

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.06.003

文章编号:2095-6002(2015)06-0011-07

引用格式:杨贞耐,张健.干酪质量安全问题与控制技术[J].食品科学技术学报,2015,33(6):11-17.



YANG Zhennai, ZHANG Jian. Research advances and development trends in cheese safety and quality control[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(6):11-17.

# 干酪质量安全问题与控制技术

杨贞耐, 张健

(北京工商大学食品质量与安全北京实验室, 北京 100048)

**摘要:**干酪是全球交易量最大的乳制品之一,其安全和品质问题影响众多消费者的营养健康。自20世纪90年代,干酪食品被病原微生物如单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)和大肠杆菌(*Escherichia coli* O157:H7)污染的食品安全事件仍频繁发生。我国干酪产业刚刚起步,随着近年来干酪消费量快速增长,了解当前国内外干酪食品安全与质量控制技术的研究进展,对于构建我国自身干酪安全和质量控制体系,确保我国干酪产业的健康发展,提高我国乳品质量安全水平具有重要意义。从原料乳、添加剂、干酪工艺和干酪包装等方面,综述了干酪生产过程中可能存在的微生物污染风险及干酪品质影响因素,并介绍了原料乳蛋白多态性、膜过滤、超高压处理、酶工程、红外在线监测和抑菌新材料新技术等在干酪安全和品质控制方面的应用。

**关键词:**干酪; 质量安全; 控制技术; 研究现状**中图分类号:** TS252.53**文献标志码:** A

干酪是全球交易量最大的乳制品之一,每年世界上超过三分之一的原料乳用于生产干酪。近年来,我国干酪的消费量增长较快,2009—2013年均干酪进口量增长22.5%,2013年总进口量达到4.7万t。在此背景下,了解当前国内外干酪质量安全与控制技术的研究进展,对于构建我国自身的干酪质量和控制体系,促进干酪产业的健康发展,提高乳品质量安全水平具有重要意义。

干酪产品的质量安全与品质控制同其他乳制品一样,是一个系统工程。原料乳的品质、原料乳的预处理、干酪的加工工艺(酸化,凝乳,排乳清等)、添加剂的使用(发酵剂、凝乳酶等)、加工环境以及干酪成熟、储藏和运输条件等对干酪的品质和微生物安全都有较大影响。自20世纪90年代,重大的干酪食品安全事件虽不多见,但以单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、大肠杆菌(*Escherichia coli* O157:H7)为代表的病原微生物污染干酪事件仍频繁发生<sup>[1]</sup>,尤其是生乳干酪,手工干酪和一些

新鲜干酪品种。另外,近年来一些新工艺、新技术和新材料在干酪加工中得到越来越多的应用,有效地提高干酪的品质和产品稳定性的同时,也使干酪的质量安全面临新的挑战。本文从原料乳、添加剂、干酪工艺和干酪包装等方面,综述了干酪生产过程可能存在的微生物风险和干酪品质影响因素,并介绍了原料乳蛋白多态性、膜过滤、超高压处理、酶工程、红外在线监测和抑菌材料等在干酪质量和品质控制方面的应用。

## 1 原料乳对干酪质量的影响

### 1.1 原料乳组成

原料乳的理化组成(如乳蛋白和脂肪含量)和原料乳pH值对干酪加工中的凝乳质量(凝胶强度和脱水收缩)以及干酪的组成、产量和后期风味形成有重要影响。原料乳组成与乳畜品种、种群、个体营养和健康状况、牧场管理以及泌乳期等因素有关。

