

苹果多糖和山药多糖对酸奶品质影响的对比研究

刘倩倩¹, 郎伍营^{1,2,3}, 张浩楠¹, 何 严¹, 王 静^{1,2,3}, 李瑞姣¹

¹商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

²商洛学院商洛市粮食工程技术研究中心, 陕西 商洛

³商洛绿富然畜牧科技有限公司, 陕西 商洛

收稿日期: 2025年6月20日; 录用日期: 2025年7月18日; 发布日期: 2025年7月28日

摘 要

通过研究乳清沉淀率、粘度、水含量和可滴定酸度, 比较苹果多糖和山药多糖在室温和低温储存期间对乳酸菌发酵和酸奶质量的影响。结果表明: 当在酸奶中分别加入0、0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2.0%的苹果和山药多糖时, 苹果多糖的添加量在0.8%时, 乳清的析出率最低, 山药多糖的添加量在1.2%时, 乳清析出率最低。其他指标均在多糖含量为1.2%时达到峰值, 对比两种多糖同时为1.2%时, 山药多糖对酸奶乳酸菌落数的结果优于苹果多糖, 加入苹果多糖酸奶持水率为79%, 加入山药多糖酸奶持水率为81%, 对酸奶酸度的影响山药多糖也高于苹果多糖。综合分析得出, 添加适量的苹果多糖和山药多糖在一定程度上可以延长酸奶保质期, 在冷藏保存下酸奶保质期更长。

关键词

多糖, 酸奶, 乳酸菌, 品质

Comparative Study on the Effect of Apple Polysaccharide and Yam Polysaccharide on Yoghurt Quality

Qianqian Liu¹, Wuying Lang^{1,2,3}, Haonan Zhang¹, Yan He¹, Jing Wang^{1,2,3}, Ruijiao Li¹

¹College of Biology Pharmacy and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

²Shangluo City Grain Engineering Technology Research Center, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

³Shangluo Lvfurun Animal Science and Technology Co. Ltd., Shangluo Shaanxi

文章引用: 刘倩倩, 郎伍营, 张浩楠, 何严, 王静, 李瑞姣. 苹果多糖和山药多糖对酸奶品质影响的对比研究[J]. 农业科学, 2025, 15(7): 949-957. DOI: 10.12677/hjas.2025.157117

Abstract

The effects of apple polysaccharides and yam polysaccharides on lactobacillus fermentation and yoghurt quality during storage at room temperature and low temperature were compared by measuring whey precipitation rate, viscosity, water content and titratable acidity. The results showed that when 0, 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% and 2.0% apple polysaccharide and yam polysaccharide were added into yogurt, the whey precipitation rate was the lowest when apple polysaccharide was added at 0.8%, and the whey precipitation rate was the lowest when yam polysaccharide was added at 1.2%. The other indexes reached the peak when the polysaccharide content was 1.2%. When the two kinds of polysaccharides were 1.2% at the same time, the results of yam polysaccharide on the number of lactic acid bacteria in yogurt were better than apple polysaccharide, and the water retention rate of apple polysaccharide yogurt was 79%, and that of yam polysaccharide yogurt was 81%. The influence of Yam polysaccharide on the acidity of yogurt was also higher than apple polysaccharide. The results showed that adding apple polysaccharide and yam polysaccharide could prolong the shelf life of yogurt to a certain extent, and the shelf life of yogurt was longer under cold storage.

