

添加乳酸片球菌 AS185 的益生菌 Ricotta 干酪品质评价

高岩松, 王超, 高磊, 杨舸, 赵玉娟, 赵子健, 牛春华, 李盛钰*

(吉林省农业科学院农产品加工研究所/国家乳品加工技术研发分中心, 吉林长春 130033)

摘要: 将一株益生性乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici*) AS185 添加到 Ricotta 干酪中, 通过理化指标、质构特性、乳酸菌活菌数、挥发性成分分析等评价 AS185 对干酪品质的影响。结果表明, 经 4 °C 冷藏 21 d 后, 添加乳酸片球菌 AS185 的益生菌乳清干酪的脂肪、蛋白质和水分质量分数分别为 17.60%、27.47% 和 49.95%, pH 值为 4.75, 均与未添加益生菌的对照干酪无显著差异。贮藏 21 d, 乳酸菌活菌数为 7.45 log CFU/g, 符合益生菌产品要求; 益生菌乳清干酪的硬度、粘聚性、胶着度和咀嚼度分为 723.85 N、0.97 mm、699.58 和 699.61 mJ, 均高于对照干酪, 其质地更为结实, 更具有咀嚼感。在挥发性成分的种类和含量方面, 益生菌乳清干酪共检测出 15 类成分, 其中酸类、醇类、酮类的相对含量较高, 分别为 38.56%、24.64%、13.76%, 均高于对照组; 在外观色泽、滋味和质地方面, 益生菌干酪与对照干酪无显著差异 ($p>0.05$), 但整体可接受性方面优于对照组, 说明益生菌乳酸片球菌 AS185 的添加对干酪风味的形成有积极作用。乳酸片球菌 AS185 具有适合 Ricotta 乳清干酪加工的技术特性, 是一株有应用前景的益生菌菌株。

关键词: 乳酸菌; 乳酸片球菌; 乳清干酪; 质构; 风味

文章编号: 1673-9078(2022)10-102-108

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.10.0267

Quality Evaluation of Probiotic Ricotta Cheese Fortified with *Pediococcus acidilactici* AS185

GAO Yansong, WANG Chao, GAO Lei, YANG Ge, ZHAO Yujuan, ZHAO Zijian, NIU Chunhua, LI Shengyu*

(Institute of Agricultural Products Processing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences/ National R&D Center for Milk Processing, Changchun 130033, China)

Abstract: The probiotic *Pediococcus acidilactici* strain AS185 was added to Ricotta cheese to yield a Ricotta cheese with probiotic properties. The physicochemical characteristics, texture properties, viable count of *Lactobacilli*, and volatile components were evaluated to assess the effects of AS185 on cheese quality. After refrigeration at 4 °C for 21 days, the fat, protein, and water contents of the probiotic whey cheese with *P. acidilactici* AS185 were 17.60%, 27.47%, and 49.95%, respectively, and the pH was 4.75. These parameters do not differ significantly from those of the control whey cheese without probiotics. After 21 days of storage, the viable bacterial count of the probiotic whey cheese decreases to 7.45 log CFU/g, which meets the requirements to be considered a probiotic product. The hardness, cohesiveness, adhesiveness, and chewiness of probiotic whey cheese are 723.85 N, 0.97 mm, 699.58, and 699.61 mJ, respectively, which are all higher than those of the control. The texture of the modified cheese is stronger and chewier. Furthermore, a total of 15 components are detected in the probiotic whey cheese. The relative contents of acids, alcohols, and ketones are comparatively higher, being 38.56%, 24.64%, and 13.76%, respectively, exceeding those of the control. There is no significant difference in appearance, color, flavor, and texture between the probiotic whey cheese and the control cheese ($p>0.05$). However, the overall acceptability of probiotic whey cheese is better than that of the control, and the strain *P. acidilactici* AS185 positively promotes flavor accumulation. In short, *P. acidilactici* AS185 is a promising probiotic strain with technical characteristics suitable for Ricotta cheese processing.

Key words: lactic acid bacteria; *Pediococcus acidilactici*; whey cheese; texture; flavor

引文格式:

高岩松,王超,高磊,等.添加乳酸片球菌 AS185 的益生菌 Ricotta 干酪品质评价[J].现代食品科技,2022,38(10):102-108

GAO Yansong, WANG Chao, GAO Lei, et al. Quality evaluation of probiotic ricotta cheese fortified with *Pediococcus acidilactici* AS185 [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(10): 102-108

收稿日期: 2022-03-11

基金项目: 现代农业产业技术体系项目 (CARS-36)

作者简介: 高岩松 (1988-), 男, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 益生菌与发酵食品, E-mail: gysgerry@126.com

通讯作者: 李盛钰 (1977-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 发酵食品及功能性益生菌, E-mail: lisy720@126.com

