

单、双峰骆驼酸奶品质与风味的比较

A comparative study on the quality and flavor of dromedary and bifocal camel yogurt

李 阳 陈树兴

LI Yang CHEN Shuxing

(河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023)

(College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023, China)

摘要:目的:分析对比单、双峰酸驼乳的品质与风味。方法:通过理化检验、质构分析、流变学分析、固相微萃取—气相色谱—质谱法、感官评价等方法检测单、双峰酸驼乳的品质与风味组成。结果:单峰酸驼乳的活菌数、蛋白质、脂肪、总固形物含量以及抗氧化活性均低于双峰酸驼乳($P < 0.05$),贮藏稳定性优于双峰酸驼乳($P < 0.05$)。双峰酸驼乳的硬度显著高于单峰酸驼乳($P < 0.05$),单峰酸驼乳的黏附性绝对值、内聚性、胶黏性显著高于双峰酸驼乳($P < 0.05$),两者的弹性和咀嚼性无显著差异。单、双峰酸驼乳的表现黏度均呈现剪切稀释的流动特征,初始表现黏度分别为 5.82, 2.33 Pa·s;两者均能形成触变环,其面积分别为 2 421.82, 3 674.16 Pa/s;两者均表现出凝胶特性,单峰酸驼乳具有更高的弹性和黏性。单、双峰酸驼乳中共检出 48 种挥发性风味物质,其共有挥发性风味物质含量差异显著($P < 0.05$),其中,双峰酸驼乳中的挥发性酸类、酯类、醛类、酮类等风味阈值较低的物质相对含量高于单峰酸驼乳,使其风味更优。单峰酸驼乳的感官评分高于双峰酸驼乳($P < 0.05$)。结论:双峰酸驼乳的营养和风味物质含量更高,单峰酸驼乳在贮藏稳定性和口感方面更优。

关键词:骆驼乳;酸驼乳;酸奶;质构特性;流变学特性;风味物质;差异性分析

Abstract: Objective: This study aimed to analyze and compare the quality and flavor of dromedary and bifocal camel yogurt. **Methods:** Through physicochemical analysis, texture analysis, rheological analysis, SPME-GC-MC, sensory evaluation, etc., the overall differences in quality and flavor of dromedary and bifocal camel yogurt were determined. **Results:** The viable

bacteria count, protein, fat, total solids content, and antioxidant activity of dromedary camel yogurt were lower than those of bifocal camel yogurt ($P < 0.05$), but it exhibited better storage stability than bifocal camel yogurt ($P < 0.05$). Texture analysis showed that the hardness of bifocal camel yogurt was significantly higher than that of dromedary camel yogurt ($P < 0.05$), while the adhesiveness, cohesiveness, and gumminess of dromedary camel yogurt were significantly higher than those of bifocal camel yogurt ($P < 0.05$). No significant differences were found in elasticity and chewiness between the two. Rheological characteristics showed that both single and bifocal camel yogurt exhibited shear-thinning flow characteristics, with initial apparent viscosity values of 5.82 and 2.33 Pa·s, respectively. Both formed thixotropic loops, with areas of 2 421.82 and 3 674.16 Pa/s, respectively. The exhibited gel properties, with dromedary camel yogurt having higher elasticity and viscosity. A total of 48 volatile flavor substances were detected in single and bifocal camel yogurt, with significant differences in the content of volatile flavor substances shared by the two camel yogurt types ($P < 0.05$). The content of volatile acids, esters, aldehydes, ketones, and other substances with lower flavor thresholds was relatively higher in bifocal camel yogurt, making its flavor superior. The sensory evaluation score of dromedary camel yogurt was higher than that of bifocal camel yogurt ($P < 0.05$). **Conclusion:** Bifocal camel yogurt has higher nutritional and flavor substance content, while dromedary camel yogurt exhibits superior storage stability and taste.

Keywords: camel milk; camel yogurt; yogurt; texture analysis; rheological analysis; flavor compounds; differential analysis

驼乳为驼科动物的乳汁,富含维生素 C、不饱和脂肪酸、铁和维生素 B^[1]。骆驼发酵乳(酸驼乳)是由骆驼乳经乳酸菌接种发酵而成,与普通的牛奶发酵乳(酸牛乳)相比,酸驼乳中的蛋白质和钙等营养成分更易于人体吸收,且酸驼乳的口感更加丰富。酸驼乳具有提升消化能力、

作者简介:李阳,男,河南科技大学在读硕士研究生。

通信作者:陈树兴(1964—),男,河南科技大学教授,博士。

E-mail: chenshuxing1@163.com

收稿日期:2024-02-14

改回日期:2024-04-13

促进肠胃蠕动、提高新陈代谢、延缓机体衰老和预防肿瘤等作用^[2]。

目前,有关驼乳及驼乳制品的研究主要集中在骆驼乳本身医用价值以及特性分析上^[3-5],对酸驼乳的研究主要集中在酸驼乳与牛、羊等酸奶的比较以及酸驼乳的制备工艺优化上^[6-9],而有关单、双峰等不同骆驼品种酸奶品质和风味差异的评价比较尚未见报道。研究拟比较单峰酸驼乳与双峰酸驼乳的理化性质、质构特性、流变学特性以及挥发性风味物质的组成和含量,明确两者品质与风味的差异,为酸驼乳制备工艺研究及产品的开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

