

芦荟提取物对脱脂发酵乳品质及感官的影响

高 鑫¹, 卢洪秀², 李 博^{1,*}

(1.上海城建职业学院食品与旅游学院, 上海 201415; 2.上海农林职业技术学院生物医药与健康系, 上海 201699)

摘 要: 为了提高脱脂发酵乳的品质, 以芦荟提取物为脱脂发酵乳的添加剂, 探究其对脱脂发酵乳理化特性及感官品质的影响。将芦荟提取物按照0.1%、0.2%和0.3%的比例加入到脱脂发酵乳中, 通过测定脱脂发酵乳的pH值、滴定酸度、持水力、脱水收缩性、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基清除率、乳杆菌含量、色泽、黏度及进行感官评价, 评价芦荟提取物在脱脂发酵乳中的作用。结果表明: 在冷藏过程中, 芦荟提取物的添加可以改善脱脂发酵乳酸度偏低的问题, 增加脱脂发酵乳的黏度, 使脱脂发酵乳呈现更好的质构, 增加持水力和降低脱水收缩性, 增加脱脂发酵乳的冷藏稳定性, 增加脱脂发酵乳中乳杆菌的含量, 提高脱脂发酵乳抗氧化能力; 但添加芦荟提取物的脱脂发酵乳在气味和外观方面评分有所下降。

关键词: 芦荟多糖; 凝固型脱脂发酵乳; 品质; 感官

Effect of Aloe Extract on the Quality and Sensory Properties of Fermented Skim Milk

GAO Xin¹, LU Hongxiu², LI Bo^{1,*}

(1.College of Food and Tourism, Shanghai Urban Construction Vocational College, Shanghai 201415, China; 2.Department of Biomedicine and Health Sciences, Shanghai Vocational College of Agriculture and Forestry, Shanghai 201699, China)

Abstract: In order to improve the quality of fermented skim milk, the effects of adding aloe extract on the physicochemical properties and sensory quality of fermented skim milk were investigated. Three levels of aloe extract (0.1%, 0.2% and 0.3%) were used. The pH value, titratable acidity, water-holding capacity, dehydration shrinkage, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity, *Lactobacillus* count, color, viscosity and sensory evaluation of fermented milk were measured. The experimental results showed that the addition of aloe extract improved the problem of the low acidity of fermented skim milk during refrigeration, increased the viscosity, imparted better texture to it, improved the water-holding capacity, decreased the dehydration shrinkage, and increased the cold storage stability, the *Lactobacillus* count and the antioxidant capacity. However, the flavor and appearance of the fermented skim milk with aloe extract decreased.

Keywords: aloe extract; set-type fermented skim milk; quality; sensory properties

DOI:10.7506/rykxyjs1671-5187-20230307-013

中图分类号: TS252.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-5187 (2023) 02-0001-07

引文格式:

高鑫, 卢洪秀, 李博. 芦荟提取物对脱脂发酵乳品质及感官的影响[J]. 乳业科学与技术, 2023, 46(2): 1-7. DOI:10.7506/rykxyjs1671-5187-20230307-013. <http://www.dairyst.net.cn>

GAO Xin, LU Hongxiu, LI Bo. Effect of aloe extract on the quality and sensory properties of fermented skim milk[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2023, 46(2): 1-7. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rykxyjs1671-5187-20230307-013. <http://www.dairyst.net.cn>

发酵乳是原料乳在微生物的作用下, 通过均质、灭菌、发酵等工序加工制成的一种具有特殊风味的乳制品, 在进行发酵的过程中, 营养物质, 如蛋白质可以水

解转化为肽及氨基酸, 从而产生多种风味营养成分, 为乳制品提供特殊的质地与风味^[1]。发酵乳制品具有抗氧化、降低胆固醇、抗肿瘤、免疫增强及抗变异原等医疗

收稿日期: 2023-03-07

基金项目: 上海城建职业学院教育科学研究项目 (cjky202202; cjky202302)

第一作者简介: 高鑫 (1982—) (ORCID: 0000-0003-0595-5968), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品营养、食品安全。

E-mail: gxdg@163.com

*通信作者简介: 李博 (1982—) (ORCID: 0000-0002-4747-1921), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品营养、食品保鲜。

E-mail: hellolb1101@163.com

保健功能^[2], 发酵乳也具备促进机体免疫调节、促进机体营养均衡、美容养颜等功效^[3]。现阶段随着消费者的要求更高, 促进了我国乳业的快速发展, 对发酵乳的研究也逐渐成为热点。