Keywords

Polysaccharide, Yogurt, Lactic Acid Bacteria, Quality

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

酸奶能够调节肠道菌群，还能够预防骨质疏松、腰腿痛、腰膝酸软等。酸奶能够为人体提供大量高质量的蛋白质，能够改善肌肉质量、预防肌肉萎缩[1][2]。酸奶有补虚开胃、润肠通便、降血脂、抗癌等功效，还具有调节机体微生物平衡作用的特定营养物质；能有效地改善银屑病，减轻小儿营养不良；酸奶可促进消化液分泌、提高消化率、增强食欲；老年人长期饮用可减轻偏食引起的营养不良；女性更年期多喝也能起到预防骨质疏松的作用。

活性多糖是一种具有特殊生理活性的多糖，主要由真菌多糖组成。香菇多糖、杏鲍菇多糖、灵芝多糖、人参多糖及凝胶多糖等具有免疫调节、抗辐射、调节肠胃、促进组织结构再生长或修复等功效[3][4]。部分学者已将其应用到酸奶的研究和开发中，研制出多种多糖酸奶。研究发现：加入多糖能增加酸奶的稳定性、延长酸奶保存时间、促进乳酸菌发酵、减少贮存期间乳清的释放[5]。

山药多糖是一种具有免疫活性的植物多糖。其具有增强免疫、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤、降血糖、降血脂等多种生物活性，可通过增强人体免疫力来保护机体[6][7]。从免疫调控来看，其对T细胞的增殖、细胞活性、溶血素活性、血清IgG等均有一定的促进作用。

苹果多糖具有抗肿瘤、抗病毒、抗氧化、抗疲劳、抗炎、提高机体免疫功能、促进细胞增值和分化等生物活性，且毒副作用较小，因此其具有良好的肠道保健功能，其日摄入量与结肠癌/直肠癌的发病风险呈负相关[8]。本研究主要探讨苹果多糖和山药多糖对乳酸菌发酵及酸奶品质的影响。

2. 材料与方法

2.1. 材料

苹果、山药、脱脂奶粉、酸奶发酵剂、白砂糖、氢氧化钠、酚酞以及氰化钠、MRS 肉汤。

2.2. 试验研究方案

2.2.1. 工艺流程

脱脂奶粉→均质→预热→杀菌→加苹果、山药多糖→冷却→接种→装瓶→发酵→冷却→后熟→成品。

2.2.2. 操作细节

(1) 苹果多糖和山药多糖的提取

将苹果和山药切片放入鼓风干燥箱中烘干至恒重，经过粉碎，分别取 20 g 苹果粉和山药粉加入 400 mL 蒸馏水，水浴加热煮沸，然后将液体粗滤进行离心(4000 r/min 10min)，取上清液，旋蒸至浓稠，将浓稠液倒出，加入四倍体积的无水乙醇，放置 12 h，再次进行离心，取其沉淀物依次用丙酮清洗一次、乙醚清洗三次后抽滤、冻干，即得苹果粗多糖和山药粗多糖[9]。

(2) 酸奶的制备

酸奶的制备：将辅料加至灭菌乳中，之后将不同浓度的苹果和山药粗多糖分别加入调配好的乳中，在 90℃ 灭菌 10 min，冷却至 42℃，将质量分数 3% 的发酵剂接种于灭菌乳，42℃ 培养箱中发酵培养 4 h 后，置于 4℃ 冷藏箱中，进行后熟 24 h [10]。

2.3. 检测指标的方法

2.3.1. 乳清析出率

精确称取 10 g 后熟 24 h 不同浓度的多糖酸奶置于 50 ml 烧杯中，轻轻吸取酸奶表面析出的乳清并称其质量，析出乳清的质量与酸奶质量之比即为酸奶的乳清析出率[11]。

乳清的析出率公式：

$$\text{乳清的析出率} = \text{乳清析出率/酸奶的质量} \times 100\%$$

2.3.2. 酸度测定

滴定酸度测定：参照 GB5413.34-2010 规范操作。将发酵后 24 小时的酸奶置于 250 mL 的锥形瓶中，测量 20 mL 的蒸馏水并搅拌均匀，添加 2~3 滴酚酞指示剂，用 0.1 mol/L 的氢氧化钠标准溶液滴定酸奶，直至其颜色为微红，并且 30 秒内不褪色，记录所消耗量的氢氧化钠体积，乘以 10，获得吉尔涅尔酸性，三次平行测量[12] [13]。