单峰骆驼乳、双峰骆驼乳:新疆塔城地区土尔滚村骆驼养殖基地;

保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌:300 CFU/g,北京川秀科技有限公司;

德曼—罗戈萨—夏普(MRS)培养基:山东西亚化学有限公司;

2,2-联苯基-1-苦基肼基(DPPH)自由基、乙腈、邻苯二甲醛、茚三酮溶液、柠檬酸钠缓冲溶液等:河南标准物质研发中心。

1.2 仪器与设备

电温恒热水浴锅:HWS12 型,河南沃林仪器设备有限公司;

酸度计:FE20K 型,北京恒奥德仪器仪表有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1800(PC)型,德国 BRUKER 公司;

物性分析仪:SMS TA.XT Epress Enhanced 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

旋转流变仪:Brookfield RSX 型,美国 Brookfield 公司;

固相微萃取仪:SP-64A 型,上海思达分析仪器股份有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:7890A-5975C 型,安捷伦(中国)科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 酸驼乳的制备

骆驼乳预处理→添加白砂糖(6.5%)→均质(60℃, 20 MPa)→高温灭菌(95℃, 5 min)→冷却(40℃以下)→加入乳酸菌发酵剂(2.5%)→分装→恒温发酵(42℃, 8 h)→冷藏后熟(4℃, 24 h)^[10]

1.3.2 活菌数、酸度、pH、持水力及悬浮物稳定性测定

- (1) 活菌数:参照文献^[11]。
- (2) 酸度:按 GB 5009.239—2016 执行。
- (3) pH 值:采用 pH 酸度计。
- (4) 持水力:参照文献^[12]。
- (5) 悬浮稳定性:参照文献^[13]。

1.3.3 蛋白质、脂肪、总固形物含量测定

- (1) 蛋白质含量:按 GB 5009.5—2016 执行。
- (2) 脂肪含量:按 GB 5009.6—2016 执行。
- (3) 总固形物含量:按 GB 5413.39—2010 执行。

1.3.4 抗氧化活性测定 参照文献^[14]。

1.3.5 流变学特性测定 参照文献^[15]。

1.3.6 全质构分析 参照文献^[16]。

1.3.7 挥发性风味物质组成及相对含量测定 参照文献^[17]。

1.3.8 感官评定 由 10 位专业人员组成感官评价小组,按表 1 进行感官评价。

1.4 数据分析

采用 Origin 8.0、Excel 软件进行数据处理和方差分析,使用 SPSS 23.0 软件进行显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 理化性质与贮藏稳定性

由表 3 可知,双峰酸驼乳的活菌数显著高于单峰酸驼乳($P<0.05$)。酸奶中的活菌数与原料乳本身所含的营养物质含量密切相关,一般情况下,营养物质含量越高,酸奶中活菌数越高,活性越强。因此,推测双峰酸驼乳中营养物质种类和含量更丰富,更适于乳酸菌的生长,其乳酸菌的数量和活性更高,产酸更多。双峰酸驼乳的滴定酸度显著高于单峰酸驼乳($P<0.05$),双峰酸驼乳的 pH 值显著低于单峰酸驼乳($P<0.05$),与总活菌数的测

表 1 酸驼乳感官评定表

Table 1 Sensory evaluation form for camel yogurt

等级	色泽(10 分)	口感(20 分)	风味(30 分)	组织状态(40 分)
优秀(≥75 分)	颜色适中、均匀一致、无杂质、有光泽(≥7 分)	入口融化时间长、细腻滑润可口、口感好(≥15 分)	奶香味浓郁、无其他异味(≥20 分)	无冰晶、细腻膨(≥30 分)
良好(60~75 分)	色泽较浅、杂质不明显、无光泽(4~7 分)	入口融化时间较长、较细腻、口感较好(10~15 分)	有奶香味但不明显(15~20 分)	冰晶小、不细腻、膨松一般(20~30 分)
差(<60 分)	无色泽或颜色过重、有其他异色和杂质(<4 分以下)	入口融化快、口感差、不细腻(<10 分)	几乎无奶的味道或奶味过酸(<15 分)	冰晶较大、不细腻、膨松度差(<20 分)

表 2 单峰酸驼乳与双峰酸驼乳的理化性质和贮藏性[†]

Table 2 The physicochemical properties and stability of dromedary and bifocal camel yogurt