脂肪的摄入会增加人体肥胖的几率, 从而增加患心血管等疾病的风险, 因此, 脱脂发酵乳的需求和研究日益增多。脱脂发酵乳一般由脱脂原料乳或脱脂乳粉经过发酵而制得, 在发酵过程中, 乳脂是风味化合物的前体物质和携带者^[4], 乳脂含量的降低会影响发酵乳制品的口感与风味, 同时, 也会因为酪蛋白聚集而更易产生沉淀, 导致乳清析出、产生不良感官等现象。上述问题在一定程度上限制了脱脂发酵乳的市场推广。当今对脱脂发酵乳的研究主要集中于以下方面: 1) 发酵剂和发酵方法, 如宋小玲等^[5]筛选的罗伊氏乳杆菌ZJUIDS09和瑞士乳杆菌ZJUIDS11具有一定的降血压潜力; 徐爱才等^[6]发现不同乳杆菌与嗜热链球菌协同发酵脱脂乳, 不同组合具有各自独特的发酵特性; 2) 脂类的天然替代物, 如Phuong等^[7]在脱脂乳制品中加入一定比例的明胶、黄原胶、 κ -卡拉胶和变性淀粉, 以降低脱脂对乳制品口感的影响; Elena等^[8]使用酶改性马铃薯淀粉作为脂肪替代品, 探究其在发酵过程中的品质特性, 添加淀粉酶和地衣芽孢杆菌淀粉酶改性淀粉后的低脂酸乳特性与天然淀粉非常相似。3) 其他添加物, 如Zhao Jiale等^[9]报道称山药汁可用于生产质地坚固、营养丰富的凝固型脱脂发酵乳。

芦荟为多年生、常绿、多肉质草本植物。芦荟的种类繁多, 其广泛应用于医学、美容等领域^[10]。将芦荟提取物对黑鱼片进行涂膜浸泡处理, 发现芦荟提取物能够显著提高黑鱼片在冷藏期间的品质, 从而延长其货架期, 当芦荟提取物添加比例为25%时, 处理效果最佳^[11]。芦荟提取物含有一定浓度的活性酚类化合物, 具有抗氧化活性^[12], 芦荟提取物由于其天然添加剂的性质, 可用于食品加工过程中。本研究对添加芦荟提取物的脱脂发酵乳进行品质和风味评价, 以期获得优化的脱脂发酵乳, 为弥补脱脂发酵乳现有不足提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

脱脂纯牛乳 伊利食品有限责任公司; 发酵剂 北京川秀科技有限公司; 芦荟提取物(芦荟多糖) 上海源叶生物科技有限公司。

酚酞、甲醇 上海麦克林生化科技有限公司; 氯化钠 国药集团化学试剂有限公司; MRS培养基 赛默飞世尔科技有限公司; 磷酸二氢钠、氢氧化钠标准溶液 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 自由基清除能力检测试剂盒 南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

FE28-Standard pH计 梅特勒-托利多科技(中国)有限公司; 3-18R冷冻离心机 湖南可成仪器高速离心机有限公司; CR-400色彩色差计 柯尼卡-美能达股份有限公司; Synergy neo2 hts酶标仪 北京安麦格贸易有限公司; MCR702e MultiDrive流变仪 安东帕(中国)有限公司; KQ5200DA超声波清洗仪 昆山市超声仪器有限公司; 8890气相色谱仪、6540质谱仪 安捷伦科技(中国)有限公司; BSA124S电子天平 赛多利斯科学仪器有限公司; MIR-254低温恒温培养箱 日本三洋有限公司; SW22恒温水浴锅 优莱博技术(北京)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 脱脂发酵乳制备工艺

操作要点: 将脱脂原料乳与芦荟提取物混匀, 芦荟提取物添加量分别为0%、0.1%、0.2%、0.3%。均质后进行巴氏杀菌(65℃、20 min)处理, 冷却至42℃后, 加入发酵剂搅拌均匀。接种后的混合物分装入100 mL的塑料杯, 至42℃恒温培养箱中发酵6~7 h。发酵完成后, 取出成品并将其置于室温下保持30 min后, 转移入4℃冰箱中冷藏。成品后熟12 h后为0 d, 在0、5、10、15、20、25 d取样检测。

1.3.2 pH值测定

取40 mL脱脂发酵乳均质1 min后, 用pH计测定样品的pH值, 实验重复3次。

1.3.3 滴定酸度测定

参照GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》测定样品的滴定酸度。

1.3.4 持水力测定

称取25 g样品, 在4℃、3 000 r/min条件下离心10 min, 称量沉淀物的质量, 实验重复3次^[13]。样品的持水力按式(1)计算。

$$\text{持水力}/\% = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 为离心结束去除上清液后离心管的质量/g; m_0 为离心管的质量/g; m 为样品的质量/g。

1.3.5 脱水收缩性测定

称取10 g脱脂发酵乳样品, 用Whatman No.1滤纸在4℃条件下过滤样品2 h, 收集滤液并称质量。用乳清析出量的百分数表示样品的脱水收缩性^[14], 按式(2)计算。

$$\text{脱水收缩性}/\% = \frac{m_1}{m} \times 100 \quad (2)$$

式中: m_1 为滤液质量/g; m 为样品质量/g。

1.3.6 色泽测定

将搅拌均匀的样品置于 $\Phi=5$ cm的石英比色皿中,

用色差计测定样品的颜色,所采用的标准板为白板D65/10。以Hunter Lab色空间亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)表示测定结果,实验重复3次。

