

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240801002

添加蜂蜜对牦牛酸奶品质特性的影响

蒋萍萍^{1*}, 田祖安², 刘红娜², 孙利¹

(1. 中国检验检疫科学研究院, 北京 100176; 2. 西北民族大学生命科学与工程学院, 兰州 730030)

摘要: **目的** 分析添加蜂蜜对牦牛酸奶在贮藏期 28 d 内品质感官特性的影响。**方法** 在牦牛奶均质和灭菌后接种发酵剂 YF-LC922(含保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌)进行发酵, 制备 4 种蜂蜜牦牛酸奶配方(0%、5%、10%和 15%), 将所有样品在 4 °C 下保存 28 d, 并在贮藏期第 1、7、14、21、28 d 分别对所有样品的感官品质特性进行评价。**结果** 贮藏过程中牦牛酸奶的 pH 随着蜂蜜添加量的增加而逐渐降低, 而可滴定酸度则随着蜂蜜添加量的增加逐渐增大。蜂蜜的添加对牦牛酸奶的质构特性、持水力以及感官评价产生积极影响, 结果均以 15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶较为显著($P < 0.05$)。4 种蜂蜜添加量的牦牛酸奶的乳酸菌活菌数在第 14 d 出现大幅下降, 但在第 28 d, 所有牦牛酸奶的乳酸菌活菌数仍然处于 10^6 CFU/mL 以上, 且在相同贮藏期内蜂蜜的添加增加使牦牛酸奶的乳酸菌活菌数增加。蜂蜜的添加显著改善了牦牛酸奶的品质特性和感官, 且显著性整体上随着蜂蜜添加量增加而增加。另外, 加入蜂蜜弱化了牦牛酸奶的膻味, 提高了牦牛酸奶的感官评分。**结论** 蜂蜜因营养价值丰富、感官特性好, 可以增加牦牛酸奶的风味和品质, 使蜂蜜牦牛酸奶拥有良好的市场价值。

关键词: 牦牛奶; 酸奶; 蜂蜜; 乳酸菌; 品质特性

Effects of adding honey on the quality characteristics of yak yogurt

JIANG Ping-Ping^{1*}, TIAN Zu-An², LIU Hong-Na², SUN Li¹

(1. Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China;
2. College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the influence of adding honey to yak yogurt in the storage period within 28 d quality characteristics and sensory evaluation. **Methods** After homogenization and sterilization of yak milk, YF-LC922 (containing *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*) was inoculated for fermentation. After reaching the fermentation end point, honey was added into the fermented yak yogurt in the proportion of 0%, 5%, 10% and 15%. After adding honey, all samples were stored at 4 °C for 28 d, and the quality characteristics of all samples were evaluated at 1st, 7th, 14th, 21th and 28th days of storage, respectively. **Results** During storage, the pH of yak yogurt decreased with the increase of honey addition, while the titratable acidity increased with the increase of honey addition. The addition of honey had positive effects on texture characteristics, water holding capacity and sensory evaluation of yak yogurt, and the results showed that the addition of 15% honey was more significant ($P < 0.05$). The number of viable lactic acid bacteria in the four kinds of honey added levels of yak yogurt decreased significantly at the 14th day of storage, but at the 28th day of storage, the number of viable lactic acid

基金项目: 中国检验检疫科学研究院基本科研业务费项目(2023JK010)

Fund: Supported by the Basic Research Projects of Chinese Academy of Inspection and Quarantine (2023JK010)

***通信作者:** 蒋萍萍, 副研究员, 主要研究方向为食品安全质量控制技术。E-mail: 15011212787@163.com

***Corresponding author:** JIANG Ping-Ping, Associate Professor, Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China. E-mail: 15011212787@163.com

bacteria in all the yak yogurt was still above 10^6 CFU/mL, and the increase of honey added in the same storage period increased the number of viable lactic acid bacteria in the yak yogurt. The results showed that the addition of honey significantly improved the quality characteristics and senses of yak yogurt, and the significance increased with the increase of honey added. In addition, adding honey weakened the odor of yak yogurt and improved the sensory score of yak yogurt. **Conclusion** Therefore, because of its rich nutritional value and good sensory characteristics, honey can increase the flavor and quality of yak yogurt, so that honey yak yogurt has a good market value.

