

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240115005

# 不同发酵剂对发酵驴乳酸奶在冷藏期间品质的影响

杨行<sup>1</sup>, 尹庆贺<sup>2</sup>, 王莉<sup>1</sup>, 周玉贵<sup>2</sup>, 张明<sup>2</sup>, 王玉涛<sup>1\*</sup>

(1. 喀什大学生命与地理科学学院, 新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室, 喀什 844000;

2. 新疆玉昆仑天然食品工程有限公司, 喀什 844000)

**摘要:** **目的** 研究不同发酵剂对发酵驴乳酸奶在冷藏期间品质的影响。**方法** 对 3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏期间微生物指标、理化指标和感官品质进行检测分析。**结果** 用市售酸奶 A 发酵的驴乳酸奶 LR-A 在冷藏的 1~26 d 中乳酸菌活菌数由  $69.33 \times 10^7$  CFU/mL 下降至  $0.50 \times 10^7$  CFU/mL, 用市售酸奶 B 发酵的驴乳酸奶 LR-B 冷藏前 7 d 乳酸菌活菌数显著下降 ( $P < 0.05$ ), 7 d 后又逐渐上升, 而用传统酸奶 C 发酵的驴乳酸奶 LR-C 在冷藏过程中乳酸菌活菌数一直呈上升趋势; 3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏第 14 d 时细菌菌落总数均达到最高值, 持水力在冷藏前 14 d 均呈现下降趋势, 总体口感较佳, LR-C 冷藏第 7~26 d 的持水力均高于 LR-A 和 LR-B; 随冷藏时间的延长, pH 整体呈下降趋势 (LR-B > LR-A > LR-C), 总酸度值的变化趋势与 pH 相反 (LR-C > LR-A > LR-B)。**结论** 不同发酵剂对发酵驴乳酸奶在冷藏期间品质影响差异较大, LR-A 和 LR-B 在冷藏至 26 d 时仍可饮用, LR-C 在冷藏 14 d 后因酸度太高, 超出可接受范围。

**关键词:** 发酵剂; 驴乳酸奶; 冷藏; 品质

## Effects of different starters on the quality of fermented donkey milk yogurt during cold storage

YANG Hang<sup>1</sup>, YIN Qing-He<sup>2</sup>, WANG Li<sup>1</sup>, ZHOU Yu-Gui<sup>2</sup>, ZHANG Ming<sup>2</sup>, WANG Yu-Tao<sup>1\*</sup>

(1. College of Life and Geographic Sciences, Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamirs Plateau in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashi University, Kashi 844000, China;

2. Xinjiang Yukunlun Natural Food Engineering Co., Ltd., Kashi 844000, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the effects of different starters on the quality of fermented donkey milk yogurt during cold storage. **Methods** The microbial index, physical and chemical index and sensory qualities of donkey milk yogurt fermented by 3 kinds of starter during cold storage were detected. **Results** The number of viable lactic acid bacteria in donkey milk yogurt LR-A fermented with market yogurt A decreased from  $69.33 \times 10^7$  CFU/mL to  $0.50 \times 10^7$  CFU/mL during 1–26 days of cold storage, and the number of viable lactic acid bacteria in LR-B donkey milk yogurt fermented with market yogurt B decreased significantly on the first 7 days before cold storage ( $P < 0.05$ ),

**基金项目:** 区域生物多样性保护与利用科技创新团队项目(022018055)、新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2021D01B07)

**Fund:** Supported by the Regional Biodiversity Conservation and Utilization Technology Innovation Team Project (022018055), and the Xinjiang Uygur Autonomous Region Natural Science Foundation Project (2021D01B07)

\*通信作者: 王玉涛, 博士, 教授, 主要研究方向为动物生态与分子进化研究。E-mail: wangyts@163.com

\*Corresponding author: WANG Yu-Tao, Ph.D, Professor, College of Life and Geographic Sciences, Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamirs Plateau in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashi University, Kashi 844000, China. E-mail: wangyts@163.com

and after 7 days, it gradually increased. However, the number of viable lactic acid bacteria in donkey milk yogurt LR-C fermented with traditional yogurt C showed an upward trend during cold storage. The total number of bacterial colonies of donkey milk yogurt fermented by 3 kinds of starter cultures reached the highest value on the 14th day of cold storage, and the water-holding capacity showed a decreasing trend on the first 14 days of cold storage, and the overall taste was better, and the water-holding capacity of LR-C was higher than that of LR-A and LR-B during 7–26 days of cold storage, and the pH of the whole decreased with the extension of cold storage time (LR-B>LR-A>LR-C), and the change trend of total acidity value was opposite that of pH (LR-C>LR-A>LR-B). **Conclusion** The effects of different starters on the quality of fermented donkey milk yogurt during cold storage are quite different, LR-A and LR-B are still drinkable after 26 days of cold storage, but LR-C is too acidic after 14 days of cold storage, which exceeded the acceptable range.

