

# 酸驼乳发酵乳酸菌菌株的筛选及其发酵特性研究

熊磊<sup>1</sup>, 赵建新<sup>1</sup>, 范大明<sup>1</sup>, 刘小鸣<sup>1</sup>, 闫博文<sup>1</sup>, 王丽云<sup>1</sup>, 陈卫<sup>1,2</sup>, 张灏<sup>1</sup>

(1. 江南大学食品学院, 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122)

(2. 北京工商大学, 食品营养与人类健康北京高精尖创新中心, 北京 100048)

**摘要:** 对新疆自然发酵骆驼乳中乳酸菌菌群进行分离鉴定得到五株乳酸菌, 其中乳杆菌 3 株分别为瑞士乳杆菌 (*Lactobacillus helveticus*)、植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantum*) 和开菲尔乳杆菌 (*Lactobacillus kefir*), 片球菌 2 株分别为乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici*) 戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*)。分离鉴定出的五株乳酸菌在培养基中生长良好, 其活菌数在培养 16 h 后能达到  $10^9$  CFU/mL。将传统酸奶发酵剂接种于骆驼乳中并于 42 °C 条件下培养, 发现其在骆驼乳中能较好地产酸, 其添加量在 0.1% 时最适。将筛选到的乳酸菌制备成生产发酵剂与传统酸奶发酵剂复配, 得到瑞士乳杆菌组的复配效果最佳, 具有最优的产酸效果, 在经过 6 h 发酵后 pH 值降到 4.5 左右, 酸度达到 85 °T, 且制备的发酵骆驼乳具有最好的感官品质, 其感官评分明显高于其他菌株复配进行发酵的骆驼乳产品。因此, 可将 0.1% 传统酸奶发酵剂与筛选到的瑞士乳杆菌制备的生产发酵剂复配应用于酸驼乳发酵。

**关键词:** 发酵乳; 酸度; 感官品质

文章编号: 1673-9078(2016)9-84-89

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.9.013

## Screening and Fermentation Characteristics of a Lactic Acid Bacterial Strain in Acid Camel Milk

XIONG Lei<sup>1</sup>, ZHAO Jian-xin<sup>1</sup>, FAN Da-ming<sup>1</sup>, LIU Xiao-ming<sup>1</sup>, YAN Bo-wen<sup>1</sup>, WANG Li-yun<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Hao<sup>1</sup>

(1.State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China) (2.Beijing Innovation Centre of Food Nutrition and Human Health, Beijing Technology & Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Five strains of lactic acid bacteria (LAB) were isolated and identified in Xinjiang naturally fermented camel milk, including three strains of lactobacilli (*Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantum*, and *Lactobacillus kefir*) and two strains of *Pediococcus acidilactici* (*Pediococcus acidilactici* and *Pediococcus pentosaceus*). These LAB strains showed good growth in the culture medium, where the viable cell count reached  $10^9$  colony-forming units (CFU)/mL after 16 h of cultivation. Traditional yogurt starter culture was inoculated in camel milk and incubated at 42 °C and the results showed effective acid production, where optimum acid production was achieved with 0.1% traditional yogurt starter culture. The isolated LAB strains were prepared as fermenting agents combined with traditional yogurt starter culture. The combination using *Lactobacillus helveticus* exhibited optimal synergistic effect and acid-generating efficiency. After six hours of fermentation, the pH value reached approximately 4.5, with acidity value of 85 °T. Furthermore, the fermented camel milk showed higher sensory quality and a higher sensory evaluation score compared with fermented camel milk samples prepared using combinations of other strains. Therefore, the fermenting agent combination of 0.1% traditional yogurt starter with *Lactobacillus helveticus* strains can be used for acid camel milk fermentation.