收稿日期:2015-04-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31371804)。

作者简介:杨贞耐,男,教授,博士,主要从事乳品科学及加工技术方面的研究。

例如用干草饲喂奶牛,所产的牛乳微生物种类会增多,更适于加工高品质生乳干酪<sup>[2]</sup>;增加羊饲料中的脂肪酸含量也可以间接提高羊乳干酪中的脂肪酸比例<sup>[3]</sup>。对于特定种群乳畜,原料乳组成变化最大的情况主要出现在泌乳初期、末期和乳腺炎乳,这类原料乳的体细胞数一般较高,不适于干酪加工。用体细胞数高的原料乳生产的干酪,成熟后生物胺(羟色胺,酪胺,色胺)的含量显著高于正常牛乳干酪<sup>[4]</sup>。过高的体细胞数会使原料乳 pH 值升高,还会影响发酵剂菌株的活性,给干酪成熟期带来微生物安全风险<sup>[5]</sup>。一些乳蛋白的多态性也会影响到干酪的产量和品质,近年来国外在乳畜繁育和饲养方面也开始关注该指标。Skeie 等<sup>[6]</sup>研究了敲除 12 个解码  $\alpha s1$ -casein 的外显子后纯合子山羊和杂合子山羊的羊乳的干酪加工特性,结果表明,杂合子山羊乳中  $\alpha s1$ -casein 的含量相对较高,脂肪和蛋白的含量也较高,具有更好的凝乳特性,由其制作的干酪加工特性更为稳定。生产中,研究人员通过在荷斯坦牛乳中添加含有较多酪蛋白的娟姗(Jersey)牛乳,增加了干酪的产量和风味品质,获得了相似的效果<sup>[7]</sup>。另外,原料乳的抗生素、化学因素和脂肪酸污染等也会严重影响干酪的品质。

## 1.2 原料乳中微生物

过去,乳中常见的病原微生物主要是牛型分枝杆菌(*Mycobacterium bovis*)和布鲁氏菌(*Brucella*)。随着养殖技术的进步,这类微生物已基本可控,但在发展中国家包括我国,布鲁氏菌污染仍时有发生。目前,除了上述 2 类病原菌外,单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、大肠杆菌(*E. coli* O157:H7)、志贺氏菌(*Shigella*)、欧文氏菌(*Erwinia*)、弯曲杆菌(*Campylobacter*)、葡萄球菌(*Staphylococcus*)、沙门氏菌(*Salmonella* spp.)和副结核杆菌(*M. paratuberculosis*)等菌株的干酪感染在世界范围内仍存在<sup>[8]</sup>。干酪加工过程中的控制手段主要是热处理、膜过滤和离心除菌等杀菌技术。在干酪产品方面主要通过严格的理化指标要求,降低病原微生物感染的风险。但有一些规定,目前争议较大,如美国规定一些微生物风险较高的干酪品种(如生乳干酪)其成熟期不能短于 60 d,但 BILL 对美国过去几年干酪微生物风险发生的统计发现,多起涉事的干酪产品,成熟时间都超过了 60 d<sup>[9]</sup>,Gould 等<sup>[10]</sup>统计的 1998—2011 年间爆发的干酪病原菌污染事件中有 3 起生乳干酪成熟期也均超过了 60 d。

除了病原微生物外,原料乳中的其他微生物对干酪风味和质构品质也有很大影响。研究显示,酪丁酸梭菌是破坏 Grana Padano 干酪风味的主要因素<sup>[11]</sup>,酵母可以增加卡门贝尔干酪中游离氨基酸的含量,对干酪中的非蛋白氮和氨的含量也有显著影响<sup>[12]</sup>。另外一些种类的生乳干酪,其特殊风味的形成与原料乳中含有的非发酵剂菌株有密切关系,例如丙酸菌等对埃门塔尔干酪独特的坚果风味形成具有重要作用<sup>[13]</sup>。

## 2 原料乳预处理对干酪质量的影响

原料乳预处理包括标准化和灭菌处理。标准化技术是为了保证干酪稳定的品质。近年来以增加干酪产量和提高干酪品质为目的的标准化技术受到了科研人员的关注。研究表明,将乳蛋白的含量从 3.4% 调整为 4.0% 将显著增加切达干酪生产中乳蛋白的得率,从而增加干酪的产量<sup>[14]</sup>。利用超滤技术标准化原料乳,在不影响干酪风味和质地的前提下,可以显著提高帕米森干酪和埃门塔尔干酪产量<sup>[15-16]</sup>。也有研究显示,微滤和超滤处理原料乳,对艾德姆干酪的加工特性,品质和产量无显著影响<sup>[17]</sup>。因此,标准化方法的选择要根据不同种类干酪的特点和加工工艺来确定。

