

绵羊酸奶与山羊酸奶品质和风味的对比

韩秋煜^{1,2}, 许玮宸^{1,2}, 李雪飞^{1,2}, 余妙灵^{1,2}, 包斌^{1,2*}

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心(上海海洋大学), 上海 201306)

摘要: 为对比探究以不同羊奶粉为原料制成的酸奶的感官特性、理化性质和挥发性风味物质成分的差异, 评价了绵羊及山羊酸奶的感官特性、蛋白质含量、脂肪含量、总固体含量、酸度、持水力、悬浮稳定性及挥发性风味成分。结果表明, 山羊酸奶的蛋白质含量(3.15%)和脂肪含量(3.92%)均高于绵羊酸奶(蛋白质含量3.02%和脂肪含量3.50%), 贮藏稳定性显著优于绵羊酸奶($P < 0.05$)。绵羊酸奶中的挥发性酯类(1.86%)和醛类(12.38%)含量高, 含有4-甲基-2-己酮等独特的呈味物质, 使其奶香味较浓, 风味(16.8分)和口感(23.5分)的接受度显著高于山羊酸奶(14.7分, 15.2分)($P < 0.05$)。因此, 山羊酸奶在营养与稳定性上具有优势, 但同时绵羊酸奶在羊酸奶风味的研究上也具有一定潜力。

关键词: 绵羊; 山羊; 酸奶; 奶粉; 风味

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2022)04-0681-06

Comparison of the quality and flavor of sheep yogurt and goat yogurt

HAN Qiuyu^{1,2}, XU Weichen^{1,2}, LI Xuefei^{1,2}, YU Miaoling^{1,2}, BAO Bin^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

2. National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Engineering (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306)

Abstract: To compare and explore the sensory properties, physical and chemical properties and volatile flavor components of yogurt made from different goat milk powders, we evaluated the sensory properties, protein content, fat content, total solid content, acidity, water holding capacity, suspension stability and volatile flavor components in sheep and goat yogurt. The results showed that the protein (3.15%) and fat content (3.92%) in goat yogurt were higher than in sheep yogurt (3.02%, 3.50%) with better storage stability ($P < 0.05$). Meanwhile, sheep yogurt contained high contents of volatile lipids (1.86%), aldehydes (12.38%) and unique flavor substances such as 4-Methyl-2-hexanone, which made the milk flavor stronger, and its flavor (16.8) and taste (23.5) acceptance were significantly higher than that of goat yogurt (14.7, 15.2) ($P < 0.05$). Therefore, goat yogurt possesses advantages in terms of nutrition and stability, but sheep yogurt presents good potential for the research on yogurt flavor.

Key words: sheep; goat; yogurt; milk powder; flavor

羊奶中的营养物质十分丰富, 含有维持健康的多种营养成分, 如维生素、氨基酸及多种酶类等^[1-2]。相较于牛奶, 羊奶中 Ca^{2+} 和环核苷酸含量较高, 同时酪蛋白与乳清蛋白比例接近人乳, 酪蛋白胶粒和乳脂肪球较小, 消化时间短、吸收快, 更易被人体消化吸收^[3]。但羊奶产品的膻味在加工销售过程中难以被除去。羊奶中存在较多的挥发性游离脂肪酸, 是产生膻味的主要原因^[4]。同时, 脂肪酶在羊奶的存过程中能够加速乳脂的分解, 增加羊奶的膻味^[5]。

探究合适的羊奶加工工艺及产品, 对增加羊奶的可利用率十分重要。

酸奶在我国是一种家喻户晓的食品, 具有重要的营养与食用价值, 其风味深受民众的喜爱。乳酸菌是酸奶发酵过程中的主要菌种^[6]。乳酸菌发酵过程中产生的风味物质, 可以降低羊奶产品的膻味^[7]。同时, 酸奶较低的 pH 值也被认为可以降低脂肪酶的活性, 从而减少羊奶产品的膻味。