益生菌是一类对宿主健康有促进作用的活微生物, 主要包括乳杆菌和双歧杆菌。益生菌通常用于乳制品中, 包括酸奶、奶酪和冰淇淋等。干酪是益生菌的良好载体, 益生菌添加到干酪中, 除了可以提高益生菌的存活能力, 还能增加干酪贮藏过程中的酸化, 并有利于改善干酪的质地和丰富干酪的口感、风味等^[1]。另外, 一些功能性益生菌还能赋予干酪健康促进作用^[2]。目前, 益生菌已成功融入不同的干酪品种中, 如切达干酪、高达、奶油干酪等。益生菌干酪 (Probiotic Cheese) 已成为功能食品重要的发展方向。

Ricotta 干酪是最受欢迎和最古老的乳清干酪品种^[3]。它是一种质地柔软、口味温和的非成熟干酪。传统上, Ricotta 干酪是通过加热乳清并用乳酸酸化凝固乳清蛋白来制备的, 其本质是蛋白质的共沉淀原理。Ricotta 被认为是一种健康食品, 其脂肪含量低, 蛋白质含量丰富, 又含有多种矿物质和水溶性维生素。近年来, 在 Ricotta 干酪加工技术、品质改良和新产品开发等方面不断取得新的研究进展^[4-6]。而在最近, 一些益生菌, 如嗜酸乳杆菌 (*Lactobacillus acidophilus*)、干酪乳杆菌 (*L. casei*)、乳双歧杆菌 (*Bifidobacterium lactis*) 和动物双歧杆菌 (*B. animalis*) 等应用于 Ricotta 干酪中, 开展了益生菌 Ricotta 干酪流变学、质构、微观结构和风味等方面的研究, 并开发了益生菌 Ricotta 干酪产品^[7-9]。作为益生菌的载体, 乳清干酪与其他食品相比可能更具有优势, 因为乳清干酪具有相对较高的水分含量、较高的 pH 值、较低的盐含量和较低的含氧量, 这些特性可能为益生菌提供更好的保护。但在乳清干酪基质中添加益生菌可能会对干酪的质构、感官和风味等产生不利影响。因此, 开展符合益生菌乳清干酪加工要求的优良益生菌的筛选、评价和应用研究就变得尤为重要。然而, 目前这方面的研究还有待深入。

乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici*) AS185 由自然发酵农家黄豆酱中分离获得, 菌种保藏于中国典型培养物保藏中心 (保藏编号: CCTCC NO:M 2018114)。本团队前期研究发现, AS185 菌株具有调节血脂、降低炎症粘附分子和炎症因子水平, 能有效预防和减轻大鼠早期动脉粥样硬化, 是一株有应用前景的功能益生菌新菌株^[10]。本研究开发一款添加 AS185 的益生菌 Ricotta 干酪新产品, 评价了 AS185 作为功能益生菌和附属发酵剂对干酪理化指标、质构特性、微观结构、风味发展和益生菌存活的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乳清, 本实验室加工哈罗米干酪产生的副产物乳清水 (蛋白质含量为 0.85%、脂肪含量为 0.53%、pH 值为 6.6); 无水柠檬酸 (食品级), 河南万邦实业有限公司。

改良 M17 培养基 (g/L): 胰蛋白胨 10.0, 牛肉膏 5.0, 酵母膏 2.5, 磷酸甘油二钠 10.0, 硫酸镁 0.25, 异抗坏血酸钠 0.5, 琼脂粉 20.0, pH 值 7.1~7.2, 115 °C 高压灭菌 20 min。

1.2 仪器与设备

MLS-3780 高压蒸汽灭菌锅, 日本 Sanyo 公司; BCN-1360B 无菌超净工作台, 哈尔滨东联电子技术开发有限公司; HZQ-Q 电热恒温培养箱, 上海一恒实验设备有限公司; Sorvall Evolution RC 高速冷冻离心机, 美国 Thermo 公司; HYCV-407 干酪槽, 黑龙江赫益乳业科技有限公司; Testo205 pH 计, 德国 Testo 公司; TA.XT plus 物性分析仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; GC-MS 6890N-5875B 气相色谱-质谱联用仪, 美国 Agilent 公司。

1.3 菌株及培养方法

乳酸片球菌 (*P. acidilactici*) AS185 冻存菌株在改良 M17 液体培养基中连续活化传代 3 次后, 按 3% (V/V) 接种量接种于改良 M17 液体培养基中, 37 °C 静置培养 16 h, 离心 (4 000 r/min, 4 °C, 10 min), 弃上清, 菌体沉淀用灭菌生理盐水洗涤 2 次, 离心 (5 000 r/min, 4 °C, 10 min), 用灭菌 PBS 溶液 (pH 值 7.2) 洗涤沉淀的菌体 2 次, 重悬于 PBS 溶液中, 调整菌液浓度为 1.0×10^{10} CFU/mL, 4 °C 冰箱保存, 备用。

