

段腊梅, 黄威, 纪秀凤, 等. NFC 南果梨黄秋葵复合汁配方优化及杀菌方式对其品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(12): 145-150. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080114

DUAN Lamei, HUANG Wei, JI Xiufeng, et al. Optimization of Formulation of NFC Nanguo Pear and Okra Compound Juice and Effects of Different Sterilization Treatments on the Quality of Juices[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(12): 145-150. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080114

· 工艺技术 ·

# NFC 南果梨黄秋葵复合汁配方优化及 杀菌方式对其品质的影响

段腊梅<sup>1</sup>, 黄威<sup>2</sup>, 纪秀凤<sup>1</sup>, 王新明<sup>1</sup>, 王妍惠<sup>1</sup>, 于泳渤<sup>1</sup>, 于懿<sup>1</sup>, 吕长鑫<sup>1,\*</sup>

(1.渤海大学食品科学与工程学院, 辽宁省食品安全重点实验室, 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.辽宁辉山乳业集团有限公司, 辽宁沈阳 110168)

**摘要:**以南果梨和黄秋葵为主要原料制作南果梨黄秋葵非浓缩还原汁 (Not From Concentrate, NFC), 以感官评分为指标通过单因素和正交试验优化 NFC 南果梨黄秋葵复合汁配方, 并研究巴氏、微波和超高压三种杀菌方式对复合汁杀菌效果、理化性质和风味的影响。结果表明: 南果梨汁与黄秋葵以质量比 15:1 榨汁复合后, 按南果梨和黄秋葵复合汁含量 93.98%、白砂糖添加量 6% 和柠檬酸添加量 0.02% 进行复配, 感官评分最高为 89.4。三种杀菌方式处理后复合汁均达到商业无菌状态。与未杀菌样品相比, 微波和巴氏杀菌复合汁总酸含量和自由基清除率发生显著下降 ( $P<0.05$ ), pH、非酶褐变指数、苦味和涩味显著上升 ( $P<0.05$ ); 微波和超高压处理后复合汁可溶性固形物含量显著上升 ( $P<0.05$ ); 超高压处理后复合汁总酸含量、苦味和涩味显著下降 ( $P<0.05$ )。与其他两种杀菌方式相比, 超高压杀菌的复合汁  $\Delta E$  变化最小, 为  $4.26\pm 0.12$ , DPPH 自由基和羟自由基清除率最大分别为  $78.79\%\pm 0.37\%$  和  $68.84\%\pm 0.42\%$ , 较好保持了复合汁色泽和抗氧化性。

**关键词:** 南果梨, 黄秋葵, 杀菌, 电子舌

中图分类号: TS255.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2021)12-0145-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020080114

## Optimization of Formulation of NFC Nanguo Pear and Okra Compound Juice and Effects of Different Sterilization Treatments on the Quality of Juices

DUAN Lamei<sup>1</sup>, HUANG Wei<sup>2</sup>, JI Xiufeng<sup>1</sup>, WANG Xinming<sup>1</sup>, WANG Yanhui<sup>1</sup>,  
YU Yongbo<sup>1</sup>, YU Yi<sup>1</sup>, LV Changxin<sup>1,\*</sup>

(1. Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Food Safety Key Lab of  
Liaoning Province, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, College of Food Science and  
Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China;

2. Liaoning Huishan Dairy Holdings Co., Ltd., Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Nanguo pear and okra were used as the main raw materials to produce NFC. The sensory quality were used as evaluation indicators, the formulation of juice was optimized by single factor experiments and orthogonal test. The three different sterilization methods, pasteurization, microwave sterilization and ultra high pressure sterilization were compared, and the changes of microbial, physicochemical properties and flavour was researched. The results showed that, the optimum formulation of juice was as that: The content of Nanguo pear and okra in juice was 93.98%, the mass ratio of Nanguo pear juice to okra was 15:1, the amount of sugar was 6%, and citric acid was 0.02%, and the sensory score was the highest 89.4.

