

NFC 苹果梨桑葚复合汁配方优化及其贮藏品质变化

王妍惠¹, 张福娟², 于泳渤¹, 赵晓山³, 台蕊¹, 宁妍¹, 吕长鑫¹

(1.渤海大学 a.食品科学与工程学院 b.辽宁省食品安全重点实验室 c.生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州 121013; 2.朝阳师范高等专科学校, 辽宁 朝阳 122000; 3.天津农学院, 天津 300384)

摘要: **目的** 制备一款非浓缩还原 (Not From Concentrate, NFC) 复合汁, 比较不同杀菌方式对其贮藏品质的影响。**方法** 以苹果梨和桑葚为原料, 制备 NFC 复合汁, 优化 NFC 苹果梨桑葚复合汁配方, 并研究超高压 (High Pressure Possessing, HPP) 和热处理 (Thermal Processing, TP) 对复合汁贮藏品质变化的影响。**结果** 苹果梨汁透光率为(91.20±0.84)%, 澄清度较高。按苹果梨汁的质量分数 82.96%、桑葚汁的质量分数 11%、柠檬酸的质量分数 0.04%、白砂糖的质量分数 6%复配, 感官评分最高(94.70)。2 个处理组在贮藏期微生物指标均符合国家卫生标准要求, 可溶性固形物含量和 pH 均无显著变化 ($P>0.05$); 离心沉淀率均显著上升 ($P<0.05$), 其中 HPP 处理组更低; 总酚、黄酮和花色苷含量均呈下降趋势, 其中 HPP 处理组具有更高的总酚、黄酮和花色苷含量, 且能更好地保留三者含量, 其中花色苷保留率均大于 55%。**结论** 与 TP 处理相比, HPP 处理能更好地保持复合汁品质。

关键词: 苹果梨; 桑葚; NFC 果汁; 杀菌; 贮藏期; 品质

中图分类号: TS275.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)19-0077-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.19.011

Formula Optimization of NFC Apple-Pear and Mulberry Compound Juice and Change of Storage Quality

WANG Yan-hui¹, ZHANG Fu-juan², YU Yong-bo¹, ZHAO Xiao-shan³, TAI Rui¹,
NING Yan¹, LYU Chang-xin¹

(1a.School of Food Science and Engineering b.Key Food Safety Laboratory of Liaoning Province c.National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology of Fresh Agricultural and Aquatic Products, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 2.Chaoyang Teachers College, Chaoyang 122000, China; 3.Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to prepare a NFC compound juice and compare the effects of different sterilization methods on storage quality. Apple-pear and mulberry were used as raw materials to prepare not from concentrate (NFC) juice. The formula of NFC apple-pear and mulberry compound juice was optimized and the effects of high pressure possessing (HPP) and thermal processing (TP) on the storage quality of compound juice were studied. The light transmittance of apple-pear juice was (91.20±0.84)%, indicating a high degree of clarification. The highest sensory score was 94.70 when apple-pear juice, mulberry juice, citric acid and sugar were mixed at the mass fraction of 82.96%, 11%, 0.04% and 6% respectively. The microbial indicators of the 2 treatment groups during the storage period met the requirements of national

收稿日期: 2021-05-04

基金项目: 国家重点研发计划专项 (2017YFD0400704); 辽宁省科学技术计划 (2020JH5/10100002)

作者简介: 王妍惠 (1995—), 女, 渤海大学硕士生, 主攻农产品加工及贮藏。

通信作者: 吕长鑫 (1965—), 男, 渤海大学教授, 主要研究方向为果蔬贮藏加工与食品资源开发。

health standards. During storage, the total soluble solid (TSS) content and pH of both treatment groups did not change significantly ($P>0.05$). Moreover, centrifugal precipitation rates of both treatment groups increased significantly during storage ($P<0.05$), but the rate of HPP group was lower than that of TP group. The contents of total phenols, flavonoids and anthocyanins all showed a decreasing trend, but the contents of total phenols, flavonoids and anthocyanins in HPP treatment group were higher and preserved better, with the anthocyanins retention rate more than 55%. Compared with TP, HPP can better maintain the quality of compound juice.

