

# 国内外天然奶酪加工研究进展

周 雨

(西藏自治区农牧科学院农产品开发与食品研究所,西藏 拉萨 850000)

**摘 要:**近年来,天然奶酪因具有较高的营养价值及生理功效而备受人们关注。文章综述了天然奶酪的种类及特点、发酵剂与凝乳酶在天然奶酪加工中的应用以及国内外天然奶酪加工研究进展。原料乳的季节性短缺是制约天然奶酪加工业发展的瓶颈,研究并优化乳清干酪的加工工艺有望突破这一瓶颈。挖掘并优化国内具有代表性的天然奶酪的传统加工工艺,提高其产量及附加值,有望逐渐摆脱我国天然奶酪依赖国外进口的现状,增强其市场竞争力。

**关键词:**天然奶酪;发酵剂;凝乳酶;加工;进展

中图分类号:R155.5+7

文献标志码:A

## Research Progress on Natural Cheese Processing at Home and Abroad

ZHOU Yu

(Institute of Agricultural Products Development and Food Science, Tibet Academy of agriculture and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

**Abstract:**In recent years, natural cheese had attracted much attention because of its high nutritional value and physiological efficacy. In this review, the types and characteristics of natural cheese, the application of leavening agent and chymosin in the processing of natural cheese, the research progress of natural cheese processing at home and abroad were described. The seasonal shortage of raw milk is the bottleneck restricting the development of natural cheese processing industry. Research and optimization of ricotta processing technology is expected to break through this bottleneck. Mining and optimizing the representative traditional processing technology of natural cheese to improve its production and add value can be expected to gradually get rid of the current situation that natural cheese relies on import, and enhance the competitiveness of natural cheese in domestic market.

**Key Words:**natural cheese; leavening agent; chymosin; process; progress

天然奶酪是哺乳动物的乳汁经发酵、凝乳后制得的乳制品。区别于再制奶酪,天然奶酪在制作过程中未使用乳化盐等添加剂,未经高温熔融、乳化等工序,其产品中的营养成分、活性乳酸菌得到了很好地保护,具有更高的营养价值及生理功效<sup>[1]</sup>。国外消费者普遍认为天然奶酪是更好的益生菌载体<sup>[2]</sup>。天然奶酪的制作史已有7 500多年<sup>[3]</sup>。史料表明,早期制作天然奶酪所使用的凝乳剂为有机酸,其品质较差。公元3世纪到4世纪,欧洲古罗马人开始使用凝乳酶制作天然奶酪,这是奶酪发展史上的一次历史性飞跃。自中世纪开始至19世纪中

叶,奶酪加工业在欧洲各地得到迅速发展,但该时期天然奶酪制作所使用的原料乳未经杀菌处理。直至19世纪50年代,法国微生物学家巴斯德发明了巴氏杀菌法生产天然奶酪,促使天然奶酪的生产模式由手工作坊式转变为工业化生产<sup>[4]</sup>。目前,虽然国际食品法典委员会已制定并发布了全球20多种天然奶酪的生产技术标准或规范,但仍无法对所有天然奶酪的制作方法进行统一<sup>[5]</sup>。目前我国天然奶酪面临产量低、生产成本低、产品依赖进口的问题<sup>[6]</sup>。原料乳季节性短缺也是国内外天然奶酪生产的技术瓶颈<sup>[7]</sup>。文章综述了天然奶酪的种类及特点、发酵剂与凝乳酶在天然奶酪加工中的应用、国内外天然奶酪加工研究进展,为优化天然奶酪的加工工艺,提高天然奶酪的产量与附加值,提高其市场竞争力提供参考。