收稿日期: 2020-08-13

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划专项 (2017YFD0400704); 辽宁省科学技术计划项目——喀左县食品加工省级科技特派团 (2020JH5/10100002)。

作者简介: 段腊梅 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏研究, E-mail: dlm9512@163.com。

\* 通信作者: 吕长鑫 (1965-), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 果蔬贮藏加工与食品资源开发, E-mail: lvchangxin6666@163.com。

After sterilized, the juice were commercial sterility. Compared with the unsterilized juice, the total acid and free radical scavenging rate by pasteurization and microwave sterilization were significantly decreased ( $P<0.05$ ), the value of pH, non-enzymatic browning index, the bitterness and astringency were significantly increased, and the soluble solid content of juice by microwave and ultra high pressure terilized increased ( $P<0.05$ ), the total acid and the bitterness and astringency by ultra high pressure terilized significantly decreased ( $P<0.05$ ). Compared with the other methods, the  $\Delta E$  of the juice by ultra high pressure treatment had minimum change was  $4.26\pm 0.12$ , and the scavenging rates of DPPH and  $\cdot\text{OH}$  were  $78.79\%\pm 0.37\%$  and  $68.84\%\pm 0.42\%$ , respectively, which was higher than the other methods significantly. Taken together, ultra high pressure sterilization could maintain the color and antioxidant properties of Nanguo pear and okra juices.

**Key words:** nanguo pears; okra; sterilization; electronic tongue

南果梨是蔷薇科(Rosaceae)梨亚科(Pomoideae)梨属(*Pyrus*)中的秋子梨(*Pyrus ussuriensis* Maxim.),盛产于辽宁鞍山和北镇等地<sup>[1-2]</sup>。南果梨酸甜多汁、酒香浓郁、口感细腻<sup>[3-4]</sup>,含有多种人体必需氨基酸、37种微量元素、脂肪酸、超氧化物歧化酶和芳香类等物质,有“梨中之王”美称<sup>[5-7]</sup>。但南果梨属呼吸跃变型水果<sup>[8]</sup>,易发生腐烂而影响品质及价值,对其进行深加工是解决问题的重要途径。黄秋葵为锦葵科(Malvaceae)秋葵属(*Abelmoschus* Medic)<sup>[9-10]</sup>,是一种高营养价值和保健功能的新型蔬菜,含有黏性多糖、 $V_C$ 、黄酮和微量元素等<sup>[11]</sup>,有健胃整肠、防癌抗癌、预防心血管疾病等功效<sup>[12-14]</sup>。除鲜食外,黄秋葵还可被制成果干、功能型饮料和罐头等,具有广阔的市场前景。

近年来,随着人们健康意识不断增强,消费者对果汁的偏好逐渐由低浓度果汁饮料向中高浓度果汁转移<sup>[15]</sup>。其中,NFC果汁更以其新鲜、天然、安全而深受消费者喜爱<sup>[16-17]</sup>。将南国梨和黄秋葵混合调配制成NFC复合汁,不仅使其营养更加丰富,同时也满足了消费者对于食品多样化的需求。杀菌是果蔬加工中保证果汁稳定和货架期的重要步骤,分为热杀菌和非热杀菌,目前食品工业中广泛应用的是热杀菌<sup>[18]</sup>,但是热杀菌极易容易破坏果汁中的活性成分,对果汁的风味造成影响。非热杀菌技术在处理过程中温度相对低,可以很好地保留果汁中的活性成分,可以满足人们对高营养食品的追求<sup>[19]</sup>。因此,本研究对NFC南果梨黄秋葵复合汁配方进行优化,分析热杀菌与常见的几种非热杀菌方式对复合汁微生物指标、理化指标、色泽和抗氧化性的影响,并利用电子舌检测技术分析对复合汁风味的影响,为其深加工提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

南果梨 辽宁省北镇市;黄秋葵,白砂糖 锦州万维超市;维生素C、无水柠檬酸、D-异抗坏血酸钠 食品级,河南乐泰食品有限公司;果胶酶、纤维素酶 英博生物科技有限公司; $\alpha$ -淀粉酶 宁夏和氏璧生物技术有限公司; $\text{FeSO}_4$ 、水杨酸、酚酞、无水乙醇、邻苯二甲酸氢钾、氯化钠、氯化钾、酒石酸、过氧化氢 分析纯,天津市大茂化学试剂厂。

SA402B型味觉分析系统 日本INSENT公司;5804R型号冷冻离心机 德国艾本德公司;HPPL2-600/0.6超高压设备 天津华泰森森有限公司;UV-2700紫外可见分光光度计 日本SHIMADZU公司;CR-400色差仪 日本KONICA MINOLTA公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 NFC南果梨黄秋葵复合汁加工工艺

