1 เนยแข็งมอซซาเรลลาชนิดความชื้นต่ำ ซึ่งในกระบวนการผลิตจะเลือกใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด ดังนี้

- *Streptococcus salavarius ssp.thermophilus*
- *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus*
- *Lactobacillus helveticus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดเป็นแบคทีเรียประเภท Thermophilic bacteria สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดความเหนียวและยืดหยุ่น เคิร์ดขณะยังร้อนจะมีคุณลักษณะแบบพลาสติกสามารถนำไปขึ้นรูปได้ตามต้องการ ถ้านำก้อนเคิร์ดมาแช่ในน้ำเย็นและสารละลายเกลือชั่วคราว

เคิร์ดที่ประกอบด้วยเม็ดไขมันเล็กๆ จะนำไปแช่ในน้ำอุ่นจนกระทั่งมี pH 5.3 หรือการสร้างกรดของจุลินทรีย์กล้าเชื้อในก้อนเคิร์ดเมื่อล้างในน้ำเย็นแล้วนำไปเก็บรักษาตลอดทั้งคืนเพื่อให้เกิดการสร้างกรดจนมีประมาณ pH 5.3 โดยปกติกระบวนการที่ทำในน้ำร้อนจะเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปเพื่อให้เนยแข็งมอซซาเรลลาเกิดการยืด

2.2.1.2 เนยแข็งมอซซาเรลลาชนิดความชื้นสูง ในกระบวนการผลิตจะเลือกใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด ดังนี้

- *Lactococcus lactis ssp. lactis* หรือ *cremoris*
- *Streptococcus salavarius ssp. thermophilus*
- *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*

จุลินทรีย์กล้าเชื้อที่ใช้จัดเป็นกลุ่ม Mesophilic bacteria และบางกรรมวิธีการผลิตจะใช้จุลินทรีย์ประเภท Thermophilic bacteria ปริมาณของกล้าเชื้อที่ใช้ประมาณ 0.1% สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 32-35 องศาเซลเซียสเพื่อให้เคิร์ดเกิดการเปลี่ยนเป็นกรดอย่างช้าๆ แล้วนำไปเก็บในที่ความชื้นสูง

2.2.2 ลักษณะของเนยแข็งมอซซาเรลลา

2.2.2.1 กลิ่นรส (flavor) เนยแข็งที่ได้ควรมีกลิ่นรสไม่ฉุนมาก แต่อาจมีกลิ่นกรดได้เล็กน้อย ในเนยแข็งที่ผลิตแบบดั้งเดิมอาจมีกลิ่นหืนเล็กน้อยทั้งนี้ขึ้นกับการยอมรับของผู้บริโภค

2.2.2.2. ตัวผลิตภัณฑ์และเนื้อสัมผัส(body and texture) แบ่งได้ดังนี้

ก.) รูปร่างเป็นก้อนขนมปัง (loaf form) เนยแข็งมอซซาเรลลาทุกชนิดเมื่อดึงแผ่นหรือก้อนเนยแข็งควรมีความยืดหยุ่น ไม่มีโพรงและก๊าซ เนยแข็งควรเรียบและบิดงอได้ง่าย

ข.) รูปร่างเป็นแผ่น (sliced form) เนยแข็งมอซซาเรลลารูปร่างแผ่นทุกชนิดไม่ควรมีโพรงและก๊าซ แผ่นเนยแข็งจะแยกเป็นอิสระต่อกันและแยกจากกันได้ง่ายไม่ฉีกขาด เนยแข็งควรมีลักษณะเรียบและบิดงอได้

ค.) รูปร่างเป็นชิ้นเล็กๆหรือลูกเต๋า (shredded or diced form) เนยแข็งมอซซาเรลลาทุกชนิด ที่มีลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆหรือลูกเต๋า อาจมีข้อบกพร่องด้านความหยาบ ความแห้งเป็นผง เหลวหรืออ่อนได้เพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเนยแข็ง

แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมตาบอไลท์ทุติยภูมิ พบในอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ แบคทีเรียชนิดนี้มักเติบโตในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย

2.3 กระบวนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลา (สุรีย์,2539) ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.3.1 การเตรียมน้ำนมดิบ

น้ำนมที่จะนำมาผลิตเนยแข็งต้องมีคุณภาพดีทั้งทางเคมีและทางจุลินทรีย์ สิ่งสำคัญคือต้องปราศจากสารปฏิชีวนะ ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต

2.3.1.1 การขนส่งและเก็บรักษาน้ำนมดิบ

น้ำนมดิบจะถูกทำให้เย็นตั้งแต่อยู่ที่ฟาร์ม แล้วบรรจุในถังซึ่งอยู่ในรถขนส่งนมส่งมายังโรงงานทำเนยแข็ง โดยทั่วไปจุลินทรีย์ Psychrotrophs และจุลินทรีย์ Thermoduric microorganisms จะมีผลต่อการคุณภาพของเนยแข็ง ดังนั้นเมื่อน้ำนมมาถึงโรงงาน จำเป็นต้องปฏิบัติอย่างถูกวิธีเพื่อให้เนยแข็งที่ผลิตมีคุณภาพดีที่สุด โดยจะทำการชั่ง หรือวัดปริมาตรของน้ำนม กรองเพื่อขจัดสิ่งสกปรกและแปลกปลอม เช่น เศษฟางข้าว ผม ดิน เป็นต้น ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ในไซโลที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

แบคที่เรียในกลุ่มของ Psychrotrophs เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญและอยู่รอดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส มักเจริญอยู่ในน้ำนมเย็น และสร้างเอนไซม์ที่ทนความร้อน คือ โปรตีเอส และไลเปส ซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของเนยแข็งและการตกตะกอนของโปรตีนนม โดยเอนไซม์โปรตีเอสจะย่อยสลายโปรตีน ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลงและมีการสูญเสียไนโตรเจนไปกับหางนม ส่วนเอนไซม์ไลเปส จะทำให้เกิดกลิ่นหืนในเนยแข็ง ดังนั้นจึงมีหลายวิธีที่ได้นำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บของน้ำนมดิบ และควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ชนิด Psychrotroph ได้แก่

1. การให้ความร้อนที่เรียกว่า Thermisation โดยจะนำน้ำนมดิบมาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 วินาที
2. การทำให้นมเย็นลงถึง 2 องศาเซลเซียส
3. การใช้วิธีที่ 1 ร่วมกับวิธีที่ 2

2.3.1.2 การปรับมาตรฐานส่วนประกอบของน้ำนม

การปรับมาตรฐานส่วนประกอบของน้ำนม กระทำเพื่อให้ได้อัตราส่วนของเคซีนกับไขมันที่เหมาะสมต่อการทำเนยแข็ง ทั้งนี้เพื่อลดความผันแปรของส่วนประกอบในน้ำนม เพื่อให้เนยแข็งที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ มีปริมาณไขมันที่ตรงตามมาตรฐาน มีการเปลี่ยนแปลงของของแข็งในน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปเป็นเนยแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนยแข็งตามต้องการ การปรับมาตรฐานขององค์ประกอบน้ำนมอาจทำได้โดย ขจัดไขมันออก เติมหางนม หรือเติมครีมลงไป