KEY WORDS: yak milk; yogurt; honey; *Lactobacillus*; quality characteristic

0 引言

近年来,消费者对营养成分均衡、可提供额外健康益处的食品需求不断增加,在此背景下,含有益生菌成分的食品在乳制品行业中受到关注^[1]。益生菌,如包括双歧杆菌属(*Bifidobacterium*)和乳杆菌属(*Lactobacillus*),可单独使用或者共同培养,获得具有令人满意的品质和感官特性的酸奶产品^[2]。对乳的研究表明,牦牛奶比普通牛奶含有更高的总固形物(17%~18%)、蛋白质(4.6%~5.8%)和脂肪(5.3%~8.0%)^[3-4]。其中,含有 A2- β 酪蛋白使得牦牛奶能更贴合人体消化系统^[5]。牦牛奶中 9 种必需氨基酸总量是普通牛奶的 1.45 倍^[6]。牦牛奶脂肪中含有共轭亚油酸、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)等功能脂肪酸^[7]。因此,牦牛奶可以作为益生菌和其他生物活性物质的良好载体。以牦牛奶为原料奶进行发酵,能研发出满足人们健康需求的乳制品。使用蜂蜜、水果或水果提取物等天然物质为乳制品增添风味和香味是很好的选择^[8]。这不仅增加产品营养和生物活性,还降低牦牛奶的膻味,提高消费者的接受度。蜂蜜是天然甜味物质,主要组成为水(15%~20%)和碳水化合物(70%~80%)^[9]。蜂蜜含有抗氧化剂(包括类黄酮、酚类和类胡萝卜素)、有机酸、矿物质和多种维生素等^[10]。研究表明,类黄酮和酚类化合物可抑制肿瘤的增殖、抗炎以及调节免疫调节的作用机制^[11-12]。蜂蜜中维生素主要为 B 族维生素,在调节新陈代谢、维持皮肤和肌肉健康等方面起作用^[13-14]。

目前,国内外关于牦牛奶的研究主要以成分和营养分析为主,有学者探究了添加黑枸杞^[15]、豆浆^[16]等对牦牛酸奶品质的影响,但鲜有研究将蜂蜜作为添加剂来改善牦牛酸奶品质的报道。目前对于向荷斯坦牛酸奶中加入添加剂的研究主要集中在人造甜味剂、果汁和果肉上^[17-18]。有少部分学者将蜂蜜添加进酸奶进行了研究,如王丽丽等^[19]确定了蜂蜜搅拌型酸奶的最佳配方和工艺,发现蜂蜜搅拌

型酸奶的发酵温度不宜过高、发酵时间不宜过长等问题。MACHADO 等^[20]研究了蜂蜜对山羊酸奶品质(颜色、粘度、感官等)产生积极影响。

综上,在牦牛酸奶中添加蜂蜜可能会改善其营养和感官特性。因此,本研究旨在评估在 28 d 贮藏期中,不同添加量蜂蜜的加入对牦牛酸奶的 pH、可滴定酸度、持水力、质构特性和感官特性等的影响,从而改善牦牛酸奶的品质与口感,提升其市场价值,并为发酵乳制品的生产工艺改良提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牦牛奶(甘南藏族自治州合作市);洋槐蜂蜜(北京百花蜂蜜有限公司);直投式发酵剂 YF-LC922(丹麦科汉森公司)。

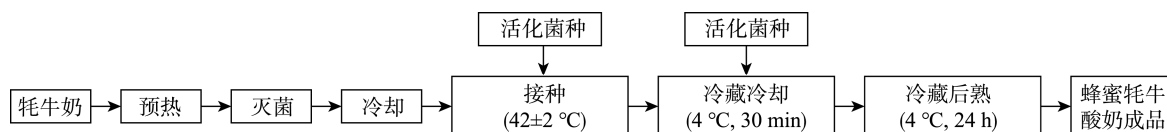
氢氧化钠、柠檬酸氢二铵、牛肉膏、酚酞(分析纯,聊城索非亚化学试剂有限公司);磷酸氢二钾(分析纯,西安天茂化工有限公司);氯仿、琼脂(分析纯,美国默克密理博公司);甲醇(分析纯,天津市鼎盛鑫化工有限公司);硫酸镁、硫酸锰(分析纯,天津市光复科技发展有限公司);蛋白胨(分析纯,广东翁江化学试剂有限公司);酵母粉(分析纯,北京亚米生物科技有限公司)。

1.2 试验仪器与设备

PHS-3C 型 pH 计(北京科伟永兴仪器有限公司);TG16-WS 型高速离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司);JA2003N 型电子精密天平(精度 1 mg,上海菁华科技仪器有限公司);LC-08 型拍打式无菌均质器(上海净信实业发展有限公司);YXQ-LS-30SII 型立式压力蒸汽灭菌器(北京成萌伟业科技有限公司);TMS-PRO 型质构仪(北京盈盛恒泰科技有限责任公司);HWS-28 型电热恒温水浴锅、PH-010(A)型干燥/培养箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

1.3 样品制备

1.3.1 牦牛酸奶的制作工艺流程



1.3.2 操作要点

预热: 将牦牛奶在 65 ℃, 加热保持 5 min。

均质: 在温度 65 ℃, 压力 25 MPa 的条件下进行均质, 持续 10 min。

灭菌、冷却: 均质后, 进行巴氏杀菌(65 ℃, 30 min)后, 冷却至(42±2) ℃。

接种、发酵: 将灭菌的牦牛奶在超净台无菌接入 0.01%直投式发酵剂 YF-LC922, 并且用已灭菌的玻璃棒搅拌均匀, 于培养箱中(42±2) ℃恒温发酵至凝乳形成, 发酵终点 pH 4.6。

冷藏冷却: 参考 MACHADO 等^[20]的方法, 当接近发酵终点时, 将牦牛酸奶置于 4 ℃冰箱进行冷却 30 min, 冷却结束后在超净台上按不同重量比(0%, 5%, 10%, 15%)添加蜂蜜。