1.4 干酪制作工艺及操作要点

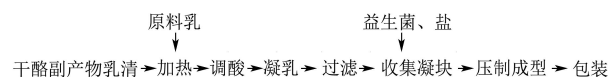


图1 益生菌乳清干酪制备流程图

Fig.1 Flow chart for preparation of probiotic Ricotta cheese

乳清干酪制作参考 Sameer 等^[9]的方法进行, 具体工艺流程略有调整 (图 1), 加工工艺要点如下:

(1) 乳清加热: 以哈罗米干酪加工的副产物乳清为原料, 将其加热至 70 °C;

(2) 原料乳处理及添加: 将生牛乳进行巴氏杀菌处理 (63 °C, 30 min), 然后按乳清水: 杀菌乳=9:1 (V/V) 的比例添加至乳清水中;

(3) 加热处理: 将混有巴氏杀菌乳的乳清加热至

90 ℃, 保持 15 min 后冷却至 75 ℃;

(4) 凝乳: 将 10% 的柠檬酸溶液缓慢加入到乳清中, 边加边搅拌, 调整乳清 pH 值 5.4, 至絮状凝块出现, 静置 5 min;

(5) 凝块收集: 用尼龙滤布 (80 目) 排出乳清, 收集凝块;

(6) 益生菌添加: 向乳清干酪凝块中添加乳酸片球菌 AS185 菌悬液, 使凝块中活菌数达到 8 log CFU/g, 对照组乳清干酪不添加益生菌

(7) 拌盐: 按乳清干酪凝块重量的 1.5% 添加无碘食用盐, 并搅拌均匀;

(8) 压制成型: 将乳清凝块装入模具中, 于 7 ℃ 进行压制处理, 0.2 MPa, 20 h。

(9) 包装与贮存: 成型后的乳清干酪用单向透气膜进行真空包装, 4 ℃ 贮存。

1.5 理化指标测定

取 4 ℃ 贮存 21 d 的对照干酪和益生菌干酪样品用于一般理化指标检测。脂肪含量测定采用 GB 5009.6-2016; 蛋白质含量测定采用 GB 5009.5-2016; 水分含量测定采用 GB 5009.3-2016; pH 值采用 Testo205 pH 计插入干酪样品直接测定。

1.6 贮存期益生菌稳定性测定

分别在于第 0 天、第 7 天、第 14 天和第 21 天取益生菌乳清干酪样品 10 g, 加入 2% 无菌柠檬酸钠溶液 90 mL, 充分均浆, 用灭菌生理盐水倍比稀释, 涂布于改良 M17 固体培养基上, 37 ℃ 静置培养 48 h, 进行菌落计数, 结果以 log CFU/g 计。

1.7 贮存期质构测定

分别于第 0 天、第 7 天、第 14 天和第 21 天取乳清干酪样品, 切成边长为 1.5 cm 的立方块, 室温放置 20 min 后, 利用 TA.XT plus 物性分析仪进行 TPA 参数测定。测量模式: 探头选择 P 0.5, 测量前探头下降速度为 1.0 mm/s; 测试速度为 1.0 mm/s, 测量后探头回程速度为 10.0 mm/s, 目标模式设置为压力, 压力选择 10%, 下压变形时间为 10.0 s, 触发力为 2 g。

1.8 挥发性成分的测定

采用 HS-SPME-GC-MS (6890N-5975B 气相色谱-质谱联用仪) 对贮存 21 d 的乳清干酪样品进行测定。前处理方法: 称取适量样品置于顶空瓶中, 密封, 在 80 ℃ 水浴中平衡 30 min, 进行萃取处理, 结束后, 用萃取针在进样口解吸 5 min。色谱柱: HP-5MS

(30 m×0.25 mm×0.25 μm); 进样口温度 250 ℃; 四极杆温度 150 ℃; 离子源温度 230 ℃; 载气流量 1.0 mL/min; 分流比: 不分流; 扫描方式: Full Scan。升温程序: 起始柱温 50 ℃, 保持 2 min, 以 5 ℃/min 的速率升至 180 ℃, 保持 5 min; 再以 10 ℃/min 的速率升至 250 ℃, 保持 5 min。采集到的质谱图利用 NIST 谱库进行检索, 鉴定样品中的挥发性成分, 并利用面积归一化法分析各成分的相对含量。

1.9 感官评定

在乳清干酪成熟 21 d 时进行感官评定。邀请 20 名从事食品研究的人员组成评定小组, 对干酪的外观色泽、滋、气味和组织状态进行感官评定。评定细则参照白建等^[11]的方法进行, 详见表 1。

