

枸杞原浆低氧打浆联合不同杀菌技术的比较分析

张丽娟¹, 邹波^{1*}, 肖更生^{1,2}, 徐玉娟¹, 余元善¹, 吴继军¹, 温靖¹, 李璐¹

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610) (2. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510631)

摘要: 以枸杞为研究对象, 进行常规打浆和低氧打浆, 打浆后再进行超高压和热处理, 比较常规打浆与低氧打浆以及不同打浆联合杀菌方式对枸杞原浆品质的影响及4℃贮藏期间各指标变化。结果显示, 低氧打浆后, 果浆a值、b值分别提高了38.94%和16.76%, 总酚含量提高了4.62%, ABTS⁺清除能力提高了38.2%, 铁还原能力(FRAP)提高了8.35%, 说明低氧打浆处理能更好的保护枸杞原浆颜色、总酚和抗氧化活性。低氧打浆联合杀菌处理组枸杞原浆的a值b值均显著高于常规打浆联合杀菌处理组, 说明低氧打浆后再杀菌能更好的保护枸杞原浆颜色; 贮藏期间, 四种杀菌处理的a值、b值均呈现下降趋势, 低氧打浆联合超高压处理组a值、b值始终高于其它三组, 说明贮藏期间低氧打浆联合超高压处理对果浆色泽的保护效果最佳; 贮藏期结束时, 低氧打浆联合超高压处理组总酚含量为279.40 mg GAE/kg, ABTS⁺为5.76 mmol Trolox/kg, FRAP为15.87 mmol Trolox/kg, 均优于其它三组。综上, 低氧打浆联合超高压处理更具优势, 可作为一种新型枸杞原浆加工技术。

关键词: 低氧打浆; 枸杞原浆; 杀菌技术; 贮藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2022)11-158-165

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.11.0035

Comparative Analysis of *Lycium barbarum* Pulp Sterilization Using Combinations of Low-oxygen Beating and Other Techniques

ZHANG Lijuan¹, ZOU Bo^{1*}, XIAO Gengsheng^{1,2}, XU Yujuan¹, YU Yuanshan¹, WU Jijun¹, WEN Jing¹, LI Lu¹
(1. Sericultural & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China) (2. Institute of Light Industry Food, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510631, China)

Abstract: *Lycium barbarum* was sterilized by conventional beating and low-oxygen beating and then treated with high hydrostatic pressure and heat. The effects of conventional beating, low-oxygen beating, and different combinations of sterilization methods on the quality of *L. barbarum* pulp and the changes in various indexes during storage at 4 °C were compared. After low-oxygen beating, the a and b values of the pulp increased by 38.94% and 16.76%, respectively; the total phenolics content increased by 4.62%, the ABTS⁺ scavenging ability increased by 38.2%, and the iron reduction ability (FRAP) increased by 8.35%, indicating that low-oxygen beating can better protect the color, total phenolics content, and antioxidant activity of *L. barbarum* pulp. The a and b values of *L. barbarum* pulp in the low-oxygen beating combined with sterilization treatment group were significantly higher than those of pulp in the conventional beating combined with sterilization treatment group, indicating that low-oxygen beating followed by sterilization can better protect the color of *L. barbarum* pulp. During storage, the a and b values for the four sterilization treatments showed a downward trend; however, the values for low-oxygen beating combined with high hydrostatic pressure treatment

引文格式:

张丽娟, 邹波, 肖更生, 等. 枸杞原浆低氧打浆联合不同杀菌技术的比较分析[J]. 现代食品科技, 2022, 38(11): 158-165

ZHANG Lijuan, ZOU Bo, XIAO Gengsheng, et al. Comparative analysis of *Lycium barbarum* pulp sterilization using combinations of low-oxygen beating and other techniques [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(11): 158-165

收稿日期: 2022-01-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1002300); 广东省农业科学院“十四五”农业优势产业学科团队(202109TD)

作者简介: 张丽娟(1996-), 女, 硕士, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: LY120208@126.com

通讯作者: 邹波(1986-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: skzoubo@163.com

were always higher than those for the other three groups, indicating that this treatment had the best protective effect on the color of fruit pulp during storage. At the end of the storage period, the total phenolics content of the low-oxygen beating combined with high hydrostatic pressure treatment group was 279.40 mg GAE/kg, the ABTS⁺-value was 5.76 mmol Trolox/kg, and the FRAP value was 15.87 mmol Trolox/kg, which was higher than those of the other three groups. In summary, low-oxygen beating combined with high hydrostatic pressure treatment is more advantageous and can be used as a new type of *L. barbarum* pulp processing technology.