2.3.3. 乳酸菌菌落数

取后熟 24 h 不同浓度多糖的酸奶进行检测，按 GB4789-2010 方法检验。在装有 225 mL 生理盐水的锥形瓶中，将酸奶与 25 mL 不同浓度的多糖混合，制成 10^{-1} 的稀释液，然后将 1 mL 稀释液移入装有 9 mL 灭菌生理盐水的试管，制成 10^{-2} 的稀释液。选择 10^{-6} 、 10^{-7} 和 10^{-8} 三个梯度的稀释液，并将每个梯度的 0.2 mL 转移到 MRS 固体培养基上。接种后，在 36℃ 下培养 48 h，对乳酸菌的菌落进行计数和测量。

2.3.4. 持水性测定

选取后熟 24 h 不同浓度的苹果和山药多糖酸奶进行测定，将 50 mL 空离心管质量记为 W (g)，分别称取大约 10 g 的酸奶置于离心管中，并称取总质量为 W_1 (g)，以 3000 r/min 离心 10 min，静置 10 min 后，弃去上清液，称取质量为 W_2 (g)，3 次平行测定[14]。

保水性计算公式：

$$\text{保水性} = (W_2 - W)/(W_1 - W) \times 100\%$$

3. 结果与分析

3.1. 苹果多糖和山药多糖对酸奶乳清析出率的影响

苹果多糖对酸奶乳清析出率的影响，结果如图 1 所示。酸奶的乳清析出率随着苹果多糖添加量的增多呈现先下降后升高的趋势。苹果多糖添加量为 1.2% 时，乳清析出率最小，低至 5.90%，与空白组(未添加苹果多糖的酸奶)对比，乳清析出率明显降低。

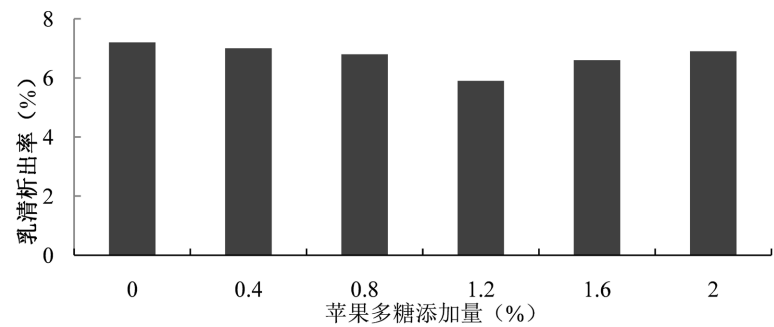


Figure 1. Effect of apple polysaccharides on whey precipitation rate of yogurt
图 1. 苹果多糖对酸奶乳清析出率的影响

山药多糖对酸奶乳清析出率的影响，结果如图 2 所示。酸奶的乳清析出率随着山药多糖添加量的增多呈现先下降后升高的趋势，山药多糖添加量为 0.8% 时，酸奶乳清的析出效率最低，可达到 4.80%，乳清析出率明显低于空白组。

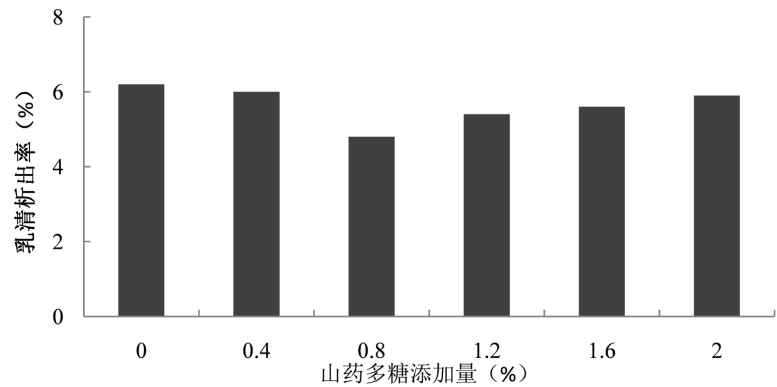


Figure 2. Effect of yam polysaccharides on whey precipitation rate of yogurt
图 2. 山药多糖对酸奶乳清析出率的影响