收稿日期:2021-03-05

项目资助:藏香猪、牦牛、乳制品精深加工关键技术与产品研发项目(XZ201901NA04)。

作者简介:周雨(1987—),硕士,助理研究员,研究方向为农产品加工与贮藏,E-mail:790879278@qq.com。

## 1 天然奶酪的种类及特点

目前,世界知名天然奶酪有切达奶酪(Ceddar Cheese)、白奶酪(Cottage cheese)、帕斯塔菲拉塔奶酪(Pastafilata cheese)和蓝纹奶酪(Blue cheese)等<sup>[8]</sup>。其中切达奶酪原产地为英国西南部萨莫塞特州,切达奶酪的特点为质地较硬(水分含量约为37%)、组织细腻,在成熟过程会有特殊风味产生(果仁味、奶油味等),颜色为白色或浅黄<sup>[9]</sup>。白奶酪(Cottage cheese)是无成熟期的新鲜奶酪代表,目前,英国、美国、澳大利亚、新西兰等国家大量生产和消费此种奶酪,其产品特征为口感较为温和、水分含量较高、质地较软、保质期较短<sup>[10]</sup>。帕斯塔菲拉塔奶酪(Pastafilata cheese)是意大利语拉丝糊状奶酪的总称,包括马苏里拉奶酪(Mozzarella cheese)、凯西卡伐洛奶酪(Caciocavallo cheese)、波罗伏洛奶酪(Provolone cheese)、日本纤维奶酪(String cheese),此类型奶酪主要分布在意大利、日本、希腊、俄罗斯、土耳其、叙利亚以及地中海沿岸等地,其制作工序基本相同。马苏里拉奶酪制作所特有的工序包括拉伸以及盐水浸泡<sup>[11]</sup>。蓝纹奶酪又被称作青纹奶酪,此类型奶酪包括英国的斯提尔顿奶酪(Stilton cheese)、法国的罗奎福特奶酪(Roquefort cheese)和意大利的古冈佐拉奶酪(Gorgonzola cheese)。娄地青霉是用于蓝纹奶酪生产的发酵剂,区别于其他奶酪的生产工艺,蓝纹奶酪在生产过程中不经过机械压榨,但需要穿孔<sup>[12]</sup>。

## 2 发酵剂在天然奶酪加工中的应用

采用巴氏杀菌法处理原料乳是奶酪加工史上的第二次变革,降低了微生物污染的风险,促使天然奶酪生产所需的发酵剂、凝乳酶得到进一步地开发。发酵与凝乳是天然奶酪制作过程中非常重要的环节,也是大多数欧洲传统奶酪制作过程中必不可少的工序,特别是受产源命名保护制的奶酪<sup>[13]</sup>。

在天然奶酪加工过程中添加发酵剂可提高其感官品质及益生菌的数量<sup>[14]</sup>。天然奶酪的种类繁多,不同种类天然奶酪所使用的的发酵剂也不尽相同。商业发酵剂在天然奶酪加工中的应用可起到促进天然奶酪发酵及成熟的作用,使天然奶酪在成熟期形成特有的风味。在某些天然奶酪制作过

程中添加商业发酵剂,可省去排乳清的工序,在很大程度上减少营养物质的流失。商业发酵剂性能的乳酸菌筛选及复配是未来研究的热点<sup>[15]</sup>。使用商业发酵剂虽然提高了天然奶酪的安全性,但存在抑制当地优势乳酸菌开发与利用的风险,所生产出的产品同质化现象严重<sup>[16]</sup>。利用从天然奶酪中分离出的优势乳酸菌生产当地具有民族地域特色的传统奶酪,可提高其产量,保持其产品的特殊性。根据消费者的风味喜好,筛选出某种特定风味的菌株用于附属发酵剂的生产是目前研究的热点。附属发酵剂的使用可增强不同种类天然奶酪所特有的风味<sup>[17-18]</sup>。

## 3 凝乳酶在天然奶酪加工中的应用

天然奶酪制作过程中添加凝乳酶,能起到促进原料乳凝结的作用。随着奶酪生产量的增加,生产规模的扩大,凝乳酶将势必成为重点开发的酶制剂之一。其中具备较高 $\kappa$ -酪蛋白水解活力、较低非特异性蛋白水解活力、较高热敏性以及较低热失活性的凝乳酶是未来酶制剂研究开发的热点。目前DNA重组(rDNA)、基因非定向诱变、定向进化等技术的应用,可优化凝乳酶的催化性能。利用蛋白质工程对凝乳酶进行定向改造,合理修饰改进凝乳酶的相关结构,得到具有高凝乳活性、高热稳定性等酶学特性的凝乳酶,具有广阔的发展前景<sup>[19]</sup>。凝乳酶的使用对奶酪的质构及成熟期风味物质的形成具有重要的作用。使用不同凝乳酶所制得的奶酪,其成熟期的感官品质及理化性质均存在差异<sup>[20-21]</sup>。