KEY WORDS: apple-pear; mulberry; NFC juice; sterilization; storage; quality

苹果梨为蔷薇科 (*Rosaceae*) 苹果亚科 (*Maloideae*) 梨属 (*Pyrus* L.) 植物果实, 辽宁锦州和鞍山等地区均有种植。苹果梨营养丰富, 具有清肺止咳等功能, 果实酸甜适度, 适用于果汁加工^[1]。桑葚又名桑果等, 为桑科 (*Moraceae*) 桑属植物桑树 (*Morus alba* L.) 果实, 属于药食同源果, 具有滋阴补血、补肝益肾和抗肿瘤等作用。桑葚果实极易腐败, 不耐贮运, 将其深加工成果汁等产品, 以达到延长保鲜期的目的, 推动桑葚产业可持续发展^[2]。

近年来, 为满足消费者对食物新鲜、即食和营养的需求, 最少加工产品成为食品产业的重要发展趋势^[3]。其中, 非浓缩还原 (Not From Concentrate, NFC) 果汁因其加工少、新鲜和营养丰富在饮料产业应运而生, 同时其存在原料单一、保质期短、货架期质量评价较少的问题。

超高压 (High Pressure Processing, HPP) 是一种非热加工技术, 能在较低温度下杀菌钝酶, 且不作用于共价键, 相较于传统热杀菌能更好地保留热敏性物质, 延长果汁货架期, 可以满足人们对食品高营养的追求^[4-5]。目前, 超高压技术在 NFC 果汁中的研究多集中于单一原料 NFC 果汁, 对于比较超高压与热处理 (Thermal Processing, TP) 对复合原料 NFC 果汁贮藏品质影响的研究较少^[6-7], 其中对 NFC 苹果梨桑葚复合汁贮藏品质的研究更少。将北方特色苹果梨辅以药食同源果桑葚制成一款新型 NFC 复合汁, 并对其进行超高压和热处理, 从而得到 NFC 苹果梨桑葚复合汁的最佳杀菌方式, 满足消费者对于食品多样化和营养全面化的需求。

此研究对 NFC 苹果梨桑葚复合汁配方进行优化, 并以 TP 处理为对照, 研究 HPP 处理复合汁贮藏期间品质变化规律, 旨在开发出一款种类多样、营养全面、风味独特的复合汁, 并建立货架期质量评价, 最大程度保留果汁品质且延长货架期, 为超高压技术应用用于果汁加工提供科学依据。

1 实验

1.1 材料和试剂

主要材料: 苹果梨九分熟, 采自辽宁省锦州市;

桑葚, 购于辽宁省葫芦岛市, 冻藏于 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 备用; 食品级白砂糖、无水柠檬酸, 河南万邦实业有限公司; 没食子酸标准品、芦丁标准品, 北京索莱宝科技有限公司。

主要仪器: HPP.L2-600/0.6 型超高压设备, 天津市华泰森森生物工程技术有限公司。

1.2 方法

1.2.1 NFC 苹果梨桑葚复合汁加工工艺

复合汁加工工艺流程:

桑葚→解冻→打浆→酶解→粗滤→桑葚汁 辅料
 ↓
 苹果梨→清洗→切块→护色→榨汁→粗滤→苹果梨汁→调配→
 灌装→杀菌→成品→评价→贮藏→检验

挑选新鲜苹果梨洗净切块后, 浸泡于质量分数为 0.4% 的 D-异抗坏血酸钠溶液, 在 6000 r/min 下打浆 2 min, 粗滤 2 次得苹果梨汁; 桑葚经自然解冻后在 6000 r/min 条件下打浆 2 min, 在 48 $^{\circ}\text{C}$ 下搅拌酶解 120 min, 粗滤 2 次得桑葚汁。

按照一定配方对苹果梨汁、桑葚汁、柠檬酸和白砂糖进行调配, 再进行超高压杀菌, 制得 NFC 苹果梨桑葚复合汁。通过预实验发现, 在压力 500 MPa、时间 20 min、温度 25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下杀菌, 产品可达到国家卫生标准要求。确定该条件为超高压杀菌条件。

1.2.2 NFC 苹果梨桑葚复合汁配方优化实验

1.2.2.1 单因素试验

依照 1.2.1 节所述方法, 分别固定桑葚汁添加量 11%、柠檬酸添加量 0.06% 和白砂糖添加量 6% (文中添加量均为质量分数) 这 3 个因素中的 2 个, 考察单一因素——桑葚汁添加量 (5%, 8%, 11%, 14%, 17%)、柠檬酸添加量 (0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.10%) 和白砂糖添加量 (2%, 4%, 6%, 8%, 10%) 对复合汁感官评分的影响, 确定各因素的最优水平和范围。苹果梨汁的添加量根据其与各因素添加量之和为 100% 的原则而确定。

1.2.2.2 正交试验因素和水平

根据单因素试验结果, 设计 $L_9(3^4)$ 正交试验优化

复合汁配方。正交因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平
Tab.1 Orthogonal test factor level

