Dairy Australia

澳大利亚乳品原料参考手册

第三版





目录

	目录	2
01	前言	3
02	澳大利亚乳业行业可持续发展	5
03	澳大利亚原奶质量保证体系	25
04	乳粉：制造、功能和应用	59
05	奶酪：概述与应用	107
	a 奶酪概述	107
	b 奶酪应用	135
06	奶油和乳脂产品	163
07	高价值功能性乳制品配料	193
08	乳清产品	229
09	冷冻牛乳和冷冻稀奶油	257
10	澳大利亚乳品原料在超高温牛乳中的应用	269
11	澳大利亚乳品原料在酸奶中的应用	301
12	澳大利亚乳品原料在冰淇淋中的应用	325

前言

澳大利亚乳业局贸易团队非常高兴能够发布更新版的《澳大利亚乳品原料参考手册》，本技术指南手册专为在澳大利亚主要出口市场中使用澳大利亚乳品成分而设计。参考手册最初版本由澳大利亚乳业局于2005年发布，鉴于主要出口目的地重要客户的需求，现推出第三版。

澳大利亚乳业向全球上百个国家提供优质、增值和定制的乳制品，满足其不同需求和要求。澳大利亚乳业还继续积极投资于可持续发展和创新，支持业界的保持活力和持续发展。因此，这一版的手册新增了有关可持续发展、冷冻稀奶油和冷冻浓缩奶的新章节，并更新了原奶质量控制、澳大利亚食品安全体系、奶粉和奶酪在餐饮服务和烘焙行业中的应用、世界乳制品趋势和加工技术以及乳脂产品等相关内容。所有章节均由澳大利亚乳品技术专家编写。

我们希望这些信息能帮助您了解澳大利亚乳制品的质量、特性和应用。澳大利亚乳业局鼓励手册用户与澳大利亚原料供应商保持沟通，探讨澳大利亚乳品原料的最佳使用方法。澳大利亚乳业局在此感谢澳大利亚乳业界对本手册所给予的支持、审核和意见。手册亦提供电子版本。

期待收到您对本手册的意见和建议。

请将任何反馈发送至国际市场经理徐圆，邮箱为sarah.xu@dairyaustralia.com.au

希望本手册能帮助您了解澳大利亚乳制品及其制造过程，并增进您对澳大利亚乳业的信任和了解。我们的目标是供应最高质量的产品，满足您客户的需求，并在此过程中实现共同繁荣。



02 澳大利亚乳业行业 **可持续发展**

联合国对于可持续发展的定义是“既满足当代人的需求，又不损害后代人满足其需求的能力”。[1] 澳大利亚乳业行业持续多年致力于可持续发展，旨在坚持我们的承诺——为创造一个更加健康的世界提供富有营养的食品。

澳大利亚生产的乳制品优质、安全、营养，是一个值得信赖、灵活可靠的乳制品供应国。为了确保澳大利亚在国际市场上的地位，澳大利亚乳业界通力合作，共同面对和处理行业的可持续发展风险。澳大利亚乳业局及行业合作伙伴制定了《澳大利亚乳业行业可持续发展框架》(Australian Dairy Sustainability Framework)，引领澳大利亚乳业行业的可持续发展。

我们的可持续发展框架包括四个方面的承诺：

- 提升行业从业人员的经济效益和生计
- 改善人民的健康状况
- 为所有动物提供最佳照料
- 减少对环境的影响

该框架致力于关注澳大利亚乳业行业中可能对行业的可持续发展产生影响的所有问题。框架也用于衡量和向公众汇报行业可持续发展工作的进程。

我们已经制定了2030年目标与指标，以帮助我们实现可持续发展的承诺。这些工作都展示了我们行业对推动持续改进、实现更具可持续性的美好未来的坚定承诺。

自从2012年框架发布以来，我们根据外部形势的变化，对可持续发展的目标、指标和措施进行了回顾和审评。

这个框架覆盖整个乳业行业，并与联合国“可持续发展目标”保持一致。作为全球乳业可持续发展框架(Dairy Sustainability Framework)以及可持续农业行动平台(Sustainability Agriculture Initiative Platform，简称SAI)乳业工作小组成员的身份，也对我们的框架产生影响。

澳大利亚乳业可持续发展框架概要

承诺 1
提升行业从业人员的经济效益和生计

创造一个富有活力的乳业行业，为乳业从业人员和他们的家庭、乳业社区、企业和投资者提供回报。

目标 1 - 提高澳大利亚乳业行业的竞争力和盈利能力
目标 2 - 提升乳业社区的韧性和经济繁荣
目标 3 - 为所有乳业从业人员提供一个安全的工作环境
目标 4 - 为所有乳业从业人员提供一个高效并富有回报的工作环境

承诺 2
改善人民的健康状况

提供营养、安全和优质的乳制品。

目标 5 – 市场上所有乳制品和乳品原料都是安全可靠的
目标 6 – 乳制品为改善所有澳大利亚消费者的健康状况作出贡献

承诺 3
为所有动物提供最佳照料

致力于为所有动物的一生提供健康、福利和最佳照料。

目标 7 – 为所有动物的一生提供最佳照料

承诺 4
减少对环境的影响

面对气候变化的挑战，并对我们的自然资源提供良好的管理。

目标 8 – 改善土地管理
目标 9 – 提供水的使用效率
目标 10 – 降低温室气体的排放密集度
目标 11 – 减少浪费

1 联合国。可持续发展。网站链接：https://www.un.org/en/ academic-impact/sustainability

2.1 荣获国际认可的可持续发展框架

该框架的信息来源广泛，包括对大部分行业所面临紧迫问题（即实质问题述评）进行的分析，以及对全国范围内相关人士进行的征询。这个征询活动涉及了奶农和乳品企业以及利益相关各方，包括政府、零售商、客户、非政府组织和利益机构。

框架的建立覆盖了整个行业价值链，并以行业为主导，这在世界范围内实属首次。我们的可持续发展框架获得了全球乳品客户和组织的认可。2013年，联合利华公司认可澳大利亚所产牛乳具有百分之百的可持续性，这是在满足了该公司的可持续发展采购准则的要求以及我们行业的可持续发展框架的基础上所作出的决定。该框架还获得了澳大利亚班克斯亚基金会的可持续发展奖和联合国澳大利亚联会奖。

坚实稳固的治理机制

作为澳大利亚乳业行业的全国代表机构，澳大利亚乳业行业理事会（ADIC）对澳大利亚乳业行业可持续发展框架具有总体管理职责，这也反映了该框架覆盖整个行业价值链的特点。ADIC为框架设立目的、指标和效绩衡量标准，并定期汇报进展。

可持续发展框架的指导委员会则负责开发和实施框架的具体工作项目。指导委员会每季度举行一次例会，来自奶农组织、乳品公司和澳大利亚乳业局（即行业服务机构）的代表参加会议。就每项重大建议指导委员会从ADIC获得授权。

澳大利亚乳业局对框架的实施提供支持。

框架的征询论坛则包括行业内外的利益相关各方，论坛向框架工作进展提供反馈，并就国内和国际的最新问题进行各方参与的讨论。

图1 澳大利亚乳业可持续发展框架的治理模式









2.2 提升行业从业人员的经济效益和生计

承诺 1
提升行业从业人员的经济效益和生计

创造一个富有活力的乳业行业，为乳业从业人员和他们的家庭、乳业社区、企业和投资者提供回报。

目标 1 – 提高澳大利亚乳业行业的竞争力和盈利能力

目标 2 – 提升乳业社区的韧性和经济繁荣

目标 3 – 为所有乳业从业人员提供一个安全的工作环境

目标 4 – 为所有乳业从业人员提供一个高效并富有回报的工作环境

澳大利亚奶农和乳品生产企业对于乳业行业充满热情，全心投入安全和营养的乳制品生产之中。行业重视建设经济抗压能力和商业存续能力，这能够确保澳大利亚乳业行业的长远发展，并能够为澳大利亚国内和国际市场持续不断地提供富有营养的乳制品。

在澳大利亚，绝大部分奶牛全年在户外牧场和草场放牧养殖，并将优质的牧草和补充饲料转化为高质量的牛乳。澳大利亚实施严格的法规和质量保证体系，以确保乳业行业在供应高端、优质、安全和营养的乳制品方面令人羡慕的声望能够延续下去。

乳业行业在澳大利亚农业行业中排名第三位，是农业经济中的重要组成部分。在2020年7月1日到2021年6月30日的澳大利亚财政年度中，乳业行业在农场端创造了47亿澳元的产值。2020-21年度中，乳业行业在农场和加工企业端直接雇佣员工人数约为37400人。

乳品加工企业也做出了重大贡献。澳大利亚乳品企业联合会（ADPF）委托德勤经济学咨询公司发布**《澳大利亚乳业行业对经济和社会贡献报告》（Economic and Broader Contribution of the Australian Dairy Processing Industry）**，其中显示，创新是乳业加工的核心组成部分，也是澳大利亚乳品在澳大利亚国内和出口市场上的竞争力的重要支撑因素。在2017-18年度和2019-20年度，澳大利亚乳品企业在研发方面的投资达到了3600万澳元，研发活动包括新产品开发、现有产品改进以及现有加工工艺改进等。

除了经济贡献，乳业行业还是行业所在社区的支柱。乳品公司创造了就业机会、服务和社区活动，都对创造充满活力和韧性的社区做出了贡献。

《澳大利亚乳业行业规划》（Australian Dairy Plan）于2020年发布。规划内容与我们的可持续发展框架一致，旨在为行业在利润、商业信心和业界团结方面作出显著、可衡量的贡献。该规划确立了一系列与可持续发展框架中的经济韧性承诺相一致的承诺，包括：

- 吸引和支持更多人才和资金建设乳业行业；
- 增加市场推广方面的投入，提高对行业的信任度以及行业价值；
- 加强对牧场商务人才的关注，改善牧场盈利能力和风险管理能力。

《澳大利亚乳业局2020-25年战略规划》（Dairy Australia Strategic Plan 2020–25）中设立了在引导投资、改善盈利性、强化可持续发展以及吸引和培养从业人员等方面的优先工作项目。

行业相关方面对于乳业行业在行业链中人权的影响保持了高度的兴趣，澳大利亚立法要求所有产值超过1亿澳元的企业，包括乳业公司，都必须汇报他们在其供应链上对现代奴役风险的评估和解决行动。





行业行动

我们行业正在进行多个提升经济抗压能力和商业存续能力的项目。例如，以促进农场未来经营成功为目的而进行的多项投资，促成了饲料、用水、人员培训、基因技术和商务能力等一系列关键领域的创新。以下是一些重点概述：

商务技能的快速提升

“我们的牧场，我们的计划”（Our Farm, Our Plan）项目于2020年开始实施，是一个旨在快速提升牧场主商务技能的旗舰培训项目。该项目帮助牧场主确定长期目标，改善牧场经营并管理动荡风险。这个项目向牧场主提供两年一对一的支持，帮忙建立牧场发展计划并付诸实现。该项目由澳大利亚乳业局开发，并获得了来自加迪纳乳业基金和新西兰乳业协会的协助。2022年将继续重点推广这个项目。

另一个致力于为乳业行业创造清晰职业发展机会的项目为“乳业从业人士职业开拓”(Pathway for People in Dairy)项目。这个项目将数千求职人士与事业发展资源相联系，并为牧场主在提升新员工技能、创建安全积极的工作场所等方面提供帮助。

“牧场经理培训项目”(Dairy Farm Managers)则为乳业牧场资产所有权管理人员创造了新的途径。在未来五年当中，这个项目将支持160人开拓他们在乳业牧场管理方面的职业机会。



寻求盈利机会

“乳业基石项目”(DairyBase)网络工具帮助牧场主及其顾问测量和比较牧场长期的经营绩效。牧场主也可以用这一工具来进行未来产季的预算规划。通过将现有数据与生乳价格、投入成本的预测数据相结合，牧场主能够更为准确地预计牧场盈利机会。从2015年上线以来，“乳业基石项目”现在已经拥有了2500位用户。

监测牧场经营绩效

“乳业牧场跟踪调查项目”(Dairy Farm Monitor Project)为澳大利亚全国各地250个牧场提供综合性实地和财务分析。这些数据可为澳大利亚乳业局、各政府机构等乳业行业的利益相关方提供决策依据。

“乳业牧场跟踪调查项目”所收集的数据为“乳业基石项目”提供了高质量的、具有比较性的数据。所有牧场主都可以通过“乳业基石项目”获得这些数据，以便衡量和比较牧场的经营情况，识别需要改进的方面。

可持续性草饲体系

“乳业饲料基地项目”(DairyFeedbase)于2018年开始实施，通过使用最新的科技手段极大地改善了牧场的盈利性。这个项目可望在未来10年中为行业创造1亿澳元的回报。该项目开发了多个使用方便的数字工具，为牧场主带来实时数据信息，改善牧场决策，实现战略性投放饲料。“乳业饲料基地项目”是澳大利亚乳业局、加迪纳乳业基金会和维多利亚州农业部联手合作的项目。

塔斯马尼亚州农学院和澳大利亚乳业局正在进行一项价值650万澳元的五年项目，重点进行饲料研发，帮助牧场主在未来继续持有高效、盈利并可持续发展的放牧饲养体系。为了能够最大程度地利用研究结果，项目将在塔斯马尼亚州设立多个迷你牧场，在实际牧场条件下对实验理论进行测试。该项目名为“HIGH-2”(即“高质高产的草饲奶牛”的首字母缩写)，最终目标是实现在氮肥使用量下降一半的情况下，牧场主仍能够通过灌溉草场而产出等量的牧草，并在每公顷草场产出等量的乳固体。



繁殖具有盈利能力的奶牛

基因数据机构DataGene是一个由乳业行业所拥有的独立机构，负责通过研发和推广，为澳大利亚乳业行业开发奶牛基因和畜群改良的现代化方法和资源。该机构于2016年7月组建，汇集了许多“非竞争性”的畜群改良职能，包括基因、畜群检测、畜群登记、数据管理系统和畜群检测标准等，旨在让奶农和行业基于数据做出决策，进而达到利润最大化的目标。

该机构为乳业行业带来了先进的基因评估体系、每天更新的中心数据库以及DataVat——使用方便并能提供个性化的结果、方法和服务的平台。该机构最近更新了**平衡成效指数**（Balanced Performance Index）。该指数根据可对牧场成本和生产效率造成影响的重要基因特征，对奶牛进行排名。

由于奶农希望尽早获得基因收益和生产效率的效益，2020-21年度，奶牛和小母牛的基因测定比2019-20年度增长了一倍之多。

2020-21年度中，大约5万头奶牛进行了基因测试。基因数据处理速度加快、行业条件较好以及澳大利亚乳业局和DataGene机构联合举行的推广活动等因素，都促进了测试量的快速增长。

2022年另一个亮点是与畜群基因检测中心合作开发的一项新服务“畜群平台”（HerdPlatform）。通过该服务，奶农能够在网上获得数据以及牧场经营的新视点。

乳业生物科技机构DairyBio获得更多资金

维多利亚州政府对乳业生物科技机构DairyBio进行了5500万澳元的二期投资。这一合作项目旨在利用生物科技手段解决牧场主所面临的诸多问题。

该机构是州政府与澳大利亚乳业局和加迪纳乳业基金的合作项目，负责为奶牛和牧草品种的基因改进提供研发支持。

此外还有更长远的目标，即为奶农提供有关繁育和饲喂奶牛的方法和信息，让奶农能提高牛乳产量，获得更健康的牛犊，并降低甲烷的释放以应对气候变化。

该机构的很多技术和产品已经进入使用阶段，为奶农带来了巨大的回报价值。



案例分析：乳品加工公司对项目的支持

澳大利亚牛乳产量中大约三分之一用于出口，所出口的乳制品以高附加值产品为主，如奶酪、奶油、UHT牛乳和乳粉。

创新对于澳大利亚乳业至关重要，能够助其保持国际竞争力，继续向澳大利亚国内和海外市场供应高质量乳制品。

澳大利亚乳业局技术评估计划（DATA）为澳大利亚乳品公司提供支持，对于具有极大提升行业经济和环境绩效潜力的新技术或工艺进行评估，判定其可行性。

该项目由澳大利亚乳业局和澳大利亚食品创新机构共同出资，由澳大利亚乳业局管理，旨在降低投资决策的风险，并让创新技术得以迅速应用。

DATA最新的一个项目评估了乳品加工企业在能源供应方面的选项，有助于乳品企业更好地面对能源价格的上涨。这个项目重点评估了位于南澳州Penola地区的**联合乳品公司（Union Dairy Company）**乳粉厂能源供应情况，并提供了一个能源供应优先选项框架。该项目认为总体而言，一个综合性的能源供应组合能够在降低成本、获得灵活性、长期价格保障等方面之间取得平衡，为乳品企业产生效益。



另一个DATA的项目则帮助维多利亚州一个乳品加工企业对厌氧消化工艺的采用与否进行了详细评估。厌氧消化工艺用于乳清和废料的处理，并可衍生价值。项目发现，无论是企业自有还是使用第三方的厌氧消化工艺，都对企业有着非常积极的意义。

该工厂产生的乳清和废料量所生成的沼气，足以抵消工厂对电网的热能和电力供应需求。

2.3 改善人民的健康状况

承诺 2
改善人民的健康状况

提供营养、安全和优质的乳制品。

目标 5 – 市场上所有乳制品和乳品原料都是安全可靠的

目标 6 – 乳制品为改善所有澳大利亚消费者的健康状况作出贡献

乳制品能提供超过10种重要营养素，十分独特。这些营养素对于骨骼健康、神经和免疫系统、视力、肌肉功能、精力以及身体各部位的生长和修复都有至关重要的作用。

科学研究证明，饮用牛乳以及食用奶酪和酸奶，与降低心脏疾病、高血压和2型糖尿病风险存在联系，而与增重或肥胖风险没有关联。

科学家和营养学家越来越清楚地认识到，食用乳制品的益处大于分开摄入其中营养素的效益总和，而乳制品独特的组合营养效果可带来很多健康效益。

尽管如此，在可持续型饮食方面，动物蛋白产品（包括乳制品）正受到越来越多的审视，消费者对大豆、杏仁等植物基食品和饮料的需求在也不断增长。

《澳大利亚膳食指南》仍将牛乳、奶酪和酸奶认定为健康膳食结构中的组成部分。澳大利亚乳业行业将继续致力于支持包括在对《澳大利亚膳食指南》进行更新时继续获得认定。

行业也将继续就乳制品的健康益处对消费者进行教育。

澳大利亚联邦科学工业研究组织（CSIRO）于2021年在**《欧洲营养期刊》(European Journal of Nutrition)**中发表了研究报告指出，平衡饮食应当包括牛乳、酸奶等乳制品，而且这些饮食选择所带来的温室气体要低于一些其他不健康的饮食选择。

研究调查了1732位膳食质量指数较高、温室气体排放量较低的澳大利亚成年人膳食记录。这些膳食记录非常有帮助，因为这些都是易于其他澳大利亚消费者采纳和培养的膳食习惯。研究发现，这些更健康同时温室气体排放量更少的膳食结构中，90%包括了乳制品，尤其是牛乳，其次是奶酪和酸奶。这些膳食结构的显著特点是，甜食、快餐、软饮料等种类的食物摄入量较低。乳业行业正在致力于确保乳品作为健康和可持续膳食的组成部分而得到认可。

乳制品虽然有种种营养益处，但首先必须确保食品安全。在澳大利亚，乳业行业的整个产业链均执行严格的安全体系，以确保澳大利亚乳制品达到严格的食品安全要求。有关澳大利亚乳业行业全产业链食品安全体系的更多信息，可参阅**《澳大利亚乳业食品安全体系》**(Dairy food safety: The Australian approach) 手册。



行业行动

共同繁荣

作为全球第四大乳品出口地，澳大利亚以其优质安全、富有营养的乳制品而久负盛名。澳大利亚乳业牧场各有特色，加工企业规模各不相同，能够向我们世界各地的宝贵客户供应最优质的乳制品。

澳大利亚所生产的牛乳不仅供应澳大利亚国内市场，还加工成为高质量的产品，销往各大主要国际市场。

我们的使命是培养积极正面的行业文化，不论是澳大利亚的奶农，还是全球各地的重要客户都能与澳大利亚乳业行业共同繁荣。

澳大利亚乳业局在主要出口市场中建立了强大的行业人脉，并与行业共同努力克服法规和政策方面的难题，确保出口市场的稳定与增长。

澳大利亚乳业局向行业和政策在政策谈判方面提供技术支持，确保澳大利亚产品在重要市场的市场准入得到改善。国际市场发展项目强调澳大利亚是一个值得信赖、具有灵活性、可靠的优质乳制品供应国，并在国际客户中建立对澳大利亚乳制品的信任和喜爱。

乳品出口保证项目 (Dairy Export Assurance Program) 对市场准入提供支持。该项目致力于减少法规方面的负担和精简审核过程，让澳大利亚乳品企业在坚守澳大利亚乳品高质量盛名的同时，更加便利地参与出口。这是一个澳大利亚联邦政府、各州法规管理部门和乳业行业通力合作的项目。

乳业行业还向澳大利亚国内消费者进行宣传推广，例如乳品价值项目——**“Dairy Matters”**。

健康资料汇总

乳制品健康资料网站**“Dairy Product Health Resources”**汇集了乳品相关的丰富保健知识和菜谱，便于消费者和保健专业人士进行查询。

网站资料包括膳食指南和营养、乳品对健康的益处（包括骨骼和心肺健康）、饮食不耐和过敏问题等。此外，还包含针对生命不同阶段和不同活动量的消费者信息。

澳大利亚生乳质量大奖

澳大利亚生乳质量大奖向全澳生产最高质量生乳的牧场发放。生乳最高质量的定义为：在过去一年中所有登记牧场中，年平均体细胞数处于最低水平的前5%的牧场。乳业牧场必须有收乳的加工企业所提供的为期至少九个月的生乳体细胞数据，才能参加大奖赛的评比。然后，根据每个月的平均数据，计算出牧场的年均生乳体细胞数，最后获奖的是体细胞数处于最低水平的前5%的牧场。

鼓励食品安全文化

澳大利亚各州和领地的政府部门负责对当地乳业行业进行监管，以确保公众健康。维多利亚州的相关部门开发了一个保证食品安全的新方法，为消费者所购食品提供更大程度的安全保证。

维多利亚州这个新举措的名称为**“乳业法规技术”(Dairy RegTech)**，重点关注改善食品安全文化，因为更强的食品安全文化会带来更佳的食品安全成果。具体方法是对一个企业内的食品安全相关行为进行评估，并甄别需要强化的食品安全文化方面。

Dairy RegTech体系使用数字技术，精简乳业企业与维多利亚州监管部门之间的定期汇报和沟通程序。其数据库则帮助企业和监管部门通力合作，识别提升食品安全成效的最佳方式。

乳制品与植物饮品的对比

在过去十年中，植物饮品的流行程度出现了缓慢但持续的增长。

植物饮料在市场上以乳品替代品的形象进行营销，并在强化了足量钙质之后获得了《澳大利亚膳食指南》的推荐，与乳制品一起列入了五大食品类别之一。

与牛乳相比，植物饮料含有不同的维生素和矿物质，而且这些维生素和矿物质常常是后期添加到产品中的。只有大豆蛋白像动物蛋白一样含有所有重要的氨基酸，但是含量不及牛乳。牛乳所含的营养素是最天然的状态，也是生物活性的最佳状态。

植物饮料常常跟其来源植物并没有什么太多共通之处，每升造价更高，营养素含量却较低，而且营养成分构成的区别可能很大。更多相关资料请**点击链接**。

澳大利亚政府于2020年对食品标签法规进行了一次征询活动，其中涉及了在植物饮品中使用动物蛋白术语词汇的做法。政府邀请了个人、商家以及代表团体对此提出意见以供政府决策。

澳大利亚乳业行业理事会对此征询活动提出了建议。该建议书认为，植物饮品在产品推广和标签中错误使用了乳制品行业的术语和图片，例如“豆奶”（soy milk）。在这些术语的误导下，消费者可能会认为植物产品含有乳制品或者与乳制品相当的营养素，而事实绝非如此。2022年初，参与征询活动的政治人物发布了一篇报告，建议停止允许植物饮料使用动物类的描述词，例如乳类、奶酪类和肉类等产品的术语。



案例分析：乳制品降低养老院老人骨折几率

《英国医学期刊》（British Medical Journal）发表的一项研究表明，在养老院老人的日常饮食中增加乳制品，能够降低老人的骨折和跌倒发生率。

该研究历时两年，由墨尔本大学和奥斯丁医院主持，包含了位于澳大利亚南方的维多利亚州60个养老机构内7195位老人。这是首次测试以乳制品增加老年人的钙质和蛋白质摄入而对其骨折和跌倒风险所产生影响的研究项目。

大约三分之一的髋部骨折发生在养老院的老人当中，而且养老院老人有大约三分之二处于营养不良的状态或面临营养不良的风险。

该群体的乳制品摄入量通常不及《澳大利亚膳食指南》所推荐的一半水平。以往的临床试验均采用了药理学方式，即参加试验的老人在膳食中增加维生素D或钙片来降低骨质流失。

该项研究由墨尔本大学和奥斯丁医院的桑德拉·依乌莲诺博士主持进行。研究团队将天然含有大量钙质和蛋白质的乳制品添加到了养老院老人的日常饮食当中。

研究人员发现，只要将乳制品的摄入量从每天两份增加到每天3.5份，就带来了骨折和跌倒发生率的大幅降低。

“我们的随机受控实验显示，老人增加乳制品摄入后，臂部和腿部肌肉得到了维持，降低了跌倒几率。这在任何养老院中都是很容易实现的，因为这些乳制品随处可见、美味可口、价格低廉，而且能够添加到日常饮食当中。”依乌莲诺博士说。

该项研究发现，在试验开始3个月和5个月之间，所有骨折发生率下降了33%，髋部骨折发生率下降了46%，所有跌倒发生率下降了11%。

依乌莲诺博士希望这个研究成果可以帮助改善养老院相关政策以及临床操作。

该项研究的资料来源于九个国际乳业组织和三个慈善组织，包括澳大利亚乳业局。



2.4 为所有动物提供最佳照料

承诺 3
为所有动物提供最佳照料

致力于为所有动物的一生提供健康、福利和最佳照料。

目标 7 – 为所有动物的一生提供最佳照料

对于照顾奶牛的人而言，首要任务便是奶牛的健康和福利。为奶牛提供最佳照料是每个乳业牧场成功的基石，也有正确的意义。

乳业行业致力于遵守《澳大利亚牲畜的动物福利标准和指南》以及《澳大利亚牲畜陆路运输的动物福利标准和指南》。

澳大利亚奶农联合会是代表乳业牧场主的全国支持机构。联合会设有一个专职的动物福利政策顾问小组，并制定了乳品企业所支持的一系列行业政策，用于治理奶牛的福利。全行业达到统一应用的政策包括：禁止断尾；为牛角去除术提供止疼药物；致力推广正确积极的畜群管理方法等。行业还一致同意逐步淘汰牛犊引产的常规使用——从2022年1月1日开始生效实施。

预防性保健也是奶牛照料中至关重要的部分，包括安装牧场降温设施，以及针对跛足、动物营养和受孕率问题制定措施等。

行业在动物照料方面的表现则通过三年一次的基因和畜牧调查进行检测。该调查自2005年以来定期进行，对牧场运作进行跟踪，并通过对动物健康、福利、受孕率和基因方面的长期观察为行业提供决策依据。



行业行动

逐步淘汰牛犊引产的常规使用

常规化的牛犊引产，是少数季节性产犊牧场为了缩短产犊期的操作，可能造成牛犊的存活能力差、母牛产后疾病增加等后果。澳大利亚乳业行业不支持牛犊引产的常规使用，并在2015年达成行业共识，决定在2022年1月1日之前完成对这个操作的逐步淘汰。乳业行业成功达到了这个目标——从2022年开始，兽医诊所不再提供该项服务。出于治疗原因的牛犊引产将能够获得政策性豁免。



推广最佳的抗生素管理方法

抗生素是奶农为了确保奶牛健康和福利的重要工具，但必须得到认真负责的使用。乳业行业所持原则是抗生素使用量越少越好，可出于动物健康目的适量摄入，但应在兽医指导下进行。这样就能够降低产生抗生素耐药性的风险。

澳大利亚乳业局针对奶农和兽医开展抗微生物管理相关的知识普及，强调各方在改进牧场抗生素使用情况方面都有作用和责任。

为了获得牧场使用抗生素种类和剂量方面的信息，澳大利亚乳业局在2016-17财政年度和2019年分别出资进行了兽医销售的审查，审查的是同一批兽医诊所。过程中收集了兽医诊所销售的抗生素总量，而非直接的使用剂量，但数据能够显示所使用的抗生素种类。2019年的检查结果与2016-17年度结果没有发生重大变化。澳大利亚乳业行业中使用的所有抗生素必须由注册兽医开具药方。

澳大利亚杀虫剂和兽药管理局（APVMA）是管理澳大利亚农业和兽医化学品使用的机构，包括抗生素的管理。该机构对这些化学品进行评估和登记，并监督和实施最佳规范的使用和法规遵循情况。

使用新科技工具改进乳房炎管理情况

基因数据机构DataGene正在开发一套科技工具，可用于帮助奶农在检测牛群时甄别需要进行干奶期治疗的奶牛，数据将可通过DataVat获取。该技术能帮助奶农更方便地甄别乳房炎，并根据每头牛的需要在干奶期进行抗生素的选择和使用，而非统一的治疗方式。



案例分享：动物健康是全国奶牛改良进程的优先事项

澳大利亚乳业行业致力于不断改进基因数据，并向奶农开放数据，助其制定奶牛繁育计划。

2020年底，作为行业所拥有的遗传增益和畜群改良组织，DataGene更新了澳大利亚奶牛繁育价值指数，将奶牛健康放到了更重要的位置。这一更加重视健康的举措确保健康奶牛在均衡产奶表现指数（BPI）和健康加权指数（HWI）中的价值指数和排名都得到了提高。

此次繁育指数更新的背后，是历时六个月的审查工作，其中包括了行业调查、科学调查，以及对牛乳中的脂肪、蛋白质以及饲料和人工在牧场和产品中的价值分析。

很多牧场主支持这次更新，包括在维多利亚州东部吉普斯兰地区的牧场主简妮特·澳克特隆尼女士。她说：

“作为一位从事季节性生产的牧场主，改善牧场奶牛的健康状况和受孕率能够提高每头牛产出的乳固体。重点繁育具有相关特性的奶牛，能让奶牛提前产犊，延长产奶时间。这样一来每年奶牛都能更快地受孕、产犊，牛群的产奶期整体就更长。奶牛的效率是牧场效益的基础。这个新的HWI指数就是为我们这样季节性产犊的牧场所设计的。这个指数更重视奶牛健康和受孕率，是牧场未来收益的保障。”

在维多利亚州西南部的牧场主提姆·恒夫瑞斯先生说：

“HWI指数更关注奶牛的受孕率、存活率和预防乳房炎的能力。从我们牧场的角度而言，如果牛群主要是依靠放牧养殖的季节性产犊牛群，该指数就非常有价值。”

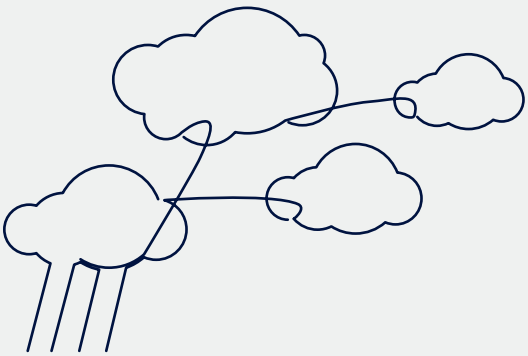
在新南威尔士州瓦格瓦格地区的牧场主赛蒙恩·爵立夫女士(也曾是DataGene的董事会成员之一)说:

“这些指数是为帮助奶牛和繁育顾问做出最佳决策而设计的工具。如果奶农想要改进自己的牛群繁育重点,挑选具有特殊性能的奶牛,那么就可以通过结合BPI指数和HWI指数来进行。单独使用BPI指数和HWI指数也同样有助于准确挑选性能良好的公牛。”



简妮特·澳克特隆尼女士。

资料来源:GippsDairy维多利亚州东部乳业协会
https://www.farmonline.com.au/story/7253399/getting-the-right-cows-for-the-system/



2.5 减少对环境的影响

承诺 4 减少对环境的影响
面对气候变化的挑战,并对我们的自然资源提供良好的管理。
目标 8 – 改善土地管理
目标 9 – 提供水的使用效率
目标 10 – 降低温室气体的排放密集度
目标 11 – 减少浪费

与其它农业行业一样,乳业依赖于自然资源。我们非常重视我们对水资源、生物多样性和土壤所具有的管理和看护职责,也需要减少浪费和降低温室气体的排放。

奶农处于直接面对气候变化影响的前沿阵地。澳大利亚乳业局的预测模型显示,自2000年以来,气候变化所带来的直接后果是乳业牧场生产力每年降低了0.6% - 0.9%。主要的影响为:牧草生产规律的变化;降雨量的减少;炎热气候对于牛乳生产的负面影响;以及包括森林大火、洪灾和干旱等极端气候发生率的增加。很多牧场主正在转变他们的放牧养殖体系,以确保牧场能够继续蓬勃发展。

澳大利亚乳业行业的目标是到2030年,乳业行业的温室气体排放密集度降低30%。这个目标已经容纳到了可持续发展框架当中,也同时获得了澳大利亚乳业局气候变化战略的支持。

澳大利亚乳品企业继续在非竞争领域通力合作,通过乳品企业可持续发展理事会(DMSC)的一系列项目,降低他们对环境的影响。



行业行动

来自乳品企业的数据显示，乳品加工行业正在减少水的使用量和填埋垃圾量，这是一个可喜的势头。数据还显示，自2010/11年度以来，乳品加工行业实现了温室气体排放的持续下降，排放密集度下降了23.5%，排放绝对量则下降了27%。

在牧场方面还有很多工作需要进行，包括测量排放量以及解决水资源的安全风险。行业采取了包括牧场上和牧场后的广泛措施，以支持在减少环境影响方面的进步。

了解土地、水和碳的发展趋势

澳大利亚乳业局每五年进行一次土地、水和碳的调查项目，收集牧场运作信息，在自然资源管理方面的态度、行为和操作方式提供更深入的了解。2020年，该调查项目采访了所有乳业地区的500位奶农，调查结果主要包括以下方面：

- 奶农认为害虫、有毒杂草和土壤健康是土地管理方面的三大挑战
- 在了解土壤限制以及管理极端炎热天气、长期干旱条件和极端天气（森林火灾或洪灾）方面，奶农具有普遍的信心
- 58%的受访牧场使用灌溉水，每年平均使用水量位586兆升
- 55%的受访牧场有水资源安全或管理计划
- 74%的受访牧场对挤奶棚的用水进行重复使用，挤奶棚用水总量的62%得到了重复使用
- 10个牧场中有8个牧场上有专用的人工植被遮荫区域（68%）以及（或）天然植被区域（54%）
- 有天然水源的牧场将水源区域进行栅栏保护的比例越来越高，74%的牧场有栅栏保护
- 牧场上安装可再生能源设备的比例出现了大幅增长，71%的牧场至少安装了一个该类设备
- 十分之一的受访牧场清楚自家牧场的碳足迹或温室气体排放情况
- 几乎所有受访牧场（94%）已经在实施减少温室气体排放的措施，包括种树、战略性的施氮量、改善能源使用效率和土壤固碳
- 绝大部分受访牧场重复使用大桶或容器

保护生物多样性的经济效益

作为全国农业管理计划的组成部分，澳大利亚政府正在研究设立一套证明或核准牧场生物多样性的方法。目前正在开展一个认证计划的试验项目，旨在对通过环境管理带来公共效益的土地管理者（包括奶农）提供经济激励。澳大利亚乳业局也参与了该试点项目。2021年开启了试点，2022年政府将公布政策声明。

制定环境管理的最佳规范

可持续乳制品（Sustainable Dairy Products）项目旨在评估和改善乳业供应链上的环境管理情况。该项目由澳大利亚政府通过全国土地管理智慧牧业项目进行投资。目前项目正在对行业相关方讨论和奶农访谈所获得的意见进行分析。项目将确定环境管理的最佳规范，确立行业达到环境标准所需采取的措施，并设计一套改进可持续乳品生产的学习工具。该项目现名为“EnviroTracker”（环境追踪器），已于2022年正式发布。

食品损失、浪费和包装

目前有数个着力解决食品损失、浪费和包装问题的项目正在进行当中。

澳大利亚乳业行业计划在2030年之前对牧场上青贮饲料的塑料包装实现100%的回收利用。该项目获得澳大利亚政府96.54万澳元的资金支持。澳大利亚乳业局将利用这项资金研究设计一套全国的产品管理体系。该系统需要具有商业运行价值，便于奶农接受和使用，并能提供可供循环利用的清洁材料。2022年，项目在维多利亚州西部启动了牧场试点工作。

2021年10月，澳大利亚包装协议组织（APCO）发布了《到2025年澳大利亚乳业可持续性包装行动计划》（Australian Dairy Sustainable Packaging Roadmap to 2025）。该计划由APCO与澳大利亚乳业局、澳大利亚乳品企业联合会[2]共同开发，为改善乳品包装的可持续发展属性提供了行业愿景和框架。澳大利亚的主要乳品品牌纷纷表示支持，并承诺通力协作，加快实现2025年澳大利亚全国包装目标的进程。

在循环经济商务创新中心的帮助下，澳大利亚乳业局将与澳大利亚停止食品浪费组织、澳大利亚乳品企业联合会共同开发“乳业行业食品浪费行动计划”（Dairy Sector Food Waste Action Plan）。该计划也得到了乳品企业可持续发展理事会的支持。行动计划将支持澳大利亚乳业行业实现在2030年之前在维多利亚州和全澳范围内将食品浪费量减半的承诺。

乳品企业可持续发展理事会

澳大利亚乳品企业在乳品企业可持续发展理事会（DMSC）的框架下合作，力求降低企业对环境的影响。DMSC是一个全国性组织，成员主要是澳大利亚乳品生产企业的环境和可持续发展经理。DMSC的工作重点涉及整个行业，旨在帮助成员公司在非竞争领域进行合作，改善公司运作的环境绩效和可持续发展情况。

为帮助乳品企业在减少环境影响方面做出努力，澳大利亚乳业可持续发展框架包含了减少用水量、降低温室气体排放和减少浪费的相关目标。

DMSC成员公司每年提供相关信息，汇报在降低环境影响方面的绩效。2019/20年度，百嘉奶酪公司、布拉乳品公司、Burra食品公司、Chobani澳大利亚公司、雄狮乳品和饮料公司、恒天然澳大利亚公司、拉克塔利斯澳大利亚公司、联合乳品公司和萨普托澳大利亚公司均提供了相关数据。这些公司所加工的牛乳占澳大利亚全国牛乳总产量的86%。

主要成效包括：

- 2019/20年度，乳品公司的用水密集度比上年下降了5.7%
- 2019/20年度，温室气体排放密集度下降了3.3%，该指数从2010/11年度以来下降了23.5%，从2015年以来下降了10%
- 自2010/11年度以来，温室气体排放绝对量下降了27%
- 乳品公司将93%的填埋垃圾转向分流，该比例上年为76%。

2 全国行业政策机构“澳大利亚乳品企业联合会”（ADPF），代表澳大利亚乳业行业的商业和牧场之后的相关方，包括澳大利亚乳制品的加工企业、贸易商和经销商。

案例分析：西澳州乳业制定了清晰的牧场废弃物排放标准

西澳州乳业行业非常重视降低牧场废弃物的环境影响，并更新发布了《西澳州乳业牧场废物排放管理行为准则》(Code of Practice for Dairy Farm Effluent WA)。

该准则最初于2012年由西澳州乳业协会和西澳州政府水资源和环境法规部 (DWER) 共同开发，为西澳州所有乳业牧场的废物排放管理提供了明晰的标准。

2020年，奶农、乳品企业、州政府和当地政府以及乳业行业相关各方对该准则进行了全面的回顾审查。更新之后的准则与政府指南、现有的最佳管理规范更加吻合，并能满足行业和社区的期望。

西澳州乳业协会主席和奶农彼得·伊文斯先生说，该准则能够帮助奶农确定，相对于牧场大小来说，现有或正在筹建的废物排放系统是否符合行业标准。

伊文斯先生说，奶农展示了达到高标准的决心，并在过去四年中在废物分离、储存和应用技术方面进行了大量的投资。

通过该项目，在建造和更新牧场废物排放系统方面已经投入了197万澳元，31个牧场的出资比例不低于成本的50%。

“该准则鼓励奶农利用牧场排放物为牧草提供营养供应，这样不仅对环境有益，也有利于牧场的业务收益。”他说。

DWER的乳业项目协调人布里·布朗女士说，政府与行业持续的合作关系对于西澳州改善牧场废料排放管理是至关重要的。

“更新后的准则为奶农提供了行业、政府和更广泛的社区的期望和清晰的标准，也鼓励奶农为达到标准进行创新，采取更灵活的措施。”布朗女士说。



杰·文德手拿《西澳州乳业牧场废物排放管理行为准则》。

案例分析：乳品企业降低对环境的影响

澳大利亚乳品企业纷纷采取行动，降低企业运作对环境的影响（包括升级设备），以节省能源以及在再生能源生产方面进行投资。

最近的一个示例是**Chobani**公司获得的2020年APCO行业奖食品饮料行业奖项。该奖项是对于该公司在可持续发展包装方面领先工作的认可。Chobani公司在澳大利亚《可持续性包装指南》和《2025年全国包装行业目标》的基础上，开发了公司内部的可持续发展包装行动路线计划。现在，Chobani公司已经将澳大利亚回收标志应用于所有产品的包装，所有产品包装中的75%可以通过澳大利亚日常回收体系进行回收。另外，Chobani公司还承诺减少B2B产品包装，并同供应商合作建立大宗产品包装的回收再利用系统。

恒天然公司与海洋森林公司进行合作，试验使用海藻作为饲料添加剂来减少牧场环境下的奶牛温室气体排放量。该试验将使用一种天然生长在澳大利亚和新西兰海域的海藻——**海门冬**作为饲料添加剂。

在澳大利亚联邦科学和工业研究组织（CSIRO）的实验室研究中发现，这种海藻显示出了将奶牛温室气体排放量降低80%的潜力。该项目组正在研究在这一效果在大型牧场重现的可能性。目前的研究重点是了解其潜在的食品安全风险，以及对牧场运作和盈利性的影响。

百嘉奶酪公司针对提高塑料牛乳瓶中再利用塑料原料的比例，进行了一个可行性测试。百嘉公司与技术专业公司Qenos和Nextek合作，并获得了澳大利亚食品创新公司和澳大利亚乳业局的资金资助。实验结果表明，再利用塑料的比例可以提高，不过需要进行更进一步的评估工作。



Nextek再利用项目（从左到右）：安德鲁·巴鲁塔斯（百嘉奶酪）、彼得·考兹（百嘉奶酪）、阿德瑞安·范迪克（百嘉奶酪）、莎莉尼·辛格（百嘉奶酪）。

萨普托澳大利亚公司、百嘉奶酪公司和**拉克塔利斯澳大利亚公司**正在与悉尼科技大学、PEGRAS技术公司合作，开展一项改进乳制品商标粘合剂去除便利度的项目。该项目已经开发了全球首个高密度聚乙烯（HDPE）包装粘合剂残留水平的检测方法（专利权待定）。同外，HDPE包装标签和粘合剂分离技术也在开发进程中。

如果项目获得成功，将提高这些材料的回收再利用效率，进而产出更高级别的回收利用材料。

Burra食品公司使用超滤和反渗透技术将废水中的水和生物物质进行分离。该项目为公司节省了大量成本，因为工厂产出的有机物质需以卡车从维州东部吉普斯兰地区运往140公里之外回收工厂进行回收，而这一做法成功将卡车运送需求减半。该项目还成功减少了能源造成的温室气体排放，并且提高了发酵容器中的清淤效率，让工厂的废水处理能力得以提升。近年来，公司还不断探索从这些富含营养素的生物物质当中获取增值的方法，例如是否可以用于生产农业领域的土壤改善产品。

总结

- 在澳大利亚和全球针对可持续发展挑战的种种行动之中，澳大利亚乳业行业扮演着不可或缺的角色。
- 澳大利亚乳业行业承诺提供富有营养的产品，共同创造一个更为健康的世界。为了实现这个承诺，我们制定了针对乳业从业人员、社区的健康、动物和环境方面的可持续发展计划。
- 澳大利亚乳业可持续发展框架已获得国际认可，是我们推进可持续乳品生产的指南，并制定了到2030年的各项目标，确定了我们将继续为让世界更美好而努力的雄心壮志。
- 澳大利亚乳业行业为达到我们的可持续发展目标正在开展一系列的行动和项目。

参考文献

https://www.dairy.com.au/sustainability

https://www.dairy.com.au/sustainabilityframework

https://www.dairyaustralia.com.au/manufacturing-resources-and-support/dairy-manufacturers-sustainability-council

https://dairysustainabilityframework.org/





03 澳大利亚原奶质量保证体系

目录

3.1 引言 25
3.2 牛乳的成分与风味 27
3.3 原奶污染物 29
3.4 牛乳固有成分导致的牛乳变质 36
3.5 原奶的贮藏和运输（冷链） 36
3.6 原奶检测标准、方法以及结果判定 40
3.7 限制生乳及其产品的销售 42
3.8 关于原奶质量的规定 42
3.9 乳品公司对于原奶质量的管理 42
3.10 检测方法的最新发展 42
3.11 结论 43
3.12 常见问题解答 44
3.13 术语表 54
3.14 参考文献 56

3.1 引言

生乳的定义

《澳大利亚新西兰食品标准法》第2.5.1条标准对“乳”（milk）做了如下定义：

乳是指：

a 来自于一次或多次取乳，用于作为液态奶食用及深加工的哺乳动物乳腺分泌物，初乳除外；或者

b 添加了植物甾醇、植物甾烷醇及其酯类的产品。

脱脂乳是指“除去了乳脂的牛乳”。

准则还规定了牛乳成分的最低要求。标准2.5.1规定了零售包装牛乳必须含有：

a 牛乳；或者

b 为使产品符合本标准的要求，添加了牛乳成分或提取了牛乳成分的牛乳。

c 来自奶牛的牛乳，乳清蛋白与酪蛋白的比例与生乳相同，并且：

d 所含乳脂不少于32克/千克；以及

e 以粗蛋白计，所含蛋白质不少于30克/千克。

注：澳大利亚新西兰食品标准委员会出版了《食品标准法》，可在以下网址查阅 http://www.foodstandards.gov.au/code

国际食品法典委员会（1999）所采用的与澳大利亚已采用的官方定义略有不同，其定义如下：

“乳是来自于一次或多次取乳，未经任何添加或者从中抽提，计划用于作为液态奶食用或深加工的正常哺乳动物乳腺分泌物。”

国际食品法典委员会（2004年）定义的生乳为：未被加热到40°C以上（40°C是健康奶牛正常体温范围的上限）或是经过等效处理的牛乳。健康奶牛正常体内温度是38.6°C，而奶牛体温范围可以从37.8°C到40.0°C。

本章中关于生乳质量的讨论仅限于牛乳。讨论的时间范围从奶牛挤奶开始，至对生乳进行巴氏杀菌或其他等效处理为止。在此期间，生乳会经历过滤、冷却、储存、搅拌、抽送和一次或多次运输，并进行巴氏杀菌，但不会采用其他方式进行加热处理。

澳大利亚牛乳生产卫生体系概况

此章节透过澳大利亚的乳品产业来探讨生乳的质量议题。以下为此议题相关的澳大利亚乳品产业要点：

- 由业主经营的乳业农场在澳大利亚的乳品产业占主导地位，换言之，农场主既是农场的拥有者，又是经营者，有时也雇佣劳动力。
- 澳大利亚奶牛的主要品种是荷斯坦牛，占到奶牛总数的近80%，另外的重要品种有娟姗牛（10%），以及荷斯坦-娟姗杂交。此外还有其它一些品种，如Illawarra（也叫澳洲红牛）、更赛牛、瑞士褐牛以及艾尔夏牛。
- 澳大利亚的气候和自然资源对乳业十分有利，因此澳大利亚乳业以牧草饲养为主，约60%至65%的饲料需求通过放牧获得。其余的饲料则以谷物、干草和青贮饲料的形式提供，用以提高产奶量和改善牛乳成分。季节性变化在澳大利亚东南部的维多利亚州尤为明显。该地区的牛乳产量通常在十月达到高峰，而在天气较凉的五月和六月逐渐减少。然而，由于昆士兰州、新南威尔士州和西澳大利亚州在产品结构上更侧重于饮用奶和新鲜乳制品，这些州的牛乳生产季节性特征则不那么显著。

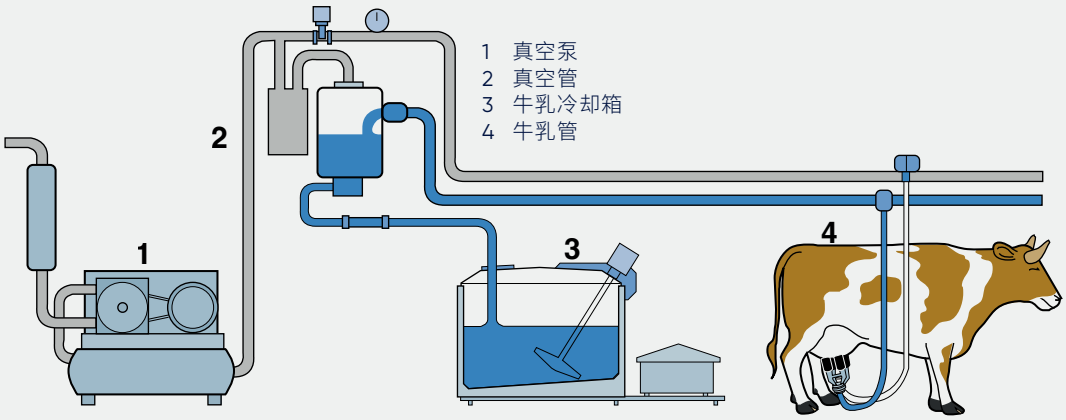
在大多数牧场，奶牛每天在牧场中央的挤奶棚中通过机器挤奶两次，这种挤奶车间通常被称为“dairy”。挤奶时，奶牛会从牧场的放牧区或饲喂区赶入挤奶车间，挤完奶后便立即返回放牧区或饲喂区。牛乳会在牧场内的隔热不锈钢散装储奶罐或储奶筒中冷却至4°C或以下，通常为2-3°C，等待工厂的散装奶罐车前来收取。

根据储奶罐或筒的容量以及乳品加工企业的收奶政策，牛乳会每天由隔热不锈钢公路罐车从牧场取走并运输至加工厂。在加工厂，牛乳会抽入隔热储存筒中，通常储存不超过24小时，随后根据需要进行巴氏杀菌及进一步加工，制成液态饮用奶、奶酪或乳粉等乳制品。



澳大利亚饲养奶牛的牧草——澳大利亚主要饲料来源

图1 挤奶车间的总体设计特点是挤奶器与牛乳冷却使用同一条管道，通过储奶罐外壁的直接延伸盘管将牛乳温度降于4°C以下



来源：《利乐乳品加工手册》第三版，2015年

3.2 牛乳的成分及风味

雌性哺乳动物分泌乳汁，目的是为后代提供全面的营养需求。但不仅如此，乳汁还对幼崽有多种生理功能，包括：通过免疫球蛋白及其他抗菌因子提供被动免疫；通过酶、酶抑制剂、结合或载体蛋白协助消化；以及通过生长因子和激素促进生长。由于不同哺乳动物物种在营养和生理需求上存在差异，乳汁的成分也在物种之间表现出显著差异（Fox，2003）。下表展示的是主要商业乳用动物与人乳在总体成分上的对比。

哺乳动物乳汁的典型成分(%)(Fox, 2003)

品种	全固形物 %	脂肪 %	蛋白质 %	乳糖 %	灰分 %
奶牛	12.7	3.7	3.4	4.8	0.7
水牛	16.8	7.4	3.8	4.8	0.8
山羊	12.3	4.5	2.9	4.1	0.8
绵羊	19.3	7.4	4.5	4.8	1.0
人类	12.2	3.8	1.0	7.0	0.2

乳汁的总体成分虽看似简单，实则极其复杂。例如，乳脂中含有多达400种脂肪酸，由此形成数千种甘油三酯和复杂脂类。除了八种主要蛋白质（αs1-、αs2-、β-酪蛋白、κ-酪蛋白、β-乳球蛋白、α-白蛋白、血清白蛋白和免疫球蛋白）之外，乳汁中还含有至少80种微量蛋白质，包括约60种酶。乳汁中的灰分部分含有至少30种元素，对乳的稳定性和营养性至关重要。乳汁中还含有所有已知的维生素，部分维生素的浓度在所有食物中属于较高水平。（Fox，2003年）。

牛乳是一种高度可变的生物液体。牛乳成分会因个体差异、品种、健康状况、饲料的营养结构、泌乳阶段、奶牛的年龄以及挤奶间隔时间而有所不同。对于这些因素造成的牛乳成分差异，工厂虽然可以通过混合多个牧场的牛乳来加以平衡，但仍存在一定程度的差异，而且该差异还可能因季节和饲料供应情况而相当显著。例如，牛乳脂肪中的脂肪酸便会受奶牛每日饲料的强烈影响。牛乳成分的差异会影响其加工性能以及由此制成的产品。部分差异可通过畜牧管理或加工技术尽可能缩小，但有一些差异仍可能持续存在（Fox，2003年）。

从理化角度来看，牛乳是一种非常复杂的液体，其成分分布于三种不同的相态当中。从数量上看，牛乳干物质中约40%是真溶液形式，即乳糖、有机和无机盐类、维生素及其他小分子溶解于水中。在这一水溶液中，蛋白质（包括可溶性乳清蛋白和酪蛋白）以直径为50至600纳米（nm）的胶体大聚集体或胶束形式分散于其中；脂质则以乳化状态存在，呈球状颗粒，直径在0.1至20微米（μm）之间，由脂蛋白膜（称为牛乳脂肪球膜）稳定包覆（Fox，2003年）。

牛乳略带的甜味来源于其中的乳糖，甜度约为蔗糖的六分之一。牛乳所带来的愉悦口感，则归因于胶体成分及脂肪含量。牛乳的白色来源于胶体粒子（尤其是酪蛋白胶束）对光的散射作用。牛乳的其他物理性质，例如冰点和pH值，则主要由溶于真溶液中的低分子质量化合物所决定（Fox，2003年）。

新鲜牛乳略呈酸性，pH值在6.6至6.7之间。正常牛乳的酸度以乳酸计，通常在0.15%至0.18%之间（Webb等，1974年）。

乳汁的渗透压和冰点与泌乳动物的血液相等。因此，乳汁中的乳糖和灰分含量变化范围很小，在同一种动物中基本恒定。乳糖含量的升高或降低会由其他可溶性成分含量的相应降低或升高来补偿（Webb等，1974年）。

牛乳本应直接由乳腺分泌，并由小牛定期挤出。然而，在乳业生产中，生乳通常会储存数小时至数天不等，并在此期间受到冷却和搅动。这些处理会引起一些物理变化，并导致一定的酶促和微生物变化，从而可能对牛乳质量产生不利影响。因此，生乳是一种高度易腐的产品。然而，通过一个组织良好、高效运作的乳品产业，可以对其易腐性进行有效管控（Fox，2003年）。

乳制品容易出现多种质量缺陷。这些缺陷可能来源于奶牛饲料，也可能源于生乳在生产、运输或储存过程中受到的微生物、化学或物理污染。如果只依赖实验室设备来检测出所有可能的缺陷（包括异味和怪味），难度很高且耗时。例如，许多引发异味的化合物浓度低于多数实验检测设备的检出范围。相比之下，乳业中经验丰富的质量评估人员运用感官评估的方法，长期以来成功进行了质量控制与等级评定，这一实践已有超过50年的历史（Delahunty，2003年）。

由经过培训的操作人员对牛乳质量进行感官评估，是收集、运输及接收生乳进入加工厂之前的关键验收环节，这一过程称为“牛乳分级”。但目前，生乳的感官评估通常仅限于对其气味和外观的判断，因为行业普遍认为，品尝生乳对评估人员的健康构成不可接受的风险。

3.3 生乳污染物

牛乳必须具备理想的化学成分，并符合卫生质量标准。牛乳必须经过适当的热处理，确保对人体健康无害且可安全食用。这对于公共健康以及乳制品的品质至关重要。即使是来自饲养良好的健康奶牛，牛乳也可能在挤奶之前、过程中或之后受到污染。这些污染所引起的任何变化都会对牛乳的质量与安全性造成不利影响。以下将讨论各种类型的牛乳污染物及其来源和影响。

微生物污染

健康乳房中的牛乳本身不含有微生物；然而，一旦挤奶过程开始，牛乳便可能受到多个来源的微生物污染，包括：挤奶过程中乳头管道及乳头外表面的微生物；环境中的水、土壤和灰尘；挤奶设备和输乳管道；奶场用的大容量储奶罐；运奶罐车；加工厂内的输乳管道、泵以及储奶筒（Frank和Hassan，2003年；Slaghuis等，2003年；White，2003年）。

某些微生物能够逆行进入乳头管，使无菌采集的牛乳受到污染。这类微生物被称为乳房共生菌，是乳房正常微生物群的一部分。乳房共生菌通常带来的污染水平较低，一般为每毫升100至1000个菌落形成单位（cfu）。这类污染来源是无法完全避免的。乳房正常微生物群主要由链球菌、葡萄球菌和微球菌组成（Frank和Hassan，2003年；Heeschen，1996年；White，2003年）。



吸乳杯为挤奶设备的组件之一，图为其在牛乳房上的实际应用

在挤奶过程中，牛乳可能进一步受到微生物污染。然而，只要采用卫生的挤奶操作和设备，奶场储奶罐中牛乳的总细菌数应不会超过每毫升10000个菌落形成单位（cfu）。为实现这一目标，牛乳必须立即冷却至低于4°C，以抑制污染菌的生长。在适当的储存条件下（不超过2天），牛乳的总细菌数预计可控制在每毫升1000至50000个cfu之间。当冷藏牛乳因微生物活动开始变质时，若牛乳总细菌数达到每毫升1×10^{6}至1×10^{7} cfu，感官方法可首先检测出异变。然而，现今尚无法界定出一个变质发生的具体临界数值，因为牛乳之间不同的微生物群构成及储存时间，都会对其造成差异（Heeschen，1996年）。

链球菌性无乳症和**金黄色葡萄球菌**是引起乳房炎的主要细菌种类；但也存在其他致病菌，包括**不乳链球菌**、**乳房链球菌**和**大肠杆菌**（Bramley和McKinnon，1990年）。

感染**金黄色葡萄球菌**的乳区所产牛乳的总细菌数通常为每毫升1×10^4 cfu；而感染**链球菌性无乳症**的乳区所产牛乳，细菌总数可能超过每毫升1×10^6 cfu（Heeschen，1996年）。

生乳中的微生物群一般可分为以下几大类：

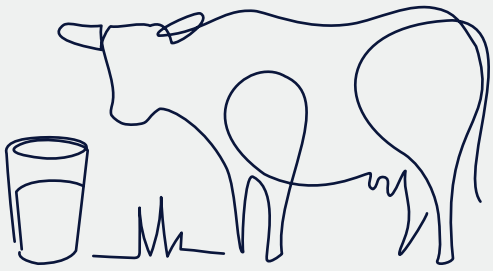
- **乳酸菌：**该类包括乳酸链球菌、乳杆菌和肠球菌。牛乳是生产发酵产品（如奶酪和酸奶）所用商业乳酸菌种的原始来源。如果牛乳未能立即冷却，这些微生物便可迅速在牛乳中繁殖并产生乳酸，导致口感变酸、pH下降，最终引起牛乳凝固。在有利于细菌生长的条件下，这些质量缺陷可能在数小时内就会显现。将牛乳冷却至低于4°C可有效抑制乳酸菌的生长。
- **耐热菌：**这类细菌通常为革兰氏阳性菌，主要包括**微杆菌属**和**微球菌属**的营养细胞，以及**芽孢杆菌属**的芽孢。巴氏杀菌无法杀灭耐热菌。如果牛乳冷却至低于4°C，耐热菌对生乳质量的影响相对较小。然而，其中一部分会影响巴氏杀菌乳及其他乳制品的细菌计数，而芽孢杆菌的芽孢在经过热处理的牛乳中可能萌发，在巴氏杀菌乳、奶油及超高温灭菌乳（UHT）等产品中引发质量缺陷。

  奶场生乳中的耐热菌计数被视为评估挤奶设备卫生水平的重要指标。一些乳品公司会定期对其收购的生乳进行此类检测。如果耐热菌计数低于每毫升2×10^3 cfu，表明该奶场的卫生水平较高。

  嗜热菌是耐热菌的一类亚群，可能在高温工艺及长时间生产过程中引发乳制品质量问题，例如乳粉和炼乳。它们通常是需氧的芽孢形成菌（如**芽孢杆菌属**），来自生乳，无法通过巴氏杀菌加以杀灭，并在加工厂高温区域的设备表面形成生物膜。在这种环境下，它们能迅速生长并污染产品（Craven等，2001）。
- **嗜冷菌**：这类细菌可在冷藏温度下于牛乳中继续以较慢的增殖速度生长。它们多为革兰氏阴性杆菌，其中最常见的属为假单胞菌属，最常见的种为荧光假单胞菌。在4°C下，荧光假单胞菌的倍增时间约为10小时。如果牛乳中初始的嗜冷菌计数为每毫升1×10^4 cfu，4天内其数量可增长至每毫升超过1×10^6 cfu。

  嗜冷菌对牛乳质量的影响可能非常严重，尤其是因为许多嗜冷菌产生的蛋白酶和脂肪酶具有很强的热稳定性。因此，这些细菌不仅可能影响生乳的质量，其所产生的耐热蛋白酶尤其可能在加工后仍具有活性，进而影响如奶酪和超高温灭菌乳（UHT奶）等乳制品的质量。

  为避免嗜冷菌对牛乳及其他乳制品质量造成不良影响，必须确保牛乳的生产、储存及处理全过程使用卫生的设备和方法，且将牛乳储存于低于4°C，并在尽可能短的时间内进行巴氏杀菌处理，最迟不超过3至4天。在长期冷藏条件下，嗜冷菌最终将成为生乳中微生物群的主要类型。



- **大肠菌群**：生乳中可能存在大肠菌群，包括大肠杆菌。虽然在巴氏杀菌产品中检测出大肠菌群通常表明加工厂卫生条件差或加工工艺不当，但只要牛乳储存温度低于4°C且不作为生乳饮用，其在生乳中的存在通常不被认为具有特殊意义。
- **病原菌**：生乳中可能存在多种致病微生物，常见的包括沙门氏菌属、单核细胞增生李斯特菌、空肠弯曲菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、小肠结肠炎耶尔森菌、蜡样芽孢杆菌和化脓性链球菌。所有这些病原菌均可通过巴氏杀菌有效灭活，因此应避免食用未巴氏杀菌的生乳。

  生乳亦可能作为传播人畜共患病的细菌——**牛分枝杆菌**和**布鲁氏杆菌**的媒介。然而，这两种微生物目前已从澳大利亚奶牛群中消除（Bramley和McKinnon，1990年；Frank和Hassan，2003年；Heeschen，1996年；White，2003年）。



奶牛在转盘式挤奶设备中挤奶

体细胞

乳房炎是乳腺组织的炎症，由乳腺内部的微生物感染引起，导致牛乳成分发生改变。乳业中检测乳房炎的主要方法有两种：(i) 对生乳进行目视检查，以发现凝块、絮状物等临床症状；(ii) 测定牛乳中的体细胞数（SCC）。体细胞是白细胞（即白血球）。在炎症发生时，白血球在牛乳中的数量会显著增加。只要乳房有任一乳区产出的牛乳出现临床迹象，该牛乳即被定义为“异常乳”。

目前业界尚无特定的体细胞数可作为明确划分正常乳与异常乳的界定值。不过，初次泌乳且无乳房感染史的健康青年母牛，其正常且健康的乳房所产牛乳的体细胞数应低于每毫升10万个细胞。如果体细胞数超过每毫升20万个，表明奶牛存在感染和炎症，至少在青年奶牛中是如此。而有乳房炎病史的老龄奶牛，体细胞数即使达到每毫升20万至40万个，可能也不会表现出临床型乳房炎的任何症状。在澳大利亚，可接受的体细胞数上限为每毫升40万个细胞。在乳房严重感染的情况下，来自感染乳区的牛乳体细胞数可能超过每毫升1000万个（Anon., 2005；Smith, 2002）。若乳腺感染程度足以导致体细胞数升高，但未表现出凝块等临床感染迹象，则称为亚临床型乳房炎。

总而言之，牛乳的体细胞数越高，质量越低，尤其在加工性能方面的表现会有明显差异。高体细胞数也反映了牧场管理不善，特别是在挤奶操作与动物健康管理方面存在问题。

奶牛感染症治疗手段当中抗菌物质的残留

人们目前普遍采用抗菌类药物来治疗牲畜的细菌感染，或者预防疾病传播、促进动物生长，以及提高畜产品产量。在奶牛的治疗中，最常用的抗菌剂是用于治疗乳房炎的抗生素。其他包括蹄叶炎、呼吸道疾病和子宫炎在内的很多疾病也会用到抗菌剂来治疗。

许多抗菌类产品都可用以治疗泌乳期间奶牛的临床型乳房炎，同时也可以在泌乳期结束时作为针对干乳期乳房炎的预防措施，这一应用手段称为“干乳治疗”。上述两种类型的抗菌剂手段通常采用直接注入乳头的给药方法，但若情况严重，第一种手段也可采取全身给药的方式。

然而，无论采用什么样的给药方法，所有用于治疗或者预防乳房炎的抗菌类药物都会不同程度地残留在牛乳中。

之所以要关注牛乳中抗菌剂的残留情况，有两个原因：

1 **技术层面**：抗菌药物残留会在发酵乳制品（如奶酪和酸奶）生产过程中部分或完全抑制乳酸发酵菌种的产酸能力。这类残留还可能导致奶酪熟化不充分，造成产品风味和质构的缺陷。

2 **健康层面**：某些消费者在食用含有抗生素及其代谢产物残留的食品（如β-内酰胺类抗生素）时，可能会出现过敏反应。在用于治疗乳房炎的多种抗菌药物中，β-内酰胺类抗生素中的青霉素及其衍生物是泌乳期奶牛最常用的药物，既会单独使用，也可能与其他抗菌药物联合使用。其他常用抗菌药物类别包括氨基糖苷类、大环内酯类和磺胺类。

人们普遍担忧畜牧业和人类医疗产业对抗菌药物的广泛使用可能会导致抗生素耐药病原体的发展。细菌可在抗生素的作用下发展出耐药性，而牛乳中抗生素残留的存在就会提供另一种促进耐药性产生的途径。此外，耐药细菌及其耐药基因还可能通过食物链从动物传播至人类（Fischer等，2002a；Honkanen-Buzalski和Suhren，1999年）。

牛乳中抗菌剂残留的管理需要由政府部门、乳品公司和奶农的通力合作才能够有效执行。

在澳大利亚，所有的农用或兽用化学药品（包括应用于奶牛的抗菌剂）在使用之前都必须在澳大利亚农药和兽药管理局（APVMA）注册。注册后方可在澳大利亚境内生产、分发或销售，而且只有经注册的药才能保证具有与标签一致的安全性和有效性。作为注册程序中的一部分，每种产品都需要设定休药期，并在适当情况下设定可在牛乳中残留的最大限量（MRL）。

可在牛乳中以MRL残留的抗菌药物有：苄基G青霉素（0.0015毫克/千克）、链霉素（0.2毫克/千克）、多种磺胺类药物（例如磺胺嘧啶，0.1毫克/千克）以及四环素（0.1毫克/千克）。在上述每种情况下，最大残留限量均设定在接近检出极限的位置。对于一些已注册的抗菌药物，《澳新食品标准法典》并未规定最大残留限量（详见第1.4.2号标准“最大残留限量”，仅适用于澳大利亚，2015年6月）。因此，在澳大利亚，任何销售含有可检出量抗菌药物残留之牛乳的行为均属违法。

乳品公司必须对收取的生乳不断监测，以判断是否存在抗菌剂残留。

对于治疗乳房炎或其它用途的抗菌剂使用情况进行管理，在牛乳生产中是极其重要的工作。

化学物残留

牛乳中的化学残留物按照来源可分为以下几种：

1 **农业杀虫剂。**该类化学物质主要用于奶牛饲料作物和草地，包括杀虫剂、除草剂、杀真菌剂。这些化学物质通过牛体进入乳中，而其残留可通过血液-泌乳通道进入牛乳。

但是，在目前使用的大多数杀虫剂中，只有不超过5%通过饲料进入牛乳，其它部分或在牛体中分解，或随着尿液、粪便排出体外。随着良好农业操作规范（GAP）的实施，牛乳中不应该再出现杀虫剂残留，即使出现残留也应该在最大残留量之下（Bluthgen和Tuinstra，1997年）。

GAP包括选择经注册农用化学品且按照标签说明使用，以及注意牧草的停药期。根据产品和牧草类型，停药期从0-28天不等。澳大利亚实行销售声明体系，要求饲料卖主必须随产品提供声明，说明饲料是否使用过农用化学品；如果有所使用，就必须提供化学品的名称及最后一次使用的日期。

几十年前，乳制品中曾经出现过诸如DDT、狄氏剂、氯可丹等有机氯杀虫剂的残留问题。这种问题主要是由两方面原因引起：(1) 它们在环境中很稳定，不易分解；(2) 它们是亲脂的，所以能积累在乳脂肪中。不过，现在已经禁止使用此类有机氯杀虫剂。政府已识别所有拥有含有高水平化学品残留土地的奶场，并会负责监督管理这些区域的使用情况，确保残留物不会再进入人类食物链。

2 **驱虫剂。**驱虫剂是用来控制牲畜体内寄生虫（如蠕虫、肝吸虫）或者体外寄生虫（如扁虱、苍蝇）的化学制剂。在澳大利亚，除了少数几种驱虫剂以外，大多数用于体内驱虫的化学药物都不准用于泌乳期奶牛。体外寄生虫病的化学药物也必须严格按照说明使用，应该不会导致驱虫剂在牛乳中残留。

3 **乳用清洁剂和消毒剂。**奶场中用以清洁挤奶机器和乳品贮藏设备的清洁剂和消毒剂可能会进入牛乳中，如果清洁、消毒、排水、挤乳前清洗等过程操作不当的话会更加严重。常用的消毒剂包括碘附（一种含有碘的以微粒形式存在的有机化合物）、含氯化合物（如次氯酸盐）、表面活性剂（如季胺类化合物）、过氧化物（如过氧乙酸）。

如果按照良好的卫生操作规范，牛乳中不应该出现高水平的清洁剂和消毒剂残留，也不会导致消费者关注的任何健康问题。

但需要注意的是，若在清洁奶场设备时过量或不当使用碘伏，可能导致牛乳中碘含量升高，而这可能干扰部分消费者的甲状腺功能，尤其是在碘含量超过500微克/升时（Fischer等，2002a）。近年来，澳大利亚乳业在奶场设备消毒中对碘伏的使用已有所减少。

挤乳前使用含碘物质清洗乳头以预防乳房炎的做法，也会导致乳中碘含量的轻微上升。

4 **工业用化学药品。**一些国家出现过因突发事故而导致工业用化学药品（如二氧杂和多氯化联苯）污染大宗饲料的情况，导致乳中化学药品残留，对人类健康产生很大影响。澳大利亚乳品产业史上没有类似事故发生的记录。

放射性同位素

受核电站事故影响，放射性同位素也出现过污染环境、进入食物链的情况，其中包括牛乳。最受公众关注的事故是切尔诺贝利（苏联，1986年4月）及福岛（日本，2011年3月）的事故。澳大利亚没有核电站。

放射性同位素不稳定，衰变时放出辐射。

核爆炸后，大多数放射性物质被会投射入对流层。对流层微粒的放射性消除速度很快，通常不到一个月。对流层是地球大气层最低的部分，厚度从两极的近8千米到赤道处的约20千米不等。对流层仅在赤道附近存在南北半球之间空气的有限混合，而平流层中则不存在南北半球之间的混合（Kathren，1984年）。

乳品行业最关注的放射性同位素是铯-137、锶-90和碘-131。碘-131物理半衰期相对较短，不到9天，但铯-137和锶-90的半衰期非常长，分别为29.1和30年，因此会在环境中持续很长时间。

由于南北半球空气流动模式的原因，澳大利亚的食物链并未受到北半球核事故的影响。因此，澳大利亚制造的牛乳和乳制品中的人造放射性同位素残留远低于北半球的大部分地区。

物理杂质

沉积物（如泥土、动物粪便、饲料尘埃）以及异物（如毛发、昆虫和植物刨丝）可能进入牛乳，对其质量产生不利影响。这些物质可能成为细菌污染和异味的来源。若牛乳受到大量沉积物污染，其中部分沉积物可能会沉淀在储奶罐底部，在牛乳抽出时可被明显观察到。

牛乳通常会在奶场进行过滤，然后在加工厂进行澄清，以去除沉淀和杂质。

乳品加工厂可通过沉淀物检测对来自奶场的牛乳进行异物检测，即取100毫升牛乳注入一张标准滤片，然后根据滤片上残留异物的数量，与参考标准进行对比，从而对样本进行评分。

化学杂味

牛乳极易吸附周围环境中的杂味和异味。其中一些气味可能无害，但另一些则会对牛乳及其制品的感官品质产生不良影响。有些杂味甚至可能表明牛乳已受到危险物质的意外污染。若奶场储奶罐中的牛乳散发出不可接受或异常的气味，运输车司机应在收奶时拒收。

酚类物质具有显著危害，所以不要在乳品附近使用或存放酚类物质。如果酚类物质进入牛乳会与牛乳中的有机氯消毒剂发生反应生成氯酚，而即使在非常低的水平条件下，氯酚也会散发出非常大的气味。

牧草、饲料味

能够让牛乳散发杂味或坏味的物质，也可能来自饲料，通过奶牛的消化道和血液循环系统直接进入牛乳。当这些物质在牛乳中达到可感知的阈值水平时，即成为了质量缺陷。此类缺陷可能影响牛乳的气味或口感，强度可从轻微到严重不等。

许多杂味来源于牧场植物，也可以来源于牲畜摄食的杂草。例如，当奶牛摄取草料以紫花苜蓿为主时，牛乳中的二甲基硫醚含量会显著提高。低含量的二甲基硫醚会加强生乳的“生味”，但是高含量则会使牛乳带上“牛味”或“麦芽味”。

来源于牧草的杂味在春季表现较为明显，因为春季牧草生长快速且茂盛。牧草所导致的杂味可以通过改良牧草的种类、控制杂草生长、调整放牧方式来控制至最小。

补充喂料是杂味的又一来源。例如，如果奶牛饲料中含有柑橘渣，其牛乳制作的奶酪在熟化时会产生杂味。同时，给奶牛补饲高油脂含量饲料会使牛乳带上氧化味。

在某些情况下，如果杂味物质具有挥发性，可通过真空脱臭工艺将其去除或降低。然而，由苦荞草等杂草摄入所引起的某些杂味，在加工过程中则极难去除。

检测牛乳杂味或坏味的最佳方法是进行感官评估。如要在这一评估当中包含口尝的环节，应先经过巴氏杀菌或者其他确保牛乳可安全食用的处理。

真菌毒素和植物源毒素

某些真菌和植物可产生对人体健康有害的毒素。在牛乳中，最需重视的此类毒素是真菌毒素，即真菌的次级代谢产物。

黄曲霉毒素M1是真菌毒素，源自奶牛摄入被黄曲霉毒素B1污染的饲料后转化而成。黄曲霉毒素B1可在温暖潮湿的环境下，由黄曲霉、副黄曲霉和模式曲霉在饲料中产生。最易受污染的饲料材料包括花生秸秆、玉米、油籽及油渣。黄曲霉毒素虽主要在收获前形成，但若谷物储存不干燥，其在储存期间的产毒量也可能极高。若烘焙废料未妥善干燥储存，也可能成为黄曲霉毒素的大型来源。奶牛摄入的黄曲霉毒素B1中，约有0.3%至6.3%可被转化为牛乳中的黄曲霉毒素M1。

黄曲霉毒素如果摄入相对较大剂量，人体会迅速产生中毒反应；如果低剂量长期摄入，也可能会导致肝癌。因此，要严格禁止给奶牛饲喂发霉的饲料或者油渣。

《澳新食品标准法典》没有设定黄曲霉毒素在牛乳及其产品中的最大限量，因此，超过检出下限（大约5μg/kg）就被禁用。澳大利亚乳品产业正在进行一项AMRA调查，其中便涉及黄曲霉毒素M1。必要时各乳品公司可以通过商业检测工具来监控牛乳中黄曲霉毒素的污染情况。

牛乳中的其他霉菌毒素（如棕曲霉毒素A）出现很少，因此不作为影响乳产品质量和消费者健康的重点关注毒素（Heggum C, 2004年; Fischer等, 2002b; van Egmond等, 1997年）。

植物产生的毒素也会影响摄食动物的健康，例如，杂草中的生物碱，向日葵、刘寄奴属植物、欧洲蕨类中的原蕨苷（Fischer等, 2002b）。这些杂草可通过良好农业规范得以控制，因此目前尚缺乏这些植物毒素会对澳大利亚乳品产业产生危害的资料。

3.4 牛乳固有成分导致的牛乳变质

生乳中含有多种内源性酶，包括脂肪酶、酯酶、蛋白酶（如纤溶酶plasmin）、磷酸酶、乳过氧化物酶和黄嘌呤氧化酶。其中，对牛乳质量影响最大的是脂蛋白脂肪酶（LPL）。

LPL是生乳中脂解活性的主要来源。生乳中LPL的总量足以迅速水解大量乳脂。所幸的是，在牛乳处理得当的情况下，这一过程通常不会发生，因为乳脂受乳脂球膜的保护，LPL无法接触。然而，在生乳中，如果乳脂球膜受到物理损伤，或者在某些情况下，仅仅是在分泌后不久对牛乳进行冷却，便可能导致脂解作用的发生。牛乳及其制品中的脂解会释放出游离脂肪酸和部分甘油三酯，进而产生哈喇味等异味，带来技术层面的挑战。因此，生乳中的脂解作用是乳品行业持续面临的问题。

由LPL引发的牛乳脂解大致可分为两类：自发性脂解和诱发性脂解。自发性脂解通常在牛乳从奶牛体内取出后冷却至10°C时触发，仅在奶场内发生，且有一些相关诱因，例如泌乳晚期、饲料质量差或乳房炎。相较之下，诱发性脂解是由于乳脂球膜受到物理损伤，使LPL接触乳脂中的甘油三酯而发生。这种脂解可发生在奶场、运输过程中或加工厂内。导致诱发性脂解的物理因素包括搅动和抽吸，尤其在空气混合或高剪切、均质化处理、生乳与均质乳混合、冷冻、解冻等操作中。例如，若离心泵吸入口的管道连接松动，抽吸过程中空气会与牛乳一同进入泵体，便会破坏脂球膜，引发脂解。

无论是自发性还是诱发性脂解，在生乳后续储存过程中都会继续发展，且通常大部分脂解发生在挤奶后冷藏的最初24小时内（Deeth，2006年）。

3.5 生乳的冷链储运

从奶场生产阶段开始，直至加工厂进行巴氏杀菌处理之前，维持生乳的冷链储运是防止牛乳变质的关键。同时，应尽可能在最短时间内对牛乳进行巴氏杀菌处理并加工成乳制品。

在澳大利亚，所有牛乳均储存在奶场的不锈钢大容量储奶罐中。这些储奶罐必须符合澳大利亚标准《AS 1187-1996：奶场生乳冷却与储存系统》（https://www.saiglobal.com/PDFTemp/Previews/OSH/As/as1000/1100/1187.pdf）。该标准要求从挤奶开始起的3.5小时内将牛乳冷却至4°C以下，并在整个储存期间维持该温度。

牛乳经由挤奶设备从奶牛挤出后，有些会直接进入储奶罐，通过直连的“冷壁”系统实现完全冷却（见图1），但更为更常见的流程是，先通过板式冷却器将牛乳预冷至18–25°C，再进入储奶罐，通过冷壁系统完成最终冷却（见图2）。每个储奶罐配备的制冷设备均装有恒温控制器，以确保牛乳在储存过程中温度始终低于4°C且高于冰点。

生乳会按规定周期从奶场中得到收取，存入专门为奶场收乳而设计的隔热不锈钢奶罐车中，然后运到加工厂，必要时在泵出过程中还可以再次冷却，之后冷藏在不锈钢奶仓中，直到巴式杀菌处理。

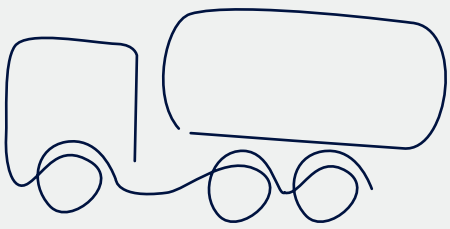
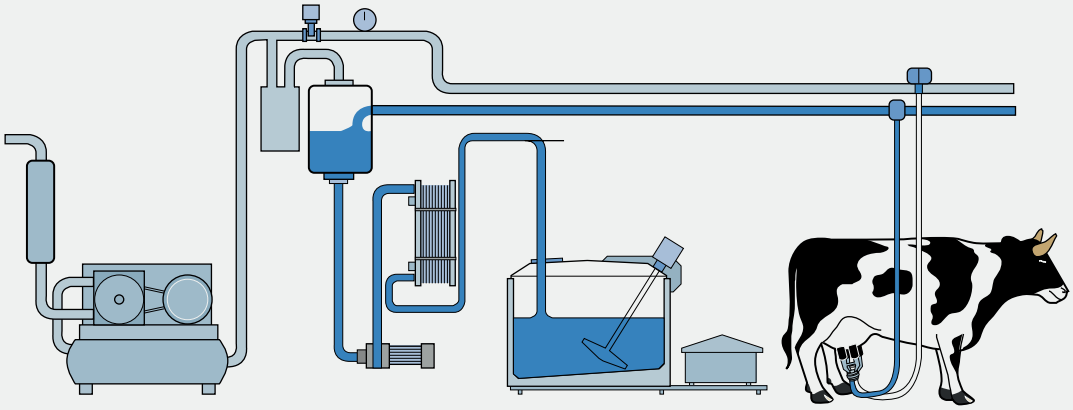


图2 一般奶场设计的挤奶系统是管式挤奶器和板式热交换设备
（在抽入奶罐车之前，板式热交换设备先将牛乳从37°C预冷到18-25°C，在奶罐车中牛乳被最终冷却到4°C以下）



来源：《利乐乳品加工手册》第二版，2003年。





在奶场收取散装牛乳的过程：图中正在将牛乳从奶场的贮奶罐抽入奶罐车

下文为澳大利亚乳业中生乳冷链的一般流程。根据不同乳品公司的政策以及各州食品安全监管机构的规定，该流程可能会有细微差异。

步骤	牛乳温度及储存时间	附注
1. 挤奶并存入奶场的储奶罐	根据《澳新食品标准（FSANZ）》第4.3.4项所述，牛乳必须在开始挤奶后的3.5小时内冷却至5°C或更低。	冷却速率和温度曲线会根据冷却系统的能力和结构而略有不同。
2. 奶场储存阶段	牛乳温度应该始终保持在4°C以下。奶场大多数情况下每天都会有奶罐车前来收乳，不过在产量较低的时段，有时会每两天收一次。	有时，挤奶结束时间与奶罐车收乳时间十分接近，导致难以将乳温降至5°C以下。在澳大利亚的部分州，如果牛乳是在挤奶开始后3.5小时内从奶场收取，且温度高于超过5°C，牛乳加工商将对其进行风险评估。未通过评估的牛乳将不能用于人类消费。风险评估所用的计算方法来自于塔斯马尼亚大学所做的研究项目，并已得到业界认可。
3. 运输至加工厂	在运输过程中，奶罐车内牛乳的温度为从本次收到的所有牛乳在混合之后的平均温度。运输时间通常为4至8小时，有时可能仅需2小时，偶尔也会长达12小时。	奶罐车完成一趟收乳工作所需的时间，取决于该路线包含的奶场数量、各奶场之间的距离以及加工厂的距离。
4. 加工厂接收	在工厂接收牛乳时，若乳温高于5°C且不会当日加工或转运至另一工厂，工厂会将其冷却至低于5°C。	若牛乳到达工厂时温度高于4°C但计划当日加工，那么乳品公司可自行制定公司政策和质量风险评估，决定是否在接收时将其冷却至低于4°C。
5. 加工厂储存，等待巴氏杀菌	巴氏杀菌前，牛乳一般会在加工厂内储存12至24小时，有时甚至更短，最长48小时。	在加工厂的储存时间取决于产品组合、加工周期、每日收乳量以及加工设备的时间安排。

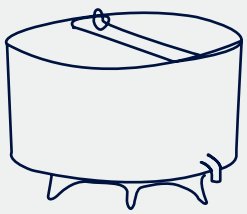
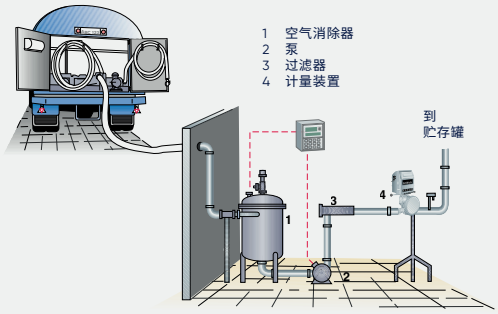
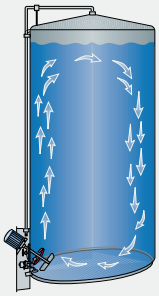


图3 乳品加工厂从奶罐车接收来自奶场的生乳



来源:《利乐乳品加工手册》第三版,2015年。

图4 加工厂带有机械搅拌装置的生乳奶仓



来源:《利乐乳品加工手册》第三版,2015年。



加工厂用于生乳存放的奶仓

3.6 生乳检测：标准、检测方法与结果解读

所有乳品公司都会对所收购的生乳进行一系列质量检测，以决定接收与否，并用于计价。所有公司都会进行一套基本质量检测，部分公司还会根据自身特定质量目标而进行额外的检测。以下为一套行业典型的检测流程，第一步发生在奶场，是在牛乳进入奶罐车之前，由司机对储奶罐中的牛乳进行的感官评估：



乳品加工厂微生物实验室的菌落平板计数

步骤	基本质量检验和程序	附注
奶场质检	• 牛乳在送入奶罐车之前，奶罐车司机首先会对牛乳的外观和气味进行检验，确保其符合收乳标准。 • 检查并记录牛乳的温度。奶场和奶罐车都会有记录留底。	• 大多数乳品公司不允许司机品尝生乳，因为可能会对司机健康造成威胁。例如，在某些地区，人体可能会因摄入生乳而感染Q热。 • 大部分情况下，当牛乳抽入奶罐车中时，奶罐车上的温度自动测定仪会自动记录牛乳温度。
奶场取样	• 奶罐车司机会使用车上装配的滴管取样器从奶场的储奶罐抽取样品，以用于实验室分析。 • 此外，如有需要，奶罐车司机还会用已消毒的钢制滴管从奶场的储奶罐直接取样，用以进行微生物分析。	• 滴管取样通常用于成分含量分析，据此来计算购乳款额。此外还可以进行散装乳的体细胞计数、抗菌素残留检测或者使用细菌总数测定仪（Bactoscan）测定牛乳中的细菌总数。 • 有些公司只用滴管取样来测定细菌总数，其他公司是来验证Bactoscan对生乳的测定结果。 • 在实验室检测之前，样品需要贮藏在0-4°C条件下。
生乳在工厂的接收	• 对于每批从奶场收来的生乳，工厂都会进行广谱检测仪检查，检测是否有包括β-内酰胺在内的抗菌素残留。某些情况下，在从奶罐车抽出生乳前，会先用一种快检法进行初筛，然后再用广谱仪检验。 • 有些公司在接收生乳前，会有检查奶罐车内生乳酸度的常规流程。 • 还有些公司会检查奶罐车内的生乳温度，如果高于5°C就会再检查酸度。	• 有些乳品公司还会做些其他的检查，包括： – 牛乳成分（脂肪、蛋白、乳糖）； – 冰点（用以检测生乳是否掺水）； – 细菌总数的测定（标准品平板计数或者使用Bactoscan）；若总数超过50000cfu/ml，再检测个别奶场的生乳；以及（或） – 刃天青还原实验（一种检测过度微生物活动的快速试验）。

步骤	基本质量检验和程序	附注
在乳品公司实验室对个别奶场的样品进行质量检查	• 细菌总数测定：每 10 天使用 Bactoscan 测定一次；推荐标准菌落总数小于 50000cfu/ml。	• 大多数乳品公司都有一套以基本价格为基础、根据细菌总数测定来调整价格的生乳付款制度。例如，总数小于20000cfu/ml就会有额外奖金，总数大于50000cfu/ml则会降低收乳价格。 • 有些乳品公司还会检测牛乳的耐热菌数量，以作为奶场卫生状况的指标。如果总数小于2000cfu/ml，则认为卫生状况非常好。如果总数大于10000cfu/ml，则认为卫生状况极差。
	• 散装乳体细胞计数：使用牛乳体细胞自动测定仪 (Fossomatic) 或者相关设备进行测定。推荐标准：体细胞数小于400000个/ml。	• 大多数乳品公司还会在基本价格的基础上考虑生乳中的体细胞数。例如：如果体细胞数在200000个/ml以下，就会有奖金；如果在400000个/ml上就会受到惩处；如果超过600000个/ml就会中止收乳。
	• 抗菌剂残留：奶场生乳每个月都要使用广谱商业检测仪检测一次。 公认标准：“不得检出”。	• 有些乳品公司除了检测奶罐车的样品外，每个月还要对单个奶场检查一次，其他公司则只检测奶罐车，如果查出问题，则会追溯到奶场。
	• 牛乳成分：使用 Foss Milkoscan 或者类似仪器，测定每次从奶场储奶罐中提取样品的脂肪和蛋白质含量。	• 在澳大利亚，大多数付款方式是根据牛乳中蛋白质和脂肪量来付款， • 在澳大利亚，用于计算购乳款额的蛋白质是指真蛋白（见常见问题解答A6），同时，计算所用的成分含量单位为质量/体积（见常见问题解答A7）。 • 澳大利亚乳业普遍采用牛乳成分验收标准是脂肪含量不低于32g/L，蛋白质含量不低于30g/L。
巴氏杀菌器平衡槽	• 有些公司每天都要对奶仓中的牛乳进行细菌总数的测定。公认标准：总数小于 150000cfu/ml。	• 平衡槽内生乳的细菌总数测定，可检验加工过程中的卫生状况和及牛乳贮存过程中的温度变化。

按照澳大利亚乳中残留成分分析调查要求，奶场奶罐车还会每个月额外取样一次，用于测定多种化学残留。

3.7 生乳及生乳制品的销售限制

在澳大利亚，由于存在通过生牛乳传播食源性疾病等风险，未经巴氏杀菌的生乳不允许作为人类食品进行销售。《澳新食品标准法典》第4.2.4节规定，允许生产和销售由未杀菌牛乳制成的特定奶酪。该标准要求，对生乳的生产、运输和加工都必须进行严格的供应链控制，确保最终产品对消费者安全。作为人类食品的生乳奶酪，在生产前必须得到相关各州部门的批准。

3.8 关于生乳质量的规定

生乳质量当中，食品安全层面的问题受《澳新食品标准法典》第4.2.4号标准“乳制品的初级生产与加工标准”的规范。该标准部分规定，乳业农场生产企业必须通过实施一套有文件记录的食品安全计划，来管控其所生产牛乳中可能存在的食品安全危害。在澳大利亚大多数州，该食品安全计划必须采用HACCP系统（即，危害分析与关键控制点系统）。食品安全计划须由相关州食品安全机关所雇佣或委托的审核员，按特定频度（通常为每12个月）进行审核。

以下州级食品安全管理机关负责执行《澳新食品标准法典》中第4.2.4项标准和其他相关部分。

- 维多利亚州：维多利亚州乳品安全局 **www.dairysafe.vic.gov.au**
- 新南威尔士：新南威尔士食品局 **www.foodauthority.nsw.gov.au**
- 昆士兰州：昆士兰州食品安全局 **www.safefood.qld.gov.au**
- 塔斯马尼亚州：塔斯马尼亚州乳业管理局 **www.dpipwe.tas.gov.au/biosecurity/product-integrity/food-safety/dairy**
- 南澳大利亚州：Dairysafe（南澳大利亚州乳业管理局） **http://dairy-safe.com.au**
- 西澳大利亚州：西澳大利亚州卫生部 **http://www.health.wa.gov.au/Health-for/Industry-trade-and-business/Food**

乳品公司也会通过各自的质量保证系统，进行食品安全范围之外的生乳质量检测。

3.9 乳品公司对于生乳质量的管理

作为自身乳品质量安全保证的一部分，乳品公司均有一套有文件记录的生乳管理系统。一些公司还与州政府乳品安全机关合作，建立了自己的奶场质量保证系统和食品安全手册，用于保证生乳质量，满足公司的质量需求。手册会分发给该公司每一家合作奶场，也构成了奶场质量保证计划的基础。乳品公司的实地人员会帮助奶农执行此类质量保证计划。

3.10 检测方法的最新发展

近几年来，生乳的质量评估和管理方式发生了些许变化，主要有：

- 自动化实验室设备，以测定脂肪、蛋白质和乳糖含量（如Foss Milkoscan系列、Bentley MIR系列和德尔塔仪器公司乳镜系列）、体细胞计数（例如Fossomatic系列、Bentley Somacount系列和德尔塔仪器公司超声波检查仪系列）和细菌总数（例如Foss BactoScan）。根据品牌和型号，这些仪器具有不同程度的自动化和软件支持，用于样品鉴定和报告。上述仪器可单独使用，在Foss MilkoScan和Fossomatic的情况下也可组成集成单元CombiFoss。其他设备制造商也提供集成单元，例如Bentley Combi系列和德尔塔仪器公司组合示波器系列。

这种仪器检测速度快，样品处理量大。例如，Foss BactoScan FC只需要不超过9分钟的时间就可以测出牛乳中的细菌总数，每小时处理的样品数量可以达到150个。Milkoscan和Fossomatic的某些型号每小时甚至可以处理500个样品。



Foss CombiFoss公司的自动取样装置，展示牛乳样本的传输过程。

来源：Foss，丹麦，www.fossanalytics.com

想要了解更多关于Foss牛乳检测设备的信息，请浏览相关网站**www.fossanalytics.com**

想要了解更多关于Bentley牛乳检测设备的信息，请浏览相关网站：**Bentley Instruments Inc**

想要了解更多关于Delta检测设备的信息，请浏览相关网站：**deltainstruments.com**

- 目前，无论是公司内部设立实验室，还是由外部承包商运营，乳品行业正呈现出实验室中心化发展的趋势。这一趋势主要受到提升昂贵实验设备的利用率和降低成本的双重驱动。在某些情况下，采用集中实验室可能需要通过公路或航空将样本运送较长距离。
- 商业供应商目前已提供ELISA检测试剂盒，用于检测牛乳中的抗菌物质（例如用于治疗乳房炎的抗生素）。此外还有用于检测其他污染物（如黄曲霉毒素）的检测试剂盒。这类试剂盒可在30分钟内完成快速检测。在抗生素残留方面，相较于耗时更长的广谱试剂盒或标准的纸片扩散法，这些试剂盒还能提供更高的残留物种类识别度。
- 多数乳品公司已普遍开始将检测结果当日反馈给奶场。这得益于快速检测的实验室设备和试剂盒的使用，能够检测所有奶罐车取样的检测产能，以及传真、电子邮件的结果发送方式。当日反馈让奶场能够更及时地就任何质量问题采取纠正措施。如遇严重质量问题，部分公司会以电话通知奶场检测结果。在下次收乳时，运输司机也会将纸质检测报告送交奶场。

3.11 结论

生乳质量是一个复杂的领域，涉及众多层面、成分、变量与指标。为确保生乳在进入加工环节时始终保持最高质量，奶场经营者、乳品加工企业及监管机构必须采取充分整合且信息全面的协同方式。

我们的生乳生产体系所产出的生乳必须符合以下标准：

- 经巴氏杀菌后即可安全食用，即生乳中不能含有有害的化学残留和毒素；
- 不含掺杂物，如掺水；
- 不含坏味、杂味或异味，外观正常；
- 能够提供给消费者所需的营养；以及
- 能够用来加工高品质的乳制品，如高产量的奶酪、酸奶。

只有高质量的生乳才能产出高质量的乳制品。

3.12 常见问题解答

A 牛乳的成分

1.奶牛品种是否会对牛乳成分产生影响?

奶牛品种对牛乳成分，尤其是脂肪和蛋白质含量有显著影响。下方的典型牛乳成分表便能说明这一点。因此，不同品种会影响多个加工参数，例如牛乳的成品率及加工特性。但需注意的是，品种只是影响牛乳成分的众多因素之一。

牛的品种对牛乳一般成分的影响（Webb 等, 1974）

品种	水 (%)	脂肪 (%)	蛋白质 (%)	乳糖 (%)	灰分 (%)	非脂乳固体 (%)	全乳固体 (%)
更赛奶牛	85.35	5.05	3.90	4.96	0.74	9.60	14.65
娟姗牛	85.47	5.05	3.78	5.00	0.70	9.48	14.53
瑞士褐牛	86.87	3.85	3.48	5.08	0.72	9.28	13.13
荷斯坦牛	87.72	3.41	3.32	4.87	0.68	8.87	12.28

2. 奶牛在泌乳期间牛乳成分是否会有变化?

牛乳成分在泌乳期内的改变主要发生在产犊后的最初几天，即从牛初乳变为常乳。下方为成分变化表。

牛乳成分在产犊之后的变化：从初乳到常乳的变化（Marnila和Korhonen, 2003年）

产犊后天数	总蛋白质 (%)	脂肪 (%)	乳糖 (%)	灰分 (%)
0.5	14.6	5.3	2.6	1.16
1	9.4	5.4	3.6	1.03
1.5	5.5	4.4.	4.3	0.92
2	4.5	4.5	4.6	0.87
3	4.2	4.5	4.8	0.85
4	4.1	4.8	4.9	0.85
8	3.6	4.8	4.9	0.81
14	3.3	4.6	5.1	0.78

初乳中的乳清蛋白比例高于正常牛乳，且主要蛋白组分为免疫球蛋白。从初乳过渡到正常牛乳的过程通常在小牛出生后4至5天内完成，不过成分上的轻微变化会持续一段时间。

牛乳中非脂乳固体的含量通常在2至3个月降至最低点，随后缓慢上升，并在从第六个月开始迅速增加，直至泌乳结束——约为小牛出生后第十个月。乳糖含量在泌乳后期略有下降。泌乳期内的脂肪含量则各有不同，差异较大。

其他影响牛乳成分的重要因素还包括奶牛的营养状况以及乳房炎等乳房疾病。

3. 应在多少天内把初乳排除在挤奶管线外?

初乳具有强烈的气味、苦味,颜色略显红黄色,并含有大量免疫球蛋白,倘若混入挤奶管线会对牛乳质量产生严重影响,并在后续加工过程中引发问题。因此,初乳应在产犊后至少四天内排除在挤奶管线之外。

4. 乳成分分析仪是什么

乳成分分析仪是FOSS公司的一种实验室仪器,用来检测牛乳的成分。它有很多种模型,但是主要的原理是根据红外线波长吸收光谱的不同来确定牛乳的成分。乳制品分析仪基于中红外线技术来测定牛乳中脂肪、蛋白质、乳糖、全乳固体及非脂乳固体含量,有时也可测量冰点降低值。

最先进的乳制品分析仪模型是傅立叶变换红外模型。这种方法能够精确的检测影响牛乳质量的其他因素,包括酪蛋白,游离脂肪酸和pH值。

MilkoScan在澳大利亚乳业中被广泛用于对奶场生乳进行检测,以用于价格计算和质量评估。

其他设备制造商提供的类似仪器还包括Bentley公司的中红外系列,该系列仪器广泛应用于澳大利亚的奶牛改良实验室;以及Delta Instruments公司的Lactoscope系列,涵盖中红外和傅立叶变换红外(FTIR)两种型号。

5. 怎样辨别掺水的牛乳

纯水的冰点为0°C。如果向水中加入诸如盐类的溶质,其冰点会下降至零下,而且加入的盐分越多,溶液的冰点越低。牛乳中含有溶质,主要是乳糖和溶解的矿物盐,因而冰点会降至约-0.5°C。

牛血液的渗透压是不变的。牛的生理系统需要通过乳房的血液循环,调节乳房中牛乳的渗透压以达到平衡,所以牛乳冰点基本也会保持一定。

单头奶牛所产的真正牛乳,其冰点会因奶牛品种、饲料、季节、泌乳时间以及气候等因素而有所不同。然而,由于牛乳会在奶场储奶罐中集中储存,随后再进入奶罐车及工厂奶仓,这些差异最终会被平均化。

按照美国官方分析化学师协会推荐,牛乳冰点为-0.525°C以下即可认为没有掺水。每添加1%的水,冰点就会在-0.525°C和0°C之间上升1%。然而,确定是否掺水需要同一奶源的标准样品来进行检验。

在澳大利亚,目前尚无牛乳冰点的法定标准,不过行业将-0.517°C视为真品牛乳的冰点上限。一些乳品公司在质量控制中采用温度更高的冰点标准,例如将奶罐车牛乳冰点定为-0.512°C,奶场生乳冰点定为-0.500°C。这些标准为检测误差及自然差异留出了一定缓冲,尤其是在干旱期间奶牛可能面临营养压力的情况下。因此,牛乳冰点的操作标准需根据当地乳业的具体条件和情况,由本地制定。

通过测定冰点来判断牛乳是否掺水的方法已用了将近百年,最早的测定法(Hortvet method)现在已经由热敏电阻冰点测定法取代,这是国际上承认的标准方法[ISO 5764:2002。**牛乳。冰点的测定。热敏电阻冰点测定法(参照法)**]。Foss乳成分分析仪和其他的一些类似的模型可以将牛乳样品的冰点同牛乳的成分一起测出。



6. 牛乳粗蛋白和纯蛋白含量有何区别?

粗蛋白(有时称为总蛋白)是通过测定牛乳中的总氮含量,并乘以一个标准经验系数来估算的,其结果的单位为蛋白质当量。然而,牛乳中的总氮既来自蛋白质,也来自非蛋白质物质。纯蛋白含量则仅包含与蛋白质相关的氮,不包括来自非蛋白质物质的氮。

非蛋白氮是牛乳的常规组成部分。非蛋白氮包括尿素和其他低分子量含氮化合物,如肌氨酸和肌氨酸酐。牛乳中大约50%的非蛋白氮为尿素,非蛋白氮含量的变化主要依据尿素的含量而变化。非蛋白氮营养价值很低并且对于奶酪产量也没有助益。在牛乳中非蛋白氮的含量同其他成分一样天然存在个体差异。通常,牛乳中非蛋白的氮化物约占总蛋白质的0.19%,差异区间为0.12%-0.25%。

凯氏氮分析法是测定粗蛋白和纯蛋白的参考方法基础。在这两种情况下,牛乳中的总氮含量均乘以经验系数6.38,结果的单位为蛋白质当量。该系数是乳蛋白所特有且固定的,与蛋类蛋白、小麦蛋白等其他食品蛋白所用的系数不同。

现代红外牛乳分析仪通过检测蛋白质分子所产生的信号来进行分析,但无法检测非蛋白氮(NPN)。因此,尽管红外分析仪可以通过校准来考虑NPN成分的影响,但由于牛乳中NPN含量的差异,仍可能导致蛋白质测定的误差。而测量纯蛋白则可消除这类误差(Barbano和Lynch, 2007年)。

7.用质量比作为牛乳成分含量的单位,与质量体积比有什么不同?

牛乳的比重是1.032,也就是说1L的牛乳重量是1.032kg。假设,1L牛乳中含有33g乳脂肪,牛乳中的脂肪含量就可以表示成33g/L(或者3.3%m/v,m/v=质量/体积)或者32g/kg(或者 3.2%m/m,m/m=质量/质量)。因此,牛乳成分含量的单位之间可以通过因数1.032互相换算。

澳大利亚，在奶场中牛乳是按公升称量的，所以奶场生乳的成分含量通常用m/v作为单位以便于计算购乳款额，不过牛乳加工产品的成分含量通常用m/m。

B 牛乳的微生物污染

1. 什么是牛乳细菌总数，怎样测定？

总细菌数是通过测定牛乳中在适宜的培养基（平板计数琼脂）上、30°C有氧培养72小时后能够形成菌落的细菌数量来评估的。通常，将牛乳按一定比例进行稀释（如1/100或1/1000），或使用微量移液器取少量牛乳（如10微升，相当于1/100稀释），与12–15毫升融化的琼脂培养基混合，并在设定时间内培养，以使细菌形成菌落。随后对菌落进行计数，并乘以样品的稀释倍数。由于实际计数的是菌落而非单个细菌，因此其结果的正确单位为每毫升“菌落形成单位”（cfu）。在某些情况下，一个菌落可能来源于单个细菌，而在其他情况下，则可能来源于一群细菌的聚集体。

细菌总数（也被称为标准或总平板计数）被广泛认为是衡量牛乳生产卫生和储存条件的微生物情况的最全面指标。

澳大利亚的牛乳和其他食品的标准平皿计数方法由SAI-Global公布（2004）。Brazis论述了平皿计数的方法（1991）。在发明自动化的细菌数量检测仪如平板接种环培养法（Hill，1991）和滚管法（Slaghuis，1991）之前（见下文“牛乳细菌总数测定仪（BactoScan）”常见问题），较快速、准确的标准平皿计数方法被广泛的应用于澳大利亚乳品产业常规检测中，用来测定奶场生乳细菌总数。这些技术都是有效的，可在常规检测中使用。

2. 怎样确定牛乳中耐热菌数？

实验室所用的牛乳样品是将生乳用玻璃瓶或试管盛装后，在63°C的水中隔水加热30分钟，然后冷却。热处理后的样品采用上述的标准平皿计数法进行测定。不能应用细菌总数测定仪或者类似的仪器来测定，因为会给出错误的结果。

3. 怎样确定牛乳中嗜冷菌数？

牛乳的嗜冷菌计数采用上述标准平板计数法进行，将样品接种后在7°C下培养10天以进行测定。

4. 牛乳细菌总数测定仪是什么？

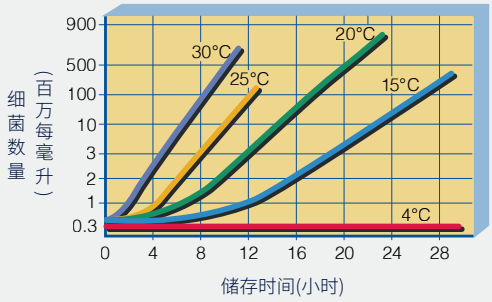
牛乳细菌总数测定仪（BactoScan）是Foss公司生产的实验室仪器，用来测定牛乳中的细菌数。分析方法采用流式细胞技术原理，可以特定地对单个细胞进行计数。这种仪器被澳大利亚乳品企业广泛应用，测定牛乳的细菌总数来进行质量控制和贸易。更多有关牛乳细菌总数测定仪的信息请查阅Foss公司网站**www.fossanalytics.com**



Foss牛乳细菌总数测定仪

来源：Foss，丹麦，www.fossanalytics.com

图5 储存温度对牛乳中污染微生物生长速率的影响简图



注：牛乳在4°C贮藏时，随着贮藏时间增加嗜冷微生物的数量会增多。(见下表)

来源：修订自《利乐乳品加工手册》第三版，2015年

5.牛乳储存期间影响细菌增长的因素有哪些?