巴氏杀菌是绝大部分干酪生产广泛采用的杀菌工艺。工厂中由于效率要求大多采用 HTST 的等效巴氏杀菌方式,但 Frau 等<sup>[18]</sup>研究显示利用 75 °C, 30 min 杀菌后降温至 37 °C 接种的方法,可以显著提高羊奶干酪的产量,对干酪的风味和质地也有一定的改善作用。虽然在北欧和北美很多地区,巴氏杀菌属于强制要求,但有相当数量的干酪仍沿用生乳为原料直接加工,尤其在法国、德国和南欧一些国家和地区,从实际情况看,生乳干酪的病原微生物污染发生率并不高,Gould 统计了 1998—2011 年间在美国发生的 90 起干酪质量安全事件,结果显示 38 起事件中干酪是由生乳制作,42 起事件中干酪是由巴氏杀菌的原料乳制作<sup>[10]</sup>。硬质长成熟期生乳干酪的病原微生物污染发生率更低,技术上,硬质或超硬质生乳干酪如 Parmigiano Reggiano, Grana Padano, Swiss Emmental 和 Gruyere de Comte 等加工过程中,都经过了至少 55 °C 的热烫,并保持在温度下装模,碱性磷酸酶检测结果表明,这种工艺具有等效巴氏杀菌的作用。有记录的干酪食物中毒事件中,原因主要是发酵剂数量不足或发酵菌株活力差引起。

高水分的生乳干酪大部分都具有较低的初始 pH (4.6),能够降低病原微生物污染的风险。总的来讲,高品质原料乳是提高生乳干酪质量安全和品质的前提。

### 3 添加剂对干酪质量的影响

发酵剂是干酪加工主要的添加剂,将原料乳中的乳糖发酵成酸,降低干酪的 pH 值以抑制病原菌的生长,该过程也是形成干酪的基本感官风味的重要生化过程。近年来,乳酸菌细菌素的研究给利用发酵剂降低干酪微生物安全风险带来了新的可能性,尤其是针对近年来多发李氏杆菌感染。研究显示利用产细菌素 nisin 的乳酸乳球菌和乳脂乳球菌可以有效地提高 Domiati 干酪的品质,延长其保藏时间<sup>[19]</sup>。从意大利发酵食品中分离出的产细菌素 nisinA, nisinZ 和 lacticin481 的乳酸菌能够有效地抑制农家干酪中的李斯特病原菌<sup>[20]</sup>。产抑菌素复合菌株抑菌的效果更好,Coelho 等检测了 8 株(1 株乳酸乳球菌,7 株肠球菌)产细菌素发酵剂菌株的抑制李斯特病原菌活性,8 株试验菌株的李斯特病原菌数量均减少 4 log(CFU/g),利用 2 株肠球菌制作的复合发酵生产的干酪,李斯特病原菌数量降低了 5 log(CFU/g)<sup>[21]</sup>。

除了发酵剂,人们还尝试在干酪中添加其他具有抑菌活性的物质抑制病原菌,较为知名的是纳他霉素,常用的方式将其涂抹于干酪表面抑制霉菌的生长,但目前该物质在干酪中应用仍存有一定争议。2014 年,由于在传统酸奶中发现了该物质,黎巴嫩卫生部禁止了纳他霉素的使用<sup>[22]</sup>。目前,研究人员尝试从乳中直接分离和制备具有抑菌活性的物质,以降低应用的争议性。Demers-Mathieu 等<sup>[23]</sup>利用胰蛋白酶消化乳清蛋白,分析其中的多肽对李斯特菌的抑制作用,发现富集的乳清消化蛋白中的阴离子肽对李斯特菌活性有显著的抑制作用,该物质可用于低盐切达干酪的加工。Nakamura 等<sup>[24]</sup>利用 *Lactobacillus gasseri* LA39 发酵乳清生产含有抑菌物质的浓缩物,该浓缩物能有效抑制地 *Bacillus cereus*, *Achromobacterdenitrificans* 和 *Pseudomonas fluorescens* 等多种微生物。