凝乳酶按来源不同可分为动物性凝乳酶、植物性凝乳酶、微生物凝乳酶、基因工程凝乳酶、蛋白工程凝乳酶等。动物性凝乳酶存在于哺乳动物的胃液中,例如小牛皱胃酶、骆驼凝乳酶等。与小牛皱胃酶相比,骆驼凝乳酶具有更高的凝乳活性和较低的水解能力<sup>[22]</sup>。普燕等<sup>[23]</sup>研究发现利用骆驼凝乳酶制备的奶酪在成熟期PH4.6SN含量较少,苦味程度较低。Roberto J等<sup>[24]</sup>研究发现,利用骆驼凝乳酶生产的阿根廷雷吉安尼托奶酪(Reggianito cheese)具有广泛的消费市场。骆驼凝乳酶与改良发酵剂联合使用制备新型低脂、低盐奶酪是其产品研发的一个方向。动物凝乳酶虽在奶酪生产中应用最广,但价格昂贵,用于奶酪生产的成本较高。植物凝乳

酶由于水解能力强,利用植物凝乳酶所生产出的奶酪,在成熟期因蛋白质较易降解而产生苦味,因此其使用很受限制<sup>[25]</sup>。微生物凝乳酶主要来源于细菌、真菌和少数放线菌。其中,大部分微生物凝乳酶表现出比动物性凝乳酶更高的催化能力及稳定性。因此产凝乳酶微生物的研究已成为凝乳酶研究的热点<sup>[26]</sup>。微生物凝乳酶的多样性,可使其满足不同种类奶酪加工所需凝乳条件的要求<sup>[27]</sup>。

## 4 国内外天然奶酪加工研究进展

### 4.1 饲养方式及原料乳质量对天然奶酪加工的影响

原料乳的质量对天然奶酪的品质起着至关重要的作用。为保障原料乳的质量,应选用体格健壮、无病害、食用有机牧草的牲畜作为乳源,其原料乳中无抗生素及有机化合物残留。在牲畜饲养过程中应避免注射生长激素<sup>[28]</sup>。不同原料乳由于酪蛋白与脂肪的含量不同,其凝乳特性也不同。不同原料乳因理化性质及微生物菌群的差异,将影响其成熟期的感官品质<sup>[29]</sup>。水牛奶因具有较高的干物质及酪蛋白含量,而被广泛用于发酵乳制品(酸奶、奶酪)、干燥剂以及冰淇淋的生产<sup>[30]</sup>。水牛奶的色泽为天然白色,利用其生产奶酪,可避免漂白剂的使用,防止奶酪中胡萝卜素等营养物质的破坏<sup>[31]</sup>。已知印度是世界上牛奶产量最高的国家,其中水牛奶的产量占牛奶总产量的57%,巴基斯坦是世界第二大水牛奶生产国,但以上两国的奶酪产量很低,并且缺乏提高奶酪产量的技术<sup>[32]</sup>。因此,优化水牛奶的生产工艺,提高其产量势在必行。不同饲养方式将影响原料乳的乳脂浓度、凝乳特性以及干物质含量,从而影响奶酪的产量<sup>[33-34]</sup>。Zendri等<sup>[35]</sup>的研究结果表明,夏季移牧可改善牛乳的品质,提高奶酪的产量及营养物质含量。

### 4.2 加工技术对天然奶酪产量及品质的影响

奶酪的感官品质、理化特性和微生物菌群受原料乳特性以及加工工艺等因素的影响<sup>[36]</sup>。奶酪独特的风味物质通常由挥发性有机化合物、非挥发性有机化合物以及无机化合物构成<sup>[37]</sup>。食品(包括乳制品)中挥发性有机化合物的含量也是目前食品质量检测的重要指标<sup>[38]</sup>。Boltar等<sup>[39]</sup>利用斯洛文尼亚维帕瓦地区的奶牛乳,首次研究报道了不同发酵剂添加量、成熟温度、成熟模式对纳诺斯奶酪(产自