牛乳在储存期间细菌数量的增长受多种因素影响，包括储存的温度和时间、牛乳中细菌的数量和类型，以及在较小程度上，牛乳中天然抑菌系统的作用。由于初始微生物群的个体差异较大，以及牛乳储存条件各不相同，因此关于牛乳在储存和运输过程中微生物群变化的情况，仅能作出概括性的描述。

储存温度是影响牛乳变质的最关键因素（参见下图）。如果由于某些原因（如电力中断导致制冷失效）牛乳被储存在25–30°C的环境中，那么这时最活跃的变质菌为链球菌和大肠菌群。这将迅速引起产酸反应，使牛乳在几小时内出现酸败和变质现象。在15–25°C的储存条件下也会发生类似的情况，但变质速度稍慢一些。当温度降至15°C以下时，以嗜冷的革兰氏阴性杆菌为主，所引发的变质过程与高温下不同，表现出的变质特征出现得较晚（Bramley和McKinnon，1990年）。随着温度的降低，酸度的表现变得不明显，牛乳的变质也更偏向于由嗜冷菌产生的耐热胞外蛋白酶和脂肪酶所引起。其变质特征包括异味、苦味、哈喇味、蛋白质的降解及不稳定。

下表展示了生乳在冷藏过程中细菌数量增长速率的个体差异性。样品A至G取自不同奶场的大容量储奶罐，在完成两次挤奶后以低于4°C的条件储存，随后再在5°C下储存四天，并每日测定其总细菌数。数据表明，初始的总细菌数并不总能有效预测储存期间细菌数量的增长情况。真正关键的是牛乳中最初存在的嗜冷菌数量。

不同奶场大批牛乳在5°C贮藏时的细菌总数(Bramley和McKinnon, 1990年)

奶场	从奶场收集的样品贮藏在5°C期间每毫升细菌总数			
	0天	2天	3天	4天
A	5800	3300	7900	14000
B	14000	10000	11000	70000
C	14000	10000	710000	15000000
D	28000	83000	2800000	18000000
E	62000	400000	9500000	41000000
F	170000	110000	110000	130000
G	240000	1800000	8900000	17000000

C 乳房炎和牛乳体细胞数

1.乳房炎对牛乳质量会产生什么影响?

由乳房炎感染引起的炎症会影响乳房的血液循环,导致牛乳产量下降,并引起牛乳成分的变化,具体为:

- 乳糖生成减少;
- 盐分渗入增加;
- 酪蛋白生成减少;
- 血液渗入增加,从而导致体细胞数上升;
- 酶的渗入增加,尤其是耐热的蛋白水解酶——纤溶酶(plasmin);
- 免疫球蛋白渗入增加;
- 脂肪品质发生变化;
- 牛乳脂肪球膜质量下降。

体细胞数升高所导致的牛乳质量下降会引起加工效率降低以及最终产品质量不良。随着牛乳体细胞数的升高,一些质量缺陷将变得愈加明显,包括:

- 牛乳风味恶化,包括出现哈喇味;
- 由于蛋白质和脂肪变化,奶酪得率下降;
- 奶酪制作过程中凝乳时间变长;
- 奶酪含水量增加,导致质构松软、结构弱、风味出现缺陷;
- 奶油打发时间变长;
- 制成的乳制品保质期缩短(Anon., 2005; Auldist, 2003)。

2. 如何检测牛乳中的体细胞数?

历史最悠久的牛乳体细胞检测方法是用亚甲基兰染色后的显微镜直接计数法。这种方法费时、费力,但今天仍然作为一种参考方法用来校准现代分析仪器。

现在广泛使用像FOSS体细胞计数仪这样的仪器系统来进行体细胞计数。FOSS体细胞计数系统使用的是血细胞流动原理:用溴乙非啶染色后的体细胞核通过一个具有高能光源的中空膜时被计数(Kelly, 2003年)。

和FOSS体细胞计数仪相似的仪器还有Bentley系列体细胞计数仪和Delta系列的超声波检测仪。

有关于Fossomatic、Somacount和Somascope仪器的更多信息,请查阅上文第10部分。

3.体细胞数的公认标准是什么?

在澳大利亚,还没有确立牛乳体细胞数相应的法定标准,但是体细胞低于40万在澳大利亚属于可接受范围。欧盟规定,从1998年1月1日起,每毫升牲畜乳的可接受标准为体细胞少于40万个:计算方法为两个月内每月至少检测两次,或三个月内每月至少检测一次,然后计算它们的几何平均数(1992年6月16日欧盟理事会指令92/246/EEC);该标准被澳大利亚乳品行业作为基准。

澳大利亚的许多乳品企业在其购乳价格系统中都有一个体细胞数分度尺,如果每毫升牛乳体细胞数低于20万或25万个,便可获得最高标准的生乳价格。

澳大利亚乳业在1998年发起了一个全国性的乳房炎和体细胞数控制计划，名为“南半球倒计时”（Countdown Downunder）。这个计划的目标之一是使全部牛乳的体细胞数低于每毫升40万，并且90%的牛乳低于每毫升25万。在2000年到2004年期间，每毫升体细胞数低于40万的牛乳比例从90.7%上升到94.6%，每毫升体细胞数低于25万的牛乳比例从64.2%上升到了70.8%（请参阅网站**https://www.dairyaustralia.com.au/Countdown**）。

D 抗菌产品的残留

1.奶场需采取哪些必要措施确保牛乳免于抗菌素残留的污染？

- 正确识别需要治疗的奶牛；
- 如果治疗的是临床型乳房炎，要在乳房上正确识别感染乳区；
- 适当选择抗菌药物或抗生素，确保其已获准用于该用途；
- 明确标记已治疗的奶牛及其乳区；
- 准确记录治疗日期、奶牛编号、治疗乳区、所用药物及其弃奶期（WHP）；
- 确保治疗奶牛所产牛乳不进入牛乳生产管线；
- 确保接受治疗的奶牛排在最后挤奶；
- 严格遵守治疗奶牛的弃奶期；
- 确保治疗奶牛的牛乳分开存放并弃置。

2. 用于治疗乳房炎的乳腺注入型抗菌药物，典型的弃奶期（WHP）是多长？

弃奶期（WHP）因产品而异，必须查阅标签说明。对于已注册用于泌乳期的抗菌药物，弃奶期通常为3或4天，即6次或8次挤奶，但某些产品的弃奶期为7天或14次挤奶。应确保严格遵循产品标签上的使用说明。

对于注册用于干奶期治疗的抗菌药物，其弃奶期通常为30天，但部分产品为35天。如果奶牛在弃奶期尚未结束前产犊，则其产奶必须根据产品标签所规定的时间进行弃用，在某些情况下，该弃奶期可长达10天。

3. 奶场大容量储奶罐中的牛乳被抗菌药物残留污染的常见原因有哪些？

常见原因包括：

- 未对治疗奶牛进行清晰标记或识别；
- 未记录奶牛的治疗详情；
- 未遵守弃奶期（WHP）；
- 将正在治疗的奶牛误与其他未治疗奶牛一同挤奶，其牛乳被加入大容量储奶罐中；
- 未按照标签用药，或与其他兽药联合使用；
- 治疗奶牛未安排在最后挤奶，或挤奶后设备未进行清洗；
- 治疗奶牛的牛乳未与主牛乳明显分开放置；
- 购买奶牛时，新奶牛主不了解其既往治疗史。

4. 如何检测牛乳中的抗菌药物残留？

检测牛乳中抗菌化学品残留（在澳大利亚通常称为抑制性物质或抗生素）的标准参考方法，是采用以嗜热脂肪芽孢杆菌变种calidolactis为指示菌的生物纸片试验法。该菌对青霉素等β-内酰胺类化合物特别敏感，可检测出浓度超过0.0015 μg/mL的青霉素。该方法对头孢菌素（亦属β-内酰胺类）和磺胺类药物也具有一定的灵敏性。样品中若加入青霉素酶（即β-内酰胺酶），可用于确认是否存在β-内酰胺类化合物、青霉素或头孢菌素。通过在不含抑制性物质的牛乳中加入一系列浓度梯度的青霉素G建立标准参考曲线，可将该方法用于β-内酰胺类药物的半定量检测（参见澳大利亚标准AS 1766.3.11-1991《食品微生物学－特定产品检验－乳制品－青霉素检测》或《国际乳品联合会方法 2.1.1.1》，1991a）。不过，该检测方法并不用于行业内日常对牛乳供应的筛查。

商业公司已开发出基于上述参考方法、以嗜热脂肪芽孢杆菌变种calidolactis为指示菌的若干“广谱型”牛乳残留物检测试剂盒，并已得到澳大利亚乳品公司广泛使用，用于对奶罐车及奶场供应生乳中的抗菌药物残留进行初步筛查。此类检测品牌包括：Delvo SP-NT、Copan、AIM BRT MRL、Charm II 和 Eclipse。这些测试为定性测试，目的是判断牛乳中抗菌物质是否超过最大残留限量（MRL），检测时间约为2.75小时。

此外，还有一些基于酶联免疫吸附试验（ELISA）技术的更快速测试方法。这些方法灵敏度高、特异性强，且可在10分钟内完成。相关品牌包括：SNAP、Charm ROSA 和 Beta-Star（也包括 Delvo SP-NT、Copan、AIM BRT MRL、Charm II 和 Eclipse）。部分澳大利亚乳品公司使用这些快速测试对奶罐车送达工厂的奶场生乳进行初步检测，随后再辅以使用嗜热脂肪芽孢杆菌变种calidolactis为指示菌的“广谱型”试剂盒进行进一步验证。

由维多利亚州乳品食品安全局于2016年7月发布的技术信息通告《抗生素筛查》对澳大利亚可用的抗菌药物筛查试剂盒进行了概述与汇总。

而Pedersen和Suhren（2000）则对用于牛乳中抗菌药物残留检测的“高层级”理化确证测试方法进行了综述。这些测试方法中，许多依赖于高效液相色谱（HPLC），仅能在设备完善的分析实验室中进行，因此并不用于行业的常规筛查。

5.澳大利亚乳制品抗菌素残留的发生率？

澳大利亚乳品公司在工厂接收每车奶场生乳时，都会使用前述的一种或多种试剂盒方法对其进行抗菌药物残留检测。任何检出残留的牛乳都将被拒收用于人类食用，并追溯至供应该批牛乳的奶场。

2003年由澳新食品标准局进行的第20次澳大利亚总膳食调查中，在澳大利亚乳制品，比如全脂牛乳、巧克力牛乳、切达奶酪和婴儿配方乳粉中没有检测到抑制物质（特别是化学类抗生素青霉素G、链霉素和土霉素）（参见网站：**foodstandards.gov.au/publications/Pages/20thaustraliantotaldietsurveyjanuary2003/20thaustraliantotaldietsurveyfullreport**）。

E 牛乳中的物理杂质

1. 如何在挤奶过程中最大程度减少牛乳受到沉淀物和异物的污染？

- 仅将乳杯套接于清洁干燥的乳头上；
- 如乳头脏污，在套接乳杯之前先清洗并擦干；
- 避免冲洗整只乳房；
- 仅使用干净的一次性纸巾擦干湿乳头；
- 确保奶场挤奶人员的手部清洁；
- 保持通道和出入口无泥泞；
- 剪短或烧除乳房上的毛发；
- 修剪奶牛尾巴；
- 使用能承受最大牛乳流速的过滤器；
- 每次挤奶更换过滤网套；
- 对于可重复使用的过滤网套，在重复使用前须清洗并消毒。

F 牛乳中的饲料味和杂草味

1. 哪些常见的饲料和杂草会导致牛乳产生杂味或坏味?

以下总结了常见的导致牛乳杂味和坏味的饲料和杂草:

饲料	原因	坏味
甜菜副产品	三甲胺	鱼腥味
常见的黑麦或小麦	三甲胺	鱼腥味
洋葱果肉	瘤胃活动	洋葱味
禾本科植物		坏味
豆荚和豆杆		苦味
十字花科植物	芥菜油	强烈的萝卜味
果蔬加工后的一些残杂		坏味
干饲料	缺乏α-生育酚	氧化味
劣质青贮		青贮味
旱芹		焦糊味, 脏味, 刺激性臭味, 草药味

G 黄曲霉毒素

1. 怎样可以避免牛乳中黄曲霉毒素的产生?

由于黄曲霉毒素不会在牧草、干草或青贮饲料中产生,因而在澳大利亚广泛以牧草为基础的生产系统之中,牛乳中出现黄曲霉毒素的风险较低。黄曲霉毒素的风险主要存在于饲喂谷物类浓缩饲料、花生副产品、烘焙废料以及含有水果和蔬菜副产品的饲料中,尤其是在这些饲料未被妥善干燥或受潮的情况下。乳品企业在采购谷物和混合饲料时,应要求供应商出具书面保证,证明其产品符合当地关于黄曲霉毒素的饲料标准。例如,在昆士兰州,《1997年农业标准法规》中规定奶牛饲料中黄曲霉毒素B1的上限为0.02毫克/千克(Blaney等,2006年)。

H 牛乳缺陷及其对牛乳用途的影响

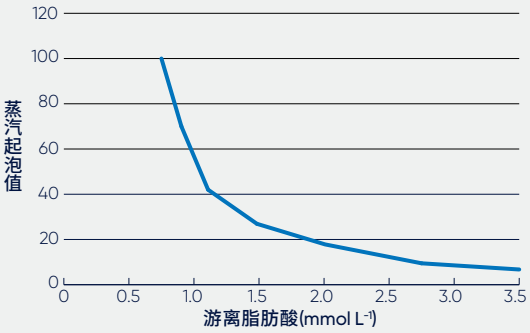
1. 卡布奇诺咖啡缺少泡沫的原因?

牛乳发生脂解的话,其功能性会受到一个主要影响,即在注入蒸汽时,起泡和发泡能力会下降。这会造成制作卡布奇诺咖啡时难以产生理想泡沫。该现象是由于脂解过程中产生的部分甘油酯所致,这些部分甘油酯具有表面活性,会挤走气-水界面的起泡稳定蛋白。

右图展示了牛乳的起泡能力(蒸汽起泡值SFV)与脂解程度(游离脂肪酸FFA水平)之间的典型关系曲线。该曲线表明,随着脂解导致游离脂肪酸(FFA)水平的升高,通过注入蒸汽所产生的泡沫体积会逐渐减少。在此案例中,脂解发生前牛乳的蒸汽起泡值(SFV)为100,对应FFA水平为0.75 mmol/L。然而,当FFA水平轻微升高至1.0 mmol/L时,SFV下降至58;而当FFA进一步升高至3.0 mmol/L时,SFV则降至仅为8(Deeth,2006年)。



牛乳中游离脂肪酸含量和其发泡值之间的关系图（SFV为牛乳中注入蒸气后的气泡体积 x 100/牛乳的原始体积）



来源：Deeth (2006)，基于Deeth和Smith (1983) 的原始数据。

在实际生产中，当牛乳中的游离脂肪酸含量超过1.5 mmol/L时，便会削弱其发泡能力；游离脂肪酸含量超过2.0mmol/L时，导致其发泡力急剧下降。因此，乳品企业从奶场收奶时，游离脂肪酸含量为1.5mmol/L左右时，是一合理的临界值（Deeth和Smith，1983）。

注：**单位mmol/L和meq/L对单价酸（如脂肪酸）来说，在数字上是一样的。**

2. 牛乳脂蛋白脂肪酶(LPL)与在冷藏生乳中生长的嗜冷菌所产生的细菌脂肪酶之间有何主要区别？

牛乳脂蛋白脂肪酶是牛乳中天然存在的成分；相比之下，细菌脂肪酶最初并不在牛乳中存在，而是由来自诸如受污染设备等来源进入牛乳的嗜冷菌所产生。这些嗜冷菌能够在冷藏生乳中缓慢生长，并在其数量达到较高水平（如每毫升超过一百万）时产生胞外脂肪酶。两种类型脂肪酶的主要区别总结如下表，改编自Deeth（2006年）。

牛乳本身的脂肪酶	由嗜冷藏菌产生的脂肪酶
通过巴氏杀菌或高温瞬时杀菌可破坏其活性	对高温瞬时杀菌，甚至是超高温处理，是稳定的
脂肪球膜可阻止其进入脂肪内部	脂肪球膜不起阻碍作用
可被血清脂蛋白激活	大多数不能被血清脂蛋白激活
主要对鲜奶和稀奶油产生影响	主要对一些贮藏乳制品：如UHT奶、奶酪、奶油、乳粉产生影响
在奶酪或奶油加工中会产生明显影响，但不会在贮藏过程中发生改变	影响奶酪或奶油，贮藏之后才有明显显现，随着贮藏时间会逐渐恶化
在生乳中含量较高	质量较好的生乳中含量极少

3. 如何预防由牛乳脂蛋白脂肪酶引起的水解型哈喇味？

由牛乳脂蛋白脂肪酶引起的水解型哈喇味可通过以下方式加以最小化或预防：

- 避免大量泌乳后期奶牛参与产奶，尤其是在饲料条件差的情况下；
- 为奶牛提供稳定均衡的日粮；
- 排除患有临床乳房炎奶牛所产的牛乳，并将其丢弃；
- 正确设计、安装并维护挤奶设备；
- 避免乳杯吸入过多空气；
- 尽量减少离心泵送，尤其是对于温热牛乳及泵吸入口混入空气的情况；
- 避免剧烈搅动生乳，特别是在高温条件之下和使用空气搅拌之时；
- 避免牛乳储存温度的波动；
- 切勿将生乳与均质巴氏杀菌乳混合；
- 若在巴氏杀菌过程中进行牛乳均质，应使用在均质步骤后立即对牛乳进行热处理（Deeth和Fitz-Gerald，2006；国际乳业联盟，1991b）。

3.13 术语表

大容量牛乳体细胞计数(BMCC)

指来自奶场某一批次大容量牛乳中的体细胞数量,以每毫升细胞数表示。乳品公司通常在每次收奶时抽取奶场储奶罐中的牛乳样本进行BMCC检测,其结果被广泛用于奶价支付制度的参考指标。

初乳(Colostrum)

奶牛泌乳初期几天内乳腺或乳房分泌的乳液,其成分与之后分泌的正常牛乳不同。

HACCP

危害分析与关键控制点(Hazard Analysis and Critical Control Points),是一种食品安全管理体系。

脂解(Lipolysis)

在脂肪酶的催化下,水解牛乳脂肪中主要的脂类成分——甘油三酯(或三酰甘油)。该反应产生非酯化游离脂肪酸、部分甘油酯(如单酯和二酯),在某些情况下还可生成甘油。脂肪酶的一个显著特征是在长链不溶性甘油三酯形成的乳状液的脂-水界面上起作用。

感官性(Organoleptic)

与感官器官(如味觉和嗅觉)相关的测试。对质量的感官评估包括目视外观、嗅闻气味、在确保安全前提下的品尝以及必要时的触感评估。

乳房炎(Mastitis)

指乳腺或乳房的炎症,由乳腺内微生物感染引起,会导致牛乳成分发生变化,质量下降。

最大残留限量(MRL)

MRL指在食品中允许存在的农药或兽药化学品的最大限量,通常以每千克食品中该化学品的毫克数(mg/kg)表示。MRL由《澳新食品标准法典》发布。若该法典未对某种食品中的特定化学品设定MRL,则该食品中不得检出该化学品残留。

嗜温菌(Mesophile)

一种可以在25-40°C温度范围内生长良好,但不能在4°C生长的微生物。

嗜冷菌(Psychrotroph)

既可在4°C生长,也可在20°C或20°C以上温度中生长(通常最适生长温度范围为25-28°C)的一种微生物。

耐热菌(Thermoduric)

指能在牛乳经受72°C加热15秒或63°C加热30分钟(或等效热处理)后仍能存活的微生物。

嗜热菌(Thermophile)

指最适生长温度在50–60°C左右的微生物。

体细胞数(Somatic cell count)

牛乳中体细胞的数量,以每毫升细胞数表示。该计数是评估乳房健康状况的重要指标。

体细胞(Somatic cell)

存在于牛乳中的细胞,来源于乳腺,主要为白细胞,也包含少量上皮细胞。在乳腺发生炎症时,牛乳中的体细胞数量会显著升高。

弃奶期(Withholding Period, WHP)

就牛乳而言，弃奶期是指从最后一次给奶牛使用已注册的兽用化学药品（例如用于治疗乳房炎的抗生素或喂食已处理的饲料）的时间，至该奶牛产乳可用于人类食用之间所需间隔的最少天数。在澳大利亚，凡适用弃奶期的注册兽药，标签上均必须注明相应的WHP。

放牧弃奶期(Withholding Period for Grazing)

就牛乳而言，放牧弃奶期是指从对牧草或作物施用具有规定弃奶期的注册农用化学品之最后一次处理的时间起，到可收集该群泌乳奶牛牛乳供人类食用之间所需间隔的最短时间。



3.14 参考文献和延伸阅读

Anon (2005)。与乳房炎相关的费用。载于:《乳房炎的经济后果》,国际乳品联合会,布鲁塞尔,第394号公报,第6-12页。

Auldist M (2003)。牛乳质量和乳房健康:对加工特性的影响。载于:Roginski H, Fuquay J和Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》,伦敦:学术出版社,第2002-2007页。

Barbano DM与Lynch JM (2007)。《概况介绍:牛乳蛋白测试》常见问题:从粗蛋白到真蛋白的转变(康奈尔大学,伊萨卡,纽约)。联邦牛乳市场管理办公室:太平洋西北和亚利桑那州联邦牛乳令 **http://www.fmmaseattle.com/lab/FAQ.htm**

Blaney B、Cowles G、Mills G、McKenzie R、Webster R、Were S和Wright G (2006)。《避免牲畜黄曲霉毒素中毒,以及牛乳和肉类中的潜在残留》。初级产业和渔业部说明**http://www2.dpi.qld.gov.au/health/18460.html**

Bluthgen A与Tuinstra LGM (1997)。《杀虫剂》。载于:Hopkin E (编辑)《专论牛乳和奶制品中的残留物和污染物》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第7章,第54-64页。

Bramley AJ与McKinnon CH (1990)。《原料奶的微生物学》。载于:Robinson RK (编辑)《品微生物学》第一卷,第二版。Elsevier应用科学,伦敦,第5章,163-208页。

Brazis AR (1991)。《估计菌落形成单位的方法——平板计数法》。Heeschen W (协调员)。《评估奶场生乳细菌学质量的方法》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第256号公报,第4-8页。

国际食品法典委员会 (1999)。《乳品术语使用的法典通用标准》,法典标准206-1999。

https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B206-1999%252FCXS_206e.pdf

国际食品法典委员会 (2004)。《牛乳和奶制品卫生规范CAC/RCP 57–2004》。

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXP_057e.pdf

Craven HM, Broome MC, Chandler, RE和Jensen N (2001)。《乳制品》。载于:Moir CJ (主编)《加工食品腐败:原因和诊断》。AIFST公司(新南威尔士州分公司),食品微生物组,悉尼,第147-164页。

维多利亚乳品安全局 (2016年7月),《技术信息说明:抗生素筛查》。

https://www.dairysafe.vic.gov.au/technical-notes-science/production-milk/434-antibiotic-screening-1

Deeth HC (2006)。《综述:脂蛋白脂肪酶和牛乳中脂肪分解》。《国际乳品杂志》16期,第555–562页。

Deeth HC和Fitz-Gerald CH (2006)。《脂肪分解酶和水解酸败》。载于:Fox PF与 McSweeney P (编辑)《高级乳品化学,2类脂》。斯普林格,纽约,第15章,第481-556页。

Deeth HC和Smith, RAD (1983)。《脂肪分解和其他影响牛乳蒸汽发泡能力的因素》。《澳大利亚乳品技术杂志》第38卷,第14-19页。

Delahunty CM (2003)。《分析:感官评价》载于:Roginski H, Fuquay J和Fox P (编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦学术出版社,第106-110页。

Fischer WJ, Tritscher AM, Schilter B和Stadler RH (2002a)。《牛乳和奶制品的污染物:由于农业和乳业实践造成的污染物》。载于:Roginski H, Fuquay J和Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第516-525页。

Fischer WJ, Tritscher AM, Stadler RH和Schilter B (2002b)。《奶和乳制品的污染物:环境污染物》。载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P (编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第525-533页。

澳新食品标准局(2002)。《澳新食品标准法典》。**https://www.foodstandards.gov.au/code/Pages/default.aspx**

Fox PF(2003)。《牛乳:简介》。载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第1085-1812页。

Frank JF与Hassan AN(2003)。《与牛乳有关的微生物》。载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第1786-1796页。

Heeschen W(1996)。《生乳细菌学质量:法律要求和支付系统——欧盟和IDF成员国的情况》。载于:《生乳细菌学质量》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第1-18页。

Heggum C(2004)。《牛饲料中黄曲霉毒素的控制:丹麦体系》。《奶场层面的质量管理》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第386号公报,第24-27页。

Hill BM(1991)。《估计菌落形成单位的方法》。《平板圈法》。Heeschen W(协调员)《评估奶场生乳细菌学质量的方法》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第256号公报,第9-12页。

Honkanen-Buzaiski T与Suhren G(1999)。《牛乳中抗菌剂的残留及其对公众健康和牛乳加工的意义》。载于:《生乳质量和安全及其对牛乳和乳制品的影响》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第345号公报,第11-12页。

国际乳品联合会(1991a)。《牛乳和奶制品中抑制剂的检测和确认》第2版。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第258号公报,第6-9页。

国际乳品联合会(1991b)。《乳制品生产中脂肪分解控制的实用指南》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第264号公报,第26-28页。

Kelly AL(2003)。《牛乳质量和乳房健康:试验方法和标准》载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第1995-2002页。

Marnila P与Korhonen H(2003)。《牛初乳》载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第473-478页。

Pedersen M与Suhren G(2000)。《用于检测牛乳中抗生素残留的化学物理确认测试("较高"验证水平)》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第358号公报,第29-35页。

SAI-Global(2004)。AS 5013.1-2004,《食品微生物学:特定微生物的检查——标准平板计数》。**AS 5013.1-2004,《食品微生物学:特定微生物的检查——标准平板计数》(saiglobal.com)**。

Slaghuis B(1991)。《估计菌落形成单位的方法》。《卷管法》。Heeschen W(协调员)《评估奶场生乳细菌学质量的方法》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第256号公报,第12-13页。

Slaghuis B, Wolters G 与Reineman D(2003)。《挤奶和牛乳的处理:挤奶卫生》。载于:Roginski H, Fuquay J 和 Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第2016-2021页。

Smith KL(2002)。《基于体细胞计数和临床乳房炎的正常和异常乳汁的讨论》。载于:《管理奶源性疾病的新视角》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,第372号公报,第43-45页。

van Egmond HP, Svensson UK与Fremy JM(1997)。《真菌毒素》,载于:Hopkin E(编辑)《专论牛乳和奶制品中的残留物和污染物》。国际乳品联合会,布鲁塞尔,**第十章**,第79-88页。

Webb BH, Johnson AH与Alford JA(1974)。《乳品化学基础》第二版。康涅狄格州西港:AVI出版公司。

White CH(2003)。《挤奶和牛乳处理:储存和运输对牛乳质量的影响》。载于:Roginski H, Fuquay J and Fox P(编辑)《乳品科学百科全书》。伦敦:学术出版社,第2021-2028页。



04 乳粉：制造、功能和应用

目录

4.1 引言 59
4.2 生产原理概述 60
4.3 功能性 63
4.4 应用 74
4.5 产品开发 82
4.6 产品处理 85
4.7 产品规格 87
4.8 常见问题解答 88
4.9 术语表 99
4.10 参考文献和延伸阅读 102

本章中用到的缩写词

ADMI 美国干乳制品研究所（现称ADPI，美国乳制品研究所）
AIC 澳大利亚配料中心（现称DIGA，澳大利亚乳品配料集团）
AMF 无水乳脂
aw 水活度
BD 堆积密度
BMP 酪乳粉
CSIRO 联邦科学与工业研究组织
EPT 挤压孔隙化加工技术
FCMP 全脂乳粉
FF 游离脂肪
GDL 葡萄糖-δ-内酯
HTST 高温短时杀菌
IDF 国际乳品联合会
PV 过氧化物值
PSD 粒径分布
REM 重组淡炼乳
RSCM 重组甜炼乳
SMP 脱脂乳粉
SEF 溶剂可抽提脂肪
UDWPN 未变性乳清蛋白氮指数
UHT 超高温
USDEC 美国乳品出口协会
WPNI 乳清蛋白氮指数
WFN 白斑粒数

4.1 引言

乳粉被消费者和食品制造商广泛用作鲜乳及鲜乳制品的替代品，同时也是众多加工类食品生产中的重要原料。例如，乳粉可应用于传统乳制品（如酸奶和冰淇淋）、糖果和烘焙食品、健康饮品以及营养保健品等。乳粉的质量和功能性决定了其在实际使用中的效果，从而影响最终产品是否能得到消费者接受。

所有乳粉的生产都有相应的技术标准，这些标准规定了乳粉的成分组成，以及其物理、化学和微生物指标。同样重要的是，乳粉在特定应用中是否具备满足终端用户需求的功能性特征。也就是说，即使乳粉在成分、物理和微生物属性上相同，但若其功能性不同，其实际应用效果可能会有很大差异。典型的例子就是低温、中温和高温脱脂乳粉：它们的成分相似，但功能性和应用情况却有很大不同。乳粉的这些功能性特征虽然不一定在产品标准、技术规范或合同中明确列出，但对终端用户来说却至关重要。

目前市面上的乳粉种类很多，本章主要介绍：

- 全脂乳粉（full cream milk powder，简称FCMP；有时也称whole milk powder，简称WMP）：通常是通过去除鲜牛乳中的水分制成的干燥产品，含水量最高不超过4.5%（一般为2.5%），乳脂含量最低为26%，其余成分（乳糖、矿物质和蛋白质）比例与原始牛乳基本一致。
- 脱脂乳粉（skim milk powder，简称SMP），又称无脂干乳（non-fat dried milk，简称NFDM）：通常是通过去除牛乳中的水分和乳脂制成的干燥产品，含水量最高不超过4%（一般为3.5%），乳脂含量最高不超过1.5%（通常低于0.5%），其余成分（乳糖、矿物质和蛋白质）的比例与原始牛乳基本一致。
- 酪乳粉（buttermilk powder，简称BMP）：通常是通过去除酪乳（buttermilk，奶油生产过程中产生的液态副产品）中的水分制成的干燥产品。该产品的含水量最高不超过4%（范围为3.0%至4.0%），乳脂含量最低为4.5%，蛋白质含量约为30%。

本章将重点介绍这三类乳粉的生产工艺、技术指标、功能性、应用领域及其营养特性，随后还将探讨相关的常见问题。

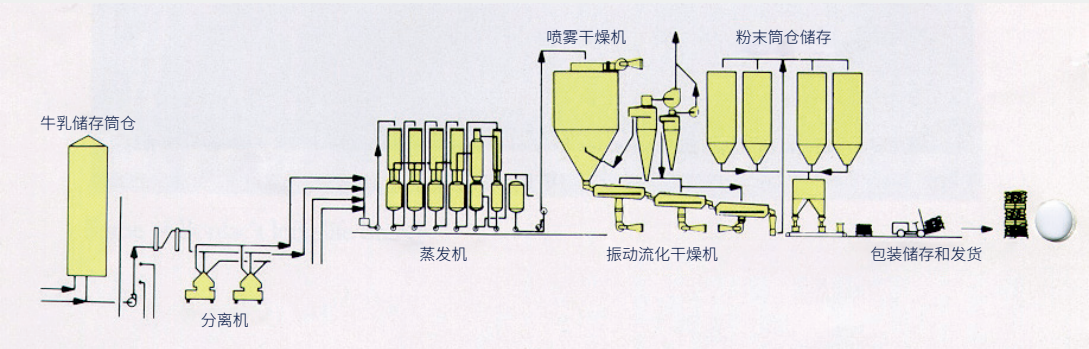
4.2 生产原理概述

乳粉生产的基本目的是将液态乳转化为粉末状产品，从而延长保质期，降低运输和操作成本。整个生产过程必须尽可能减少牛乳营养价值和功能性的损失。乳粉在使用过程中必须便于操作，同时尽可能把储存期间的品质劣变控制在最低限度。此外，乳粉必须能够方便地进行复原或再加工，以满足各种应用需求，并且能够体现出原始牛乳的所有功能性，甚至在许多情况下需要展现出优于原牛乳的功能性能。

传统乳粉（包括脱脂乳粉SMP、全脂乳粉FCMP和酪乳粉BMP）的生产过程中，通常采用一些相同的基本工艺步骤，例如蒸发和喷雾干燥。同时，根据不同产品的特性，可能还需要额外的工艺步骤，例如低温、中温和高温脱脂乳粉所需的不同程度的热处理。

图1展示了采用蒸发和喷雾干燥工艺进行乳粉生产的典型流程图。SMP和FCMP的原料为新鲜牛乳，而BMP的原料则为奶油生产过程中产生的副产品，即新鲜酪乳。以下各个工艺步骤在生产过程中都起着重要作用，确保最终乳粉产品具备稳定性、功能性以及一致且优良的品质。

图1 乳粉生产的典型工艺流程图



原料

对于脱脂乳粉（SMP）和全脂乳粉（FCMP），作为原料的牛乳需先经过标准化处理，以确保最终乳粉的成分符合需求。这一过程通常需要对全脂牛乳进行乳脂分离，得到用于生产SMP的脱脂乳（乳脂含量通常低于0.1%）和稀奶油。对于FCMP生产，则需要将脱脂乳与稀奶油按特定比例重新混合，以获得所需的乳脂与非脂乳固体比例，有时还需要向全脂牛乳中额外添加稀奶油或脱脂乳以达到目标比例。

预热处理

经过标准化处理的牛乳随后需进行预热处理。通常会采用一系列包含时间和温度组合的工艺，最低要求是72°C、加热15秒的巴氏杀菌处理。对于SMP，根据低温、中温和高温乳粉类型的需求，会对牛乳进行不同程度的热处理，以赋予或改善乳粉的特定功能性，例如风味。热处理会使乳清蛋白发生变性，变性程度随热处理强度的增加而提高。乳清蛋白变性程度通常通过乳清蛋白氮指数（Whey Protein Nitrogen Index，WPNI）来表示，单位为每克乳粉中的未变性乳清蛋白（udwp）含量（毫克）。WPNI的数值用来划分SMP为低温、中温或高温类别（详见常见问题解答部分）。

表1 喷雾干燥的脱脂乳粉分类

类型	温度/时间	乳清蛋白氮指数（WPNI）mg/u.w-p
超低温	>70°C	*
低温（LH）	70°C/15秒	>6.0
中温（MH）	85°C/20秒	5-6.0
“	90°C/30秒	4-5.0
“	95°C/30秒	3-4.0
中高温（HH）	124°C/15秒	1.5-2.0
高温（HH）	约135°C/30秒	<1.4
高温高稳定性(HHHS)（来自筛选后的牛乳）	约135°C/30秒	<1.4

图表来源：Sanderson N.Z, J. Dairy Technology, 2, 35 (1967)

浓缩

随后，通过热蒸发机去除牛乳中的水分，将牛乳浓缩至乳固体比例约50%的程度。该蒸发装置通常采用多效蒸发系统，由多个垂直排列的管束组成，产品在管道内部流动，而外部则进行加热。整个系统在真空条件下运行，以降低蒸发温度，从而实现高效节能的效果，每消耗1千克蒸汽可蒸发掉多达30千克的水分。这种高效能的实现，主要依赖于对蒸发出的水汽进行热量再利用，并通过机械或热压缩的方式提升水汽的温度。低温条件（约45-68°C）的使用，使得牛乳在真空环境下能在较低温度下“沸腾”，从而有效保护牛乳中的乳固体不受热损伤。在这种工艺条件下，乳固体比例可提升至50-55%，且几乎不会对其造成热破坏。

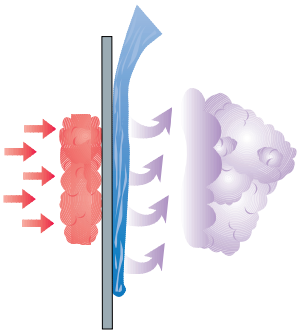


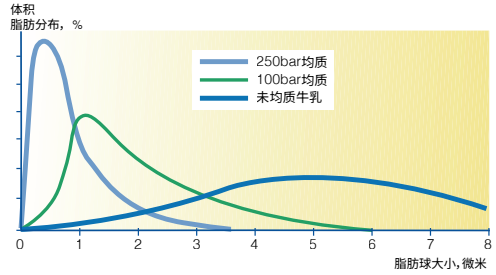
图6.5.1 蒸发的一般原理：一侧的蒸汽加热隔板，致使隔板另一侧的液体受热蒸发，产生蒸汽。

均质处理

蒸发后，脱脂乳粉（SMP）的浓缩液可直接进入喷雾干燥工序。然而，对于全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP），在喷雾干燥之前，浓缩液需进行均质处理。均质条件通常为50至75°C，总压力可高达90巴，且通常采用两级均质设计。均质的目的是通过高压剪切作用，将乳脂球打碎成更小的颗粒，并通过乳蛋白在其表面形成一层薄膜，从而制备出结构稳定的乳脂乳状液。这种处理能有效防止脂肪在后续加工或储存过程中发生分离。

雾化

浓缩液随后通过雾化技术，以细雾状形式被喷入干燥主腔内，雾化方式可以是离心雾化或喷嘴雾化。喷雾干燥机的设计和配置种类繁多，包含不同形状的主腔体、不同的雾化技术、单级或多级布局、不同的空气出口位置、内部或外部流化床以及多种造粒系统。每种设计通常针对特定产品，但许多设备也具备多功能特点。在初步干燥之后，为了提高粉末的分散性，含脂乳粉通常会通过添加卵磷脂进行速溶处理，而对于脱脂乳粉（SMP），则会将细粉返回主腔进行再处理。二次干燥通常在低温条件下的流化床干燥器中完成，最终成品乳粉一般采用25千克多层袋进行包装。



摘自《利乐乳品加工手册》

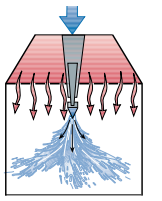


图17.5 用于在喷雾干燥室中对牛乳进行雾化的固定喷嘴。

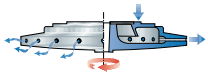


图17.6 用于在喷雾干燥室中对牛乳进行雾化的旋转盘。

摘自《利乐乳品加工手册》





滚筒干燥：

一种较早期的技术称为滚筒干燥（roller drying），目前仍被用于生产专供巧克力制造使用的全脂乳粉（FCMP）。这是因为滚筒干燥乳粉具有较高的游离脂肪含量，这正是巧克力制造中所需的重要功能性（详见常见问题解答FAQ）。此外，目前还有一些新兴的干燥技术展现出良好的应用前景，例如由法国公司Clextral开发的挤压多孔化技术（Extrusion Porosification Technology，简称EPT）。该项专利技术是通过对高乳固体含量的产品和原料进行喷雾干燥，从而获得独特的多孔结构乳粉。EPT干燥技术的操作温度低于传统喷雾干燥，不仅能大幅节省能源，还能最大程度减少对食品风味和营养成分的破坏。

4.3 功能性

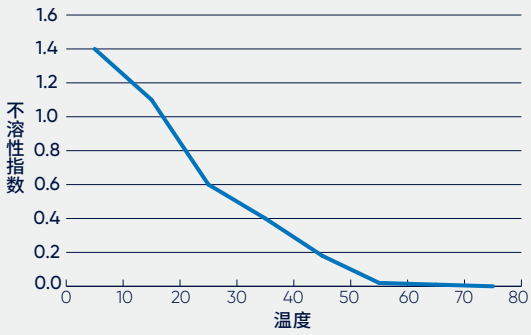
乳粉在应用中主要体现出三大类功能性——物理功能、营养功能和生理功能。物理功能是指乳粉在作为食品配料使用过程中所赋予产品的结构特性和化学属性。例如，乳粉具有结合能力，能够形成凝胶或稳定泡沫。这些特性主要在乳粉复原后显现，同时也会影响最终产品的感官特性。营养功能是指乳粉根据其成分组成，作为营养物质来源的能力。生理功能是指乳粉通过其中所含的生物活性物质，能够促进人体产生生理调节反应，从而改善人体生理功能，例如促进肠道功能的提升。这种功能既可能来自于牛乳的天然成分（如初乳或牛乳肽），也可能是因为乳粉可作为载体，在生产过程中添加其他具有健康功能的活性成分，如益生菌或益生元，从而实现额外的健康价值。

物理功能性

溶解性

溶解性是乳粉最重要的物理功能性之一，因为它是实现其他大多数物理功能的前提。如果乳粉无法完全溶解为均一的形态，将会导致其在使用过程中出现操作困难。乳粉中不溶解的部分通常是已经变性的蛋白质，或是酪蛋白、乳清蛋白与乳糖的复合物。一般而言，全脂乳粉的溶解性通常低于脱脂乳粉。乳粉的溶解性在储存过程中可能会出现劣变，具体取决于储存条件，如温度和湿度等因素。

图2 高固形物复原条件下乳粉不溶指数随复原温度变化的关系（未发布资料）



影响乳粉溶解性的因素包括：牛乳的季节性成分和质量变化、生产过程中牛乳的预热处理（加热温度越高，乳粉的不溶性越容易升高）、干燥设备的类型（滚筒干燥对溶解性影响尤为明显）、雾化系统的选择（喷嘴雾化与离心盘雾化）、喷雾干燥机的结构配置（单级与多级干燥器）、均质处理的程度（针对FCMP）以及生产工艺条件等。此外，复原过程中的水温对于乳粉的不溶性，特别是在高固形物复原条件下，具有关键性的影响。如图2所示，当复原甜炼乳（RSCM）预混液的水温降低时，其不溶指数会显著上升。以单一强度固形物浓度复原的乳粉也会出现类似的情况，只是通常不如高固形物复原时那么明显。

速溶特性

速溶特性是指乳粉在接触水后能够迅速复原的能力，这一特性在许多应用场景中至关重要。乳粉在水中的再溶解过程受多种因素影响，其中水的温度尤为关键，但有时水温对其他功能性的实现又可能产生不利影响。

乳粉的速溶特性受一系列相关因素的影响，包括：

- **流动性**



流动性是乳粉在运输、称重、包装、储存以及使用过程中的重要特性，无论是在粉末状态下还是在后续应用过程中，良好的流动性都至关重要。乳粉的流动性主要受颗粒形态（大小、形状和结构）以及整体颗粒粒径分布的影响。通常，较大的颗粒或少量小颗粒组成的团聚颗粒（agglomerate）有利于获得良好的流动性。然而，这种粒径分布可能会对堆密度（Bulk Density，BD）产生不利影响。较低的堆密度有助于改善流动性，但这种关系在振实密度（Tapped BD）上表现得不那么明显。颗粒粒径的均匀性也有助于改善流动性，但同样会对堆密度产生影响。乳粉的乳脂含量，特别是颗粒表面的“游离脂肪”（free fat）比例，对流动性有着显著的影响。游离脂肪含量的增加会降低乳粉的流动性。为了改善乳粉的自由流动性，可以通过添加助流剂（例如硅酸盐类）或采用速溶处理（instantizing operation）来提升乳粉的流动性。

- **润湿性**

  润湿性是指乳粉在特定温度条件下被水润湿的能力，尤其是水是否能够渗透到乳粉颗粒表面的能力。如果乳粉润湿性不佳，容易在复原过程中形成结块。影响润湿性的因素包括：乳粉的团聚程度、均质处理情况、可润湿表面的面积及其特性（颗粒表面的游离脂肪会抑制润湿性）以及颗粒间空气的存在量。此外，乳粉颗粒表面的结构也是影响润湿性的一个重要因素。如果在干燥过程中颗粒表面发生了“表面硬化”（case-hardening），那么水分渗透颗粒的能力将会减弱。

- **下沉性**

  当乳粉被水润湿后，其自身重量增加，通常会下沉至水面以下。影响下沉性的因素包括颗粒密度、乳粉的组成以及颗粒内夹带空气的比例。

- **可分散性**

  乳粉颗粒在被水润湿并下沉至水面以下后，应表现出良好的分散性。分散性是指乳粉颗粒能够在不形成干粉块的情况下，快速分散并瞬间解聚为单个颗粒的能力。影响分散性的关键因素是团聚程度。为了获得良好的分散性，乳粉的团聚特性应当经过优化，尽量减少大于250微米的团聚颗粒，减少结构致密的团聚体，并尽可能降低或避免存在影响分散性的超细颗粒。

乳化和起泡能力

乳粉可用于需要起泡和乳化功能的应用场景，例如冰淇淋、慕斯和烘焙产品。这些功能主要依赖于牛乳脂肪在空气泡沫表面所产生的多种物理作用以及乳脂球的聚集行为。同时，乳蛋白的亲水性和疏水性基团通过其表面活性特性，能够稳定气泡的气-水界面（air/water interface）以及乳脂球的油-水界面（oil/water interface）。影响乳粉起泡能力的因素包括：pH值、矿物质平衡、乳脂的状态、温度、乳清蛋白的变性程度（乳清蛋白变性程度越高，起泡能力越低）以及低分子量表面活性剂的存在。通过增加乳粉中夹带空气的含量，可以在复原时释放更多空气，从而增强其起泡能力。此外，在雾化过程中向浓缩液中注入空气，也能够进一步改善乳粉的起泡性能。

热稳定性

热稳定性是指复原乳（无论是单一强度浓度还是浓缩后）单独使用或与其他配料组合使用时，能够在加热加工和储存过程中不出现过度增稠、凝固或沉淀的能力。相比于单一强度浓度复原乳，浓缩乳更容易在加热过程中出现热不稳定的问题。当加热温度超过65°C时，乳清蛋白会发生变性，而酪蛋白（casein）则可以稳定存在直至140°C。乳蛋白在加热过程中受到的破坏主要来自以下变化：pH值降低、乳清蛋白的变性，以及钙和磷从乳清相转移到胶体相。一旦乳清蛋白发生了变性，其状态是不可逆的；而矿物质，特别是钙和磷的迁移，在相对较低的加热条件下是可逆的。在以牧草饲养为主的国家（如澳大利亚），牛乳的天然热稳定性会随时令的变化而发生波动，这主要与矿物质平衡和pH值的变化有关。正是基于这种矿物质平衡的现象，乳品加工企业可以通过调节牛乳中的矿物质组成，来改善其热稳定性，从而生产出适用于特定应用场景的乳粉。

保水性

乳粉中的蛋白质，以及在较小程度上的乳糖，具有吸附水分的能力，这种特性被称为保水性。酪蛋白每克蛋白大约可以结合3.3克水。未变性的乳清蛋白大约每克能结合0.4克水，而变性的乳清蛋白则每克最多可以结合2.5克水，是未变性乳清蛋白保水性的6倍以上。保水性在乳制品、糖果、烘焙和肉制品等领域的应用中非常重要。例如，在酸奶生产中，可以利用乳清蛋白浓缩物中的变性乳清蛋白来解决产品析水的问题。

黏度形成

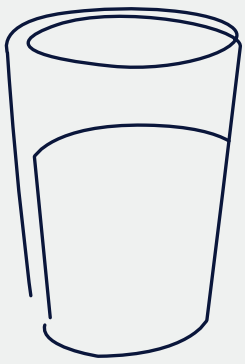
乳粉中的蛋白质可用于在多种应用中调节流变特性（如黏度）。这种能力受固形物浓度、温度、蛋白质分散性以及乳清蛋白变性程度的影响。该特性主要是由于蛋白质-蛋白质之间的相互作用，类似于凝胶形成的机制。黏度形成特性在酸奶和重组甜炼乳（RSCM）等产品中尤为重要。

水合性

水合性是指乳粉在复原过程中，能够完全溶解，并恢复原有的乳蛋白和矿物质的平衡状态。大多数乳粉在25°C以上的温度下，通常在10-20分钟内可以迅速完成水合。因此，在正常的加工温度（40-55°C）下，乳粉的理想水合时间一般不应超过15-20分钟，只有在高固形物溶液（如乳蛋白浓缩物MPC）的情况下，才需要更长的水合时间。对于水合能力较低的乳粉，所需的水合时间可能会更长。

颜色

乳粉对颜色的影响能力常常被忽视。乳粉本身需要符合颜色方面的标准规范。在某些应用场景中，如烘焙和糖果生产，通过加热产生的美拉德反应带来褐变从而提升产品的色泽，是一种非常有价值的乳粉特性。



凝胶特性

凝胶特性是指乳粉中的蛋白质具有形成凝胶的能力，能够结合水分和脂肪，帮助产品形成结构，改善产品质感和口感。乳清蛋白可以通过加热形成热诱导凝胶，而酪蛋白与乳清蛋白在凝乳酶的作用下（奶酪制造）或通过酸化作用（某些乳制甜点）可以共同形成凝胶网。

风味

所有乳粉都必须无异味或杂味。蛋白质和脂肪在加热加工过程中可能产生不同的风味特征。乳脂还可以作为脂溶性风味物质的载体。高温加工过程中产生的风味，例如焦糖风味，在特定应用场景（如糖果生产）中是十分有益的。

营养和生理功能性

牛乳及乳粉是多种人体健康所必需的重要营养素的丰富来源，因此高度建议在均衡饮食中适当加入乳制品。根据Miller（2000年）提供的数据可以看出，在典型的美国膳食结构中，牛乳所提供的总能量仅占9.3%，比例较低。然而，牛乳是一种营养密度极高的食品，能够为人体提供多种微量营养素的推荐日摄入量（RDI）的显著比例。例如，钙的供给量可达到73%。此外，通过在乳粉生产过程中进行强化（例如添加铁元素），可以进一步提升乳粉的营养价值。

乳粉含有对人体健康至关重要的蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素和矿物质。

- **蛋白质：**酪蛋白约占牛乳总蛋白的80%，乳清蛋白约占20%。牛乳蛋白质提供了多种人体必需氨基酸，包括赖氨酸。牛乳蛋白具有多种对人体有益的功能，包括：降低血压、防止龋齿、辅助预防特定癌症、增强免疫系统功能以及促进骨骼强度的形成。牛乳中的两种主要蛋白——酪蛋白和乳清蛋白，具有很高的蛋白质利用效率，有助于人体的生长和发育。
- **碳水化合物：**牛乳中的主要碳水化合物是乳糖（lactose），此外还包括葡萄糖、半乳糖以及少量低聚糖。部分人群存在乳糖不耐症，但乳糖可通过乳糖酶的酶促作用水解为葡萄糖和半乳糖。乳糖具有营养优势，因为其消化速度较慢，部分乳糖可完整到达结肠，为肠道内的天然菌群提供养分。
- **维生素和矿物质：**牛乳是人体健康所需各种维生素的良好来源，包括脂溶性维生素A、D、E和K，以及水溶性维生素B1、B2和B12。脱脂乳粉（SMP）缺少脂溶性维生素A、D、E、K，但在有需要时可以通过强化添加。此外，牛乳还是矿物质的优良来源，尤其是钙。钙对细胞膜功能、激素调节及骨骼健康至关重要。其他重要矿物质还包括镁、钾、磷、钠、锌和铁，在人体健康中同样发挥着重要作用。
- **脂肪：**牛乳脂肪中含有超过400种不同的脂肪酸。牛乳脂肪还能提供脂溶性维生素。此外，牛乳脂肪中还含有其他重要成分，如共轭亚油酸、丁酸和鞘磷脂等，对人体健康具有积极作用。

牛乳目前已被证实有助于以下疾病的预防和改善：

- 癌症：增加钙和维生素D的摄入，能够降低癌症诱发因素的影响，尤其是在西方饮食模式中更为显著。钙、维生素D、乳酸菌、共轭亚油酸和鞘磷脂对预防结肠癌具有保护作用。
- 高血压：越来越多的医学研究表明，来自牛乳中的钙、镁和钾有助于降低人体血压，从而降低高血压的风险。
- 骨质松散症：骨质松散症的预防与30岁左右达到的峰值骨量密切相关。而峰值骨量的形成受年轻生长阶段及骨骼成熟后钙和维生素D摄入量的影响。这一健康问题尤其值得关注的人群包括绝经后女性，以及步入中老年阶段的男性和女性。

乳粉功能性及物理特性测定方法

目前，针对乳粉功能性及物理特性的测定方法种类繁多。其中，许多方法已被全球广泛接受作为标准方法，例如AS 2300、IDF（国际乳品联合会）、ADPI第916号公告等。其他方法则为专有方法，或被相关人员用作采购参考，或用于评估特定乳粉在特定应用中的适用性。

堆积密度

取100克乳粉，倒入250毫升量筒中，刮平表面后读取体积（倒入密度）。然后将量筒轻敲100次，记录体积（松散密度），再连续敲击525次，总计敲击625次，记录最终体积（堆积密度，BD）。每次操作后的测定体积分别称为倒入密度、敲击密度和堆积密度。

该方法存在多种变体，例如敲击次数增加至1250次，或使用专用设备（如Stampf volumeter）进行测定。在报告测试结果时，必须注明所采用的方法。影响堆积密度的因素包括：粉粒间的间隙空气、夹带空气、颗粒密度以及颗粒粒径分布（PSD）。

表2 典型分析：松散堆积密度

非团聚全脂乳粉	0.56 – 0.66 g/ml
团聚全脂乳粉	0.45 – 0.52 g/ml
速溶全脂乳粉	0.45 – 0.52 g/ml
普通脱脂乳粉	0.58 – 0.68 g/ml

（参考文献：ISO 8156：2005, IDF 129A, ADPI公告916）

颜色

乳粉的颜色可以通过与一组标准色盘进行对比进行测定。另一种更为准确的测定乳粉颜色或白度的方法是使用色差仪（如Minolta色差仪），该设备通过三刺激色度法测量三个颜色参数："a"值表示红度，"b"值表示黄度，"L"值表示亮度。将乳粉均匀铺展在培养皿中，在D65光源条件下，采用L、a、b色度参数进行测量。

表3 典型分析结果

	L	a	b	白度等级
脱脂乳粉	101.33	-5.52	16.49	****
团聚全脂乳粉	98.22	-6.05	28.01	***
速溶全脂乳粉	100.34	-5.86	22.67	****
非团聚全脂乳粉	100.72	-6.12	22.39	****
酪乳粉	98.58	-6.83	22.35	***

（参考文献：《AIC乳粉功能手册》）

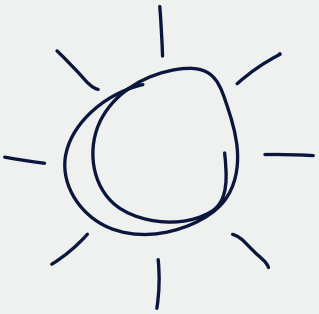
黏度

乳粉的本征黏度可以通过多种方法进行测定，具体取决于其预期应用。通常做法是，将乳粉按设定的总固形物浓度溶解，在指定温度下使用黏度计进行测定以获得基础黏度。这种做法适用于多种应用需求。然而，针对某些特殊应用（如复合加糖炼乳RSCM）的适用性测试，则需要采用专门的测量技术。对于RSCM应用，乳粉的黏度贡献可通过以下两种方式测定：

- 使用实验室评估方法，如Kieseker（1965年）或Weerstra（1988年）的方法；
- 进行RSCM的中试生产，并测定其黏度。

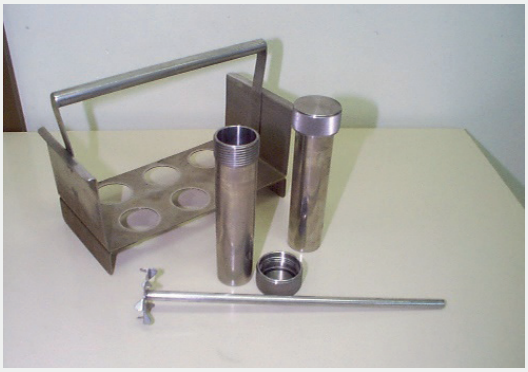
热稳定性

牛乳及乳粉的热稳定性非常重要，因为在大多数乳粉应用中都会进行加热处理。测试结果必须与具体的应用需求相关。一种简单的测试方法是，将牛乳或复原乳样品放入密封管中，在隔水加热至一定温度（通常为120°C至140°C），测量样品凝固所需的时间。凝固时间越长，说明牛乳或乳粉的热稳定性越好。该方法并不测量增稠现象，但增稠也可能是热不稳定性的一个指标。另一个以时间凝固为标准的测试方法是，将复原乳与不同量的乙醇混合进行测试（即乙醇稳定性测试——Horne 1980）。



然而，这些类型的测试只能在单独的牛乳样品上获得一致的结果，即它们可以预测乳品在测试条件下本身的热稳定性，但并不能准确预测乳粉在实际应用中的表现。这一点在如复合蒸发乳（REM）等高浓度乳品应用情况中尤为明显。一种可行的方案是进行产品的中试生产，以此来评估乳粉是否能满足热稳定性的要求。但显然，这种方法成本高且耗时较长。澳大利亚乳业目前可以使用由澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）开发的、优于Kieseker（1988年）方法的改进测试方法。该方法将重新混合的乳粉和乳脂在实验室规模条件下（见图3）进行测试，所采用的加热处理条件等同于复合蒸发乳（REM）商业生产中的条件。该测试方法会按规定方式添加一系列稳定盐类（如磷酸盐），以帮助确定最大热稳定性点。该测试还可以在乳粉生产过程中进行，以便在生产过程中对乳粉进行预磷酸盐处理，从而提高其热稳定性。

图3 CSRIO热稳定性测试所用设备（Kieseker & Aitken 1988年）



乳化能力与稳定性

乳化能力与稳定性的测量包括体积指数、乳化容量、活性指数和稳定性。这些测试结果仅具有参考价值，应按情况进行解读。

乳粉溶液的乳化能力，可通过在均质状态下向蛋白质溶液中泵入油脂并监测溶液电阻的方法测定。当乳粉溶液的乳化能力达到极限时，溶液体系会由水相连续（油包水）转变为油相连续（水包油）状态，此时电阻会迅速上升。该方法的一个典型实例为Vuillemarde等人（1990）的方法，并已被许多研究者（例如Williams，2005年个人通讯）采用并加以修改。

为测定乳化体积指数，需制备模型乳液，在4°C条件下静置过夜，再使用血球比容离心机测定其乳化稳定性。该方法的典型例子包括DeCastro-Morel和Harper（2002）以及McDermott等人（1981）。同样，这些方法在实际应用中存在一定的修改（Williams，2005年个人通讯）。

由于大多数乳化能力与稳定性测量方法的可比性不足，研究人员尝试标准化结果报告方式。Bennett等人的研究（2005年内部通讯）为此提供了示例。

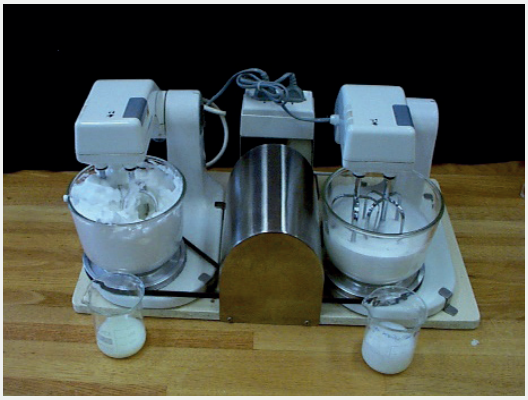
一个简单的方法是将乳粉（按0.1克增量）加入水和油的混合物中（1.0克油和99.0克水）。在未加乳粉前，表面油滴较大。在高速混合条件下加入乳粉，当表面油滴尺寸减小至<0.5毫米直径时，即表示油脂已成功乳化，这时记录所用乳粉总量。所需乳粉越多，表示乳化能力越低。

典型的结果（简单方法）

非团聚全脂乳粉	0.9g
团聚全脂乳粉	1.7g
速溶全脂乳粉	1.3g
普通脱脂乳粉	1.0 - 2.0g
酪乳粉	1.7g

起泡、搅打的能力及稳定性

图4 测定泡沫稳定性与膨胀率的装置（Ward等，1997）



乳粉的起泡与搅打能力在许多应用中（如冰淇淋制造）非常重要。关于起泡与搅打能力的测定方法有很多。

澳大利亚的研究人员改进了Phillips等人(1987)的方法，并采纳了Ward等人(1997)提出的用于提高乳粉起泡能力的方法。该方法允许先进行初步目测对比(见图4)，再通过以下公式计算泡沫膨胀率和泡沫稳定性：

$$\text{泡沫膨胀率 (\% Over run)} = \frac{\text{(未搅打溶液重量)} - \text{(同体积泡沫重量)}}{\text{同体积泡沫重量}} \times 100$$

$$\text{泡沫稳定性 (\% Stability)} = \frac{\text{(100ml泡沫重量)} - \text{(排出液体重量)}}{\text{100ml泡沫重量}} \times 100$$

一个简单的估算法为：配制10%(w/w质量比)乳粉溶液(20°C)，用家用搅拌器(如ultra turrax)搅打起泡后倒入量筒中测定泡沫体积作为起泡能力；静置15分钟后再次测量泡沫体积，记录泡沫体积的减少量作为泡沫稳定性。

表4 该简单测试的典型结果如下

	起泡量	泡沫稳定性
非团聚全脂乳粉	102 ml	2 ml
团聚全脂乳粉	106 ml	6 ml
速溶全脂乳粉	100 ml (无泡沫)	N/A
普通脱脂乳粉	130 – 170 ml	37 – 60 ml

(参考文献：《AIC乳粉功能手册》)

润湿性

润湿性是通过将一定量的乳粉(通常为10克)系统地放置在一定量的水(250毫升，25°C)的表面上，并记录所有乳粉完全被水润湿(即全部沉入水面以下)所需的时间进行测定的。

(参考文献：IDF 87, Pisecky, 1997)

分散性

分散性是通过将一定量的乳粉(通常为10克)放置在标准量的水(通常为250毫升，25°C)表面上，然后在设定时间内以一定的旋转模式搅拌溶液，之后对溶液进行筛分。将筛余物进行干燥、称重，并根据样品的质量以及其水分和总固形物含量，计算并报告分散性。

(参考文献：IDF 87, Pisecky, 1997)

流动性

流动性的测定有多种先进的分析仪器可供使用，例如Hosokawa微米粉体测试仪、Aeroflow粉体流动性分析仪(见图5和图6)。Hosokawa仪器除了可以测量流动性外，还可以测定其他多种特性，包括堆积密度(BD)、可压缩性、休止角、刮板角、崩落角、内聚性和分散性。

图5和图6 Aeroflow和Hosokawa粉体分析仪





一种流动性测定的简单方法是，观测乳粉通过漏斗的情况，或测量乳粉沿斜面流动的数量。例如，将6克乳粉置于一个长50毫米、倾角为45°C的斜面顶端，收集所有流到底部的乳粉，称重后，以其重量占原始6克样品的百分比进行表示。

表5 典型实例分析结果（采用上述的简便方法）

非团聚全脂乳粉	35 – 95%
团聚全脂乳粉	92 – 93%
速溶全脂乳粉	90 – 97%

（参考文献：《AIC乳粉功能手册》）

其他开发的方法还包括使用专门设计的不锈钢旋转滚筒，在设定的转速（通常为每分钟30圈）下，将称量好的乳粉样品投入滚筒中，记录所有乳粉被旋转抛出滚筒所需的时间。

表6 典型的分析结果

非团聚全脂乳粉	200 – 300 秒
团聚全脂乳粉	50 – 100 秒
速溶全脂乳粉	40 – 60 秒
普通脱脂乳粉	50 秒
团聚脱脂乳粉	10 – 20 秒

（参考文献：Pidecky, 1997）

粒径分布

粒径分布（PSD）会影响乳粉的多种功能性，包括风味释放、流动性、分散性、溶解性和乳化稳定性。乳粉和乳状液的粒径分布可以通过以下三种方法进行测量：a）通过不同规格筛网的筛分；b）使用显微镜进行目视分析；c）采用激光衍射等先进的颗粒计数技术。

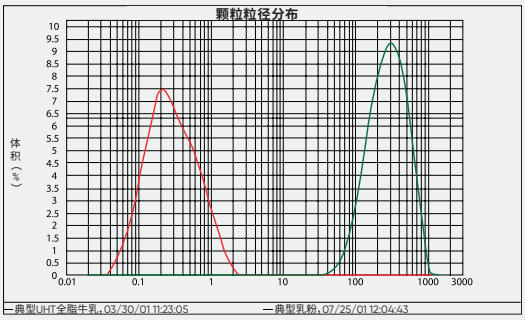
筛分方法通常只能作为参考，因为机械运动过程可能会对乳粉的颗粒形态造成变化，例如团聚颗粒的破裂。乳粉良好的自由流动性是取得最佳测试结果的前提，往往还需要添加助流剂以提高其流动性。

显微镜检查方法较为耗时，并且在许多情况下依赖于操作人员的经验。但该方法的明显优势在于，在进行颗粒计数和粒径测定的同时，还可以直观地观察乳粉的其他结构特征。目前应用较为广泛的粒径分布测量方法是Malvern Mastersizer（见图7和图8），该仪器可以在干态或湿态条件下进行测量，通过将颗粒保持在气流中或悬浮在异丁醇或类似介质的溶液中进行检测。该方法特别适用于粒径范围在50纳米至2毫米之间的颗粒。

图7 马尔文激光粒度仪2000粒径分析仪



图8 超高温灭菌牛乳（UHT milk）和全脂乳粉（FCMP）的典型粒径分布（PSD）



咖啡稳定性，也叫“咖啡测试”

咖啡测试是用于测定乳粉蛋白在咖啡环境中抗不稳定性的指标。咖啡测试方法有若干变体，但基本步骤是：将1%的咖啡溶液加热至75-85°C，按标准方式加入一定质量的乳粉并搅拌。观察并定量测量表面未溶解的物质（即“羽毛状沉淀”，feathering）和沉积物（sediment）的量。需要注意的是，应合理选择咖啡原料，确保其pH值约为4.9，不能过低，因为此pH值接近蛋白质的等电点。若pH再低，将对测试结果产生显著影响。合格乳粉的羽毛状沉淀应控制在0.2-0.3毫升，超过1.0毫升为不合格。乳清蛋白氮指数（WPNI）小于3的乳粉通常能获得较好的测试结果。

沉积物测试

沉积物测试与咖啡测试类似。将2克乳粉溶解于水中（25°C用于速溶乳粉的冷沉积测试，45°C用于团聚乳粉的冷沉积测试，85°C用于速溶和团聚乳粉的热沉积测试），混合均匀后过滤，收集沉积物，干燥，然后称重。结果以干燥沉积物的质量进行报告。

表7 典型的分析结果

非团聚全脂乳粉	0.3g
团聚全脂乳粉	0.1g
速溶全脂乳粉	0.0g
普通脱脂乳粉	0.0 – 1.3g
酪乳粉	0.1g

（参考文献：Pidecky，1997）

溶解性

乳粉的溶解性测试被称为“不溶指数”测试，因为该测试是在标准条件下测量乳粉中不溶性物质的含量。典型的测试方法是：取13克全脂乳粉（FCMP）或10克脱脂乳粉（SMP）或酪乳粉（BMP），加入100毫升24°C或50°C的水，在专用装置中混合均匀，然后倒入专用离心管，经过离心处理后，测量沉淀物的体积（以毫升计）。

需要特别注意的是，在测试过程中必须严格控制温度，因为温度是影响乳粉不溶性最关键的决定性因素。

表8 典型的分析结果

非团聚全脂乳粉	最大1.0，正常0.5ml
团聚全脂乳粉	最大1.0，正常0.5ml
速溶全脂乳粉	最大1.0，正常0.5ml
普通脱脂乳粉	最大1.25，正常0.5ml
酪乳粉	最大1.25，正常0.5ml

（参考文献：AS 2300.4.4-1994，ISO 8156：2005，IDF 129A：2005，ADPI公告916）

凝胶作用

乳粉形成凝胶的能力在很大程度上受食品应用环境的影响。用于评估凝胶强度的测试方法是将乳粉以50%（w/w）的比例复合于水中，在搅拌的状态下将溶液加热至80°C。随后将该溶液冷藏10至12小时，然后使用合适的仪器（如Instron或TA.XT2）测量其凝胶强度。

褐变

褐变测试的方法是将25克乳粉均匀铺在饼干或松饼烤盘上，并在约200°C的烤箱中烘烤10-15分钟。烘烤结束后，将乳粉缓慢冷却至室温。使用色差仪（如Minolta色差仪）在D65光源条件下，测量L值（亮度）和b值（黄色度）以评估颜色变化。Minolta色差仪是该测试中适用的设备之一。

表9 典型的分析结果

	L	a	b	褐变
脱脂乳粉	81.27	2.36	39.30	**
团聚全脂乳粉	58.77	12.08	40.77	****
速溶全脂乳粉	56.19	15.48	39.30	****
非团聚全脂乳粉	82.58	0.17	37.10	**

(参考文献:《AIC乳粉功能手册》)

白斑粒

白斑粒是指在观察一层较薄的乳液时可以看到的未溶解颗粒。由于其柔软的物理特性和大量的存在,白斑粒会导致过滤器堵塞。当复合高总固形物含量的乳液时,这种现象更为常见。与分散性测试方法类似,将10克乳粉加入到250毫升25°C的水面上,在规定的时间内以旋转方式进行搅拌。随后,再加入100毫升的水,并再次进行搅拌。将该混合液通过筛网过滤,并记录15秒内通过的液体体积。测试结果以白斑粒数(WFN, White Fleck Number)进行报告。一种更简单的测试方法是将50克乳粉加入300毫升20°C或80°C的水中,用茶匙顺时针搅拌六圈,再逆时针搅拌六圈。然后将混合液静置5分钟,将干净的茶匙插入混合液中,缓慢取出,并计数沉积在茶匙背面的白斑粒数量。

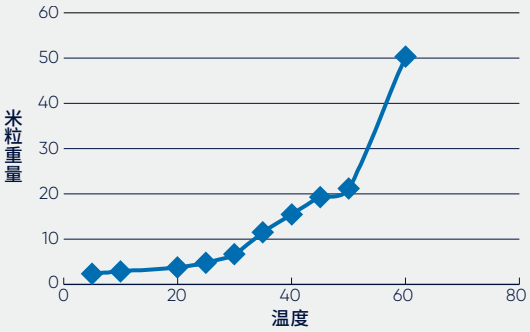
表10 典型的分析结果

	20°C	80°C
非团聚全脂乳粉	结块	10-12
团聚全脂乳粉	结块	0-2
速溶全脂乳粉	0-3	0-2
普通脱脂乳粉	结块	0-2

(参考文献:《AIC乳粉功能手册》)

在配制高总固形物含量的复合甜炼乳(RSCM)溶液时,出现白斑粒现象的情况取决于搅拌时的温度。随着搅拌温度的升高,所产生的白斑粒物质的数量也会增加。如图9所示,这些白斑粒被称为"米粒"。

图9 高固形物含量下温度对"米粒"形成的影响(个人观察资料)



烧焦颗粒

烧焦颗粒的测定通常采用美国干乳制品协会(ADMI)制定的方法。具体步骤为:取25克脱脂乳粉(SMP)或酪乳粉(BMP),或32.5克全脂乳粉(FCMP),在18-27°C的温度下,加入250毫升水中,并加入消泡剂,搅拌50秒。然后将该溶液通过标准滤膜过滤,滤膜经过轻微干燥后,与标准照片色阶进行比对,以评估烧焦颗粒的等级。

(参考文献:ADPI公告916)

4.4 应用

乳制品应用



由多种乳制原料制成的产品，称为重组乳制品。图10展示了一个重组工厂的布局。与重组产品不同，乳品的复原是指将单一乳原料与水混合。例如，将全脂乳粉（FCMP）与水混合可以称为“复原”，而将脱脂乳粉（SMP）与水混合后再加入无水乳脂（AMF）并对混合物进行均质处理，则要称为“重组”，因为这种操作使用了两种原料而非一种。

在本地鲜奶供应较少或没有本地鲜奶供应的国家，重组和复原技术被广泛使用。乳粉可根据特定的最终用途和应用进行定制。针对不同用途对乳粉功能性进行定制的技术包括对牛乳的预热处理以及添加矿物质等添加剂。例如，通过调节脱脂乳在蒸发和喷雾干燥前的预热温度和时间，可以制备出三种（或更多种）类型的脱脂乳粉（SMP），如低温型、中温型和高温型脱脂乳粉。每一种类型的脱脂乳粉都具有特定的功能性和应用领域，不能与其他类型互换使用。例如，低温型脱脂乳粉最适合用于重组乳，而高温型脱脂乳粉则更适用于烘焙领域。脱脂乳粉、全脂乳粉以及无水乳脂（AMF）是重组和复原过程中最主要的原料。酪乳粉（BMP）也可用作这些产品的替代原料，替代比例最高可达20%，以实现不同的功能性优化。

图10 典型的重组液体乳生产工艺流程

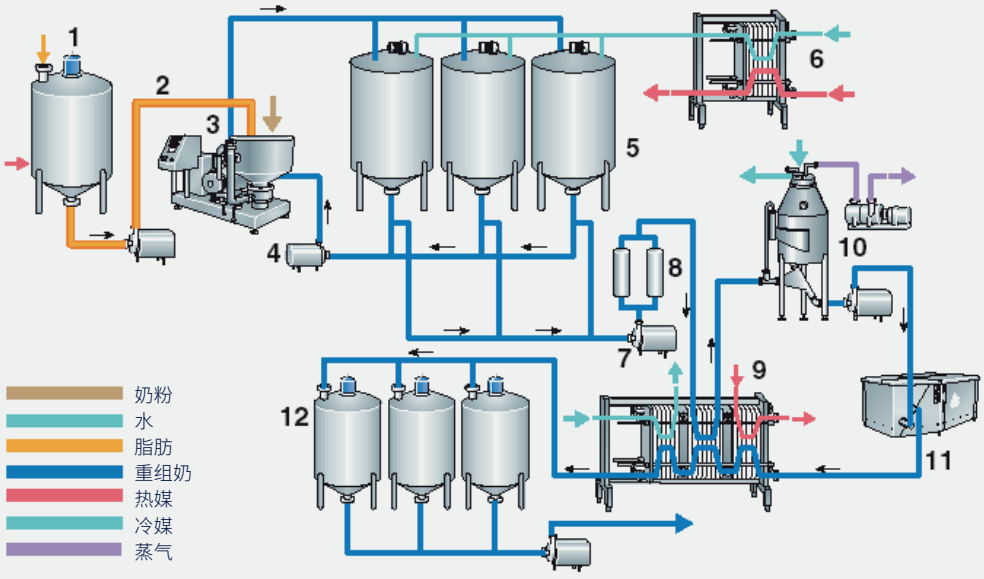


图18.5 重组设备，可向混合罐中加入脂肪

1 脂肪罐
2 脂肪绝缘管
3 具有高剪切混合单元的混合器
4 循环泵
5 混合罐
6 热水器
7 排放泵
8 过滤器
9 板式换热器
10 真空脱气器
11 均质机
12 储存罐

摘自《利乐乳品加工手册》

甜炼乳

中温型乳粉通常用于甜炼乳的生产。该类产品最重要的功能性要求是乳粉在最终产品中能诱导出特定范围内的黏度。甜炼乳在生产时的最佳黏度范围为25-40泊(poise),经过大约6个月的储存后,黏度会增加至60-100泊。具体的黏度范围会因不同生产厂家的工艺配置和对各加工单元(特别是热处理和均质)的黏度调控能力而有所不同。

单一强度牛乳

单一强度液态乳可通过多种技术进行生产。三种主要的加工方式分别是巴氏杀菌、超高温(UHT)和灭菌(也称高温高压杀菌)。巴氏杀菌乳的加热条件为72°C,保持15-30秒,保质期约为14天;UHT处理乳的加热条件为135-140°C,保持3-5秒,保质期约为3-9个月;灭菌(高温高压杀菌)处理乳的加热条件为118-125°C,保持10-13分钟,保质期可达约12个月。建议在复原UHT单一强度乳(无论是原味还是调味)生产过程中,优先使用低温型或中温型乳粉。不推荐使用高温型乳粉,特别是采用HTST(高温短时)预热处理的高温型乳粉,因为这种乳粉往往会赋予最终产品一种"煮熟味"。如果必须使用高温型乳粉,建议选择采用UHT预热处理工艺制造的高温型乳粉。用于UHT乳的乳粉还有一个重要要求,即不能含有耐热酶。这些酶,通常是耐热的脂肪酶和蛋白酶,会对UHT乳的储存稳定性产生不良影响,因为它们会引起乳品的增稠、沉淀和凝固。关于UHT乳用乳粉的选择标准之一是,每100克乳粉中丙酮酸(乳在冷藏过程中由嗜冷菌代谢产生的物质)的含量不应超过9毫克。

炼乳

用于生产炼乳的乳粉必须为高温型且具备良好的热稳定性,因为其需要承受高强度的杀菌加热处理而不会出现过度增稠或凝固的现象。酪乳粉通常被使用,是因为其含有较高水平的乳脂球膜成分,已知可增强乳粉的乳化性和热稳定性,并赋予产品浓郁的风味。为了在杀菌过程中进一步提升热稳定性,通常会添加矿物盐类,如柠檬酸盐、碳酸盐或多磷酸盐。但一般会避免使用正磷酸盐,因为正磷酸盐会促进已杀菌浓缩产品的老化凝胶现象。

奶酪

在选择乳粉用于奶酪生产时,首要考虑因素是乳粉必须为低温型或超低温型。如果使用中温型或高温型乳粉,复原乳在添加凝乳酶时,会形成软凝块,这是不理想的。低温型或超低温型乳粉在乳清蛋白大部分保持未变性状态的条件下,能够带来最佳的奶酪生产效果,品质接近鲜乳。与传统奶酪制造工艺相比,使用复原乳生产奶酪时,可能需要对生产条件进行调整,包括增加食盐的添加量和改变pH值。

酸奶

高温型和低温型乳粉均可用于酸奶生产。在酸奶制造过程中对复原乳进行热处理,有助于发挥这两类乳粉的功能性。复原乳的热处理应足以使乳清蛋白变性,这有助于提高酸奶的品质,使其具有较好的凝固结构和抗乳清析出的能力。为此目的,通常采用高温长时间处理(如85°C/30分钟)或超高温处理。此类热处理还可增强乳液的保水性,从而进一步改善酸奶的品质。

冰淇淋

在冰淇淋制造中，乳粉的一项主要特性是具备形成稳定泡沫的能力，即能够掺入并保持空气。乳粉中的蛋白质可在油-水界面上发挥作用，稳定乳化体系。

冰淇淋制造通常采用低温和中温型乳粉，因为风味十分温和，不会干扰冰淇淋风味的提升和发展，同时还具备良好的乳化性、保水性和质构形成能力。

稀奶油

通过添加乳脂原料或使用专门生产的高脂乳粉，便可以利用乳粉生产重组稀奶油。目前市面上已有脂肪含量高达65%的乳粉产品，用于提供大量粉末形式的乳脂。

食品综合应用

有众多种类的乳基乳粉（如脱脂乳粉、全脂乳粉和酪乳粉）广泛应用于多种非乳制品领域。这些传统乳粉常用于烘焙、糖果、肉制品、烘焙预制粉以及酱料、汤品、涂抹酱、肉类、鱼类和甜点等产品中。

在烘焙应用中，通常偏好使用高温型脱脂乳粉或酪乳粉，这两种乳粉尤其有助于获得良好的面包体积；而低温型脱脂乳粉因具有良好的感官风味表现，适用于饮料类产品。

脱脂乳粉也被大量用于动物代乳品中，可作为主要或次要成分使用。

全脂乳粉作为一种经济实惠的乳固体来源（包括乳脂），是一种便捷、营养丰富、易于复原的乳制品形态，无需冷藏，且运输方便（USDEC，2007b）。



这些乳粉具备多种功能性，在配方食品和加工食品中极具价值。这些特性包括溶解性、乳化性、凝胶形成能力、保水性、搅打性、起泡性、黏度、热稳定性、褐变、颜色及风味香气等。这些特性本身就存在于乳粉中，并可通过适当的加工方式在具体应用中进一步增强。

糖果

乳粉是糖果、牛轧糖、糖霜和稀奶油等产品配方中的关键成分，为这些产品提供风味和功能性。乳粉中的蛋白质可在油-水界面上发挥作用，形成并稳定乳化体系。与乳脂球膜中天然存在的乳化剂——卵磷脂协同作用，可防止油脂析出和脂肪上浮。未变性的乳蛋白在加热后可形成刚性、不可逆的凝胶，能够锁住水分和脂肪，为糖果提供结构支撑。一些糖果的坚实、耐嚼质构与酪蛋白对水分的结合能力有关。乳粉还在泡沫的形成中起着重要作用，这对于牛轧糖、糖霜和多种稀奶油类糖果至关重要，同时还能为糖果带来愉悦的乳香风味和香气（USDEC，2007a）。

脱脂乳粉（SMP）广泛应用于糖果制造中，通过加热时的美拉德反应所产生的产物，赋予产品褐变色泽和焦糖化风味。SMP还可提高保水性，降低脂肪球流动性，形成凝胶，以及赋予最终产品坚实耐嚼的结构，从而对产品结构作出贡献。



全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP）虽然在这一领域的使用较少，但它们可在乳化及形成和维持均匀泡沫方面发挥作用。BMP还能增强风味，并由于其卵磷脂含量较高，在乳化方面具有良好性能。

研究表明，脱脂乳粉（SMP）还能增强太妃糖的风味，其它应用还包括在软糖中用于产生乳香风味，以及在硬糖夹心和棉花糖中用于提升风味和褐变特性（Campbell和Pavlasek，1987）。

表11 乳粉在糖果中的使用

乳粉	典型用量（%w/w）
脱脂乳粉	焦糖糖果（4.2），巧克力糖果涂层（15），软糖糖衣（2.2），低脂糖衣（4.0），巧克力糖霜（0.2），复合涂层（8-10），软糖（8.5），太妃糖（2.5）
全脂乳粉	牛乳巧克力（~20）

（参考文献：Chandan和USDEC 2007a）

巧克力

传统上，全脂乳粉（FCMP）、酪乳粉（BMP）和脱脂乳粉（SMP）被广泛用于巧克力的生产中。例如，在巧克力应用中使用FCMP可降低塑性黏度、缩短精炼时间，并改变巧克力的硬度、固体脂肪含量和表面颜色（Walshe，1994）。

乳粉的物理特性对加工条件以及成品的物理和感官特性具有显著影响。巧克力的制造与储存过程中的诸多因素——如调温条件、熔融流变性、硬度和抗脂霜稳定性等——都受到乳粉中游离脂肪含量的影响。然而，乳粉颗粒的特性也会影响最终产品的物理和感官属性（Liang和Hartel，2004）。

在FCMP生产过程中，若通过超滤和洗滤调节乳糖含量，会影响喷雾干燥FCMP的微观结构。乳糖含量接近0%的乳粉颗粒具有更多孔的结构、明显的凹陷与皱纹、较低的真实和表观颗粒密度、较大的中值粒径、空泡体积、表面积和游离脂肪含量。而高乳糖浓度的颗粒则更趋于球形，结构更致密，真实和表观密度较高，中值粒径、空泡体积、表面积和游离脂肪含量较低。经过乳糖调控的FCMP有望在牛乳巧克力的制造中发挥潜力（Aguilar和Ziegler，1994）。

在巧克力制造当中，喷雾干燥乳粉中无定型乳糖浓度的增加会降低黏度，增加精炼巧克力浆料的粒径，并降低表面活性剂的浓度。而晶体乳糖浓度的增加则会提高黏度，减少粒径，并增加表面活性剂浓度。影响乳粉中乳糖结晶度的条件（如在用于巧克力生产前的储存和处理不当）可能是导致巧克力黏度波动的原因之一（Aguilar和Ziegler，1995）。

在巧克力制造中，若不使用滚筒干燥乳粉，而改为喷雾干燥乳粉并辅以独立脂肪来源，便可以获得更低的黏度（Attaie等，2003）。

乳制成分通过影响颗粒尺寸、沙粒感、黏度、口中融化感和乳香风味等质量决定性参数，影响消费者对牛乳巧克力的喜好。使用含有较多游离脂肪的乳品（如SMP加无水乳脂AMF）制成的巧克力，其评分普遍高于使用结合脂肪（如FCMP）制成的产品。乳脂的状态比喷雾干燥和滚筒干燥的差异对巧克力品质的影响更大。研究显示，高游离脂肪含量的稀奶油粉最适用于制造稀奶油巧克力（Bolenz等，2003）。

对于用于巧克力制造的FCMP而言，高溶剂可提取脂肪（SEF）或高游离脂肪（FF）含量是一项理想特性。传统乳粉制造工艺生产的FCMP其SEF含量较低（每千克粉中脂肪含量中游离脂肪不足40克）。通过将全脂牛乳分离为稀奶油和脱脂乳两个部分，对稀奶油进行巴氏杀菌处理，然后将其冷却后与脱脂乳浓缩液重新混合，或在高温高压下对稀奶油进行均质处理后与脱脂乳浓缩液混合，可以获得高SEF的全脂乳粉（游离脂肪含量高达约400克/千克乳粉中脂肪）。上述得到的全脂乳浓缩液无需均质即可进行喷雾干燥。除了加工工艺的调整外，乳粉中SEF水平还受制于用于乳粉生产的稀奶油及乳浓缩液的总固体含量（Clarke和Augustin，2005）。

当使用滚筒干燥乳粉时，牛乳巧克力具有良好的流动性，这一性能归因于其高游离脂肪含量。研究人员对不同游离脂肪含量的乳粉在巧克力制造各阶段释放脂肪的过程进行了研究。精炼阶段会释放出大部分包裹的乳脂，但巧克力的流变特性仍因所用乳粉种类的不同而异。普通喷雾干燥全脂乳粉的流动性能不足，不适合用于巧克力制造。然而，将滚筒干燥FCMP替换为喷雾干燥脱脂乳粉（SMP）并添加无水乳脂（AMF）可以更好地改善流动性能（Dewettinck等，1996）。

通过使用不同脂肪含量、游离脂肪含量和粒径的乳粉，可改变巧克力的多项关键性质（Keogh等，2003）。剪切测试技术被用于测量乳粉在巧克力制造中的流动性能。影响乳粉流动性的因素包括脂肪含量、游离脂肪含量、颗粒大小、水分水平、乳糖含量、无定形乳糖含量及储存条件。较高的脂肪含量会降低乳粉的流动性，特别是在比较1%脂肪（SMP）与26%脂肪（FCMP）乳粉时尤为明显。游离脂肪含量的变化对流动性影响不大。颗粒大小对流动性有显著影响，颗粒越大，SMP与FCMP的流动性越好。无定形乳糖浓度增加会使乳粉更容易吸湿，从而降低流动性并在储存期间加剧结块现象（Fitzpatrick等，2005）。



将喷雾干燥FCMP暴露于双螺杆连续混合器中的高剪切和高温环境中，可增加其游离脂肪含量。研究发现，这种处理可：(a) 使游离脂肪含量超过80%；(b) 促进乳糖结晶；(c) 降低基于体积的平均粒径；(d) 扩大粒径分布范围。此类工艺可提升喷雾干燥FCMP在牛乳巧克力制造中的功能性 (Koc等, 2003)。

喷雾干燥乳粉的中值粒径通常为30–80微米，而滚筒干燥乳粉颗粒较大，约150微米，因此更适用于巧克力制造。最新工艺已实现将喷雾干燥乳粉的中值粒径扩大至132–162微米，这类乳粉粒径与更高的游离脂肪含量及较低的空泡体积密切相关 (Keogh等, 2004)。

研究表明，高脂乳粉的游离脂肪含量与中值粒径受到乳品中的蛋白质含量和固体脂肪含量的影响，而乳糖含量或蛋白质与乳糖的比例对其影响不显著。基于乳品中的蛋白质和固体脂肪含量，可以预测高脂乳粉的游离脂肪水平 (Twomey等, 2000)。

具备不同特性的喷雾干燥高脂乳粉可用于制造不同黏度和屈服值的巧克力，以满足不同的终端用途，如模塑或包衣 (Twomey等, 2002)。

脱脂乳粉 (SMP) 的风味差异可能在巧克力制造中延续下来，并影响到其作为配料的应用，如热可可混合粉、巧克力棒、冰淇淋和酸奶等，从而对消费者接受度产生负面影响 (Caudle等, 2005)。

喷雾干燥在巧克力应用乳制配料开发及微胶囊乳粉制备中的作用已成为最新研究主题，并已被综述 (Kelly, 2006)。

表12 乳粉在巧克力中的使用

乳粉	典型用量 (%w/w)
全脂乳粉	牛乳巧克力 (20)
脱脂乳粉	牛乳巧克力 (15)、复合外壳 (8-10)

(参考文献：Chandan和USDEC 2007a)

焙烤食品

在饼干、面包、甜甜圈和薄煎饼等烘焙应用中，脱脂乳粉 (SMP) 和全脂乳粉 (FCMP) 被广泛使用。这些乳粉通过美拉德反应促进褐变并赋予天然风味，酪乳粉 (BMP) 作为脂肪成分时也具有相同效果。它们还能通过乳化性和保水性形成致密泡沫，产生更细致、均匀的气泡，从而增强质构和结构，特别是在可丽饼、羊角面包和松饼中效果显著。乳粉还能按添加量成比例地提高面团的保水性，从而对产品的口感、风味以及保质期产生积极影响 (USDEC, 2007c)。





乳粉通过美拉德反应增加色泽和香味，在这个反应中，蛋白质的氨基与乳糖及其它糖类作用。乳糖不会被用于焙烤食品的酵母发酵，但对面包皮的颜色变化仍有作用。SMP在面包焙烤中也用于提高固形物含量，可改善牛乳风味和稳定蛋糕裱层的乳化剂。

表13 乳粉在焙烤食品中的使用

乳粉	典型用量 (%w/w)	功能性
脱脂粉	饼干 (4.1)、夹心鸡蛋糕 (2.22)、羊角面包 (3.41)、甜甜圈 (2.00)、马芬松饼 (2.35)、巧克力片曲奇 (1.25)、芝士司康饼 (2.05)、曲奇 (2.5)、面包面团 (1.0 - 4.1)、白蛋糕 (2.1)	在面包和饼干中：香味、颜色、面包皮、吸水性和质感； 在蛋糕中：褐变、保水性、乳化和质感
全脂粉	白面包 (0.5)、曲奇饼 (3.05)、薄脆饼干 (1.6-2.52)	香味和质感
酪乳粉	薄烤饼 (4.85)	香味和乳化性

（参考文献：Chandan和USDEC 2007g）

肉鱼制品





脱脂粉还被于肉鱼制品的精制，它的持水性和乳化性能改善产品的结构和质感，对碎肉制品尤其明显。

乳粉中的蛋白质可以作用于油水界面，形成和稳定乳浊液。乳脂中的卵磷脂也有助于稳定乳浊液。乳粉中未变性的蛋白质能形成坚硬的、热诱导的凝胶，这些凝胶能结合水和脂肪，为肉制品提供结构支持。一些乳粉中的乳脂还可以作为脂溶性成分、香料和香草的载体。乳脂的低熔点还保证了香味的完全释放（USDEC，2007d）。

SMP可用于在鱼油粉的微囊化和喷雾干燥工艺之前，对鱼油进行乳化（Augustin等，2006）。乳粉还可用于提高肉块的质感（Barbut，2006），SMP会影响熟香肠的产率和感官质量（Ellekjaer等，1996）。同时，SMP可用于改善鸡肉饼（Girish等，2004）和熟火鸡胸脯肉（Haines，2004）的产率、乳化稳定性、外观、色泽、香味、质感和整体可接受性。

表14 乳粉在肉和鱼制品中的使用

乳粉	典型用量 (%w/w)
脱脂粉	大腊肠 (4.2)、咸牛肉 (12.1)、意大利香肠 (4.5)、肉馅糕 (5.0)、烤牛肉面包 (9.4)

（参考文献：Chandan和USDEC 2007d）

调味酱汁和方便汤

乳粉有助于提升汤品和酱料的黏度，脱脂乳粉（SMP）、全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP）均可通过增强乳化性、保水性和风味发展来提升汤品和酱料的整体品质。SMP和FCMP的凝胶能力还能进一步改善产品的结构和成型性。





脱脂乳粉（SMP）常用于酱料中以调节黏度和质构。通过增加汤品配方中的乳粉用量，或使用蛋白质含量更高的乳粉，可进一步提升其黏度和质构（Muir等，1991a）。研究还表明，SMP适用于番茄奶油汤的配制。然而，在该应用中，改变乳粉的蛋白质含量和热处理等级对番茄奶油汤的质构和黏度并无显著影响（Muir等，1991b）。

此外，SMP还因其营养价值，已加入为老年人设计的汤品配方中（Arhontaki等，1991）。

表15 乳粉在汤和调味酱汁中的使用

乳粉	典型用量（%w/w）
脱脂粉	范围（5.5 – 8.0）
全脂粉	范围（7.6 – 10.0）

（参考文献：Chandan和USDEC 2007f）

甜点



乳粉因其优良的发泡特性，在冷冻甜点、搅打奶盖、蛋白霜、慕斯（一种多泡沫含奶油的甜点）的生产中作用很大。SMP可改善蛋糕泡沫的结构和质感（USDEC，2007c），FCMP和BMP则可在制造甜点当中发挥发泡和乳化方面的能力。SMP的风味使产品的天然风味更容易显现，同时美拉德褐变产品增加了卡仕达酱、布丁、奶油饴糖的风味。

牛乳酸化是酸奶、酸化乳制甜点、酸稀奶油等产品制造过程中的关键步骤。随着pH值的降低，牛乳的黏度逐渐上升；在静置条件下进行酸化则可形成凝胶。乳制品可呈现出多种不同质构，这取决于酸化剂的类型、最终pH值以及所使用的乳原料成分。在乳制品生产过程中，酸化剂被添加到牛乳中。然而，也有机会为食品制造商提供已酸化的乳粉。例如酸奶粉即是通过将发酵牛乳干燥制得的产品。

已有研究报道使用化学酸化剂δ-葡糖酸内酯（GDL）来生产酸化脱脂乳粉，该类乳粉在复原过程中会根据所施加的热量不同而表现出增稠或凝胶化的特性，并探讨了其对功能性的影响（Clarke和Augustin，2000）。乳粉还可增强甜点的凝胶强度（Verbeken等，2006）。在甜点配方中乳粉的添加比例变化较大，通常在1%至10%左右。

饮料



乳粉常用于饮料中，以改善口感，提升质构和黏度表现。乳粉还被广泛用于多种饮品中，以增强其营养特性，因为乳粉富含优质蛋白质和必需氨基酸。此外，乳粉含有丰富的钙和维生素，因此也可作为强化饮料的原料使用。

乳粉在如营养奶昔等饮品中还能形成泡沫。随着乳蛋白浓度的升高，所形成的泡沫将更加致密，气泡更均匀，质构更细腻。已有文献报道开发出具有强化起泡与蒸汽打泡性能的专用脱脂乳粉（Augustin和Clarke，2008）。含乳粉的饮品示例包括代餐型饮料、巧克力饮料和婴儿配方乳粉混合饮品（USDEC，2007e）。在这些应用中，脱脂乳粉（SMP）和全脂乳粉（FCMP）通常按5%至10%的比例添加于配方中。

目前，纳米技术已被应用于乳基成分的制造，使其可用于透明饮品。这些成分在不影响饮品澄清度的前提下，提升其营养价值。

婴儿配方乳粉



总体而言，与牛乳相比，母乳中矿物质和蛋白质含量较低，而碳水化合物和脂肪含量较高。见表6。

表16 牛乳与母乳营养成分对比

营养物质	牛乳	母乳
水（克）	87.99	87.50
食物能量（千卡）	61	70
蛋白质（克）	3.29	1.03
脂肪（克）	3.34	4.38
碳水化合物（克）	4.66	6.89
灰分（克）	0.72	0.20
矿物质（毫克）		
钙	119	32
镁	13	3
磷	93	14
钾	152	51
钠	49	17
维生素（毫克）		
维生素C	0.94	5.00
核黄素	0.162	0.036
烟酸	0.084	0.177
维生素B12	0.357	0.045

（参考文献：Miller，《乳制品和营养手册》，2006）

乳粉为婴儿配方乳粉提供了良好的营养基础，能够有效补充钙（Ca）、铜（Cu）、铁（Fe）、钾（K）、镁（Mg）、锰（Mn）、钠（Na）、磷（P）和锌（Zn）等矿物营养元素。总体而言，乳粉及婴儿配方乳粉中这些营养元素的生物利用度较高。全脂乳粉（FCMP）还含有多种水溶性维生素（如硫胺素、核黄素、烟酰胺、吡哆醛、抗坏血酸、胆碱、肌醇、生物素、泛酸、叶酸和维生素B12）以及脂溶性维生素（如维生素A、D、E和K）。

乳粉未来的发展

创新技术不断发展，能够生产更优质、更高效、功能性更强的产品。乳粉也不例外，随着先进工艺控制技术的发展，尤其是在大型干燥设备方面的应用，牛乳可以被更精细地分离为具备更强功能性的成分，这些成分可通过干燥提升稳定性，并通过微胶囊技术加工为功能性稳定成分的粉末产品。

结论

尽管市面上不断涌现出种类繁多的专用乳基和非乳基配料，传统乳粉——脱脂乳粉（SMP）、全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP）仍被广泛应用于各种食品领域。这些传统乳粉因其长期以来在食品中的广泛使用和良好接受度而具有强大吸引力，常被优先选用。SMP、FCMP和BMP的具体使用及其类型，通常取决于其在特定配方和应用中所需发挥的功能。这些功能包括保水性、风味赋予、营养强化、乳化、褐变反应和质构调节等。

不同食品中乳粉的应用实例及其功能包括：在烘焙产品中表现出良好的保水性、乳化性、起泡性、搅打性和凝胶性；在糖果中则提供保水性、起泡性、黏度、色泽和乳化性；而在肉制品中则发挥凝胶形成、保水和乳化作用。这些功能性是在乳粉制造过程中被诱导或增强的，并可根据最终用途进行定制调整。

随着对这些产品特性的不断优化和定制能力的提升，可以预见，SMP、FCMP和BMP仍将在未来的食品应用中持续作为重要而受欢迎的原料。

4.5 产品开发

方法

在开发新配料或适合于特殊用户使用的强化功能性乳粉的过程中，澳大利亚乳品工业界和各种研究团体共同采取了如下的途径。他们首先确定所要求的目标功能性并考虑可能影响这一目标功能性的主要因素。然后利用成分的变化、生产加工技术和添加其他配料等手段以产生理想的效果。为了检验所开发配料的功能性，就要采用功能性验证试验来评估配料的自身性能，然后在配料应用的产品中做最终性能评估。许多因素尤其是当地产品的组成成分会对配料实现其目标功能性产生很大影响。所有这些都需要对此有相当的认知和理解，包括对牛乳成分的基本了解、它们在各种食品体系中的相互作用、牛乳成分变化所产生的影响和加工工艺的影响及如何运用各种包括传统的和创新的处理工艺来调节和控制配料性质，以及目标配方中所要求的关键功能性等。

成功的乳粉配料的开发和生产过程需要对以下方面的认知和理解：

- 乳成分的基础知识；
- 各种食品体系中配料的相互作用；
- 牛乳成分变化所产生的影响；
- 加工对配料性质的影响；
- 如何通过加工处理来控制配料性质的变化；
- 目标配方所要求的关键功能性。

乳粉新品

无水乳脂粉

由于当今大多数高脂乳粉为维持稳定性通常含有多种成分（如特殊蛋白和乳化剂），因此当前的挑战在于：如何在不使用添加剂的前提下，将高脂乳化液转化为表面脂肪含量低的乳粉，以减少氧化、提升流动性。已有技术能够在无需使用这些昂贵添加剂的情况下，生产脂肪含量达60%至70%的简化配方乳粉。这类乳粉易于使用，具有良好的保质期，并具备良好的热稳定性。

酸奶基料粉

这种乳基乳制成分是专为重组酸奶的生产而开发的，可根据需要含有乳脂。它可在降低乳固体用量的同时，用于酸奶生产，从而降低原料成本，同时保持或提升酸奶的物理特性，如凝胶强度或黏度，并最大程度减少乳清析出等缺陷。

混合产品

在配方中使用成本较低的乳基成分所带来的经济优势，促使了多种乳基成分混合产品的出现。最常被用作替代的成分是乳清或乳清衍生物。起初，这类替代只是简单地进行成分替换，并未考虑其功能性。然而，近年来的发展已经促使大量乳基配料与基础乳粉混合的产品问世，这些产品由于引入替代成分而具备了增强的功能性，适用于多种终端用途，特别是在冰淇淋、糖果和烘焙领域。这一发展也推动了新型重组产品的诞生，例如可作为传统炼乳替代品的奶精产品。



营养强化乳粉

为满足现代消费者对健康食品的需求，市场上出现了一系列营养强化型乳粉。市面上常见的传统脱脂乳粉和全脂乳粉已有多种改良版本，这些产品被用于配方中，含有更高水平的成分，如益生元和后生元、添加钙、强化维生素以及Omega-3脂肪酸。由于乳制品是一种将多种营养成分融入日常食品中的极为便捷的载体，这一发展趋势预计将持续下去。

成人健康乳粉的开发也越来越受欢迎，特别是在亚洲，亚洲关注家庭营养，以中高收入家庭为目标，提供一系列标准、有机和营养乳粉品种。此外，市场上还有另一组具有生物功能性的粉，例如可以促进婴儿生长、免疫和健康的初乳粉。

4.6 产品处理

包装、运输、贮存和处理

图11 每袋25kg包装线的封口段图示



包装方式和贮运条件必须能保护乳粉不受脏物和微生物的污染，并能隔绝水分和氧气、避光、防止昆虫和异味入侵。有许多方法用于乳粉的包装和运输。

供出口的大多数乳粉包装为每袋25kg或15kg（见图11），同时也有一些以500-1000kg的大包装形式包装以便分装成消费者需要的包装形式。包装袋是纸和塑料的多层复合物。乳粉生产商采用3层和2层复合纸膜（90 gsm），在某些环境下，会采用有一层聚乙烯膜内衬的2层复合纸。用于SMP包装的聚乙烯膜厚度常为60微米，而用于包装含脂乳粉的聚乙烯膜要稍厚一些达65微米并具有阻隔气体的功能。现在也开始流行使用隔离袋并且内部用共挤法聚合膜作衬以减少氧和水蒸气的渗入。

大包装袋是典型的“箱包袋（bag-in-box）”结构，即一个大的聚乙烯袋子装满粉并用热密封，然后外边用硬质复合板制的箱子包装。含有脂肪的粉如全脂乳粉和酪乳粉包装时充以惰性气体（常用CO2 和 N2的混合气）以减少氧气含量从而提高贮存稳定性并延长保质期。

25kg或15kg的袋装产品被码在托盘上，上下各覆一张硬纸板然后用塑料膜缩封，为运输和贮存过程提供一层额外的保护。乳粉在贮运过程中应一直保持环境温度＜28°C，最大相对湿度不超过65%。

图12和图13展示了在产品应用的复原阶段或用于家庭包装时处理乳粉的两种方法。零售包装形式包括盒中袋、塑料袋和金属罐。金属罐是乳粉的理想包装形式，因为它能防止水分、光照和物理损伤。然而，其成本较高，且可能出现生锈问题。

图12和13 乳粉处理设备

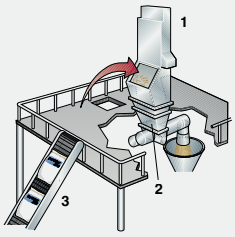


图18.1 用于处理袋装乳粉的设备。
1 除尘装置
2 筛分机
3 袋装提升机

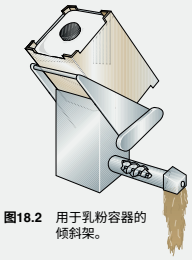


图18.2 用于乳粉容器的倾斜架。

摘自《利乐乳品加工手册》

搬运与储存过程中的品质劣变

在乳粉的搬运与储存过程中，影响其品质的最关键因素是水分，更准确地说是水活度（aw）。在相同含水量条件下，全脂乳粉（FCMP）的水活度高于脱脂乳粉（SMP），因为脂肪不会影响水活度。保水的主要成分是乳糖，尤其是在其无定形或非结晶状态下。因此，乳粉必须妥善包装；并且由于水活度会随温度升高而增加，乳粉应储存在低于28°C的环境中，因为水活度的升高通常会诱发其他劣变反应。以下因素至关重要：

- **微生物及酶造成的变质**一般在乳粉中很少见，因为乳粉中aw较低。然而，在较低的水分活度下，酶促反应也会慢慢发生。因此，含有脂肪的乳粉一定不能存留脂酶活性。同时，乳粉中不能有活性酶存留，否则在乳粉应用于产品后，酶如果能够被激活，有可能会造成一些质量问题。
- **结块**是乳粉水分含量太高或从空气或环境中吸收水分而产生的问题。水蒸气在乳粉颗粒表面凝结导致结块，形成团块并最终导致乳粉全部硬化。这是由于乳糖的含量和状态导致的，水合乳糖更容易迅速结块，因为半乳糖和葡萄糖都是吸湿性的，能够保水。贮存的温度和湿度过高也能促进结块。轻微的结块会对分散性、溶解度和流动性造成不良影响。用于测定结块温度的主要方法是：在一个装有乳粉的密闭容器内转动螺旋推进器，将容器放在热水浴中，通过电机使螺旋推进器衡速转动，当电机所施加的力发生突然增加时，观察此时的温度即为相应结块的临界点温度（Chuy等，1994和Hennings等，2001）。特别是当贮存过程中温度有高低变化时，游离脂肪也会引起软的结块。
- **褐变或坏味的产生**主要是由于美拉德反应产物的形成，即乳粉中蛋白质与碳水化合物（乳糖）之间发生反应所致。这一过程还可能导致蛋白质不可溶，从而引起溶解度指数上升。色泽变化可通过色差仪测定L、a、b值进行监控。美拉德反应的程度可在初期通过呋咱（furosine）含量测定评估，随后可通过羟甲基糠醛（hydroxymethylfurfural）分析进行监控；反应后期则可通过检测低分子量的阿马多里化合物（Amadori compounds）和高分子量的褐变产物（melanoidins）等非酶促褐变产物来评估反应进展程度。
- **氧化：**全脂乳粉和酪乳粉中的脂肪氧化会产生油腥味等坏味。脂肪的氧化速率在水活度（aw）降低时会加快，而当aw约为0.3时，自氧化反应速率最低。因此，需要在防止氧化（但又不促进结块）之间取得平衡，通常结合充氮（气体置换）处理，可使乳粉获得良好的储存稳定性。
- **一些营养成分损失：**储存过程中可能会出现部分营养成分的损失以及整体消化率的下降，这主要是由于美拉德反应所致。该反应会使赖氨酸等必需氨基酸与乳糖发生结合，从而影响其生物利用度。维生素A在储存过程中也可能受到不利影响，尤其是在脂肪发生氧化的情况下。

总体而言，在考虑乳粉的储存时，一条通用的经验法则是尽可能尽早使用。建议使用期限为：脱脂乳粉（SMP）为18–24个月，全脂乳粉（FCMP）为12–18个月，酪乳粉（BMP）为10–12个月。含脂乳粉尤其容易发生品质劣变，因此必须注意初始选择高品质乳粉，并在理想条件下储存。

4.7 产品规格

表7列出了SMP、FCMP和BMP的典型技术规格。功能性要求也应加入到规格列表中，例如热处理分类。此外，根据不同终端用途，应进一步明确所需的功能性要求，例如重组乳（REM）的热稳定性或重组甜炼乳（RSCM）的黏度。这些具体要求可在采购洽谈过程中与供应商协商并达成一致。

表7 SMP、FCMP和BMP的典型规格

成分	脱脂乳粉	全脂乳粉	酪乳粉
水分%	最大4.0 范围3.0-3.5	最大4.5 范围2.5-4.0	最大4.0 范围3.0-4.0
脂肪%	≤1.25 范围0.5-1.25	最小26.0 ≥99.7 范围26-28.5	典型6.0 范围4.5-7.5
蛋白质%	典型32.5 范围32-38	典型26.0 范围24.5-28.0	典型31.0 范围30.0-34.0
灰分%	8.2-8.5	5.4-6.6	8.2-8.7
乳糖 %	48.5-51.5	35.5-38.5	46.0-49.0
滴定酸度 %	最大0.15	最大0.15	≤1.25
不溶度指数	≤1.25 典型0.1	最大1.0 典型0.5	≤1.25 典型0.5
烧焦颗粒（ml）	圆盘A	圆盘A	圆盘A
颜色	白到淡黄	稀奶油	淡黄到黄
风味	纯正	纯正	纯正带甜味
标准平板菌落计数cfu/g	<30000 典型最大10000	<50000 典型最大 10000	<50000 典型最大 10000
沙门氏菌	阴性 典型每375g乳粉中	阴性 典型每375g乳粉中	阴性 典型每375g乳粉中
李斯特菌	阴性	阴性	阴性
大肠菌	阴性 典型每1.0g乳粉中	阴性 典型每1.0g乳粉中	阴性 典型每1.0g乳粉中
葡萄球菌	阴性 典型每0.1g乳粉中	阴性 典型每0.1g乳粉中	阴性 典型每0.1g乳粉中
霉菌和酵母	典型≤50/g	典型≤50/g	典型≤50/g

来自与澳大利亚乳品生产商之间的个人交流

4.8 常见问题解答

乳制品应用

物理特性及功能性

1. 速溶和非速溶乳粉间的区别为何?

