

牦牛、牛酸乳发酵过程中 品质特性的变化规律

胡凯丽,唐俊妮,龙 虎,陈 娟*,罗宇航

(西南民族大学,四川成都 610041)

摘要:通过测定发酵过程中牦牛酸乳和牛酸乳的 pH、酸度、质构、双乙酰和乙醛含量,分析两种酸乳在发酵过程中品质特性的变化规律。在整个发酵周期内,牦牛酸乳和牛酸乳的酸度呈上升趋势,pH 则相应下降,两种酸乳之间无显著差异($p > 0.05$)。牦牛酸乳和牛酸乳在发酵 0~3 h 内质构特征几乎无变化,3~11 h 内硬度、稠度、黏聚性和黏性指数显著上升($p < 0.05$),11 h 之后各项指标变化不显著($p > 0.05$),且牦牛酸乳的质构指标均高于牛酸乳。两种酸乳的双乙酰和乙醛含量在前发酵期内显著上升($p < 0.05$),在后发酵期内出现一定波动但逐渐趋于稳定(7~11 mg/L),且牦牛酸乳与牛酸乳之间无明显差异。结论:在整个发酵周期(20 h)内,牦牛酸乳和酸乳的品质特性变化规律相同,除质构指标外其它测定指标无显著差异。

关键词:牦牛乳和牛乳,酸乳,发酵,品质特性

Changes of quality characteristics of yogurt made from yak milk and cow milk during fermentation

HU Kai-li, TANG Jun-ni, LONG Hu, CHEN Juan*, LUO Yu-hang

(Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China)

Abstract: The changes of quality characteristics of yogurt made from yak milk and cow milk were analyzed through measuring the pH, total acidity, texture, diacetyl and acetaldehyde contents during the fermentation. During the whole fermentation period, total acidity of yak yogurt and cow yogurt showed an increase trend, while the pH decreased accordingly, and there were no significant differences between the two kinds of yogurt ($p > 0.05$). The texture properties of the two kinds of yoghurt did not change during 0~3 h, and the hardness, consistency, cohesiveness and viscosity increased significantly during 3~11 h ($p < 0.05$), thereafter these four texture properties changed insignificantly ($p > 0.05$). The texture properties of yak yogurt were higher than that of cow yogurt. The diacetyl and acetaldehyde contents of the two kinds of yogurt increased significantly during the pre-fermentation stage ($p < 0.05$), and there was a certain fluctuation in the post-fermentation stage keeping at 7~11 mg/L. There were no obvious differences between yak yogurt and cow yogurt in diacetyl and acetaldehyde contents. Conclusion: For two yogurts made from yak milk and low milk, the change regularities of quality characteristics were same during the whole fermentation period, and there were no significant differences between the two kinds of yogurts in the tested indexes except for texture indexes.

Key words: yak milk and cow milk; yogurt; fermentation; quality characteristic

中图分类号:TS252.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2018)03-0017-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2018.03.004

牦牛是青藏高原地区人们最主要的家畜,在高原和高寒的极端条件下生活,具有乳、肉、毛、役兼用的多种经济用途^[1]。牦牛乳是一种天然的“浓缩乳”,在化学特性上其干物质、乳脂肪、乳蛋白等营养成分含量均比普通乳高^[2]。而且,牦牛乳含有普通牛乳所没有的十五碳烯酸、二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸等功能性脂肪酸^[3],是营养价值极高的天然绿色营养品。以牦牛乳为原料,经乳酸菌发酵制得的牦牛酸乳,不仅具有与普通酸乳相同的降低胆固醇、增

强免疫力和促进消化等保健功能^[4],更是人们崇尚的天然无污染的酸乳制品。目前,关于牦牛酸乳的报道主要集中在发酵菌种分离鉴定^[5-6]和工艺条件优化^[7-8]上,对于发酵过程中的品质变化报道很少。本文通过测定以乳酸菌发酵的牦牛酸乳和牛酸乳的 pH、酸度、质构特征(硬度、稠度、黏聚性、黏性指数)、双乙酰和乙醛含量,分析在整个发酵周期内这些指标的动态变化,旨在比较牦牛酸乳和牛酸乳的差异,为今后牦牛酸乳的工业化生产提供科学依据。