斯洛文尼亚的一种传统硬质奶酪)风味的影响,结果表明,增加发酵剂的用量、提高成熟温度,能促使奶酪在成熟过程中某些挥发性有机化合物的产生,并对奶酪的感官品质产生积极的影响。在奶酪加工过程中,原料乳的凝乳pH值是影响凝乳酶活性、奶酪产量及质构形成的重要因素。Ong等<sup>[40]</sup>的研究结果表明不同凝乳pH值将影响切达奶酪的质构特征,影响其营养物质的含量。Najera等<sup>[41]</sup>的研究结果表明,凝乳pH值、凝乳温度、氯化钙添加量对原料乳的凝乳特性(RCT和CDF值)影响极显著。奶酪成熟期蛋白质的降解受残余凝乳酶活性的影响,其中凝乳酶种类、奶酪的加工工艺(热处理、热烫温度等)将显著影响残余凝乳酶的活性。Garnot验证了瑞士奶酪制作过程中大部分凝乳酶在(53℃,60 min)的热处理条件下失活<sup>[42]</sup>。Costabel等<sup>[43]</sup>研究了凝乳酶类型(牛凝乳酶与骆驼凝乳酶)和热烫温度对阿根廷雷吉阿尼托硬质干酪(Reggianito cheese)成熟期蛋白质降解的影响,结果表明,热烫温度将影响残余凝乳酶的活性。Ismail等<sup>[44]</sup>的研究结果表明,不同种类的奶酪在加工过程中残余凝乳酶的活性因热烫温度的不同而有所差异。Moynihan等<sup>[45]</sup>的研究发现,使用骆驼凝乳酶制成的马苏里拉奶酪,其成熟期蛋白质的降解率低于使用牛乳凝乳酶制成的马苏里拉奶酪,该研究结果证实了使用骆驼凝乳酶可延长马苏里拉奶酪的保质期。

使用脱脂奶粉、新鲜奶酪或者冷冻凝乳替代原料乳用于天然奶酪的生产,可在一定程度上解决原料乳短缺的问题<sup>[46]</sup>。最成功的尝试是以冷冻后的羊奶凝乳、新鲜奶酪或完全成熟的奶酪作为原料乳,代替羊奶酪的生产<sup>[47-48]</sup>。Campos等<sup>[49]</sup>为了克服西班牙伊斯帕尼科奶酪生产过程中羊奶短缺的问题,尝试以经冷冻处理后的羊奶凝乳制成奶酪,结果显示使用经冷冻处理后的羊奶凝乳所制得的奶酪,在成熟期的乳酸菌含量更为丰富且呈多样性,而乳酸菌中的肽酶有助于挥发性风味物质的形成,因此使用经冷冻处理后的羊奶凝乳生产天然奶酪,其成熟期的感官品质更佳。原料乳的巴氏杀菌处理会对原料乳中天然凝乳酶的活性以及成品奶酪的感官品质造成不良影响。在不影响奶酪风味及营养价值的前提下,在奶酪制作过程中对生乳凝块进行低温加压处理可以替代巴氏杀菌环节,并可



显著减少成品奶酪中的菌落总数<sup>[50]</sup>。目前,作为奶酪的副产物——乳清,利用率较低<sup>[51]</sup>。利用膜分离技术,将乳清转化为乳清干酪是提高乳清利用率的一种切实可行方法,既可以降低奶酪生产成本,提高奶酪产量,又可以提高乳清的利用率<sup>[52]</sup>。乳清奶酪在制作过程中,乳清pH值、加热温度以及乳清中固形物含量将影响乳清蛋白的变性,从而影响其产量<sup>[53]</sup>。意大利里科塔奶酪是由绵羊奶、山羊奶和牛奶的乳清混合制作而成的一种传统乳清奶酪,具有水分含量高、质地柔软等特点<sup>[54]</sup>。Kumar等<sup>[55]</sup>利用巴基斯坦珀尔瓦尔市努尔普尔奶牛场的水牛奶乳清加工成里科塔奶酪,提高了该传统奶酪的产量。超滤技术提供了一种在凝乳形成之前,浓缩牛奶的方法。与采用传统方法生产出的奶酪相比,采用超滤技术所生产出的奶酪具有脂肪、蛋白质及水分含量较高的特点。采用超滤技术生产奶酪可提高其产量、减少其生产成本。食盐的使用,能使超滤技术在奶酪的生产中发挥更大的优势<sup>[56]</sup>。Soltani等<sup>[57]</sup>以经过超滤技术处理的奶牛乳为原料,研究了盐浓度对伊朗白奶酪成熟期(90 d)感官品质以及乳酸菌含量的影响,结果表明,不同盐浓度对奶酪成熟期的乳酸菌含量及感官品质均有显著的影响。