水平	因素		
	桑葚汁添加量 A/%	柠檬酸添加量 B/%	白砂糖添加量 C/%
1	8	0.02	2
2	11	0.04	4
3	14	0.06	6

1.2.2.3 感官评定

随机选择 10 名合格的感官品评员, 根据感官评价标准评定该产品, 评分依据见表 2。

1.3 不同杀菌处理和贮藏

按照最优配方调配复合汁, 并分别进行超高压处理和热处理, 超高压杀菌条件同 1.2.1.3 节, 热处理条件为在 95 °C 下处理 10 min。杀菌后分别置于 25 °C 条件下贮藏 35 d, 并每隔 7 d 取样测定指标。

1.4 指标测定

1) 苹果梨汁透光率测定。苹果梨按 1.2.1 节的方法榨汁后于 6000 r/min 离心 15 min, 得上清液于 625 nm 波长下测定苹果梨汁透光率。

2) 可溶性固形物 (Total Soluble Solid, TSS) 含量测定。使用手持式糖度计测定复合汁中 TSS 含量。

3) pH 值测定。使用 pH 计测定复合汁 pH 值。

4) 离心沉淀率测定。称取 30 g 复合汁, 离心后取沉淀烘干至恒质量, 并称量, 按式 (1) 计算沉淀率。

$$P = \frac{m}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中: P 为离心沉淀率; m 为沉淀质量 (g); M 为复合汁质量 (g)。

5) 总酚含量测定。参照 Luis Eduardo 等^[7]的方法测定复合汁总酚含量并稍做修改。以没食子酸为标准品制作标准曲线, 得回归方程为 $y=0.0081x-0.003$, $R^2=0.9998$ 。

6) 黄酮含量测定。参照 Su 等^[8]的方法测定复合汁黄酮含量并稍做修改。以芦丁为标准品制作标准曲线, 得回归方程 $y=0.0007x+0.001$, $R^2=0.9992$ 。

7) 花色苷含量测定。参照 Chen 等^[9]的方法测定复合汁花色苷含量并稍做修改。花色苷含量计算见式 (2—3)。

$$T = \frac{A \times D_F \times M_w}{\varepsilon} \quad (2)$$

$$A = (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH4.5} \quad (3)$$

式中: T 为花色苷含量 (mg/L); D_F 为样品稀释倍数; M_w 为以矢车菊素-3-葡萄糖苷分子量为标准, 取 449.2 mg/mol; ε 为矢车菊素-3-葡萄糖苷摩尔消光系数, 取 26 900。

8) 花色苷保留率测定。花色苷保留率的计算见式 (4)。

表 2 NFC 苹果梨桑葚复合汁感官评分标准
Tab.2 Standard for sensory score of NFC apple-pear and mulberry compound juice

项目	级别 (分数)	特征描述
色泽 (20分)	A (14~20分)	亮紫色, 颜色均匀, 表面光亮
	B (8~13分)	紫色, 颜色较均匀, 表面略有光泽
	C (0~7分)	暗紫色, 颜色不均匀, 表面略有光泽
气味 (20分)	A (14~20分)	果汁香气浓郁芳香
	B (8~13分)	果汁香气一般
	C (0~7分)	果汁香气浅淡
滋味 (30分)	A (21~30分)	口感柔和酸甜
	B (11~20分)	口感较柔和酸甜
	C (0~10分)	口感粗糙无酸甜味
组织状态 (30分)	A (21~30分)	组织状态均匀, 无沉淀
	B (11~20分)	组织状态良好, 少量絮凝
	C (0~10分)	组织状态较差, 分层明显

$$R = \frac{C}{C_0} \quad (4)$$

式中： R 为花色苷保留率； C 为杀菌后复合汁花色苷含量（mg/L）； C_0 为杀菌前复合汁花色苷含量（mg/L）。

9) 微生物测定。按照 GB 4789.2—2016 检测样品菌落总数，按照 GB 4789.15—2016 检测样品霉菌和酵母菌。

1.5 数据处理

每个实验重复 3 次，结果以平均值±标准差表示，图表采用 Microsoft Word 2010 软件绘制，数据采用 SPSS 19.0 软件分析显著性，显著水平为 0.05。

