นมและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม

Milk & Dairy Product Technology

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ศิวัฒ ไทยอุดม.

นมและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม = Milk & Dairy Product Technology. – นครราชสีมา : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2567.
293 หน้า.

1. น้ำนม. 2. ผลิตภัณฑ์นม. I. ชื่อเรื่อง.

641.37
ISBN 978-974-533-778-7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 200 เล่ม พ.ศ. 2567
บรรณาธิการ ประพันธ์ พันธุ์อนุกูล
ออกแบบปก ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา

SUTPRESS
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จัดพิมพ์โดย : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0 4422 5765 0 4422 5763

พิมพ์ที่ : บริษัท ไอดี ออล ดิจิตอล พริ้นท์ จำกัด
เลขที่ 52 ซอยเอกมัย 69 แขวงคลองบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150
โทรศัพท์ 0 2899 5429-35 โทรสาร 0 2416 4097

คำนำ

หนังสือ เรื่อง “นมและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม (Milk & Dairy Product Technology)” เล่มนี้ ได้รับการเขียนและเรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ในการสอนนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นเอกสารที่บ่งบอกรายละเอียดเนื้อหา ของรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางวิชาการของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม ผู้เขียนได้เริ่มรวบรวมเนื้อหาเพื่อผลิตหนังสือเล่มนี้ ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 และปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อ พ.ศ. 2563 โดยการรวบรวมเอกสารประกอบการสอน ทั้งในรูปแบบเอกสารรายบท เอกสารประกอบการบรรยายในลักษณะ power point handout และเอกสารบทปฏิบัติการในรายวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นมที่ได้ใช้สอนนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร โดยผู้เขียนพยายามรวบรวมเนื้อหาทางด้านเทคโนโลยีการผลิตนมและผลิตภัณฑ์นมต่าง ๆ ที่เป็นทั้งหลักการเบื้องต้นที่ควรทราบ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวในการผลิตผลิตภัณฑ์นมจากเอกสารทางวิชาการที่ทันสมัยและจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านก้าวทันต่อเหตุการณ์ในแวดวงผลิตภัณฑ์นมในปัจจุบันได้

เนื้อหาโดยรวมของหนังสือเล่มนี้ประกอบไปด้วย 10 บท ได้แก่ 1) น้ำนมและการผลิตน้ำนมในโค 2) องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และคุณภาพของน้ำนม 3) จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม และผลิตภัณฑ์นมประเภทต่าง ๆ อีก 7 บท โดยมีการแทรกเนื้อหาในส่วนของหน่วยการแปรรูปในกระบวนการผลิตนมและผลิตภัณฑ์นมในแต่ละบทที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นมนั้น ๆ อนึ่ง เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้มีการแปลศัพท์ภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย โดยอ้างอิงจากพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน และเว็ปไซต์ของศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร (Food Network Solution) ส่วนศัพท์ภาษาอังกฤษที่ไม่ปรากฏในแหล่งอ้างอิงทั้งสอง ผู้เขียนได้ใช้การแปลศัพท์จาก https://translate.google.com/ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันได้มากที่สุด และเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยของผู้อ่าน อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการค้นคว้าและอ้างอิงอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาที่เกี่ยวข้องกับรายวิชานี้ทุกท่าน โดยเฉพาะ Professor Dr. Goff H. D. แห่ง University of Guelph, Canada รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ วิชัย หฤทัยธนาสันต์ และรองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญขวัญ ชมปรีดา จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณความช่วยเหลือจากนักศึกษาปริญญาตรีทุกคนที่ช่วยสะท้อนกลับในเรื่องของกระบวนการสอน และความถูกต้องของเนื้อหาเพื่อการปรับปรุง ขอบคุณนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอก ที่เป็นกำลังสำคัญของงานวิจัย จัดรูปแบบ และพิสูจน์อักษรในเอกสารประมวลสาระรายวิชาเล่มนี้ มา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน ไทยวงษ์ ที่สละเวลาในการตรวจสอบการเขียนเอกสารอ้างอิงตามระบบ American Psychological Association (APA) ของหนังสือเล่มนี้ และขอขอบพระคุณกำลังใจจากคุณพ่อและพี่ ๆ ของครอบครัวไทยอุดมทุกคน

สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษา นักวิจัย และผู้อ่านทุกท่าน หากมีข้อบกพร่อง หรือขาดความสมบูรณ์ในเนื้อหาประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับ และพร้อมที่จะนำข้อผิดพลาดนั้นไปปรับปรุงต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวัฒ ไทยอุดม
เมษายน 2567

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 การสร้างน้ำนมของแม่โค	
1.1 บทนำ	1
1.2 การสร้างน้ำนมของแม่โค	1
1.3 การเริ่มต้นของการหลั่งน้ำนม	4
1.4 การหลั่งน้ำนม	6
1.5 การสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนม	7
1.6 การสังเคราะห์ไขมันนม	8
1.7 การสังเคราะห์น้ำตาลแล็กโทส แร่ธาตุ และวิตามินในน้ำนม	9
1.8 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนม	10
1.9 บทสรุป	11
เอกสารอ้างอิง	12
บทที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และคุณภาพของน้ำนม	
2.1 บทนำ	16
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	16
2.3 สมบัติทางกายภาพและคุณภาพของน้ำนม	44
2.4 บทสรุป	52
เอกสารอ้างอิง	54
บทที่ 3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำนม และผลิตภัณฑ์นม	
3.1 บทนำ	61
3.2 แบคทีเรียในน้ำนม	61
3.3 ฟังไจในน้ำนม	66
3.4 แบคทีรีโอเฟจ	70
3.5 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคกับการปนเปื้อนในน้ำนม	71
3.6 บทสรุป	72
เอกสารอ้างอิง	73
บทที่ 4 น้ำนมเหลวและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมเหลว	
4.1 บทนำ	78
4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นมเหลวพร้อมดื่ม	78
4.3 การทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนแบบพาสเจอไรเซชัน	81
4.4 การทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนแบบสเตอริไลเซชัน	90
4.5 การทำลายจุลินทรีย์โดยวิธียูเอชที	93
4.6 การทำลายจุลินทรีย์ในน้ำนมด้วยเทคโนโลยีอื่น ๆ	98
4.7 นมคืนรูปและนมผสมคืน	100

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 นมปรุงแต่งกลิ่นรส และนมเสริมสารอาหาร	103
4.9 บทสรุป	105
เอกสารอ้างอิง	106
บทที่ 5 ครีม	
5.1 บทนำ	111
5.2 ทฤษฎีการแยกไขมันหรือครีม	111
5.3 กระบวนการผลิตครีม	113
5.4 ประเภทและข้อกำหนดมาตรฐานของครีม	118
5.5 สมบัติและคุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์ของครีม	123
5.6 บทสรุป	127
เอกสารอ้างอิง	128
บทที่ 6 เนยเหลว	
6.1 บทนำ	131
6.2 เนยเหลว	131
6.3 ประเภทของเนยเหลว	132
6.4 กระบวนการผลิตเนยเหลว	133
6.5 น้ำมันเนย	145
6.6 กีหรือเนยใส	149
6.7 การประเมินคุณภาพของเนยเหลว	151
6.8 บทสรุป	152
เอกสารอ้างอิง	153
บทที่ 7 เนยแข็ง	
7.1 บทนำ	156
7.2 นิยามเนยแข็งและชนิดของเนยแข็ง	156
7.3 กระบวนการผลิตเนยแข็ง	158
7.4 การกำจัดน้ำเวย์ และหลักการจัดการลิ่มโปรตีน	173
7.5 การเติมเกลือ	177
7.6 การบ่มและการเก็บรักษาเนยแข็ง	183
7.7 เนยแข็งแปรรูป	184
7.8 คุณภาพของเนยแข็ง	185
7.9 บทสรุป	186
เอกสารอ้างอิง	188