**Key words:** fermented milk; acidity; sensory evaluation

骆驼乳是一类具有高营养价值及药用价值的乳

收稿日期:

品。骆驼乳中含有的多种维生素、人体必需氨基酸、蛋白质和钙的量均高于牛奶。并且, 有专家曾提到: 骆驼奶可以帮助糖尿病患者减少对胰岛素的需求, 同时, 由于骆驼奶是一种非过敏的奶, 因此它对婴儿也很有益, 此外, 骆驼奶对消化道溃疡、高血压等疾病

都有医疗辅助作用<sup>[1~3]</sup>。

骆驼乳是新疆、内蒙古、宁夏、甘肃荒漠和半荒漠地区牧民奶食品的重要来源之一, 牧民用驼奶做干酪、酸奶和奶酒等奶食品是他们的主要营养来源之一。这些传统乳制品中保留了许多具有优良特性的乳酸菌, 为发酵乳制品菌种的分离筛选以及酸乳发酵剂的研究开发提供了宝贵的资源。

传统酸奶发酵菌一般包括保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌, 而通过添加其他益生菌可以增加酸奶的额外营养、生理价值。大部分益生性乳酸菌不仅具有较强的产酸能力, 并且可能代谢的产物不同, 会使酸奶具有某些独特的风味, 所以在应用益生性乳酸菌生产酸奶制品时不仅要注意他可以产生独特风味物质, 还要注意它的产酸, 因为这可能影响酸奶品质<sup>[4-7]</sup>。近年来由于骆驼乳资源的减少, 骆驼乳开的不具规模化使得发酵骆驼乳产品的开发形势愈加严峻。自然发酵骆驼乳中的优势乳酸菌菌群也面临着消亡的危险。本研究从自然发酵骆驼乳中筛选出传代性好, 生长活力较高的优良乳酸菌菌株, 并与传统的酸奶发酵剂复配, 突破传统酸奶发酵剂中保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的局限。制得具有较好产酸特性和能赋予发酵骆驼乳产品较好感官品质的高活力发酵剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与方法

#### 1.1.1 样品来源

自然发酵骆驼乳样品采集于新疆哈萨克族牧民家中, 置于冰盒中 4 °C 条件下运回实验室。

#### 1.1.2 培养基

分离纯化用培养基 (MRS 培养基): 蛋白胨 10 g, 牛肉膏 10 g, 酵母提取物 5 g, 葡萄糖 20 g, 乙酸钠 5 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.1 g,  $MnSO_4 \cdot H_2O$  0.05 g, 柠檬酸二铵 2 g,  $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$  2.6 g, 吐温 80 1 mL, 去离子水 1000 mL, 115 °C 下灭菌 20 min。

母发酵剂的制备: 将乳酸菌发酵液以 2% 的接种量接种于骆驼乳中, 该骆驼乳为脱脂驼乳粉以 1:9 的水粉比复原, 经 115 °C, 20 min 灭菌后冷却至 45 °C 左右, 42 °C 培养 16 h。

生产发酵剂的制备: 将母发酵剂以 2% 的接种量接种于骆驼乳中, 该骆驼乳为脱脂驼乳粉以 1:9 的水粉比复原, 经 115 °C, 20 min 灭菌后冷却至 45 °C 左右, 42 °C 培养 16 h。

#### 1.1.3 仪器与设备

MLS-3750 高压蒸汽灭菌锅, 日本 SANYO 公司; ZHJH-C1109B 垂直流超净工作台, 上海智城分析仪器制造有限公司; GRP-9160 型隔水式恒温培养箱, 上海森信实验仪器有限公司; WH-2 微型漩涡振荡器, 上海沪西分析仪器厂有限公司; DFC 425C 荧光显微镜, 德国 Leica 公司; Centrifuge 5424R 低温冷冻离心机, 德国 eppendorf 公司; T100™ Thermal Cycler PCR 仪, 美国 BIO-RAD 公司; PowerPac Basic 电泳仪, 美

国 BIO-RAD 公司。FE20 pH 计, 梅特勒-托利多 (上海) 有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 乳酸菌的分离与纯化

无菌称取原料 1 mL, 放入盛有 9 mL 无菌生理盐水的试管中。用漩涡振荡器混匀, 取 1 mL 加入到 9 mL 无菌水的试管中进行梯度稀释, 稀释度分别为  $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$  和  $10^{-6}$ 。吸取  $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$  和  $10^{-6}$  的菌液 0.1 mL 涂布, 37 °C 倒置培养 48 h。对细菌进行革兰氏染色, 并在荧光显微镜下进行观察。挑选出菌落形态有差异的菌株再接种于 MRS 固体培养基中, 进行划线分离, 37 °C 倒置培养 24 h。挑出单菌落再次进行划线分离, 37 °C 倒置培养 24 h。将单菌落接种至液体 MRS 培养基中, 37 °C 培养 20 h, 活化 2~3 代。