2.3.1.3 การขจัดสิ่งแปลกปลอม

กระบวนการนี้จะขจัดสิ่งแปลกปลอมในน้ำนมโดยอาศัยแรงเหวี่ยง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Clarifier ซึ่งมีลักษณะคล้ายเครื่องแยกครีม การขจัดสิ่งแปลกปลอมด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องกรอง อุณหภูมิของน้ำนมขณะนำมาหมุนเหวี่ยงระหว่าง 32.1-37.8 องศาเซลเซียส การขจัดสิ่งแปลกปลอมจะช่วยป้องกันการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium ssp.* ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดนี้จะทำให้เกิดแก๊สในเนยแข็งระหว่างการบ่มและทำให้เกิดการหมักที่สร้างกรดบิวทีริก (butyric acid fermentation) สามารถลดจำนวนของ *Clostridium* ได้ดังนี้

ก.) แบคโตฟิวเกชัน (Bactofugation) เป็นวิธีแยกสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาที่มีอยู่ในน้ำนมดิบออกมาปริมาณ 2-3% ของปริมาณน้ำนมทั้งหมด สิ่งที่แยกออกมาเรียกว่า แบคโตฟิวเกท (Bactofugate) ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำนม และไขมันนม แบคโตฟิวเกทจะถูกนำมาฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 130-140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที หลังจากทำให้เย็นลงจะผสมกลับเข้าไปในน้ำนมที่พาสเจอไรซ์ตามปกติ

ข.) การเติมไนเตรต นิยมเติม โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) หรือ โปแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ในน้ำนมที่จะใช้ผลิตเนยแข็ง ไนเตรตสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดบิวทีริกและแก๊ซ การเติมโซเดียมไนเตรท 50-90 กรัม ต่อน้ำนม 455 ลิตร หรือ 5-20 กรัม ต่อน้ำนม 100 ลิตร ทำให้เนยแข็งมีปริมาณโซเดียมไนเตรท 23 mg/45.5 g การเติมไนเตรทมีข้อเสียคือ จะทำให้สีของเนยแข็งผิดปกติ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของไทโรซีน(Tyrosine) กับไนไตรต์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยารีดักชั่นของไนเตรท นอกจากบางประเทศยังได้จำกัดการใช้ไนเตรตในเนยแข็ง เนื่องจากไนเตรทอาจทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง

นอกจากการเติมไนเตรทลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งแล้ว อาจเติมสารเจือปนชนิดอื่นลงไปด้วยก็ได้ โดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป สารเจือปนที่เติมได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งเติมลงในน้ำนมที่จะนำมาผลิตเนยแข็ง มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความสามารถในการตกตะกอนด้วยเอนไซม์เรนเนท โดยเฉพาะกับน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ หรือน้ำนมที่ใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์สูงเกินไป ปริมาณที่เติมไม่ควรเกิน 25 กรัมต่อน้ำนม 100 ลิตร(สุรีย์,2539)

2.3.1.4 การโฮโมจีไนเซชัน (Homogenization)

ในระหว่างการโฮโมจีไนซ์น้ำนมเม็ดไขมันจะลดขนาดลง และจะมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า น้ำนมที่ใช้ในการทำเนยแข็งจำเป็นต้องผ่านการโฮโมจีไนซ์ เพื่อลดปริมาณไขมันที่สูญเสียไปกับหางนม ทำให้ผลผลิตเนยแข็งที่ได้เพิ่มขึ้น เป็นการส่งเสริมให้มีการย่อยไขมันในเนย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็ง และช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนยแข็งชนิดอ่อน โดยทำให้เคิร์ดที่ได้มีลักษณะเนื้อเนียน ละเอียดและคงตัวมากขึ้น นอกจากนี้การโฮโมจีไนส์ยังทำให้เนยแข็งที่ผลิตจากน้ำมนมวัวมีลักษณะขาวขึ้น (สุรีย์,2539)

2.3.1.5 การให้ความร้อน (Heat treatment)

การให้ความร้อนน้ำนมที่ใช้ในการผลิตเนยแข็ง มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียและเกิดโรค โดยทั่วไปมักให้ความร้อนที่อุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรส์ คือที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที การพาสเจอไรส์ไม่ได้ทำลายจุลินทรีย์ในน้ำนมทั้งหมด ดังนั้นจุลินทรีย์บางชนิดที่ยังมีชีวิตอยู่ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มักสร้างเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ดี ซึ่งจะมีผลต่อกลิ่นรส และลักษณะของเนื้อสัมผัสของเนยแข็ง แต่ถ้าหากให้ความร้อนน้ำนมที่อุณหภูมิสูงกว่าการพาสเจอร์ไรส์ จะมีผลต่อคุณสมบัติในการตกตะกอนของโปรตีนนมด้วยเอนไซม์เรนเนท การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะทำให้หางนมบางส่วนเสียสภาพ และทำให้เกิดการกระทำระหว่างเบต้า-แลคโตกลอบูลิน และ K-เคซีน โดยเกิดพันธะซัลไฟดริล ซึ่งจะยับยั้งการเกิดเจล หรือการตกตะกอนของโปรตีนนมในขั้นแรกและพันธะดังกล่าวยังทำให้ส่วนประกอบของเกลือแร่ในน้ำนมเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะแคลเซียม โดยสามารถขัดขวางการเกิดเจลในขั้นที่สอง ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการรวมตัวของเคซีนไมเซลที่ถูกกระทำโดยเอนไซม์เรนเนท หลังจากให้ความร้อนและทำให้น้ำนมเย็นลงแล้วหลังจากนั้นก็จะนำน้ำนมที่ได้มาผลิตเนยแข็ง (สุรีย์,2539)

2.3.2 การผลิตเคิร์ด (Curd-making)

2.3.2.1 การเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์

การเติมจุลินทรีย์กล้าเชื้อลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็ง เป็นขั้นตอนสำคัญของการผลิตเนยแข็ง ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการสร้างกรดแลคติก จากการหมักแลคโตสในน้ำนม กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะช่วยให้การตกตะกอนของเคซีนโดยเอนไซม์เรนเนทดีขึ้น เป็นสาเหตุให้เคิร์ดหดตัวเมื่อผ่านความร้อนทำให้ไล่ความชื้นออกจากเคิร์ดได้ดี ช่วยให้กลิ่นรสและลักษณะสัมผัสดีขึ้น นอกจากนี้การที่ pH ลดต่ำลงถึง 5.0-5.2 จะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียและที่ทำให้เกิดโรค (สุรีย์,2539)

