

# 黄皮原浆超高压和热杀菌的比较分析

张丽娟<sup>1,2</sup>, 邹波<sup>2</sup>, 肖更生<sup>1,3\*</sup>, 徐玉娟<sup>2</sup>, 余元善<sup>2</sup>, 吴继军<sup>2</sup>, 李璐<sup>2</sup>, 邹颖<sup>2</sup>

(1. 江西农业大学生物科学与工程学院, 江西南昌 330045)(2. 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)

(3. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510631)

**摘要:** 以黄皮原浆为研究对象, 分别用超高压 (High hydrostatic pressure, HHP) 和热处理 (heat treatment, HT) 进行杀菌, 比较处理前后及 4 °C 贮藏期间黄皮原浆各理化指标的变化。贮藏期结束时超高压组和热处理组菌落总数分别为 67.36、43.49 CFU/mL, 表明黄皮原浆超高压 600 Mpa/5 min 的杀菌能力与热处理 85 °C/30 min 相当; pH、可滴定酸 (TA)、可溶性固形物含量 (TSS) 在两种处理前后及贮藏期间均无显著 ( $p>0.05$ ) 变化; 两种处理后的总酚、抗坏血酸和抗氧化能力在贮藏期间均呈下降趋势, 贮藏期间超高压组总酚、抗坏血酸分别下降了 11.71%、9.45%, 热处理组下降了 19.61%、18.92%, 说明超高压能更好的保留黄皮原浆中总酚和抗坏血酸含量, 减少抗氧化能力的损失; 热处理使黄皮原浆中果胶含量提高了 23.15%, 而超高压处理对果胶含量无显著影响, 但能更好的保留原浆贮藏过程中果胶含量; 黄皮原浆中有机酸主要为酒石酸、苹果酸、柠檬酸, 且酒石酸含量最高, 为 13.95 mg/g, 热处理组对有机酸的影响小于超高压组。研究结果为超高压和热处理应用于黄皮原浆加工提供理论依据。

**关键词:** 超高压; 黄皮原浆; 贮藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2021)09-200-206

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.9.0028

## Comparative Analysis of Ultra-high Hydrostatic Pressure and Thermal Sterilization of Wampee Puree

ZHANG Li-juan<sup>1,2</sup>, ZOU Bo<sup>2</sup>, XIAO Geng-sheng<sup>1,3\*</sup>, XU Yu-juan<sup>2</sup>, YU Yuan-shan<sup>2</sup>, WU Ji-jun<sup>2</sup>, LI Lu<sup>2</sup>, ZOU Ying<sup>2</sup>

(1.College of Biological Sciences and Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(2.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)

(3.Institute of Light Industry Food, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** Wampee puree was used as the research object, and sterilized by ultra-high hydrostatic pressure (HHP) and heat treatment (HT), respectively. The changes in the physico-chemical indexes of wampee pulp before and after the treatment as well as during the storage at 4 °C were compared. At the end of the storage, the total numbers of bacterial colonies for the HPP group and HT group were 67.36 and 43.49 CFU/mL, respectively, indicating that the sterilization ability of the treatments at ultra-high pressure of 600 Mpa/5 min towards wampee puree was equivalent to that of heat treatment at 85 °C/30 min; The changes in pH, titratable acid (TA) and

引文格式:

张丽娟,邹波,肖更生,等.黄皮原浆超高压和热杀菌的比较分析[J].现代食品科技,2021,37(9):200-206

ZHANG Li-juan, ZOU Bo, XIAO Geng-sheng, et al. Comparative analysis of ultra-high hydrostatic pressure and thermal sterilization of wampee puree [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(9): 200-206

收稿日期: 2021-01-08

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目 (2019B020212004); 广东省优稀水果现代农业产业技术体系创新团队项目 (2020KJ116); 河源市科技计划项目 (2019003)

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: 肖更生, (1965-) 男, 研究员, 研究方向: 果蔬加工, E-mail: guoshuxgs@163.com

total soluble solid (TSS) content were insignificant before and after the two treatments and during storage; The total phenolics, ascorbic acid and antioxidant capacity of the wampee puree treated with HPP or HT decreased during storage. During storage, the total phenolics and ascorbic acid decreased by 11.71% and 9.45%, respectively, in the HPP group, and 19.61% and 18.92%, respectively, in the HT group. These results showed that HPP could retain better the contents of total phenolics and ascorbic acid in wampee puree and reduce the loss of antioxidant capacity; HT increased the pectin content of wampee puree by 23.15%, while HHP treatment had insignificant effect on pectin content but could retain better the pectin content during storage. The organic acids in wampee puree were mainly tartaric acid, malic acid and citric acid, with the content of tartaric acid being the highest (13.95 mg/g). The impact of HT on the organic acids in wampee puree was less than that of HPP treatment. The results provides a theoretical basis for the application of HHP and HT treatments to wampee puree processing.