#### 1.2.2 乳酸菌的 16S rDNA 的提取

取菌体 (培养 12 h) 1 mL 至 1.5 mL Ep 管, 10000 r/min 离心 2 min, 弃上清, 得菌体。加入 1 mL 无菌水吹打洗菌体后, 10000 r/min 离心 2 min, 弃上清, 得菌体。加入 200  $\mu$ L SDS 裂解液, 80 °C 水浴 3 min。加入酚氯仿 200  $\mu$ L 于菌体裂解液中。加入 400  $\mu$ L 冰乙醇 (或冰异丙醇) 于 200  $\mu$ L 上清液中, -20 °C 静置 >30 min, 12000 r/min 离心 5~10 min, 弃上清。加入 500  $\mu$ L 70% 冰乙醇重悬沉淀, 12000 r/min 离心 1~3 min, 弃上清。置于 60 °C 烘箱中烘 1 min。加入 50  $\mu$ L ddH<sub>2</sub>O 以备 PCR。

细菌 16S rDNA 50  $\mu$ L PCR 反应体系: 10 $\times$ buffer 5  $\mu$ L, dNTP 5  $\mu$ L, 27F 0.5  $\mu$ L, 1492R 0.5  $\mu$ L, taq 酶 0.5  $\mu$ L, 模板 1.5  $\mu$ L, 双蒸水 37  $\mu$ L。上游引物 27F 的序列: 5'-AGAGTTTGATCCTGGCCTCA-3', 下游引物 1492R 的序列: 5'-GGTACCTTGTTACGACTT-3'。PCR 扩增条件为: 95 °C 预变性 3 min; 95 °C 变性 10 s; 55 °C 退火 30 s; 72 °C 延伸 30 s; 72 °C 保温 5 min; 从变性到延伸进行 35 个循环。

PCR 扩增产物的测序和序列分析: 16S rRNA 扩增产物经纯度检测后, 委托上海桑尼生物科技有限公司进行测序。将得到的序列结果使用 BLAST 在 GeneBank 中进行搜索和相似性对比。99%~100% 全序列相似性的细菌, 判定为同一个种<sup>[8-10]</sup>。

#### 1.2.3 自然发酵骆驼乳中乳酸菌分离菌株系统发育树的构建

根据 BLAST 比对结果, 下载相应菌株的模式菌株的序列, 用 MEGA 5.1 软件构建分离菌株的系统发

育树,对分离菌株的亲缘关系进行分析。

### 1.2.4 乳酸菌耐酸和耐胆盐实验

用 3 mol/L HCl 调节 MRS 液体培养基的 pH 值分别为 3.0 和 2.5,接入 2%的乳酸菌,37 °C 培养 3 h,计算存活率<sup>[2]</sup>。

用牛胆盐调节 MRS 液体培养基的胆盐浓度分别为 0.3%和 0.1%,接入 2%的乳酸菌,37 °C 培养 3 h,计算存活率<sup>[2]</sup>。

### 1.2.5 乳酸菌生长曲线的测定

每隔 2 h 对乳酸菌发酵液进行以此菌落计数,确定最佳的培养时间<sup>[2,14]</sup>。

### 1.2.6 使用不同发酵剂的酸乳样品制备

将骆驼乳粉与温水(45~55 °C)以 1:9 的比例复原,于 4 °C 下冷藏过夜。加入占总质量比重为 7.5%的白砂糖。将原料加热至 60~65 °C 进行均质,均质压力为 20 MPa。再将原料加热至 90~95 °C 进行杀菌,杀菌时间为 5 min。在原料温度降至 43~45 °C 时,分别接入 2%的乳酸菌生产发酵剂及 0.1%的传统酸奶发酵剂(为保加利亚乳杆菌:嗜热链球菌=1:1 的冻干菌粉),共分为六组,其中五组各添加不同的乳酸菌制备的生产发酵剂,另一组为“空白”对照,即不添加生产发酵剂,只采用传统酸奶发酵剂进行发酵。每组样品于 42 °C 恒温发酵。发酵后的酸乳于 4 °C 条件下冷藏 36

h。

1.2.7 使用不同添加量发酵剂的酸乳样品制备  
将产酸较好的菌株制备的发酵剂分别以 1%、2%和 3%的比例与不同添加量的传统酸奶发酵剂复配。酸奶样品制备方法同 1.2.7。