2.3.2.2 การตกตะกอนโปรตีน

หลังจากที่เติมจุลินทรีย์กล้าเชื้อลงในน้ำนมและบ่มจนได้ที่แล้วจะเติมเอนไซม์เรนเนทลงไป เพื่อตกตะกอนโปรตีนในน้ำนม เอนไซม์เรนเนทเป็นเอซิดโปรติเอส สกัดได้จากกระเพาะที่สี่ของลูกวัว ประกอบด้วยเอนไซม์ไคโมซิน(Chymosin) 80% และเอนไซม์เปปซิน(Pepsin) 20% ทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีนในส่วนของ K-เคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำให้เคซีนไมเซลล์คงตัว การทำงานของเอนไซม์เรนเนทมี 3 ขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นแรกเป็นขั้นตอนที่มีเอนไซม์เรนเนทมาเกี่ยวข้อง โดยในขั้นตอนนี้ K- เคซีน จะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ไคโมซินที่พันธะเปปไทด์ระหว่างเฟนีลอะลานีน และเมทไธโอนีนซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งของกรดอะมิโนตัวที่ 105-106 ได้เป็น พารา-K- เคซีน (para-K-casein) และมาโครเปปไทด์ (macropeptide) สำหรับพารา-K-เคซีน นั้นเป็นโปรตีนโมเลกุลใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนตัวที่ 106-169 และเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นจึงสูญเสียไปกับหางนม สำหรับ pH ที่เหมาะสมต่อการไฮโดรไลซ์พันธะระหว่างเฟนีลอะลานีนและเมทไธโอนีน คือ 5.1-5.2 ปฏิกิริยาในขั้นตอนแรกแสดงได้ดังสมการ

K-casein ⟶ para-K-casein + macropeptide

ในขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง เนื่องจากการที่ K-เคซีน ถูกไฮโดรไลซ์ทำให้เคซีนไมเซลล์สูญเสียความคงตัว และในสภาพที่มีแคลเซียมอิออน พารา-K-เคซีนจะตกตะกอนเป็นไดแคลเซียม พารา-K-เคซีน (dicfalcium para-K-casein) ดังสมการ

Para-K-casein ⟶ dicalcium para-K-casein

การตกตะกอนในขั้นนี้จำเป็นต้องมีแคลเซียมอิออนอยู่ด้วย ดังนั้นผู้ผลิตจึงมักนิยมเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไปในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็ง

การทำงานของเอนไซม์เรนเนทในขั้นตอนที่สาม เป็นการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์เรนเนท ที่ยังคงเหลืออยู่ในเคิร์ด (90% ของเอนไซม์เรนเนทสูญเสียไปกับหางนม) การย่อยสลายโปรตีนในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเนยแข็งที่ pH ประมาณ 5.2-5.8 ซึ่งจะมีการพัฒนากลิ่นรสและลักษณะสัมผัสของเนยแข็ง

เมื่อพิจารณาการทำงานของเอนไซม์ จะเห็นว่าเอนไซม์ไคโมซินมีบทบาทสำคัญในการทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอน ดังนั้นเอนไซม์เรนเนทที่เหมาะสมต่อการผลิตเนยแข็งควรมีสัดส่วนของเอนไซม์ไคโมซินสูง เช่น เอนไซม์เรนเนทจากกระเพาะของลูกวัว ปกติเอนไซม์เรนเนทที่สกัดได้จากกระเพาะของวัวที่มีอายุมากสัดส่วนของเอนไซม์ไคโมซินที่ต่ำ และมีเอนไซม์เปปซินสูงโดยจะมีเอนไซม์ไคโมซิน 6-10% และมีเอนไซม์เปปซิน 90-94% ส่วนเอนไซม์เรนเนทจากวัวที่มีอายุน้อยจะมีสัดส่วนของแอนไซม์ไคโมซินที่สูงและมีเอนไซม์เปปซินที่ต่ำ เอนไซม์ไคโมซิน 88-94% และมีเอนไซม์เปปซิน 6-12% ซึ่งสัดส่วนของเอนไซม์เปปซินในเอนไซม์เรนเรทจะเพิ่มขึ้นตามอายุของวัว เอนไซม์เรนเนทที่มีประสิทธิภาพจะมีสัดส่วนของเอนไซม์ไคโมซินต่อเอนไซม์เปปซิน เป็น 80 ต่อ 20 สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เรนเนทเป็น 30-32 องศาเซลเซียส ถ้าหากใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส โปรตีนจะไม่ตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 การตัดเคิร์ด

ในขั้นตอนของการตกตะกอนโปรตีนนม เมื่อเคิร์ดมีความแข็งตัวมากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำจะลดลง เคิร์ดเกิดการหดตัวพร้อมปล่อยหางนมแยกออกมา เรียกว่า การเกิดซินเนอเรซิส (Syneresis) การตัดเคิร์ดจะช่วยให้เคิร์ดหดตัวมากขึ้น และเป็นการเพิ่มพื้นที่ของเคิร์ดระบายหางนมออกจากเคิร์ดได้ดีขึ้น pH จะลดเหลือ 5.0 หลังจากการตัดเคิร์ดจุลินทรีย์กล้าเชื้อยังคงอยู่ในเคิร์ดจะหมักแลคโตสทำให้เกิดกรดแลคติก เมื่อความเข้มข้นของกรดแลคติกเพิ่มขึ้น กรดแลคติกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเคซีน และแคลเซียมฟอสเฟต ขณะเดียวกันสารต่างๆในหางนม รวมทั้งแลคโตสก็จะแพร่กลับเข้าไปในเคิร์ดแทนที่สารที่จุลินทรีย์ใช้ไป ทำให้กรดแลคติกเพิ่มขึ้นทั้งภายในและรอบๆเคิร์ด เป็นสาเหตุให้หดตัวต่อไป และยิ่งจุลินทรีย์กล้าเชื้อเจริญได้ดียิ่งขึ้นเท่าไร กรดก็จะยิ่งเกิดขึ้นเร็วขึ้นเท่านั้น เคิร์ดก็จะหดตัวและขจัดความชื้นออกได้ดียิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการเจริญของจุลินทรีย์กล้าเชื้อจึงมีผลต่ออัตราการขจัดความชื้นออกจากเคิร์ดอัตราการแพร่ของแลค - โตสกลับเข้าไปในเคิร์ดและอัตราการสร้างกรดต่อไป

การตัดเคิร์ดจะทำได้โดยใช้มีดตัดตามแนวตั้งและแนวนอนอย่างสม่ำเสมอให้ได้เคิร์ดที่มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ ขนาดลูกบาศก์ของเคิร์ดที่ได้จะมีผลต่อปริมาณความชื้นของเนยแข็ง โดยทั่วไปถ้าเคิร์ดที่ตัดมีขนาดเล็กละเอียดจะทำให้เนยแข็งมีปริมาณความชื้นต่ำ การตัดเคิร์ดควรตัดด้วยความเร็วต่ำเพื่อป้องกันการสูญเสียไขมันและเคซีนไปกับหางนม ซึ่งจะมีผลต่อการผลผลิตของเนยแข็งที่ได้

2.3.2.4 การให้ความร้อน (Cooking หรือ Scalding)