**Key words:** ultra-high hydrostatic pressure; wampee puree; storage; quality

黄皮, 又名黄枇、黄弹子, 属芸香科柑橘亚科黄皮属植物, 目前发现黄皮种类约有 30 余种, 主要分布于亚洲、大洋洲和非洲。我国约有 11 种, 主要分布在广东、广西、海南、云南等地<sup>[1]</sup>。黄皮果实营养丰富, 富含黄酮、有机酸、可溶性糖、维生素等营养物质<sup>[2-4]</sup>, 且具有抗氧化, 抑肿瘤等作用<sup>[5,6]</sup>, 深受人们喜爱。近年来, 黄皮作为南方特有的小宗果树, 经济效益高, 产业发展迅速, 广东、广西、福建和海南等地涌现出不少黄皮专业村、专业户, 成为产地农村经济发展的一个新亮点<sup>[7]</sup>。但黄皮果实果柄处易破损, 且属于高呼吸代谢水果, 采摘后不耐储存, 品质劣变迅速, 2~3 d 便失去商品价值<sup>[8]</sup>。因此开展黄皮深加工利用极为必要, 开发附加值高的新型黄皮产品, 有利于黄皮产业的稳定发展, 提高黄皮的经济价值。原浆产品是水果产业加工的主要方向, 也是大批量处理鲜果, 有效保留水果营养价值、功能性成分和风味的方法。因此, 将黄皮加工为原浆, 可作为中间产品提供给果汁企业加工为饮料, 或供给新兴的喜茶等餐饮店, 与其他果汁或查饮料搭配成复合饮料, 是黄皮深加工的一条新型途径, 有着巨大的市场潜力。

采用合适的杀菌技术是黄皮原浆加工、储存需要解决的重要问题。目前果蔬杀菌方式大多采用传统的热杀菌方式。热杀菌可以有效杀灭果蔬制品中的微生物, 延长货架期, 但较高的处理温度在杀灭微生物和酶的同时, 也造成营养物质的损失, 影响产品质量, 且热带亚热带水果热敏性强, 热力杀菌后导致果汁感官品质发生明显劣变。超高压技术是一种重要的非热加工技术, 能够在较低温度下杀灭食品中致病菌和腐败菌, 既能保证食品安全, 延长货架期, 又能有效避免热杀菌过程中的品质破坏。目前, 超高压已应用于多种果蔬汁的加工中, 如枸杞汁<sup>[9]</sup>、胡萝卜汁<sup>[10]</sup>、草莓汁<sup>[11]</sup>、石榴汁<sup>[12]</sup>、苹果汁<sup>[13]</sup>等, 而超高压用于黄皮原浆加工的研究未见报道。本文主要研究超高压处理对黄皮原浆理化性质、营养成分、抗氧化性能力的

影响, 并与传统热处理结果进行比较分析, 为超高压技术在黄皮原浆产业化应用中提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

有核黄皮, 采摘于广东省郁南县。

平板计数培养基、孟加拉红培养基均由广东环凯微生物科技有限公司生产; 氢氧化钠、四硼酸钠、唑啉、无水碳酸钠、没食子酸、芦丁、亚硝酸钠、硝酸铝、1,1-二苯基苦基苯肼 (DPPH)、维生素 E 衍生物 (Trolox)、福林酚 (Folin-Ciocalteu) 试剂等均属于分析纯药品, 购于天津市科密欧化试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

RLGY-600 超高压设备, 温州诺贝机械有限公司; 立式压力蒸汽灭菌器, 上海博讯实业有限医疗设备厂; WFA2000 榨汁机, 美的有限公司; 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; PB-10 标准型 pH 计, 德国 Sartorius 公司; 阿贝折光仪, 英国 Stanley 公司; UV-1800 紫外可见分光光度计, 日本岛津公司; DHR-2 型流变仪, 美国 TA 公司; JW-1042 型离心机, 安徽嘉文仪器装备有限公司; LC-20AT 高效液相色谱仪, 日本岛津公司; HWS-24 电热恒温水浴锅, 上海一恒科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 黄皮原浆的制备