Key words: low-oxygen beating; *Lycium barbarum* pulp; sterilization technology; storage; quality

枸杞 (*Lycium barbarum* L.) 又名枸杞子、杞子、枸牙子, 属于茄科茄亚科枸杞族枸杞属植物, 主要分布于我国宁夏、新疆、甘肃、青海、内蒙古等地, 是我国重要的经济作物之一^[1]。枸杞作为一种传统的中草药和具功能性的食品, 是一种重要的药食同源果实, 具有重要的保健价值^[2]。枸杞富含多酚, 类胡萝卜素, 多糖等活性成分^[3,4], 具有抗氧化、抗肿瘤、调节免疫力的作用^[5-7]。枸杞鲜果为浆果, 含有较多的水分和糖分, 极易发生霉变^[8], 目前枸杞的加工方式主要以干制为主, 附加值较低, 且加工过程中易发生二次污染, 损害产品质量^[9]。近年来随着喜茶等新式茶饮的快速崛起, 市场对营养丰富、品质优良的水果原汁原浆需求日益增强。将枸杞加工成枸杞原浆, 不仅可以大批量处理鲜果, 还能很好的保留枸杞的营养成分, 枸杞原浆既可以作为终端商品, 也可以作为中间原料加工成果汁、或添加到新式茶饮中, 是枸杞深加工的一条新型途径, 有着巨大的市场潜力。

水果原浆在加工和贮藏过程中, 氧气的存在会引起产品营养成分损失、颜色褐变、风味劣变等^[10]。常规打浆会使原浆与空气中的氧气直接接触, 使其发生酶促褐变, 打浆过程中大量氧气溶解在原浆中成为溶解氧^[11]。唐静静等^[12]发现在贮藏期间溶解氧会使果汁中的抗坏血酸氧化降解。Paepe 等^[13]研究发现, 在低氧条件下压榨的梨汁多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO) 活性降低、果汁品质大幅度提高, 高虹等^[14]在液氮中压榨荔枝发现, 荔枝汁中 PPO 活性也显著降低。为了降低氧气对果浆品质的不利影响, 本研究对枸杞在低氧环境 (氮气环境) 中进行打浆, 同时对比热杀菌和超高压杀菌对原浆品质的影响, 旨在开发出一条安全营养的果汁非热加工技术, 为果汁的生产提供一个新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

枸杞鲜果: 采摘于宁夏固原市。

平板计数培养基、孟加拉红培养基, 广东环凯

微生物科技有限公司生产; 乙醇、磷酸氢二铵、磷酸二氢铵、铁氰化钾、三氯乙酸、三氯化铁、无水碳酸钠、没食子酸、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐 (ABTS)、过硫酸钾、维生素 E 衍生物 (Trolox)、福林酚 (Folin-Ciocalteu) 试剂等均属于分析纯药品, 其中乙醇、磷酸氢二铵、磷酸二氢铵、没食子酸、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐 (ABTS)、维生素 E 衍生物 (Trolox)、福林酚 (Folin-Ciocalteu), 天津市科密欧化试剂有限公司; 三氯乙酸, 福晨化学试剂有限公司; 三氯化铁、无水碳酸钠, 广东广试试剂科技有限公司。

1.2 仪器与设备

SHPP-57DZM-600 超高压设备, 山西三水河科技股份有限公司; H-200-BIA03 榨汁机, 惠人; 立式压力蒸汽灭菌器, 上海博讯实业有限医疗设备厂; SPX-250B-Z 生化培养箱, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; SW-CJ-2FD 无菌操作台, 苏净集团苏州安康空气技术有限公司; UV-1800 紫外可见分光光度计, 日本岛津公司; JW-1042 型离心机, 安徽嘉文仪器装备有限公司; HWS-24 电热恒温水浴锅, 上海一恒科学仪器有限公司; UltraScan VIS 全自动色差仪, 美国 HunterLab 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 枸杞原浆的制备

采摘的枸杞鲜果清洗后保存于 -20 °C, 解冻后用两种方式进行打浆处理:

常规打浆: 枸杞解冻后直接放入榨汁机中打浆, 罐装后进行超高压和热处理;

低氧打浆: 自行设计的低氧打浆机工作原理如图 1 所示。枸杞解冻后通过进料口放入打浆机中, 封闭进料口, 关闭氮气管阀门, 出料口连接真空抽气机, 打开出料口阀门后开真空抽气机抽真空, 然后关闭出料口阀门, 打开氮气管阀门充入氮气, 关闭该阀门, 继续抽真空, 抽真空与充氮气重复三次, 排出打浆机腔内空气, 然后打浆, 放料时打开氮气管, 持续充氮气。装瓶前事先将瓶中充入氮气。果

浆装瓶后密封, 进行超高压和热处理。

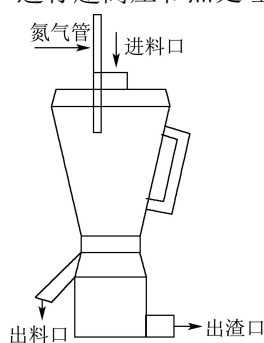


图1 低氧打浆机结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of the structure of low oxygen beater

本实验共有四种杀菌处理: 常规打浆联合热处理 (Conventional Beating Combined With Heat Treatment, CB+HT); 常规打浆联合超高压处理 (Conventional Beating Combined with High Hydrostatic Pressure, CB+HHP); 低氧打浆联合热处理 (Low-oxygen Beating Combined with Heat Treatment, LB+HT); 低氧打浆联合超高压处理 (Low-oxygen Beating Combined with High Hydrostatic Pressure, LB+HHP)。枸杞原浆最优杀菌工艺参数为: HHP 处理条件为 500 MPa 处理 5 min; HT 条件为 90 °C 处理 15 min。四种杀菌处理后的样品储存于 4 °C 冷库, 每 7 d 测一次指标, 以菌落总数、色泽、类胡萝卜素、总酚、抗氧化等为标准判断贮藏期间的品质变化。