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 8 ไอศกรีม

8.1 บทนำ 191
8.2 ไอศกรีม 191
8.3 การกำหนดสูตรไอศกรีม 192
8.4 ส่วนประกอบของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม หรือไอศกรีมมิกซ์ 194
8.5 กระบวนการผลิตไอศกรีม 204
8.6 การผลิตไอศกรีมด้วยการขึ้นรูปแบบใหม่ 210
8.7 คุณภาพและตำหนิของไอศกรีม 211
8.8 บทสรุป 216
เอกสารอ้างอิง 217

บทที่ 9 โยเกิร์ต และผลิตภัณฑ์นมหมัก

9.1 บทนำ 219
9.2 โยเกิร์ต 219
9.3 ส่วนประกอบของโยเกิร์ต 221
9.4 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต 222
9.5 นวัตกรรมของกระบวนการฮอโมจีไนเซชันในการผลิตโยเกิร์ต 229
9.6 การใช้โพรไบโอติกและพรีไบโอติกในโยเกิร์ต 232
9.7 คุณภาพของโยเกิร์ต 235
9.8 นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตพร้อมดื่ม 242
9.9 บทสรุป 243
เอกสารอ้างอิง 244

บทที่ 10 นมผง

10.1 บทนำ 250
10.2 ความหมายและประเภทของนมผง 250
10.3 กระบวนการผลิตนมผง 250
10.4 การผลิตนมผงไขมันเต็ม 262
10.5 การผลิตนมผงพร่องมันเนย 263
10.6 การผลิตนมผงสำเร็จรูป 263
10.7 คุณภาพและมาตรฐานของนมผง 264
10.8 บทสรุป 265
เอกสารอ้างอิง 268

ดัชนี 271

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโดยประมาณของน้ำนม 17
ตารางที่ 2.2 สมบัติขององค์ประกอบหลักในน้ำนม 18
ตารางที่ 2.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่พบเป็นส่วนใหญ่ในน้ำนม 23
ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของลิพิดในเยื่อหุ้มอนุภาคเม็ดไขมันของน้ำนม 24
ตารางที่ 2.5 โปรตีนในน้ำนม 26
ตารางที่ 2.6 สรุปสมบัติบางประการของโปรตีนหลักในน้ำนมปราศจากไขมันนม 27
ตารางที่ 2.7 สมบัติเคมีบางประการของโปรตีนในน้ำนม 29
ตารางที่ 2.8 แร่ธาตุหลักที่พบในน้ำนมโค 37
ตารางที่ 2.9 ชนิดและปริมาณวิตามินในน้ำนมโค 37
ตารางที่ 2.10 เอนไซม์ที่พบในน้ำนม 41
ตารางที่ 2.11 วิธีวิเคราะห์น้ำนมดิบ 50
ตารางที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติและองค์ประกอบของน้ำนมที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ 52
ตารางที่ 3.1 แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กทิกในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม 64
ตารางที่ 6.1 ประเภทของเนยเหลวแบ่งตามปริมาณไขมัน 133
ตารางที่ 6.2 อุณหภูมิแนะนำในการบ่มสุกตามค่าตัวเลขไอโอดีนและปริมาณกล้าเชื้อที่ผลิตกรดแล็กทิก 139
ตารางที่ 7.1 สมบัติของเนยแข็งชนิดต่าง ๆ 159
ตารางที่ 7.2 องค์ประกอบทางเคมีของเนยแข็งชนิดต่าง ๆ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 162
ตารางที่ 7.3 การแบ่งประเภทของเนยแข็งตาม MFFB และ FDB 164
ตารางที่ 7.4 ค่าความหนาแน่นและความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการแช่เนยแข็งที่ 15 องศาเซลเซียส 181
ตารางที่ 7.5 สภาวะการเก็บรักษาเนยแข็งชนิดต่าง ๆ 186
ตารางที่ 8.1 ประเภทของไอศกรีมที่แบ่งตามปริมาณของมันเนยและส่วนของของแข็งที่ไม่ใช่มันเนยเป็นองค์ประกอบ 193
ตารางที่ 8.2 สูตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมแบบแช่เยือกแข็ง 194
ตารางที่ 8.3 สูตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมแบบไขมันต่ำ และแบบไลท์ 195
ตารางที่ 8.4 สูตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมแบบแช่เยือกแข็งแบบอ่อน 195
ตารางที่ 8.5 สูตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมแบบเชอร์เบทและซอร์เบ 196
ตารางที่ 8.6 ความดันที่ใช้ในกระบวนการฮอโมจีไนเซชันของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 207
ตารางที่ 8.7 ร้อยละของน้ำที่แข็งตัวในไอศกรีมที่อุณหภูมิต่าง ๆ 212
ตารางที่ 9.1 กระบวนการใช้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ในน้ำนมที่มีผลต่อน้ำนมและโยเกิร์ต 228
ตารางที่ 9.2 ผลของการใช้กระบวนการนวัตกรรมฮอโมจีไนเซชันแบบต่าง ๆ ต่อน้ำนมและโยเกิร์ต 232
ตารางที่ 9.3 สูตรไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีส่วนประกอบของฟรักโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ หรือกาแล็กโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ กับปริมาณไขมันนมที่แตกต่างกัน 234