2 结果和分析

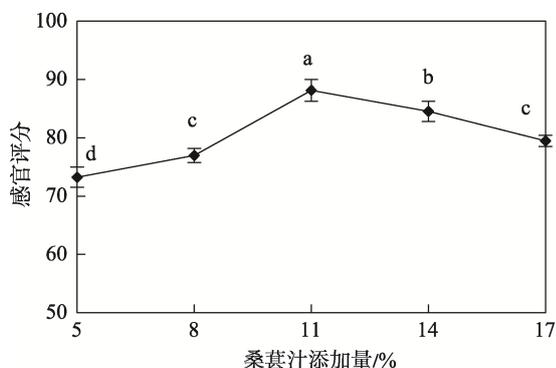
2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 桑葚汁添加量对复合汁感官评分影响分析

随着桑葚汁添加量增加，复合汁感官评分先增加再减小，由图 1 可知，桑葚汁添加量低于 11% 时，复合汁颜色较浅，果味不足，风味不协调，感官评分较低；高于 11% 时，感官评分骤降，添加过多导致复合汁颜色过深，果味过于浓郁，影响风味平衡，并且增加成本；桑葚汁添加量为 11% 时，复合汁颜色较好互补，果味具有层次感，风味协调，感官评分最优。选择 11% 为最优桑葚汁添加量。

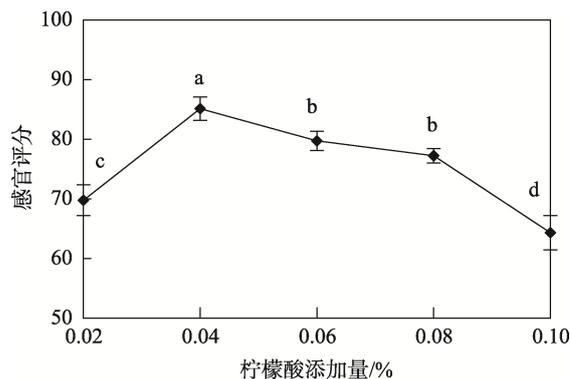
2.1.2 柠檬酸添加量对复合汁感官评分影响分析

随着柠檬酸添加量增加，复合汁感官评分先增加后减小。由图 2 可知，柠檬酸添加量低于 0.04% 时，复合汁酸味不明显，果香味过大；高于 0.04% 时，酸味过大，果香味和甜味不明显；柠檬酸添加量为 0.04% 时，酸度适宜，滋味纯浓，感官评分最高。选择 0.04% 为最优柠檬酸添加量。



注：不同小写字母表示有显著性差异（ $P < 0.05$ ）

图 1 桑葚汁添加量对复合汁感官评分影响
Fig.1 Effect of additive amount of mulberry juice on the value of sensory score

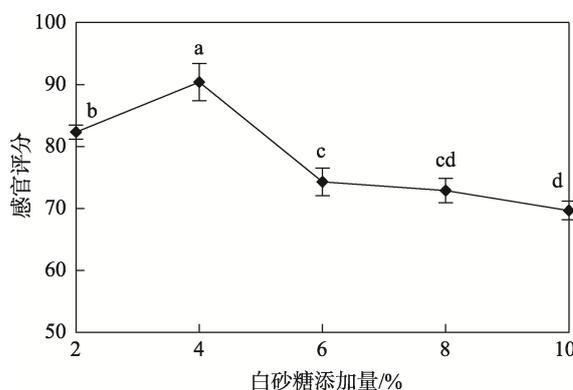


注：不同小写字母表示有显著性差异（ $P < 0.05$ ）

图 2 柠檬酸添加量对复合汁感官评分影响
Fig.2 Effect of additive amount of citric acid on the value of sensory score

2.1.3 白砂糖添加量对感官评分影响分析

随着白砂糖添加量增加，复合汁感官评分先增加后减小。由图 3 可知，白砂糖添加量低于 4% 时，复合汁甜味不明显，鲜果味较大；高于 6% 时，甜味过大，鲜果味被甜味掩盖；白砂糖添加量为 4% 时，甜度适宜，滋味纯浓，感官评分最高。选择 4% 为最优白砂糖添加量。



注：不同小写字母表示有显著性差异（ $P < 0.05$ ）

图 3 白砂糖添加量对感官评分的影响
Fig.3 Effect of additive amount of sugar on the value of sensory score

2.2 正交试验结果分析

正交试验结果见表 3，方差分析结果见表 4。各因素影响复合汁感官评分的主次顺序为 A, C, B。A 因素和 C 因素对复合汁感官评分影响显著（ $P < 0.05$ ），B 因素影响不显著（ $P > 0.05$ ）。配方最优组合为 $A_2B_2C_3$ ，即桑葚汁 11%、柠檬酸 0.04%、白砂糖 6%，由此得出苹果梨汁添加量为 82.96%。按此最优组合验证 3 次，得感官评分平均值为 94.70，高于正交试验中的最高分（82.6）。NFC 苹果梨桑葚复合汁最佳配方为苹果梨汁 82.96%、桑葚汁 11%、柠檬酸 0.04%、白砂糖 6%。