类别	总活菌数/ (CFU · mL ⁻¹)	酸度/°T	pH 值	稳定性	
				悬浮稳定性/NTU	持水力/%
单峰酸驼乳	3.33×10 ^{7a}	88.47±0.62 ^a	4.38±0.26 ^a	10.25±0.74 ^a	56.84±0.54 ^a
双峰酸驼乳	3.98×10 ^{7b}	90.34±0.66 ^b	4.22±0.34 ^b	8.59±0.62 ^b	45.67±0.45 ^b

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

定结果相对应。

贮藏稳定性上,单峰酸驼乳的悬浮稳定性和持水力均显著高于双峰酸驼乳($P<0.05$),可能是由于总固形物含量影响了两种酸驼乳的悬浮物稳定性和持水能力^[18],固形物含量越低其悬浮稳定性和持水力越高,稳定性就越高。综上,单峰酸驼乳的稳定性优于双峰酸驼乳。

由表 3 可知,双峰酸驼乳的蛋白质、脂肪以及总固形物含量显著高于单峰酸驼乳($P<0.05$)。因此,双峰酸驼乳的主要营养物质含量高于单峰酸驼乳,表明其营养价值更高。

表 3 单、双峰酸驼乳的主要营养物质含量[†]

Table 3 The main nutritional content of dromedary and bifocal camel yogurt

类别	蛋白质含量	脂肪含量	总固体含量/%
单峰酸驼乳	4.62±0.74 ^a	4.17±0.26 ^a	22.67±0.15 ^a
双峰酸驼乳	5.67±0.33 ^b	5.41±0.35 ^b	26.67±0.27 ^b

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 抗氧化活性

采用 DPPH 自旋捕捉法测定发酵乳的抗氧化活性,其自由基清除率越高,抗氧化活性越强^[6]。经检测,单峰酸驼乳与双峰酸驼乳的 DPPH 自由基清除率分别为(55.47±1.25)%,(66.31±2.25)%,双峰酸驼乳的抗氧化活性显著高于单峰酸驼乳($P<0.05$)。抗氧化活性与物料中的维生素 C、维生素 E、多酚化合物等抗氧化活性物质含量密切相关^[6],含量越高抗氧化活性越强。因此,双峰酸驼乳具有更强的抗氧化活性,可能与其含有更多的抗氧化活性物质有关。

2.3 流变学特性

表观黏度值能够在一定程度上反映发酵乳内部组织的特性以及是否具有剪切稀释的流动特征。由图 1 可知,两种酸驼乳的表观黏度均随剪切速率的增大先大幅降低后趋于平缓,表现出了剪切稀释的流动特征^[19]。二者表观黏度的整体变化趋势相同,但在低剪切速率时的初始表观黏度值却相差较大,单峰酸驼乳的初始表观黏度明显高于双峰酸驼乳,且整体曲线位于双峰酸驼乳上方,说明单峰酸驼乳的表观黏度优于双峰酸驼乳。

触变特性可以反映剪切力使酸驼乳的内部结构发生

改变的情况,以及在撤去剪切力后酸驼乳状态恢复情况,若形成触变环则可以判断发酵乳为黏弹性和正触变性流体^[19]。由图 2 可知,两种酸驼乳表现出不同的剪切应力,酸驼乳的剪切升速与降速曲线均成环状,形成了触变环,说明两者均为正触变流体,且剪切力使酸驼乳的内部结构发生了改变,在撤去剪切力后酸驼乳恢复状态需要一定的时间,两种酸驼乳的触变环形态差异较大,说明其触变特性有较大差异。触变环面积越小,触变特性越优异,两者的触变环面积分别为 2 421.82,3 674.16 Pa/s,双峰酸驼乳的触变环面积明显大于单峰酸驼乳的,说明双峰酸驼乳在剪切力作用下,内部组织结构发生的变化较大,

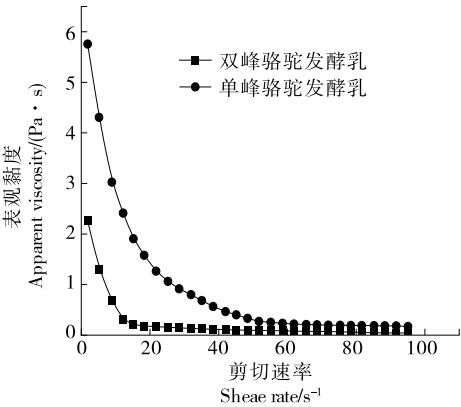


图 1 酸驼乳样品表观黏度随剪切速率的变化曲线
Figure 1 The curve of apparent viscosity of camel yogurt samples as a function of shear rate

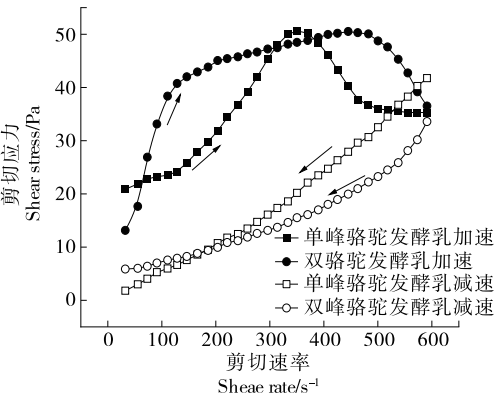


图 2 酸驼乳样品剪切应力随剪切速率的变化曲线
Figure 2 The curve of shear stress of camel yogurt samples as a function of shear rate