南果梨汁 $\leftarrow$ 离心 $\leftarrow$ 粗滤 $\leftarrow$ 酶解 $\leftarrow$ 榨汁 $\leftarrow$ 护色 $\leftarrow$ 切块 $\leftarrow$ 南果梨  
↓  
黄秋葵 $\rightarrow$ 挑选 $\rightarrow$ 烫煮 $\rightarrow$ 打浆 $\rightarrow$ 酶解 $\rightarrow$ 灭酶 $\rightarrow$ 粗滤 $\rightarrow$ 离心 $\rightarrow$ 调配 $\rightarrow$ 灌装 $\rightarrow$ 杀菌 $\rightarrow$ 成品

挑选无腐烂变质南果梨,洗净后去皮切块浸泡于以0.5%维生素C、0.4%D-异抗坏血酸钠和0.2%柠檬酸配制的溶液中30min,于高速组织捣碎机中处理得到南果梨浆,在南果梨浆中以3:1的比例加入0.15%的果胶酶和纤维素酶,于50℃酶解2h后80℃灭酶5min,经粗滤后在4℃、7500r/min的条件下离心10min,取上清液获得NFC南果梨汁。

挑选无损伤无霉变的优质黄秋葵,清洗切块后于沸水中烫煮1min,捞出沥干,以一定质量比与南果梨汁混合于高速组织捣碎机中制得果浆,加入质量分数0.05%的 $\alpha$ -淀粉酶、0.05%果胶酶和0.02%纤维素酶,55℃酶解2h后80℃灭酶5min,经粗滤后于4℃、6000r/min离心10min,取上清液,以复合汁质量为基准加入一定量的白砂糖和柠檬酸进行调配优化配方,灌装后进行巴氏杀菌得到成品。

#### 1.2.2 NFC南果梨黄秋葵复合汁配方优化试验

1.2.2.1 配方优化单因素实验 在预实验基础上,以感官评分为指标,对以下三个因素进行单因素实验,根据感官评分确定复合汁最优配方。固定白砂糖添加量6%,柠檬酸添加量0.02%,考察榨汁时南果梨汁黄秋葵质量比11:1、13:1、15:1、17:1、19:1对感官评分影响;固定南果梨汁黄秋葵质量比15:1,柠檬酸添加量0.02%,考察白砂糖添加量2%、4%、6%、8%、10%对感官评分影响;固定南果梨汁黄秋葵质量比15:1,白砂糖添加量6%,考察柠檬酸添加量0.010%、0.015%、0.020%、0.025%、0.030%对感官评分影响。

1.2.2.2 正交试验优化配方 根据单因素实验结果,设计 $L_9(3^4)$ 正交试验确定NFC南果梨黄秋葵复合汁最佳配方,见表1。

表 1 正交试验因素水平设计  
Table 1 Design of factors and levels of orthogonal test

| 水平 | 因素    |             |             |
|----|-------|-------------|-------------|
|    | A-质量比 | B-白砂糖添加量(%) | C-柠檬酸添加量(%) |
| 1  | 13:1  | 4           | 0.020       |
| 2  | 15:1  | 6           | 0.025       |
| 3  | 17:1  | 8           | 0.030       |

1.2.2.3 感官评定标准 从以下 4 个方面对 NFC 南果梨黄秋葵复合汁进行感官评定, 评定标准见表 2。

表 2 NFC 南果梨-黄秋葵复合汁评定标准  
Table 2 Standard for evaluation of compound juice made from Nanguo pear and okra

| 色泽(20分)        | 香气(30分)             | 组织状态(20分)        | 风味(30分)             |
|----------------|---------------------|------------------|---------------------|
| 黄绿色<br>(18~20) | 香气怡人、协调<br>(26~30)  | 均匀无分层<br>(18~20) | 风味独特酸甜可口<br>(26~30) |
| 黄色<br>(15~17)  | 香气协调不柔和<br>(21~25)  | 有些许分层<br>(15~17) | 酸甜比例适中<br>(21~25)   |
| 浅褐色<br>(10~14) | 不柔和, 有异味<br>(16~20) | 有较多分层<br>(10~14) | 酸甜比例不合适<br>(16~20)  |
| 深褐色<br>(<10)   | 不协调, 异味严重<br>(<16)  | 分层严重<br>(<10)    | 酸甜比例严重失调<br>(<16)   |