## 5 结 论

原料乳的质量对天然奶酪品质的影响比加工技术更为重要,而原料乳的质量受地理环境、牲畜的健康状况、饲养方式、运输贮藏方式等方面的影响。建立严格的乳品卫生制度以及健全的冷链系统是控制原料乳质量的首要问题。采用健康的养殖方式,提高牲畜所产原料乳的品质,从而提高天然奶酪的产量及品质,是生产优质天然奶酪的基础。目前,国内天然奶酪面临产量低和生产成本高的问题,挖掘并优化国内具有代表性的天然奶酪的传统加工工艺,提高其产量及附加值,可增强天然奶酪的市场竞争力,逐渐摆脱我国天然奶酪依赖国外进口的现状。国内外天然奶酪生产均面临原料乳季节性短缺的瓶颈,利用奶酪生产过程中的副产物乳清,结合超滤技术生产乳清干酪有望突破这一瓶颈。以脱脂奶粉、冷冻后的凝乳、新鲜奶酪或完全成熟的奶酪生产天然有机奶酪也可作为缓解原料乳季节性短缺的新举措。

## 参考文献:

- [1] 史明. 三种天然奶酪加工技术[J]. 新疆畜牧业, 2015(2): 48-51.
- [2] GRYGIER A, MYSZKA K, JUZWA W, et al. Galactomyces Geotrichum Mold Isolated from a Traditional Fried Cottage Cheese Produced Omega-3 Fatty Acids[J]. International Journal of Food Microbiology, 2020, 319: 21-29.
- [3] 江泽珍. 欧洲新石器时代的陶瓷碎片上残有奶脂痕迹 奶酪制作工艺已有7500年历史[J]. 世界科学, 2013(2): 62.
- [4] 张书义. 奶酪起源与变革[J]. 中国乳业, 2017(12): 73.
- [5] 丁辉. 奶酪的制作与在西餐中的应用[J]. 中国调味品, 2013, 38(6): 118-121.
- [6] 武爱群. 奶酪的营养价值及国内消费市场培育研究[J]. 食品安全导刊, 2018(21): 166-167.
- [7] 王红. 我国奶酪进口贸易影响因素研究[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2019.
- [8] 朱增勇, 母锁森. 世界奶制品生产、贸易和消费分析[J]. 中国乳业, 2012(10): 20-22.
- [9] YANACHKINA P, DOOLAN I, LAPOINTE G, et al. Matching Starter Phenotype to Functionality for Low Salt Cheddar Cheese Production Based on Viability, Permeability, Autolysis, Enzyme Accessibility and Release in Model Systems [J]. International Dairy Journal, 2020, 19: 13-21.
- [10] CARAFA I, STOCO G, FRANCESCHI P, et al. Evaluation of Autochthonous Lactic Acid Bacteria as Starter and Non-Starter Cultures for the Production of Traditional Mountain Cheese [J]. Food Research International (Ottawa, Ont), 2019, 115: 209-218.
- [11] SILVA L F, SUNAKOZAWA T N, AMARAL D M F, et al. Safety and Technological Application of Autochthonous Streptococcus Thermophilus Cultures in the Buffalo Mozzarella Cheese [J]. Food Microbiology, 2020, 87: 11-18.
- [12] MANE A, CIOCIA F, BECK T K, et al. Proteolysis in Danish Blue Cheese during Ripening [J]. International Dairy Journal, 2019, 97: 191-200.
- [13] DE OLIVEIRA M E G, GARCIA E F, DE CÁSSIA RAMOS DO EGYPTO QUEIROGA R, et al. Technological, Physicochemical and Sensory Characteristics of a Brazilian Semi-Hard Goat Cheese (Coalho) with Added Probiotic Lactic Acid Bacteria [J]. Scientia Agricola, 2012, 69(6): 370-379.
- [14] 贾宏信, 龚广予, 郭本恒. 益生菌干酪的研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 355-360.
- [15] 侯宇. 基于商业发酵剂性能的乳酸菌的筛选及复配研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2016.
- [16] 魏光强, 王雪峰, 陈越, 等. 直接式发酵剂菌株筛选及发酵特性[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(1): 184-190.
- [17] HOVTT, LOR, BANSALN, et al. Characterisation of Lactococcus Lactis Isolates from Herbs, Fruits and Vegetables for Use as Biopreservatives Against Listeria Monocytogenes in Cheese [J]. Food Control, 2018, 85: 472-483.