**KEY WORDS:** starter cultures; donkey milk yogurt; cold storage; quality

## 0 引言

驴乳自古就是一种医疗用品和滋补佳品,不仅具有较高的营养价值,而且具有较广泛的药用价值,属天然低脂、低胆固醇乳品,富含矿物质硒和上皮细胞生长因子,化学成分和人乳较接近,乳清蛋白含量比牛乳高 50%,可作为婴幼儿或儿童配方乳品/食品的基料,也适合于心血管病、肥胖症、糖尿病等患者以及年老体弱、免疫力低下人群和亚健康人群饮用,发展潜力巨大<sup>[1-6]</sup>。

液态乳、冻干粉、奶片和发酵乳是目前驴乳较常见的产品类型<sup>[7]</sup>。发酵驴乳在发酵过程中受酵母菌、乳酸菌等有益菌种作用,具有较低初始微生物负荷和较高溶菌酶含量,能形成弱凝乳,不仅营养价值、风味口感和生物活性物质进一步提升,而且乳酸、醋酸、醇类、胞外多糖、游离氨基酸和一些具特殊生理活性的氨基酸等明显增加,更易于人体消化吸收,是功能型发酵制品的良好基础原料<sup>[8-11]</sup>。发酵驴乳酸奶作为优良的保健食品,其功能研究和新产品开发,受到乳品、食品界的广泛关注。

近年来,有学者对生产优质驴乳酸奶的发酵菌群进行了研究,取得了一定的进展,如 CHIAVARI 等<sup>[12]</sup>使用鼠李糖乳杆菌和干酪乳杆菌发酵驴乳,制成发酵驴乳饮料;彭珊珊等<sup>[13]</sup>研究发现鼠李糖乳杆菌、罗伊乳杆菌等 6 株乳酸菌均可使驴乳凝乳,其中罗伊乳杆菌和植物乳杆菌凝乳最快;RANADHEERA 等<sup>[14]</sup>使用植物乳杆菌和嗜热链球菌发酵的驴乳在色泽、香味和发酵风味方面均表现出较高的评价;ASPRI 等<sup>[15]</sup>研究发现干酪乳杆菌、鼠李糖乳杆菌都能成功发酵驴乳,粪肠球菌 DM33 发酵驴乳的抗氧化能力最强、抗菌活性最高,但上述研究大部分仅是对发酵驴乳酸奶的发酵剂进行筛选和评估,对不同发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏期间的品质变化未见报道。因此,本研究以鲜驴乳、全脂乳粉、蔗糖、水为原料,选用 2 种市售酸奶和 1 种新疆南疆当地农民自制传统酸奶作为发酵剂制作凝固型驴乳酸奶,探究不同发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏期间的品

质变化,为进一步开发和研究驴乳酸奶提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

发酵剂为 2 种市售酸奶和 1 种农民自制传统酸奶(市售 A:保加利亚乳杆菌 *Lactobacillus bulgaricus*、嗜热链球菌 *Streptococcus thermophilus* 和鼠李糖乳杆菌 *Lactobacillus rhamnosus*;市售 B:保加利亚乳杆菌 *Lactobacillus bulgaricus* 和嗜热链球菌 *Streptococcus thermophilus*;传统酸奶 C:混合菌种,主要由乳酸菌、酵母菌以及其他细菌混合发酵而成),使用前检测乳酸菌活菌数均在  $10^7$  CFU/mL 以上;全脂乳粉(新疆南达乳业有限公司);蔗糖(市售);MRS 培养基、平板计数琼脂培养基(北京奥博星生物技术有限责任公司);无水乙醇、氢氧化钠、氯化钠、酚酞(分析纯,天津致远化学试剂有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

YP6002 电子天平(精度 10 mg,余姚市金诺天平仪器有限公司);LD2X-50KBSS 立式压力蒸汽灭菌锅(上海申安医疗器械厂);DHP-500 电热恒温培养箱(北京永光明医疗仪器有限公司);BCD-205HK 电冰箱(广东海信容声冰箱有限公司);PHS-3C pH 计(上海雷磁仪器厂);SW-CS-2F 净化工作台(苏州安泰空气技术有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 驴乳酸奶制作工艺