### 1.2.8 酸度的测定

称取 10 g (精确到 0.001 g) 已混匀的试样,置于 150 mL 锥形瓶中,加 20 mL 新煮沸冷却至室温的水,混匀,用氢氧化钠标准溶液电位滴定至 pH 8.3 为终点;酸度值的计算公式如下<sup>[11]</sup>:

$$X_2 = \frac{c_2 \times V_2 \times 100}{m_2 \times 0.1}$$

式中: X<sub>2</sub>-试样的酸度,单位为度(°T); c<sub>2</sub>-氢氧化钠标准溶液的摩尔浓度,单位为摩尔每升(mol/L); V<sub>2</sub>-滴定时消耗氢氧化钠标准溶液体积,单位为毫升(mL); m<sub>2</sub>-试样的质量,单位为克(g); 0.1-酸度理论定义氢氧化钠的摩尔浓度,单位为摩尔每升(mol/L)。

### 1.2.9 感官评价方法

本实验采用感官品质综合评分法。选 5 人对产品进行感官评分,并算最后平均值。评分标准见表 1<sup>[12]</sup>。

### 1.2.10 数据统计分析

本文采用 Excel 和 SPSS 19 软件对实验数据分析。

表 1 感官品质综合评分标准

Table 1 Comprehensive sensory evaluation standards for yogurt

项目	等级
色泽(30分)	25~30分: 淡乳黄色, 均匀一致; 18~25分: 色泽好, 略分层; 0~18分: 有沉淀, 色泽差
口感(15分)	12~15分: 细腻均匀, 口感纯正; 9~12分: 略淡, 口感不纯; 0~9分: 口感较差
酸味(15分)	12~15分: 适宜; 9~12分: 不足; 0~9分: 略淡
甜味(15分)	12~15分: 适宜; 9~12分: 不足; 0~9分: 略淡
乳味(15分)	12~15分: 适宜; 9~12分: 不足; 0~9分: 略淡

## 2 结果与讨论

### 2.1 自然发酵骆驼乳中乳酸菌的分离鉴定

#### 2.1.1 自然发酵骆驼乳中乳酸菌的 16S rDNA 序列比对

表 2 测序结果经过 BLAST 对比的相似性分析

Table 2 Analysis of sequence similarity on the sequencing results using BLAST

菌株编号	测序结果描述	序列长度	E 值	相似性/%
M4	<i>Lactobacillus kefir</i> strain NM180-3	1440	0.0	100
a4	<i>Lactobacillus plantrum</i> strain 1.0557CGMCC	1436	0.0	99
YA4	<i>Lactobacillus helveticus</i> IMAU30044	1440	0.0	99
h6	<i>Pediococcus acidilactici</i> strain JFP1	1438	0.0	100
a7	<i>Pediococcus pentosaceus</i> strain LAB2	1436	0.0	99