### 4 干酪加工工艺对干酪质量的影响

#### 4.1 酸化

酸化是大多数干酪加工的基本工序。该过程一

般从加入发酵剂开始至干酪成熟初期,有些可能持续数月。另外还有些干酪利用添加有机酸和葡萄糖酸内酯等酸化剂,在短时间内增加原料乳酸度。酸化可以控制和预防病原微生物的感染,增强凝乳效果,增加胶体磷酸钙的溶解度,促进凝乳收缩以及通过影响酶的活性影响干酪风味。目前该领域的研究主要集中在筛选、改造酸化程度可控、能产生柔和酸风味的发酵剂菌种,以及开发新的酸化方法。Dagostin 等<sup>[25]</sup>通过在原料乳中充入二氧化碳气体的方法酸化原料乳,结果表明,在适宜的 pH 值(6.0)条件下该方法能有效地抑制嗜冷菌的生长,二氧化碳处理后,干酪的蛋白、脂肪等干物质含量和硬度也更高。直接添加 10% 柠檬酸和 10% 乳酸酸化水牛乳制作马苏里拉干酪,干酪的溶化性和延展性更好,并且嗜冷菌计数显示,柠檬酸组冷冻保藏 1 个月,微生物数量未超标<sup>[26]</sup>。

#### 4.2 凝乳酶

干酪加工过程中的关键步骤之一是利用凝乳酶通过适度水解乳蛋白产生凝乳。过去,凝乳酶从犊牛、羊的皱胃里提取。但随着干酪产量增加,犊牛供应的减少,皱胃酶的产量已多年无法满足市场需求。研究人员开发了多种替代品,其中商业化较为成功主要是重组酶,还有米黑毛霉和微小毛霉等来源的凝乳酶,这些酶都是天冬氨酸蛋白酶。凝乳酶对干酪的影响主要是干酪的质构和风味,虽然目前的商品酶有较好的加工适宜性,但基于降低干酪生产成本,提高干酪品质和适于特殊种类干酪加工酶的发掘和研究工作并未停止。从墨西哥浆果银叶茄中分离植物蛋白酶用于加工 Asadero 干酪,与商品凝乳酶的对比实验结果显示,该种酶加工的干酪微生物活性更低<sup>[27]</sup>。为了开发工业化羊乳干酪用酶,利用重组的乳酸克鲁维酵母表达的刺棘蓟植物蛋白酶,表达纯化后的重组酶具有与刺棘蓟蛋白酶相似的羊乳凝乳活力和干酪加工特性,研究还显示,该酶也可用于牛乳干酪的加工<sup>[28]</sup>。利用从中国传统发酵食品米酒中分离出的蛋白酶加工切达干酪,成熟过程中形成了更多种类的风味物质<sup>[29]</sup>。目前,这些新发掘的酶的纯度、产量和稳定性等都需要进一步研究验证。

#### 4.3 排乳清

排乳清是凝乳经切割、搅拌、热烫、堆酿和压榨等工序将凝乳中乳清排出的过程。该过程降低了干酪的水分含量,并随乳清排出一定量的微生物和酶,

因此也会影响干酪成熟过程和产品的稳定性。该领域的研究目前集中在通过在线监控和关键参数的细化来控制干酪的产量、品质和稳定性。Everard等<sup>[30]</sup>对排乳清过程的凝乳切割强度、凝块大小、搅拌速度等的研究证明,低切割强度下的大凝乳块,在高搅拌速率下会大幅增加乳固物流失,降低干酪产量。根据凝乳等关键参数, Everard等<sup>[31]</sup>还利用电脑可视化结合色差测量设备建立了在线凝乳收缩检测系统,该系统能够有效地监测凝乳收缩过程。De Marchi<sup>[32]</sup>等开发了用中红外技术测定干酪加工过程的凝乳强度、滴定酸度和 pH,该系统具有一定的实用性,但在精确性上仍有待进一步提高。Mateo等<sup>[33-34]</sup>研究了原料乳不同脂肪含量( $\omega = 0\%$ ,  $2.5\%$ 和 $5.0\%$ )对凝乳强度、收缩和搅拌等参数的影响,建立了相应的预测模型,利用该模型和可视近红外传感器,在线调整切割、搅拌等工艺参数,获得了较好的验证效果。