1.3.7 微生物含量测定

参照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》测定脱脂发酵乳样品中乳杆菌的含量^[15]。

1.3.8 抗氧化性能测定

采用DPPH自由基清除能力检测试剂盒检测样品的抗氧化能力。将稀释后的样品放入离心机中,于4℃、3 000 r/min条件下离心10 min,取400 μL上清液与600 μL DPPH试剂(实验组)、400 μL上清液与600 μL体积分数80%甲醇溶液(对照组)、400 μL体积分数80%甲醇溶液与600 μL DPPH试剂(空白组)于25℃避光反应30 min。反应结束后,在4 000 r/min条件下离心5 min,取上清液,用酶标仪测定各组于530 nm波长处的吸光度,实验重复3次^[16]。以DPPH自由基清除率表示发酵乳样品的抗氧化性能,按式(3)计算。

$$\text{DPPH自由基清除率}/\% = (1 - \frac{A_{\text{实验}} - A_{\text{对照}}}{A_{\text{空白}}}) \times 100 \quad (3)$$

1.3.9 黏度测定

采用流变仪对样品的黏度进行测定。选用DG26.7-SN24854型号探头,每次进样5 mL,在8℃条件下,以5 min内剪切速率($\dot{\gamma}$)从0.1 s⁻¹变化到300 s⁻¹获取流变曲线,取剪切速率为100 s⁻¹时的黏度值。实验重复3次^[17]。

1.3.10 感官评定

采用9分制评分法,评定小组由10名食品专业人员组成。小组成员需要通过看、闻等多种方式对样品的整体外观、质构和气味进行综合评价,并根据评分标准(表1)打分,其中1分代表极厌恶或感官评定指标不明显,9分代表极喜欢或感官指标极明显^[18]。

表1 感官评定标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of fermented milk

项目	评分标准	分值
外观	色泽均匀,有光泽,凝乳均匀,无分层	7~9
	色泽均匀,光泽较暗,凝乳较均匀,略有分层	4~6
	色泽灰暗,分层、沉淀严重	0~3
质构	组织细腻,黏度适宜,无乳清析出	7~9
	组织较细腻,有少量乳清析出	4~6
	乳清析出严重,质感粗糙	0~3
气味	具有酸乳香味,无任何异味	7~9
	酸乳香味稍淡,无不良异味	4~6
	有不良气味	0~3

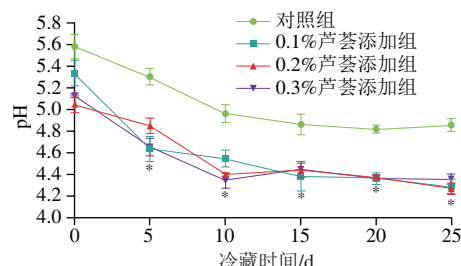
1.4 数据处理

实验结果以平均值±标准差表示,用SPSS 26.0软件对所获得的结果进行统计分析,显著性检验采用ANOVA程序中的Duncan's法, $P < 0.05$ 即为差异显著。

2 结果与分析

2.1 芦荟提取物对脱脂发酵乳pH值的影响

由图1可知,添加芦荟提取物后的脱脂发酵乳pH值显著低于对照组($P < 0.05$),而芦荟提取物添加量的增加对发酵乳pH值无显著影响。这可能是由于芦荟提取物中主要成分为芦荟多糖等有机物,为乳酸菌提供营养物质,保障了发酵反应正常进行,从而降低样品的pH值。但同时,芦荟多糖对发酵乳pH值的影响有限,不能简单地通过提高芦荟多糖添加量降低发酵乳pH值。这与Diómedes等^[19]将芦荟汁添加于发酵乳中发现pH值下降的结果一致。



*. 与对照组相比,差异显著($P < 0.05$)。图2~7同。

图1 脱脂发酵乳冷藏期间pH值的变化

Fig. 1 Change in pH value of fermented skim milk during refrigeration

2.2 芦荟提取物对脱脂发酵乳滴定酸度的影响

由图2可知,与对照组相比,添加芦荟提取物显著提高了脱脂发酵乳的滴定酸度($P < 0.05$),滴定酸度随冷藏时间的变化趋势符合pH值的变化趋势。但在冷藏期间,样品的滴定酸度都呈现逐渐增加的趋势。原因可能为冷藏期间,乳酸菌持续发酵,代谢产物乳酸累积,导致可滴定酸含量增加,发酵乳pH值下降。本实验结果表明,芦荟提取物能够提高发酵乳的滴定酸度。添加5%芦荟凝胶也能够使得发酵乳出现pH值降低、滴定酸度提高的现象^[20],与本实验结果一致。