收稿日期:2017-04-18

作者简介:胡凯丽(1992-),女,硕士研究生,研究方向:畜产品加工与安全,E-mail:836213319@qq.com。

*通讯作者:陈娟(1980-),女,博士,副研究员,研究方向:食品发酵与食品安全,E-mail:chenj1221@126.com。

基金项目:西南民族大学研究生创新项目(CX2017SZ066);国家自然科学基金资助项目(31371781)。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

雀巢全脂奶粉(每100 g:蛋白质25.8 g、脂肪30.0 g、碳水化合物34.2 g、钠350 mg、能量2114 kJ) 呼伦贝尔雀巢有限公司;燎原全脂牦牛奶粉(每100 g:蛋白质24.0 g、脂肪28.2 g、碳水化合物39.0 g、钠390 mg、能量2130 kJ) 甘南藏族自治州燎原乳业有限责任公司;川秀乳酸菌酸乳发酵剂(保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌) 北京川秀科技有限公司;一级白砂糖 南京甘汁园糖业有限公司;酚酞、双乙酰、邻苯二胺、三氯乙酸、亚硫酸氢钠、碳酸氢钠、碘、盐酸、氢氧化钠、等均作为分析纯试剂 购买于国药集团化学试剂有限公司。

PHS-4C+型pH计 成都世纪方舟科技有限公司;HS-3120型超声波振荡仪 天津恒奥科技发展有限公司;LC7000型高效液相色谱仪 济南海能仪器股份有限公司;DHP-9052型电热恒温培养箱 上海齐欣科学仪器有限公司;Centrifuge 5804 R型离心机 Eppendorf;GC-DSQ II型气相色谱质谱联用仪 美国热电公司;TA-XT plus型物性测试仪 Stable Micro System;UV-6100型紫外分光光度计 DOUBLE BEAM SPECTROPHOTOMETER,MAPADA。

1.2 实验方法

1.2.1 凝固型酸乳的制备 原料乳冲调(奶粉:水=1:5)→按照6%添加蔗糖→混合、均质(15~20 MPa)→杀菌(80℃,3 min)→冷却(至40℃)→接种4%乳酸菌发酵剂→分装(150 mL)→前发酵(40℃,5 h,发酵终点 $70\pm 2^{\circ}\text{T}$)→后发酵(4℃,15 h)→成品。

1.2.2 酸乳的测定 在牦牛乳和牛乳发酵过程中,前发酵期(0~5 h)内,每间隔1 h取样,后发酵期(5~20 h)内,每间隔3 h取样,分别测定样品的pH、酸度、质构特征、双乙酰和乙醛含量。

1.2.2.1 pH测定 量取约30.0 mL搅拌均匀的酸乳样品置于50 mL小烧杯中,用校正好的pH计进行测定并记录读数。每个样品测定3次,计算平均值^[9]。

1.2.2.2 酸度测定 精确称取5.00 g搅拌均匀的酸乳样品装入150 mL三角瓶中,加入20.0 mL蒸馏水和3滴酚酞指示液,用0.05 mol/L的NaOH溶液滴定,记录消耗的NaOH溶液体积(mL)。每个样品测定3次,计算平均值^[9]。

1.2.2.3 质构特征测定 将盛装酸乳样品的发酵杯置于测试平台上,用设置参数的物性仪测定样品硬度、稠度、黏聚性和黏性指数,每个样品做3次平行处理。质构曲线中各参数的代表意义见表1^[10]。

表1 酸乳质构测定参数

Table 1 Texture determination parameters of yogurt

探头	A/BE(直径35 mm)
测定方式	Yogurt-back extrusion
测定距离	60%
测定前探头速度	5 mm/sec
测定时探头速度	1 mm/sec
测定后探头速度	10 mm/sec
感应力	Auto-10.0 g