- [18] 洪青. 类卡门贝尔奶酪的果香风味改善研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- [19] 朱玉英, 王存芳. 凝乳酶的发展及其在奶酪生产中的应用[J]. 乳业科学与技术, 2015, 38(4): 25-28.
- [20] MCSWEENEY P L H, SOUSA M J. Biochemical Pathways for the Production of Flavour Compounds in Cheeses during Ripening: a Review[J]. *Le Lait*, 2000, 80(3): 293-324.
- [21] SOUSA M J, ARDÖ Y, MCSWEENEY P L H. Advances in the Study of Proteolysis during Cheese Ripening[J]. *International Dairy Journal*, 2001, 11(4-7): 327-345.
- [22] 马江, 曹磊, 李学朋, 等. 三种凝乳酶干酪素理化及功能性质比较[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(4): 37-41.
- [23] 普燕, 马晓林, 张富春, 等. 骆驼凝乳酶的分子结构与制备干酪的研究现状[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 234-242.
- [24] CERUTI R J, ZORRILLA S E, SIHUFE G A. The Influence of Elevated Initial Ripening Temperature on the Proteolysis in Reggianito Cheese[J]. *Food Research International*, 2012, 48(1): 34-40.
- [25] 维亚洲, 高晶晶, 蒋阿宁. 天然干酪生产中凝乳形成的基本机理[J]. 农产品加工. 学刊, 2008(9): 10-11.
- [26] 朱艳, 罗俏俏, 马江, 等. 青海牧区产凝乳酶细菌多样性分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 87-91, 97.
- [27] 曾祺, 张志国. 微生物凝乳酶研究进展[J]. 中国乳品工业, 2019, 47(3): 30-36.
- [28] JAHANSEPA A, SHARIFI Y, AGHAZADEH M, et al. Comparative Analysis of Enterococcus Faecalis and Enterococcus Faecium Strains Isolated from Clinical Samples and Traditional Cheese Types in the Northwest of Iran: Antimicrobial Susceptibility and Virulence Traits[J]. *Archives of Microbiology*, 2020, 202(4): 765-772.
- [29] FACCIA M, GAMBACORTA G, MARTEMUCCI G, et al. Technological Attempts at Producing Cheese from Donkey Milk[J]. *Journal of Dairy Research*, 2018, 85(3): 327-330.
- [30] BHAT, G S, RAMAMURTHY. Lipid Changes During Ripening of Cheddar Cheese Made from Cow and Buffalo Milk[J]. *Journal of Dairy Science*, 1979, 31: 39-46.
- [31] BURDE, S D, SRINIVASAN, R A. Studies on Manufacture of Cheese from Buffalo Milk[R]. India: Integrated Command Accounting and Reporting, 1967.
- [32] FLEET G H, MIAN M A. The Occurrence and Growth of Yeasts in Dairy Products[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 1987, 4(2): 145-155.
- [33] 陈其芳. 不同季节牦牛奶脂肪酸分析[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2017, 33(6): 61.
- [34] AULDIST M J, GREENWOOD J S, WRIGHT M M, et al. Incorporating Mixed Rations and Formulated Grain Mixes into the Diet of Grazing Cows: Effects on Milk Composition and Coagulation Properties, and the Yield and Quality of Cheddar Cheese[J]. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(6): 4196-4205.
- [35] ZENDRI F, RAMANZIN M, CIPOLAT-GOTET C, et al. Variation of Milk Coagulation Properties, Cheese Yield, and Nutrients Recovery in Curd of Cows of Different Breeds Before, during and after Transhumance to Highland Summer Pastures[J]. *The Journal of Dairy Research*, 2017, 84(1): 39-48.
- [36] 郭琳仪. 复配益生菌及工艺条件对羊乳软质奶酪品质影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [37] 刘璐. 益生菌对干酪活性肽生成机制的影响及其结构特征的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [38] 谢文栋, 旦久罗布, 何世丞, 等. 干酪乳杆菌在牦牛奶酪制作中发酵特性的研究[J]. 中国奶牛, 2019(3): 39-42.
- [39] BOLTAR I, MAJHENIČ A Č, JARNI K, et al. Research of Volatile Compounds in Cheese Affected by Different Technological Parameters[J]. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2019, 58(1): 75-84.
- [40] ONG L, DAGASTINE R R, KENTISH S E, et al. The Effect of pH at Renneting on the Microstructure, Composition and Texture of Cheddar Cheese[J]. *Food Research International*, 2012, 48(1): 119-130.
- [41] NAJERA A I, DE RENOBAL M, BARRON L J R. Effects of pH, Temperature, CaCl<sub>2</sub> and Enzyme Concentrations on the Rennet-Clotting Properties of Milk: a Multifactorial Study[J]. *Food Chemistry*, 2003, 80(3): 345-352.
- [42] GARNOT P, MOLLE D. Heat-Stability of Milk-Clotting Enzymes in Conditions Encountered in Swiss Cheese Making[J]. *Journal of Food Science*, 1987, 52(1): 75-77.
- [43] COSTABEL L M, BERGAMINI C V, POZZA L, et al. Influence of Chymosin Type and Curd Scalding Temperature on Proteolysis of Hard Cooked Cheeses[J]. *Journal of Dairy Research*, 2015, 82(3): 375-384.
- [44] ISMAIL B, NIELSEN S S. Invited Review: Plasmin Protease in Milk: Current Knowledge and Relevance to Dairy Industry[J]. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93(11): 4999-5009.
- [45] MOYNIHAN A C, GOVINDASAMY-LUCEY S, JAEGLI J J, et al. Effect of Camel Chymosin on the Texture, Functionality, and Sensory Properties of Low-Moisture, Part-Skim Mozzarella Cheese[J]. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(1): 85-96.
- [46] ARQUÉS J L, GARDE S, GAYA P, et al. Short Communication: Inactivation of Microbial Contaminants in Raw Milk La Serena Cheese by High-Pressure Treatments[J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(3): 888-891.
- [47] ALICHANIDIS E, POLYCHRONIADOU A, TZANETAKIS N, et al. Teleme Cheese from Deep-Frozen Curd[J]. *Journal of Dairy Science*, 1981, 64(5): 732-739.
- [48] ALONSO R, PICON A, RODRÍGUEZ B, et al. Microbiological, Chemical, and Sensory Characteristics of Hispánico Cheese Manufactured Using Frozen High Pressure Treated Curds Made from Raw Ovine Milk[J]. *International Dairy Journal*, 2011, 21(7): 484-492.