#### 4.4 干酪成熟

干酪成熟过程的质量安全控制对于有效地控制干酪成品中病原菌的数量和干酪品质的形成至关重要。在干酪成熟过程中,干酪的 pH 值、水分活度不断下降,抑菌肽等物质不断累积,这些因素都能够有效地抑制病原微生物的生长和繁殖。成熟过程中理化指标正常的干酪(包括生乳干酪),其病原菌数量一般就不会超标。因此,美国强制规定一些种类的干酪,成熟期不能短于 60 d。在对土耳其 Savak Tulum 干酪中李斯特菌研究中发现,虽然在  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、90 d 的成熟期内干酪中的李斯特菌下降了  $4.1\text{ log}(\text{CFU/g})$ ,但在特定环境下,菌株仍存在较高的活力<sup>[35]</sup>。Wemmenhove等<sup>[36]</sup>对高达干酪成熟过程中单增细胞李斯特菌的数量研究显示,在成熟的前 8 周,李斯特菌数量未出现增长,8~52 周活菌数出现显著下降,在这一过程中干酪水活度和乳酸含量是影响李斯特菌活力的主要因素。因此研究人员尝试用冷杀菌技术处理加工生乳干酪,600 MPa 高压处理原料乳 7 min,成熟 90 d 后干酪中的微生物数量显著低于对照组,质构参数显著高于对照组,但感官评定差异不显著,高压处理对干酪的风味无影响<sup>[37]</sup>。

在干酪品质控制方面,促干酪成熟酶制剂是未来产业化发展的主要方向,该项技术主要是将单一或复合的外源酶加入干酪中,通过控制外源酶的添加量和活力,精确地控制干酪的成熟速度和成熟度。将肽酶加入到乳浓缩物中制作干酪,可以显著促进

干酪成熟过程中蛋白的次级水解,增加小肽的数量,加入肽酶还会增加 D-乳酸的形成<sup>[38]</sup>。用基因工程菌表达的植物乳杆菌酯酶,当 NaCl 浓度降低 20% 时活力显著增高,综合指标显示该酶是一种潜在干酪促熟外源酶<sup>[39]</sup>。酶的加入方式和前处理工艺,对于该技术的实现有重要影响。近年来的研究确定了纳米级脂质体包埋的工艺,及其用于促进干酪风味形成的最佳尺寸<sup>[40]</sup>,该技术还被用于包埋乳酸乳球菌的无细胞提取物,以减少酶在切达干酪加工和成熟过程中的流失<sup>[41]</sup>。

## 5 干酪包装和储藏

新材料的不断出现,推动了干酪包装技术进一步改进。在表面覆盖亮漆的聚合材料中加入纳他霉素包装干酪,可有效抑制干酪表面霉菌的感染<sup>[42]</sup>。在 PP 和 PET 等复合材料中加入牛至精油和月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐,可以有效地抑制羊奶干酪中的大肠杆菌 O157:H7 的数量<sup>[43]</sup>。卡夫包装纸可以有效地减少生乳干酪的单核细胞增多性李氏杆菌数量,抑菌效果优于真空包装<sup>[44]</sup>。对于不同种类的干酪,不同包材的效果也不相同,对于切达等硬质和半硬质干酪,一般选用材质紧密不透气,能制造真空条件的包装材料,而对于涂抹型,表面湿度较大的干酪,透气(氧气,二氧化碳,水汽)材料营造的干燥环境更利于干酪的保藏<sup>[45]</sup>。另外,电脑可视化等非破坏性检测技术在干酪包装检测方面的应用也取得了较好的进展。利用图像对比原理设计的装置、检测效率和检测模型已经在实验中得到验证<sup>[46]</sup>。反向光学氧浓度传感器可以在不破坏包装的情况下,检测干酪真空包装中氧浓度的变化,借此发现包装破损<sup>[47]</sup>。

辐照、抑菌素等新技术以及以菌制菌的微生物平衡理念也被尝试应用于干酪保藏。Bernini等<sup>[48]</sup>利用红外辐照处理 Gorgonzola 干酪表面,显著降低了干酪表面微生物数量,尤其是单核细胞增生李斯特菌的数量,辐照对干酪正常成熟过程无显著影响,相比传统用海绵定期洗刷干酪表面,该方法对干酪的破坏更小。以相生相克为假设,推测感染李斯特菌的环境中可能存有抑制该病原菌的微生物,从干酪生产车间的干酪表面、地面、门和下水道等分离出的 1314 个菌株样本,检测其中的 62 个细菌样本和 1 个酵母样本的抑制李斯特菌活性,但结果显示均为阴性<sup>[49]</sup>,该研究提供了一个控制李斯特菌的新思