表3 质构曲线中参数意义

Table 3 Parameter meanings in the texture curve

参数	定义
硬度	曲线的正向最大力,即下压过程受到的最大力
稠度	力与时间形成的正峰面积
黏聚性	负向最大力,用于模拟表示样品的内部黏合力
黏性指数	力与时间形成的负峰面积,反映了样品的黏着性,对返回的探头有黏着力

1.2.2.4 双乙酰、乙醛含量测定 样品预处理:量取搅拌均匀的酸乳样品30.0 mL加入等体积的16% TCA溶液,充分混匀,静置10 min,于4℃、4500 r/min离心10 min,将上清液用滤纸过滤后备用^[11-12]。

双乙酰浓度标准曲线的绘制:用微量进样器吸取15 μL双乙酰标准品,溶于蒸馏水中,定容至500 mL。取12支编号的试管分成2排放置,并分别加0.0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 mL的标准溶液各2支,分别用蒸馏水补足10.0 mL,取5.0 mL上述双乙酰标准溶液加入5.0 mL 16%的三氯乙酸溶液,这样双乙酰标准溶液的浓度分别为0.0、3.0、6.0、9.0、12.0、15.0 mg/L。第一排试管中加入0.5 mL 1%的邻苯二胺溶液,第二排试管不加作为空白;摇匀后置于黑暗处放置30 min。反应完全后加入4.0 mol/L盐酸终止反应,第一排试管加2.0 mL盐酸,第二排试管加2.5 mL盐酸,混匀后以第二排试管空白作为参比液,在335 nm波长下用石英比色皿测定吸光度值。以双乙酰浓度为横坐标,吸光值为纵坐标绘制标准曲线^[11]。

样品中双乙酰含量的测定:吸取处理后的样品上清液5 mL,按照1.2.2.4标准曲线绘制的相同方法分别在0、1、2、3、4、5、8、11、14、17、20 h测定吸光值。利用标准曲线计算出各样品中双乙酰的含量^[11]。

样品中乙醛含量测定:精确量取2.0 mL 1%的NaHSO₃溶液于250 mL具塞三角瓶中,加入处理后的样品上清液10.0 mL,摇匀,在室温下放置1 h后,加入1.0 mL 1%淀粉溶液,用0.10 mol/L的碘标准溶液滴至接近终点,再用0.01 mol/L碘标准溶液滴定至终点(淡蓝紫色,30 s不褪色),不计数。再加20.0 mL 1 mol/L的NaHCO₃溶液,振荡混匀至溶液蓝色消失,用0.01 mol/L碘标准溶液滴定至终点,记录消耗的标准碘液的体积(mL)。同时做空白实验^[12]。

1.3 数据处理

采用Office 2003版进行数据整理绘制折线图,采用SPSS 21.0统计软件进行平均值的ANOVA差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 发酵过程中酸乳pH和酸度的变化

由图1、图2可以看出,在发酵过程中,两种酸乳的pH均随发酵时间的延长呈下降趋势,酸度则随发酵时间的延长呈上升趋势。两种酸乳之间差异不显著($p>0.05$)。在前发酵期间(0~5 h),变化迅速,在后发酵期间(5~20 h),pH和酸度基本保持稳定。