贮藏过程中苹果多糖和山药多糖对酸奶乳清析出率的影响，结果如图 3 和图 4 所示。储存 1 d 的酸奶的乳清析出率是最低的，随着贮藏时间的延长乳清析出率也随之而增加。与空白组对比，无论是在室温下贮藏还是冷藏下贮藏，添加多糖都能减少酸奶的乳清析出率。

乳清的沉淀量是衡量酸奶组织状况和稳定性的一个重要指标。多糖会影响酸奶的乳清析出，加入适量的多糖可以减缓酸奶储存期间乳清的析出，过多的多糖会干扰酸奶成分的相互作用，不利于保持酸奶质量的稳定性。这可能是由于多糖与酸奶中的酪蛋白相互作用，有利于稳定酪蛋白的空间网络，使其具

有较好的持水能力，从而减少了乳清的沉淀。

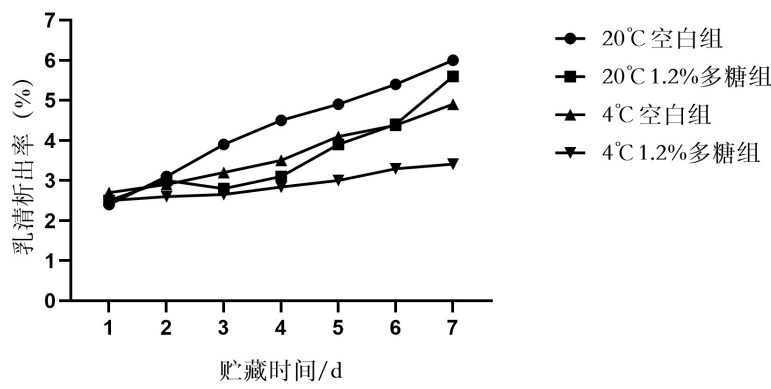


Figure 3. Effect of apple polysaccharides on whey precipitation rate of yogurt during storage
图 3. 贮藏过程中苹果多糖对酸奶乳清析出率的影响

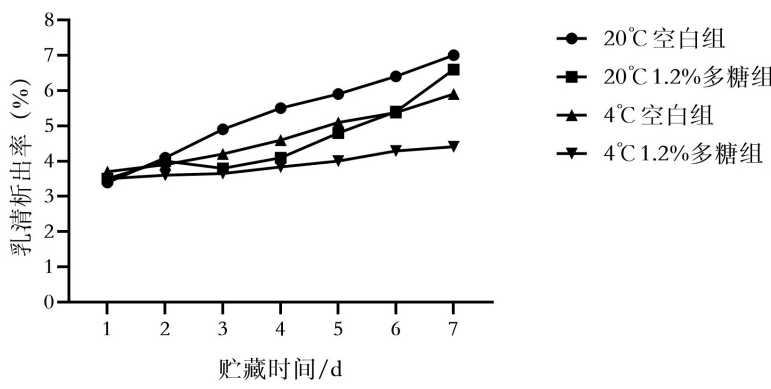


Figure 4. Effect of yam polysaccharides on whey precipitation rate of yogurt during storage
图 4. 贮藏过程中山药多糖对酸奶乳清析出率的影响

3.2. 苹果多糖和山药多糖对酸奶酸度的影响

取后熟 24 h 后的酸奶测定多糖对酸奶滴定酸度的影响，结果如图 5 和图 6 所示：当苹果多糖含量增加时，酸奶酸度先升高后下降，当加入 1.2% 的苹果多糖时，滴定酸度达到 94°T，而空白组则为 88°T。当山药多糖含量增加时，酸奶酸度先升高后下降，在加入山药多糖量为 1.2% 时，可滴定酸度最高达 96°T，而空白对照组为 90°T。