路,但实际效果仍需更多实验验证。

## 6 总 结

现有的技术条件还无法实现生乳的零病原微生物污染,但高质量的原料乳配合热处理、低温处理(膜处理,微波,高压,脉冲电场,超声波等)、抑菌发酵剂和抑菌包装材料等工艺和手段,可以将干酪中的病原微生物控制在安全水平<sup>[50]</sup>。而且,随着酶制剂、在线控制和电脑可视化技术在干酪加工尤其是干酪成熟中的应用,干酪的品质稳定性和良品率将获得极大提高。

### 参考文献:

- [1] Prevention C F D C. Cheese recalls and investigation of human listeriosis cases (final update) [EB/OL]. (2014-12-04) <http://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/cheese-10-14/index.html>.
- [2] Pedersen T B. Hay-milk is suitable for high-quality cheese [EB/OL]. (2015-03-22) <http://icofos.dk/en/aktuel/nyheder/viewnews/artikel/hay-milk-is-suitable-for-high-quality-cheese/>.
- [3] Nudda A, Battacone G, Boaventura Neto O, et al. Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese [J]. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2014, 43(8):445-456.
- [4] Ubaldo J C S R, Carvalho A F, Fonseca L M, et al. Bioactive amines in Mozzarella cheese from milk with varying somatic cell counts [J]. *Food Chemistry*, 2015, 178:229-235.
- [5] Coelho K O, Mesquita A J D, Rezende C S M E, et al. Effect of somatic cells level to lactic culture used in the Mozzarella cheese processing [J]. *Blucher Food Science Proceedings*, 2014, 1(1):435-436.
- [6] Skeie S B, Inglingstad R A, Brunborg L J, et al. The influence of the deletion in exon 12 of the gene encoding  $\alpha$ 1-casein (CSN1S1) in the milk of the Norwegian dairy goat breed on milk coagulation properties and cheese quality [J]. *Small Ruminant Research*, 2014, 122(1/3):50-58.
- [7] Bland J H, Grandison A S, Fagan C C. Effect of blending Jersey and Holstein-Friesian milk on Cheddar cheese processing, composition, and quality [J]. *J Dairy Sci*, 2015, 98(1):1-8.
- [8] Kousta M, Mataragas M, Skandamis P, et al. Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels [J]. *Food Control*, 2010, 21(6):805-815.
- [9] MARLER B. The raw milk beat goes on; a look at the literature and the 60-Day raw milk cheese aging rule [EB/OL]. (2010-12-12) <http://www.marlerblog.com/case-news/the-raw-milk-beat-goes-on-a-look-at-the-literature-and-the-60-day-raw-milk-cheese-aging-rule-part/>. VT-dazNK0cZA.
- [10] Gould L H, Mungai E, Barton Behravesh C. Outbreaks attributed to cheese: differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998-2011 [J]. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2014, 11(7):545-551.
- [11] Soggiu A, Bendixen E, Brasca M, et al. Milk and cheese microbiome for safety and quality of dairy products [M]. Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2013:262-265.
- [12] Chen Lishui, Cui Jie, Ding Qingbo, et al. The effect of yeast species from raw milk in China on proteolysis and aroma compound formation in Camembert-type cheese [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, 5(6):2548-2556.
- [13] Kocaoglu-Vurma N A. Isolation and characterization of nonstarter *Lactobacillus* spp. in Swiss cheese and assessment of their role on Swiss cheese quality [D]. Swiss: The Ohio State University, 2005.
- [14] Guinee T P, Okennedy B T, Kelly P M. Effect of milk protein standardization using different methods on the composition and yields of Cheddar cheese [J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(2):468-482.
- [15] Govindasamy-Lucey S, Jaeggi J J, Martinelli C, et al. Standardization of milk using cold ultrafiltration retentates for the manufacture of Swiss cheese: effect of altering coagulation conditions on yield and cheese quality [J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(6):2719-2730.
- [16] Govindasamy-Lucey S, Jaeggi J J, Bostley A L, et al. Standardization of milk using cold ultrafiltration retentates for the manufacture of Parmesan cheese [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(9):2789-2799.
- [17] Heino A, Uusi-Rauva J, Outinen M. Pre-treatment methods of Edam cheese milk: effect on cheese yield and quality [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(4):640-646.
- [18] Frau F, Font De Valdez G, Pece N. Effect of pasteurization temperature, starter culture, and incubation temperature on the physicochemical properties, yield, rheology, and sensory characteristics of spreadable goat cheese [J]. *Journal of Food Processing*, 2014, 1(1):1-8.
- [19] Ayad E H. Starter culture development for improving

