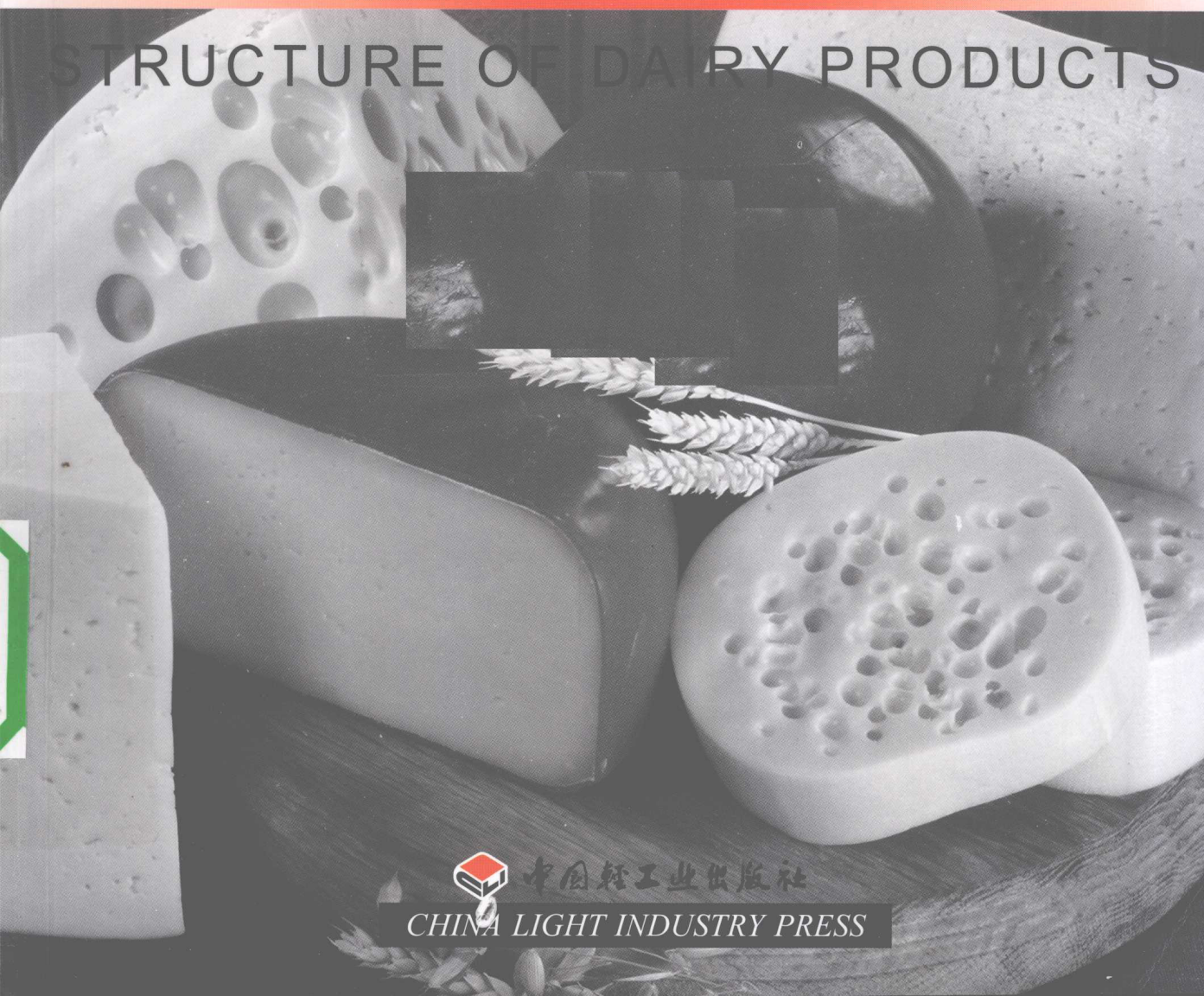


国外现代食品科技系列

乳制品的结构

[英] A.Y.TAMIME 主编 陈历俊 等译

STRUCTURE OF DAIRY PRODUCTS



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

国外现代食品科技系列

乳制品的结构

[英] A. Y. Tamime 主编

陈历俊 等译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

乳制品的结构/(英)塔米梅(Tamime, A. Y.)主编;
陈历俊等译. —北京:中国轻工业出版社, 2010. 8

(国外现代食品科技系列)

ISBN 978-7-5019-7625-6

I. ①乳… II. ①塔… ②陈… III. ①乳制品—结构
IV. ①TS252. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 079149 号

This edition is published by arrangement with **Blackwell Publishing Ltd**, Oxford. Translated by **China Light Industry Press** from the original English language version. Responsibility of the accuracy of the translation rests solely with **China Light Industry Press** and is not the responsibility of **Blackwell Publishing Ltd**.