1.3.2 微生物的测定

菌落总数、酵母菌和霉菌均采用食品安全国家标准进行测定^[15,16]。

1.3.3 pH 值、总酸 (TA)、和可溶性固形物 (TSS) 的测定

pH 值采用 pH 计直接测定, TA 采用 GB/T 12456-2008 的方法测定^[17], TSS 采用数字阿贝折射仪测定。

1.3.4 色泽测定

用 UltraScan VIS 型全自动色差仪 (反射模式) 测定枸杞原浆的 L 值 (亮度)、 a 值 (红色) 和 b 值 (黄色), 并计算总色差 ΔE , 公式如下:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

式中:

L_0 、 a_0 和 b_0 是低氧打浆未杀菌处理枸杞原浆的对照值。

1.3.5 总类胡萝卜素测定

参考赵凤等^[18]的方法, 并略作修改。取枸杞原浆 5 g, 加入 10 mL 丙酮, 超声处理 15 min, 5 000 r/min

离心 5 min, 合并上清后加入等体积的石油醚萃取, 分层后放出水相, 有机相脱水后, 用真空旋转蒸发器旋蒸至几乎无有机相残留, 旋蒸后用正己烷溶解定容至 50 mL, 450 nm 处测定吸光值处测定吸光值 (全程避光)。计算公式如下:

$$M = AV \times 20$$

式中:

M ——类胡萝卜素含量, mg/100 mL;

A ——样品吸光值;

V ——样品体积 (100 mL);

20——换算系数。

1.3.6 总酚含量测定

总酚测定采用分光光度法, 具体参照文献^[19]。

1.3.7 ABTS⁺清除能力

枸杞原浆 ABTS⁺的清除率测定方法见文献^[20]。

1.3.8 铁离子还原能力 (FRAP)

参考 Benzie 等^[21]的测定方法, 略作修改。取 1 mL 适当稀释后的总酚提取液, 加入 0.2 mL 0.2 mol/L 磷酸盐缓冲液 (pH 值 6.6) 和 1.5 mL 0.3wt% 铁氰化钾, 混合后 50 °C 孵育 20 min 后迅速冷却至室温, 混合物中加入 1 mL 体积分数 10% 的三氯化乙酸, 混匀后 3 000 r/min 离心 10 min, 取上清液 2 mL 加入 0.5 mL 0.3wt% 三氯化铁溶液混匀, 再加 3 mL 纯水, 摇匀, 测定波长 700 nm 处的吸光度。以 Trolox 为标准品, 样品的铁还原能力用 Trolox 的当量来表示 (mmol Trolox/kg)。

1.3.9 黏度测定

枸杞原浆表观黏度用 DHR-2 型流变仪测定, 具体方法见文献^[22]。

1.3.10 数据分析

每个处理 3 个平行, 结果由平均数±方差表示。用 Origin 9.0 软件绘图, 采用 SPSS 软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 低氧打浆对枸杞原浆品质的影响

由表 1 可知, 常规打浆制备的枸杞原浆 pH、TSS、可滴定酸分别为 5.09、15.83 °Brix、1.13%。低氧打浆后这三项指标均无显著变化 ($p > 0.05$); 与常规打浆相比, 低氧打浆处理后枸杞原浆的 L 值降低, a 值提高了 38.94%, b 值提高了 16.76%, 说明低氧打浆后枸杞原浆颜色亮度降低, 红色、黄色加深, 其色度更接近于新鲜枸杞, 表明低氧打浆能够更好的保护枸杞原浆的颜色, 低氧打浆与常规打浆 ΔE 值

大于2,说明两者已具有视觉上的颜色差别;低氧打浆后,枸杞原浆的总类胡萝卜素含量无显著性变化($p>0.05$),总酚含量增加了31.31 mg GAE/kg、ABTS⁺清除能力提高了2.06 mmol Trolox/kg、铁还原能力提高了0.03 mmol Trolox/kg,说明低氧打浆处理能更好的保护枸杞原浆的总酚含量和抗氧化活性。由图2可知,低氧打浆处理后枸杞原浆黏度明显增加,可能是低氧环境抑制了枸杞原浆中果胶酶活性,使得低氧打浆的枸杞原浆果胶含量较高,黏度增加。

表1 低氧打浆对枸杞原浆品质的影响

Table 1 Effect of low-oxygen beating on the quality of

Lycium barbarum pulp

| 指标 | CB | LB |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| pH | 5.11±0.0 ^a | 5.09±0.0 ^a |
| TSS | 15.67±0.04 ^a | 15.83±0.03 ^a |
| 可滴定酸/% | 1.19±0.03 ^a | 1.13±0.04 ^a |
| <i>L</i> | 38.30±1.22 ^a | 19.21±1.20 ^b |
| <i>a</i> | 11.35±1.12 ^b | 15.77±1.01 ^a |
| <i>b</i> | 7.52±0.51 ^b | 8.78±0.82 ^a |
| ΔE | 19.39 | 0 |
| 总类胡萝卜素/(mg/100 g) | 35.02±0.52 ^a | 37.07±0.41 ^a |
| 总酚/(mg GAE/kg) | 670.36±35.43 ^b | 701.67±45.80 ^a |
| ABTS ⁺ ·/(mmol Trolox/kg) | 5.34±0.13 ^b | 7.38±0.26 ^a |
| FRAP/(mmol Trolox/kg) | 0.36±0.004 ^b | 0.39±0.005 ^a |