表 1 感官评分标准

项目	特征	得分
外观色泽 (30分)	呈白色或微黄色, 色泽均匀, 表面光滑	25~30
	呈白色或微黄色, 色泽较均匀, 表面较光滑	20~24
	呈暗黄色, 色泽偏暗, 表面不光滑	15~19
	色泽较暗, 无光泽, 表面粗糙	10~14
滋气味 (40分)	具有奶酪特有的香味, 香味浓郁, 无异味	35~40
	滋气味良好, 但香味较淡, 无异味	30~34
	香味差, 具有略微不良风味	25~29
组织状态 (30分)	有霉味、苦味等异味	20~24
	质地均匀, 软硬适中, 有弹性, 组织细腻	25~30
	质地较均匀, 稍软或稍硬, 有弹性	20~24
	组织状态粗糙, 较硬且易碎, 无弹性	15~29

1.10 数据分析

每组实验均进行 5 次重复, 结果以平均值±标准差 (SD) 表示。采用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行差异显著性分析, 采用 GraphPad Prism 7.0 软件作图; 采用 CANOCO 4.5 软件对理化指标、质构参数、感官指标和主要挥发性成分采用 CANOCO 4.5 软件进行冗余分析 (Redundancy analysis, RDA)。

2 结果与讨论

2.1 益生菌乳清干酪理化指标分析

由表 2 可以看出, 经 21 d 的贮存后, 益生菌乳清干酪中的脂肪、蛋白质和水分质量分数分别为 17.60%、27.47% 和 49.95%, pH 值为 4.75, 与对照组乳清干酪在脂肪、蛋白质、水分含量及 pH 值方面均无显著差异 ($p > 0.05$), 说明添加乳酸片球菌 AS185 并不会对乳

清干酪的理化指标产生影响。这也与之前 Meira 等^[7] 和 Kisan 等^[8]报道的结果一致, 益生菌的添加并不会影

表 2 乳清干酪理化指标

Table 2 Physicochemical characteristics of whey cheese

分组	脂肪/%	蛋白质/%	水分/%	pH 值
对照乳清干酪	17.46±0.40 ^a	27.69±0.36 ^a	51.38±0.85 ^a	4.79±0.02 ^a
益生菌乳清干酪	17.60±0.26 ^a	27.47±0.31 ^a	49.95±0.37 ^a	4.75±0.03 ^a

注: 同一列相同字母表示差异不显著 ($p>0.05$)。

2.2 益生菌乳清干酪贮存期间微生物活菌数

的变化

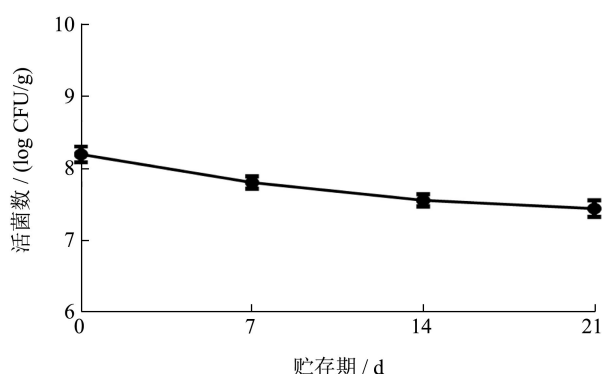


图 2 益生菌乳清干酪贮存期间乳酸菌活菌数的变化

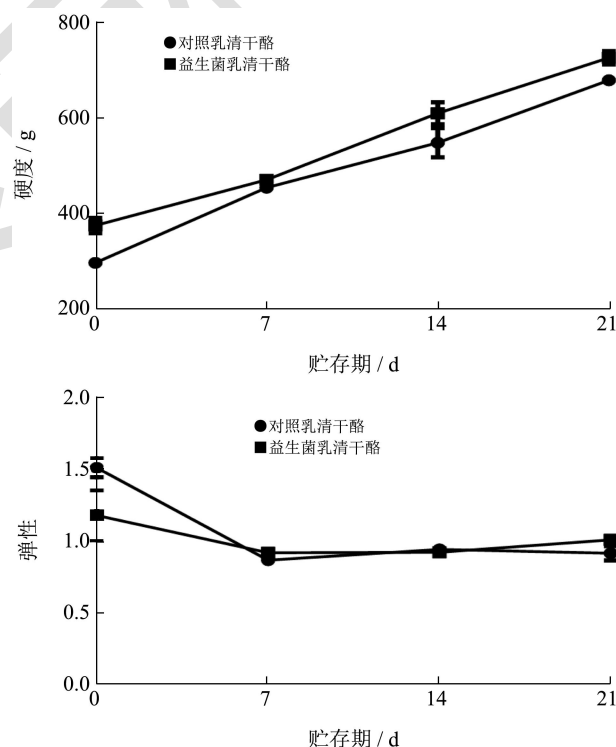
Fig.2 Changes in viable counts of probiotic whey cheese during storage