#### 2.1.2 自然发酵骆驼乳中乳酸菌系统发育树的构建

根据 NCBI Blast 的比对结果,把每个分离自自然发酵骆驼乳的五株乳酸菌,用软件 MEGA 5.10 构建系

统发育树。从图 1 中可知：分离菌株和相对应的模式菌株都聚在一起，且同源性都在 99% 以上，说明乳酸菌 16S rDNA 基因序列分析结果具有非常高的可靠性。

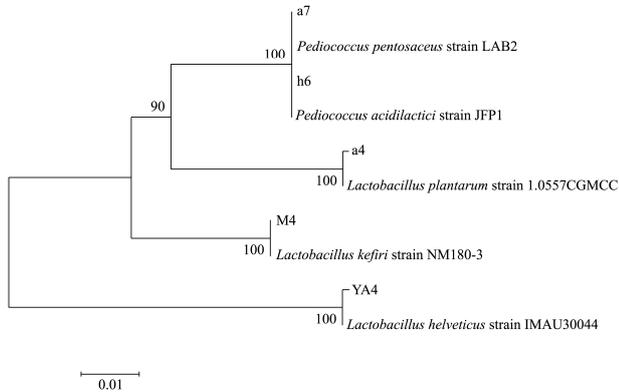


图 1 分离自自然发酵骆驼乳中的乳酸菌的 16S rDNA 序列系统发育树

Fig.1 Phylogenetic tree based on 16S rDNA gene sequences

## 2.2 乳酸菌的生长特性

图 2 结果表明，五株不同的乳酸菌在培养基中生长良好，经历了潜伏期、对数增长期、稳定期以及衰亡期。在对数增长期（6 h 至 14 h），活菌数量呈指数增长，这是乳酸菌通过代谢乳糖生成乳酸生长的最佳时期。到达稳定期之后（14 h 至 20 h），活菌数有所减少。进入衰亡期（20 h 之后），活菌数即不再增加，此时随着乳酸菌自身代谢产物的增加，培养基中营养物质的减少，菌液的酸度会迅速下降，因而菌含量开始

不断减少以及出现“自溶”现象，进而大量菌体死亡。对乳酸菌生长特性的检测对于发酵骆驼乳产品的生产具有重要的意义。在活菌数量达到最高时可将其进行传代或接种于脱脂乳中，使得母发酵剂中的菌株具有最好的生长活力，并能使生产发酵剂具备最优的发酵特性，确保产品的质地和风味<sup>[2,13]</sup>。

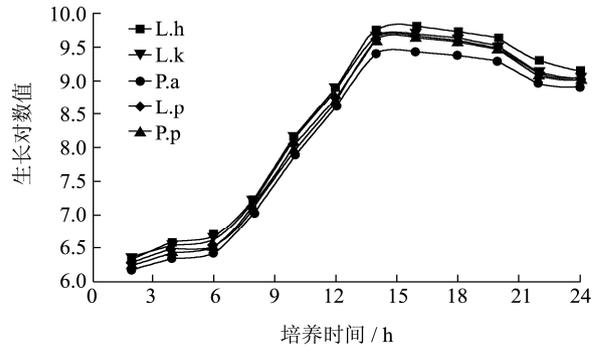


图 2 从样品中分离到的乳酸菌的生长曲线

Fig.2 Growth curve of LAB isolated from the sample

注：如图 L.p 代表植物乳杆菌（*Lactobacillus plantarum*）；P.p 代表戊糖片球菌（*Pediococcus pentosaceus*）；L.h 代表瑞士乳杆菌（*Lactobacillus helveticus*）；L.k 代表开菲尔乳杆菌（*Lactobacillus kefir*）；P.a 代表乳酸片球菌（*Pediococcus acidilactici*），下同。

## 2.3 乳酸菌的耐酸、耐胆盐实验

在胆盐浓度 0.1% 和 0.3%，pH 值在 2.5 和 3.0 时，乳酸菌的活菌比例较低，即筛选出的乳酸菌不耐胆盐且不耐酸。

表 3 从样品中分离到的乳酸菌的耐酸耐胆盐性质

Table3 Acid and bile salt tolerances of the LAB isolated from the sample

乳酸菌样品名称	不同胆盐浓度下的活菌比例/%		不同酸性环境下的活菌比例/%	
	胆盐浓度 0.1%	胆盐浓度 0.3%	pH 3.0	pH 2.5
L.h	8.77±0.12	0.2±0.01	1.22±0.08	0.03±0.00
L.p	6.94±0.08	3.41±0.14	9.30±0.14	1.61±0.04
P.p	11.22±0.29	1.34±0.05	10.83±0.35	0.02±0.00
Pa	16.29±0.51	2.36±0.14	6.27±0.10	0.10±0.01
L.k	8.77±0.18	1.09±0.05	3.51±0.09	0.02±0.00

注：数据形式为平均值±标准差。

由于动物消化道中存在胃酸和胆盐的环境，能够抵抗较强的酸性环境和较高浓度的胆盐是益生菌能够在肠道中存活和发挥其益生功能的先决条件。若所选菌株在 pH 3.0 或含有 1.0% 胆盐中，有 80% 的存活率，即可保证其有足够的活菌能够顺利通过胃、十二指肠并到达小肠发挥作用。研究表明，保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌发酵乳糖产生乳酸、醋酸、细菌素等健康促进成分，但它们对酸和胆汁非常敏感，难以通过胃