注:同行中不同字母的值表示有显著性差异($p<0.05$),

其中CB为常规打浆;LB为低氧打浆。

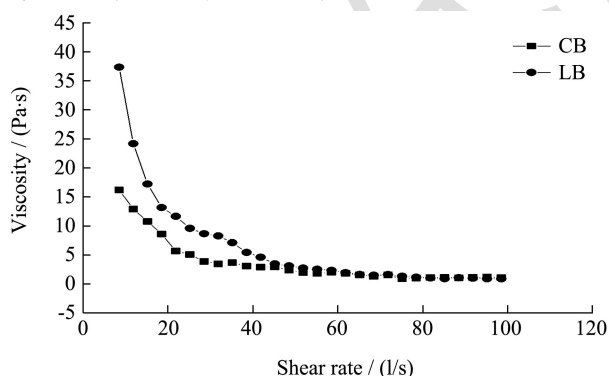


图2 低氧打浆对枸杞原浆黏度的影响

Fig.2 Effect of low-oxygen beating on viscosity of *Lycium barbarum* pulp

2.2 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间菌落总数变化

未杀菌枸杞原浆菌落总数为 3.27×10^4 CFU/g,说明新鲜枸杞原浆中具有较高的微生物安全风险。为

保证枸杞原浆的安全性,对不同打浆处理后枸杞原浆进行了HPP和HT杀菌处理。经HPP和HT后,菌落总数、酵母菌、霉菌均未检出,与Liang等^[23]的研究结果相一致,表明超高压和热杀菌均能有效杀灭枸杞原浆中的微生物,保证其安全。枸杞原浆贮藏期间菌落总数变化如图3所示,随着贮藏时间的增长,四种不同杀菌处理的枸杞原浆菌落总数均呈现上升趋势,且超高压组更明显,贮藏期结束时,四种不同杀菌处理的枸杞原浆菌落总数均低于100 CFU/g,符合国家标准,说明枸杞原浆在500 MPa处理5 min的杀菌能力与90 °C处理15 min的杀菌能力相当。贮藏期菌落总数的增加可能来自处理后残留微生物的生长繁殖,也可能是HPP或HT灭菌引起的亚致死微生物的恢复繁殖^[24]。

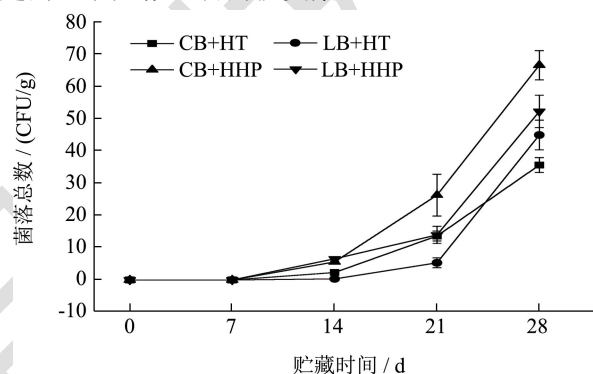


图3 不同处理枸杞原浆贮藏期间菌落总数变化

Fig.3 Changes of total number of *Lycium barbarum* pulp during storage under different treatments

2.3 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间色泽变化

色泽是评价产品质量的重要指标。杀菌处理后, LB+HT和LB+HHP组*a*值、*b*值均高于CB+HT、CB+HHP,说明低氧打浆处理后再杀菌,能够使枸杞原浆颜色红度,黄度更深,更接近于枸杞鲜果的颜色。与常规打浆对照组相比, LB+HHP处理对枸杞原浆*L*、*a*、*b*值无显著影响,而LB+HT处理组*L*值降低了35.24%、*a*值降低了49.05%,说明HT对枸杞原浆颜色的影响要大于HPP处理,这一结果赵凤等^[18]的研究结果相一致。

枸杞原浆贮藏期间*L*、*a*、*b*值变化如图4所示,四种不同杀菌处理的*L*值呈上升趋势,且CB+HT、CB+HHP始终高于LB+HT、LB+HHP,说明在贮藏期间枸杞原浆亮度整体下降, CB+HT、CB+HHP能更好的保持果浆的亮度; *a*值、*b*值呈下降趋势,但LB+HHP和LB+HT均高于CB+HHP和CB+HT,说

明在贮藏期间,果浆的红度,黄度均有所降低,而LB+HHP、LB+HT组能更好的保持枸杞原浆的红度与黄度,且LB+HHP对枸杞原浆色泽的保护效果最佳。枸杞原浆贮藏期间的颜色变化可能与枸杞汁中总类胡萝卜素含量的下降有关,迟淼等发现橙汁中总类胡萝卜素的含量与 a 和 b 值呈正相关^[25]。

