

一款益生菌高活菌爆爆珠轻甜果酱的研发

陈灏文, 潘博, 郝思甜, 王晶, 焦慧冉, 王雨苗, 王俊国, 鄂晶晶*

内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年2月12日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年3月21日

摘要

苹果富含多种营养成分, 具有抗氧化、抗炎等健康益处, 为实现苹果的高值化利用, 本文开发出一种新型益生菌果酱产品: 该产品以苹果为主要原料, 添加海藻酸钠包埋及植物乳植杆菌LIP-1为主要原料, 通过单因素试验和正交试验的优化设计, 结合感官评定, 确定了活菌爆爆珠轻甜果酱的最佳工艺条件。研究结果显示, 黄元帅苹果与花牛苹果的最佳配比为1:1, 总糖含量应控制在30%, 白砂糖与木糖醇的最佳添加比例为5:1, 柠檬酸的添加量为0.5%。高活菌数益生菌爆爆珠的最佳制备条件为海藻酸钠浓度4%、氯化钙浓度3%, 爆爆珠在果酱中的添加量为15 g/100g。这些优化条件为提升果酱的感官品质和营养价值提供了重要依据。

关键词

苹果, 果酱, 植物乳植杆菌LIP-1, 爆爆珠

Development of a Probiotic High-Viable Explosive Beads Mildly Sweet Jam

Haowen Chen, Bo Pan, Sitian Hao, Jing Wang, Huiran Jiao, Yumiao Wang, Junguo Wang, Jingjing E*

College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University,
Hohhot Inner Mongolia

Received: Feb. 12th, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Mar. 21st, 2025

Abstract

Apples are rich in various nutrients and offer health benefits such as antioxidant and anti-inflammatory

*通讯作者。

文章引用: 陈灏文, 潘博, 郝思甜, 王晶, 焦慧冉, 王雨苗, 王俊国, 鄂晶晶. 一款益生菌高活菌爆爆珠轻甜果酱的研发[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(2): 230-239. DOI: 10.12677/hjfn.2025.142027

properties. To achieve high-value utilization of apples, this study developed a novel probiotic jam product. The product primarily uses apples as the main ingredient, with sodium alginate encapsulation and *Lactobacillus plantarum* LIP-1 as key components. Through single-factor and orthogonal experimental designs, combined with sensory evaluation, the optimal process conditions for the production of probiotic explosive beads jam with a mildly sweet flavor were determined. The results indicate that the best ratio of Huangyuanshuai apple to Huaniu apple is 1:1. The total sugar content should be controlled at 30%, and the optimal ratio of white sugar to xylitol is 5:1, with the addition of citric acid at 0.5%. The best preparation conditions for high viable probiotic beads are a sodium alginate concentration of 4% and a calcium chloride concentration of 3%, with an optimal addition level of 15 g/100g of probiotic beads in the jam. These optimized conditions provide an important foundation for improving the sensory quality and nutritional value of the jam.

Keywords

Apple, Jam, *Lactiplantibacillus plantarum* LIP-1, Explosive Beads

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

苹果中所含的营养物质十分丰富, 不仅是饮食类黄酮的主要来源之一, 还是富含维生素 A, C, E 和各种酚类化合物[1]。其中含有的多酚类物质等活性成分, 具有显著的抗氧化、抗自由基、抑制低密度脂蛋白氧化的作用和预防心血管疾病、抗癌、抗炎症和防止血小板凝聚等功能[2]。基于我国 2019 年生产、进出口数据, 苹果损耗浪费量约 719.86 万吨, 占我国苹果当年总产量的 16.97%。将水果原料制成果酱, 既可以满足广大消费者日益多元化的需求, 又可以减少果蔬因贮藏不佳造成的浪费[3]。然而, 现今市场上传统果酱产品种类单一, 产品开发大多局限于口味创新, 种类较少, 限制了消费者的选择, 且产品营养成分单一, 普遍具有较高糖分和纤维素不足的问题[4], 缺乏其他营养物质。

益生菌是一类对人体健康有益的微生物, 主要包括乳酸菌、双歧杆菌等。它们在肠道内能够定植并形成稳定的微生物群落, 促进肠道健康, 改善消化功能, 增强免疫力。研究表明, 益生菌能够抑制有害菌的生长, 调节肠道菌群的平衡, 从而有助于预防腹泻、便秘等肠道疾病[5]。此外, 益生菌还可能通过促进营养物质的吸收、合成维生素等方式, 对机体健康产生积极影响。