较不稳定,且状态恢复速度较慢。因此,单峰酸驼乳的触变特性优于双峰酸驼乳。

弹性模量可以衡量样品抵抗弹性变形能力,反映发酵乳的弹性。黏性模量则是由于不可逆变形而损失的能量,反映了样品黏性大小^[20]。由图 3 可知,两种酸驼乳的弹性模量和黏性模量均随扫描频率的增加而增大,且各自的弹性模量均大于黏性模量,在组织结构上均呈现一定程度的凝胶特性。而单峰酸驼乳的弹性模量和黏性模量均高于双峰酸驼乳的,说明单峰酸驼乳有更高的弹性和黏性。因此,单峰酸驼乳的应变能力优于双峰酸驼乳。综上,单峰酸驼乳的流变学特性表现优于双峰酸驼乳。

2.4 全质构分析

硬度与黏附性在一定程度上反映了样品的凝乳性能,黏附性反映了探头克服样品黏着的程度,黏性越大,黏附性的绝对值越大^[20]。由表 4 可知,双峰酸驼乳的硬度显著高于单峰酸驼乳($P<0.05$),单峰酸驼乳的黏附性

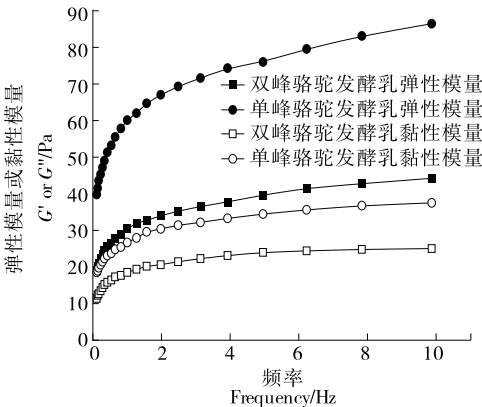


图 3 酸驼乳样品弹性模量和黏性模量随扫描频率的变化曲线

Figure 3 The curve of elastic modulus and viscous modulus of camel yogurt samples as a function of scanning frequency

表 4 单、双峰酸驼乳的全质构分析[†]

Table 4 The complete texture analysis of dromedary and bifocal camel yogurt

类别	硬度/N	黏附性/(N·s)	内聚性	胶黏性/N	弹性	咀嚼性/N
单峰酸驼乳	14.28±0.48 ^a	-12.47±0.15 ^a	0.97±0.11 ^a	18.67±0.68 ^a	5.89±0.45	0.82±0.03
双峰酸驼乳	18.62±0.76 ^b	-6.73±0.04 ^b	0.82±0.02 ^b	15.23±0.57 ^b	5.61±0.09	0.80±0.08

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

绝对值显著高于双峰酸驼乳($P<0.05$)。与双峰酸驼乳相比,单峰酸驼乳的硬度较小且黏附性较高,说明单峰酸驼乳的凝乳效果更好。内聚性与胶黏性在一定程度上反映了酸奶的质地和组织结构,内聚性较高的酸奶在质地上更为均匀、细腻,胶黏性较高的酸奶质地更为浓稠,在口腔内更容易黏附,单峰酸驼乳的内聚性与胶黏性均显著大于双峰酸驼乳的($P<0.05$),因此,单峰酸驼乳的酸乳质地更细腻、浓稠。单峰酸驼乳与双峰酸驼乳在弹性和咀嚼性上无显著差异。综上,单峰酸驼乳的质构特性优于双峰酸驼乳的,单峰酸驼乳的内部结构较双峰酸驼

乳的更为稳定,凝乳效果更佳,质地更为浓稠、细腻。

2.5 挥发性风味物质的组成与含量

由图 4 可知,单峰酸驼乳的风味物质最高上限信号响应值高于双峰酸驼乳的,表明单峰酸驼乳的特有风味更强烈。两种酸驼乳共有的挥发性风味物质中,单峰酸驼乳的总峰面积较低,说明其共有的风味物质相对含量较双峰酸驼乳的低。

由表 5 可知,单、双峰酸驼乳中共检出 48 种挥发性风味物质,单峰酸驼乳样品中共检出挥发性风味物质 37 种,其中酸类 6 种,酯类 3 种,醛类 6 种,醇类 9 种,酮