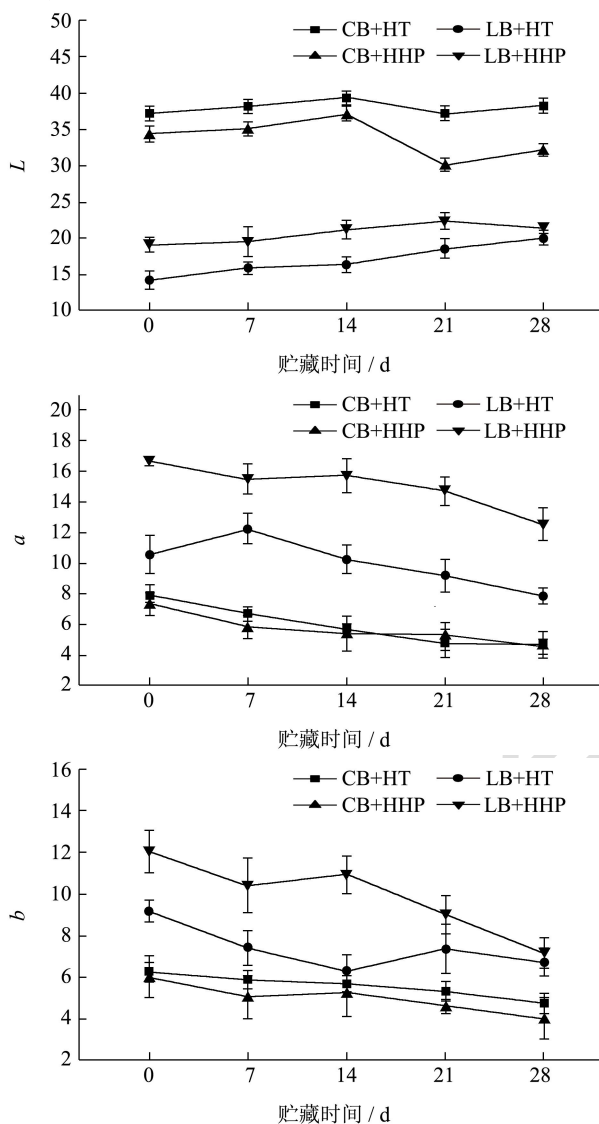


图4 不同处理下枸杞原浆贮藏过程中颜色参数的变化

Fig.4 Changes of color parameters of *Lycium barbarum* pulp during storage under different treatments

2.4 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间总类胡萝卜素变化

枸杞原浆不同打浆处理后再杀菌发现, CB+HT组类胡萝卜素含量降低了9.28%,其它处理总类胡萝卜素含量无显著性差异($p>0.05$),蒋兵等^[26]也发现热处理胡萝卜汁中的类胡萝卜素含量有所下降,这是因为枸杞原浆中含有多个不饱和双键结构的类

胡萝卜素,具有热不稳定性,高温会导致类胡萝卜素降解,使其含量降低,而LB+HT无明显变化可能是低氧环境保护了该类胡萝卜素。由图5可知,在整个贮藏期间,四种不同杀菌处理中的总类胡萝卜素含量均呈现下降的趋势,在贮藏期结束时四组杀菌处理总类胡萝卜素含量相当,而赵凤等^[18]发现枸杞汁在贮藏结束时超高压处理类胡萝卜素含量高于热处理组,Zulueta等^[27]也发现贮藏期间超高压处理能更好地保留对橙汁-牛奶饮料类胡萝卜素含量,与本研究结果不一致,可能是果浆体系更复杂,导致HHP处理组总类胡萝卜素在贮藏后期降解较快。

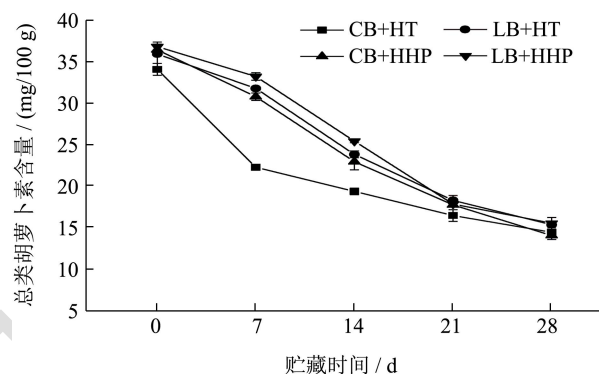


图5 不同处理枸杞原浆贮藏期间总类胡萝卜素含量变化

Fig.5 Changes of total carotenoid content in *Lycium barbarum* pulp with different treatments during storage

2.5 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间总酚变化

不同杀菌处理贮藏期间总酚含量变化如图6所示,无论是常规打浆还是低氧打浆,HHP对枸杞原浆总酚含量的保留效果优于HT,这与果蔬泥、石榴汁中的发现相一致^[28,29],朱金艳等^[30]也发现热处理对蓝莓汁中多酚含量影响远大于超高压处理,这是由于酚类物质具有热不稳定性,受热会使部分酚类物质降解,而HHP不会破坏共价键,因此HHP处理组对总酚含量更高^[31]。四种杀菌处理后,枸杞果浆总酚含量大小依次为LB+HHP>CB+HHP>LB+HT>CB+HT,说明低氧打浆联合杀菌处理能更好的保留枸杞原浆中的总酚含量。