2.3 指标测定结果分析

2.3.1 苹果梨汁透光率测定结果分析

透光率是衡量果汁体系中颗粒悬浮状态和浑浊程度的指标,透光率越高则果汁越澄清。此实验测得苹果梨汁透光率为 $(91.20 \pm 0.84)\%$,说明苹果梨汁澄清度较高。

2.3.2 TSS 含量和 pH 变化结果分析

TSS 含量和 pH 是衡量果汁贮藏品质的重要指标^[10]。贮藏期间复合汁 TSS 含量和 pH 变化情况见表 5。贮藏期间 2 种处理对复合汁 TSS 含量和 pH 影响均不显著 ($P > 0.05$),说明 2 种杀菌方式均能保持果汁酸度和糖度稳定,这与刘琪等^[10]研究发现菠萝汁贮藏期间 TSS 含量和 pH 无显著变化的结果一致。

表 3 正交试验设计和结果
Tab.3 Design and results of orthogonal test

实验号	因素水平				感官评分
	A	B	C	D (空列)	
1	1	1	1	1	61.20
2	1	2	2	2	63.40
3	1	3	3	3	72.10
4	2	1	2	3	69.80
5	2	2	3	1	82.60
6	2	3	1	2	75.90
7	3	1	3	2	62.50
8	3	2	1	3	64.70
9	3	3	2	1	61.60
k_1	65.57	64.50	67.27	68.47	
k_2	76.10	70.23	64.93	67.27	
k_3	62.93	69.87	72.40	68.87	
R	13.17	5.73	7.47	1.60	

表 4 正交试验方差分析
Tab.4 Variance analysis of orthogonal test

方差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	291.2467	2	145.6233	70.0112	*
B	61.8067	2	30.9033	14.8574	
C	87.5467	2	43.7733	21.0449	*
误差 e	4.1600	2	2.0800		
总和	445	8			

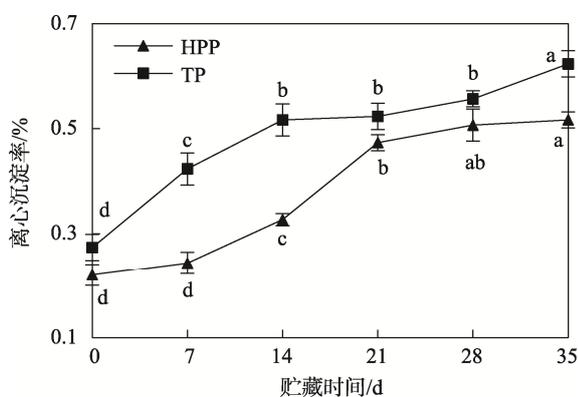
表 5 不同处理复合汁贮藏期间 TSS 含量和 pH 变化
Tab.5 Effect of sterilization methods on TSS and pH of compound juice during storage

贮藏时间/d	TSS 质量分数/%		pH	
	TP 处理	HPP 处理	TP 处理	HPPP 处理
初始	12.80±0.00 ^a	12.87±0.06 ^a	4.32±0.01 ^a	3.97±0.02 ^a
7	12.83±0.06 ^a	12.83±0.06 ^a	4.34±0.03 ^a	3.98±0.04 ^a
14	12.76±0.06 ^a	12.77±0.06 ^a	4.35±0.03 ^a	4.00±0.03 ^a
21	12.83±0.06 ^a	12.83±0.06 ^a	4.37±0.03 ^a	4.03±0.02 ^a
28	12.93±0.15 ^a	12.93±0.15 ^a	4.34±0.04 ^a	4.06±0.02 ^a
35	12.90±0.10 ^a	12.89±0.12 ^a	4.33±0.03 ^a	4.05±0.01 ^a

注: 同列标注不同小写字母表示同一处理组不同贮藏时间之间存在显著差异 ($P < 0.05$)