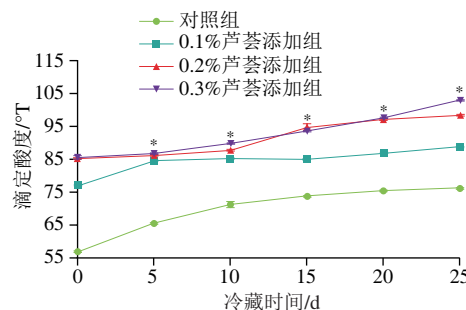


图2 脱脂发酵乳冷藏期间滴定酸度的变化

Fig. 2 Change in titratable acidity of fermented skim milk during refrigeration

2.3 芦荟提取物对脱脂发酵乳持水力的影响

持水力是评价凝固型发酵乳的重要指标之一,可以

在一定程度上反映发酵乳的质构，对发酵乳的口感影响较大。发酵乳持水力的大小取决于酪蛋白凝胶网络结构的紧密程度、总固形物含量、蛋白质含量以及是否存在外界压力^[21]。随着发酵乳后酸化现象发生，pH值下降，酪蛋白分子形成三维空间胶体结构，可容纳更多的水分^[22]。在凝乳过程中，若发酵乳胶体结构过于疏松、孔隙较大时，持水力会降低，导致乳清分离现象的发生，影响发酵乳的品质。因此，发酵乳的持水力要保持在一定范围内，才可得到品质稳定的产品。

由图3可知，与对照组相比，添加芦荟提取物能够显著提高脱脂发酵乳的持水力（ $P<0.05$ ）。芦荟提取物中主要为多糖类化合物等物质，含有大量羟基，可以与带负电的酪蛋白结合。多糖与蛋白质之间都可以形成氢键，进一步强化了三维网状结构，因此提高了其持水力。但过高浓度的芦荟多糖提取物之所以不能在更大程度上提高持水力，可能是因为其中的复杂化合物之间易于形成交联结构，使得水分流出^[22]。李雨露等^[23]在低脂低糖发酵乳中添加菊粉，使发酵乳的持水力显著提高，但在添加量超过2%后，发酵乳持水力的提高趋缓。综合分析，芦荟提取物可以提高脱脂发酵乳的持水力。

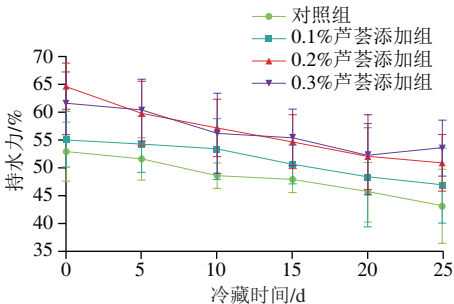


图3 脱脂发酵乳冷藏期间持水力的变化
Fig. 3 Variation in water-holding capacity of fermented skim milk during refrigeration

2.4 芦荟提取物对脱脂发酵乳脱水收缩性的影响

在发酵乳生产发酵和产品贮藏期间都会发生不同程度的脱水收缩现象，表现为在凝固型发酵乳的表面出现乳清，并且蛋白质凝胶的收缩被认为是该现象的主要原因。一般来说，发酵乳的脱水收缩性越高，乳清析出越多，发酵乳的贮藏稳定性越低。因此，脱水收缩就成为了限制发酵乳货架期和消费者可接受程度的一个重要因素。

由图4可知，添加芦荟提取物的脱脂发酵乳与对照组相比，脱水收缩性显著降低（ $P<0.05$ ），0.3%添加量组相比0.1%组也具有明显的差异。与提高持水力的原因相似，芦荟提取物中的多糖化合物可以与水结合，从而降低水分子的自由度；另一方面，复杂化合物与酪蛋白结合，强化蛋白质三维网状结构，提高发酵乳凝胶结构束缚水的能力，减少乳清析出。通过不同组别脱水收缩性

的变化得出结论，0.3%添加量的芦荟提取物能更好地降低脱脂发酵乳的脱水收缩性，降低生产过程中脱脂发酵乳因脂肪缺乏而严重析出乳清的情况。

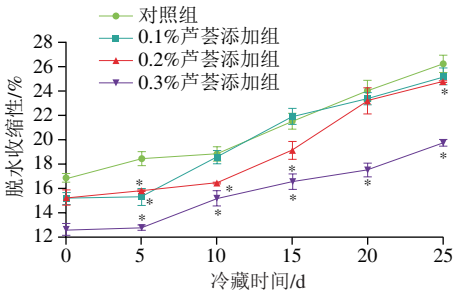


图4 脱脂发酵乳冷藏期间脱水收缩性的变化
Fig. 4 Change in dehydration shrinkage of fermented skim milk during refrigeration

2.5 芦荟提取物对脱脂发酵乳色泽的影响

表2 脱脂发酵乳冷藏期间色泽的变化
Table 2 Color change of fermented skim milk during refrigeration