- safety and quality of Domiati cheese[J]. *Food Microbiology*, 2009, 26(5): 533–541.
- [20] Dal Bello B, Cocolin L, Zeppa G, et al. Technological characterization of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* strains employed to control *Listeria monocytogenes* in cottage cheese[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2012, 153(1/2): 58–65.
- [21] Coelho M C, Silva C C, Ribeiro S C, et al. Control of *Listeria monocytogenes* in fresh cheese using protective lactic acid bacteria [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2014, 191: 53–59.
- [22] Khamsi R. Whole foods—and lebanon—prohibit natamycin. But should you really be concerned about this natural cheese preservative? [EB/OL]. (2014-12-30) [http://www.slate.com/articles/life/food/2014/12/natamycin\\_safety\\_whole\\_foods\\_has\\_banned\\_it\\_but\\_what\\_does\\_the\\_science\\_say.html](http://www.slate.com/articles/life/food/2014/12/natamycin_safety_whole_foods_has_banned_it_but_what_does_the_science_say.html).
- [23] Demers-Mathieu V, Gauthier S F, Britten M, et al. Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth in Cheddar cheese by an anionic peptides-enriched extract from whey proteins [J]. *International Dairy Journal*, 2013, 32(1): 6–12.
- [24] Nakamura K, Arakawa K, Kawai Y, et al. Food preservative potential of gassericin A-containing concentrate prepared from cheese whey culture supernatant of *Lactobacillus gasseri* LA39 [J]. *Animal Science Journal*, 2013, 84(2): 144–149.
- [25] Dagostin J L, Carpine D, Masson M L. Influence of acidification method on composition, texture, psychrotrophs, and lactic acid bacteria in Minas frescal cheese[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(11): 3017–3028.
- [26] Cruz J C V S, Ocampo L C, Abella M P. Production of Mozzarella cheese from buffalo's milk using direct acidification technique [C]. Makassar: Proceeding Buffalo International Conference, 2013:1–20.
- [27] Martínez-Ruiz R N, Enriquez S F, Vázquez-Nájera R E, et al. Microbiological quality of Asadero cheese manufactured with a plant based coagulant from *solanum elaeagnifolium*[J]. *Food and Nutrition Sciences*, 2013, 4(7A): 75–51.
- [28] Almeida C M, Gomes D, Faro C, et al. Engineering a cardosin B-derived rennet for sheep and goat cheese manufacture[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2015, 99(1): 269–281.
- [29] Zhao X, Wang J, Zheng Z, et al. Production of a milk clotting enzyme by glutinous rice fermentation and partial characterization of the enzyme[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2015, 39(1): 70–79.
- [30] Everard C D, O'callaghan D J, Mateo M J, et al. Effects of cutting intensity and stirring speed on syneresis and curd losses during cheese manufacture[J]. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91(7): 2575–2582.
- [31] Everard C D, O'callaghan D J, Fagan C C, et al. Computer vision and color measurement techniques for inline monitoring of cheese curd syneresis[J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90(7): 3162–3170.
- [32] De Marchi M, Fagan C C, O'donnell C P, et al. Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy [J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(1): 423–432.
- [33] Mateo M J, Everard C D, Fagan C C, et al. Effect of milk fat concentration and gel firmness on syneresis during curd stirring in cheese-making [J]. *International Dairy Journal*, 2009, 19(4): 264–268.
- [34] Mateo M J, O'callaghan D J, Everard C D, et al. Validation of a curd-syneresis sensor over a range of milk composition and process parameters [J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(11): 5386–5395.
- [35] Dikici A, Calicioglu M. Survival of *Listeria monocytogenes* during production and ripening of traditional Turkish Savaktulum cheese and in synthetic gastric fluid[J]. *Journal of Food Protection*, 2013, 76(10): 1801–1805.
- [36] Wemmenhove E, Stampelou I, Van Hooijdonk A, et al. Fate of *Listeria monocytogenes* in Gouda microcheese: no growth, and substantial inactivation after extended ripening times [J]. *International Dairy Journal*, 2013, 32(2): 192–198.
- [37] Delgado F J, Delgado J, González-Crespo J, et al. High-pressure processing of a raw milk cheese improved its food safety maintaining the sensory quality[J]. *Food Science and Technology International*, 2013, 19(6): 493–501.
- [38] Aaltonen T, Huuonen I. Ripening of cheese made from full concentrated milk retentate with and without peptidase addition [J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2013, 66(2): 214–219.
- [39] Esteban-Torres M, Santamaría L, De Las Rivas B, et al. Characterisation of a cold-active and salt-tolerant esterase from *Lactobacillus plantarum* with potential application during cheese ripening [J]. *International Dairy Journal*, 2014, 39(2): 312–315.
- [40] Jahadi M, Khosravi-Darani K, Ehsani M R, et al. Evaluating the effects of process variables on protease-loaded nano-liposome production by Plackett-Burman design for utilizing in cheese ripening acceleration [J].