1.2.3 杀菌处理及指标测定方法

1.2.3.1 杀菌方法 采用已优化的三种杀菌方法对同一批复合汁进行如下处理, 每个样品的处理量为 500 mL。巴氏杀菌: 75 ℃ 排气 5 min, 密封后 90 ℃ 杀菌 10 min; 微波杀菌<sup>[18]</sup>: 功率 750 W, 处理时间 120 s; 超高压杀菌<sup>[1]</sup>: 压强 350 MPa 处理 15 min; 未杀菌处理复合汁为空白对照。

1.2.3.2 微生物检测 按照 GB 4789.2-2016 测定菌落总数; 按照 GB 4789.15-2016 测定霉菌、酵母菌。

1.2.3.3 理化指标及测定方法 可溶性固形物含量 (Soluble Solids Content, SSC): 采用数字折光仪进行测定。总酸测定: 按照 GB/T 12456-2008, 采用酸碱滴定法进行测定, 以柠檬酸当量计。pH 值: 采用 pH 计测定。非酶褐变指数: 参照 Cohen 等<sup>[20]</sup> 的方法, 将样品与无水乙醇以体积 1:1 混匀, 3500 r/min 下离心 30 min, 取上清液于 420 nm 处测定其吸光度值。

1.2.3.4 色差测定 采用色差仪对复合汁 L\*、a\*、b\* 值进行测定。总色差 ΔE 计算见公式(1):

$$\Delta E = \left[ (L_i^* - L_0^*)^2 + (a_i^* - a_0^*)^2 + (b_i^* - b_0^*)^2 \right]^{1/2}$$
 式 (1)

式中:  $L_i^*$ 、 $a_i^*$  和  $b_i^*$  表示杀菌处理的样品测定值;  $L_0^*$ 、 $a_0^*$  和  $b_0^*$  表示空白对照测定值。

1.2.3.5 电子舌测定 采用电子舌检测系统对样品进行味觉分析, 味觉传感器由 5 个测试传感器和 2 个参考传感器组成。其中, 5 个测试传感器为 AAE、CTO、CAO、COO 和 AE1, 分别代表鲜、咸、酸、苦和涩味<sup>[21-22]</sup>。将样品稀释 20 倍, 量取 35 mL 置于自动进样器的测试杯中, 采用清洗溶液和样本交替检测

序列进行测定, 每个样品用传感器采集 120 s, 各测 4 次, 为减少系统误差, 取后 3 次采集的数据求均值用于分析。

1.2.3.6 DPPH 自由基清除能力 参照文献 [23-24] 方法。向试管内加入 2 mL 0.1 mmol/L DPPH 乙醇溶液和 2 mL 样品混匀, 避光反应 30 min, 517 nm 处测吸光度  $A_1$ ; 以等体积无水乙醇取代样品原液, 测吸光度  $A_2$ ; 用等体积无水乙醇取代 DPPH 溶液, 测吸光度  $A_3$ 。自由基清除率计算见公式(2):

$$\text{DPPH自由基清除率}(\%) = \left( 1 - \frac{A_1 - A_3}{A_2} \right) \times 100$$
 式 (2)

1.2.3.7 羟自由基清除能力 参照文献 [25-26] 方法。在反应体系中依次加入 1 mL 10 mmol/L 的  $\text{FeSO}_4$  溶液、1 mL 10 mmol/L 的水杨酸溶液、1 mL 样品溶液和 1 mL 8.8 mmol/L 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液, 37 ℃ 避光反应 30 min, 在 510 nm 处测量吸光度值  $A_1$ ; 用等体积的蒸馏水代替样品溶液, 测量吸光度值  $A_0$ ; 用等体积的蒸馏水代替  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液, 测量吸光度值  $A_2$ 。自由基清除率计算见公式(3):

$$\text{羟自由基清除率}(\%) = \left( 1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0} \right) \times 100$$
 式 (3)

1.3 数据分析

每个实验处理重复 3 次, 以“平均值±标准差”表示, 采用 Microsoft Word 2010 软件进行绘图, 所有数据采用 SPSS 19.0 统计软件进行显著性分析, 显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 南果梨汁黄秋葵质量比对复合汁感官评分影响 由图 1 所示, 当南果梨汁黄秋葵质量比在 15:1 时感官评分最高, 此时南果梨和黄秋葵味道协调, 风味好, 颜色鲜亮。当质量比小于 15:1 时, 黄秋葵味突出, 掩盖了南果梨香味, 产品粘稠, 口感不佳; 当