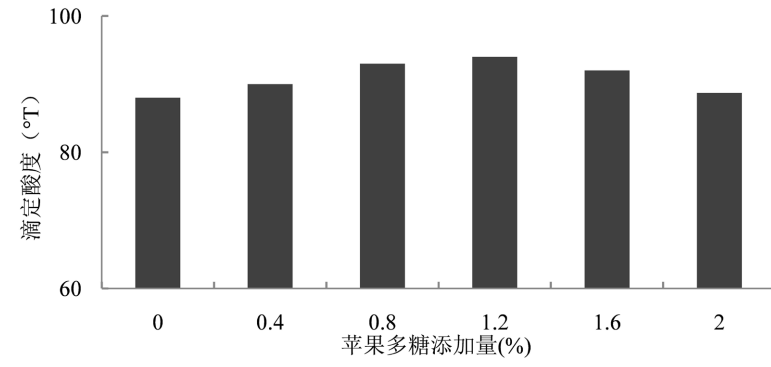


Figure 5. Effect of apple polysaccharides on titratable acidity of yogurt
图 5. 苹果多糖对酸奶滴定酸度的影响

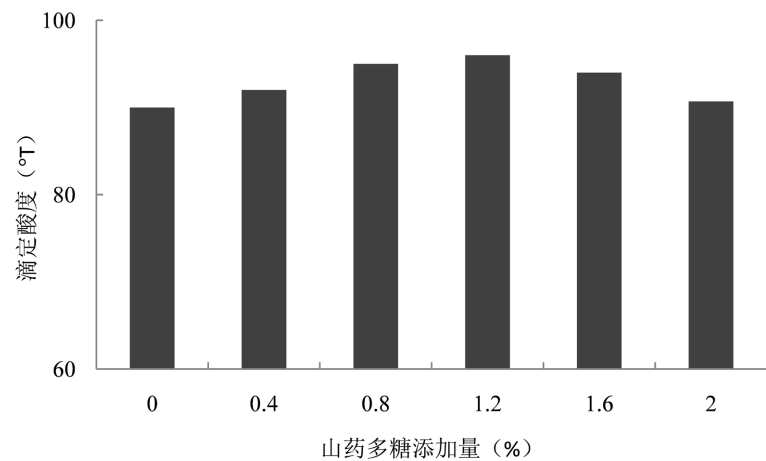


Figure 6. Effect of yam polysaccharides on titratable acidity of yogurt
图 6. 山药多糖对酸奶滴定酸度的影响

3.3. 苹果多糖和山药多糖对酸奶乳酸菌菌落数的影响

苹果多糖对乳酸菌菌落数的影响结果如表 1 所示：随着苹果多糖的不断添加，乳酸菌菌落总数先增加后减少，当苹果多糖添加量为 1.2% 时，乳酸菌菌落总数达到 5.8×10^8 CFU/mL，与空白组相比，乳酸菌菌落数显著提高。说明加入适量的苹果多糖可以促进酸奶中乳酸菌的生长，但过量的苹果多糖会使酸奶中乳酸菌的生长受到抑制。

Table 1. Effect of different contents of apple polysaccharides on the proliferation of lactic acid bacteria
表 1. 不同含量的苹果多糖对乳酸菌增殖的影响

组别	空白组	0.4%	0.8%	1.2%	1.6%	2.0%
苹果多糖添加量(%)	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
乳酸菌菌落数(CFU/mL)	9.6×10^7	3.2×10^8	4.7×10^8	5.8×10^8	5.4×10^7	4.3×10^7

山药多糖对乳酸菌菌落数的影响结果如表 2 所示。在添加适量的山药多糖后，乳酸菌菌落数量呈现先上升后下降的趋势，当山药多糖含量达到 1.2% 时，其乳酸菌菌落数可达到 6.1×10^8 CFU/mL，与空白组相比，乳酸菌菌落数显著提高，说明适量的山药多糖可促进乳酸菌的生长，但过量的添加会抑制乳酸菌的生长。