酸环境而在肠内定殖，充分发挥其健康促进作用<sup>[6]</sup>。

## 2.4 传统酸奶发酵剂添加量对于骆驼乳发酵的影响

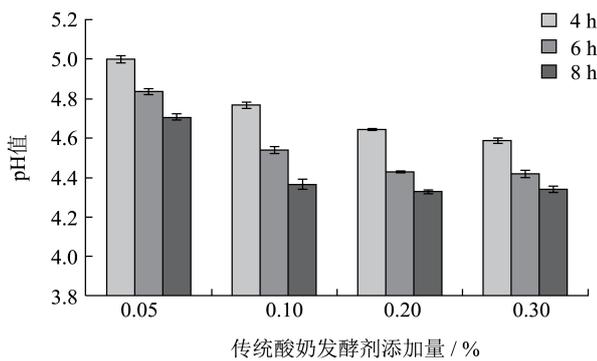


图3 添加传统酸奶发酵剂对发酵骆驼乳 pH 值的影响  
Fig.3 Effect of the addition of traditional yoghurt starter culture on the pH of fermented camel milk

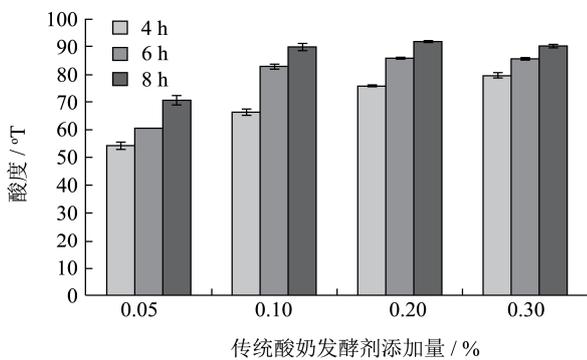


图4 添加传统酸奶发酵剂对发酵骆驼乳酸度值的影响  
Fig.4 Effect of the addition of traditional starter culture on the acidity of fermented camel milk

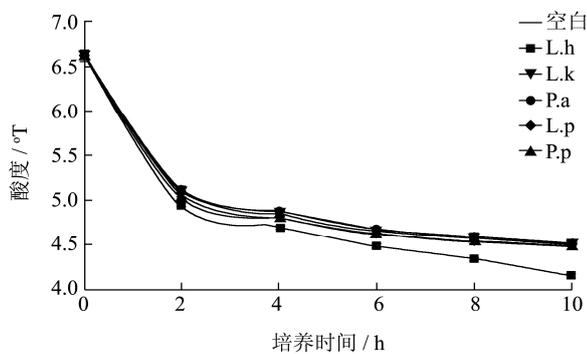


图5 不同发酵菌种对发酵骆驼乳 pH 值的影响  
Fig.5 Effect of different fermentation bacterial species on the pH of fermented camel milk

注: 如图 L.h 代表瑞士乳杆菌 (*Lactobacillus helveticus*) 与传统酸奶发酵剂复配发酵实验组, L.k 代表开菲尔乳杆菌 (*Lactobacillus kefir*) 与传统酸奶发酵剂复配发酵实验组, P.a 代表乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactic*) 与传统酸奶发酵剂复配发酵实验组, L.p 代表植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantum*) 与传统酸奶发酵剂复配发酵实验组, P.p 代表戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*) 与传统酸奶发酵剂复配发酵实验组, 下同。

由实验结果可知, 当添加量为 0.05% 时, 发酵剂

在骆驼乳中的产酸速率较慢, 在经过 8 h 发酵后酸度仍在 70 °T 以下。增大发酵剂的添加量, 其产酸速率逐渐增加。但当添加量为 0.2% 和 0.3% 时, 其发酵 8 h 的样品酸度值与添加量为 0.1% 时相当。即在一定程度上, 适量增加接种量, 可以使延滞期缩短甚至消除, 促进产酸的速度。接种量过低, 产酸少且不稳定, 对乳酸菌的生长环境不利, 使其得不到充分的生长; 接种量过高, 产酸快且高, 不利于保留骆驼乳独有的风味。从试验中可知, 选择 0.1% 的接种量较为合适。