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 燕 杰 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16

字 数: 358 千字 插页: 2

书 号: ISBN 978-7-5019-7625-6 定价: 38.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2008-1985

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

080148K1X101ZYW

译者的话

我国食品产业是国务院十大行业振兴规划中的重点产业。经过将近 20 年的高速发展已经成为国民经济中最具有活力和发展潜力的产业体系，连续 16 年位居中国第一大制造业，成为集农业、制造业、现代流通服务业于一体的增长最快、最具有活力的国民经济支柱产业和极具潜力的新的经济增长点。已进入高速发展的战略机遇期的我国食品产业不仅是保障国家食品安全的基础产业和承载着国民营养健康的民生产业，也是拉动内需、增加就业、保障民生和促进经济增长的支柱产业。

中国乳业也得到了长足的发展。尤其自“九五”以来，我国各相关企业与科研院所 在各级政府乳业科技投入的带动下，在乳业的基础研究、产品开发与快速检测技术等 方面的科技投入不断增加，高技术含量、高附加值产品及品牌不断推出，引领了乳 业产业的结构性调整。随着外部环境和内部条件的深刻变化，也给中国乳业带来了 新情况和新问题，同时也推动了国家农业产业结构的战略性调整和国家对乳制品工 业产业政策的明确，我国乳业正处于发展的关键时期，也正面临前所未有的发展契 机。依靠科技进步和自主创新，有效支撑我国乳制品工业产业持续提升，已经成 为新阶段我国乳制品工业产业发展战略性的任务。

《乳制品的微观结构》由美国 Adnan Tamine 博士主编，参编者均是来自世界 各大知名高校和研究所，且均为相关领域的著名专家。其主题不仅涉及了乳制 品微观结构的研究方法，而且还涉及了乳成分、不同乳制品以及不同质量乳制 品微观结构的差异性，向读者展示了乳成分或者加工过程的微小变化对乳制 品的稳定性、质构特性及流变学特性的影响，阐释了微观结构在乳制品质量 控制方面的具体应用。

本书共分为 10 章，内容包括：显微镜分析方法、样品制备技术、乳成分的 微观结构、乳脂肪制品的微观结构、炼乳及乳粉的微观结构、发酵乳制品的 微观结构、天然干酪的微观结构、重制干酪的微观结构、乳基冷冻制品及糖 果制品的微观结构以及显微镜能够解决的问题等。

产品质量是设计和制造出来的，原辅料质量、生产加工工艺技术与标准等都 直接决定着产品的质量，特别是产品质量的稳定性，国外微观技术方面的研究 起步较早，应用较为广泛，我国则多停留在理化检验方面，因此，加强国际 交流与合作，大力推动乳业科技进步，共享乳业先进技术与经验，提高乳制 品的质量安全已经成为科技工作者的迫切愿望和共同使命，《乳制品的微观 结构》一书为我们提供了较为全面和良好的借鉴。

为了将本书介绍给国内乳品行业的生产者、加工者及研究者，对我国乳制 品的研究与质量控制的发展起到借鉴和促进作用，由董晶莹、王芳、隋欣、黄 训文、范宇等博士经过近两年的努力，完成了此书大部分翻译工作。在翻译 过程中，力争在内容和风格上与原文保持一致，为方便读者的使用，对书中 的部分专业词汇附上相应的英文名称，对部分干酪制品名称仍保持其英文 写法。

随着科技的进步以及显微技术的普及，相信微观技术在乳制品开发和质量控制方面的应用将更加广泛，带动中国乳业的基础研究、自主创新和自主知识产权的发展，缩小中国乳业与世界乳业发达国家的差距，保证中国乳业持续健康发展。

鉴于译者水平有限，疏漏与不妥之处在所难免，恳请读者见谅，并敬请提出宝贵意见和建议。

出版社序言

60 多年来，英国乳品技术学会（Society of Dairy Technology, SDT）一直致力于乳品领域的教育和培训事业，以研讨会、会议、报告、出版物、杂志（*International Journal of Dairy Technology*，曾用名 *Journal of the Society of Dairy Technology*）等形式传播乳品知识，旨在促进学员今后的发展。