驴乳酸奶制作工艺<sup>[16]</sup>:鲜驴乳+全脂乳粉+水→预热→添加蔗糖→高温杀菌→冷却→添加发酵剂→混匀后装瓶→发酵→冷却至室温→后熟。

发酵剂使用市售酸奶 A、市售酸奶 B 和传统酸奶(乳酸菌活菌数均大于  $10^7$  CFU/mL),按 3%接种量发酵驴乳酸奶,42℃发酵 5 h 后快速冷却,放入 4℃冰箱后熟冷藏,分别命名为 LR-A、LR-B、LR-C。在发酵第 1、7、14、21 和 26 d 时,检测成品驴乳酸奶的细菌菌落总数、乳酸菌菌落总数、

pH、总酸度值、持水力,并对驴乳酸奶进行感官评价。

### 1.3.2 驴乳酸奶的感官评价

参考 CHEN 等<sup>[17]</sup>的方法,邀请食品专业的学生和食

品企业技术人员共 9 人对发酵 1、7、14、21 和 26 d 的驴乳酸奶在室温下放置 15 min 后进行感官评价。采用百分制评分方法,评分标准见表 1。

表 1 驴乳酸奶感官评价评分标准  
Table 1 Sensory evaluation and scoring standard for donkey milk yogurt

评分项目	评分标准	分数/分
组织状态 (30分)	凝乳均匀,呈现乳白色,细腻完整,轻摇后呈现粘稠状液体	21~30
	凝乳均匀,组织稍有松散,表面或瓶子四周有少许乳清析出	11~20
	凝乳不均匀,组织松散,有分层现象,有较多乳清析出	0~10
滋味气味 (30分)	有强烈的酸奶发酵的风味,驴乳香味浓郁,无异味,风味协调	21~30
	酸奶的发酵风味淡薄,驴乳的香甜味不突出,风味较协调	11~20
	感受不到发酵酸奶的风味和驴乳的香甜味,风味淡薄	0~10
口感 (40分)	具有酸奶特有的细腻湿滑,稠厚感适中,酸甜适口,奶香味浓郁,有驴乳的香甜味	31~40
	较细腻湿滑,酸味或甜味略重,奶香味不明显,稠厚感不强或较为稀薄	21~30
	较为粗糙,有沙粒感或太稀薄,酸味或甜味太重,已无奶香味和驴乳的香甜味	0~20

### 1.3.3 驴乳酸奶的理化指标测定

乳酸菌菌落数测定:参照 GB 4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》进行测定,将酸奶稀释成  $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$  的稀释液,取 1 mL 稀释液均匀涂布于 MRS 平板培养基上,每个稀释度做 3 个重复,  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  培养 48 h 后计数平板上所有菌落数。

细菌菌落总数测定:参照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行测定,将酸奶稀释成  $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$  的稀释液,取 1 mL 稀释液均匀涂布于平板计数培养基上,每个稀释度做 3 个重复,  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  培养 48 h 后计数平板上所有菌落数。

pH 的测定:采用 pH 计直接测定读数。开启酸度计预热 30 min 后,用 pH 6.86 和 pH 4.00 的标准缓冲液进行校准。重复 3 次,取平均值。

总酸度的测定:参照 GB 5413.34—2010《食品安全国家标准 乳和乳制品酸度的测定》中的方法测定,采用滴定酸度法,用吉尔涅尔度表示( $^{\circ}\text{T}$ )。取 10 mL 酸奶用 20 mL 蒸馏水稀释,加 0.5 mL 0.5% 酒精酚酞指示剂,以 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液滴定至微红色,30 s 内不褪色,消耗的氢氧化钠的毫升数乘以 10,即总酸度。测定 3 组平行,取平均值。

持水力的测定:参考廖芬等<sup>[18]</sup>的方法,取酸奶 10 g,室温下 5000 r/min 离心 30 min,弃上清液,离心管倒置 10 min 后立即称重,按照公式(1)计算持水力。测定 3 组平行,取平均值。

$$\text{持水力}/\% = \text{离心沉淀物重量}/\text{样品重量} \times 100\% \quad (1)$$

## 1.4 数据处理

每项检测指标均做 3 组平行实验,实验数据以“平均值 $\pm$ 标准偏差”表示,使用 Excel 2007 进行统计整理,用 SPSS Statistics 23 软件进行方差分析(analysis of variance,

ANOVA),用 Origin 2021、Graph Pad 9.0 软件进行制图,  $P < 0.05$  为差异显著,  $P < 0.01$  为差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 驴乳酸奶在冷藏期间微生物变化