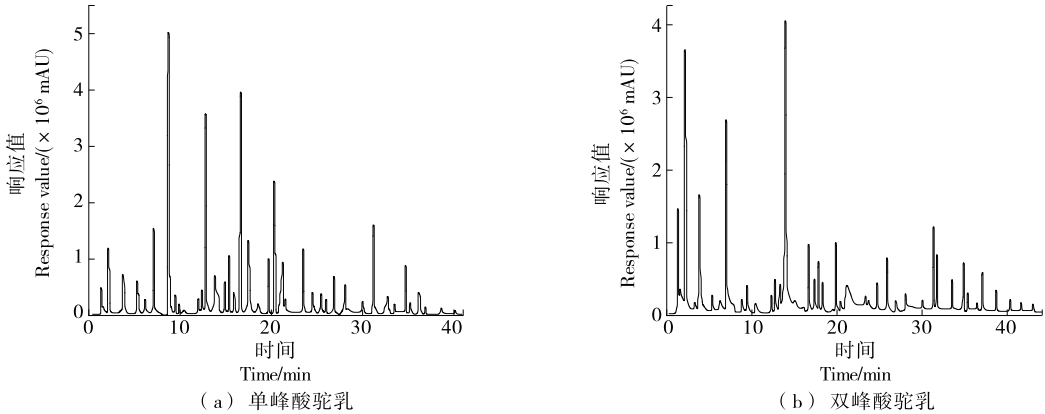


图 4 酸驼乳的总离子流图

Figure 4 The total ion flow of bifocal camel yogurt

类 5 种, 烃类 5 种, 其他类 3 种; 双峰酸驼乳中共检出挥发性风味物质共 37 种, 其中酸类 7 种, 酯类 4 种, 醛类 8 种, 醇类 7 种, 酮类 5 种, 烃类 4 种, 其他类 2 种。两种酸驼乳的共有挥发性风味物质含量差异显著 ($P<0.05$)。

酸类化合物是酸奶的主要风味物质, 是决定酸奶滋味的关键^[21], 单、双峰酸驼乳的主要挥发性风味物质均为酸类化合物, 总相对含量分别为 31.05%, 31.71%, 其中, 正己酸为两种酸驼乳的主要酸类化合物, 相对含量分别为 15.35%, 12.66%, 正壬酸在单峰酸驼乳中单独检出, 正癸酸和十四酸在双峰酸驼乳中单独检出。

酯类物质的风味阈值低, 风味作用明显。单、双峰酸驼乳中酯类物质相对含量分别为 10.38%, 12.64%, 其中壬酸乙酯为双峰酸驼乳中单独检出, 其能够对甲酸庚酯进行良好的修饰, 同时赋予双峰酸驼乳独特的果香风味, 尽管其相对含量不高, 但风味阈值较低, 较大程度上削弱

了脂肪酸及胺类所产生的苦涩风味。

醛类物质的风味阈值低, 风味作用明显, 是酸奶中氧化风味的主要呈味物质^[21]。单、双峰酸驼乳中醛类物质相对含量分别为 13.07%, 14.95%, 其中, 反式-2-庚烯醛在单峰酸驼乳中单独检出, 使其具有青草味和微弱的刺激臭味, 属于异味物质之一。反式-2-辛烯醛、反式-2-癸烯醛和反式-7-十六碳烯醛在双峰酸驼乳中单独检出, 使其具有特有的脂肪香味和肉香味, 其风味更醇厚。

醇类物质的风味阈值较高, 风味作用不明显, 主要起辅助作用。单、双峰酸驼乳中醇类物质相对含量分别为 16.21%, 20.37%。

酮类物质是多种风味化合物的中间体, 风味作用明显。单、双峰酸驼乳中酮类物质相对含量分别为 6.45%, 7.92%, 其中, 2-庚酮、3,5-辛二烯-2-酮和 4-羟基-4-甲基环己酮在单峰酸驼乳中单独检出, 可为其带来特殊的梨香

表 5 单、双峰酸驼乳的风味成分[†]