速溶乳粉具有强化的复原性能,能够在冷水和温水中迅速溶解。速溶处理中最关键的环节是乳粉生产过程中的造粒(团聚)工艺,通过该工艺增加了乳粉颗粒间的空气量,使乳粉形成较粗的、团块状的聚集结构。这种结构有助于水分更容易进入乳粉颗粒,从而提升其润湿性和分散性。

乳粉生产中的造粒过程可以通过多种方式实现,包括:

- 将细粉返回到雾化器
- 在雾化时强制团聚
- 干燥后再湿润和(或)
- 采用多级干燥——在一级干燥后,较湿的乳粉进行流化床干燥或进行再湿润团聚(见图14)。

生产全脂速溶乳粉时需要添加表面活性剂,因乳粉颗粒表面被一薄层脂肪所覆盖,在冷水中乳粉颗粒间相互排斥。卵磷脂(来源于大豆的卵磷脂)溶于AMF中,在流化床干燥阶段喷涂于乳粉颗粒表面,一般用量为0.1-0.3%。在评价速溶乳粉时,应考虑其中的一些特性:BD(最大0.48g/cm3)、焦粒(圆盘A)、润湿性(最大10秒,25°C)、分散性(最小95%)、沉积物试验(最大0.1 g,25°C和85°C)及游离脂肪(最大1.5%)。

2. 乳粉溶解度、流动性及分散性评价的指标为何?

溶解度的测定(或更准确地说是不溶解度)是通过将规定量的乳粉(FCMP为13克,SMP和BMP为10克)与100毫升水在受控温度条件下(通常为24°C,如乳粉特别用于高温复原条件下,则可采用50°C)混合来进行的。该溶液使用专用混合设备(指定的混合容器与搅拌器配置)搅拌,然后倒入规定的离心管中进行离心,使不溶性颗粒沉淀并测量其体积(详见第2.3节)。在该评估中,温度是最关键的因素,因为在24°C时可能会观察到一些不溶性颗粒,而在50°C时则可能很少或没有,这是由于蛋白质在高温下变性后溶解度提高,同时释放出被包裹的脂肪。因此,进行不溶解度指数测量时必须注明测定温度。

图14 再湿润附聚过程

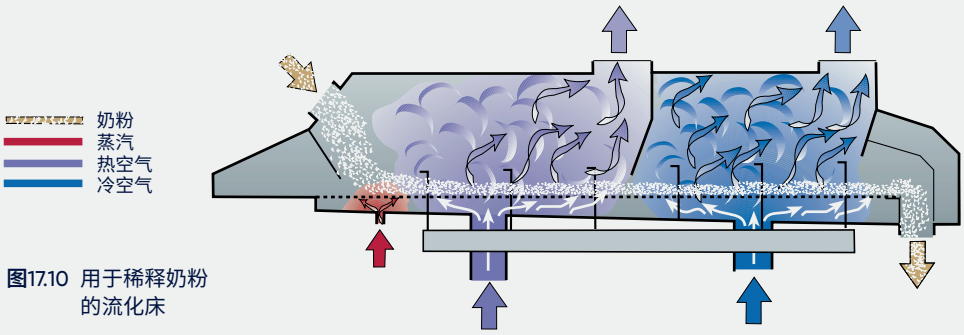


图17.10 用于稀释奶粉的流化床

摘自《利乐乳品加工手册》

流动性是乳粉在运输、计量、包装和后续使用过程中一个非常重要的性能。它受到颗粒形貌（粒径、形状和结构）及颗粒粒径分布的影响。通常，大颗粒或由较少细粉组成的团聚体可获得较好的流动性。然而，较大的粒径分布范围和团聚可能会对堆密度（BD）产生负面影响。较低的“松散”堆密度可改善流动性，但这一点与振实堆密度（tapped BD）关系不大。脂肪含量对乳粉流动性具有关键影响，尤其是脂肪处于“游离”状态，特别是分布于颗粒表面时。使用助流剂以及采用速溶处理可改善乳粉的流动性能。

分散性是指乳粉在溶解过程中不结块，团聚体能迅速崩解为可立即溶解的单颗粒的能力。良好分散性的实现依赖于优异的造粒（团聚）工艺，必须进行优化以确保颗粒中大于250微米的团聚体较少、致密团聚体数量有限，且细粉含量极低或几乎没有。

3. 什么是堆密度（Bulk Density，BD），如何评估？

堆密度是指单位体积乳粉的质量，通常以克/立方厘米（g/cm^3）或千克/立方米（kg/m^3）表示。堆密度是评估乳粉包装和运输效率的重要参数，因为运输成本主要基于体积计算。堆密度还会影响乳粉的其他功能性，例如分散性和速溶性。

评估方法如下：将100克乳粉置于一个250毫升的量筒中，整平粉面，记录初始体积，称为倒装堆密度（poured BD）；然后轻敲量筒100次，记录此时体积，称为松散堆密度（loose BD）；再继续敲击525次，累计625次后再次记录体积，即为最终堆密度（BD）。每一步操作后记录的体积对应不同类型的堆密度。由于评估方法存在多种变体，因此必须在报告结果时说明所采用的方法。

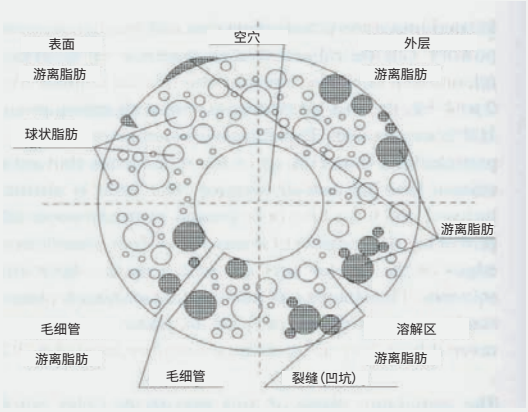
多种因素会影响乳粉的堆密度。在乳粉制造过程中，浓缩液特性、雾化方式、干燥温度和乳清蛋白的变性程度都会对最终堆密度产生影响（变性程度越高，堆密度越大）。决定乳粉最终堆密度的关键因素包括：**颗粒粒径分布**：粒径分布越广，堆密度越高；**夹带气体**（occluded air）：颗粒内部含气量越高，堆密度越低；**颗粒间隙空气**（interstitial air）：颗粒形状影响颗粒间所含空气量，间隙空气越多，堆密度越低；**颗粒本身密度**：由乳粉组成决定。乳粉在储存过程中，由于颗粒摩擦和沉降，堆密度可能会增加。这在视觉上不利，也会因细粉增加而削弱分散性。

造粒乳粉的一个缺点是其堆密度通常低于非造粒乳粉，这是因为造粒乳粉颗粒较大且较均匀，从而含有更多的空气空间。

4. 何为游离脂肪、游离脂肪对乳粉有何影响?

游离脂肪是指在标准的时间、温度和搅拌条件下,能够通过溶剂轻易从乳粉颗粒中提取出来的脂肪。如图15所示,所提取的脂肪位于乳粉颗粒表面或其附近,但当颗粒表面存在裂缝或裂隙时,颗粒内部的脂肪也可能被提取出来。这些游离脂肪可能导致乳粉在物理性状和成分上的缺陷。高游离脂肪含量会引起结块,并由于脂肪的疏水性,降低乳粉的流动性和分散性。此外,游离脂肪暴露于空气中易发生氧化,从而缩短乳粉的保质期并导致风味缺陷。因此,在乳粉生产过程中,必须确保在干燥前形成良好的乳化体系,干燥条件应尽量避免颗粒表面产生裂纹和“壳化”现象,同时乳粉的储存条件也必须优化,以尽量减少游离脂肪的形成。

图15 巴马(Buma)游离脂肪模型

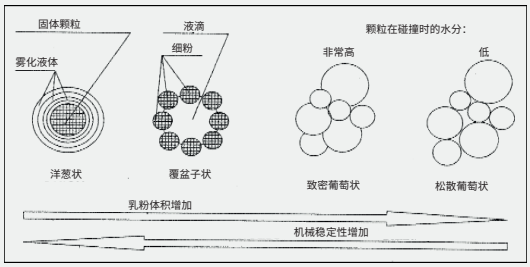


来源:Buma, 1971

5. 什么是团聚、如何理解团聚?

团聚是指乳粉颗粒聚集形成团块的过程。在乳粉生产中,团聚的目的是增加颗粒之间的空气量(即间隙空气),从而提升乳粉的分散性。乳粉团聚可形成四种类型的团聚体:洋葱状、覆盆子状、致密葡萄状和松散葡萄状。前两种类型不利于分散性,因此在乳品工业中不被采用。后两种类型是通过颗粒与细粉碰撞形成的,具体形成哪种类型取决于水分含量:较高水分形成致密结构,较低水分则形成松散结构,其中松散结构的分散性更佳。在喷雾干燥过程中,团聚可以自然发生(如颗粒间相互作用),也可以通过人为方式进行强化,如添加细粉或采用交叉喷雾图案来促进团聚。

图16 团聚类型(Pisecky, 1997)



6. 乳粉粒径分布的意义是什么?

粒径分布(PSD)是指在一定粒径范围内乳粉颗粒数量的分布情况。测量PSD的方法有多种,包括筛分法、显微镜计数法以及自动颗粒计数设备。其中,筛分和显微镜计数精度较低,因为这些方法在操作过程中容易破坏团聚结构,且耗时较长。诸如Malvern和Coulter等设备则采用非破坏性的激光测量技术,具有快速且高精度的优势。粒径分布会影响乳粉的多种物理特性,例如:细粉含量增加会降低分散性;PSD范围越宽,尤其是细粉含量较高时,会导致颗粒之间的间隙空气减少;PSD增加则会提升堆密度(BD)。不同喷雾干燥设备对PSD的控制能力见表8。

表18 不同构造喷雾干燥器生产的乳粉平均颗粒大小

乳粉特性	干燥器构造	颗粒大小(微米)
单个颗粒	与风力输送同时干燥	20-200
	高塔干燥	30-250
薄片	滚筒干燥	200-5000
松散团聚——开放的结构	混流并结合完整的流化床干燥	100-400
	与完整的流化床同时干燥	100-200
紧凑团聚——多孔结构	喷雾干燥器结合完整的输送带	300-2000
	混流并结合完整的流化床干燥	100-400

个人通信(E. Refstrup),Niro A/S,丹麦和Niro(1998)

7. BMP的特殊功能性特征是什么?

酪乳粉(BMP)是奶油生产过程中产生的副产品——酪乳的干燥形式。在奶油制造过程中,稀奶油在搅拌过程中会破坏天然的乳脂球膜。该膜约占乳脂球总量的2%,由磷脂蛋白复合物组成(约50%蛋白质、30%磷脂和8%其他脂类),其中含有多种复杂的表面活性物质,这些成分具有极具价值的功能性。因此,酪乳及其干燥形式BMP中富含这些功能性物质,使其在后续应用中展现出多种积极作用,包括增强风味、提高温稳定性以及显著提升乳化能力。

8. 有没有描述脱脂乳粉风味成分的标准化方法?

目前已建立了一套用于描述脱脂乳粉(SMP)和干燥乳制品成分的标准化术语体系。该术语集最初是基于对大量干燥乳制品样本的分析所提出的。研究共识别出21种适用于干燥乳制品的描述词。在脱脂乳粉中共识别出17种风味和口感特征,其中有9种风味和口感在所有脱脂乳粉中都有出现(Drake等,2003)。

9. 保水性通常是选择配料时所需的重要功能,那么干乳制品的持水能力如何?

乳制品原料在应用中的保水性差异较大,主要取决于所含蛋白质的种类和含量。表9列出了几种乳粉的代表性保水性数据。

表19 乳粉及其成分的保水性参考值

产品	g水/g配料
脱脂乳粉	0.96 – 1.28
酪蛋白酸钠	2.95
酪蛋白酸钙	1.59
乳酪蛋白	0.97 – 1.28
乳清蛋白	0.96

关于乳蛋白产品保水特性的更多信息可参见Seiler & Kneifel(1993)。

10. 乳制品的起泡性取决于什么？有哪些因素会影响牛乳的起泡性？

乳制品的起泡性能取决于表面活性物质（蛋白质）降低表面张力并在泡沫形成后稳定泡沫的能力。

影响牛乳起泡性的因素包括：成分（特别是蛋白质和脂肪含量）、脂肪品质、低分子表面活性物质的存在、pH值与矿物质平衡、温度等。

质量与经济性

1. 如何保持最佳溶液外观？

保持最佳溶液外观取决于多个因素。首先，所使用的乳粉必须具备最高品质（如无焦粒）。这意味着所用乳粉应具有尽可能低的不溶解度指数、良好的色泽表现，并且在全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP）中不得出现脂肪氧化迹象。最能决定最终产品外观的过程是施加适当水平的热处理。因此，优化制造条件并定期检查设备至关重要，所有指示仪表必须定期检查与监控。卫生操作规程应确保设备的绝对清洁。此外，最终产品的储存方式也会对其外观质量产生重要影响。产品若暴露于热、高湿度、水分或光照条件下，其品质将受到影响并出现下降。

2. 如何在加工和储存过程中最大程度地减少营养成分的流失？

在讨论乳粉可能发生的品质劣变时，最重要的考虑因素是水分含量，更准确地说是水活度（aw）。在相同含水量的条件下，全脂乳粉（WMP）的水活度高于脱脂乳粉（SMP），因为脂肪不会影响水活度。最主要的吸水成分是乳糖，尤其是在其处于无定形或非结晶状态时。因此，乳粉必须经过良好包装，而且由于水活度会随温度升高而上升，乳粉应储存在低于28°C的环境中，因为水活度的升高通常会引发其他劣变反应。

在乳粉储存中需要考虑和注意的劣变因素有以下几种：

- **微生物或酶促劣变：**乳粉中很少出现微生物或酶促劣变，因为其水活度（aw）过低。然而，酶促反应在低aw条件下仍可能缓慢发生，因此含脂乳粉必须不含脂肪酶。此外，乳粉必须不含任何酶类，因为这些酶可能在后续应用中被激活，造成问题。
- **结块：**当乳粉水分含量过高，或从空气或周围环境中吸收水分时，会出现结块问题。结块会导致粉体团聚，最终导致整体硬化。导致结块的主要成分是乳糖，而储存温度越高，越容易发生结块。
- **褐变或坏味：**褐变或坏味是由于美拉德反应产物形成所致，该反应为乳粉中的蛋白质与碳水化合物（乳糖）之间发生的反应。这也可能导致蛋白质不溶化，从而使不溶解度指数升高。
- **氧化：**全脂乳粉和酪乳粉中的脂肪氧化会产生油腥异味。脂肪的氧化速度在水活度降低时加快，而当aw约为0.3时，自氧化速率最低。因此，必须在防止脂肪氧化与避免结块之间取得平衡，结合充气置换技术（如氮气充填）通常可实现良好的乳粉储存稳定性。

  在加工和储存过程中，某些营养成分可能会发生损失。通过分阶段干燥（即多级干燥）工艺可在加工过程中尽量减少这种损失。其中赖氨酸最容易受到影响，这是由于美拉德反应引起的。维生素A也可能在储存过程中发生损失。

3. 什么是脂肪氧化、在乳粉的贮存过程中如何使脂肪氧化风味降到最低?

氧化风味是乳粉中不饱和脂肪酸与氧气及其所形成的自由基反应的结果。显然，全脂乳粉（FCMP）和酪乳粉（BMP）更易发生该反应，但在脱脂乳粉（SMP）中也可能出现。如果在分离前脂肪品质较差，或乳脂球处理不当导致形成易被氧化的游离脂肪，该风味缺陷可能迅速发展。脂肪氧化过程分为两个阶段——第一阶段是过氧化氢的形成；第二阶段更为关键，是降解产物的生成，这些产物主要导致乳粉中的异味。传统上，采用铁硫氰酸盐法测定过氧化值（PV）来评估氧化程度，但由于过氧化物会在第二阶段进一步反应，因此过氧化值在储存过程中会上升和下降，不能作为唯一判断依据。更好的指标是通过分析第二阶段的氧化产物，例如采用硫代巴比妥酸（TBA）法进行测定。其他方法还包括检测游离巯基含量作为氧化指标，因为巯基具有抗氧化功能，其减少通常与氧化程度的增加有关（Thomas等，2004）。

为尽量减少氧化风味，必须选用最高品质的乳粉，并在产品技术规格中明确无氧化指标。一旦发现氧化迹象，该乳粉应被拒收，因为一旦氧化开始，就只能在一定程度上加以控制，而无法完全阻止。储存条件尤为关键——温度应尽可能控制在20–25°C之间，因为较高温度会促进氧化；同时应保持低湿度并尽量避免光照。乳粉长时间堆叠存放在高处可能会导致乳脂球包膜破裂，释放游离脂肪，在氧气或空气的存在下引发氧化。

包装方式也可协助降低氧化风险，例如采用改良气调包装，将氧气浓度通过充气降至低于1.5%；使用高阻隔包装袋；以及在乳粉加工过程中进行预热处理，以产生天然抗氧化物质。

4. 如何提升乳粉的微生物质量?

乳粉最终产品的微生物质量取决于所使用原料（尤其是牛乳）的预设质量。后续加工过程无法弥补原料牛乳质量不佳所带来的问题。另一个关键因素是加工设备的清洁程度及其运行状况。必须尽一切努力，始终严格遵守有关设备运行、包装以及员工卫生的标准操作规程。

5. 如何实现配料成本的最优化?

通过多种方式可以实现配料成本的优化。其中最重要的一点是确保所采购的原料最适合其应用领域；也就是说，原料不仅要具备常见的组成和功能性，还应具备针对目标产品所需的特定组成和功能性能。

作为一种经济手段，混合配料的使用正变得越来越普遍。最常用的低成本替代成分是乳清粉或渗透粉。然而，这些配料并不包含脱脂乳粉（SMP）、全脂乳粉（FCMP）或酪乳粉（BMP）中的所有成分，这通常意味着它们的功能性无法与这些乳粉相媲美。在应用端简单地用乳清粉替代SMP、FCMP或BMP可能会带来问题。

市面上已有多种专门为特定用途而设计的混合乳粉产品，如冰淇淋专用混合粉、烘焙专用混合粉等。这些产品不仅具有成本优势，且常常具备更强的功能性，因为其配方是基于针对特定用途所需的特定功能，通过选择和混合合适成分进行设计的。然而，即便是这些专用混合粉，在某些属性上仍可能存在权衡，例如风味方面。

因此，这些乳粉仍要求生产商在加工过程中准确控制工艺参数，并具备配方和工艺灵活调整的能力，以适应配料的变化。选择最适合应用场景的原料并结合最佳品质，从长远来看能够节约成本，带来经济优势。

加工和贮藏

1. 乳粉最适合的包装温度是多少?

在包装前,脱脂乳粉(SMP)通常在流化床干燥的最后阶段被冷却至低于30°C,以尽量减少结块和水分迁移。对于含脂乳粉(如全脂乳粉FCMP和酪乳粉BMP),包装时的温度通常较高,尤其是速溶乳粉,其包装温度大约为45°C,以确保添加到乳粉上的卵磷脂和无水乳脂(AMF)在仍处于相对熔融状态时有足够的时间迁移,从而充分包裹所有乳粉颗粒。但需要注意的是,此温度不应维持过久,否则尤其在游离脂肪含量较高时可能会导致乳粉结块。

技术规格和分析

1. 如何评估乳粉中的焦粒?

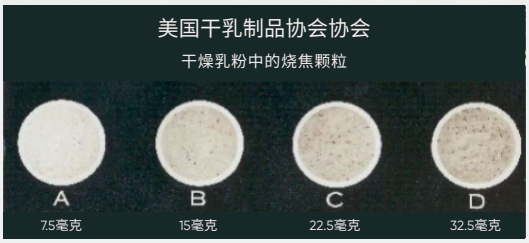
焦粒的产生是由于喷雾干燥器或其他制造环节中出现了沉积物,或者这些沉积物或颗粒曾短时间暴露于高温环境中。沉积物可能形成于雾化器表面,此处温度极高,易造成颗粒焦化和褐变,进而导致乳粉溶解度下降。在蒸发器中也可能发生焦化沉积。

评估乳粉中焦粒的检测方法如下:

取25克脱脂乳粉(SMP)或32.5克全脂乳粉(FCMP)或酪乳粉(BMP),加入250毫升18–27°C的水中,用高速剪切混合器搅拌约50秒。将溶液过滤通过滤膜(通常使用孔径100微米、直径32毫米的棉质滤膜)。可使用多种装置固定滤膜,或使用普通漏斗亦可。通过真空或加压(50千帕即可)方式将溶液通过滤膜。随后,将滤膜与标准样本进行目视比对,并根据滤膜上的颜色强度将焦粒评级为A、B、C或D。

图17 ADMI图表–干燥乳粉中的烧焦颗粒标准

图1 ADMI图表《干燥乳粉中的烧焦颗粒标准》



2. 什么是乳清蛋白氮指数?

乳清蛋白氮指数(WPNI)是指乳粉中未变性乳清蛋白的含量,以每克乳粉中所含的未变性乳清蛋白(以毫克计)表示。未变性乳清蛋白的含量可用于评估牛乳在生产过程中所经历的热处理程度。对原料乳在蒸发和干燥前所进行的预热处理,是影响乳清蛋白变性程度以及乳粉最终用途相关功能性的最关键因素。牛乳在进入蒸发前的预热过程中会发生大部分的蛋白质变性;尽管蒸发和干燥阶段的温度相对较高,但由于接触时间短,且固形物所受的实际温度较低,这两个阶段发生的变性很少。

3. 低温、中温和高温乳粉之间有什么区别？乳粉的热处理分类是什么？

乳粉在预热处理阶段乳清蛋白的变性程度决定了其许多功能性。因此，根据乳清蛋白变性程度对乳粉进行分类是一种常见做法。最常用的一种分类方法是美国干乳粉协会（ADMI）的方法，即通过沉淀法和浊度测定来计算未变性乳清蛋白氮指数（UWPNI），并按照表10中的标准进行等级划分。另一种分类方法是热处理数（Heat Number），来源于国际乳品联合会标准（IDF Standard 114:1982），该方法基于Rowland（1938a）的方法，通过计算酪蛋白氮占总氮的比例，并乘以100得到酪蛋白数（casein number），从而确定热处理级别。表4也给出了与热处理数相对应的换算值。但需要注意的是，仅凭WPNI或热处理数并不能保证乳粉具有或始终具有预期的功能性。例如，并非所有高温乳粉都具备热稳定性，也并非所有具有相同WPNI或热处理数的高温乳粉，其功能表现都相同。还需考虑诸如季节性变化等因素。因此，必须通过具体的功能性测试来评估乳粉的功能表现及其是否适用于特定应用，而不能仅依赖WPNI或热处理数。

表20 按乳清蛋白氮指数和热值数进行分类

热处理分类	乳清蛋白氮指数	热处理温度	热值数(%)
低温粉	>6.0	72-75°C/15-30秒	<80
中温	1.51 – 5.99	75-95°C/1-3分钟 85-105°C/1-2分钟	80.1-83.0
中高温	–	75-110°C/1-5分钟	83.1-88.0
高温	<1.5	85°C/30分钟 90°C/10分钟 120-135°C/1-2分钟	>88.1

4. 如何测定乳清蛋白氮指数（WPNI）？

通过向复原乳粉样品中加入饱和氯化钠溶液，使其中所有的酪蛋白以及与酪蛋白结合的变性乳清蛋白沉淀。随后通过离心和过滤去除沉淀，得到滤液。该滤液中所含的氮（即未变性乳清蛋白氮UDWPN与非蛋白氮NPN的总和）通过凯氏定氮法进行测定。再取另一份相同的滤液样品，加入盐酸进行酸化，从而使未变性乳清蛋白氮（UDWPN）沉淀，仅留下非蛋白氮（NPN）。随后测定滤液中的NPN含量。最终，通过两次测定的差值计算出UDWPN或WPNI，即：（UDWPN + NPN）– NPN = UDWPN 或 WPNI。脱脂乳粉（SMP）通常可根据WPNI值进行热处理等级的初步分类。


1739

应用

1. 是否有根据所需功能性来指导SMP、FCMP和BMP应用的简明指南?

表11提供了一个关于脱脂乳粉(SMP)、全脂乳粉(FCMP)和酪乳粉(BMP)应用的通用指导。尽管具体产品所需的特性会有所不同,但该表所反映的一般原则具有广泛适用性。

表21 乳粉的使用及功能性描述

应用	乳粉及其热处理	需要的功能性
乳制品		
酸奶	通常用高温脱脂或全脂乳粉,但如在生产酸奶时进行高温处理,也可用低温粉	持水性、粘度和凝胶化
冰淇淋	低温、中温处理的脱脂、全脂乳粉和酪乳粉	起发泡、搅打、乳化作用
巴氏杀菌乳	低温脱脂、全脂粉	消除蒸煮味
UHT乳	低、中温型全脂、脱脂乳粉	热稳定性和丙酮酸 < 9毫克
复原乳	高温处理的脱脂、全脂乳粉和酪乳粉	热稳定性
调配乳	中温处理的脱脂、全脂乳粉和酪乳粉	粘度
奶酪	低温脱脂、全脂粉	形成凝乳的能力
饮料	低、中温型全脂、脱脂乳粉	营养、粘度、质构
烘焙制品		
普通小食品	中、高温处理的脱脂、全脂乳粉和酪乳粉	持水、乳化、发泡、搅打、胶凝
面包	高温脱脂乳粉	持水、乳化、发泡、胶凝
糖果业		
普通小食品	中温、高温型脱脂粉和酪乳粉	持水、搅打、发泡、粘度、显色和乳化
巧克力	高温全脂粉、酪乳粉	出现游离脂肪、增加风味、提高粘稠度
小食品		
普通小食品	低温、中温脱脂乳粉	胶凝、持水、乳化
健康食品		
普通小食品	三种低温处理的脱脂、全脂乳粉和酪乳粉	营养、持水和乳化

2. 乳制品的脂肪成分如何增强糖果和糕点产品?

在糖果制品中,乳粉中的脂肪成分有助于在高糖环境(如太妃糖和焦糖)中防止粘连。乳脂还具有独特的风味特征,并可作为油溶性风味的载体,尤其适用于奶油夹心类产品。脂肪与可可脂高度相容,可帮助减少许多产品中脂肪霜现象的发生。稀奶油粉可作为脂肪的替代品,单独用作配料。在烘焙中,乳脂能赋予产品诱人的色泽,带来浓郁风味,同时可作为脂溶性维生素的载体,并增强蛋糕、派皮和酥点的结构。

3. 是否有单一因素可以决定乳粉是否适用于巧克力生产?

没有单一因素可以决定某种乳粉是否适用于巧克力制造。其适用性是乳粉成分(尤其是脂肪含量)与物理特性(如颗粒粒径、游离脂肪含量以及乳糖的状态)之间复杂相互作用的结果。

4. 巧克力中使用的干态乳基配料最佳比例(%)是什么?

巧克力生产中使用了各种各样的乳基配料。SMP、FCMP和BP的典型成分见表7。下表12所示为巧克力生产中使用的配料的其他乳基配料的成分。

5. 在烘焙中使用浓缩乳和干乳的主要特性是什么?

在烘焙中使用干乳的主要特性包括:提高营养价值、增强保水性和加工性能、促进褐变和色泽形成、生成致密且细腻的气泡、带来柔和愉悦的风味,以及乳化体系的形成与稳定。

6. 生产用于巧克力制造的全脂乳粉(FCMP)的最佳方法是什么?

传统巧克力通常采用滚筒干燥乳粉进行制造,这是因为该类乳粉具有超过90%的游离脂肪含量,并因制造过程中施加的高温而具有丰富的风味。然而,现代已有可行的方法可通过喷雾干燥生产专用于巧克力制造的全脂乳粉,此类乳粉可定制具备较高的游离脂肪含量(稳定在40%以上)、强化的焦糖化风味,以及巧克力制造中所需的特殊粉体结构等性能。不过,由于游离脂肪含量高,此类乳粉易受氧化影响,储存期相对较短,必须特别注意其保存条件。

表6 用于巧克力加工中的以乳制品为基础的配料成分

产品	水	蛋白质	脂肪	乳糖	矿物质
乳油粉	2.6	15.4	55.0	23.6	3.5
酪蛋白酸钠	3.3	91.4	0.9	0.2	4.1
乳清粉	4.6	13.0	1.1	73.0	8.2
脱盐乳清粉	4.6	14.5	1.0	76.6	3.2
奶屑	1.3	7.6	31.0	7.9	1.7

4.9 术语表

贮存期稠化

储存过程中黏度增加或“变稠”现象：通常见于重组乳（REM）、重组甜炼乳（RSCM）及超高温灭菌乳（UHT乳）。

雾化

指将进料浓缩液喷成雾状或细小液滴进入喷雾干燥塔中，以实现与主干燥腔内热空气的充分接触。

团聚

团聚是指乳粉颗粒聚集成团，以增加颗粒间的间隙空气，从而改善其分散性。

酪乳粉

酪乳粉（BMP）是酪乳的干燥形式，而酪乳是奶油生产过程中的副产品。

堆密度

堆密度（BD）表示规定体积中所含粉的重量（单位体积的粉重），一般以g/cm^3（有时kg/m^3）为单位。

结块

是指乳粉在暴露于空气或压力下时自然形成半固体或固体团块的倾向。其发生程度与粉体的吸湿性和游离脂肪含量有关。

咖啡测试

是对乳粉加入咖啡溶液后所形成的不溶颗粒进行观察和定量测量的方法。

旋风分离器

是喷雾干燥系统的一部分，呈锥形结构，通过控制气流模式，可将乳粉颗粒从排出气体中分离出来。

分散性

是指乳粉在溶于水时，颗粒在润湿并沉入水面以下后能够有效分散的能力。其受润湿性、沉降性和溶解性的共同影响。

乳化剂

在多种乳制品应用中有助于乳化体系的形成与维持稳定。许多乳制品成分本身也具备乳化能力。

乳化能力

是指一种成分（包括乳基成分）形成乳化体系的能力的测定。

蒸发

是通过水分蒸发来去除溶液中的水分。在乳粉干燥前，采用真空下的热蒸发是牛乳浓缩的主要方式。

脂肪斑

是一种巧克力缺陷，其表面看起来发亮。

脂肪分离

是许多含脂乳制品的一种缺陷，通常是由于乳化液不稳定而使脂肪浮在表面而造成的。

细粉

细粉是过小的乳粉颗粒，一般不能在塔内从干燥塔排风中分离出来，要通过旋风分离器才能分离出来再返回塔内进行团聚。

流动性

乳粉放在斜面上、在工厂中运输或使用过程中自由流动的能力，这一点对处理乳粉很重要。

起泡性

溶液混入空气的能力，在生产冰淇淋和慕斯类制品（mousse）时发泡是很重要的。

游离脂肪

游离脂肪是指在标准的时间、温度和搅拌条件下，能通过溶剂轻易从乳粉颗粒中提取出的脂肪。一般来说，游离脂肪的产生是由于乳脂球破裂、乳脂球膜被破坏所致。

游离水分

游离水分是指在常压下加热至略高于100°C时可轻易被蒸发掉的水分，即未参与任何化学反应的水分。

流动性

这是对乳粉自由流动特性的一种度量。

流化床

流化床是在乳粉生产过程中使用的装置，可设置于干燥塔主体内部，也常见于干燥塔外部。其主要功能有二：一是作为二级或三级干燥装置，二是用于速溶处理（instantising）。

功能性

是指乳粉所具备的特性，可分为：(1) 物理功能性：赋予产品特定的物理和感官属性；(2) 营养功能性：作为营养素来源；(3) 生理和生物学价值：具有生物调节反应的能力。

凝胶性

凝胶性是指蛋白质之间发生交联反应形成半固体或固体凝胶网络的过程。该过程通过加热实现，分为两个阶段：第一阶段为乳清蛋白受热变性并解折叠，第二阶段为蛋白质聚集并形成网络结构。

热处理分类

是一种区分乳粉热处理程度的方法，主要依据乳粉干燥前对原料乳所施加的预热处理程度。常见的分类为低温处理（low heat）、中温处理（medium heat）和高温处理（high heat）。

均质处理

均质处理是一种将乳品中的脂肪球粒径减小的工艺，通常是将产品在高压下通过狭小通道进行处理。该过程还能促使蛋白质包覆脂肪球。

进风温度

指用于喷雾干燥过程中的热空气温度，包括用于主干燥腔的主进风温度和用于流化床的次进风温度。

不溶解性

是乳粉的一种品质缺陷，指在特定温度和搅拌条件下，乳粉中无法溶解的固体物质含量。

速溶处理

是一种改善乳粉复原性能的工艺，尤其有助于乳粉在冷水中溶解。

间隙空气

是指乳粉颗粒之间夹带的空气。

乳糖结晶

在牛乳中，乳糖结晶是指具有吸湿性的β-乳糖转变为不吸湿的α-乳糖的过程。由于喷雾干燥时水分蒸发速度极快，这种转化通常不会显著发生。然而，对于乳糖含量较高的乳制粉末产品，在干燥前通常需要进行结晶步骤。在重组乳制品中（如加糖炼乳），若加工过程中成核不良，会形成较大的晶体并沉积于产品底部，从而导致颗粒感强的口感缺陷。

卵磷脂处理

卵磷脂通常来源于大豆，具有亲水性和亲油性。其被喷涂至全脂乳粉（WMP）上，以改善其润湿性和溶解性。

脂肪酶

脂肪酶是一种可以水解乳脂的酶，在牛乳及乳制品中存在，往往会引发不良风味缺陷。

美拉德反应

美拉德反应是蛋白质和碳水化合物混合物在加热条件下发生的反应，其最明显的结果是促进褐变。此外，该反应还可生成具有抗氧化作用的物质。

机械蒸汽再压缩

机械蒸汽再压缩是一种技术，通过机械方式对热蒸发器所排出的水蒸气加压升温，再将其用作下一级效应的加热介质。

夹带气

是指乳粉颗粒内部夹带的空气。

排风温度

是指热空气离开喷雾干燥器或流化床时的温度，是影响乳粉含水量和功能性（特别是粉体结构）的关键因素。

粉体密度

乳粉颗粒密度指包含夹带气在内的粉体实物密度；而乳粉固体密度则指不含空气的纯固体成分密度，取决于乳粉的组成。

预热处理

指乳粉生产过程中在蒸发和干燥前对原料乳施加的热处理。预热处理的强度决定了乳粉最终的多种功能性，特别是低温、中温、高温乳粉的分类依据。

烧焦颗粒

是在乳粉生产过程中因高温损伤所导致的不可溶颗粒。

沉淀

是液态乳制品在储存过程中在底部形成的薄膜或颗粒沉积物。

下沉性

是指乳粉颗粒在初步润湿后，能够下沉至水中以实现完全分散和溶解的能力。

溶解性

是指乳粉在水中能够完全溶解的特性。

热蒸汽再压缩

是一种技术，通过注入少量蒸汽使热蒸发器中移除的蒸汽温度升高，生成的混合蒸汽随后用作下一效应的加热介质。

保水性

保水性是一种功能性，指固形物，尤其是蛋白质，能够结合水分，从而改善质构、黏度或凝胶强度。

润湿性

润湿性是乳粉的一项性质，指水分渗入粉体颗粒的能力，有助于乳粉的溶解过程。

白斑粒

是指复原液表面形成的不可溶乳粉颗粒层。

乳清蛋白氮指数

是衡量未变性乳清蛋白含量的指标，该指标反映了牛乳在蒸发前所经历的热处理程度。热处理程度决定了乳粉的功能性及其应用方向。

4.10 参考文献和延伸阅读

参考文献

Aguilar, C.A .和Ziegler, G.R. (1994)《乳糖含量改变的全脂乳粉的物理和微观特征》1.乳糖浓度的影响。《乳品科学杂志》77, 1189-1197。

Aguilar, C.A .和Ziegler, G.R. (1995)《喷雾干燥全脂乳粉中含乳糖的熔融牛乳巧克力的粘度》。《食品科学杂志》60, 120-124。

美国乳制品协会。《乳粉等级标准：分析方法》。经同行审议。芝加哥：ADPI。（第916号公报）（2002年）。

Arhontaki, j ., Gomes, J.C ., Coelho, D.T ., Rosa, G.P .和Chaves, J.B.P. (1991年)《老年人食品配方的营养和感官评价》。《生物学和技术研究》34, 125-145。

Attaie, H., Breitschuh, B., Braun, P.和Windhab, E.J. (2003)《乳粉的功能性及其与巧克力团加工的关系，特别是乳粉制造和成分对巧克力团物理性质的影响》。《国际食品科学与技术杂志》38, 325-335。

Augustin MA, Clarke PT. (2008)《具有增强发泡和蒸汽发泡特性的脱脂乳粉》。《乳品科学技术》88：149-61。

Augustin, M.A ., Sanguansri, l .和Bode, O. (2006年)《作为鱼油粉末密封剂的美拉德反应产物》。《食品科学杂志》71, E25–E32。

Barbut, S. (2006)《酪蛋白酸盐、乳清和乳粉对乳化鸡肉糜质构和微结构的影响》。《Lwt食品科技》39, 660-664。

Bolenz, S., Thiessenhusen, T.和Schape, R. (2003)《牛乳成分对牛乳巧克力特性和消费者接受度的影响》。《欧洲食品研究与技术》216, 28-33。

Buma, T.J.《喷雾干燥全脂牛乳中的游离脂肪：X. 喷雾干燥牛乳中游离脂肪物理模型的最终报告》。《Neth牛乳乳品杂志》25：159–174 (1971)。

Campbell, L.B .和Pavlasek, S.J. (1987)《乳制品作为巧克力和糖果的配料》。《食品技术》10月刊, 78-85。

Caudle, A.D., Yoon, Y.和Drake, M. (2005)《脱脂乳粉中风味变化对消费者接受配料应用的影响》。《食品科学杂志》70, S427–S431。

Chandan, R. (1997)《乳制品成分》。伊根出版社手册系列。国际标准书号0-913250-94-5。《与玻璃化转变相关的乳基食品乳粉的结块和粘性》。《食品科学杂志》59：43-46 (1994)。

Clarke, P.T.和Augustin, M.A. (2000年)《酸化脱脂乳粉》。《澳大利亚乳品技术杂志》55, 102。

Clarke, P.T.和Augustin, M.A. (2005)《乳粉中溶剂可提取脂肪含量的控制》。《莱特》85, 261-268。《商业牛乳蛋白浓缩物的基本功能》。《Milchwissenschaft-牛乳科学国际》, 57：367-370 (2002年)。

Dewettinck, K., Demoor, H.和Huyghebaert, A. (1996)《干乳制品的游离脂肪含量和牛乳巧克力的流动性》。《Milchwissenschaft-牛乳科学国际》51, 25-28。

DeCastro-Morel, M.和Harper, W.J.《商业牛乳蛋白浓缩物的基本功能》。《Milchwissenschaft-牛乳科学国际》57：367-370 (2002)。

Drake, M.A., Karagul-Yuceer, Y., Cadwallader, K.R., Civille, G.V.和Tong, P.S. (2003)《乳粉和乳制品成分感官属性的测定》。《感官研究杂志》18, 199-216。

Ellekjaer, M.R., Naes, T.和Baardseth, P. (1996)《乳蛋白影响熟香肠的产量和感官质量》。《食品科学杂志》61, 660-666。

Fitzpatrick, J., Barry, K., Delaney, C. 和Keogh, K. (2005)《巧克力生产用喷雾干燥乳粉流动性的评估》。《莱特》85, 269-277。

Girish, P.S., Sanyal, M.K., Anjaneyulu, A.S.R., Keshari, R.C.和Naganath, M. (2004)《添加不同乳蛋白的鸡肉饼品质》。《食品科学与技术杂志——迈索尔》41, 511-515。

Haines, B. (2004)《乳品行业的新方向》。《预制食品》一月刊, 97-104。

Hennigs, C., Kockel, T.K和Langrish, T.A.G.《脱脂乳粉粘性的新测量方法》。《干燥技术》19：471-484 (2001)。

Horne, D. S和Parker, T. G.《牛乳乙醇稳定性的pH敏感性》。《Neth牛乳乳品杂志》34：126-130 (1980)。

《国际乳品联合会对速溶乳粉分散性和润湿性的测定》。布鲁塞尔：《国际乳品联合会 (联合会标准87) 》(1979)。

《国际乳品联合会乳粉和乳粉制品：不溶性指数的测定》。布鲁塞尔：《国际乳品联合会 (联合会标准129A) (1988)。

《国际乳业联合会乳粉：热等级评估：热号参考法》。布鲁塞尔：《国际乳品联合会 (标准114)》(1982)。

Kelly, P.M. (2006)《乳粉技术的创新》。《国际乳品技术杂志》59, 70-75。

Keogh, K., Murray, C., Kelly, J.和 O'Kennedy, B. (2004)《喷雾干燥乳粉粒度对巧克力某些特性的影响》。《莱特》84, 375-384。

Keogh, M.K., Murray, C.A.和O'Kennedy, B.T. (2003)《超滤喷雾干燥乳粉的选定特性对巧克力某些特性的影响》。《国际乳品杂志》13, 719-726。

Kieseker, F.G和Southby, P.《重组甜炼乳的研究》。《澳大利亚乳品技术杂志》20：136-138。(1965)。

Kieseker, F.G.和Aitken, B.《一种测定乳粉热稳定性的客观方法》。《澳大利亚乳品技术杂志》43：26-31 (1988)。

Koc, A.B., Heinemann, P.H.和Ziegler, G.R. (2003)《一种增加喷雾干燥全脂乳粉中游离脂肪含量的方法》。《食品科学杂志》68, 210-216。

Liang, B.和Hartel, R.W. (2004)《乳粉对牛乳巧克力的影响》。《乳品科学杂志》87, 20-31。

Miller, G.D., Jarvis, J.K.和McBean, L.D.《乳制品和营养手册》第二版。Boca Raton：CRC (2000)。

Muir, D.D., Hunter, E.A.和West, I.G. (1991a)《适用于冷冻产品的白酱中脱脂乳粉特性的优化》。《乳品技术学会杂志》44, 20-23。

Muir, D.D., Hunter, E.A.和West, I.G. (1991b)《番茄奶油用脱脂乳粉》。

McDermott, R.L, Harper, W.J.和Whitley, R.《沙拉酱乳液表征的离心法》。《食品技术》35 (5)：81-87 (1981)。

Niro雾化器乳制品研究组《干乳制品的分析方法》第四版。哥本哈根：Niro (1978)。

Phillips L.G., Haque Z.和Kinsella J.E.《测量泡沫形成和稳定性的方法》。《食品科学杂志》, 52：1074-1077 (1987)。

Pisecky, J.《乳粉制造手册》。哥本哈根：Niro (1997)。

Rowland, S.R.《牛乳中氮分布的测定》。《乳品研究杂志》第9卷, 第42-57页 (1938)。

Seiler, A., Kneifel, W., (1993)《复论乳蛋白产品的保水性》。《食品结构》第12卷, (第297-308页), 扫描显微镜国际, 芝加哥, (AMF O'Hare), 美国伊利诺伊州60666澳大利亚标准协会。《乳制品工业的化学和物理试验方法标准》。墨尔本：SAA,《澳大利亚标准2300》(1988–1994)。

利乐, (2003)《乳制品加工手册》。利乐, 瑞典隆德

Thomas, M.E.C., Scher, J., Desobry-Banon, S.和Desorbry, S.《乳粉老化：对物理和功能性的影响》。《食品科学营养评论》, 44：297–322 (2004)。

Twomey, M., Keogh, M.K., O'Kennedy, B.T., Auty, M.和Mulvihill, D.M. (2000)《牛乳成分对喷雾干燥的高脂和脱脂乳粉选定特性的影响》。《爱尔兰农业和食品研究杂志》39, 79-94。

Twomey, M., Keogh, M.K., O'Kennedy, B.T. 和 Mulvihill, D.M. (2002)《一些乳粉特性对牛乳巧克力流变学的季节性影响》。《爱尔兰农业和食品研究杂志》41, 105-116。

USDEC (2007d)《乳粉在肉类中的应用》。http://www.usdec.org《美国乳粉参考手册》于2007年9月18日读取。

USDEC (2007e)《乳粉在营养饮料中的应用》。http://www.usdec.org《美国乳粉参考手册》于2007年9月18日读取。

USDEC (2007f)《乳粉在制备食品中的应用。》。http://www.usdec.org《美国乳粉参考手册》于2007年9月18日读取。

USDEC (2007g)《乳粉在焙烤制品中的应用》。http://www.usdec.org《美国乳粉参考手册》于2007年9月18日读取。

Verbeken, D., Bael, K., Thas, O.和 Dewettinck, K. (2006)《杀菌乳制品甜点中κ-卡拉胶、乳蛋白和变性淀粉之间的相互作用》。《国际乳品杂志》16, 482-488。

Vuillemarde, J-C., Gautheir, S.F., Richards, J-P.和Paquin, P.《乳蛋白乳化能力最大值测定方法的发展》。《Milchwissenschaft》45：572-575 (1990年)。

Walshe, M.K. (1994)《重要的成分》。《新西兰食品技术》2月22-2。

Ward B.R., Goddard S.J., Augustin M.A. 和 McKinnon I.R.《EDTA诱导酪蛋白胶束的解离及其对牛乳发泡特性的影响》。《乳品研究杂志》, 64：495-504 (1997)。Weerstra, R., Sjollema, A.和Tokley, R.《改良粘度试验评价脱脂乳粉用于重组甜炼乳》。《Neth牛乳乳品杂志》42：375-386 (1988)。

推荐进一步阅读的资料

Augustin, M.A.和Clarke, P.T. (2011)《食品加工用乳制品配料》(R. Chandan和A. Kilara编辑) 第6章, 141-159页, 美国爱荷华州Wiley Blackwell——再版Augustin, M.A .和Clarke, P.T., (2008)《乳制品加工和质量保证中的干乳制品》。编辑R. Chandan、A. Kilara和N. Shah, Blackwell出版社第14章第319-336页。(编辑要求)。

Augustin, M.A., Clarke, P.T.和Craven, H.M. (2003)《乳粉：乳粉的特性》。《食品科学和营养百科全书》4703-4711。

国际乳品联合会**第三届重组牛乳和奶制品国际研讨会**。布鲁塞尔：联合会 (1999)。

国际乳品联合会**第四届重组牛乳和奶制品国际研讨会**。布鲁塞尔：联合会 (2004)。

Sharma, A., Jana, A. H.和Chavan, R. S. (2012),《乳粉和乳基乳粉的功能性：综述》。《食品科学和食品安全综合评论》11：518-528。

Tamime AY, 编辑。2009。《乳粉产品》。《英国牛津的乳粉和浓缩乳制品》；布莱克威尔出版有限公司第231-45页。




100% australian 100% cheese
Woombye Triple Cream Ash
Bay of Fires Cloth-Aged Cheddar

05 奶酪 概述与应用

5A 奶酪概述 目录

5A.1 奶酪和奶酪制造简介 107
5A.2 奶酪种类 113
5A.3 天然奶酪及其应用 114
5A.4 再制奶酪类型 118
5A.5 奶酪分级 121
5A.6 奶酪的营养价值 122
5A.7 奶酪的加热和热煮 123
5A.8 奶酪的包装 123
5A.9 奶酪的储存和熟化 123
5A.10 常见问题解答 125
5A.11 术语表 132

5A.1 奶酪及其加工简介

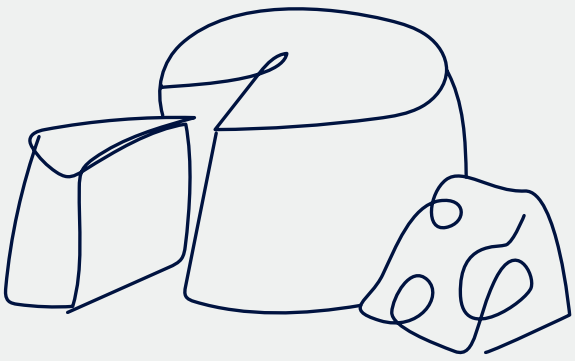
什么是奶酪——奶酪的定义?

奶酪是牛乳的浓缩和保藏形式。奶酪的定义由食品法典委员会(Codex)标准283-1978规定。该标准在根本上规定了奶酪的乳清蛋白/酪蛋白比率必须低于牛乳,并通过以下方式得到:

a 使用凝乳酶或其他合适的凝乳剂并部分排放乳清来进行的蛋白质凝结过程,导致乳蛋白浓缩,高于制作所用牛乳中的蛋白。

b 其他涉及乳蛋白的凝结的处理技术,其提供一种与(a)部分定义的产品类似物理、化学和感官特性的最终产品。

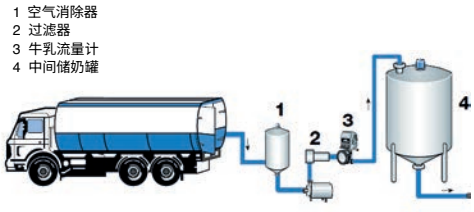
由于奶酪种类很多,风格各异,所以给奶酪一个确切的定义比较难。幸好,下列陈述对我们有所帮助。奶酪是乳的浓缩和保藏制品,很多奶酪是通过酶(凝乳酶)使乳凝结。很多但不是所有奶酪都使用微生物发酵剂进行发酵来制作,奶酪常采用下列一种或几种措施进行生产,即酸化、加盐、脱水、包装、加热和冷藏。



奶酪生产的主要步骤

1. 牛乳的储存

牛乳在运抵奶酪加工厂时储存温度为4°C。通常会在24小时内尽快加工成奶酪。



《乳制品加工手册》

2. 牛乳标准化

用于奶酪生产之前，牛乳要先标准化，其目的是调整牛乳成分，使乳脂含量相对于非脂乳固体（SNF）达到一定比例，从而生产出符合干物质中乳脂含量（FDM）规格要求的奶酪。为实现这一目标，需将全脂牛乳分离成脱脂乳和稀奶油，再按比例混合，以获得所需的蛋白质与脂肪比，从而达到特定奶酪品种所要求的蛋白质和脂肪含量。

奶酪乳也可针对蛋白质进行标准化，其中脱脂部分通过超滤（UF）膜。该膜通过滤出蛋白质（滞留物）而达到蛋白质浓缩效果，此外还会过滤掉一些水分和乳糖（渗透物）。该工艺可用于提高牛乳中的蛋白质含量，从而提高生产设备的产能，并且在某些情况下，还能根据所生产的奶酪种类改善奶酪的产量。

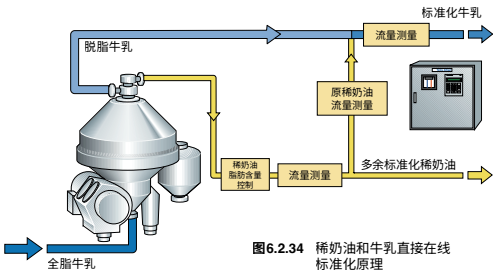


图6.2.34 稀奶油和牛乳直接在线标准化原理

《乳制品加工手册》/6.2节

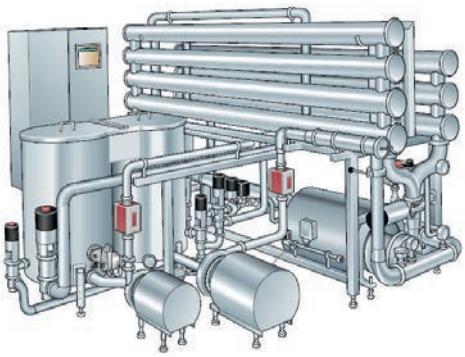


图6.4.20 超滤处理生产模块

《乳制品加工手册》

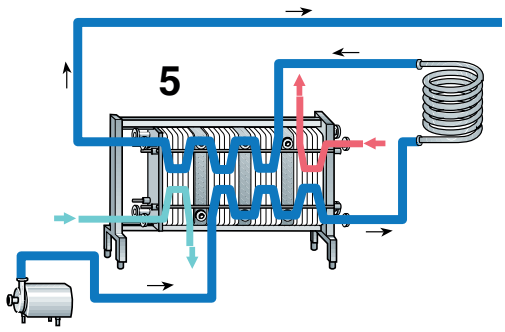
3. 巴氏杀菌 (72°C x 15秒)

巴氏杀菌是指一种热处理工艺，其温度与时间的组合足以杀灭所有致病微生物以及大部分引起变质的微生物。

巴氏杀菌设备通常采用板式热交换器（PHE）设计，通过热水或蒸汽使牛乳在一系列不锈钢板之间加热至巴氏杀菌温度，然后牛乳在保持管中停留规定时间，以确保杀灭所有致病微生物。

4. 添加发酵剂

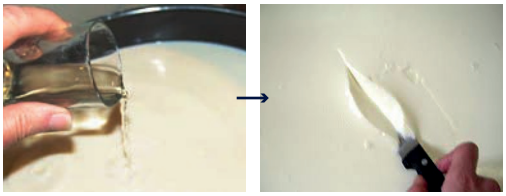
用于奶酪制作的细菌通常被称为发酵菌种，其作用是将乳糖转化为乳酸、降低pH值，并在奶酪熟化过程中产生理想的风味和质构特性。



《乳制品加工手册》

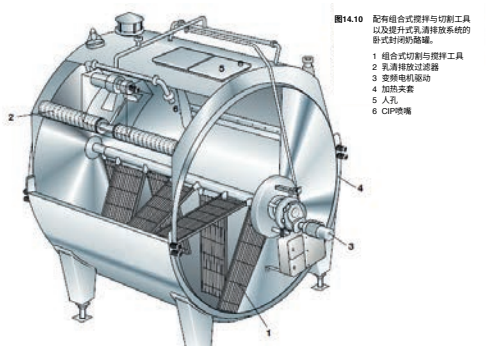
5. 加酶和凝乳

牛乳凝结方法有两种：酶法和酸法。通常，所有硬质和半硬质奶酪都采用酶凝乳，而很多软质和鲜奶酪采用酸凝。



6. 乳清析出（脱水收缩）

通过将凝乳切割成小块来去除其中的水分。切割后，将凝乳与乳清加热，同时在乳清中搅拌凝乳，使凝乳颗粒收缩。随后将乳清排出。现代奶酪搅拌槽能够在同一奶酪桶内完成上述所有操作。



配有刀片和搅拌器的现代奶酪桶。

《乳制品加工手册》

7. 排除乳清

当凝乳达到所需的坚实度和酸度（即pH）水平时，凝乳与乳清便会被分离，通常通过排出乳清的方式完成。在大型工厂中，这一过程通常通过连续生产系统中的排液输送带来进行。

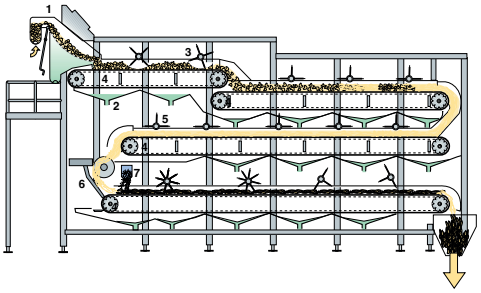


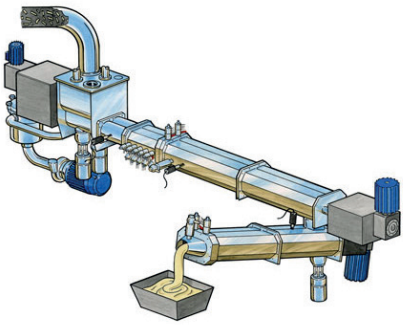
图14.20 用于生产切达奶酪的凝乳脱乳清、切达化、切碎和加盐的连续系统。

1 乳清过滤器（筛网）
2 乳清槽
3 搅拌器
4 变速驱动输送机
5 搅拌器（可选），用于生产搅拌凝乳切达奶酪
6 碎粒机
7 干盐加盐系统

《乳制品加工手册》

8. 凝乳变形

排完乳清后，对凝乳的处理决定最终奶酪的酪体和结构特征。例如，在切达奶酪的制作过程中，会通过对奶酪凝乳的旋转来促进堆酿（即切达化），而在马苏里拉和意式拉丝奶酪的制作当中，凝乳会切丁，放入蒸煮拉伸器中的热水中，经过拉伸成型。



《乳制品加工手册》

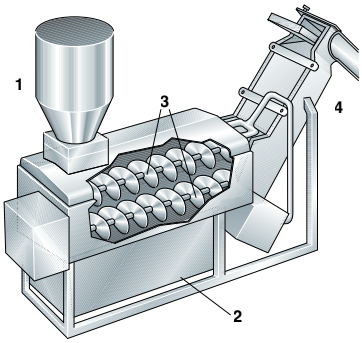


图14.25 用于意式拉丝奶酪的连续运行蒸煮拉伸机

1 进料料斗
2 温度控制热水容器
3 两个反向旋转螺旋推进器

9. 切碎

凝乳切成1厘米×1厘米×15厘米小块，增加表面积以帮助加盐。

10. 加盐

盐可直接加到凝乳（干盐法）上，也可把压制的奶酪浸在盐水中（湿盐法）。加盐抑制产酸因而限制乳酸的产生，还有助于提高产最终风味。

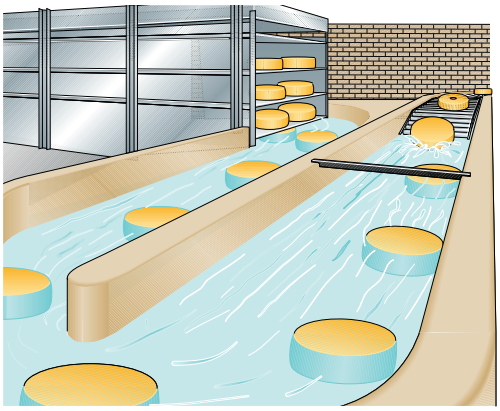


图14.30 深层盐水腌制系统。
该框架尺寸为10×1.1米，共10层，
可容纳一个班次的产量。

《乳制品加工手册》

11. 入模、压榨或套箍

压榨能让奶酪形成最后的形状，可以自重成型，也可通过外力或真空压力（如压力机或砌块成型机）成型。

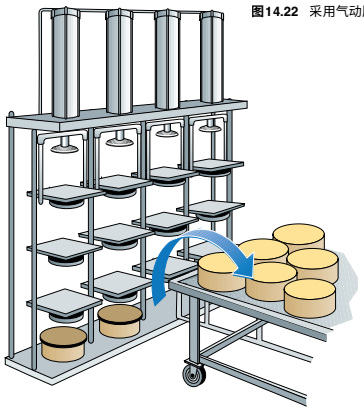


图14.22 采用气动压板的立式压榨装置。

《乳制品加工手册》

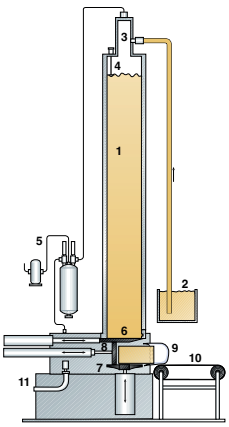


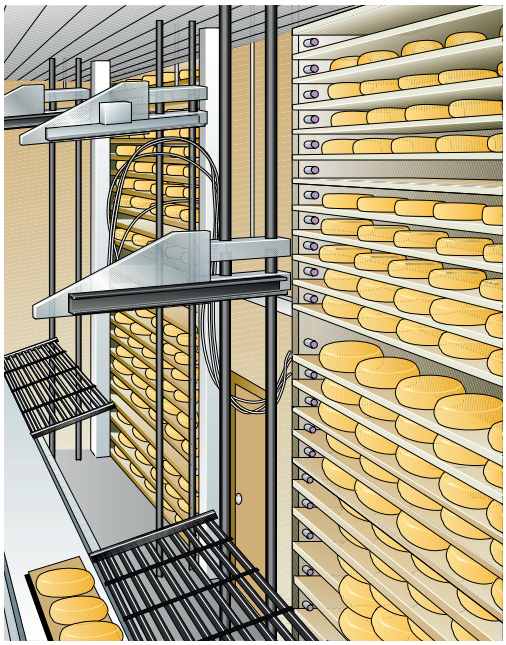
图14.24 用于切达型奶酪的
块状成型系统。原理及外观（右）。

1 立柱
2 凝乳进料
3 旋风分离器
4 液位传感器
5 真空装置
6 组合底板与切刀
7 升降平台
8 顶出器
9 挡杆
10 输送机至真空密封
11 乳清排放

《乳制品加工手册》

12. 储存和熟化

在低温下储存与熟化过程中，奶酪凝乳中的脂肪和蛋白质会逐渐分解，从而形成理想的酪体、质构和风味特性。为了使奶酪达到预期的熟化状态，储存的时间与温度必须经过精确选择。对于某些类型的奶酪，可以通过调整储存温度来加快或减缓熟化速度，但这一过程必须谨慎控制，以避免产生不良风味。



《乳制品加工手册》

奶酪制作概述（切达奶酪）

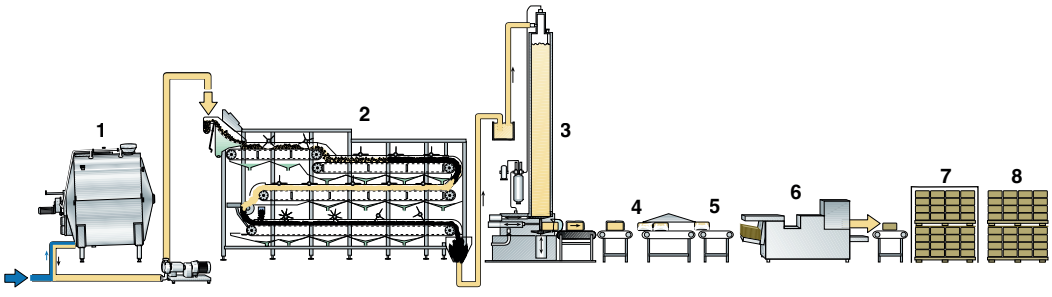


图14.35 切达奶酪机械化生产流程图

1 奶酪槽
2 切达化机
3 块状成型及装袋机
4 真空密封
5 称重
6 纸箱包装机
7 码垛机
8 成熟库

《乳制品加工手册》

5A.2 奶酪种类

数百种奶酪品种可以按不同类型进行分类。奶酪分类有多种方法，例如按乳源划分——包括牛乳、羊乳或山羊乳。

第二种方法是根据所用乳的乳脂含量进行分类：全脂奶酪，如切达奶酪；部分脱脂奶酪，如埃丹和帕尔玛；脱脂奶酪如农家奶酪。还有一些奶酪是在所用乳中额外添加奶油的高脂肪奶酪品种，如奶油奶酪、双重奶油布里和三重奶油卡门贝尔。

另一种分类方法是按熟化类型进行区分：内部熟化（主要通过细菌）或表皮熟化（主要通过霉菌）。

还有一种常见的分类方法是按含水量来区分奶酪的坚实度，其标准详见《食品法典标准283-1978》，该标准依据“脱脂干基含水量百分比”（MFFB %）这一成分参数来定义奶酪的坚实度。

根据硬度和熟化度特性的食品法典命名

根据硬度:术语1		根据主要熟化条件:术语2
MFFB%	命名	
<51	特硬	熟化
49-56	硬质奶酪	霉菌熟化
54-69	较硬/半硬	未熟化/新鲜
>67	软	盐渍

MFFB等于无脂基础上的水分百分比，即：

$$\frac{\text{奶酪中水分重量}}{\text{奶酪总重量} - \text{奶酪中水分重量}} \times 100$$

最简单的方法是把奶酪分为天然奶酪和再制奶酪两大类。

下表列出了澳大利亚所生产主要奶酪品种的组成和说明。

天然奶酪

切达奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
天然切达	34-38	33-35
减脂切达	39-42	24-267
低脂切达	55	

硬质磨碎奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
罗马诺奶酪	35	24-25
帕尔玛奶酪	32	23-24

拉伸凝乳奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
马苏里拉	46-50	40-45
披萨奶酪	44-46	35-39

孔眼型奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
高达奶酪	39-45	26-30
瑞士奶酪	39	26-28

新鲜未熟化奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
奶油奶酪	45	35
菲达奶酪	54	20

霉菌及表皮熟化奶酪

种类	水分含量%	含脂率%
卡门贝尔、布里奶酪	50-52	25
各种蓝霉奶酪	42-50	25-30
洗浸奶酪	48-50	24-26

5A.3 天然奶酪的种类及其应用

新鲜未熟化奶酪

奶油奶酪具有奶油质构和微酸风味，因此是一种优质的配料奶酪。菲达奶酪具有咸味和酸味，酪体呈白色松散状，也有低盐类型的菲达奶酪可供生产。

常见新鲜未熟化奶酪：

- 奶油奶酪（Cream Cheese）
- 里考塔奶酪（Ricotta Cheese）
- 菲达奶酪（Fetta Cheese）
- 农家奶酪（Cottage Cheese）

功能性：

新鲜未熟化奶酪最适合用于冷食，或在热菜中最后时刻搅拌加入，因为其高含水量在加热过程中容易失去酪体和质构。

里考塔奶酪和块状奶油奶酪可用于烘焙，菲达奶酪可用于烧烤。

除菲达奶酪外，其余新鲜未熟化奶酪可作为配料，应用于甜味或咸味菜肴中。



数种新鲜未熟化奶酪

应用

- 芝士蛋糕（奶油奶酪）
- 沙拉（菲达奶酪）
- 胶状甜点（奶油奶酪）
- 蘸酱（奶油奶酪、农家奶酪）

白霉奶酪

澳大利亚白霉奶酪是利用白**青霉菌**生产的，在赋予奶酪风味和产生柔软酪体方面霉菌有重要作用，熟化过程从奶酪表皮开始，随后向奶酪内部延伸。当奶酪摸起来发软，内部呈均一金黄色、几乎可流动的状态时，即可食用。表皮熟化奶酪的可食表皮赋予它特有风味。

常见白霉奶酪:

- 卡门贝尔奶酪（Camembert）
- 布里奶酪（Brie）
- 三重奶油奶酪（Triple cream）

功能性：

卡门贝尔和布里奶酪可于烧烤或烘焙食品中，也可油炸。如果去掉表皮也可加入汤汁或沙司中，因为它能影响烹调食物的结构。



白霉奶酪示例

应用

- 与面包、饼干或类似食品一起食用
- 裹上面包糠油炸
- 夹在三明治、白面包或法棍面包中加热食用
- 放在高级披萨饼上
- 加在意大利面和意大利汤团上的酱汁
- 加入沙拉

半硬质奶酪

与再制切达奶酪有所不同，天然切达奶酪组织结构坚硬、呈淡黄色，不同熟化度的切达奶酪有不同程度的鲜美风味。脂肪含量降低的切达奶酪含脂率比全脂切达奶酪少25%，组织结构较硬，更有弹性。低脂切达奶酪酪体更坚韧，没有典型的切达奶酪风味。

常见半硬质奶酪：

- 切达奶酪（Cheddar）
- 高达奶酪（Gouda）
- 埃德姆奶酪（Edam）
- 莱斯特奶酪（Red Leicester）
- 戈什雷德奶酪（Goshred）

功能性：

这一类奶酪易融化，适合于烧烤和烘焙产品。



切达奶酪

应用

- 切达是生产再制奶酪的主要配料
- 天然奶酪可与面包、饼干或类似食品一起食用
- 烹调用的碎酪可以冷冻，但会变得干燥易碎
- 刨丝洒在汤上和烤蔬菜上
- 放在吐司面包片、意大利面上烘烤
- 将淡味切达奶酪搅入酱汁中

孔眼奶酪

高达奶酪分有皮和无皮两种。传统有皮哥达奶酪比无皮的水分含量高，无皮高达奶酪一般在机械化生产切达奶酪的工厂中生产。

瑞士奶酪中有大量的孔洞（称为孔眼）。由于生产时加入了丙酸菌，所以风味稍甜，具有坚果香味。

常见孔眼奶酪：

- 格鲁耶尔奶酪（Gruyere）
- 埃门答尔奶酪（Emmenthal）
- 埃德姆奶酪（Edam）
- 高达奶酪（Gouda）

功能性：

这些奶酪均有很好的融化性，受热后组织结构会变得可拉伸，但必须注意不要使用熟化度太低、太干或融化性已经受到破坏的奶酪。



数种孔眼奶酪

应用

- 搭配面包、饼干或类似食品一起食用
- 用于刨丝、烘烤、切片、融化及烘焙，放在意大利面及其他食物上
- 用于调制酱汁或制作顺滑质感的汤汁
- 切片用于三明治、汉堡或佛卡夏面包中
- 刨丝加入汤品、奶酪火锅或咸挞
- 放在烤蔬菜上烘焙

硬质奶酪

澳大利亚硬质奶酪具有坚实的酪体，适于刨丝使用，风味可根据熟化时间的不同而呈现温和或浓烈。此类奶酪通常已完全熟化，其较低的含水量有助于延长奶酪的保质期。

常见硬质奶酪：

- 佩科里诺奶酪 (Pecorino)
- 帕尔玛奶酪 (Parmesan)
- 罗马诺奶酪 (Romano)
- 皮帕特奶酪 (Pepato)

功能性：

这类奶酪可与其他配料完全融合并改善口感和质构，有很强的风味。如果使用完全熟化的奶酪，用量要小，因为味道相当强。这类奶酪易于刨丝。



硬质奶酪示例

应用

- 可与面包、饼干或类似食品一起食用
- 可刨碎撒于披萨饼上
- 刨丝加入汤中
- 混入面包糠
- 搅入意大利烩饭
- 刨碎撒在沙拉或者蔬菜上
- 加入酱汁

蓝纹奶酪

澳大利亚蓝纹奶酪的特点是整个酪体内部分布有蓝绿色的霉菌花纹。有些澳大利亚蓝纹奶酪是澳大利亚特有的，其他则沿袭经典的欧洲蓝纹风格。独特的蓝色纹路来自于细不锈钢针在奶酪上扎孔引入空气的操作，促进青霉菌在酪内生长。

常见蓝纹奶酪：

- 古冈佐拉风格 (Gorgonzola)
- 蓝纹奶酪 (Blue vein)
- 蓝纹布里奶酪 (Blue Brie)

功能性：

这类奶酪可用于融化或烘焙。在烹调时，应注意风味的搭配和协调，因为蓝纹奶酪风味较强，可能会掩盖其他食材的风味。应控制用量，避免过多。加入白葡萄酒、稀奶油或奶油，可柔化蓝纹奶酪的浓烈风味，并降低其在整体风味中占主导的可能性。



蓝纹奶酪种类

应用

- 可与面包、饼干或类似食品一起食用
- 揉碎加入沙拉
- 拌入贝夏美酱汁
- 混入鸡肉糜作为意大利式饺子的馅料
- 加入法式蛋奶派
- 加入汤中
- 加在意大利面上，特别适合搭配意大利汤团

可拉伸凝乳奶酪(意式拉丝奶酪)

这类奶酪是在热水中拉伸凝乳形成的、质构类似面团的奶酪。在热水拉伸阶段，奶酪是软的半流体状态，然后挤入压模机中以达到需要的形状和重量规格。加热有助于排出凝乳中的水分，使成品形成光滑、坚韧和致密的组织结构，然后将奶酪放入冷水中以保持其形状。

常见可拉伸凝乳奶酪:

- 马苏里拉奶酪 (Mozzarella)
- 博康奇尼奶酪 (Bocconcini)
- 哈罗米奶酪 (Haloumi)

功能性：

拉伸奶酪很容易融化，但最好在较高的温度下快速烹饪。

拉伸奶酪可以烧烤、焙烤、融化，也可磨碎或切片使用。磨碎的奶酪可冷冻，应只用于烹调。

哈罗米奶酪通常较硬且咸，需通过烹调来提高食用性。

马苏里拉由于良好的融化效果和相对温和的味道，最好烹饪后食用。



软质马苏里拉奶酪

应用

- 哈罗米可油煎
- 马苏里拉可用来做烤三明治、佛卡夏面包
- 马苏里拉可用于披萨

切丝和磨碎的奶酪

何为切丝奶酪?

切丝奶酪是一种已经切丝、便于使用的奶酪。



切丝切达

为何要将奶酪切丝?

奶酪有时会切丝或刨碎，以方便消费者使用。例如，切丝马苏里拉奶酪通常用于披萨，以促进热传导，便于奶酪融化和拉丝。

何种奶酪最适合磨碎及切丝?

一般来说，低水分特硬质奶酪常用于磨碎，而半硬质奶酪被切成丝。这类奶酪很好保存。

最适于磨碎奶酪种类：

- 帕尔玛奶酪
- 罗马诺奶酪
- 陈年佩科里诺奶酪

最适于切丝的奶酪种类：

- 切达和切达类
- 马苏里拉奶酪
- 高达奶酪
- 戈什雷德奶酪 (适用于披萨或烘焙的天然奶酪，适合切丝)

为防止奶酪相粘，会加入添加剂吗？

在切丝奶酪中添加抗结块剂是一种常见做法，旨在提高其流动性并防止奶酪丝之间粘连。这样可以使奶酪丝保持分开，并在倒出时能够顺畅流出包装。

切丝时应注意大小均一，这样更易于控制包装容量，可更高效地进行生产和包装。

此类奶酪一般做何种用途？

刨碎奶酪使用方便，适合撒在意大利面、沙拉等食物上，或用于焗烤类菜肴中。刨碎奶酪也常用于为汤品和酱料增添风味。通常只需加入极少量的奶酪，即可赋予足够的风味。

切丝奶酪则广泛用于奶酪酱和烤三明治中，以及用于墨西哥玉米饼、披萨和烤马铃薯等食物。

奶酪粉

另一种受欢迎的奶酪制品是奶酪粉，广泛用于休闲食品的生产，并可作为多种食品的风味添加剂。其生产过程为：先将奶酪液化，然后进行喷雾干燥。该过程通常在标准加工奶酪熬煮罐中完成。为保持液体的均匀性，需添加乳化剂。奶酪在加热及添加乳化剂（如磷酸盐和柠檬酸盐）之前，必须先绞碎成细腻的糊状物。由于大多数奶酪的固形物含量过高，不足以形成可流动的液体，因此需向混合物中添加水分。混合物的固形物含量约为32%至35%，其温度必须维持在75°C以上，以降低黏度。

生产奶酪粉可使用配有冷却流化床、用于生产乳粉的标准喷雾干燥塔。

奶酪粉的应用

奶酪粉可用于小吃、蘸酱、调料、饼干、玉米片、薯片以及汤。

5A.4 再制奶酪

国际食品法典目前对再制奶酪尚无标准定义。澳大利亚对再制奶酪的定义是“利用奶酪及其他乳制品，通过加热、融化、添加或不添加乳化用盐而制成的均匀的制品为再制奶酪”。

生产这种奶酪的目的是延长其储存期，并减少在输送和储存过程中的冷藏要求。

切达奶酪是生产大多数再制奶酪的基料。选择使用包括未熟化、半熟化和熟化奶酪的混合奶酪。奶酪先切碎，加入乳化用盐，在强烈搅拌条件下加热、混合，加工形成浓稠均匀的液状，经杀菌后送入包装机进行包装。

随后将蒸汽注入奶酪混合物，达到热处理或杀菌目的。这就意味着再制奶酪中的水分含量会由于蒸汽冷凝而有所增加。因此，允许再制奶酪的水分含量高于天然乳酪。

在加热的奶酪中加入特定盐分，如柠檬酸钠或磷酸钠，有助于奶酪乳化，因而称之为乳化用盐。乳化用盐有以下三个作用：

- 作为蛋白质溶剂
- 促进脂肪和水分的乳化过程
- 在脂肪球表面形成保护膜，稳定乳化过程
- 控制最终pH
- 增强水合性

在生产再制奶酪时必须使用乳化用盐。不添加这些盐的再制奶酪就不适用于烹调和制备调味汁。常见的乳化用盐有柠檬酸盐酸及磷酸盐。

再制奶酪种类各异，包括可切片的块状、独立包装的切片、散装的切片、涂抹制品、棒状和蘸酱制品，其风味各有不同，并能以硬质或软质的不同包装形式出现。



再制奶酪片

再制奶酪片从生产开始就需要冷藏。

再制奶酪不算高级食材，但风格多样，并适用于多种烹饪方式，是普及度高的优良食品选择。

再制奶酪涂抹酱与再制奶酪类似，但配方中添加了稳定剂和水。此类奶酪产品通常分为两种类型：一种包装于铝箔中，质构较为坚实；另一种则包装于杯装、罐装或软管中，质构更为柔软顺滑。这类奶酪通常在常温下销售，无需冷藏，其柔软的质构使其在室温下易于涂抹。

再制奶酪食品的奶酪含量应至少达到51%。再制奶酪食品是通过将一种或多种奶酪进行混合加热制成的产品，可选择添加其他成分，如稀奶油、牛乳、脱脂牛乳、脱脂乳、酪乳、奶酪乳清、其他食品、调味料或香辛料等。

加热之后，用于涂抹的再制奶酪还需经过“乳化”步骤，包括对热奶酪进行机械搅拌，并加入各种乳制品成分和其他添加剂。其他再制奶酪产品还包括冷装奶酪、冷装再制奶酪食品以及低脂奶酪。所有再制奶酪产品均可根据需要添加食盐、人造色素、香料或调味剂，以及水果、蔬菜和肉类等成分。

生产再制奶酪

奶酪选择 —— 再制奶酪是由不同产地、成熟度和年龄的天然奶酪混合而成

未熟奶酪

成熟奶酪

特熟奶酪

↓

奶酪的混合和绞碎—— 将奶酪切成小块，然后用搅碎机将奶酪磨成非常细的颗粒。

↓

水

乳化盐

其他添加物，可能包括乳清脱脂奶粉、色素、调味料、乳酸链球菌素、盐。

↓

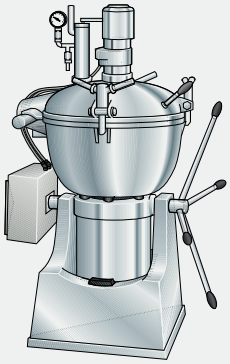
混合所有成分。

↓

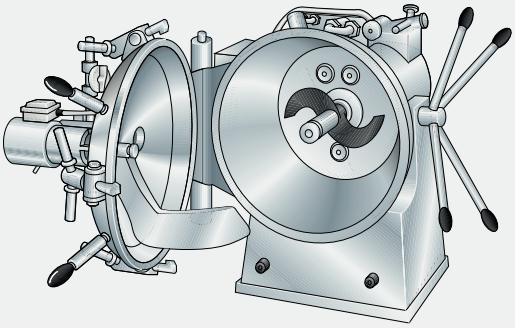
熔化和烹煮—— 烹煮时间为5-8分钟，温度为80-90°C。也可使用较高温度进行处理。

↓

包装、冷却、储存—— 通常再制切片会快速冷却至冷藏温度，而块状产品和长效产品则缓慢冷却。



间歇式再制奶酪蒸煮机，打开蒸煮机并倾斜排出内容物，



打开蒸煮机并倾斜排出其中容物。
图片：利乐拉瓦尔手册。

再制奶酪类型

再制奶酪仅有几种基本类型，但每种类型都拥有许多不同品种。

切片再制奶酪有两种类型，一种是有高度可再融的切片产品，另一种则是普通的食用时不需融化。高再融性切片主要用于汉堡包，并且必须加热后能融化，第二种类型则不需融化且最常用于三明治，这种奶酪水分含量更高而且通常是单片独立包装。

种类	水分含量%	含脂率%	主要特性
再制奶酪 块状或可切片	45	26	这是再制奶酪中历史最悠久的类型，质构较硬，可切片不失弹性，按消费者不同需求有不同风味。
切片再制奶酪 单片独立包装（IWS）	50	23-26	色泽均匀，无孔眼、晶粒和不融斑，应能顺利地撕开。
减脂再制奶酪片	55	15-16	色泽均匀，无孔眼、晶粒和不融斑，应能顺利地撕开
片状再制奶酪 非单片独立包装	45	27	色泽均匀，无孔眼、晶粒和不融斑，应能顺利地撕开
再制奶酪 涂抹酱	55-60	20	涂抹质构平滑，呈奶油状，按消费者需求有不同风味。
再制奶油奶酪 涂抹酱	52	31	涂抹平滑呈奶油状，呈奶油风味，奶酪味弱。

再制奶酪：常见缺陷和原因

缺陷	可能的原因
粘稠度软	年轻奶酪的比例较低
结晶	乳化剂的类型和含量
大理石花纹	未适当乳化
苦味	由于熟化过程不当，奶酪中产生苦味肽
出油	脂肪未被充分乳化——乳化剂种类或添加量是否合适？
脱水收缩 – 出水	乳化剂的类型和含量 加热条件不当及蛋白质变性

5A.5 奶酪分级

分级的目的是为奶酪质量的评定提供一个标准，包括风味、酪体、质构、色泽和状态等方面的质量评定。这一评价可作为定价的基础以及选择奶酪的指导原则。

在此介绍一下澳大利亚出口奶酪的分级体系。此分级体系以总分100分为基础，对各种重要特征进行评分。

分级打分如下：

- 精选品（Choicest） 93分或更高
- 一级品（First Grade） 90-92分
- 二级品（Second Grade） 88-89分

得分点按下列分配：

- 风味和香味 最高50分
- 酪体与质构 最高30分
- 色泽及状态 最高20分

酪体是指奶酪的硬度、弹性和凝聚性。

质构是指奶酪中是否有裂口、裂缝、气孔等。

对切达奶酪进行典型的分级过程如下：

- 每批取有代表性的样品，升温到10-14°C，典型样品规格为20kg块状。
- 用奶酪采样器从奶酪中取出少量样品（一条）
- 评估所取样品的香味，然后用肉眼评估色泽
- 掰弯奶酪条以利于评估酪体
- 取一小块于食指和拇指之间挤压，以评估酪体和质构
- 取一小块入口品尝，评价风味



取出一条待检的切达奶酪。

5A.6 奶酪的营养价值

下列是几种奶酪的营养成分（每100克）

奶酪	能量 千焦	蛋白质 克	总脂肪 克	饱和脂肪 克	碳水化合物 克	钠 毫克	钙 毫克
蓝纹奶酪	1570	20.3	32.4	20.8	0.0	1090	510
切达奶酪	1663	24.6	32.8	21.5	0.5	684	760
埃德姆奶酪	1482	28.0	27.2	17.2	0.0	700	770
菲达奶酪	1170	17.8	23.3	15.3	0.3	1070	530
高达奶酪	1583	26.1	30.8	19.6	0.0	710	750
哈罗米奶酪	1025	21.3	17.1	11.0	1.8	2900	720
马苏里拉奶酪	1258	26.0	22.0	14.1	0.1	375	817
帕尔玛奶酪	1949	40.6	33.3	21.1	0.1	1503	1120
罗马诺奶酪	1568	31.3	27.9	17.7	0.2	1040	1120
佩科里诺奶酪	1486	28.0	27.2	17.3	0.2	950	1120
奶油奶酪	1413	8.5	33.1	21.2	2.6	420	82
再制奶酪，切达类型	1304	20.9	24.9	17.4	0.1	1350	5409
布里奶酪	1406	19.3	29.1	18.6	0.1	605	464
卡门贝尔奶酪	1291	18.6	26.3	16.9	0.1	650	464
切达，减脂(脂肪减少25%)	1368	28.7	23.8	15.1	0.0	720	870
切达，减脂(脂肪减少50%)	1106	31.3	15.5	9.9	0.0	690	940
切达，低脂	844	33.9	7.2	4.7	0.1	660	960
农家奶酪	514	15.2	5.8	3.8	2.4	315	180
里考塔奶酪	617	10.5	11.3	7.2	1.2	198	230

与其他很多食物相比，奶酪是很好的能量来源，但其最大价值在于提供蛋白质。奶酪的蛋白质含量比其他如鱼、肉、蛋类高蛋白食物都高。

在大多数奶酪中，蛋白质几乎全部为酪蛋白，因为牛乳中的乳清蛋白在制酪过程中随乳清一同被排出。酪蛋白是一种完全蛋白，能够提供所有必需氨基酸。

奶酪中的维生素含量也因情况而异。若以全脂牛乳制成奶酪，牛乳中的脂溶性维生素会保留在奶酪中，但大部分水溶性的B族维生素则会流失。然而，由于奶酪中仍含有一定水分，因而仍可作为B族维生素的一种有益来源。在制酪过程中，发酵菌种及其他在奶酪中生长的细菌会产生并消耗B族维生素，从而部分替代因乳清流失而损失的维生素。具体替代程度以及能恢复多少原有B族维生素，因奶酪品种不同而有所差异。不过，熟化奶酪中微生物所产生的维生素几乎总是多于未熟化奶酪中的含量。在如卡门贝尔及洗浸奶酪等表皮熟化奶酪中，靠近外皮的部分所含维生素和钙的含量往往高于奶酪中心部位。

5A.7 奶酪的加热和热煮

给奶酪加热时，首先发生的就是奶酪变软进而融化。这是因为奶酪中的脂肪融化。温度升至40°C时，所有的脂肪全部融化变成液态，脂肪开始渗出，从奶酪的蛋白质中分离出来。

进一步加热，水分也会分离出来，直至形成由凝乳、水和乳脂肪组成的三相体系。

牛乳脂肪可在约60°C时重新结合，此时部分蛋白质会发挥乳化剂的作用。乳化剂可使水相物质与油相物质混合并形成稳定体系。这种水与油稳定混合的体系称为乳状液。当蛋白质充当乳化剂时，会促使水分与牛乳脂肪重新结合，防止在烹饪过程中发生分离现象，从而避免产生问题。奶酪在加热时的稳定性水平取决于具体的奶酪品种。

当奶酪加热至较高温度时，蛋白质会凝聚变硬，同时发生变性。在更高温度或长时间加热的情况下，蛋白质的变性会导致奶酪变得粘结、拉丝或变硬。奶酪表面会变干并形成坚硬的外皮，在更高温度下还会被炭化。这种已粘结、拉丝或炭化的奶酪无法用于烹饪。

随着温度升高，奶酪中的水分并不会流失，因为水分与蛋白质形成了稳定的凝胶结构。

5A.8 奶酪的包装

大约在20世纪60年代，人们开发出一种生产无外皮奶酪的新技术，即将凝乳包装成矩形块状。奶酪制成后，会真空封装于塑料袋中，最终形成无外皮的块状奶酪，既可轻松切割成适合消费者使用的个体产品，也几乎无浪费。

这一技术带来了巨大的经济效益，使得奶酪块可轻松切割为消费者所需的小包装，并通过真空或充气方式封装于塑料膜中。该工艺既可保留水分，防止脱水，又能隔绝氧气，从而防止霉菌滋生。只要包装袋完全密封、薄膜无损，且产品保持冷藏状态，包装奶酪就能有更长的保质期。

再制奶酪过去通常以罐装、瓶装或衬有可热封涂层锡箔纸的纸盒进行包装。如今，这些包装已被新的保护性涂层所取代。塑料包装材料已广泛应用于再制奶酪包装，包括用于奶酪片的柔性塑料，以及用于奶酪涂抹酱和蘸酱的硬质塑料容器。

5A.9 奶酪的储存和熟化

切达奶酪通常需经过数月的熟化和储存后方可使用。其熟化温度为4–8°C。在较高温度下奶酪熟化速度更快。若采用更高的熟化温度，虽然可以加快风味的形成，但也会增加质构变差和产生不良风味的风险。因此，为了降低熟化时间而采用高温熟化的方法并不常见，因为这会增加出现不良风味和质构问题的可能性。

奶酪的熟化取决于多种因素，主要包括熟化温度、时间、湿度、奶酪成分以及所用菌种和凝乳酶。



奶酪的熟化受多种因素影响，主要包括熟化温度、时间、湿度、奶酪的组成成分、所使用的菌种和凝乳酶。在奶酪熟化过程中，奶酪中的主要成分（脂肪、乳糖和酪蛋白）会在牛乳中天然存在的酶、残余凝乳酶、发酵菌种以及非发酵乳酸菌的共同作用下发生分解。

成熟		
脂肪分解	醣酵解	蛋白质水解
脂肪分解	糖分解	酪蛋白分解

若马苏里拉奶酪在数周内使用，可储存于低于4°C的环境中；若计划在数月内使用，则可储存至-2°C。然而，若需储存超过数个月，则应冷冻于-18°C。若在较高温度下储存，由于其高含水量，会导致迅速的蛋白水解，从而引起品质和功能性的下降。对于盐水腌制的马苏里拉奶酪，如需冷冻，必须在冷冻前给予足够时间，使盐分充分扩散至奶酪内部。冷冻奶酪在使用前的正确解冻方式对于确保马苏里拉奶酪的最佳功能性表现至关重要。

5A.10 常见问题解答

A. 牛乳和奶酪生产

1. 某些牛种的牛乳是否更适合用于奶酪生产?

最常见的奶牛品种,如荷斯坦·弗里赛牛、娟姗牛和更赛牛所产的牛乳都非常适合用于奶酪生产。在大多数奶酪制作中,为满足成品规格,需要去除部分乳脂。荷斯坦·弗里赛牛通常产奶量较大,但乳脂含量较低,因此所需去除的脂肪较少或无需去除;而娟姗牛的产奶量较低,但乳脂含量较高,因此在开始制酪前需去除更多的乳脂。

2. 含有抗生素的牛乳是否适合用于奶酪生产?

乳品工厂会对每辆运输罐车中的牛乳进行抗生素检测。如果检测结果为阳性,表明牛乳中含有抗生素,该批牛乳将被立即废弃,不可用于奶酪制作。因为含抗生素的牛乳无法进行正常的奶酪发酵过程——用于发酵的菌种在这种牛乳中无法生长。

3. 奶酪生产时用什么添加剂使乳凝固?

一种叫做凝乳酶或凝结剂的酶被用来凝结牛乳,以此制作奶酪

凝乳酶/凝结剂有三种主要类型:

- 小牛凝乳酶
- 发酵产生的凝乳素
- 微生物凝乳酶

4. 生产奶酪用的凝乳酶来源何处?

凝乳酶的使用已有几个世纪。传统上,未断奶或牛乳喂养的小牛皱胃(第四胃)的提取物是作为牛乳凝乳酶的来源。在干皱胃内膜提取物中存在包括凝乳酶在内的几种酶。在小牛凝乳素中,凝乳酶约占酶总量的85–95%,其余主要为牛源胃蛋白酶。

直到上世纪60年代初,在世界奶酪生产中小牛凝乳酶一直起着重要作用。由于奶牛数量减少,可屠宰的小牛数量减少,用于生产皱胃酶的仔牛皱胃数量减少,凝乳酶产量下降。同时奶酪产量上升意味着势必要用凝乳酶代用品。

也可用发酵过程中产生的凝乳素(FPC)做凝乳酶代用品。这种产品通过酵母或真菌的生物发酵产生。这种产品包含100%的凝乳酶并适合素食者。另一类凝乳酶代用品包括微生物凝乳剂。这些产品是含有与凝乳酶类似酶类的植物蛋白酶。用于奶酪生产的最常见微生物蛋白酶是用**真菌梅黑毛霉**加工出的蛋白酶。微生物凝乳剂也适合素食者使用。

5. 所有奶酪都用凝乳酶吗?有没有不用凝乳酶生产的奶酪?

除了鲜奶酪,如奶油奶酪、马斯卡帕和农家奶酪外,所有硬质奶酪都要使用凝乳酶凝乳。

6. 干物质脂肪含量(FDM)指的是什么?

对奶酪生产用乳进行标准化的目的之一,就是调节其成分,使其达到恰当的脂肪和非脂乳固体的比例,以满足奶酪标签上的干物质脂肪含量。

由下列公式可求出FDM:

% FDM = 含脂率% ÷ (100 – %水分) x 100

特别要指出,奶酪中脂肪百分含量与FDM是不同的,奶酪的脂肪含量是以脂肪占奶酪总量的百分量计算,而FDM计算的是脂肪占奶酪固型物的百分量。

7. 为什么澳大利亚的奶酪常呈黄色，而来自欧洲的相同种类的奶酪呈白色？

奶酪呈黄色与牛的饲料有关。食青草的奶牛所产乳脂中含有β-胡萝卜素。是β-胡萝卜素赋予乳脂和奶酪黄色。β-胡萝卜素为天然抗氧化剂，对视力、免疫功能和皮肤健康有好处。它是维生素A的前体。

8. 导致奶酪呈桔黄色或红色的原因是什么？

生产奶酪时因添加胭脂红而改变了奶酪的色泽。胭脂红是从生长在热带的胭脂树种子的壳中提取的。它含有红色和黄色物质，两种颜色的比例是在商业化制备胭脂红溶液时进行标准化而产生的。

少量添加可以使苍白的奶酪略带颜色，如果添加量较大，就使奶酪产生明显的颜色，色泽变化范围由深稻草色至砖红色不等。

9. 生产奶酪时可以用哪些添加剂？

对天然奶酪，所用添加剂是：

- 发酵剂菌种
- 食品级酸（可选）：某些奶酪
- 凝乳酶
- 食盐
- 色素（可选）
- 脂肪酶

用于天然奶酪表面的其他添加剂有：

- 纳他霉素

用于再制奶酪的有：

- 乳链球菌素
- 乳化用盐
- 色素

10. 纳他霉素是什么？何时用于奶酪加工？

纳他霉素是食品级防霉剂，由天然资源提取。它是由乳酸菌发酵生成的发酵乳中提取，是天然的有机物。纳他霉素用于奶酪和食品工业至少已有20年，纳他霉素不溶于水或脂肪，通过胃肠而不被吸收。它不是杀真菌剂也不是抗生素，对细菌无任何作用，仅抑制酵母菌和霉菌的生长。

纳他霉素用在一些带皮奶酪的表面。

11. 切丝奶酪和切碎奶酪中加什么抗结块剂？

批准使用的产品是基于纤维素的产品，多年来微晶纤维素的使用是唯一的，但最终粉末纤维素取代了微晶纤维素作为抗结块剂的选择。另一种产品二氧化硅也获准使用。这些产品已经过测试，并被批准在每千克奶酪中添加20克。

B. 使用奶酪

1. 使用奶酪烹调时，需要哪些理想特性？

在以奶酪作为配料进行烹饪时，确保奶酪均匀融化以便在其他食材中均匀分散是非常重要的。同时，奶酪应保持结构完整，而不是分离成蛋白质、脂肪和水的各个层次。

2. 哪些因素影响奶酪的烹调质量？

熟化期：随着奶酪的熟化，皱胃酶中的蛋白酶分解蛋白质分子，使之易溶解，这种溶解性的日益增加会改善天然奶酪的烹调质量，尤其是在熟化期的前12个月中。

脂肪含量：含脂率低的奶酪，尽管可溶性蛋白有所增加，也不会因熟化期长而改善烹调质量。低脂奶酪更易于纤维化、无光泽及质构粗糙，抵消了蛋白溶解性增加的影响。

水分含量：高水分奶酪有助于蛋白质溶解度迅速提高，烹调质量比低水分奶酪好。

酸度：向含有奶酪的菜肴中加酸，会增大奶酪发生分离和纤维化的趋势，当pH 5-6时会发生这种情况。如果奶酪中加更多的酸（pH 4-5）时，蛋白质会从烹饪的液体中分离出来形成小凝乳。在偏碱性条件下（pH 6-8），奶酪易于分散，这是钙的作用导致的。在酸性条件下钙游离出来与酪蛋白结合生成不溶性酪朊酸钙。当加碱时，钙倾向于与磷酸盐络合成复合物，因而不能与酪蛋白结合，从而使奶酪变得可溶。

3. 奶酪可以冷冻吗？

奶酪在冷冻过程中形成的冰晶往往会破坏其质构，因此如果奶酪中含有游离水分，则不建议冷冻。冷冻不会影响奶酪的风味，但往往会导致质构变得松散或呈颗粒状。质构较硬的奶酪在解冻后可能会变得松碎，一般可冷冻保存最长达三个月。马苏里拉和切达奶酪已被证实可成功冷冻。

为尽量减少冷冻引起的酥裂现象，冷冻应尽可能快速进行，以形成较小的冰晶。奶酪应分小份冷冻，以加快冷冻速度。

同时，应使用防水汽的包装材料，如厚铝箔或塑料膜包裹奶酪，以防止冷冻过程中水分流失。

奶酪的解冻应在冷藏环境下缓慢进行，并在受控条件下完成。解冻后的奶酪应尽快使用，不可再次冷冻。

4. 什么是奶酪的保质期？

决定奶酪保质期的关键因素是其含水量。含水量较低的奶酪比高含水量的品种具有更长的保质期，反之亦然。

若马苏里拉奶酪的含水量控制在45%或以下，其可储存4至6个月，若冷冻保存，储存时间还可进一步延长。

切达奶酪的含水量为34–38%，在包装、储存和熟化得当的条件下，其保质期可达数年。切达奶酪的熟化时间取决于其最终用途。作为风味温和的消费型切达奶酪，其含水量可高达38%；而需长时间熟化的切达奶酪，其含水量应控制在较低水平（约35%）。

帕尔玛奶酪的含水量低于32%，其保质期极长，可达多年之久。

5. 食用期限和最佳食用日期有什么差别？

在澳大利亚，“使用截止日期”（use-by date）指零售商不得在该日期之后销售该产品。当奶酪在超过此日期后可能出现风味变差或存在食用安全风险时，应使用“使用截止日期”。“最佳食用日期”（best before date）则是为了消费者的利益设定的。通常，奶酪在超过最佳食用日期后风味会更浓，可能不再为消费者所接受。

6. 就奶酪的最佳储存方法而言，我们能给消费者什么样的建议？

奶酪应少量多次购买，而非大量少次购买。如果无法冷藏，在炎热天气中应仅购买当日所需的奶酪；在寒冷天气中可购买几天所需的量。奶酪应在“最佳食用日期”当日或之前食用，开封后必须妥善储存，以保留其风味和水分。为防止硬质奶酪和软质霉熟奶酪干燥，应使用锡箔纸、防油纸、保鲜膜或蜡纸包裹。奶酪不应与洋葱、大蒜等气味浓烈的食物一起储存，因为奶酪极易吸附这些食物的气味。

如农家奶酪和里考塔等软质奶酪，最好保存在原包装容器中。这些奶酪的保存期较短，应在购买后的几天内食用。为了获得最佳保存效果，奶酪应存放于冰箱中。

如蓝纹奶酪和马苏里拉等软质奶酪可保存几周；切达等较硬奶酪可保存数月；而低含水量的帕尔玛奶酪几乎可长期保存。蓝纹类奶酪应与其他奶酪分开储存。

奶酪在储存期间可能发生三种变化，这些变化决定了其实际保质期。第一种是持续的干燥过程——如果未正确包裹，小块奶酪会在冰箱低湿环境中变得非常坚硬和干燥；第二种是吸附附近食物的异味；第三种是持续的生物变化，可能是细菌酶引起的正常熟化过程，也可能是霉菌或入侵细菌的生长，或者在新鲜奶酪中，由发酵菌引起的持续酸败。

上述变化更可能发生在新鲜奶酪和高含水奶酪中，因此其保质期明显较短。这些变化也更易发生在未包裹的小块奶酪中，而不是在包裹密封的大块奶酪中。热处理亦可延长奶酪保质期。例如，经热处理并包装的奶油奶酪在冰箱中可保存2–3个月。防止奶酪脱水和变质的主要方法是使用锡纸或塑料膜包装以保持水分并隔绝异味，同时冷藏可减缓细菌、霉菌和酶的活动。

新鲜奶酪需冷藏（2–3°C），应存放于冰箱最冷的区域，即靠近冷冻室的位置；而较硬的奶酪更适合存放于冰箱较暖区域，如下层搁板或门侧搁架。小块剩余奶酪最易干燥，建议刨碎后放入塑料容器中保存，以备日后烹饪使用。

大多数奶酪宜在室温下食用，应在食用前不超过15分钟从冰箱取出。而新鲜奶酪则以冷藏食用口感最佳。

C. 奶酪消费

1. 有乳糖不耐症的人是否可食用奶酪？

某些人由于其消化系统中乳糖酶水平较低，无法有效消化牛乳中的糖分——乳糖。这意味着他们通常只能摄入少量乳糖；如果一次性摄入大量乳糖，由于乳糖无法充分消化，会引起身体不适。这种状况被称为乳糖不耐症。

在奶酪的生产过程中，约90%的乳糖在乳清排出时被一同移除。其余大部分乳糖在发酵过程中被发酵菌种转化为乳酸。在如切达奶酪这类半硬质奶酪中，制造后仅一天，其乳糖含量几乎为零。因此，切达及其他半硬质或硬质奶酪适合乳糖不耐受人群食用。然而，少数未使用发酵菌种制作的奶酪仍含有一定乳糖，乳糖不耐受者应避免食用。其中包括里考塔和哈罗米奶酪。

2. 磨碎的奶酪与生乳酪风味一样吗？

将奶酪刨丝会使其表面积成倍增加，从而可能导致部分风味的释放与流失。因此，奶酪应尽快刨丝并封装于密封包装中，否则将造成一定程度的风味损失。

3. 硬质奶酪的表皮可食用吗？

特硬质奶酪的外皮十分坚韧，可能不适合直接食用。然而，它可以被细细刨碎，用于为汤品和酱料增添风味，或撒在意大利面或其他食物上食用。

4. 什么促使奶酪中霉菌的生长?