由表 2~3 可知,不同发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏期间乳酸菌活菌数的变化差异较大,随着冷藏天数的延长,LR-A 中乳酸菌活菌数整体呈现下降趋势,第 1 d 为  $69.33 \times 10^7$  CFU/mL,第 26 d 仅剩  $0.50 \times 10^7$  CFU/mL; LR-B 中乳酸菌活菌数第 7 d 降到最低为  $3.10 \times 10^7$  CFU/mL,后又逐渐上升到  $5.7 \times 10^7$  CFU/mL; LR-C 中的乳酸菌活菌数在发酵过程一直呈上升趋势,第 1 d 仅为  $0.77 \times 10^7$  CFU/mL,第 26 d 上升至  $6.70 \times 10^7$  CFU,但 3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏的 1~26 d 中乳酸菌活菌数均大于  $1.00 \times 10^6$  CFU/mL,符合 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》的标准要求。3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏第 14 d 时细菌菌落总数均达到最高值,后又逐渐减少,LR-C 在第 21 d 和 26 d 均未检测出细菌。

表 2 3 种驴乳酸奶乳酸菌变化情况  
Table 2 Changes of lactic acid bacteria in 3 kinds of donkey milk yogurt

天数/d	LR-A( $\times 10^7$ )/ (CFU/mL)	LR-B( $\times 10^7$ )/ (CFU/mL)	LR-C( $\times 10^7$ )/ (CFU/mL)
1	69.33 $\pm$ 8.50 <sup>a</sup>	5.90 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	0.77 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>
7	32.00 $\pm$ 17.30 <sup>b</sup>	3.10 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	1.83 $\pm$ 1.80 <sup>ab</sup>
14	3.43 $\pm$ 1.70 <sup>c</sup>	3.93 $\pm$ 0.70 <sup>b</sup>	3.27 $\pm$ 4.10 <sup>ab</sup>
21	0.57 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	5.43 $\pm$ 1.30 <sup>a</sup>	5.27 $\pm$ 1.60 <sup>ab</sup>
26	0.50 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	5.70 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>	6.70 $\pm$ 0.50 <sup>a</sup>

注:同列不同小写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),下同。

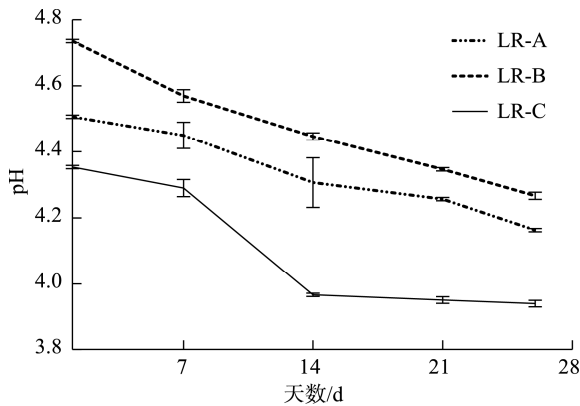
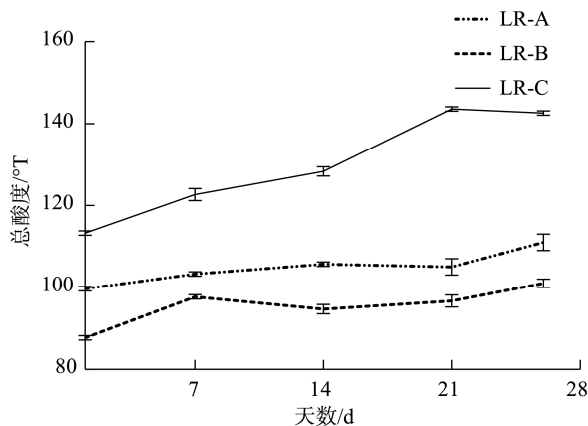
表 3 3 种驴乳酸奶细菌总数变化情况

Table 3 Changes in the total number of bacteria in 3 kinds of donkey milk yogurt

天数/d	LR-A( $\times 10^5$ )/CFU	LR-B( $\times 10^5$ )/CFU	LR-C( $\times 10^5$ )/CFU
1	0.00 <sup>c</sup>	2.87 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup>	4.27 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>
7	4.37 $\pm$ 0.80 <sup>c</sup>	10.33 $\pm$ 3.50 <sup>b</sup>	14.00 $\pm$ 5.60 <sup>a</sup>
14	24.33 $\pm$ 13.10 <sup>a</sup>	31.33 $\pm$ 8.10 <sup>a</sup>	17.00 $\pm$ 3.60 <sup>a</sup>
21	22.00 $\pm$ 3.60 <sup>a</sup>	7.67 $\pm$ 2.10 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>
26	16.33 $\pm$ 7.10 <sup>b</sup>	7.00 $\pm$ 1.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>