冷藏后熟: 将添加完蜂蜜的牦牛酸奶继续置于 4 ℃冰箱中后熟 24 h。

1.4 试验方法

1.4.1 pH 和可滴定酸度的测定

使用 pH 计测定样品 pH, 根据 GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 乳和乳制品中酸度的测定》测定酸奶的酸度。

1.4.2 理化指标的测定

根据 GB 5413.39—2010《食品安全国家标准 乳和乳制品中非脂乳固体的测定》和 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》测定酸奶的总固形物、蛋白质。

1.4.3 乳酸菌的测定

根据 GB 4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验的测定》检验酸奶的乳酸菌。

1.4.4 质构特性的测定

参照张悦等^[21]的方法并适当修改, 使用质构仪进行直接分析。参数: 圆柱形挤压检测探头(A/BE), 测前速率和测试速率为 1.0 mm/s, 测后速率 2.0 mm/s, 测试距离 20 mm, 测定温度 15 ℃, 测定硬度和黏度。

1.4.5 脂肪的测定

参照张玉双等^[16]的方法, 称取 5 g 样品, 加入 4 mL 甲醇和 2 mL 氯仿, 振摇 3 min 后再加入 2 mL 氯仿和 2 mL 蒸馏水, 5000 r/min 离心 15 min, 将油层烘干至恒重后取出, 称重。

1.4.6 持水力的测定

参照李升升等^[22]的方法并适当修改, 称取 5 g 样品, 在 5000 r/min 离心 30 min, 离心结束后移出上清液, 称量剩余样品的质量。按公式(1)计算酸奶的持水力。

$$\text{酸奶持水力}/\%=(\frac{\text{去除上清液后的质量}}{\text{样品质量}})\times 100\% \quad (1)$$

1.4.7 感官评价

参考 RHB 104—2020《中国乳制品工业行业规范 发酵乳感官评鉴细则》中人员要求标准, 选 10 名成员(5 男 5 女)组成本次试验的感官评定小组。根据表 1, 采用百分制对第 28 d 的样品的各个指标进行评分, 结果以平均分表示。评定地点选择干净无异味、光线良好的房间, 将待评定样品装在透明塑料杯中, 每杯约 50 mL 样品。

表 1 感官评定标准
Table 1 Sensory evaluation standards

评定指标	评定标准	评定分数/分
色泽(15 分)	呈乳白色或乳黄色	12~15
	呈白色或黄色	8~11
	呈黄白相间	4~7
	有其他异常色混杂	0~3
气味(30 分)	自然的发酵气味, 无异味	23~30
	自然的发酵气味, 有些许异味	15~22
	自然的发酵气味不够, 有令人不愉悦的气味	7~14
	令人不愉悦的气味过重	0~6
滋味(30 分)	酸甜适度, 口感绵实	23~30
	稍酸或稍甜, 口感适宜	15~22
	稍酸或稍甜, 口感一般	7~14
	味道过酸, 口感较差	0~6
组织状态(25)	质地良好, 无乳清析出	19~25
	质地一般, 无乳清析出	12~18
	质地一般, 稍有乳清析出	6~11
	质地较差, 有较多乳清析出	0~5

1.5 数据分析

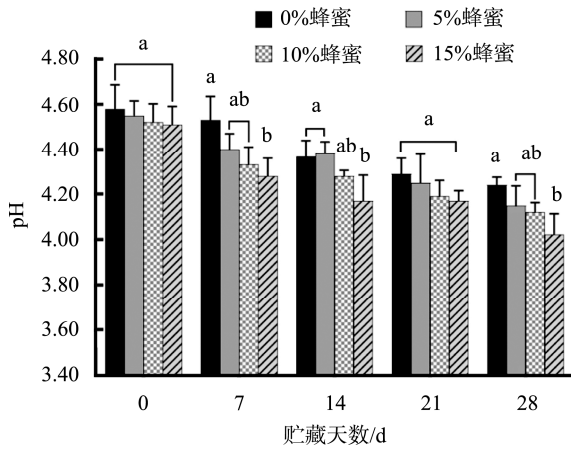
每组试验重复 3 次, 使用 Microsoft Excel 2019 绘制图和统计软件 SPSS 25.0 数据系统计算平均值和标准偏差, 选择 Duncan's 法对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 蜂蜜添加量对牦牛酸奶 pH 和可滴定酸度的影响

pH 和可滴定酸度是用来评价酸奶品质的重要指标^[23]。添加蜂蜜的牦牛酸奶与空白组的牦牛酸奶相比, 出现较低的 pH(图 1)。说明蜂蜜的添加会使牦牛酸奶发酵初期的 pH 降低, 这是蜂蜜中天然存在的有机酸导致的结果^[24]。同时, 随着贮藏时间, 4 组牦牛酸奶的 pH 出现不同程度的下降趋势。15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶在第 28 d 时, 其 pH 达到最低 4.02±0.09。

随着贮藏期的延长和蜂蜜添加量的增加, 牦牛酸奶的可滴定酸度逐渐增高(图 2)。在第 28 d 贮藏期时, 15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶的可滴定酸度达到最高 (88.26±0.85) °T, 显著高于其他酸奶组别($P<0.05$)。