การให้ความร้อน เป็นขั้นตอนที่กระทำขณะกวนส่วนผสมของเคิร์ดกับหางนม การให้ความร้อนไม่ได้หมายถึงการต้มจนเดือด แต่เป็นการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงระดับพอเหมาะโดยมีจุดประสงค์เพื่อเร่งการแยกตัวของหางนมออกจากเคิร์ด ในการผลิตเนยแข็งบางชนิดอาจให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิเริ่มต้นของการตกตะกอนโปรตีนนมด้วยเอนไซม์เรนเนทเท่านั้น แต่บางชนิดอาจให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิปานกลาง (40 องศาเซลเซียส) หรือให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส) การผลิตเนยแข็งที่มีการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิสูงเช่นนี้ จะทำให้จุลินทรีย์กล้าเชื้อประเภท Thermophilic ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่จะอยู่รอดที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าประเภท Mesophilic และจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงด้วย แต่ไม่ควรให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิเพิ่มมากกว่า 50 องศาเซลเซียสมิฉะนั้นจุลินทรีย์กล้าเชื้อและเอนไซม์เรนเนทอาจถูกทำลายได้ สำหรับวิธีการให้ความร้อนนั้นปกติที่ใช้กันอยู่มี 2 วิธีคือ การเติมน้ำร้อนหรือไอน้ำไปรอบๆถัง ซึ่งบรรจุน้ำนมอยู่ภายใน สำหรับการเติมน้ำร้อนลงไปนั้นเป็นวิธีที่ง่าย มักใช้กับโรงงานเล็กๆ อุณหภูมิของน้ำอาจแปรผันตั้งแต่ 40 -85 องศาเซลเซียส ส่วนการเติมไอน้ำลงไปในนมนั้น จะทำโดยใช้อุปกรณ์ที่มีท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอน้ำต่อเข้ากับถังนมและเพื่อหลีกเลี่ยงมิให้เคิร์ดได้รับความร้อนมากเกินไป ควรให้ความร้อนอย่างระมัดระวัง ไม่ควรให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วเกินไป และควรทำการกวนอย่างสม่ำเสมอ ถ้าหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วเกินไปจะทำให้เกิดเป็นแผ่นหนาที่ผิวเคิร์ด ซึ่งจะขวางทางออกของหางนม

เมื่อปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นและความแข็งของเคิร์ดตามที่ต้องการแล้ว จะระบายหางนมออกเพื่อให้เกิดการสร้างเนื้อเนยแข็ง (texturing) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตเนยแข็ง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับสภาพทางกายภาพของเนยแข็ง คือ หลังจากระบายหางนมออกแล้วจะกดเคิร์ดเข้าด้วยกันเพื่อให้ก้อนเคิร์ดเล็กๆมารวมกัน เมื่อถึงขั้นนี้ จุลินทรีย์กล้าเชื้อจะเพิ่มมากขึ้นและสร้างกรดจนถึงระดับที่ต้องการ

2.3.2.5 การฉดขนาดเคิร์ด

ก่อนที่จะทำการเติมเกลือ จะนำเคิร์ดที่อัดรวมกันมาบดให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เกลือที่จะเติมในขั้นตอนต่อไป สามารถซึมเข้าไปในเคิร์ดได้อย่างทั่วถึงและยังช่วยลดปริมาณความชื้นในเคิร์ดอีกด้วย

2.3.2.6 การยืดเป็นเส้น (Stretching)

หลังจากมีการบดเคิร์ด แล้วนำเคิร์ดนี้มาบดนวดในน้ำร้อนเพื่อให้เกิดการดึงเป็นเส้นได้ ในตอนนี้เป็นกระบวนการที่เนยแข็งจะมีคุณลักษณะที่ต้องการ นวดผสมที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนนี้เรียกว่า Pasta Filata

2.3.2.7 การเติมเกลือ (Salting)

การเติมเกลือลงในเนยแข็ง ทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรก แช่เคิร์ดลงในน้ำเกลือ และวิธีที่สองผสมเกลือแห้งลงในเคิร์ดที่บดคลุกเคล้าให้ทั่ว ปริมาณเกลือในเนยแข็งจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเกลือ หรือปริมาณเกลือแห้งที่เติม ปริมาณความชื้นในเนยแข็ง ระยะเวลาที่แช่น้ำเกลือ อุณหภูมิขณะเติมเกลือ และอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเนยแข็ง (สุรีย์,2539)

การเติมเกลือ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น butyric acid bacteria ซึ่งจะย่อยโปรตีนและไขมันในเนยแข็ง
2. เพิ่มกลิ่นรสให้กับเนยแข็ง
3. ลด metabolic activity ของจุลินทรีย์กล้าเชื้อ แบคทีเรียแลคติกประเภทมีโซไฟล์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทนต่อเกลือได้ไม่เท่ากัน เช่น *Streptococcus cremoris* ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งด้วยเกลือความเข้มข้น 2% ขณะที่ *Streptococcus lactis* สามารถทนต่อเกลือความเข้มข้น 4%

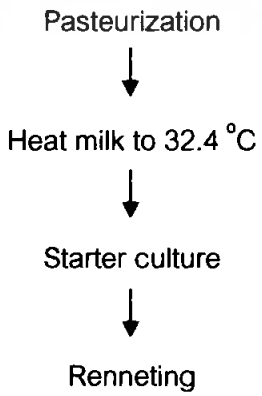
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เกลือช่วยลดปริมาณความชื้นในเคิร์ด ซึ่งเป็นผลจากความแตกต่างของความดันออสโมติก

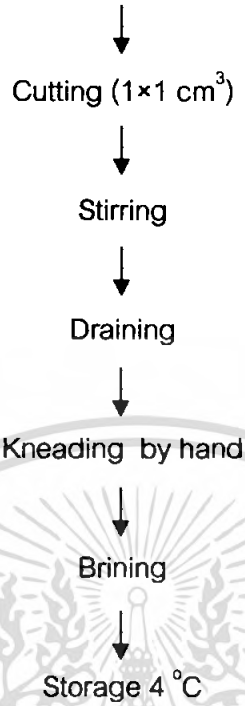
2.3.2.8 การขึ้นรูป (Moulding)

หลังจากเติมเกลือ จะนำเคิร์ดมาอัดเพื่อขจัดหางนมส่วนเกินออก เพื่อทำให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ ข้อควรทราบหลายประการเกี่ยวกับการอัดเคิร์ดมีดังนี้

1. ระดับของแรงอัดที่ใช้ สำหรับเนยแข็งความชื้นต่ำ ควรใช้แรงอัดสูงเพื่อให้ได้รูปร่างตามต้องการ
2. ในระหว่างการอัดเคิร์ดควรเพิ่มแรงอัดที่ละน้อย มิฉะนั้นจะเกิดการสร้างเปลือกของเนยแข็งเร็วเกินไปทำให้เนยแข็งที่ได้มีหางนมถูกกักอยู่ภายใน ทำให้ปริมาณแลคโตสสูง และpH ของเนยแข็งต่ำกว่าปกติ
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการอัดเคิร์ด
4. การอัดเคิร์ดที่อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ไขมันในรูปของเหลว ซึ่งจะขัดขวางการรวมตัวกันของก้อนเคิร์ดเล็กๆ
5. การเกิดลักษณะเนื้อที่เว้าเป็นโพรงในเนยแข็ง หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือที่ใช้อัด หรืออาจเกิดจากการอัดที่ใช้อุณหภูมิที่ใช้อัดมากเกินไป
6. ก้อนเคิร์ดที่มีขนาดเล็กๆจะรวมตัวได้ดีระหว่างอัด และหางนมจะถูกขจัดออกได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนเคิร์ดขนาดใหญ่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