多糖对酸奶中乳酸菌的作用主要是因为适量的多糖可以使酸奶中的乳酸菌更好地吸收养分，而过多的多糖则会使酸奶的水分活力下降，从而抑制乳酸菌的生长繁殖[15]。

Table 2. Effect of different contents of yam polysaccharides on the proliferation of lactic acid bacteria
表 2. 不同含量的山药多糖对乳酸菌增殖的影响

组别	空白组	0.4%	0.8%	1.2%	1.6%	2.0%
山药多糖添加量(%)	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
乳酸菌菌落数(CFU/mL)	8.7×10^7	4.4×10^8	5.6×10^8	6.1×10^8	5.9×10^7	4.5×10^7

3.4. 苹果多糖和山药多糖对酸奶持水的影响

苹果多糖对酸奶持水力的影响，结果如图 7 所示。酸奶持水力随着多糖添加量的增加呈现先增加后

下降的趋势,添加苹果多糖后,其持水力显著高于对照组。在多糖添加量为 1.2%时,酸奶持水力达到最高,当多糖添加量大于 1.2%时,酸奶的持水力明显降低。

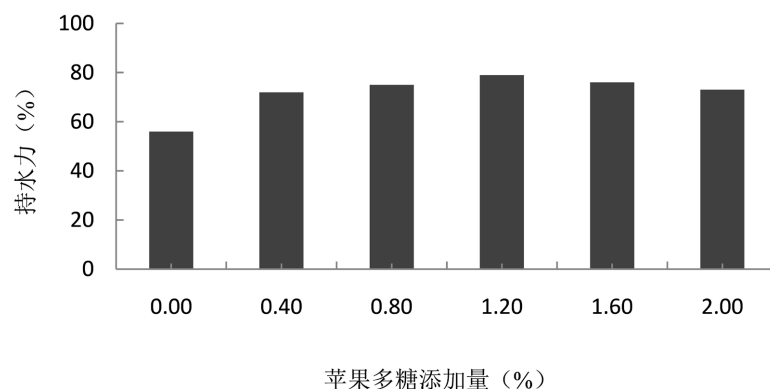


Figure 7. Effect of apple polysaccharides on water-holding capacity of yogurt
图 7. 苹果多糖对酸奶持水力的影响

贮藏过程中苹果多糖对酸奶持水力的影响结果如图 8 所示。随着贮藏时间的增长,酸奶的持水力开始下降。在常温下贮存 7 d,苹果多糖酸奶组的持水力降低 14%,而空白组酸奶持水力则降低 20%;在 4℃贮存 7 d 后,苹果多糖酸奶组与空白组相比,苹果多糖酸奶组持水力降低了 8%,而空白组则降低了 18%。

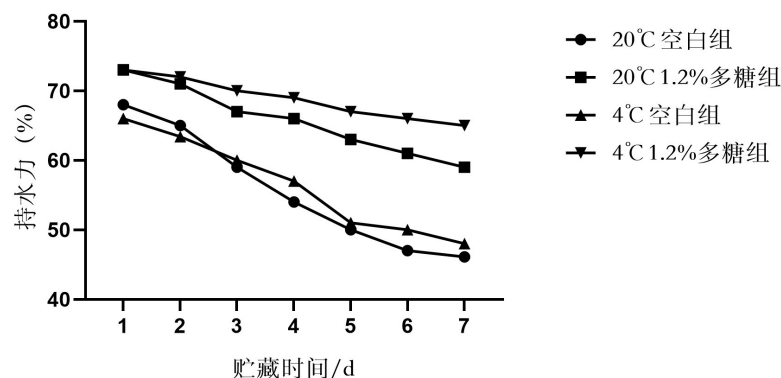


Figure 8. Effect of apple polysaccharides on water-holding capacity of yogurt during storage
图 8. 贮藏过程中苹果多糖对酸奶持水力的影响