冷藏时间/d	芦荟提取物添加量/%	L^*	a^*	b^*
0	0.0	76.93±1.32	-2.59±0.05	2.33±0.11
	0.1	77.11±0.99	-2.18±0.41*	4.57±0.21*
	0.2	77.20±1.17	-0.88±0.22*	6.35±0.18*
	0.3	76.61±0.52	-1.29±0.38*	7.45±0.19*
5	0.0	78.48±0.50	-2.22±0.98	1.84±0.14
	0.1	77.29±0.88*	-1.28±0.34*	3.99±0.23*
	0.2	77.12±1.05*	-0.66±0.16*	4.92±0.16*
	0.3	76.14±1.45*	-1.17±0.46*	6.31±0.31*
10	0.0	78.31±2.00	-2.34±0.20	2.57±0.17
	0.1	77.68±1.49	-1.51±0.47*	4.92±0.12*
	0.2	78.17±0.47	-0.86±0.18*	5.98±0.18*
	0.3	77.18±0.57*	-1.32±0.60*	7.10±0.48*
15	0.0	78.90±0.82	-2.79±0.17	3.34±0.29
	0.1	77.97±0.70*	-1.74±1.15*	5.04±0.26*
	0.2	77.33±0.86*	-0.93±0.20*	6.44±0.19*
	0.3	77.34±0.59*	-0.70±0.17*	8.20±0.81*
20	0.0	80.02±0.98	-2.15±0.33	3.59±0.14
	0.1	78.66±1.04*	-1.35±1.05*	5.20±0.14*
	0.2	78.17±0.52*	-1.06±0.13*	6.38±0.23*
	0.3	77.28±1.05*	-1.82±0.20*	7.45±0.14*
25	0.0	79.74±0.50	-2.47±0.45	3.31±0.16
	0.1	78.03±1.49*	-1.58±0.95*	5.06±0.21*
	0.2	78.79±1.63*	-0.99±0.22*	6.37±0.19*
	0.3	78.60±1.44*	-0.96±0.13*	7.10±0.08*

注：*，与对照组相比，差异显著（ $P<0.05$ ）。表3同。

消费者购买乳制品时，关注点之一就是产品的色泽，因此色泽是评价发酵乳制品的重要因素之一。由表2可知，与对照组相比，3个芦荟提取物添加实验组显著降低了脱脂发酵乳的 L^* （ $P<0.05$ ），表明芦荟提取物能够使脱脂发酵乳的色泽变得更加暗淡。随着冷藏时

间的延长,各实验组的 L^* 逐渐升高,表明经过冷藏后脱脂发酵乳呈现出更透亮的色泽。同时实验结果还发现,添加芦荟提取物的脱脂发酵乳相比对照组 a^* 显著提高($P<0.05$),并且随芦荟提取物添加量的不断提高,发酵乳 a^* 也显著提高($P<0.05$)。相似地,添加芦荟提取物实验组脱脂发酵乳 b^* 相比对照组也显著提高($P<0.05$),并且随着芦荟提取物添加量的不断提高,发酵乳 b^* 也显著提高($P<0.05$)。综上,芦荟提取物对发酵乳 L^* 、 a^* 、 b^* 的影响表明添加芦荟提取物会使脱脂发酵乳产生较暗的色泽,这可能与芦荟提取物本身颜色有一定关系。Šeregelj等^[24]在酸乳中添加胡萝卜提取物,使得发酵乳 b^* 提高,并直接影响了 L^* 与 a^* ,而且使得酸乳出现明显的黄色。

2.6 芦荟提取物对脱脂发酵乳微生物含量的影响

由图5可知,随着脱脂发酵乳中芦荟提取物添加量的提高,乳杆菌含量也显著提高($P<0.05$)。其中,0.3%添加量的脱脂发酵乳在冷藏期间一直保持较高的乳杆菌含量,这可能与芦荟提取物的主要成分为多糖有关,多糖能够为乳杆菌发酵提供充足的碳源,有利于乳杆菌生长与发酵。同时,乳杆菌生长、代谢加快,更多的乳糖被转化为乳酸,这与芦荟提取物能够显著降低发酵乳pH值、提高滴定酸度的结论相吻合。Giulia等^[20]将芦荟提取物添加于发酵乳中,发现芦荟提取物有促进益生菌发酵乳中乳杆菌生长的作用,同时也证实了芦荟提取物所特有的酚类化合物的抗菌活性。

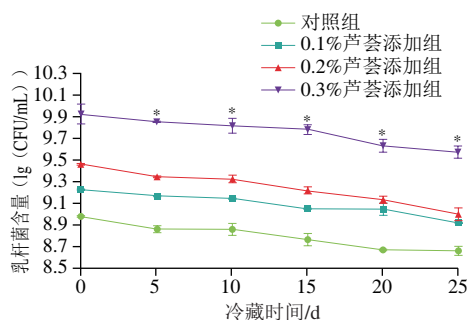


图5 脱脂发酵乳冷藏期间乳杆菌含量的变化

Fig. 5 Change in *Lactobacillus* count in fermented skim milk during refrigeration