霉菌生长需要两个要素——水分和空气。一旦奶酪包装打开,产品暴露在空气中及可能存在霉菌的环境中,霉菌就可能在奶酪上生长。大多数奶酪采用真空包装,通过排除空气可最大程度地减少霉菌生长的风险。更易生长霉菌的奶酪包括切丝、切块和刨碎奶酪,因为它们具有更大的表面积。切丝奶酪通常采用改良气调包装,其中充入氮气和二氧化碳以移除氧气。

某些奶酪则需要人为添加霉菌以形成其独特的风味与特性,例如卡门贝尔、布里奶酪和蓝纹奶酪。

5. 奶酪包装上印有“最佳食用日期”意味着什么?

最佳食用日期由生产商自行确定,代表产品在包装状态下保持最佳食用品质的截止时间。这并不意味着产品在超过最佳食用日期后就不安全。许多消费者偏好风味更浓的奶酪,会特意选择超过标示最佳食用日期的奶酪。这类奶酪在超过最佳食用日期后通常仍然可以安全食用,但消费者在食用前应自行检查品质。需要注意的是,一旦包装打开,奶酪暴露在空气中,霉菌可能会迅速生长,因此开封后应尽快食用。

6. 全脂奶酪与减脂奶酪的主要差别是什么?

乳脂是影响奶酪酪体与风味的重要因素。降低乳脂含量会在一定程度上改变乳制品的风味和酪体。以目前的技术水平而言,较难制造出风味和质构与全脂奶酪完全相同的低脂奶酪。奶酪中的乳脂含量对其融化性能有显著影响,因此低脂奶酪的融化特性可能较差。当奶酪的乳脂水平降低时,其蛋白质含量将相对升高,从而导致奶酪酪体变得更坚硬、更紧实。因此,适当提高奶酪的含水量对于改善或软化酪体至关重要。

D. 马苏里拉

1. 马苏里拉是如何制作的?

马苏里拉奶酪的制作工艺与切达奶酪相似。然而,在切达工序之后,凝乳会被碾碎并转入热水中。随后,凝乳通过一种称为挤压机的机械装置被加工成光滑的质团。该过程赋予奶酪纤维状的长丝结构,这种结构极适用于披萨制作,因其良好的拉伸性。接着,凝乳被模塑成型,并在冷水中冷却。

2. 马苏里拉奶酪的重要功能性是什么?

对于马苏里拉奶酪而言,其功能性特性比风味更为重要。马苏里拉的主要功能性特性包括:易切丝性或机械加工性、拉伸性、可熔性、上色(褐变)能力、起泡能力以及自由油脂的释放能力。影响这些特性的主要因素包括奶酪的成分、pH值、熟化程度、贮存时间和贮存条件。

3. 在评估马苏里拉奶酪的易切丝性和易切片性方面,应关注哪些重要特性?

应关注的关键特性包括:

- 奶酪的可切丝性和(或)可切片性;
- 奶酪切丝后的均匀性;
- 刨丝过程中产生的细碎颗粒(碎末)量;
- 奶酪是否能够顺畅流出(自由流动性)。

4. 哪些因素影响马苏里拉奶酪的可切性和可切片性?

高含水量奶酪和低盐奶酪不仅会在机器中粘连,其切丝后也容易粘在一起。

干燥的奶酪不易切丝,容易碎裂,产生短丝和细小颗粒。

老化的奶酪会变得更柔软且呈糊状,不易切丝,容易堵塞机器,且颗粒之间会相互粘连。

马苏里拉在切丝时的温度也起着重要作用,一般应控制在-2℃至4℃之间,最好接近0℃。

5. 可融性及影响马苏里拉奶酪可融性的因素是什么?

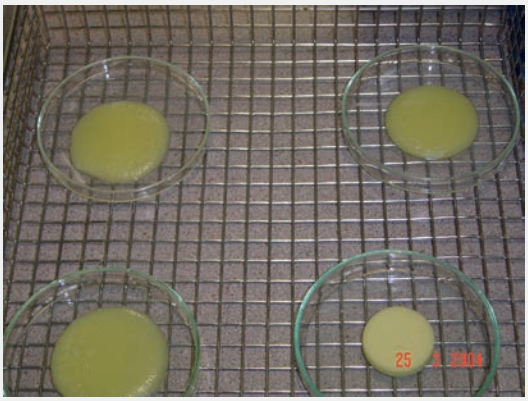
这与奶酪融化和流动的能力有关。理想的特征是单个奶酪刨丝在披萨饼上一起流动。

随着时间的推移,奶酪变得更容易融化;奶酪具有较高的水分时,而且pH值高、含盐量高,就会变得不太容易融化。



Ma等, 2013b

下图显示了马苏里拉奶酪融化性能测试的结果。右下角部分为未融化的奶酪,其余三个为不同奶酪样品在融化测试后的状态。通过测量融化后奶酪的直径来评估其融化性能。



融化试验(左图)

6. 可拉伸性及影响它的因素是什么?

这与奶酪在拉伸时形成纤维束的能力有关。

拉伸性是指奶酪在高温加热(例如烘焙披萨时)后,被叉子拉伸时形成纤维状长丝的能力。

马苏里拉奶酪的拉伸性主要取决于其pH值,同时也受到其成分、存放时间、熟化程度及贮存时长的影响。



用叉子做简单的拉伸试验

7. 形成 '游离油' 指的是什么?为什么很重要?

这与披萨烘焙过程中奶酪释放的游离油脂量有关。这一点非常重要,因为披萨消费者通常不喜欢披萨表面出现大量油脂,但又需要有适量自由油脂的释放以呈现出光亮的外观,而在烘焙过程中释放的油脂不宜过多。



Ma等, 2013b

8. 影响"形成游离油"的因素有哪些?

游离油脂的量会随着奶酪的熟化时间延长而增加;高含水量奶酪、低盐含量奶酪以及高干物质乳脂含量的奶酪也更容易释放出更多自由油脂。例如,如果马苏里拉奶酪熟化过度,蛋白质分解过多,在加热时蛋白质无法有效结合自由油脂,导致释放出过量油脂。

9. 披萨制作时影响奶酪褐变的因素有哪些?

这与披萨饼烘焙过程中奶酪的发泡颜色、发泡大小和发泡覆盖面积有关。



一般情况下，褐变程度随着奶酪残留糖（也就是乳糖和半乳糖）的更高含量而提高。奶酪的熟化期过嫩或过老都会使奶酪的褐变程度增加。低脂马苏里拉奶酪比全脂马苏里拉奶酪褐变更大。降低炉温和（或）烹饪时间有助于减少褐变。



Ma等，2013b



出现典型起泡和褐变的披萨饼



褐变严重的披萨饼

E. 再制奶酪：

1. 为什么再制奶酪在加热时有时会出现融化或流动现象?

这可能是由于配方中使用了乳清粉或乳粉所致。使用过多的老奶酪、加工后冷却过快，以及使用返工再制奶酪也会导致这种缺陷的出现。

2. 烘焙时为什么再制奶酪会烧焦?

如果再制奶酪中乳糖或半乳糖含量过高，奶酪在烘焙时会烧焦并变褐色。这可能是由于配方中过量使用乳清粉或脱脂乳粉所致。

3. 如何降低再制奶酪的奶酪风味强度?

再制奶酪的风味是所使用原料风味的综合。如果使用了过多的老奶酪或风味浓烈的奶酪，最终产品的风味会过强。使用熟化时间较短的原料可降低再制奶酪中的奶酪风味强度。

4. 再制奶酪中出现白斑的原因是什么?

白斑可能由多种原因引起。为减少或消除此问题，应重点注意以下几个方面：a）配方中应减少使用非常老的奶酪；b）确保使用了正确的乳化盐；c）确保所有乳化盐完全溶解；d）审查乳化盐的使用量，确保未使用过量。

5. 奶酪中出现类似但略有不同于白斑的结晶，这是什么？

这很可能是乳糖结晶。可通过减少配方中乳清粉或脱脂乳粉的使用，并确保使用正确的乳化剂组合来预防这一问题的发生。

6. 再制奶酪中出现小孔的原因是什么？

有两个主要原因。首先，原料奶酪含有孢子并在加热时没有被灭活，通过加入乳链球菌素或保证较高的可以杀死孢子的加热温度有助于消除此现象。第二，确保加工体系中适宜的真空度。

7. 再制奶酪片易碎和发脆的原因是什么？

有下列可能性：

- 加工温度或时间选择不当
- 奶酪水分低
- 奶酪pH值低
- 加入太多的乳化用盐
- 熟化度低的奶酪用量太多
- 奶酪冷却太慢

8. 为什么再制奶酪在加工后会过于粘稠？

再制奶酪出现粘稠现象可能由以下一种或多种原因造成：

- 使用了较多的年轻奶酪；
- 加工过程中搅拌强度过高；
- 加工时间过长；
- 含水量降低；
- 乳化剂的适用性需重新评估。

9. 是什么原因导致奶酪酪体呈现颗粒感？

最终奶酪的pH可能过低，应通过使用酸度调节盐进行校正。也可能是加工时间过短或所用乳化剂的添加量过低。

5A.10 术语表

酸凝乳

牛乳的酸度升高到一定程度时，乳形成凝胶一样的物质。由于发酵剂菌种的作用产生酸，使乳蛋白凝聚在固态凝乳中。

酸度

乳中的含酸量

细菌

到处都可以发现的微小单细胞生物体。产乳酸的菌很有用，是生产发酵制品所必要的。

酪体

产品的内部结构。评级人员通过硬度、柔软、弱、颗粒状、粘性、絮片、密致、松散等术语来评定。

盐渍

用来盐浸奶酪的盐水溶液。

小牛凝乳酶

由未断乳小牛第四胃提取的皱胃酶，可用来凝乳。

酪蛋白

乳中的主要蛋白质。

切达化

生产奶酪时，从凝乳中排出乳清后，凝乳保温堆放90分钟。

凝乳素

很多凝乳酶中的活性酶的名称

凝结

乳通过酸或酶的作用形成固态。酶法生产指用凝乳酶使乳凝结。

初乳

奶牛产犊后头3天的乳

热煮

奶酪生产中一个步骤。切成小粒的凝乳加热后有助于乳清从凝乳中排出。

凝乳

牛乳凝结后形成柔软的橡胶状固体。

凝乳切割

奶酪制作过程中的一个步骤，将凝乳切割成小尺寸的凝乳颗粒。

排乳清

奶酪生产步骤。使乳清从凝乳颗粒中排出去除。

干物质

牛乳中除水以外的所有物质。即脂肪、蛋白质、乳糖、矿物质。也称为奶酪总固形物。

酶

一种加速化学反应的生物催化剂。酶是一类蛋白质，可能含有某些矿物质。每种酶只能对特定的底物发挥特定的作用。例如，乳糖酶只能将乳糖分解为葡萄糖和半乳糖；凝乳酶负责促使牛乳迅速凝固；脂肪酶分解脂肪；蛋白酶则分解蛋白质。

孔眼

某类奶酪中的气孔或小洞，由细菌发酵剂产气而形成。

干物质脂肪含量%

指奶酪中脂肪在总干固形物中的百分比含量。

奶酪入模

奶酪生产步骤。把凝乳颗粒放入奶酪模中的过程。

接种

向乳中添加微生物。

乳酸

奶酪和酸奶生产中由乳或凝乳生成的酸，发酵剂菌种分解乳糖产生乳酸。

乳糖

仅存在于乳中，乳中乳糖含量可高达5%，与蔗糖比较甜度较低。

脂肪酶

脂肪酶是一种添加于牛乳中、用于特定奶酪品种生产的酶。这种酶从动物的会厌部位提取。脂肪酶作用于脂肪分子，将脂肪酸从脂肪分子中释放出来，这些释放出来的成分被称为游离脂肪酸。一旦从脂肪分子中释放出来，脂肪酸的风味就会变得尤为重要。

脂肪水解

指能分解脂肪的酶类型。

熟化

奶酪制作过程中的一个步骤，在该步骤中，奶酪在特定温度和（或）相对湿度条件下储存一段时间，以发展出其独特风味，和（或）形成特定奶酪品种所需的酪体和质构。

切块

奶酪生产的一个步骤。在奶酪加盐前将凝乳切成薯条状小块。

意式拉丝

意大利人对塑性凝乳奶酪的描述。把小片奶酪放入热水中并拉伸直至形成均一的质构。

巴氏杀菌

将牛乳加热的过程可采用两种方式：批量加热法，即加热至63°C并保持30分钟；或高温短时法，即加热至72°C并保持15秒。其目的是为了彻底杀灭所有可能对人体致病的病原微生物。

致病菌

该术语指的是某些微生物对人体致病的潜在能力。此类疾病可能是由于食物中摄入了这些微生物本身，或是摄入了它们所产生的有毒物质所引起。

压榨

在奶酪生产时，凝乳颗粒入模后，放在压榨机上，施加压力以排出乳清，进而使奶酪形成紧密的结构。

凝乳酶

指能凝乳的酶。犊牛凝乳酶是从犊牛第四胃中提取的含有能凝乳的皱胃酶。动物凝乳酶一般为液态。

表皮

指奶酪的外皮。比奶酪内部更干燥和密实。

软质奶酪

生产时未经压榨且含水量较高的奶酪称为软质奶酪。生产后可立即食用，如农家奶酪等。

标准化

指调整乳中脂肪、蛋白质或非脂乳固体的比例，以达到最终产品对各项指标的要求，脂肪可分离出，也可加入蛋白质或其他组分。

菌种

加工奶酪或发酵乳制品的第一步是向乳中添加菌种，菌种在乳或凝乳中产酸。

发酵剂

与菌种相同。

植物凝乳酶

并非衍生自动物来源并且适合素食者的凝乳酶类型。

乳清

牛乳在蛋白质凝固后所分离出的液体部分称为乳清。乳清中含有水分、乳糖、乳清蛋白、矿物质以及少量脂肪。理想的乳清应呈清澈的绿色调，而非乳白色。

乳清蛋白

乳清蛋白是牛乳中可溶于水的蛋白质，不会因添加凝乳酶而沉淀。



5B 奶酪应用
目录

5B.1 引言 135
5B.2 奶酪与消费者 135
5B.3 奶酪作为配料的功能作用 137
5B.4 奶酪种类及其在焙烤和餐饮业中的应用 140
5B.5 结论 156
5B.6 常见问题解答 157
5B.7 术语表 161
5B.8 参考文献和延伸阅读 161

5B.1 引言

在前面奶酪章节中，已经阐述了奶酪的主要品种及其加工技术。本章将重点介绍奶酪的应用，进一步探讨主要的奶酪类型以及它们如何作为配料应用于食品体系。



奶酪广泛用作食品应用中的成分，以赋予诸如外观、质构和风味等益处，还可增强所选食品的烹饪特性。

奶酪能为很多快餐食品提供基本的质构，如披萨和冷冻小菜。

一些奶酪品种能够形成薄片状或酥松的质构，而另一些奶酪具有融化特性，可用于加热食品中。这些奶酪可在沙拉中凉食或加热食用，或者作为汤、意大利面食和砂锅的浇头（上层配料）。爽滑流质的奶酪酱汁，因为它的爽滑质构、风味和增稠特性，常被用作汤和酱汁的基料。

奶酪经过二次加工后，其用途更加广泛，可制成即食型刨丝奶酪、切片奶酪、切条奶酪、奶酪粉以及再制奶酪产品。

本章提供了各种奶酪类型的参考及其在食品应用中使用的示例。关于本章中提到的食谱等详情，请访问澳大利亚乳业局的Legendairy网站：**legendairy.com.au**。

5B.2 奶酪与消费者

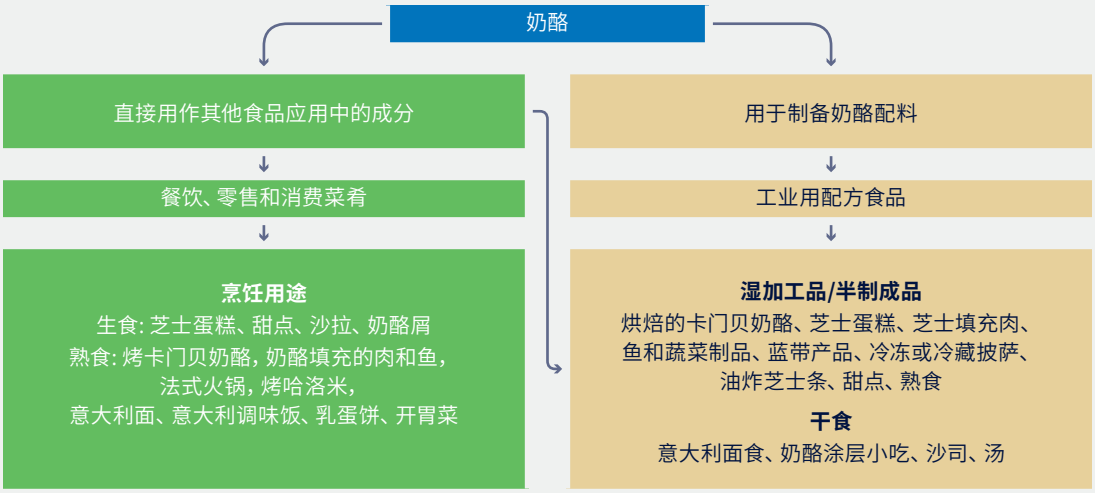
奶酪配料市场

奶酪可通过以下三个主要部门提供给消费者：

- 食品服务部门——奶酪可能以奶酪片或奶酪块的形式提供，或者用作各种菜肴的配料。
- 零售和消费部门——奶酪以小份的形式提供，比如块状、片状或预包装的碎粒状、片状和涂抹酱，它们可在家庭中直接食用或间接用作多种菜肴的配料。
- 工业部门——奶酪可作为配料用于各种组合食品，如披萨和汉堡，或者用于配方食品，如预制食品和甜点。

图1概括了消费者应用奶酪的情况。

图1 奶酪作为配料的应用



在消费市场中奶酪的应用

不同种类、类型和规格的奶酪可以用于各类食品中。表1和表2中列出了奶酪应用在食品服务、零售和消费领域的概况。

表1 奶酪在餐饮业的应用

奶酪种类	种类	可用规格	应用
切达奶酪	单独包装的切片奶酪（individually wrapped slices，简写IWS）	100克、250克、500克、625克袋装	食品贸易；用于三明治和汉堡。
	层片状（slice on slice，简称SOS）	1千克、1.5千克袋装	速食，比如快餐和三明治餐饮店；用于三明治和汉堡。
	碎粒	250克、500克、750克、2千克袋装	在餐饮业有许多应用，包括调味酱汁、披萨和沙拉等。
	方块奶酪	250克、500克、2千克袋装	用于沙拉和小菜
	小份包装	20克袋装	用于航空和旅馆供应的营养快餐。
马苏里拉	块状	5千克，10千克，20千克袋装	用于高温（融化）处理产品，比如披萨和焙烤面食。
	碎粒	2千克袋装、12千克盒装	用于高温（融化）处理产品，比如披萨和焙烤面食。
披萨奶酪	块状	10千克、20千克盒装	披萨饼专用。
	碎粒	12千克盒装	披萨饼专用。
奶油奶酪	块状	2千克盒装	用于芝士蛋糕、蘸酱、涂抹酱和糖霜。

表2 奶酪在零售和消费领域的应用

奶酪种类	种类	可用规格	应用
切达奶酪	单独包装的切片奶酪（individually wrapped slices，简写IWS）	216-250克（12片）、432-500克（24片）、648克（36片）和1千克（48片）	用于三明治和汉堡包。
	层片状（slice on slice，简称SOS）	每包10、12、24或75片	用于三明治和汉堡包。
	块状	250g、500g、550g、625g和1kg	许多应用，包括作为小吃、奶酪板配菜，切片做三明治或切丝做烘焙菜肴。
	碎粒	250G、400g、500g、550g和600g袋装	许多应用，包括调味酱，披萨和沙拉。
	方块奶酪	250克、500克袋装	用于沙拉和小菜
	小份包装	20克袋装	用于便携营养小吃。
马苏里拉	块状	250g和625g块状	用于高温（融化）处理产品，比如披萨和焙烤面食。
	碎粒	250g、500g、600g袋装	用于高温（融化）处理产品，比如披萨和焙烤面食。
马苏里拉混合奶酪	碎粒	200g、450g、600g袋装	在披萨饼上融化，提供拉丝性，为烘焙菜肴提供风味和褐变，供融化和烧烤应用。
奶油奶酪	块状	250g盒装	用于奶酪饼、调味汁、涂抹酱和糖霜。
	涂抹酱	250克桶装和4x40克小份装	小吃桶、三明治馅、饼干蘸酱。
	稀奶油涂抹奶酪	250克和500克罐装	搭配蔬菜，如三明治中的涂抹酱料。

5B.3 奶酪作为配料的功能作用

奶酪主要用于提升风味、改善质构、增强口感、提升色泽或起到结合其他配料的作用。奶酪也可以通过定制化工艺，赋予其特定的功能性特性，例如可控褐变、限制性融化，以及更为浓烈的风味轮廓。奶酪的功能性特性是奶酪应用开发中的核心组成部分。

风味、香味和风味强化



奶酪在食品应用中不仅能提供基本风味，还具有承载、塑造、提升和改善其他配料风味的能力。与脂溶性成分、香料、草本植物和甜味成分搭配使用时，奶酪有助于实现风味的充分释放。由于奶酪中乳脂的熔点较低，还能帮助风味在整个产品中均匀分布。

在低水分产品中，如干汤料、调味酱、烘焙食品和休闲食品，可使用奶酪粉来增强食品的奶酪风味轮廓。奶酪的风味和香气受其脂肪和蛋白质含量影响，同时也与所用发酵菌种、霉菌和熟化菌密切相关。熟化或陈化过程、凝乳的水洗和加盐等工艺也会进一步影响奶酪的风味。

不同奶酪品种具有各自独特的风味特征，适用于特定应用场景。通过将不同奶酪品种混合使用，还可进一步丰富奶酪风味的多样性。

质构和口感



高水分奶酪，比如新鲜熟化奶酪，相对于低水分且高蛋白质含量的硬质粉碎奶酪来说具有更爽滑的口感。有些特制的奶酪，在加热（不融化）或冷冻—解冻过程中能保持完整；不过，对大多数奶酪来讲，温度处理对其质构还是有影响的。

烹饪特性和融化性

融化的奶酪具有非常复杂的物理性质，其中包含了以下几种不同的功能性：

1 融化性（meltability）
2 流动性（flowability）
3 拉伸性（stretchability）
4 弹性（elasticity）
5 游离油脂的形成
6 褐变和起泡

融化性（meltability）是指加热时奶酪粒相互融合并形成均匀连续的融化物质的能力。

流动性（flowability）是指奶酪在融化后继续流动的能力。具有高流动性的奶酪，如奶油奶酪，非常适用于奶酪夹心类肉制品，如蓝带鸡排；而流动性较低的奶酪，如哈罗米，更适合用于油煎类应用，如煎制哈罗米奶酪。



拉伸性（stretchability）是指融化后的奶酪经拉伸形成黏性的纤维、细丝或薄片的能力，此时，在张力作用下奶酪不断开。该特性也称为拉丝性（stringiness）。

弹性（elasticity）也称流阻或“拉伸强度”，是一种阻抗纤维丝伸长作用的能力，从而也阻碍流动。

游离油形成，也称为“出油”或“脂肪渗漏”，是指奶酪在加热烹饪过程中，液态脂肪从融化后的酪体中分离出来，并在奶酪表面形成油脂斑块的现象。游离油的形成程度从无到大量不等。游离油的释放通常取决于奶酪的种类及其熟化时间。例如，过度熟化的马苏里拉奶酪在披萨等烘焙应用中，由于蛋白质在加热时无法有效结合脂肪，往往会产生过多油脂渗出。



褐变和起泡，在高温焙过程中，奶酪表面会发生褐变和起泡现象。其特征是在奶酪表面形成一层类似薄膜的结构，并出现颜色不均的斑块，即所谓的“气泡斑”，颜色可能从浅棕色、金黄色一直到极端情况下的黑色。一般而言，在马苏里拉应用于披萨时，气泡的大小和颜色均是评估的重要指标。



在加热或烹饪含有奶酪的食品时，最佳效果通常是在低温下并保持最短必要时间进行烹饪。例如，在调味酱中，奶酪应作为最后一种配料加入，并加热至刚好融化即可。在任何应用中，将奶酪切丁、切丝或碾碎都有助于缩短其融化时间。

以马苏里拉为例，其褐变现象通常与奶酪的成分有关，尤其是蛋白质和脂肪的含量。

颜色的形成与褐变

影响奶酪质构的因素同样会影响奶酪在融化使用过程中的特性，如pH值、奶酪组成和熟化过程中的蛋白水解程度。哪种影响因素需要重点考虑，这需要根据奶酪的加热方式而定，比如微波加热、热空气加热等。当用热空气加热未熟化奶酪时，其融化行为受蛋白水解作用影响就很小；当然，对于熟化奶酪来说，这一影响就比较重要了。对于微波加热来讲，奶酪的蛋白水解程度、奶酪的pH值以及干基脂肪含量都同样非常重要。因此，特定的奶酪会更适合特定的应用，这要根据所需要的融化程度（融化性与流动性之比）以及所采用的加热方式来进行选择。



奶酪的颜色可以根据特定应用进行定制。无论其原始颜色如何，奶酪在加热或烹饪时都可能发生褐变。奶酪表面褐变通常由美拉德反应引起，该反应是在烘焙奶酪过程中蛋白质与糖类之间发生的热诱导反应。

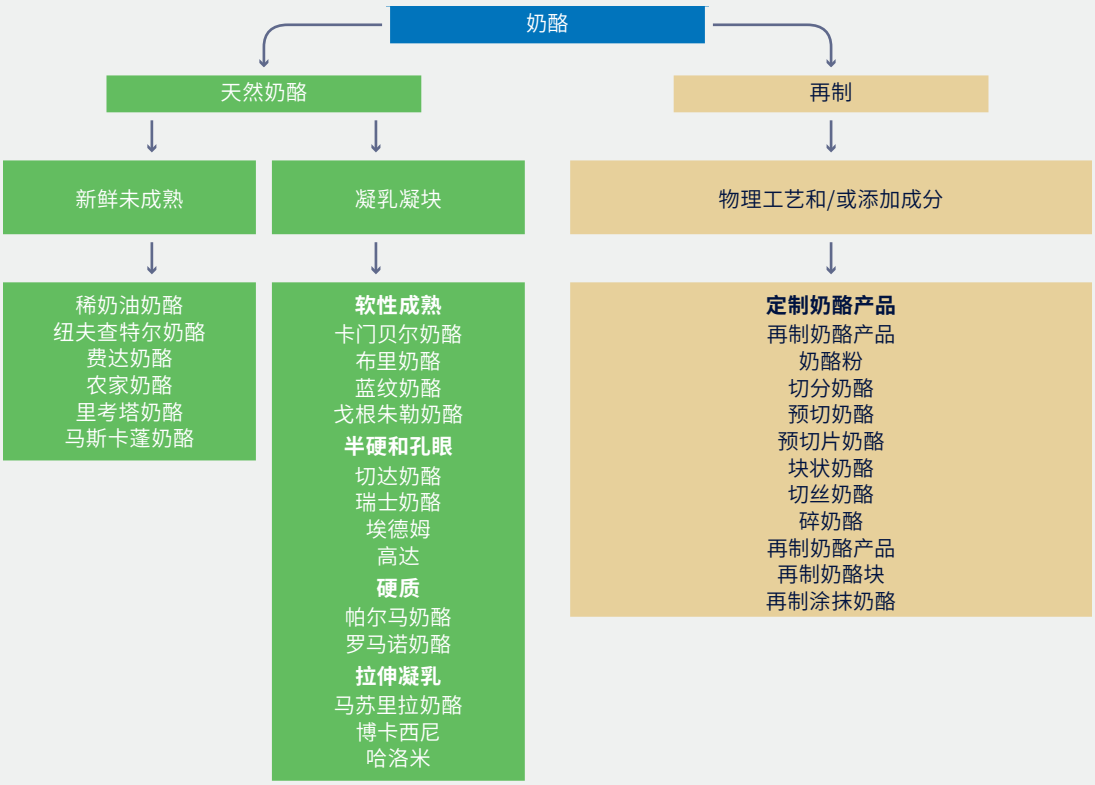
美拉德褐变常见于马苏里拉奶酪，其中所选用的发酵菌种和混合过程中的高温可能导致乳糖发酵不完全，或导致半乳糖的积累。在披萨或其他需在高温（>200°C）下长时间烘烤的产品中，美拉德褐变可能引起不良的过度褐变，甚至烧焦变黑。

5B.4 奶酪种类及其在焙烤和餐饮业中的应用

奶酪是一种能很好适用于多种食品体系的通用配料，在一些应用中，奶酪的主要作用是产生褐变作用和融化作用，当然它还可以用于改善食品的风味、颜色和营养。天然奶酪可适合某些特殊应用，而在其他方面，再制奶酪和奶酪粉具有其独特的优势。根据要达到的性能目标，选择特定的奶酪种类和形式以生产出所期望的产品特性。

可使用的奶酪类型情况如图2所示。

图2 奶酪类型和工业化奶酪配料



天然/新鲜未熟化奶酪



该类别奶酪主要有：奶油奶酪、纽夫查特尔奶酪（Neufchatel）**、菲特奶酪、农家奶酪、里考塔奶酪和马斯卡蓬奶酪**（Mascarpone）**。**

新鲜奶酪在食品供应和焙烤业中的实用特性：

- 这种奶酪类型呈现出中性的风味特征，使它适合作为其它配料的风味载体，也可用于甜味和咸味小菜。
- 可赋予食品新鲜的、奶油味的、温和的和清淡的风味特征。
- 可用于调整密度，比如调味汁、涂抹酱和焙烤芝士蛋糕。
- 可用作粘结剂或质构调节剂。
- 用于焙烤食品，比如芝士蛋糕，在低温下能提供适当的褐变而不产生泡沫或龟裂。
- 这种奶酪水分含量比较高（45%-55%），使之可在湿状食品中用作配料，比如，调味汁、糖霜、酱汁和馅料。

新鲜未熟化奶酪在食品中的应用见表3。

表3 新鲜未熟化奶酪的应用和使用

奶酪类型	应用	添加量%
奶油奶酪	糖衣和糖霜	30-45
	调味汁	60-70
	焙烤的芝士蛋糕	20-50
	冷藏的芝士蛋糕	30-40
菲达奶酪	披萨	20-35
	肉食（用作填充料或上层调料）	35-50
	沙拉	根据需要撒在上面
	汤	根据需要拌入
农家奶酪（Cottage Cheese）	素菜	20-30
	焙烤饭	20-60
	玛芬松饼	20-35
里考塔奶酪（Ricotta Cheese）	焙烤饭	10-50
	玛芬松饼	20-30
	意大利面	25-40
	开胃食品	60-70
	浇头	60-70
	糖衣	80-85
马斯卡蓬奶酪（Mascarpone）	甜点	15-35
	意大利面	5-10
	意大利米饭	2-5

奶油奶酪

- 可使奶油奶酪糖衣和糖霜形成奶油状的外观和新鲜乳特征。在室温下击打处理可使之与其它配料形成混合物，这样可使奶油奶酪从固态基质变为爽滑、易涂抹的混合物。

示例

带有蓬松的柠檬糖覆的柠檬兰莓杯状蛋糕



- 促使调味汁和涂抹物在应用中呈现奶油状的外观和柔和的风味。根据不同应用，可形成甜味和咸味。在室温下击打处理使得它和其它配料在摩擦力作用下成为混合物，这导致奶油奶酪从固体主体变为爽滑的混合体，更好的应用于浸渍和涂抹。

示例

罗勒、柠檬和松子酱



- 在焙烤和冷藏的芝士蛋糕中可用作风味载体，调整密度，也会改善最终产品的奶油状态和色泽。焙烤芝士蛋糕在150-160°C加热50-60分钟。在较低温下长时间焙烤以保证芝士蛋糕均匀的焙烤效果并且不会褐变过度。焙烤后奶酪在烤箱中冷却，烤箱门半开保证热气逸出，缓慢冷却可以避免焙烤芝士蛋糕表面龟裂。

  示例：柠檬烘焙芝士蛋糕和基础柠檬芝士蛋糕。

菲达奶酪

- 能成刨丝单独使用或者在披萨中与其它品种的奶酪混合使用。披萨在200-230°C下焙烤，加入菲达奶酪可使之产生凝乳状稠度而不融化，并保持不变的色泽，柔和的风味特征和一定程度的褐变。

示例

碳烤蔬菜披萨



- 可成刨丝用于肉食填充料。肉食在180~220°C下焙烤30~40分钟并赋予一定的褐变色泽。在切割之前，先将之静置10分钟，使其变硬，可形成切片性良好的含填充料肉食制品。

示例

带有菲特奶酪和蔓越莓的火鸡胸肉



- 高的水分含量和松软的凝乳使得它容易刨丝成不规则碎块。可用于最终的预制沙拉并提供新鲜奶酪风味。

  示例：小面包块中的浸汁沙拉。

- 在食用前，在汤中搅拌或者把刨丝撒在汤上作为装饰赋予汤轻微的奶酪风味。

农家奶酪和里考塔奶酪

- 因为它的粘合特性而且可以大块加入最终产品中，所以可以用于调制各种菜肴。农家奶酪也能提供轻微奶酪风味以及爽滑的质构。焙烤条件是180-200°C焙烤20-30分钟。

示例：奶酪花椰菜馅饼。

- 能用于肉食，产生具有奶油状光滑的产品，并带有轻微的奶酪风味。也可在低脂意大利面中替代调味酱贝夏美。

示例
美味牛肉千层面



- 用于玛芬松饼作为甜味配料的风味载体。玛芬松饼在180°C焙烤20-30分钟，在焙烤过程中，农家奶酪使它在焙烤中保持凝乳样结构，并赋予最终产品凝乳状质构。

  示例：杏味农家奶酪玛芬松饼。

里考塔奶酪

- 它能与其它配料很好地混合，提供粘合性，在焙烤食物中可用作风味载体。在180-200°C下焙烤10-30分钟，里考塔奶酪能够赋予产品光滑质构，改善最终焙烤产品的色泽。
- 能用于玛芬松饼作为甜味配料的载体。玛芬松饼在180°C下焙烤20–30分钟，里考塔奶酪作为粘合配料赋予最终焙烤玛芬松饼光滑质构。

  示例：杏味里考塔玛芬松饼。

- 在意大利面和开胃小吃中作为粘合配料和风味载体，这些产品在200°C下焙烤10-30分钟。

示例
熏三文鱼、芝麻菜和里考塔扁面条，烤辣椒和橄榄焙烤里考塔奶酪



- 能够和水果一起搅拌，可作为浇头配料中水果的载体，调整密度，使得它在薄煎饼浇头上粘合牢固。

  示例：酪乳薄饼（带有搅打树莓里考塔奶酪）。
- 能用作焙烤产品糖衣的主要配料，里考塔奶酪作为甜味配料的风味载体，赋予糖衣混合物整体性，使得它一旦应用能在焙烤物品上滞留。

示例
香蕉葡萄干玛芬松饼（含有蜜味里考塔奶酪）



马斯卡蓬奶酪

- 搅拌后和其它配料混合，赋予糕点润滑口感、奶油似的风味和酪体。它也可作为甜味配料的风味载体，而且可赋予最终产品一定形状。

  示例：提拉米苏（Tiramisu）。

示例
提拉米苏



- 在意大利面中少量使用，可起粘合作用，作为风味载体赋予最终产品具有奶油感。

示例
通心粉奶酪



- 可以搅拌到最终制备的意大利米饭饭中，以提供奶油口感和风味，并增强意大利米饭中美味成分带出的风味。

示例
加有鸡肉、芝麻菜和烤红辣椒的奶酪米饭



软质熟化奶酪（白霉奶酪和蓝霉奶酪）



这种类型的奶酪有：卡门贝尔奶酪、布里奶酪和蓝纹奶酪。

在餐饮业和焙烤业中，应用软质熟化奶酪的主要作用：

- 在餐饮业中，添加这类奶酪以赋予浓郁的特色风味，比如酱汁和调味料。
- 软质奶酪具有粘结性，而在一定压力下也会流动；适合作为奶酪酱汁（fondue）、酱汁以及开胃涂抹食品的材料。
- 其良好的粘结性适用于焙烤肉馅中与其他配料混合。
- 可以单独焙烤或者与其他类型奶酪在190–230°C下一起焙烤，可用于披萨顶层、肉类顶层或带馅的意大利面，以赋予产品一定棕色和结实的结构。

软质熟化奶酪在食品中的应用见表4。

表4 软熟奶酪的应用和使用

奶酪类型	应用	添加量%
卡门贝尔奶酪	肉食	35-50
蓝纹奶酪	开胃食品和焙烤食品	30-40
	肉类配菜	25-35
	沙拉	10-20
	酱汁	10-20
	意大利米饭	1-3

软质熟化奶酪在餐饮业和焙烤业中的应用举例：

卡门贝尔奶酪

可以切片用于肉类馅料，起着结合干性配料的作用，并赋予类似坚果和蘑菇的强烈风味。肉食在180~220°C条件下焙烤30~40分钟，使馅料呈现出棕色。这种肉食在成型前静置10分钟，使得馅料结实，形成可切片的填料肉。

示例

带有奶油味蔓越莓酱汁的卡门贝尔奶酪火鸡肉片



蓝纹奶酪

- 可用于开胃食品和焙烤食品中，切片或与其他配料一起粉碎后在200°C下焙烤20分钟。常常赋予一种与众不同的刺激性风味。

示例

烟熏鸡和蓝纹奶酪小饼



- 与其他配料一起作为肉类配菜，形成一种特别的红肉风味。

  示例：带有奶油蓝纹奶酪浇头的牛肉片。
- 可以粉碎作为沙拉的配菜，赋予一种特殊的刺激性风味并提高沙拉的质构。

示例

烤制芦笋、蓝纹奶酪胡桃的沙拉



- 可以与其他配料融化形成具有特殊风味的奶酪酱汁。制作过程中，先将其它所有配料混合并在75~90°C加热，当这些配料混合以后，酱汁由于加热而流出，然后在搅拌下加入奶酪，继续搅拌奶酪，随着加热的进行，形成一种质构光滑、风味适宜，颜色良好的产品。

  示例：加有蓝纹奶酪和香葱的奶酪酱汁。



半硬质奶酪和孔眼奶酪



这种类型的奶酪有：切达奶酪、瑞士奶酪、埃德姆（Edam）奶酪和高达（Gouda）奶酪。

切达奶酪

切达奶酪可根据其熟化时间的不同，呈现出多种风味与酪体特性。

- **温和型切达（Mild Cheddar）**熟化时间为1至3个月，风味较淡，酪体光滑且紧实，易于切片、切块或刨丝。温和型奶酪适用于儿童餐等场景，或与其他奶酪原料混合用于披萨，在需要切达奶酪功能性的同时又偏好其柔和风味。
- **浓味型切达（Tasty Cheddar）**熟化时间为9至12个月，风味成熟圆润，酪体与质构相较温和型略为松散。味浓型奶酪亦适合切片、切块或刨丝，是烘焙及餐饮行业中最常用的切达奶酪类型，广泛应用于松饼、汤品、意大利面、披萨、汉堡、三明治和调味酱中。
- **陈年型切达（Vintage Cheddar）**风味辛辣独特，质构松散，更适合作为配料用于汤品、沙拉和意面料理中。

表5中总结了主要切达奶酪的成分和熟化度。

表5 切达奶酪的性质

切达奶酪类型	熟化时长	酪体	风味
温和型	1-3个月	坚实	清新、淡味、微酸
浓味型	9-12个月	半软	强烈味道适中、奶油味
成年型	16-18个月	松散	特别强烈、“咬劲”

表6中总结了切达奶酪在食品中的应用。

表6 切达奶酪的应用

奶酪类型	应用	添加量%
切达奶酪	小吃	30-65
	素菜	20-30
	汤	10-20
	酱汁	10-20
	焙烤意大利面	10-30
	乳蛋饼	10-20
	披萨	10-15
	玛芬松饼	5-25
	意大利米饭	1-3

切达奶酪

- 可以磨碎后与其他配料一起添加到奶酪快餐中，在200°C下焙烤10-15分钟，使其具有浓郁的奶酪风味和金黄色色泽。

示例

奶酪脆条



- 可在炉中加热融化后与其他配料混合作为焙烤素菜的一种酱料，这些菜在200°C下焙烤20-60分钟，切达奶酪呈现良好的融化性，并赋予产品一种浓郁的奶酪风味和棕黄色泽。

示例

焦糖洋葱、佩科里诺奶酪和土豆馅饼



- 可以搅入热汤或撒在汤的表面作为一种配菜，赋予产品良好的奶酪风味和融化性，以及增加汤的汤体。

  示例：添加浓味型切达奶酪的南瓜汤。

- 在较低烘焙温度下可与其他配料混合，作为奶酪酱汁的原料。切达奶酪极好的融化性使其能够产生一种光滑质构和良好的奶酪风味。

  示例：啤酒奶酪酱汁。

- 在烤箱上层加热后，与其他配料混合用于焙烤的意大利面食中。它的融化性使其能与其他配料良好的结合，赋予最终产品一种良好的奶酪风味和棕黄色泽。

  示例：通心粉奶酪。

- 可添加在乳蛋饼（quiche）的表面，在180°C下焙烤20-30分钟，切达奶酪完全融化形成光滑的、风味良好的、比较脆的棕黄色表面。

  示例：芦笋辣椒面包乳蛋饼 。

- 可与其他配料混合后在180°C下焙烤20分钟来制作玛芬松饼。切达奶酪在加热条件下融化，赋予玛芬松饼一定风味和棕黄色泽。

  示例：奶酪和酪乳玉米玛芬松饼

- 可以切碎后添加到披萨基料的其他配料上面，在200-230°C下焙烤10-15分钟。切达奶酪良好的融化性可使其他配料粘合在披萨上，同时赋予披萨良好的奶酪风味和松脆质构、棕黄色表面。

示例

蔬菜披萨



- 可在意大利米饭煮制后期加入切达奶酪，其极好的融化性可使米饭中的配料相融合，并使其具有良好的奶酪风味。

示例

三奶酪米饭



瑞士奶酪、埃德姆奶酪和高达奶酪



瑞士、埃德姆和高达奶酪，也称为孔眼奶酪，可以在许多面包店和餐饮服务应用中与切达奶酪互换使用。

- 瑞士奶酪为食品应用提供了独特的奶油和坚果风味。其质构结实，通体孔眼都很大。
- 瑞士奶酪有切丝和切片两种形式，融化特性极佳，可以添加到汤、酱汁、三明治、酱料和微波炉食品中。
- 埃德姆和高达具有温和的奶油和坚果风味，埃德姆具有光滑和坚实的质构，而高达具有光滑和奶油状的质构。
- 埃德姆和高达可以切片或切块，融化特性良好，适用于各种烹饪应用，包括汤、酱汁、烧烤融化和三明治。

半硬孔眼奶酪在食品中的应用见表7。

表7 半硬奶酪和孔眼奶酪的应用

奶酪类型	应用	添加量%
瑞士奶酪	焙烤意大利面	15–20
	肉类	10–15
	三明治	10–15
埃德姆奶酪	意式烘蛋	10–15
高达奶酪	咸味浇头	30
	派	15–20
	汤	10

瑞士奶酪

- 可以与其他配料在烤箱上层不断搅拌，直到融化，可作为焙烤意大利面食的一种酱料。瑞士奶酪使焙烤意大利面食具有良好的风味和融化性，并且可作为其他配料的粘结剂。

示例

瑞士奶酪、意大利面和烤火腿



- 可以切片，融化后放在肉食表面，其极好的融化性可形成一种光滑的、独特的、坚果和奶油风味。

示例

瑞士奶酪、猪肉和苹果牛排



- 可以切片作为三明治的馅料，在烘焙时可提供良好的融化性和风味。

示例

脆瑞士奶酪小片三明治



埃德姆奶酪

- 可与其他配料一起搅打混合，并在炉灶上加热制成意式蛋饼。埃达姆奶酪具有良好的融化性，在蛋饼加热过程中能起到结合其他配料的作用，同时还能使最终成品呈现金黄色的外观。

示例

芜菁与红薯意式蛋饼



高达奶酪

- 可与面包屑混合，用作美味菜肴的配料。

示例：脆脆的顶级意大利番茄。

- 可用于增加烘焙美味菜肴的风味和质构。

示例
膨化高达派



- 可以磨碎后与面包混合，作为汤的甜味和奶油味配料。

硬质奶酪



这种类型的奶酪有：帕尔玛奶酪和罗马诺奶酪。
硬质奶酪在餐饮业和焙烤业中的作用为：

- 帕尔玛奶酪可产生奶油味、甜味和坚果风味，而罗马诺奶酪为强烈的辛辣风味。硬质奶酪的风味通过熟化而得到强化，可赋予食品一种强烈、新鲜、纯净的风味。
- 帕尔玛奶酪和罗马诺奶酪的低水分活度使其具有坚硬的粒状质构，其本身易碎，适合于刨丝。
- 在应用中可提供良好的融化性，并且融化迅速而均匀，可用于意大利面、汤、馅料和酱汁等。
- 可以将其刨丝、切割或者磨成粉，使其具有良好的流动性。特别是需要撒奶酪时这一特性就很重要了。



表8总结了硬质奶酪在食品中的应用。

表8 硬质奶酪的应用

奶酪类型	应用	添加量%
帕尔玛奶酪	肉食涂层	3-20
	肉食浇头	5-15
	意大利面酱料	5-15
	焙烤饭	2-5
	沙拉	2-5
罗马诺奶酪	酱汁	30-40
	肉食涂层	3-20
	焙烤意大利面	2-5
	沙拉	2-5
	意大利米饭	1-3

帕尔玛奶酪和罗马诺奶酪可以在多种食品中相互替代使用，并赋予食品相同的性质。

帕尔玛奶酪

- 可以和其他配料一起作为肉食涂层，在180-200°C下焙烤10分钟。在焙烤时，帕尔玛奶酪可形成质构松脆、奶酪风味良好的涂层。

示例
奶酪鸡肉块



- 由于帕尔玛奶酪的快速融化特性，可以作为肉食浇头中其他配料的粘结剂，经过烤制后可形成光滑的金黄色奶酪，形成具有良好风味的肉浇头。

示例

帕尔玛奶酪鸡肉



- 可以与其他配料一起慢慢加入到沸水中制成意大利面酱料。帕尔玛奶酪的速溶性提高了意大利面酱料的酪体，使得酱料酪体光滑、奶酪风味浓郁。

  示例：奶油蘑菇帕尔玛意面。

- 可以撒在意大利面的表面，在180°C下焙烤20-25分钟，赋予质构松脆，棕黄色表面和奶油坚果风味。

  示例：鸡肉奶酪通心粉。

- 可以切割并作为沙拉的一种配料，使沙拉具有浓郁的奶酪风味，具有松脆的粒状结构，食用方便。

示例

烤鸡、芝麻菜、梨和帕尔玛奶酪沙



罗马诺奶酪

- 可以与其他配料一起在低温加热条件下搅拌，作为奶酪酱汁的原料。罗马诺奶酪的快速融化性质可使其形成光滑的质构并且具有良好的奶酪风味。

  示例：奶酪和啤酒热蘸酱汁。

- 可以和其他配料一起作为肉食涂层，在180-200°C下焙烤10分钟。
- 罗马诺奶酪使得肉涂层在焙烤后质构松脆，具有良好的奶酪风味。

示例

帕尔玛奶酪香草羊肉片



- 可以撒在焙烤后的意大利面的表面，在180°C下焙烤15-20分钟。罗马诺奶酪赋予意大利面良好的风味、棕黄色泽，以及良好的融化性。

  示例：瑞士奶酪、意大利面和烤火腿。

- 可以切割后加到沙拉中作为一种配料，在其他配料衬托下表现出更浓郁的奶酪风味。

  示例：罗马诺尼克斯风味沙拉。

- 可以搅拌加入意大利米饭中，其快速融化性质可以作为其他配料的粘结剂，并形成光滑的奶油状结构。罗马诺奶酪也可赋予产品良好的奶酪风味。

  示例：三奶酪米饭。

可拉伸凝乳奶酪



这种类型的奶酪有：马苏里拉奶酪、博康奇尼奶酪和哈罗米奶酪。

拉伸凝乳奶酪在餐饮业和焙烤食品中的作用：

- 拉伸凝乳奶酪具有比较温和的风味，可以衬托出其他风味，并能够与各种调味料、香料和药草一起使用。
- 具有光滑、柔软、湿润的致密结构，这种奶酪在食品使用时可以切片、磨碎或切块。
- 可提供多种烹制性质，以烘焙、焙烤或融化的形式应用，以为食品赋形和提供口感。
- 提供均匀一致的融化性。
- 增加意大利食品的感官吸引力。

表9简述了拉伸凝乳奶酪在食品应用中作用。

表9 拉伸凝乳奶酪的应用

奶酪类型	应用	添加量%
马苏里拉	开胃食品	60-70
	焙烤意大利面	5-15
	披萨	5-10
	肉食浇头	5-10
博康奇尼	开胃食品	20-30
	意大利面	10-20
	沙拉	70-80
哈罗米	开胃食品	80-85

马苏里拉



- 可用于肉食，比如开胃食品中的熏火腿（prosciuto）和鸡肉，在180°C下焙烤12–14分钟。马苏里拉奶酪融化良好可作为肉中其他配料的粘结剂。奶酪的柔和风味适合于肉类，并在应用中赋予柔软光滑的质构。

  示例：包有马苏里拉奶酪的熏火腿和鸡肉块。

- 在焙烤意大利面中，可撒在面片和肉之间，在180°C下焙烤30分钟。马苏里拉奶酪在加热条件下融化，形成光滑的融化物，并带有柔和的奶酪风味，在此衬托下其他肉酱料混合物可呈现出更好的风味。马苏里拉奶酪也可形成产品的拉丝性，使其食用时具有一种纤维结构。

  示例：菠菜牛肉千层面。

- 可刨丝后撒在披萨表面，并在200°C下烘烤10–15分钟。马苏里拉奶酪能均匀融化，有助于固定其他披萨配料；它带有柔和的奶酪风味，与其他披萨配料相得益彰，同时赋予披萨拉丝性和延展性，并形成金黄色的表面色泽。

  示例：碳烤蔬菜披萨。

- 可作为肉食浇头的一种配料，在200°C下焙烤15分钟。马苏里拉奶酪良好的融化性，可使其他配料固定在肉的表面。在食用时，可使披萨具有拉丝性和延伸性，形成光滑柔和的风味以及肉食浇头的色泽。

  示例：马苏里拉奶酪和芦笋鸡肉。

博康奇尼

- 可以和肉片以及其他开胃食品配料混合使用，作为一种开胃品。风味柔和的博康奇尼奶酪可以衬托其他配料，且质构光滑，口感舒适。

示例

香博康奇尼奶酪和芝麻菜沙拉



- 可以破碎后加到热的意大利面中，提供柔和的风味和面食的湿润性。

示例

茄子、罗勒和博康奇尼卷



- 博康奇尼奶酪具有柔和风味和光滑质构，非常适合用在沙拉中，它可以被香料包裹，作为一种风味载体。

  示例：五香博康奇尼奶酪和芝麻菜沙拉。

哈罗米

- 可以涂上一层风味极佳的配料，然后油炸成风味独特的哈罗米奶酪开胃食品。哈罗米奶酪的柔和风味，使其作为风味配料的良好载体，而其紧凑的结构在未融化或未破碎条件下即可炸制。

示例

油煎番茄酱哈罗米奶酪



再制奶酪



再制奶酪产品的主要成分是奶酪，其中所用奶酪的用量、品种及熟化程度取决于其具体应用。奶酪涂抹酱至少含有51%的中等熟化奶酪，此类奶酪在剪切力作用下可断裂并融化。再制块状奶酪的奶酪含量可高达98%，通常选用年轻熟化奶酪，具有致密结构，在切片、切块或刨丝时能保持其形状。

再制奶酪涂抹产品通过加热过程，将两种或多种奶酪与乳化盐结合，使其风味比单一奶酪更为浓郁复杂。这类产品是通过加热、剪切力以及添加乳化盐，将多种奶酪品种混合成均质混合物而制成的。

再制奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用主要包括：

- 在应用中，这类奶酪根据其配方和加工条件不同，可以为食品提供不同的风味、稠度和功能性质。
- 能够提供均匀一致的特性，如融化性、延展性、香味和色泽。
- 有利于食品企业生产出均匀一致、经济有效的特定产品。
- 与天然奶酪相比能降低生产成本，因为生产者使用了低等的奶酪类型和低成本的非奶酪原料。
- 具有相对较长的保质期，可以减少浪费。

再制奶酪在餐饮业和焙烤工业上应用的示例：

- 可用于预制切片奶酪，提供良好的融化性和保形性，适用于三明治和汉堡的奶酪片。
- 可以干制并用作开胃快餐小吃的涂层。
- 在餐饮业中可用于菜肴和快餐食品的浇头，它也可以作为配料应用于加有奶酪的菜肴、焙烤面食、微波食品、汤、果酱和肉菜。

块状再制奶酪

块状再制奶酪产品的实例有：再制奶酪和再制奶酪食品。

块状再制奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用包括：

- 可生产出所需要的特定风味和质构的食品。
- 方便且易于使用。
- 具有稳定的保质期，在无法采取冷藏的地区会带来很大的方便。

再制块状奶酪在餐饮服务及烘焙应用中的示例：

- 可切片用于三明治或汉堡中，赋予产品均一的风味并具有良好的融化特性；
- 可刨丝用于奶酪酱、烩饭和披萨中，提供一致的奶酪风味并提升融化效果；
- 可部分或完全替代天然奶酪，广泛适用于多种食品应用，有助于降低原料成本。

涂抹型再制奶酪

涂抹型再制奶酪产品主要有：奶油奶酪和混合切达奶酪。

涂抹型再制奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用如下：

- 将两种或多种天然奶酪混合，可得到光滑的奶酪产品，可根据应用要求特别制作。
- 可提供优良的涂抹性和良好的奶酪风味。
- 方便且易于使用。
- 具有稳定的保质期，在无法采取冷藏的地区会带来很大的方便。

涂抹型再制奶酪在餐饮业和焙烤工业上的应用实例：

- 可作为汤和酱汁的底料。
- 可涂抹，可作为开胃食品的顶层配料，如面包和饼干的沾酱汁或涂抹料。
- 可作为烘焙食品的夹心馅。

定制奶酪产品

定制奶酪产品是为了满足终端客户的特殊需要而发展起来的，这种奶酪通常需要经过剪切力和挤压力的作用而使奶酪破碎成较小的尺寸，从而形成便于加工的产品。

定制奶酪产品包括奶酪粉、切分奶酪（portioned cheese）、预切割奶酪、刨丝奶酪（grated cheese）、块状奶酪、切片奶酪、碎屑奶酪（crumbled cheese）、预混合奶酪以及为了在终端应用中减少现场劳动强度而加工的一些其它奶酪产品。许多餐馆和餐饮业使用这些产品不仅为了节省劳动力，还可以控制最终产品的一致性。



刨丝奶酪

刨丝奶酪产品的示例：马苏里拉奶酪、帕尔玛奶酪、切达奶酪。

刨丝奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用：

- 有三种形式：
  - 标准刨丝(直径0.2-0.3厘米，长度1.5-3厘米)
  - 细刨丝(< 0.15厘米直径，长度1.2-4.5厘米)
  - 平刨丝(直径0.15-0.35厘米，具有平手刨丝外观)
- 提供与原料奶酪相同的风味和质构特性。
- 方便且易于使用。

刨丝奶酪在餐饮服务及烘焙应用中的示例：

- 刨丝马苏里拉奶酪最适用于高融化性的应用，如披萨、焗烤意面和烤佛卡夏。
- 刨丝马苏里拉非常适用于披萨，可提供理想的风味、融化性、拉丝性和弹性。

其形态通常为扁平中等长度的刨丝。刨丝帕尔玛奶酪用来给意大利米饭增加味道和口感，通常以细刨丝的形式出售。美味刨丝奶酪因其风味和融化特性被用于烘焙食品、墨西哥玉米片、冷冻加工食品等，通常以标准刨丝形式出售。



奶酪粉

奶酪粉产品包括：帕尔玛奶酪、罗马诺奶酪、切达奶酪和蓝纹奶酪。

奶酪粉在餐饮业和焙烤工业上的功能作用包括：

- 可以提供良好的强化奶酪风味，而不增加食品中的水分，因而适合于干制食品。

- 产生干粉状的质构和口感。
- 方便且易于使用。
- 在与其它干配料混合时具有灵活性。
- 呈粉状形态，使之易掺入食品中或撒在食品上。
- 可用于焙烤食品，其在高温下仍能保持一定的风味。
- 促进焙烤食品表面着色（呈金黄色）。

奶酪粉通常由基础奶酪原料与其他配料混合制成，这些配料包括水、色素、乳固体、风味剂、风味增强剂、淀粉、麦芽糊精和乳化盐。该浓缩混合物经喷雾干燥处理，制成一种具有良好流动性的粉末，水分含量低，约为3–5%。

最终奶酪粉的固形物含量可根据需要有所不同，从低固形物含量（约20%）、中等固形物含量（约35%），到高固形物含量（约65%）不等。

奶酪粉在餐饮业和焙烤工业上的应用示例：

奶酪粉作为风味配料可用于各种含水量较低的食品中，包括：

- 快餐食品的涂层，如薯条、墨西哥玉米片、墨西哥玉米饼；
- 奶酪酱汁
- 汤
- 调料
- 咸味饼干
- 意大利面的配菜
- 附加值较高的产品和延长保质期的产品

切分奶酪（portioned cheese）

几种切分奶酪产品：切达奶酪、埃德姆奶酪、浓味切达奶酪和瑞士奶酪。

预切割奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用包括：

- 将产品切成一份大小，并单独包装，以保证消费时的新鲜和方便。
- 可以提供与原料奶酪相同的风味、香气和质构特性，并且由于及时包装而保住了营养。
- 方便且易于使用。
- 促使饼干的外形更加完美。



切分奶酪在餐饮业和焙烤工业上的应用示例：

- 可为饮食业、机场和宾馆提供了方便快捷而且营养丰富的快餐食品。
- 可用于方便快捷的儿童午餐盒饭。

预切割奶酪（per-slice cheese）

预切割奶酪产品：切达奶酪、埃德姆奶酪、瑞士奶酪和浓味切达奶酪。

预切割奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用包括：

- 可方便提供很多大众喜爱的奶酪类型。
- 以单独片状包装（IWS），这种形式适合于国内和国际贸易，既卫生又方便使用。



- 也以层片状包装（SOS）的形式销售，在服务旺季也易于使用，如在快餐店三明治和汉堡中应用。
- 提供与原料奶酪相同的风味和质构特性。
- 可以是天然奶酪，也可以是按应用需要特别定制的再制奶酪。



- 方便且易于使用。
- 可采用各种形状、厚度和大小的奶酪产品以满足不同消费者的需要。

预切割奶酪在餐饮业和焙烤工业上的应用示例：

- 用于三明治和烤制三明治并赋予产品风味和良好的融化性。
- 用于汉堡，预切割奶酪可在融化时保持很好的形状，在汉堡中防止外溢。



块状和条状奶酪

块状和条状奶酪产品：切达奶酪、再制奶酪

块状和条状奶酪在餐饮业和焙烤工业上的功能作用包括：

- 可切成1.5-2厘米厚的矩形或正方形奶酪。
- 可制作成矩形条棒。
- 可切割成特定的、均匀一致的长度。
- 可提供与原料奶酪相同的风味、香气和质构特性，并且由于及时包装而保住了营养。
- 方便且易于使用。

块状和条状奶酪在餐饮业和焙烤工业上的应用示例：

- 用作沙拉中的配料。
- 可与其它配料混合，用作开胃成分。
- 将奶酪棒做成方便快捷的儿童午餐盒。

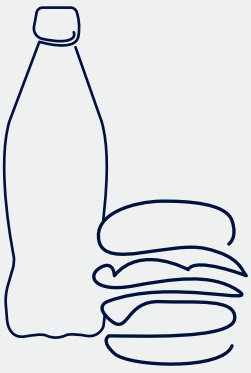
5B.5 结论



奶酪广泛作为配料应用于各类食品中，能够赋予产品良好的外观、质构和风味，并可提升特定食品的烹饪性能。

奶酪的多样性使其适用于多种食品：某些奶酪种类具有快速融化的特性，适合用于烘焙食品；有些奶酪可赋予产品酥脆或松散的质构，适用于烘焙或冷食；有些则适合用于热菜的表面装饰，还有一些能在调味酱中提供顺滑的流动性。

充分了解不同类型奶酪的功能性及其应用，有助于餐饮服务行业和消费者领域中的人员在特定用途中成功选用并应用奶酪作为食品配料。



5B.6 常见问题解答

A. 新鲜未熟化的天然奶酪



1. 在焙烤和冷冻的芝士蛋糕中，如何防止奶油奶酪的结块现象？

在其他芝士蛋糕配料混合时，奶油奶酪的温度要高于冷藏温度。奶油奶酪快速软化的最佳方法是：将打开包装的产品放在碗中，用微波加热30-45秒，直到奶油奶酪充分融化。用于焙烤芝士蛋糕时，重要的是在混合料中奶酪团块完全去除后，再加入鸡蛋，因为鸡蛋能将空气带入面糊，而在混合料中多余的空气会导致产品表面开裂。



2. 如何保证菲达奶酪的良好质构特性而产品盐浓度又不高？

A. 菲达奶酪分有软质和半硬质两种。相比之下，软质的菲特奶酪含水量较高、含盐量较少、风味较好，而半硬质菲特奶酪的风味浓烈。如果这种菲达奶酪不立即食用，可存放在浅奶罐中，这样可使奶酪保湿，也可降低盐浓度。

B. 软质熟化奶酪

1. 影响软质熟化奶酪风味形成的因素有哪些？在食品应用中如何选择最合适的奶酪类型？

卡门贝尔等软质熟化奶酪的风味形成主要取决于时间。在熟化时间前食用时（4-6周），奶酪含有白色粉心且质构坚硬。当达到熟化的顶峰时期，即在完全熟化前，白色粉心消失，逐渐形成浓厚的奶油状质构和柔和的奶酪风味。

在焙烤业和餐饮业中，若使用熟化早期的软质熟化奶酪，食品中奶酪的风味比较温和；而使用充分熟化的软质奶酪时，食品中奶酪的风味则较浓重。



2. 软质奶酪如何熟化？

奶酪要储存在4°C的冰箱中，并确保冷空气能够在产品周围循环，因为奶酪在熟化过程中自身会产生热量。

如果为了检查熟化程度而切开奶酪，但发现其尚未充分熟化，应将奶酪重新用原银箔包装纸包裹。银箔包装上有透气孔，能够让奶酪呼吸并继续熟化。不应使用塑料薄膜包裹奶酪，因为塑料薄膜无法让奶酪正常呼吸，从而阻碍奶酪的正常熟化过程。

C. 半硬质奶酪和孔眼奶酪

1. 在焙烤业和餐饮业中能否使用表面长有霉菌的切达奶酪？

奶酪上的霉菌斑里含有有害微生物，因此不能食用。一般来说，如果在切达奶酪块上出现了绿斑、蓝斑或白斑，可将霉菌斑点切去后，这种奶酪仍然能使用，但切勿使沾染霉菌的小刀污染奶酪的其它部分。切除霉菌后的奶酪是安全的，可用于食用。

如果奶酪上出现红斑、黄斑或黑斑，或长出白毛、棕褐色毛时，这样的奶酪不宜食用，应立即扔掉。为了避免奶酪表面长霉，必须将奶酪隔绝空气保存，可以使用塑料薄膜包裹，或放入密封容器中储存。

2. 在食品配方中能使用低脂奶酪替代切达奶酪吗？

食品中使用低脂奶酪主要为了体现食品的功能性。低脂奶酪是指每份奶酪中脂肪含量不超过3g的一种奶酪制品。与普通奶酪的脂肪含量相比，它至少减少了25%的脂肪。低脂奶酪一般含水量较高，用它作食品配料时，要达到相同功能性所需的加热温度较低。通常，低脂奶酪更适合用于冷食，而不宜用于热食。



3. 奶酪在食品中最佳的融化方法是什么？

奶酪作为食品配料，为使其具有良好的融化性，通常可采用以下方法：

- 奶酪在使用前应经过撕、磨或切等处理形成刨丝。
- 在焙烤处理结束时加奶酪作浇头，要有足够的时间使其在食品表面上充分融化。
- 制作奶酪酱汁时，在处理的最后加入奶酪，需持续加热直到其融化为止。
- 利用微波（中或高功率）可以使奶酪在短时间内融化。

D. 硬质奶酪



1. 焙烤业和餐饮业中使用哪几种形式的帕尔玛奶酪？

使用哪种形式的帕尔玛奶酪主要取决于它的用途。通常，在焙烤食物中使用块状的帕尔玛奶酪，而在非焙烤食物中，如沙拉，则会选择薄片状或刨丝状的帕尔玛奶酪。

2. 为什么经过加热后帕尔玛奶酪仍保持原有的形状？

帕尔玛奶酪的蛋白质含量比其它种类奶酪要高，这就导致了它的融化速度较慢，因此在焙烤食物中能保持原有的形状。

E. 拉丝凝乳奶酪



1. 马苏里拉奶酪在披萨中的使用是如何受其熟化作用影响的？

在4°C的储存过程中，马苏里拉奶酪的融化功能性会发生典型的变化。刚生产出来的马苏里拉奶酪在融化时呈现出坚韧、有弹性的质构，这种状态并不适合用于披萨。而在熟化的最初几周内，奶酪的融化质构会明显变得柔和，很快便能达到适度有弹性的理想融化状态。但随着储存时间的进一步延长，奶酪在融化时会变得过于柔软和流动，不再适合作为披萨用奶酪。这主要是由于蛋白质的分解，导致蛋白无法有效锁住融化的脂肪，从而产生大量游离油，拉丝性能变差。在冷藏条件下，马苏里拉奶酪的货架期相对较短，建议在开封后尽快使用完毕。

2. 不同种类的奶酪能混合使用吗?

不同类型的奶酪可以成功地进行混合,并且市面上已有多种针对特定应用需求的商业混合奶酪产品。最常见的奶酪混合应用场景是用于披萨,其中马苏里拉奶酪通常会与其他类型的奶酪进行混合,例如切达、帕尔玛、高达或费达。披萨专用奶酪混合产品通常要求最终配方中至少含有50%的马苏里拉奶酪,以确保良好的拉丝效果。例如,马苏里拉与切达的组合能够实现快速融化并赋予较强的风味;而马苏里拉与费达的组合则能带来风味的提升,同时有助于表面形成良好的褐变效果。

3. 哪一种奶酪最有利于披萨的色泽形成?

一般而言,全脂奶酪在加热烹饪过程中几乎不会出现褐变或仅有轻微褐变,而部分脱脂奶酪在烹饪过程中会产生一定的褐变效果。像帕尔玛这类硬质奶酪具有良好的褐变特性,但其融化性较差,因此,在制作披萨时,最佳的使用方式是将帕尔玛奶酪铺放在马苏里拉奶酪的下方,以避免产生不良的褐变效果。

4. 如何评估披萨奶酪混合料的出油?

只对含有番茄酱和奶酪的披萨混合料进行评估即可,因为肉类配料如火腿和色拉米肠作为披萨的上层料,也会产生出油。

5. 马苏里拉奶酪能冷冻处理吗?

马苏里拉奶酪可以冷冻保存;然而,冷冻会改变奶酪的酪体质构,使其不适合用于新鲜食用,但非常适合用于烹饪加工。

冷冻时,应将马苏里拉奶酪放入密封性良好的冷冻专用密封袋中。使用时,应将其在冰箱中缓慢解冻一整夜,解冻后应尽快使用。冷冻保存的马苏里拉奶酪应在冷冻后2个月内解冻并使用完毕。

F. 再制奶酪

1. 再制奶酪食品和再制奶酪涂抹酱之间有哪些区别?

再制奶酪食品是指在产品中可能添加了干乳、乳清固体或无水乳脂等成分,从而降低了成品中奶酪的总含量的产品。再制奶酪食品的奶酪含量必须至少占成品重量的51%,水分含量不得超过44%,且乳脂含量必须至少达到23%。

再制奶酪涂抹酱是一种产品,可能会添加甜味剂和稳定剂,如黄原胶或卡拉胶,以防止各成分发生分离。再制奶酪涂抹酱必须在21°C时具有可涂抹性,水分含量须在44%-60%之间,且乳脂含量至少达到20%。

2. 再制奶酪产品的保质期是多少?

再制奶酪产品的保质期差异很大,这主要取决于它的加工工艺。片状再制奶酪的冷却速度较快,因此保质期较短,需要冰箱贮藏。而块状再制奶酪经过了24小时的缓慢冷却。由于保温数小时,因此保质期较长,不需冰箱贮藏。

G. 定制奶酪产品

1. 刨丝奶酪的最佳贮存方法是什么?

刨丝奶酪中通常含有防结块剂,能够在储存过程中防止奶酪粘连。如果将刨丝奶酪在密封容器中,在未冷藏的情况下保存3-4天,防结块剂能够有效防止奶酪聚集成团。如果开封后的刨丝奶酪在3-4天内无法食用完毕,可以进行冷冻保存,之后再解冻使用。然而,冷冻和解冻的过程会改变奶酪的内部结构,可能会对产品的酪体质构产生一定的影响。



2. 奶酪粉的贮藏会影响它的风味以及在快餐食品中的使用吗?

像其他易变质食品一样,奶酪粉贮藏不当也会使其品质发生变化。奶酪粉放置在空气中会发生氧化酸败,导致产品风味下降;非酶褐变(美拉德反应)会导致产品的颜色变化。

3. 孕妇食用奶酪安全吗?

只有一些含水量较高的奶酪产品孕妇不适宜食用,例如一些熟化时长小于8周的奶酪,如软质奶酪、卡门培尔奶酪和布里奶酪。含水量较高的软质奶酪能促进有害菌的生长,如李斯特菌、大肠杆菌和沙门氏菌。已经发现李斯特菌能使孕妇产生一系列并发症,轻则感染,重则导致早产或流产。

除此之外,其他奶酪种类,孕妇食用是安全的,如切达奶酪、帕尔玛奶酪和瑞士奶酪。

5B.7 术语表

酪体(body)

是指奶酪产品的结构，相关描述术语：弱的、硬的、软的、致密的、薄片的等。

褐变/起泡(browning/blistering)

在高温焙烤的奶酪表面上容易出现。主要特征是表层颜色的形成，从浅棕色、金黄色、甚至极端情况会出现的黑色。

凝乳

乳凝固时形成的胶态软固体。

弹性(elasticity)

也称流阻或“拉伸强度”，是一种阻抗纤维丝伸长作用的能力，从而也阻碍流动。

孔眼(eye)

由产气菌产生的气体使某些奶酪上形成的圆孔。

流动性(flowability)

奶酪的流动性是指奶酪在融化后流动扩展的能力。流动性较高的奶酪，例如奶油奶酪，非常适合用于夹心类肉制品的应用场景，例如芝士夹心鸡排(chicken cordon bleu)；而流动性较低的奶酪，例如哈罗米奶酪，则更适合用于煎制类的应用，例如煎烤哈罗米奶酪。

游离油脂的形成(free oil formation)

游离油的形成，也被称为“出油”或“脂肪渗出”，是指在加热过程中，融化后的奶酪酪体中液态脂肪与酪体分离，特别是在奶酪表面形成油脂聚集的现象。游离油的形成程度可以从完全不出油到大量出油不等，这在很大程度上取决于奶酪的熟化时间以及奶酪中的蛋白质在烘焙加热过程中对部分释放出的油脂的锁油能力。

单独包装的切片奶酪(英文简称IWS)

是描述再制奶酪产品的专业术语。为了方便消费者，将再制奶酪产品切成片状后单独包装。这种包装形式可以延长产品的保质期、减少浪费，确保再制奶酪产品的卫生安全。

美拉德反应(Maillard reaction)

也称美拉德褐变，在奶酪焙烤时，蛋白质和糖类之间发生的一种反应。

融化性(meltability)

是指加热时奶酪粒相互融合并形成均匀连续的融化物质的能力。

层片状(slice on slice，简称SOS)

是描述奶酪成品的专业术语，奶酪被切成片状后，不进行单独包装，而堆叠在一起。使用时这种片状形式易被拆分，因此广泛用于食品业中。

拉伸性(stretchability)

也称为拉丝性(stringiness)，是指融化的奶酪块形成具有粘性的纤丝、细线或薄片的能力，此时，在张力作用下奶酪不断开。

5B.8 参考文献和延伸阅读

Fox，P.F.，Guinee，T.P.，Gogan，T.M.，McSweeney，P.L.H.(2000)《奶酪科学基础》，阿斯彭出版社，美国。

Fox，P.F.(1999)《奶酪：化学、物理和微生物学》第二版，第1卷《概述》，Chapman and Hall，英国。

Roginski，H.，Fuquay，J.W. and Fox，P.F.(2003)《乳品科学百科全书》，学术出版社，伦敦。涉及章节《作为食物成分的奶酪》，第418-427页。

美国乳制品出口委员会(1998)《美国奶酪成分参考手册》，美国乳制品出口委员会，美国。

澳大利亚乳业局Legendairy网站：
legendairy.com.au



06 奶油和乳脂产品

目录

6.1 引言 163
6.2 生产加工原理概述 165
6.3 乳脂产品的功能性 170
6.4 乳脂产品的品质 178
6.5 奶油和乳脂配料的应用 178
6.6 常见问题解答 186
6.7 术语表 190
6.8 参考文献和延伸阅读 190

本章中用到的缩写词

AMF	无水乳脂
CLA	共轭亚油酸
DAG	甘油二酯
FFA	游离脂肪酸
FTV	风味域值
MAG	甘油单酯
MFG	乳脂球
MFGM	乳脂球膜
MSNF	非脂乳固体
PV	过氧化物值
SCFA	短链脂肪酸
SFC	固体脂肪含量
SFI	固体脂肪指数
SMP	脱脂乳粉
SSHE	刮面式换热器
TAG	三酰基甘油
UHT	超高温处理

6.1 引言

乳脂产品包括奶油、涂抹酱、混合脂、无水乳脂（AMF）、乳油油、冷冻稀奶油和奶油粉。这些产品被用作多种食品应用中的配料，例如烘焙、糖果、酱料和汤品，以及多种再制用途。了解乳脂的最终用途对于帮助客户配制和生产符合所需成分、质量和功能性的产品至关重要。

从牛乳到乳脂产品的加工需要将脂肪球分离成稀奶油，余下脱脂乳部分。然后稀奶油再进一步经过搅打和相转化（稀奶油相转化成连续脂肪相）而加工成奶油。

乳脂产品依据一定的标准和技术要求进行加工，这些标准和技术要求规定了产品的物理、化学和微生物学指标。还有一些技术指标关系到乳脂产品在一些特定应用中的功能性。乳脂产品的品质和功能性受到各种因素的影响，包括装卸、加工、贮存和季节性。

本章所讨论的乳脂产品的类型包括：

- **奶油**
  - 《食品法典奶油标准》CXS 279-1971将奶油描述为“一种完全由牛乳和（或）牛乳制品制成的脂肪产品，主要呈油包水型乳状液形式”
  - 该标准规定奶油的成分如下：

最低乳脂含量	80% m/m
最大含水量	16% m/m
最大非脂牛乳固体含量	2% m/m

- 奶油可分为两大类：甜稀奶油（标准奶油）和发酵稀奶油（也称酸奶油）。发酵奶油（也称为丹麦奶油）是在搅拌前向稀奶油中添加发酵菌，并在受控温度下（通常隔夜）静置，使其产生轻微酸味。现代更具成本效益的发酵奶油生产方式是，在去除酪乳后向奶油颗粒中注入乳酸和发酵菌。这种方法可确保所得酪乳不具酸味，对生产商而言更具经济价值。发酵奶油中通常不添加食盐。
- 奶油还可以根据含盐量进一步分类：无盐、低盐、加盐。

奶油类型	盐分水平
加盐	1.6–2.0% 盐分
低盐	0.8–1% 盐分
无盐	未加盐

- **混合乳脂制品**，是指奶油和高达50%的食用植物油的混合物。这使得混合物可以直接从冰箱中取出进行涂抹，同时能保持奶油的味道。
- **乳脂混合物**，是将乳脂与其他成分按特定用途要求进行配比混合的产品。乳脂混合物可包括乳脂与可可、糖、油、椰子油、面粉或其他成分的混合，用于烘焙或糖果制品中。该类产品可帮助终端用户节省分别采购各类原料所需的时间与成本，并简化生产工艺流程。
- **无水乳脂(AMF)/乳脂产品**，在《食品法典标准》CXS 280–1973“**乳脂产品标准**”发中定义为：无水乳脂、无水乳油、乳脂、无水乳脂和酥油，如下所示：
- 在本章中，术语“AMF”通常用于涵盖上述所有产品。
- 无水乳脂（AMF）可由稀奶油或奶油制造。其通过稀奶油制得的工艺包括将乳脂浓缩至约70–80%，进行相反转，然后进行油脂浓缩及脱水处理。无水乳脂在室温下为半固态，呈浅黄色，加热后融化为亮黄色或金黄色液体。无水乳脂风味纯净温和，无异味或杂味。其温和的风味使其非常适用于重组产品，如复原乳。
- **冷冻稀奶油**，可以由新鲜、低酸性稀奶油制得，具有宜人的风味和40–70%的脂肪。是否要求乳脂保持球状是应用冷冻稀奶油前需要考虑的一个重要问题。

本章主要介绍了与这些乳脂产品有关的加工处理、技术要求、功能特定、应用和营养方面的内容，然后介绍了一些常见问题。

表1 《食品法典》定义的无水乳脂、无水奶油油、乳脂、奶油油和酥油

参数	无水乳脂(AMF) 无水乳脂	乳脂肪	乳油油	酥油
最低乳脂（%m/m）	99.8	99.6	99.6	99.6
最大含水量（%m/m）	0.1	–	–	–
最大游离脂肪酸（%m/m，以油酸计）	0.3	0.4	0.4	0.4
最大过氧化值（毫当量氧/kg脂肪）	0.3	0.6	0.6	0.6
味道和气味	将样品加热至40–45°C后，符合市场要求。			
质构	光滑和细小的颗粒直至液体，取决于温度。			

6.2 生产加工原理概述

奶油

奶油的加工包括许多阶段，每一阶段奶油的品质和功能性都受许多因素影响。奶油加工过程的基本步骤见图1。

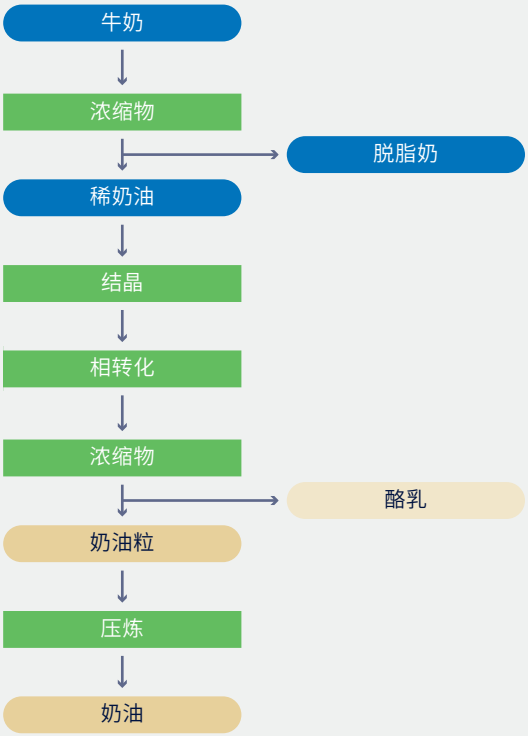
第一步是通过将乳分离成稀奶油和脱脂乳两部分来对脂肪进行浓缩。然后稀奶油经过各种处理来为脂肪的搅打步骤做准备，在搅打过程中发生相转化。

稀奶油制备包括巴氏杀菌、真空脱气、冷却和老化。

- **巴氏杀菌** – 为了杀死所有的致病菌和大多数腐败菌，并且灭活脂肪和蛋白水解酶，稀奶油要进行巴氏杀菌，85–110°C保温10–30秒。
- **真空脱臭 (Vacreation)** – 通过将稀奶油置于真空环境中进行脱臭处理，以去除不良风味或气味。
- **冷却** – 稀奶油通常通过迅速冷却到6–8°C来引起脂肪结晶化，但也可以采用缓慢冷却。
- **稀奶油老化** – 为了得到最佳硬度的奶油，稀奶油随后进入物理成熟阶段。此过程在连续的温度下持续数小时以控制脂肪球内的脂肪结晶化。稀奶油的热处理会影响奶油的最终品质，并且与乳脂的脂肪酸/三酰基甘油的组成有关。
  - 冷—热—冷成熟（硬脂肪）
  - 热—冷—冷成熟（软脂肪）

一旦稀奶油在熟化罐中完成熟化，且乳脂达到适当的结晶状态，即可进入搅拌阶段。对于发酵奶油，会在稀奶油熟化罐中添加乳酸菌，并进行隔夜培养，使稀奶油产生轻微乳酸风味，这是传统工艺的一部分，而现代工艺则不再包括稀奶油的熟化过程。

图1 制作奶油的工艺步骤



搅打 – 搅打过程是对稀奶油在低温条件下进行机械搅动，直至乳脂球开始失稳，破坏其保护性脂膜，从而释放出液态的“游离脂肪”。乳脂球破裂释放出的脂肪开始相互粘附或附聚，逐渐形成肉眼可见的黄色乳脂“颗粒”。最终，体系发生部分相分离与相反转，大部分水相以酪乳的形式被分离出去。随后对奶油颗粒进行“揉制”，将剩余水分细致地分散于脂肪相中，形成水包油型乳状液。揉制奶油的过程包括将脂粒揉合在一起，进一步挤出残余酪乳，并对奶油块进行混合和剪切。



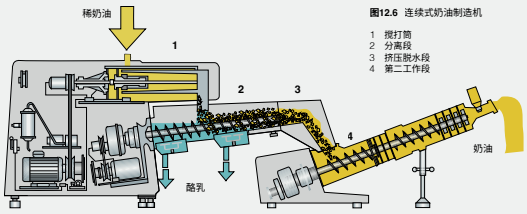
目前市面上有多种类型的连续式奶油制造设备，大多数采用Fritz原理。图3展示了奶油制造机的剖面结构。处理后的稀奶油首先被送入配有双重冷却装置的搅打筒（1），筒内装有由可变速电机驱动的搅打桨。在筒体内迅速发生相反转后，奶油颗粒与酪乳一同进入分离段（2），亦称第一工作段，在此奶油与酪乳被分离。当奶油离开分离段后，会通过锥形通道和穿孔板进入挤压干燥段（3），进一步去除残余酪乳。随后，奶油颗粒进入第二工作段（4）进行后续处理。

在《利乐乳品加工手册》中，图4展示了第二工作段的更详细结构，该段也被称为真空工作段。经过最后一道揉制工序后，可在注射室（5）中通过高压注射器添加食盐。所添加的盐通常为50:50的盐：水混合浆液。真空工作段（6）通过真空泵降低奶油中的含气量。

最后一道工作段（7）由四个小工段组成，每个小工段之间由穿孔板隔开。为优化奶油的处理效果，这些穿孔板具有不同孔径，工作叶轮也采用不同形状。该工作段还通过注射装置调控奶油的水分含量。

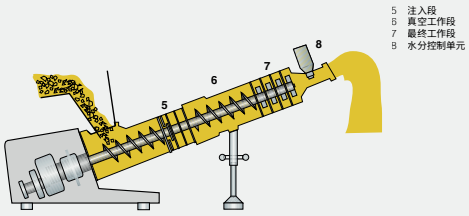
机器出料口处可安装用于检测水分、盐分、密度和温度的传感器（8），其检测信号可用于自动控制上述参数。最终处理完成的奶油通过末端喷嘴以连续条带状排出，输送至奶油储仓，供进一步运输至包装设备。

图2 连续奶油生产设备



《乳制品加工手册》

图3 真空工作段



《乳制品加工手册》

图4 奶油制造工艺概述图

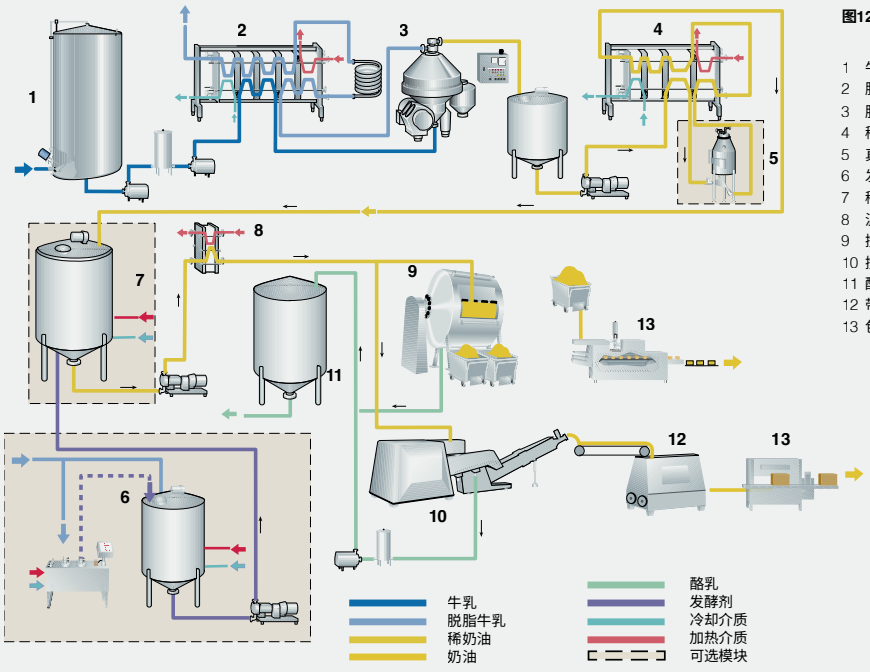


图12.2 发酵奶油批式和连续生产的一般工艺步骤

1 牛乳接收
2 脱脂牛乳预热和巴氏杀菌
3 脂肪分离
4 稀奶油巴氏杀菌
5 真空脱气(如使用)
6 发酵剂制备(如使用)
7 稀奶油成熟和酸化(如使用)
8 温度处理
9 搅打/工作(批式)
10 搅打/工作(连续式)
11 酪乳收集
12 带螺旋输送机的奶油储仓
13 包装机

《乳制品加工手册》

涂抹产品和混合产品

以乳脂为基础的涂抹制品的品种繁多，主要根据总脂肪和乳脂的含量进行分类，见表1。商业上根据不同的初始原料而采用不同的加工工艺。

为提高产品在冷藏温度下的可涂抹性，可向乳脂中添加植物油。在某些工艺中，植物油会在搅打前被加入稀奶油中并与其混合，但此举会对酪乳的品质产生不良影响，因此并不推荐采用。

表1 乳脂混合产品和涂抹制品的分类

产品	脂肪含量 (%)	乳脂占总脂肪的比例	植物油占总脂肪的比例
奶油	80	100%	–
混合乳脂制品	80	最少50%	最多50%
减脂涂抹乳制品	30-60	最少50%	最多50%
低脂涂抹乳制品	<30		

混合乳脂制品

奶油和食用植物油（最多50%）的混合物，有助于产品在冷藏条件下的可涂抹性能。它们保留有奶油的口味，是一种人造奶油的替代乳制品。

减脂涂抹乳制品

这些产品总脂肪含量30～60%之间，乳脂至少占总脂肪含量的一半。其余的成分可以包括水、乳蛋白、发酵液、草药、香料、胶体、维生素、糖或盐。食品胶和增稠剂用来替代脂肪的粘度和膨胀效果。

低脂涂抹乳制品

此类产品总脂肪和油的含量低于30%，可以添加牛乳、植物蛋白、风味剂、中草药、香料、维生素、糖、胶体和发酵剂。因为这些产品具有高水分含量，不建议用于烹调。

乳脂混合物也包括客户定制的用于特殊应用的乳脂与各种其他配料（例如可可、糖、油脂、椰子油、面粉或其它特定的配料）的混合物。

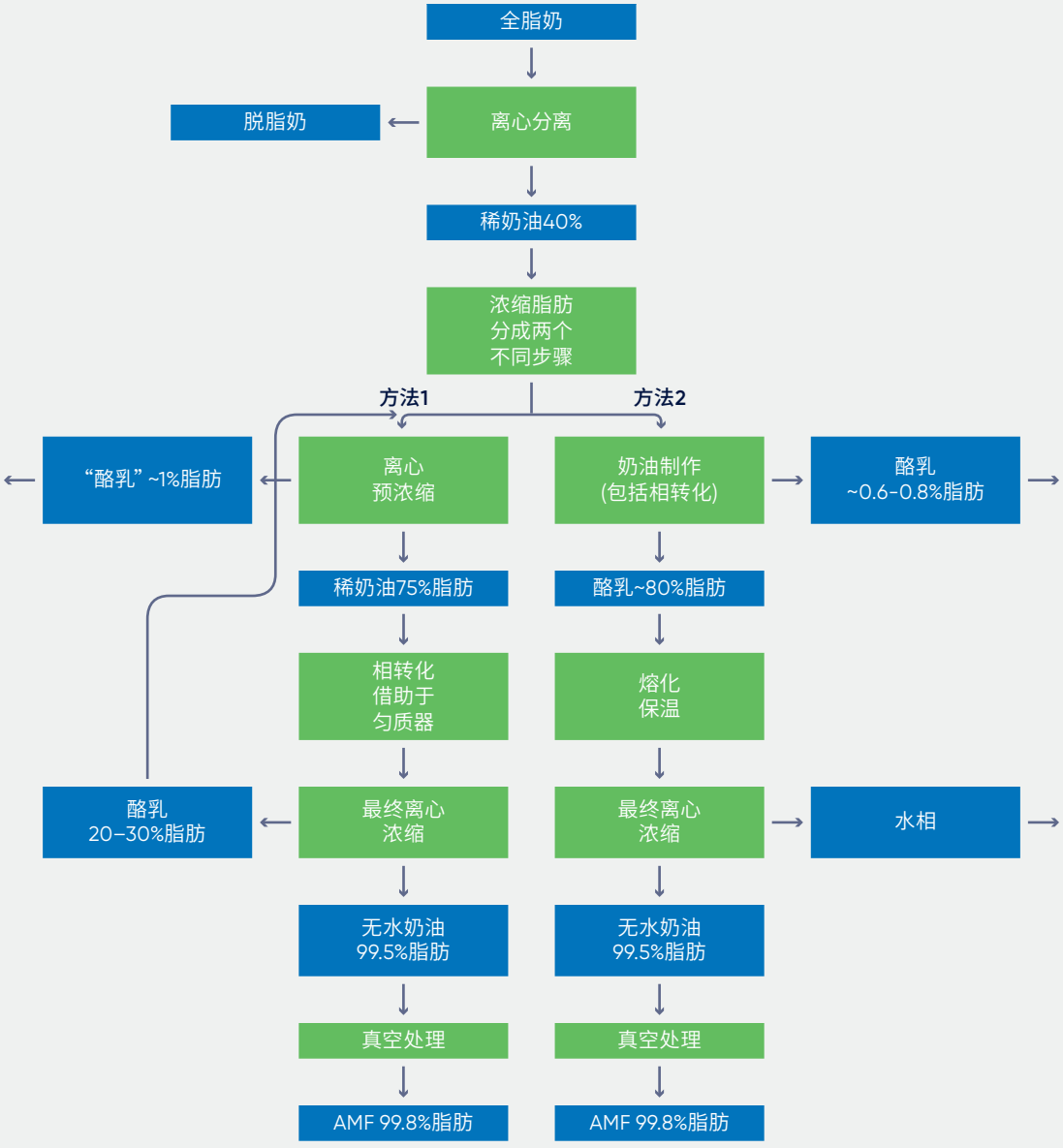
无水乳脂（AMF）

无水乳脂可根据原料的不同通过两种方法进行生产。一种方法以稀奶油为脂肪来源，另一种方法则以储存的奶油为脂肪来源。在这两种情况下，生产过程均从将原料乳预浓缩至35–40%的稀奶油开始，类似于奶油的生产工艺。稀奶油经巴氏杀菌处理后，要么进行搅打，要么直接加工成奶油油（butteroil）。下方图5所示的流程图即为以稀奶油或奶油为原料生产无水乳脂的典型工厂工艺流程。

为满足各种不同用途，AMF也可以进一步进行精加工，包括：

- **抛光** – 是指将油脂用热水清洗，从而得到干净，有光泽的产品；
- **中和** – 用于降低油脂中的游离脂肪酸（FFA）含量；
- **真空脱水** – 在约90°C下真空干燥，进一步降低水分含量并且除去一些较易挥发的风味化合物。

图5 AMF工艺流程图



《乳制品加工手册》

6.3 乳脂产品的功能性

乳脂功能性

乳脂化学

牛乳是一种成分复杂的食品，其组成受多种因素影响。牛乳中的乳脂含量约为3.9–4.0%，以乳脂小球乳状液的形式分散在乳清中。

乳脂球是稳定的，其外面包裹着一层乳脂球膜（MFGM），保护脂肪免受脂肪酶的攻击，并使脂肪悬浮在乳中。脂肪球的直径范围从0.5到5mm，每毫升乳中有大约150亿个脂肪球。

三酰基甘油是乳脂的主要成分，甘油二酯、甘油单酯、磷脂、脂肪酸、甾醇、类胡萝卜素、维生素和微量元素构成乳脂的次要成分。

图7展示了三酰甘油结构的一个示例，其中脂肪酸以三种位置连接在甘油骨架上。脂肪酸在碳链长度和饱和程度上可能存在差异。构成三酰甘油的单个脂肪酸的种类和含量决定了乳脂的物理特性。碳链越短，脂肪酸不饱和程度越高，其熔点越低。因此，较软的脂肪含有较高水平的不饱和脂肪酸。

乳脂的脂肪酸组成种类多样，短链脂肪酸（丁酸（C4）到癸酸（C10））的含量很高。表2列出了乳脂中典型的脂肪酸成分。这些脂肪酸的组成在全年过程中是变化的，从而导致三酰基甘油的组成和物理性质也随之变化。

图6 乳脂球示意图

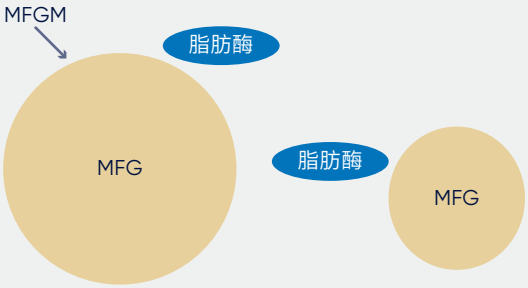


图7 三酰基甘油示意图

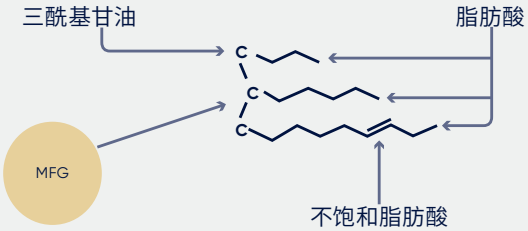




表2 乳脂的脂肪酸组成

碳原子链数	通用名称	熔点(°C)	种类	典型含量(% w/w)
4:0	丁酸	-8	短链，饱和	3.9
6:0	己酸	-4	短链，饱和	2.5
8:0	辛酸	17	短链，饱和	1.5
10:0	癸酸	32	中链，饱和	3.2
12:0	月桂酸	44	中链，饱和	3.6
14:0	肉豆蔻酸	54	长链，饱和	11.1
16:0	棕榈酸	63	长链，饱和	27.9
18:0	硬脂酸	70	长链，饱和	12.2
18:1	油酸	16	长链，饱和	21.1
18:2	亚油酸	-5	长链，饱和	1.4
18:3	亚麻酸	-10	长链，饱和	1.0
其他				10.6

乳脂的物理性质

乳脂是最复杂的脂肪之一，由各种各样的三酰基甘油构成。40°C以上时，乳脂呈液体状态，通常在－40°C以下时完全固化。在中等温度，如室温时，它是晶体和油的混合物，油通常成为连续相。脂肪的结晶状态对许多性质有影响，示例：

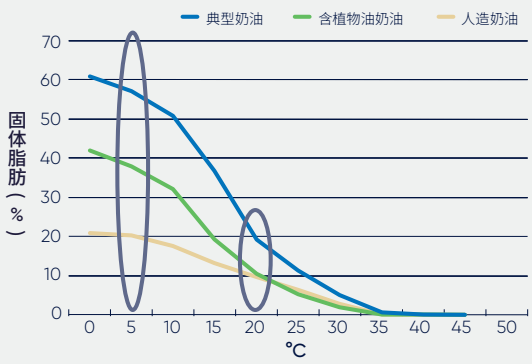
- 乳脂球对搅打或聚集的敏感性。
- 脂肪球的耐碎性。
- 高脂产品的稠度与口感。
- 在某些条件下的乳脂上浮速度。

熔点范围

纯的化合物熔点范围很窄并且恒定，但是象乳脂这样的多成分的混合物，因其含有的许多不同三酰基甘油的熔点差异很大，所以有一个很宽且变化的熔点范围。

通过固态脂肪含量（SFC）分析可以检验脂肪的融化性质，此方法是在一个温度范围内测量固态脂肪的比例。例如图8，比较了奶油、奶油与植物油混合物和人造奶油的固态脂肪含量曲线。

图8 奶油、奶油混合物和人造奶油的固态脂肪含量



如图8所示，尽管在室温下（20°C）三个样品的固态脂肪百分含量相近，但在冷藏温度（5°C）条件下，固态脂肪含量差异却相当大，这反映了三种产品的相对涂抹稳定性。这是在乳脂以大块脂肪相形式下的行为表现的一个示例，而当脂肪呈脂肪球形式（如在稀奶油中）时其行为会有所不同。

碘值

碘值是乳脂软硬程度的一个指标。碘值表示脂肪所能结合的碘的百分比。碘与脂肪酸的不饱和双键反应。因为油酸是迄今为止含量最多的不饱和脂肪酸，它在室温下呈液态，所以碘值很大程度上是对油酸含量的测量，并由此反应脂肪的软硬程度。

奶油脂肪的碘值通常在24和46之间。碘值越低，脂肪越硬。对于硬度最好的奶油，其碘值应该在32和37之间。

奶油的功能性

风味

风味是乳脂最关键的属性之一，必须仔细考虑加工和处理过程中可能对风味产生的影响。许多化合物虽然其单独浓度低于感官阈值，但它们仍对整体风味的平衡或风味轮廓产生贡献。

风味是一种由香气与味觉共同构成的复杂感官体验。香气部分由在体温下足够挥发、可到达鼻腔嗅觉感受器的化合物构成，而酸味、苦味等味觉特征则通常由更易溶于水、可在口腔中被感知的化合物引起。感知到的风味不仅受各组分挥发性的影响，还受其在食物中释放速率的影响。像奶油这类既含有水相又含有脂肪相的复杂乳状体系，其风味会受到脂肪的熔融特性以及水相在脂肪基质中分布状态的影响而产生变化。

影响奶油风味形成的因素众多，包括奶牛的日粮、品种、泌乳期以及季节等。此外，已在奶油中鉴定出120多种风味化合物。目前尚未完全明确这些风味物质之间相互作用的程度及方式，但普遍认为，自由脂肪酸、甲基酮、内酯和二甲基硫化物是奶油中的主要风味成分。

脂肪酸 – 风味脂肪酸在奶油中以不同浓度存在，对奶油的风味起重要作用。尽管奶油中长链脂肪酸浓度较高，但它们对风味贡献很小。而短链脂肪酸（SCFA）确实在奶油的风味中起着重要的作用。

一般情况下，SCFA存在于奶油的水相中（所有非脂肪成分都是水溶性的），在水相中它们的风味潜力更强。它们的含量低于其风味域值（FTV，是指气味或滋味能够被检出的最低浓度水平）。尽管浓度很低，但SCFA共同作用提供了奶油所具有的特征风味。丁酸是人们了解最多的，是风味最强烈的SCFA，主要提供了与奶油相关的脂肪酸类的风味强度。奶油也含有一系列脂肪酸前体，如4-顺庚烯醛，是提供奶油中的稀奶油风味的化合物。

然而，在乳脂产品中高浓度的游离脂肪酸（通过脂肪水解作用从三酰基甘油中释放出来）是不受欢迎的。首先是因为SCFA会带来一种典型的由丁酸引起的异味；其次它们能催化氧化反应。

内酯 – 在新鲜奶油中，内酯前体和游离内酯的浓度都很低。游离内酯存在于奶油的脂肪相中，其感官阈值较高。尽管其在新鲜奶油中的浓度很低，但游离内酯却是重要的风味化合物，它们以叠加的方式作用，赋予奶油特有的可感知的甜香和果香风味。加热过程中，内酯前体转化为内酯，其总浓度升高并超过其风味阈值（FTV），从而带来与奶油脂加热相关的丰富风味特征。奶油中的内酯也是糖果和高端糖制品中主要的风味来源，它们赋予这些产品独特且令人愉悦的风味。

甲基酮 – 甲基酮以其前体链烷酸的形式存在于新鲜奶油中。因此，它们可能只对新鲜奶油的风味起到略微重要的作用。然而，当加热时，前体转化为甲基酮，并且总浓度高于其风味域值。因此，它们对于含有奶油的加热或烹调食品有关的风味起到相当重要的作用。丁二酮是另一个酮类的风味物质，在提供丰富的或加热产生的奶油风味方面有重要作用。丁二酮也是用于生产发酵奶油的馏分油和发酵剂中的重要风味化合物。

二甲基硫醚 – 二甲基硫醚最初来源于奶牛的饲料，并且在奶油中的浓度高于其FTV。二甲基硫醚有助于使奶油中的丁二酮和其他酸性物质的刺激风味变得柔滑，并且也对新鲜搅打奶油的新鲜的蒸煮味道起重要作用。

发酵奶油的风味

发酵奶油在风味上不同于甜稀奶油奶油。发酵奶油具有更加明显和独特的风味，这种风味源自于搅打过程中添加至稀奶油中的发酵菌种。发酵菌种通常是由一种或多种细菌菌株产生的风味浓缩物组成的混合物。**链球菌**Streptococcus diacetilactis产生二乙酰，该物质是风味奶油中最具代表性的风味成分；而**链球菌**Streptococcus lactis产生乳酸，为发酵奶油赋予典型的酸味。

大多数商业化发酵奶油采用间接生物酸化法（Indirect Biological Acidification，IBA）进行生产，即在搅打过程之后再添加风味菌种浓缩液和乳酸。这种方法的主要优点在于：所产生的酪乳为甜味酪乳，可用于生产酪乳粉。与甜稀奶油奶油（pH约为6.0）相比，发酵奶油的pH较低，一般在4.4–5.6之间。

功能性

颜色与外观 – 奶油自然的黄色与其光滑、略带哑光的表面外观相结合，赋予产品一种浓郁的感官印象。一块“无缺陷”的奶油在切割时断面整齐，不会显得油腻或发亮。奶油的黄色主要来源于β-胡萝卜素（维生素A原），该物质溶解于奶油脂中，源自新鲜或青贮饲料中的绿色植物营养物质。春季牧草最为茂盛，此时乳脂中类胡萝卜素含量最高；而随着夏季牧草成熟，该含量下降，在秋季又会上升。若采用干草、谷物或其他饲料浓缩物饲喂，乳脂中的胡萝卜素含量则较低。因此，草饲奶牛所产乳脂颜色较谷物饲养奶牛更黄，且颜色随季节变化而波动。

质构和口感 – 奶油的质构主要归因于奶油脂的特定熔融特性。奶油在口中能迅速融化，并迅速转化为油包水型乳状液，释放出挥发性和水溶性的风味物质。脂肪融化所需的热量来自口腔，从而产生凉感。

凝结和机械软化 – 新鲜生产的奶油在储存过程中硬度迅速上升，随后随着时间推移逐渐变缓。该过程称为“凝结”，是由于结晶网络结构可逆性增长所致。当对奶油进行再加工（如机械揉制）使结晶网络被破坏时，奶油会重新变软。

可涂抹性 – 奶油的主要缺点之一就是在冷藏温度条件下的涂抹稳定性差。在大多数处理温度下，奶油呈固态和液态的混合物。固态脂肪含量低于45%时涂抹性开始变得可以接受。为了获得最佳涂抹性，必须让奶油在室温下软化。

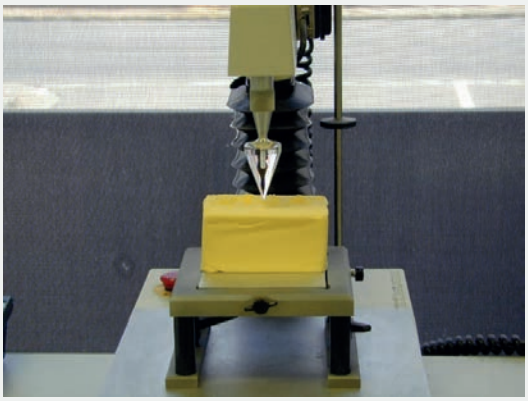
有许多因素会影响奶油的涂抹稳定性，包括：

- **季节性的饲料和泌乳阶段** – 这些因素会导致乳脂中脂肪酸和三酰甘油的组成的变化，从而改变在不同温度下固态脂肪与液态脂肪的比例。
- **稀奶油的物理成熟** – 在脂肪的搅打之前，可以通过将稀奶油进行特定的温度处理来改变所得到的奶油的性质，这涉及到控制奶油的微结构，主要是就液态和固态脂肪的空间排列，脂肪结晶的大小、数量和液态固态脂肪的总体比例而言。
- **机械软化** – 长期贮存的奶油可以通过机械作用再次机械再加工来打破已经形成的结晶网络结构，从而得到软化的奶油。