为解决果酱产品种类单一问题, 本研究拟开发一类益生菌果酱, 为产品赋予健康、养生的绿色标签, 但益生菌在高渗(如糖、盐过高)环境中容易失去活性, 导致其在果酱等其中的存活率降低[6]。如何有效地将益生菌应用于果酱中以保持其活性, 成为了当前研究的一个重要课题[7] [8]。

本产品以黄元帅和花牛苹果为主要原料, 采用木糖醇替代部分蔗糖, 以制成低糖轻甜果酱。同时, 利用海藻酸钠包埋植物乳植杆菌 LIP-1 益生菌菌泥法制备益生菌爆爆珠, 这种方法不仅能够保护益生菌免受外界环境的影响, 还能延长其在果酱中的保质期, 保证其活性。制成的爆爆珠不仅有助于促进肠胃蠕动, 还能实现健康养生的功效。这种创新的果酱产品为将益生菌引入日常饮食提供了新的途径, 拓宽了果酱的市场应用, 为消费者提供了更健康的选择。此外, 本研究也为果酱与益生菌的结合提供了新的思路, 推动相关行业的发展, 促进食品营养成分的多样化和功能性提升。

2. 材料和方法

2.1. 材料与仪器

2.1.1. 材料

新鲜黄元帅和花牛苹果；柠檬酸，由上海旺旺食品添加剂有限公司提供；木糖醇，由河南百康生物科技有限公司提供；低聚半乳糖，由河南百康生物科技有限公司提供；海藻酸钠，由河南鸿发生物科技有限公司提供；氯化钙，由河南万胜食品科技有限公司提供；胰蛋白酶(分析纯)、磷酸二氢钾(分析纯)由北京索莱宝科技有限公司提供。

植物乳植杆菌 LIP-1，分离自新疆酸马奶，具有显著的降血脂益生功效，由内蒙古农业大学乳品生物技术与工程教育部重点实验室提供。

2.1.2. 仪器设备

表 1 为本实验所用到的仪器与设备。

Table 1. Experimental equipment and instruments

表 1. 实验设备仪器

型号	设备名称	生产厂家
PB40Q2-413K	破壁机	广东美的生活电器制造有限公司
PHS-3E	pH 计	上海仪电科学仪器股份有限公司
YXQ-100G	高压灭菌锅	上海博讯医疗生物仪器股份有限公司
CT3	质构仪	美国 BROOKFIELD 公司
TDL-5-A 型	离心机	上海安亭科学仪器厂
722S	手持折光仪	上海精密科学仪器有限公司

2.2. 实验方法

2.2.1. 工艺流程

原料选择→清洗→去皮、去核、切块→护色→预煮→打浆→配料→浓缩→冷却→加入爆爆珠→装罐密封→成品。

2.2.2. 操作步骤

(1) 苹果的预处理：苹果去皮、去核、切块，用 2.0% 的食盐水护色，然后倒入锅中预煮，90℃ 加热 3~5 min，使其充分软化。

(2) 打浆和混合：预煮后捞出，将苹果和水按 1:1 的比例进行混合，用打浆机将其混合均匀。

(3) 浓缩：200℃ 煮沸 15 min，改用 90℃ 加热，蔗糖分 3 次加入，可溶性固形物含量接近 55% 停止浓缩。临近终点时，加入柠檬酸搅拌均匀。在整个浓缩过程中需要不断搅拌，防止结晶。

(4) 装罐密封：果酱温度在 50℃ 左右，快速将果酱装入灭菌后的玻璃瓶中，同时加入爆爆珠。

2.2.3. 果酱及爆爆珠配方优化的单因素及正交试验

1) 苹果复配比例、总糖含量、柠檬酸添加量等对果酱感官品质的影响

根据预实验，固定黄元帅苹果、花牛苹果配比 1:1、柠檬酸添加量 0.25%、总糖含量 40%、白砂糖与木糖醇比 9:1，分别比较不同黄元帅苹果、花牛苹果比例(1:1, 2:1, 3:1, 4:1 和 5:1)、柠檬酸添加量(0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% 和 1%)、总糖含量(20%, 25%, 30%, 35% 和 40%)、白砂糖与木糖醇比(14:1, 9:1,

5:1, 4:1 和 2:1)对果酱感官品质的影响, 从而确定每个因素的最佳配比。

2) 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对包埋率及爆爆珠凝胶强度和弹性的影响

(1) 益生菌爆爆珠制作

将植物乳植杆菌 LIP-1 悬液与海藻酸钠载体溶液(2%, 3%, 4%, 5%)混合均匀, 使用 10 mL 注射器, 以距离液 10 cm 左右的高度, 将混合液逐滴滴入 CaCl_2 溶液(2%, 3%, 4%, 5%)中, 浸泡 30 min 使其固化。过滤, 用无菌水冲洗 2 次, 除去多余的钙离子和未被包埋的菌体, 得到益生菌爆爆珠。