选择大小、成熟度均一, 品相优良的新鲜黄皮, 清洗干净, 去皮去籽后直接打浆, 得到黄皮原浆, 立即采用玻璃瓶灌装后进行热处理, 采用塑料瓶灌装后

进行超高压处理。经过预实验,确定超高压处理条件为 600 MPa/5 min;热处理条件为 85 °C/30 min。处理后的样品放于 4 °C 冷库保存,观察贮藏期内品质的变化。

### 1.3.2 微生物的测定

菌落总数参照 GB 4789.2-2016 食品安全国家标准进行测定<sup>[14]</sup>,酵母菌和霉菌参照 GB 4789.15-2016 食品安全国家标准进行测定<sup>[15]</sup>。

### 1.3.3 pH、总酸(TA)和可溶性固形物(TSS)的测定

黄皮原浆的 pH 采用 pH 计直接测定,总酸采用 GBT 12456-2008 的方法测定<sup>[16]</sup>,TSS 采用数字阿贝折射仪测定。

### 1.3.4 总酚含量测定

参照 KAWA 等<sup>[17]</sup>的方法,采用 Folin-Ciocalteu 法测定总酚含量,并略作修改。取适当稀释的液体样品 1 mL,加入 2 mL Folin-Ciocalteu 试剂,振荡混合,再加入 2 mL 10%碳酸钠溶液,避光放置 1 h,测定 760 nm 处的吸光值。总酚含量以 100 mL 样品中含有的没食子酸毫克当量表示。

### 1.3.5 DPPH 自由基清除能力

参考杨新周等<sup>[18]</sup>的方法,采用分光光度法测定黄皮原浆 DPPH 自由基清除能力,具体如下:1 mL 稀释后的样品+5 mL DPPH(130 μmol/L);空白:1 mL 水+5 mL DPPH;调零:1 mL 样品稀释液+5 mL 乙醇;避光反应 30 min,517 nm 处测定吸光值。清除率=(空白吸光度-样品吸光度)/空白吸光度。以 Trolox 为标准品,测定不同质量浓度的 Trolox 对 DPPH 自由基的清除率,绘制标准曲线。

### 1.3.6 果胶含量测定

果胶含量测定参考 BLUMENKRANTZ 等<sup>[19]</sup>方法,并略作修改。果胶提取:取黄皮原浆 5 g,加 95% 乙醇 50 mL 混匀,100 °C,30 min 水浴;离心后沉淀加 30 mL 蒸馏水复溶,50 °C 水浴 30 min;离心,上清液定容至 50 mL,4 °C 保存作为待测液。测定:取适当稀释的样品 0.1 mL 于试管中,冰浴条件下加入 0.5 mL 四硼酸钠-硫酸后拧紧,震荡混匀后 100 °C 水

浴 20 min;取出后立即放入冷水中冷却至室温,加入 0.15% 吡啶溶液 50 μL,涡旋混匀后避光反应 2 h,523 nm 下测吸光值。以半乳糖醛酸为标准品,绘制标准曲线。

### 1.3.7 有机酸、抗坏血酸测定

黄皮原浆中有机酸、抗坏血酸测定用高效液相色谱法,具体方法见文献<sup>[20]</sup>。

### 1.3.8 黏度测定

黄皮原浆表观黏度用 DHR-2 型流变仪测定,具体方法见文献<sup>[21]</sup>。

### 1.3.9 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 超高压和热杀菌处理后微生物数量的变化

未处理黄皮原浆中菌落总数为  $1.14 \times 10^3$  CFU/mL,酵母菌、霉菌数量为  $4.75 \times 10^3$  CFU/mL,超高压和热处理对黄皮原浆杀菌效果如表 1 所示,经过超高压和热处理后,黄皮原浆中的霉菌和酵母均未检出,符合《NY/T 434-2016 绿色食品、果蔬汁饮料》对微生物指标的要求,说明超高压和热处理均能有效杀灭黄皮原浆中的微生物。由表 1 可知,4 °C 贮藏的前 15 d,黄皮原浆中未检测到微生物,当贮藏时间达到 30 d 时,超高压和热处理组菌落总数分别为 67、43 CFU/mL,均低于国家标准规定的 100 CFU/mL,说明黄皮原浆 600 MPa 处理 5 min 的杀菌能力与 85 °C 处理 30 min 相当。贮藏期内菌落总数的增长,可能来源于处理后残存微生物的生长繁殖,还可能是超高压引起的亚致死微生物的复苏和繁殖。已有研究表明,超高压会使接种到苹果汁、橙汁、番茄汁中的大肠杆菌出现亚致死现象<sup>[22,23]</sup>。