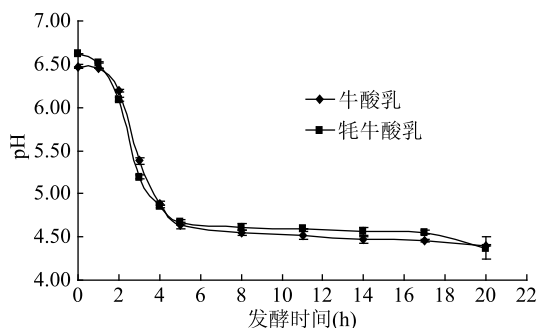


图1 发酵过程中两种酸乳 pH 的变化

Fig.1 pH changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

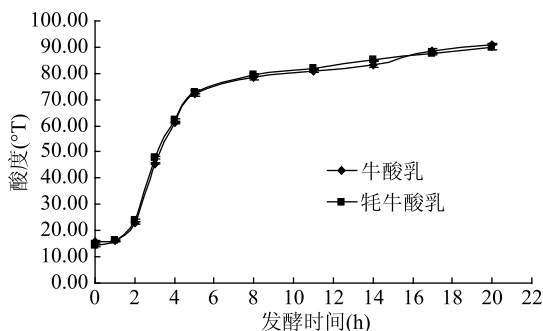


图2 发酵过程中两种酸乳酸度的变化

Fig.2 Acidity changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

2.2 发酵过程中酸乳质构特征的变化

由图3~图6可以看出,在整个发酵周期内(20 h),牦牛酸乳和牛酸乳的硬度、稠度、黏聚性和黏性指数均呈现上升趋势,且牦牛酸乳要高于牛酸乳。在发酵0~3 h内,牦牛酸乳和牛酸乳的四项质构特征几乎无变化,在3~11 h内,牦牛酸乳和牛酸乳的四项质构特征显著上升($p < 0.05$),11 h之后,两种酸乳的各项指标变化不显著($p > 0.05$)。

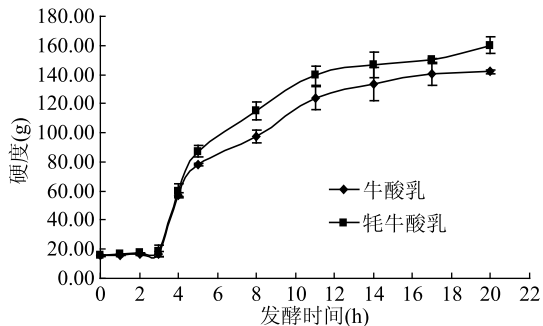


图3 发酵过程中两种酸乳硬度的变化

Fig.3 Hardness changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

2.3 发酵过程中酸乳双乙酰和乙醛含量的变化

从图7的结果可见,在乳酸发酵前5 h内,双乙酰含量显著上升($p < 0.05$),第5 h时两种酸乳的双乙酰含量达到峰值,并且牦牛酸乳的双乙酰含量稍高于牛酸乳;在后发酵过程中,两种酸乳的双乙酰含量有一定波动但逐渐趋于稳定,第14 h后两种酸乳的双乙酰含量基本相近,含量在7~11 mg/L之间。