(2) 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对包埋率的影响

在氯化钙添加浓度为 2%的基础上, 检测不同浓度海藻酸钠(2%, 3%, 4%, 5%)对植物乳植杆菌 LIP-1 的包埋率的影响, 并得出最佳浓度。

采用上述实验得到的最佳海藻酸钠浓度, 在其它条件不变的情况下, 检测不同浓度氯化钙浓度(2%, 3%, 4%, 5%)对植物乳植杆菌 LIP-1 包埋率的影响, 并得出最佳浓度。

(3) 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对爆爆珠凝胶强度和弹性的影响

其它条件不变的情况下, 采用质构仪测定不同浓度(2%, 3%, 4%, 5%)海藻酸钠及不同浓度(1%, 2%, 3%, 4%)氯化钙对爆爆珠凝胶强度和弹性的影响。采用质构仪测定时, 测定参数为: 测试前、中、后速度均为 1mm/s; 穿透距离为 4 mm; 探头为 P0.5, 每个样品检测 3 组数据, 取其平均值。

3) 爆爆珠最适添加量及活菌数的测定

(1) 爆爆珠最适添加量

在果酱中添加 5 g、10 g、15 g、20 g、25 g 爆爆珠, 进行感官评价, 确定爆爆珠最适添加量。

(2) 活菌数测定

在 4℃条件下对爆爆珠果酱进行储藏, 用平板计数法, 每 7 天对果酱进行一次活菌数测定。

2.2.4. 正交优化试验

在上述单因素变量试验的基础上, 以感官评分为指标, 对黄元帅与花牛苹果复配比例、总糖含量、白砂糖与木糖醇配比、柠檬酸添加量 4 个因素进行四因素三水平的正交试验。正交试验因素水平见表 2。

Table 2. Levels of experimental factors

表 2. 实验因素水平

因素	水平		
	1	2	3
A 黄元帅:花牛	1:1	2:1	3:1
B 总糖含量	25%	30%	35%
C 白砂糖:木糖醇	4:1	4:1	4:1
D 柠檬酸添加量	0.25%	0.5%	0.75%

2.2.5. 爆爆珠包埋率的测定

模拟肠液的配制:

量取无菌蒸馏水约 500 mL, 加入 6.8 g 的磷酸二氢钾, 搅拌至溶解, 再量取一定量无菌蒸馏水, 加入 10 g 胰蛋白酶, 搅拌至溶解, 将两溶液混合后定容至 1000 mL, pH 约为 7.4, 溶液用 0.22 μm 膜过滤除菌备用。

爆爆珠活菌计数: 称取蒸馏水冲洗后的爆爆珠, 分散于 40 mL 的肠液中, 37℃恒温水浴振荡, 处理 30 min 后进行活菌计数, 包埋率:

$$EE(\%) = (C_0 - C_1)/C_0 \times 100\%$$

式中, C_1 为所测稀释液中的活菌数(CFU/mL); C_0 为起始添加的活菌数(CFU/mL) [14]。

2.2.6. 爆爆珠贮藏期活菌数的测定

使益生菌爆爆珠果酱在 4℃ 条件下贮存 28 天, 在 0、7、14、28 天通过平板计数法, 分别测定其爆爆珠中植物乳植杆菌 LIP-1 的活菌数。

2.3. 感官评价方法

由 7 位具有食品感官评定资格的专业人士组成评分小组, 对果酱的口感、色泽、滋气味、杂质和组织形态 5 个方面进行感官评价, 感官评价指标见表 3。

Table 3. Sensory indicators

表 3. 感官指标

项目	评分标准		
口感 (30分)	20~30分 果酱口感细腻、爆爆珠爆破感、脆感适中	10~19分 果酱口感比较细腻、爆爆珠爆破感、脆感比较适中	0~9分 果酱口感不够细腻、爆爆珠爆破感、脆感不适
色泽 (20分)	16~20分 色泽鲜亮	8~15分 色泽比较暗沉	0~7分 色泽暗沉
滋味气味 (20分)	20~30分 酸甜适口、苹果香味浓郁	10~19分 比较酸甜适口、苹果香味比较浓郁	0~9分 酸甜失调、苹果香味比较淡
杂质 (15分)	10~15分 正常视觉下无可见杂质、无霉变	5~10分 正常视觉下有少量杂质、无霉变	0~5分 正常视觉下有明显杂质、无霉变
组织状态 (15分)	10~15分 果酱质地均匀绵密、爆爆珠弹软	5~10分 果酱质地比较均匀绵密、爆爆珠比较弹软	0~5分 果酱质地不均匀、有明显颗粒感、爆爆珠过硬或过软