近年来，人们对于乳体系的认识更加深入，许多复杂的天然食品为人们所熟知。随着加工技术的提高，生产规模不断扩大，琳琅满目的乳制品应运而生。

英国乳品技术学会与 Blackwell 出版社合作出版了一系列的乳品技术书籍，旨在为乳品科技人员提供从传统到现代颇为广泛的信息。本系列的第四卷为 Adnan Tamime 主编的《乳制品的结构》一书，及时并全面地综述了乳及乳制品的微观结构。成分或者加工过程的变化所带来的微观结构的微小变化，正是导致乳制品稳定性、质构及流变学特性发生变化的原因，进而影响产品的可接受度及市场前景。

Andrew Wilbey
英国乳品技术学会（SDT）主席
2006 年 9 月

主 编 序 言

英国乳品技术学会 (Society of Dairy Technology, SDT) 的宗旨就是“促进乳业及食品科学教育的发展, 从经验到实践角度对该领域的知识进行传播与应用”。以学术研讨会、会议、报告及与 Blackwell 出版社合作发行出版杂志 (*International Journal of Dairy Technology*) 及书籍等形式为学会的学员提供信息和传播知识。

《乳制品的结构》是乳品技术系列书籍的第四卷, 有关乳制品结构分析方法方面的内容已经有所涉猎。在过去 30 年中, 我们见证了乳制品微观结构研究的巨大发展, 同时不同的技术手段使得人们对乳制品的特性有了更加深入的了解。因此, 显微技术已经成为乳制品研究的补充手段, 广泛用于新产品的开发及加工贮藏阶段解决问题的手段。

结构方面的问题已经引起了加工者及研究者的广泛关注, 其研究已经颇为广泛和系统, 同时某些书籍的某些章节也对该方面的内容有所涉猎。本书对来自不同国家 (英国、欧洲、加拿大、美国及新西兰) 的研究结果进行了及时而且全面的综述, 旨在为乳制品的加工者及研究者提供理论依据。本书的大部分章节引用了非常广泛的参考文献, 第一章及第十章还给出了显微技术的展望。

殷切地希望本书能够成为英国乳品技术学会推出的乳品技术系列书籍中重要的一本。

A. Y. Tamime

2006 年 9 月

作者及联系方式

Dr Adnan Tamime

Dairy Science & Technology Consultant
24 Queens Terrace
Ayr KA7 1DX
Scotland
United Kingdom
Tel: +44 (0) 1292 265498
Fax: +44 (0) 1292 265498
E – mail: adnan@tamime.fsnet.co.uk

Dr David Lewis

3 Chestnut Grove
Coylton
Ayr KA6 6LL
Scotland
United Kingdom
Tel: +44 (0) 1292 570663
E – mail:
dfl@microscopist.freeseve.co.uk

Dr David Pechak

Kraft Foods Technology Center
801 Waukegan Road
Glenview, IL 60025
USA
Tel: +1 (0) 847 646 4808
Fax: +1 (0) 847 646 3864
E – mail: dpechak@kraft.com

Dr Alexandra Smith

University of Guelph
Analytical Microscopy
Department of Food Science
Guelph. ON N1G 2W1

Canada

Tel: +1 (0) 519 824 –4120 ext. 52112
Fax: +1 (0) 519 824 –6631
E – mail: smitha@uoguelph.ca

Dr Bruce Campbell

Kraft Foods Technology Center
801 Waukegan Road
Glenview. IL 60025
USA
Tel: +1 (0) 847 –646 –7348
E – mail: bcampbell@kraft.com

Dr Silvana Martini

Department of Nutrition and Food
Sciences
750 North 1200 East. Rm 327
Logan, UT 84322 –8700
USA
Tel: +1 (0) 435 797 –8136
Fax: +1 (0) 435 797 –2379
E – mail: smartini@cc.usu.edu

Professor Alejandro Marangoni

Food and Soft Materials Science
Department of Food Science
University of Guelph
Guelph
Ontario N1G2W1
Canada
Tel: +1 (0) 519 824 –4120 ext. 54340
Fax: +1 (0) 519 824 –6631
Mobile: +1 (0) 519 546 –5748
E – mail: amarango@uoguelph.ca