2.7 芦荟提取物对脱脂发酵乳抗氧化性的影响

由图6可知,芦荟提取物显著提高了脱脂发酵乳的DPPH自由基清除率($P<0.05$),并且随着芦荟提取物添加量的提高,DPPH自由基清除率相应地显著提高($P<0.05$)。综上,芦荟提取物可以显著提高脱脂发酵乳的抗氧化性能,这与Jiang Meixiu等^[25]报道相似。除此之外,番荔枝^[26]、石榴汁^[27]、菠萝粉末^[28]等添加物也均有提高脱脂发酵乳抗氧化性能的作用。

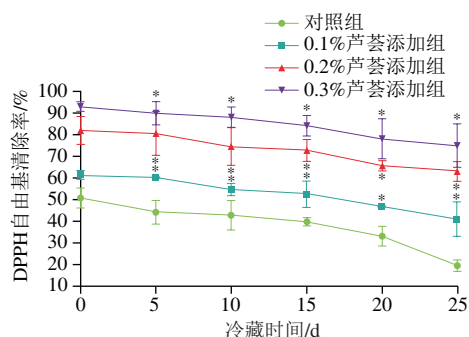


图6 脱脂发酵乳冷藏期间DPPH自由基清除率的变化

Fig. 6 Change in DPPH scavenging capacity of fermented skim milk during refrigeration

2.8 芦荟提取物对脱脂发酵乳黏度的影响

由图7可知,与对照组相比,芦荟提取物添加组均能够显著提高脱脂发酵乳的黏度($P<0.05$),并且随着芦荟提取物添加量的升高,黏度增长的趋势逐渐变缓。随着冷藏时间的延长,各组样品的黏度均出现下降的趋势。这些现象可能是由于随着冷藏时间的延长及乳酸菌发酵,蛋白水解能够使发酵乳凝胶结构发生改变。孙敏等^[29]在低脂发酵乳中添加低聚果糖得出相似结论:发酵乳的黏度随贮藏时间延长而下降。低聚果糖的添加因在低脂发酵乳中形成了团簇而破坏了酪蛋白网络的形成,导致发酵乳黏度有所降低。

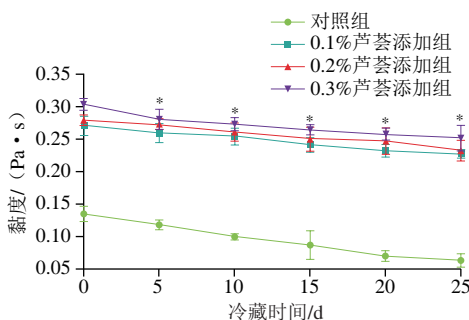


图7 脱脂发酵乳冷藏期间黏度的变化

Fig. 7 Viscosity change of fermented skim milk during refrigeration

2.9 芦荟提取物对脱脂发酵乳感官的影响

由表3可知,随着芦荟提取物添加量的增加,脱脂发酵乳的气味评分显著下降($P<0.05$)。这可能是由于芦荟提取物本身的味道影响了脱脂发酵乳的气味。经过25 d的冷藏保存后,实验组脱脂发酵乳的气味均出现下降趋势。外观的实验结果和气味指标相似,随着芦荟提取物添加量的增加,脱脂发酵乳的外观评分显著下降($P<0.05$),芦荟提取物能够使得发酵乳色泽变暗,与色泽的实验结果相符。吴娜等^[30]研究五味子芦荟复合酸乳,发现芦荟果粒添加过多会使酸乳略有苦味,但添加较少口感较差,最适添加量为6%。相似地,其他研究中

向发酵乳中添加植物提取物虽然改善了质构、酸度等方面的品质,但总体上降低了发酵乳的感官特性,如辣木提取物^[31]和罗汉果提取物^[32]。但是和气味与外观的变化不同,添加芦荟提取物的脱脂发酵乳质构评分显著提高($P<0.05$),这个结果与黏度变化相符。由此可见,芦荟提取物脱脂发酵乳相比对照组具有组织细腻、质地均匀、乳清析出少的特点。

表3 脱脂发酵乳冷藏期间感官品质的变化
Table 3 Change in sensory quality of fermented skim milk during refrigeration