2.3.3 离心沉淀率变化结果分析

由图 4 可知, 2 种方式处理后在贮藏期间, TP 处理组离心沉淀率一直高于 HPP 处理组, 说明 HPP 处理组体系更加稳定。这可能是因为 TP 处理会使果胶受热分解, 蛋白质和糖发生美拉德反应, 这些持水性物质的减少造成果汁悬浮稳定性下降较多。超高压仅作用于非共价键, 不会影响果胶等小分子物质, 从而减少了果汁稳定性的变化^[11]。2 个处理组的离心沉淀率在贮藏期间均呈先上升后趋于稳定的趋势, 这可能是由于 2 种处理不能完全钝化复合汁中的果胶甲基酯酶 (PME), 从而加速果胶的降解, 破坏果汁的悬浮稳定性^[12]。



注: 不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)

图 4 贮藏期间复合汁离心沉淀率变化

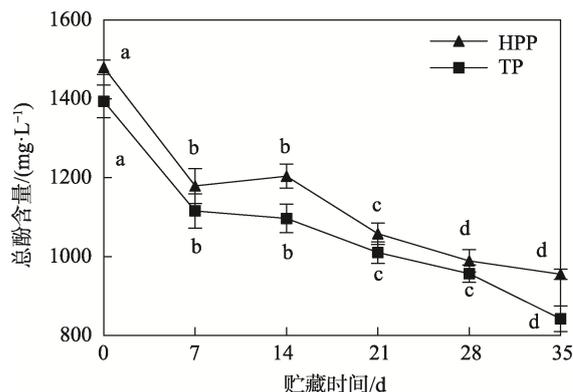
Fig.4 Change of centrifugal sedimentation rate of compound juice during storage

2.3.4 总酚含量变化结果分析

复合汁贮藏期间总酚含量变化情况见图 5。HPP 处理组总酚含量高于 TP 处理组, 说明 HPP 处理能更好地保持复合汁总酚含量。这可能是由于酚类物质是热敏性成分, 高温使之发生降解; 超高压不破坏分子内部共价键, 这与 Cheng 等^[13]研究发现 HPP 处理柑橘汁总酚含量显著高于 TP 处理组的结果一致。在贮藏期间 2 个处理组总酚含量均呈下降趋势, 这可能是由于酚类物质易被氧化。HPP 处理组总酚含量一直高于 TP 处理组, 贮藏 35 d 后 TP 处理组总酚含量减少了 39.56%, HPP 处理组减少了 34.89%, 说明在贮藏过程中 HPP 处理能够更好地保留总酚含量。这与 Diedrich 等^[14]研究发现 HPP 处理复合汁贮藏期后总酚含量显著高于 TP 处理组的结果一致。

2.3.5 黄酮含量变化结果分析

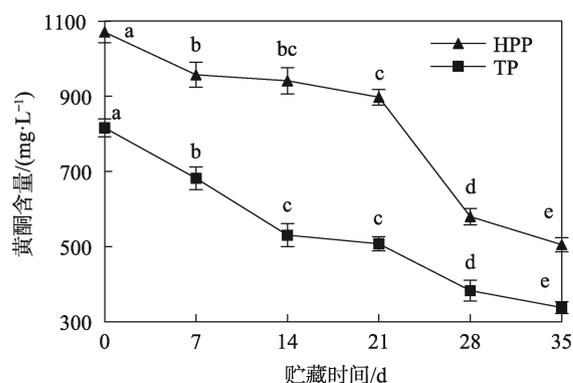
复合汁贮藏期间黄酮含量变化情况见图 6。HPP 处理组黄酮含量高于 TP 处理组, 说明 HPP 处理能更好地保持复合汁黄酮含量。这是由于热处理造成酚类物质降解, 从而降低了总黄酮含量, 这与 Wang 等^[15]研究发现 HPP 处理桑葚汁总黄酮含量高于 TP 处理组的结果一致。贮藏期间 2 个处理组黄酮含量变化与总



注: 不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)

图 5 贮藏期间复合汁总酚含量变化

Fig.5 Change of total phenol content of compound juice during storage



注: 不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)

图 6 贮藏期间复合汁黄酮含量变化

Fig.6 Change of flavonoids content of compound juice during storage

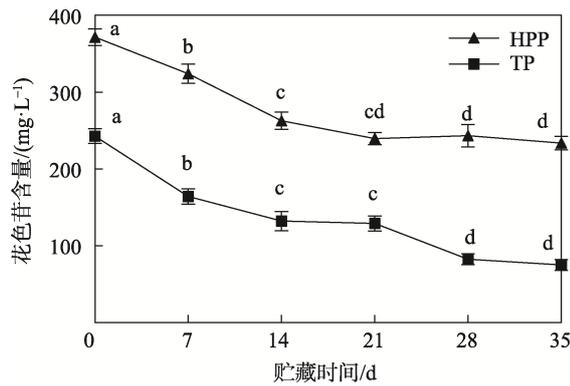
酚一致, 可能由于光和氧气使其分解代谢^[5]。HPP 处理组贮藏期间黄酮含量均高于 TP 处理组, 贮藏 35 d 后 TP 处理组黄酮含量减少了 58.62%, HPP 处理组减少了 53.51%, 说明 HPP 处理可以更好地保留黄酮含量。这与宋永程等^[5]发现超高压处理后的苦笋复合果蔬汁饮料中总黄酮含量显著高于热处理的研究结果一致。