注: 不同小写字母表示不同蜂蜜添加量的牦牛酸奶之间存在显著差异($P<0.05$), 下同。

图 1 不同蜂蜜添加量对牦牛酸奶 pH 的影响

Fig.1 Effects of different honey supplemental levels on pH of yak yogurt

影响酸奶酸化的因素很多, 如不同的贮藏条件、发酵剂、强化添加物^[25]。推测添加蜂蜜给乳酸菌生长提供了额外的营养物质^[19], 牦牛酸奶中产生的乳酸增加, 从而导致酸奶的 pH 和可滴定酸度发生变化。这与 DAS 等^[26]观察到芝麻蜂蜜对乳酸杆菌和双歧杆菌的影响结果一致。

2.2 蜂蜜添加量对牦牛酸奶质构特性的影响

酸奶的质构特性影响其感官品质。硬度能反映酸奶的凝胶状态, 硬度越大, 酸奶凝结越好; 黏度代表酸奶的凝结强度, 影响酸奶口感的细腻^[27]。贮藏过程中硬度与黏度的变化见表 2, 牦牛酸奶的硬度都有所提高。15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶的硬度除在 28 d 时高于 10%添加量的差异不显著外, 均显著高于其他组别($P<0.05$)且在第 28 d 贮藏期

达到了最大。0%和 5%蜂蜜添加量的牦牛酸奶在同一贮藏期的硬度没有显著差异($P>0.05$) (除 14 d)。15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶的黏度显著高于其他组别(除 21 d)的牦牛酸奶($P<0.05$), 且在第 28 d 贮藏期同样达到了最大值。

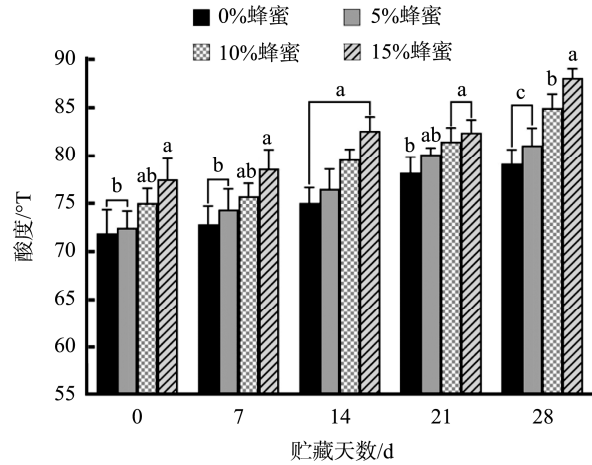


图 2 不同蜂蜜添加量对牦牛酸奶可滴定酸度的影响

Fig.2 Effects of different honey supplemental levels on titratable acidity of yak yogurt

上述结果表明, 添加蜂蜜可以提高牦牛酸奶的硬度和黏度, 并随着蜂蜜添加量的增加以及贮藏期的延长, 牦牛酸奶的硬度和黏度也会提高。蜂蜜中麦芽糖、糊精和胶状物质的存在使蜂蜜具有很高的黏度^[28], 并且 MALCOLM^[29]提出大多数蜂蜜是典型的假塑性流体, 这也使得蜂蜜为牦牛酸奶提供更大的阻力和更高的黏度。此外, 酸奶的黏度主要与酸奶中总固形物含量有关^[30], 蜂蜜的添加使牦牛酸奶的总固形物含量增加从而增加了产品的黏度。

表 2 不同蜂蜜添加量的牦牛酸奶的硬度和黏度

Table 2 Hardness and viscosity of yak yogurt with different honey supplemental levels

指标	周期/d	蜂蜜添加量/%			
		0	5	10	15
硬度/N	1	17.27±0.45 ^{Ec}	16.84±0.34 ^{Ec}	19.69±0.38 ^{Eb}	20.96±0.96 ^{Ea}
	7	20.32±0.83 ^{Dc}	20.76±0.51 ^{Dc}	22.44±0.21 ^{Db}	23.75±0.38 ^{Da}
	14	22.42±0.94 ^{Cd}	24.13±0.65 ^{Cc}	25.86±0.44 ^{Cb}	27.63±0.34 ^{Ca}
	21	27.95±0.27 ^{Bb}	28.43±0.67 ^{Bb}	28.95±0.62 ^{Bb}	30.92±0.45 ^{Ba}
	28	30.05±1.09 ^{Ab}	30.56±0.75 ^{Ab}	32.84±0.20 ^{Aa}	34.06±0.46 ^{Aa}
黏度/Nmm	1	166.54±2.59 ^{Dd}	162.88±2.07 ^{Ec}	175.52±1.02 ^{Db}	191.65±1.29 ^{Da}
	7	163.26±3.01 ^{Dd}	168.15±2.39 ^{Dc}	182.64±2.10 ^{Cb}	201.64±2.41 ^{Ba}
	14	172.58±3.23 ^{Cc}	176.68±1.54 ^{Cc}	182.65±2.45 ^{Cb}	196.46±4.09 ^{Ca}
	21	179.54±2.33 ^{Bb}	183.55±1.15 ^{Bb}	192.75±3.05 ^{Ba}	203.09±2.71 ^{Ba}
	28	184.79±2.20 ^{Ad}	191.12±1.74 ^{Ac}	201.55±2.83 ^{Ab}	208.17±1.25 ^{Aa}