连续 3 周定期对益生菌乳清干酪中的活菌数进行了监测, 结果如图 2 所示。随贮存期的延长, 益生菌乳清干酪中活菌数呈下降趋势, 第 21 d 时, 活菌数由最初的 8.17 lg CFU/g 降至为 7.45 lg CFU/g, 仅降低不到 1 个数量级, 说明 AS185 菌株在干酪中能保持较高的存活率。而生产益生菌干酪的一个前提是在较长的干酪成熟期和储存中能够充分存活, 这是选择干酪用益生菌菌株时考虑的一个重要因素。普遍接受的益生菌食品的益生菌活菌数不低于 6.0 lg CFU/g。许多研究已经在不同类型的干酪中加入了益生菌, 如切达干酪、Cottage 干酪和新鲜干酪等, 大多数干酪都较好地保持了益生菌的存活能力, 甚至有的益生菌干酪还增加了益生菌活菌数^[12]。这些结果证实了干酪是一种很好的益生菌载体。

2.3 益生菌乳清干酪质构特性的分析

连续 3 周定期对乳清干酪的质构特性变化进行了监测, 结果如图 3 所示。在第 0 天时, 益生菌乳清干酪的硬度、粘聚性、胶着度、咀嚼度和回复性均高于对照乳清干酪, 弹性低于对照乳清干酪。随贮存期的延长, 益生菌乳清干酪和对照组干酪的硬度、咀嚼度

和胶着度在逐渐增加, 弹性、粘聚性和回复性在逐渐降低。随干酪贮存时间延长, 两组干酪的硬度均增加明显, Souza 等^[13]报道含有嗜酸乳杆菌的 Minas frescal 干酪在贮藏过程中变硬。这可能与贮存期间乳清干酪水分含量降低有关^[14]。贮存 21 d, 益生菌乳清干酪的硬度为 723.85 g, 略高于对照组干酪, 但组间差异不显著。有研究指出^[15], 优于添加益生菌, 巴西半硬质羊奶干酪 (Coalho) 在存储过程中酸化增加, 导致益生菌干酪的硬度高于对照干酪。而本研究虽然在 Ricotta 干酪中添加了益生菌 AS185, 但由于贮存期较短, 益生菌干酪与对照组干酪相比 pH 值变化不明显 (表 2), 导致两组干酪的硬度差异不显著。