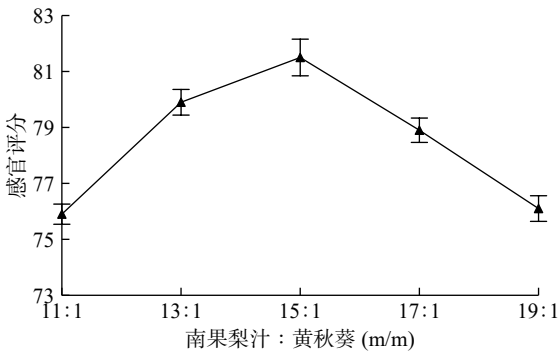


图 1 质量比对复合汁感官评分的影响  
Fig.1 Effect of different raw material ratio on beverage sense scores



南果梨黄秋葵质量比大于 15:1 时,黄秋葵风味偏弱。综合分析,确定南果梨汁黄秋葵质量比为 15:1。

**2.1.2 白砂糖添加量对复合汁感官评分影响** 由图 2 所示,白砂糖添加量为 6% 时,复合汁感官评分达到最高。当白砂糖添加量小于 6% 时,复合汁甜度低,风味寡淡;当白砂糖添加量大于 6% 时,复合汁风味过甜,掩盖了黄秋葵的特有风味,评分随之降低。综合分析,确定白砂糖添加量为 6%。

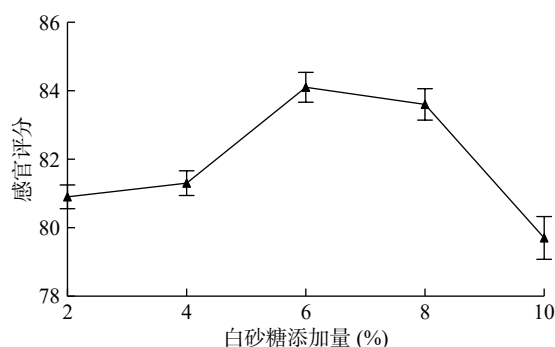


图 2 白砂糖添加量对复合汁感官评分的影响

Fig.2 Effect of different addition of sugar beverage sense scores

**2.1.3 柠檬酸添加量对复合汁感官评分影响** 由图 3 可知,在柠檬酸添加量在 0.01%~0.025% 之间时,复合汁随柠檬酸的加入甜酸比例逐渐适宜,风味逐渐协调。当柠檬酸含量高于 0.025% 时,口味过酸,掩盖了原有的风味,难以下咽。综合分析,确定柠檬酸添加量为 0.025%。

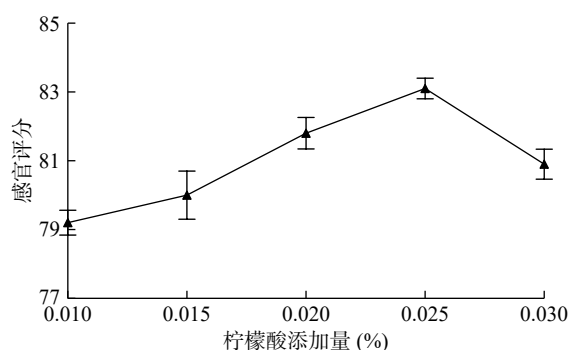


图 3 柠檬酸添加量对复合汁感官评分的影响

Fig.3 Effect of different addition of citric acid on beverage sense scores

## 2.2 正交试验结果

在单因素实验基础上进行  $L_9(3^4)$  正交试验,正交试验结果如表 3 所示,表 4 为方差分析结果。

由表 3 正交试验结果与极差分析可知,南果梨汁黄秋葵质量比对复合汁感官评分影响最大,复合汁的最佳配方为  $A_2B_2C_1$ 。从表 4 方差分析可知,南果梨汁黄秋葵质量比和白砂糖添加量对产品感官品质均有显著影响( $P < 0.05$ )。按照最佳配方组合进行验证试验,感官评定平均分为 89.4,高于正交试验中的最高分 88.0。因此,最终确定南果梨黄秋葵复合汁