其他用来改变奶油涂抹稳定性的方法包括搅打、混合和分级分离。

结构性质的测定

已有许多技术用于奶油结构性质的测定，采用锥形穿入计测定奶油硬度是报道最多的方法。典型地通过将一个锥形物放在奶油样品的表面，然后测定将其压入奶油中一定深度所需要的力，以此来测定奶油的硬度。



6.4 乳脂产品的品质

乳脂的品质

乳脂产品依据一定的标准和技术规范进行加工，这些标准和技术规范规定了产品的物理、化学和微生物学指标。表3给出了用于乳脂产品的技术规范的实例。还有一些技术指标关系到乳脂产品在一些特定应用中的功能性。乳脂产品的品质和功能性受到各种因素的影响，包括装卸、加工、贮存和季节性。

应用奶油的食品生产商也必须精心加工以确保最大可能地保留配料中的风味。奶油应该贮存于干燥、密闭、聚乙烯内衬纸箱中，远离气味强烈的食品。储藏室应控制湿度在80-85%。奶油应冷冻条件下储存，在0至3°C下可储存4个月，在-23至29°C下储存期可达一年。

乳脂可能发生多种反应，这些反应会对乳制品的风味和功能性产生不利影响。乳脂可发生水解酸败（脂解）和氧化酸败（氧化）。

脂肪水解是在酯酶的催化下，脂肪分解呈甘油和游离脂肪酸。游离脂肪酸的产生，尤其是短链游离脂肪酸会引起异味。风味缺陷通常称之为酸败、涩味、苦味、丁酸味和脂肪分解味。然而，只有当乳脂球遭到破坏时才会发生这种情况，暴露的脂肪如图9所示。

图9 脂肪水解结构简图

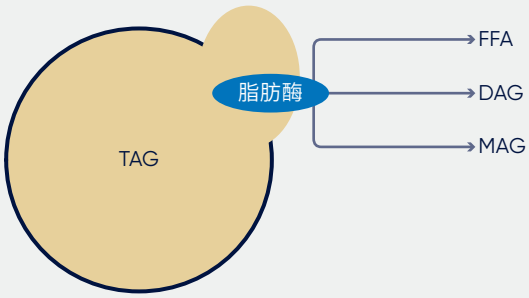


表3 乳脂产品实例规格

	奶油	无盐奶油	无水乳脂
理化指标技术要求			
脂肪 (%)	最低80.0	最低82.0	**最低99.8**
水分 (%)	最高16.0	最高16.0	**最高0.1**
盐 (%)	1.4-2.0		**–**
滋气味	良好	良好	**良好**
色泽和外观	良好	良好	**良好**
过氧化物值 (PV) (meq.O_2/kg)			**最高0.1 无水乳脂和酥油最高0.6**
游离脂肪酸(%)			**最高0.3 无水乳脂和酥油最高0.4**
微生物指标技术要求			
标准平板计数 Cfu/g	最高20 000	最高20 000	**<1000**
霉菌和酵母			**<50/g**

在乳中天然存在的内源性酯酶在巴氏杀菌过程中被灭活。污染嗜冷菌也会产生热稳定的酯酶（微生物酯酶），在巴氏杀菌后，尽管细菌已经被杀死但酶仍有活力。正是这种热稳定的酯酶在储藏过程中可继续起作用，经过一段时间后产生异味。

会破坏乳脂球膜（MFGM）并诱发脂解的处理方式包括搅动、温度波动、均质处理以及起泡或掺入空气。在加工过程中必须格外注意，尽量减少这些处理方式所带来的影响。

脂肪自发水解通常发生在奶场，并且由冷却到10°C以下时开始发生。此类反应是很典型的与奶牛因素有关的反应，通过将自发氧化的乳与正常的乳混合可以使反应得到抑制。

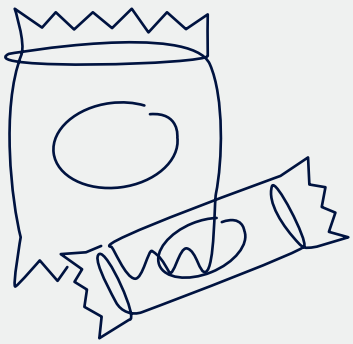
脂解可通过基于化学或感官（味觉、嗅觉）特性的多种方法进行检测。脂解的副产物可被分析，尤其是游离脂肪酸，其含量可通过滴定法进行测定。“游离脂肪”含量，即不包裹于乳脂球内的脂肪量，也可作为乳脂球膜（MFGM）受损程度的指标，从而反映可被脂肪酶攻击的脂肪比例。“脂解”风味也可通过感官评定进行检测，以判断产品是否可以被接受。

原料奶中细菌数高也表明牛乳被污染，并且污染的细菌产生的酯酶容易引起脂肪水解。高细菌数通常伴随着高游离脂肪酸水平。

氧化是氧与三酰基甘油中的不饱和脂肪酸发生反应。氧化反应需要有氧存在并由光、重金属（如铜和铁）和一定的反应产物催化。它引起一种金属似的异味，使奶油有种油腻的口感。脂肪水解会加速氧化作用，因为游离脂肪酸比连接在三酰基甘油分子上的脂肪酸更容易发生氧化。

当高能形式的氧（单态氧）加在邻近一个双键的不饱和脂肪酸上时，反应就开始了。由于有额外双键的存在，产生的中间产物过氧化氢是稳定的，由此可能使亚油酸的反应速率是油酸的20倍。过氧化氢是无味的，可通过过氧化值（PV）检测，但是氢过氧化物很快通过各种途径形成明显风味的化合物，如不饱和醛、酮和脂肪酸。

在低温下氧化作用受到抑制，这与结晶过程中乳脂排出晶体结构中的氧有关。而且氧化作用速度随温度降低而降低。总结以上两因素可以部分说明为什么产品要冷冻储存，例如奶油和纸箱包装无水乳脂产品保存相同时间时，冷冻保存的风味比室温保存的好。



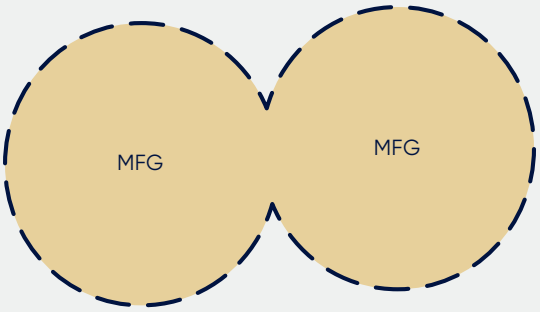
乳脂质量评估

评估乳脂质量的主要检测方法是过氧化值(PV)和游离脂肪酸(FFA)测定。PV测试用于衡量乳脂因氧化而发生劣变的程度，而FFA测试用于确定乳脂脂解劣变的程度。根据国际乳品联合会(IDF，1977)发布的无水乳脂标准，过氧化值的最大限值为0.2毫克当量/千克，游离脂肪酸以油酸计的最大限值为0.3%。这两项测试的结果不仅可反映乳脂的风味质量水平，还可指示其后续劣变的可能速度。

稀奶油

在稀奶油加工和贮存过程中存在许多影响产品品质的因素。脂肪球膜的破坏会导致脂肪球中的脂肪释放出来形成游离脂肪。大量被破坏的脂肪球也会粘结在一起，导致脂肪球的聚集和成串，如图10所示。

图10 乳脂球的聚集



以散装货箱形式包装的冷冻稀奶油大大延长了其保质期，但也可能导致融化时脂肪和乳清固形物的分离。以这种方式加工的稀奶油适用于稀奶油汤、重组奶、奶油或冰淇淋的加工，这些产品加工过程中的巴氏杀菌和均质可以使脂肪恢复初始的乳化状态。当稀奶油的乳化状态对功能性质很重要需要保持时，也可以应用冷冻稀奶油，例如搅打稀奶油浇头(toppings)。

奶油的分级和缺陷

奶油可通过评分制度进行品质评估。奶油的最高评分为100分，其中风味占50分，体态与质构占最多30分，颜色与外观占最多20分。根据总得分，奶油可分为特选级(Choicest，>93分)、一级、二级和糕点用级。

受过培训的评定员可识别奶油中的缺陷。如同其他产品，若发现风味、体态、质构、状态或颜色方面存在缺陷，将予以扣分。缺陷的严重程度也决定了扣分的具体分值。表4列出了部分常见的奶油缺陷。

表4 常见奶油缺陷

缺陷	可能的原因
风味	
油腻，哈喇	脂肪氧化，特别是由于混入空气
肥皂味	被残留的清洁剂污染
哈败，不新鲜	脂肪被酶降解，奶油储存时间过长或储存方法不当
没味道或味道淡	风味形成不充分
结构	
开口(孔洞)	机械再加工不充分，机械再加工时奶油温度过高和奶油过软
水分分离	机械再加工不充分或搅打温度不正确
渗油(潮湿，裂开)	搅打高温度太高
颜色	
有斑点	加盐方法不正确
有条纹，有花纹	盐的分布不均匀，机械再加工不均匀，不同的奶油混合

6.5 奶油和乳脂配料的应用

请注意：从澳大利亚乳业局的网站**legendairy.com.au**可以得到所提供的配方实例。

在非乳制品中的应用

奶油是一系列非乳制品中的重要配料，这主要是因为其独特宜人的风味。

焙烤制品

奶油及多种定制型乳脂产品是赋予烘焙食品美味风味的重要原料。乳脂在烘焙产品中的作用取决于其具体用途。乳脂产品不仅有助于赋予新鲜烘焙食品特有的风味，还能保持内部组织的柔软性，促进酥皮和千层酥的形成，并提供重要的营养价值。表5列出了一些乳脂在烘焙产品中的典型应用实例及其常用添加量。

风味

乳脂和奶油应用于焙烤食品中的理由很多，但最重要的原因之一是为了风味。奶油用来增加糕饼、蛋糕、饼干、派和面包的浓郁独特的风味。乳脂和奶油也可用作脂溶性配料、香料、草药和甜味剂的载体。

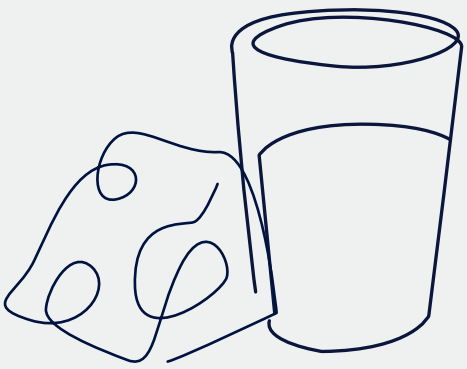
尽管有超过120种不同的化合物对奶油独特的风味有贡献，但对奶油风味起主要作用5个因素包括：脂肪酸、内酯、甲基酮、丁二酮和二甲基硫醚。甲基酮和内酯是提供用奶油制成的焙烤食品相关的蒸煮风味的主要成分。甲基酮和内酯在新鲜奶油中的含量都低于其风味阈值（FTV），或者浓度过低，不能感觉到它们的味道。然而，加热后的内酯和甲基酮总浓度都超过其风味阈值。这两种化合物还以协同反应，为焙烤食品提供真正奶油的丰富味道。甲基酮、和内酯也与焙烤过程通过美拉德反应（糖和蛋白质之间的褐变反应）形成的风味发生相互作用。所有的风味化合物一起赋予最终焙烤食品的整体的魅力和风味。

功能性

乳脂和奶油为不同的焙烤制品提供不同的功能性质。

糕饼

奶油是形成酥壳或糕饼面团的理想配料。对于糕饼面团，奶油应该尽可能保持硬和冷以便使脂肪保持固体，并且有助于已形成良好面筋网络的面团分层。当奶油被夹在面团的两层之间时，在焙烤过程中融化，使面糊（batter）略具流动性或弹性。



焙烤过程中释放的二氧化碳更容易进入到奶油留下的气袋中，气袋夹住二氧化碳气体使面团变成一层一层的。

对于起酥蛋糕，需要蜡状粘度的脂肪层。制作起酥饼时，将冷的奶油混入到面粉中形成缺乏连续性状态面团。然后将面团在一个厚的奶油坯上滚揉，经过一系列的折叠、翻转和滚揉步骤直到奶油分布于整个面团中。最终形成的面团由数百层（由奶油薄膜分隔）组成。在烘焙过程中，奶油融化并沸腾，产生蒸汽，将每层面皮顶起。在烘焙过程中，奶油还有助于提升糕点的味道和着色。

实例：挞达苹果塔（一种酥皮糕饼）



将冷的奶油与其他配料一起在食品加工机中高速混合直到形成面团。在200°C下烤20-25分钟直到呈金黄色。

奶油在冷的状态下加入是为了便于在焙烤时与其他配料结合形成良好的结构。随着在烘焙过程中脂肪融化，奶油起到粘合剂的作用，同时烘焙也促进奶油风味的释放。奶油对焙烤糕饼制品的金黄色的外观也有帮助。

蛋糕

在蛋糕面糊中，奶油在使用前应该被融化，并与糖搅拌成奶油状，从而使糖的晶体融化，使气体混入，并保证奶油完全均匀地分于最终的面团中。在其他多数焙烤制品中应用时，奶油既可以固体形式也可以融化状态加入。

奶油有助于改善面包芯的柔软度，通过延缓面筋的形成，包裹在面丝的外面使其更短并因此保持产品的柔嫩。因此奶油对蛋糕、面包和饼干的柔软性有帮助。

实例：带有蓬松的柠檬糖霜（frosting）的柠檬兰莓杯状蛋糕



奶油占蛋糕总配方的14%，与糖一起搅打，然后在180°C烤15-20分钟。

高奶油脂肪含量的奶油有助于气泡混入蛋糕面糊中。脂肪中的大量气泡保证了最大通气量，从而使蛋糕面糊有良好的体积和柔软的面芯。奶油对面糊的嫩度和风味起作用，还有助于面糊的体积。

饼干

奶油也可以起到乳化剂的功能，使配料更好地分布于整个面团中，并且有助于防止饼干发生“脂肪斑（fat bloom）”变质。

乳脂和奶油通过提供金黄的颜色也增加了焙烤制品的视觉上的诱惑力。

实例：焦糖Yo-Yo饼干



奶油占饼干总配料的25%，奶油和糖混合成奶油状，然后在190°C烤12-15分钟。

实例：奶油制奶油脆饼



奶油占饼干总配料的20%。奶油与糖一起搅打直到两者乳化形成乳状液。产品在160°C烤12–15钟。

在上面两个示例中，奶油提供的脂肪包在所有其他饼干配料的表面，有助于配料的融合，并且提供饼干浓郁的奶油风味。

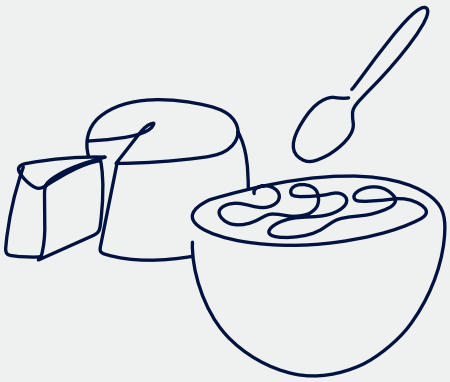


表5 乳脂在焙烤制品中的应用

焙烤制品	乳脂产品	典型用量(%)
加奶面包	奶油	2
司康烤饼	奶油	7-8
糕饼		
甜松脆饼	奶油	30
松脆饼	奶油	21
丹麦糕饼	奶油	23
泡芙松饼	奶油	30-34
羊角包	奶油	44
蛋糕		
马德拉蛋糕	奶油	20
奶油海绵蛋糕	奶油	7-8
饼干		
奶油饼干	奶油	20-30
奶油脆饼	奶油	20-33

糖果业

许多糖果制品中使用奶油和乳脂产品，因为它们可赋予独特的风味和口感。乳脂在糖果制品中的作用取决于其具体用途。表6列出了一些乳脂在糖果制品中的典型应用实例及其常用添加量。

风味

象在焙烤制品中一样，奶油的风味很重要，并且奶油在糖果中使用时通常需要加热使风味充分释放，产生一个浓郁的奶油滋味。奶油也会与美拉德反应（糖和蛋白之间发生的褐变反应）产生的风味成分相互作用，通常产生与焦糖糖果（caramels）、胡桃糖果（pralines）和太妃糖（toffee）有关的风味特征。大多数人认为优质的焦糖糖果必须用炼奶和奶油制成。

奶油也可以作为其他配料的风味载体，包括香草和甜味香料。生产带稀奶油夹心糖果的食品加工商可以利用奶油来生产许多新口味产品，同时可保持夹心填料的良好质构。

功能性

奶油含有0.24%的卵磷脂，它是一种天然乳化剂。虽然天然存在的量不多，但卵磷脂在糖果制品中起到各种重要功能。奶油中的卵磷脂有助于脂肪和水相产品的乳化，否则两者将不能充分混合。这一点对口感很重要，并且改善了整个产品的稳定性。此外，乳化作用有助于水分的控制，从而有助于延长许多糖果制品的保质期。

奶油中的卵磷脂在帮助抑制高糖溶液（特别是象焦糖糖果和太妃糖这一类产品）的粘度方面尤其重要。因此奶油有助于简化糖果产品的生产，否则可能会很难处理。

奶油的特点就是有一个尖锐的固体脂肪指数（SFI）曲线，曲线源自奶油狭窄的融化范围（28-36℃）。在这些温度下奶油尖锐的SFI曲线保证了风味的迅速释放和奶油在体温下完全融化，产生“融开”的效果。这有助于滑润的口感，增加了吃的质感，对糖果制品尤为重要。用油脂加工的糖果在这些温度下有较宽的SFI曲线，倾向于产生蜡样的口感，不能提供宜人的咀嚼感。此外，与奶油制的糖果相比其风味释放不好。

实例：巧克力软糖

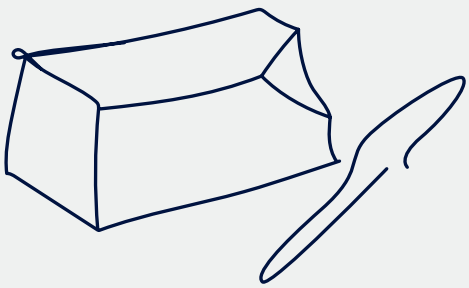


奶油占软糖总配方的约8%。奶油在一个敦锅（长柄带盖子的深锅）中与糖基配料一起低温融化直到变得平滑。奶油提供了浓郁的奶油风味，并且在最后阶段添加可以提供光滑的口感和抑制大结晶的形成。

巧克力

乳脂有助于提升巧克力的风味和顺滑的质构。乳脂最重要的功能性之一是其能够与可可脂高度相容，从而成为连续脂肪相的一部分。在许多糖果配方中，乳脂可用于部分替代可可脂，以降低成本。

无水乳脂与脱脂乳粉加在一起作为蛋白/脂肪结合的来源代替全脂乳粉。采用SMP/AMF结合的优点是100%的脂肪都可以作为游离脂肪利用。这可以降低巧克力的粘度，从而降低为获得特定粘度产品的配方中可可脂的用量。



乳脂应用于巧克力中可以提供一种奶油风味和并且使牛乳巧克力与黑巧克力相比质构更柔软。在黑巧克力中加入非常少量的乳脂，可以防止形成“脂肪斑”并确保产品保持对消费者视觉上的诱惑力。

表6 糖果业中乳脂的应用

糖果制品	乳脂产品	典型用量(%)
牛乳巧克力	无水乳脂	5-7
焦糖糖果	无水乳脂	2-3 (软较，较清淡的焦糖糖果)
	无水乳脂	5-8 (较硬较黑的焦糖糖果)
软糖	奶油	2-3 (软糖球)
	奶油	5-8 (硬糖球)

调味酱汁

作为调味酱汁的一种配料，乳脂和奶油具有许多功能优势。奶油不仅提供了一种独特的浓郁的风味，而且有助于调味酱光滑的奶油似的口感。奶油可以很好地应用于甜味和咸味酱汁中，而且是甜点浇头（toppings）如奶油糖果酱（butterscotch）中的一种重要配料。乳脂在调味酱中应用的几个实例和典型用量在表7中做出总结。

风味

奶油最常在调味酱中应用是因为其独特宜人的风味。奶油风味化合物不仅在相互之间作用而且也与其他风味化合物作用，提供全面健全的风味。奶油也被用来提供调味酱的主要特征风味，例如在白色调味酱类型的贝夏美调味酱或在甜点浇头（如奶油糖果）中的应用。奶油还可以与其他配料混合，如用于意大利面酱和肉汁中，以增加丰富的乳品风味。

奶油也可以被加热至不同温度以产生与不同调味酱相关的特征风味。例如，微融化的奶油典型地用于稀奶油状的白色调味酱中（如Hollandaise、Bordelaise或Bearnaise）提供浓郁的奶香味。稍微过热的奶油给褐色调味酱和肉汁补充了烘焙烹调的特征。过热但没有燃烧的奶油会给烤肉和烟熏风味的酱汁增添风味。

功能性

口感和风味是调味酱汁的两个最重要的特征。奶油还为调味酱提供光滑，奶油状的粘度，这归功天然存在于奶油中的脂肪酸与非脂乳固体的混合物。非脂乳固体给奶油提供了质感和口感，然后再转到最终的调味酱中。

奶油的独特性在于它也能够溶解其他香料来创造全面的佐料和独特的调味奶油。奶油能够溶解用于甜味酱汁的甜味调料和香草，溶解用于咸味酱汁的草药和调料来增添风味。奶油作为风味载体的功能使得各种类型的调味奶油被开发出来，其中包括莳萝、大蒜和茴香等风味。生产商可以简单地通过对奶油本身进行调味或者用奶油来溶解其他风味就可以生产一系列不同种类的产品。

奶油有助于使油溶性香料均匀地分布于调味酱和汤汁中。奶油有时可以被用作酱料中唯一的乳化剂。它的狭窄的融化范围保证了风味的迅速释放和奶油在体温下完全融化，产生一种融化开的效果，有助于滑润的口感。

奶油为酱料和汤汁提供一种具有视觉上诱惑力的金黄色，或热处理后的暗色。

示例：贝夏美酱（Béchamel Sauce）
奶油约占贝夏美酱配方总量的约7%。将奶油在平底锅中加热融化后，加入面粉搅拌。该混合物需加热至呈金黄色并刚开始起泡。奶油用于为面粉提供脂肪包裹，使其在加热过程中形成顺滑的质构；同时，奶油还为酱料的风味和色泽发展作出贡献。

示例：奶酪馄饨配鼠尾草奶油酱（Cheese Ravioli with Butter Sage Sauce）
奶油约占该酱汁总含量的约75%。将奶油在平底锅中加热至起泡发热，加入鼠尾草叶煎炸约2分钟至酥脆后取出，再加入青葱炒约30秒。加热后的融化奶油可作为咸味食材的风味吸附载体，并有助于营造煎炸风味效果。提示：用中火加热奶油，注意不要烧焦；奶油应为浅棕色并带有坚果香气。

示例：香蕉船配奶油糖酱（Banana Split with Butterscotch Sauce）
奶油约占黄油糖酱配方总量的约23%。将奶油与红糖和酸奶油混合，在炉灶上小火煨煮至糖完全溶解、酱汁微微变稠。奶油在黄油糖酱中有助于风味的形成与提升。

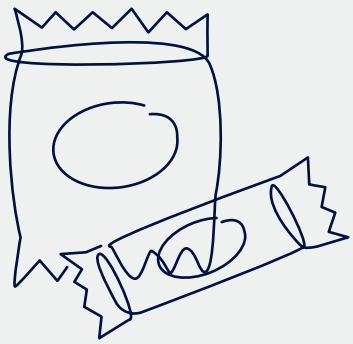
表7 乳脂在调味酱汁中的应用

调味酱汁	乳脂产品	典型用量(%)
白色酱汁	奶油	3
伯那西酱	奶油	30
贝夏美酱	奶油	7
奶油鼠尾草酱	奶油	75
奶油糖果酱汁	奶油	23

乳制品

重组乳制品

重组乳制品是指通过组合乳脂和非脂乳固体（可加水或不加水）而制成的乳制品。这种组合必须满足产品所规定的乳脂、非脂乳固体和全乳固体的含量标准。重组乳制品的配方中可使用的其他成分包括新鲜牛乳和（或）稀奶油（如法规允许），以及植物油，如椰子油或棕榈油。当全部或部分乳脂被植物油替代时，该产品被称为“代脂乳制品（filled）”。重组乳制品的例子包括巴氏杀菌液态乳、灭菌乳、超高温灭菌乳（UHT乳）、稠稀奶油、植脂末、炼乳以及加糖炼乳。表8中列出了若干重组产品的示例及其典型乳脂含量水平。



无盐奶油可作为乳脂来源用于重组乳制品的生产，但必须在冷藏条件下储存，并具备最高品质。无水乳脂（AMF）是重组过程中最常用的乳脂来源，且可在常温下储存。

乳脂必须在高于其熔点的温度下加入到重组配方中。例如，AMF必须在40°C以上加入。罐装乳脂可通过浸入80°C热水中2至3小时来融化。然而，桶装AMF的融化时间更长，可在45–50°C的加热室中储存24–28小时预热，或置于蒸汽柜或蒸汽通道中加热，在约2小时内融化。融化后的AMF应转移至带夹套的保温储罐中，并配有控温设施。已融化的AMF应尽快使用，否则在高温下长时间暴露可能导致乳脂氧化，进而引起重组产品的不良风味。

在复原乳中，乳脂不应在非脂乳固体完成水化之前添加。应避免在添加乳粉的同时或在其之前添加乳脂，因为这可能导致加工问题并影响产品质量。通常会添加乳化剂以促进并改善乳脂的乳化过程。乳脂必须彻底混合，以确保其在体系中的均匀分布。在连续操作过程中，融化的乳脂通常按计量方式注入管道，并在进入均质机之前通过静态或机械搅拌器充分混合。均质机的使用对于形成稳定乳脂球以稳定产品结构至关重要。

表8 乳脂在重组产品中的应用

重组产品	乳脂产品	典型用量(%)
重组甜炼乳（RSCM）	无水乳脂	9
冰淇淋	无水乳脂	10
重组稀奶油	无水乳脂	35–45
重组乳	无水乳脂	1–4



冰淇淋和乳制甜点

乳脂、奶油和稀奶油是重要的冰淇淋、冰淇淋甜品和许多乳制甜点的重要配料。

冰淇淋是由乳成分、甜味剂、稳定剂、乳化剂和香精香料组合成的一种冷冻混合物。这种混合物称之为“混料”，在凝冻前经过巴氏杀菌和均质处理。在凝冻过程中，混料经剧烈的搅拌以混入空气，从而赋予冷冻制品满意的滑爽度和柔软度。为确保混料中的乳脂、乳无脂干物质、甜味剂、香精香料和稳定剂之间的平衡，混料的配方是冰淇淋加工中最重要的部分。制造商通常使用乳粉来提供乳固体，并/或使用无水乳脂来满足其乳脂需求。乳固体赋予冰淇淋整体的酪体结构和质构，而乳脂是冰淇淋或乳制甜品风味和色泽的主要来源。冰淇淋的生产中也可以使用新鲜或冷冻稀奶油。表9中列出了冰淇淋和乳制甜品中乳脂的若干应用示例及其典型使用水平。

功能性

乳脂主要提供冰淇淋浓郁的奶油似的口味，提供形体和有助于滑爽的质构。

奶油在乳品行业中被广泛应用于颗粒配料和配饰（如太妃糖碎和焦糖旋纹）中，并赋予其“稠厚”的风味。

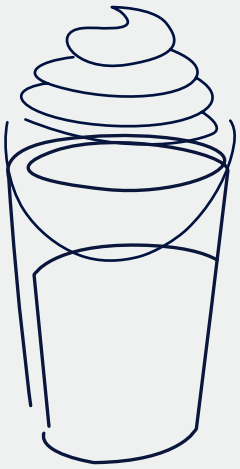
根据配料组成和种类，冰淇淋可划分为多个等级类别。各类别所含乳脂的水平见表9。一般而言，经济型冰淇淋多采用成本较低的配料，而超高端产品更可能采用新鲜浓缩牛乳和稀奶油制成。

结论

乳脂产品，如奶油和稀奶油，用作各类食品的成分，在各种乳制品和非乳制品中均有应用。乳脂产品有助于食品的风味，在加热时产生奶油或蒸煮风味，或作为风味载体。乳脂产品还以功能性的方式，特别是通过其独特的融化特性，通过增加口感、质构和结构，对许多食品发挥做作用。

表9 乳脂在冰淇淋和乳制甜点中的应用

冰淇淋和乳制甜点	乳脂产品	典型用量(%)
冰淇淋		
无脂冰淇淋（硬质）	无水乳脂/稀奶油	<0.8
低脂冰淇淋（硬质）	无水乳脂/稀奶油	2–5
淡冰淇淋（硬质）	无水乳脂/稀奶油	5–6
减脂冰淇淋	无水乳脂/稀奶油	7–9
经济型冰淇淋	无水乳脂/稀奶油	10–12
普通冰淇淋	无水乳脂/稀奶油	11–13
优质冰淇淋	无水乳脂/稀奶油	12–15
特优级冰淇淋	无水乳脂/稀奶油	14–20
甜点		
香草布丁	稀奶油(35%脂肪)	13
巧克力慕斯	稀奶油(35%脂肪)	15
新鲜小奶酪	稀奶油(35%脂肪)	20
卡仕达	奶油	6



6.6 常见问题解答

A 稀奶油和牛乳的品质

1. 脂肪水解如何影响乳脂产品的风味?

在特定产品中,不同化合物的含量决定了风味的吸引力与异味之间的微妙平衡。低水平的脂肪酸有助于乳脂产品的风味形成。奶油和无水乳脂中的异味可能源于生产前或生产后的脂解作用。生产前产生的异味主要由牛乳脂肪酶的作用引起,表现为肥皂味、苦味以及“后味”口感体验,其特征是游离脂肪酸(FFA)含量较高。储存过程中发生的脂解则是由于耐热细菌脂肪酶的作用,导致典型的刺鼻味、丁酸味和“前味”风味特征。由于奶油水分含量较高,这种类型的脂解更容易在奶油中发生。

2. 如何使乳脂中的异味最小?

为了使异味最小,生产商需要细心地处理牛乳,保证在最初的牛乳加工过程中乳脂球不被破坏,乳脂球的破坏会导致乳脂的水解并产生异味。

在巴氏杀菌前的原料乳中,由于牛乳的装卸和贮存,存在着各种促进脂肪水解的因素。

在奶场,通常的处理流程包括挤奶、泵送和散装储存,随后由槽车收集并运输至乳品加工厂。在此过程中,若挤奶阶段吸入过多空气,可能引发问题,常见位置包括挤奶爪或乳杯、奶管以及管道接头松动处。上升的管道,尤其是连接至更高位置的垂直管段,以及过长的管道,可能因牛乳与泡沫持续混合而导致牛乳受损。如果储奶罐的进料管位置过高,在灌注过程中可能引发过度飞溅与搅动。此外,将新鲜温热的牛乳添加至已冷却的牛乳中,也可能引发热激活反应。

长时间储存还可能导致嗜冷菌的生长,这类细菌能在冷藏温度下生长,并产生耐热性脂肪酶。这意味着它们可在巴氏杀菌过程中存活,并在制成的乳品中继续发挥活性。

工厂中主要的激活来源是泵(尤其是当产生泡沫时)。工厂中的贮罐贮存奶也存在与牧场中同样的因素。为了防止和使脂肪水解程度最小化,工厂可以采取以下措施:

- 避免过渡的搅动、产生泡沫和涡流
  - 检查管路的渗漏,避免管路过长和泵速过高
  - 避免过渡搅拌
- 尽快对牛乳进行巴氏杀菌,减少贮存时间
- 在均质处理之前进行巴氏杀菌(如果实际操作不方便,就在均质后立即进行巴氏杀菌)
- 牛乳和稀奶油应冷藏储存,最佳温度为2–4°C。
- 最好在冷藏温度下贮存巴氏杀菌奶,从而减少微生物酯酶引起的脂肪水解
- 保持高卫生标准



B 乳脂产品的处理和加工

1. 在老化和搅打之前，如何根据不同的碘值选择不同的稀奶油冷却处理温度？

在搅打之前，稀奶油需经过温度处理，以控制脂肪的结晶，使所得奶油具有理想的稠度。若根据脂肪的碘值调整温度处理工艺，可进一步优化奶油的稠度。碘值越高，表示不饱和脂肪酸含量越高，牛乳脂越“柔软”。温度处理在一定程度上调节了固态脂肪的含量——这是决定奶油稠度的主要因素。表10列出了不同碘值下的温度处理示例。第一个温度值为稀奶油巴氏杀菌后冷却的温度，第二个为加热/发酵温度，第三个为熟化温度。

表10 适于不同碘值的主要温度处理程序

碘值	温度程序(°C)
<28	8–21–20
28-29	8–21–16
30-31	8–20–13
32-34	6–19–12
35-37	6–17–11
38-39	6–15–10
>40	20–8–11

2. 真空脱臭在乳脂加工中有什么作用？

通过“真空脱臭”工艺（Vacreation）可以去除牛乳和稀奶油中的异味。在该过程中，蒸汽被注入产品中，并施加真空，从而去除不需要的挥发性风味物质以及水蒸气。

3. 机械再加工对奶油硬度有何影响？

奶油的硬度通常随时间而增加，最终，在大约3周或更长时间以后（取决于包装前后产品所经受的温度）达到最大值。这一结果源自两种类型的次级晶体结构的形成：

1 许多小的（<1μm）的脂肪结晶联结在一起形成一个微弱的、触变的三维结构

2 较大的脂肪晶体之间发生重排形成更强的键

对奶油进行机械再加工会导致其变软，这是由于较强分子键的不可逆破坏以及较弱分子键的暂时破裂所致。因此，在实际操作中，从25千克大块散装奶油再加工出来的奶油，其质构会比直接从奶油机包装成零售包装的奶油更为柔软。

4. 无水乳脂筒中的溶氧和顶隙会对氧化作用和风味产生怎样的影响？

在常温下，通过最大限度减少包装中的氧气含量，可以延长无水奶油（AMF）的保质期。在包装时，氧气可能既存在于液体产品中（溶解氧），也存在于包装的顶空气体中。在40°C条件下，奶脂中氧气的溶解度约为38毫克/千克（以空气饱和奶脂计算）。在制造过程中，通过真空脱气步骤，通常可将无水奶油中的溶解氧降至低于1毫克/千克。然而，在脱气之后，后续的每一次泵送操作或在平衡罐或储罐中暴露于空气，都会迅速增加氧含量。因此，无水奶油在包装时的溶解氧水平反映了脱气后处理和灌装操作的效率。采用氮气鼓泡可以帮助降低无水奶油中的溶解氧水平，尽管其最低水平似乎为约4毫克/千克。在储存过程中尽量降低氧含量，可最小化可能导致无水奶油出现异味的氧化反应。

C 乳脂产品的贮存和装卸

1. 什么条件最适于奶油的贮存?

奶油必须受到保护,防止水分蒸发和发生光致光氧化反应,这些反应会破坏奶油的风味和外观。奶油应该贮存于低温,阴凉的地方,最好于4°C下避光冷藏,而且在使用前最好密封于原包装中或者包起来,因为奶油很容易吸收其它食物的味道。加盐奶油比无盐奶油贮存时间更长,因为水相中的盐浓度很高足以抑制许多菌的生长。每次都要检查“此日期前食用”以保证天然新鲜程度和品质。

奶油在冷藏条件下可保存8周,但是最好还是在需要用时再购买,而不要将其长期贮存。经过适当的密封,奶油可以在冷冻条件下贮存,-15°C可保存4-6个月,-18到-23°C可保存达12个月。使用前奶油应该放在冰箱中融化。

D 功能性和应用

1. 季节对乳脂功能性有何影响?

在一个以牧场为基础的喂养体系中,不同季节导致牧草生长情况变化从而从多方面影响乳脂。当牛可以吃到青草时,乳脂倾向于含有更高浓度的不饱和脂肪酸,从而导致高碘值(近36)的“较软”的脂肪。奶油硬度也存在地域性的变化,而且泌乳阶段也会影响奶油的结构性质。

2. 放牧和集中饲养的牛的乳脂风味之间是否存在差异?

不同国家及同一国家不同地区的牛乳脂肪风味差异,可归因于奶牛日粮中来源于饲料的风味化合物。在澳大利亚,乳业是以牧场放养为基础的。不同类型的牧草也会导致牛乳脂肪风味的差异。在气候较冷、不利于牧草生长的地区,奶牛通常被圈养,并以谷物或浓缩饲料(如青贮饲料)为食。已有研究表明,某些饲料会导致牛乳、稀奶油和奶油中产生异味或“饲料味”。

3. 微波可以用来软化或融化奶油吗?

解冻或软化奶油的最佳方法是将其从冷冻室转移至冷藏室,或从冷藏室取出后在室温下软化。然而,也可以使用微波炉软化或融化奶油,前提是使用中等功率,并分时段加热,每次加热之间需检查奶油状态。如果在微波炉中软化奶油时不慎过度融化,建议将其用于其他用途,例如为蔬菜增香或作为蘸料使用。

4. 可买到的新鲜稀奶油的种类有哪些,它们可以用来做什么?

根据脂肪含量,新鲜稀奶油可被分成几种,见表11。在任何情况下,稀奶油都要求满足一个标准,即平板菌落计数不超过50万个细菌每毫升,大肠杆菌不超过100个每毫升(《食品标准法规》,1985)。

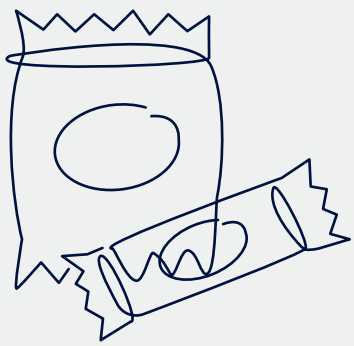


表11 新鲜稀奶油的种类和使用建议

稀奶油类型	乳脂%	使用建议
浓厚、加倍、纯化、纯化浓厚、浓稠或加倍浓稠的稀奶油	45-60	• 成团或勺子型，它可以保持其形状 • 甜点、布丁或汤的伴侣。 • 拌入热菜肴种增加浓厚度
稀奶油，纯化(灌注或稀薄)，增浓的，浓稠或搅打的稀奶油	35	• 搅打并加入调味酱、汤、蔬菜屑、乳蛋饼和卡仕达中，浇在甜点上，加到鸡尾酒中。 • 当搅打时有轻微的充气的结构，因此适用于蛋糕夹心、慕斯、冰淇淋和乳酪蛋糕。 • 纯化稀奶油通常用于意面酱料。 • 在烤饼加工中替代牛乳和奶油。
低盐、低盐浓厚(增稠的)或淡奶油	18	• 可浇注的 • 加到酱汁、汤、饮品和甜点中 • 不适于搅打

E 其他

1. 奶油和乳脂配料含有反式脂肪吗?

是的，但乳品和乳品成分中的反式脂肪含量天然非常低，仅占总脂肪含量的约4%，其中包括共轭亚油酸（CLA）。与许多植物脂肪相比，牛乳脂更为饱和，因此天然具有更高的抗氧化稳定性，更容易结晶，也无需经过氢化处理；而氢化过程可能会导致不良反式脂肪酸的生成。牛乳脂并非完全不含反式脂肪酸，因为牛胃中微生物的氢化作用会天然形成少量此类分子。

在使用乳制配料的产品配方中，总**反式**脂肪取决于配方中乳制配料的比例，用量和来自所有配料的**反式**脂肪的数量。

2. 什么是CLA?

共轭亚油酸（CLA）是一个集合名词，用来描述一个或多个位置和几何形式的必须脂肪酸亚油酸。CLA天然存在于牛乳和牛肉即其他哺乳动物肉中。尤其乳脂是顺9，反11构型（c9，t11）的CLA含量最丰富的天然饮食来源。有研究表明乳中来源的CLA具有高生物活性，可能具有抗癌作用和对心血管健康有益。

诸如牛的饮食等各种因素影响牛乳中CLA的含量。因为乳制品中CLA的含量与其脂肪含量有关，所以高脂产品比低脂产品CLA含量更高。

6.7 术语表

乳浊液

乳浊液是一种液体的液滴悬浮于另一种液体中。牛乳是一种水包油型乳浊液，奶油是一种油包水型乳浊液。

脂肪球

脂肪球是乳中的脂肪液滴。脂肪液滴通过脂肪球膜的包裹而与水相分离。

脂肪酸

脂肪酸分子由一个烃链和一个羧基组成。一个甘油骨架上连接三个脂肪酸组成一个三酰基甘油分子 – 乳中的主要脂肪成分。

游离脂肪

游离脂肪是指用溶剂在标准的时间、温度和搅拌条件下很容易从牛乳或稀奶油中萃取出的脂肪（没有被包在脂肪球内的脂肪）。

脂肪水解

脂肪水解是由脂酶催化的反应，脂肪酸从三酰基甘油上断裂下来形成游离脂肪酸，导致产品产生异味。

氧化

氧化是乳脂的一个破裂反应，发生在脂肪中不饱和脂肪酸的双键上。氧化会导致乳脂产品的金属味。

相转化

在牛乳和稀奶油被转成奶油的过程中，存在一个从水包油型乳液到油包水型乳液的相转化。

三酰基甘油

三酰基甘油是乳中的主要脂肪成分，由三个脂肪酸连接在一个甘油骨架上组成。

6.8 参考文献和延伸阅读

Early，R.（1998）《乳制品技术（第二版）》，Blackie学术与专业出版社，伦敦。

Fox，P.F.和McSweeney，P.L.H.（1998）《乳制品化学和生物化学》，Blackie学术与专业出版社，伦敦。

《食品标准条例》，1985年，《标准条例》254，H2：稀奶油和稀奶油产品，p142-148，H6：奶油和奶油产品，p154-155。

《IDF标准》166：1993《脂肪涂抹指南》。《食品法典标准》CXS280-1973，《乳脂产品标准》。

Roginski，H.，Fuquay，J.W.和Fox，P.F.（2003）《乳品科学百科全书》，学术出版社，伦敦。兴趣章节–奶油p220-236，奶油p545-557，脂类p1544-1626。

利乐（1995）《乳制品加工手册》

利乐包装加工系统公司，隆德，瑞典

菜谱请见网站：**legendairy.com.au**





07 高价值功能性乳制品配料

目录

7.1 引言 193
7.2 初乳 196
7.3 糖巨肽(GMP) 198
7.4 乳铁蛋白(LF) 199
7.5 乳过氧化物酶(LP) 201
7.6 酪蛋白和乳清蛋白水解物 202
7.7 乳矿物质 206
7.8 乳蛋白浓缩物——生产和成分概述 209
7.9 常见问题解答 214
7.10 术语表 220
7.11 参考文献和延伸阅读
附录1: 基于功能性和食品应用的乳蛋白浓缩物选择 226

7.1 引言

牛乳作为营养来源已有数个世纪的历史，但近年来分析和生化技术的进步，有助于从牛乳中识别出多种生物活性成分，并验证其生物活性。尽管牛乳中许多生物活性成分尚未被开发为商业化原料，但膜分离、离子交换色谱以及纳米或微胶囊包埋等新加工技术的持续发展，正推动部分牛乳生物活性成分的生产、商业化和应用。功能性食品和营养保健品的增长也为牛乳中的生物活性成分带来了新的发展机遇。

牛乳在脂质和脱脂部分都含有高价值的功能性乳制品成分。

这些乳生物活性成分来源于乳脂质、蛋白质和碳水化合物(主要是乳糖)，包括：

- 乳脂球膜(MFGM)
- 牛乳磷脂
- 生物活性肽
- 生长因子
- 免疫球蛋白
- α-乳清蛋白(α-La)
- 乳铁蛋白(LF)
- 糖巨肽(GMP)
- 牛乳低聚糖

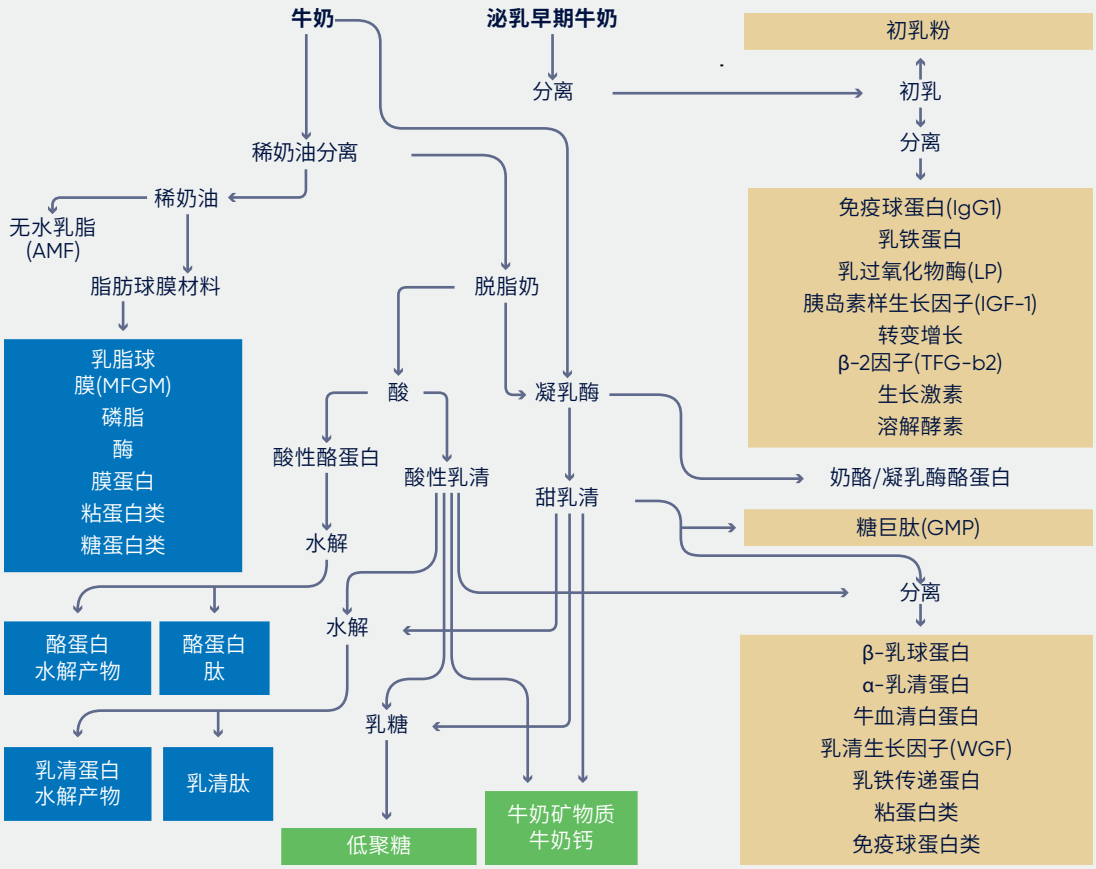
尽管乳磷脂已在商业上应用多年，但上述其他成分仍处于不同的开发阶段。目前，脱脂乳和乳清是牛乳中富含生物活性成分的主要来源，并且已有多种来自这些流体的生物活性原料实现了商业化。毫无疑问，未来的进一步研究与开发有望推动更多功能性成分的商业化。本章重点介绍了牛乳中几种高价值功能性乳品成分的生物学功能及其应用，并列出常见问题，供这些成分的使用者参考。

图1展示了从牛乳中鉴定出的若干高价值功能性成分，并总结了其商业化生产的一般加工步骤。奶牛分泌的最重要的富含生物活性成分的液体之一是初乳。初乳提供支持生命的免疫因子和生长因子，确保新生犊牛的健康与活力。多余的初乳被商业化利用，作为丰富的生物活性成分来源，其中包括免疫球蛋白、乳铁蛋白、乳过氧化物酶、溶菌酶以及多种生长因子。

为了从牛乳中分离、提取并浓缩生物活性成分，第一步是将新鲜牛乳分离为稀奶油和脱脂乳。稀奶油部分几乎包含所有的脂肪球及其附着的脂肪球膜，而脂肪球膜是多种生物活性成分的丰富来源(见图1)。脱脂乳则富含蛋白质。牛乳中蛋白质含量约为3.5%，其中约80%为酪蛋白，20%为乳清蛋白。

酪蛋白包括α-酪蛋白、β-酪蛋白和κ-酪蛋白。乳清蛋白包括β-乳球蛋白(β-Lg)、α-乳白蛋白(α-La)、免疫球蛋白和牛血清白蛋白。脱脂乳通常通过添加酸或凝乳酶处理，以将酪蛋白从乳清蛋白中分离；酪蛋白和乳清流均可作为提取功能性生物活性成分的原料来源。尽管在酪蛋白中已鉴定出许多具有生物活性的肽段(统称为casokinins)，但目前商业化产品主要限于酪蛋白水解物和磷酸肽。在奶酪生产过程中，凝乳酶作用于κ-酪蛋白的一部分使牛乳凝固，并释放出糖巨肽(GMP)，该GMP存在于乳清中，可被分离和浓缩用于功能性原料。在乳品工业中，奶酪生产过程中产生的乳清仍是乳清基生物活性成分最丰富的来源。如图1所示，已从乳清中商业化的生物活性成分包括：富含整蛋白的成分(如β-乳球蛋白、α-乳白蛋白、乳铁蛋白和乳过氧化物酶)、蛋白质的水解形式(如不同水解程度的乳清蛋白水解物)以及乳矿物质。乳品制造商正在积极研发新的具有生理功能或生物活性的牛乳成分，无疑将在未来实现产品化。

图1 高价值功能性(生物活性)成分*



*某些成份可能未被商业化。

表1 乳中生物活性成份的主要生物功能总结

表1 乳中生物活性成份的生物学功能

生物活性成份	潜在的生物功能	潜在的食品应用
初乳	• 免疫因子 • 生长因子 • 抗微生物特性	• 运动配方 • 小牛饲养
免疫球蛋白	• 抗菌和免疫增强	• 婴儿配方乳粉 • 保健产品
乳铁蛋白	• 抗微生物活性 • 抗病毒活性 • 抗肿瘤活性 • 抗炎活性 • 免疫调节活性 • 铁离子结合能力承担许多功能，诸如抑菌效应、促进细胞生长、抗氧化性、转铁和促进铁吸收等	• 婴儿配方乳粉 • 运动营养 • 肉类保藏 • 成人营养粉和饮料
乳过氧化物酶	• 保藏效果 • 针对革兰氏阳性细菌的抑菌效果和针对革兰氏阴性细菌的杀菌效果，例如**假单胞菌、大肠杆菌、沙门氏菌、李斯特菌**	• 常温保存食品，肉类产品
酪蛋白和乳清蛋白水解物	• 降低过敏性 • 增强蛋白吸收 • 增强的肽生物活性 • 降低血压	• 婴儿和肠道配方 • 老年产品、运动饮料 • 体重控制饮食
酪蛋白和乳清肽	• 快速吸收 • 降低过敏性 • 血压降低	• 婴儿和肠道配方 • 等渗饮料 • 运动营养
酪蛋白磷酸肽 (CPP)	• 矿物质载体，有助于再矿化和矿物质吸收 • 预防龋齿（牙膏） • 抗菌	• 高矿物质饮料 • 口香糖 • 谷类早餐
糖巨肽 (GMP) 或 酪蛋白巨肽(CMP)	• 饱腹感，低苯丙氨酸 • 预防蛀牙 • 控制血液凝固 • 抗菌和抗病毒特性	• 苯丙酮尿症饮食 • 运动营养 • 婴儿配方乳粉 • 体重控制配方
胶束酪蛋白	• 氨基酸的缓慢释放 • 蛋白质和钙的丰富来源	• 运动营养 • 减肥产品
骨桥蛋白	• 免疫功能	• 婴儿配方乳粉
α-乳清蛋白	• 睡眠增强	• 饮品饮料
乳矿物质和乳钙	• 骨骼牙齿健康、骨质松散症、高血压等好处	• 矿物质强化饮料，谷类早餐食品

7.2 初乳

初乳是小牛出生后奶牛初次产生的奶。初乳富含抗体、生长因子及新生儿所需的营养，同时可为新生儿提供被动免疫以抵抗不同细菌感染，尤其是那些影响肠道的病菌。初乳可能还有其它一些有益于健康的物质。

表2展示了奶牛产犊后前三次挤乳所得初乳与正常牛乳的成分对比。如表2所示，随着犊牛出生后挤乳次数的增加，初乳的成分迅速发生变化。首次挤乳的初乳含有最高量的蛋白质和生物活性成分，如免疫球蛋白，通常用于喂养犊牛。这对于新生犊牛的防御系统尤为重要，因为犊牛出生时体内不含抗体，而抗体对免疫系统的正常功能至关重要。

初乳与正常牛乳在成分上有显著差异。初乳中的免疫球蛋白含量是正常牛乳的十倍以上（见表3）。免疫球蛋白是对热极为敏感的蛋白质，因此将初乳加工为具有较长货架期的食品成分是一项具有挑战性的工艺。

如表4所示，初乳中还富含生长因子。生长因子是许多细胞功能的主要调节因子，它们主要控制组织的生长和修复。大量研究证明它们可在临床医学和生物技术上广泛应用。其中最重要的是对伤口愈合潜在的治疗作用。

表2 初乳的组成[1]

组分	小牛出生后的挤奶次数			常乳
	1	2	3	
比重	1.056	1.040	1.035	1.032
总固形物(%)	23.9	17.9	14.1	12.9
蛋白质(%)	14.0	8.4	5.1	3.1
酪蛋白(%)	4.8	4.3	3.8	2.5
免疫球蛋白G (IgG)(mg/mL)	48	25	15	0.6
脂肪(%)	6.7	5.4	3.9	3.7
乳糖(%)	2.7	3.9	4.4	5.0
维生素A, (μg/L)	2950	1900	1130	340
维生素D, (μg/L)脂肪	0.9-1.8	0.4		
核黄素, (μg/L)	4.8	2.7	1.9	1.5
胆碱(mg/mL)	0.70	0.34	0.23	0.13

表3 牛初乳和常乳中的免疫球蛋白[2]

免疫球蛋白(Ig)	初乳(g/L)	常乳(g/L)
IgG1	52-87	0.31-0.4
IgG2	1.6-2.1	0.03-0.08
IgA	3.7-6.1	0.03-0.06
IgM	3.2-6.2	0.04-0.06

表4 初乳和常乳中生长因子的浓度[2]

生长因子	初乳(μ/L)	常乳(μg/L)
IGF-1	50-2000	<10
IGF-2	200-600	<10
TGF-β1	n.d.	4.3
TGF-β2	n.d.	n.d.
EGF	n.d.	<2

IGF – 类胰岛素生长因子
TGF – 转换生长因子
EGF – 表皮生长因子
* n.d. – 未知

1 Foley和Otterby（1978）
2 Pakkanen和Aalto（1997）

图2展示了从初乳生产功能性成分的一般工艺流程。初乳粉或蛋白浓缩物的生产在采集、运输、加工、处理和储存过程中需要严格的质量控制，以确保其生物活性成分得以保留。通常会将头几次挤乳所得的初乳进行混合，并冷冻或冷藏运输至乳品加工厂。

在分离出初乳稀奶油（可用于喂养犊牛）后，脱脂初乳可被浓缩并干燥成初乳粉。为去除酪蛋白，脱脂初乳通常用凝乳酶或酸处理，去除酪蛋白后的乳清则用于开发初乳乳清粉或初乳乳清蛋白浓缩物。初乳乳清蛋白浓缩物尤其具有价值，因为其富含生物活性蛋白成分，且乳糖含量低。初乳的商业化干燥通常通过冷冻干燥或在温和条件下的喷雾干燥完成，以尽可能保留其生物活性。

有几种形式的牛初乳制品已经上市。商业化的初乳产品中免疫球蛋白的含量在16%-50%之间。表5所示的初乳产品含有22%的免疫球蛋白G（IgG）。

图2 以初乳为原料的各物质加工步骤

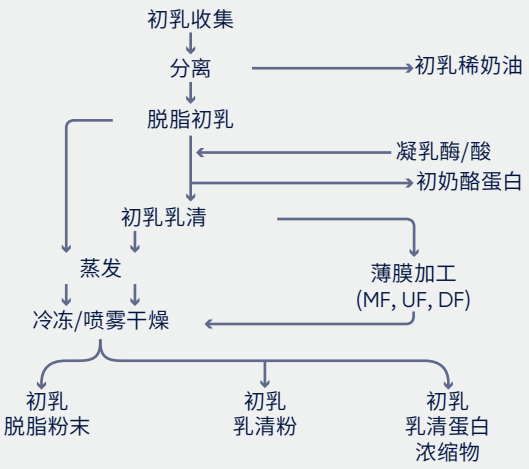


表5 含有22%免疫球蛋白G（IgG）的初乳产品的成分

组分	含量
水分（%）	5
蛋白质（%）	75
免疫球蛋白G	22
灰分（%）	6
乳糖（%）	10
脂肪（%）	2
乳铁蛋白（%）	0.3
钙（%）	1.5

初乳：功能性和应用

初乳产品可提供多种生理功能特性。初乳对人体的益处包括增强免疫系统和促进细胞修复，其功能仍在不断研究和发现中。初乳的主要益处及应用包括[3]：

- 生长因子的来源
- 抗菌剂的来源
- 免疫增强特性及对肠道益处
- 在运动和增强体能方面的应用

生长因子的来源

除了富含基本的营养成份诸如氨基酸、碳水化合物、脂肪和矿物质外，初乳还含有一些能够促进细胞和组织健康发育的生长因子。从初乳和乳清中获得的生长因子已实现商业化一段时间了。初乳中的生长因子包括类胰岛素生长因子-1和-2（IGF-1 and IGF-2），转换生长因子-β1和β2（TGF-β1和TGF-β2）及表皮生长因子（EGF）。其中一些在常乳中也存在只是含量很少（比初乳少100-1000倍）。

3 Pakkanen和Aalto（1997）

类胰岛素生长因子能够刺激免疫系统、促进细胞修复和生长、影响机体利用脂肪、蛋白质和糖的方式。类胰岛素生长因子作为内分泌、自分泌和副分泌荷尔蒙，可促进细胞对葡萄糖的吸收从而促进蛋白质、DNA、RNA及脂肪的合成。牛的类胰岛素生长因子-1的氨基酸序列与人类的相同，而牛的类胰岛素生长因子-2的氨基酸序列与人类的仅有3个氨基酸残基的差别。类胰岛素生长因子-1和-2均是热稳定性蛋白质，有助于细胞的生长和分化。

抗菌剂

初乳富含抗菌成分，有抗感染的作用。初乳中的抗菌组分包括乳铁蛋白、乳过氧化物酶、溶菌酶和免疫球蛋白。每种组分都已有纯化的商业化产品出售，本章的后面部分将做详细阐述。在口服免疫疗法中，初乳抗体有助于治疗各种人体感染，包括那些对抗生素有抗药性的细菌导致的感染。

免疫增强特性及对肠道益处

婴幼儿住院的主要原因之一是感染性腹泻，通常由轮状病毒感染引起。婴儿也可能在医院的新生儿病房和儿科病房中感染轮状病毒；该病毒亦可传播给家庭中的成人成员。初乳已被成功用于预防轮状病毒感染和腹泻4。有研究建议在婴儿配方奶中添加初乳免疫球蛋白以增强其保护作用5。此外，初乳可能有助于保护胃肠道，预防胃癌6和胃溃疡7。研究还表明，初乳可预防非甾体类抗炎药（NSAIDs）引起的肠道损伤。NSAIDs用于缓解疼痛，但也是胃炎的常见诱因。

在运动和增强体能方面的应用

初乳有助于运动员的力量和速度提升，同时还能增加胰岛素水平，胰岛素具有合成代谢作用。研究表明，活跃的男女每天补充20克牛初乳并结合锻炼训练8周，可能会增加去骨瘦体重[4]。

研究已证明，运动员训练期间，初乳可增强血清IGF-1、IgG、激素以及唾液IgA[5]。在临床试验中，IGF-1已知对肌肉组织具有强烈的合成代谢作用，因为它几乎可以模拟生长激素的所有作用。IGF-1对运动员、健美者以及关注体重过高的人群有益，因为它可以帮助燃烧脂肪并促进瘦肌肉组织的生成。

7.3 糖巨肽（GMP）

GMP（糖巨肽）是κ-酪蛋白的亲水性肽（氨基酸残基102至169），为牛乳中的酪蛋白胶束提供稳定性。当用于奶酪制造的凝乳酶作用于κ-酪蛋白使牛乳凝固时，GMP会被释放到乳清中。GMP约占乳清蛋白的15%至20%。近年来分离技术的进步使得可以从乳清中分离出GMP，制成商业化的GMP富集成分。在低pH的乳清中，GMP带有高度负电荷，而乳清蛋白带正电荷。这使得利用离子交换法从乳清中分离GMP变得容易。当pH为3的乳清通过阳离子交换剂时，GMP不会被阳离子交换剂吸附，可通过超滤进行浓缩和脱盐。另一方法是在pH低于4的乳清中，GMP可与阴离子交换剂结合，而其他乳清蛋白通过色谱柱后被分离，之后可使用缓冲液将纯GMP从离子交换剂中洗脱，再通过膜系统进行浓缩。

4 Antonio等（2001）
5 Mero等（1997）

GMP的独特之处在于它是糖蛋白（含碳水化合物的蛋白质），因此其上连接有寡糖链。同时，GMP也独特地不含苯丙氨酸、色氨酸或酪氨酸三种氨基酸，而富含支链氨基酸：亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。这种组成赋予GMP一些可用于多种重要应用的独特特性。部分人群患有苯丙酮尿症（PKU），即无法代谢苯丙氨酸。由于纯GMP不含苯丙氨酸，GMP是PKU患者可耐受的少数氨基酸来源之一。

商业GMP产品的组成如表6所示。

表6 商业化糖巨肽的组成

组分	含量
水分， %	5
蛋白质， %	80
糖巨肽 （% 占总蛋白的百分比）	90
硅铝酸， %	4

糖巨肽: 功能性和应用

已发表文献的研究表明糖巨肽有许多生理功能，包括：促进益生菌双歧杆菌生长、抑制胃液分泌、抑制细菌和病毒的附着、调节免疫系统应答、与霍乱和**大肠杆菌肠毒素**的结合等。简而言之，对消费者而言，GMP在肠道健康、食欲控制、减少龋齿、增强免疫力以及预防腹泻方面具有潜在益处。

糖巨肽的一些生物活性特性：

- 抗炎作用[6]
- 与毒素结合[7]
- 抑制细菌和病毒附着[8]
- 免疫调节及防止腹泻[9]
- 益生元[10]
- 苯丙酮尿症（PKU）患者氨基酸的重要来源

建议糖巨肽的应用包括：

- 护齿产品（如牙膏和防止龋齿的漱口水）
- 苯丙酮尿症患者人群的补充剂和饮食
- 对益生菌和食品的益生元作用
- 作为支链氨基酸来源的运动营养产品
- 控制体重的高蛋白饮食

7.4 乳铁蛋白（LF）

乳铁蛋白（LF）是一种结合铁的糖蛋白，存在于初乳、牛乳和乳清中。LF为单肽链结构，分子量为77,000。其构型为两个球状单元，每个单元每克蛋白可结合1.4毫克铁。牛乳LF在结构上与人体乳铁蛋白相似，氨基酸组成约有70%相同。LF的结合铁能力赋予其多种生物学功能，如抑菌作用、对某些细胞系的促生长作用、防止脂质过氧化以及促进体内铁的吸收。

乳铁蛋白是乳清中少数在pH 7.0时带正电荷的蛋白质之一（等电点约为pH 7.9），而大多数其他蛋白质在该pH下带负电荷。商业上正是利用LF这一特性进行其分离。采用阳离子树脂和选择性盐溶液，可将LF从吸附在树脂上的其他带正电荷蛋白中分离出来。随后，通过超滤和喷雾干燥对LF进行进一步浓缩。下图展示了乳铁蛋白生产的一些加工方法。

6 Daddaoua等。(2005)
7 川崎等。(1992)
8 Nesser等。(1988)
9 大谷等。(1995)
10 Azuma等。(1985)



牛乳乳铁蛋白粉加工厂 (gea.com)

在其最纯净的形式下，乳铁蛋白粉末呈粉红色。商业上，乳铁蛋白以不同蛋白质浓度的形式出售。在牛乳和乳清中，乳铁蛋白的浓度非常低，因此其分离和生产成本很高。表7显示了某商业乳铁蛋白粉的组成。

表7 商业化乳铁蛋白产品的组成

组分	含量
水分 (%)	5
蛋白质 (%)	95
乳铁蛋白 (% 占总蛋白的百分比)	90
铁 (%)	13
灰分 (%)	1
脂肪 (%)	<1
乳糖 (%)	<1

乳铁蛋白:功能和应用

乳铁蛋白可提供多种生理、功能和生物活性特性，这些特性主要来源于其结合铁的能力。每个乳铁蛋白分子可结合两个铁原子。乳铁蛋白的主要生物活性特性包括抗菌、抗病毒、抗氧化、免疫调节，以及结合铁并使其对微生物不可利用的能力。

抗菌和抗病毒特性

由于乳铁蛋白能结合大量的铁离子，从而可抑制病源细菌和真菌的生长。乳铁蛋白结合铁离子的能力非常强，这样就使支持微生物生长所必须的营养素无法获得。乳铁蛋白还能破坏细菌对碳水化合物的消化，进一步限制细菌的生长。此外，胃中的胃蛋白酶可将乳铁蛋白转换成乳铁蛋白肽，乳铁蛋白肽具有广谱的抗致病菌和酵母活性。乳铁蛋白还具有结合到寄生虫和革蓝氏阴性菌细胞外膜上的能力，使得细胞壁通透性增强，从而提高抗菌的效果。

另外，乳铁蛋白的分子片断对某些菌株具有直接杀灭作用，也能阻止细菌附着于肠壁，从而减少被侵染的可能性。牛乳铁蛋白对几种病毒的抗性已被报道过，这种抗病毒效果可能是通过抑制病毒吸附和它对细胞的穿透力而获得的。

抗氧化特性

乳铁蛋白可作为天然的抗氧化剂，并能减少衰老过程和疾病的易感性。乳铁蛋白是通过清除过量的铁离子来免除氧化损伤的，因为铁可催化来源于微生物呼吸作用产生的过氧化氢以形成有害的自由基，过量铁离子的清除使细胞内自有的过氧化物酶可以无害地降解过氧化氢。

免疫调节作用

在微生物感染过程中，乳铁蛋白可通过激活与抗炎反应有关的细胞来防御病原菌，进而提高自身免疫性。

铁离子的转运和吸收

乳铁蛋白是铁离子的良好载体并能增加铁离子的生物利用率。

商业乳铁蛋白适用于保健补充剂、功能性食品和饮料、婴儿配方乳粉、化妆品以及口腔护理产品。乳铁蛋白的潜在市场示例包括：老年人或免疫功能低下患者的补充剂、用于胃肠道感染恢复的补充剂、用于刺激人体免疫系统以应对有毒环境、疾病或治疗的产品，以及用于预防旅行者腹泻的预防性产品。乳铁蛋白可用于多种食品应用，例如：

- 运动营养产品
- 婴儿配方乳粉
- 酸奶
- 肉类应用
- 咀嚼片或口香糖
- 化妆品中的抗氧化剂

每100g产品中，可以加入10-100mg的乳铁蛋白。如此大的添加范围需要根据对其在加工、储存和消费者使用过程中特性的预测，来确定这一生物活性成分的有效加入量。

7.5 乳过氧化物酶（LP）

乳过氧化物酶[EC 1.11.1.7[11]]是一种存在于初乳、乳清和常乳中的酶，其分子量大约为77.5kDa。牛初乳和常乳分别含有大约11-45mg/L和13-30mg/L的乳过氧化物酶[12]。在乳清中，乳过氧化物酶约占乳清蛋白的0.5%[13]。乳过氧化物酶的生物学意义在于它参与自然寄主的防御系统，抵抗微生物的侵袭。

乳过氧化物酶是通过一种酶的作用抑制或杀灭广谱性微生物的。这种反应包含两种辅因子，即过氧化氢和硫氰酸根离子，它们与乳过氧化物酶一起构成乳过氧化物酶体系（LP体系）。酶的激活导致了起抗菌作用的亚硫氰酸根离子的形成。LP体系的作用机制可由以下反应来描述：

$$Glucose + H_2O + O_2 \xrightarrow{Glucose\ oxidase} H_2O_2 + Glucuronate \xrightarrow{LP + SCN^-} HOSCN / OSCN^-$$

LP体系反应依赖于亚硫氰酸根离子的暂时中间氧化产物的产生量，亚硫氰酸根离子可与细菌细胞质膜反应，也可消弱代谢酶的功能。因为有的国家限制过氧化氢的添加，在那里过氧化氢的产生是通过加入葡萄糖氧化酶（允许添加剂）来实现的。亚硫氰酸根离子是自然存在的（在动植物组织中）或以硫氰酸钠或硫氰酸钾的形式被加入。

商业上，乳过氧化物酶（LP）可通过与乳铁蛋白相似的离子交换工艺从脱脂牛乳或乳清中分离。其商业生产的基本原理是，LP的等电点pH为9.0-9.5，这意味着在乳清的正常pH（6.0-6.2）下，LP带正电荷，而其他蛋白质带负电荷。利用这种pH差异，可将LP吸附到阴离子交换柱上的树脂上，从而与其他蛋白质分离。随后使用缓冲液将LP从树脂上洗脱，并进行浓缩和冷冻干燥。商业LP产品的总体组成见表8。

11 酶学委员会编号
12 Korhonen（1977）
13 de Wit和van Hooydonk（1996）

表8 商业化乳过氧化物产品酶的组成

组分	含量
水分 （%）	6.8
蛋白质 （%）	91
乳过氧化物酶 (LP)	83
LP活性 (ABTS方法） U/mg 蛋白	270
灰分 (%)	2

乳过氧化物酶: 功能和应用

用于形成LP体系的乳过氧化物酶具有广谱抗菌活性，对革蓝氏阳性菌具有抑制作用，对革蓝氏阴性菌具有杀灭作用，**例如：假单胞菌、大肠菌、沙门氏菌和李斯特菌**[14]。以下示例是乳过氧化物酶的潜在应用：

- 通过使用乳过氧化物酶系统杀灭鱼类病原体以提高水产养殖产量[15]
- 在牙膏配方中应用乳过氧化物酶系统活化成分（氰硫酸盐和过氧化氢）以防护口腔链球菌[16]，牙膏和漱口水中激活唾液过氧化物酶抗菌系统，可减少口腔微生物产生酸，临床研究表明可减少牙菌斑积聚、牙龈炎及早期龋齿[17]。
- 在小牛饲料中加入激活成分，旨在激活肠道LP体系，现在已取得了令人满意的结果[18]
- 在家禽屠宰中，应用LP体系来防御**空肠弯曲菌**的污染[19]
- 通过创造条件来激活LP体系，乳过氧化物酶可用于延长肉类产品的保质期
- 乳过氧化物酶可成功地用于控制酸奶在储存期间乳糖发酵和后酸化[20]
- LP体系在化妆品保存上的应用表明其具有广谱的抗细菌、酵母及霉菌等抗菌活性48[21]

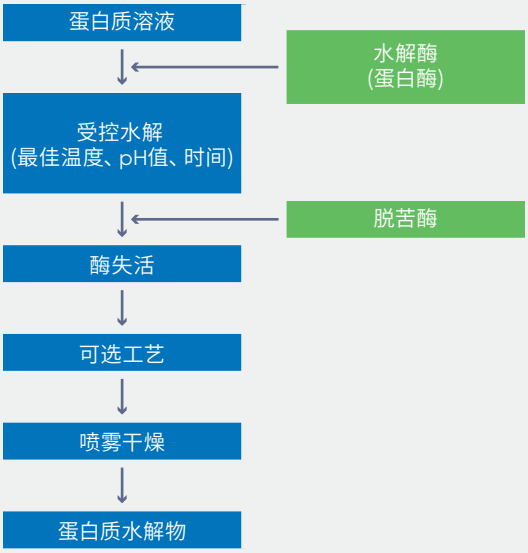
7.6 酪蛋白和乳清蛋白水解物

牛乳蛋白的酶解可产生具有独特功能性和营养特性的蛋白水解物。酪蛋白和乳清蛋白均可通过水解制成具有不同水解度的蛋白水解物。在酶解过程中，酪蛋白和乳清蛋白被分解为不同大小的肽和游离氨基酸。使用特定的酶可对水解过程中生成的肽的大小和功能性进行良好控制。含有短链肽、具有特征性氨基酸组成和定义分子大小的酶解蛋白水解物，可用于专门配方中，例如用于住院患者的营养配方。

图3表示了蛋白水解物的一般加工工艺。

14 Reiter和Harnulv（1984）
15 Kussendrager和van Hooydonk（2000）
16 Reiter和Harnulv（1984）
17 Hoogendoorn（1985）
18 Reiter等（1981）
19 Borch等（1989）
20 中田等（1996）
21 Guthrie（1992）

图3 牛乳蛋白水解物的一般加工过程



为了加工蛋白水解物，牛乳蛋白（酪蛋白，酪蛋白酸盐、乳蛋白浓缩物、乳白蛋白、乳清蛋白浓缩物、乳清分离蛋白）首先溶解于水中，将料液 pH 和温度调至适当水平（一般达到酶作用的最适温度）。然后将合适的酶按一定的比例（适合酶反应的酶/底物比率）加入到蛋白溶液中。在可控的条件下，酶切肽键产生需要的蛋白水解物。水解的蛋白一般通过诸如净化、脱味、浓缩等加工过程，最终被喷雾干燥。

蛋白酶水解导致可影响蛋白功能性的蛋白结构的诸多变化。这些变化包括：

- 降低蛋白质的分子量，因为酶可将长链多肽分解成短链肽，同时可增加肽的数量
- 当在中性到碱性pH值下水解时，因为H^+的释放可引起pH值的降低
- 当在酸性pH值下水解时，可增加pH值，因为H^+的消耗
- 增加溶解性，因为蛋白中NH_3^+和COO^-浓度的增加
- 增加疏水性残基的数量，因为蛋白聚集结构（球型）的破坏

在生产高质量蛋白水解物过程中，需要严格控制多个变量。首先需考虑的是选择合适的底物，即蛋白质。一般而言，乳清蛋白水解物使用乳清蛋白浓缩物或乳清蛋白分离物作为底物，因为这样可产生质量高、风味淡的水解物。酪蛋白水解物则使用酪蛋白作为底物。其次，选择合适的酶也很重要。所选酶必须为食品级认证酶，并按照水解所需的最佳水平（酶/底物比例）添加。蛋白水解过程中，蛋白溶液的pH会下降，因此生产过程中需要定期调整pH。一般使用氢氧化钠调节pH，但如果需要低钠水解物，可使用氢氧化钾进行pH调整。在整个工艺过程中，需要监控和控制pH、时间和温度，这有助于生产出高质量、具营养和功能性的蛋白水解物。

水解度（DH）是衡量质量的重要参数，数值越高，表示水解程度越高。水解物的选择应基于风味、水解度、生物活性和营养组成。

牛乳蛋白水解会形成疏水性苦味肽，蛋白水解物的苦味是其在食品和保健品应用中的主要障碍。苦味强度与水解物中疏水性氨基酸数量成正比。肽链中间存在脯氨酸残基也会增强苦味。能切割疏水性氨基酸和脯氨酸的肽酶对于去除蛋白水解物苦味十分重要。乳酸菌来源的氨肽酶已商品化，商标名为DebitraseTM。羧肽酶A对疏水性氨基酸具有很高的特异性，因此在去除蛋白水解物苦味方面具有巨大潜力。在生产功能性低苦味水解物时，通常需要将内切酶用于初级水解，再结合氨肽酶进行二级水解。

商业化的乳蛋白水解物具有一系列水解度和分子量大小。表9表示了商业化水解物的大致组分和功能性。

表9 乳蛋白水解物的大致组分及其潜在的功能和应用

	乳清蛋白或酪蛋白水解物			
水解度 （%）	<5	6-10	11-20	>20
蛋白质 （%）	80-92	80-92	80-92	80-92
氨基氮 （%）	1-2	1-3	1-4	3-10
pH，5% 固体	6.0-7.6	6.0-7.6	6.0-7.6	6.0-7.6
脂肪 （%）	0.1-3.5	0.1-3.5	0.1-1.0	0.1-1.0
乳糖 （%）	0.1-3.0	0.1-3.0	0.1-1.0	0.1-1.0
灰分 （%）	2.0-4.0	3.0-4.0	3.0-4.0	3.0-5.0
主要差异	改善物理功能（溶解性，乳化性，起泡性等等）	大量中肽链，易溶，高热稳定性	大量短链到中链肽，降低蛋白过敏性，低乳糖和低脂肪，低过敏性	大量二肽、三肽及氨基酸，高度热稳定性，低乳糖和低脂肪，低过敏性
潜在的食品应用	干粉和液体饮料，婴儿配方乳粉，运动和营养品	高蛋白饮料和干粉，食用干粉补品，婴儿、运动和肠道营养配方	低过敏源的婴儿的配方，运动和肠道营养品，高蛋白配方	医疗和临床营养品，低过敏源的婴儿的配方，运动营养品，低乳糖产品

蛋白水解物: 功能和应用

乳蛋白水解物具有以下生物活性或生理功能性:

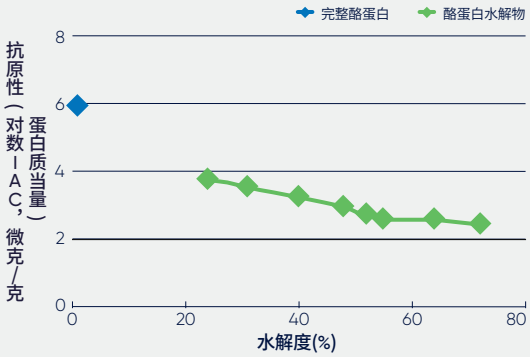
- 降低过敏性和抗原性
- 增强蛋白吸收
- 释放生物活性肽

降低过敏性

由于人奶和牛乳的蛋白质组成不同,用牛乳喂养人类新生婴儿会引起过敏反应。将牛乳蛋白水解成较小的肽降低了过敏反应的风险,并允许在婴儿配方中使用水解产物作为人乳蛋白的替代品,特别是对于不能耐受完整乳蛋白的婴儿。乳蛋白水解产物也适用于替代成人营养配方中的完整蛋白,其中需要降低过敏性。蛋白质的抗原性,即其诱导过敏反应的能力,与蛋白质的大小、氨基酸序列以及二级和三级结构的存在有关。水解产物的抗原性可以通过酶联免疫吸附(ELISA)抑制试验来测量,该试验测量免疫活性蛋白的量。完整酪蛋白显示出免疫活性酪蛋白(IAC)的高值,为106μg/克蛋白质当量(图3)。增加水解度可将该值从106降至103μg/g或更低,如图4中酪蛋白水解物所示。

可从降低致敏性中获益的食品应用包括:婴儿配方奶粉、成人营养配方、等渗运动配方、肠内营养配方以及医疗营养配方。

图4 酪蛋白和酪蛋白水解物的致敏性[22]



增强蛋白吸收

根据水解程度、酶的类型和水解过程中的条件,可以从乳蛋白中获得一系列肽。肽片断大小的降低通常可导致肽吸收的增强。包含在乳蛋白水解物中的大部分二肽和三肽比游离氨基酸更容易被吸收,其吸收速度也比完整蛋白更快。这点对那些想让肌肉吸收最大量的氨基酸的运动员和吸收系统受损的患者来说是至关重要的。

释放生物活性肽

乳蛋白的水解可产生生物活性肽,它们通常隐藏在蛋白分子的聚集结构内。乳蛋白水解物包含许多生物活性肽,比如抗高血压肽。一些肽的抗高血压效应与血管紧张素转换酶(ACE)的抑制有关。ACE的活性主要是通过将血管紧张素I转变为血管紧张素II和血管舒缓激肽的降解而导致了血压升高。血管紧张素II是一种能引起血管收缩的肽,而血管舒缓激肽是一种能引起血管舒张的肽。例如,通过乳蛋白水解物中的肽对ACE的抑制,可导致血压降低。

22 Mahmoud等(1992)

牛乳衍生肽

乳蛋白肽是由乳蛋白水解制成的。研究表明，它们有许多生理益处，包括通过与身体控制血压的自然机制合作来帮助控制血压。乳肽仅在血压高于正常值时降低血压，旨在供已接受饮食和生活方式建议来控制血压的人使用。乳肽不能替代降压药。乳肽天然存在于一些奶酪中，如荷兰高达奶酪和熟化的切达奶酪，但含量太少，没有用。

研究已经从乳蛋白中鉴定出几种生物活性肽，然而，只有少数公司将乳衍生肽商业化。该领域的领先公司之一是DMV International（**dmv - international.com**）。另一家公司Calpis一直在销售品牌名称为Ameal™的牛乳肽，可作为食品补充剂。Ameal™是添加到一些乳饮料中的特殊乳肽，如Flora Pro Active血压每日剂量饮料，每日服用有助于控制血压，作为健康饮食的一部分。

牛乳衍生肽商业化的主要障碍之一仍然是提取成本高，以及在大多数监管环境下无法做出健康声明。随着企业寻求高附加值、高回报的乳制品成分，以及健康声明法规的简化，预计很快乳肽将会有更多的创新和商业化。

7.7 乳矿物质

钙和磷是骨骼和牙齿生长发育所需的主要矿物质。膳食中钙缺乏现象十分普遍，人们对这种缺乏的认识促使许多食品进行钙强化，包括早餐谷物和果汁。尽管消费者认为牛乳和乳制品是最丰富的钙来源，但许多人为了减少饮食中的脂肪摄入，或由于乳糖不耐受而限制了乳制品的摄入。商业乳矿物复合物是从奶酪乳清中，去除蛋白（制成蛋白浓缩物）和乳糖（制成乳糖粉）后获得的。乳矿物质是钙的丰富来源，用于食品和饮料产品的钙强化。一种典型商业乳矿物产品（乳钙）含钙24%，其组成见表10。

表10 含有24%钙的乳矿物质的典型组成

组分	每百克含量
水分(游离和结合水) (g)	10.0
蛋白质 (g)	5.0
脂肪 (g)	1.0
乳糖 (g)	5.0
灰分 (g)	78.0
钠 (g)	0.5
钾 (g)	0.15
钙 (g)	24.0
镁 (g)	0.8
磷 (g)	13.7
磷酸盐形式的磷 (g)	39.0
氯化物 (g)	0.20
铁 (mg)	11.0
铜 (mg)	0.1
锰 (mg)	1.0
锌 (mg)	48
碘 (ug)	20



乳矿物质: 功能和应用

乳矿物质中的钙是一种高生物活性磷酸钙，它是天然乳钙的复合体。饮食中钙的摄入量与骨质松散症和机体功能有关，诸如细胞功能的调节、神经传导、肌肉收缩和凝血等。乳矿物质富含钙，并且研究已表明乳钙具有以下生物功能性：

- 预防骨质松散症、促进骨骼和牙齿的健康生长[23, 24]
- 控制血压和心血管病[25, 26]
- 减轻高血压的影响[27]
- 预防结肠癌[28]控制体重增加和肥胖[29, 30]

乳矿物质的推荐应用包括：

- 乳制品，诸如调制奶、风味奶、酸奶和奶酪
- 营养和功能食品，诸如运动饮料和成年人饮料、减肥品和运动能量棒
- 焙烤食品，诸如面包和蛋糕
- 糖果制品
- 谷类早餐
- 方便食品，诸如汤、酱料和冷冻甜点
- 补充食品，诸如胶囊和药片

23 Cadogan等。(1997)
24 Murphy等。(1994)
25 McCarron和Reusser (1999)
26 Miller等。(2000)
27 Hatton和McCarron (1994)
28 Holt (1999)
29 Zemel等。(2000)
30 Davies等。(2000)



乳钙

几家乳制品公司目前正在提供由乳清或超滤后的牛乳渗透物制成的乳钙。乳钙正在成为食品工业中日益重要的钙补充来源。公认的众多健康益处，膳食钙已被证明对骨质松散症、健康骨骼和牙齿、高血压甚至某些癌症有积极作用。钙摄入量和每日推荐摄入量（RDI）之间的差距比以前认为的要大得多。乳钙一般以乳矿物形式存在，钙含量约为24%。与其他钙源相比，其优势在于被认为是天然的，且具有中性口感和淡味。乳钙有助于生产商设计出具备“纯净标签”和天然形象的产品。一些钙供应商还提供不同粒径的产品以满足不同应用需求。乳钙的主要应用包括饮料和饮品的钙强化。

乳钙的主要应用之一现已用于体重控制产品。若在该市场取得成功，将为乳业带来可观利润，因为该市场预计将很快显著增长。

α乳清蛋白

一些乳制品公司使用离子交换技术从奶奶酪清中分离出α-乳清蛋白，并开发出富含α-乳清蛋白的成分。美国Davisco食品公司（**daviscofoods.com**）一直在销售富含色氨酸的α-乳清蛋白，因为它能够通过提高警觉性来改善睡眠和清晨的表现。

Markus等人（2005年）进行的一项研究[31]表明，与安慰剂饮食相比，晚上摄入富含α-乳清蛋白的标准饮食后，血浆色氨酸增加了130%。

这伴随着第二天早上嗜睡减少和与任务相关的大脑活动增加，这表明由于更好的睡眠提高了警觉性。

胶束酪蛋白

以胶束形式存在的高浓度酪蛋白，可为利用天然高钙含量胶体酪蛋白的乳蛋白创造新的应用机会。Kerry Ingredients最近推出了名为Micellnor™的胶束酪蛋白，专门开发用于运动营养和减肥应用。根据Kerry的说法，Micellnor™在体内产生正氮平衡，并促进饱腹感。缓慢的氨基酸释放促进肌肉生长和恢复，从而防止肌肉分解。缓释原理保证了酪蛋白在胃中凝结聚集。这导致蛋白质消化缓慢和延长。Kerry Ingredients Micellnor™声称是一种天然的胶束酪蛋白产品，使用膜过滤技术的专有组合从脱脂牛乳中生产。

31 Markus，CM，Lisa M Jonkman，Jan HCM Lammers，Nicolaas EP Deutz，Marielle H Messer，and Nienke Rigtering（2005）。《晚上摄入α-乳清蛋白可以增加血浆色氨酸的利用率，提高早晨的警觉性和大脑的注意力》《美国临床营养杂志》2005；81：1026–33

7.8 乳蛋白浓缩物——生产和成分概述

乳蛋白浓缩物(MPC)产品是指喷雾干燥的浓缩乳蛋白产品,与脱脂乳粉相比,MPC含有更高水平的酪蛋白和乳清蛋白,以及更低含量的乳糖。

通用术语MPC是指由以下方法生产的乳蛋白浓缩物:

- 酪蛋白(酪蛋白酸盐)和乳清蛋白(乳清粉或WPC)的混合物
- 酪蛋白和乳清蛋白的共沉淀,或
- 对脱脂乳进行超滤以提高蛋白浓度,然后进行喷雾干燥

由这三种方法制成的MPC产品显示出相当不同的功能性,并适用于一系列食品应用(见表11)。蛋白质的混合以干燥或液体形式进行,以获得具有特定蛋白质、乳糖和矿物质特性的MPC。

当通过干混蛋白质(例如酪蛋白酸盐和WPC)制备MPC时,该产品比通过共沉淀或超滤制备的产品具有更少的均一功能性。在共沉淀过程中,在有或没有添加钙的情况下加热脱脂乳(80-85°C, pH 6.0-6.4),随后酸化,导致酪蛋白-乳清蛋白相互作用和酪蛋白胶束的解离。通过将pH值调节至7.0,蛋白质重新溶解。

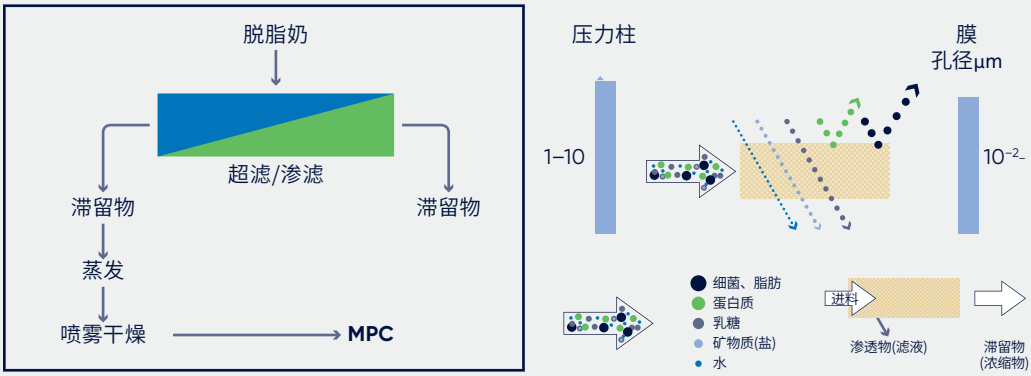
在澳大利亚,MPC通常指通过超滤(UF)工艺生产的产品。

超滤过程使用分子量截断约为10,000道尔顿的半透膜,以浓缩酪蛋白和乳清蛋白(见图5)。生产蛋白质含量超过65%的MPC通常需要增加洗滤步骤,以去除多余的乳糖和矿物质。洗滤是指向截留液中加入水稀释,然后通过超滤将水作为透过液去除,从而将更多乳糖和可溶性矿物质排出到透过液中。

表11 MPC生产方法比较

	混合生产MPC	共沉淀生产MPC	超滤法生产MPC
起始材料	酪蛋白(如酪蛋白酸盐)和乳清产品(如WPC)	脱脂乳	脱脂乳
工艺	干混或湿混	含钙或不含钙的低pH脱脂乳的热沉淀和再溶解至中性pH	超滤,有或没有渗滤
酪蛋白/WP比率	可变	80: 20	80: 20
酪蛋白胶束状态	胶束离解成酪蛋白聚集体	胶束离解	主要是天然胶束酪蛋白
乳清蛋白的状态	大多未变性	变性	大多未变性
酪蛋白乳清蛋白相互作用	没有相互作用	酪蛋白乳清蛋白通过二硫键的相互作用	酪蛋白和乳清蛋白之间很少或没有相互作用
钙浓度	低	高钙共沉淀介质	中到高

图5 浓缩乳蛋白的简化工艺图



超滤–《乳制品加工手册》

商业上，MPC通常按其蛋白质含量百分比分类，例如MPC 56指蛋白质含量为56%的MPC。商业乳蛋白浓缩物的典型组成见表12。

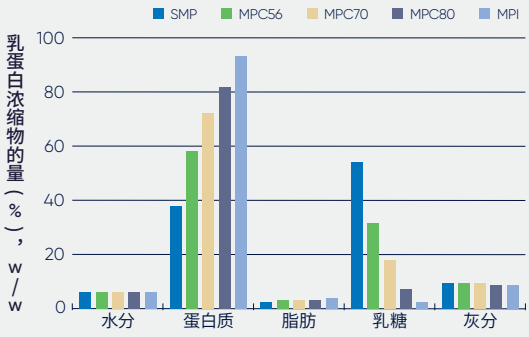
表12 浓缩乳蛋白的典型成分

	每百克含量				
分类	脱脂粉	MPC56	MPC70	MPC80	牛乳分离蛋白(MPI)
水分 (g)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
蛋白质 (g)	36	56	70	80	90
脂肪 (g)	0.8	1.2	1.3	1.7	2.5
乳糖 (g)	52	30	16	5.5	0.9
灰分 (g)	8	7.6	7.5	7.3	7.1
钠 (mg)	450	400	200	120	30
钾 (mg)	1640	1000	800	380	200
钙 (mg)	1250	2000	2100	2200	2200
磷 (mg)	1050	1200	1400	1400	1400
氯 (mg)	600	550	350	80	50

图6给出了MPC的总体组成比较。如图6所示，随着蛋白质浓度的增加，乳糖浓度相应降低。尽管矿物质总量变化不大，但随着蛋白质浓度的增加，矿物质的种类会发生变化。

胶体矿物质的含量逐渐增加（由于酪蛋白胶束浓度增加），而水溶性矿物质（如氯化物和钾）的含量则减少。

图6 MPC的主要成分比较



MPC的功能性和应用

MPC是宝贵的蛋白产品，适用于多种食品应用。附录1总结了基于功能性和应用的MPC选择标准。

溶解性

MPC的溶解性取决于蛋白质浓度、温度以及混合过程中施加的剪切力。随着MPC蛋白质浓度的增加，其溶解性会略有降低，但这可通过在高温下溶解MPC、给予蛋白更多时间稳定以及调整混合条件来轻松解决。对高蛋白MPC进行均质处理可显著改善其溶解性。目前市场上也有溶解性改善的高蛋白MPC产品。

良好的溶解性对MPC在干混及液体营养饮品（如婴儿配方奶粉和肠内营养配方）、乳制品（如复原乳、冰淇淋、酸奶和奶酪）以及其他干混产品（如汤料和肉汁）中的应用至关重要。由于MPC中存在酪蛋白胶束且其可凝乳，MPC是奶酪用乳强化的首选。良好的室温溶解性是MPC用于奶酪用乳扩充的重要特性。溶解性差的MPC如果处理不当，可能会产生“颗粒”缺陷。在正常混合条件下，MPC56是扩充乳固体的优良原料，但改进了冷水溶解性的高蛋白MPC也可使用。

水结合能力和黏度

由于蛋白质含量高，MPC具有较高的结合水能力。对于高溶解性的蛋白浓缩物，蛋白质含量的增加也会提高蛋白分散液的黏度。MPC的结合水和黏度特性在多种食品中具有应用价值，包括肉类乳化制品、汤料和肉汁。

凝胶形成与结构构建

MPC在奶酪用乳强化（奶酪用乳扩充）中有重要应用。MPC中存在的酪蛋白胶束在凝乳过程中尤为有用，因为酪蛋白胶束在奶酪用乳中表现得如同酪蛋白，有助于快速形成奶酪凝块。MPC的凝胶相关功能性可增强奶酪生产过程中凝乳凝胶的硬度。良好的分散性和溶解性始终是MPC用于奶酪用乳扩充的重要标准，因为MPC中的酪蛋白胶束需要被凝乳酶（凝乳酶）凝固。如果MPC溶解性差，奶酪中会出现“颗粒”等不良质构，该奶酪的熟化也会受到影响。用于奶酪用乳扩充的首选MPC为MPC56和MPC70，因为它们通常具有所需的功能特性，如酪蛋白胶束水合、溶解性以及凝乳凝胶形成能力。

热稳定性

MPC制成的分散液具有很高的热稳定性，含MPC的配方可进行杀菌处理（121°C，16分钟）或超高温（148°C，3秒）处理。MPC的高热稳定性使其特别适用于液体营养饮品的生产，如婴儿配方奶粉和肠内营养配方。对于营养配方，通常优选低乳糖或无乳糖的MPC。可受益于MPC高热稳定性的商业产品示例包括复原UHT牛乳，以及采用UHT或杀菌处理生产的婴儿配方奶粉和肠内营养配方。

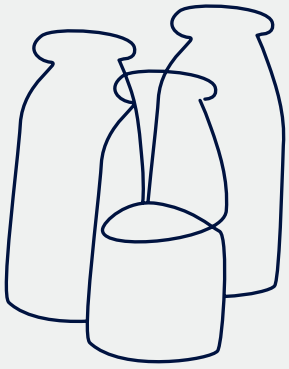


乳化性

MPC中的乳蛋白具有优良的乳化性能，有助于形成油-水乳化体系，这对肠内营养配方和营养饮品等产品十分重要。在低乳糖或无乳糖的蛋白基肠内营养饮品及其他营养饮品中，可成功使用MPC85或MPI。这类配方在经受超高温处理或杀菌处理时，具有良好的热稳定性和乳化稳定性。MPC乳化性能的推荐食品应用包括复原乳制品、婴儿配方奶粉以及需要油-水乳化的营养饮品。

起泡和搅打特性

MPC具有优良的起泡和搅打性能，这源于其酪蛋白胶束与乳清蛋白含量比例与牛乳相似。MPC可成功用于冰淇淋、搅打奶油和天使蛋糕等产品的泡沫形成及泡沫稳定。



MPC产品：应用和使用水平

MPC在食品应用中的使用水平取决于多种因素，例如应用类型、所需成分组成、营养和功能要求，以及预期的加工条件。表13列出了MPC产品的应用及使用水平。

表13 MPC产品–应用和推荐使用量

应用	MPC56	MPC70	MPC80	牛乳分离蛋白(MPI)
乳制品				
重组乳（包括巧克力奶）	4-6	4-6	3-5	2-4
奶酪生产用蛋白强化剂	0.8-1.0	0.7-0.9	0.6-0.8	0.5-0.7
冰淇淋	1-2	1-2	0.5-1.5	0.5-1.5
酸奶	2-5	2-5	1-3	1-3
重组奶酪	2-5	2-5	2-4	1-3
焙烤制品和糖果				
面包	2-3	1-3	1-2	1-2
蛋糕	3-5	2-5	1-3	1-3
饼干	3-5	1-3	1-2	1-2
巧克力	2-3	1-2	1-2	1-2
甜点	2-3	2-3	1-2	1-2
肉制品				
香肠	2-4	2-3	1-2	1-2
鱼酱	2-5	2-4	1-2	1-2
方便食品				
调味酱汁	2-4	2-3	1-2	1-2
汤/肉汁	1-4	1-4	1-2	1-2
沙拉佐料	1-2	1-2	–	–
营养食品				
婴儿配方食品（液态）	3-5	2-4	1-2	1-2
肠内进食配方食品（液态）	–	3-6	2-5	2-4
运动饮料	–	2-8	1-6	1-6
运动能量棒	2-8	2-8	1-6	1-6
干混产品(包括固体营养饮品)	15-30	15-30	8-15	4-10

7.9 常见问题解答

初乳

1. 什么是初乳?与常乳的区别是什么?

初乳是母牛在产犊后24-36小时内分泌的第一批牛乳，是新生小牛的第一种天然食物。初乳不仅含有脂肪、蛋白质、碳水化合物、维生素和矿物质等营养物质，还含有在普通牛乳中含量极少的多种生物活性成分。初乳中最重要的生物活性成分是生长因子和抗菌因子，可帮助预防感染。

2. 什么样的小牛能够从带有初乳的饮食补充品中获益?

对于无法获得母牛初乳的小牛，建议补充初乳。那些出生后过于虚弱而无法站立和吮吸的小牛，可从初乳中获取大量免疫球蛋白和其他生长因子，从而获益。

糖巨肽 (GMPS)

1. 为什么糖巨肽可作为一种“控制体重”成份?

研究表明，GMP可刺激十二指肠合成并释放胆囊收缩素（CCK）。在消化过程中，CCK引发的两个重要生理作用是：促使胰腺释放消化酶，以及促使胆囊/肝胆管收缩和排空。胰腺消化酶对于脂肪、蛋白质和碳水化合物的完全消化至关重要，因此可实现食物的全面营养利用。CCK的作用还包括通过减慢肠道蠕动速度，从而减缓整个消化过程，使消化酶有更多时间作用于其各自的底物，这使得在相同消化负荷下吸收更为完全。

实际上，GMP作为食欲抑制剂被关注，用于与其他食物配合使用。原因在于，它通过减慢消化速度，使人在餐后更长时间感到“饱腹”（饱腹效应），从而可能减少两餐之间的进食。这一作用在饮食中可能发挥“体重控制”功能。

2. 什么是PKU以及为什么GMP适合于PKU患者?

苯丙酮酸尿症（PKU）是一种罕见的代谢紊乱遗传病。患有PKU的人由于缺乏利用苯丙氨酸所需的酶，因此无法利用必需氨基酸苯丙氨酸及其衍生物。因此，吃普通饮食的PKU患者会积累大量的苯丙氨酸，这就会引起中枢神经系统的中毒，也可能会损伤大脑。建议这些患者服用特殊的可提供充足蛋白的低苯丙氨酸食品。高质量的糖巨肽是PKU患者食品中的理想成份，因为它几乎不含苯丙氨酸。

乳铁蛋白

1. 在配方食品中，可加入多少乳铁蛋白?

在食品中添加乳铁蛋白通常是基于所需的铁含量。所需铁含量可能从婴儿配方奶粉的每100毫升1毫克，至运动配方的每100毫升7毫克不等。

2. 乳铁蛋白是怎样来改善肉制品的保质期的?

2002年，活性乳铁蛋白在新鲜牛肉上的应用已得到了美国农业部（USDA）的认可。活性乳铁蛋白或乳铁蛋白多肽，是乳铁蛋白的一种胃蛋白酶水解物。与乳铁蛋白相比，乳铁蛋白活性多肽具有更高的抗菌活性。研究已表明，这种活性形式可使新鲜牛肉抵抗大肠杆菌0157：H7、**沙门氏菌、空肠弯曲菌**及30多种其它类型的病源菌。这种活性乳铁蛋白可阻止病原菌附着于肉表面，并抑制其生长。

3. 乳铁蛋白加入到酸性饮料，比如饮用酸奶和运动饮料中的最好方法是什么？

乳铁蛋白的一个重要特性是其适用于低pH应用。乳铁蛋白在低pH条件下稳定，可在预热处理后、发酵后或与果料混合时加入饮用型酸奶中。在水果酸奶中，乳铁蛋白可在牛乳热处理后与发酵剂一起加入，或与果料一起加入。

4. 乳铁蛋白的主要生物活性特性是什么？

乳铁蛋白的主要生物活性特性在于它结合铁离子的能力。这些特性包括：

- **抗菌特性：**乳铁蛋白可结合并消耗环境中的铁，从而限制细菌的生长。胃中的胃蛋白酶作用可将乳铁蛋白转化为乳铁蛋白肽，其对致病菌和酵母菌具有广泛的抑制作用。此外，有报告表明乳铁蛋白可直接干扰细菌细胞表面，从而杀灭敏感微生物。
- **抗病毒特性：**乳铁蛋白可能通过抑制病毒吸附至哺乳动物细胞，从而防止病毒感染细胞。
- **免疫调节特性：**在微生物感染过程中，乳铁蛋白可提供抗炎作用和支持。

5. 乳铁蛋白的主要应用是什么？

澳大利亚乳铁蛋白的潜在食品应用包括功能性食品、饮料、运动配方、婴儿配方奶粉、保健补充剂以及动物饲料。在食品应用中，乳铁蛋白可提供多种健康益处，如抗病毒和抗菌活性、增强免疫力以及抗氧化活性。乳铁蛋白还可用于化妆品和口腔护理产品，利用其抗菌和抗病毒特性。

- 运动和婴儿配方产品
- 口香糖
- 漱口药和牙膏
- 兽医和饲料
- 天然食品防腐剂。

乳铁蛋白的添加量范围为每100克产品10-100毫克。这一广泛的应用范围需要了解如何有效添加这种生物活性成分，并预测其在加工、储存和使用过程中的生物活性。

6. 热处理比如巴氏杀菌是如何影响乳铁蛋白活性的？

乳铁蛋白对热敏感，热处理会影响其生物活性。然而，含乳铁蛋白的配方可在常规巴氏杀菌温度下进行杀菌处理，即72°C，16秒，其生物活性损失少于5%。尽管巴氏杀菌对活性的影响极小，但加工过程中若进行过度热处理，则会降低其生物活性。

乳过氧化物酶（LP）

1. 如何应用乳过氧化物酶来保存肉？

当与硫氰酸根离子（SCN^-）和过氧化氢（H_2O_2）结合使用时，乳过氧化物酶可提供抗细菌、防腐的作用。在这个复合物中，三种成份形成的体系称为乳过氧化物酶体系。这种氧化反应的产物是亚硫氰酸根离子（$OSCN^-$），OSCN-通过氧化蛋白中的主要巯基来抑制细菌代谢。

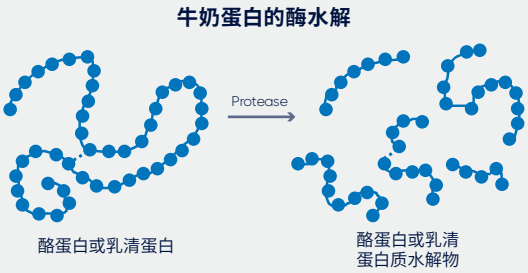
LP体系的防腐作用包括三种成份的应用：

- 每千克肉中，乳过氧化物酶粉末的酶浓度范围为1-20 mg
- 每千克肉中（以SCN-计），硫氰酸钠或硫氰酸钾的浓度范围为5-40 mg
- 过氧化氢（H2O2）来源（使用葡萄糖氧化酶在体系内生成，葡萄糖氧化酶在一些国家被批准作为加工助剂，使用浓度为肉类的5-50毫克/千克）。

蛋白水解物

1. 什么是乳蛋白的酶水解?它是怎样来实现的?

酶水解是指通过蛋白酶或肽酶将蛋白分子降解成小肽和氨基酸，如下图所示。



乳清蛋白水解物的生产过程中，将乳清蛋白浓缩物（WPC）或乳清蛋白分离物（WPI）配制成分散液，并调节至与水解酶最适作用条件相匹配的温度和pH。然后加入酶，并使其与蛋白作用规定时间。有时会添加一种以上的酶，以优化水解过程中的风味和肽的最佳分子大小。水解完成后，通过热处理等方法使酶失活，并对乳蛋白水解物进行巴氏杀菌处理。随后对水解物进行过滤、澄清、浓缩和喷雾干燥等处理，以制成水解物粉末。

2. 与未水解蛋白相比，酶蛋白水解物和肽类的优点是什么?

与全蛋白相比，使用乳蛋白水解物和肽有三个主要好处：

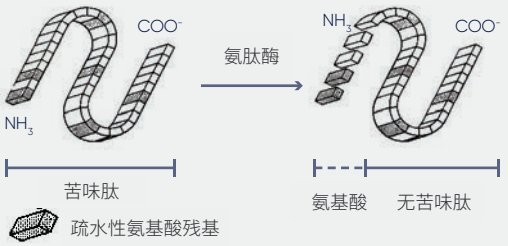
- 蛋白质的消化率提高，可为消化功能受损的人群提供易于消化的必需氨基酸。
- 与完整蛋白相关的致敏性降低，这对对乳蛋白过敏的婴儿或成人尤其有益。
- 氨基酸的整体吸收率提高，因为在水解物中氨基酸已被预先消化成肽和游离氨基酸。这对存在负氮平衡风险、需要更快吸收氨基酸的运动人群尤其重要。

3. 为什么有些蛋白水解物尝起来是苦的?以及如何降低商业化蛋白水解物的苦味?