注: 不同大写字母表示同列存在显著差异($P<0.05$), 不同小写字母表示同行存在显著差异($P<0.05$), 下同。

2.3 蜂蜜添加量对牦牛酸奶持水力的影响

持水力指酸奶的蛋白凝胶网络对水的保持能力, 是评价酸奶品质的重要指标。持水力高的酸奶乳清析出率低, 质地黏稠, 凝乳稳定^[31]。表 3 显示, 4 组牦牛酸奶的持水力各不一样。随着蜂蜜添加量的增加, 牦牛酸奶的持水力增强。贮藏后期, 10%和 15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶持水力高于空白组牦牛酸奶的持水力, 这说明添加较高比例蜂蜜会使牦牛酸奶的持水力增强。

随着贮藏时间的延长, 持水力在不断减弱。在第 28 d 时, 牦牛酸奶的持水力与其他贮藏阶段相比有显著性差异 ($P<0.05$), 这可能与酸奶的脱水收缩有关^[20]。也可能是由于 pH 降低到蛋白质的等电点时, 蛋白质变性, 酪蛋白胶束不稳定导致液体损失^[32]。牦牛酸奶的可滴定酸度增加, 在一定程度上破坏了酸奶中酪蛋白的结构^[33], 最终造成持水力减弱。

2.4 蜂蜜添加量对牦牛酸奶理化特性的影响

在 28 d 贮藏期内, 15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶的总固形物含量显著高于其他组别的牦牛酸奶($P<0.05$)(表 4), 这可能是因为蜂蜜中的总固形物含量高^[13], 随着蜂蜜添加量

的增加而使酸奶总固形物含量增加。此外, 贮藏过程中牦牛酸奶的总固形物含量总体呈上升趋势。关于蛋白质含量, 10%和 15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶比 0%和 5%蜂蜜添加量的相比含量更低($P<0.05$)。蜂蜜的添加导致牦牛酸奶制备中的稀释度变化, 从而降低了总蛋白质的含量^[20]。关于脂肪含量, 贮藏期间各组别的牦牛酸奶变化不大。

2.5 蜂蜜添加量对牦牛酸奶活菌数的影响

乳酸菌是影响酸化的主要因素。酸奶中的乳酸菌活菌数是判断酸奶是否合格的重要指标。图 3 显示了在 28 d 贮藏期中, 蜂蜜添加量对牦牛酸奶乳酸菌活菌数的影响。在第 1 d 时, 添加蜂蜜的牦牛酸奶与空白组的乳酸菌活菌数相比没有显著差异($P>0.05$)。随着贮藏的进行, 活菌数逐渐减少, 但添加蜂蜜的牦牛酸奶活菌数显著高于未添加的空白组($P<0.05$) (除 28 d), 这说明蜂蜜的添加缓解了活菌数的损失, 这是由于蜂蜜为乳酸菌提供了额外的营养物质^[29]。在第 14 d 后, 所有酸奶组别中的乳酸菌活菌数明显下降, 这可能是乳酸菌生长繁殖所必需的营养物质减少导致。虽然乳酸菌活菌数在不断减少, 但是在第 28 d, 牦牛酸奶乳酸菌的活菌数仍然处于 10^6 CFU/mL 以上, 符合发酵乳的生产标准。

表 3 不同蜂蜜添加量的牦牛酸奶的持水力
Table 3 Water holding capacity of yak yogurt with different honey supplemental levels

指标	周期/d	蜂蜜添加量/%			
		0	5	10	15
持水力/%	1	76.38±1.52 ^{Aa}	77.09±0.43 ^{Aa}	77.65±0.56 ^{Aa}	78.08±0.37 ^{Aa}
	7	72.06±0.43 ^{Bb}	72.18±0.23 ^{Bb}	72.83±0.58 ^{Bab}	73.28±0.40 ^{Ba}
	14	66.20±0.31 ^{Cb}	68.22±1.01 ^{Ca}	68.58±0.63 ^{Ca}	69.06±0.24 ^{Ca}
	21	60.53±0.61 ^{Dc}	61.33±0.34 ^{Dbc}	62.07±0.43 ^{Dab}	62.34±0.47 ^{Da}
	28	58.88±0.49 ^{Ec}	59.50±0.27 ^{Ec}	60.31±0.49 ^{Db}	61.15±0.24 ^{Ea}

表 4 不同蜂蜜添加量的牦牛酸奶的理化指标
Table 4 Physical and chemical indexes of yak yoghurt with different amount of honey