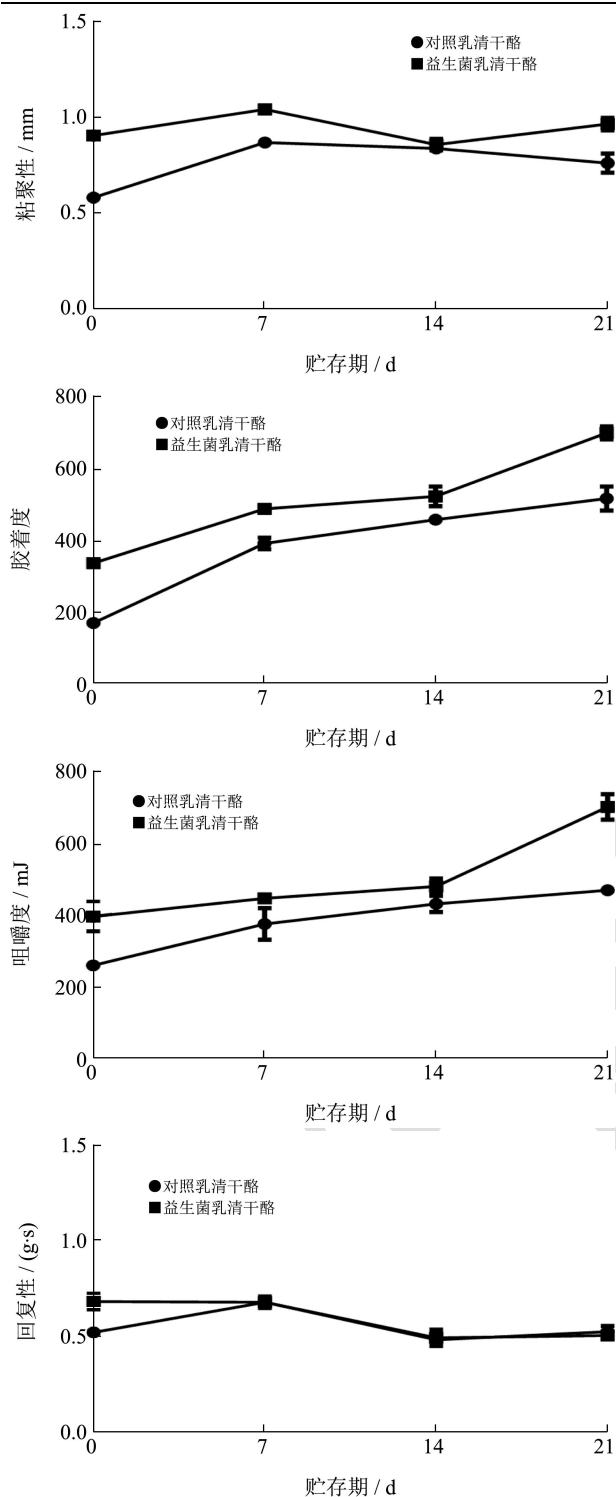


图3 乳清干酪贮存期的质构参数变化

Fig.3 Changes in texture parameters of whey cheese during storage

2.4 益生菌乳清干酪挥发性成分分析

由表3可以看出,对照乳清干酪检测出11类成分,益生菌乳清干酪检测出15类成分。对照乳清干酪检测出的挥发性成分中主要类别有烯烃类和酸类,相对含量分别为31.03%,22.20%;益生菌乳清干酪检测出的

挥发性成分中占主要类别有酸类、醇类、酮类,相对含量分别为38.56%、24.64%、13.76%。两者类别中烯烃类、醇类、酮类、酸类相对含量差别较大。烃类化合物主要来源于原料乳清,他们的阈值相对较高,对干酪整体风味的贡献较小^[6]。醇类化合物能与脂肪酸进一步形成酯,所以能间接对风味产生作用。本研究中,对照乳清干酪中检测出2种醇类化合物,相对含量7.48%;益生菌乳清干酪中检测出8种醇类化合物,相对含量24.64%。醇类化合物种类和相对含量明显高于对照组,其产生的原因主要包括:一是与添加益生菌有关;二是干酪生化反应途径中的脂肪酶对干酪中的脂肪酸进行降解生成醇类化合物;三是乙醇主要由乳糖代谢中磷酸戊糖途径生成^[7]。另外,醇类化合物还能够以氨基酸、乳糖、甲基酮还原等代谢途径进行合成。其中2,3-丁二醇可以赋予干酪水果味。郝晓娜等^[8]报道了添加植物乳杆菌的干酪醇类化合物种类多于对照组,且赋予干酪水果香味和酒香味。酮类化合物对于干酪的风味具有重要的影响,益生菌乳清干酪的酮类化合物相对含量明显高于对照组干酪,苗君莅等^[9]研究结果也证实了,添加植物乳酸杆菌的干酪,酮类化合物3-羟基-2-丁酮和2-丁酮的浓度明显高于对照组。短链脂肪酸较低的阈值保证了干酪的典型发酵风味,且每一种短链脂肪酸都有自己独特的味道。益生菌乳清干酪短链脂肪酸类化合物相对含量显著高于对照组。主要是由益生菌AS185代谢产生的,且主要相对含量增加的化合物为乙酸、辛酸、正癸酸。其中乙酸可以赋予干酪醋味,而辛酸赋予清香味和淡淡的水果酸气味。

表3 乳清干酪挥发性成分相对含量比较

Table 3 Comparison of relative contents of volatile components in whey cheeses

类别	对照乳清干酪/%	益生菌乳清干酪/%
烯烃类	31.03	3.47
烷烃类	5.38	0.50
酸类	22.20	38.56
酯类	7.11	7.40
醇类	7.78	24.64
酮类	2.03	13.76
醚类	0.00	1.45
醛类	0.00	2.65
胺类	4.50	1.13
炔烃	0.00	0.75
芳香族化合物	0.76	0.00
豚类	1.17	0.00
唑类	5.77	0.00

吡咯类	0.00	0.50
嘧啶类	0.00	1.03
噻唑类	0.00	0.30
其他	0.00	0.41

2.5 感官评定

乳清干酪贮存 21 d 后的感官评定结果如表 4 所示。益生菌乳清干酪在外观色泽、滋气味和组织状态和总分方面的分值均略高于对照乳清干酪，但与对照组比较差异不显著 ($p>0.05$)。添加益生菌的干酪至少应该保持和显示原有干酪的风味属性。益生菌对干酪风味特性的影响主要取决于益生菌的种类和添加的菌株。此外，它还取决于菌株在干酪生产和储存过程中的代谢活动。许多研究表明，向干酪中添加益生菌