Dr Richard Robinson (Rtd)

University of Reading
School of Biosciences
PO Box 226
Reading RG6 6AP
United Kingdom
E – mail: robin 2007@btopenworld. com

Dr Martin Michel

Food Science
Nestle Research Centre
Vers – chez – les – Blanc
CH – 1000 Lausanne 26
Switzerland
Tel: +41 21 785 81 13
Fax: +41 21 785 85 54
E – mail: martin. michel@rdls. nestle. com

Dr Ashraf Hassan

South Dakota State University
Dairy Science Department
Dairy – Micro Building
Box 2104
Brookings, SD 57007 – 0647
USA
Tel: +1 (0) 605 – 688 – 4118
Fax: +1 (0) 605 – 688 – 6276
E – mail: ashraf. hassan@sdstate. edu

Dr Edward Farnworth

Agriculture and Agri – Food Canada
Food Research and Development Centre
3600 Casavant Blvd. West
Saint Hyacinthe
Quebec J2S 8E3
Canada
Tel: +1 (0) 450 – 773 – 1105
Fax: +1 (0) 450 – 773 – 8461

E – mail: farnworthed@agr. gc. ca

Professor Takahiro Toba

Hirosaki University
Faculty of Agriculture and Life Science
Department of Biochemistry and
Biotechnology
Bunkyocho 3
Hirosaki 036 – 8561
Japan
Tel: +81 172 – 39 – 3786
Fax: +81 172 – 39 – 3750
E – mail: ttakki@cc. hirosaki – u. ac. jp

Dr David Everett

University of Otago
Department of Food Science
PO Box 56
Dunedin 9054
New Zealand
Tel: +64 3 479 – 7545
Fax: +64 3 479 – 7567
E – mail: d. everett@otago. ac. nz

DLC Bozena B. Mulsow

Dresden University of Technology
Institute of Food Chemistry
Bergstrasse 66
D – 01062 Dresden
Germany
Tel: +49 351 – 463 – 34647
Fax: +49 351 – 463 – 34138
E – mail:
bozena. mulsow@chemie. tu – dresden. de

Dr Doris Jaros

Dresden University of Technology
Institute of Food Technology and
Bioprocess

Engineering
Bergstrase 120
D - 01069 Dresden
Germany
Tel: +49 351 -463 -39283
Fax: +49 351 -463 -37126
E - mail:
doris.jaros@ mailbox. tu - dresden. de

Professor Harald Rohm

Dresden University of Technology
Institute of Food Technology and
Bioprocess
Engineering
Bergstrase 120
D - 01069 Dresden
Germany
Tel: +49 351 -463 -34985
Fax: +49 351 -463 -37126
E - mail: harald.rohm@ tu - dresden. de

目 录

1 显微分析方法概述	1
1.1 引言	1
1.2 光学显微镜	1
1.2.1 复式光学显微镜	2
1.2.1.1 暗视野显微镜和相差显微镜	2
1.2.1.2 偏光显微镜和微分干涉相衬显微镜	3
1.2.1.3 荧光显微镜	4
1.2.1.4 染色	5
1.2.2 共聚焦扫描光学显微镜	6
1.2.3 样品制备	6
1.3 电子显微镜	7
1.3.1 扫描电镜	8
1.3.2 透射电镜	8
1.3.2.1 超薄切片	9
1.3.2.2 表面复型技术	9
1.3.2.3 分散技术	10
1.4 其他技术	10
1.5 结论	11
参考文献	11
2 样品制备技术	14
2.1 引言	14
2.2 光学显微镜技术	14
2.2.1 广视场光学显微镜	14
2.2.2 荧光显微镜	16
2.2.3 激光共聚焦扫描显微镜	16
2.2.4 光学显微镜的切片材料	18
2.2.5 低温光学显微镜	18
2.3 扫描电镜	19
2.3.1 电子枪	19
2.3.2 阴极比较参数	20
2.3.3 低温扫描电镜	20
2.3.4 环境/可变压力扫描电镜	22
2.4 透射电镜	22
2.4.1 透射电镜的包埋材料	22
2.4.2 负染色透射电镜	22