3. 结果与分析

3.1. 果酱配方优化的单因素及正交试验

3.1.1. 单因素实验结果和分析

根据感官评价对果酱中的苹果种类复配比例, 对柠檬酸含量、总糖含量、白砂糖以及代糖比进行选择。

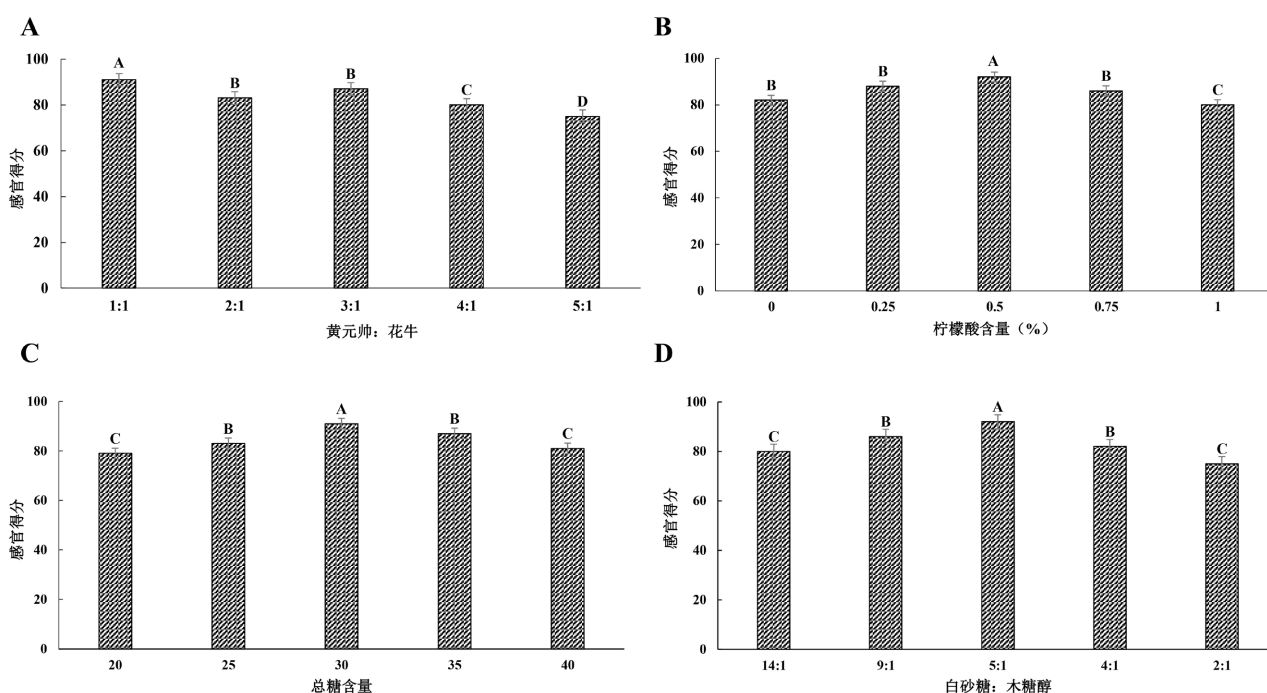
不同苹果品种的香气和酸甜度存在显著差异, 合理的复配比例能够显著提升果酱的综合感官品质。由图 1(A)可知, 在黄元帅苹果和花牛苹果比例 1:1 时感官评分最高, 此时的果酱呈金黄色, 色泽均匀, 有较浓郁的苹果清香, 口味酸甜适中, 细腻绵软, 酱体较稠。黄萍萍等的研究也发现, 不同品种苹果的复配比例显著影响果酱的香气和口感[9]。而在本实验中黄元帅苹果和花牛苹果比例超过 1:1 时, 苹果香气变淡, 颜色渐变浅, 口味甜, 酱体较稀, 感官评分下降。故选择黄元帅苹果和花牛苹果比例 1:1。

柠檬酸作为调酸剂, 不仅能够平衡果酱的酸甜比例, 还能增强香气和口感的层次感。由图 1(B)可知, 在柠檬酸含量 0.5% 时感官评分最高, 此时的果酱香气清新持久, 调整了酸甜比例, 甜而不腻, 酸度清爽, 细腻绵软, 酱体较稠。柠檬酸小于 0.5% 时甜味较腻, 大于 0.5% 时酸味呛人, 感官评分下降。故选择柠檬酸含量 0.5%。这一结果与郑华等人的研究一致, 其指出柠檬酸在 0.3%~0.5% 的范围内能够显著提升产品的综合感官得分[10]。