市售羊奶产品的原料多使用山羊奶, 少有绵羊

收稿日期: 2021-09-14

基金项目: 上海市创新行动计划(19440741200)和国家自然科学基金(82173731)共同资助。

作者简介: 韩秋煜, 硕士研究生。E-mail: fancy_hqy@163.com

* 通信作者: 包斌, 副教授。E-mail: bbao@shou.edu.cn

奶产品,对于山羊酸奶与绵羊酸奶之间的风味对比研究十分有限。因此,本文旨在对绵羊酸奶及山羊酸奶在感官水平、理化特性及挥发性风味物质进行对比,为绵羊酸奶及山羊酸奶的进一步开发提供参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试剂

绵羊奶粉:好睡绵全脂绵羊奶粉(市售);山羊奶粉:CapriLac 凯布瑞特全脂山羊奶粉(市售);菌种:佰生优酸奶发酵菌粉(市售);白砂糖(食品级,市售);纯净水,符合 GB10791—89 规定的软饮料用水标准。

浓硫酸(H_2SO_4)、硫酸铜($CuSO_4$)、硫酸钾(K_2SO_4)、异戊醇($C_5H_{12}O$)和氢氧化钠($NaOH$),均为分析纯(AR);海砂(SiO_2)为化学纯(CP)。

1.2 仪器与设备

电温恒热水浴锅:HWS 12型,上海一恒科学仪器有限公司;蛋白质消化仪:FOSS Tecator Digester 8型,丹麦福斯分析仪器有限公司;全自动凯

氏定氮仪:FOSS Kjeltac 8400型,丹麦福斯分析仪器有限公司;紫外可见分光光度计:UV-1800(PC)型,上海美谱达仪器有限公司;气相色谱-质谱联用仪(GC-MS):7890B GC system-5977A MSD,安捷伦(中国)科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 发酵乳制备 取山羊奶粉与绵羊奶粉各 40 g,以 1:7 (W/V)的比例与 50 °C 纯净水混合均匀,得到山羊复原乳与绵羊复原乳,按如下工艺进行发酵:

复原乳→添加 6.5%白砂糖→均质→高温灭菌(95 °C, 5 min)→冷却(40 °C 以下)→接种(菌种添加量为 0.625%)→分装→恒温发酵(43 °C, 8 h)→冷藏后熟(4 °C, 24 h)。

1.3.2 感官评定 由 10 名经过培训的食品专业人员组成感官小组,按照表 1 所示感官评分标准进行感官评定。评定过程在温度适宜、光线良好的室内进行。分别从色泽、组织形态、风味和口感 4 个方面进行评定,满分 100 分。

表 1 绵羊酸奶与山羊酸奶感官评定评分标准
Table 1 Sensory evaluation standards to goat and sheep yogurt

评分指标	评分标准	分值
色泽(满分 15 分)	呈黄色,光泽较暗,颜色不均一	0~5
	呈乳黄色,稍有光泽,颜色较均一	5~10
	呈乳白色微黄,明亮有光泽,颜色均一	10~15
组织形态(满分 25 分)	质地粗糙,气泡较多,分层严重,乳清大量析出	0~8
	质地较均一,气泡较少,略微分层,乳清少量析出	8~16
	质地均一,无气泡,不分层,几乎无乳清析出	16~25
风味(满分 25 分)	风味难以接受,使人厌恶	0~8
	有较淡的酸奶香味	8~16
	酸奶香扑鼻,令人舒适	16~25
口感(满分 35 分)	酸甜过量或不足严重,口感粗糙,羊膻味难以接受	0~15
	酸甜过量或不足,但尚能接受,入口较细腻,有羊膻味	15~21
	酸甜稍有不足,颗粒感很小,入口细腻爽滑,羊膻味较淡	21~28
	酸甜可口,几乎无颗粒感,入口细腻爽口,滋味柔和无膻味	28~35

1.3.3 蛋白质含量测定 山羊和绵羊奶粉,山羊和绵羊酸奶中蛋白质含量测定方法参考国家质量标准文件 GB5009.5—2016^[8]。

1.3.4 脂肪含量测定 山羊和绵羊酸奶中脂肪含量测定方法参考国家质量标准文件 GB5009.6—2016^[9]。

1.3.5 总固形物含量测定 山羊和绵羊酸奶中总固形物含量测定方法参考国家质量标准文件 GB5413.39—2010^[10]。

1.3.6 酸度测定 山羊和绵羊酸奶中酸度测定方法参考国家质量标准文件 GB5009.239—2016^[11]。

1.3.7 持水力测定 山羊和绵羊酸奶持水力测定参考王伟佳等^[12]的方法。准确称取 30 g 山羊酸奶样品或绵羊酸奶样品,在 4 000 $r \cdot \min^{-1}$ 下,4 °C 离心 15 min,静置 10 min 后对沉淀进行称量。每组样品设 3 个平行。持水力计算公式如下:

$$\text{持水力}/\% = (m - m_0)/m_1 \quad (1)$$

式(1)中: m_0 为离心管质量; m_1 为酸奶质量; m_2 为沉淀质量。

1.3.8 悬浮稳定性测定 本测定参考王伟佳等^[12]的方法:取山羊酸奶样品或绵羊酸奶样品 3 g,稀释

80 倍后放入紫外分光光度计。在波长 540 nm 处, 测得样品吸光度。再取稀释样品 50 mL, 于 4 000 $r \cdot \text{min}^{-1}$ 下, 4 $^{\circ}\text{C}$ 离心 10 min, 取上层乳液, 在波长 540 nm 处再次测量吸光度。每组样品设 3 个平行。悬浮稳定性的计算公式如下:

$$\text{稳定性} = A_2/A_1 \quad (2)$$

式(2)中: A_1 为 80 倍稀释样品吸光度; A_2 为上清液吸光度。

1.3.9 挥发性风味成分测定 挥发性风味成分测定采用固相微萃取-气相色谱-质谱 (SPME-GC-MS) 法, 通过 GC-MS 配合固相微萃取 (SPME) 方法, 对酸奶样品进行分析, 即可以得到气味的物质成分。进样前, 先利用 SPME 进行富集。萃取条件: 在 20 mL 样品瓶中加入 6 g 山羊酸奶样品或绵羊酸奶样品及 2 g NaCl, 于 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中萃取 30 min, 开启磁力搅拌, 进行顶空萃取。解析条件: 进样口升温至 250 $^{\circ}\text{C}$ 后开始进样, 推出萃取头解析附 5 min。

色谱、质谱条件按照武士美等^[13]的方法设定。色谱条件: 采用程序升温方式, 起始温度为 35 $^{\circ}\text{C}$, 保持 3 min, 然后以 4 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 速率升至 140 $^{\circ}\text{C}$, 保持 1 min, 再以 10 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至 250 $^{\circ}\text{C}$, 保持 3 min; 进样口温度保持 250 $^{\circ}\text{C}$; 载气为 He 气, 流速 1.0 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 不分流进样。质谱条件: 电离方式为电子轰击 (EI), 电子能量 70 eV; 离子源温度为 230 $^{\circ}\text{C}$; 质量扫描范围 m/z 33~450 amu。

1.4 数据分析

图表使用 Office 365 和 Origin 8.5 软件进行绘

制。采用 IBM SPSS Statistics 19 对数据进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 理化特性和贮藏稳定性

由表 2 可知, 山羊酸奶的蛋白质含量 (3.15%) 和脂肪含量 (3.92%) 显著高于绵羊酸奶 (3.02%, 3.50%) ($P < 0.05$), 而鲜绵羊乳酸奶的蛋白质 (19.48%) 和脂肪 (6.08%) 含量均高于鲜山羊乳 (12.51%, 3.44%)^[3, 14]。该结果可能是由于本研究使用原料为奶粉。因此, 对山羊和绵羊复原乳进行了蛋白质含量的测定后发现, 绵羊复原乳蛋白质含量 ($3.20\% \pm 0.01\%$) 显著低于山羊复原乳 ($3.38\% \pm 0.03\%$) ($P < 0.05$), 导致绵羊酸奶中蛋白质含量较低。同时, 绵羊酸奶的酸度显著高于山羊酸奶 ($P < 0.05$), 这与 Vianna 等^[14]所得的结果相同。在发酵过程中, pH 值因乳酸菌的新陈代谢活性而降低, 同时消耗乳糖并产生乳酸。因此绵羊复原乳中的乳糖含量高于山羊复原乳。相较于牛酸奶, 羊酸奶的酸度较高, 具有非典型的酸奶口味^[15]。这可能是由于羊酸奶含有较高的短链脂肪酸, 形成了其特色风味。但绵羊与山羊酸奶的总固体含量未出现显著差异 ($P > 0.05$), 这仅由复原乳的浓度决定。