指标	周期/d	蜂蜜添加量/%			
		0	5	10	15
总固形物/(g/100 g)	1	14.69±0.33 ^{Bd}	17.35±0.11 ^{Bc}	19.35±0.12 ^{Ab}	20.02±0.27 ^{Ba}
	14	15.55±0.12 ^{Ad}	17.86±0.14 ^{Bc}	18.91±0.15 ^{Bb}	20.64±0.17 ^{Aa}
	28	15.37±0.06 ^{Ad}	18.25±0.24 ^{Ac}	19.58±0.22 ^{Ab}	20.96±0.15 ^{Aa}
蛋白质/(g/100 g)	1	3.63±0.03 ^{Aa}	3.58±0.02 ^{Aa}	3.49±0.05 ^{Ab}	3.46±0.03 ^{Ab}
	14	3.54±0.03 ^{Ba}	3.52±0.03 ^{Ba}	3.41±0.02 ^{Bb}	3.41±0.03 ^{Ab}
	28	3.50±0.02 ^{Ba}	3.43±0.03 ^{Cb}	3.36±0.03 ^{Bc}	3.34±0.04 ^{Bc}
脂肪/(g/100 g)	1	5.00±0.02 ^{Aa}	4.85±0.01 ^{Ab}	4.76±0.02 ^{Ac}	4.78±0.03 ^{Ac}
	14	4.98±0.02 ^{Aa}	4.83±0.02 ^{Ab}	4.76±0.03 ^{Ac}	4.74±0.02 ^{Ac}
	28	4.98±0.02 ^{Aa}	4.82±0.02 ^{Ab}	4.74±0.01 ^{Ac}	4.74±0.02 ^{Ac}

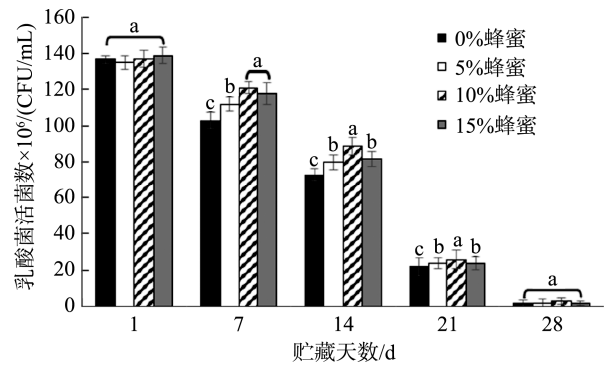


图 3 不同蜂蜜添加量对牦牛酸奶乳酸菌活菌数的影响
Fig.3 Effects of different honey supplemental levels on viable count of lactic acid bacteria in yak yogurt

2.6 感官评价分析

与人工合成的调味剂相比，消费者更倾向于选择天然甜味剂^[34]。在牦牛酸奶中添加蜂蜜，正是基于人们对于健康食品的需求，本研究对第 28 d 的牦牛酸奶进行感官评价(表 5)。牦牛酸奶感官评分随着蜂蜜添加量的增加而逐渐

上升，其中以 15%蜂蜜添加量的感官评分最高，与空白组相比差异显著($P<0.05$)。色泽方面，4 组牦牛酸奶没有显著差异($P>0.05$)，这说明在视觉上蜂蜜的添加没有产生影响；气味方面，蜂蜜添加量为 0%和 5%时，感官评分较低，这说明较低的蜂蜜添加量不能很好地掩盖牦牛酸奶膻味；滋味方面，添加蜂蜜的牦牛酸奶产生的较高酸度并没有对味觉产生负面影响。RANADHEERA 等^[8]的研究发现，添加果汁能改善山羊酸奶的口味，并表明水果中天然存在的糖对酸奶滋味有积极影响。同样，蜂蜜的甜味与较高的酸度结合，推测为牦牛酸奶提供令人愉快的滋味。

感官评价结果说明了添加蜂蜜可以改善牦牛酸奶的感官，更容易被人们接受。15%蜂蜜添加量的牦牛酸奶在气味、滋味、组织状态方面的评价结果显著高于其他组别的牦牛酸奶($P<0.05$)，这表示较高的蜂蜜添加量能很好的弱化牦牛奶的膻味。从总评分结果来看，添加蜂蜜的牦牛酸奶的结果显著高于空白组($P<0.05$)。因此，将蜂蜜作为天然原料应用于牦牛奶类产品中，是可行性的。蜂蜜的添加可以提高牦牛奶类产品的质量，促进牦牛奶类产品的发展，具有潜在的市场价值。

表 5 第 28 d 不同蜂蜜添加量的牦牛酸奶的感官评价
Table 5 Sensory evaluation of yak yogurt with different honey supplemental levels at the 28th day of storage

指标	蜂蜜添加量/%			
	0	5	10	15
色泽	12.60±0.40 ^a	12.35±0.23 ^a	12.35±0.24 ^a	12.40±0.37 ^a
气味	24.05±0.37 ^c	24.25±0.45 ^c	26.35±0.30 ^b	27.85±0.45 ^a
滋味	24.50±0.18 ^c	25.30±0.30 ^b	25.35±0.28 ^b	26.35±0.33 ^a
组织状态	21.15±0.37 ^d	22.35±0.28 ^c	22.65±0.32 ^b	23.05±0.22 ^a
总分	80.35±0.71 ^d	83.15±0.81 ^c	85.35±0.37 ^b	90.76±1.05 ^a