2.4 กระบือนม

กระบือนม หรือกระบือแม่น้ำ (river buffalo) มีชื่อวิทยาศาสตร์ ***Bubalus bubalis*** มีการเลี้ยงส่วนใหญ่อยู่ในแถบเอเชียใต้ ปัจจุบันได้มีการนำพันธุ์ไปพัฒนาและเลี้ยงมากในประเทศทางยุโรปและอเมริกาใต้ เพื่อผลิตนมสำหรับบริโภคและทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ พันธุ์กระบือนมที่เลี้ยงกันแพร่หลาย ได้แก่ พันธุ์มูร่าห์ นิริราวี เซอติ และเมซานี ซึ่งเลี้ยงกันมากในอินเดีย ปากีสถาน และเมดิเตอร์เรเนียน พันธุ์มูร่าห์นิยมเลี้ยงกันมากในแถบลาตินอเมริกา กระบือแม่น้ำมีจำนวน chromosome 2n = 50 ซึ่งแตกต่างจากกระบือปลักที่มี chromosome 2n = 48, 49 และ 50 ซึ่งไม่เป็นหมัน

ในประเทศไทยได้มีการนำกระบือนมมาเลี้ยงเพื่อผลิตน้ำนมโดยกลุ่มชนมุสลิม โดยเลี้ยงรีดนมบริโภคภายในกลุ่มกันเองเป็นเวลานานมาแล้ว จนกระทั่งปี พ.ศ. 2521 กรมปศุสัตว์จึงได้มีการจัดซื้อกระบือนมพันธุ์มูร่าห์จากรัฐบาลอินเดีย เพศผู้ 10 ตัว เพศเมีย 90 ตัว นำมาเลี้ยงที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง จังหวัดราชบุรี เพื่อขยายพันธุ์ทั้งพันธุ์แท้ และผลิตกระบือลูกผสมมูร่าห์-พื้นเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการผลิตนมและผลิตภัณฑ์จากนมกระบือและผลิตเนื้อเพื่อการบริโภคไปพร้อมกัน ซึ่งจากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเลี้ยงกระบือนมในประเทศไทยสามารถเลี้ยงได้ดี กระบือลูกผสมโตเร็วและให้น้ำนมสูงกว่ากระบือพื้นเมือง การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงกระบือนมที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เลี้ยงในวงแคบ ผู้ที่สนใจเลี้ยงจะเป็นกลุ่มชาวมุสลิมที่บริโภคนมกระบือเท่านั้น การส่งเสริมการลี้ยงกระบือนมแก่เกษตรกรทั่วไปไม่ได้รับผลดีเท่าที่ควรโดยเกษตรกรจะให้เหตุผลว่าการรีดนมกระบือค่อนข้างยากกว่ารีดนมโค แม่กระบือบางตัวจะต้องใช้ลูกกระตุ้นให้มีการปล่อยนมและไม่ค่อยเชื่อง ประกอบกับการตลาดการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์จากนมกระบือไม่เป็นที่นิยมการผลิตการผลิตกระบือนมจึงลดเป้าหมายลง และโครงการวิจัยเกี่ยวกับกระบือนมได้สิ้นสุดลงในปี พ.ศ. 2538

ในปี พ.ศ. 2539 สภานมแห่งชาติ ประเทศอินเดีย ได้น้อมเกล้าฯ ถวายกระบือนมพันธุ์เมซานี แด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เนื่องในวโรกาสที่ทรงครองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี จำนวน 50 ตัว เป็นกระบือเพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 45 ตัว ซึ่งต่อมาได้โปรดเกล้าฯ ให้กรมปศุสัตว์นำมาเลี้ยงศึกษาวิจัยและขยายพันธุ์ ซึ่งปัจจุบันเลี้ยงอยู่ที่สถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์บุรีรัมย์ ซึ่งต่อมา ม.จ. ภีศเดช รัชนี ได้ขอให้นำกระบือเมซานีจำนวน 10 ตัว ไปทดลองเลี้ยงรีดนมที่โครงการหลวงหนองเขียว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ สามารถผลิตนมกระบือนำไปจำหน่ายให้แก่ร้านที่นำไปผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาได้

2.4.1 ความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการเลี้ยงกระบือนม

การบริโภคอาหารประเภทนมและผลิตภัณฑ์จากนม เช่น เนย โยเกิร์ต เนยแข็ง มีความต้องการสูงมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนโครงสร้างทางสังคมของคนไทย และความทันสมัยของระบบข้อมูลข่าวสาร การบริโภคอาหารแบบประเทศตะวันตกและอาหารประเภทรวดเร็ว (Fast Food) เป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็ว กว้างขวาง ผลิตภัณฑ์นมส่วนใหญ่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดจะต้องทำจากนมสดเท่านั้น เช่น เนยแข็งประเภทต่างๆ ซึ่งเนยแข็งแต่ละชนิดก็จะมีวิธีการผลิตและวัตถุดิบน้ำนมที่ใช้แตกต่างกัน ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์นม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนยแข็งมอซซาเรลลาซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากเนยแข็งมอซซาเรลลาเป็นเนยแข็งชนิดอ่อน (soft cheese) มีคุณสมบัติเหนียวข้นเมื่อถูกความร้อน สำหรับใช้ในการทำพิซซ่าจะต้องทำมาจากน้ำนมกระบือเท่านั้นจึงจะมีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของตลาด นอกจากนี้ข้อดีของการใช้นมกระบือทำเนยแข็ง คือ นมกระบือมีโปรตีนสูงกว่านมโค สามารถจะผลิตเนยแข็งได้ปริมาณมากกว่าการใช้นมโคในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งนี้การผลิตเนยแข็ง 1 กิโลกรัมจากนมโค ต้องใช้นมจำนวน 8 กิโลกรัม แต่ใช้นมกระบือเพียง 5 กิโลกรัมเท่านั้น ส่วนการผลิตเนย 1 กิโลกรัม จะต้องใช้นมโคปริมาณ 14 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้นมกระบือเพียง 10 กิโลกรัมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำนมสัตว์ชนิดต่างๆ

ส่วนประกอบ	โค	กระบือ	แพะ	แกะ	อูฐ
น้ำ(%)	87.4	82.2	86.8	81.6	87.4
ไขมัน(%)	3.9	7.5	4.5	7.5	3.7
โปรตีน(%)	3.3	4.8	3.3	5.6	3.5
แลกโตส(%)	4.5	4.7	4.4	4.4	4.6
แร่ธาตุ(%)	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8