## 2.2 驴乳酸奶在冷藏期间产酸能力变化

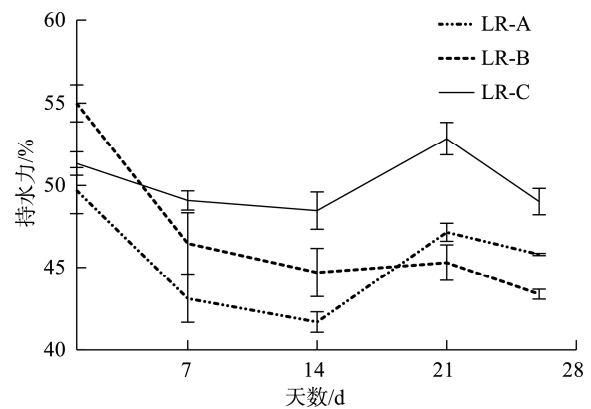
由图 1 和图 2 可知, 3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶随着冷藏时间的延长, pH 整体呈下降趋势, 总酸度值的变化趋势与 pH 相反。在 1~26 d 冷藏过程中, 总酸度值 LR-C>LR-A>LR-B, pH LR-B>LR-A>LR-C, LR-C 的 pH 在第 26 d 降至 3.94, LR-A 和 LR-B 均高于 4.20。LR-C 第 1 d 的总酸度值为 113.00 °T, 在 21 d 时达到最高为 144.00 °T。冷藏 1~26 d 期间, LR-A 总酸度值从 100.00 °T 上升到 111.00 °T, LR-B 从 88.00 °T 上升到 101.00 °T, 上升幅度较小。

图 1 3 种驴乳酸奶 pH 变化( $n=3$ )Fig.1 Changes of pH in 3 kinds of donkey milk yogurts ( $n=3$ )图 2 3 种驴乳酸奶总酸度变化( $n=3$ )Fig.2 Changes of total acidity of 3 kinds of donkey milk yogurt ( $n=3$ )

可能是传统酸奶 LR-C 采样地的少数民族更偏好于酸味较重的酸奶, 在长期传代发酵过程中存在一些产酸快、耐酸强的优势乳酸菌, 所以使得 LR-C 在冷藏过程中总酸度偏高且上升幅度较大。

## 2.3 驴乳酸奶在冷藏期间持水力变化

持水力是评价酸奶品质的一个重要指标, 酸奶持水力高, 说明酸奶凝结水分子的能力较强, 从而减少乳清析出。由图 3 可知, 3 种发酵剂发酵的驴乳酸奶持水力在前 14 d 均呈现下降趋势, LR-C 下降幅度较小, LR-A、LR-B 下降幅度较大, 分别下降了 7.98% 和 10.27%, 第 14 d 时, LR-C 持水力最高为 48.48%, LR-A 持水力降到最低为 41.7%; 14~21 d, LR-A、LR-B 和 LR-C 持水力均上升, 但 LR-A 和 LR-C 上升较快, 21~26 d, 持水力均又下降。第 7~26 d, LR-C 的持水力均高于 LR-A 和 LR-B。

图 3 3 种驴乳酸奶持水力变化( $n=3$ )Fig.3 Changes of water holding capacity of 3 kinds of donkey milk yogurt ( $n=3$ )

## 2.4 驴乳酸奶在冷藏期间感官品质变化

由表 4 可知, 冷藏前 14 d, LR-A 和 LR-B 的感官评分逐渐升高, 在第 14 d 达到最高, 14~26 d 又逐渐降低, LR-C 在冷藏过程种感官评分总体呈下降趋势。LR-A 和 LR-B 在冷藏前 14 d, 凝固性较好、无乳清析出, 组织黏稠, 口感细腻、酸甜适中, 驴乳的香甜味浓郁, 在第 14 d 时口感最佳, 随着冷藏时间延长, 有乳清开始析出, 入口有颗粒感, 酸

表 4 3 种驴乳酸奶感官评分变化情况( $n=3$ )Table 4 Changes of sensory scores of 3 kinds of donkey milk yogurt ( $n=3$ )

天数/d	LR-A/分	LR-B/分	LR-C/分
1	88.50 $\pm$ 2.10 <sup>a</sup>	85.25 $\pm$ 2.50 <sup>bc</sup>	88.25 $\pm$ 1.30 <sup>a</sup>
7	89.50 $\pm$ 1.70 <sup>a</sup>	88.50 $\pm$ 2.10 <sup>ab</sup>	88.25 $\pm$ 2.50 <sup>a</sup>
14	89.50 $\pm$ 2.60 <sup>a</sup>	90.25 $\pm$ 2.20 <sup>a</sup>	87.00 $\pm$ 1.80 <sup>a</sup>
21	84.50 $\pm$ 2.40 <sup>b</sup>	85.75 $\pm$ 1.30 <sup>bc</sup>	69.75 $\pm$ 4.80 <sup>b</sup>
26	81.75 $\pm$ 1.50 <sup>b</sup>	83.75 $\pm$ 2.60 <sup>c</sup>	63.00 $\pm$ 2.20 <sup>c</sup>