3 结 论

将蜂蜜添加进牦牛酸奶中，在冷藏 28 d 期间的 pH、可滴定酸度、质构特性、持水力、理化特性、乳酸菌活菌数以及感官特性对产品进行评价。蜂蜜的添加会直接影响牦牛酸奶的酸度，但对产品的感官没有产生负面影响，添加蜂蜜的牦牛酸奶呈现出更好的感官评价结果。此外，蜂蜜的添加对牦牛酸奶的质构特性、持水力、感官特性产生积极影响，15%蜂蜜添加量的组别评价结果最高。贮藏期内牦牛酸奶的乳酸菌活菌数仍然处于 10⁶ CFU/mL 以上，且蜂蜜的添加增加使牦牛酸奶的乳酸菌活菌数增加。因此，本研究结果说明蜂蜜的添加对牦牛酸奶的品质特性和感官特性都产生了积极的影响，且随着蜂蜜添加量的增加，影响结果更显著。蜂蜜的添加不仅削弱了牦牛奶的膻味，还提高了感官的接受度。此次研究将蜂蜜和牦牛酸奶成功结

合，所得产品具有令人满意的营养价值和感官质量，具有潜在的功能特性和市场价值。

参考文献

[1] ANNUNZIATA A, VECCHIO R. Consumer perception of functional foods: A conjoint analysis with probiotics [J]. Food Qual Prefer, 2013, 28(3): 48–355.

[2] CHAPMAN CMC, GIBSON GR, ROWLAND I. Health benefits of probiotics: Are mixtures more effective than single strains [J]. Eur J Nutr, 2011, 50: 1–17.

[3] LI H, MA Y, DONG A, *et al.* Protein composition of yak milk [J]. Dairy Sci Technol, 2010, 90(1): 111–117.

[4] LUO J, HUANG ZY, LIU HN, *et al.* Yak milk fat globules from the Qinghai-Tibetan Plateau: Membrane lipid composition and morphological properties [J]. Food Chem, 2018, 245: 731–737.

- [5] 王博, 张维清, 杨国红, 等. 我国牦牛乳制品开发现状与前景[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(13): 318–324.
- WANG B, ZHANG WQ, YANG GH, *et al.* Development status and prospect of yak dairy products in China [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(13): 318–324.
- [6] 刘冬, 黄玉军, 赵海晴, 等. 牦牛乳蛋白质组成及特性[J]. 乳业科学与技术, 2013, 36(3): 20–23.
- LIU D, HUANG YJ, ZHAO HQ, *et al.* Protein composition and characteristics of yak milk [J]. Dairy Ind Sci Technol, 2013, 36(3): 20–23.
- [7] MARQUARDT S, BARSILA SR, AMELCHANKA SL, *et al.* Fatty acid profile of ghee derived from two genotypes (cattle–yak vs yak) grazing different alpine Himalayan pasture sites [J]. Anim Prod Sci, 2018, 58(2): 358.
- [8] RANADHEERA CS, EVANS CA, ADAMS MC, *et al.* Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yoghurts made from goat's milk [J]. Food Chem 2012, 135: 1411–1418.
- [9] 冀乐, 祁珊珊, 郑红星, 等. 蜂蜜营养成分及其功能活性研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2024, 60(2): 101–107.
- JI L, QI SS, ZHENG HX, *et al.* Progress on nutritional components and functional activities of honey [J]. Food Ferment Technol, 2024, 60(2): 101–107.
- [10] LACHMAN J, ORSÁK M, KOVÁŘOVÁ E, *et al.* Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys [J]. LWT-Food Sci Technol, 2010, 43: 52–58.
- [11] 汪思凡, 曹振辉, 潘洪彬, 等. 蜂蜜化学成分及其主要生物学功能研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 35(1): 176–181.
- WANG SF, CAO ZH, PAN HB, *et al.* Progress in the chemical composition and main biological functions of honey [J]. Food Res Dev, 2018, 35(1): 176–181.
- [12] CIANCIOSI D, FORBES-HERNÁNDEZ TY, AFRIN S, *et al.* Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review [J]. Molecules, 2018, 23(9): 2322.
- [13] 张洪礼, 王伦兴, 陈德琴, 等. 蜂蜜化学成分及其生物活性的研究[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(9): 100–107.
- ZHANG HL, WANG LX, CHEN DQ, *et al.* Studies on the chemical components and their biological activities of honey [J]. Agric Sci Guizhou Prov, 2021, 49(9): 100–107.
- [14] 王玉涵, 王欣然, 李熠, 等. 蜂蜜中功能营养成分及特征研究进展[J]. 农产品质量与安全, 2020(4): 85–92.
- WANG YH, WANG XR, LI Y, *et al.* Progress on functional nutrients and characteristics in honey [J]. Qual Saf Agric Prod, 2020(4): 85–92.
- [15] 李文浩, 马琳, 张建华, 等. 黑枸杞牦牛酸奶的制备工艺探究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2021, 51(5): 20–25.
- LI WH, MA L, ZHANG JH, *et al.* Research on the preparation technology of black barberry wolfberry yak yogurt [J]. Qinghai J Anim Husb Veter Med, 2021, 51(5): 20–25.
- [16] 张玉双, 石浩萍, 陈育林, 等. 添加豆浆对牦牛酸奶品质的影响[J]. 中国酿造, 2021, 40(8): 65–69.
- ZHANG YS, SHI HP, CHEN YL, *et al.* Effect of adding soybean milk on the quality of yak yogurt [J]. Chin Brew, 2021, 40(8): 65–69.
- [17] 孙雪姣, 王一如, 丁瑞雪, 等. 益生菌火龙果酸奶的研发[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(19): 99–103.
- SUN XJ, WANG YR, DING RX, *et al.* Research and development of probiotic pitaya yogurt [J]. Food Res Dev, 2018, 39(19): 99–103.
- [18] COSTA MP, FRASAO BS, SILVA ACO, *et al.* Cupuasu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts [J]. J Dairy Sci, 2015, 98: 5995–6003.
- [19] 王丽丽, 宝音德力格尔. 蜂蜜搅拌型酸奶的研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(8): 240–241.
- WANG LL, BAOYIN DLGER. Research on honey-stirred yogurt [J]. Agric Sci Anhui Prov, 2015, 43(8): 240–241.
- [20] MACHADO TADG, OLIVEIRA MEGD, CAMPOS MIF, *et al.* Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus* [J]. LWT-Food Sci Technol, 2017, 80: 221–229.
- [21] 张悦, 葛武鹏, 袁亚娟, 等. 牛、羊乳酸奶发酵过程中质构学特性的变化规律[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 82–86.
- ZHANG Y, GE WP, YUAN YJ, *et al.* The change law of mass texture properties during the fermentation process of beef and goat milk yogurt [J]. Food Sci, 2013, 34(17): 82–86.
- [22] 李升升, 靳义超. 基于标准化法评估的牦牛酸奶加工工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(3): 297–302.
- LI SS, JIN YC. Yak yogurt processing process, based on standardization method evaluation [J]. J Food Biotechnol, 2018, 37(3): 297–302.
- [23] 孙文伶, 赵丽娜, 董阳, 等. 高密度菌种发酵酸奶品质变化研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(8): 133–137.
- SUN WL, ZHAO LN, DONG Y, *et al.* Study on the quality change of high-density strain fermented yogurt [J]. Brew China, 2018, 37(8): 133–137.
- [24] CHUTTONG B, CHANBANG Y, SRINGARM K, *et al.* Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: *Meliponini*) honey from south Asia (Thailand) [J]. Food Chem, 2016, 192: 149–155.
- [25] 洪建捷. 蜂蜜对酸奶生产中乳酸菌生长和产酸能力的影响[J]. 食品科技, 2003(5): 19–20, 25.
- HONG JJ. Effect of honey on the growth and acid production capacity of lactic acid bacteria in yogurt production [J]. Food Sci Technol, 2003(5): 19–20, 25.
- [26] DAS A, DATTA S, MUKHERJEE S, *et al.* Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of Sesamum indicum honey containing phenolic compounds and lignans [J]. LWT-Food Sci Technol, 2015, 61: 244–250.
- [27] 胡锦涛, 孔芳, 邹木法, 等. 浆果果渣对酸奶品质和抗氧化性的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(11): 176–184, 102.
- HU JT, KONG F, ZOU MF, *et al.* Effect of berry residue on the quality