- [49] CAMPOS G, ROBLES L, ALONSO R, et al. Microbial Dynamics during the Ripening of a Mixed Cow and Goat Milk Cheese Manufactured Using Frozen Goat Milk Curd[J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(10): 4766–4776.
- [50] KUMAR S, KANAWJIA S K, KUMAR S. The Effect of Varying Casein/Fat Ratio on Physicochemical and Sensory Qualities of Feta-Type Cheese Made Using Buffalo Milk[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2011, 64(3): 380–385.
- [51] KANAWJIA, S K. Effect of Protease on Flavour Development and Biochemical Changes in Buffalo Milk Cheddar Cheese[J]. *Food Science and Technology Research*, 1990, 27: 362–364.
- [52] MANOLOPOULOU E, SARANTINOPOULOS P, ZOIDOU E, et al. Evolution of Microbial Populations during Traditional Feta Cheese Manufacture and Ripening[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2003, 82(2): 153–161.
- [53] KANAWJIA, S K. Factors Affecting Compositional Quality of Cheddar Cheese from Buffalo Milk[J]. *Food Science and Technology Research*, 1992, 29: 36–39.
- [54] GIOACCHINI A M, DE SANTI M, GUESCINI M, et al. Characterization of the Volatile Organic Compounds of Italian ‘Fossa’ Cheese by Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry[J]. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2010, 24(23): 3405–3412.
- [55] KUMAR S, KANAWJIA S K, KUMAR S, et al. Comparative Study of Buffalo and Cow Milk Feta-Type Cheese with Respect to Sensory and Biochemical Characteristics during Ripening[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2014, 38(3): 823–829.
- [56] ZOMORODI S, ASL A K, ROHANI S M R, et al. Survival of *Lactobacillus Casei*, *Lactobacillus Plantarum* and *Bifidobacterium Bifidum* in Free and Microencapsulated Forms on Iranian White Cheese Produced by Ultrafiltration[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2011, 64(1): 84–91.
- [57] SOLTANI M, GUZELER N, HAYALOGLU A A. The Influence of Salt Concentration on the Chemical, Ripening and Sensory Characteristics of Iranian White Cheese Manufactured by UF-Treated Milk[J]. *The Journal of Dairy Research*, 2015, 82(3): 365–374.