味变重,乳质变得稀松。LR-C在冷藏前14d组织均匀、酸味略重、奶香浓郁、口感较好,14~26d酸味较重,已无奶香味,可接受性降低,无法饮用。

### 3 讨论与结论

3种发酵剂发酵的驴乳酸奶,其微生物指标、理化指标和感官评价差异较大且各具优势。一般酸奶中添加的发酵剂由保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌组成,其优势是可极大减少其他微生物的污染,只要控制好两者之间的比例、接种量,就可以生产稳定的发酵产品<sup>[19]</sup>。本研究中,LR-A中添加的是保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和鼠李糖乳杆菌,鼠李糖乳杆菌是一种无毒无副作用的益生菌,具有调节人体肠道菌群、提高机体免疫力等作用,将其应用于发酵酸奶,有较高的营养价值<sup>[20]</sup>。曾丽萍等<sup>[21]</sup>使用鼠李糖乳杆菌和嗜热链球菌复配发酵出的酸乳质地细腻、风味浓郁,酸奶的保健功效得到了进一步的提升。LR-A在冷藏期间乳酸菌活菌数呈现大幅下降趋势,与孟令帅等<sup>[22]</sup>的研究一致,可能是由于在冷藏过程中,随着pH降低,总酸度升高,LR-A中3种发酵组合菌种的耐酸性下降,从而导致乳酸菌活菌数大幅下降。LR-B中添加的是保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌,冷藏期间,LR-B的总酸度值均低于LR-A,冷藏前14d,LR-B的持水力高于LR-A,发酵的驴乳酸奶组织黏稠、结构稳定、驴乳香味浓郁、无乳清析出现象,感官评分较高,口感风味较好。LR-B在冷藏期间乳酸菌活菌数先下降再上升的变化趋势与倪晓宇等<sup>[23]</sup>研究一致。LR-C中添加的是传统酸奶,主要是乳酸菌、酵母菌以及其他细菌组成的混合菌种,LR-C在冷藏期间乳酸菌活菌数一直保持上升趋势,在第26d时仍保持较高的活菌数,并且LR-C在第14d后其pH就已经下降到4.00以下,说明其中的乳酸菌活性较高、产酸性较强、耐酸性较强。传统酸奶中的混合菌种是经过世代的选择和环境驯化,一代一代保留下来的,其中虽然存在一些产酸较强、活性较高,以及产生特殊香味物质的优良菌群,但由于其中菌群的产酸较快、产酸较高、发酵时间难以控制等不确定因素较多,会影响驴乳酸奶在冷藏过程中品质的稳定性和可接受性<sup>[24-27]</sup>。所以对传统酸奶中混合菌种进行分离鉴定,筛选出性能优良稳定的菌株,再将其利用于驴乳发酵,可以生产出风味独特、品质稳定的驴乳酸奶。

因驴乳总干物质较低,以生驴乳为原料制作的发酵酸奶,产品稀薄,凝乳和质构较差,本研究用3种发酵剂发酵驴乳酸奶时添加了一定量的全脂乳粉,发酵的最终成品为凝固型驴乳酸奶,国外已有研究用嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌发酵驴乳,生产出一种功能型的发酵饮料<sup>[28]</sup>。TURCHI等<sup>[29]</sup>以植物乳杆菌和嗜热链球菌为发酵剂制作驴乳发酵饮料,其中植物乳杆菌能够加快球菌的增殖,从而加快酸化的过程,使驴乳发酵饮料有更好的口感,同时指

出虽然驴乳中溶菌酶含量较高,但乳酸菌对溶菌酶有显著抗性;TIDONA等<sup>[30]</sup>以两株嗜热链球菌组合发酵了驴乳饮料,并添加了葵花籽油,补充了驴乳的低能量,改善了发酵驴乳饮料的质地和健康特性。目前含有活菌的益生菌饮料,备受消费者喜爱和关注,所以开发含有活性益生菌的发酵驴乳饮料,市场前景广阔。

本研究通过对3种发酵剂发酵的驴乳酸奶在冷藏期间微生物指标、理化指标和感官评价的结果分析发现,LR-A、LR-B在前14d饮用口感最佳,之后稍有下降;LR-C因使用本地传统酸奶作为发酵剂,其中的混合菌群产酸快、产酸强,使酸奶酸度持续上升,冷藏14d后酸味较重,已无奶香味,可接受性降低,无法饮用。后期可对本地传统酸奶中的乳酸菌进行分离鉴定,筛选出产酸能力强、后酸化能力弱的优势菌种,运用于发酵驴乳酸奶,生产出风味独特、品质稳定的驴乳酸奶产品。