2.4.3 低温透射电镜	23
2.4.3.1 冰冻断裂复型技术	23
2.4.3.2 低温制备方法	24
2.4.3.3 透射电镜的冷冻置换技术	24
2.4.3.4 低温透射电子显微镜	25
2.4.4 能量过滤透射电子显微镜技术	25
2.4.4.1 整体成像	26
2.4.4.2 反差增强	26
2.4.4.3 厚切片成像	27
2.4.4.4 冷冻水合样品	27
2.4.4.5 电子能谱成像	28
2.5 X-射线微区分析	28
2.6 流变学	30
2.7 光散射	32
2.7.1 激光散射	32
2.7.2 动态光散射	33
2.8 核磁共振波谱分析	34
2.9 数字成像和成像分析	34
2.9.1 硬件	35
2.9.2 软件	35
2.9.3 成像分析的主要步骤	36
2.9.3.1 图像采集	36
2.9.3.2 校准	36
2.9.3.3 图像增强	36
2.10 实验室安全	37
2.10.1 光学显微镜	37
2.10.2 扫描电镜/透射电镜	37
2.10.3 应用激光的系统	38
2.11 将来在乳品结构中用到的技术	38
2.11.1 扫描探针显微镜	38
2.11.2 扩散波和超声波谱	39
2.11.3 显微镜中的微波技术	40
参考文献	40
3 乳成分的微观结构	49
3.1 引言	49
3.2 牛乳的组成	49
3.2.1 乳脂肪球	49
3.2.1.1 乳脂肪	50
3.2.1.2 乳脂肪球膜	51
3.2.2 乳蛋白胶体	52

3.2.2.1 酪蛋白胶束的微观结构	52
3.2.2.2 酪蛋白胶束的分子结构	53
3.2.2.3 酪蛋白胶束的相互作用和稳定性	54
3.2.3 乳清蛋白	54
3.2.4 乳糖	55
3.3 结论	55
参考文献	56
4 乳脂肪制品的微观结构	59
4.1 引言	59
4.2 稀奶油及黄油的微观结构	60
4.2.1 背景知识	60
4.2.2 稀奶油	60
4.2.3 搅打稀奶油	61
4.2.4 黄油	62
4.3 乳脂肪	62
4.3.1 组成	62
4.3.2 分离	63
4.4 微观结构	63
4.4.1 微量成分的影响	64
4.4.2 加工条件	64
4.4.2.1 结晶温度	64
4.4.2.2 冷却速率	65
4.4.2.3 搅拌作用	65
4.4.3 化学组成	66
4.4.3.1 酯交换作用	67
4.4.3.2 无水乳脂肪与植物油的混合物	68
4.4.3.3 不同无水乳脂肪组分混合物	71
4.4.3.4 无水乳脂肪与可可脂的混合物	72
4.4.4 乳脂肪及其混合物中添加乳化剂	73
4.5 流变学性质	75
4.6 脂肪结晶网络和微观结构	76
4.7 乳浊液中的乳脂肪	77
4.7.1 简介	77
4.7.2 乳浊液的稳定性	77
4.7.2.1 乳状液分层	77
4.7.2.2 絮凝作用	78
4.7.2.3 聚结	78
4.7.2.4 部分聚结	78
4.7.2.5 Ostwald 熟化	79
4.8 结论	80

参考文献	81
5 炼乳及乳粉的微观结构	87
5.1 引言	87
5.2 生产模式	87
5.3 原料乳	89
5.4 炼乳制品	91
5.4.1 淡炼乳	91
5.4.1.1 生产方法	93
5.4.1.2 结构	93
5.4.2 甜炼乳	93
5.4.2.1 生产方法	94
5.4.2.2 结构	94
5.4.3 散装炼乳	94
5.5 乳粉	95
5.5.1 全脂和脱脂乳粉	95
5.5.1.1 生产方法	95
5.5.1.2 结构	95
5.5.2 超滤截留液生产的乳粉（全脂或脱脂）	97
5.5.2.1 生产方法	97
5.5.2.2 结构	97
5.5.3 酪乳粉	98
5.5.3.1 生产方法	98
5.5.3.2 结构	99
5.5.4 乳清粉	99
5.5.4.1 生产方法	99
5.5.4.2 结构	99
5.5.5 乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白	100
5.5.5.1 生产方法	100
5.5.5.2 结构	101
5.5.6 乳糖	102
5.5.6.1 生产方法	102
5.5.6.2 结构	102
5.5.7 酪蛋白酸盐	103
5.5.7.1 生产方法	103
5.5.7.2 结构	104
5.6 结论	105
参考文献	105