在贮藏稳定性上, 山羊酸奶的悬浮稳定性显著高于绵羊酸奶 ($P < 0.05$), 而持水力并无显著差异 ($P > 0.05$), 这是由于酸奶持水能力直接受总固体含量影响^[14]。因此, 山羊酸奶的贮藏稳定性优于绵羊酸奶。

表 2 绵羊和山羊酸奶理化性质与贮藏稳定性的对比

Table 2 Comparison of physical and chemical properties and storage stability of sheep and goat yogurt

类型	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	酸度/ $^{\circ}\text{T}$	总固体含量/%	贮藏稳定性	
					持水力/%	悬浮稳定性
绵羊酸奶	3.02 ± 0.02^a	3.50 ± 0.02^a	79.43 ± 0.57^b	35.27 ± 0.13^a	72.68 ± 0.32^a	13.30 ± 0.68^a
山羊酸奶	3.15 ± 0.03^b	3.92 ± 0.02^b	74.03 ± 0.57^a	35.27 ± 0.37^a	71.49 ± 0.50^a	15.74 ± 0.85^b

注: 相同字母表示每列数据之间差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

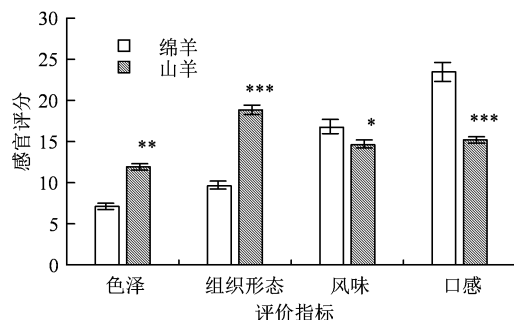


图 1 绵羊酸奶与山羊酸奶各指标感官评分

Figure 1 Sensory score to indicators of sheep and goat yogurt

2.2 感官评定

图 1 显示两种酸奶在色泽、组织形态、风味与口感皆存在显著性差异 ($P < 0.05$)。在色泽上, 山羊酸奶的评分显著高于绵羊酸奶。这可能是因为山羊本身可以将全部 β -胡萝卜素转化成维生素 A, 故山羊奶粉的颜色较绵羊奶粉更白^[3], 呈亮白色。在组织形态上, 绵羊酸奶 (9.7) 的感官评分显著低于山羊酸奶 (18.8)。根据 Domagała 的报道^[16], 原料中总固形物和蛋白质含量的微小差别, 会导致酸奶组织形态出现显著变化。因此, 山羊奶粉中蛋白质含量

(3.38%) 显著高于绵羊奶粉 (3.20%), 使绵羊酸奶的组织形态评分极显著低于山羊酸奶。然而绵羊酸奶的风味 (16.8) 与口感 (23.5) 评分均显著高于山羊酸奶 (14.7, 15.2), 这可能是由于山羊酸奶样品的膻味较明显, 难以被接受, 同时绵羊酸奶的酸度 (79.43 °T) 较高于山羊酸奶 (74.03 °T)。山羊酸奶中明显的膻味主要是由于母山羊的油汗、低不饱和脂肪酸以及羊奶中的游离脂肪酸, 主要是己酸、辛酸和癸酸等产生的类似山羊体味的风味^[17]。

从表 3 中可以看出, 山羊酸奶的整体感官评分较高, 酸奶呈乳白色微黄, 明亮有光泽, 颜色均一, 质地均一, 无气泡, 不分层, 几乎无乳清析出, 有

较淡的酸奶香味, 酸甜过量或不足, 但尚能接受, 入口较细腻。但有羊膻味, 较难接受。

2.3 挥发性风味成分

2.3.1 总离子流 SPME-GS-MS 所得总离子流图以 NIST17 数据库进行定性分析。从绵羊和山羊酸奶的总离子流图 (图 2 和图 3) 中发现, 山羊酸奶由于其风味更加强烈, 其风味物质最高上限丰度为 8×10^6 , 远高于绵羊酸奶样品的上限丰度 3×10^6 。而山羊与绵羊酸奶中共有的挥发性风味物质, 在山羊酸奶样品总离子流图中的丰度较低, 相对含量更低。这与感官评定中认为绵羊酸奶风味强于山羊酸奶的结果一致。