### 参考文献

- [1] 陆东林, 张明. 新疆疆岳驴乳研究进展[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(2): 32-36.  
LU DL, ZHANG M. Research progress of Xinjiang Jiangyue donkey milk [J]. Chin Dairy Ind, 2013, 41(2): 32-36.
- [2] 陆东林, 李景芳. 驴乳的营养成分含量声称和适用人群[J]. 中国乳业, 2016, (6): 58-61.  
LU DL, LI JF. Claim and applicable population of nutritional content of donkey milk [J]. Chin Dairy Ind, 2016, (6): 58-61.
- [3] ZHANG XY, ZHAO L, JIANG L, *et al.* The antimicrobial activity of donkey milk and its microflora changes during storage [J]. Food Control, 2008, 19(12): 1191-1195.
- [4] MAO X, GU J, SUN Y, *et al.* Anti-proliferative and anti-tumour effect of active components in donkey milk on A549 human lung cancer cells [J]. Int Dairy J, 2009, 19(11): 703-708.
- [5] 陆东林, 李景芳. 驴乳的保健作用[J]. 新疆畜牧业, 2016, (4): 9-12.  
LU DL, LI JF. Health care function of donkey milk [J]. Anim Husb Xinjiang, 2016, (4): 9-12.
- [6] 马龙, 苏德奇, 姬凤彩, 等. 鲜驴奶的保健功效研究[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 423-426.  
MA L, SU DQ, JI FC, *et al.* Study on health protection efficacy of fresh donkey's milk [J]. Food Sci, 2008, 29(5): 423-426.
- [7] 刘飞, 魏健, 姜蕾, 等. 发酵驴乳的研究现状及展望[J]. 中国乳业, 2023, (5): 87-92.  
LIU F, WEI J, JIANG L, *et al.* Research status and prospect of fermented donkey milk [J]. China Dairy, 2023, (5): 87-92.
- [8] 孟晓华. 市售酸奶中乳酸菌的分离与鉴定[J]. 农产品加工, 2017, (8): 40-42.  
MENG XH. The separation and identification of lactic acid bacteria from the yogurt sold in Hebi City [J]. Acad Period Farm Prod Proc, 2017, (8): 40-42.
- [9] 许龙, 张冬洁, 李洪亮, 等. 酸奶发展的研究进展[J]. 农产品加工, 2019, (12): 87-89.  
XU L, ZHANG DJ, LI HL, *et al.* Research progress of yoghurt development [J]. Acad Period Farm Prod Proc, 2019, (12): 87-89.