- Asian Journal of Chemistry, 2012, 24(9): 3891–3894.
- [41] Nongonierma A B, Abrlova M, Kilcawley K N. Encapsulation of a lactic acid bacteria cell-free extract in liposomes and use in Cheddar cheese ripening[J]. Foods, 2013, 2(1): 100–119.
- [42] Hanušová K, Dobiáš J, Voldřich M. Assessment of functional properties and antimicrobial efficiency of polymer films with lacquer layer containing natamycin in cheese packaging[J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2012, 51(3): 145–155.
- [43] Otero V, Becerril R, Santos J A, et al. Evaluation of two antimicrobial packaging films against *Escherichia coli* O157:H7 strains in vitro and during storage of a Spanish ripened sheep cheese (Zamorano)[J]. Food Control, 2014, 42: 296–302.
- [44] Chatelard-Chauvin C, Pelissier F, Hulin S, et al. Behaviour of *Listeria monocytogenes* in raw milk cantal type cheeses during cheese making, ripening and storage in different packaging conditions[J]. Food Control, 2015, 54: 53–65.
- [45] Amato L, Ritschard J S, Sprecher I, et al. Effect of packaging materials, environmental factors and rRNA transcriptional activity of surface microflora on red-smear cheese defect development[J]. International Dairy Journal, 2015, 41: 50–57.
- [46] Wang Y, Cheng Z, Hou J, et al. Quality inspection improvement for cheese packaging using machine vision [C]. Indianapolis: ElectroInformation Technology, 2012.
- [47] Hempel A W, Gillanders R N, Papkovsky D B. Detection of cheese packaging containment failures using reversible optical oxygen sensors[J]. International Journal of Dairy Technology, 2012, 65(3): 456–460.
- [48] Bernini V, Dalzini E, Lazzi C, et al. A multi-sampling approach to evaluate an infrared surface treatment for reducing *Listeria monocytogenes* contamination on whole Gorgonzola cheese rinds[J]. Food Control, 2015, 55: 75–81.
- [49] Schirmer B C T, Heir E, Mørtrø T, et al. Microbial background flora in small-scale cheese production facilities does not inhibit growth and surface attachment of *Listeria monocytogenes* [J]. Journal of Dairy Science, 2013, 96(10): 6161–6171.
- [50] 杨贞耐, 张健. 干酪加工技术研究进展[J]. 中国奶牛, 2013(4): 1–7.

## Research Advances and Development Trends in Cheese Safety and Quality Control

YANG Zhennai, ZHANG Jian

(Beijing Laboratory for Food Quality and Safety, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Cheese is one of the most important dairy foods in the world. Its safety concerns nutrition and health of worldwide consumers. Since the 1990s, cheese safety events related to cheese contamination with some pathogens like *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 have been frequently happening. In the infancy of the development of cheese industry of our country with recent rapid increase in cheese consumption, it is necessary to acknowledge the current advances of domestic and international cheese safety and quality control techniques in order to establish our own cheese safety and quality control system. Considering this, the research advances of risk factors related to microbial contamination and factors affecting cheese quality during cheese manufacturing are reviewed with respect to cheese milk, additives, cheese processing and package materials. New techniques and materials regarding polymorphism of raw milk protein, membrane technology, extra-high pressure processing technique, ripening enzymes, infrared online monitoring system and antimicrobial materials are also included.

**Key words:** cheese; quality and safety; control technology; research status

(责任编辑:李 宁)