ที่มา : http://www.buffalomilk.co.th.uk/rd20_m.htm

ศักยภาพในการผลิตนมจากกระบือในประเทศไทยในปัจจุบันมีความเป็นไปได้มาก เนื่องจากความต้องการการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันมีเกษตรกรให้ความสนใจที่จะเลี้ยงกระบือมากขึ้น โดยการขอซื้อพ่อพันธุ์กระบือนมเพื่อไปผลิตลูกกระบือผสม เพื่อผลิตนม-เนื้อจำหน่ายเพื่อบริโภค อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่านิยมของคนไทยเกี่ยวกับการบริโภคนมกระบือมักจะมีอคติในใจซึ่งจะเป็นผลกระทบที่สำคัญต่อการส่งเสริมการเลี้ยงกระบือนม แต่หากสามารถแปรรูปจากนมไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง ก็น่าจะสร้างอาชีพให้เกษตรกรได้อีกอย่างหนึ่ง ตัวอย่างโครงการหลวงหนองเขียวซึ่งนำกระบือนมเมซานีไปเลี้ยงที่โครงการ สามารถรีดนมจำหน่ายในราคากิโลกรัม 68 บาท ให้แก่ร้านอาหารอิตาเลียนในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งรับซื้อไม่จำกัดจำนวน เพื่อนำไปทำเนยแข็งมอซซาเรลลาทำให้ลดการสั่งเนยแข็งจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมากลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 นมกระบือ จาก มูร่าห์ ฟาร์ม อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา

3.1.1.2 เชื้อจุลินทรีย์หมักเนยแข็ง บริษัท อีสเอเซียติกส์

3.1.1.3 เอนไซม์เรนเนท บริษัท อีสเอเซียติกส์

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ไขมัน

ก. Conc. H_2SO_4	Lab Scan
ข. Amyl alcohol(Pentan-1-ol)	Uni Lab

3.1.2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์โปรตีน

ก. Conc. H_2SO_4	Lab Scan
ข. $CuSO_4$	Carlo Erba
ค. K_2SO_4	Scharlau
ง. 2% Boric Acid	Merck
จ. 32% NaOH	Merck
ฉ. HCl 0.1 M	Merck
ช. Bromocresol green	
ซ. Methyl red	

3.1.2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์

ก.LSTB	Merck
ข.2% BGLB	Scharlau
ค. 0.1% Peptone	Merck
ง. MRS agar	Merck
จ. SPC agar	Merck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

ก. pH meter	InoLab , Germany
ข. ชุดวิเคราะห์โปรตีน Kjeldahl	Buchi
ค. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	MettLer Toledo , Switzerland
ง. Centrifuge	Funk Gerber , Germany
จ. Gerber butyrometer	Funk Gerber , Germany
ช. Hot air oven	Memmert , Germany
ฉ. Autoclave	Tomy ss-245 , Japan
ช. Incubator	Memmert , Germany
ซ. Texture Analyzer	TA-XT2i , Germany

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 การผลิตเนยแข็ง

นำนมสดพร้อมไขมันผ่านกระบวนพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C 16 วินาที และทำให้เย็นลงถึง 4 °C จากนั้นนำนมมาอุ่นที่ 40 °C และเติมเชื้อจุลินทรีย์ คนให้เชื้อกระจายจนกระทั่งนมมีความเป็นกรดลดลง 0.1 หน่วย เติมเอนไซม์เรทเนท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 35 นาที แล้วทำการตัดเคิร์ดขนาด 1x1 cm ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิของส่วนผสมเคิร์ดและน้ำเวย์ให้เป็น 45.9 °C จน น้ำเวย์มีความเป็นกรดลดลงถึง 6.2 ทำการแยกน้ำเวย์ออก ปล่อยให้ก้อนเคิร์ดจับตัวกันแน่นโดยตัดเป็นแผ่นและนำมาซ้อนทับกันจนความเป็นกรดลดลงถึง 5.2 จึงนำก้อนเคิร์ดไปยืดในน้ำอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 7 นาที ซึ่งในการวิเคราะห์ค่า Texture Profile Analysis นั้นได้ทำการวิเคราะห์ค่า Hardness Cohesiveness Springiness และ Chewiness ที่ระดับ pH ก่อนการยืดเคิร์ดที่แตกต่างกัน 2 ระดับ เมื่อได้เนยแข็งแล้วนำไปแช่ในน้ำเกลือ 1% นาน 2 ชั่วโมง นำไปห่อในถุงพลาสติกสุญญากาศ

3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพนมดิบ

- การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก. ปริมาณไขมันในนมดิบ

โดยวิธี Gerber method (APHP,1992)

ข. ปริมาณโปรตีนในนมดิบ

โดยวิธี Kjeldahl method (APHP,1992)

ค. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมดิบ

โดยใช้วิธี Conventional method (APHP,1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85418

ง. ค่าความเป็นกรดและค่า pH

โดยใช้วิธีการไทเทรตและ pH meter (APHP,1992)

- การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ก. Coliform bacteria (APHP,1992)

MPN ดังแสดงในภาคผนวก

ข. Standard plate count (APHP,1992)

ดังแสดงในภาคผนวก

3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพเนยแข็ง

- การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก. ปริมาณไขมันในนมดิบ

โดยวิธี Gerber method (APHP,1992)

ข. ปริมาณโปรตีนในนมดิบ

โดยวิธี Kjeldahl method (APHP,1992)

ค. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมดิบ

โดยใช้วิธี Conventional method (APHP,1992)

ง. ค่าความเป็นกรดและค่า pH

โดยใช้วิธีการไทเทรตและ pH meter (APHP,1992)

- การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ก. Total lactic acid bacteria (APHP,1992)

ดังแสดงในภาคผนวก

- ปริมาณผลผลิตของเนยแข็ง

ดังแสดงในภาคผนวก

- คุณภาพทางกายภาพ (Texture Profile Analysis)

ดังแสดงในภาคผนวก

3.2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan'n New Multiple Rangle test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของนมดิบและเนยแข็งทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพเบื้องต้นของน้ำนมดิบ

4.1.1 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบ

จากการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบจากกระบือโดยวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนต่อไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรดและค่า pH ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบจากกระบือและนมโค

ส่วนประกอบ	นมกระบือ	นมโค*
ปริมาณไขมัน(%)	6.33 ± 0.05	3.14±0.12
ปริมาณโปรตีน(%wb)	3.44 ± 0.18	3.05±0.01
ปริมาณโปรตีนต่อไขมัน(%)	0.51±0.04	0.97
ปริมาณของแข็งทั้งหมด(%)	16.73 ± 0.04	16.89±0.41
ปริมาณความชื้น(%)	83.11 ± 0.04	88.70±0.41
ค่าความเป็นกรด(%TA)	0.117±0.01	-
pH	6.47±0.30	6.59±0.01

*ที่มา : Madadlu, *et al.*, 2005

จากตาราง 4.1 แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมกระบือ แสดงให้เห็นว่าปริมาณไขมันของน้ำนมกระบือมีปริมาณมากกว่าน้ำนมโค ซึ่งทำให้ปริมาณโปรตีนต่อไขมันของนมโคมีค่ามากกว่านมกระบือด้วย แต่ปริมาณโปรตีน ของแข็งทั้งหมด ปริมาณความชื้นและค่า pH มีความใกล้เคียงกับนมโค (Madadlu, *et al.*, 2005)

4.1.2 คณภาพทางจุลินทรีย์

1.) Coliform

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ Coliform โดยวิธี MPN พบว่าน้ำนมดิบของกระบือมีปริมาณ Coliform เท่ากับ 23 MPN/mL ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอาหารแห่งชาติ (มกอช.6003,2548) ซึ่งกำหนดปริมาณ Coliform โดยวิธี MPN ในน้ำนมดิบไว้ไม่เกิน 500 MPN/mL แสดงถึงสุขลักษณะที่ดีของโรงเรือนมูร่าห์ฟาร์ม