山药多糖对酸奶持水力的影响由图 9 所示。随着山药多糖的加入,酸奶的持水力呈现先增加后下降的变化趋势。在山药多糖添加量为 1.2%时,酸奶持水力最高,达 81%;其添加量超过 1.2%时,酸奶持水力开始下降。

贮藏过程中山药多糖对酸奶持水力的影响结果由图 10 所示。酸奶的持水力随着贮藏时间的增加而下降。在室温条件下储存 7 d 后,含有山药多糖的酸奶持水力下降了 12%,空白组的持水力下降了 18%;在 4℃下储存 7 d 后,含有 1.2%苹果多糖的酸奶和空白组的持水力分别下降了 6%和 16%。

酸奶的持水力能主要取决于酪蛋白的含量。当环境酸度达到一定范围,酪蛋白会发生凝胶化,构建起三维立体的网状胶体结构,这种独特的结构如同细密的海绵,能够吸附水分,同时容纳小分子物质和乳酸菌。多糖的加入,在发酵阶段会与蛋白质分子通过化学键紧密相连,对原有的凝胶结构起到加固作用。加固后的凝胶结构能更高效地锁住水分,有效抑制乳清分离现象,进而显著提升酸奶的持水力。持

水力的提升对于优化酸奶品质意义重大，它能让酸奶的质地更均匀、细腻，呈现出更好的组织状态。

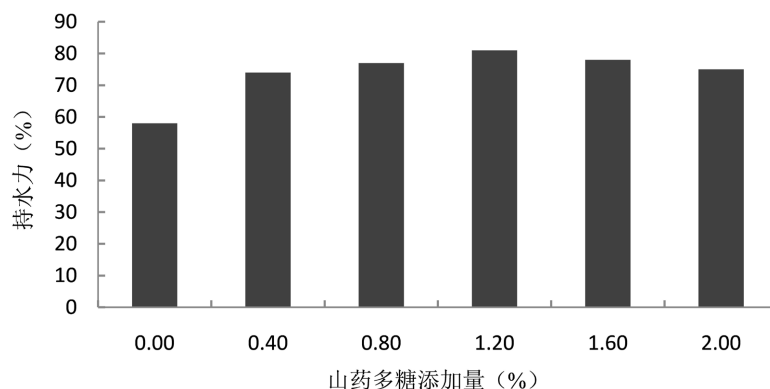


Figure 9. Effect of yam polysaccharides on water-holding capacity of yogurt
图 9. 山药多糖对酸奶持水力的影响

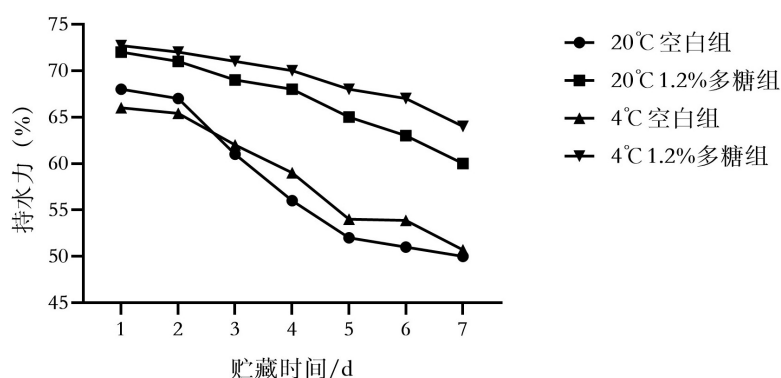


Figure 10. Effect of yam polysaccharides on water-holding capacity of yogurt during storage
图 10. 贮藏过程中山药多糖对酸奶持水力的影响