表 1 超高压和热处理对黄皮原浆贮藏过程中微生物的影响

Table 1 Effects of HHP and HT on microorganisms during storage of wampee pulp

贮藏时间/d	HHP/(CFU/mL)			HT/(CFU/mL)		
	菌落总数	酵母菌、霉菌	大肠杆菌	菌落总数	酵母菌、霉菌	大肠杆菌
0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
30	67.36±5	0	0	43.49±5	0	0

表2 超高压和热处理对黄皮原浆贮藏过程中 pH、TSS、可滴定酸的影响

贮藏时间/d	pH		TSS		可滴定酸	
	HHP	HT	HHP	HT	HHP	HT
0	3.44±0.01 <sup>a</sup>	3.44±0.01 <sup>a</sup>	17.64±0.08 <sup>a</sup>	17.66±0.10 <sup>a</sup>	1.76±0.01 <sup>a</sup>	1.75±0.02 <sup>a</sup>
15	3.43±0.01 <sup>a</sup>	3.47±0.01 <sup>a</sup>	17.60±0.04 <sup>a</sup>	17.79±0.26 <sup>a</sup>	1.75±0.01 <sup>a</sup>	1.77±0.01 <sup>a</sup>
30	3.49±0.02 <sup>a</sup>	3.50±0.03 <sup>a</sup>	17.56±0.22 <sup>a</sup>	18.18±0.40 <sup>a</sup>	1.76±0.01 <sup>a</sup>	1.78±0.01 <sup>a</sup>

注: 重复次数 n=3, 不同字母表示同一列中有显著性差异 ( $p<0.05$ )。下同。

表3 超高压和热处理对黄皮原浆贮藏过程中有机酸、果胶和总酚的影响

指标	未处理	HHP			HT		
		0 d	15 d	30 d	0 d	15d	30 d
总酚/(mg/kg)	1008.01±16.34 <sup>a</sup>	994.93±13.07 <sup>a</sup>	946.75±23.56 <sup>b</sup>	889.93±12.34 <sup>d</sup>	906.70±26.14 <sup>c</sup>	856.34±16.91 <sup>e</sup>	810.29±30.61 <sup>f</sup>
酒石酸/(mg/g)	13.95±0.06 <sup>a</sup>	12.86±0.20 <sup>c</sup>	13.12±0.12 <sup>b</sup>	13.79±0.30 <sup>a</sup>	13.14±0.03 <sup>b</sup>	13.53±0.26 <sup>a</sup>	13.91±0.84 <sup>a</sup>
苹果酸/(mg/g)	3.85±0.04 <sup>a</sup>	2.73±0.07 <sup>c</sup>	2.59±0.02	2.41±0.01 <sup>d</sup>	3.23±0.06 <sup>b</sup>	3.01±0.04	2.74±0.10 <sup>c</sup>
柠檬酸/(mg/g)	7.52±0.11 <sup>b</sup>	7.95±0.16 <sup>a</sup>	7.82±0.13 <sup>a</sup>	7.78±0.10 <sup>a</sup>	7.45±0.45 <sup>c</sup>	7.62±0.08 <sup>b</sup>	7.80±0.12 <sup>a</sup>
抗坏血酸 (mg/100 g)	18.89±0.69 <sup>a</sup>	14.81±0.18 <sup>b</sup>	13.97±0.21 <sup>b</sup>	13.41±0.55 <sup>b</sup>	12.63±0.14 <sup>c</sup>	11.19±0.39 <sup>d</sup>	10.24±1.02 <sup>e</sup>
果胶/(mg/g)	30.75±1.07 <sup>c</sup>	31.62±1.71 <sup>c</sup>	31.03±0.64 <sup>c</sup>	30.69±0.45 <sup>c</sup>	37.87±1.93 <sup>a</sup>	35.96±0.75 <sup>b</sup>	34.23±0.23 <sup>b</sup>