蛋白水解物在广泛应用中的主要障碍之一是部分产品的不良苦味。苦味来源于寡肽，这些寡肽是在内肽酶水解天然蛋白过程中形成的。当水解达到一定程度，肽的分子量在1,000至5,000道尔顿之间，且含有较高比例的疏水性氨基酸（亮氨酸、异亮氨酸、脯氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸）时，就会产生苦味。几乎所有含有这些氨基酸的肽都倾向于产生苦味，且苦味强度与疏水性氨基酸数量和肽分子大小成正比。根据这类氨基酸在蛋白总量中的比例，可以预测水解过程中形成苦味肽的趋势。由于酪蛋白中疏水性氨基酸含量高于乳清蛋白，酪蛋白水解物即使在低水解度下也会产生苦味。

商业上已经可以得到低苦或无苦味的蛋白水解物。试图去除苦味的方法包括活性炭的吸附、离子交换树脂的结合、蛋白重组或风味掩蔽，但是因为技术或经济的原因，多数方法已放弃使用。目前应用最成功的方法是外肽酶仅从蛋白分子的N-末端（氨肽酶）或C-末端（羧肽酶）来降解，从而获得小肽片断或氨基酸。氨肽酶如脱苦酶TM（Debitrase™），可从肽链的N-末端移走单个或成对的氨基酸，从而得到无苦的肽（如下图）。

图8 氨肽酶的脱苦作用[32]



在水解时，让蛋白酶和氨基肽酶同时作用可减少苦味。在这种情况下，呈现苦味这一点的蛋白水解程度要比单用蛋白酶时高。另外，有两步过程可用于减少水解物的苦味。在这两步工艺中，允许传统的蛋白酶作用于第一步，使降解度超过苦味出现的点。在第二步中，氨基肽酶可被用来降解苦味肽。尽管具有天然外肽酶活性的蛋白酶已能显著推迟产生不良苦味的程度，但纯氨肽酶可将这一程度进一步推迟，并将苦味降低至极低水平。

4. 如何改善蛋白水解物的乳化特性？

因为通过水解过程可将蛋白质大分子分解成小分子多肽，蛋白质的两亲性降低，从而降低了其乳化脂肪的能力。通过对乳化条件的恰当控制和选用合适的乳化剂仍可生产出稳定的乳化液，如含蛋白水解物的婴儿和成人营养配方食品。通常必须结合以上两种方法才能获得可耐受高温处理的稳定乳化液。

5. 什么是ACE-I活性以及蛋白水解物和肽对高血压患者是怎样发挥有益作用的？

血管紧缩素转换酶（ACE）是一种参与调节血压的关键酶。ACE抑制剂（ACE-I）是通过抑制血液中非活性形式的血管紧缩素（血管紧缩素I）转换成活性形式的血管紧缩素（血管紧缩素II）而起作用的。血管紧缩素II在血管收缩上是非常有效的，可导致血压升高（也叫高血压）。在发达国家，高血压是人类死亡的最重要的原因。高血压可影响80%的糖尿病患者，也是代谢综合症的主要危险特征。蛋白组分，比如含有ACE-I活性的水解物和肽，有助于降低高血压及相关疾病的威胁。

6. 支链氨基酸(BCAAs)的重要性是什么?那种蛋白质的BCAAs含量高？

支链氨基酸（BCAAs）是亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。它们被认为是必需氨基酸，因为如果饮食中缺乏这些氨基酸人类将不能存活。这些氨基酸通常对于运动员尤其有用。支链氨基酸对维持肌肉组织和保护肌肉储存糖原是必需的（糖原是碳水化合物的一种储存形式，可被转换成能量）。在锻炼的过程中，支链氨基酸还有助于预防肌肉蛋白的降解。

32 Pawlett D和Bruce G（1996）

在持续运动过程中，肌肉中的支链氨基酸（BCAA）被用作能量和氨（NH3）的来源。随后游离色氨酸与BCAA的比例增加，被认为会提高色氨酸用于合成血清素的可利用性。这可能导致嗜睡，并增加维持运动所需的精神努力。因此，在运动前和运动期间补充BCAA可能会延缓疲劳并改善运动表现。研究表明，定期补充BCAA可通过阻止色氨酸进入大脑来预防中枢性疲劳。然而，这一发现仍需要更多研究加以支持。来源于酸性乳清的乳清蛋白产品所含BCAA高于奶酪乳清来源的产品。

乳矿物质

1. 与其他钙盐如碳酸钙和磷酸钙相比，使用乳钙的优点是什么？

市场上有多种包括那些非乳来源钙在内的钙源可供使用。乳钙是百分之百来源于牛乳天然钙源。除钙之外，乳钙还含有蛋白质和其它的营养成分，如其它非乳钙盐中所没有的矿物质。乳钙的风味也要优于其它钙盐。乳钙的吸收被认为要优于其它的钙源，因为它与其它矿物质如磷一起存在，而磷是骨骼代谢所必需的。乳钙含有的钙/磷比率大约为1.7，这被认为是适合骨骼吸收的（合适范围为0.2–2.0）。

2. 乳钙比其它钙盐容易被被利用吗？

已有一些临床试验研究了乳钙的生物利用率。虽然乳钙具有生物可利用性，但研究并未证实乳钙的生物学利用率显著高于其他钙源。钙的生物利用率受许多因素的影响，包括钙摄入水平、维生素D的状态、肌醇六磷酸、草酸盐、咖啡因、脂质、磷酸肽、蛋白质、乳糖及磷等。一篇关于钙和骨骼健康的综述表明，乳钙对于骨骼健康是有积极的效应并可预防骨质松散症[33]。乳钙的风味通常要优于其它钙盐。

3. 怎样才能避免存在于液态饮料比如营养饮料中的乳矿物质沉淀？

两种方法可被用来优化乳矿物质在液体饮料中的使用：

- 使用微粉化乳矿物质并控制其黏度。饮料中粒子的沉淀是受粒子的运动影响的，而且可通过斯托克定律（Stokes Law）来粗略预测。据此，粒子的运动速率与粒子直径、粒子与周围介质的密度差等成正比，而与液体的黏度成反比。因此通过降低粒子大小（通过微粉化）和增加黏度（使用一种稳定剂），可以减缓乳矿物质的分离沉淀速度。
- 选用合适的亲水性稳定剂可在配方产品中产生微弱的三维网状结构和屈服张力。屈服张力应控制在刚好保持住矿物质，而过高的屈服张力会赋予产品不良外观（胶状结构）。

33 Kun等。（2001）

乳蛋白浓缩物(MPC)

1. 使用MPC比SMP有什么优势?

MPC含有的酪蛋白和乳清蛋白比例几乎与脱脂乳相同(即80%酪蛋白和20%乳清蛋白)。因此,MPC中的蛋白质具有与脱脂乳粉相似的功能特性。在需要低乳糖的复原乳型产品应用中,MPC可替代脱脂乳粉使用,因为MPC的乳糖含量远低于脱脂乳粉。根据所生产的产品类型,使用MPC的配方有时比使用脱脂乳粉更适合且更具成本效益。

2. MPC和酪蛋白酸盐、钠和钙有什么区别?MPC能否在食品应用中替代酪蛋白酸盐?

MPC和酪蛋白酸盐之间的主要区别在于酪蛋白的状态和所用乳清蛋白的量。MPC中的酪蛋白以酪蛋白微团的形式存在,而在酪蛋白酸钠中,酪蛋白是"无规卷曲"聚集体。在酪蛋白酸钙中,它们作为钙连接大聚集体(有时称为人工胶束)存在。MPC还含有与牛乳中相同比例的乳清蛋白,而酪蛋白酸盐不含乳清蛋白。在大多数应用中,酪蛋白酸盐可被MPC代替。

3. MPC的主要应用是什么?

由于蛋白成分结构基本未改变,这些产品在乳制品和营养食品中的应用正不断扩大。MPC可作为脱脂乳粉、酪蛋白酸盐或乳清蛋白浓缩物(WPC)的替代原料。与脱脂乳粉相比,MPC乳糖含量更低,蛋白质比例更高,且酪蛋白与乳清蛋白比例几乎与脱脂乳粉相同。乳蛋白浓缩物特别适用于复原白干酪、奶油奶酪抹酱以及fromage frais和Labneh等新鲜奶酪。在复原奶酪中,由于MPC56蛋白质含量高而乳糖含量低,可免除传统奶酪制造过程中乳清排放与处理的需求。因此,这些产品可在现有复原设备上生产,无需专用奶酪加工设备,还可减少复原阶段的用水量。MPC亦适用于蛋白质含量要求较高的营养饮品或特殊膳食配方(如肠内营养配方)。

4. 哪些因素会影响MPC在奶酪应用中的功能性?

MPC在奶酪用乳中功能性的主要影响因素是其溶解性和水化性。MPC在奶酪用乳中溶解性差会导致在奶酪结构中形成干燥的凝胶状颗粒。因此,针对该应用需要选择溶解性高的MPC。MPC中酪蛋白胶束的充分水化可使其参与凝乳酶诱导的凝胶形成及奶酪结构构建。MPC在室温下的溶解性可通过加热或对MPC分散液进行均质处理,并给予蛋白更多时间进行水化和稳定化来改善。



7.10 术语表

ACE - I (血管紧缩素转换酶-I)

血管紧缩素转换酶 (ACE) 是一种参与调节血压的关键酶。ACE抑制剂 (ACE-I) 是通过抑制血液中非活性形式的血管紧缩素 (血管紧缩素I) 转换成活性形式的血管紧缩素 (血管紧缩素II) 而起作用的。血管紧缩素II 在血管收缩上是非常有效的，可导致血压升高 (也叫高血压)。在发达国家，高血压是人类死亡最重要的原因。

抗菌剂

抗菌剂是能够抵抗细菌感染和增强免疫的生物活性组分。牛乳中抗菌剂包括生长因子、乳铁蛋白、乳过氧化物酶和溶菌酶等。

抗氧化剂

抗氧化剂是一种可防止其他化学物质被氧化的化合物。在生物体系中，正常的氧化过程 (以及少量电离辐射的作用) 会产生高度活泼的自由基。自由基可迅速与其他分子和体细胞发生反应并造成损伤。

生物活性

食品组分的生理功能作用被称做生活活性。生物活性的示例包括牛乳中肽的抗高血压活性、乳铁蛋白的抗菌和免疫增强特性。

酪蛋白水解物

通过酶水解酪蛋白或奶酪素而获得的酪蛋白肽。

初乳

初乳是小牛出生后奶牛所产的第一批奶。初乳中富含幼畜所需的抗体、生长因子和营养素，也能为新生儿提供被动免疫，从而抵抗各种微生物的感染，尤其是那些胃肠道微生物的感染。

酶联免疫吸附法 (ELISA)

酶联免疫吸附法 (ELISA) 是用于检测存在于许多生物样品中的抗原或抗体的一种灵敏度很高的实验方法。ELISA方法可用于检测乳蛋白和其水解物的抗原性。

功能食品

功能性食品是指除基本营养之外还能提供健康益处的食品及食品成分。功能性成分可以是天然存在的 (如西兰花)，也可以来自膳食补充剂 (如维生素和矿物质)，或以强化形式添加于食品中 (如健康饮品)。

生长因子

生长因子是存在于初乳、常乳和乳清中的生物活性物质。生长因子是许多细胞功能的关键调节因子，并参与调控组织生长和修复。大量研究已证实，生长因子可广泛应用于临床医学和生物技术中。常见的生长因子有类胰岛素生长因子-1和-2 (IGF-1 and IGF-2)、转换生长因子-β1和-β2 (TGF-β1和 TGF-β2) 以及表皮生长因子 (EGF)。

水解

酶解是指在蛋白酶或肽酶的作用下，将蛋白分解为较小的肽和氨基酸。蛋白的水解可改善其功能特性，提高其消化率，并释放出生物活性肽。

乳铁蛋白

乳铁蛋白是一种存在于初乳、常乳和乳清中的铁离子结合糖蛋白 (含蛋白质的碳水化合物)。乳铁蛋白的铁离子结合能力与其许多功能性有关，比如抑菌效应、在一定细胞系上的生长促进效应、防止脂质过氧化反应及促进机体中铁离子的吸收等。

乳过氧化物酶

乳过氧化物酶[EC 1.11.1.7]是一种存在于初乳和常乳中的酶，其分子量大约为77.5kDa。牛初乳和常乳分别含有大约11-45mg/L和13-30mg/L的乳过氧化物酶。乳过氧化物酶的生物学意义在于它参与自然寄主的防御系统，抵抗微生物的侵袭。

膜过滤

膜过滤是指利用聚合物膜和陶瓷膜的半透膜分离蛋白质、碳水化合物和矿物质的过程，其分离基于分子量或分子大小。膜过滤一般为错流加压驱动过程。四种主要的膜过滤工艺为：反渗透、纳滤、超滤和微滤。乳清蛋白浓缩物（WPC）和乳蛋白浓缩物（MPC）通常采用超滤工艺生产。

牛乳蛋白浓缩物(MPC)

乳蛋白浓缩物通常指通过对脱脂乳进行超滤获得的蛋白粉。MPC中的酪蛋白与乳清蛋白比例几乎与脱脂乳相同，即80%酪蛋白和20%乳清蛋白。与脱脂乳粉一样，MPC中的酪蛋白以酪蛋白胶束形式存在。MPC的蛋白质含量范围为56%至85%。

牛乳分离蛋白（MPI）

乳蛋白分离物是指蛋白质含量超过90%的乳蛋白浓缩物。

乳矿物质

乳矿物质是从奶酪乳清中去除蛋白和乳糖后获得的。乳矿物质是钙的丰富来源，用于食品和饮料产品的钙强化。

肽

肽指的是蛋白分子中氨基酸残基结合而成的片断。一个氨基酸残基与另一个氨基酸残基之间的链接称为氨基键，有时也叫做肽键。

透过液

生产WPC和MPC时通过滤膜的低分子量的“原料”或“组份”被称作透过液。超滤透过液主要含有所有乳糖和矿物质。通过结晶去除乳糖后，透过液可作为生产乳矿物质和乳钙粉的基础。

物理功能性

物理功能特性是指在水相体系（溶液功能性）或食品体系（食品系统功能性）中，对黏度、凝胶形成、起泡及乳化等物理特性起作用的属性。

生理功能性

生理功能性是指蛋白质的生物活性。

苯丙酮酸尿症

苯丙酮尿症（PKU）是一种罕见的遗传代谢性疾病。PKU患者由于缺乏利用苯丙氨酸所需的酶，无法利用必需氨基酸苯丙氨酸及其衍生物。因此，苯丙酮尿症患者若摄入正常饮食，会在体内积累高水平的苯丙氨酸，可能对中枢神经系统产生毒性作用，并导致脑损伤。

益生元

益生元指的是能够促进益生菌生长的物质。益生元的示例有寡糖，比如呋喃-寡糖或菊粉等。

益生菌

益生菌指的是含对人类和动物都有益，例如重建消化道微生物区系平衡的一类活性微生物。益生菌的示例有嗜酸乳杆菌和双歧杆菌。

截留液

在膜过滤过程中，被膜截留的浓缩物称为截留液。

溶解性

蛋白粉的溶解性是指其颗粒吸水并溶解的能力。蛋白质的溶解性与其在水中表现出的表面疏水性（蛋白-蛋白作用）和亲水性（蛋白-溶剂作用）有关。在所有功能特性中，溶解性最为重要。

黏度

黏度是指溶液对流动的阻力，从视觉上看是指溶液的稠度。蛋白溶液的黏度主要取决于蛋白质的浓度和状态。黏度对于分散体系和乳化体系的物理稳定性以及食品的口感具有重要作用。

乳清蛋白水解物

乳清蛋白水解物是指用酶法水解乳清蛋白得到的乳清蛋白肽。

7.11 参考文献和延伸阅读

Abd El-Salam MH，Ei-Shibiny S 和 Buchheim W（1996）。《酪蛋白巨肽的特性和潜力》《国际乳品杂志》6，327–341。

Antonio J，Sanders M 和 Van Gammeren D（2001）。《补充牛初乳对运动男性和女性身体成分和运动能力的影响》《营养》17，243-247。

Azuma N，Yamauchi K 和 Mitsouka T（1985）。《一种来源于人κ-酪蛋白的糖巨肽的双歧杆菌生长促进活性》《农业和生物化学》48，2159-2162。

Borch E，Wallentin C，Rosen M 和 Bjorck L（1989）。《乳过氧化物酶/硫氰酸盐/过氧化氢系统对分离自家禽的弯曲杆菌菌株的抗菌作用》《食品保护杂志》52，638-641。

Cadogan J，Eastell R，Jones N 和 Barker M E（1997）。《青春期女孩的牛乳摄入和骨矿物质获得：随机、对照干预试验》《英国医学杂志》315，1255-1260。

Daddaoua A，Puerta V，Zarzuelo A，Suárez MD，Sánchez de Medina F 和 Martínez-Augustin O（2005）。《牛糖巨肽在半抗原诱导的结肠炎大鼠中具有抗炎作用》《营养杂志》35，1164-1170。

Davidson GP，Whyte PB，Daniels E，Franklin K，Nunan H，McCloud PI，Moore AG，Moore DJ（1989）。《用含有抗人轮状病毒抗体的牛初乳对儿童进行被动免疫》《柳叶刀》2（8665）：709-712。

Davies K M，Heaney R P，Recker R R，Lappe J M，Barger-Lux J，Rafferty K和Hinders S（2000）。《钙摄入量和体重》《临床内分泌学和代谢杂志》85，4635-4638。

de Wit JN 和 van Hooydonk ACM（1996）。《乳过氧化物酶的结构、功能及其在天然抗菌体系中的应用》《荷兰牛乳和奶制品杂志》50，227-244。

Foley JA 和 Otterby DE（1978）。《剩余初乳的可获得性、储存、处理、组成和饲用价值》《乳品科学杂志》61, 1033-1060。

Guthrie WG（1992）。《一种用于化妆品保护的天然抗菌系统的新适应》《SOFW期刊》118, 556-562。

GEA –**牛乳乳铁蛋白粉加工厂(gea.com)**

Hatton DC 和 McCarron DA（1994）。《膳食钙与高血压实验模型中的血压》《评论：高血压》23, 513-530。

Holt PR（1999）。《乳制品与结肠癌预防：人体研究》《美国营养学院杂志》18, 379-391S。

Hoogendoorn H（1985）《唾液过氧化物酶抗菌系统的激活：临床研究》《乳过氧化物酶系统，化学和生物学意义》217±227页。[KM Pruitt 和 JO Tenovuo编辑]. 纽约：Marcel Dekker出版社。

Kawasaki Y，Isoda H，Tanimoto M，Dosako S，Idota T 和 Ahiko K（1992）。《乳铁蛋白和酪蛋白糖巨肽抑制霍乱毒素与其受体的结合》《生物科学、生物技术和生物化学》56, 195-198。

Kilara A 和 Panyam D（2003）。《乳蛋白肽及其性质》《CRC食品科学和营养评论》43, 607-633。

Korhonen H（1977）。《牛初乳中的抗菌因子》《芬兰科学农业学会杂志》49, 434-447。

Korhonen H（2002）。《新营养概念的技术选择》《国际乳品技术杂志》55, 79-88。

Kun Z，Greenfield H，Xueqin D 和 Fraser DR（2001）《改善儿童和青少年的骨骼健康》《营养研究评论》14, 119-151。

Kussendrager KD 和 van Hooijdonk A. C. M.（2000）。《乳过氧化物酶：理化性质、发生、作用机理和应用》《英国营养学杂志》84，增刊1, S19–S25。

Lin T，Meletharayil G，Kapoor R，Abbaspouttad A（2021）。《牛乳中的生物活性物质：化学、技术和应用》《营养评论》第79卷（S2）：48-69页。

Mahmoud MI，Malone WT 和 Cordle CT（1992）。《酪蛋白的酶水解：水解度对抗原性和物理性质的影响》《食品科学杂志》57, 1223。

Masuda，C 等。2000。《牛乳铁蛋白对N-丁基-N-（4-羟基丁基）亚硝胺诱发大鼠膀胱癌的化学预防作用》《日本癌症研究杂志》第91卷。582-588。

Mattila-Sandholm T 和 Saarela M（2003）《功能性乳制品》，剑桥伍德海德出版有限公司。

McCarron DA和Reusser ME（1999）。《在膳食钙-血压争论中寻找共识》《美国营养学院学报》第18卷，第90005号，398S–405S。

Mero A，Miikkulainen H，Riski J，Pakkanen R，Aalto J，Takala T（1997）。《训练期间补充牛初乳对血清IGF-1、IgG、激素和唾液IgA的影响》《应用生理学杂志》。83：1144-1151。

Miller G D，DiRienzo D D，Reusser M E，和 McCarron D A（2000）。《乳制品消费对人类血压的益处：生物医学文献综述》《美国营养学院杂志》19, 147S-164。

Murphy S，Khaw K-T，May H，Compston JE（1994）。《中老年女性牛乳摄入量与骨密度》《英国医学杂志》308, 939-41。

Nakada M，Dosako S，Hirano R，Ooka M 和 Nakajima I（1996）。《乳过氧化物酶抑制酸奶在冷藏期间的产酸》《国际乳品杂志》6, 33-42。

Neeser JR，Chambaz A，Vedovo SD，Prigent MJ和Guggenheim B（1988）《酪蛋白糖肽衍生物对口腔放线菌和链球菌与红细胞和聚苯乙烯粘附的特异性和非特异性抑制》《感染和免疫》56, 3201-3208。

Nielsen PM（1997）《蛋白质水解产物的功能性》《食物蛋白质及其应用》（Damodaran S和Paraf A编辑）第443–472页。纽约Marcel Dekkar出版社。

Otani H，Monnai M，Kawasaki Y，Kawakami H和Tanimoto M（1995）《具有不同糖链的牛k-酪蛋白糖肽对有丝分裂原诱导的淋巴细胞增殖反应的抑制作用》《乳品研究杂志》62，349-357。

Pakkanen R 和 Aalto J（1997）《牛初乳中的生长因子和抗菌因子》《国际乳品杂志》7，285-297。

Playford RJ，Macdonald CE 和 Johnson WS（2000）。《用于治疗胃肠疾病的初乳和乳衍生肽生长因子》《美国临床营养学杂志》72，5-14。

Pawlett D 和 Bruce G（1996）。《蛋白质水解物的脱苦》《工业酶学》（Ed Godfrey T和West S）第177-186页，麦克米伦出版社有限公司，伦敦

Reiter B 和 Harnulv G（1984）。《乳过氧化物酶抗菌系统：自然发生、生物学功能和实际应用》《食品保护杂志》47，724-732。

Reiter B，Fulford RJ，Marshall VM，Yarrow N，Ducker MJ and Knutsson M（1981）《乳过氧化物酶系对新生犊牛促生长效果的评价》《动物生产》32，296-306。

Ruiz，L.P。（1994）。《预防和治疗腹泻疾病的牛乳抗体》《IDF研讨会会议记录：牛乳的本地抗菌剂-最近的发展》，乌普萨拉，瑞典，第108-121页。

Seung，Chun Baik and Jae，Hyun Yu（1995）《荷斯坦牛初乳中免疫球蛋白的分离及其免疫应答》《食品和生物技术》4，117-121。

《美国乳清和乳糖产品参考手册》。美国乳制品出口委员会 Steijns JM（2001）《作为营养品的牛乳成分》《国际乳品技术杂志》54，81-88。

Stephan W，Dichtelmuller H 和 Lissner R（1990）《口服免疫疗法中的初乳抗体》《临床化学临床生物化学杂志》28，19-23。

Walzem RL，Dillard CJ 和 German JB（2002）《乳清成分：数千年的进化创造了哺乳动物营养的功能：我们知道的和我们可能忽略的》《评论和食品科学与营养》42，353-375。

Zemel MB，Shi，H，Greer B，DiRienzo D 和 Zemel PC（2000）。《膳食钙对肥胖症的调节》《FASEB期刊》14，1132-1138。




BUTTER

附录1 基于功能性和食品应用的乳蛋白浓缩物选择

功能特性		风味强化	营养强化	高蛋白	低乳糖	分散性	20°C时的溶解度
乳蛋白产品	MPC56	♦	♦			♦	♦
	MPC70	♦	♦	♦		♦	♦
	MPC80		♦	♦	♦	♦	
	牛乳分离蛋白(MPI)		♦	♦	♦	♦	
乳制品	重组乳	■	■	■	■	■	■
	奶酪生产用蛋白强化剂			■			■
	冰淇淋	■	■	■		■	■
	酸奶		■	■		■	
	再制奶酪	■		■	■		
烘焙和糖果制品	面包	■	■	■	■		
	蛋糕	■	■	■	■		
	饼干	■	■	■	■		
	甜点	■	■	■	■		
肉制品	肉馅	■	■	■			
	香肠	■	■	■			
	鱼酱	■	■	■			
方便食品	酱汁	■	■	■		■	
	汤/肉汁	■	■	■		■	
	沙拉酱	■	■	■		■	
营养食品	婴儿配方乳粉		■	■	■	■	■
	肠内配方食品		■	■	■	■	■
	营养饮料		■	■	■	■	■
	运动能量棒	■	■	■	■		

45°C时的溶解度	65°C时的溶解度	持水力	结合脂肪	黏度	热稳定性	乳化	起泡性
♦	♦	♦			♦	♦	♦
♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
■	■				■	■	
■	■						
■	■					■	■
	■	■		■	■		
		■	■	■	■	■	
		■	■		■		
		■	■		■		■
		■	■		■		
		■	■	■			
		■	■				
		■	■				
		■	■				
		■				■	
		■				■	
		■				■	
■	■				■	■	
■	■				■	■	
■	■				■	■	
		■	■				



08 乳清产品

目录

8.1 引言 229
8.2 乳清产品——生产与质量概述 229
8.3 乳清蛋白制品的功能性和应用 237
8.4 乳糖——组成、类型、生产与用途 240
8.5 乳清产品的应用和用量 243
8.6 常见问题解答 244
8.7 术语表 249
8.8 参考文献和延伸阅读 251
附录1: 乳清产品在乳制品、烘焙和糖果应用中的功能性 252
附录2: 乳清产品在肉制品、方便食品及营养品应用中的功能特性 254

8.1 引言

乳清产品现已成为乳品配料中公认的重要成分，以其营养、物理、生理和功能特性而著称。由于乳清基乳品配料种类繁多，选择合适的配料已成为一项挑战。这需要配料生产商与使用者之间进行大量沟通。对配料成分的物理化学性质以及生产过程中使用的加工条件有良好理解，可为确定其相关功能性提供有益指导。然而，仅凭这些并不能保证乳清产品在食品应用中的最佳功能表现。要实现食品体系中功能表现的优化，还需要了解食品应用中组成配料的知识，以及这些配料与乳品配料成分之间的潜在相互作用。如果仅根据配料的类型或预期功能性来选择乳品配料，可能会导致其在食品产品中的功能表现不一致。本章对理解乳清产品的功能性及其应用相关问题进行了简要说明。

8.2 乳清产品——生产与质量概述

乳清是奶酪或奶酪素加工的副产物，不含脂肪和酪蛋白。过去专注于奶酪和酪蛋白产品的生产商发现乳清的处理和利用很困难。一些生产商将乳清直接排放造成环境污染，而其他的生产商或者用它来喂猪或者将它喷洒到农田里。尽管生产商知道乳清营养丰富，但他们完全不知道如何提取营养物质比较合算，因为这些成分的含量太低利用当时的技术处理不了。数年后，研究人员不仅建立了加工一系列干乳清成分的新方法，而且也证实了它们有显著的健康和营养益处。

乳清——类型、组成与加工

乳清的来源是影响乳清产品组成、加工和功能性的最重要因素之一。在乳品工业中，乳清可分为两类：

- 甜乳清 (pH 6.00-6.50)
- 酸乳清 (pH 4.50-4.70)

甜乳清来源于奶酪（如切达、马苏里拉）和凝乳酪蛋白的生产，而酸乳清来源于酸性酪蛋白（矿物酸酪蛋白、乳酸酪蛋白）或某些新鲜奶酪（如奶油奶酪和农家奶酪）的生产。近年来，由于美国希腊式酸奶的发展，酸乳清的产量显著增长。甜乳清和酸乳清的主要区别在于pH和矿物质含量（见表1）。甜乳清的pH明显高于酸乳清。由于酸化会将胶体磷酸钙和其他矿物质从酪蛋白胶束释放到乳清中，酸乳清中的矿物质含量高于甜乳清。甜乳清和酸乳清的成分差异会显著影响不同类型乳清生产的乳清产品功能性。

表1 甜乳清与酸乳清的组成比较

成分	甜乳清	酸乳清
总固形物 (%)	6.6	6.5
水 (%)	93.4	93.5
脂肪 (%)	0.04	0.04
蛋白质 (%)	0.60	0.60
乳糖 (%)	4.80	4.90
pH	6.2	4.6
乳酸 (%)	0.05	0.40
灰分（总矿物质）(%)	0.50	0.78
钙 (%)	0.04	0.12
磷 (%)	0.04	0.06
钠 (%)	0.05	0.05
钾 (%)	0.16	0.16
氯 (%)	0.11	0.11

乳清加工

乳清富含功能性和营养成分，因此可加工成多种乳清产品。图1至图3展示了乳清加工成乳清产品的典型工艺流程。通常，乳清会先进行澄清，以去除酪蛋白和奶酪凝块颗粒，随后通过离心分离去除大部分脂肪，形成乳清稀奶油。微滤（MF）可进一步降低脂肪含量，因为脂肪会对乳清蛋白产品的功能特性产生不利影响。然而，微滤会增加加工成本，因此制造商仅在必要时使用微滤工艺。澄清和分离后的乳清在72°C下巴氏杀菌15秒，随后可制成具有不同蛋白质、乳糖和矿物质浓度的多种乳清产品。通过调整预热、干燥条件以及盐水平等工艺参数，可开发出针对特定食品应用需求而具备相应功能性的配料。在干燥过程中，还常采用团聚和卵磷脂化等进一步改性措施，以改善乳清干粉的可操作性和分散性。

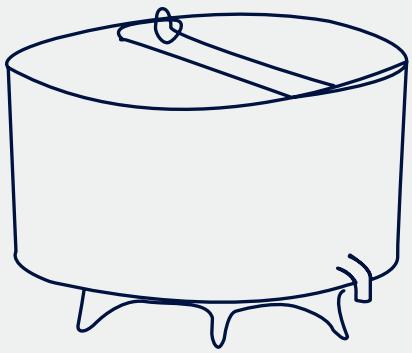


图1 乳清产品加工过程中乳清的典型处理过程

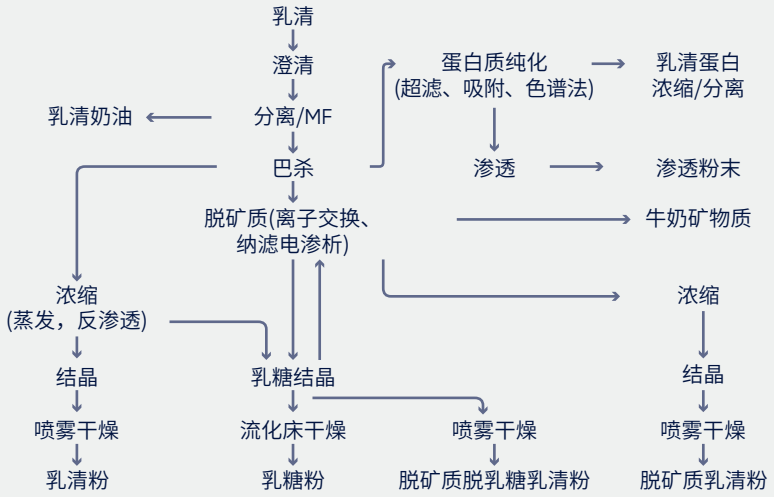
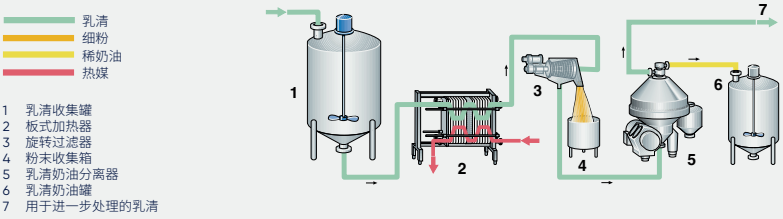
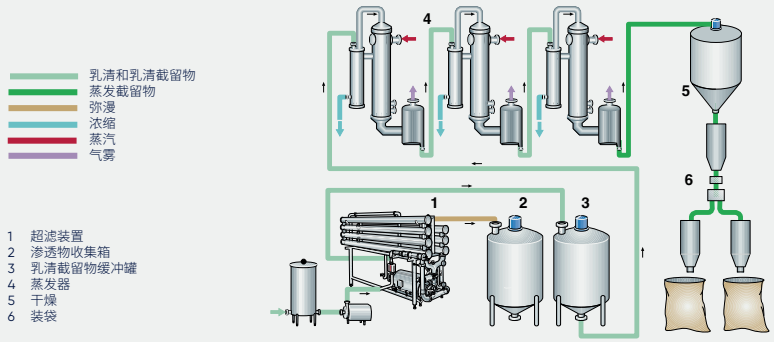


图2 乳清细粒和脂肪分离



《乳制品加工手册》

图3 使用超滤(UF)生产干乳清产品



《乳制品加工手册》



乳清蛋白产品

由于营养和功能原因，蛋白质是乳清中最有价值的成分之一，因此乳清可生产出多种富含蛋白质的产品。表2显示了主要乳清蛋白产品的大致组成。通常，每种乳清蛋白产品都有多种类型，以满足食品体系中所需的功能性。例如，WPC80可分为高热稳定型、高凝胶型或高乳化型。同样，去矿物质程度达90%的去矿乳清（D-90）也被广泛用于婴儿配方奶粉生产中的乳清蛋白来源。

图4比较了乳清蛋白产品的主要成分。随着蛋白质浓度的增加，乳糖和灰分（矿物质）含量相应降低。WPC的脂肪含量通常随着蛋白质含量的增加而增加，这是因为用于蛋白浓缩的超滤工艺也会保留乳清中的脂肪。

然而，WPI的脂肪含量极低，因为其生产过程中增加了微滤（MF）步骤以去除脂肪。另一种方法是通过色谱法分离蛋白并进行浓缩，从而几乎将脂肪完全排除在产品之外。

图4 乳清蛋白制品主要成分的比较

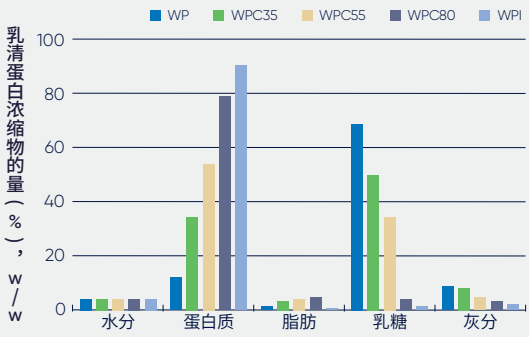


表2 乳清蛋白产品的大致组成

	每百克含量				
分类	**乳清粉**	**脱盐乳清粉 (经40%脱盐)**	**脱盐乳清粉 (经90%脱盐)**	**WPC35**	**WPC55**
水分 (g)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
蛋白质 (g)	12.0	12.5	18.5	35	55
脂肪 (g)	1.5	1.0	1.0	3.0	4.0
乳糖 (g)	70.0	77.5	82.5	51	35
灰分 (g)	8.5	6.0	1.0	8.0	4.5
钠 (mg)	780	425	12.0	430	500
钾 (mg)	1470	680	250	1720	500
钙 (mg)	420	180	4.0	1180	450
磷 (mg)	930	550	14.0	500	350
氯 (mg)	360	210	50	220	400

表2 (接上)

分类	**乳清粉**	**WPC80**	**WPI 层析分离**	**I 微滤分离**
水分 (g)	4.0	4.0	4.0	4.0
蛋白质 (g)	12.0	80	90	90
脂肪 (g)	1.5	5	0.5	0.2
乳糖 (g)	70.0	4	1	0.5
灰分 (g)	8.5	3.2	3.7	1.6
钠 (mg)	780	130	700	230
钾 (mg)	1470	480	1100	590
钙 (mg)	420	400	150	490
磷 (mg)	930	270	300	240
氯 (mg)	360	290	50	50

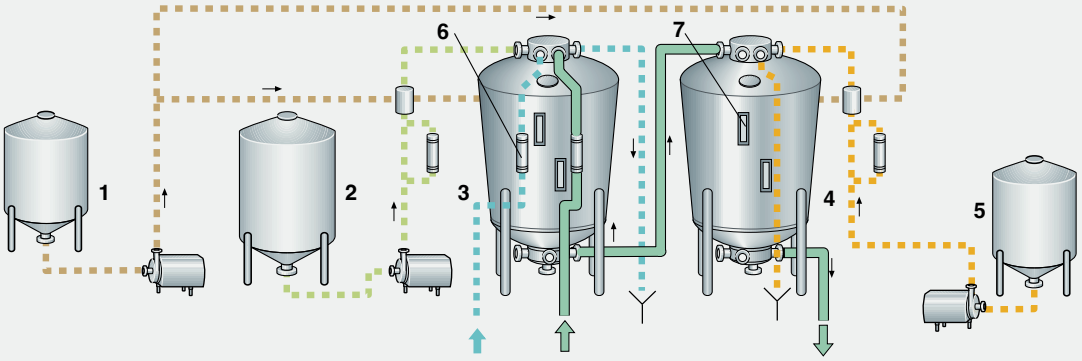
乳清粉

最简单且成本最低的乳清产品是乳清粉，通过对浓缩结晶乳清进行喷雾干燥生产而成。由于乳清干物质中含盐量较高（8-12%），其在人类食品中的应用受到限制。然而，若通过去矿处理降低盐含量，其用途可大幅增加，尤其可作为婴儿配方奶粉的配料。采用离子交换、电渗析和纳滤工艺，可根据最终用途，将乳清部分去矿（25-30%）或高度去矿（90-95%）。

通常，去矿乳清粉去矿程度为40%、70%或90%（见表2）。90%去矿通常通过纳滤结合离子交换完成。后者工艺使用固定柱中的树脂珠，从乳清溶液中吸附矿物质，并以其他离子置换。该工艺包括在不同柱中进行阳离子交换和阴离子交换。工艺概览见图5。

其他乳清产品包括脱乳糖乳清粉，其原料为液体脱乳糖乳清。脱乳糖乳清是从乳清或乳清透过液中提取乳糖过程中的副产品。

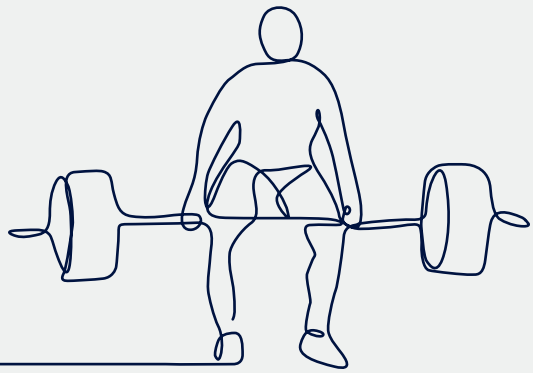
图5 通过离子交换对奶酪乳清进行脱盐处理



1 消毒罐
2 HCl罐
3 阳离子罐
4 阴离子槽
5 氢氧化钠罐
6 流量计
7 窥镜

虚线用于再生阶段和卫生阶段

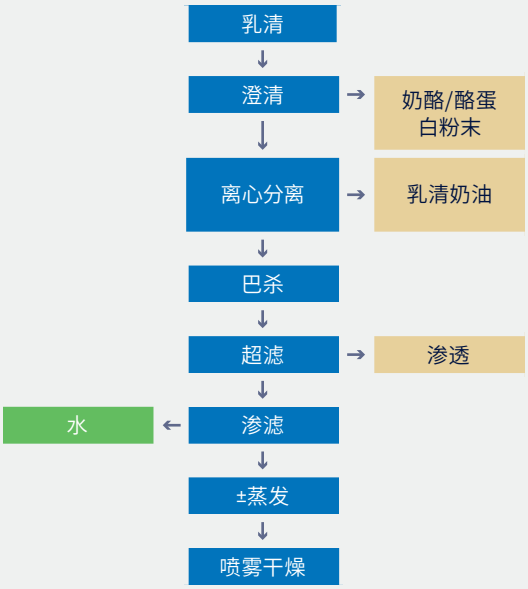
《乳制品加工手册》



乳清蛋白浓缩物

乳清蛋白浓缩物（WPC）在蛋白质强化应用中优于乳清粉。WPC的蛋白质含量为35%-80%，乳糖和矿物质含量相应降低。WPC可通过超滤、洗滤或离子交换色谱法生产。WPC的简易生产流程图见图3和图6。

图6 WPC加工中采用的主要步骤

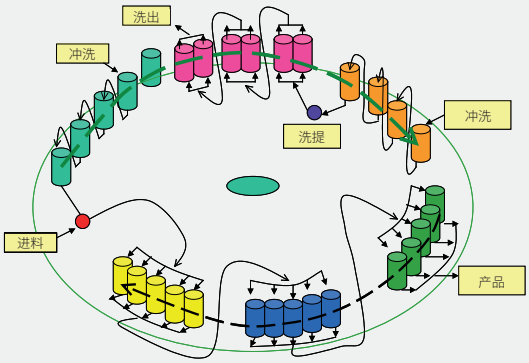


超滤利用半透膜根据分子量和结构选择性分离乳清成分。施加的压力使水和小分子（矿物质和乳糖）通过膜（透过液），而保留乳清蛋白分子（截留液）。对于80%WPC，截留液会用水稀释（称为洗滤），然后通过超滤进一步浓缩。洗滤步骤可去除多余乳糖和矿物质，有助于提高蛋白质含量。

乳清蛋白分离物

当WPC的蛋白含量超过90%时，产品通常被称之为乳清蛋白分离物（WPIs）。分离乳清蛋白的生产通常采用（a）离子交换后浓缩，然后喷雾干燥；或（b）微滤后超滤，然后喷雾干燥。用离子交换法生产WPI时，净化后乳清的pH值被调低至3.0~3.5，然后通过离子交换树脂，在此大多数蛋白质被吸附，随后蛋白质被交换下来并重新调整pH值，然后蛋白质溶液经蒸发、超滤或反渗透浓缩后喷雾干燥。离子交换处理通常分批进行。最近，一些公司已经采用了类似连续进行的离子交换层析分离法[1]。连续交换层析方法使混合物的成分分离达到分子水平。连续离子交换（ISEP）色谱的简易流程图见图7。

图7 连续离子交换（ISEP）色谱的简易流程图[2]



1 tsk-g.co.jp/en/tech/equip/ion.html
2 Calgon Carbon 公司提供

在该工艺中，乳清通过装有固体吸附剂的竖直色谱柱，根据分离分子与吸附剂之间的亲和力不同，分子以不同速率迁移，从而实现物理分离并收集。

在微滤工艺中，乳清在压力作用下通过陶瓷膜或聚合物过滤器，这些膜起分子筛作用。之后进行超滤和喷雾干燥。微滤是一种连续膜工艺，利用脂肪分子尺寸远大于蛋白质和碳水化合物的特点，可去除乳清中几乎全部脂肪。离子交换工艺与微滤工艺的主要区别在于，采用离子交换法生产的WPI不含甜乳清中原有的糖巨肽（GMP）。其他区别还包括各单体蛋白及矿物质含量的不同（见表2）。

乳清蛋白产品的应用选择因素

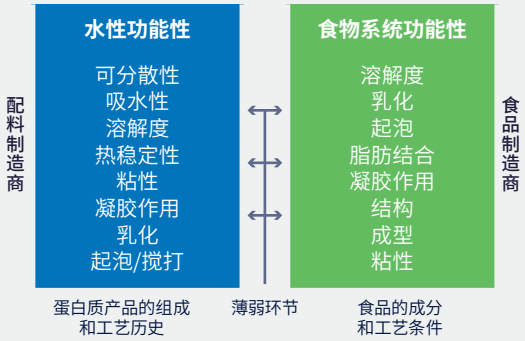
乳清蛋白产品适用于多种食品应用。选择合适的蛋白产品需考虑多个因素，如价格、可获得性、营养价值和功能特性。其中，产品组成，尤其是蛋白质、乳糖或矿物质含量，是主要考虑因素。另一个重要因素是最终产品所需的营养或功能表现。



8.3 乳清蛋白制品的功能性和应用

功能特性是指决定乳清产品在水相体系（溶液功能性）或食品体系（食品系统功能性）中表现的物理化学特性。乳清蛋白的功能特性受内在因素影响，如氨基酸组成、蛋白结构、变性程度、聚集状态以及表面电荷。其他因素如乳清组成、加工条件、温度、pH值和离子强度也在决定蛋白配料功能性方面起重要作用。图8总结了“溶液功能性”与“食品系统功能性”之间的关系。

图8 乳清蛋白产品在水中（“溶液功能性”）与食品产品中（“食品系统功能性”）功能特性的关系



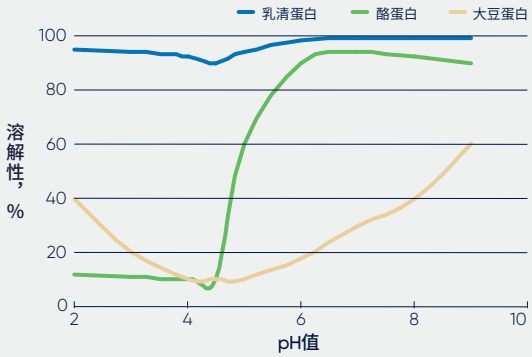
水中（“溶液功能性”）的功能特性主要反映蛋白来源、加工历史、蛋白配料组成及质量的影响。而在食品产品中测得的类似特性，则还会受到食品组成和加工条件的附加影响。由于食品产品含有多种配料和加工参数，会改变乳清蛋白的功能特性，因此溶液功能性与食品系统功能性之间的关联通常较弱。业界普遍认识到，在水相体系中进行的功能性测试结果并不一定能预测蛋白在商业食品体系中的功能表现。

由于食品应用的复杂性及测试成本高，制造商难以在真实食品体系中测试蛋白配料。为弥补功能性差距，通常采用含有目标食品主要成分的模型食品体系来评估功能性。在模型食品体系中测试蛋白配料，有助于预测其在最终食品产品中的表现，从而指导配料选择。附录1总结了基于功能性和食品应用的乳清蛋白产品选择标准。

溶解性

乳清蛋白产品在室温及低离子强度下具有很高的溶解性。与酪蛋白产品相比，乳清蛋白产品的主要优势之一是在食品产品所需的整个pH范围内均具有良好溶解性（见图9）。这部分归因于乳清蛋白分子量小，以及其包含的多种蛋白质具有不同的等电点pH（等电点pH范围为4.5至5.5）。当乳清蛋白加热至高于其变性温度时，蛋白会发生聚集，但对溶解性几乎没有影响（因聚集体太小，在低重力作用下不会沉降），特别是在低蛋白浓度下。而在高蛋白浓度下加热，蛋白会发生聚集或凝胶化。

图9 不同pH值下乳清蛋白、酪蛋白、大豆蛋白的溶解性



溶解性在干粉类和速溶饮品中非常重要，如营养饮品粉和汤粉。乳清蛋白产品具有良好的溶解性，与其他配料混合制备液体饮品和乳化液（如复原乳和婴儿配方奶粉）时同样有益。一般而言，生产工艺良好的乳清蛋白产品在水中具有极佳的溶解性。

水结合能力和黏度

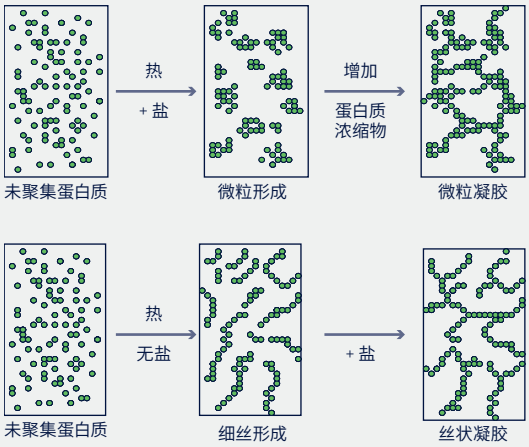
蛋白质通过其亲水性氨基酸与水结合，氨基酸在蛋白质结构中的位置决定其结合水能力。乳清蛋白具有较高的结合水能力，可提高食品体系的黏度。黏度是乳清蛋白的重要功能特性，可为液体和半固体食品体系提供口感与稳定性。乳清蛋白溶液的黏度在温度从室温升至约60°C时会下降，当加热温度超过乳清蛋白变性温度（约78°C）时，溶液黏度开始上升。这是由于蛋白质分子展开后结合水增加所致。黏度的增加还取决于浓度和pH，例如在低pH及低蛋白浓度条件下，黏度增加有限。

黏度对于半固体食品如汤、肉汁、调味酱汁和色拉调味汁等来说很重要。尽管所有的乳清蛋白制品都可用来提高黏度，但推荐使用高蛋白含量的蛋白制品，如WPC55和WPC80。

凝胶和组织结构形成

热诱导的不可逆凝胶化或凝胶形成是乳清蛋白的重要特性，适用于肉类结合等应用。乳清蛋白的凝胶化特性取决于蛋白质浓度、pH值和离子强度（如盐含量）（见图10）。

图10 蛋白质凝胶的形成[3]



在低蛋白浓度下（4-6%蛋白），乳清蛋白产生柔软清澈的凝胶。增加蛋白质浓度，胶体的强度随之增加。在低pH条件下，乳清蛋白产生脆弱和混浊的凝胶。pH增加至中性程度可增加凝胶的强度、弹性和透明度。选择脂肪很少或不含脂肪的WPC也很重要，因为脂肪的存在对凝胶的形成和乳清蛋白凝胶的透明度有负面影响。像Stable Micro Systems公司的TAXT Plus质构分析仪（texture analyser）可用于测定乳清蛋白的凝胶特性。

3 基于Bryant和McClements（1998）

可从乳清蛋白凝胶化与结构构建特性中获益的食品包括火腿、鱼糜、香肠等肉制品，以及酸奶、再制奶酪等乳制品。在酸奶中，乳清蛋白尤其有助于提高黏度、凝胶强度并防止分层等缺陷。酸奶生产中对牛乳进行预热可使乳清蛋白变性，促使酪蛋白与乳清蛋白发生相互作用，当酸奶pH降至约4.6而形成凝胶时，乳清蛋白有助于增强凝胶网络并结合游离水。乳清蛋白凝胶特性同样适用于乳制甜点及意大利面制品。使用WPC80和WPI等高蛋白产品可获得凝胶化与结构构建的最佳效果。需要将加热温度升至乳清蛋白变性温度以上，才能实现所需的凝胶结构。

乳化特性

乳清蛋白具有两亲性，意味着其可锚定于油-水界面，从而降低界面张力并稳定界面。这种表面活性使乳清蛋白能够形成乳化液，蛋白质吸附于油-水界面并包裹油滴，使其在氧化、聚结和析油方面具有稳定性。蛋白质在界面上的进一步重排与分子展开可增强其乳化能力。过度的热诱导变性与聚集会降低乳清蛋白的乳化性能。评估乳清蛋白乳化性能的两种常用方法是乳化容量和乳化稳定性。可用于形成肉眼可见稳定乳液的油量称为乳化容量，而乳液保持稳定的时间称为乳化稳定性。

需要油脂乳化的食品包括饮料（如婴儿配方奶粉和肠内营养配方）、方便食品（如色拉酱和蛋黄酱），以及乳制品（如复原乳、冰淇淋和酸奶）。在复原乳制品生产中，乳清蛋白产品通常在室温下于水中复原（溶解），而非高温条件下。适用于乳化性能的乳清蛋白产品有WPC35、WPC55、WPC80和WPI。

起泡和搅打特性

乳清蛋白两性分子的性质也是它们具有较高搅打起泡性的原因。增加蛋白含量可以提高乳清蛋白的搅打起泡能力，而乳清蛋白中的脂肪会破坏其搅打起泡性。WPC的热处理会使蛋白质中产生疏水性结构，通常可以提高蛋白的泡沫稳定性。其他影响乳清蛋白搅打起泡性的因素有pH和离子强度。低pH和高离子强度会破坏乳清蛋白的起泡性，而轻微的变性可以改善起泡性。通过搅打一定数量的蛋白溶液，然后测定膨胀的体积（发泡能力）和泡沫开始发生萎缩的时间（泡沫稳定性）来测定WPC的起泡性。

乳清蛋白的高搅打起泡性使得它们可以在一些食品如蛋糕的应用中取代蛋清。乳清蛋白起泡性的其它应用包括冰淇淋及食品涂层料（whipped topping）中的应用等。

涂层和薄膜的形成

乳清蛋白能够形成透明、无味和柔韧性薄膜的性质使得它们可以被用在两种或多种食品之间或食品和外界之间来阻隔氧气、水分、气味和油的进入。目前对于长保质期食品的要求和对可再生包装的期望已经引起对用乳清蛋白生产的生物膜的需求增加。能从乳清蛋白的涂层性质中获益的食品包括果仁、水果和蛋糕。高蛋白产品如WPC80和WPI适用于涂层和薄膜的形成。

粘着和粘附特性

因乳清蛋白可为肉制品、奶油面糊和鱼肉制品提供粘着能力，而产生均相的产品。受热引起的乳清蛋白凝胶能提高粘着和粘附性能。在焙烤制品例如百吉饼中，乳清蛋白能提供表面糖衣并粘附晶粒，从而改善其外观。推荐的乳清蛋白配料是WPC80和WPI。

褐变特性

褐变是焙烤制品和焦糖制品的一个重要特性。乳清蛋白制品由于乳糖的存在而具有极好的美拉德褐变特点。乳清蛋白制品如乳清粉、脱盐乳清粉、WPC35和WPC55都是适宜褐变应用的配料。

低pH时的稳定性

在酸性pH（如低pH饮料）条件下，乳清蛋白相比酪蛋白具有优势。在低pH下，酪蛋白易沉淀，而乳清蛋白仍保持溶解性和功能性。低pH饮料的主要应用包括运动饮料和等渗饮料。高蛋白WPC和WPI适用于低pH应用。对于对饮料澄清度要求较高的情况，推荐使用WPI。在选择乳清蛋白产品时，必须确保其不含脂肪，因为脂肪会导致饮料浑浊。

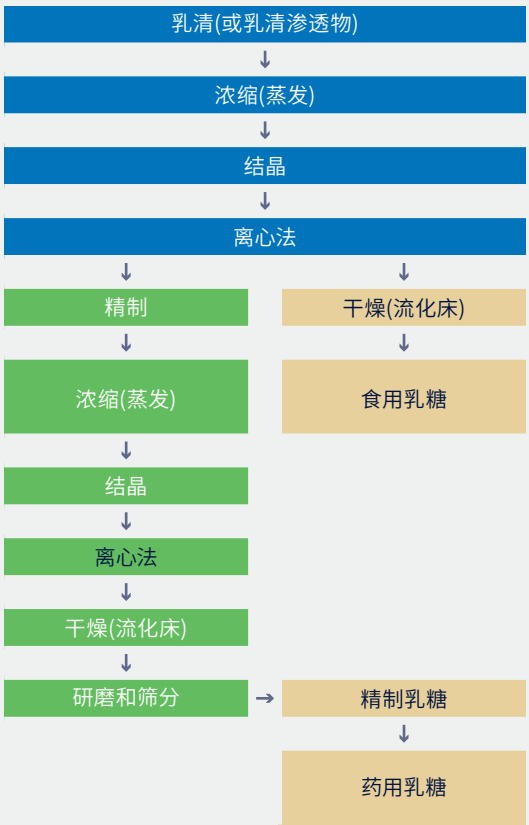
8.4 乳糖——组成、类型、生产与用途

乳糖，即乳中的糖，是存在于哺乳动物（人和牛）乳汁中特有的碳水化合物。奶酪或酸性乳清富含乳糖，几乎占干基重量的70%。除去乳清中乳糖的两个基本方法如下：

- 从未除蛋白的浓缩乳清中去除
- 从已经通过离子交换或超滤除去蛋白后的浓缩乳清中去除

图11中显示了乳糖加工的一个简要流程

图11 用乳清或乳清透过液生产乳糖的流程图



《乳制品加工手册》

澄清的奶酪乳清或超滤后的乳清透过液，通过两段式蒸发进行浓缩，第一阶段将固形物含量从约6%提高至30%，第二阶段从30%提高至60%。浓缩后的乳清或乳清透过液缓慢冷却至约12-15°C，并（可选步骤）接种极细的乳糖晶种。在此过程中，乳糖从溶液中结晶形成α-乳糖，随后通过离心分离得到原乳糖和母液。原乳糖进一步清洗、离心分离并干燥，制得可食用乳糖粉。随后通过脱色、重结晶、研磨和筛分等工序进一步精制，生产出具有特定规格和粒径分布的精制乳糖或药用乳糖。不同等级乳糖及其应用见表5。

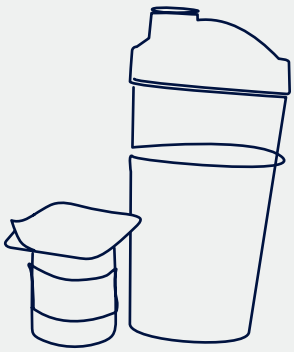
表5 乳糖等级与应用[4]

	食用乳糖	精制食用乳糖	药用乳糖（美国药典）
粉末外观	黄色	白色	白色
溶液外观	微黄/混浊	无色不透明	澄清、无色、无味
酸度（pH）	4.5-7.0	4.0-6.5	4.0-6.5
比旋	54.2-55.1	–	54.8-55.5
乳糖（%）（最低）	99.0 ≥99.7	99.5 ≥99.7	99.7 ≥99.7
蛋白质（%）	<0.5	<0.3	–
游离水分（%）	<0.5	<0.5	–
应用	糖果、焙烤、肉和乳制品，固体饮品，发酵制品。	婴儿食品、成人营养食品	湿法制粒制作药片、直接挤压制作药片、胶囊、鼻吸药产品

商业食用级乳糖的典型成分如表6中所示。

表6 商业食用级乳糖粉的典型成分

组分	每百克含量
水分（游离）（g）	0.20
蛋白质（g）	0.20
乳糖（α—水合物）（g）	99.0
灰分（g）	0.50



4 Rajah & Blenford（1988）

乳糖的性质和应用

晶型

乳糖有两种异构体，即α型和β型，在溶液中以平衡形式存在。通常，α-乳糖以一水合物形式结晶，晶体非常坚硬且不吸湿；而无水β-乳糖则结晶成细小晶体。乳糖也可以无定形玻璃态存在，为α型和β型乳糖的混合物。了解商业乳糖及乳粉中结晶型与无定形型乳糖的相对比例十分重要，因为这可能影响粉末的功能特性。

溶解度

与其他糖类相比，乳糖的溶解度较低，溶液易于达到过饱和状态。例如，在30°C时，水中仅可溶解20克α-乳糖，而在达到过饱和前蔗糖可溶解69克。β型乳糖的溶解度明显高于α型。

甜度

乳糖具有纯净的甜味，无部分人工甜味剂所带来的后味。乳糖的甜度强度约为蔗糖的30%。乳糖的甜度受溶液浓度和温度影响，浓度或温度越高，甜度越大。乳糖还可与其他糖类结合，产生协同效应，提升甜度。

吸湿性

乳糖的吸湿特性会影响其稳定性和品质。结合水活度，其可影响多种化学反应。商业乳糖粉可能含有高达20%的无定形乳糖，水活度约为0.3。当无定形乳糖含量高时，会增加吸湿性，导致结块等缺陷。

褐变

乳糖和含有乳糖的粉，如乳清粉，其褐变的性质经常被利用并可产生特有的风味。在含有乳糖的制品中褐变反应或者通过（a）焦糖化反应；或者通过（b）美拉德反应。焦糖化反应发生在高温（150~170°C）下，包括一连串的脱水、浓缩和聚合反应。形成呈褐色不溶于水的化合物，称之为黑色素（melanines）。当粉中存在蛋白或氨基酸时就会引起美拉德反应。美拉德反应在低温下（如乳糖的正常储存温度下）也能发生并导致乳糖和氨基的聚合，经过一系列的分子重排最终形成不溶的黑色素。

应用

乳糖在食品工业中应用广泛，包括婴儿配方奶粉、烘焙、糖果、肉制品和乳制品。在制药工业中，乳糖因其淡味而非常适用于片剂的制粒与压片、胶囊、吸入剂和注射剂产品。作为还原糖，乳糖可在烘焙和糖果等食品中提供可控的褐变，赋予产品特有的金黄色。

乳糖还衍生出多种新产品，为其应用带来更多机会。这些包括：溶解度改善的水解乳糖，用作烘焙和糖果产品代糖的乳果糖醇（乳糖的糖醇），用于医疗和婴儿配方的乳果糖（葡萄糖基异构化产物），作为酸化剂和金属离子络合剂的乳酮糖酸，以及以乳糖为底物发酵生产的酒精、乳酸、丙酸和柠檬酸等产品。

8.5 乳清产品的应用和用量

乳清产品在食品中的使用量取决于多方面因素，例如食品应用的类型、期望的营养和功能性要求和预期的处理条件等。下表（表7）只提供了一个指导方针。

表7 乳清产品的应用和推荐使用量

应用	配料使用量(%, w/w)						
	WP	DWP	WPC 35	WPC 55	WPC 80	WPI	乳糖
乳制品							
重组乳（包括巧克力奶）	2-4	2-4	2-3	2-3	1-2	1-2	3-6
冰淇淋	2-3	2-3	1-3	1-2	1-2	0.5-2	2-6
酸奶	2-5	2-5	2-5	2-4	1-3	1-3	2-4
再制奶酪	3-6	3-6	1-3	1-3	1-2	0.5-2	–
焙烤制品和糖果							
面包	3-6	3-6	2-5	2-3	1-2	1-2	2-4
蛋糕	2-4	1-5	4-6	3-5	2-4	2-6	8-10
饼干	3-6	3-6	3-5	3-5	2-4	1-3	4-6
巧克力	1-5	1-5	1-5	2-3	1-2	1-2	3-7
甜点	2-5	2-5	1-4	1-4	1-3	1-2	–
肉制品							
香肠	3-5	3-5	3-5	2-5	2-4	1-3	–
鱼酱	3-5	3-5	3-5	2-5	2-4	1-3	–
方便食品							
调味酱汁	2-5	3-6	5-8	5-8	2-4	2-4	–
汤/肉汁	2-5	3-6	2-5	2-4	1-3	1-2	–
沙拉佐料	2-6	2-6	2-5	2-4	2-3	2-3	–
营养食品							
婴儿配方食品（液态）	6-8	6-8	4-6	3-5	2-4	1.5-3	–
肠内进食配方食品（液态）	–	–	–	–	1-2	0.5-2	–
运动饮料	–	–	–	–	4-20	2-15	4-7
运动能量棒	2-5	2-5	2-8	2-15	2-20	2-20	–
干混产品(包括固体营养饮品)	40-60	40-60	30-50	30-50	20-30	15-20	15-40

WP－乳清粉，DWP－40%脱盐乳清粉（亦称D-40）

8.6 常见问题解答

成分和制造

1. 乳中有哪些不同的乳清蛋白?

牛乳含有约3.5%的蛋白质，其中乳清蛋白约占总蛋白的20%，即牛乳中的含量约为0.7%。主要乳清蛋白包括：β-乳球蛋白（50%）、α-乳白蛋白（20%）、牛血清白蛋白（6%）、免疫球蛋白（11%），以及其他蛋白质如乳铁蛋白、蛋白酶肽（13%）。

2. 膳食中使用乳清蛋白主要有什么营养益处?

乳清蛋白有许多营养益处，例如：

- 与其他主要蛋白质相比，蛋白质效率比最高，为3.5；酪蛋白为2.5，大豆为1.8，小麦为0.75；
- 消化速度较慢，可在肠道中提供优质肽和氨基酸；
- 与其他蛋白来源相比，含有较高水平的必需氨基酸；
- 富含丰富的含硫氨基酸（如赖氨酸），可提高机体免疫力和抗氧化能力；
- 富含支链氨基酸——亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸，在剧烈运动过程中能防止肌细胞熟化。

3. 采用微滤/超滤等膜工艺与离子交换和色谱法生产的WPI有何主要差异?

虽然通过膜工艺生产的WPI与通过离子交换和色谱法生产的WPI在总体组成上相似，但仍存在一些细微差异。在离子交换过程中，蛋白分子通过与色谱柱中树脂的化学结合从乳清液中去除。通过调节pH和加入缓冲液可将结合的蛋白从树脂中洗脱，随后通过超滤浓缩。离子交换工艺会对蛋白产生轻微化学修饰，在与树脂结合及洗脱过程中部分钙被钠取代。除糖巨肽（GMP）外，其他大部分乳清蛋白均可被该工艺捕获。

在微滤工艺中，使用MF膜去除残余脂肪、微生物碎片和变性蛋白等颗粒物后，再通过超滤对蛋白进行浓缩。MF工艺生产的WPI与离子交换WPI的不同之处在于其不会对蛋白产生化学修饰，且GMP在WPI中得以保留。如果未使用pH调节，且工艺在温和温度下进行，WPI几乎完全不发生变性。通过对乳清蛋白进行受控变性以及调节离子强度，可优化MF法WPI的物理功能特性。

4. 我如何判断哪种WPC适合我的食品应用?

商业WPC为蛋白质浓度在35%至80%之间的粉末。这些粉末在组成上存在显著差异，特别是在蛋白质、乳糖、脂肪和矿物质含量方面。如果以固形物形式将WPC添加到食品中，由于蛋白质含量不同，配方和功能性会有较大差异。附录1可作为选择合适WPC的一般指导，但蛋白质含量和功能性应是每种应用选择WPC的关键因素。例如，如果产品需要形成凝胶，则高蛋白WPC更为适用。

功能性

1. 乳清蛋白的主要功能性是什么?

除了具有较高的营养价值外，乳清蛋白还具有优良的结合水、凝胶化、搅打和起泡特性。天然状态下，乳清蛋白为球状结构，由分子内二硫键形成。当乳清蛋白加热至其变性温度以上，球状结构会展开，其结合水等功能特性得到改善。乳清蛋白具有良好的乳化形成特性和优异的乳化稳定特性。

2. 甜乳清和酸乳清生产的WPC在功能特性上有何不同?

甜乳清pH为6.0-6.5,矿物质(如钙)含量明显低于pH为4.5-4.7的酸乳清。这种矿物质水平差异会影响WPC的功能特性。来自酸乳清的WPC由于钙含量较高,可能具有较差的热稳定性,但凝胶化特性更好。相比之下,来自甜乳清的WPC热稳定性高于酸乳清WPC,但凝胶化特性较差。需要注意的是,如果通过合适的工艺获得成分相似的WPC,上述"经验法则"可能并不适用。

3. 为什么乳清蛋白在食品产品的整个pH范围内均可溶解,而酪蛋白在其等电点pH 4.6附近易沉淀?

乳清蛋白包含多种蛋白,如β-乳球蛋白、α-乳白蛋白、牛血清白蛋白、免疫球蛋白和乳铁蛋白,它们具有不同的分子大小和等电点pH。与酪蛋白胶束(如30-300 nm)相比,乳清蛋白的分子尺寸更小(10-20 nm),且电荷分布比酪蛋白更均匀。这些特性的结合使乳清蛋白在较宽pH范围内表现出较高的溶解性。

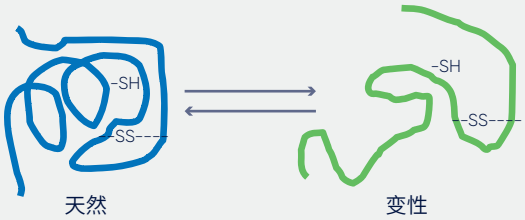
4. 乳清粉的结块问题是什么,如何减少?

乳清粉的结块缺陷主要与乳糖的吸湿性和结晶特性有关。如果生产过程中乳糖结晶处理不当,乳糖会从环境中吸收水分,形成结块,且随着时间推移,整个包装内结块结构连接,会导致硬化。减少结块风险的措施包括:

- 蒸发后最大限度地结晶乳糖,并在喷雾干燥前通过冷却控制浓缩液结晶;
- 在结晶过程中形成小且大小均匀的结晶;
- 在流化床中温和干燥时控制结晶过程;
- 使用能防止吸湿的包装材料;
- 将乳清粉储存在清洁、干燥、凉爽的条件下。

5. 什么是乳清蛋白的变性,其意义何在?

乳清蛋白的变性是指蛋白质天然构象的展开。变性可定义为蛋白质分子二级、三级或四级结构的改变,但不包括共价键的断裂。因此,变性是通过打破氢键、疏水相互作用和盐键,使蛋白质分子展开的过程。这种变化可由环境条件改变引起,如加热至某一温度以上、pH变化、离子强度变化、辐射、高压或剪切作用。根据变化程度,变性可为可逆或不可逆。乳清蛋白的变性会导致其生物活性丧失及功能特性改变。在乳清蛋白中,变性过程中原本埋藏的巯基(-SH基团)暴露出来,成为与其他巯基相互作用的活性位点,导致蛋白质聚集。预变性有助于提高乳清蛋白的热稳定性,因此生产商业热稳定WPC时,常需要在生产过程中进行预热处理。受控变性可改善乳清蛋白的乳化、凝胶化和起泡等功能特性。但若变性过度,会导致蛋白质聚集、失溶或凝胶化,进而对功能特性产生不利影响。



乳清产品的应用

1. 乳清粉的主要食品应用是什么?

乳清粉是通过对甜乳清或酸乳清进行蒸发、结晶和喷雾干燥生产而成的。乳清粉的蛋白质含量相对较低(10-12%),而乳糖含量较高(74-76%)。乳清粉是一种极具成本效益的营养配料,适用于多种烘焙、糖果和方便食品产品。去矿乳清粉适用于对盐含量要求较低的应用,如酸奶。去矿乳清粉主要有40%、70%和90%三种去矿水平。去矿程度为90%的乳清粉因矿物质含量低,适用于婴儿配方奶粉。

2. 不同WPC的主要应用是什么?

WPC的蛋白质含量范围为35%至85%。WPC是一种多用途食品配料,应用范围涵盖营养强化以及结合水、凝胶形成等特定功能。在大多数商业WPC中,乳清蛋白处于未变性状态,这意味着在应用中加热可形成高质量凝胶。例如,在酸奶中添加少量WPC80可减少乳清析出现象,因为WPC80具有较高的结合水能力。WPC适用于多种食品应用,如婴儿配方奶粉、烘焙、糖果和营养产品。健康、运动及营养产品通常需要高蛋白低乳糖的WPC。

3. 与其他蛋白相比,在食品应用中使用乳清蛋白有哪些优缺点?

乳清蛋白相比酪蛋白的主要优点之一是其在整个pH范围内均具有良好溶解性。酪蛋白在其等电点pH 4.6附近易沉淀,而乳清蛋白在较宽pH范围内保持溶解性。因此,对于果汁和酸性饮料等应用,乳清蛋白比酪蛋白更适用。另一方面,乳清蛋白的主要缺点是其热稳定性差。当加热温度超过乳清蛋白的变性温度时,蛋白质结构会展开(变性),并通过二硫键介导聚集,随后可能发生蛋白凝胶化。然而,通过适当调整加工条件,可克服乳清蛋白热稳定性差的问题。影响热稳定性的主要因素包括蛋白质浓度、温度、pH值和离子强度。在高蛋白浓度、pH 4.5-5.5、高离子强度(如钙浓度高)及高温(80°C以上)条件下,乳清蛋白更容易发生热诱导聚集和可见沉淀。

与大豆及其他植物蛋白等其他来源的蛋白相比,乳清蛋白在营养价值上更优越。乳清蛋白可提供许多植物蛋白难以实现的功能特性。蛋白质质量的衡量指标之一是生物价值(BV)。BV衡量每克吸收的蛋白质(更准确地说是氮)在人体内的保留量。BV通常与鸡蛋蛋白的BV进行比较,鸡蛋蛋白的BV为100。下表比较了不同来源蛋白的BV。

蛋白质	生物价
WPI	159
WPC	104
鸡蛋	100
鱼肉	83
牛肉	80
鸡肉	79
酪蛋白	77
大豆	74
小麦	54
豆类	49

乳清蛋白的另一个主要优点是其支链氨基酸（亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸）含量最高，这些氨基酸对肌肉增长与恢复至关重要。

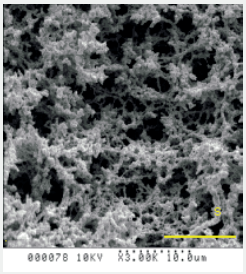
4. 什么是乳清蛋白的热诱导凝胶化，其特性受哪些因素影响？

乳清蛋白的热诱导凝胶化是指其在加热过程中形成凝胶的特性，这有助于食品的结构和质地。蛋白-水体系的热诱导凝胶化可描述为两阶段过程：第一阶段为蛋白质天然构象的变性，第二阶段为蛋白-蛋白相互作用，形成最终凝胶结构的三维蛋白网络。乳清蛋白凝胶的强度和质构受内在因素（如蛋白质组成和浓度）以及外在因素（如加热温度、pH、离子强度以及其他食品成分如脂肪、糖、淀粉等）的影响。当加热温度超过蛋白质变性温度时，蛋白质结构展开，巯基活化，形成新的分子间二硫键，有助于形成有序的凝胶结构。蛋白凝胶的宏观结构主要取决于蛋白质浓度，在任何给定温度下，形成凝胶网络需要达到最低临界浓度。离子强度和pH通过影响极性与非极性残基平衡以及蛋白-蛋白残基之间的相互作用，影响凝胶化反应。一般而言，蛋白质在净电荷最小（即接近等电点pH值）时，蛋白-蛋白相互作用最有利。高离子强度通过可移动盐离子对可电离基团的屏蔽作用，降低蛋白质之间的静电排斥力。通过调节蛋白质浓度、温度、pH和离子强度的组合，可控制乳清蛋白的热诱导凝胶化。当pH接近等电点且离子强度低时，通过疏水作用形成随机聚集型凝胶。当pH远离等电点且离子强度低时，静电排斥力阻碍随机聚集体的形成，从而形成线性聚合物。

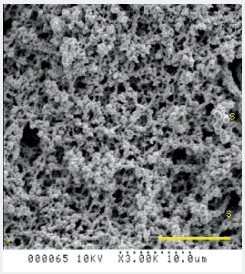
5. 酸奶中使用乳清蛋白的益处是什么？

乳清蛋白主要用来提高酸奶的质构。凝固型酸奶中，乳清蛋白可以提高持水性并减少运输和储存过程中的析水。搅拌型酸奶中，乳清蛋白可以提高黏度和口感。酸奶热处理前加入乳清蛋白（如WPC80）能使其变性并与酪蛋白胶束发生反应。建议的强化量为2—4%。整体来看，酸奶中WPC的添加可以提高它的质构和持水性。以下是总干为12%和蛋白质为4.2%的酸奶中添加和不添加WPC的超微结构对比图。WPC的添加导致结构紧致，并且减少了导致乳清析出的空穴。

配图：添加WPC对酸奶微观结构的影响[5]



所有脱脂乳固体，
12% TS，4.2%蛋白质



60%脱脂乳固体，
+40% WPC40

6. 生产UHT奶时怎样确保乳清蛋白的热稳定性？

使用WPC的挑战之一是乳清蛋白的热稳定性不足。当乳清蛋白加热至其变性温度（约78°C）以上时，其球状结构会展开。根据温度、蛋白质浓度、pH和离子强度，高温加热（如UHT）可导致不溶性蛋白沉淀的形成。在UHT牛乳生产中需要控制的关键因素是pH和游离钙离子含量。pH过低会增强蛋白质不稳定性，而游离（离子态）钙过高会导致乳清蛋白聚集，最终发生蛋白沉淀。这些缺陷可通过选择低钙WPC，并在UHT配方中使用磷酸盐结合游离钙来大幅克服。目前已有商业热稳定WPC，可在UHT应用中令人满意地使用。

7. 哪些类型的饮料应用适合使用WPC和WPI？

WPC或WPI可作为蛋白来源应用于大多数饮料，如运动配方、婴儿营养、肠内营养配方、果汁饮料、饮品及豆制饮料。在豆制饮料（如豆奶）中，乳清蛋白可提供大豆蛋白中缺乏的含硫氨基酸。乳清蛋白还可改善豆制饮料的风味。WPC或WPI适用于酸性及中性pH饮料。当饮料需要高温加热时，应谨慎选择WPC或WPI，此时应使用热稳定WPC。

8. 哪类乳清蛋白配料适用于透明饮料？

饮料的浑浊可能源于乳清蛋白的胶体颗粒。最适合透明饮料的乳清蛋白产品是几乎不含脂肪的WPI。目前已有商业化透明WPI粉。未变性、低脂肪的WPI适用于中性pH和低pH饮料。

9. 在运动营养中使用WPC有哪些优势？

乳清蛋白含有最高浓度的支链氨基酸（BCAA），即亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。BCAA为寻求最佳瘦体肌肉质量的运动员提供了合适的营养。BCAA也是人体必需氨基酸。对于运动员而言，BCAA有助于维持肌肉组织，并保持肌肉中作为能量来源储存的糖原。BCAA还可帮助防止运动过程中肌肉蛋白分解。

在持续运动过程中，肌肉中的BCAA被用于能量和NH3的生成。随后游离色氨酸与BCAA的比例增加，被认为会提高色氨酸用于合成血清素的可利用性。这可能导致嗜睡，并增加维持运动所需的精神努力。因此，在运动前和运动期间补充BCAA可延缓疲劳并改善运动表现。研究表明，定期补充支链氨基酸可通过阻止色氨酸进入大脑来预防中枢性疲劳。来自酸乳清的乳清蛋白产品比奶酪乳清来源的产品含有更高水平的BCAA。

5 Puvanenthiran等（2002）《改变酪蛋白与乳清蛋白比例的酸奶结构和粘弹特性》。《国际乳品杂志》12，383-391。

10. 乳糖在食品应用中的主要功能性是什么?

应用于食品中,乳糖具有如下的作用

- 降低产品的甜度,因为乳糖只有蔗糖甜度的30%
- 可被用作风味的载体并增强产品风味
- 营养和能源的来源,特别是婴儿配方食品,其乳糖含量几乎为50%。
- 烘焙制品中的褐变和典型的金黄色外皮以及糖果制品中的焦糖化
- 酸奶及其他发酵制品中可发酵糖的来源

8.7 术语表

奶酪生产用蛋白强化剂

奶酪生产用蛋白强化剂是指通过在奶酪生产中向乳中添加蛋白粉来提高干物质含量和奶酪得率。因为这些粉末中的酪蛋白胶束可轻易形成奶酪凝块,故MPC56和70常被用作为奶酪生产用蛋白强化剂。

变性

变性是指乳清蛋白天然构象的改变。在天然状态下,乳清蛋白在特定温度、pH和离子强度条件下具有一定的构象(如二级和三级结构)和生物活性。当环境条件发生改变,如加热、pH或离子强度变化,蛋白结构会展开,此状态称为变性状态,且会影响其功能性。

分散性

分散性是指当与水或液态食品充分接触时粉状产品分散成单个粒子的能力。

蛋白粉的分散性可通过喷雾干燥过程中的团聚来提高,进一步可通过对团聚颗粒进行卵磷脂包覆(速溶化)来增强。

乳化液

乳化液是指由两种互不相溶的液体(如油和水)组成的分散体系或悬浮体系。食品乳化液可为油包水型(如牛乳)或水包油型(如奶油)。由于分散相(如油)与连续相(如水)表面张力的差异,乳化液本质上是不稳定的。乳蛋白可在油-水界面吸附并降低界面张力,因此可形成稳定的乳化液。

乳化

乳化是指乳化液形成的过程。乳化作用一般是通过机械手段如均质而实现的。

乳化能力

乳化能力是指在乳化液破坏或发生相变时一定蛋白含量的水相能乳化油的最大量。

乳化稳定性

乳化稳定性是指乳化液形成后在一定贮藏时间内从乳化液分离出的油量。

起泡能力

起泡能力是指通过搅打定量的蛋白质产生泡沫的最大量。为有效地产生泡沫,蛋白质结构需要展开且在界面快速吸附。

泡沫稳定性

泡沫保持稳定的最长时间被解释为泡沫稳定性。

胶凝化

凝胶化是指蛋白粉形成三维网络结构的能力。加热、pH或离子强度可诱导WPC发生凝胶化。

糖巨肽

糖巨肽—通常也被称作酪蛋白巨肽（CMP）或酪蛋白糖巨肽（CGMP）—凝乳酶与酪蛋白胶束作用过程后释放于乳清的κ—酪蛋白的亲水肽段。

热稳定性

蛋白产品在经受高温热处理时保持稳定的能力称为热稳定性。MPC具有很高的热稳定性，可在121°C下加热超过一小时。含天然乳清蛋白的WPC热稳定性较差，但可通过控制加热过程中的蛋白浓度、pH和离子强度来调节其热稳定性。

水合和持水力

水合和持水力或蛋白质的保水性是食品工业上可以互换的术语。水合一般指蛋白粉与水接触时吸附并结合水的能力。

膜过滤

膜过滤是指利用半透膜，根据分子大小分离蛋白质、脂肪、糖和盐等分子的加压驱动工艺。四种主要的膜过滤工艺包括：反渗透、纳滤、超滤和微滤。WPC和MPC通常采用超滤工艺生产。

透过液

在膜过滤过程中，通过膜的低分子量成分称为透过液。超滤透过液主要含有大部分乳糖和矿物质。

物理功能性

物理功能特性是指黏度、凝胶化、起泡和乳化等特性。

生理功能性

生理功能特性是指生物活性或功能活性。

截留液

在膜过滤过程中，被膜截留的浓缩蛋白物质称为截留液。

溶解性

蛋白粉的溶解性是指其颗粒在轻度搅拌下吸水并溶解的能力。

黏度

黏度是指溶液对流动的抗性和直观上溶液的稠度。蛋白质溶液的黏度与蛋白浓度和存在的亲水氨基酸有关。黏度对于分散液的物理稳定性和乳化液有很重要的作用，并且还有利于食品的口感。

WPC

乳清蛋白浓缩物——指通过膜工艺（如超滤）或离子交换色谱浓缩乳清蛋白制成的乳清蛋白粉。WPC根据蛋白质含量（35%至85%）进行区分。

WPI

乳清蛋白分离物——指蛋白质含量超过90%的乳清蛋白浓缩物。WPI几乎不含乳糖，是运动饮料、婴儿营养、功能性食品和营养保健品的宝贵配料。

乳清

在生产奶酪、凝乳酪蛋白和酸酪蛋白过程中获得的淡黄绿色副产液体。切达、马苏里拉奶酪或凝乳酪蛋白生产过程中获得的乳清，因pH为6.0-6.5，被称为甜乳清；酸酪蛋白、奶油奶酪或农家奶酪生产过程中获得的乳清，因pH约为4.6，被称为酸乳清。乳清含有乳清蛋白、乳糖、矿物质及极低水平的脂肪。

乳清蛋白

乳清中所含的蛋白质称为乳清蛋白或血清蛋白。主要乳清蛋白为β-乳球蛋白和α-乳白蛋白，两者合计约占乳清蛋白总量的70%。其他乳清蛋白包括牛血清白蛋白、乳铁蛋白和蛋白酶肽。

8.8 参考文献和延伸阅读

Bryant CM 和 McClements DJ（1998）。《蛋白质功能的分子基础，特别考虑从热变性乳清中提取的冷定型凝胶》。《食品科学和技术趋势》9，143-151。

《乳品加工手册》（1995）。利乐包装加工系统AB，瑞典隆德。

De Wit（1998）。《食品中乳清蛋白的营养和功能性》。《乳品科学杂志》，81，597-608。

Fox PF（2001）《作为食品成分的乳蛋白》《国际乳品技术杂志》54，41-55。

Harper WJ（1989）。《乳清蛋白浓缩物的功能性及其与超滤的关系》。《IDF特刊》9201。77-108。

Huffman LM 和 Harper WJ（1999）。《通过分离技术使牛乳的价值最大化》。《乳品科学杂志》，82，2238-2244。

Kinsella JE（1984）。《乳蛋白：物理化学和功能性》。《CRC对“食品科学与营养”的关键评论》，21，197-262。

Mulvihill DM（1999）。《乳蛋白产品的生产、功能性和使用》。《高级乳品化学-1：蛋白质》（Fox PF编辑），第369-404页。Elsevier应用科学，伦敦。

Rajah KK 和 Blenford DE（1988）。《ALM指南：乳糖特性和用途》。乳糖制造协会，荷兰海牙。

《美国乳清和乳糖产品参考手册》。美国乳制品出口委员会。

附录1: 乳清产品在乳制品、烘焙和糖果应用中的功能性

功能性	乳清蛋白产品					
	WP	DWP	WPC 35	WPC 55	WPC 80	WPI
膨松剂	♦	♦	♦			
风味强化	♦	♦	♦	♦		
营养强化			♦	♦	♦	♦
高蛋白				♦	♦	♦
低乳糖					♦	♦
低矿物质					♦	♦
分散性	♦	♦	♦	♦	♦	♦
溶解性	♦	♦	♦	♦	♦	♦
透明度						♦
持水力			♦	♦	♦	♦
结合脂肪				♦	♦	♦
黏度				♦	♦	♦
胶凝					♦	♦
热稳定性		♦	♦	♦	♦	♦
低pH稳定性	♦	♦	♦	♦	♦	♦
乳化			♦	♦	♦	♦
起泡性			♦	♦	♦	♦
惯打性			♦	♦	♦	♦
成膜				♦	♦	♦
结晶化	♦	♦				
褐变	♦	♦	♦	♦		
粘附				♦	♦	♦

WP–乳清粉

DWP–脱盐乳清粉

乳制品				烘焙和糖果制品			
重组乳	冰淇淋	酸奶	再制奶酪	面包	蛋糕	饼干	巧克力
■	■	■		■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■				
■	■	■	■				
	■	■	■	■	■	■	
			■		■	■	
		■	■	■	■	■	
		■	■	■	■		
■			■				
		■	■				
■	■	■	■				
	■						
					■		
					■		
							■
				■	■		

附录2：乳清产品在肉制品、方便食品及营养品应用中的功能特性

功能性	乳清蛋白产品						肉制品			
	WP	DWP	WPC 35	WPC 55	WPC 80	WPI	甜点	肉馅	香肠	鱼酱
膨松剂	♦	♦	♦							
风味强化	♦	♦	♦	♦			■			
营养强化			♦	♦	♦	♦	■	■	■	■
高蛋白				♦	♦	♦	■	■	■	■
低乳糖					♦	♦				
低矿物质					♦	♦				
分散性	♦	♦	♦	♦	♦	♦				
溶解性	♦	♦	♦	♦	♦	♦	■			
透明度						♦				
持水力			♦	♦	♦	♦	■	■	■	■
结合脂肪				♦	♦	♦	■	■	■	■
黏度				♦	♦	♦	■	■	■	■
胶凝					♦	♦	■	■	■	■
热稳定性		♦	♦	♦	♦	♦	■			
低pH稳定性	♦	♦	♦	♦	♦	♦				
乳化			♦	♦	♦	♦	■	■	■	■
起泡性			♦	♦	♦	♦				
惯打性			♦	♦	♦	♦	■			
成膜				♦	♦	♦				
结晶化	♦	♦								
褐变	♦	♦	♦	♦			■			
粘附				♦	♦	♦		■	■	

WP–乳清粉

DWP–脱盐乳清粉

方便食品			营养食品				干混制品
酱汁	汤/肉汁	沙拉酱	婴儿配方乳粉	肠内配方食品	运动饮料	运动能量棒	
							■
■	■	■	■				■
■	■	■	■	■			■
		■	■	■	■	■	■
				■	■	■	■
				■			■
■	■	■	■	■			■
■	■	■	■	■			■
					■		
■	■	■					
						■	
■	■	■					■
	■		■	■			
■		■			■		
■	■	■	■	■			
						■	



09 冷冻牛乳和冷冻稀奶油

目录

9.1 引言 257
9.2 加工原理概述 258
9.3 冷冻稀奶油与冷冻牛乳的生产 259
9.4 冷冻牛乳与冷冻稀奶油的解冻 261
9.5 冷冻牛乳和冷冻稀奶油的应用 262
9.6 常见问题解答 264
9.7 术语表 266
9.8 参考文献 267

冷冻稀奶油产品是将新鲜稀奶油快速冷却后冷冻，工艺与冷冻牛乳相似。冷冻稀奶油产品包括冷冻稀奶油（脂肪含量约30-50%）和高脂冷冻稀奶油（脂肪含量55-75%），两者典型保质期均约为18个月。用于鲜稀奶油应用的冷冻稀奶油在解冻和使用时需要额外注意。作为配料使用的冷冻稀奶油可用于重组乳、奶油和冰淇淋。与冷冻牛乳一样，冷冻稀奶油的解冻过程对其最终用途功能性和质量至关重要。

9.1 引言

冷冻牛乳产品是指经过浓缩、快速冷却并冷冻的牛乳产品。这些产品可在冷冻状态下长期储存（典型保质期为18个月），使用前解冻即可。冷冻牛乳产品包括冷冻脱脂乳浓缩物（脂肪含量0.5%）和冷冻全脂乳浓缩物（脂肪含量约15%）。冷冻牛乳产品可替代鲜牛乳和延长保质期（ESL）牛乳产品，也可作为冰淇淋、酸奶、烘焙及糖果等多种食品的配料。

表1 带脂肪和乳固体的冷冻牛乳和稀奶油种类

产品	脂肪水平(近似值)	乳固体
冷冻脱脂浓缩乳	0.5%	不超过70%
冷冻全脂浓缩乳	15%	不超过70%
冷冻稀奶油	30 – 50%	不超过70%
冷冻高脂稀奶油	55 – 70%	不超过70%

9.2 加工原理概述

图1 冷冻牛乳与冷冻稀奶油生产工艺步骤概要



对于冷冻脱脂乳产品，分离后的原奶（脱脂部分）在不添加稀奶油的情况下进行巴氏杀菌和浓缩。对于冷冻全脂乳产品，会在巴氏杀菌前将稀奶油添加到脱脂乳中。

图1更详细地描述了冷冻牛乳与冷冻稀奶油生产所涉及的工艺步骤。关键工艺步骤包括：

分离 – 将原奶分离为稀奶油部分和脱脂乳部分。

均质 – 将稀奶油中的脂肪球尺寸减小，以便均匀分散于牛乳中。

混合 – 将脱脂乳与稀奶油按所需脂肪和蛋白质水平混合。

巴氏杀菌 – 通常使用约125–130°C、2–4秒的ESL温度，以杀灭致病微生物并灭活可能导致牛乳变质的蛋白酶和脂肪酶。对于冷冻稀奶油产品，可在真空下进行真空处理或脱气步骤，以减少挥发性风味。

浓缩 – 通过反渗透（RO）等工艺浓缩牛乳中的总固形物，以减少产品水分，从而降低储存和运输成本。浓缩水平一般在乳固体45–70%范围内。

冷却 – 浓缩后的牛乳通过牛乳冷却系统冷却，准备包装。

包装 – 产品通常采用袋装箱系统包装。

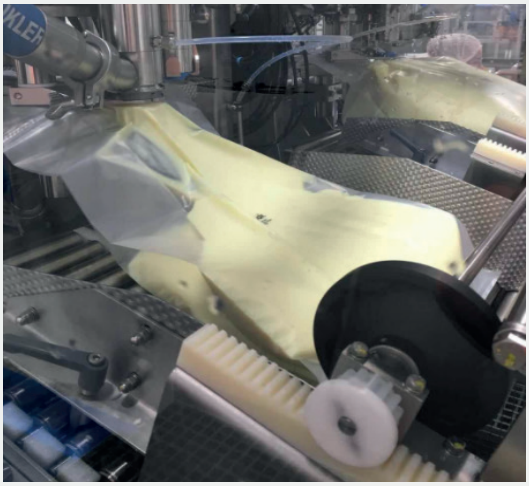
冷却与冷冻：

冷冻牛乳 – 单个纸箱或整托盘可先冷却至冷藏温度（0–4°C），然后快速鼓风冷冻至<–18°C，并在发货前保持冷冻状态。

冷冻稀奶油 – 单个纸箱或整托盘可先通过宽隙板式冷却器冷却至6–8°C，然后快速鼓风冷冻至<–18°C。

高脂冷冻稀奶油 – 单个纸箱或整托盘可先冷却至10°C，然后在4小时内冷冻至<–18°C。

图2 浓缩牛乳灌装到袋中



9.3 冷冻稀奶油与冷冻牛乳的生产

冷冻稀奶油的生产是一个两阶段工艺，包括稀奶油的生产及其后续冷冻过程。

稀奶油生产

用于奶油制造的稀奶油一般含有约40%的奶油脂，而餐用稀奶油的脂肪含量多在30%-48%之间。在所有情况下，稀奶油应保持新鲜且品质良好。巴氏杀菌方法取决于客户规格，有些客户偏好具有轻微坚果味的稀奶油，这种风味传统上与真空处理及挥发性风味减少有关；而另一些客户则偏好采用标准板式巴氏杀菌，并辅以小规模脱气步骤。

冷冻稀奶油

若稀奶油仅作为配料使用，不要求保留脂肪乳化状态，可在无特殊处理下直接冷冻。在其他要求解冻后产品特性接近鲜稀奶油的情况下，必须快速冷冻以防止乳脂肪球膜（MFGM）受损。对于脂肪含量在30%至48%的稀奶油，通过宽隙板式冷却器迅速冷却至6至8°C，然后立即包装并快速鼓风冷冻，即可实现鲜稀奶油风味及大部分乳化状态的保持。如操作得当，供进一步加工的稀奶油可在-18°C以下储存6-10个月。

高脂冷冻稀奶油

对奶油脂以高脂冷冻稀奶油形式的需求主要来自出口市场，因为运输水分成本较高。根据客户及进口国法规要求，这类稀奶油的脂肪含量可在55%-75%之间，且对解冻后的功能性、风味和质构有严格要求。

稀奶油的脂肪含量会影响从预冷阶段到解冻阶段的整个冷冻过程。随着脂肪含量升高至70%，保持其乳化状态将变得愈发困难，在不使用稳定剂或乳化剂的情况下，80%的乳化保持率已是实际可行的最大值。

稀奶油脂肪含量越高：

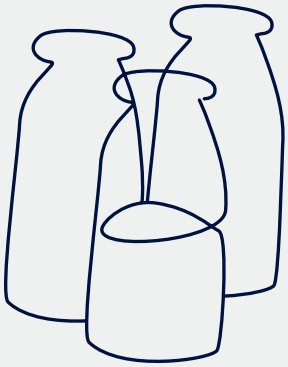
- 越难以保持乳化状态；
- 稠度越高，黏度越大；
- 冷却和冻结时间越长。

高脂稀奶油在低温下会显著增稠，因此，不应将其冷却至低于10°C，并应在冷却后4小时内完成冷冻，否则黏度会妨碍灌装过程中的均匀冷冻。

对于高脂稀奶油产品，预冷通常在刮板式换热器（SSHE）中进行。SSHE由带夹套的圆筒和装有多排刮刀的旋转搅拌器组成。产品被泵送通过圆筒，同时冷却介质在圆筒与夹套之间循环。SSHE设计用于连续清除换热圆筒壁上的产品，对于成功冷却含有大颗粒、高黏度或冷却过程中易结晶的产品至关重要。刮刀可防止圆筒壁上形成沉积物，并优化热交换与运行时间。

与高脂稀奶油相关的黏度增加需要使用第二阶段冷却，同样采用刮板式换热，如图1所示。

根据所需功能，可使用低压均质作为控制稀奶油黏度的方法，同时最小化脂肪球团聚，最大化可用蛋白质在脂肪球表面的覆盖。均质还可根据使用压力降低脂肪球的平均尺寸，使快速冷冻可产生更小的平均晶体尺寸。



冷冻稀奶油的质量

冷冻是一种通过减缓酶促和化学反应速率来抑制变质微生物和致病菌活动的保存技术。冷冻通过降温使物质失去能量，将水转化为冰，从而改变物质的物理状态。通常，储存温度会进一步降低至-18°C。

冰态水不能被微生物利用。当水冻结时，体积膨胀约9%，形成的冰晶大小取决于冷冻速率——慢速冷冻产生大冰晶，快速冷冻产生小冰晶。对于冷冻稀奶油而言，大冰晶可能破坏脂肪球膜，导致乳化稳定性丧失，解冻后出现游离脂肪。

需要注意的是，成功的冷冻只能保持产品原有的固有品质，而不会提升质量水平，因此冷冻前的品质非常重要。

冷冻稀奶油的功能性

冷冻稀奶油用于需要使用鲜稀奶油的多种应用中。冷冻稀奶油的主要用途依赖于其风味、功能性和脂肪含量。从消费者角度看，冷冻稀奶油的目的是提高便利性、延长保质期，且若加工得当，冷冻稀奶油的质量可与鲜稀奶油相当。

在使用稀奶油时，客户有多种功能需求，从重组用基础奶油脂供应，到用于蛋糕装饰的良好搅打性能。作为配料使用的稀奶油适用于再加工成奶油汤、重组乳、奶油或冰淇淋。

影响冷冻稀奶油生产的因素众多，包括：

价格 – 相对于其他脂肪来源或鲜稀奶油的价格，并考虑储存成本。

风味 – 使用的主要原因，但也可用于风味要求不高的应用。

便利性 – 便于工艺添加、易于操作，或可在冷冻库存中稳定供应。

储存 – 需具备运输及储存冷冻稀奶油（-18°C）的设施。

巴氏杀菌稀奶油的功能特性

稀奶油的基本功能属性包括：

风味 – 稀奶油独特的天然风味可为多种食品增添浓郁感，并增强其他食品风味。由于稀奶油中牛乳脂肪熔点范围窄，其可快速释放风味。

质构 – 稀奶油可为汤品和酱料等多种食品增加浓郁顺滑的黏稠度和口感，这主要归功于牛乳脂肪及均质过程中形成的脂肪-蛋白质网络。

脂溶性成分载体 – 稀奶油中的牛乳脂肪作为脂溶性维生素的载体，并有助于其他脂溶性成分的均匀分布。

乳化 – 稀奶油中的天然蛋白质可作为乳化剂，促进乳化、充气、起泡和膨胀率，使稀奶油和冰淇淋等产品具有顺滑稳定的质构。

褐变 – 稀奶油通过美拉德褐变反应（稀奶油中的蛋白质与乳糖发生反应）促进食品的褐变，美拉德反应亦赋予含稀奶油熟食品以褐色风味。

增白作用 – 稀奶油可为咖啡等产品带来增白效果。稀奶油的着色力取决于其中颗粒的悬浮情况，稀奶油中较大的颗粒如脂肪球和酪蛋白会反射并散射光线，从而产生增白效果。

9.4 冷冻牛乳与冷冻稀奶油的解冻

解冻

在使用冷冻稀奶油时，解冻过程由最终用户控制，通常取决于其可用设施。主要影响因素为解冻时间，解冻时间是温差、机械能和时间的函数。不同的组合对解冻后稀奶油的风味、功能性及微生物质量有不同影响。最终产品的功能性需求将决定是采用慢速解冻还是快速解冻更为适宜。此环节通常由供应商与客户根据稀奶油的预期用途和规模经济共同制定。

冷冻牛乳与冷冻稀奶油的解冻对控制产品的质量与功能性至关重要。解冻是冻结物理过程的逆过程。脂肪的熔化温度高于其凝固温度。若需生产液态稀奶油，通常需温度高于35°C，以使脂肪乳化并混合。所采用的解冻技术取决于预期用途，以及是否需要保持乳化状态。

快速解冻

在此方法中，冷冻稀奶油可在加热融化的同时，机械破碎并连续处理。这种方法可减少微生物生长的可能性，但会导致严重的相分离，因为水相以冰晶形式存在，会机械剪切脂肪球结构，同时未给予蛋白质足够时间重新水化。该方法适用于均质为工艺必要组成部分的应用中。均质会重新形成脂肪球。在某些情况下，可使用微波技术作为热源。

慢速解冻

慢速解冻存在许多困难，且需更严格的控制，根据最终用途，解冻时间可能长达一周。

解冻的最佳温度应低于5℃，主要原因包括：

- 最小化外层细菌生长，因为外层首先解冻，并在整个解冻过程中保持在解冻温度；
- 最大化蛋白质对水相的再吸收，通常可预期有2-10%的乳清分离，具体取决于所用的加工与冷冻方法。此部分在后续加工中通常可被回收；
- 高温（如20°C）会在24小时内导致严重的哈败，因为蛋白质不足以保护所有甘油三酯免受脂肪酶水解。

经验表明，该方法可在较长时间内最大化蛋白质水化，有助于最大程度保持稀奶油乳化状态。

9.5 冷冻牛乳和冷冻稀奶油的应用

冷冻牛乳



冷冻牛乳产品具有诸多优点，包括：

- 可替代脱脂乳粉（SMP）和全脂乳粉等干制品；
- 减少与乳粉相关的“粉味”；
- 相较于乳粉具有更好的功能性，尤其是溶解性；
- 在需要鲜奶风味时尤为关键；
- 作为长保质期配料，便于储存与供应。

冷冻牛乳可替代鲜牛乳。对冷冻产品进行仔细解冻后，需要将其从浓缩状态复原至所需的脂肪和蛋白质水平。复原过程通常使用水稀释浓缩冷冻牛乳，之后进行热处理。热处理可包括鲜牛乳巴氏杀菌或ESL处理，以生产原味及调味饮用乳制品。

作为配料，冷冻牛乳可用于浓缩或复原后应用于冰淇淋、酸奶及酸奶饮料的生产，以及多种烘焙和糖果产品。

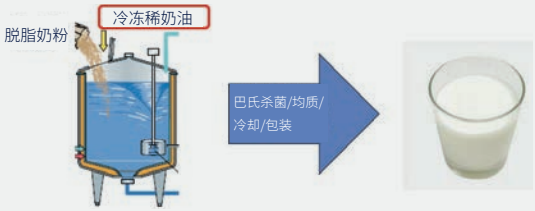


冷冻稀奶油

若正确解冻，冷冻稀奶油可提供与鲜稀奶油相似的功能性与风味特性。

快速解冻的冷冻稀奶油可能出现明显相分离的现象。此类产品更适合作为配料使用，通常在进一步加工中会经过均质步骤，如用于生产冰淇淋、奶油、奶油汤和重组乳（见图3）。

图3 冷冻稀奶油在重组乳中的应用



慢速解冻的冷冻稀奶油相分离较少，更适合餐饮服务应用，产品外观、功能性及风味要求较高的场景。如用于蛋糕及烘焙产品中的奶油夹馅，以及搅打稀奶油和搅打装饰。此外，冷冻稀奶油还可用于需要鲜稀奶油的咸味配料应用中，如土豆及意面焗烤、蛋奶酥，以及蛋糕、饼干、馅饼和面包等多种烘焙产品。



9.5 常见问题解答

冷冻牛乳和冷冻稀奶油

1. 冷冻稀奶油应如何解冻?

解冻是冻结物理过程的逆过程。脂肪的熔化温度高于其凝固温度。若需生产液态稀奶油，通常需要温度高于35℃，以使脂肪乳化并混合。所采用的解冻技术取决于预期用途，以及是否需要保持乳化状态。

快速解冻

在此方法中，冷冻稀奶油可在加热融化的同时，机械破碎并连续处理。此方法可减少微生物生长的可能性，但会导致严重的相分离，因为水相以冰晶形式存在，会机械剪切脂肪结构，同时未给予蛋白质足够时间重新水化。该方法适用于均质为工艺必要组成部分的应用中。在某些情况下，可使用微波技术作为热源。

慢速解冻

慢速解冻存在多种困难，且需更严格的控制，根据最终用途，解冻时间可能长达一周。

解冻的最佳温度应低于5℃，主要原因包括：

- 最小化外层细菌生长，因为外层首先解冻，并在整个解冻过程中保持在解冻温度；
- 最大化蛋白质对水相的再吸收。根据加工和冷冻方法，通常可预期2-10%的乳清分离，此部分在后续加工中通常可被回收；
- 高温（如20℃）会在24小时内导致严重哈败，因为蛋白质不足以保护所有甘油三酯免受脂肪酶水解。

经验表明，该方法可在较长时间内最大化蛋白质水化，有助于最大程度保持稀奶油乳化状态。

2. 解冻冷冻牛乳或冷冻稀奶油的最佳方法是什么?

最佳解冻方法主要取决于最终产品的用途，但也可能包括公司可用于储存和处理冷冻产品的设施和设备。一般来说，使用机械作用和加热的快速解冻方法，最适于将被再加工的冷冻产品，尤其是使用均质化的高脂冷冻产品。对于解冻后较少加工的产品，缓慢解冻过程更合适。

3. 冷冻牛乳和稀奶油会降低产品质量吗?

若冷却和冷冻过程操作正确，冷冻牛乳或冷冻稀奶油将保留原始配料的功能性和质量参数。冷冻过程本身无法提升产品质量，但若生产、储存和解冻均正确进行，冷冻可帮助产品在后续使用时保持相同的质量参数。

4. 与新鲜产品相比，冷冻牛乳或冷冻稀奶油的优势是什么?

冷冻产品的主要优点包括延长了配料的保质期，以及可立即供应。此外，就质量和储存空间而言，冷冻配料比新鲜产品更易长期管理。

5. 与新鲜产品相比，冷冻牛乳或冷冻稀奶油的劣势是什么?

冷冻产品的主要缺点是在解冻不当时可能出现功能性和质量问题。此外，储存和能源方面也可能产生额外成本。

6. 冷冻牛乳和冷冻稀奶油的典型保质期是多少?