4. 结论

加入适量的苹果多糖和山药多糖(1.2%)对酸奶品质都有明显的提高,有利于乳酸菌的繁殖、提高酸奶持水力、降低贮存期间乳清析出率。在苹果多糖和山药多糖的添加量同为 1.2%时,添加了苹果多糖的酸奶中的乳酸菌菌落数(5.8×10^8 CFU/mL)明显少于添加了山药多糖的酸奶中的乳酸菌菌落数(6.1×10^8 CFU/mL),加入苹果多糖时酸奶持水力(79%)低于加入了山药多糖酸奶的持水力(81%),在常温下贮存 7d 后,苹果多糖酸奶的持水力降低 14%,而空白组酸奶则降低 20%;在 4℃贮存 7d 后,1.2%的苹果多糖酸奶组与空白组相比,其持水力降低了 8%,而空白组则降低了 18%。在室温下储存 7d 后,加入量为 1.2%的山药多糖酸奶与空白组相比,酸奶的持水力下降了 12%,空白组的持水力下降了 18%;在 4℃下储存 7d 后,1.2%的山药多糖酸奶组与空白组相比,分别下降了 6%和 16%。在苹果多糖添加量为 1.2%时,酸奶滴定酸度最高可达 94°T,在山药多糖添加量为 1.2%时,酸奶滴定酸度最高可达 96°T。结果表明,无论是在室温还是冷藏条件下,添加山药多糖对酸奶各项指标的影响都要优于添加苹果多糖,原因可能是山药多糖的成分更加丰富。

基金项目

陕西省技术创新引导专项(2024ZC-YYDP-89),陕西省教育厅一般专项项目(24JK0425),商洛市科技局项目(2023-N-0036),商洛学院科学与技术研究基金项目(20SKY020)。

参考文献

- [1] Cormier, H., Thifault, É., Garneau, V., Tremblay, A., Drapeau, V., Pérusse, L., *et al.* (2015) Association between Yogurt Consumption, Dietary Patterns, and Cardio-Metabolic Risk Factors. *European Journal of Nutrition*, **55**, 577-587. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0878-1>
- [2] 田其英. 酸奶的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(1): 91-94.
- [3] 王瑞君. 香菇多糖对酸奶中常见发酵剂生长的影响[J]. 中国乳品工业, 2015, 43(12): 16-18.
- [4] 李静, 李凤林, 刘磊, 等. 金针菇多糖研制功能性酸奶的研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 1323-1324, 1326.
- [5] Pang, Z., Deeth, H. and Bansal, N. (2015) Effect of Polysaccharides with Different Ionic Charge on the Rheological, Microstructural and Textural Properties of Acid Milk Gels. *Food Research International*, **72**, 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.02.009>
- [6] 钟文婷, 董雨荷, 谭伟健, 等. 山药多糖药理作用的研究进展及其应用展望[J]. 食品安全导刊, 2021(19): 126-127, 129.
- [7] 李丽微, 谷新晰, 卢海强, 等. 发酵山药酸奶益生乳酸菌菌株的筛选[J]. 中国食品学报, 2015, 15(11): 78-82.
- [8] 付成程, 郭玉蓉, 刘艳芳, 等. 苹果多糖的制备方法及防癌功能研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2012(2): 100-102.
- [9] 赵芷芊, 王敏, 张志清, 等. 植物多糖的提取及抗氧化功效的研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 337-342.
- [10] 佚名. 酸奶的营养价值及功效[J]. 北方园艺, 2013(2): 115.
- [11] Pang, Z., Deeth, H., Prakash, S. and Bansal, N. (2016) Development of Rheological and Sensory Properties of Combinations of Milk Proteins and Gelling Polysaccharides as Potential Gelatin Replacements in the Manufacture of Stirred Acid Milk Gels and Yogurt. *Journal of Food Engineering*, **169**, 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.007>
- [12] 王帅. 酸度对发酵奶品质的影响[J]. 科技信息, 2011(6): 45-46.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB5413.34-2010 食品安全国家标准, 乳和乳制品酸度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 卫向南. 水扩散蒸馏提取肉桂叶有效成分的研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB4789.1-2016 食品安全国家标准, 食品微生物学检验总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.