## 2.2 超高压和热杀菌处理后对黄皮原浆 pH、

### TSS、可滴定酸的影响

如表2所示, 未处理黄皮原浆 pH、TSS、可滴定酸分别为 3.44、17.67 °Brix、1.74%。超高压和热处理后, 这三项指标均无显著变化 ( $p>0.05$ ), 殷晓翠对发酵石榴汁研究也发现超高压和热处理后的 pH、TSS、可滴定酸无显著性变化 ( $p>0.05$ )<sup>[12]</sup>; 且贮藏期间两种处理后的 pH、TSS、可滴定酸也未发生显著变化, 这与前人研究结果一致<sup>[24,25]</sup>。

## 2.3 超高压和热杀菌处理对黄皮原浆活性成

### 分的影响

#### 2.3.1 有机酸、抗坏血酸含量的变化

由表3可知, 黄皮原浆中有机酸主要是酒石酸、苹果酸和柠檬酸, 其中酒石酸含量最高。未处理黄皮原浆中酒石酸含量为 13.95 mg/g, 热处理后酒石酸含量未发生显著变化 ( $p>0.05$ ), 而超高压处理后酒石酸含量略有降低。经超高压和热处理后, 两组抗坏血酸均有所下降, 且热处理组下降更为明显; 贮藏 30 d 后, 热处理组抗坏血酸含量降低了 18.92%, 而超高压组降低了 9.45%, 表明超高压对黄皮原浆抗坏血酸的保留率优于热处理组, 曹霞敏等<sup>[11]</sup>也发现超高压处理能更好的保留草莓浊汁及清汁抗坏血酸含量。

#### 2.3.2 总酚含量的变化

由表3可见, 未处理黄皮原浆的总酚含量为 1008.01 mg/kg, 经超高压处理后其总酚含量未发生显著变化 ( $p>0.05$ ), 而热处理后的总酚含量显著下降 ( $p<0.05$ ), 这与 WANG 等<sup>[26]</sup>的研究结果一致, 赵凤等<sup>[9]</sup>也发现超高压处理对枸杞汁的总酚含量无显著影响, 而热处理的总酚含量显著降低。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; 而超高压不会破坏分子内部共价键, 因此超高压对酚类物质的影响较小<sup>[27]</sup>。贮藏 30 d 后, 超高压和热处理的总酚含量均显著下降 ( $p<0.05$ ), 超高压处理组损失了 11.71%, 热处理组的总酚含量损失了 19.61%, 表明超高压处理对黄皮原浆中总酚含量的保留率优于热处理。

#### 2.3.3 抗氧化活性的变化

本研究选用了 DPPH 自由基清除能力来评价超高压和热处理前后及贮藏期间黄皮原浆抗氧化活性变化。由图1可知, 在贮藏期间, 超高压和热处理的黄皮原浆的抗氧化活性均有所下降。贮藏 30 d 后, 超高压组的抗氧化活性下降了 11.95%, 热处理组黄皮原浆抗氧化活性下降了 15.14%, 表明超高压处理对黄皮原浆抗氧化性的保留率优于热处理组。CHEN 等<sup>[28]</sup>研究发现超高压对番茄汁和胡萝卜汁抗氧化活性的保留率也高于热处理组。

#### 2.3.4 果胶含量的变化

由表3可知, 未处理的黄皮原浆果胶含量为 30.75

mg/g, 经超高压处理后其果胶含量未发生显著变化 ( $p>0.05$ ), 而热处理后的果胶含量显著提高 ( $p<0.05$ ), 可能是因为高温促使黄皮原浆胞间或细胞壁中的果胶溶出, 导致热处理组的原浆含量升高, 张甫生等<sup>[29]</sup>也发现热处理能够使水溶性果胶含量明显升高, 与本实验结果一致; 贮藏 30 d 后, 热处理组果胶含量降低了 9.61%, 而超高压处理组降低了 2.94%, 表明超高压能更好的保留黄皮原浆中的果胶含量。