四种不同杀菌处理下的果浆总酚含量在贮藏过程中均呈下降趋势,贮藏末期,无论是常规打浆还是低氧打浆,HHP组总酚含量均高于HT组,蒲莹等发现在贮藏期间,超高压处理的黑果枸杞汁总酚含量高于热处理组^[32],与本研究结果一致,DEREK等^[33]也发现超高压处理的水果冰沙在储存过程中的总酚含量高于热处理组。贮藏期结束时, LB+HHP

组总酚含量最高，其次为 LB+HT，CB+HT 和 CB+HHP，CB+HT 和 CB+HHP 组总酚含量较低，可能是由于酚类物质属于抗氧化成分，在酶的作用下形成邻二酚化合物，而果浆中的溶解氧在贮藏期间会形成氧自由基，邻二酚化合物进一步被氧自由基氧化成醌类物质，使其降解，低氧条件可以降低枸杞原浆中的溶解氧，从而抑制酚类物质的氧化降解。

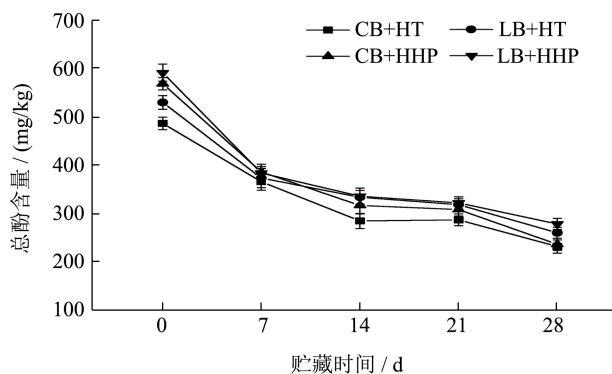


图 6 不同处理枸杞原浆贮藏期间总酚含量变化

Fig.6 Changes of total phenolics in *Lycium barbarum* pulp during storage

2.6 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间抗氧化活性变化

本研究选用 ABTS⁺和铁还原能力 (FRAP) 两种方法来评价不同处理对枸杞原浆的抗氧化活性的影响。四种杀菌处理后，枸杞原浆 ABTS⁺清除能力显著提高，可能是高压高温引起样品的组织结构发生变化，促使抗氧化成分更多地释放到胞外环境中^[34]，且 LB+HT 组 ABTS⁺清除能力优于 CB+HT 组；枸杞原浆中铁还原能力 LB+HHP 组优于 CB+HHP，LB+HHP 优于 CB+HHP，说明低氧打浆联合杀菌处理能更好的保持枸杞原浆的抗氧化活性。无论是常规打浆还是低氧打浆，对枸杞原浆中抗氧化活性的保护 HHP 组均优于 HT 组，浦莹等^[32]也发现在黑果枸杞汁中，热处理对铁还原能力影响更大，与本文研究结果一致。图 7 为不同杀菌处理在贮藏期间的 ABTS⁺清除能力和铁还原能力的变化。如图 7 所示，四种杀菌处理的 ABTS⁺清除能力和铁还原能力均随着贮藏时间的延长而下降，与贮藏期间总酚及总类胡萝卜素的含量变化一致。在整个贮藏期间，LB+HT 组 ABTS⁺清除能力和铁还原能力均高于 CB+HT，LB+HHP 均高于 CB+HHP，

说明贮藏期间，低氧打浆处理后再杀菌能更好的保留枸杞原浆的抗氧化活性，且 LB+HHP 保留效果最佳。

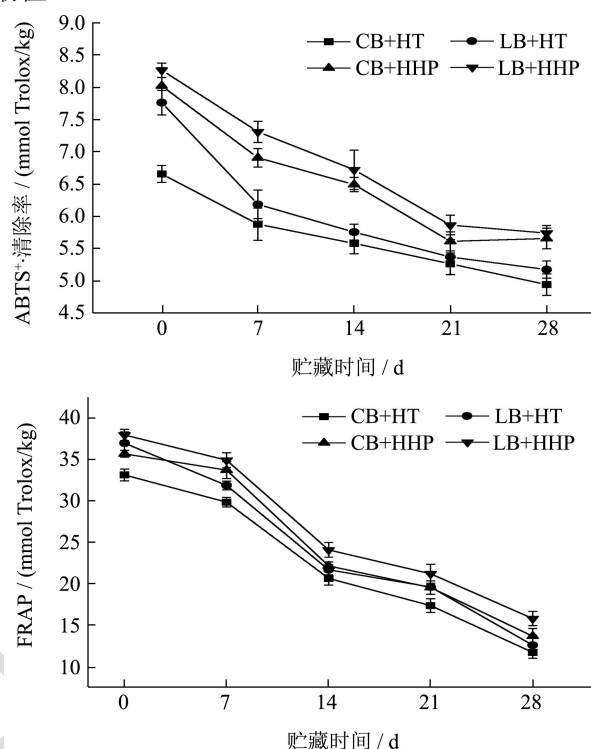


图 7 不同处理枸杞原浆贮藏期间抗氧化活性变化

Fig.7 Changes of antioxidant activity of *Lycium barbarum* pulp with different treatments during storage