表 3 正交试验结果

Table 3 Results of orthogonal experiment

| 实验号   | 因素水平  |       |       |       | 感官评分(分) |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|       | A     | B     | C     | D(空列) |         |
| 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 84.3    |
| 2     | 1     | 2     | 2     | 2     | 86.0    |
| 3     | 1     | 3     | 3     | 3     | 85.1    |
| 4     | 2     | 1     | 2     | 3     | 84.0    |
| 5     | 2     | 2     | 3     | 1     | 87.6    |
| 6     | 2     | 3     | 1     | 2     | 88.0    |
| 7     | 3     | 1     | 3     | 2     | 77.8    |
| 8     | 3     | 2     | 1     | 3     | 84.8    |
| 9     | 3     | 3     | 2     | 1     | 80.3    |
| $k_1$ | 85.13 | 82.03 | 85.70 | 84.07 |         |
| $k_2$ | 86.53 | 86.13 | 83.43 | 83.93 |         |
| $k_3$ | 80.97 | 84.47 | 83.50 | 84.63 |         |
| R     | 5.56  | 4.10  | 2.27  | 0.70  |         |

表 4 正交试验方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis of orthogonal experiment

| 方差来源  | 离差平方和   | 自由度 | 均方      | F值       |
|-------|---------|-----|---------|----------|
| A     | 50.3089 | 2   | 25.1544 | 60.6944* |
| B     | 25.5089 | 2   | 12.7544 | 30.7748* |
| C     | 9.9822  | 2   | 4.9911  | 12.0429  |
| D(空列) | 0.8289  | 2   | 0.4144  |          |
| 总和    | 87.4579 | 8   |         |          |

最佳配方组合为  $A_2B_2C_1$ ,即南果梨汁与黄秋葵以 15:1 的质量比榨汁,复合汁中南果梨汁和黄秋葵汁含量为 93.98%,白砂糖和柠檬酸添加量分别为 6% 和 0.02%。

## 2.3 杀菌方式对复合汁微生物指标的影响

经测定并比较三种杀菌方法以及未经杀菌的复合汁微生物指标,结果由表 5 所示,未经杀菌的复合汁菌落总数多达 46000 CFU/mL,三种杀菌方式处理后样品均未检测到霉菌和酵母菌;巴氏杀菌和微波处理的样品未检测出菌落总数,超高压处理样品菌落总数为 50 CFU/mL。结果表明,三种杀菌方式均可达到商业无菌要求( $\leq 100$  CFU/mL)。

表 5 杀菌方式对复合汁微生物的影响

Table 5 Effect of different sterilization methods on sterilization effect

| 微生物指标          | 未杀菌   | 巴氏杀菌 | 微波杀菌 | 超高压杀菌 |
|----------------|-------|------|------|-------|
| 菌落总数(CFU/mL)   | 46000 | ND   | ND   | 50    |
| 霉菌和酵母菌(CFU/mL) | 26500 | ND   | ND   | ND    |

注:ND表示未检出。

## 2.4 杀菌方式对复合汁理化性质的影响

**2.4.1 杀菌方式对复合汁 pH、可溶性固形物含量和总酸的影响** 由表 6 可知,与未杀菌处理样品相比,经微波和超高压处理的复合汁可溶性固形物含量出现了较为显著的上升,这可能是因为微波和超高压使复合汁微粒破碎,蛋白质等大分子物质溶出,从而增加了可溶性固形物含量<sup>[27]</sup>。不同杀菌处理后,复合汁

的总酸含量均发生显著下降( $P<0.05$ ), pH 上升, 两者变化趋势一致。冀晓龙等<sup>[18]</sup>对微波、超高压和巴氏杀菌处理的梨枣汁的可滴定酸进行研究, 结果表明其含量均发生不同程度下降, 这与本实验结果相一致。

表 6 杀菌方式对复合汁 pH、可溶性固性物含量、总酸和非酶褐变指数的影响

Table 6 Effect of different sterilization methods on pH, soluble solids, total acid and non enzymatic browning degree of beverage

| 处理    | pH                      | SSC(%)                  | 总酸(g/L)                | 非酶褐变指数                  |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 未杀菌   | 3.52±0.02 <sup>b</sup>  | 16.40±0.04 <sup>c</sup> | 4.87±0.11 <sup>a</sup> | 0.447±0.02 <sup>c</sup> |
| 巴氏杀菌  | 3.57±0.06 <sup>a</sup>  | 16.40±0.05 <sup>c</sup> | 4.62±0.03 <sup>d</sup> | 0.514±0.08 <sup>b</sup> |
| 微波杀菌  | 3.55±0.10 <sup>ab</sup> | 19.00±0.01 <sup>a</sup> | 4.71±0.06 <sup>c</sup> | 0.659±0.10 <sup>a</sup> |
| 超高压杀菌 | 3.52±0.03 <sup>b</sup>  | 17.07±0.04 <sup>b</sup> | 4.80±0.07 <sup>b</sup> | 0.474±0.09 <sup>c</sup> |