Table 5 The flavor components of dromedary and bifocal camel yogurt

类别	化合物	保留时间/min		相对含量/%		类别	化合物	保留时间/min		相对含量/%	
		单峰酸 驼乳	双峰酸 驼乳	单峰酸 驼乳	双峰酸 驼乳			单峰酸 驼乳	双峰酸 驼乳	单峰酸 驼乳	双峰酸 驼乳
酸类	乙酸	12.78	16.48	1.60 ^a	1.98 ^b	醇类	正己醇	8.86	7.32	2.64 ^a	3.84 ^b
	正己酸	14.23	15.45	15.35 ^a	12.66 ^b		乙基乙醇	14.66	14.14	2.34 ^a	0.82 ^b
	正壬酸	12.62	—	4.68	—		1-辛烯-3-醇	4.57	—	1.54	—
	正辛酸	19.07	21.31	7.38 ^a	10.74 ^b		环己(基)硫醇	11.43	—	1.66 ^a	0.41 ^b
	正庚酸	20.53	19.14	1.45 ^a	1.71 ^b		正辛醇	16.33	16.78	2.68 ^a	3.64 ^b
	正癸酸	—	29.47	—	3.67		正壬醇	20.80	20.17	1.47 ^a	2.43 ^b
	苯甲酸	11.46	9.63	0.59 ^a	0.62 ^b		正癸醇	8.64	—	0.44	—
	十四酸	—	6.32	—	0.33	酮类	3-羟基-2-丁酮	—	3.64	—	3.52
酯类	甲酸辛酯	14.57	19.22	4.24 ^a	3.33 ^b		4-甲基-2-己酮	—	9.51	—	1.63
	甲酸庚酯	5.32	9.81	2.86 ^a	3.45 ^b		2-庚酮	6.24	—	0.57	—
	壬酸乙酯	—	10.93	—	2.37		2-壬酮	15.73	15.21	1.04 ^a	1.17 ^b
	癸酸乙酯	17.73	14.55	3.28 ^a	3.49 ^b		2-十一酮	—	4.32	—	0.12
醛类	异戊醛	3.45	4.62	0.47 ^a	1.19 ^b		3-辛烯-2-酮	11.76	9.44	2.22 ^a	1.48 ^b
	正己醛	6.22	4.16	1.36 ^a	1.40 ^b		3,5-辛二烯-2-酮	9.34	—	1.17	—
	正庚醛	9.78	6.47	1.32 ^a	0.34 ^b		4-羟基-4-甲基环己酮	6.59	—	1.45	—
	反式-2-庚烯醛	12.05	—	1.35	—	烷烃类	正庚烷	3.21	3.57	1.71 ^a	0.43 ^b
	苯甲醛	11.85	12.51	3.32 ^a	3.44 ^b		正十四烷	28.04	—	1.29	—
	反式-2-辛烯醛	—	24.39	—	2.86		正十九烷	31.24	31.66	1.09 ^a	0.47 ^b
	正壬醛	17.88	12.54	3.48 ^a	2.97 ^b		2,6,10-三甲基十四烷	33.52	34.16	0.22 ^a	0.81 ^b
	反式-2-癸烯醛	—	22.14	1.77 ^a	1.42 ^b	烯烃类	二苯基甲烷	11.45	—	0.02	—
醇类	反式-7-十六碳烯醛	—	7.33	—	1.33		苯并环丁烯	—	8.09	—	1.64
	乙醇	1.21	2.37	1.56 ^a	2.75 ^b	其他	二甲基二硫	3.64	—	0.64	—
	异戊醇	—	7.25	—	3.14		2,6-二叔丁基对甲酚	22.44	23.47	2.25 ^a	2.82 ^b
	正庚醇	15.64	14.98	2.88 ^a	3.75 ^b		2,4-二叔丁基苯酚	21.45	19.63	3.21 ^a	0.87 ^b

[†] 字母不同表示差异显著 ($P<0.05$); “—”表示未检出。

味和轻微药香味;3-羟基-2-丁酮、4-甲基-2-己酮和 2-十一酮在双峰酸驼乳中单独检出,可为其带来轻微芸香和桃香味。

其他类别化合物主要由烷烃类、烯烃类以及含硫物质组成,其风味阈值较低,较大程度上影响酸奶整体风味的形成。

以阈值较低的酸类、酯类、醛类、酮类挥发性化合物分析来看,双峰酸驼乳中酸类、酯类、醛类、酮类挥发性化合物相对含量均高于单峰酸驼乳,其中的呈味物质使其具有更明显的奶香味,风味更加醇厚,更多地掩盖了酸驼乳中特有的驼乳异味。因此,双峰酸驼乳的风味优于单峰酸驼乳。

2.6 感官评定

由表 6 可知,单、双峰酸驼乳的感官评分在色泽、组织形态、风味、口感以及总得分上存在显著性差异($P<0.05$)。色泽上,双峰酸驼乳的评分显著高于单峰酸驼乳,两者均呈白色,但双峰酸驼乳呈亮白色;口感上,单峰酸驼乳的评分显著高于双峰酸驼乳,可能是由于双峰酸驼乳的组织结构较为脆弱,持水性较差,也有可能是双峰酸驼乳的凝乳状态不理想,具有水状的稠度;风味上,双峰酸驼乳的评分显著高于单峰酸驼乳,是由于双峰酸驼乳中挥发性风味物质更多、更丰富,与挥发性风味物质的检测相对应;单峰酸驼乳的组织形态以及总得分均显著高于双峰酸驼乳。

表 6 单、双峰酸驼乳感官评分结果[†]

Table 6 Sensory evaluation results of dromedary and bifocal camel yogurt

类别	色泽	口感	风味	组织状态	总分
单峰酸驼乳	9.2 ^a	19.6 ^a	26.1 ^a	37.6 ^a	92.5 ^a
双峰酸驼乳	10.4 ^b	17.2 ^b	28.5 ^b	32.4 ^b	87.5 ^b