冷藏时间/d	芦荟提取物添加量/%	气味评分	外观评分	质构评分
0	0.0	8.50±0.20	8.43±0.14	5.19±1.44
	0.1	8.22±0.17*	6.78±1.03*	7.94±1.37*
	0.2	5.32±0.27*	6.84±1.51*	7.41±1.37*
	0.3	5.29±0.23*	6.23±0.88*	7.57±1.22*
5	0.0	8.43±0.32	8.58±0.20	6.09±1.30
	0.1	7.50±1.06*	7.50±1.02*	7.19±1.32*
	0.2	5.59±1.04*	6.95±1.25*	6.82±1.23
	0.3	5.21±1.77*	6.29±0.86*	7.15±1.44*
10	0.0	8.31±0.18	8.47±0.14	5.77±1.27
	0.1	6.19±1.03*	6.69±1.16*	7.38±1.31*
	0.2	5.54±1.09*	6.02±1.20*	7.16±1.38*
	0.3	5.24±0.55*	5.65±0.91*	7.51±1.40*
15	0.0	6.57±0.12	7.06±1.10	6.00±1.11
	0.1	6.43±0.98	7.13±1.09	6.92±1.26*
	0.2	5.67±0.51*	5.96±1.37*	6.16±1.29
	0.3	5.00±0.66*	5.50±1.03*	6.64±1.32
20	0.0	8.06±0.39	7.73±0.14	5.37±1.28
	0.1	6.54±1.25*	6.38±1.04*	5.64±1.41
	0.2	5.14±1.05*	5.83±1.43*	4.92±1.31
	0.3	4.13±0.79*	5.80±1.05*	5.86±1.40
25	0.0	7.27±0.10	6.99±1.03	4.94±1.52
	0.1	6.37±1.07*	5.81±0.96*	5.49±1.44
	0.2	5.23±1.07*	5.92±1.30*	5.82±1.41*
	0.3	4.05±0.49*	5.19±0.96*	5.95±1.32*

3 结 论

将芦荟提取物添加至脱脂发酵乳中,制备脱脂发酵乳样品,观察其在25 d冷藏期间各指标的变化。结果表明:1) 芦荟提取物可以显著降低脱脂发酵乳的pH值和脱水收缩性、提高滴定酸度及持水力,使脱脂发酵乳具有更好的贮藏稳定性;2) 添加芦荟提取物能够改变脱脂发酵乳的色泽,随着发酵乳中芦荟提取物含量的提高, L^* 显著降低,而 a^* 和 b^* 显著提高,表明芦荟提取物使脱脂发酵乳色泽变暗;3) 添加芦荟提取物能够使脱脂发酵乳中乳杆菌数量增加、抗氧化能力和黏度提高;4) 添加芦荟提取物使脱脂发酵乳在气味、外观等感官品质方面有所下降。如何降低芦荟提取物对脱脂发酵乳的不利影响需要更深入的研究。

参考文献:

- [1] DAN Tong, REN Weiyi, LIU Yang, et al. Volatile flavor compounds profile and fermentation characteristics of milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2019, 10: 2183. DOI:10.3389/fmicb.2019.02183.
- [2] 牧其尔, 徐伟良, 李春冬, 等. 发酵乳制品风味物质种类、形成途径以及提取和检测方法的研究进展[J]. *中国酿造*, 2022, 41(7): 6-10. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2022.07.002.
- [3] 曹旺. 乳制品对人体健康的重要作用[J]. *中国乳业*, 2021(2): 12-13.
- [4] MUHAMAD H A R, NUR H H C, HANIS H H, et al. Roles of fermented plant-, dairy- and meat-based foods in the modulation of allergic responses[J]. *Food Science and Human Wellness*, 2023, 12(3): 691-701. DOI:10.1016/j.fshw.2022.09.002.
- [5] 宋小玲, 高冀婷, 曹菲薇, 等. 产ACE抑制肽乳酸菌的筛选、益生特性评定及应用[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(10): 149-157. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021080212.
- [6] 徐爱才, 马成杰, 华宝珍, 等. 嗜热链球菌与不同乳杆菌组合在脱脂乳中的发酵特性[J]. *食品科学*, 2013, 34(15): 158-161. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201315032.
- [7] PHUONG T M N, OLENA K, BHESH B, et al. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt[J]. *Food Hydrocolloids*, 2017, 72: 90-104. DOI:10.1016/j.foodhyd.2017.05.035.
- [8] ELENA N, RIFIQI A R, ADEL V. Effect of fermented modified potato starches to low-fat yogurt[J]. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2019, 7(7): 549-553. DOI:10.12691/jfnr-7-7-10.
- [9] ZHAO Jiale, MA Chunmin, ZHAO Xinhui, et al. Effects of yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) juice on fermentation and textural attributes of set-style skimmed yoghurt[J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021, 15(3): 2220-2230. DOI:10.1007/s11694-021-00830-z.
- [10] 余友恒, 马堃, 王艳奇, 等. 芦荟活性提取物对腐败希瓦氏菌的抑制机理研究[J]. *现代农业科技*, 2018(19): 265-266; 269. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2018.19.159.
- [11] 陆俊玮, 朱严华, 黄菊, 等. 芦荟提取物对冷藏黑鱼片的保鲜作用[J]. *浙江海洋大学学报(自然科学版)*, 2019, 38(1): 36-43. DOI:10.3969/j.issn.1008-830X.2019.01.006.
- [12] SAZHINA N N, LAPSHIN P V, ZAGOSKINA N V, et al. Inhibition of phosphatidylcholine liposome oxidation by phenolics from aloe extracts: *A. arborescens*, *A. pillansii*, and *A. squarrosa*[J]. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2021, 46(7): 1385-1389. DOI:10.1134/S1068162020070146.
- [13] KWON H C, BAE H, SEO H G, et al. Chia seed extract enhances physicochemical and antioxidant properties of yogurt[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(6): 4870-4876. DOI:10.3168/jds.2018-16129.
- [14] MEI Jun, FENG Fei, LI Yunfei. Effective of different homogeneous methods on physicochemical, textural and sensory characteristics of soybean (*Glycine max* L.) yogurt[J]. *CyTA-Journal of Food*, 2017, 15(1): 21-26. DOI:10.1080/19476337.2016.1197315.
- [15] CHOUCOULI V, KALOGEROPOULOS N, KONTELES S J, et al. Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2013, 53: 522-529. DOI:10.1016/j.lwt.2013.03.008.
- [16] ZHAO Handong, SHU Chang, FAN Xinguang, et al. Near-freezing temperature storage prolongs storage period and improves quality and