2.3.6 花色苷含量变化结果分析

复合汁贮藏期间花色苷含量变化情况见图 7。HPP 处理组花色苷含量高于 TP 处理组, 这与殷晓翠等^[4]研究发现 HPP 处理的发酵石榴汁中的花色苷含量高于热处理组的结果一致。2 个处理组贮藏期间花色苷含量变化与总酚和黄酮一致。贮藏末期 TP 处理组花色苷损失了 69.08%, HPP 处理组花色苷损失了 44.85%。结果表明, HPP 处理能较好地保留复合汁中花色苷含量。Gao 等^[16]研究也发现, 在贮藏期间 HPP 处理组草莓汁的花色苷含量下降程度低于 TP 处理组, 与文中结果一致。

2.3.7 花色苷保留率结果分析

贮藏期间复合汁花色苷保留率变化见表 6, HPP



注：不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)

图 7 贮藏期间复合汁花色苷含量变化

Fig.7 Change of anthocyanins content of compound juice during storage

表 6 贮藏期间复合汁花色苷保留率变化

Tab.6 Change of anthocyanins content of compound juice during storage

贮藏时间/ d	花色苷含量/ (mg·mL ⁻¹)		花色苷保留率/ %	
	TP 处理	HPP 处理	TP 处理	HPP 处理
初始	242.61	371.43	57.28	87.70
7	164.10	323.88	38.74	76.47
14	132.13	262.69	31.20	62.02
21	129.04	239.49	30.47	56.55
28	82.44	243.24	19.46	57.43
35	75.02	233.58	17.71	55.15

处理组花色苷保留率随贮藏时间延长而减小，直至贮藏末期保留率仍大于 55%；TP 处理组花色苷保留率与 HPP 处理组一致，仅在贮藏前花色苷保留率大于 55%，说明 HPP 处理能更好地保留花色苷含量。

2.3.8 微生物指标测定结果分析

贮藏 35 d 后 2 个处理对复合汁微生物的影响见表 7。贮藏末期 2 个处理组的菌落总数均 ≤ 100 CFU/mL，霉菌和酵母菌均未检出，符合国家卫生标准要求，在 25 °C 下贮藏货架期均可超过 35 d。

表 7 不同杀菌方式对复合汁微生物的影响

Tab.7 Effects of different sterilization methods on microorganisms in compound juice

杀菌方式	微生物指标	
	菌落总数/ (CFU·mL ⁻¹)	霉菌和酵母菌总 数/(CFU·mL ⁻¹)
TP 处理	≤ 100	未检出
HPP 处理	≤ 100	未检出
结果	合格	合格

3 结语

以苹果梨和桑葚为主要原料，通过正交试验，确定了 NFC 苹果梨桑葚复合汁最优配方为苹果梨汁添加量 82.96%、桑葚汁添加量 11%、柠檬酸添加量 0.04%、白砂糖添加量 6%。苹果梨汁透光率为 $(91.20 \pm 0.84)\%$ ，澄清度较高。贮藏末期 2 个处理组微生物指标均符合国家卫生标准要求。2 种处理对复合汁贮藏期间 TSS 含量和 pH 无显著影响；与 TP 处理相比，HPP 处理后复合汁的离心沉淀率更低，总酚、黄酮和花色苷含量更高，且贮藏期间能更好地保留三者含量，其中花色苷保留率均大于 55%。超高压处理能更好地保证复合汁品质，为其应用于果蔬汁工业化生产提供了科学指导。

参考文献：

[1] 范昊安, 薛淑龙, 杜柠, 等. 苹果梨的营养价值及加工技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(22): 205—212.
FAN Hao-an, XUE Shu-long, DU Ning, et al. Research Progress on Nutritional Value and Processing Technology of Apple-Pear[J]. Food Research and Development, 2020, 41(22): 205—212.