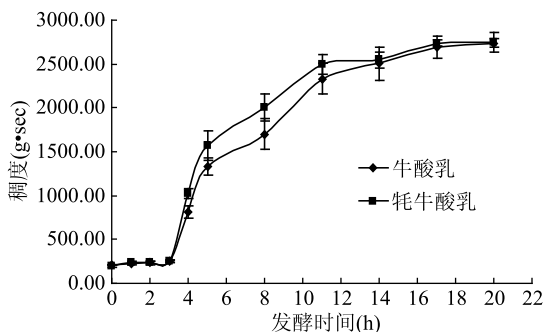


图4 发酵过程中两种酸乳稠度的变化

Fig.4 Consistency changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

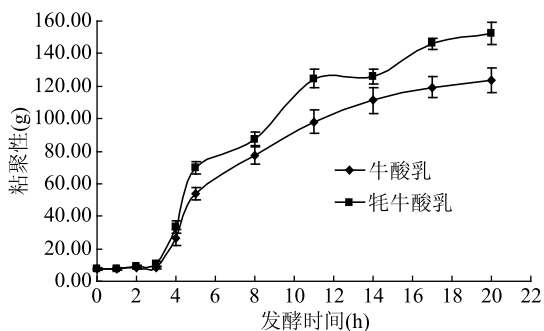


图5 发酵过程中两种酸乳黏聚性的变化

Fig.5 Cohesiveness changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

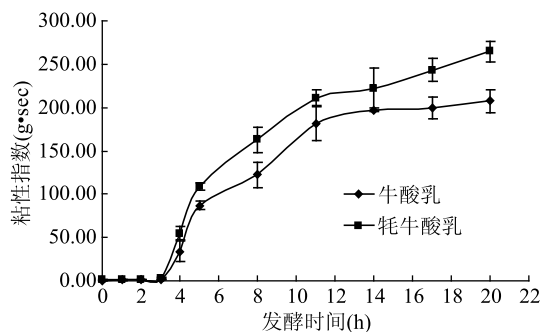


图6 发酵过程中两种酸乳黏性指数的变化

Fig.6 Viscous changes of yogurt made

from yak milk and cow milk during fermentation

从图8可知,在发酵0~5 h内,牦牛酸乳和牛酸乳的乙醛含量均呈上升趋势,并且牦牛酸乳的乙醛含量稍高于牛酸乳;第5 h之后,两种酸乳的乙醛含量出现小幅度波动,维持在7~10 mg/L。

3 讨论

尚玉琳^[13]等在牛乳中接种传统双菌(嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌)42 ℃发酵研究发现,在初始阶段(0~2 h) pH 和酸度缓慢变化,此时乳酸菌处于延滞期,生长缓慢,产酸速率小;在2 h之后进入发酵中期(2~5 h),此时乳酸菌进入对数期,产酸速率加快;在接近发酵终点(5 h)时,乳酸菌的产酸速度又变得缓慢。这与本实验前发酵0~5 h内,牦牛酸乳和牛酸乳的 pH 和酸度的变化趋势一致。冶成君^[14]对牦牛乳和牛乳接种传统双菌进行发酵,37 ℃下牦牛乳和牛乳需要6 h达到发酵终点(酸度75~80 °T),在整

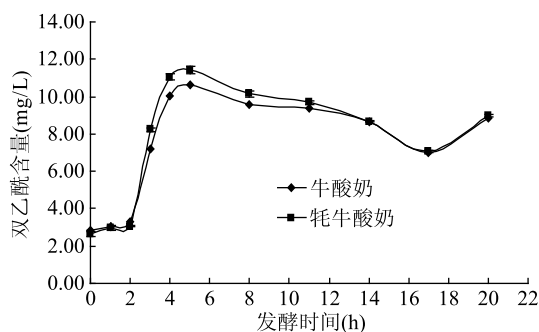


图7 发酵过程中两种酸乳双乙酰含量的变化

Fig.7 Diacetyl changes of yogurt made from yak milk and cow milk during fermentation

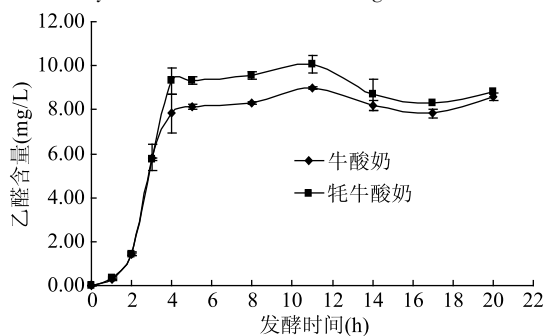


图8 发酵过程中两种酸乳乙醛含量的变化

Fig.8 Acetaldehyde changes of yogurt made from yak milk and cow milk during fermentation

个发酵期内普通牛酸乳酸度的增高幅度大于牦牛酸乳。在本实验中,40℃下牦牛乳和牛乳需要5h到达发酵终点(酸度70~75°T),在整个发酵期内普通牛酸乳酸度的增高幅度与牦牛酸乳相比差异不大。出现这种不同的原因可能是两实验所采用的发酵温度和原料乳不同。