- antioxidant capacity of nectarines[J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 228: 196-203. DOI:10.1016/j.scienta.2017.10.032.
- [17] GONCALVES B J, PEREIRA C G, LAGO A M T, et al. Thermal conductivity as influenced by the temperature and apparent viscosity of dairy products[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(5): 3513-3525. DOI:10.3168/jds.2016-12051.
- [18] MULLAGULOVA G M, AVTUYHOVA O V, REBEZOV Y M, et al. The results of organoleptic assessment of a fermented milk product for functional nutrition[J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 677(3): 032041. DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032041.
- [19] DIÓMEDES H R V, ALDO H M. Develop a whey drink fermented with the addition of aloe vera juice and fruit pulp[J]. *Tecnología Química*, 2017, 37(1): 46-57.
- [20] GIULIA C, MARCO P, GABRIELA R, et al. Effect of different aloe fractions on the growth of lactic acid bacteria[J]. *Journal of Food Science*, 2017, 82(1): 219-224. DOI:10.1111/1750-3841.13568.
- [21] WANG Xufeng, HE Zhiyong, ZENG Maomao, et al. Effects of the size and content of protein aggregates on the rheological and structural properties of soy protein isolate emulsion gels induced by CaSO_4 [J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 130-138. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.10.019.
- [22] 魏光强, 陈越, 卓加珍, 等. 酸奶发酵和冷藏过程中品质评价及主要风味成分变化分析[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(18): 113-119. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.020820.
- [23] 李雨露, 刘丽萍, 佟丽媛, 等. 菊粉对低糖低脂酸奶品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(12): 131-134. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201512024.
- [24] SEREGELJ V, PEZO L, SOVLJANSKI O, et al. New concept of fortified yogurt formulation with encapsulated carrot waste extract[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 138: 110732. DOI:10.1016/j.lwt.2020.110732.
- [25] JIANG Meixiu, DENG Kan, JIANG Chunling, et al. Evaluation of the antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory effects of the aloe fermentation supernatant containing *Lactobacillus plantarum* HM218749.1[J]. *Mediators of Inflammation*, 2016, 2016: 2945650. DOI:10.1155/2016/2945650.
- [26] SENADEERA S S, PRASANNA P H P, JAYAWARDANA N W I A, et al. Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp[J]. *Heliyon*, 2018, 4(11): e00955. DOI:10.1016/j.heliyon.2018.e00955.
- [27] PARANG N, SEYED M M, ZAHRA E D, et al. Evaluation and prediction of metabolite production, antioxidant activities, and survival of *Lactobacillus casei* 431 in a pomegranate juice supplemented yogurt drink using support vector regression[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2015, 24(6): 2105-2112. DOI:10.1007/s10068-015-0279-5.
- [28] SAH B N P, VASILJEVIC T, MCKECHNIE S, et al. Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(3): 698-708. DOI:10.1007/s13197-015-2100-0.
- [29] 孙敏, 李博, 梅俊. 低聚果糖对低脂凝固型发酵乳品质的影响研究[J]. *中国酿造*, 2021, 40(3): 84-89. DOI:10.11882/j.j.issn.0254-5071.2021.03.015.
- [30] 吴娜, 卢倩, 周剑丽, 等. 五味子芦荟复合酸奶的研制[J]. *中国酿造*, 2016, 35(8): 177-180. DOI:10.11882/j.j.issn.0254-5071.2016.08.040.
- [31] ZHANG T, JEONG C, CHENG W, et al. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2018, 101: 276-284. DOI:10.1016/j.lwt.2018.11.010.
- [32] MAHMOUD A H, EHAB R, HUANG Z, et al. Bioactive properties of probiotic set-yogurt supplemented with *Siraitia grosvenorii* fruit extract[J]. *Food Chemistry*, 2020, 303: 125400. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.125400.