- [10] 苟小刚, 杨行, 张明, 等. 驴酸奶冷藏期间挥发性风味物质成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(2): 585–592.  
GOU XG, YANG H, ZHANG M, *et al.* Analysis of volatile flavor components of donkey milk yogurt during cold storage [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(2): 585–592.
- [11] ASPRI M, ECONOMOU N, PAPADEMIS P. Donkey milk: An overview on functionality, technology, and future prospects [J]. *Food Rev Int*, 2016, 33(3): 316–333.
- [12] CHIAVARI C, COLORETTI F, NANNI M, *et al.* Use of donkey's milk for a fermented beverage with *Lactobacilli* [J]. *Le Lait*, 2005, 85(6): 481–490.
- [13] 彭珊珊, 李胜杰, 陈廷涛, 等. 发酵驴奶乳酸菌的筛选及其生理作用[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 143–147.  
PENG SS, LI SJ, CHEN TT, *et al.* Screening and physiological function of lactic acid bacteria strain for fermented donkey milk [J]. *Food Sci*, 2013, 34(15): 143–147.
- [14] RANADHEERA CS, NAUMOVSKI N, AJLOUNI S. Non-bovine milk products as emerging probiotic carriers: Recent developments and innovations [J]. *Curr Opin Food Sci*, 2018, 1: S2214799318300110.
- [15] ASPRI M, LENI G, GALAVERNA G, *et al.* Bioactive properties of fermented donkey milk, before and after *in vitro* simulated gastrointestinal digestion [J]. *Food Chem*, 2018, 268: 476–484.
- [16] 贾亚婷, 郭艳梅, 蔡逸安, 等. 不同菌种发酵乳品质与抗氧化能力研究[J]. 中国乳品工业, 2017, 45(9): 22–25.  
JIA YT, GUO YM, CAI YAN, *et al.* Research of quality and antioxidant capacity for fermented milk with different strains [J]. *Chin Dairy Ind*, 2017, 45(9): 22–25.
- [17] CHEN L, OPARA UL. Texture measurement approaches in fresh and processed foods-A review [J]. *Food Res Int*, 2013, 51(2): 823–835.
- [18] 廖芬, 刘国明, 郑凤锦, 等. 不同稳定剂对香蕉凝固型酸奶品质的影响[J]. 南方农业学报, 2015, (1): 123–127.  
LIAO F, LIU GM, ZHENG FJ, *et al.* Effects of stabilizers on the quality of banana set yoghurt [J]. *J Southern Agric*, 2015, (1): 123–127.
- [19] 杨仁琴, 印伯星. 酸奶加工技术研究进展[J]. 食品工业, 2017, (6): 243–247.  
YANG RQ, YIN BX. Research progress of yogurt processing technology [J]. *Food Ind*, 2017, (6): 243–247.
- [20] 李惠英. 鼠李糖乳杆菌(LGG)的功能特性及其应用前景[J]. 临床医药文献电子杂志, 2017, 4(50): 9889, 9891.  
LI HY. Functional properties and application prospect of *Lactobacillus rhamnosus* [J]. *J Clin Med Liter (Elec Ed)*, 2017, 4(50): 9889, 9891.
- [21] 曾丽萍, 王欣璐, 李启明, 等. 鼠李糖乳杆菌与嗜热链球菌复配发酵乳的工艺优化[J]. 中国乳品工业, 2017, 45(2): 47–50, 60.  
ZENG LP, WANG XL, LI QM, *et al.* Technological optimization of mixed fermented milk prepared by *Lactobacillus rhamnosus* and *Streptococcus thermophilus* [J]. *Chin Dairy Ind*, 2017, 45(2): 47–50, 60.
- [22] 孟令帅, 徐鑫, 刘倩颖, 等. 市售酸奶在贮存期间品质变化分析[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(7): 161–165.  
MENG LS, XU X, LIU QY, *et al.* Quality change analysis on commercial yogurt during storage [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(7): 161–165.
- [23] 倪晓宇, 王建红. 乳酸菌饮料在不同贮存温度下乳酸菌和酸度的变化分析[J]. 中国乳业, 2014, (6): 51–53.  
NI XY, WANG JH. Analysis of changes in lactic acid bacteria and acidity of lactic acid bacteria beverages at different storage temperatures [J]. *Chin Dairy Ind*, 2014, (6): 51–53.
- [24] 高智辉, 纪忠妍, 王雷喜, 等. 芝麻酚对鱼油酸奶品质及氧化稳定性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(9): 284–291.  
GAO ZH, JI ZY, WANG LX, *et al.* Effects of sesamol on the quality and oxidative stability of fish oil yogurt [J]. *J Food Saf Qual*, 2023, 14(9): 284–291.
- [25] 杨行, 王莉, 郭丽君, 等. 新疆喀什地区传统酸奶中乳酸菌的分离鉴定及产酸能力评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(2): 102–107.  
YANG H, WANG L, GUO LJ, *et al.* Screening and identification of lactic acid bacteria from traditional yoghurt in Kashi region and its acid-producing characteristics [J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(2): 102–107.
- [26] 肖瑀, 许睿. 酸奶发酵机理及后酸化控制措施[J]. 食品安全导刊, 2024, (1): 139–141.  
XIAO Y, XU R. Mechanism of yogurt fermentation and post-acidification control measures [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2024, (1): 139–141.
- [27] 西热娜依·阿布力克木, 穆耶赛尔·玉苏普, 努尔古丽·热合曼. 新疆传统发酵酸奶中可产生生物膜乳酸菌的筛选及鉴定[J]. 食品与发酵工业, 2017, (7): 133–138.  
XIRINAYI ABLKM, MUYESAIE R YSP, NUERGULI RHM. Screening and identification of lactic acid bacteria forming biofilm in traditional fermented yoghurt of southern Xinjiang [J]. *Food Ferment Ind*, 2017, (7): 133–138.
- [28] PERNA A, INTAGLIETTA I, SIMONETTI A, *et al.* Donkey milk for manufacture of novel functional fermented beverages [J]. *J Food Sci*, 2015, 80(6): 1352–1359.
- [29] TURCHI B, TORRACCA B, FRATINI F, *et al.* *Lactobacillus plantarum*, and *Streptococcus thermophilus*, as starter cultures for a donkey milk fermented beverage [J]. *Int J Food Microbiol*, 2017, 256: 54–61.
- [30] TIDONA F, CHARFI I, POVOLO M, *et al.* Fermented beverage emulsion based on donkey milk with sunflower oil [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2015, 50(12): 2644–2652.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

## 作者简介



杨行, 硕士研究生, 主要研究方向为乳品生物技术与工程。  
E-mail: yanghangks@163.com



王玉涛, 博士, 教授, 主要研究方向为动物生态与分子进化研究。  
E-mail: wangyutgs@163.com