表 3 不同羊奶粉对酸奶感官评价的影响

Table 3 Effects of different species on the sensory evaluation

酸奶	感官评价	感官评分
绵羊酸奶	呈乳黄色, 稍有光泽, 颜色较均一, 质地较均一, 气泡较少, 略微分层, 乳清少量析出, 酸奶香扑鼻, 令人舒适, 酸甜稍有不足, 颗粒感很小, 入口细腻爽滑, 羊膻味较淡	57.2
山羊酸奶	呈乳白色微黄, 明亮有光泽, 颜色均一, 质地均一, 无气泡, 不分层, 几乎无乳清析出, 有较淡的酸奶香味, 酸甜过量或不足, 但尚能接受, 入口较细腻, 有羊膻味	60.7

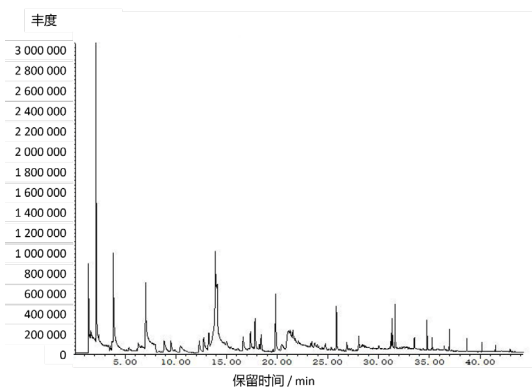


图 2 绵羊酸奶总离子流图

Figure 2 Total ion chromatogram of sheep yogurt

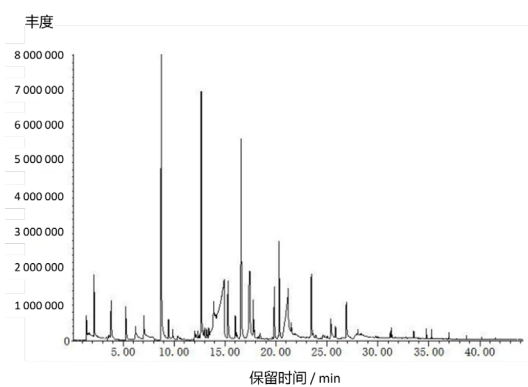


图 3 山羊酸奶总离子流图

Figure 3 Total ion chromatogram of goat yogurt

2.3.2 挥发性风味物质 绵羊酸奶样品共检出挥发性风味物质共 22 种, 其中酸类化合物检出 4 种, 酯类化合物检出 2 种, 醛类化合物检出 2 种, 醇类化合物检出 4 种, 酮类化合物 4 种, 烃类化合物检出 3 种, 其他类化合物检出 3 种; 山羊酸奶共检出挥发性风味物质共 33 种, 其中酸类化合物检出 3 种, 醛类化合物检出 10 种, 醇类化合物检出 8 种, 酮类化合物 6 种, 烃类化合物检出 3 种, 其他类化合物检出 3 种, 未检出酯类化合物。各成分及其相对含量见表 4。

酸类化合物是酸奶样品中的挥发性风味物质的重要成分, 是酸奶中的主要呈味物质之一^[18], 对风味的影响主要在滋味上。在绵羊酸奶样品中, 挥发性酸类化合物总计含量 21.99%, 其中正辛酸为主要酸类化

合物 (12.38%)。山羊酸奶样品中的酸类化合物的相对含量为 29.62%, 挥发性风味物质中主要酸类化合物为正己酸 (17.27%), 其中顺式-11-二十碳烯酸、正癸酸分别是山羊与绵羊酸奶中单独检出的酸类化合物, 二者对滋味的影响作用需要进行进一步探讨。

绵羊酸奶中挥发性酯类化合物相对含量为 2.74%, 是其特有的挥发性风味物质, 包含甲酸辛酸 (1.86%) 和丁酰乳酸丁酯 (0.88%)。酯类化合物的存在使绵羊酸奶具有了独特的香味, 削弱了脂肪酸及胺类所产生的苦涩风味^[19]。尽管其相对含量较低, 但可以部分掩蔽绵羊酸奶中的羊膻味, 是令绵羊酸奶与山羊酸奶的风味出现差异的原因之一。