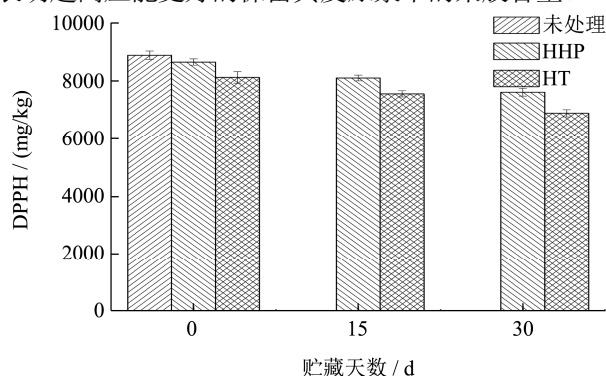


图1 超高压和热处理对黄皮原浆贮藏过程中抗氧化活性的影响

Fig.1 Effects of HHP and HT on antioxidant activity of wampee pulp during storage

### 2.3.5 黄皮原浆黏度变化

经超高压和热杀菌后, 黄皮原浆黏度与剪切速率的关系如图2所示, 初始时, 随着剪切速率的增大, 三组原浆的黏度均骤然下降, 之后随着剪切速率的不断增加, 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, 与未处理的黄皮原浆体系相比, 热处理组原浆黏度增加, 可能是热处理后黄皮原浆中果胶含量的增加导致这一结果。

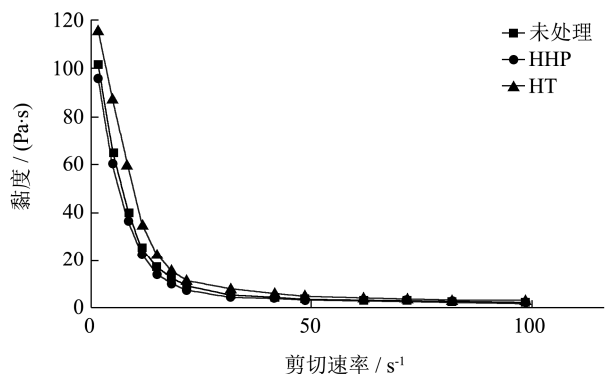


图2 黄皮原浆不同处理剪切速率与黏度的关系

Fig.2 Relationship between Shear rate and viscosity of wampee pulp treated with different treatments

## 3 结论

3.1 超高压和热处理后, 黄皮原浆中的微生物数量均符合国家标准, 贮藏 30 d 后, 超高压和热处理菌落总数分别为 67、43 CFU/mL, 均小于 100 CFU/mL; 超高压与热处理前后及贮藏期间, 黄皮原浆的 pH 值、TSS 和可滴定酸均无显著变化; 两种处理组的总酚、抗坏血酸、DPPH 自由基清除能力在贮藏期间均有所下降, 但超高压对黄皮原浆中总酚、总黄酮及 DPPH 的保留率均优于热处理。黄皮原浆中有机酸主要为酒石酸、苹果酸、柠檬酸, 且酒石酸含量最高。热处理可使原浆黏度增加, 超高压处理对原浆黏度无显著影响。

3.2 综上所述, 与热处理相比, 超高压处理组黄皮原浆的总酚、抗氧化性、和抗坏血酸等品质更佳, 在 4  $^{\circ}C$  贮藏一个月内, 黄皮超高压杀菌与 85  $^{\circ}C$  后杀菌 30 min 能力相当, 在低温短期贮藏条件下, 可采用超高压杀菌技术替代热杀菌技术。

## 参考文献

- [1] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 农业出版社, 1982:338-344  
YU De-jun. Taxonomy of Chinese Fruit Trees [M]. Agricultural Press, 1982: 338-344
- [2] 吴健华, 赵向阳. 无核黄皮的形成机理及主要品种[J]. 广西农业科学, 2004, 35(2): 116-117  
WU Jian-hua, ZHAO Xiang-yang. The formation mechanism and main varieties of seedless wampee [J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2004, 35(2): 116-117
- [3] 潘建平, 袁沛元, 曾杨, 等. 华南地区黄皮良种、生产现状与发展对策[J]. 广东农业科学, 2007, 1: 103-105  
PAN Jian-ping, YUAN Pei-yuan, ZENG Yang, et al. Improved varieties, production status and development countermeasures of wampee in south China [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2007, 1: 103-105
- [4] 刘传和, 陈杰忠, 李娟, 等. 广东黄皮生产现状及发展对策[J]. 柑桔与亚热带果树信息, 2005, 21(1): 16-17  
LIU Chuan-he, CHEN Jie-zhong, LI Juan, et al. Present situation and development countermeasures of wampee production in Guangdong [J]. Information on Citrus and Subtropical Fruit trees, 2005, 21(1): 16-17
- [5] FU Li, XU Bo-tao, XU Xiang-rong, et al. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 wild fruits from south China [J]. Molecules, 2010, 15(12): 8602
- [6] Prasad K N, XIE Hai-hui, HAO Jing, et al. Antioxidant and anticancer activities of 8-hydroxy-psoralen isolated from wampee [*Clausena lansium* (Lour) skeels] peel [J]. Food Chemistry, 2010, 118(1): 62-66