### 2.5 不同发酵菌种的复配对骆驼乳发酵过程的影响

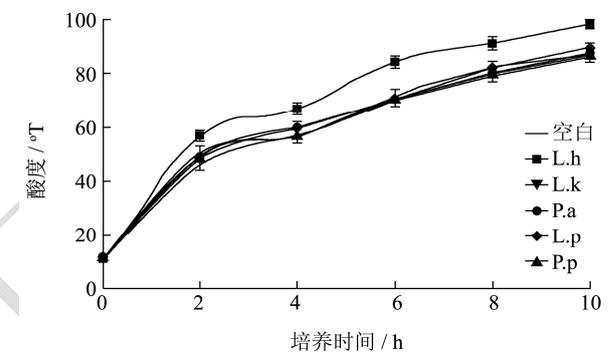


图6 不同发酵菌种对发酵骆驼乳酸度值的影响  
Fig.6 Effect of different fermentation bacterial species on the acidity of fermented camel milk

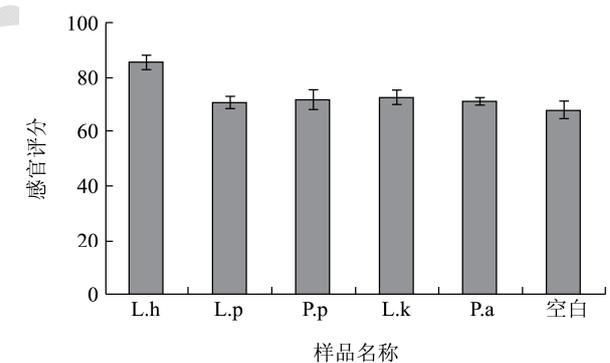


图7 不同发酵菌种对发酵骆驼乳感官评分的影响  
Fig.7 Effect of the different fermentation bacterial species on the sensory evaluation scores of fermented camel milk

五株筛选出的乳酸菌在 MRS 培养基中培养 18~20 h, 按 2% 的接种量接种于脱脂乳中 42 °C 培养 16 h 制得母发酵剂。再取 2% 的母发酵剂接种于脱脂骆驼乳中 42 °C 培养 16 h, 制得生产发酵剂。将占原料乳质量分数 2% 的生产发酵剂和 0.1% 的传统酸奶发酵剂复配接种于原料乳中进行发酵。由实验结果可知: 由瑞士乳杆菌发酵液制得的生产发酵剂与传统酸奶发酵剂复配进行发酵具有最好的产酸效果, 在经过 6 h

发酵后样品的 pH 值降到 4.5 左右, 酸度值达到 85 °T。同时, 通过对样品进行感官评价得知: 较之于其他乳酸菌及未添加生产发酵剂的样品, 其赋予了发酵骆驼乳产品更好的感官品质。

## 2.6 发酵菌种的不同添加量对骆驼乳发酵特性的影响

为了获得更好的感官品质, 将不同添加量的传统酸奶发酵剂和瑞士乳杆菌发酵剂复配添加进行发酵。传统酸奶发酵剂的添加量根据 2.4 的实验结果设置为 0.06%、0.08% 和 0.1%。由表 4 可知, 当传统发酵剂的添加量为 0.1%, 瑞士乳杆菌发酵剂添加量为 2% 时, 制得的发酵骆驼乳具有更高的感官评分。

表 4 不同添加量的发酵剂在骆驼乳中发酵性能的分析结果

Table 4 Fermentation performance with addition of different amounts of starter culture in camel milk

传统酸奶发酵剂添加量/%	瑞士乳杆菌发酵剂添加量/%	发酵终止 pH 值	发酵终止酸度/°T	感官评分
0.06	1	4.76	67.4	71
0.08	2	4.58	81.2	76
0.1	3	4.31	94.8	73
0.06	3	4.63	75.9	71
0.08	1	4.61	78.4	71
0.1	2	4.50	85.0	89
0.06	2	4.65	72.8	74
0.08	3	4.52	83.1	81
0.1	1	4.54	82.0	80

## 3 结论

3.1 本实验从新疆自然发酵骆驼乳中筛选出了五株乳酸菌, 其中乳杆菌 3 株分别为瑞士乳杆菌 (*Lactobacillus helveticus*)、植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantum*)、开菲尔乳杆菌 (*Lactobacillus kefir*), 片球菌 2 株分别为乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici*)、戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*)。筛选出的五株乳酸菌在培养基中生长良好, 其活菌数在 16 h 后能达到  $10^9$  CFU/mL。