2.) Standard Plate Count

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Standard Plate Count พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.2 x10^5 cfu/mL ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.6003,2548) ซึ่งกำหนดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนมดิบไว้ไม่เกิน 4.0 x10^5 - 6.0 x10^5 cfu/mL แสดงถึงสุขลักษณะที่ดีของโรงเรือนมูร่าห์ฟาร์ม

4.2 คุณภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลา

4.2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเนยแข็งมอซซาเรลลา

จากการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบจากกระบือโดยวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนต่อไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรดและค่า pH ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือและนมโค

ส่วนประกอบ	เนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ	เนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมโค*
ปริมาณไขมัน(%)	27.60 ± 0.14	23.07±0.09
ปริมาณโปรตีน(%)	34.93 ± 0.51	17.79±0.23
ปริมาณโปรตีนต่อไขมัน(%)	1.26 ± 0.10	0.77
ปริมาณของแข็งทั้งหมด(%)	41.12 ± 0.25	45.21±0.72
ปริมาณความชื้น(%)	58.88 ± 0.25	54.79±0.72
ค่าความเป็นกรด(%TA)	0.38 ± 0.03	-
pH	5.98 ± 0.01	4.84±0.02

*ที่มา : Madadlu, *et al.*, 2005

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือมีปริมาณไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับการศึกษาของ Madadlu, *et al.*, 2005 แต่เนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมโค เนื่องจากปริมาณโปรตีนในน้ำนมดิบของนมกระบือมีปริมาณมากกว่าในน้ำนมโคทำให้ปริมาณโปรตีนต่อไขมันของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือมากกว่าเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมโคด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณ Lactic Acid Bacteria ในขั้นตอนระหว่างการผลิต

จากการทดลองหาปริมาณ Lactic Acid Bacteria ในขั้นตอนต่างๆของการกระบวนการผลิต ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณ Lactic Acid Bacteria ในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิต

ขั้นตอน	ปริมาณจุลินทรีย์แลคติก
ก่อนการเติมเชื้อ (cfu/mL)	$4.5x10^3$
หลังการเติมเชื้อ(cfu/mL)	3.0×10^6
ก่อนการเติมเอนไซม์เรนเนท(cfu/mL)	1.4×10^7
ผลิตภัณฑ์(cfu/g)	5.0×10^5

จากตารางที่ 4.3 พบปริมาณจุลินทรีย์แลคติกในขั้นตอนก่อนการเติมเชื้อ ซึ่งแสดงถึงน้ำนมกระบือมีจุลินทรีย์แลกติกอยู่ตามธรรมชาติ เมื่อมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์แลคติกลงไปในน้ำนมเพื่อให้เกิดกรดจึงมีปริมาณจุลินทรีย์มากขึ้น และเมื่อถึงขั้นตอนก่อนการเติมเอนไซม์เรนเนทมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นอีกซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต ส่วนในผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์แลคติกลดลงเนื่องจากในการยืดเคิร์ดใช้ความร้อนสูงถึง 85-95 °C ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายไป

4.2.3 ปริมาณผลผลิตที่ได้ของเนยแข็งมอซซาเรลลา

จากการทดลองหาปริมาณผลผลิตที่ได้ของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือโดยทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของเนยแข็งที่ได้ก่อนและหลังยืดเคิร์ด ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณผลผลิตที่ได้ของเนยแข็งมอซซาเรลลา

ขั้นตอน	ปริมาณผลผลิต (%)
ก่อนการยืดเคิร์ด	$18.85 \pm 0.07\ \%^a$
หลังการยืดเคิร์ด	$17.01 \pm 1.21\ \%^a$

ปริมาณผลผลิตของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือก่อนการยืดเคิร์ดเท่ากับ 18.85 ± 0.07 %และหลังการยืดเคิร์ดเท่ากับ 17.01 ± 1.21 % แสดงดังตารางที่ 4.3 เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน(ANOVA) พบว่าปริมาณผลผลิตของเนยแข็งมอซซาเรลลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการยืดเคิร์ดไม่ทำให้ปริมาณผลผลิตสูญหายไป ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีในการผลิตเนยแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 คุณภาพทางกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยทำการวิเคราะห์ค่า Hardness,Cohesiveness,Springiness และ Chewiness ที่ระดับ pH ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แสดงค่าต่างๆในตารางที่ 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่า Hardness,Cohesiveness,Springiness และ Chewiness ของเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ระดับ pH แตกต่างกัน

	pH 4.90	pH 5.10
Hardness	21.26±1.46 [a]	18.36±1.57[b]
Cohesiveness [ns]	0.70 ±0.01	0.66 ±0.1
Springiness [ns]	0.89± 0.2	0.77±0.05
Chewiness	13.15± 2.9[a]	9.32±1.53[b]

หมายเหตุ* เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยตัวอย่างจำนวน 3 batch batch ละ 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.5 เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน(ANOVA) พบว่าค่า Hardness ที่ระดับ pH 4.90 และ 5.10 ของเนยแข็งมอซซาเรลลา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยที่ระดับ pH 4.90 มีค่า Hardness สูงกว่า เนื่องจากต้องใช้เวลาในการลดลงของ pHนานกว่า ทำให้น้ำเวย์ออกมาจากการกดทับของเคิร์ดได้มากกว่า จึงมีค่า Hardness ที่สูง ซึ่งปริมาณความชื้นจะส่งผลต่อค่า Hardness คือ ถ้าปริมาณค่าความแข็งมากแสดงว่ามีปริมาณความชื้นต่ำซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (Zisu and Shah,2006) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน(ANOVA) ของค่า Chewiness ของเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ระดับ pH 4.90และ5.10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า Cohesiveness และค่า Springinessที่ระดับ pH ต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

กระบวนการผลิตเนยแข็งมอซซาเรลลาจากนมกระบือจะใช้อุณหภูมิในการบ่มนมหลังเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังจากตัดลิ่มนมจะควบคุมอุณหภูมิขณะคนก้อนลิ่มนมที่ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลผลิตของเคิร์ดก่อนการยืดและหลังการยืดเท่ากับ 18.85 ± 0.07 % และ 17.01 ± 1.21 % ตามลำดับ ค่า pH ของเนยแข็งมอซซาเรลลาก่อนกระบวนการยืดมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส ทั้งนี้พบว่าที่ pH 4.9 มีผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่า Hardness และ Chewiness มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก pH 5.10 และผลิตภัณฑ์เนยแข็งมอซซาเรลลาที่ผลิตมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 34.93 ± 0.51% ปริมาณไขมันเท่ากับ 27.60 ± 0.14% ปริมาณความชื้นเท่ากับ 58.88 ± 0.25% และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 41.12 ± 0.25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. **เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม**. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Awad Sameh. 2006. **Texture and flavour development in Ras Cheese made from raw and pasteurized milk.** Food Chemistry. 97:394-400

B.Zisu, N.P. Shah. 2004. **Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheese in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacer, pre-acidification and EPS starter.** International Dairy Science. 15:957-972.