表 4 绵羊酸奶和山羊酸奶的风味成分
Table 4 Flavor components of goat and sheep yogurt

类别	化合物名称	保留时间/min		相对含量/%	
		绵羊酸奶	山羊酸奶	绵羊酸奶	山羊酸奶
酸类	正己酸	14.73	14.66	3.53±0.11	17.27±0.48
	正壬酸	15.00	—	5.54±0.23	—
	正辛酸	21.05	21.20	12.38±0.05	10.42±0.37
	正癸酸	—	28.03	—	1.93±0.23
	顺式-11-二十碳烯酸	32.46	—	0.54±0.72	—
总计				21.99±0.41	29.62±0.41
酯类	甲酸辛酯	16.63	—	1.86±0.62	—
	丁酰乳酸丁酯	26.86	—	0.88±0.60	—
总计				2.74±0.23	—
醛类	异戊醛	—	3.39	—	0.13±0.53
	正己醛	—	6.20	—	0.40±0.47
	正庚醛	—	9.87	—	0.36±0.49
	反式-2-庚烯醛	—	12.04	—	0.35±0.22
	苯甲醛	—	12.15	—	0.32±0.13
	反式-2-辛烯醛	—	16.01	—	0.86±0.53
	正壬醛	17.81	17.78	3.49±0.31	1.15±0.81
	反式-2-癸烯醛	—	23.47	—	2.42±0.46
	反式-2,4-癸二烯醛	—	25.37	—	1.52±0.40
	2-十一烯醛	—	26.90	—	1.58±0.52
	反式-7-十六碳烯醛	32.45	—	0.26±0.19	—
总计				3.75±0.10	9.09±0.10
醇类	4-氨基-1-戊醇	—	1.49	—	0.25±0.03
	D-丙氨醇	—	1.75	—	0.10±0.17
	正戊醇	—	5.27	—	1.20±0.18
	正己醇	8.85	8.76	1.69±0.21	11.85±0.66
	正庚醇	12.75	12.66	2.80±0.38	8.87±0.30
	1-辛烯-3-醇	—	12.97	—	0.54±0.66
	环己(基)硫醇	13.25	—	2.77±0.25	—
	正辛醇	—	16.58	—	7.88±0.20
	正壬醇	20.44	20.31	1.59±0.11	3.43±0.10
总计				8.85±0.01	34.12±0.01
酮类	2,3-丁二酮	2.14	2.15	12.38±0.94	1.92±0.19
	3-羟基-2-丁酮	3.84	3.81	10.50±0.91	1.52±0.11
	4-甲基-2-己酮	9.51	—	1.73±0.23	—
	2-庚酮	—	9.46	—	0.67±0.22
	2-壬酮	17.37	—	2.05±0.19	—
	3-辛烯-2-酮	—	15.50	—	2.21±0.81
	3,5-辛二烯-2-酮	—	17.37	—	2.47±0.62
	4-羟基-4-甲基环己酮	—	17.86	—	0.50±0.44
总计				26.66±0.74	9.29±0.34
烃类	正庚烷	—	3.53	—	0.14±0.32
	正十四烷	28.05	—	1.36±0.57	—
	正十九烷	31.23	31.22	1.09±0.18	0.27±0.30
	2,6,10-三甲基十四烷	33.52	33.51	0.91±0.34	0.24±0.30
总计				3.36±0.95	0.65±0.40
其他	2-吡啶基甲基胺	1.40	1.40	5.85±0.58	0.89±0.59
	联脲	—	2.01	—	0.14±0.37
	甲氧基苯酚	10.44	10.35	1.18±0.77	0.38±0.20
	2,6-二叔丁基对甲酚	31.61	—	2.82±0.09	—
总计				9.85±0.61	1.41±0.32

醛类物质风味阈值较低,对酸奶的风味具有较大贡献^[20]。国产牛酸奶的风味类型为醛香型,乙醛是主要挥发性风味成分^[21],但羊酸奶中未检出乙醛。在绵羊酸奶中检出的醛类化合物仅为正壬醛(3.49%)和反式-7-十六碳烯醛(0.26%)。相较于绵羊酸奶,山羊酸奶中检出的醛类化合物较高,相对含量为9.09%。