总糖含量直接影响果酱的甜味强度和质地浓稠度, 是果酱配方优化的重要指标。由图 1(C)可知, 在总糖含量 30% 时感官评分最高, 此时的果酱色泽自然, 具有浓郁的苹果清香, 口味立体, 层次丰富, 细腻绵软, 酱体较稠。总糖含量超过 30% 时, 甜味压过了酸味, 味道过腻, 小于 30% 时, 色泽变深且酸味厚重, 感官评分下降。故选择总糖含量 30%。张娜也得出了相似结果, 其研究表明 30% 糖分能够在提升

果酱风味的同时保持良好的质地稳定性[11]。

白砂糖提供传统甜味，而木糖醇的清爽甜味有助于减轻甜腻感。由图 1(D)可知，在白砂糖：木糖醇 5:1 时感官评分最高，此时的果酱甜味集中而不腻口，风味清新细腻，质地均匀，口感顺滑。此前李红涛的研究也表明，合理的糖醇复配比例能显著改善果酱的甜味强度和质地均匀性。而在本实验中，白砂糖：木糖醇低于 5:1 时甜味不明显且酸味加重，白砂糖：木糖醇高于 5:1 时甜味过腻且颗粒感较重，感官评分下降[12]。故选择白砂糖：木糖醇 5:1。



注：实验所有结果统计方法采用 SPSS 分析，图中大写字母为各实验组感官得分之间的显著性差异，所有实验都重复三次。(p < 0.05) (下同)。

Figure 1. Sensory scores of jam with different ratios of (A) Huangmarshal to Wagyu, (B) citric acid content, (C) total sugar content, and (D) sugar to xylitol ratio

图 1. 黄元帅与花牛比例 (A)、柠檬酸含量 (B)、总糖含量 (C)和白砂糖与木糖醇 (D)的果酱感官得分

3.1.2. 正交因素实验结果和分析

在单因素实验的基础上，通过正交实验设计对果酱的加工工艺进行了优化。通过结果分析可以得出(表 4)，四种因素对果酱感官质量的影响大小为： $R(\text{柠檬酸添加量}) > R(\text{白砂糖:木糖醇}) > R(\text{黄元帅:花牛}) > R(\text{总糖含量})$ 。确定活菌爆爆珠轻甜果酱最佳加工工艺条件为：黄元帅:花牛比例的最佳添加量为 1:1，总糖含量 30%，白砂糖:木糖醇比例的最佳添加量为 5:1，柠檬酸添加量为 0.5%。在此条件下制作出的活菌爆爆珠轻甜果酱感官得分 93，其色泽鲜亮，质地均匀，果酱口感细腻绵密，酸甜适口、苹果香味浓郁。

接下来，本研究对海藻酸钠包埋过程中，海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对益生菌包埋率及爆爆珠凝胶强度和弹性的影响进行了分析。

3.2. 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对益生菌包埋率及爆爆珠凝胶强度和弹性的影响

3.2.1. 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对包埋率的影响

1) 海藻酸钠浓度对包埋率的影响

Table 4. Orthogonal experimental results and analysis
表 4. 正交实验结果与分析

序号	A (黄元帅:花牛)	B (总糖含量)	C (白砂糖:木糖醇)	D (柠檬酸添加量)	感官评价得分
1	1 (1:1)	1 (25%)	1 (4:1)	1 (0.25%)	80
2	1 (1:1)	2 (30%)	2 (5:1)	2 (0.5%)	93
3	1 (1:1)	3 (35%)	3 (9:1)	3 (0.75%)	82
4	2 (2:1)	1 (25%)	2 (5:1)	3 (0.75%)	79
5	2 (2:1)	2 (30%)	3 (9:1)	1 (0.25%)	84
6	2 (2:1)	3 (35%)	1 (4:1)	2 (0.5%)	83
7	3 (3:1)	1 (25%)	3 (9:1)	2 (0.5%)	88
8	3 (3:1)	2 (30%)	1 (4:1)	3 (0.75%)	81
9	3 (3:1)	3 (35%)	2 (5:1)	1 (0.25%)	85
K1	255	247	244	249	.
K2	246	258	257	264	
K3	254	250	254	242	
k1	85.00	82.33	81.33	83	
k2	82.00	86.00	85.67	88	
k3	84.67	83.33	84.67	80.67	
R	3.00	2.70	4.34	7.33	