[†] 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

比较了单、双峰酸驼乳的品质和风味的整体差异。结果表明,双峰酸驼乳的活菌数、蛋白质、脂肪、总固形物含量以及抗氧化活性均高于单峰酸驼乳,单峰酸驼乳的贮藏稳定性(悬浮物稳定性和持水力)优于双峰酸驼乳。双峰酸驼乳的硬度显著高于单峰酸驼乳,单峰酸驼乳的黏附性绝对值、内聚性和胶黏性高于双峰酸驼乳,单峰酸驼乳的质构特性优于双峰酸驼乳。单、双峰酸驼乳的表现黏度均呈现剪切稀释的流动特征,黏度大小为单峰酸驼乳>双峰酸驼乳;单、双峰酸驼乳均能形成触变环,且触变环面积为双峰酸驼乳>单峰酸驼乳;单、双峰酸驼乳的弹性模量均高于黏性模量,表现出凝胶特性,单峰酸驼

乳具有更高的弹性和黏性。单峰酸驼乳的流变学特性优于双峰酸驼乳。双峰酸驼乳中风味阈值较低的几类挥发性物质相对含量均高于单峰酸驼乳,使其风味更优。单峰酸驼乳的感官评分高于双峰酸驼乳。综上,双峰酸驼乳在营养和风味上具有优势,同时单峰酸驼乳在贮藏稳定性和口感方面具有一定潜力。后续可重点研究的问题:① 酸驼乳内部交联结构的微观分析与研究;② 优化酸驼乳制备工艺,克服其因内部无大分子蛋白质和脂肪颗粒过小造成的无法形成稳定分子联束从而导致的内部结构不稳定,凝乳不佳的问题。

参考文献

[1] KHAN F B, ANSARI M A, UDDIN S, et al. Prospective role of bioactive molecules and exosomes in the therapeutic potential of camel milk against human diseases: An updated perspective[J]. Life, 2022, 12(7): 990.

[2] 热孜姑丽·库尔班, 张志东, 孙建, 等. 生鲜驼乳及发酵驼乳中益生乳酸菌的研究进展[J]. 食品科技, 2024, 49(1): 1-8.

KURBAN R Z, ZHANG Z D, SUN J, et al. Research progress on probiotic lactic acid bacteria in fresh camel milk and fermented camel milk[J]. Food Technology, 2024, 49(1): 1-8.

[3] LI L Y, WANG J, LI M J, et al. Detection of the adulteration of camel milk powder with cow milk by ultra-high performance liquid chromatography (UPLC) [J]. International Dairy Journal, 2021, 121: 105117.

[4] 蔡树东, 黄浩, 阿里甫·努肉力, 等. 骆驼乳对疾病辅助治疗作用研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2019, 39(6): 52-55.

CAI S D, HUANG H, NUROULI A, et al. Research progress on the adjuvant therapeutic effect of camel milk on diseases[J]. Chinese Herbivorous Animal Science, 2019, 39(6): 52-55.

[5] 王瑞, 周克夫, 汪建红. 骆驼奶对 1 型糖尿病小鼠的辅助治疗效果[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2015, 54(3): 331-334.

WANG R, ZHOU K F, WANG J H. The adjuvant therapeutic effect of camel milk on type 1 diabetes mice [J]. Journal of Xiamen University (Natural Science Edition), 2015, 54(3): 331-334.

[6] SOLEYMANZADEH N, MIRDAMADI S, KIANIRAD M. Antioxidant activity of camel and bovine milk fermented by lactic acid bacteria isolated from traditional fermented camel milk(Chal) [J]. Dairy Science & Technology, 2016, 96(4): 443-457.

[7] BENKERROUM N, DEHHAOUI M, TLAIHA R. Chymosin addition for yogurt making from camel yogurt [J]. Agricultural Research, 2022, 11: 138-145.

[8] BUCHILINA A, ARYANA K. Physicochemical and microbiological characteristics of camel milk yogurt as influenced by monk fruit sweetener[J]. Journal of Dairy Science, 2020, 28(3): 267-278.

[9] 陈军, 邓晓锋, 乔春华, 等. 新疆地区双峰驼品种来源及开发利用现状[J]. 黑龙江动物繁殖, 2021, 29(3): 47-49, 54.

CHEN J, DENG X F, QIAO C H, et al. The source and development and utilization status of bactrian camel varieties in Xinjiang region