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 9.4 การควบคุมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตโยเกิร์ต 236
ตารางที่ 9.5 คุณลักษณะทางเคมี และทางชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวตามมาตรฐาน มอก. 2146-2546 242
ตารางที่ 10.1 สมบัติของนมผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน สำหรับทำแห้งน้ำนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 48 260
ตารางที่ 10.2 ค่าสมบัติต่าง ๆ ของนมผงพร่องมันเนยที่เตรียมด้วยการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและแบบพ่นฝอย 264
ตารางที่ 10.3 ค่า WPNI ของนมผงพร่องมันเนยที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยความร้อนและเวลาที่แตกต่างกัน 264
ตารางที่ 10.4 วัตถุเจือปนอาหารที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์นมผง 266

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเต้านมแม่โค 2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลแล็กโทส 19
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลแล็กโทสและแล็กทูโลส และการเกิดมิวทาโรเทชัน ของกลูโคสในส่วนหนึ่งของแล็กโทส 21
รูปที่ 2.3 ลักษณะสัณฐานของผลึกแล็กโทส 21
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของชั้นเยื่อหุ้มเม็ดไขมันในไขมันนม 23
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ 28
รูปที่ 2.6 การรวมตัวกันเองของแอลฟา-เคซีน และบีตา-เคซีน แปรผันตามความเข้มข้นของ เคซีนแต่ละชนิด 28
รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของซีรัมแอลบูมิน 33
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของอิมมูโนโกลบูลิน 34
รูปที่ 3.1 ลักษณะของน้ำนมที่เสื่อมเสีย 63
รูปที่ 3.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ 63
รูปที่ 3.3 เซลล์ยีสต์ และองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ภายในเซลล์ยีสต์ 68
รูปที่ 3.4 การเจริญของไมซีเลียมของรา 69
รูปที่ 3.5 การเจริญของของแบคทีรีโอเฟจในเซลล์แบคทีเรีย 70
รูปที่ 3.6 โครงสร้างของแบคทีรีโอเฟจ 71
รูปที่ 4.1 ไส้กรองจำพวกพอลิโพรไพลีน และกระบอกกรอง 80
รูปที่ 4.2 เครื่องปั่นเหวี่ยงสำหรับแยกจุลินทรีย์ในน้ำนม 80
รูปที่ 4.3 เครื่องแยกครีมในน้ำนม 81
รูปที่ 4.4 กระบวนการผลิตนมพาสเจอไรซ์ 84
รูปที่ 4.5 ผลของการใช้ความร้อนที่สัมพันธ์กับเวลาในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ 85
รูปที่ 4.6 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบมีแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน 85
รูปที่ 4.7 การไหลสวนทางกันของน้ำนมกับไอน้ำผ่านรูและช่องของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน 86
รูปที่ 4.8 ลิ้นภายในเครื่องฮอโมจีไนเซอร์ที่ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนจากความดัน 87
รูปที่ 4.9 การฮอโมจีไนเซชันแบบขั้นตอนเดียว และสองขั้นตอน 87
รูปที่ 4.10 การป้องกันการเกาะกลุ่มรวมตัวของอนุภาคเม็ดไขมันอีกครั้งหลังจากการฮอโมจีไนเซชัน แบบขั้นตอนเดียวด้วยการฮอโมจีไนเซชันแบบสองขั้นตอน 88
รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตนมพาสเจอไรซ์ แบบต่อเนื่องที่มี FDV (หมายเลข 15) 89
รูปที่ 4.12 ผังแสดงกระบวนการผลิตนมสเตอริไลซ์บรรจุขวด 94
รูปที่ 4.13 หม้อนึ่งความดันแบบกะแบบหมุนวนได้ และแบบหมุนวนไม่ได้ 95