由表 5 可知,海藻酸钠浓度对植物乳植杆菌 LIP-1 的包埋率及活菌数都有较大影响。随着海藻酸钠浓度的增大,活菌数和包埋率呈现先增后减趋势;当海藻酸钠的浓度为 4%时,活菌数及包埋率均达到最大值($92.23\% \pm 0.02\%$)。而当浓度大于 4%时,活菌数减少,包埋率也相应降低。分析其原因,在浓度低于 4%时,凝胶强度不足,无法形成爆爆珠,因此益生菌包埋效率较低;而高于 4%时,溶液粘度增加和机械压力对细胞的损伤等因素限制了益生菌的生存[13]。

Table 5. Effect of sodium alginate concentration on embedding rate
表 5. 海藻酸钠浓度对包埋率的影响

海藻酸钠浓度(%)	包埋率(%)	活菌数($\times 10^8$ CFU/mL)
2	75.91 ± 0.03^d	3.92
3	83.34 ± 0.05^c	4.30
4	92.23 ± 0.02^a	4.76
5	87.56 ± 0.03^b	4.52

字母不同表示组间差异显著($P < 0.05$)。

2) 氯化钙浓度对包埋率的影响

选取海藻酸钠浓度为 4%,在其它条件不变的情况下,探究不同浓度氯化钙对植物乳植杆菌 LIP-1 包埋率的影响,结果见表 6。由表 6 可知,氯化钙浓度对植物乳植杆菌 LIP-1 的包埋也存在较大的影响。当氯化钙浓度为 3%时,益生菌爆爆珠包埋率可达 $95.30\% \pm 0.02\%$ 。当氯化钙浓度较低或过高时,均无法提高微胶囊的包埋率。这是由于海藻酸钠中的 Na^+ 没有被适量的 Ca^{2+} 取代,导致凝胶珠内部的网状结构分

布不均, 进而影响了爆爆珠的包埋率和活菌数[14] [15]。

Table 6. Effect of calcium chloride concentration on embedding efficiency
表 6. 氯化钙浓度对包埋率的影响

CaCl ₂ (%)	包埋率(%)	活菌数($\times 10^8$ CFU/mL)
2	73.81 \pm 0.07 ^d	3.81
3	95.30 \pm 0.02 ^a	4.92
4	92.23 \pm 0.05 ^b	4.76
5	78.02 \pm 0.04 ^c	4.03

字母不同表示组间差异显著($P < 0.05$)。

3.2.2. 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对爆爆珠凝胶强度和弹性的影响

本研究还探讨了不同浓度的海藻酸钠和氯化钙对爆爆珠凝胶强度和弹性的影响, 结果见图 2。由图 2(A)和图 2(B)可知, 海藻酸钠浓度和氯化钙浓度对爆爆珠凝胶强度和弹性均有较大影响。通过质构仪测得, 随着氯化钙和海藻酸钠浓度变化, 爆爆珠凝胶强度和弹性发生变化。经正交试验确定当海藻酸钠浓度为 4%时, 爆爆珠为无色透明, 外层胶体厚薄适中, 胶层紧密, 弹韧性好; 当氯化钙浓度为 3%时爆爆珠为无色透明, 外层胶体厚薄适中, 胶层紧密, 弹韧性好。综上所述, 结合均质仪测定结果即外观评价, 选定海藻酸钠浓度为 4%, 氯化钙浓度为 3%, 此时爆爆珠无色透明, 胶体弹韧性好, 薄厚、胶层适中, 达到软硬适中、一咬即破之感。

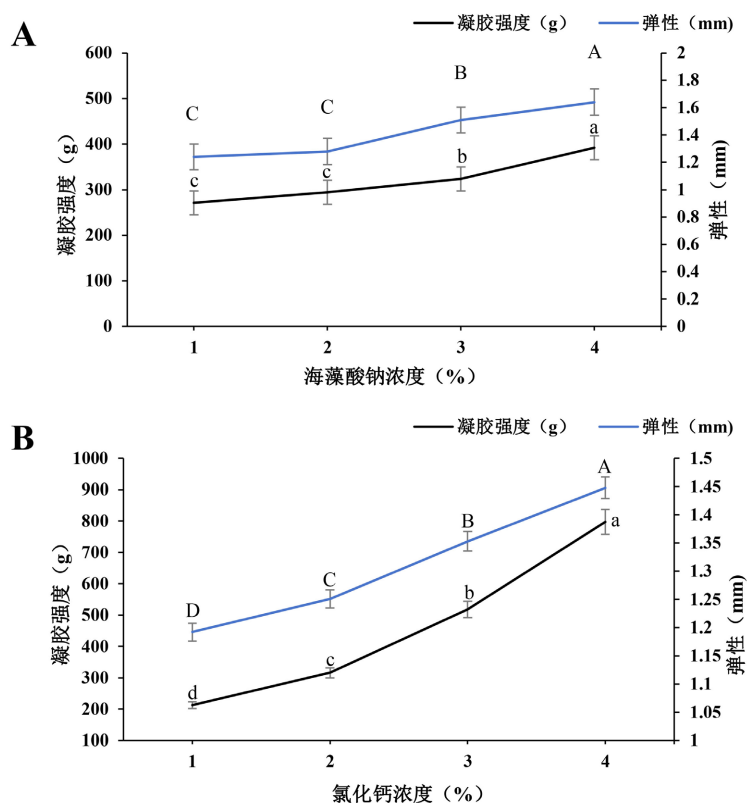


Figure 2. Effects of different concentrations of sodium alginate (A) and calcium chloride (B) on the strength and elasticity of gel of explosive bead