乳酸菌生长繁殖发酵乳糖产生乳酸,使pH下降,当pH达到酪蛋白的等电点时(pH4.6~4.7),酪蛋白胶粒开始凝聚沉降,逐渐形成一种蛋白质网络结构,表现为酸乳凝乳的形成^[15-16],其质构特性也趋于稳定。本实验在整个发酵周期(20h)内,随着时间的延长pH逐渐下降同时质构指标逐步上升。张悦等^[10]以牛乳为原料接种不同直投式发酵剂研究酸乳质构学特征时也指出,在后发酵阶段酸乳的硬度、稠度、黏聚性和黏性指数均随着时间的延长呈现上升趋势,只是在后期由于菌株后酸化作用使得黏聚性和黏性指数略有降低。另外,本实验所得的四项质构特征显示,牦牛酸乳的各指标值均高于牛酸乳,可能是牦牛乳蛋白含量、干物质含量、比重均高于普通牛乳,其中酪蛋白在乳蛋白中占了绝大部分,凝乳性较好^[17],这使得酪蛋白形成的亚胶体分子团增多,从而使牦牛酸乳的黏度、稠度、黏聚性、黏性指数远高于普通牛酸乳。冶成君^[14]的研究结果也表明牦牛乳酸乳的黏度要高于普通酸乳的黏度,与我们的研究结果相符合。

发酵乳中的风味物质种类繁多,但并非每种风味物质都对发酵乳的风味起决定性作用,这是因为人对风味物质的感知,只有在其浓度超过阈值时才能被察觉。醇类化合物由于风味阈值高,对风味的

贡献度不大。醛类中的乙醛呈现醚香,稀释有果香和清香,风味阈值低,是酸乳的主要风味物质^[18]。乙醛可由丙酮酸脱羧酶或丙酮酸氧化酶催化直接产生,也可先由丙酮酸脱氢酶催化生成中间产物乙酰辅酶A间接的产生^[19]。酮类物质中的双乙酰稀释后呈奶香味和黄油味,风味阈值相对较低。人们对双乙酰持不同的观点,有人认为只有当乙醛含量很低时,双乙酰才是主要的风味化合物,也有人认为它是风味形成中的主要物质^[20]。双乙酰可由柠檬酸发酵生成,还可由乙醛代谢的支路途径生成^[19]。刘宁宁等^[11]研究发现,乙醛或双乙酰质量含量超过30mg/L时,会使酸乳产生不愉快的风味。本实验所得酸乳的乙醛或双乙酰含量低于30mg/L,感官评定得到酸乳也无不愉快气味。有文献研究指出,酸乳风味的形成不仅取决于芳香物质(乙醛、双乙酰和其他芳香物质)含量的高低,而且这些芳香物质的比例起着很重要的作用。刘宁宁^[11]等人的研究表明,当酸乳中乙醛和双乙酰质量含量比例为2.5:1时,酸乳香气最佳。但刘景等^[21]的研究结果表明,当乙醛和双乙酰含量的比例接近0.56~0.8之间时酸乳的风味比较好。在本实验中,两种酸乳的乙醛(7~10mg/L)与双乙酰(7~11mg/L)含量比例更接近刘景等人的研究报道。同时,两种酸乳经感官鉴别均呈现良好并且典型的风味。

陈世贤等^[22]报道接种传统双菌(保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌)发酵的牛酸乳双乙酰的含量为9~15μg/g,与本实验中传统双菌发酵酸乳的双乙酰含量(7~11mg/L)结果接近。梅林等^[23]调查了市售3种品牌牛酸乳,测定得到双乙酰含量为0.5~0.9mg/kg,明显低于本实验中得出的结果(7~11mg/L),由于市售酸乳的储存时间较长,而本实验只关注前发酵期和后发酵期共20h,推测随着储存时间的延长,双乙酰的含量会逐渐降低。魏志奎等^[24]在研究五种不同的直投式发酵剂对酸乳品质影响时发现,4℃冷藏16h后乙醛和双乙酰的含量分别为18.33~22.79和16.16~20.70mg/L,与本实验所得乙醛(7~10mg/L)和双乙酰(7~11mg/L)含量差异较大,推测是由于使用的发酵剂菌种种类和比例不同所致。可见,发酵乳中风味物质的形成主要取决于发酵剂种类的不同和加工过程中条件的变化,此外原料乳成分也会产生些许影响^[25]。本实验中在相同的发酵剂和发酵工艺下,双乙酰和乙醛的最终含量在牦牛酸乳和牛酸乳之间基本接近,说明发酵乳乙醛和双乙酰的产生受原料乳品种的影响很小。由于本实验监测了前发酵和后发酵共20个小时,在随后的贮藏期内两种酸乳的双乙酰和乙醛含量是否有变化还有待进一步研究。