注: 不同小写字母代表不同处理方法之间差异显著( $P<0.05$ )。

2.4.2 杀菌方式对复合汁非酶褐变指数的影响 如表 6 所示, 与未杀菌复合汁相比, 超高压杀菌处理对复合汁非酶褐变指数没有发生显著影响; 巴氏杀菌和微波杀菌处理的非酶褐变指数显著增加( $P<0.05$ )。在 90~110 ℃ 时, 非酶褐变指数是评价果汁质量最有效的标准, 而热处理过程中的非酶褐变, 主要是由抗坏血酸的降解引起的<sup>[28]</sup>。抗坏血酸的氧化和降解可产生呋喃类化合物、内酯、酸、3-羟基-2-吡酮、糠醛、不饱和羰基等产物, 这些降解产物可与氨基化合物反应生成棕色色素, 降低复合汁品质。

2.5 杀菌方式对复合汁色差的影响

不同杀菌方式对复合汁色差的影响如表 7 所示。与对照样相比, 三种不同杀菌方式使复合汁的  $L^*$  值发生了不同程度的降低, 且巴氏杀菌和微波杀菌降低效果更为明显, 说明其样品发生的褐变程度较高。 $a^*$  值代表红绿色度, 微波和超高压处理对  $a^*$  值没有显著影响, 巴氏杀菌处理的复合汁  $a^*$  值升高, 表明复合汁红色加深。 $b^*$  值代表黄蓝色度, 与未杀菌样品相比, 巴氏杀菌和微波杀菌的样品  $b^*$  值无显著性差异。 $\Delta E$  表示复合汁的色泽变化程度, 其值在 0~0.5、0.5~1.5、1.5~3.0 内分别代表颜色变化不显著、较显著、显著<sup>[29]</sup>。所有杀菌处理组的  $\Delta E$  均大于 3.0, 说明复合汁均发生了显著褐变, 其中超高压处理的复合汁颜色变化最小。巴氏杀菌和微波杀菌过程中, 产生了热效应, 还原糖与氨基酸等反应生成了类黑色素, 导致褐变的发生。复合汁中含有多酚氧化酶, 它是引起果汁颜色褐变一类重要的内源酶, 可使单酚羟基转化为邻苯二醌, 催化邻苯二醌氧化为醌类物质, 形成黑

表 7 杀菌方式对复合汁色差的影响  
Table 7 Effect of different sterilization methods on color of beverage

| 处理    | $L^*$                   | $a^*$                   | $b^*$                   | $\Delta E$             |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 未杀菌   | 33.30±0.10 <sup>a</sup> | -3.40±0.15 <sup>b</sup> | 10.23±0.13 <sup>a</sup> | —                      |
| 巴氏杀菌  | 28.94±0.13 <sup>c</sup> | -3.16±0.12 <sup>a</sup> | 10.08±0.13 <sup>a</sup> | 4.37±0.15 <sup>b</sup> |
| 微波杀菌  | 28.66±0.29 <sup>c</sup> | -3.54±0.01 <sup>b</sup> | 10.03±0.10 <sup>a</sup> | 4.65±0.27 <sup>a</sup> |
| 超高压杀菌 | 29.39±0.12 <sup>b</sup> | -3.48±0.04 <sup>b</sup> | 8.53±0.06 <sup>b</sup>  | 4.26±0.12 <sup>c</sup> |

色素<sup>[30]</sup>, 导致复合汁褐变, 而超高压处理可以较好地钝化多酚氧化酶的活性<sup>[31]</sup>, 减缓褐变反应的发生。综合分析, 超高压处理能更好的保持复合汁色泽。