[2] 肖嘉琪, 黄桂涛, 顾采琴, 等. 桑葚果糕配方及加工工艺优化[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 154—159.
XIAO Jia-qi, HUANG Gui-tao, GU Cai-qin, et al. Formulation and Processing Technology Optimization of Mulberry Cake[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(20): 154—159.

[3] PICOUET P A, HURTADO A, JOFRÉ A, et al. Effects of Thermal and High-Pressure Treatments on the Microbiological, Nutritional and Sensory Quality of a Multi-Fruit Smoothie[J]. Food and Bioprocess Technology, 2016, 9(7): 1219—1232.

[4] 殷晓翠, 马嫒, 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, 40(12): 31—37.
YIN Xiao-cui, MA Yuan, SU Fan, et al. Effect of High Hydrostatic Pressure and Thermal Treatment on Quality of Fermented Pomegranate Juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(12): 31—37.

[5] 宋永程, 王晓琼, 唐玲玲, 等. 超高压对苦笋复合果蔬汁饮料品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(18): 173—179.
SONG Yong-cheng, WANG Xiao-qiong, TANG Ling-ling, et al. Effect of Ultra-High Pressure on the Quality of Bitter Bamboo Blended Fruit-Vegetable Juice Beverage[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(18): 173—179.

- [6] 宣晓婷, 张赛佳, 崔燕, 等. 超高压杨梅复合果蔬汁的研制及贮藏品质[J]. 食品工业科技, 2019, 40(12): 156—162.
XUAN Xiao-ting, ZHANG Sai-jia, CUI Yan, et al. Development of Compound Bayberry Juice Treated by High Hydrostatic Pressure and Its Storage Quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(12): 156—162.
- [7] LUIS EDUARDO O S, JADER M G, MARIA ENITH A J. Effect of Ultrasound Treatment on Visual Color, Vitamin C, Total Phenols, and Carotenoids Content in Cape Gooseberry Juice[J]. Food Chemistry, 2017, 233: 96—100.
- [8] SU Dong-xiao, WANG Zhi-neng, DONG Li-hong, et al. Impact of Thermal Processing and Storage Temperature on the Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Different Varieties of Lychee Juice[J]. LWT, 2019, 116: 108578—108585.
- [9] CHEN Jin-yu, DU Jing, LI Meng-li, et al. Degradation Kinetics and Pathways of Red Raspberry Anthocyanins in Model and Juice Systems and Their Correlation with Color and Antioxidant Changes during Storage[J]. LWT, 2020, 128: 109448—109456.
- [10] 刘琪, 王冰, 欧雅文, 等. 高压均质对菠萝汁贮藏货架期及品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(1): 156—162.
LIU Qi, WANG Bing, OU Ya-wen, et al. Effect of High Pressure Homogenization on Shelf Life and Quality of Pineapple Juice Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(1): 156—162.
- [11] 房子舒, 易俊洁, 张雅洁, 等. 超高压和高温瞬时杀菌对蓝莓汁品质影响的比较[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(12): 7—10.
FANG Zi-shu, YI Jun-jie, ZHANG Ya-jie, et al. Comparison of Effects of Ultra High Pressure and High Temperature Instantaneous Sterilization on Quality of Blueberry Juice[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(12): 7—10.
- [12] 赵晓丹, 刘夏衍, 陈芳, 等. 超高压和高温短时杀菌对绿色复合果蔬汁的杀菌效果与品质影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 114—123.
ZHAO Xiao-dan, LIU Xia-yan, CHEN Fang, et al. Effect of High Hydrostatic Pressure and High Temperature Short Time Treatment on the Microbial and Quality Characteristics of Green Compound Fruit and Vegetable Juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(5): 114—123.
- [13] CHENG Chuan-xiang, JIA Meng, GUI Yao, et al. Comparison of the Effects of Novel Processing Technologies and Conventional Thermal Pasteurisation on the Nutritional Quality and Aroma of Mandarin (Citrus Unshiu) Juice[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2020, 64: 102425.
- [14] DIETRICH D K, GUSTAVO V B C, HELENA P S. Effects of High Pressure Processing on the Physicochemical and Microbiological Parameters, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of a Lemon-grass-Lime Mixed Beverage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(1): 409—419.
- [15] WANG Fan, DU Bao-lei, CUI Zheng-wei, et al. Effects of High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing on Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Volatile Profile of Mulberry Juice[J]. Food Science and Technology International, 2017, 23(2): 119—127.
- [16] GAO Ge, REN Peng-yan, CAO Xia-min, et al. Comparing Quality Changes of Cupped Strawberry Treated by High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing during Storage[J]. Food and Bioproducts Processing, 2016, 100: 221—229.