在绵羊酸奶的挥发性风味物质中,挥发性醇类化合物(8.85%)仅有正己醇、正庚醇、环己(基)硫醇和正壬醇。而山羊酸奶中的醇类化合物高达34.12%,是山羊酸奶中的主要呈味化合物之一,提供了独特的醇香风味。同时,绵羊酸奶中酮类物质总含量为26.66%。其中2,3-丁二酮与3-羟基-2-丁酮含量较高,是绵羊酸奶奶香味较浓的主要原因。因此,绵羊酸奶的主要挥发性呈味物质含量高于山羊酸奶,导致了绵羊酸奶风味优于山羊酸奶。

3 结论

使用绵羊奶粉和山羊奶粉为原料,对比了山羊和绵羊酸奶的品质特性和挥发性风味物质。结果显示,山羊酸奶的营养价值较高且贮藏稳定性优于绵羊酸奶。由于绵羊酸奶含有较高的挥发性酮类和酯类物质,使其具有较明显的奶香味,更多的掩蔽了羊膻味,风味和口感优于山羊酸奶。

参考文献:

- [1] 曹斌云,罗军,姚军虎,等.山羊奶的营养价值与特点[J].畜牧兽医杂志,2007,26(1):49-50.
- [2] RUBIN M S, MODAI S, RAYMAN S, et al. Antiviral properties of goat milk[J]. Clin Nutr Open Sci, 2021, 37: 1-11.
- [3] MAHMOOD A, USMAN S. A comparative study on the physicochemical parameters of milk samples collected from buffalo, cow, goat and sheep of gujrat, Pakistan[J]. Pakistan J Nutrition, 2010, 9(12): 1192-1197.
- [4] 焦凌梅,袁唯.改善山羊乳风味的方法研究[J].中国乳业,2006(6):56-58.
- [5] 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.
- [6] PURWANINGSIH, ROSIDA I N, DJAAFAR T F, et al. Organoleptic, chemical, and microbiological characteristics of goat milk yogurt using *Lactobacillus plantarum* T14 and T35 with the addition of *Stevia* sweetener[J]. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, 2021, 807(2): 022047.
- [7] 陈天鹏,刘翠,冷友斌,等.羊乳营养成分及功能特性的研究进展[J].中国食物与营养,2016,22(3):71-76.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [9] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中脂肪的测定:GB 5009.6—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [10] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准 乳和乳制品中非脂乳固体的测定:GB 5413.39—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品酸度的测定:GB 5009.239—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [12] 王伟佳,高晓夏月,刘爱国,等.不同热处理无乳糖酸奶与普通酸奶品质的比较[J].食品与发酵工业,2021,47(5):99-104.
- [13] 武士美,靳汝霖,任为一,等.德氏乳杆菌保加利亚亚种发酵乳中挥发性风味物质的比较分析[J].中国乳品工业,2017,45(9):4-10.
- [14] VIANNA F S, DA CRUZ SILVA CANTO A C V, COSTA-LIMA B, et al. Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties[J]. Cienc Rural, 2019, 49(6):
- [15] VARGAS M, CHÁFER M, ALBORS A, et al. Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk[J]. Int Dairy J, 2008, 18(12): 1146-1152.
- [16] DOMAGALA J. Instrumental texture, syneresis and microstructure of yoghurts prepared from goat, cow and sheep milk[J]. Int J Food Prop, 2009, 12(3): 605-615.
- [17] 罗军,史怀平,王建民,等.中国奶山羊产业发展综述:发展趋势及特征[J].中国奶牛,2019(9):1-11.
- [18] GÜLER Z. Changes in salted yoghurt during storage[J]. Int J Food Sci Technol, 2007, 42(2): 235-245.
- [19] 任丽.植物型酸奶的制备、风味物质及抗氧化活性研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
- [20] 罗倩,田计均,唐媛,等.山葵酸奶工艺及挥发性风味物质研究[J].食品研究与开发,2020,41(7):149-158.
- [21] 丹彤,包秋华,孟和毕力格,等.发酵乳风味物质乙醛、双乙酰的合成途径及其调控机制[J].食品科技,2012,37(7):75-79.