4 结论

在整个发酵周期内(20h),牦牛酸乳和牛酸乳的酸度呈上升趋势,pH则相应下降,两种酸乳之间无显著差异($p>0.05$)。两种酸乳在发酵0~3h内质构特征无变化,3~11h内硬度、稠度、黏聚性和黏性指数显著上升($p<0.05$),11h之后各项特征变化不显著($p>0.05$),且牦牛酸乳的物性特征均高于牛酸乳。两

种酸乳在前发酵期内(0~5 h)双乙酰和乙醛含量显著上升($p < 0.05$),在后发酵期内双乙酰和乙醛含量出现一定波动但逐渐趋于稳定,含量在7~11 mg/L之间,且牦牛酸乳与牛酸乳之间无明显差异。

参考文献

- [1] 李齐发,赵兴波,刘红林,等.牦牛分类地位研究概述[J].动物分类学报,2006,31(3):520-524.
- [2] 阎萍,潘和平.牦牛乳业的开发与利用[J].中国乳业,2004(7):10-12.
- [3] 李海梅,何胜华,刘天一,等.牦牛乳物理化学特性的研究进展[J].中国乳品工业,2009,37(8):35-40.
- [4] 吴春生,舒畅,李键,等.牦牛酸乳中乳酸菌的研究进展及前景展望[J].食品工业,2012,33(9):129-133.
- [5] 田鸿,张小平,严以兰.川西高原牧区牦牛酸乳中的几株乳酸杆菌发酵特性及系统发育研究[J].食品科学,2010,31(1):152-156.
- [6] 陈孝勇,赵欣,骞宇,等.传统发酵牦牛酸乳中高产胞外多糖乳酸菌的筛选与鉴定[J].食品工业科技,2016,37(7):143-147.
- [7] 廖钰婷,吴均,龙谋,等.西藏牧区自然发酵牦牛酸乳的乳酸菌菌种筛选及工艺优化[J].食品科学,2015,36(11):140-144.
- [8] 方江平,钟政昌.白青杠牦牛酸乳的研制[J].中国乳品工业,2009,37(6):62-64.
- [9] 杜磊,张光杰.酸奶在储藏过程中酸度、pH、细菌的变化[J].河南工业大学学报(自然科学版),2011,32(2):73-75,88.
- [10] 张悦,葛武鹏,袁亚娟,等.牛、羊乳酸乳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.
- [11] 刘宁宁,郭红敏,葛春美,等.酸乳中乙醛和双乙酰含量对其风味的影响[J].中国食品添加剂,附录:269-273.
- [12] 李妍,邢慧敏,邵亚东,等.发酵乳中丁二酮和乙醛含量检测方法探讨[J].食品与发酵工业,2008,34(3):157-159.
- [13] 尚玉琳,孟祥晨.不同酸乳发酵剂的发酵性能比较[J].食品科技,2011,36(10):41-45.
- [14] 冶成君.凝固型普通酸乳与牦牛乳酸乳的发酵特性[J].食品与发酵工业,2014,40(12):106-110.
- [15] 郭本恒.酸乳[M].北京:化学工业出版社,2003:41-49,257-259.
- [16] 郑建仙.功能性食品(第1卷)[M].北京:中国轻工业出版社,2003:367-368.
- [17] 杨楠.热处理对牦牛乳酪蛋白性质影响的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2013:1-44.
- [18] 王红叶,李丽华,陆淳,等.乙醛、丁二酮对发酵乳风味的影响[J].中国乳品工业,2010,38(10):32-34.
- [19] 韩希妍,孙大庆,相丽,等.乳酸菌风味代谢物质的基因调控[J].微生物学报,2007,47(6):1105-1109.
- [20] 康欢.酸乳中风味物质与酶活及感官特性关系的初探[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [21] 刘景,张雪洪,王荫榆,等.酸乳保存期内风味物质与风味变化研究[J].食品工业科技,2011,7:154-156.
- [22] 陈世贤,安颖,靳焱,等.不同益生菌的加入对酸乳储藏期内风味的影响[J].中国乳品工业,2008,36(5):12-15.
- [23] 梅林,王志耕.酸乳、乳酸菌饮料风味及其部分理化特性的研究[J].乳业科学与技术,2004(1):17-19.