Jeremiah J. Sheehan, Timothy P. Guinee. 2004. **Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese.** International Dairy Science. 14:161-172.

Kindstedt P. , Caric M. , Milanovic S. 2004. **Cheese:Chemistry,Physics and Microbiology.** Vol.2 : Major Cheese Groups. Third edition. New York. Elsevier Ltd.

Michael H. Tunick,Peter H. Cooke,Edyth L. Malin,Philip W. Smith and V. H. Holsinger., 1997., **Reorganization of caseln submicelles in Mozzarella cheese during storage**. International Dairy Science. 7:149-155.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในนมดิบ (AOAC,2000)

ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 mL ใน Standard milk butyrometer จากนั้นใส่นม 10.75 mL และ Amyl alcohol 2 mL เขย่าให้เข้ากันและนำเข้าเครื่อง Centrifuge นาน 5 นาที อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากข้างหลอด Standard milk butyrometer

2. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในนมดิบ (AOAC,2000)

ไปเปตน้ำนม 1 mL เติมตัวเร่ง 7 g ใส่ boiling chip 3 ลูก เติมกรดซัลฟิวริก 15 mL ในหลอดย่อยโปรตีน นำเข้าเครื่องย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส แล้วนำมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติม 32% NaOH 60 mL และน้ำกลั่น 50 mL ใช้บอริคเข้มข้น 2% ปริมาตร 60 mL ที่เติม mix indicator 3 หยด ไตเตรตกับ 0.1 N HCl จนได้สารละลายใสไม่มีสี ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14 \times 100}{\text{g. sample} \times 1000}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \%\text{ไนโตรเจน} \times 6.38$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมดิบ (AOAC,2000)

ไปเปตตัวอย่างนมดิบ 3 mL ใส่ใน Aluminium can นำไปให้ความร้อนใน water bath อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเข้าอบใน Hot air oven อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำใส่ในเดซิเคเตอร์ 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนัก ทำเช่นนี้จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

การคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมด

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักหลังชั่ง} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนชั่ง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดในนมดิบ (%TA) (AOAC,2000)

นำตัวอย่าง 17.6 mL ผสมน้ำกลั่น 10 mL เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ไตเตรตจนถึงจุดยุติ ปริมาณกรดคำนวณจาก (ใช้กรดแลคติกเป็นกรดมาตรฐาน)

$$\text{กรดทั้งหมด (g/100g)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times 10}$$

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.1 N NaOH

V = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

5. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในเนยแข็ง

ใส่ตัวอย่างเนยแข็ง 3 gใน Cheese butyrometer เติมกรดซัลฟิวริก 86%ให้ความร้อนที่ 55°C พร้อมทั้งเขย่า เป็นเวลา 30 นาที เติม amyl alcohol 1 ml และกรดซัลฟิวริก 86% จนถึงขีด 35% แล้วเขย่า จากนั้นนำเข้าเครื่อง Centrifuge นาน 5 นาที อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากข้างหลอด Cheese butyrometer

6. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเนยแข็ง (AOAC,2000)

ชั่งตัวอย่างเนยแข็ง 0.5 g เติมตัวเร่ง 7 g ใส่ boiling chip 3 ลูก เติมกรซัลฟิวริก 15 mL ในหลอดย่อยโปรตีน นำเข้าเครื่องย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส แล้วนำมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติม 32% NaOH 60 mL และน้ำกลั่น 50 mL ใช้บอริคเข้มข้น 2% ปริมาตร 60 mL ที่เติม mix indicator 3 หยด ไตเตรตกับ 0.1 N HCl จนได้สารละลายใสไม่มีสี ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14 \times 100}{\text{g. sample} \times 1000}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \%\text{ไนโตรเจน} \times 6.38$$

7. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในเนยแข็ง (AOAC,2000)

ชั่งตัวอย่างเนยแข็ง 3 g ใสใน Aluminium can นำเข้าอบใน Hot air oven อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำใส่ในเดซิเคเตอร์ 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนัก ทำเช่นนี้จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

การคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักหลังชั่ง} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนชั่ง}}$$

8. การเตรียม MRS agar

ชั่งผง MRS agar 68.2 g ละลายในน้ำ 1 L ให้ความร้อนเพื่อให้ละลายได้ดี จากนั้นนำใส่ในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที

9. การเตรียม LSTB

ชั่งผง LSTB สำเร็จรูปมา 36.5 g ละลายในน้ำ 1 L ให้ความร้อนเพื่อให้ละลายได้ดี ไปเปตอาหารในหลอดทดลอง 10 mL ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที

10. การเตรียม 2% BGLB

ชั่งผง BGLB สำเร็จรูปมา 2 g ละลายในน้ำ 100 mL ให้ความร้อนเพื่อให้ละลายได้ดี ไปเปตอาหารในหลอดทดลอง 10 mL ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที

11. การเตรียม SPC agar

ชั่ง Yeast extract 2.5 g. ,glucose 1.0 g. , peptone-bacto tryptone 5.0 g. , agar 15 g. ละลายส่วนผสมต่างๆลงในน้ำกลั่น 1 L ต้มให้เดือดก่อนบรรจุลงในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อและปิดฝา ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที

12. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต

ชั่งเคิร์ดที่ได้ก่อนยืดและหลังยืดแล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิต

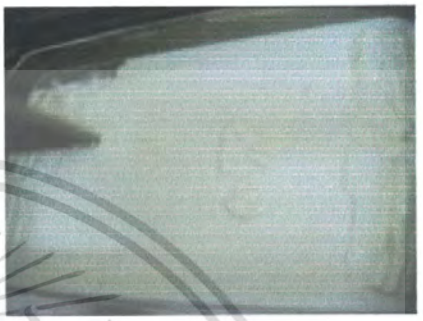
$$\%\ \text{ผลผลิตที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักเคิร์ดที่ผลิตได้ (kg)} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำนมก่อนทำการผลิต (kg)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดงรูปภาพในการทดลอง

ภาพที่ ข1 แสดงเนยแข็งมอซซาเรลลาที่ได้จากการผลิต



ภาพที่ ข2 แสดงการตัดเดิร์ด

ภาพที่ ข3 แสดงการคนและให้ความร้อนแก่เดิร์ด

ภาพที่ ข4 แสดงการซ้อนทับของเดิร์ด (Chedarring)

ภาพที่ ข5 แสดงการลดขนาดเดิร์ด

ภาพที่ ข6 แสดงการนวดเดิร์ดในน้ำร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข7 แสดงการยืดของเคิร์ด

ภาพที่ ข8 แสดงเครื่อง Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวจุฑามาศ ปกป้องมงคล

การศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จ.อ่างทอง

ระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ นางสาวชุลีรัตน์ วงฉยา

เกิดวันที่ 2 ตุลาคม 2528

ที่อยู่ปัจจุบัน 48 ม. 6 ต.สวนป่าน อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

การศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชินีบูรณะ จ. นครปฐม

ระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้