- [7] 陆育生,林志雄,曾扬,等.中国黄皮果树种质资源果实品质性状的多样性分析[J].分子植物育种,2015,13(2):317-330  
LU Yu-sheng, LIN Zhi-xiong, ZENG Yang, et al. Diversity analysis of fruit quality characters of Chinese wampee germplasm resources [J]. Molecular Plant Breeding, 2015 13(2): 317-330
- [8] 屈红霞,蒋跃明,李月标.黄皮耐贮性与果皮超微结构的研究[J].果树学报,2004,21(2):153-157  
QU Hong-xia, JIANG Yue-ming, LI Yue-biao. Studies on the storability of yellow peel and the ultrastructure of pericarp [J]. Journal of Fruit Trees, 2004, 21(2): 153-157
- [9] 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  
ZHAO Feng, MEI Xiao, ZHANG Yan, et al. Effects of ultra-high pressure and thermal sterilization on the quality of *Lycium barbarum* juice [J]. Chinese Journal of Food, 2018, 18(3): 169-178
- [10] 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  
JIANG Bing, LIU Feng-xia, SUN Tian, et al. Effect of ultra-high pressure and thermal sterilization on the quality of fresh carrot juice [J]. Journal of High Pressure Physics, 2014, 28(1): 120-128
- [11] 曹霞敏,毕秀芳,李仁杰,等.超高压和热杀菌对草莓汁及清汁品质的影响[J].高压物理学报,2014,28(5)  
CAO Xia-min, BI Xiu-fang, LI Ren-jie, et al. Effects of ultra-high pressure and thermal sterilization on the quality of cloudy and clear strawberry juice [J]. Journal of High pressure Physics, 2014, 28(5)
- [12] 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,2019,428(12):31-47  
YIN Xiao-cui, MA Kui, SU Fan, et al. Effects of ultra-high pressure and heat treatment on the quality of fermented pomegranate juice [J]. Food Industry Science and Technology, 2019, 428(12): 31-47
- [13] 崔艳敏,孟宪军,王铭悦,等.超高压技术在苹果汁加工中应用的研究进展[J].黑龙江八一农垦大学学报,2019,31(6):52-57  
CUI Yan-min, MENG Xian-jun, WANG Ming-yue, et al. Research progress on the application of ultra-high pressure technology in apple juice processing [J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, 2019, 31(6): 52-57
- [14] 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.GB 4789.2-2016,食品微生物学检验菌落总数测定[S]  
State Food and Drug Administration of the State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 4789.2-2016, Food Microbiological Examination Determination of the Total Number of Colonies [S]
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.GB 4789.15-2016,食品微生物学检验霉菌和酵母计数[S]  
National Health and Family Planning Commission of the people's Republic of China. GB 4789.15-2016, Microbiological Examination of Food Mold and Yeast Count [S]
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会.GBT 12456-2008,食品中总酸的测定[S]  
China National Standardization Administration of the State Administration of quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China. GBT 12456-2008, Determination of Total Acids in Foods [S]
- [17] Kwaw E, Ma Y, Tchabo W, et al. Effect of lactobacillus strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice [J]. Food Chemistry, 2018, 250(JUN.1): 148-154
- [18] 杨新周,郝志云,朱以常,等.白花蛇舌草不同溶剂和方法提取物的抗氧化活性[J].贵州农业科学,2014,42(2):43-45  
YANG Xin-zhou, HAO Zhi-yun, ZHU Yi-chang, et al. Antioxidant activity of extracts from *Hedyotis diffusa* by different solvents and methods [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2014, 42(2): 43-45
- [19] Blumenkrantz N, Asboe-hansen G. New method for quantitative determination of uronic acids [J]. Analytical Biochemistry, 1973, 54(2): 484-489
- [20] 朱敏,何书强,罗石荣,等.高效液相色谱法测定黄皮果实中的有机酸[J].中国农学通报,2016,34:187-192  
ZHU Min, HE Shu-qiang, LUO Shi-rong, et al. Determination of organic acids in wampee fruit by high performance liquid chromatography [J]. China Agricultural Bulletin, 2016, 34: 187-192
- [21] 曲宝妹.利用蓝莓发酵副产物制作低糖果酱的工艺研究[D].青岛:中国海洋大学,2014:20-24  
QU Bao-mei. Study on the technology of making low-sugar jam from blueberry fermentation by-products [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014: 20-24
- [22] Jordan S L, Pascual C, Bracey E, et al. Inactivation and injury of pressure-resistant strains of *Escherichia coli* O157 and *Listeria monocytogenes* in fruit juices [J]. Journal of Applied Microbiology, 2010, 91(3): 463-469