- [24] 魏志奎,王子荣,王琴,等.五种发酵剂发酵酸乳品质比较研究[J].新疆农业科学,2015,52(3):566-571.
- [25] 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.
- [17] 王芳,高瑜琬,石建雯.菠萝皮黄酮的提取及其稳定性、抗氧化性研究[J].山西农业科学,2014,42(7):672-677,685.
- [14] 陈旭斌,乔倩,李远志,等.加热钝酶对菠萝果肉果汁流变性及其稳定性的研究[J].现代食品,2017,15(31):93-97.
- [15] 周波,黄瑞华,曲亮,等.色差仪和肉色板在猪肉肉色评定中的应用[J].江苏农业科学,2007,2:121-124.
- [16] 何书美,刘敬兰.茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J].分析化学,2007,35(5):1365-1368.
- [17] 林巧,向超,孙小波,等.樱桃果酒的抗氧化性研究[J].酿酒,2009,36(3):72-75.
- [18] 杨道强,陆胜民,夏其乐,等.灵芝酒浸提过程中主要功能成分的变化及抗氧化作用研究[J].食品科学与生物技术学报,2016,35(2):205-210.
- [19] Alam M N, Bristi N J, Rafiqzaman M. Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity[J]. Saudi Pharmaceutical Journal, 2013, 21(2):143-152.
- [20] Luo W, Zhao M, Yang B, et al. Identification of bioactive compounds in *Phyllanthus emblica* L. fruit and their free radical scavenging activities[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2):499-504.
- [21] 周静芳,肖冬光,许引虎,等.苹果酒发酵中酵母菌株的筛选[J].酿酒科技,2006,8(146):31-34.
- [22] 殷俊伟,龚霄,王晓芳,等.红心火龙果酒挥发性成分分析[J].中国酿造,2016,35(9):159-162.
- [23] 王行,张海宁,马永昆,等.蓝莓酒发酵过程中酚类物质动态变化及其抗氧化活性研究[J].现代食品科技,2015,1:90-95.
- [24] 乌日娜,钟秋平,李雯.不同酵母发酵的火龙果酒抗氧化活性及颜色变化[J].中国酿造,2017,36(1):102-106.
- [25] 胡冀太,杜金华,何桂.芬果酒酵母对发酵山楂酒品质及抗氧化性的影响[J].酿酒,2012,39(5):52-56.
- [26] 李旋,刘邻渭,唐丽丽,等.红枣多酚在酿酒过程中的动态变化初探[J].中国酿造,2010,9:114-117.
- [27] Ye M, Yue T, Yuan Y. Evolution of polyphenols and organic acids during the fermentation of apple cider[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2014, 94(14):2951-2957.
- [28] 戚一曼,樊明涛,程拯良,等.猕猴桃酒主发酵过程中多酚及抗氧化性的研究[J].食品研究与开发,2016,37(24):6-11.
- [29] Kodama N, Ramada M, Nanba H. Addition of Maitake D-fraction reduces the effective dosage of vancomycin for the treatment of *Listeria*-infected mice[J]. Japanese Journal of Pharmacology, 2001, 87(4):327-332.

(上接第16页)

(17):152-157.