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4.14 หม้อนึ่งความดันแบบต่อเนื่องแบบหอแนวตั้งใช้น้ำควบคุมความดันและแบบเครื่องฆ่าเชื้อตามแนวนอน 95
รูปที่ 4.15 วงจรของการเกิดกระแสไฟฟ้าแบบโอห์มิก และการใช้โอห์มิกในการทำลายเชื้อในอาหาร 99
รูปที่ 4.16 การใช้ความดันสูงในการแปรรูปและทำลายเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหาร 101
รูปที่ 4.17 แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตนมคืนรูปหรือนมผสมคืนที่มีการส่งมันเนยเหลวผ่านทางระบบท่อ 103
รูปที่ 5.1 ความเร็วเชิงมุมและรัศมีการปั่นเหวี่ยงในเครื่องปั่นเหวี่ยง 112
รูปที่ 5.2 การไหลของน้ำนม ไขมันนมและครีมในเครื่องปั่นเหวี่ยง 114
รูปที่ 5.3 ภาพตัดขวางของแผ่นกรวยโลหะที่แสดงให้เห็นถึงการแยกไขมันนม 115
รูปที่ 5.4 เครื่องแยกครีมแบบเปิด 115
รูปที่ 5.5 เครื่องแยกครีมแบบกึ่งเปิดกึ่งปิด 116
รูปที่ 5.6 ขั้นตอนการผลิตครีม 117
รูปที่ 5.7 การเกิดการหลอมรวมกันบางส่วนของอนุภาคเม็ดไขมันที่หุ้มฟองอากาศในโครงสร้างของวิปป์ครีม 121
รูปที่ 5.8 โครงสร้างของวิปป์ครีมถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด 121
รูปที่ 6.1 ใบพัดในเครื่องกวนผสมแบบ propeller 4 ใบ 137
รูปที่ 6.2 เครื่องผลิตเนยเหลว 141
รูปที่ 6.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอนุภาคไขมันนมในครีมไปเป็นเนยเหลวด้วยการรวมกลุ่มของไขมัน 142
รูปที่ 6.4 เครื่องแยกไขมันนมแบบปั่นเหวี่ยงในระบบปิด 147
รูปที่ 6.5 จานแยกที่มีพื้นผิวเป็นรอยหยัก 147
รูปที่ 6.6 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันเนยเหลว 148
รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการผลิตกีแบบต่าง ๆ 151
รูปที่ 7.1 การปั่นเหวี่ยงแบบขั้นตอนเดียวที่มีการติดปั๊มระบายแบคโทฟิวเกตออก 168
รูปที่ 7.2 การปั่นเหวี่ยงแบบสองขั้นตอนที่มีการระบายแบคโทฟิวเกตออกแบบต่อเนื่อง 168
รูปที่ 7.3 การปั่นเหวี่ยงสองครั้งที่ประกอบไปด้วยการปั่นเหวี่ยงแบบขั้นตอนเดียวสองชุด 169
รูปที่ 7.4 เครื่องตัดลิ่มโปรตีน และขอบตะแกรงตัดลิ่ม 172
รูปที่ 7.5 กระบวนการบีบอัด และกำจัดน้ำเวย์ในโรงงานผลิตเนยแข็งแบบต่อเนื่อง 175
รูปที่ 7.6 ระบบการบีบอัดน้ำเวย์ออกจากลิ่มโปรตีนแบบต่อเนื่องแคสโซมาติก 175
รูปที่ 7.7 กระบวนการผลิตเนยแข็งเชดดาร์ 178
รูปที่ 7.8 เครื่อง Cooker-Stretcher 179
รูปที่ 7.9 เครื่องโรยเกลือที่ผิวเนยแข็ง สำหรับผลิตเนยแข็งพาสต้า ฟิลาต้า 179
รูปที่ 7.10 การแช่น้ำเกลือแบบตื้นหรือที่บริเวณพื้นผิว 180
รูปที่ 7.11 การแช่น้ำเกลือแบบจุ่มลึก 180