- and antioxidant properties of yogurt [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(11): 176–184, 102.
- [28] 钟晓敏, 李理, 李斌. 乳化蜂蜜的最佳工艺条件研究[J]. *现代食品科技*, 2009, 25(1): 76–82.
- ZHONG XM, LI L, LI B. Study on the optimal process conditions of emulsified honey [J]. *Modern Food Sci Technol*, 2009, 25(1): 76–82.
- [29] MALCOLM CB. Chapter 1-texture, viscosity, and food [Z]. 2002.
- [30] 朱秋劲, 王电, 陈廷昌, 等. 酸奶加工的全程物理性质变化的研究[J]. *食品科学*, 2003(2): 44–48.
- ZHU QJ, WANG D, CHEN TC, *et al.* Study on the change of the whole physical properties of yogurt processing [J]. *Food Sci*, 2003(2): 44–48.
- [31] 祝静. 羊酸奶发酵工艺及其质构特性和风味成分研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- ZHU J. Research on fermentation technology and texture characteristics and flavor composition of sheep yogurt [D]. Yanglin: Northwest Agriculture & Forestry University, 2011.
- [32] 刘泽朋, 祝缘, 王婷婷, 等. 酪蛋白磷酸肽-钙络合物对酸乳发酵特性及微观结构的影响[J]. *中国乳品工业*, 2016, 44(9): 4–6, 11.
- LIU ZP, ZHU Y, WANG TT, *et al.* Effect of casein phosphopeptide-calcium complex on the fermentation characteristics and microstructure of acid milk [J]. *China Dairy Ind*, 2016, 44(9): 4–6, 11.
- [33] BEZERRA MF, SOUZA DFS, PCORREIA RT, *et al.* Acidification kinetics, physicochemical properties and sensory attributes of yoghurts prepared from mixtures of goat and buffalo milks [J]. *Int J Dairy Technol*, 2012, 65: 437–443.
- [34] EDWARDS CH, ROSSI M, CORPE CP, *et al.* The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2016, 56: 158–166.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

作者简介



蒋萍萍, 副研究员, 主要研究方向为食品安全质量控制技术。
E-mail: pingpingj85@126.com