3.2 将筛选出的五株乳酸菌制备成生产发酵剂并与传统酸奶发酵剂复配进行发酵实验得知: 由瑞士乳杆菌发酵液制备的生产发酵剂的复配效果最佳, 在经过 6 h 发酵后样品的 pH 值降到 4.5 左右, 酸度值达到 85 °T, 并具有较好的感官品质。通过不同添加量的对比实验结果将骆驼乳发酵剂的发酵菌种定为: 0.1% 传统酸奶发酵剂与 2% 瑞士乳杆菌生产发酵剂。

## 参考文献

- [1] 王曙阳. 骆驼奶活性成分评价及对 II 型糖尿病辅助治疗作用的研究[D]. 甘肃农业大学, 2011  
WANG Shu-yang. Study on evaluation of the active ingredient in camel milk and therapeutic effect of raw camel milk in type-II diabetic patients [D]. Gansu Agricultural University, 2011
- [2] Ibrahim, Alaa H. Effects of exopolysaccharide-producing starter cultures on physicochemical, rheological and sensory properties of fermented camel's milk [J]. Emirates Journal of Food & Agriculture, 2015, 27(4): 374-383
- [3] Raei M, Rajabzadeh G, Zibaei S, et al. Nano-encapsulation of isolated lactoferrin from camel milk by calcium alginate and evaluation of its release [J]. Int. J Biol. Macromol, 2015, 79: 669-673
- [4] Zhao Dian-bo, Bai Yan-hong, Niu Yuan-wen. Composition and characteristics of Chinese Bactrian camel milk [J]. Small Ruminant Research, 2015, 127: 58-67
- [5] Nafiseh Davati, Farideh Tabatabaee Yazdi, Saeed Zibaei, et al. Study of lactic acid bacteria community from raw milk of iranian one humped camel and evaluation of their probiotic properties [J]. Jundishapur Journal of Microbiology, 2015, 8(5): 1-6
- [6] 聂小苗. 酸驼乳加工关键技术研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2008  
NIE Xiao-miao. Research on the key technology of acid camel milk producing [D]. Wulumuqi: Xinjiang Agricultural University, 2008
- [7] Lourens-Hattingh A, Viljoen B C. Yogurt as probiotic carrier food [J]. International Dairy Journal, 2001, 11(1): 1-17
- [8] Zaina Kadri, Peter Vandamme, Mouna Ouadghiri, et al. Streptococcus tangierensis sp. nov. and Streptococcus cameli sp. nov, two novel Streptococcus species isolated from raw camel milk in Morocco [J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2015, 107(2): 503-510
- [9] Topisirovic L, Kojic M, Fira D, et al. Potential of lactic acid bacteria isolated from specific natural niches in food production and preservation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 112(3): 230-235
- [10] Abdel Moneim El-Hadi Sulieman, Abdalla Adam Ilayan, et al. Chemical and microbiological quality of Garris, Sudanese fermented camel's milk product [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41(3): 21-328
- [11] GB 5413.34-2010 食品安全国家标准乳和乳制品酸度的测

- 定[S]  
GB 5413.34-2010 National food safety standard determination of acidity in milk and milk products [S]
- [12] 谢爱英,党亚丽,李芳芳,等.不同巴氏杀菌条件对酸奶品质的影响[J].食品科学,2011,32(9):14-17  
XIE Ai-ying, DANG Ya-li, LI Fang-fang, et al. Effect of different pasteurization conditions on yogurt quality [J]. Journal of Food Science, 2011, 32(9): 14-17
- [13] Lore Tezira A, bugua Samuel K, Mangoh, et al. Enumeration and identification of microflora in susac, a Kenyan traditional fermented camel milk product [J]. Food Science and Technology, 2005, 38(2): 125-130
- [14] 禹慧明,林勇.益生乳杆菌的筛选及特性研究,微生物学通报,2002,29(1):53-55  
YU Hui-ming, LIN Yong. Screening of *probiotic lactobacillus* and their characteristic [J]. Microbiology China, 2002, 29(1): 53-55