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 7.12 การแช่น้ำเกลือแบบจุ่มลึกที่มีชั้นวางหรือตะแกรงป้องกันการกระทบกันของเนยแข็ง 181
รูปที่ 7.13 การเก็บรักษาเนยแข็งด้วยระบบแท่นรองรับผลิตภัณฑ์ 192
รูปที่ 8.1 ขนาดอนุภาคเม็ดไขมันของไอศกรีมดัดแปลงไขมันที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และไขมันนมในอัตราส่วนต่างกัน ถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด 198
รูปที่ 8.2 เส้นโค้งของการแช่เยือกแข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีปริมาณของแข็งหรือความเข้มข้นของน้ำตาลแตกต่างกัน 201
รูปที่ 8.3 การเคลื่อนตัวออกของโปรตีนบริเวณพื้นผิวรอยต่อระหว่างอนุภาคเม็ดไขมันนมและน้ำในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 204
รูปที่ 8.4 ถังผสมส่วนผสมแห้งและส่วนผสมเหลวในการเตรียมส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 205
รูปที่ 8.5 การแลกเปลี่ยนความร้อนของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมกับสารให้ความร้อนแบบผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการ HTST 207
รูปที่ 8.6 การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคเม็ดมันเนยต่อการเกิดการเชื่อมรวมตัวกันบางส่วนระหว่างการบ่ม 208
รูปที่ 8.7 โครงสร้างภายในของไอศกรีมที่มีส่วนของผลึกน้ำแข็ง โปรตีนนม ฟองอากาศ และส่วนของของเหลวที่ไม่แข็งตัว 210
รูปที่ 8.8 ระบบสายพานสำหรับกระบวนการผลิตไอศกรีมด้วยการขึ้นรูปผ่านแบบหล่อขึ้นรูป 212
รูปที่ 8.9 กระบวนการผลิตไอศกรีมด้วยการขึ้นรูปผ่านการอัดเกลียว 213
รูปที่ 9.1 ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตแบบคงตัวและแบบกวน 221
รูปที่ 9.2 ปริมาณ *B. longum* (Log CFU/g) ที่เหลือรอดชีวิตในไอศครีมโยเกิร์ต ที่มีส่วนประกอบของฟรักโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ หรือกาแล็กโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ กับปริมาณไขมันนมที่แตกต่างกัน 234
รูปที่ 9.3 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มประเภทต่าง ๆ 242
รูปที่ 10.1 เครื่องระเหยแบบต่าง ๆ 253
รูปที่ 10.2 ภาพตัดขวางของกระบวนการทำแห้งน้ำนมแบบลูกกลิ้ง 254
รูปที่ 10.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย 256
รูปที่ 10.4 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยขั้นตอนเดียว 257
รูปที่ 10.5 เครื่องพ่นละอองฝอยแบบต่าง ๆ 258
รูปที่ 10.6 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยสองขั้นตอน 259
รูปที่ 10.7 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยแบบสามขั้นตอน 259
รูปที่ 10.8 เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด 261