图 2. 不同海藻酸钠浓度 (A)和不同氯化钙浓度 (B)对爆爆珠凝胶强度和弹性的影响

3.3. 爆爆珠最适添加量及活菌数测定

3.3.1. 爆爆珠最适添加量

如图 3 所示, 当爆爆珠的添加量为 15 g/100g 时, 感官评分达到最高值。此时, 食品的整体口感更为饱满, 爆爆珠的清爽感与食品的基础风味达到了最佳平衡, 增加了食用的趣味性和层次感。相比之下, 添加量小于 15 g/100g 时(如 5 g 或 10 g), 感官评分较低, 主要由于爆爆珠的存在感不足, 难以在口感上提供显著的差异化体验。当添加量超过 15 g/100g 时, 感官评分也出现下降趋势。这可能是由于过量添加导致食品质地变得不均匀, 爆爆珠的存在感过强, 掩盖了食品本身的风味, 甚至可能增加了不必要的咀嚼负担。

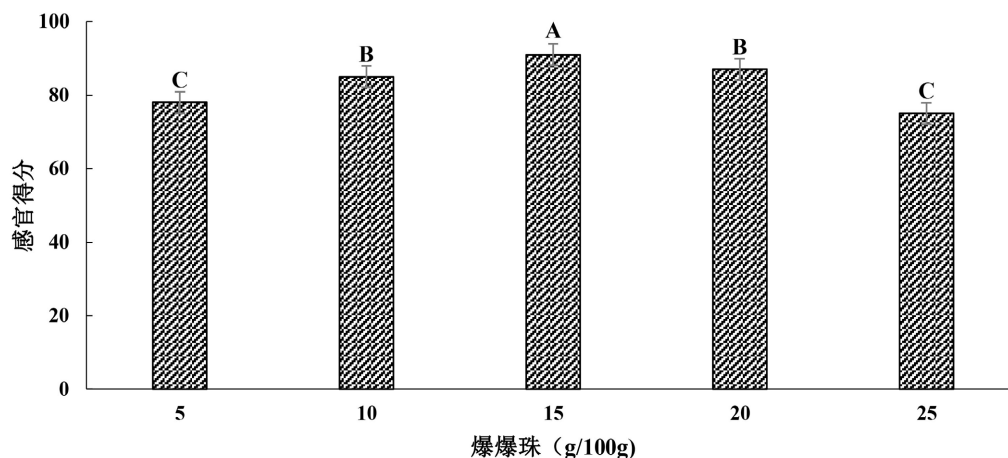


Figure 3. Sensory score for the amount of explosive beads added in jam

图 3. 果酱中爆爆珠添加量感官得分

综合分析, 本研究结果表明爆爆珠的最佳添加量为 15 g/100g。该添加量下能够在不破坏食品原有风味的基础上, 提升整体感官品质。

3.3.2. 益生菌爆爆珠贮藏期活菌数的测定

如图 4, 随着贮藏天数的增加, 活菌数随之减少, 但在 4℃贮藏 28 天时活菌数仍保持在 3.9×10^8 CFU/mL。观察可得 0~14 天, 活菌数高且较为稳定, 因此, 推荐产品于半个月之内(即 0~14 天)食用最佳。