并不会显著改变最终产品的风味和/或其他感官特性。例如，Papadopoulou 等^[20]报道添加植物乳杆菌 (*L. plantarum*) T571 的希腊 Feta 干酪其感官特性与对照干酪相当，表明添加乳酸菌对感官标准没有不良影响。此外，Stanton 等^[21]研究也发现，在切达干酪中添加了副干酪 (*L. paracasei*) 也得到了同样的结果。本研究的感官评定结果来看，所添加的益生菌乳酸片球菌 AS185 不影响乳清干酪的整体感官特性。也有一些研究报道，在干酪中添加益生菌会降低产品的感官（尤其是风味）可接受性，Ong 等^[22]的研究表明，添加干酪乳杆菌和 ABC 培养基（嗜酸乳杆菌 4962、*B. longum* 1941 和干酪乳杆菌 279）的干酪接受分数最低。Gomes 等^[23]也发现添加嗜酸乳杆菌的 Minas 新鲜干酪在外观、香味和质地方面得分较低，这与其 pH 值较低以及微生物的代谢产生大量的有机酸有关。

表 4 乳清干酪感官评定

Table 4 Sensory evaluation of whey cheese

分组	外观色泽 (0~30 分)	滋气味 (0~40 分)	组织状态 (0~30 分)	总分 (0~100 分)
对照乳清干酪	26.20±1.28 ^a	35.65±1.18 ^a	25.50±1.14 ^a	87.35±2.43 ^a
益生菌乳清干酪	26.30±1.34 ^a	36.55±0.88 ^a	27.05±0.99 ^a	89.90±1.94 ^a

注：同一列相同字母表示差异不显著 ($p>0.05$)。

2.6 乳清干酪理化指标、质构参数、感官评定

与主要挥发性成分 RDA 分析

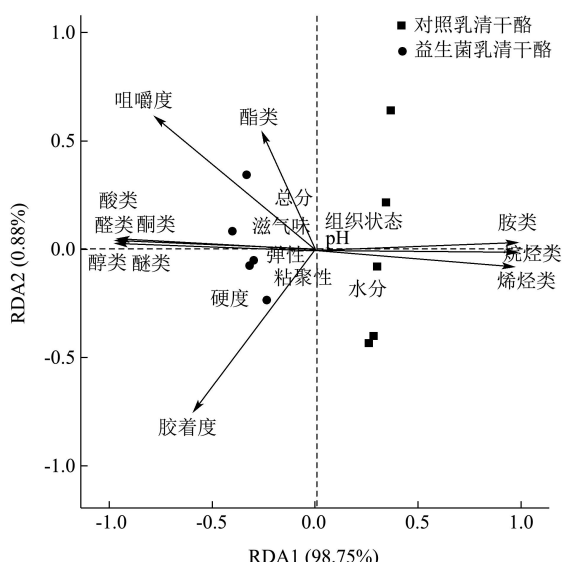


图 4 乳清干酪理化指标、质构参数、感官评定与主要挥发性成分 RDA 分析

Fig.4 Physicochemical indexes, texture parameters, sensory evaluation and RDA analysis of main volatile components of whey cheese

通过 RDA 分析考察了对照组和益生菌组乳清干酪

酪的理化指标、质构、感官及挥发性成分的相关性。结果表明 (图 4)，对照组乳清干酪与益生菌乳清干酪呈现分散趋势，提示了乳酸片球菌 AS185 的添加可以使得乳清干酪的理化性质产生明显变化。在理化性质分析中，益生菌的添加与干酪的咀嚼度、胶着度和硬度呈正相关，而与水分、pH 值、滋气味、弹性、粘聚性和感官评定总分不呈现相关性。在挥发性成分分析中，乳酸片球菌 AS185 的添加与酯类、酸类、醛类、酮类、醇类和醚类等挥发性成分的含量具有相关性，其中以酯类最为显著，而与胺类、烷烃类和烯烃类呈现的相关性较小。上述结果也进一步证实了乳酸片球菌 AS185 可以显著改善干酪的质构，并促进酯类挥发性成分的增加，同时揭示了乳酸片球菌 AS185 的添加促进了干酪的口感和风味的提升。

3 结论

综上所述，本研究将一株益生菌性乳酸片球菌 AS185 应用于 Ricotta 干酪加工，开发了一款含功能性益生菌的乳清干酪。添加乳酸片球菌 AS185 不影响 Ricotta 乳清干酪的理化指标和质构特性；AS185 菌株在干酪贮存期内保持较高的活菌数；AS185 菌株有助于促进乳清干酪风味的形成，其中酸类、醇类、酮类的相对含量均高于对照组；益生菌添加对干酪外观色泽、滋气味和组织状态方面无显著影响，但整体可接

受性方面优于对照干酪。益生菌乳酸片球菌 AS185 的添加对 Ricotta 干酪品质提升有积极作用。因此, 乳酸片球菌 AS185 是一株在益生菌乳清干酪生产中有应用前景的菌株。