2.7 超高压和热处理枸杞原浆贮藏期间黏度变化

不同处理后，枸杞原浆黏度与剪切速率的关系如图 8a 所示，初始时，随着剪切速率的增大，六组果浆的黏度均骤然下降，之后随着剪切速率的不断增大，黏度下降不再明显，逐渐趋于平缓，在 50~80 s⁻¹ 剪切速率范围内，黏度变化趋于平缓，当剪切速率在 80~100 s⁻¹ 范围内时，黏度几乎没有变化。在相同的流动条件下，与 CB 组的枸杞原浆体系相比，LB 组果浆黏度均有所增加，可能是低氧环境抑制了枸杞原浆中果胶酶的活性，使得 LB 组果胶含量较高，黏度较大。贮藏期结束时，枸杞原浆黏度与剪切速率的关系如图 8b 所示，四种不同杀菌处理的果浆黏度均有所下降，其中 CB+HHP 组黏度几乎为 0，可能是贮藏期间 CB+HHP 组果胶酶活性较强，使得 CB+HHP 处理组枸杞原浆中的果胶降解，黏度变为 0。

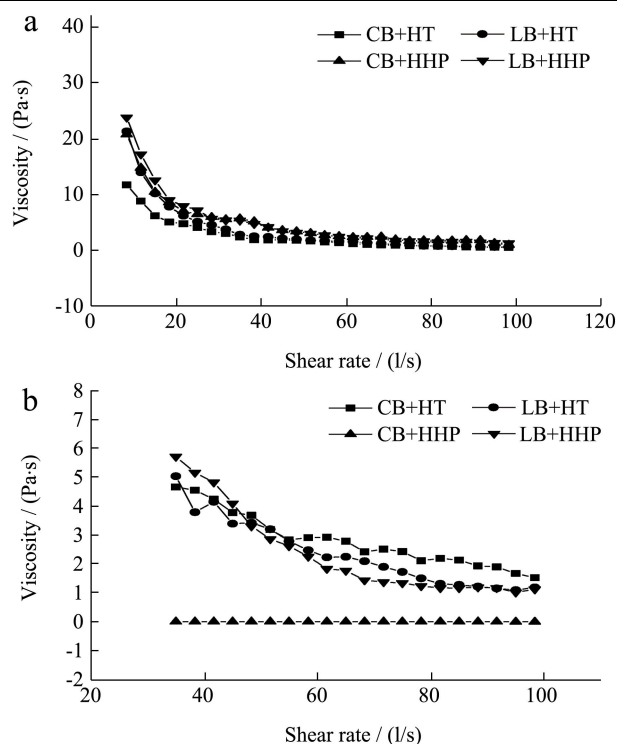


图8 不同处理贮藏初期(a)和贮藏末期(b)枸杞原浆黏度变化

Fig.8 Viscosity changes of *Lycium barbarum* pulp at the beginning (a) and ending (b) of storage under different treatments

3 结论

与常规打浆相比,低氧打浆后,枸杞原浆 pH 值、TSS、可滴定酸无显著变化; a 值提高了 38.94%, b 值提高了 16.76%,总酚含量提高了 4.62%,ABTS⁺清除能力提高了 38.2%,铁还原能力(FRAP)提高了 8.35%,说明低氧打浆能更好的保护枸杞原浆的颜色、总酚和抗氧化活性。

不同杀菌处理后,枸杞原浆中微生物数量均符合国家标准,贮藏期结束时,CB+HT、LB+HT、CB+HHP、LB+HHP 组菌落总数分别为 37、45、66、53 CFU/g,酵母菌与霉菌均未检出;贮藏期间低氧打浆联合杀菌方式能更好的保护果浆的颜色,且贮藏期结束时低氧打浆联合超高压处理 a 、 b 值分别为 12.58 和 7.18,均高于其它三组,说明低氧打浆联合超高压处理对果浆色泽的保护效果最佳;贮藏期间低氧打浆联合超高压处理组总酚含量,抗氧化活性均高于其它三组;四种不同杀菌处理在贮藏结束时总类胡萝卜素含量无显著性差异;低氧打浆后再杀菌,能够有效提高枸杞原浆黏度,贮藏期结束时,不同杀菌处理果浆黏度均有所下降,LB+HHP 组黏度显著高于 CB+HHP 组。