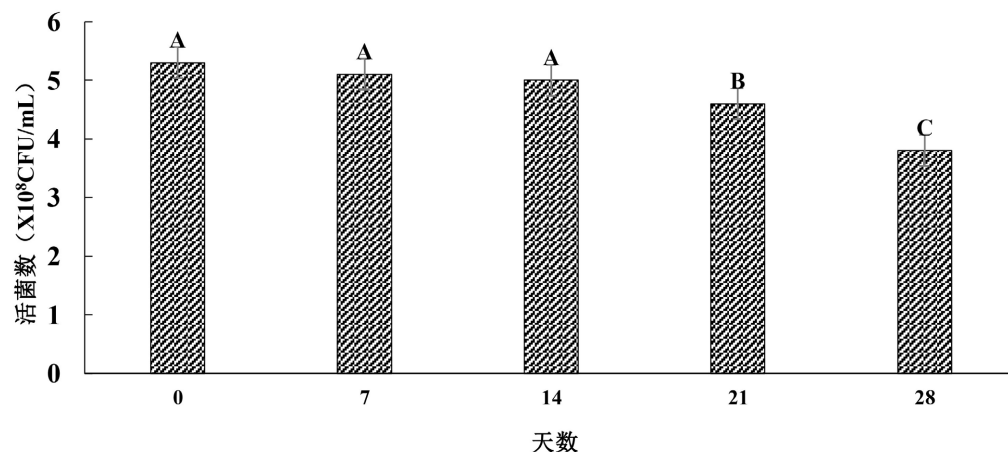


Figure 4. Changes in the number of viable bacteria stored at 4°C over time

图 4. 4℃贮藏活菌数随天数的变化情况

4. 结论

本研究成功研制出一种益生菌高活菌爆珠轻甜苹果酱,具备高营养价值与市场潜力。具体结论如下:苹果最佳配比为黄元帅与花牛苹果的比例为 1:1,总糖含量为 30%,白砂糖与木糖醇的最佳添加比为 5:1,柠檬酸的添加量为 0.5%。该配方制成的果酱在色泽、香气及口感上均表现优异,酸甜适口。爆爆珠最终配比:结合均质仪测定结果与外观评价,确定海藻酸钠的最佳浓度为 4%,氯化钙的最佳浓度为 3%。在此条件下,制得的爆爆珠无色透明,胶体弹韧性良好,胶层厚度适中,具备一咬即破的理想口感。高活菌数益生菌爆爆珠在果酱中的最佳添加量为 15 g/100g。在 4℃贮藏 28 天时,活菌数仍保持在 3.9×10^8 CFU/mL,且在 0~14 天内活菌数稳定,建议产品在此期间内(即 0~14 天)食用,以获得最佳的感官体验。本试验研制的益生菌高活菌爆爆珠轻甜果酱,不仅风味独特、营养丰富,还能有效促进肠胃蠕动,实现健康养生的功效。该产品的研发提升了水果的利用率和附加值,为水果果酱的加工制作及益生菌制品的深入开发提供了新的思路,展现了良好的市场前景。

基金项目

内蒙古自治区大学生创业计划项目 202410129034。

参考文献

- [1] 田永涛,刘焰,滕宇,等.比较代谢组学解析三种中国东北苹果代谢物特征[J].食品科学,2025,46(5):194-207.
- [2] 付文中.苹果的健康益处面面观[J].中国食品,2021(7):130-133.
- [3] 李泰,程广燕,黄家章,等.苹果和柑桔损耗与浪费的综合足迹评估[J].中国生态农业学报(中英文),2021,29(4):683-690.
- [4] 赵思佳,高畅,于泽,等.低糖果酱的研究进展[J].食品工业,2019,40(12):264-267.
- [5] 王立娜.我国益生菌产业发展动态研究进展[J].食品安全导刊,2023(12):175-177.
- [6] 唐雪文,梁志强,刘丽波,等.益生菌微胶囊技术及其在乳制品中的应用[J].乳品与人类,2023,12(2):12-18.
- [7] 陈臣,张晓丛,袁海彬,等.益生菌包埋前沿技术及其研究进展[J].中国食品学报,2023,2(1):384-396.
- [8] 常诗晗,武俊瑞,李紫晶,等.复合海藻酸钠益生菌微胶囊研究进展[J].食品工业技,2024,45(3):372-377.
- [9] 黄萍萍,李林,李华敏,等.苹果果酱传统制作工艺对其 VC 含量和感官品质的影响[J].中国调味品,2018,43(8):10-13.
- [10] 郑华.柠檬酸的生产工艺及在食品中的应用[J].农村新技术,2010(11):26-27.
- [11] 张娜.低糖果酱加工中问题研究[J].食品安全导刊,2020(9):139.
- [12] 李红涛.木糖醇低糖柿子果酱生产工艺研究[J].农产品加工:下,2014(12):26-29.
- [13] 李超敏,韩梅,张良,等.细胞固定化技术——海藻酸钠包埋法的研究进展[J].安徽农业科学,2006,34(7):1281-1282,1284.
- [14] 杨小叶,马淑凤,王利强.海藻酸钠基凝胶球的制备、改性及其食品包装的应用研究进展[J].食品工业科技,2023,44(24):376-383.
- [15] 张孟雪,蔡为荣.双歧杆菌微胶囊的制备及其稳定性研究[J].安徽工程大学学报,2019,34(4):13-18.