- [J]. Heilongjiang Animal Reproduction, 2021, 29(3): 47-49, 54.
- [10] 熊磊. 长货架期低热量发酵骆驼乳产品研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016: 35-42.
- XIONG L. Research on long shelf life low calorie fermented camel milk products[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016: 35-42.
- [11] WANG L, HE Y, SWANSON O S, et al. Optimization of medium composition and culture conditions for cell multiplication of a high quality milk beer fermentation yeast (*Kluyveromyces marxianus*) [J]. Food Science and Technology Research, 2020, 26: 351-361.
- [12] WANG L, ZHONG H, LIU K, et al. The evaluation of kefir pure culture starter: Liquid-core capsule entrapping microorganisms isolated from kefir grains [J]. Food Science and Technology International, 2016, 22: 598-608.
- [13] 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.
- WANG W J, GAO X X Y, LIU A G, et al. Comparison of quality between lactose free yogurt and regular yogurt with different heat treatments[J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(5): 99-104.
- [14] SON S, LEWIS B A. Free radical scavenging and antioxidative activity of caffeic acid amide and ester analogues: Structure-activity relationship [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(3): 468-472.
- [15] 杨希娟, 张杰, 党斌, 等. 西藏灵菇中产胞外多糖假肠膜明串珠菌发酵性能及流变学特性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 106-110, 115.
- YANG X J, ZHANG J, DANG B, et al. Study on fermentation performance and rheological properties of leuconostoc pseud oenterica producing exopolysaccharide in Xizang Linggu[J]. Food Industry Technology, 2017, 38(4): 106-110, 115.
- [16] 赵晓, 杜琨, 张媛. 菊粉对合生元酸奶质构、流变学特性和微观结构的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(1): 72-77.
- ZHAO X, DU K, ZHANG Y. The effect of inulin on the texture, rheological properties, and microstructure of synbiotic yogurt[J]. Food Industry Technology, 2023, 44(1): 72-77.
- [17] 韩秋煜, 许玮宸, 李雪飞, 等. 绵羊酸奶与山羊酸奶品质和风味的对比[J]. 安徽农业大学学报, 2022, 49(4): 681-686.
- HAN Q Y, XU W C, LI X F, et al. Comparison of quality and flavor between sheep yogurt and goat yogurt[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2022, 49(4): 681-686.
- [18] DOMAGATA J. Instrumental texture syneresis and microstructure of yoghurts prepared from goat, cow and sheep milk [J]. International Journal of Food Properties, 2009, 12(3): 605-615.
- [19] 孙鹏伟, 刘娅妮, 李然, 等. 不同添加量的双孢蘑菇粉对酸奶流变学和质构特性的影响[J]. 食品工业科技, 2024, 45(9): 54-61.
- SUN P W, LIU Y N, LI R, et al. The effect of different dosages of agaricus bisporus powder on the rheological and textural properties of yogurt[J]. Food Industry Technology, 2024, 45(9): 54-61.
- [20] 张亦, 王亮, 吕自力, 等. 牛、山羊和骆驼酸奶营养与理化特性的比较研究[J]. 中国乳品工业, 2022, 50(10): 14-22.
- ZHANG Y, WANG L, LU Z L, et al. A comparative study on the nutritional and physicochemical properties of yogurt from cows, goats, and camels[J]. China Dairy Industry, 2022, 50(10): 14-22.
- [21] 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.
- LUO Q, TIAN J J, TANG Y, et al. Research on the process and volatile flavor compounds of wasabi yogurt[J]. Food Research and Development, 2020, 41(7): 149-158.
- (上接第 100 页)
- [3] 王晓东. 即食型湿态调味紫菜关键技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 6.
- WANG X D. Research on key technologies of instant wet seasoning seaweed[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015: 6.
- [4] 杨延强, 易维明, 李志合, 等. 层流炉二维 PIV 自动控制系统[J]. 农业机械学报, 2012, 43(3): 88-92.
- YANG Y Q, YI W M, LI Z H, et al. Two dimensional PIV automatic control system for laminar flow furnace[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2012, 43(3): 88-92.
- [5] 安载学, 王昱, 徐晓红, 等. 中日韩紫菜产业回顾与分析[J]. 农业与技术, 2011, 31(2): 7-11.
- AN Z X, WANG Y, XU X H, et al. Review and analysis of the seaweed industry in China, Japan, and South Korea[J]. Agriculture and Technology, 2011, 31(2): 7-11.
- [6] BURATTI C, PALLADINO D, MORETTI E. Prediction of indoor conditions and thermal comfort using CFD simulations: A case study based on experimental data[J]. Energy Procedia, 2017, 126(4): 115-122.
- [7] ABDELMALEK Z, KHAN I, KHAN M W A, et al. Computational analysis of nano-fluid due to a non-linear variable thicked stretching sheet subjected to Joule heating and thermal radiation[J]. Journal of Materials Research and Technology, 2020, 9(5): 11 035-11 044.
- [8] 丁力, 杨丽, 武德浩, 等. 基于 DEM-CFD 耦合的玉米气吸式排种器仿真与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(11): 48-57.
- DING L, YANG L, WU D H, et al. Simulation and experiment of corn air suction seeder based on DEM-CFD coupling[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2018, 49(11): 48-57.
- [9] 任守纲, 杨薇, 王浩云, 等. 基于 CFD 的温室气温时空变化预测模型及通风调控措施[J]. 农业工程学报, 2015, 31(13): 207-214.
- REN S G, YANG W, WANG H Y, et al. A CFD based prediction model for spatiotemporal changes in greenhouse temperature and ventilation control measures[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2015, 31(13): 207-214.