- [23] Marina M, De Ancosb, Pilar M 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
- [24] Landl A, Abadias M, Sarraga C, et al. Effect of high pressure processing on the quality of acidified granny smith apple puree product [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(4): 557-564
- [25] ZHAO Liang, WANG Si-yuan, LIU Feng-xia, et al. Comparing the effects of high hydrostatic pressure and thermal pasteurization combined with nisin on the quality of cucumber juice drinks [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 17: 27-36
- [26] Wanbg Fan, DU Bao-lei, CUI Zheng-wei. Effects of high hydrostatic pressure and thermal processing on bioactive compounds, antioxidant activity, and volatile profile of mulberry juice [J]. Food ence & Technology International, 2017, 23(2): 119
- [27] 赵俊芳,赵玉生.初探食品工业中的超高压灭菌技术[J].包装与食品机械,2006,24(5):27-30  
ZHAO Jun-fang, ZHAO Yu-sheng. Preliminary study on ultra-high pressure sterilization technology in food industry [J]. Packaging and Food Machinery, 2006, 24(5): 27-30
- [28] CHEN Dong, XI Hu-ping, GUO Xing-feng, et al. Comparative study of quality of cloudy pomegranate juice treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 19: 85-94
- [29] 张甫生.高静压保持黄桃罐头质地的相关机制研究[D].北京:中国农业大学,2011:54-76  
ZHANG Fu-sheng. Study on the mechanism of maintaining the texture of canned yellow peach under high static pressure [D]. Beijing: China Agricultural University, 2011: 54-76

## (上接第 137 页)

- [36] 马超,王如福,徐帆,等.不同处理对花菇贮藏品质及抗氧化酶活性的影响[J].食品工业科技,2020,41(10):271-276  
MA Chao, WANG Ru-fu, XU Fan, et al. Effects of different treatments on the quality and antioxidant enzyme activities of *Lentinus edodes* during storage [J]. Food Industry Science and Technology, 2020, 41(10): 271-276

## (上接第 161 页)

- [21] 乐大强.高大平房仓粮面压盖储粮试验[J].粮油仓储科技通讯,2015,31(5):28-30  
LE Da-qiang. Grain storage experiment with the cover of the grain surface in a tall and large warehouse [J]. Grain and Oil Storage Technology Newsletter, 2015, 31(5): 28-30
- [22] 许鹏.平房仓粮面冷气囊隔热系统的模拟研究[D].郑州:河南工业大学,2016  
XU Peng. The simulation of double-layer membrane technology in the granary temperature control [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016
- [23] LS/T 1203-2002,粮情测控系统[S]  
LS/T 1203-2002, Measurement and Control System for Condition of Stored-grain [S]
- [24] GB/T 29890-2013,粮油储藏技术规范[S]  
GB/T 29890-2013, Technical Criterion for Grain and Oil-seeds Storage [S]
- [25] GB 21455-2019,房间空气调节器能效限定值及能效等级[S]  
GB 21455-2019, Minimum Allowable Values of the Energy Efficiency and Energy Efficiency Grades for Room Air Conditioners [S]
- [26] 河南省发展和改革委员会.关于2019年第二次降低工商业及其他用户单一制电价的通知[Z].2019  
Henan Provincial Development and Reform Commission. Notice on the second reduction of unitary electricity prices for industrial, commercial and other users in 2019 [Z]. 2019