若在冷冻状态下储存,冷冻牛乳和冷冻稀奶油的保质期可达18个月。

冷冻牛乳

1. 冷冻牛乳解冻时,应该均质吗?

如果冷冻牛乳用快速解冻法解冻,就应将其均质,因为这种方法会对脂肪球造成一定的破坏。如果冷冻牛乳解冻缓慢,一般不需要均质。

2. 冷冻牛乳是否用于替代食品加工和烘焙中的传统全脂乳粉(WMP)和脱脂乳粉(SMP)?

冷冻牛乳可用于替代烘焙应用中的WMP和SMP。与WMP和SMP等干制品相比,冷冻牛乳能提供更好的风味和功能性。

3. 冷冻牛乳是否可以解冻后替代普通牛乳?

冷冻牛乳可用于替代普通牛乳。若冷却、冷冻和解冻过程操作正确,冷冻牛乳或冷冻稀奶油将保留原始配料的功能性和质量参数。

4. 当使用冷冻牛乳生产酸奶而非鲜牛乳时,是否需要特殊工艺,且是否会影响最终酸奶产品?

若冷却、冷冻和解冻过程操作正确,冷冻牛乳可能保留原始配料的功能性和质量参数。因此,使用冷冻牛乳不会影响最终酸奶产品的质量和功能性。

5. 冷冻牛乳解冻后,脂肪/稀奶油会与脱脂部分分离吗?

若正确进行慢速解冻,脂肪或稀奶油不应发生分离。

6. 有时在冷冻牛乳中可见一些脂肪颗粒;为什么会发生这种情况?

在解冻后的冷冻牛乳中,偶尔会看到少量脂肪颗粒。这可能是由于脂肪部分与脱脂部分的冻结和解冻速率略有不同所导致。

冷冻稀奶油

1. 在冷冻稀奶油的加工过程中,是否添加了脱脂牛乳?

在冷冻稀奶油的加工过程中不添加脱脂奶。对于冷冻全脂牛乳,脱脂和稀奶油混合在一起。对于冷冻稀奶油,只使用稀奶油。

2. 冷冻稀奶油解冻后是否会影响起泡能力和搅打性能?

一般而言,搅打稀奶油的生产工艺与普通稀奶油略有不同。在生产搅打稀奶油时,通常不进行均质处理,且冷却温度略高。若冷冻稀奶油按此工艺生产,其性能将与由鲜稀奶油生产的搅打稀奶油相似。

3. 冷冻稀奶油与UHT稀奶油在功能性上有何不同?

由于UHT稀奶油的加工温度远高于冷冻稀奶油,UHT稀奶油往往具有更强的乳脂凝集和脂肪堵塞形成倾向。通常会向UHT稀奶油中添加稳定剂以减少这种影响。

4. 在高脂冷冻稀奶油的生产过程中,低温均质的目的是什么?

低温均质用于降低脂肪球的平均大小,因此快速冷冻可产生更小的晶体尺寸。这也有助于脂肪球的解聚,并使脂肪球表面上的可用蛋白质接触最大化。

5. 快速冷冻稀奶油用什么温度?

使用低至-30°C的温度对开放式或封闭式堆叠托盘中的稀奶油进行气流冷冻。

6. 使用冷冻稀奶油生产奶油时,有何解冻要求?

应采用快速或瞬时解冻方法,以减少可能在奶油中产生哈败风味的微生物生长。

7. 是否可以使用奶油或浓缩乳来生产冷冻稀奶油?

使用奶油和浓缩乳生产冷冻稀奶油会导致质构和风味不佳,不推荐此方法。优质冷冻稀奶油需由鲜牛乳制成。

8. 若慢速解冻过程在>35°C下进行一天,会导致哈败吗?

若冷冻稀奶油在>35°C等高温下长时间(如一天)解冻,会促进微生物生长,这些微生物可产生导致哈败的酶。

9. 为什么冷冻稀奶油的慢速解冻过程中会出现部分乳清析出现象,这会影响解冻后稀奶油的性能吗?

在慢速解冻过程中,可能会出现部分乳清析出,但在后续加工中可轻松将其重新混入稀奶油,不会影响其所用于产品的性能。

10. 冷冻稀奶油的哪些加工步骤是制作具有良好搅打和发泡参数的产品的关键?

稀奶油的最小均质化或不均质化,以及两阶段冷却过程(冷却至10°C然后至5°C),然后进行鼓风冷冻,将极大地改善冷冻稀奶油的搅打和发泡参数。

9.6 术语表

脂肪球

脂肪球是乳中的脂肪液滴。脂肪液滴通过脂肪球膜的包裹而与水相分离。

均质

用于减少牛乳及乳制品中脂肪球尺寸的工艺。该工艺通常通过将产品在高压下通过狭小开口实现。此过程还会形成由混合物中可用蛋白质构成的新脂肪球膜包裹的小脂肪球。

膜过滤

膜过滤工艺是指使用半透膜根据分子尺寸进行分离的过程。膜过滤为压力驱动的错流或切向流工艺。四大膜过滤工艺包括:反渗透、纳滤、超滤和微滤。WPC和MPC通常采用超滤工艺制造。

巴氏杀菌

对牛乳加热,可采用间歇法(63°C,保持30分钟)或高温短时法(HTST)(72°C,保持15秒)。其目的是杀灭所有可致人类疾病的致病微生物,以及大部分可能导致产品变质的非致病性腐败微生物和酶。

相分离

相分离指由单一均质混合物产生两种不同相的过程。在牛乳和稀奶油中,可指脂肪相(脂肪部分)与血清相(脱脂部分)分离。

哈败

哈败或酸败指产品中由于脂肪分解(通常由脂肪酶作用产生游离脂肪酸)而产生的异味和异味感。

分离

指通过离心分离机将牛乳分离为稀奶油和脱脂乳部分的工艺。

解冻

解冻是将冷冻产品回温至无残留冰的冷藏状态(0-5°C)的过程。

甘油三酯

甘油三酯是牛乳中主要的脂肪成分,由三个脂肪酸与一个甘油骨架组成。

真空处理

利用蒸汽蒸馏去除牛乳/稀奶油中不需要的挥发性风味的工艺步骤。

乳清析出

乳清析出是指液态水分从固态产品(如酸奶)中分离出来的现象。

9.7 参考文献

Early, R。(1998)《乳制品技术(第二版)》,Blackie学术与专业出版社,伦敦。

Fox, P.F.和McSweeney, P.L.H. (1998)《乳制品化学和生物化学》,Blackie学术与专业出版社,伦敦。

Roginski, H., Fuquay, J.W.和Fox, P.F. (2003)《乳品科学百科全书》,学术出版社,伦敦。兴趣章节–奶油p220-236,奶油p545-557,脂类p1544-162。

利乐公司(1995)《乳制品加工手册》,利乐公司AB包装加工系统,瑞典隆德。





10 澳大利亚乳品原料在超高温牛乳中的应用

目录

10.1 超高温加工过程的选项 269
10.2 超高温加工对乳制品的影响 273
10.3 常见问题解答 276
a 超高灭菌处理 276
b 营养方面 281
c UHT产品的缺陷 282
d 重组 292
10.4 术语表 296
10.5 参考文献和延伸阅读 298

10.1 超高温加工过程的选项

UHT，即超高温处理或超高温瞬时灭菌，其目的在于生产具有商业无菌性的最终产品，同时尽可能减少由于加工或储存造成的化学或感官变化。

UHT工艺包括两个主要步骤：

- 采用连续流系统对流体进行灭菌；
- 结合无菌包装以防止产品受污染。

该定义的关键点为“连续灭菌”和“无菌包装”。

因此，UHT加工可被视为由两个阶段组成的过程：

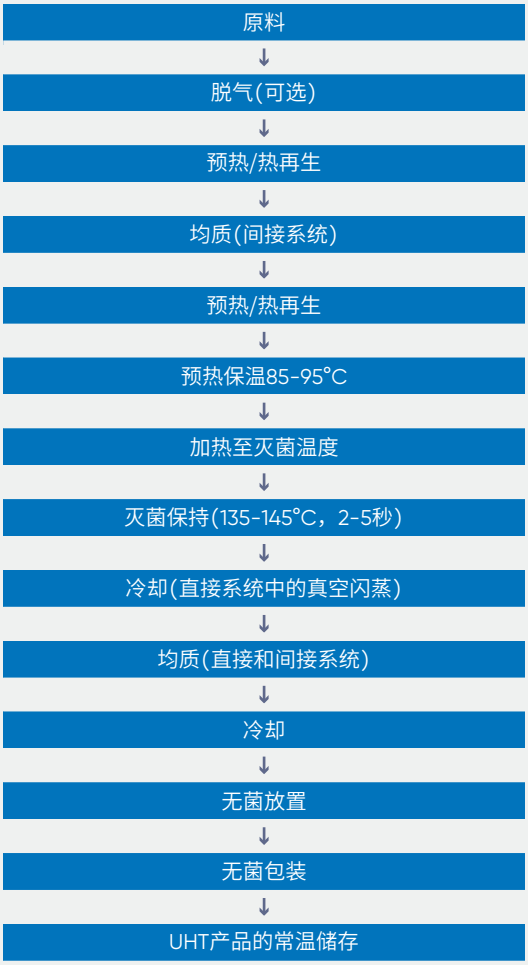
- 阶段1：在第一阶段，流体被连续灭菌；
- 阶段2：在第二阶段，包装容器材料在最终灌装和密封之前被单独灭菌，整个过程在无菌条件下完成。

因此，UHT工艺与罐头食品常用的釜式灭菌工艺截然不同。后者是将非无菌流体灌装入非无菌容器中，封口后，将产品和包装作为一个整体进行灭菌。

UHT加工的主要步骤概述如图1所示。

加热方式可以是直接的（蒸汽注入）或间接的（通过热交换器）。

图1 UHT处理的主要步骤



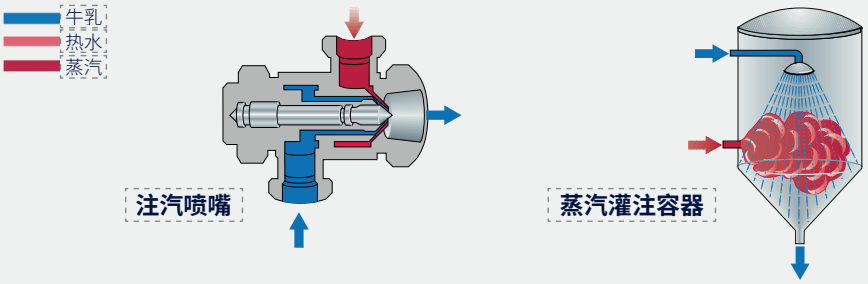
UHT加工的关键原理是在极短时间内将产品快速加热至预定温度（约135-145°C），保持2-5秒以确保无菌，然后尽可能快速冷却，随后进行无菌包装。相比之下，罐内灭菌将产品和包装加热至120°C，并保持20分钟。UHT加工的目的是在实现产品灭菌的同时，将其物理、化学或感官特性的损害降至最低。

直接加热和间接加热处理

UHT加工的基本特征是对产品进行快速加热和冷却，以最大程度减少化学和感官变化。这可通过以下两种方式之一实现：

- “直接”加热工艺，即通过蒸汽与产品直接接触来加热，可采用向产品中注入蒸汽或蒸汽喷淋（见图2）。加热非常迅速，仅需约0.5秒即可将温度从75-80°C升至约140°C。灭菌后，产品通过一个真空室，在精确的真空条件下运行，以去除加热过程中由蒸汽带入产品的水分。真空过程还能确保产品从灭菌温度快速冷却至75-80°C。
- “间接”加热工艺，即通过不锈钢界面传热达到灭菌温度，使用管式或板式换热器（见图3）。系统中包含回收加热，即通过已灭菌的热牛乳预热进入的冷牛乳，以及产品冷却，这些都是系统的重要组成部分。与直接加热相比，间接UHT系统需要更长的加热和冷却时间。

图2 直接加热处理设备



《乳制品加工手册》

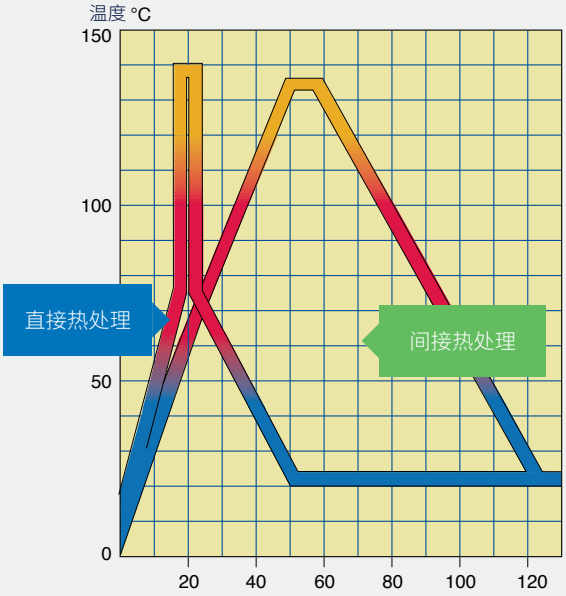
图3 间接加热处理设备



《乳制品加工手册》

这两种工艺都包括将产品预热至75至95°C，然后快速加热至约140°C的灭菌温度。图4显示了间接系统和直接系统的典型温度曲线。请注意，直接加热系统在80°C以上的整体曲线形状与理想曲线相似。评估产品热损伤的一个良好指标是曲线下的面积。显然，在相同灭菌温度和保持时间下，间接系统对产品造成的损伤大于直接系统。这是由于间接系统的加热和冷却速度较慢所致。

图4 直接与间接UHT系统的温度曲线



《乳制品加工手册》

均质

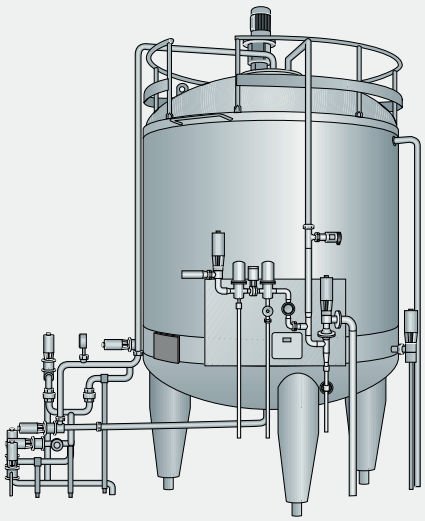
UHT的目的是生产无需冷藏即可长时间保存的产品。因此，均质化对于防止产品中脂肪分离是必不可少的。均质步骤可以在灭菌步骤之前或之后进行。如果均质机位于灭菌段下游，则必须设计为可有效灭菌，并在运行过程中保持无菌。因此，普通均质机的阀门、泵和其他部件需要经过昂贵的改造，以确保其可以被灭菌并在运行过程中保持无菌。虽然这些改造使均质过程成本增加，但其优点是可获得质量更好的产品。特别是，下游均质可减少储存期间的脂肪分离，并可能因分散灭菌段烧结的微粒或变性乳清蛋白而减少沉淀。对于直接UHT系统而言，下游均质尤为重要。



无菌储罐

大多数UHT生产线都配备一个或多个无菌储罐（A罐）作为生产线的组成部分。这些容器可平衡UHT处理器与包装段之间的流量，以防止当处理能力超过灌装能力时需要对产品进行回流。回流是非常不利的，因为这会导致部分产品受到重复加热处理。在这种情况下，无菌储罐在确保产品质量稳定良好方面起着重要作用。典型无菌储罐见图5。

图5 无菌储罐

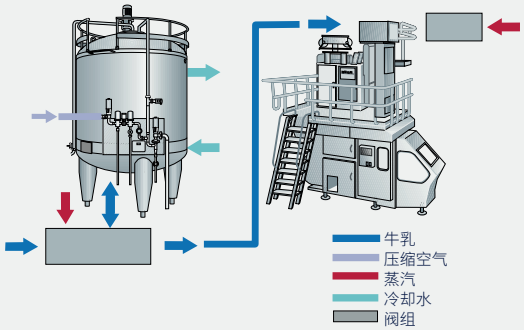


《乳制品加工手册》

灌装机

UHT产品的包装材料包括复合材料（预制型或卷膜）、袋装和塑料瓶。选择哪种包装主要取决于产品要求、市场评估及成本。

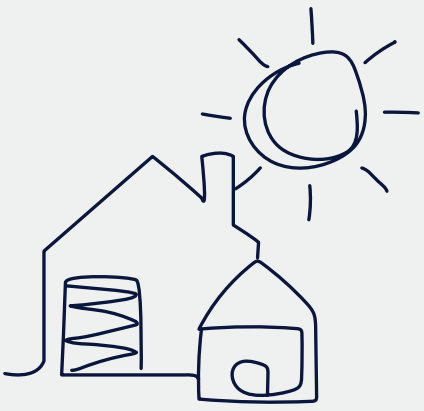
图6 与无菌储罐相连的无菌灌装机



《乳制品加工手册》

10.1.5 生产线灭菌

生产线的所有部分，尤其是灭菌段和储存段之后的部分，在开始加工前必须进行灭菌，并且在整个生产过程中必须保持无菌状态。灭菌可通过加压热水或高压蒸汽进行。该灭菌步骤的时间和温度条件由设备制造商规定。

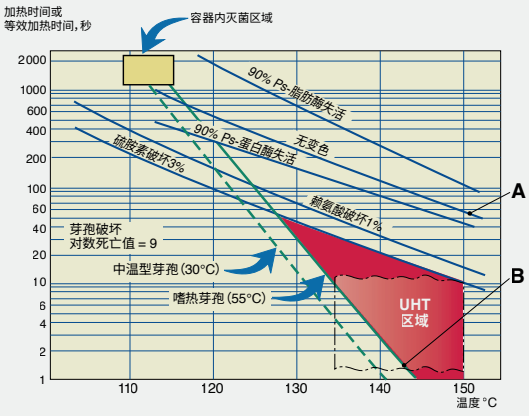


10.2 超高温加工对乳制品的影响

贮藏过程中超高温灭菌乳的物理和化学性质变化

UHT加热对细菌芽孢减少及牛乳化学变化的影响总结于图7中。A线表示牛乳发生变色和褐变所需的最低温度和时间，B线表示杀灭细菌芽孢并实现牛乳完全灭菌所需的最低温度和时间。图中其他曲线表示酶失活（脂肪酶和蛋白酶）以及蛋白质和氨基酸（硫胺素、赖氨酸）变性。

图7 UHT消毒期间的化学和细菌学变化



《乳制品加工手册》

蛋白变性

乳清蛋白的变性程度对功能性和营养价值都很重要。变性取决于灭菌条件以及预热和冷却程序。一般而言，间接系统的乳清蛋白变性程度大于直接加热系统。

反射率与沉淀

通常，常规釜式灭菌和UHT处理都会增加牛乳的不透明度。这是由于乳清蛋白变性和聚集导致反射颗粒数量增加所致。均质也会增加牛乳的不透明度。随着牛乳pH降低，UHT牛乳的反射率最初会如预期般升高。然而，反射率在约pH 6.55时达到最大值，随后迅速下降。不透明度的降低对应于产品沉淀的极快增加。该沉淀在UHT处理后立即形成，质地较重，仅需在100g离心力下几分钟即可去除。因此，当pH为6.65时，牛乳对UHT处理稳定，但若pH为6.50，牛乳胶束稳定性在UHT处理中完全丧失，产品无法使用。此外，沉淀会导致系统中迅速产生烧结，最终造成设备完全堵塞。因此，为避免产品出现快速烧结和沉淀，原料奶的pH必须保持在约6.65-6.70以上。若pH低于该值，无论是因化学作用、配方成分添加，还是细菌作用，均可导致快速沉淀形成。

pH

因为许多因素都会影响pH变化，因此很难评论UHT加工对pH的影响。然而，可以作出一些一般性观察。首先，pH变化约为0.05-0.10单位，变化幅度较小。其次，经直接UHT系统处理的牛乳，其pH高于同一牛乳经间接UHT系统处理后的pH。这可能是由于不同时间和温度曲线对美拉德反应产酸的影响所致。美拉德反应是指食品热加工过程中，还原糖（如乳糖）与氨基酸的氨基发生反应，导致必需氨基酸（如赖氨酸）损失从而影响营养价值，同时产生褐色素导致颜色变化，并引起风味变化。在直接系统中，加热后产品经真空冷却去除二氧化碳，也可能引起pH轻微变化。

冰点

关于UHT对冰点的影响，UHT专家意见不一。然而，大部分证据表明，UHT加工不会导致冰点发生显著变化，观测到的变化更可能是由于产品稀释或浓缩所致。但若闪蒸室的真空设置不当，直接加工会导致冰点发生变化。

风味

UHT牛乳在刚刚处理后会有很强的硫磺味、蒸煮味和风味。这是因为释放了挥发性硫化物，包括从乳清蛋白和乳脂肪球膜蛋白中释放的硫化氢以及甲硫醇。在最初几天，这些成分会被产品中的溶解氧氧化，产品风味出现显著改善。这种改善比率与溶解氧浓度有关。

乳果糖的形成

在UHT加工过程中，部分乳糖（葡萄糖-半乳糖）会异构化为乳果糖（果糖-半乳糖）。加热强度越高，生成的乳果糖越多。由于未经处理的生乳中不含乳果糖，因此乳果糖含量是衡量热处理强度的良好指标。乳果糖含量与熟化风味的强度密切相关。

产品的污染

显然，产品污染问题对生产商来说至关重要。必须严格执行各项规程，以确保及时发现此类问题，并持续实施管理方案，以便明确识别并消除污染源。虽然具有极高耐热性的芽孢形成细菌可能在UHT处理后仍存活，始终令人担忧，但UHT牛乳及乳制品最常见的污染形式是灭菌后污染。

10.2.2 UHT牛乳储存期间物理和化学特性的变化

储存温度是决定产品储存期间变化的关键因素。储存温度降低，大多数变化的发生速率会减慢。此规律的主要例外是老化凝胶化，其发生最快的温度约为27°C。老化凝胶化是一种常见缺陷，会将产品变为如凝乳般的凝胶，从而限制UHT牛乳的保质期。老化凝胶化缺陷是由于UHT处理后仍存活的蛋白水解酶作用所致。

pH

贮藏过程中超高温灭菌乳的pH值会下降，pH值下降的速率会随着贮藏温度的上升显著增高。而pH的变化与胶凝化的出现没有必然联系。4°C贮藏下，超高温灭菌乳在3到6个月的贮藏期内，pH值下降0.05；15°C贮藏下，pH值下降0.2；40°C贮藏下，pH值下降0.5。变化基本上与时间呈线性关系。这类变化与时间大致呈线性关系，多半是因为酸造成的（如美拉德反应中生成的甲酸）。这种反应过程在低于30°C的温度下进行缓慢，但在高温下反应速度快得多。

风味

贮藏期间影响超高温灭菌乳风味的因素是贮藏温度、时间和氧含量。牛乳中的氧含量主要取决于生产中采用的具体的处理过程。然而，产品在更长的储存时间内，包材的透气性对氧含量起着重要的作用。但是，长期而言，容器的渗透性和包装顶部空间的大小在氧气来源方面发挥重要作用。在25°C左右储存约6周后，由可用氧气造成的氧化引起含脂肪制品出现陈腐风味。

一些因含硫化合物产生的熟味在储存过程中保留下来。同样，与因氧化而产生的陈腐风味类似，还有一些被描述为浓郁或加热的风味在储存期间被加强，这种风味与美拉德反应相关。如果产品中包含有耐高温蛋白酶或脂肪酶的残留物，还分别会产生苦味和腐臭味。

老化凝胶化

老化凝胶化是UHT产品中最常见的缺陷之一，也是UHT生产商面临的主要挑战。它是一个纯粹的物理化学凝固过程，尽管产品呈现出类似凝乳的凝胶形态，但仍然保持无菌状态。老化凝胶化的发生可早至生产后2-3周，也可能晚至生产后一年才出现。老化凝胶化发生的时间高度依赖于储存温度。在约4°C的温度下，可无限期延缓；在15°C时，可有效延迟。凝胶化的最快速发生温度约为27°C，而在40°C或以上储存可完全防止凝胶化。当然，40°C的储存并不可取，因为产品会出现褐变和氧化风味等其他严重缺陷。

颜色

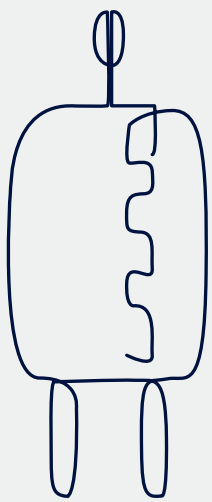
UHT牛乳在储存期间亮度通常会下降，下降速率主要取决于储存温度。亮度降低是美拉德褐变反应发展的结果。在30°C以上储存数周，产品会迅速出现深色。

脂肪分离

在非重组或非复原产品中，脂肪分离总是由于均质条件不良造成的。这可能是由于均质压力不足、均质机第二级压力不足、均质阀有划痕或旁通阀泄漏所致。在重组或复原产品中，通常可通过添加适当的稳定剂来防止脂肪分离。

产品标称保质期过长导致市场问题

UHT产品生产商经常受到零售商压力，要求接受过于乐观的“最佳食用期”标注。这种做法会导致产品长期销售中的问题，应予以抵制。保质期应反映产品在实际操作与储存条件下的真实保质期。



10.3 常见问题解答

A 超高温灭菌处理

1. 为什么与传统罐装灭菌相比超高温处理能使产品获得更好的品质?

UHT工艺的起源基于20世纪初发现的一个事实，即导致细菌灭活的生物反应，其热系数高于导致产品发生不良变化的化学反应。这些不良变化包括在高温处理下产生异味和营养价值损失。例如，灭菌温度每升高10°C，嗜热脂肪芽孢杆菌的灭活速率约增加10倍，而在相同温度升高下，褐变反应速率仅增加约3倍。嗜热脂肪芽孢杆菌是相对耐热的微生物，对于更敏感的微生物，如枯草芽孢杆菌，温度每升高10°C，其灭活速率增加约30倍。因此，为了实现对嗜热脂肪芽孢杆菌相同程度的灭活，通过将灭菌温度提高10°C，可以将保持时间至少缩短10倍。然而，在较高温度但保持时间缩短的情况下，褐变反应的强度将减少至低温下的约3/10。该效应的结果见下表1。

表1 温度对化学反应及杀菌效果的影响

温度 化学反应	杀死同样微生物所需的时间	达到同样杀菌效果的化学变化
115	1	100
125	.1	30
135	.01	9
145	.001	2.7

因此，通过提高灭菌温度并缩短保持时间以获得相同的灭菌效果，可减少产品中伴随发生的化学、物理及感官损害。这一原理的逻辑发展就是UHT工艺，其采用高温短时处理，生产出具有商业无菌性的产品，同时化学、物理及感官损害相对较小。商业无菌性意味着在常温储存的正常条件下，微生物不会在产品中生长。

2. 延长保质期（ESL）加工与UHT加工有何不同?

ESL牛乳通过在120°C至135°C加热2-5秒生产，其加热强度低于UHT加工。ESL加工不能杀灭所有细菌，尤其是不能杀灭所有芽孢形成菌。这些微生物在室温储存期间可能在产品中生长。因此，ESL牛乳必须冷藏储存。在冷藏温度下，其保质期为30-60天，远低于UHT牛乳在室温下的保质期。最大限度减少热处理后污染是延长ESL产品保质期的关键。

由于加热强度较低，ESL牛乳的风味与经72°C、15秒巴氏杀菌的牛乳更为接近，而不像UHT牛乳。ESL牛乳也可通过微滤（MF）膜工艺生产，该工艺通过尺寸过滤去除大部分细菌。微滤牛乳ESL所需的热处理温度更低，因此这种ESL牛乳风味极佳。

美国生产的“超巴氏杀菌”牛乳是一种ESL产品。其热处理温度在138°C或以上，时间至少两秒，可在包装前或包装后进行，以生产在冷藏条件下具有延长保质期的产品。此产品的加工范围属于UHT加工，但与无菌包装的UHT牛乳不同，其需冷藏储存而非室温储存。这种UHT牛乳的熟化风味比经≤135°C处理的ESL牛乳更明显。

3. 直接与间接UHT加工有哪些优点?

直接UHT处理工艺

直接工艺依赖于蒸汽注入或蒸汽喷淋。两种方法均通过释放蒸汽的潜热使产品瞬间升温至灭菌温度。在两种情况下，部分蒸汽在产品中冷凝，导致产品临时稀释约10%。在下一步骤，通过将产品置于精确条件下运行的真空室中，去除这10%的水分。真空步骤还可将产品从灭菌温度迅速冷却至约75-80°C。由于蒸汽与产品直接接触，因此必须使用食品级蒸汽。确保蒸汽不会给产品带来异味或风味缺陷，这一点非常重要，而这种情况在使用直接加热的UHT工厂中较易发生。

还有一个方面在一些国家引发了法律问题。向牛乳中添加水被视为掺假，因此违法；尽管这些水分随后通过真空过程被去除，但被去除的并不一定是相同的水分子，因此产品中含有部分添加水，这违反了法规。这一问题曾在一些国家长期阻碍直接UHT加工的采用。此外，如果真空设置未能去除加热过程中添加的所有水分，最终产品将被掺假。操作人员可通过冰点测定轻松检测此问题。

间接UHT处理工艺

间接UHT加工依赖于通过不锈钢界面传热，使用管式或板式换热器。高压蒸汽或热水被用作加热源。回收加热和产品冷却是系统的重要组成部分。与直接加工相比，间接UHT需要更长的加热和冷却时间。另一种间接加热工艺是所谓的Actijoule工艺，其中换热管通过电加热。目前，该工艺在一些国家用于牛乳和乳制品的生产。

直接加热UHT与间接加热UHT——哪个系统更优?

这个问题并不容易回答，因为需要考虑许多因素。这在很大程度上取决于产品、设备、市场需求和生产环境。关于直接系统和间接系统的重要事实包括：

- 直接UHT系统更为复杂，通常需要更多的控制设备；
- 直接系统需要供应专用的高质量食品级蒸汽；
- 直接系统的运营成本和资本成本更高；
- 直接系统可处理间接系统（特别是使用板式换热器的系统）难以处理的高黏度物料；
- 间接系统能源效率高，其热回收效率超过85%，而直接系统约为40%；
- 间接系统在加热、灭菌和冷却段容易出现烧结沉积物。这些沉积物由热变性蛋白和盐混合物形成，会降低传热速率，并可能缩短运行时间，需要中途清洗。直接系统，特别是喷淋式系统，几乎不会产生沉积物，可连续运行超过18小时而无需清洗；
- 直接系统可获得低含氧量的产品。这可能有利于改善风味并保留部分维生素；
- 直接系统生产的UHT牛乳比间接系统生产的牛乳更易发生老化凝胶化。

比较的重要考虑因素是各工艺对牛乳质量的影响。比较的基础可以是相同保持温度和时间，或相同芽孢杀灭水平。一般而言，由于加热和冷却时间极短，直接系统产品的乳清蛋白变性和维生素损失较少。这通常意味着风味更佳。然而，在实践中，情况远不止如此。使用间接系统的生产商在工艺改进方面已取得显著进展，许多情况下，间接系统生产的产品风味可与直接系统相媲美，甚至更优。

4. UHT产品可能的污染来源有哪些?

若产品污染达到不可接受的水平，必须识别并纠正污染来源。耐热芽孢在UHT处理后存活的情况极为罕见，尽管欧洲曾出现高度耐热的嗜热短芽孢杆菌存活的案例。污染来源总是涉及灭菌后的污染。唯一的例外是来自配料（特别是可可）的芽孢形成菌，由于可可颗粒的物理保护作用，可能抵御灭菌条件。

UHT产品中微生物的类型可揭示污染来源。有研究指出，若污染来自非耐热芽孢，如蜡样芽孢杆菌，说明设备未被有效清洗或灭菌。在此情况下，灭菌过程可消灭营养型微生物，但无法有效杀灭中等耐热芽孢。一种常见来源是受污染的下游均质机。定期更换均质机密封可减少此类污染。亦有多起UHT产品受非芽孢形成菌污染的报道，该类污染只能发生在灭菌段之后。

其他研究表明，卡在密封件下方或附着于不锈钢表面的嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢，其耐热能力会增强。一些UHT生产商还遇到过由尖孢镰刀菌污染引起的问题，该霉菌可导致风味和质地缺陷，并引起包装膨胀。这种缺陷的原因可能是灌装机周围空气污染。因此，必须确保无菌罐和灌装机周围的空气过滤器得到良好维护。

另一个令人担忧的问题是换热器出现微孔，导致冷却水污染产品。板式换热器比管式换热器更易发生此问题，可通过产品中出现水基污染物进行诊断。

总结而言，污染原因包括：

- 下游均质机
- 灌装机
- 无菌储罐
- 均质机及其他机械设备的密封件
- 板式换热器微孔
- CIP清洗和灭菌无效。

解决污染问题的措施包括：

- 确保制定方案，尽早发现污染问题
- 确保CIP清洗和灭菌过程得到全面验证，并持续验证
- 识别存在的污染物
- 根据污染微生物类型确定污染来源
- 采取纠正和预防措施。

需强调的是，污染来源总是涉及灭菌后的污染。有许多生产商为解决偶发细菌污染问题而增加热处理强度的案例，这种更强烈的热处理会导致产品发生更严重的化学损害，实属不当。这种所谓“工艺漂移”是对挑战的不恰当回应，生产商应警惕此做法。

5. UHT产品中的氧气如何影响质量?氧气进入产品的来源有哪些，如何避免?

产品中的氧含量对储存期间的风味缺陷以及加工和储存期间维生素的损失有重要影响。

氧气和空气进入产品的来源包括：

- 原料奶
- 无菌储罐
- 包装的顶空
- 通过包装材料的渗透。

氧气对产品质量的影响取决于产品的储存温度。

加工系统

顶空中的空气量取决于包装系统。许多系统，特别是液下封口的成型-灌装-封口系统，其顶空极少，每升包装约5-8毫升。其他系统，例如预制纸盒灌装，单个包装的顶空气量超过30毫升，而塑料瓶每升通常有50-60毫升顶空。显然，氧含量的差异会显著影响储存期间的风味变化。

牛乳通常饱和溶解氧（7-9毫克/升），但在直接工艺中，真空闪蒸会去除氧气，使溶解氧含量降低至1-2毫克/升。在某些利乐砖机器等包装系统中，除非使用含氧顶空的无菌罐，否则产品几乎没有机会重新吸收氧气。由于包装顶空很小，在这些系统中可获得极低含氧量的产品，并在包装材料对空气渗透率极低的情况下长期保持。

无氧UHT产品的优点在于可长时间保留对氧敏感的维生素，如抗坏血酸和叶酸。这些维生素在含氧产品中几天内就会丧失；无氧产品在长时间储存后风味略优，尽管最初风味可能稍差。

间接系统无真空闪蒸，若使用无菌储罐及顶空体积大的包装系统，则产品含氧量较高。产品中高氧含量会导致储存期间较早出现陈旧和氧化风味缺陷。

灌装系统

在成型-灌装-封口操作中，各种塑料材料以卷材形式使用，杯体膜厚可达1.5毫米。盖膜通常为热塑性漆铝箔。例如，包装基材和盖膜箔浸于过氧化物中后烘干，所有灌装与封口操作在稍高于大气压的无菌空气隧道中进行。密封通过将漆铝箔热封至真空成型杯体完成。此类系统的优点在于可根据市场需求灌装各种形状的包装。然而，其中许多系统对氧气高度可渗透，导致储存期间感官质量下降。金属罐当然对氧气不可渗透，但大多数纸塑复合包装对氧气至少部分可渗透。复合材料组成不同，价格也不同。许多复合材料包含铝层以防止氧污染，但也有为降低成本而不含铝层的低价版本被用于UHT包装。这些包装对氧的高渗透率会影响含脂产品在储存期间的氧化和陈旧风味发展速度。即使是铝箔复合材料，某些情况下也可能通过封口处渗透氧气。

风味

UHT牛乳在加工后立即具有非常强烈的含硫熟化气味和风味，这是由挥发性硫化物引起的，这些化合物在储存的最初几天内被产品中的溶解氧氧化。因此，UHT牛乳的氧含量在储存的最初几天后迅速下降。实际中，对于储存在2°C的样品，整个三个月的储存期内，低氧样品的风味普遍更受欢迎。在较高温度（如30°C）下，最初偏好高氧样品，但在3-4周后，含脂产品常出现“氧化”之类的评价。风味变化与UHT牛乳的氧含量和巯基含量变化密切相关。

维生素与氧气

维生素C和叶酸对产品中的溶解氧非常敏感，在有氧条件下这些维生素会迅速损失。表2显示了氧对这些维生素损失的影响。

表2 高温灭菌乳储存过程中氧气对维生素C和叶酸含量的影响

维生素	氧含量 (ppm)	储存时间 (天数)	损失率(%)
维生素C	0.1	60	20
	1-2	14	90
	8	7	100
叶酸	0.1	60	0
	1-2	60	5
	8	14	100

维生素C和叶酸损失的影响在UHT产品标签成分声明方面尤为重要。显然，即使进行强化，效果也有限，尤其是当产品包装有较大顶空时，通常其中的氧气足以破坏大量维生素C和叶酸。

6. 在对UHT产品进行抽样以调查污染时存在哪些挑战？

对于UHT产品，有建议指出，在对所有灌装容器进行培养后，不应有超过1/5000的样品出现污染迹象。在UHT工厂安装和投产后，对产品污染水平进行严格评估至关重要，以确保工厂各部分均正确安装并运行良好。这需要对长时间内生产的大量容器进行评估。

在工艺最终获得批准并开始正常UHT操作和生产后，若不对大部分产量进行检测，就无法确保污染率低于1/5000这一要求标准。显然，样品的培养和检测意味着这些样品不能用于销售，为了公司整体利润，需将检测样品数量减少至与安全性和总体抽样政策一致的最低限度。例如，有统计分析表明，为确保以95%的概率证明腐败率低于1/1000（远高于不超过1/5000的推荐限值），需从总产量为3000至8000个包装中随机抽取300个容器进行检测（约占产量的10%至3.75%）。

对于大多数公司，用于污染评估样品选择的统计模式通常由设备供应商推荐。这些方案往往包括定期抽取相对较少数量的样品，在生产开始和结束时抽取样品数量稍多，以及在需要时，例如换卷和不停机封口更换期间抽样。

然而，此类方案通常只能表明是否发生了严重污染。例如，常用方案可以检测到污染率从小于1/5000上升至约1/50的情况。但它们往往无法检测到污染率增加2倍、3倍甚至10倍的情况，即达到1/2500、1/800甚至1/500。

幸运的是，大多数问题都会导致污染率明显上升，以至于工厂所用方案能够迅速识别产品污染问题。但操作人员应牢记，这些方案无法检测除导致严重污染外的其他具有一定意义的变化。

在日常操作中，有建议按每生产3000个包装随机抽取50个样品，另有建议抽取约1%的产量，甚至也有建议仅抽取0.25%。尽管这些抽样方案无法提供精确的腐败率，但据称可通过随时间积累数据和经验来解决这一问题。

另一项有助于确定污染原因的重要因素是，需确保所有样品均有清晰标签和编码。填写灌装时间、灌装机及UHT工厂信息，对于评估污染问题至关重要。此类编码在评估诸如老化凝胶化和产品沉淀等长期问题时也同样重要。

B 营养方面

1. UHT加工和储存对产品的营养方面有何影响?

许多喂养试验结果表明，UHT牛乳的营养价值与巴氏杀菌牛乳相当。UHT处理不会影响牛乳蛋白的生物学价值、真实消化率及净蛋白利用率。

牛乳蛋白

牛乳加热时首先发生的变化是蛋白质变性，即蛋白质规则结构的展开。这涉及蛋白质空间分布的变化，但肽键并未断裂。

变性本身对营养没有负面意义，实际上由于蛋白质结构展开，可提高其消化率和利用率。此外，热处理牛乳在消化系统中会形成更细的凝块，有利于酶活性和消化。

热处理会导致赖氨酸损失，赖氨酸是牛乳蛋白中的必需氨基酸。赖氨酸损失是由于美拉德反应，即赖氨酸与乳糖反应生成的。反应产物对消化酶具抵抗性，因此赖氨酸无法被机体利用。

牛乳巴氏杀菌会导致约1-2%的赖氨酸损失，UHT处理约损失2-4%，直接和间接系统之间差异不明显。煮沸牛乳会造成约5%的赖氨酸损失；灭菌处理造成6-10%的损失，蒸发处理造成约20%的损失。在2°C储存UHT牛乳不会导致赖氨酸损失，室温储存会造成少量损失，而在38°C下储存6个月，赖氨酸损失约25%。

其他乳制品中可用赖氨酸损失可能更大。尤其是乳糖水解产品更易发生美拉德反应，因为生成的葡萄糖和半乳糖与赖氨酸的反应性高于乳糖。另一类易损失赖氨酸的产品是婴儿配方奶粉，因为其中通常含有较高水平的乳糖和乳清蛋白，可参与美拉德反应。

评估赖氨酸可利用度损失或“赖氨酸封闭”的常用方法是测定呋洛新。呋洛新由美拉德反应第一阶段产物乳酮糖基赖氨酸经酸水解生成，测得的呋洛新量与赖氨酸封闭量直接相关。呋洛新也可作为热处理指标，但因其在储存期间会增加，不如乳酮糖适合作为指标。

牛乳脂肪

在UHT条件下，牛乳脂肪的营养特性不会受到不良影响。由于氧化和水解反应，会发生轻微变化，导致在残留细菌脂肪酶作用下游离脂肪酸增加。如果没有残留细菌脂肪酶，游离脂肪酸的生成程度取决于储存温度，在冷藏温度下生成非常缓慢，而在较高温度下生成较快。此类问题可能很严重，因为即使是低浓度的游离脂肪酸也会导致UHT产品产生风味和香气缺陷。

矿物质

UHT处理不会改变矿物质含量，但会改变部分矿物质在酪蛋白胶束和牛乳血清之间的分布。对婴儿的人体喂养试验证明，与巴氏杀菌牛乳相比，UHT牛乳中的钙和钾的保留率更高。

维生素

脂溶性维生素A、D、E和K以及B族维生素（核黄素、泛酸、生物素和烟酸）的含量不会受到UHT处理的影响。此外，在避光包装储存期间，这些维生素几乎没有损失。

C UHT产品的缺陷

哪些因素控制UHT产品中的脂肪分离？

总结

- 脂肪分离是由均质不足或不当引起的。
- 即使牛乳中只有不到总脂肪1%的较大脂肪球，也会在储存期间引起严重的脂肪分离问题。
- 均质机选择、阀门设计、维护以及操作温度和压力是控制脂肪分离的关键因素。
- 建议定期使用显微镜检查均质机阀门。
- 若允许，使用添加剂增加水相黏度可帮助控制脂肪分离。

讨论

一般而言，UHT牛乳中的脂肪分离是由于均质不足或不当造成的。

为什么脂肪分离在UHT产品中如此重要？原因很简单，与巴氏杀菌产品不同，UHT产品需要在25至30°C下储存6至12个月仍保持稳定。而巴氏杀菌产品只需在约4°C下储存2-3周保持可接受性。因此，均质效率对UHT产品至关重要，而对巴氏杀菌产品的重要性较低。为确保UHT工艺中的充分均质，必须在均质机选择、阀门设计、维护以及均质温度和压力方面格外谨慎。

一般而言，脂肪球上浮速率受以下因素影响：

- **脂肪球的上浮速率与其直径平方成正比。**因此，直径为两倍的脂肪球，其上浮速度为原来的四倍；直径为三倍的脂肪球，上浮速度为原来的九倍，依此类推。
- **上浮速率与脂肪球与外部液体的密度差成正比。**在牛乳中，均质会产生被蛋白质膜包裹的脂肪球，该膜比水重。天然脂肪球比水轻，但均质脂肪球及其膜的密度稍大于原脂肪球。此外，水与“新”脂肪球膜复合体的密度差减小。因此，均质通过减少脂肪球平均尺寸显著降低了分离速率。均质还增加了脂肪球的密度，从而减少脂肪分离。在极端均质条件下，脂肪球及其膜复合体的密度可能大于水相，使脂肪颗粒下沉，但这种现象极为罕见。
- **脂肪球上浮速率与液体黏度成反比。**因此，通过添加角叉菜胶或黄原胶等胶体增加水相黏度可减少脂肪分离。

然而，这些概念仅适用于理想情况。在实际生产中，即使均质效果良好，最终产品中脂肪球尺寸仍会分布在一定范围内。减少脂肪分离的关键不仅在于脂肪球的平均尺寸足够小（例如<0.5微米），还在于大于此尺寸的脂肪球数量极少。

例如，如果脂肪球平均尺寸为0.5微米，但有3%或4%的脂肪球尺寸>1.5微米，这种情况毫无意义。表3中展示了各种理论情境下少量大脂肪球对脂肪分离速率的影响。

表3 脂肪球大小分布对脂肪分离的影响

编号	颗粒尺寸 (μ)	数量 (%)	体积 (%)	最大颗粒的上浮速度（最小=1）
1	0.5	100	100	1
2	0.5	99	78	1
	1.5	1	22	9
3	0.5	99	44	1
	2.5	1	56	25
4	0.5	99.9	97	1
	1.5	0.1	3	9

对于所有脂肪球尺寸均为0.5微米的牛乳（情况1），其上浮速率定义为1.0。在情况2（99%的脂肪球尺寸为0.5微米，只有1%的脂肪球尺寸为1.5微米）中，这1%尺寸为1.5微米的脂肪球含有总脂肪的22%，且其上浮速度为正常速率的10倍。这些数据乍看之下可能令人惊讶，但这是由于脂肪球上浮速率与颗粒直径之间关系的结果。在这种情况下，脂肪分离肯定会成为问题。在情况3中，99%的脂肪球尺寸为0.5微米，1%的尺寸为2.5微米，这1%的脂肪球含有总脂肪的56%，且其上浮速度为正常速率的25倍！很可能出现严重的脂肪分离。即使在情况4中，99.9%的脂肪球尺寸为0.5微米，0.1%的尺寸为1.5微米，这些较大的脂肪球也占总脂肪的3%，且上浮速度为正常速率的10倍。

因此，可以看出，即使极少量的大脂肪球也可能包含与其比例极不相称的大量总脂肪，且这些脂肪球的上浮速率远高于正常速率。因此，为尽量减少脂肪分离，必须进行仔细而高效的均质。

在UHT牛乳均质中，通常使用两级均质阀。这种方法的主要原因之一是确保在第一阶段均质后形成的任何聚集体在第二阶段被打散。然而，视所采用的系统和阀门而定，有时仍会出现聚集体。小脂肪球聚集体会表现为一个大脂肪球，从而导致脂肪分离的重大问题。

产品中的游离脂肪会导致快速且严重的脂肪分离。游离脂肪的产生要么是由于产品中较小颗粒的聚并，要么是由于再结合技术不足导致脂肪球不稳定。这在非再结合产品中不是问题，如果在再结合产品的生产过程中采取适当措施，可以将脂肪分离降至最低。

脂肪分离的控制

如上所述，控制脂肪分离依赖于均质机的高效设计和运行。即使是均质阀上肉眼看不见的微小划痕，也会降低均质效率，导致较大脂肪球数量增加。仅凭肉眼检查阀面是不够的，必须定期进行显微镜检查，并根据需要更换或重磨阀面。如果工厂经常生产巧克力牛乳等产品，均质阀的磨损可能会加剧。UHT工厂必须更加重视阀门维护。

增加水相黏度可减少脂肪分离。如果允许，使用角叉菜胶和黄原胶等添加剂以增加水相黏度，可帮助控制脂肪分离。

有时，管道设计不当会导致部分牛乳绕过均质机进入产品，例如通过CIP旁通管。因此，应检查工厂设备，确保不会发生此类旁通。

在实验室评估产品在储存期间潜在脂肪分离并不容易。即使仅有极少量的大脂肪球，也会对脂肪分离产生重大影响，而这些大脂肪球并不易被发现。使用光学显微镜测定平均脂肪球尺寸是一种有用的测试方法，但通常只能显示均质机是否存在重大问题。当大直径脂肪球数量很少时，评估其比例尤其困难。

2. 是什么影响UHT产品的老化凝胶?

老化凝胶对许多UHT加工厂来说是一个重大挑战，因为它相当不可预测，且后果可能十分严重。此问题表现为产品形成类似凝乳的凝胶状结构，可能在生产后约6周到1年以上的任何时间发生。产品仍然是无菌的，但外观呈凝乳状。

老化凝胶主要涉及能在UHT过程中存活的蛋白酶的作用。这些酶来源于：

- 在原奶中能在冷藏温度下生长的低温菌产生的细菌蛋白酶。这些微生物在UHT处理过程中会被杀灭，但蛋白酶可能会在UHT处理后存活，并引起老化凝胶；
- 牛乳中的天然酶纤溶酶，该酶存在于所有原奶中。它能在某些UHT处理中存活，并在储存期间导致老化凝胶。

这些酶在UHT牛乳中的蛋白水解速率随温度升高而增加，在约40°C时达到最大。然而，这与老化凝胶最快发生的温度（约27°C）并不完全吻合。此外，老化凝胶并不总是在达到特定蛋白水解程度后发生。似乎存在一个最低蛋白水解水平，低于此水平不会发生凝胶化。超过该水平后，仅部分样品发生凝胶化。

还应注意，蛋白水解的发展可能导致产品出现苦味，这可能是老化凝胶发生的一个有用的预警信号。苦味是由于蛋白质水解产生的某些肽段引起的。

老化凝胶的控制选项

原奶选择与加工选项

纤溶酶是存在于原奶中的一种蛋白水解酶，因此使其失活或显著降低其活性十分重要。将牛乳预热至95°C保持≥30秒，或80°C保持300秒，可使纤溶酶失活。在间接加热的UHT处理中，通常使用95°C≥30秒的预热条件，但直接加热法不使用此预热。

通过细菌蛋白酶控制老化凝胶的最佳方法是尽量减少原奶中低温菌的数量。因此，UHT加工应仅使用最佳质量的新鲜原奶。即使原奶中低温菌含量较低，约为105/mL，若其中含有产生耐热蛋白酶的菌株，也可能产生足够的蛋白酶，导致UHT产品发生老化凝胶。因此，即使原奶中低温菌含量较低，若菌种能产生耐热蛋白酶，也无法避免老化凝胶发生。然而，建议用于UHT加工的原奶总菌落数应≤106/mL。

因此，制造商控制老化凝胶的最佳方案是采购尽可能优质的原奶，并尽快采用适当的加热条件进行UHT加工。一般而言，UHT加工厂应以“从挤奶到灌装24小时内完成”为目标。对于再结合产品，同样应尽快进行再结合和加工，并使用最适合UHT加工的原料。在奶场储存约48小时的牛乳，或在工厂储存数小时以上的原奶均不适合用于UHT加工。应对原奶中蛋白水解性低温菌进行检测，尽管总菌落数检测更为方便，也具有参考意义。

低温灭活（LTI）

将原奶加热至约55°C并保持最长1小时，可降低蛋白水解活性。然而，在实际应用LTI过程中发现存在诸多困难，包括难以将大量牛乳维持在55°C长达1小时。更重要的是，不同微生物产生的蛋白酶失活温度不同，范围在50–65°C之间。由于这些温度对各酶种非常特异，若不清楚每批原奶中污染酶的特性，所选LTI条件将无效。因此，LTI工艺在实际商业应用中很少采用。

使用偏磷酸钠 (SHMP)

在UHT加工前向牛乳中添加偏磷酸钠 (SHMP) 可用于控制老化凝胶的发生。该化合物并不影响蛋白水解程度，但会干扰老化凝胶第二阶段，即蛋白水解发生后部分降解酪蛋白胶束的聚集过程。因此，在添加SHMP处理的样品中，蛋白水解会继续进行，但不会发生凝胶化。这种方法可控制老化凝胶，但不能防止产品出现苦味。

据报道，单磷酸盐如磷酸氢二钠对老化凝胶无效，甚至可能加速其发生，原因尚不清楚。此外，SHMP的效果因来源不同而存在差异。

若监管部门允许添加，使用SHMP控制老化凝胶是有效的。

评估老化凝胶发生前的产品保质期

如果工厂在生产后能评估产品在发生老化凝胶前的保质期，将十分有用。然而，目前可用的评估方法很少，且都不够理想。

测定伯氨基

蛋白酶对酪蛋白和乳清蛋白的水解作用会导致产品中伯氨基水平升高。当然，未被修饰的牛乳蛋白、肽及游离氨基酸中本就存在一定水平的末端和其他氨基。因此，在含有蛋白酶的UHT牛乳中，随着时间推移，可观察到这些氨基基团水平的增加。因此，生产商可以将UHT牛乳样品在约28°C下储存数周，然后检测产品中伯氨基水平的升高。这将指示蛋白酶活性，并可能与预期保质期相关。然而，蛋白酶活性并非凝胶化发生的唯一因素。目前，控制凝胶化的因素尚未明确。

即便此系统可令人满意地开发出来，生产商获得的预警对商业也无实际意义。该检测至少需要四周，可能长达8至12周，而此时产品可能已进入市场。

测定黏度

老化凝胶发生的一个简单指标是黏度。UHT牛乳的黏度在凝胶化前6-8周保持稳定，之后会迅速上升。即使黏度从2-3厘泊略微增加到约10厘泊，也能很好地表明产品在接下来的两个月内可能发生老化凝胶。然而，该方法给予生产商的预警同样在商业上不实用，对UHT供应链而言价值有限。

上述两种方法都不理想，因为它们可能在产品已配送至市场后，才提醒生产商潜在的质量缺陷。

测定蛋白酶活性

理想情况下，UHT生产商希望在生产后立即测定蛋白酶活性，并利用该数据判断产品发生老化凝胶的风险。然而，能引发老化凝胶的蛋白酶活性水平极低，许多蛋白酶测定方法对如此低水平的检测不够敏感。一种新方法使用荧光底物并需孵育长达14天，可检测出可能在数月后导致老化凝胶的蛋白酶活性水平。

UHT牛乳中内源性或细菌性酶的鉴定

可以鉴定导致老化凝胶的酶的来源，即其是由嗜冷细菌的酶引起，还是由纤溶酶(plasmin)引起。该方法通过分析牛乳中的肽段来判断，因为不同酶产生的肽段模式不同。这可以通过高效液相色谱 (HPLC) 分析以及测定pH4.6滤液和TCA滤液中的伯氨基来完成。pH4.6滤液中含有来自细菌蛋白酶和纤溶酶产生的肽段，而TCA滤液中则含有由细菌蛋白酶产生的肽段。如果老化凝胶的可能原因是细菌酶，那么改善原奶质量和处理方式将有助于解决问题。如果是纤溶酶引起的，提高热处理强度，尤其是预热处理强度，将有助于缓解该问题。

3. 哪些因素会导致UHT产品中出现沉淀?

概要

- pH<6.60的牛乳在UHT加工时可能会立即出现沉淀。
- UHT操作中必须仔细监测原奶pH值。pH<6.65的牛乳应谨慎处理。
- 如果在UHT加工后出现立即沉淀，可通过使用碱或焦磷酸氢二钠（若允许使用）将pH调节至>6.65来解决。
- 长期储存过程中发生的沉淀一般不会造成显著问题。

讨论

沉淀是UHT产品中的主要缺陷，会对产品的口感产生不良影响。该缺陷主要表现为两个方面：

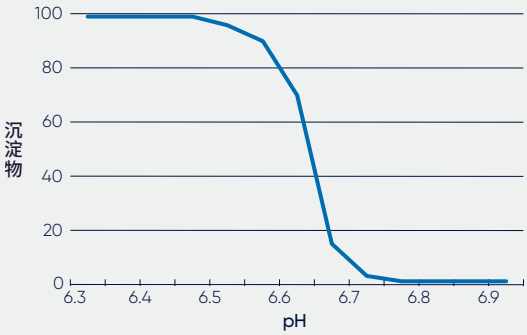
- 在生产过程中或生产后立即出现沉淀
- 储存过程中出现沉淀

1 生产后立即出现沉淀

一般而言，生产过程中或生产后立即出现的沉淀可能是由于加工过程变化引起的，例如因加热段“烧结”导致的进料压力增加。这种“烧结”还可能导致杀菌效果降低及污染增加。

在正确的加工条件下，牛乳对UHT加工具有良好的稳定性，即使产生沉淀，其量也很小。然而，如果pH<6.65，沉淀形成会迅速增加。原奶pH值对沉淀形成的影响如图1所示。

图1 pH值对UHT牛乳中沉淀物的影响



很明显，沉淀形成取决于pH值。纵轴上100%沉淀的标度表示所有酪蛋白和大部分变性乳清蛋白均沉淀。因此，当pH<6.5时，牛乳对UHT加工不稳定，所有蛋白质会以重沉淀的形式析出。在pH6.65到6.5之间，沉淀形成从0%变化到100%。

例如，将pH为6.4（对UHT加工完全不稳定）的牛乳，通过添加氢氧化钠将pH升至6.8后，通常不会表现出UHT处理不稳定的迹象。同样，如果pH为6.8的牛乳经过UHT处理后，其pH被降至6.5，也会出现严重沉淀。

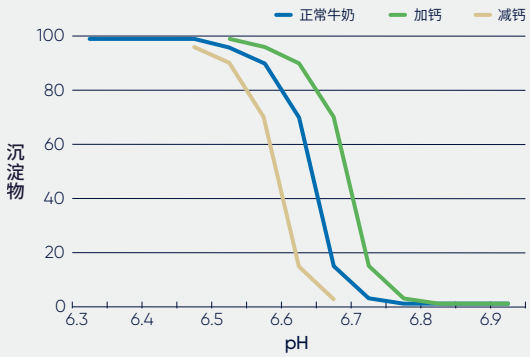
导致不稳定性的仅仅是牛乳的低pH值，而不在于其pH下降的方式。无论是添加酸还是由于细菌产生乳酸导致pH下降，都会产生相同的不稳定性和沉淀。

沉淀的形成会对加工和产品质量产生重大负面影响。显然，如果牛乳pH偏低而发生沉淀，会迅速导致设备严重堵塞及密封圈破裂。然而，实际上只要行业在牛乳储存和快速使用上采取谨慎措施，这种重大后果很少发生。

但若牛乳pH仅略低于发生初始不稳定和沉淀的临界值，也可能带来困难。例如，若pH为6.70的稳定牛乳在pH6.67下加工，产品中可能出现轻微但重要的沉淀，从而在一定程度上缩短设备的运行时间。这种问题在行业中时有发生。

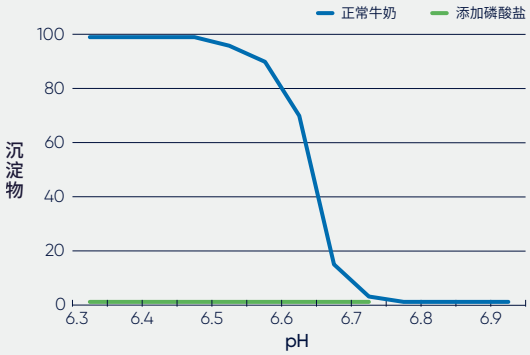
进一步研究表明，这种不稳定性与牛乳的游离钙含量密切相关，如下图所示。在该案例中，测试了三种样品的不稳定性——第一种是正常牛乳，第二种是游离钙含量增加的牛乳，第三种是游离钙含量降低的牛乳。如图所示，游离钙含量高的牛乳在更高pH下就会出现不稳定，而游离钙含量低的牛乳则在比正常游离钙牛乳更低的pH下才会出现不稳定。因此，高游离钙牛乳比低游离钙牛乳更不稳定于UHT加工。山羊乳就是一个典型例子，其游离钙含量较高，如不使用诸如柠檬酸钠、焦磷酸氢二钠或SHMP等钙螯合剂调整工艺，则难以通过UHT处理。

图2 pH值对UHT牛乳中沉淀物的影响



当向牛乳中添加足够的钙螯合剂后，其对UHT加工变得稳定。如图3所示，使用焦磷酸氢二钠调整山羊乳的pH后，所得山羊乳对UHT加工的稳定性与牛乳相同。

图3 添加磷酸盐对UHT牛乳中沉淀物的影响



为尽量减少UHT加工过程中沉淀的产生，可采取以下几项预防措施：

1 在处理前必须将原料乳的pH精确测量到小数点后两位。如图3所示，pH为6.70与6.66的原料乳在UHT加工后沉淀形成方面的表现可能存在显著差异。一般而言，大多数乳品加工操作仅要求pH测量到小数点后一位，但UHT乳制品加工需要更高的精确度。经验将告诉操作人员可接受的最低值，但一个较好的经验法则是，对于pH远低于6.65的乳应谨慎处理。

2 如果遇到pH偏低或稳定性出乎意料差的乳，可采取以下几项调整措施：

- 使用碱（若法规允许）谨慎调整pH。此操作将改善牛乳对UHT加工的稳定性。然而，仍需调查牛乳pH偏低的原因并采取纠正措施。
- 向牛乳中添加焦磷酸氢二钠、柠檬酸钠或SHMP（若法规允许）。此举可提高牛乳pH并增加其钙螯合水平，这两种作用均可改善沉淀稳定性。添加磷酸盐或柠檬酸盐的具体量需视情况而定。需注意，添加焦磷酸氢二钠可能会使牛乳更易发生老化凝胶现象。
- 还需注意，以上结果针对单一强度的新鲜乳。类似问题也会出现在再组成产品中，其影响将在本章后面FAQ部分D中讨论。配方产品是否会出现类似问题，主要取决于各成分对pH及游离钙的影响。

2 储存期间出现的沉淀

一般而言，大多数UHT牛乳在储存期间会产生少量沉淀，但通常不足以构成主要的质量问题。有观点认为，此类沉淀的形成机制与加工过程中换热器表面结垢的机理相同，沉淀物与未附着在设备表面的结垢物质相似。直接加热UHT系统产生的沉淀量高于间接系统，但提高均质压力可减少沉淀。有研究表明，沉淀量随热处理强度及储存温度和时间的增加而增加。然而，极端均质条件可能导致沉淀增加，即极小的脂肪球沉降至容器底部，但此情况极少发生。

4 控制UHT产品异味产生的因素

产品异味可能通过多种方式产生：

- 源自蛋白酶和脂肪酶等酶的作用，这些酶能在UHT处理后存活。这些酶可能本身存在于原料乳中，或由原料乳中的细菌产生。尽管细菌在UHT过程中被杀灭，但某些酶可耐受UHT条件而存活；
- 乳品组分间发生的化学反应，例如蛋白质与乳糖之间的美拉德反应，可导致异味和褐变；
- UHT工艺本身对乳品组分的影响，例如乳清蛋白变性，会导致乳品产生硫化物味和煮熟味；
- 氧的存在，可使含脂肪的产品产生陈味和氧化味；
- 产品中污染细菌的作用。

在正常运行的UHT工厂中，UHT乳中不应出现污染细菌。在其他导致异味的原因中，有些会立即显现，有些则在储存期间逐渐显现。例如，UHT处理导致的异味会立即可感，但在储存过程中可能会减弱，而许多化学和酶促反应则会在储存过程中进一步发展。不可接受异味的产生速率与储存温度密切相关。

若能在保证灭菌要求的前提下调整加热曲线，可将UHT处理对风味的影响降至最低。这在使用直接加热的UHT系统中最易实现，相比于间接加热系统，直接加热系统在达到相同杀菌效果下对风味的改变较少。

UHT乳储存期间的风味主要受储存温度、储存时间和氧含量控制。乳品的氧含量取决于具体的UHT加工工艺，但在储存过程中，包装的透氧性及顶空氧也起重要作用。

耐热蛋白酶和脂肪酶的作用可导致明显的风味变化。对于蛋白酶，其可在25°C储存6周后使产品产生苦味，而在冷藏条件下此效应会显著减弱。老化凝胶的最佳预示指标之一就是产品中苦味的出现，通常在凝胶化前3-4周出现。对于脂肪酶，某些假单胞菌产生的胞外脂肪酶可耐受UHT处理，因此脂肪水解会继续发生。游离脂肪酸的形成速率取决于储存温度，冷藏时非常缓慢，而在较高温度下则加快至可感水平。耐热脂肪酶引起的问题可非常严重，即使游离脂肪酸浓度很低，也会导致显著的风味与气味缺陷。

在理想情况下，控制UHT乳异味的最佳方式是冷藏储存。虽然这可能延长产品煮熟味的感知时间，但能显著延长乳品货架期，并显著延缓导致异味产生的各因素。然而，冷藏储存会失去UHT加工在常温储存方面的主要优势。

总体而言，为确保UHT乳风味更佳：

- 使用最佳品质的原料乳
- 挤奶后尽快加工
- 在满足灭菌要求的前提下使用最低强度的加工条件
- 使用顶空氧低且不透气的包装材料
- 储存温度尽可能低，但不可冷冻
- 避免阳光直射储存。

5. 是什么影响UHT牛乳的颜色?

UHT牛乳颜色受四个主要因素影响：

- 加工条件
- 原料乳质量
- 储存条件
- 其他加工操作，如乳糖水解。

加工温度对牛乳颜色有多种影响。一般而言，牛乳在加热至65°C以上时会显得更白，因为乳清蛋白变性导致反射颗粒数量和大小增加。因此，UHT牛乳在生产后立即看起来比原产品更白，这与均质的增白作用无关。

然而，牛乳加热时也会发生褐变反应，并可在储存期间继续，尤其是在35°C以上的温度下储存时。这种反应称为美拉德反应，是乳蛋白中赖氨酸与乳糖相互作用的结果。该反应十分复杂，但会导致产品出现褐色。

原料乳质量也会通过在加工过程中形成沉淀影响牛乳颜色。如果pH低于6.65，产品中可能形成沉淀，导致反射颗粒减少，感知颜色降低。

储存条件对UHT牛乳颜色变化尤为重要。例如，储存在35°C以上的牛乳会很快出现明显的褐色。而储存在25°C以下的产品，这种变化则不明显。

其他加工操作也会增加UHT牛乳的颜色变化，特别是那些增加产品中乳糖或还原糖的操作。在这两种情况下，美拉德反应都会增加。乳糖水解产品需特别注意。一般而言，还原糖（葡萄糖和半乳糖）含量越高，褐变越明显。如果在UHT加工前进行水解，初期产品就会出现明显褐色。此外，与常规UHT牛乳相比，在高温储存时，褐变发生更快。

因此，减少UHT牛乳颜色缺陷的最佳方法是：

- 使用最佳质量的原料乳
- 使用满足灭菌要求的最低温度和时间的加热条件
- 在尽可能低的温度下储存，但不要冷冻
- 避免阳光直射储存。

6. 什么因素影响乳糖水解产品的生产？

乳糖水解UHT牛乳与未水解产品相比具有两个优势：

- 乳糖水解产品比未水解产品更甜。乳糖水解是将乳糖裂解为葡萄糖和半乳糖。这两种单糖的甜度均明显高于乳糖。牛乳中乳糖完全水解后，其甜度增加，相当于额外添加约1.5%蔗糖。这种甜度增加具有好处，因为使用水解乳的配方产品可能无需再添加过多糖即可达到预期甜度，从而降低成本与热量——既有利于盈利，也有助于市场营销。
- 世界上有相当大比例的人群存在乳糖吸收不良问题。正常情况下，乳糖消化需要在肠道中通过β-半乳糖苷酶的作用将乳糖裂解为葡萄糖和半乳糖，随后这两种单糖被人体吸收和代谢。然而，全球大部分人口在10岁左右后会失去分泌足够β-半乳糖苷酶以有效消化日常乳糖摄入量的能力，导致其在此年龄之后乳糖消化能力明显下降。因此，乳糖不耐受者在食用含乳糖产品后，大量乳糖无法消化，进入下肠道发酵，产生气体，渗透压升高，引起肠道液体流入，从而导致不适、腹胀，严重者出现胃痉挛和腹泻。乳糖不耐受人群包括大多数东南亚和日本人、非洲黑人、非裔美国人、美洲原住民以及澳大利亚原住民。

UHT牛乳的乳糖水解通常只能通过β-半乳糖苷酶实现。该酶已商业化多年。一种方式是在原料乳中添加酶进行水解，然后对水解乳进行UHT灭菌。然而，先水解后UHT的顺序并不理想。因为葡萄糖和半乳糖的反应活性远高于乳糖，在生产过程中会导致更多美拉德褐变，产生异味和明显褐色。更优方法是在UHT灭菌后的牛乳中注入无菌β-半乳糖苷酶溶液（添加量极低），然后进行无菌包装。该工艺可在无菌包装内于生产后10天完成水解反应。与前一种先水解再UHT的方式相比，此方法所需酶量更少，因为反应时间更长且不必担心产品中微生物生长，运营成本因此大幅降低。此外，酶在热加工后添加，可避免灭菌过程中过度褐变。然而，灭菌后添加酶存在污染无菌产品的风险。

另一个重要问题是酶制剂中不能含有蛋白酶污染。低价酶制剂通常含有较高蛋白酶，这会导致产品出现苦味，部分情况下还会在长期储存中发生凝胶化。因此，使用此工艺的UHT生产商必须确保β-半乳糖苷酶的高品质。

7. 热稳定性测试和酒精稳定性测试在评估适用于UHT加工的牛乳中的作用是什么？

热稳定性

经典的热稳定性测试常用于评估适合制造具有特定功能特性的乳粉的牛乳。该测试方法为：将牛乳密封于瓶或试管中，浸入140°C的油浴中，记录至牛乳中出现可见沉淀或凝固所需的时间（以分钟计）。部分UHT工厂亦使用此测试选择用于UHT加工的牛乳。

通过此方法测试的牛乳，其热稳定性在pH 6.70至6.60之间，凝固时间并无显著变化。然而，在此pH范围内，即便pH值有微小变化，亦可能导致产品沉淀量骤增。因此，将热稳定性测试作为选择用于UHT加工牛乳的依据存在严重缺陷，因为该测试并不能表明牛乳pH值是否过低，导致无法在生产过程中避免沉淀形成。最多可以说：

- 若牛乳未通过热稳定性测试，则不应用于UHT牛乳生产；
- 若牛乳通过热稳定性测试，亦不能保证其一定适用于UHT生产。

热稳定性测试不能提供UHT牛乳有效货架期的任何指示。

酒精稳定性

酒精稳定性测试在乳品行业被广泛用于牛乳的选择。该测试方法为：向牛乳中加入不同浓度的酒精，并记录发生凝固的浓度。一般而言，若牛乳能在≥74%酒精中保持稳定，则其在UHT加工中也能保持稳定。研究表明，pH值下降或游离钙离子浓度升高会降低酒精稳定性。因此，将酒精稳定性测试与pH值及牛乳中游离钙离子浓度结合使用，可对牛乳在UHT加工过程中的稳定性提供非常好的指示。这也能反映UHT设备的运行时间，而这对经济效益至关重要。仅使用酒精稳定性测试，或可作为评估牛乳是否适合UHT加工的一般性指标，但制造商在完全依赖该测试时应谨慎。

D 重组

1. 重组与复原——两者有何区别？

明确区分“重组”（recombination）与“复原”（reconstitution）的定义十分重要。

重组指将原本分离的牛乳组分，主要为脱脂乳粉（SMP）与无水乳脂（AMF），重新加入水相，同时加入其他成分及必要的稳定剂，以制成所需最终产品的过程。由于AMF与SMP的比例可以调整，因此可通过重组生产出多种产品，各具特定的脂肪与非脂乳固体比例。重组产品的组成与特性通常与传统生产方法制造的同类产品相似。

重组生产的两个显著优势是：

- 各组分可长时间储存且无需冷藏，便于出口与仓储；
- 通过去除水分，AMF与SMP等原料在运输与操作中的总质量可减少7倍以上（以牛乳为例）。

复原则是指向乳粉中加入水，以制成与原液态乳成分和总固形物相似的产品。复原则通常使用全脂乳粉，制成与鲜乳组成相似的产品，也可使用脱脂乳粉复原得到脱脂乳。与重组不同，复原则只能从一种乳粉制得一种产品，而重组可生产多种产品。

2. UHT重组产品的生产原理

重组是指将脱脂乳粉（SMP）、无水乳脂（AMF）等产品重新混合，并通过均质等工艺处理，制造重组产品的过程。

在东南亚大部分地区，主要的UHT产品是添加约3%糖的加糖UHT奶。

重组原料选择的因素

奶粉

乳粉按热处理分类分为三类：高温粉、中温粉、低温粉。这些术语指的是在蒸发和喷雾干燥前对牛乳施加的热处理强度，而非重组产品对后续加热的稳定性。例如，低温粉的预热处理可能为72°C 15秒，中温粉为73-75°C 1-3分钟，高温粉为80-85°C 30分钟。

用于乳粉生产的预热处理对UHT产品的储存稳定性（无论是风味还是熟化胶凝）没有显著影响。使用中温粉或低温粉在风味上可能略有优势，但差异不大。一般而言，UHT重组产品使用低温粉或中温粉，因为高温粉可能赋予产品熟化风味。

选择UHT用乳粉时，需考虑两个主要因素：对UHT加工的稳定性，以及储存期间的熟化胶凝控制。

对UHT加工的稳定性 – 主要关注点是复原乳对UHT加工的稳定性。如果pH>6.65的牛乳进行UHT处理，产品中会产生相当多的沉淀。然而，重组产品的不稳定发生pH值略低于鲜乳。这是因为重组产品中游离钙离子含量较低，因此基于重组工艺的UHT工厂在沉淀问题上可能少于使用鲜乳的工厂。此外，使用中温粉或高温粉相比低温粉产品可获得更好的稳定性。

熟化胶凝控制 – 在使用乳粉的UHT产品中，熟化胶凝控制更具挑战性。引起熟化胶凝的酶来源于原奶中的嗜冷菌。这些菌在UHT处理过程中被杀灭，但它们在原奶中产生的酶可耐受UHT处理，并在储存期间引起胶凝。另一种天然存在于原奶中的蛋白酶是纤溶酶（plasmin），尤其是在使用低温粉时，也可能引起熟化胶凝。

用于UHT奶生产的乳粉必须在生产过程中考虑上述因素，特别是应采取措施限制嗜冷菌在乳粉生产过程中的生长机会。

乳脂

符合常规生产规范的无水乳脂（AMF）适用于UHT重组乳。为防止乳脂氧化，需采取常规措施以确保AMF不会为产品带来风味缺陷。只要乳脂由优质牛乳制成，生产过程中注意控制，并且容器氮气置换有效，AMF即可在常温下良好储存。高温储存会加速异味的产生。因此必须定期周转AMF库存，以尽量缩短其储存时间。如果AMF储存在开口桶中，应尽快熔化并使用。需要注意的是，过氧化值和酸度的检测结果并不总能很好地反映乳脂对氧化腐败的稳定性。

许多国家也常生产UHT“代乳脂奶”。此类产品中的脂肪来源为更廉价的植物脂肪，如棕榈仁油或椰子油。然而，这些脂肪的饱和度通常低于乳脂，更容易发生氧化劣变。因此，此类产品不仅在生产过程中需要特别注意，包装过程中也必须防止氧化，尽量减少与氧气接触。包装头空间中的氧气和溶解氧都会加速氧化缺陷的发展。

水

水是UHT重组产品中含量最高的成分，但往往最易被忽视。水的色泽、味道和气味可能会影响最终产品的质量。硬水会影响加热过程中的蛋白质稳定性。因此，饮用水质量是任何UHT重组操作的基本要求。

乳化剂和稳定剂

一般而言，大多数生产商倾向于使用专业公司提供的稳定剂和乳化剂。在均质过程中，乳化剂和稳定剂被添加到牛乳中，以确保形成的乳脂乳状液在加工和储存过程中保持稳定，并改善产品的口感。多年来，已提出多种配方体系，但如今大多数UHT生产商使用专业公司提供的专有混合物。这些产品通常为单一产品，由稳定剂和乳化剂的混合物组成，设计目的是提高产品的热稳定性，改善加工和储存过程中乳脂的分散和稳定性，并通过提高产品粘度与醇厚口感来改善感官品质。一些稳定剂还可防止混合操作过程中产生泡沫。

UHT重组操作中常用的乳化剂包括单甘酯和双甘酯，以及大豆磷脂。乳化剂通过在乳脂与水界面形成膜结构来减少脂肪分离。UHT产品中常用的稳定剂为水解胶体，其作用机制为提高产品粘度，改善口感，并降低脂肪分离速度。常用的水解胶体包括卡拉胶和海藻酸盐。

香料与甜味剂

甜味产品在UHT市场中非常受欢迎。通常会在此类产品中加入少量香草以进一步提升适口性。所使用的香草必须能够耐受UHT加工，并且若采用蒸汽注入与真空闪蒸工艺，所用香草必须具有相对较低的挥发性。

蔗糖是UHT重组产品中最常用的甜味剂，但也会使用其他甜味剂，如葡萄糖、果糖、葡萄糖浆及人工甜味剂。对于葡萄糖等还原糖，应特别小心，因为高含量的还原糖会由于美拉德反应增加，在加工和储存过程中导致产品褐变增加。任何人工甜味剂当然必须对UHT加工和长期储存具有稳定性。

UHT重组乳的配方

在调整SNF与脂肪比例的灵活性方面，复原使用的灵活性相对较差。因此，在UHT生产中，通常首选重组而非复原方法。

使用重组工艺生产UHT乳可以使最终产品的成分组成有较大幅度的变化。主要因素为非脂乳固体（SNF）和脂肪含量的水平。影响所选用水平的因素众多，其中主要为经济因素（脂肪和SNF的相对成本）以及与产品接受度相关的因素。

在许多市场中，另一个关键因素是添加糖的含量。在东南亚许多国家，消费的牛乳中通常会添加1-4%的糖。因此，面向这些市场的UHT产品应考虑甜味剂的添加量。

除了乳脂、脱脂乳粉（SMP）和糖外，大多数UHT产品还会添加乳化剂和稳定剂。

典型配方：

非甜味产品	
无水乳脂	3.6
非脂乳固体	9.3
稳定剂和乳化剂	0.2
水	86.9

甜味产品	
无水乳脂	3.6
非脂乳固体	8.5
糖类	3.5
香草	0.1
稳定剂和乳化剂	0.2
水	84.1

如上所述，配方可以变化极大——可根据具体成本和产品规格选择非脂乳固体（SNF）和乳脂含量及其比例。

重组UHT乳的生产

重组UHT产品的生产工艺如下：

1 将所需量的脱脂乳粉在40-45°C的水中混合；
2 在搅拌混合物的过程中加入其他配料。乳脂如无水乳脂（AMF）必须最后添加，且在使用前需预热至40-45°C以实现液化；
3 然后将AMF分散到混合物中。这可以通过搅拌或适度均质来完成。具体条件取决于均质机，但可能包括两级均质，例如第一级1500 psi或10MPa，第二级500 psi或3.5MPa，温度65°C。在许多工厂中，由于重组产品随后会立即进行UHT加工与均质，搅拌已足够。如果产品在UHT加工前需要储存，建议对其进行巴氏杀菌（HTST，73°C，35秒）。产品应冷却至4°C并尽快进行UHT加工；
4 混合物在138°C下UHT处理3秒，并进行均质处理，第一级3000 psi或20MPa，第二级500 psi或3.5MPa。

该工艺的一个关键方面是确保重组后的产品在UHT加工前不要储存过长时间。过长的储存时间可能导致嗜冷菌生长，进而引发UHT产品储存期间的老化凝胶化问题。

对于重组产品，灭菌后下游均质优于灭菌前上游均质。对于全脂乳而言，在间接工艺中使用下游均质的益处较小。而对于重组产品，使用下游均质可减少产品沉淀的形成。因此，尽管成本和工艺复杂度增加，许多加工重组产品的UHT工厂仍倾向于采用下游均质工艺。

10.4 术语表

老化凝胶

老化凝胶是指产品转化成一种胶冻状态，是限制UHT奶保质期的一个常见缺陷。它不是由于微生物的作用，而是在UHT处理后残存的蛋白分解酶的作用。

酒精稳定性测试

酒精稳定性测试被广泛地应用于乳品工厂中，用于牛乳的检测。它指向牛乳中添加不同数量的酒精直到发生絮凝。

无菌贮罐

大多数UHT工厂已将无菌储罐作为操作过程中的一个组成部分安装。无菌储罐可方便地平衡UHT加工段与包装段之间的流量。

无菌包装

无菌包装系统目的是将无菌的液体装入无菌处理过的包装中，使产品不受污染。

褐变

牛乳的褐变是乳糖与蛋白质之间相互作用的结果。在超高温加工过程中，褐变会非常迅速地发生，但在乳制品长期储存过程中也会发生。

直接UHT加工

直接加工是一种UHT灭菌形式，依赖于产品与蒸汽的直接接触。在灭菌后，产品进入真空室，该室可去除凝结的蒸汽，并将产品从灭菌温度迅速冷却至约75至80°C的温度。

乳化剂和稳定剂

乳品工厂采用的乳化剂和稳定剂有助于形成稳定的乳化体系，并有助于产品的加工处理。这在重组产品中必不可少。

脂肪分离

脂肪分离是UHT产品储存中的一个重要缺陷。通常脂肪分离是指过多的可见脂肪浮在产品表面，并且严重时会在产品表面形成一层硬壳。

游离脂肪

牛乳中的游离脂肪是指未被天然乳脂球膜包裹的脂肪。其产生原因是天然乳脂球膜遭到破坏，或者在重组产品中，由于产品中较小脂肪颗粒的聚并，或由于复原技术不充分导致乳脂球不稳定而形成。

热稳定性试验

热稳定性试验通常用来评价用于加工特殊功能性乳粉的原料奶。此试验也被一些UHT工厂用来筛选用于UHT制品加工的牛乳。

均质

均质在乳品工业中应用广泛，用来降低产品中的脂肪球的大小，从而减少储存过程中的脂肪分离。均质是UHT产品加工过程中所必需的。

间接UHT处理

间接处理是一种UHT灭菌形式，其依赖于通过不锈钢界面进行间接热传递以获得灭菌温度，该界面是管式或板式换热器的一部分。

乳糖水解

乳糖水解是指将乳糖裂解为葡萄糖和半乳糖。在乳品工业中，乳糖水解通常通过使用β-半乳糖苷酶来完成。

脂肪酶

脂肪酶是一类能裂解脂肪生成游离脂肪酸的酶。在牛乳中，它们可导致严重的异味缺陷。

美拉德反应

美拉德反应是指在食品热加工过程中，还原糖（如乳糖）与氨基酸的氨基相互作用时发生的反应。美拉德反应会影响营养价值，例如导致赖氨酸等必需氨基酸的损失，还会引起颜色变化（如褐色色素形成）以及风味变化（如产生煮熟风味缺陷）。

纤溶酶

纤溶酶是所有原料乳中都存在的天然乳蛋白酶。其产生的酶能在某些UHT加工条件下存活，并导致产品产生苦味及熟化胶凝。

蛋白酶

蛋白酶是分解蛋白质的酶，在UHT乳中蛋白酶的作用会破坏乳制品的胶体悬浮状态并产生凝胶，也会产生苦味。

蛋白变性

加热经常会引起蛋白质变性。变性使蛋白质的分子结构舒展，功能性丧失。加热时 蛋清的性质发生的变化就是一个很好的示例。

能够分解蛋白的嗜冷菌

原料乳中存在的这类微生物在冷藏条件下能够继续生长，并产生在UHT处理过程中能够存活的蛋白酶。

反射率

在大多数情况下，牛乳的反射率是指它所反射的光量，与牛乳的不透明度和颜色密切相关。

沉淀

沉淀是指在UHT牛乳中形成的不溶性物质沉积物。其在UHT牛乳中的形成可构成严重缺陷。沉淀可在加工后立即发生，也可在长期储存后出现。

蒸汽浸渍

直接UHT工艺中的一种方式，是依赖产品与蒸汽的直接接触，将产品喷入蒸汽室内。此过程称为蒸汽浸渍。

蒸汽喷射

直接UHT工艺中的另一种方式，是依赖产品与蒸汽的直接接触，将蒸汽直接注入产品中。此过程称为蒸汽喷射。

10.5 参考文献和延伸阅读

Al-Attabi，Z.，D'Arcy，B.R. 和 Deeth，H.C.（2014）《巴氏杀菌奶和超高温灭菌奶在储存期间的挥发性硫化物》。《乳品科学与技术》94，241-253。

APV《乳品行业的无菌技术》。《APV营销公告》，28页。

APV（1999）《长保质期乳品、食品和饮料产品的技术更新》。APV北欧公司单位系统，丹麦。

澳大利亚乳品技术协会（1981年）《关于超高温灭菌处理的研讨会出版物》26，第1-104页。

Burton，H.（1988）。《奶和奶制品的超高温加工》。伦敦，Elsevier应用科学。

Button，P.D.，Roginski，H.，Deeth，H.C. 和 Craven H. M（2011）《通过预测蛋白质分解来优化超高温牛乳的保质期估算》。《食品质量杂志》34，229-235。

Datta，N. 和 Deeth，H.C.（2001）《超高温灭菌奶的老化凝胶回顾》。化学工程师协会C，《食品和生物制品加工》79，197-210。

Datta，N 和 Deeth，H.C.（2003）《UHT牛乳中蛋白质分解的原因诊断》。《生活、科学与技术》36（2），173-182。

Datta，N. 和 Deeth，H.C.（2007）《牛乳的超高温灭菌和无菌加工》。刊于《探秘热力和非热力食品的保存》。（编辑：G. Tewari 和 V. K. Juneja）Blackwell出版社，埃姆斯，63-90页。

Datta，N.，Elliott，A.J.，Perkins，M.L. 和 Deeth，H.C.（2002）《牛乳的超高温（UHT）处理：直接和间接加热模式的比较》。《澳大利亚乳品技术杂志》57，211-227。

David，J.R.D.，Graves，R.H. 和 Carlson，V.R.（1996）《食品的无菌加工和包装——食品工业视角》。CRC出版社，美国。

Deeth，H.C.（1999）。《电加热：目前的通道管技术》。《澳大利亚乳品技术杂志》54，66-68。

Deeth H.C.（2010）《改进UHT技术》第13章，刊于《提高牛乳的安全和质量》。（编辑：M.W. Griffiths），Woodhead出版社。302-329页。

Deeth，H.C.和 Datta，N（2002）《超高温处理：加热系统》。《乳品科学百科全书》（编辑）学术出版社，伦敦，2642-2652。

Elliott，A.J.，Datta，N. 和 Deeth，H.C.（2005）《商用UHT奶中温诱导和其他化学变化》。《乳品研究杂志》72，442-446。

Hawran，L. J.，Jones，V. A.，和 Swartzel，K. R.（1985）《无菌处理和包装的牛乳中的沉淀物形成》。《食品加工和保存杂志》9，189-207。

Hsu，D.S.（1970）《乳品和食品技术手册：乳制品的超高温加工和无菌包装》。Damana 技术公司，纽约。

国际乳品联合会（1981年）《关于UHT奶的新专论》。IDF，第133号文件。布鲁塞尔：IDF。

国际乳品联合会（1972）《IDF关于UHT奶的专论》。IDF 68号文件，174页。

国际乳品联合会（1981）《影响热处理牛乳保存质量的因素》。IDF 第130号文件，80页。

国际乳品联合会（1995）《牛乳中的热诱导变化》。第二版，（编辑：P.F. Fox），455页。

国际乳品联合会（1996）《UHT稀奶油》。IDF 第315号公告，3-34页。

国际乳品联合会（1996）《热处理和替代技术》。IDF第9602号文件，464页。

Jelen，P.（1982）《牛乳直接和间接超高温处理的经验-加拿大观点》。《食品保护杂志》45，878-883。

Jelen，P.（1983）《回顾食品超高温处理的基本技术原理和当前研究》。加拿大食品科学和技术研究所 16，159-166。

Kelly，A.，Datta，N. 和 Deeth，H.C.（2012）《乳制品的热加工》。刊于《食品热加工：新技术和质量问题》第二版（编辑：D-W. Sun）CRC出版社，Taylor and Francis Group，佛罗里达州，博卡拉顿市。273-307页。

Kocak，H. R. 和 Zadow，J. G.（1985）《UHT全脂牛乳的老化凝胶受储存温度的影响》。《澳大利亚乳品技术杂志》40，14-21。

Kocak，H. R. 和 Zadow，J. G.（1985）。《用添加剂控制UHT牛乳的老化凝胶》。《澳大利亚乳品技术杂志》40，58-64。

Kocak，H. R.和 Zadow，J. G.（1985）。《多磷酸盐在控制UHT奶老化凝胶中的变化》。《澳大利亚乳品技术杂志》40，65-68。

Lewis，M. 和 Heppell，N.（2000）《食品的连续热加工——巴氏杀菌和超高温灭菌》。Aspen出版公司，马里兰州，盖瑟斯堡，1-447页。

McKenna，A. B.，和 Singh，H.（1991）《UHT重组浓缩脱脂牛乳的老化凝胶》。《国际食品科学与技术杂志》26，27-38。

Newstead，D. F.，Paterson，G.，Anema，S. G.，Coker，C. J.和 Wewala，A. R.（2006）《蒸汽注入式直接UHT加工的重组乳中的血浆酶活性：预热处理的影响》。《国际乳品杂志》16，573-579。

Robertson，G.L.（2005）《无菌包装》。刊于《食品包装的原则与实践》（第二版）。CRC出版社，佛罗里达州，博卡拉顿市。

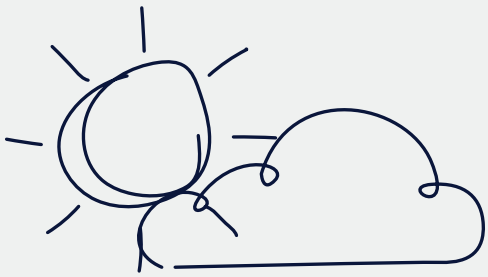
利乐公司（1995）长效奶。《乳品加工手册》，利乐公司，瑞典隆德，第215-213页。

利乐公司（2003）长效奶。《乳品加工手册》。利乐公司，瑞典隆德，第227-245页。

美国食品药品管理局（2011）《“A”级巴氏奶条例》，2011年修订版。美国卫生与公众服务部，公共卫生服务食品与药品管理局。

Von Boekelman，B.和 Von Boekelman，I.A.（1998）《长效产品的热处理和无菌包装——利乐出版物指南》246页。

Zadow，J. G. 和 Birtwistle，R.（1973）《储存期间溶解氧对超高温牛乳的风味变化影响》。J. Dairy Res。40，169-177。





11 澳大利亚乳品原料在酸奶中的应用

目录

11.1 引言 301
11.2 酸奶类型 303
11.3 乳蛋白的作用 303
11.4 发酵 305
11.5 冷却和待灌装贮存 307
11.6 结论 307
11.7 常见问题解答 308
a 原材料 309
b 加工过程 313
c 冷却和包装 318
d 贮存和分发 321
11.8 术语表 322
11.9 参考文献 323

11.1 引言

酸奶是一种发酵乳制品，在全球范围内沿用《食品法典标准CXS 243-2003》2018修订版中的“发酵乳标准”定义。该标准对发酵乳进行以下定义：“通过牛乳发酵获得的牛乳产品，所用牛乳可能是从牛乳产品中获得……通过适当的微生物作用使pH值降低，呈凝固或非凝固状（等电沉淀）。这些微生物应是有活性且充足的，直到满足最低耐久期限。如果产品在发酵后进行了热处理，则不适用对活性微生物的要求”。

该标准进一步增加了用于不同类型发酵乳培养物的信息，并将酸奶定义为含有：“**嗜热链球菌**和**保加利亚乳杆菌**亚种的共生培养物”。

关于酸奶成分，《标准》规定如下：

组分	范围
乳蛋白(% m/m)	最小值 2.7%
乳脂肪	少于 15%
滴定酸度表示为乳酸百分比 (% m/m)	最小值 0.6%
构成发酵剂的微生物总数 (cfu/g)	最小值 107
有含量要求的标示微生物 (cfu/g)	最小值 106

2016年《澳大利亚和新西兰食品标准守则》2.5.3“发酵乳制品”部分将发酵乳定义为“由牛乳或牛乳衍生产品发酵获得的食品，其中发酵过程涉及微生物作用，导致凝固和pH值下降”，并进一步将酸奶定义为“用产生乳酸的微生物进行发酵的牛乳”。《守则》还指出，对发酵乳和酸奶的要求必须包括：

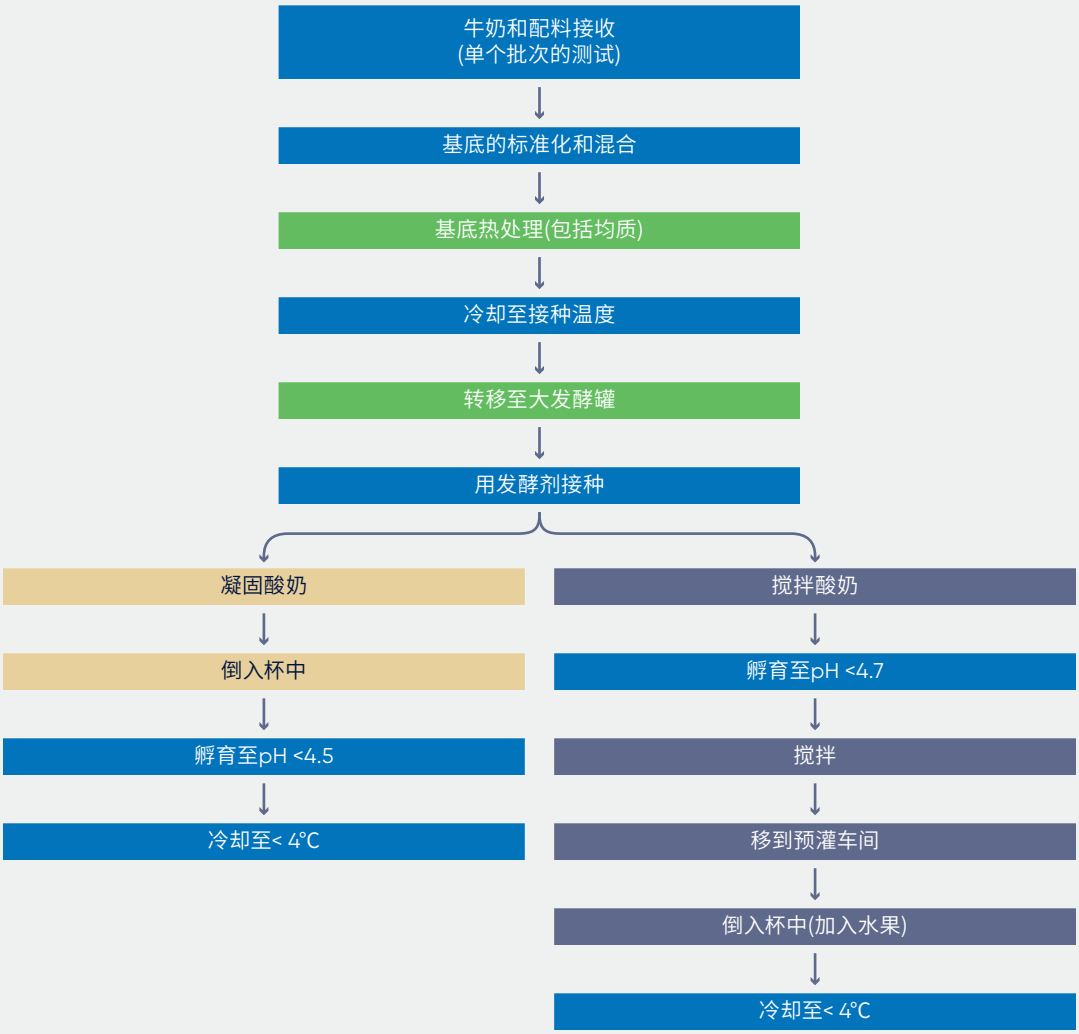
1 可酌情视为发酵乳或酸奶，或添加了其他食物的发酵乳或酸奶；和
2 pH值不超过4.5；和
3 发酵过程中使用的微生物不少于10^6cfu/g；以及
4 如果食品来自牛乳，则须含有不少于30g/Kg的蛋白质（以粗蛋白衡量）。

尽管酸奶的加工仅有相对简单的几个步骤，但是能够掌握如何持续稳定地加工出缺陷最少的高品质的酸奶却并非易事。而且还需要使配料和加工成本保持最低。

诸如乳清析出、多粒状、小颗粒形成等缺陷实际上是对原材料或加工处理缺乏理解和控制的表现。对酸奶加工理论中机械和化学原理的良好理解是能够生产出高品质酸奶的必要条件。原材料经常是在配料成本最低化的基础上选择的而非基于其对所生产酸奶的影响；混料处理没有像其他处理过程一样被很好地控制而且温度经常发生变化；所有这些因素都极可能造成缺陷和终产品粘度、风味、外观和口感的可见变化。

同其他许多产品加工处理一样，优质酸奶的生产取决于高品质配料的选择和生产加工过程的严格控制。目标是使配料、加工处理、设备和原料的变化最小化从而使产品发生的变化最小。

图1 酸奶加工流程图（蓝色为关键步骤）



11.2 酸奶类型

1 凝固型酸奶

此类酸奶涉及发酵和包装内冷却。

2 搅拌型酸奶

对于搅拌型酸奶，牛乳在罐内发酵、冷却，然后进行包装。

3 风味型酸奶

天然酸奶中可以添加各种类型的风味添加剂，包括水果、浆果、甜味剂、谷物和坚果。这些添加剂既可以在加工时以果泥或糖浆的形式加入、在包装前直接混入天然酸奶，也可以在包装时加入包装底部或顶部。

4 饮用型酸奶

饮用型酸奶的粘度较低，以便直接饮用，而无需使用勺子或类似工具。在生产过程中，酸奶被搅拌并在包装前冷却至18-20°C左右（通常情况）。

5 冷冻型酸奶

最近，冷冻型酸奶变得流行。其制造过程包括将酸奶与冰淇淋混合，或预先冷冻酸奶，然后在冰淇淋冷冻机中持续打发。

6 稀释或浓缩型酸奶

类似于夸克（Quarg）奶酪的生产，在制造此类酸奶时，通常会用到分离器，从酸奶中去除一些乳清以使其浓缩。

7 长效型酸奶

长效型酸奶一般可以通过两种方式制造。一是对成品进行热处理——可以在包装前于灌装平衡罐中进行，或在包装中进行；二是在无菌条件下制造并包装产品。

11.3 乳蛋白的作用

已经有证据表明对于酸奶加工来说，基料中各种蛋白质的含量是生产优质酸奶最重要的影响因素。α-乳白蛋白和β-乳球蛋白与酪蛋白的比例及总蛋白占总干物质的比例是影响最终酸奶质构的主要因素。这些蛋白质的比例不正确会导致酸奶过稀或过软、结成小颗粒或多粒状和乳清分离。许多工厂会对基料中的蛋白质和总固形物含量进行标准化，但是可能不对酪蛋白与乳清蛋白的比例进行标准化。原料中这些成分的变化很大，并且可能每批样品之间都有变化，这使得即使是同一来源的原料生产出的酸奶也能观察到较大的变化。

酸奶结构的形成是蛋白质在一定的条件下变性和在发酵形成酸性环境中产生相互吸引力两者共同作用的结果。如果在确定的条件下正确地生产，酸奶就能形成对机械作用有一定抵抗能力的坚实的网络结构；如果不对条件进行控制，结果通常是产生一系列不能被消费者接受的缺陷。

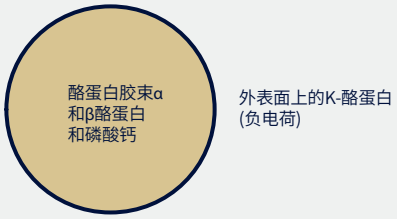
任何乳蛋白质成分尤其是β-乳球蛋白和α-乳白蛋白的减少或增加都将导致所生产酸奶的粘度发生显著的变化。如果没有足够的两种清蛋白中的任何一种与酪蛋白发生结合，则酸奶的网络结构就不能结合的足够坚实，并易形成松散的结构导致酸奶过软或过稀。过多的这些成分对蛋白质网络结构没有帮助而且会增加成本，同时会增加酸奶析水的风险。

普遍的做法是通过添加高乳清蛋白制品，如乳清蛋白浓缩物（WPC）、乳清粉和超滤（UF）浓缩物来调节总蛋白含量，试图改变酪蛋白与总乳清蛋白的比例。逐批地进行标准化并精确的计算所需调整的蛋白质数量是有必要的，而不应该只是简单地添加一定量的乳清蛋白。至少，靠收取液奶来生产的工厂应该采取措施跟踪全年的蛋白质变化趋势，并相应地调整配方使每批制备的基料保持一致。研究表明，虽然在不同情况下酪蛋白与非酪蛋白的比例有变化，但要生产优质的酸奶，此比例应该保持在大约3.3:1。

热处理可以使蛋白质变性。同样，来自微生物的酶作用、产酸微生物的酸化作用和诸如泵的机械作用也能使蛋白质变性。如果蛋白质在热处理前已经变性，则会导致酸奶产生严重的缺陷。变性的蛋白很容易与存在的各种其他成分结合。这可能会导致质量差的牛乳在热处理之前就已经产生了复合微粒，造成蛋白质结合更紧密并形成大的复合物，不像正常时形成许多小的软颗粒。严重时，蛋白质紧密结合成硬的颗粒从而使酸奶出现多粒状缺陷。多粒状通常指的是紧密结合的蛋白颗粒，这可以看得见且食用时很容易感觉到。

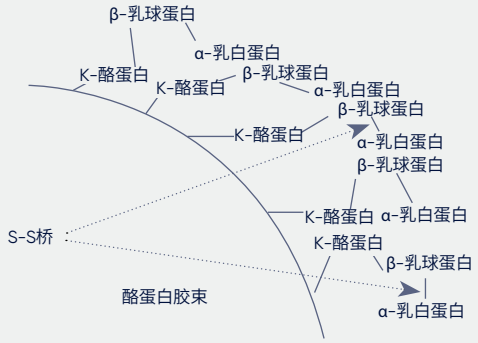
通常在热处理前由于恶劣的贮存条件或使用陈奶时，因微生物产酸使得蛋白质已经被破坏到酪蛋白发生变性的程度，这时酪蛋白也非常容易结合。只要这种酪蛋白一接触热处理设备的热表面就会附着在上面形成复合物，结果导致酪蛋白立即凝结在热交换接触面上并可能引起堵塞，这种沉淀看起来像一种类似于软橡胶的白色油状物，而且严重时很难除去。

图2 发酵过程中酪蛋白结构的变化

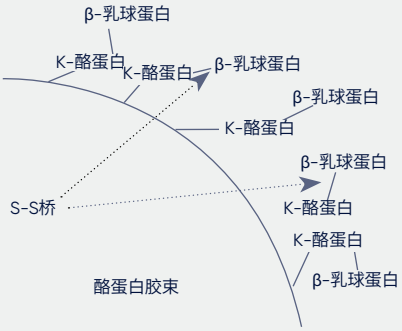


牛奶pH值6.6–5.9；酪蛋白胶束的结构没有变化。

pH 6.7的鲜牛奶中酪蛋白胶束外表面上的净负电荷随着氢离子的加入而稍微变少，所述氢离子来自酸奶发酵剂细菌产生乳酸的离解。



牛奶pH值为5.5–5.2时，β-乳清蛋白与β-乳球蛋白结合，在胶束表面形成光滑的结构。钙继续从酪蛋白胶束结构中的磷酸钙中溶解。

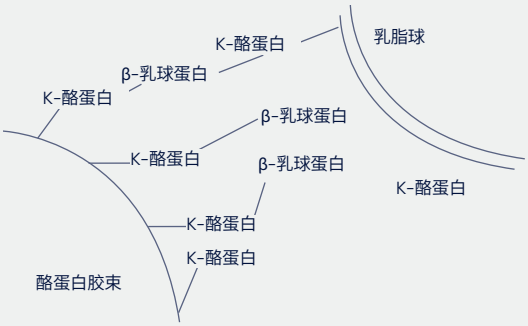


牛奶ph 5.5–5.2，酪蛋白胶束部分变性，β-乳球蛋白与酪蛋白胶束表面的K-酪蛋白结合，形成不规则形状，蛋白质链之间有空隙。当β-乳球蛋白通过胶束与K-酪蛋白结合时，弱结合发生在整个胶束中。钙开始溶解在酪蛋白胶束的主要结构中。随着氢离子的加入，酪蛋白胶束外部的电荷变得较为中性。

与变性蛋白形成复合物的方式一样，任何外来物质或不溶颗粒也可以形成复合物。当用乳粉来制备基料时，任何不溶的颗粒都可以作为吸引蛋白质的作用点，从而也会产生多粒状或凝结的小颗粒。此情况严重时也能导致非常多粒的酸奶，甚至有可能造成砂状质构。

热处理时乳清蛋白必须处于天然状态，如果之前乳清蛋白已经变性就会造成严重的缺陷。那么配料的选择则是生产稳定优质酸奶的一个最关键的方面。无论配料是乳粉、浓缩物或直接源自奶场的原料奶，在热处理之前所接受的处理方式必须对蛋白质影响最小，而对其进行均质、热处理和发酵的方式必须尽最大可能使这些蛋白形成均匀一致的网络结构。

图3 酪蛋白与脂肪的相互作用



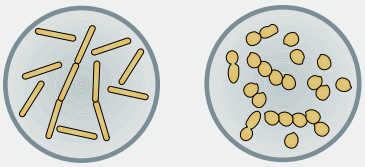
一旦变性，β-乳球蛋白具有未结合的S-H基团，该基团与乳脂肪球膜中的K-酪蛋白结合。

这使得酪蛋白胶束与乳脂球膜结合，从而与乳脂结合。正常牛奶中大约10-20%的脂肪可以通过这种方式与酪蛋白结合。

11.4 发酵

用于制造酸奶的两种主要发酵剂菌株为**“德氏乳酸杆菌**保加利亚亚种”（本手册中称为**“保加利亚乳酸杆菌”**）和**“嗜热链球菌”**（见图4）。其他不符合食典要求但可能符合地区要求的培养物类型还包括**瑞士乳酸杆菌**。

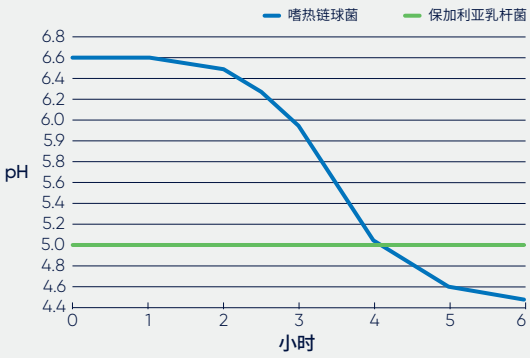
图4 保加利亚乳杆菌（左）和**嗜热链球菌**（右）



《乳制品加工手册》

这些菌种中每一种都有它自己所要求的能产生其自身独特滋气味特性的最佳生长条件。**嗜热链球菌**提供柔和的奶油风味而**保加利亚乳杆菌**则提供尖锐的风味。当添加到酸奶基料中时因pH值比较接近中性，**嗜热链球菌**首先生长。一旦pH值降至足够低时（pH值降至5左右），**保加利亚乳杆菌**（LB）接着开始生长并且生长的更快，而**嗜热链球菌**（ST）的生长则受到较低pH值的抑制。

ST/LB发酵剂的pH值变化



发酵剂的生产商利用这一特点和对有特殊特性菌株的选择来开发生长迅速的混合发酵剂，而且发酵剂在特定时间内产生的pH下降是可预知的。正常情况下，最终pH和所用的时间可以准确合理地被预测。影响pH下降的因素主要与加工厂所采用的条件有关。发酵剂中任一菌株生长的变化都会导致酸奶的发酵时间、pH和滋气味特点的变化。

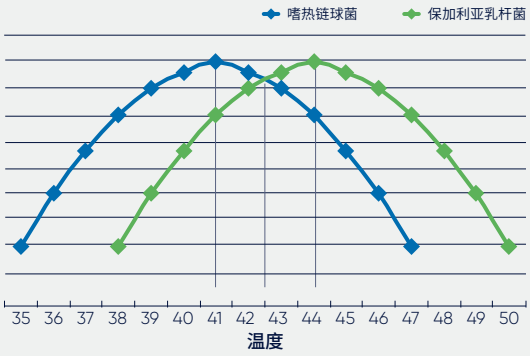
在酸奶的大规模商业生产中，发酵剂由外部供应商提供。通常，在酸奶发酵剂中加入的不止是**嗜热链球菌**和**保加利亚乳杆菌**的单一菌株（有时甚至可能是多个菌株）。

嗜热链球菌对抗生素或消毒剂敏感，即使是残留于发酵罐底部的少量消毒剂也会抑制**嗜热链球菌**的生长，从而使pH下降缓慢以至于**保加利亚乳杆菌**也不那么容易生长了。

发酵温度的微小变化也可能对发酵菌株的最佳生长性能产生影响。依特定的菌株而不同，**嗜热链球菌**的最佳生长温度大约在38-42°C，**保加利亚乳杆菌**的最佳生长温度稍高些，大约在45°C。这意味着通常发酵温度应取两者的折衷值。如果温度降低或升高仅仅1°C，就意味着一种发酵菌株会生长的更好而另一菌株则会受到轻微的抑制。实际上这改变了每一种发酵菌株对终产品的pH降低、滋气味及口感、粘度和析水方面所产生的作用。

如果温度太低，**嗜热链球菌**会生长的更好，但是**保加利亚乳杆菌**将受到抑制。这能够产生一种更温和、更圆滑的酸奶，但是可能意味着发酵时间的延长并且难以达到终点pH值。如果温度太高，**嗜热链球菌**会被轻微地抑制并且需要更长的时间才能达到**保加利亚乳杆菌**能够良好生长的pH值，当达到这一pH时，**保加利亚乳杆菌**能非常迅速地生长并趋向于过度产酸，导致pH过低并造成最终酸奶产品析水。

图5 发酵剂生长温度





11.5 冷却和待灌装贮存

发酵结束时，pH应该接近酪蛋白的等电点（pH 4.6）以确保维持最大的吸引力。在此阶段酸奶基料需要用泵输送至待装罐贮存。此阶段对酸奶的任何机械作用都会破坏酸奶的网络结构和维持网络结构的吸引力。如果允许继续发酵到pH值远远超过等电点时，电荷的平衡被打破，正电荷占优势，这时彼此开始排斥。随着更多的酸产生（更低的pH），正电荷增加，网络结构就开始破裂导致酸奶发生析水或乳清析出。

通常通过发酵剂的选择和冷却到较低的温度使发酵剂活力降低，两者结合使进一步发酵得到控制。选择发酵剂时需要认真考虑平衡两种需要之间的关系，一是需要使用活力好的发酵菌株以缩短发酵时间，另一个是需要经冷却使发酵停止。

选择使pH刚好下降至等电点的发酵剂菌株有助于停止进一步发酵并限制发酵后的酸化。同样的发酵剂菌株也可以通过降低温度及pH范围来降低其发酵活力。可以从许多商业发酵剂生产商处选择**保加利亚乳杆菌菌株**来实现这一点。现在已经有专门分离出来的菌株，在低于预定的pH时可以抑制其自身生长。

用于酸奶的泵和冷却系统应该尽量靠近发酵罐放置，以便使酸奶冷却前受到很小的机械作用。本来应该冷却到足够低的温度（正如发酵剂供应商所确定的）以使发酵剂的活力在贮存过程中受到抑制，但是仍需保持一定的温度以使泵送和灌装能够有效进行（见“灌装”部分）。

通常采用的灌装温度一般在20°C左右，这是因为考虑到在相同的环境温度下进行贮存和在管路与贮罐间输送。此温度也有助于使灌装机的运行速度略高于灌装更粘稠产品时的速度。然而，采用此温度时最重要的是应尽量缩短灌装前耗费的时间，灌装通常应该控制在转罐贮存12小时内完成。

11.6 结论

要保证稳定的生产高品质酸奶重点应加强生产过程控制，以减少工艺变化。应始终挑选优质稳定的原料，严格控制物料混合和标准化工艺。酸奶生产中的缺陷几乎都与原料选择不当、在贮藏、混合、热处理、发酵中的处理失误有关。许多生产者花费了大量的时间和资源去分析和调整发酵后的加工过程，如贮存、运输和灌装等等。事实上，当胶体被破坏后，这样做是对资源的浪费。采用良好工艺生产的酸奶能够承受一定程度的不良处理（只要这种处理不太过分）而不至于对酸奶品质产生持久的影响。更明智的做法是将主要力量放在减少酸奶加工处理工艺条件的变化上，从而使灌装机及相关设备无需应付诸如产品粘度和温度（还未确定）等方面的巨大波动。应集中力量关注包装材料的质量，而不是试图通过灌装机的调整来适应包材质量的不稳定。

11.7 常见问题解答

表1 常见的加工缺陷

缺陷	原因	原因
过稀的酸奶	总固形物过低	标准化不当
	蛋白含量过低	标准化不当
	酪蛋白含量过低	标准化不当
	酪蛋白与乳清蛋白比例过高	标准化不当
	发酵后过度的机械作用	• 过高的剪切压力 • 泵送至灌装机速度过快 • 振动
	pH过低（超过等电点）	• 发酵后未及时灌装 • 发酵剂活力过高
	pH太高（未达到等电点）	• 发酵剂活力不足 • 蛋白含量不合适 • 消毒剂残留 • 抗生素残留
小凝块的形成	干基配料混合不充分	• 混料温度太低 • 混料时间不足 • 设备混料不充分 • 干基配料的溶解性不好
	热处理前蛋白质已经变性	• 没使用低温乳粉 • 低温乳粉中变性乳清蛋白含量高 • 牛乳贮存温度过高 • 牛乳经过多的泵处理
	过度的热处理	• 经过两次巴氏杀菌 • 时间/温度不适合
多粒性	过度的热处理	• 经过两次巴氏杀菌 • 时间/温度不适合
	干基配料混合不充分	• 配料的溶解性不好
	蛋白质含量过高，超过阈值，特别是在使用大量干料来增加蛋白质时	• 干基配料的溶解性不好 • 干料过多。 • 混料时间不足 • 设备混料不充分
	热处理前蛋白质已经变性	乳蛋白质的质量太差
乳清析出	酸度过高	发酵剂活力过高 • 降至等电点以下太多 • 包装和冷却后，发酵剂仍有活性 • 冷却和灌装过程中酸奶的温度升高
	酪蛋白与乳清蛋白比例过高	标准化不当

A 原材料

1. 使用低温、中温和高温乳粉对酸奶加工有什么样的影响?