6 发酵乳制品的微观结构	109
6.1 引言	109
6.2 加工背景	109
6.3 生产和消费模式	110
6.4 乳酸发酵	111
6.4.1 背景	111
6.4.2 液态发酵乳	111
6.4.2.1 Ayran and Dough	111
6.4.2.2 酪乳	111
6.4.2.3 Yakult®	112
6.4.3 凝胶型发酵乳制品	112
6.4.3.1 影响酸乳结构形成的因素	113
6.4.3.2 采用激光共聚焦显微镜监测乳凝胶现象	114
6.4.3.3 荚膜 EPS 对质构形成和菌株周围产生空隙的影响	115
6.4.3.4 黏稠怎样形成?	116
6.4.3.5 EPS 在酸乳中的稳定机制	117
6.5 乳酸菌 - 酵母发酵乳制品	119
6.5.1 Kefir	119
6.5.1.1 结构	120
6.5.2 Koumiss	120
6.5.3 Calpis®	121
6.6 乳酸 - 霉菌发酵	122
6.6.1 Viili (villia)	122
6.7 浓缩发酵乳制品	123
6.7.1 Labneh	123
6.7.2 Skyr	124
6.7.3 Ymer	126
6.7.4 Shrikhand	126
6.8 冷冻酸乳和相关产品	127
6.9 干粉发酵乳制品	128
6.10 结论	131
参考文献	131
7 天然干酪的微观结构	137
7.1 引言	137
7.2 加工过程	137
7.2.1 高压过程	140
7.2.2 浓缩乳生产干酪	140
7.2.2.1 超滤乳	140
7.2.2.2 炼乳	141
7.2.3 冷冻	141

7.3 成分	141
7.3.1 钙及 pH	141
7.3.2 盐	143
7.3.3 脂肪代用品	143
7.3.4 不同哺乳动物的乳	143
7.4 脂肪球的微观结构	144
7.4.1 均质	144
7.4.2 复原乳	145
7.4.3 油脂析出	146
7.4.4 融化性	146
7.5 蛋白质的微观结构	147
7.5.1 蛋白质的水解	147
7.5.2 酪蛋白的亚结构单元	148
7.6 矿物质	148
7.7 Mozzarella 干酪及其他热烫拉伸干酪	148
7.7.1 Mozzarella 干酪的微观结构	148
7.7.2 蛋白质的微观结构	149
7.7.3 成分	150
7.7.3.1 钙及 pH	150
7.7.3.2 盐分	151
7.7.3.3 胞外多糖	153
7.7.3.4 脂肪代用品	153
7.7.4 脂肪球微观结构及融化性	153
7.7.5 均质	155
7.7.6 复原乳	156
7.7.7 干酪组分的光散射	156
7.8 农家干酪	157
7.9 乳脂干酪	158
7.10 霉菌成熟干酪	159
7.10.1 背景	159
7.10.2 卡门培尔干酪	159
7.11 结论	160
参考文献	160
 8 重制干酪和替代干酪	 171
8.1 引言	171
8.2 重制干酪技术	172
8.2.1 基本组成和配料	172
8.2.2 乳化盐	173
8.2.3 生产加工	175
8.3 重制干酪的流变学性质和结构	178

8.3.1 背景	178
8.3.2 配料的影响	179
8.3.3 水分和 pH 的影响	181
8.3.4 加工条件的影响	183
8.3.5 冷却和贮藏中的变化	184
8.4 结论	186
参考文献	186
9 乳基冷冻制品及糖果制品的微观结构	193
9.1 引言	193
9.2 技术要点	193
9.2.1 冰淇淋	193
9.2.2 巧克力和朱古力	196
9.2.3 焦糖和太妃糖	197
9.3 显微分析	197
9.3.1 冰淇淋	197
9.3.2 太妃糖	201
9.3.3 巧克力和朱古力	204
9.4 结论	206
参考文献	206
10 显微镜能够解决的问题	209
10.1 引言	209
10.2 外源杂质	209
10.2.1 金属检查表	210
10.2.2 木质检查表	212
10.2.3 玻璃检查表	212
10.2.4 橡胶及塑料检查表	212
10.2.5 头发及纤维检查表	214
10.2.6 外源蔬菜检查表	214
10.2.7 动物或者昆虫	215
10.3 特殊产品中的“伪”外源物	215
10.4 加工问题	216
10.5 技术问题	217
10.6 结论	219
参考文献	219