综上所述,与常规打浆相比,低氧打浆处理组枸杞原浆的颜色、总酚、抗氧化活性等品质更佳,且在低温短期贮藏时,低氧打浆联合超高压杀菌技术能更好的保护枸杞原浆的品质。

参考文献

- [1] 姚霞.中国枸杞属植物不同种质资源的研究及紫花地丁的化学成分研究[D].北京:中国协和医科大学,2010
- [2] 唐华丽,孙桂菊,陈忱.枸杞多糖的化学分析与降血糖作用研究进展[J].食品与机械,2013,29(6):244-247
- [3] Amagase Hun B, Borek C. *Lycium barbarum* (goji) juice improves *in vivo* antioxidant biomarkers in serum of healthy adults [J]. Nutrition Research, 2009, 29(1): 19-25
- [4] 曹静亚,谭亮,迟晓峰,等.枸杞子中 $p < 0.05$ -胡萝卜素的快速溶剂萃取提取条件优化及 HPLC 测定[J].中药材,2013, 36(7):1168-1171
- [5] Wang C C, Chang S C, Inbaraj B S, et al. Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L and evaluation of antioxidant activity [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 184-192
- [6] 陈立格.枸杞子的药理作用和临床应用价值分析[J].世界最新医学信息文摘,2015,15(59):1
- [7] Shu Fengz, Jiang C, Zhi Weiz, et al. Anevidence based update on the pharmacological activities and possible molecular targets of *Lycium barbarum* polysaccharides [J]. Drug Design, Development and Therapy, 2014: 33
- [8] 刘瑜,姚思远,冉国伟,等.脱蜡工艺对枸杞热风干燥时间的影响[J].食品工业科技,2015,36(24):5
- [9] 张艳,苟金萍.枸杞生产技术标准化探讨[J].宁夏农林科技,2006,47(4):37-44
- [10] Sonali S, Bharate, et al. Non-enzymatic browning in citrus juice: chemical markers, their detection and ways to improve product quality [J]. Journal of Food Science and Technology, 2012, 51(10): 2271-2288
- [11] R García-Torres, Ponagandla N R, Rouseff R L, et al. Effects of dissolved oxygen in fruit juices and methods of removal [J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2010, 8(4): 409-423
- [12] 唐静静,董海祥.果实饮料的脱气及相关设备[J].包装与食品机械,2005,23(3):3
- [13] Paepé D D, Coudijzer K, Noten B, et al. Pilot-scale production of cloudy juice from low-quality pear fruit under low-oxygen conditions [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 827-837
- [14] 高虹.液氮打浆对荔枝汁品质的影响[J].商品与质量:学

- 术观察,2013(5):1
- [15] GB 4789.2-2016,食品微生物学检验菌落总数测定[S]
- [16] GB 4789.15-2016,食品微生物学检验霉菌和酵母计数[S]
- [17] 朱娜娜,张燕,程伟,等.食品中总酸的测定及不确定度评定[J].酿酒,2020,47(5):3
- [18] 赵凤,梅潇,张焱,等.超高压和热杀菌对枸杞汁品质的影响[J].中国食品学报,2018,18(3):169-178
- [19] Wu W, Xiao G, Yu Y, et al. Effects of high pressure and thermal processing on quality properties and volatile compounds of pineapple fruit juice [J]. Food Control, 2021, 130(9): 108293
- [20] 邹波,曾丹,吴继军,等.不同品种紫肉甘薯抗氧化能力及花色苷成分分析[J].食品科学,2018,39(2):38-44
- [21] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay [J]. Anal Biochem, 1996, 239(1): 70-76
- [22] 曹霞敏,毕秀芳,李仁杰,等.超高压和热杀菌对草莓浊汁及清汁品质的影响[J].高压物理学报,2014,28(5):631-640
- [23] Liang Z, Yongtao W, Dandan Q, et al. Effect of ultrafiltration combined with high-pressure processing on safety and quality features of fresh apple juice [J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(11): 3246-3258
- [24] Muñoz M, De Ancos B, Sánchez-Moreno C, et al. Effects of high pressure and mild heat on endogenous microflora and on the inactivation and sublethal injury of *Escherichia coli* inoculated into fruit juices and vegetable soup [J]. Journal of Food Protection, 2007, 70(7): 1587-1593
- [25] 迟淼.橙汁在加工贮藏过程中色泽稳定性研究[D].重庆:西南大学,2010
- [26] 蒋兵,刘凤霞,孙恬,等.超高压和热杀菌对胡萝卜汁品质的影响[J].高压物理学报,2014,28(1):120-128
- [27] Zulueta A A, Barba F J, Esteve M J. Changes in quality and nutritional parameters during refrigerated storage of an orange juice-milk beverage treated by equivalent thermal and non-thermal processes for mild pasteurization [J]. Food & Bioprocess Technology, 2013, 6(8): 2018-2030
- [28] 刘一璇,任爽,邵妍慧,等.超高压处理对富含叶酸果蔬泥微生物和品质的影响[J].食品科技,2019,44(10):10
- [29] 殷晓翠,马嫻,苏凡,等.超高压和热处理对发酵石榴汁品质的影响[J].食品工业科技,2019,428(12):31-47
- [30] 朱金艳,赵雪梅,王殿夫,等.超高压和热杀菌的蓝莓果汁饮料贮藏期品质的变化及货架期预测模型[J].食品工业科技,2021,42(20):322-329
- [31] 邓红,马婧,李涵,等.超高压杀菌处理冷破碎猕猴桃果浆贮藏期的品质变化[J].食品与发酵工业,2019,45(8):127-133
- [32] 蒲莹,高庆超,孙培利,等.超高压处理对黑果枸杞汁贮藏及品质特性的影响[J].食品工业科技,2020,41(18):7
- [33] Derek F K, Nigel, P B, Francis B, et al. Effect of thermal and high hydrostatic pressure processing on antioxidant activity and colour of fruit smoothies [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 551-556
- [34] Mcinerney J K, Seccafien C A, Stewart C M, et al. Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables [J]. Innovative Food ence & Emerging Technologies, 2007, 8(4): 543-548