要生产最优质的酸奶必须选择最接近原料乳的乳粉。变性乳清蛋白的含量是关键因素，而不是通过乳清蛋白氮指数（WPNI）检测的未变性乳清蛋白的含量。

正如通过WPNI所检测的，未变性乳清蛋白的含量随季节、地域、奶牛种类和牛乳处理条件的变化而显著变化。在一些地区尽管对牛乳的处理很谨慎而且牛乳质量也相当好，但在一年的个别时间中仍很难生产低温乳粉。这只是因为在那个地区一年中的那个时期内自然地存在着牛乳总乳清蛋白含量低的趋势。结果原料乳中乳清蛋白含量低，生产的乳粉中总乳清蛋白含量一定低，因而未变性的乳清蛋白含量一定也低，这导致所生产的乳粉被错误地认为是中温甚至高温的，不适用于酸奶生产，而实际上其变性乳清蛋白含量也是非常低的。

对于原料乳中乳清蛋白含量本身就很高的地区也存在一些不利影响。原料乳中高含量的总乳清蛋白会导致乳粉中总乳清蛋白含量高，而且即使采用中温处理其未变性乳清蛋白的含量也会很高。这使得所生产的乳粉被误认为是低温的，适用于酸奶的生产，然而事实上其中变性乳清蛋白的含量也很高。例如，如果最初的未变性乳清蛋白含量较高，使用中温、80-90°C处理几分钟的乳粉，其WPNI仍可能为>6.0mg/g。

在许多使用乳粉的酸奶工厂中，即使一直使用低温乳粉，仍会出现酸奶质量的大幅变化，特别是在析水性、颗粒感和凝块形成方面。大多数情况下，这可能是在蒸发和干燥前没有进行正确处理就使用天然总乳清蛋白含量高的牛乳而造成的用乳粉生产稳定优质的酸奶，为了减少乳粉性能的变化，有必要把总乳清蛋白和未变性乳清蛋白都考虑到。对未变性乳清蛋白和总乳清蛋白的分析可以显示出乳粉中变性乳清蛋白含量。

2. 哪种更适于用来提高产品的粘度和感官品质，WPC还是SMP?

除非所用的脱脂乳粉是专门用于酸奶加工的，否则使用脱脂乳粉（SMP）只是能够增加混料中的总固形物。结果可能只对粘度有很小的贡献但同时可能带来产品乳粉味的增加。

如果在与酪蛋白成适当比例的条件下，使用乳清浓缩蛋白（WPC）有助于提高粘度。对WPC的处理和制备方式必须保证未变性乳清蛋白的含量，同时使乳清蛋白变性程度最小化。WPC经常不是以这种方式生产的，因此必须谨慎地选择供应商，并确保严格地控制质量参数。此外还要记住，要达到相同的乳清蛋白水平，WPC的用量要比SMP低得多。

3. 如何使酸奶的配料成本降至最低?

使配料成本最小化最有效的办法是使用那些被筛选出专门用于酸奶加工的非常优质的配料。任何在品质方面的让步通常都会导致酸奶的档次下降或品质变坏，不适于销售或由于消费者投诉而造成销量降低。

许多使用劣质配料的生产商通过增加稳定剂和乳化剂的使用来弥补不足。是否这种方式能够降低费用还存在争议，但这一定会造成风味和稳定性的变化。

有许多适用于加工酸奶的乳粉可供选择，这些乳粉在喷雾干燥前已经对乳清蛋白含量进行了标准化。牛乳和WPC经筛选，精心的标准化，然后喷雾干燥制得低温乳粉，这种预标准化的乳粉更方便使用，这节省了对一系列配料的购买、运输、贮藏和混合，从而能够抵消使用预混合乳粉的略高的成本。

4. 使用乳粉生产酸奶时如何降低产品中的乳粉味?

酸奶的粉味几乎完全是由于选择了不适用于酸奶加工的配料。使用高温和中温乳粉甚至低温乳粉类别中变性蛋白含量较高的低温乳粉都对酸奶中的粉味有作用。必须选择蛋白变性最少的乳粉以使它们实际上能够达到非常接近于原料奶的品质。

5. 如何正确组合乳粉和乳清粉的水合温度和时间?

选择用来加工酸奶的乳粉种类通常决定了需要更长的混合时间、更高的温度和更好的混合设备（可减少空气进入）。

大多数情况下推荐使用在40°C至少混合15分钟，这必须在任何热处理前进行。一个常见的错误是认为在热处理单元中对混合料的加热有助于使任何不溶解的乳粉颗粒溶解。实际上未溶解的颗粒作为引起蛋白质变性的种核而起作用并导致砂状、多粒状质构或凝结成小颗粒。

如果品质适合的乳粉与适当的混料系统结合，使乳粉在低温下混合是可能实现的。可以采用能够在有效混合的同时减少与空气接触的混料系统，它能在低于4°C情况下使乳粉在相对较短时间内混合。许多工厂仅仅靠使用离心泵对大量的物料打循环来进行混合，这些体系几乎没什么效果而且经常会增加多粒状或乳清析出的发生率。较好的设备是那些专门为这样的操作设计的如三维混料机或胶体磨。



高速乳粉混合机

6. 酸奶制造商对于乳粉的要求是什么?

大量的测试被用于乳粉的筛选上，基于这些测试可以筛选出应用效果最佳的乳粉。以下表格列出了用于生产酸奶的乳粉检测指标的最低限。

表2 用于生产酸奶的乳粉检测指标的最低要求

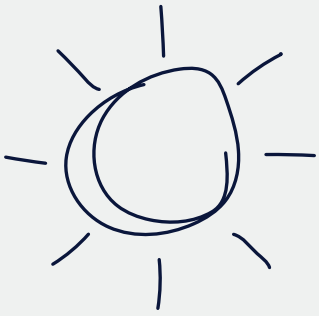
测试	描述	指标
水分		3–4%
脂肪	依据酸奶终成品的脂肪含量要求而定。	
WPNI	乳清蛋白氮指数。	低温粉 >6.0 mg/g
溶解指数	20°C复原和离心后直接测量未溶解的乳粉残渣的量。	<0.1ml（每10g乳粉）
乳泥	样品复原后静置一定时间，测定乳泥沉积的程度。	0
烧焦颗粒	测定乳粉中不溶解的、焦化的、变色的颗粒。	0（A级）
分散性	测定在一定的时间下乳粉在水中的分散能力。	>90%
润湿性	测量粉末与水在一段时间内完全接触的能力。	<5秒
下沉性	通过测量乳粉完全浸入静置水中所需的时间来评价其性能。	<10秒
凝胶试验	测定保持在100°C和120°C条件下复生乳发生凝胶所需的时间。	24小时凝胶
酒精试验	酒精与复生乳以1∶1的比例混合检查胶凝的趋势，是凝胶测试的另一种方法。	凝胶

7. 在中国，大部分的人喜欢高粘度的酸奶，如何通过配料的筛选满足这个要求？

通过对乳中的蛋白质及总固形含量进行标准化来稳定地生产高粘度酸奶是可能的。这其中一个方面是选择在质量上尽可能与原料乳相近的优质配料。提高乳中蛋白质的含量须添加经仔细选择的高蛋白配料。这类蛋白质最常见的来源是乳清粉或乳清浓缩蛋白。高蛋白乳清浓缩蛋白（HPWPC）通常对酸奶的粘度影响最大。商业上可用的HPWPC的蛋白含量在80－90%之间，而乳清浓缩蛋白蛋白质含量的范围一般为35－80%。这些利用超滤法浓缩获得的HPWPC中除去了与发酵时间延长有关的矿物盐。只要HPWPC能被小心的处理，就应该含有较高量的未变性乳清蛋白和较低量的变性乳清蛋白。应该基于未变性的乳清蛋白含量来确定这两者的含量水平并进行标准化。配料中变性乳清蛋白必须保持较低的含量以减少成品乳清分离或多粒状的缺陷。由于标准化到相同蛋白水平时，与低蛋白含量的WPC相比，HPWPC添加的量要少得多，故使用HPWPC要更经济一些。添加的比例在2%左右，但会随不同批次及不同配方而变化。应该避免这种仅靠以固定的比例添加HPWPC或其他补充物的想法，因为这样做只能增加总蛋白的水平而不能减少蛋白质的变化。正是每种蛋白质含量水平的变化对酸奶终产品的粘度有着最重要的影响。

Brookfield粘度计通常用于粘度的精确测定，但其不适用于工厂中的快速检测。

使用Bostwick稠度计测量酸奶1分钟内移动的距离可很容易地评估酸奶的粘度。在包装环节，每分钟移动的距离应该是6到11厘米之间，冷却后应该是4到6厘米之间，在销售环节应该小于4厘米。





用于精确测定粘度的Brookfield粘度计





用于快速评估粘度的Bostwick稠度计

8. 用复生乳生产和用鲜奶生产的酸奶产品的区别是什么?

鲜奶与复生乳的主要区别在于乳粉生产中的浓缩过程，特别是预热处理已经对乳清蛋白组份产生的影响。乳清蛋白受热变性，受影响的主要是乳清蛋白中的α-乳白蛋白和β-乳球蛋白。如果使用低温乳粉可使蛋白变性水平最低，将有助于使酸奶终产品的影响最小化。变性的蛋白对成品网络结构的形成没有作用且易造成多粒状和乳清分离现象。因此使用优质的新鲜牛乳并添加乳清浓缩蛋白进行标准化来生产酸奶理论上是最理想的。然而实际上新鲜牛乳的供应变化不定并且工厂不可能有效地对乳清蛋白的含量进行标准化。同时很多较大的工厂都存在牛乳的的供需矛盾从而导致酸奶的生产者不得不使用不适宜生产酸奶的原料奶。因为鲜奶中的与成品酸奶粘度和乳清分离相关联的乳清蛋白含量变化较大，所以用鲜奶生产出来的酸奶稠度也有较大范围的变化。如果选择合适的原料乳粉，用复生乳生产的酸奶质量会比较稳定，但也许由于已变性乳清蛋白含量较高这一缺陷容易造成酸奶多粒状和乳清分离。由于WPNI只是作为评估未变性乳清蛋白的一种方法，因此即使低温乳粉中也有可能含有高量的变性乳清蛋白。在这两者基础上选择的乳粉可生产出质量较稳定和缺陷较少的酸奶。乳粉可以再用HPWPC进行标准化用以生产蛋白含量适当的酸奶。如果仔细对乳粉进行选择，用它们可以生产出质量近似于用鲜奶生产出的酸奶。预先将鲜奶标准化至所需要的酪蛋白与乳清蛋白的比例后来生产乳粉，同时使其成为具有低（高）含量的未变性乳清蛋白的低温乳粉，这样的乳粉生产完全可以实现。

9. UHT灭菌工艺能否用于酸奶生产并且它对终产品的影响是什么?

UHT的目的是杀灭细菌和孢子同时对牛乳各成份产生最小的影响。这可以通过加热牛乳至最高温度140°C保持较短时间如2–5秒获得。牛乳中的大部分成份例如酪蛋白、乳糖和乳脂肪是相对耐热的并且灭菌时间温度不会对其产生很大影响。乳清蛋白较易受热处理的影响并可发生一定程度的变性。如果热处理时间很短，对乳清蛋白的影响可降到最低。这主要取决于牛乳从4°C升温至UHT温度后再冷却过程的处理能力。与过去相比，现代工厂在这方面会更有效率，并且能更好的控制和改善时间温度组合。

由于高温处理有很多挥发性的风味成分会释放出来，这对牛乳以及用它生产的酸奶的风味产生一定的影响。高温处理会导致牛乳中一些风味发生变化，尤其与乳清蛋白变性相关，因此在使用UHT奶生产酸奶之前需要考虑到这一点。

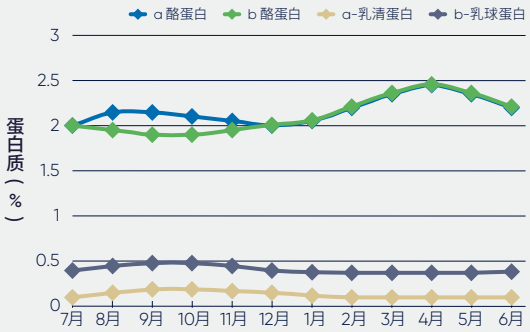
B. 生产加工

1. 乳清蛋白添加的最佳方式是什么?

用于生产酸奶的基料需要增加干物质以获得优质的酸奶。这不只是通过添加脱脂乳粉或脱脂乳浓缩物来增加总固形物问题，而是希望这样做有一个正面的影响。现有的一系列产品在增加总干物质的同时，还有助于得到合适的酪蛋白与乳清蛋白比例。在过去乳清蛋白被用来代替酪蛋白以降低成本。添加乳清蛋白的原因一定是通过平衡特定酸奶所要求的恰当的组分含量来提高风味和功能性。相对成本的降低应该被看做是添加乳清蛋白一个收益而不是唯一的原因，因此生产商就不会使用超量的乳清蛋白并冒着过度添加而造成产品缺陷的风险。

同样也避免了生产商受降低成本的误导而试图使产品质量大打折扣或选用廉价劣质原料。通常较廉价的劣质配料会造成酸奶很多缺陷并导致销售额损失或是稳定剂的过度使用。

图2 蛋白质含量的季节性变化



由于季节性造成蛋白质成份变化

脱脂粉(SMP)－可以作为一个基础原料使用但不能只依赖它增加原料奶的总固形物。它的添加不能平衡酪蛋白和乳清蛋白的比例，所以还应该添加一些乳清蛋白。乳粉必须是低温的以保证非常低的变性乳清蛋白含量。须指出的是以低温方式生产的乳粉的实际变性乳清蛋白含量也可能较高。用WPNI作为指标，但它评估的是未变性乳清蛋白而不是变性乳清蛋白，两者在标准化时都应该考虑。

脱脂奶浓缩物－脱脂奶浓缩物应该作为一个基础原料使用但不是增加总固性物的唯一手段。它应该与乳清蛋白配合使用来对乳清蛋白和酪蛋白的比例以及总固形物进行标准化。

乳清粉 – 在酸奶生产中它们被用做乳固体相对便宜的来源。在向酸奶基质中加入乳清蛋白的同时，也引入了较高含量的对酸奶终产品风味特性有重要影响并且延长发酵时间的盐和矿物质，这些矿物质抑制了发酵的过程。

脱盐乳清粉可以减少这类问题，因为矿物质盐类部分被除去；同时乳清粉如果能以适当的比例添加能够非常有效地促进终产品产生良好的风味以及理想的粘度。

WPC – 使用乳清浓缩蛋白可能是平衡风味和功能性最有效的方式。超滤法生产的WPC除去了与不良风味和抑制发酵有关的矿物盐类。目前有很多不同蛋白含量（35%、50%和80%）的乳清蛋白产品可用，但是为了获得最好的效果，乳清蛋白的添加量必须考虑基料中酪蛋白和乳清蛋白比例的平衡。



老式的水粉混合系统

2. 在酸奶生产中使用稳定剂的利弊何在？

酸奶生产中使用稳定剂是相对普遍的。效果较好的是单纯淀粉或明胶或两者配合使用。使用稳定剂可以使酸奶变稠以满足消费者的需求，同时又能掩盖可能出现的过稀的酸奶或乳清析出等缺陷。尽管使用稳定剂有一定作用，但它也是一种相对昂贵的成本负担，因为为了与标签一致，必需持续地在所有批次酸奶中都添加稳定剂。如果添加稳定剂，必须在成分表中声明。优质原料制成的酸奶并不需要添加增稠剂。如果添加稳定剂则标志着加工过程中没有按照预期去有效控制。如果情况象上面所说的那样就不可能获得高品质的原料。比如说当乳粉供不应求而导致价格猛涨时，唯一可选择的办法就是使用可替代的原料和稳定剂来弥补。为克服加工工艺不稳定而使用稳定剂的做法会导致加工条件好的时候出现酸奶过稠的现象，这就意味着发酵后浓稠的酸奶很难通过泵送而灌装。

3. 如何通过添加配料来提高酸奶的功能性？

益生菌 – 市场上常常使用一系列益生菌发酵剂来赋予酸奶保健功能，可利用的益生菌主要是消化道中的自然菌群，可以是单个菌株和混合菌体，常用的益生菌菌种是：

- **嗜酸乳杆菌**
- **乳酸杆菌**
- **双歧杆菌**属
  （该属的各种菌株）



通常情况下将这些益生菌与**嗜热链球菌**合在一起生产酸奶，以降低pH值、使酸奶质构细腻及产生双乙酰风味。

利用益生菌发酵酸奶的主要的问题是如何在pH低于4.5这种不利于菌株生长的环境下保持其活性。目前，已经选育了能够在酸奶中生存和生长的益生菌菌株。与此同时，另一重要问题是食入酸奶后菌体是否可在消化道中发挥作用。在许多情况下，益生菌因受胃酸作用而降低其有效性或使菌体破坏，从而使益身健体的功效成为理想而非现实。通过添加乳清蛋白可增加酸奶的缓冲作用，既保护了益生菌又可提高肠道乳糖酶的活性。



此外，还可以根据需要用发酵剂来改变酸奶的质构。**嗜热链球菌**和**保加利亚乳杆菌**的某些菌株可以产生一种名为“外多糖”(EPS)的物质，它可以使酸奶具有更高的粘度、更光滑的质构和奶香味、更低的析水性和更软的质构。

乳清产品中生物活性功能成分尤其是乳清蛋白，一直没有在市售产品中利用，许多乳清蛋白可以降低胆固醇、提高免疫系统功能、降低癌症尤其是结肠癌的发病率。但对乳清许多分离成分的功能研究尚无明确结论，目前已有成熟的技术能对乳和乳蛋白中的特定成分进行分离和纯化，并将其用作功能性配料。

4. 如何将酸奶中的乳清析出程度降到最低?

加工过程控制不当是造成酸奶乳清析出的少数几个重要原因之一。最大可能是由于选择使用劣质原料，并且通常与标准化的精度不够有关。如果基料只在总固形物或蛋白质的基础上进行标准化，没有考虑最终混合物中酪蛋白和乳清蛋白的比例，以及理想的总固形物和蛋白质水平，这就意味着乳清蛋白含量不足，难以在酪蛋白胶束间形成连接桥，从而导致酸奶过软或过稀。

如果贮藏不当、放置时间过长或原料质量低劣，很容易使蛋白质尤其是乳清蛋白在热处理之前就发生变性；使用乳粉类或者其他含有高变性蛋白和低非变性蛋白的配料有着同样的效果，这些都是因为可利用的蛋白质不足以形成稳定的网络状结构。

另一种可能性是热处理过程控制不当，使得乳清蛋白没有充分有效的变性而不能对蛋白凝胶的形成发挥作用。因为大多数加工过程都能确保热处理的效果，即加热至90-95°C并保持5-6分钟，因此这种情况就很少发生。

在发酵过程中，由于温度的微小变化将可能导致发酵剂生长速率的明显不同。混合菌种发酵剂应用最广泛，但提高或降低温度意味着其中某个菌种的生长可能受到抑制或促进。这将带来风味和质构的变化，并且由于生长最快的菌株不同可能导致酸奶过度酸化或酸度不足。发酵时间过长和难以达到预期pH值从而使酸奶过软和过稀。

高活力发酵剂会过度产酸，尤其是**保加利亚乳杆菌**。它能使pH超过等电点，此时酪蛋白表面净电荷变成正电荷而不是中性。随着电荷的增加，蛋白凝胶开始破裂，导致尖酸味和乳清析出。

机械作用

下面所有因素都将导致凝块松软且容易破碎：任何震动、移动或包装后温度的改变都加剧了凝胶网络结构的破坏并释放出其中束缚水使乳清析出，这些缺陷可能出现在包装时，严重者可发生在发酵过程中，但通常情况下是在酸奶接近保质期限时才被消费者所发现。





5. 为何有时酸奶会变得沙粒化或有凝块出现？

酸奶出现沙粒状、多粒状或小凝块的质量缺陷，通常被认为是酸奶原料成分选择不当或混合不好所致。特别是热处理之前变性的蛋白极有可能在发酵过程中与其他蛋白分子相互吸附。先前已经变性的蛋白倾向与其他成分键合而形成一比较大的复合分子或颗粒。在热处理过程中，蛋白继续变性并更多地结合，而后在逐渐形成的酸性环境下，即pH接近等电点时，由于电荷平衡产生吸引力而吸引越来越多的蛋白分子。这种作用的结果是形成消费者所能察觉到的致密蛋白颗粒。解决这种问题最简单的办法就是在生产酸奶前对原料的精心处理，从而避免蛋白变性。

在制作酸奶前对干粉配料采用相同的处理方式，而对于低、中、高温乳粉，由于物料不同而采用不同的处理方式会更复杂。（参见乳粉一节）

酸奶多粒状或有小凝块的另一主要原因是由于乳粉和乳清粉等干粉原料的加入和水合作用不彻底。若这些干粉复原不好，他们在本质上同上述变性蛋白的影响作用相同，除此之外还会使酸奶中的颗粒变得更硬。在热处理期间、热处理后以及发酵过程中，这种未溶解颗粒将吸附蛋白分子。人们试图通过多种方法来克服上述缺陷。例如，在热处理之前，对混合物料进行过滤，从而减少存在于酸奶中未溶解的作为蛋白吸附点的颗粒。过滤通常只起到部分作用，不能滤除那些过小的颗粒。在热处理之前对混合物料进行离心净乳是一种可行的选择，该方法有效，但会增加生产时间和成本。在热处理之后对混合物料进行均质，以破碎小颗粒，也是一个有用的选择。最有效的方法是设计一种能够实现最佳水合效果的水粉混合工艺并选择使用优质的容易复水的配料。水合工艺必须设计以保证实现快速、有效、完全地混合，这可能需要重新设计搅拌和输送设备并通过调节温度来协助完成水合。混合物料温度不能低于20°C，并且理想温度是高于脂肪溶点的温度，大约为40°C。



酸奶中较大的凝块是可见的，但许多小凝块必须在非常近距离下才可看见。发酵后对酸奶的剪切可减少较大凝块，但许多小凝块仍存在于酸奶中，尽管在酸奶中用肉眼难以看到，但当颗粒较硬时可用舌面感觉到。这种酸奶也更容易表现出乳清分离，因为蛋白质凝结在小凝块中而不能形成平滑的网络结构。

6. 如何平衡酸奶发酵时香味组成和发酵时间?

正确选择适宜的混合发酵剂对酸奶的风味及香气特征形成有着重要作用。使用什么样的发酵剂取决于目标市场对酸奶的理想风味的要求。如果目标市场要求酸奶具有浓烈纯正的风味,那么就需要使用高比例**保加利亚乳杆菌**的发酵剂,因为这些菌种可产生酸奶中大多数的乳酸和作为此类酸奶典型风味成分的乙醛。如果目标市场要求酸奶风味为较柔和的奶油风味,就需要**嗜热链球菌**活力高的发酵剂,这些菌种产生少量的乳酸和大量的双乙酰从而形成酸奶的柔和奶油风味。

在明确了市场需求、选定正确的混合发酵剂和配方后,必须精确控制发酵过程使产品达到理想状态。发酵过程中发酵温度的微小变化,甚至是1°C的变化也会使发酵剂中某一种菌株占统治地位,其他菌株被抑制。这就意味着由于某一菌株的过度发酵而使酸奶的风味将发生改变。这会导致发酵时间延长或缩短,产酸更多或更少并且乙醛、双乙酰生成量发生变化。混合发酵剂培养物可以由五种或更多的微生物菌株组成。一些菌株可以快速产酸,但对风味贡献很少。一些菌株产酸低但可产生大量风味物质,所以选择正确的发酵剂菌株非常重要。为了在尽可能短的时间内产生相同的风味,必须精确控制发酵过程,特别是配料的选择、物料混合及温度控制。

发酵后通过对酸奶基料的品评可以预测可能的风味特征和香味缺陷。人类的味觉可以察觉风味及香味的微小变化,这可以用于分析加工控制过程中任何失误的原因。简易的样品品评单可记录在发酵结束、冷却到20°C后酸奶基料中任何可感觉到的风味和气味特征。如果发现产品的双乙酰风味比正常更强,说明**嗜热链球菌**占优势。这意味着发酵温度偏低,或许也是导致发酵时间比预期要长的一个原因。如果发现产品风味比正常的更酸,则表明**保加利亚乳杆菌**占优势。这可能是由于发酵温度比正常温度略高,如果发酵时间比预期的长时更说明这一点。如果浓烈的风味和细腻的口感都显著降低时,这可能意味着快速产酸的菌株占优势,虽然降低了发酵时间但对酸奶风味的产生却没有作用。

发酵时间的延长常常是抗生素或消毒剂残留物对发酵剂抑制的结果,特别是**嗜热链球菌**。只有pH值降低后**保加利亚乳杆菌**才可很好的生长。即**嗜热链球菌**使pH值开始下降后,才使**保加利亚乳杆菌**生长良好。如果**嗜热链球菌**被抑制、生长缓慢,会导致**保加利亚乳杆菌**生长的延迟,最终使发酵时间延长。

预期发酵时间的延长或缩短意味着控制过程存在失误,这会造成酸奶风味和粘稠度等方面的缺陷。发酵所需时间的长短应根据市场要求的酸奶风味来决定,所以加工过程必须严格控制。

7. 使用优质稳定的原料的经济效益是什么?

为了生产最好的酸奶必须选择质量最好的原料。选择这样的原料事实上可以降低昂贵的添加剂如稳定剂、乳化剂的使用。混合料液中蛋白和总固形物含量的标准化是至关重要的,对标准化的控制是工厂设计和设备选型时必须考虑的主要因素。许多其他因素也有助提高酸奶的市场竞争力,如使用优质的无抗生素原料、温和的处理条件、牛乳从奶场到生产加工一直保持低温、标准化及使用生产酸奶专用原料:如高蛋白乳清蛋白浓缩物、乳清蛋白和酪蛋白比例被标准化的酸奶乳粉。使用这些优质原料可以降低酸奶出现乳清分离或多粒状等缺陷的几率,从而减少消费者的投诉,提高消费者的重复购买率。

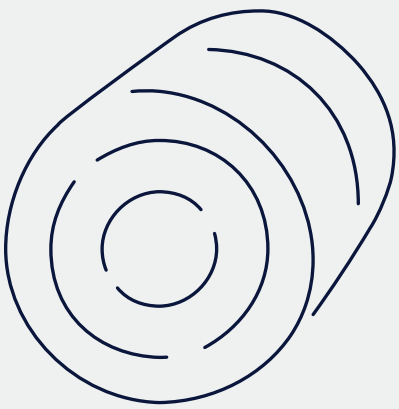
8. 在不添加稳定剂的情况下如何获得理想的饮用型酸奶?

饮用型酸奶必须保持液体状态,不可太过粘稠,因此,酸奶中蛋白质含量应相对较低。同时又必须有足够的营养以保证发酵剂可以生长,并应含有足够的乳糖以便由发酵剂将其转化为乳酸。

饮用酸奶在储藏过程中,因蛋白质未能形成一个凝胶体,易于从水相中分离出来,因此通常添加稳定剂来保持各组分的稳定。

因为稳定剂相对较为昂贵,人们期望能通过降低其添加量而降低产品的成本。有助于降低生产成本的因素包括以下几方面。

蛋白质含量精确的标准化以便在不额外添加蛋白质的情况下使产品蛋白含量满足法规要求,并且改变酪蛋白与乳清蛋白的比例,有助于减小形成凝胶网络的趋势。同样,在天然酸奶中此比例有助于形成凝胶网络,因此通过添加乳清蛋白以和减少酪蛋白组分而改变乳清蛋白与酪蛋白的比例,有助于降低凝胶网络的形成。当pH值低于4.5时,因正负电荷平衡而有助于建立蛋白凝胶网络。乳清蛋白与酪蛋白间的交联在机械力作用后很少能再次形成,因此发酵后电荷水平的降低,巯基与硫化物键结合力的提高,加上机械作用更有可能使产品保持一种稳定、均一的状态。



发酵后强烈的机械作用包括均质处理,可以打碎酸奶中的颗粒,使其颗粒小至足以确保酸奶处于一种稳定均一的状态。

酸奶生产过程中的最基础的工艺是最初的配料混合。经过混合并均匀地分散的配料将很大程度上能保持均匀状态。

使用生产胞外多糖(EPS:exopolysaccharides)的发酵剂:使用产胞外多糖的发酵剂也可能有助于蛋白质保持均匀的分散状态。一些发酵剂菌株可产生一种多糖副产物,这些糖包裹在其身体外并为其提供保护膜。这些多糖能发挥与稳定剂相同的作用并可以用作稳定剂的替代品。但是当使用这些发酵剂时必须要考虑EPS的产生与风味、甜度和酸度的产生之间的平衡。

C 冷却和包装

1. 发酵过程中形成的凝胶对机械处理很敏感,如何在工厂设计特别是冷却工艺设计中考虑降低对牛乳凝胶的破坏?

酸奶工厂的设计必须保证使酸奶冷却到20°C左右并尽快灌装以抑制菌种活力,同时保证对产品的处理条件温和,从而减小机械处理强度。发酵罐位置应尽量接近灌装段。搅拌型酸奶应在发酵罐中轻微搅拌,此过程不是单纯的搅动而必须进行翻动和混合直到获得均匀、柔滑的组织状态。

产品必须快速、温和地冷却,因此最好使用大直径的泵,并设计采用单流向管路。选择专门为无菌和温和地输送高粘度液体设计的正位移螺杆泵。他们较易清洗,通过旁路向螺旋推进区注入高流速液体即可。

发酵罐的出口直接与泵连接，然后直接进入冷热交换。也必须设计热交换器能够实现温和的热交换，通常是管式热交换器。冷却器要接近泵和发酵罐也是冷却的一个重要方面。酸乳通常要冷却到20°C左右，贮存于待装罐中。要求待装罐的位置离灌装机近以减少酸奶的运输距离，这一点也很重要。

酸奶工厂设计时通常还要配备一些用于减少发酵后出现的团块、小凝块和颗粒的机械装置。这些装置通常是反压阀或剪切阀、粗过滤器或滤网。虽然它们能有效地减少酸奶的以上缺陷，但同时也造成了酸乳的机械损伤和在货架末期出现明显的乳清分离。

引起酸奶凝胶网络开始破裂的主要因素之一是振动，因此防止搅拌器和泵发生振动是非常重要的。当设备失去平衡、工作强度过大或工艺设计或设备能力匹配有缺陷时都会引起振动。

此外在灌装时和灌装后，特别是在把包装好的酸奶运到冷库进行冷却和储藏的过程中也容易发生振动。冷却过程中任何的振动或移动都将导致酸奶状态的破坏，利用公路或铁路从工厂到销售地的运输过程中产生的振动也会造成酸奶质构的破坏。

如果工厂设计中已经考虑到上述因素，则采用较为优质的原料和精确的过程控制生产的酸奶进入发酵阶段，那么即使未添加人工稳定剂，酸乳本身也能够承受一定的振动。精确地控制pH值达到或接近等电点、形成酪蛋白/乳清蛋白和脂肪间的网络结构，所有这些都有助于促进酸乳的相互交联，并赋予其凝胶触变性，使酸奶胶体在经历机械损伤后具有良好自我恢复的能力。

2. 酸乳具有触变性，灌装后其粘度如何恢复且恢复的程度如何？

灌装后酸奶恢复粘度或变稠的能力主要取决于酸奶的最终pH值。pH值接近等电点（pH 4.6）的酸乳在经历机械搅拌包括灌装后其粘度较易恢复；起始对蛋白质的标准化保证了蛋白质的适当含量，从而使酪蛋白复合物和乳清蛋白间巯基和硫化物成键反应最大化，有助于形成坚实的凝胶网络。但机械作用和pH值改变会破坏这些化学键且不容易恢复，结果导致乳清析出和酸奶过稀。主要是由于正负电荷平衡产生的吸引力使酸奶能够在经过不太强烈的机械处理后恢复其组织状态。

将待灌装酸奶先冷却到20°C左右在进行输送和灌装的原因就在于这些作用力。只要pH值达到其终点且维持不变时，这种电荷吸引力就可以保证酸乳凝胶网络不发生破裂。

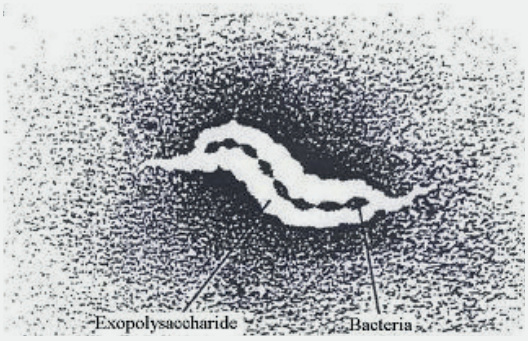
当温度降到20°C以下时，酸奶的脂肪成分就可能形成结晶或固体颗粒，由于脂肪组分是均匀分布在酸乳中并经常结合到蛋白凝胶网络中，这种相变将有助于酸乳粘度的提高。而其它一些组分如乳清蛋白则进入酸奶液相而表现出一定的胶体特性。

最终产品的pH值是灌装后酸奶粘度恢复的主要影响因素。如果能很好得控制酸奶发酵后的过渡产酸，则酸奶具有最大的维持和恢复粘度的能力。若在发酵后工艺条件失控，则意味着正负电荷失去平衡，相似电荷的排斥趋势增强，在更严重的情况下将导致乳清析出和酸奶变稀。

一旦酸奶冷却至4°C以下，其粘度的恢复程度就变得相当重要。即使看起来较稀的酸奶，灌装完成后达到贮存温度时，粘度也能得到明显改善。应分析最初酸奶较稀的原因并采取措施，尽量避免这种情况的再次发生，因为其他缺陷也可能出现。若最初酸奶较稀是由于过度机械作用，需要分析原因、改良设计并调整至最佳工艺。

如果加工过程中控制良好，即使没有添加稳定剂也可能生产出具有较好粘度的酸奶。很多情况下，条件控制不能非常精确，变化是不可避免的，使用稳定剂通常就是用来掩盖这种变化，从而使加工易于控制。

使用产生胞外多糖（EPS）的菌种是另外一种不使用稳定剂而恢复粘度的方法。EPS产生菌在体外有一层糖膜保护，通常人们称之为产粘菌。实际上，由菌体产生的粘性物质可充当天然的稳定剂，以减少添加人工稳定剂所需的费用。



如何控制终产品的后酸化？

酸奶的后酸化主要归因于发酵结束、pH值达到4.6后发酵剂菌种的持续活性。选择适宜的发酵剂菌株有助于降低发酵终点后的进一步酸化。发酵剂要选择快速产酸的菌种、主要是**保加利亚乳杆菌**。通常情况下，选用这些菌株用于降低pH到预定的水平，然后维持在这一水平。通过产生了足量的乳酸抑制其自身菌体的生长或者在20°C下活力降低，甚至在4°C下处于休眠状态。质量优良的酸奶其后酸化主要由于发酵后的处理不当造成的，常见的不当处理主要是灌装延迟或贮藏时间过长而造成产品质量问题，其结果是灌装前酸奶的pH略有下降。值得提醒的是pH值是对数值，它从4.5~4.0的微小下降则是产生大量乳酸的结果，pH小幅降低却对酸奶风味特性产生显著的影响，因为人的味觉很容易品尝出微小酸度的变化。

如果后酸反应严重可导致乳清析出，然而，微弱的后酸只是在临近保质期终点时才引起乳清分离现象。

另外一种常见的后酸化是在灌装和冷却之间的延滞所致，通常是由于灌装托盘问题或灌装中断引起的，一托盘酸奶很快灌装并包装好，但随后有可能因出货延迟而需在室温下放置一段时间，除非有临时的计划发生。这样使每一杯中的发酵剂菌种继续产酸，到冷却至使其活力降低的温度为止。

另外，酸奶在冷却后的配送期间置于高温下也会导致后酸化。

D 贮存和分发

1. 酸奶包装后影响其稳定性的主要因素是什么呢?

酸奶包装后尽快冷却是十分重要的,这通常是靠将纸盒以开放的形式堆放,使冷空气在纸盒间循环流动来实现的。由于纸板箱的纸板的隔热作用使酸奶需要8~12小时以上方可将温度降到4度以下。从20°C到10°C的这个最初阶段其冷却速度很快,但以后的冷却过程需持续较长时间。最初阶段的快速冷却对以下两个方面都是必要的:一方面是减少在灌装中污染微生物生长的可能性,另一方面是减少酸奶乳清分离的可能性。

全脂酸奶或低脂酸奶的冷却要超过8-12小时,因为要保证脂肪结晶时产生的潜热被排出,否则在贮藏后它通常会引起温度的升高。

为保证酸奶期望的超过一个月的保质期,必须始终维持其温度在4°C以下。

良好工艺生产的酸奶,完全凝固之后可耐受合理范围内的机械作用。只要包装盒是完整的,并且温度也保持不变,那么由于输送机、叉车、卡车和运送到商店或超市货架上产生的移动对酸奶就没有太大的影响。然而振动对酸奶有重要影响,它能引起乳清分离,特别是在灌装后最初的48小时内,会引起蛋白质凝胶网络破坏,产生过稀酸奶,48小时后酸奶就会变得粘稠并且凝胶破碎的可能性也很小。酸奶制作好后,在一些天内保证运输的方式不产生过度的振荡和移动是十分明智的。为了达到这个目的,要限制卡车速度,保证平稳行驶,到贮存库选走平滑的道路以及用平滑轮胎的叉车等。



带有气孔的典型酸奶包装盒,能看见内容物且改善冷却效果

11.8 术语表

酸化

形成酸性或多酸的环境

酒精试验

凝胶试验的另一种形式，用与复生乳成1:1比例的酒精测定其凝胶趋势。它有时也被用于粗略测定生乳质量，即找出立即发生凝胶的生乳，但也可结合培养一定时间来进行质量测试。它更可能用于检测因不当处理产酸后造成的蛋白质的变性。

pH

物质酸碱性的一个指标，其值在0-14，7为中性。它是氢离子浓度的负对数，即$pH=\log^{10}(1/[H^+])$。

发酵剂培养物

筛选和纯化的能起到一种特殊作用的细菌，以酸奶为例，将乳糖转化成乳酸。

清洁剂

用来除去固体沉淀和黏附物的清洗用试剂。

分散性

粉末在一定的时间内分散到水中的能力。它是通过在一定条件下溶解粉末，并静置较短时间后倒出一定的量，再计算其中的总固形物与最初粉末重量的比值。

EPS

胞外多糖，一种包被在菌体周围呈荚膜多糖的形式存在的有机物。

发酵

在微生物作用下转化糖形成酸的过程。

凝胶试验

在100°C和120°C下保温一定时间内，测定乳粉发生胶凝的能力。通过直接测定乳粉形成凝胶网络的能力来筛选制作酸奶的适宜乳粉，因为它是未变性乳清蛋白的一个间接指标。也可用于液体配料的分析。

多粒性

在酸奶中形成的小而硬的颗粒，通常是因为过度的热处理或质量不好的原料引起。

均质

将牛乳在高压条件下处理，使其中组分被粉碎成更小的颗粒，然后被均匀地分散在混合物中，在酸奶中形成均一的蛋白混合体。

HPWPC

高蛋白乳清蛋白浓缩物

等电点

酪蛋白胶束复合物的电荷平衡点，在这一点上正、负电荷相等并具有最大的吸引力。

凝块

在酸奶中柔软的小球，经常包含有变性的蛋白质，有时称之为鱼眼。

巴氏杀菌

一定温度和时间（相当于72°C15秒或更高温度）的热处理，以杀死致病微生物。在酸奶生产中，热处理通常叫做巴氏灭菌，但实际中，为了使蛋白变性，加热程度远高于巴氏灭菌。

消毒剂

一种化学或类似的试剂，用来减少细菌数到一个可接受的水平，通常指商业上可接受。

焦粒试验

测量在粉末中任何烤焦、烧糊的或变色的不溶粒子。它是一个简单的过滤试验。复生乳粉通过圆盘状的布过滤，然后分析任何残留的颗粒。用一套标准色板来比较定量。

下沉性

通过测量乳粉完全浸入静置水中所需的时间来评价其性能。

溶解性

20℃复原和离心后直接测量未溶解的乳粉残渣的量。

标准化

按控制最终混合物中不同成分的规定比例要求，将不同组分的进行混合。

析水/乳清析出

水分从酸奶基质中分离出来，使产品出现消费者不期望的缺陷。

UF

超滤

粘度

测量物质稠度指标，类似于流动特性。

润湿性

测量粉末与水在一段时间内完全接触的能力。

WPC

乳清蛋白浓缩，乳清蛋白的一种浓缩形式，是许多加工中的原料。

WPNI

乳清蛋白氮指数

酸奶

通过在牛乳中添加特定成分并用产酸细菌进行发酵，并在发酵前加入额外的乳固体而生产出的一种发酵产品。

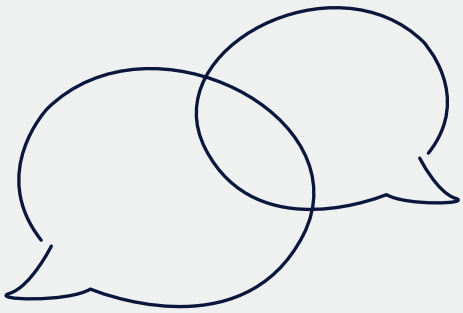
11.9 参考文献

Bouzar，F.，Cerning J.，Desmazeaud M.，《混合菌种发酵剂在酸奶生产中的外多糖生产和质构促进能力》(1997)。J Dairy Sci 80：2310-2317。

《食品法典标准CXS 243-2003》2018修订版——《发酵乳标准》。

《乳制品加工手册》(1995)。利乐AB包装加工系统，瑞典隆德。

《澳大利亚和新西兰食品标准守则》2.5.3《发酵乳制品》(2016)





12 澳大利亚乳品原料在冰淇淋中的应用

目录

12.1 冰淇淋的分类 325

12.2 冰淇淋制造中主要成分与配料的作用 325

12.3 冰淇淋制造的3个关键步骤 330

12.4 冰淇淋生产中的先进技术和设备 335

12.5 常见问题解答 336

a 冰淇淋配料 336

b 冰淇淋加工 340

c 冰淇淋冻结 340

d 冰淇淋储存及配送 342

e 品质缺陷与预防 342

12.6 术语表 345

12.7 参考文献和延伸阅读 345

12.1 冰淇淋的分类

冰淇淋是一种冷冻食品，它含有水、乳制品、甜味剂、稳定剂、乳化剂以及香料。冰淇淋也可含有色素、蛋制品、淀粉制品、糖浆、水果料或糖果。

澳大利亚对冰淇淋的法规要求

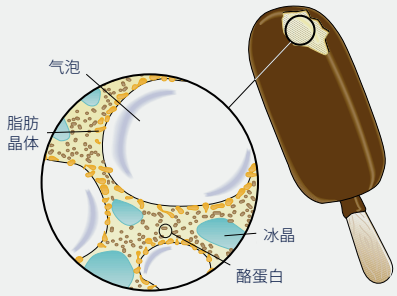
澳新食品标准局（FSANZ）制定的《澳新食品标准法典》将冰淇淋描述为“一种由稀奶油或牛乳制品，或两者与其他食品制成的甜味冷冻食品，且通常为充气状态”。其成分要求包括最低10%的乳脂含量，以及每升至少168克的食品固形物含量。该法典中关于营养成分声称的规定允许生产低脂和减脂型冰淇淋品种。

12.2 冰淇淋制造中主要成分与配料的作用

冰淇淋混合料的基本成分包括乳脂、非脂乳固体（MSNF）、糖、香料、色素、稳定剂、乳化剂、空气和水。这些配料的相互作用以及各组分的相对比例非常重要。所生产冰淇淋的质量取决于目标消费者的需求，是风味、酪体、质地和颜色之间的平衡。酪体和质地由主要成分、稳定剂和乳化剂系统决定，但也会受到搅打冷冻过程中所掺入空气量的影响。这些掺入的空气称为膨胀率，取决于混合料的配方和所使用的冷冻机类型。冰淇淋制造中的膨胀率尤为重要，因为它不仅决定了冰淇淋的质量，而且掺入的空气会使冰淇淋混合料的体积增加约100%，从而增加冰淇淋的产量和利润率。例如，1升冰淇淋混合料由于掺入空气可产出约2升冰淇淋，相当于100%的膨胀率。

冰淇淋可视为“泡沫”，其中空气以小气泡形式分散于部分冻结的油包水型乳化体系的连续相中。该相还含有溶解的固形物，如糖、盐和胶体物质，如蛋白质和稳定剂。下图（图1）显示了冰淇淋的微观结构，由气泡、冰晶、脂肪、非脂乳固体和稳定剂组成。

图1 冰淇淋的微观结构



《乳制品加工手册》

制造冰淇淋可使用多种配料，例如稀奶油、无盐奶油、无水乳脂（AMF）、炼脱脂乳、脱脂乳粉（SMP）、全脂乳粉（WMP）、酪乳粉（BMP）、干糖、葡萄糖浆和葡萄糖。

在选择配料类型和质量时主要应考虑法规要求、成本、货源以及消费者的喜爱。

下表是冰淇淋的典型配方（Marshall and Arbuckle，1996）

表1 市售冰淇淋和相关冷冻甜点的大致成分（%）

产品	乳脂肪	NMS	甜味剂[1]	稳定剂[2]和乳化剂	大致TS
非脂肪冰淇淋（硬质）[3]	<0.8	12–14	18–22	1.0	35–37
低脂冰淇淋（硬质）[3]	2–4	12–14	18–21	0.8	35–38
淡冰淇淋（硬质）[3]	5–6	11–12	18–20	0.5	35–38
低脂冰淇淋（硬质）[3]	7–9	10–11	18–19	0.4	36–39
软质冰淇淋	3–4	12–14	13–16	0.4	29–31
经济型冰淇淋	10.0	10.0–11.0	15.0	0.30	35.0–37.0
	12.0	9.0–10.0	13.0–16.0	0.20–0.40	
贸易品牌冰淇淋	12.0	11.0	15.0	0.30	37.5–39.0
	14.0	8.0–9.0	13.0–16.0	0.20–0.40	
豪华冰淇淋	16.0	7.0–8.0	13.0–16.0	0.20–0.40	40.0–41.0
（优质-特优级）	18.0–20.0	6.0–7.5	16.0–17.0	0.0–0.20	42.0–45.0
	20.0	5.0–6.0	14.0–17.0	0.25	46.0
	6.0–10.0	2.7	14.0–17.0	0.40	36.0–38.0
非乳脂冰淇淋（Mellorine）		**（蛋白质）**			
冻酸奶	3.25–6.0	8.25–13.0	15.0–17.0	0.50	30.0–33.0
	0.5–2.0	8.25–13.0	15.0–17.0	0.60	29.0–32.0
	<0.5	8.25–14.0	15.0–17.0	0.60	28.0–31.0
雪酪	1.0–3.0	1.0–3.0	26.0–35.0	0.40–0.50	28.0–36.0
冰	–		26.0–35.0	0.40–0.50	26.0–35.0

1 包括蔗糖、葡萄糖、果糖、玉米糖浆固体、麦芽糊精、聚葡萄糖和其他膨松剂，其中部分增甜效果很小或没有增甜效果。

2 包括纤维素胶和纤维素凝胶。

3 特定脂肪含量声明的术语定义见21 CFR 101.62。

乳脂

脂肪赋予冰淇淋大部分浓郁、稠滑的风味，若以其他脂肪成分替代，替代量有限，否则会改变这一特性。脂肪赋予产品酪体，并提供顺滑的质构。由于脂肪的润滑作用，脂肪含量越高，口感越顺滑。奶油脂在约34-35°C熔化，略低于人体体温，因此在舌头上会融化，增加顺滑口感。许多国家的法律要求冰淇淋必须含有至少10%的牛乳脂肪。稀奶油是首选的牛乳脂肪来源，但稀奶油供应和储存可能存在困难。冰淇淋行业通常使用无水牛乳脂(AMF)作为廉价的牛乳脂肪来源。AMF可在室温下储存，但若储存不当，易发生氧化异味。

非脂乳固体

非脂乳固体（MSNF）由乳蛋白、乳糖和矿物质组成，这些成分为冰淇淋赋予宜人的牛乳风味，并且对酪体和质构特性更为重要。乳蛋白包括酪蛋白，酪蛋白具有重要的搅打特性。乳糖是一种二糖，甜度较低，约为蔗糖甜度的六分之一。随着脂肪含量的增加，MSNF会减少，以保持总固形物的适当平衡。蛋白质能够结合水分，对脂肪具有乳化作用，并赋予酪体黏稠度和咀嚼感。MSNF还含有乳盐和乳糖。MSNF通常占混合物的7-12%。若使用量过多，乳固体可能导致炼乳味或乳蛋白味。过量的乳糖会因乳糖晶体较大而导致冰淇淋产生砂感。

使用MSNF往往会降低脂肪及其他细腻风味的表观浓郁度。因此，必须在香料比例、MSNF含量、糖分及脂肪含量之间找到平衡，这凸显了配方设计的重要性。

MSNF的来源包括脱脂乳液浓缩物、脱脂乳液，以及SMP（脱脂乳粉）、BMP（酪乳粉）、乳清粉或WPC（乳清蛋白浓缩物）等干粉。冰淇淋制造中MSNF的首选来源是新鲜脱脂乳液浓缩物（总固形物含量25-35%），因其可提供所需MSNF，且不会产生干粉中可能存在的异味（煮熟味或陈味）。脱脂乳液、脱脂乳浓缩物及脱脂乳粉是成本较高的MSNF来源，因此一些批量冰淇淋制造商会以麦芽糊精替代，或使用乳清粉、酪乳粉等较廉价的MSNF来源以降低原料成本。

乳清产品

常用的乳清产品包括脱盐乳清粉（D-40）、WPC（乳清蛋白浓缩物，蛋白质含量35-80%）和WPI（乳清蛋白分离物，蛋白质含量>90%）。在最佳使用水平下，乳清产品可改善风味、酪体和质构，并提供更好的耐热震性。由于乳清产品价格低廉，通常被用作部分替代MSNF和稳定剂，使制造商能够节省原料成本。若使用过量乳糖含量高的乳清产品，会导致乳糖结晶，产生砂感等缺陷，以及干酪味、咸味等异味。

冰淇淋中常用的乳清制品包括：

- 脱盐乳清制品（D40，D70）
- 乳清蛋白浓缩物（WPC 35% 蛋白质：WPC35）
- 乳清蛋白浓缩物（WPC 50% 蛋白质：WPC50）
- 乳清蛋白浓缩物（WPC 80% 蛋白质：WPC80）
- 乳清蛋白分离物（90%蛋白质：WPI）

糖

糖在任何冰淇淋中都起着关键作用，具有以下功能：

- 提供甜味
- 赋予酪体和质构
- 降低产品的冰点，使产品在低温下柔软顺滑。

14-16%的糖含量是最佳且消费者偏好的水平。更高的糖含量可能会对成品的酪体产生不利影响。冰淇淋制造商偏好使用糖浆，因为储存和操作更为方便。干糖也适用于冰淇淋生产。

为了改善成品冰淇淋的操作性能并降低成本，有时会使用蔗糖以外的糖类。这些糖通常包括葡萄糖浆和右旋糖。按适当比例使用葡萄糖浆可生产可直接从冷冻柜取用的冰淇淋。

具体来说：

- 葡萄糖浆甜度低于蔗糖，可替代部分蔗糖，以改善产品的硬度和口感，并延长保质期；
- 通过酶促作用将葡萄糖转化为果糖，将乳糖转化为葡萄糖和半乳糖，可提高这些糖的甜度值，并为有意降低成本的冰淇淋制造商开辟新途径。

乳糖（乳糖）不会被故意添加到冰淇淋中，但作为牛乳、乳浓缩物、SMP（脱脂乳粉）、WMP（全脂乳粉）及乳清粉等乳制配料的一部分加入冰淇淋混合物。有些人乳糖不耐，即他们体内没有产生足够的乳糖酶来消化乳糖。未消化的乳糖会滞留在肠道中，导致胀气、腹胀、腹痛和腹泻。通过添加乳糖酶，可将乳糖水解为半乳糖和葡萄糖，从而解决这一问题。

乳化剂

乳化剂在冰淇淋中的作用包括：

- 提高冰淇淋的搅打性能
- 使冰淇淋具有更顺滑的质构和稠度
- 提高抗收缩能力
- 延长“挺立”时间或减缓冰淇淋的融化
- 增加表面干燥度，减少产品滴落。

乳化剂含有亲脂部分，可与脂肪结合，以及亲水部分，可与水相结合。乳化剂作用于空气和水的界面，有助于形成小气泡。脂肪含量、均质程度以及MSNF:水比例等因素会影响所需乳化剂的浓度。冰淇淋中使用的乳化剂包括甘油酯、山梨醇酯、其他酯类以及脂肪酸单二甘油酯。酯类通常按冰淇淋混合物质量的0.3-0.5%添加。

稳定剂

稳定剂的作用是吸收游离水分并防止形成过大的冰晶。这使冷冻产品在搬运过程中对热震或损害更具抵抗力。稳定剂的其他功能包括：

- 改善冰淇淋混合物的充气性
- 改善冰淇淋的酪体和质构
- 改善冰淇淋的融化性能
- 提高冰淇淋储存期间的操作性能。

常用的稳定剂有两类，即明胶型稳定剂，以及植物来源的稳定剂，如瓜尔豆胶、刺槐豆胶、角叉菜胶、黄原胶、海藻酸钠和羧甲基纤维素钠。

稳定剂的作用机理归因于其结合水分（作为水合水或在凝胶结构中）以及在冻结浓缩下形成玻璃结构的能力。

稳定剂按冰淇淋混合物质量的0.2-0.4%添加。

水和空气

水是冰淇淋的重要成分，尽管常被忽视，因为它通常存在于其他配料中。如果直接向混合物中添加水，必须保证其清洁、无异味，且具有良好的微生物质量。

水是冰淇淋的连续相，所有其他成分均分散或溶解于其中。水以液态、固态（冰）或两者混合态存在。空气分散于由液态水、冰晶和固化脂肪球组成的水-脂肪乳化体中。水与空气的界面由一层薄薄的冻结物质膜稳定，脂肪的界面被一层脂肪乳化剂包覆。

水的含量应与冰淇淋混合物的总固形物保持平衡。如果水的比例过高，就会形成较大的冰晶。

空气是冰淇淋的另一种重要成分，用于增加最终冷冻产品的体积，这种增加称为膨胀率。加入空气的数量会影响最终质量和成本，但必须符合法律要求。

色素和香料

冰淇淋的颜色应与其风味相匹配，且色泽应足够鲜明以便于识别。成年人偏好较浅的颜色，而儿童则偏好鲜艳的颜色。《食品标准法典》中列出了允许使用的天然和人工色素。

香料可为天然、天然同等物或人工香料，且易于加入冰淇淋混合物中。香料添加量应足够，使风味易于识别且口感宜人。若香料添加过量，会产生不愉快的“化学”味。当加入水果时，通常需要额外添加香料以增强整体风味。

冷冻产品中可加入多种香料、水果、坚果、糖果和糕点。最受欢迎的风味为香草、巧克力及水果风味。流行的水果风味包括草莓、覆盆子、黑莓、波森莓、混合浆果、芒果、百香果和混合热带水果。

膨松剂

随着消费者健康意识增强，低热量及减糖食品需求日益增长。在此类产品中，需以人工甜味剂部分替代甜味成分，并以膨松剂部分替代脂肪。

聚葡萄糖是一种膨松剂，为右旋糖的水溶性聚合物。人体仅部分代谢该产品，因此其能量值仅为每克4千焦（1千卡），约为碳水化合物能量的四分之一。

麦芽糊精（D-葡萄糖）可用于替代牛乳脂肪，因为其能提供固形物或膨松效果，并赋予合适的口感。

山梨醇是一种糖醇，其能量值与蔗糖相同，但不会引起血糖水平升高。

表2

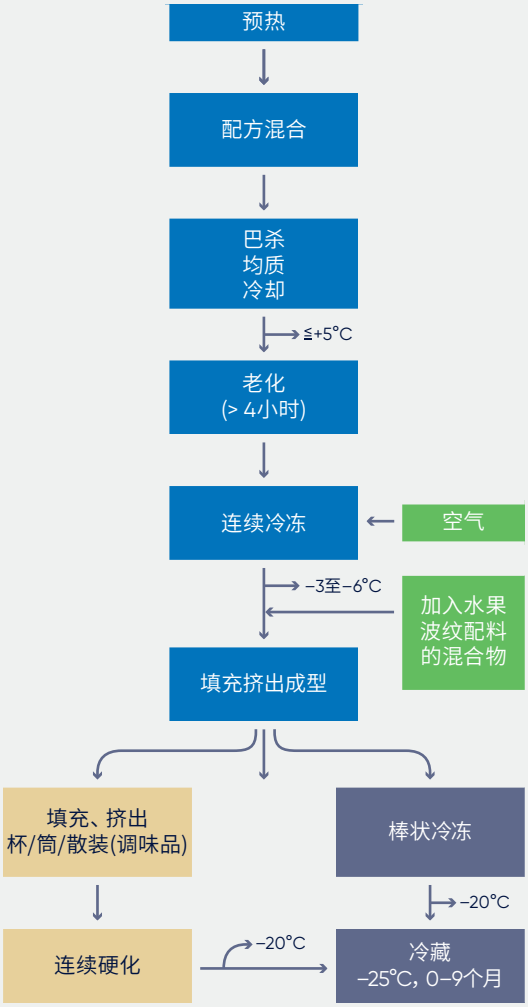
	低脂/低卡冰淇淋配方1	低脂/低卡冰淇淋配方2
乳脂	4%	4%
非脂乳固体	12%	12%
阿斯巴甜	0.1%	0.1%
葡聚糖	12%	6%
麦芽糊精	0%	6%
稳定剂/乳化剂	1%	1%
全固形物	29.1%	29.1%



12.3 冰淇淋制造的3个关键步骤

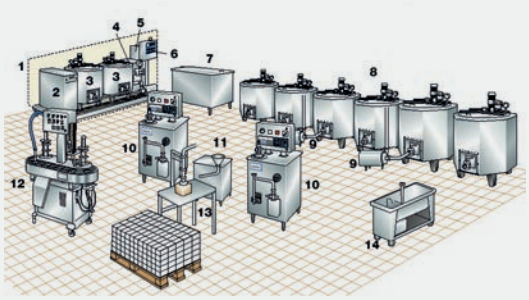
冰淇淋混合物的制备是一个多步骤过程，包括将多种液体和固体配料混合分散成均质流体产品，并对其进行巴氏杀菌、均质和冷却（见下方图2和3）。

图2 冰淇淋生产工艺流程



《乳制品加工手册》

图3 冰淇淋生产车间



《乳制品加工手册》

1 冰淇淋配料	8 熟化缸
2 热水器	9 出料泵
3 混合配料罐	10 连续冻结机
4 均质机	11 螺旋泵
5 板式换热器	12 转管灌装机
6 控制盘	13 手动灌装机
7 冰水装置	14 CIP原地清洗装置

混合与搅拌

配料的混合在强烈搅拌和加热条件下进行。高速搅拌器（如胶体磨和三效搅拌机）可产生粗乳化液（见图4）。这对于为均质机提供均匀的进料非常重要。固体配料总是加入到加热过的液体中。

根据操作规模和设备先进程度，混合可以是手动或自动的，亦可为批次或连续式。

首先将稀奶油、牛乳、水和液态糖等液体配料加入混合罐中。这些液体会被搅拌并加热至45°C-50°C后再加入干配料。

干配料如砂糖、乳粉、稳定剂、乳化剂和可可粉应先行混合，以避免结块并确保均匀分散。通常在加入混合物之前，会将稳定剂和乳化剂与干糖预混。稳定剂的添加时间和方法取决于所使用的稳定剂类型。大多数稳定剂会添加到相对较冷的混合物中，然后加热，以确保稳定剂完全分散并水化。若在温度过高时添加胶体，会导致部分水化的胶体块（称为鱼眼），这些块极难打散和分散。当混合物采用批次巴氏杀菌时，稳定剂分散通常不成问题。但若使用HTST巴氏杀菌器处理混合物，因混合物在板式换热器中停留时间有限，可能导致分散和水化困难。短暂的高温保持时间可能不足以使稳定剂充分分散和水化，因此可能需要在混合物中添加更多稳定剂。

搅拌完成后，将混合物通过布或不锈钢网过滤，以去除较大的未溶解固体物质。

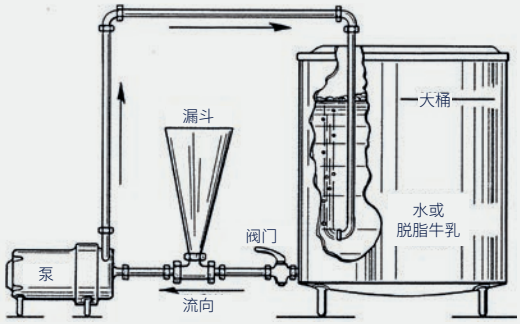
热处理

对冰淇淋混合物进行巴氏杀菌的目的是消灭所有致病微生物、提高保存性、溶解配料并改善风味。巴氏杀菌还会增加蛋白质，特别是乳清蛋白的持水能力。

由于较高的脂肪、糖和固形物含量对微生物具有保护作用，混合物巴氏杀菌所需的时间温度组合远高于牛乳。批次巴氏杀菌的典型时间温度组合为65-68°C，30分钟；HTST为79.5°C，25秒（见图5）。

若连续HTST巴氏杀菌后接真空脱臭及冷却步骤，混合物必须加热至至少90°C。在所有情况下，巴氏杀菌后均需通过再生冷却降温至5°C以下。冰淇淋混合物亦可进行超高温（UHT）处理，在150°C下处理0.2-6秒，有时用于软冰淇淋混合物。

图4 混合和搅拌系统



水粉混合机（Marshall，1996）

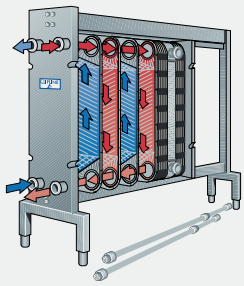




胶体磨
三叶搅拌机

图5 热处理体系





DR Tech's间歇式杀菌机 高温短时巴杀机

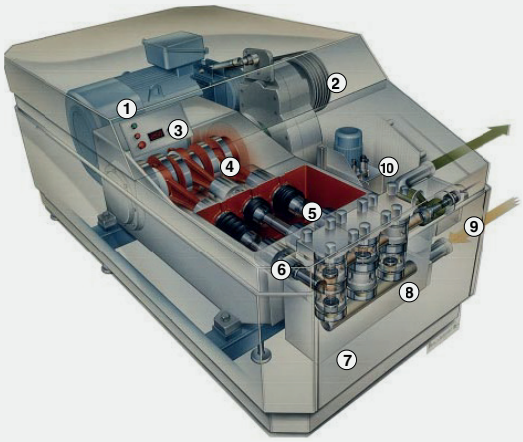
《乳制品加工手册》

均质

均质机将脂肪球的直径降低至小于2微米（见图6）。对于牛乳脂肪或植物脂肪，这是必不可少的步骤。新的脂肪球会形成，并由乳蛋白和乳化剂构成新的膜结构。通常使用两级均质机以防止新脂肪球发生团聚。均质可确保脂肪球在冻结过程中不发生不稳定。未经均质的混合物无法形成脂肪球的三维网络，因此其融化特性较差。均质后的脂肪可实现分布与附聚，形成支撑冰淇淋微观结构的三维结构。这将使冰淇淋更加顺滑，提升浓郁感和口感，并增强耐融性。

为确保均质效果，温度必须足够高以使所有脂肪呈液态。均质通常在63°-74°C下进行，第一阶段压力为10.3-20.7MPa（1500-3000psi），第二阶段为3.4MPa（500psi）。

图6 均质机



《乳制品加工手册》

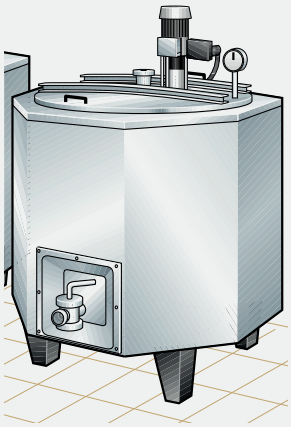
熟化

均质后，混合物在板式换热器中冷却，并在2-4°C下保持1-4小时。若使用明胶作为稳定剂或采用批次冷冻，熟化时间可长达24小时。见图7。

冰淇淋混合物在熟化过程中发生的变化包括：

- 混合物冷却时脂肪结晶；
- 蛋白质和稳定剂的水化，增加混合物黏度。

图7 熟化缸



《乳制品加工手册》

冻结

在冻结过程中，液态混合物被转化为部分冻结的半塑性物质。与此同时，空气被打入，形成顺滑且固态的泡沫。打入空气的数量决定了最终产品的质量和体积。混合物中打入的空气体积称为膨胀率。

冰淇淋冷冻机有两种类型：

- 批次型，将定量混合物冷冻至特定体积的冰淇淋。冷冻完成后取出冰淇淋，再进行下一批次；
- 连续型，持续输入冰淇淋混合物，并持续输出部分冻结的冰淇淋（见图8）。

两种类型的冷冻机都具有冷冻缸，采用制冷剂直接膨胀进行间接冷却。当制冷剂从混合物中带走热量时，冰会在缸壁上形成。一根带有锐利金属刮刀的搅拌器在缸内旋转，刮下缸壁上的冻结冰淇淋薄膜。许多小冰晶迅速形成，被刮下并与未冻结液体混合。同时，搅拌器的运动部分将部分冻结物搅打，使空气分散为微小气泡，产生所需膨胀率。

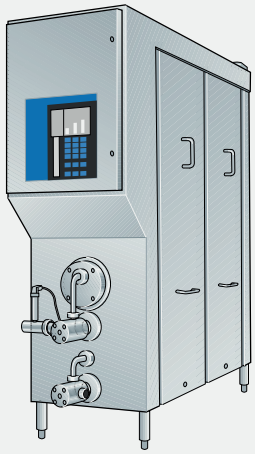
由于容量有限且需要较高人力，批次型冷冻机在大规模商业生产中不常用。冰淇淋不能冷冻至低于-5至-6°C，因为必须保持足够流动性才能从冷冻机中排出。

连续式冰淇淋冷冻机的产能为每小时100-10,000升。这类机器专用于商业冰淇淋工厂。若需要更大产能，则安装多台设备，并将多台机器的冰淇淋出料连接在一起，以连续供应给全自动或半自动包装或灌装机。

连续式冷冻机可用于所有口味的冰淇淋、冰乳、冰糕、雪泥、冰品或其他冷冻甜品。当香料为颗粒状物质，如坚果、整果或糖果颗粒时，混合物先通过连续冷冻机，然后冰淇淋通过果料添加机，该机会自动将香料颗粒加入并混合到冰淇淋中。

冰淇淋通常以-5至-6°C从连续式冷冻机排出，但可根据包装需求调整排出温度。排出温度越低，冰淇淋越硬，质构越顺滑。然而，降低排出温度会减少冷冻机产能，因为产品必须在冷冻机内停留更久以降低温度。

图8 连续冻结机

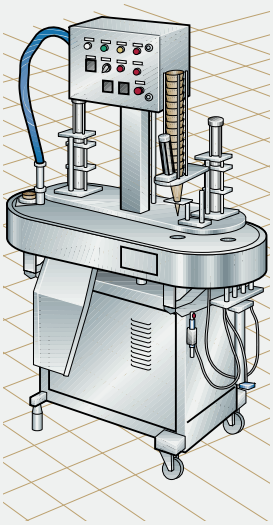


《乳制品加工手册》

包装

从冷冻机出来的冰淇淋为半固态物质，约有50%的水分已冻结，可被包装到桶、杯、蛋筒或模具中。这可以由操作人员手动完成，也可由机器自动完成（见图9）。在自动包装的情况下，机器会分配包装桶和冰淇淋，盖上盖子，并机械密封容器。装满的桶随后与其他桶一起堆放，再放入外包装箱，或用塑料薄膜收缩包装以便于后续搬运。此步骤后，产品将被送入硬化间，有时通过硬化隧道或速冻库进行。

图9 杯装与蛋筒包装机



《乳制品加工手册》

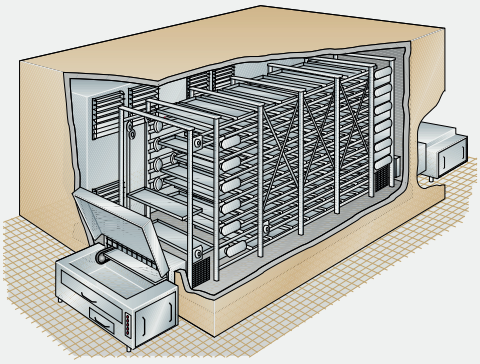
果料添加机与花纹装置

果料添加机是一种将固体食品（如水果和坚果）加入挤出冰淇淋中的设备。半冻结的冰淇淋通过管道输送到果料添加机，螺旋输送装置等机械设备将定量的果料加入冰淇淋流中。花纹装置是起涟漪或旋涡作用的设备，用于将糖浆和其他液体加入挤出冰淇淋中。

硬化

冰淇淋离开冷冻机时处于半固态，必须进一步冷冻至足够坚固以便储存和运输。在冻结过程中，当冰淇淋以约-6°C从冷冻机出来时，约有50%的水分被冻结。为使硬化后的冰淇淋具有顺滑质构，需迅速将剩余约80%的水分冻结，使形成的冰晶细小。因此，大多数硬化间温度维持在-29°C至-35°C。

图10 冰淇淋硬化隧道



《乳制品加工手册》

一些大型工厂使用硬化隧道，将冰淇淋输送到低温储藏室（见图10）。由于需要硬化不同尺寸的包装，大多数隧道为鼓风型，运行温度为-35°至-40°C。一至两升包装的冰淇淋通常可在此类鼓风隧道中于约一小时内完成硬化。

部分工厂使用接触板式硬化机。数块垂直冷冻板并排排列，间距与冰淇淋包装厚度相当。冷冻板分开后，包装被放入板间。通过接触迅速带走包装中的热量，从而生产出质构顺滑的冰淇淋。

硬化后，冰淇淋必须在低温下恒温保存以维持其顺滑质构。任何温度升高都可能导致产品部分融化，重新冻结时，冰晶会变大，产生缺陷，特别是在口感方面。



12.4 冰淇淋生产中的先进技术和设备

苏黎世联邦理工学院食品工程学教授Erich Windhab开发了一种新工艺，该工艺在较低温度下通过挤出机搅打并泵送冰淇淋，所形成的冰晶和气泡比传统工艺更小。在常规冻结（至-7°C）和搅打后，冰淇淋通过低温双螺杆挤出机，以约-15°C排出。此后即可进行模具成型和包装，无需传统硬化步骤。成品具有更小的冰晶和气泡，融化时形态保持性更好，且“稠滑感”与高脂肪含量冰淇淋相似。

“高压均质技术现已被应用于冰淇淋行业，”位于宾夕法尼亚州韦恩市Tharp's Food Technology公司所有者、博士Bruce Tharp表示，“在四到五倍正常压力（即12000 PSI，而非通常的2500 PSI）下进行均质，可减少脂肪球的尺寸，并增加脂肪球数量，从而在低脂产品中实现更好的牛乳脂肪分布。” Klahorst, S (1997)。

“冰淇淋充气工艺的一项创新是增加了‘预充气’步骤，即在冻结之前先将气泡打入混合物，而不是传统的充气和冻结同时进行。通过将工序分开为顺序操作，可形成更小、更稳定的气泡结构。” Klahorst, S (1997)。

12.5 常见问题解答

A 冰淇淋配料

1. 化学成分如何影响冰淇淋的品质?

表1

化学成分	标准冰淇淋	高端冰淇淋	超高端冰淇淋
牛乳脂肪	10–11%	12–14%	15–20%
脱脂乳固形物(MSNF)	10–11%	7–8%	6–8%
甜味剂	14–17%	13–17%	16–17%
稳定剂/乳化剂	0.3%	0.3%	0.2%
总固形物	35–37%	40–41%	42–44%

牛乳脂肪赋予冰淇淋浓郁的奶香味和顺滑的质构。牛乳脂肪在口中融化时具有润滑作用,使冰淇淋产生顺滑的口感。较低的脂肪含量会导致缺乏奶香味以及酪体和质构薄弱等缺陷。在低脂产品中,会使用膨松剂和额外的稳定剂来克服这些缺陷。较高的牛乳脂肪含量会产生油腻口感。在高脂肪产品中,会添加额外甜味剂以平衡较高的脂肪含量。

脱脂乳固体(MSNF)为冰淇淋提供“牛乳”风味,并赋予最终产品理想的酪体和质构。MSNF含量过低会导致质构薄弱和水感重;MSNF含量过高会产生炼乳味和酪体湿重的缺陷,也会导致产生大乳糖晶体,使冰淇淋出现令人不愉快的粗糙和砂感质地。

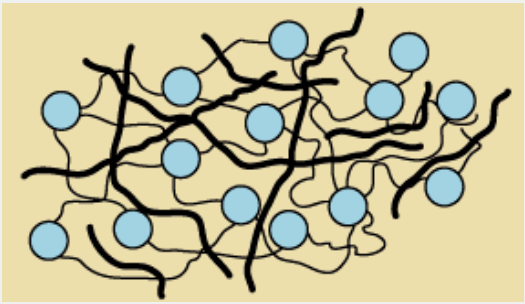
甜味剂(如蔗糖、葡萄糖浆、右旋糖和乳糖)的作用包括:

- 提供甜味,帮助平衡脂肪
- 通过增加总固形物改善酪体和质构
- 作为风味增强剂
- 控制冰点降低,提高冰淇淋易舀性。

甜味剂含量过低会导致产品不平衡——过于油腻、风味不均衡,且质构薄弱水感重。甜味剂含量过高会导致冰点过度降低,冰淇淋变得柔软粘稠。葡萄糖浆含量过高会产生金属味等异味。

稳定剂(如水解胶体)可结合游离水,防止冰晶生长,使冰淇淋更顺滑。稳定剂的结合水作用会影响混合物黏度、质构、酪体、口感、抗融化性、耐热震性以及风味释放。稳定剂通常按0.2-0.5%添加(具体比例取决于产品类型和设备)。稳定剂过少会导致成品耐热震性差,形成粗糙多冰的产品;稳定剂过多会使成品黏度过高,产生过于有嚼感和胶感的口感。

图1 水胶体结合游离水



乳化剂的作用是:

- 提高搅打性能
- 提供更顺滑的质构和稠度
- 提高抗收缩性
- 减缓冰淇淋的融化
- 增加表面干燥度,从而减少产品滴落。

乳化剂的添加量为0.1-0.2%。乳化剂含量过低会导致气泡较大，产品呈蓬松或松散状，融化速度快；乳化剂含量过高会导致融化速度过慢，过于干燥，口感缺乏清爽感。

2. 使用WPC于冰淇淋的优势是什么？

乳清蛋白浓缩物（WPC）有助于改善冰淇淋的风味、酪体、质构，并提高耐热震性。由于WPC相对于乳蛋白和稳定剂价格较低，制造商亦可降低原料成本。

根据Steven Young博士（1999年）的研究，WPC的其他优势包括：

- 增强乳化和搅打性能，改善脂肪分布和充气，形成结构良好的冰淇淋；
- 增加黏度和结合水，减少游离水和冰晶尺寸，使冰淇淋更顺滑；
- 可作为膨松剂使用，例如替代牛乳脂肪；
- WPC使用过多会导致乳糖晶体变大，产生砂感及异味。

3. 使用乳粉生产冰淇淋需考虑哪些因素。

乳粉是相对廉价的乳固体来源，可为冰淇淋提供牛乳风味和理想的酪体及质构。

全脂乳粉、脱脂乳粉（SMP）、酪乳粉及乳清粉均可用于冰淇淋生产。使用全脂乳粉需注意，其脂肪含量高，容易发生氧化，导致冰淇淋产生陈旧平淡的风味。



脱脂乳粉根据加热程度可分为低热、中热和高热。高热SMP的潜在优势在于其变性乳清蛋白比例较高，能吸收更多水分，改善酪体和质构。高热SMP的潜在劣势是可能产生煮熟味。使用全脂乳粉需谨慎，因其脂肪在储存期间易氧化，导致陈旧平淡的风味。

含有卵磷脂的酪乳粉可改善混合物的搅打性，并赋予丰富的奶油味和奶香味。但若脂肪发生氧化，同样会产生陈味。

乳清粉常用于冰淇淋生产，作为廉价的乳固体来源，其中的变性乳清蛋白可改善冰淇淋的酪体和质构。乳清粉的潜在劣势在于其乳糖含量高，冰淇淋中过量乳糖会形成较大乳糖晶体，使质构产生不愉快的粗糙砂感。

表2

典型成分组成	水分 %	脂肪 %	蛋白质 %	乳糖 %
脱脂乳	91	0	3.6	5.1
脱脂乳粉 (SMP)	4	0	37	52
炼乳	27-28	0	10-11	15
乳清粉	4	0	13	73
WPC 35	4	2-3	30-35	53-56

在使用乳粉和其他干配料时，需要注意防止在混合和搅拌过程中形成结块。可通过将乳粉等干配料与干糖预混、筛分干配料，以及将干配料缓慢加入30°C–50°C的温热液体配料中来避免结块。使用三效搅拌机等高剪切混合设备及粉料漏斗也可最大程度减少结块现象。

4. 稳定剂在冰淇淋中的作用是什么？

冰淇淋常见的缺陷是存在大冰晶，导致产品粗糙多冰。这些大冰晶是由于“热震”造成的，即冰淇淋在生产、储存和运输过程中经历温度波动。例如，在储存期间若因停电导致冰淇淋融化后再次冻结，冰晶就会变大。在冰淇淋混合物中添加稳定剂有助于最大程度减少热震的影响。

稳定剂（水解胶体）可结合游离水，防止冰晶生长，从而产生顺滑的冰淇淋。稳定剂的结合水作用会影响冰淇淋的黏度、质构、酪体、口感、抗融化性、耐热震性及风味释放（见下表）。常用的冰淇淋稳定剂包括海藻酸钠、刺槐豆胶（LGB）、羧甲基纤维素（CMC）、角叉菜胶、瓜尔豆胶和黄原胶。这些稳定剂通过凝胶作用、增加黏度、氢键结合及分子间交联来结合水分。瓜尔豆胶因能以低成本产生良好质构而受到冰淇淋制造商欢迎。刺槐豆胶是一种高效稳定剂，但价格昂贵。稳定剂通常组合使用，如刺槐豆胶与角叉菜胶配合使用。角叉菜胶常用作辅助稳定剂，以减少其他胶体稳定剂可能引起的混合物渗水现象。

表3 常用冰淇淋稳定剂的特性

性质	海藻酸盐 E401	刺槐豆胶 LBG E410	羧甲基纤维素 CMC E466	角叉菜胶 E407	瓜尔豆胶 E412	黄原胶 E415
混合物黏度	中等	中等	高	低	高	中等
质构与酪体	短脆	中等顺滑	长顺滑	短脆	有嚼感顺滑	有嚼感顺滑
口感	冷感	温感	稠滑温感	冷感	中等	中等
抗融化性	好	非常好	一般	一般	好	一般
耐热震性	一般	非常好	好	一般	差	好
风味释放	好	非常好	一般	好	差	好
协同作用	无	有	无	有	有	有

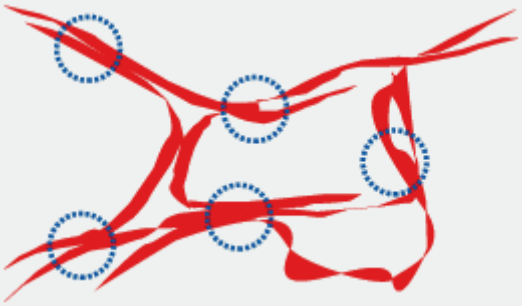
（来源：Danisco）

水解胶体可增稠、稳定或使水相体系形成凝胶。

图2 增稠作用（很少的相互作用）



图3 凝胶化作用（有许多交联区）



5. 碳水化合物如何影响冰淇淋的口感和质构？

冰淇淋通常含有以下碳水化合物：乳糖、蔗糖和葡萄糖浆。

乳糖存在于牛乳、乳浓缩物和乳粉等乳制配料中。冰淇淋中过量乳糖会形成较大的乳糖晶体，导致产生不愉快的粗糙砂感。在选择冰淇淋混合物配料时需注意，确保配方中乳糖含量不过高。

蔗糖主要用于赋予甜净的风味，并通过降低冰淇淋的冰点来改善质构。

葡萄糖浆可作为膨松剂，使冰淇淋具有紧实有嚼感的酪体，并通过降低冰点改善质构。葡萄糖浆对冰淇淋酪体和质构的影响取决于其右旋糖当量（DE）含量。高DE值的葡萄糖浆会导致冰点过度降低，产生柔软粘稠的冰淇淋。低DE值的葡萄糖浆可能产生金属味等异味，若该类糖占总甜味剂的比例低于30%可避免此问题。低DE值葡萄糖浆的一个优点是可作为膨松剂使用，增加总固形物含量而不会导致过度甜味。

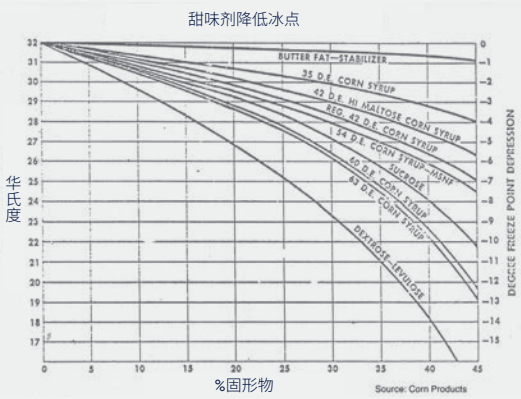
表4

糖类	相对甜度	冰点降低
*蔗糖	1.00	1.0
葡萄糖	0.75	1.9
果糖	1.73	1.9
转换糖	1.27	1.9
HFCS（含42%果糖）	1.00	1.8
葡萄糖浆（68DE）	0.72	1.28
葡萄糖浆（62DE）	0.68	1.15
葡萄糖浆（52DE）	0.58	0.99
葡萄糖浆（42DE）	0.48	0.8
葡萄糖浆（32DE）	0.4	0.61
葡萄糖浆（25DE）	0.28	0.48
葡萄糖浆（20DE）	0.23	0.38
麦芽糖	0.32	1.0
乳糖	0.16	1.0

*蔗糖为参照，甜度为1。

糖的添加会降低冰淇淋混合物的冰点。若冰点降低不足，冻结过程中过多水分会转化为冰，导致冰淇淋过硬，难以舀取。另一方面，若冰点降低过多，冻结过程中转化为冰的水分较少，导致冰淇淋过于柔软且粘稠。因此，糖的种类与含量在冰淇淋的软硬度上起着关键作用。

图4 甜味剂降低冰点



B 冰淇淋加工

1. 熟化的机理是什么，如何正确控制？

熟化是指将巴氏杀菌后的冰淇淋混合物迅速冷却，并在2-4℃下保持1-4小时；若使用明胶作为稳定剂，熟化时间可长达24小时。熟化过程可提高冰淇淋混合物的搅打性，从而改善酪体和质构。

在熟化过程中，会发生以下变化：

- 脂肪结晶：牛乳脂肪的熔点为34-35°C，在2-4℃时，大部分牛乳脂肪会结晶。这是一个缓慢过程，脂肪晶体需要足够时间形成和稳定。此外，晶体形成时会释放潜热，使混合物温度升高，因此需要额外冷却以保持温度在2-4℃。
- 乳蛋白和稳定剂的水化：如前所述，乳蛋白和稳定剂均能结合水分。这也是一个缓慢过程，需有足够时间使乳化体系稳定，之后才能进行搅打和冻结。在熟化过程中，随着蛋白质和稳定剂结合水分，混合物黏度增加。

熟化有助于确保冰淇淋在气泡和脂肪球尺寸方面形成正确结构。

若冰淇淋混合物未正确熟化，冻结过程中产品易出现酪体和质构缺陷。未结晶的脂肪在搅打时无法正确聚结，导致结构薄弱。混合物黏度对于空气的打入非常重要。



熟化缸

C 冰淇淋冻结

1. 如何测量冰淇淋的膨胀率？

膨胀率衡量由于空气打入导致冰淇淋混合物体积或重量的增加，并以百分比表示。计算公式如下：

$$\text{膨胀率}(\%) = \frac{\text{1升混合物重量} - \text{1升冰淇淋重量}}{\text{1升冰淇淋重量}} \times 100$$

此公式使用每升重量，但使用其他已知体积的重量也同样正确，只要在计算中使用相同的度量单位。也可基于体积计算膨胀率。

$$\text{膨胀率}(\%) = \frac{\text{冰淇淋体积} - \text{混合物体积}}{\text{混合物体积}} \times 100$$

例如：

在不添加水果的标准冰淇淋中，1升冰淇淋混合物的重量为1.1千克。从冷冻机挤出的1升冰淇淋重量为0.5千克。（使用重量膨胀率公式）

$$\text{膨胀率}(\%) = \frac{1.1\text{千克} - 0.5\text{千克}}{0.5\text{千克}} \times 100$$

$$= \frac{0.6\text{千克}}{0.5\text{千克}} \times 100$$

$$\text{膨胀率}(\%) = 120\%$$

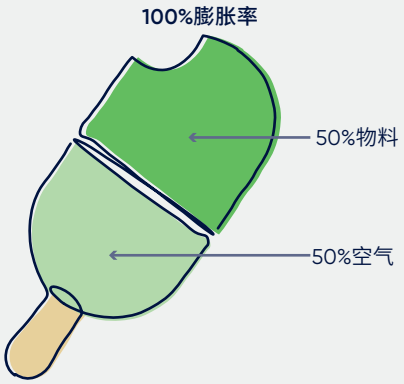
现有表格可用于通过简单称量一定量产品来计算膨胀率。对于每种混合物，确定其密度并使用适用的表格非常重要。同样需考虑水果添加对膨胀率的影响，因为水果增加重量但不会增加空气，因此产品的表观膨胀率会低于实际值。

混合物可打入的空气量受多种因素限制。膨胀率过高会导致冰淇淋过于蓬松，酪体薄弱；若空气量不足，冰淇淋会呈现潮湿沉重的酪体。可获得的最大膨胀率受限于机器容量、混合物配料及生产工艺步骤。

所用空气应为优质空气，并可能需要过滤。供气压力应均匀，以便空气均匀打入混合物中。尽管研究人员曾探讨使用氮气和二氧化碳等其他气体，但空气仍是最常用的气体。

2. 什么因素影响冰淇淋的膨胀率，以及如何正确控制？

膨胀率是指冻结过程中打入冰淇淋混合物中的空气量。标准冰淇淋的膨胀率为100%（或更高），即成品中含有50%混合物和50%空气。高端冰淇淋的膨胀率较低，为30%至60%，以赋予更厚重的酪体和更浓郁的风味。



在冻结过程中，空气被打入冰淇淋混合物。最初气泡较大，但随着冻结过程的进行，气泡尺寸会减小。在批次冷冻机中，空气通过搅拌器或刮刀的折叠搅打作用被打入。每台批次冷冻机的设计膨胀率为30-60%，难以调整膨胀率。

连续冷冻机可轻松调节，膨胀率可达20-100%或更高。在连续冷冻机中，空气以压力注入为小气泡，通过调节注入空气量、混合物泵速和背压来控制膨胀率。膨胀率控制会根据冷冻机设计有所不同。在利乐Hoyer KF N型号中，空气的打入通过调节空气进口压力（由出口泵维持恒定气缸压力）手动控制。在其他冷冻机中，膨胀率控制则完全通过PLC自动化完成。制造商需与设备设计方协商，以确定最佳膨胀率控制方案。



利乐Hoyer KF N型号

D 冰淇淋储存与配送

1. 么是热震?

热震是指由于冰淇淋温度升高和降低,导致冰晶融化和再冻结,从而破坏冰淇淋微观结构的现象。当温度升高时,小冰晶融化形成水;当温度再次降低时,这些水重新冻结,但此时形成的是较大的冰晶。如果这种温度波动重复发生,小冰晶数量减少,大冰晶数量增加,导致质构粗糙、多冰。热震的另一个后果是膨胀率损失,即冰淇淋收缩。

添加稳定剂有助于通过控制游离水的运动来最大程度减少热震的影响。

2. 为什么冰淇淋在储存期间会产生异味,如何防止?

氧化异味:若包装不能防止紫外线照射,冰淇淋在储存期间会产生氧化味。冰淇淋在配送仓库和零售柜中持续暴露于紫外线下,牛乳脂肪氧化会产生令人不愉快的纸板味、腥味或金属味。可通过使用不透光包装,在包装膜中添加抗氧化剂和紫外线阻隔剂,以及减少冰淇淋对紫外线及铜、铁等催化剂的暴露,来最大程度减少氧化异味。

吸附异味:冰淇淋易吸附环境中的挥发性异味。储存不当的冰淇淋会吸收周围环境中的异味,如油漆、清洁剂、洋葱及其他挥发性气味。冰淇淋应避免与此类产品同库储存。

3. 冰淇淋的保质期是多少?

在理想储存条件下,冰淇淋的保质期为1-2年。冰淇淋需储存在<-18°C。若温度波动过大,以及反复冻融,会因冰晶变大及可能出现体积收缩,降低保质期并影响品质。

E 品质缺陷与预防

1. 冰淇淋产品的典型缺陷有哪些?

质构

质构上有四大主要缺陷:

- **粗糙或多冰**
  由于冰淇淋中冰晶较大而产生。常见原因包括混合物水分含量高、冻结速度慢、冻结不足以及热震。
- **雪状或片状**
  此缺陷是由于冰淇淋中空气过多,导致产品轻盈。可能原因包括总固形物低、冰淇淋在未达到所需温度前从冷冻机取出,以及膨胀率过高。
- **砂感**
  由乳糖硬晶体引起,这通常是混合物中MSNF,尤其是乳糖含量过高导致。热震、稳定剂使用不当及使用过多乳清粉也会导致此缺陷。
- **奶油粒感**
  表现为出现硬脂肪颗粒。原因包括混合物均质效果差、缺乏乳化剂以及冻结过程中搅拌时间过长。膨胀率过低且脂肪含量高(约15%)亦可能导致此缺陷。



膏体

在冰淇淋中，体指的是整体外观、口感和嚼劲。

- **沉重湿软**

  指冰淇淋沉重、潮湿，且感觉比平常更冷。原因是膨胀率低，空气不足。

- **轻盈蓬松**

  指酪体呈雪状或片状，由膨胀率过高、空气过多引起。

- **胶感**

  使产品在口中不易融化。原因是混合物中稳定剂添加过多。

- **松散**

  指冰淇淋易碎成块，不能保持整体。可能原因包括稳定剂、糖或总固形物含量低，或膨胀率过高。

- **弱水感**

  导致冰淇淋快速融化。主要原因包括混合物总固形物不足，以及冷冻不足。

- **融化**

  冰淇淋融化后应形成类似其原混合物的稠滑均匀液体。若空气打入不均，会形成大气孔，导致食用时出现塌陷。主要原因是稳定剂含量低和空气打入不当。此缺陷的延伸表现为融化时出现绿色液体。偶尔，某些稳定剂与乳蛋白相互作用，导致蛋白沉淀，出现类似奶酪生产过程中的“凝乳与绿色乳清”现象。

- **收缩**

  为冰淇淋特有缺陷，指储存过程中冰淇淋失去体积和形态。这是由于膨胀率损失或空气逸出所致。可通过正确控制混合物总固形物含量、使用坚固包装，以及在储存和搬运中最大程度减少热震与机械震动来预防。

2. 冰淇淋常见加工问题的故障排除

膨胀率控制：冰淇淋膨胀率低于要求可能由于：

- 混合物黏度过高，导致空气难以打入混合物中；
- 均质效果差，影响脂肪球尺寸，降低牛乳脂肪正确聚结并与气泡结合的能力；
- 空气供应不正确，如进气阀堵塞或压力不正确；
- 冷冻机刀片钝化，降低空气打入或搅打效率；
- 冷冻过程中搅打过度，导致空气被挤出冰淇淋。

冰淇淋从冷冻机取出时过软：可能原因包括：

- 熟化后混合物温度过高进入冰淇淋搅打机；
- 输送混合物至冰淇淋搅打机的泵速过高；
- 搅打机刀片钝化，导致冻结效率低下；
- 混合物配方不当，如糖含量不正确影响冰点降低，或稳定剂和乳化剂含量不足。

冰淇淋出现奶油粒感：在冰淇淋搅打机中形成小奶油球，原因可能包括：

- 熟化罐混合物温度过高进入冰淇淋搅打机，导致冷冻机内需要过度搅打；

混合物配方不当，例如：

- 均质效果差，脂肪球尺寸过大，降低牛乳脂肪正确聚结的能力；
- 冰淇淋搅打机刀片钝化，导致冻结过程中需要过度搅打；
- 从搅打机取出冰淇淋时温度过低。

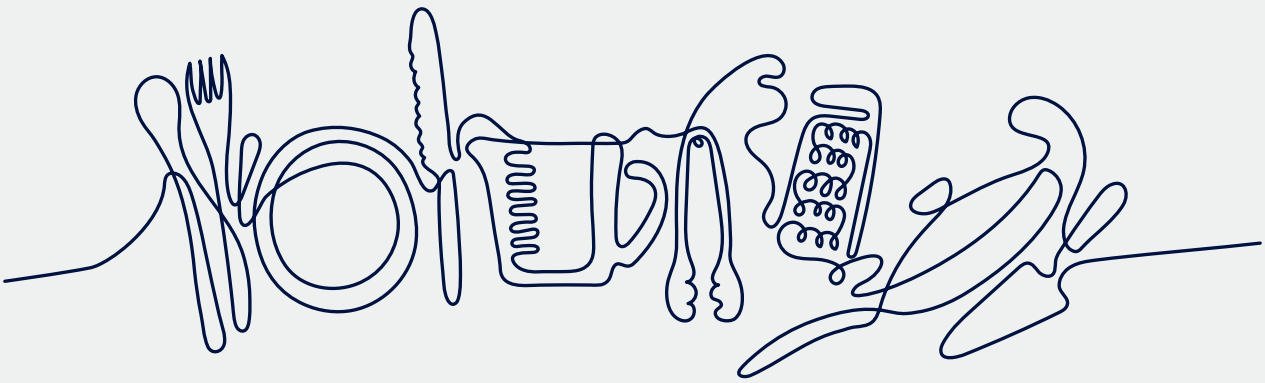
冰淇淋煮熟味：此缺陷由以下原因引起：

- 乳粉质量差，经过过度热处理；
- 混合和巴氏杀菌过程中对冰淇淋混合物热处理过度。

质构多冰：

该酪体缺陷表现为冰晶较大，原因包括：

- 混合物配方不当，如总固形物和稳定剂含量低；
- 冰淇淋混合物冻结速度慢；
- 搬运和储存过程中的热震与温度波动。



12.6 术语表

熟化

将巴氏杀菌后的混合物冷却至0-5°C的过程，使脂肪结晶，蛋白质和稳定剂充分水化。

膨松剂

膨松剂是用于增加食品体积的添加剂，通常不影响其营养价值。

乳化剂

能稳定乳化液的物质（如冰淇淋中的油包水乳化液）。

食品酸

来自食物的酸，如乳酸和柠檬酸，有时添加到冰淇淋中以赋予“酸爽”风味。

冰点

冰淇淋混合物开始冻结的温度；标准冰淇淋在-2.8°C至-2.2°C冻结。

冰点降低

糖降低冰淇淋混合物冰点的能力；分子量越低，在相同浓度下其降低冰点的能力越强。

硬化

将冰淇淋冷却至-30°C至-40°C的过程，使80%的水分冻结。

热震

指产品在储存和配送过程中反复冻融导致的质量劣变。

膨胀率

衡量冰淇淋中空气含量的指标

$$\frac{\text{冰淇淋体积} - \text{混合物体积}}{\text{混合物体积}} \times 100 = \text{膨胀率}(\%)$$

脱脂乳固体（MSNF）

由乳蛋白、乳糖和矿物质组成。

稳定剂

使冰淇淋黏稠或形成凝胶的物质，可结合游离水，使质构更顺滑（避免形成大冰晶）。

12.7 参考文献和延伸阅读

澳新食品标准法典2.5.6（2015）——《冰淇淋》。

Marshall，W.S.和Arbuckle T 1996《冰淇淋》第五版。纽约出版：Chapman & Hall。

Steven Young博士（1999）《冰淇淋和冷冻甜点中的乳清产品》，作者：SYW，美国得克萨斯州Sugarland乳品和食品技术发展部，由美国乳品出口委员会出版。

《乳制品加工手册》2003。利乐包装加工系统。

Klahorst，S 1997。（特约编辑食品产品设计）《冰淇淋：组合化学》**foodproductdesign.com/archive/1997/0897AP.html**

丹麦Grindsted，《Grindsted产品A/S》，《技术论文》。

Keeney，Philip G.《商业冰淇淋和其他冷冻甜点》Philip G. Keeney编写。宾夕法尼亚：宾夕法尼亚州立大学。50页。

Rothwell，J.《冰淇淋制作：实用手册》，英国雷丁J. Rothwell出版，1985-102页。



免责声明
本书内容仅用于一般信息用途，并非针对您的具体情况而编制。对于本书信息的完整性、准确性与时效性，我们不做出任何保证。
鸣谢
澳大利亚乳业局在此感谢税费缴纳方提供的资金以及澳大利亚联邦政府的款项贡献。
©澳大利亚乳业局2026。保留所有权利。

Dairy Australia Limited
1800 004 377
enquiries@dairyaustralia.com.au
dairyaustralia.com.au

3528.1 | 2025年12月