参考文献

- [1] Rolim F R L, Neto O C F, Oliveira M E G, et al. Cheeses as food matrixes for probiotics: *In vitro* and *in vivo* tests [J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 100(6): 138-154
- [2] Da Cruz A G, Buriti F C A, De Souza C H B, et al. Probiotic cheese: health benefits, technological and stability aspects [J]. Trends in Food Science & Technology, 2009, 20(8): 344-354
- [3] Kisan B S, Ganguly S, Khetra Y, et al. Effect of Ricotta matrix on viability of probiotic organism exposed to simulated gastro-intestinal (GI) digestion [J]. LWT - Food Science and Technology, 2021, 151(2): 112099
- [4] Rashid A A, Huma N, Zahoor T, et al. Optimization of pH, temperature and CaCl₂ concentrations for Ricotta cheese production from buffalo cheese whey using response surface methodology [J]. Journal of Dairy Research, 2017, 84(1): 109-116
- [5] Nzekoue F K, Alesi A, Vittori S, et al. Development of functional whey cheese enriched in vitamin D₃: nutritional composition, fortification, analysis, and stability study during cheese processing and storage [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2020, 72(6): 746-756
- [6] Borba K K S, Silva F A, Madruga M S, et al. The effect of storage on nutritional, textural and sensory characteristics of creamy ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 5(49): 1279-1286
- [7] Meira Q G S, Magnani M, Cesino D M J F, et al. Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions [J]. Food Research International, 2015, 76(Pt 3): 828-838
- [8] Madureira A R, Pintado A I, Gomes A M, et al. Rheological, textural and microstructural features of probiotic whey cheeses [J]. LWT - Food Science and Technology, 2011, 44(1): 75-81
- [9] Sameer B, Sangita G, Khetra Y, et al. Development and characterization of probiotic buffalo milk Ricotta cheese [J]. LWT - Food Science and Technology, 2019, 121(1): 108944
- [10] Wang C, Wang H, Zhao Z, et al. *Pediococcus acidilactici* AS185 attenuates early atherosclerosis development through inhibition of lipid regulation and inflammation in rats [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 60: 103424
- [11] 白建, 薛建娥, 沙闯闯. 乳清在奶酪制作中的工艺优化[J]. 中国调味品, 2021, 46(10): 121-143
- [12] Karimi R, Mortazavian A M, Cruz A. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review [J]. Dairy Science & Technology, 2011, 91(3): 283-308
- [13] Souza C H B, Saad S M I. Viability of *Lactobacillus acidophilus* La-5 added solely or in co-culture with a yoghurt starter culture and implications on physicochemical and related properties of Minas fresh cheese during storage [J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(2): 633-640
- [14] Bhaskaracharya R K, Shah N P. Texture and microstructure of skim milk Mozzarella cheeses made using fat replacers [J]. Australian Journal of Dairy Technology, 2001, 56(1): 9-14
- [15] Oliveira M E G D, Garcia E F, Queiroga R D C R D E, 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
- [16] 郭婷, 余志坚, 陈超, 等. 基于快速成熟模型的藏灵菇发酵切达干酪挥发性风味物质分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 90-96
- [17] Gómez-Torres N, MartaÁvila M, Delgado D, et al. Effect of reuterin-producing *Lactobacillus reuteri* coupled with glycerol on the volatile fraction, odour and aroma of semi-hard ewe milk cheese [J]. International Journal of Food Microbiology, 2016, 232(2): 103-110
- [18] 郝晓娜, 张健, 杨亚威, 等. 益生性植物乳杆菌对切达干酪挥发性风味形成的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 49-58
- [19] 苗君莅, 莫蓓红, 高红艳, 等. 植物乳杆菌 SP-3 对干酪挥发性风味物质的影响[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(3): 31-33
- [20] Papadopoulou O S, Argyri A A, Varzakis E E, et al. Greek functional Feta cheese: Enhancing quality and safety using a *Lactobacillus plantarum* strain with probiotic potential [J]. Food Microbiology, 2018, 74(SEP): 21-33
- [21] Stanton C, Gardiner G, Lynch P B, et al. Probiotic cheese [J]. International Dairy Journal, 1998, 8(5-6): 491-496
- [22] Ong L, Henriksson A, Shah N P. Chemical analysis and sensory evaluation of Cheddar cheese produced with *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* or *Bifidobacterium* sp [J]. International Dairy Journal, 2007, 17(8): 937-945
- [23] Gomes A A, Braga S P, Cruz A G, et al. Effect of the

inoculation level of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic cheese on the physicochemical features and sensory

performance compared with commercial cheeses [J]. Journal of Dairy Science, 2011, 94(10): 4777-4786

现代食品科技