2.6 杀菌方式对复合汁味觉指标的影响

由表 8 可知, 不同杀菌方式对复合汁的酸味、苦味和涩味影响较为显著( $P<0.05$ )。不同处理的复合汁酸味发生了不同程度下降, 这与总酸含量变化趋势是一致的; 与未杀菌样品相比, 微波和巴氏杀菌处理的复合汁苦味显著上升( $P<0.05$ ), 这可能是因为复合汁中的蛋白质在加热过程中水解成小分子的肽类, 而这些低聚肽多具有苦味<sup>[32]</sup>, 使热杀菌处理的复合汁苦味增加。综合分析, 超高压处理的复合汁苦味和涩味下降, 更符合消费者的喜好。

2.7 杀菌方式对复合汁自由基清除能力的影响

三种杀菌方式对复合汁自由基清除率的影响如图 4 所示。超高压处理对复合汁 DPPH 自由基清除率较对照样无显著差异, 巴氏杀菌和微波处理使其抗氧化活性降低, 其降低幅度分别为 17.43% 和 15.63%。超高压、微波和巴氏杀菌处理对复合汁羟自由基清除率有显著差异( $P<0.05$ ), 其中巴氏杀菌自由基清除

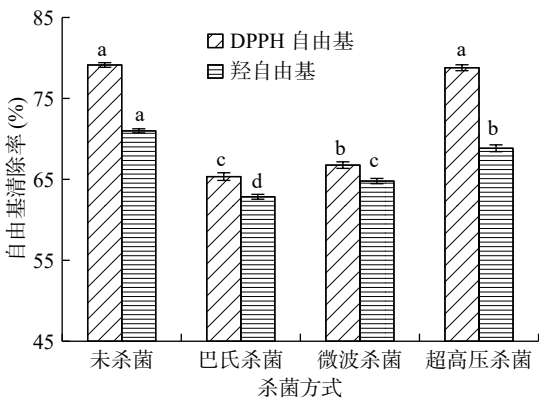


图 4 杀菌方式对复合汁自由基清除能力的影响  
Fig.4 Effects of different sterilization methods on antioxidant capacity of beverage

表 8 基于电子舌的不用杀菌处理样品的滋味变化

Table 8 Taste changes of different sterilization samples based on electronic tongue

| 处理    | 酸味                     | 苦味                     | 涩味                     | 苦味回味                   | 涩味回味                   | 鲜味                     | 丰富度                    | 咸味                       |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 未杀菌   | 1.04±0.00 <sup>a</sup> | 5.19±0.00 <sup>c</sup> | 1.16±0.00 <sup>b</sup> | 0.35±0.00 <sup>c</sup> | 0.34±0.00 <sup>b</sup> | 0.64±0.00 <sup>a</sup> | 1.23±0.00 <sup>a</sup> | -15.00±0.00 <sup>b</sup> |
| 巴氏杀菌  | 0.37±0.00 <sup>d</sup> | 5.43±0.01 <sup>a</sup> | 1.13±0.03 <sup>c</sup> | 0.41±0.02 <sup>a</sup> | 0.34±0.01 <sup>b</sup> | 0.60±0.00 <sup>b</sup> | 1.23±0.03 <sup>a</sup> | -15.23±0.03 <sup>c</sup> |
| 微波杀菌  | 0.77±0.01 <sup>c</sup> | 5.34±0.03 <sup>b</sup> | 1.24±0.02 <sup>a</sup> | 0.39±0.00 <sup>b</sup> | 0.38±0.01 <sup>a</sup> | 0.61±0.01 <sup>b</sup> | 1.22±0.02 <sup>a</sup> | -14.39±0.07 <sup>a</sup> |
| 超高压杀菌 | 0.82±0.00 <sup>b</sup> | 5.15±0.01 <sup>d</sup> | 1.09±0.01 <sup>d</sup> | 0.36±0.02 <sup>c</sup> | 0.33±0.00 <sup>b</sup> | 0.63±0.01 <sup>a</sup> | 1.23±0.01 <sup>a</sup> | -15.24±0.04 <sup>c</sup> |

率最低。果汁在热处理过程中,多酚氧化聚合,  $V_C$  发生氧化降解,不仅降低了复合汁自由基清除能力,还生成黑色物质,导致果汁褐变;而超高压处理属非热杀菌,且处理过程中复合汁微粒破裂促进了复合汁中一些抗氧化物质如带酚羟基的氨基酸的溶出<sup>[33]</sup>,使其保持了较好抗氧化性。

### 3 结论

本实验以南果梨与黄秋葵为原料,通过正交试验,确定了南果梨汁与黄秋葵以 15:1 的质量比榨汁进行复合,按南果梨和黄秋葵汁复合含量 93.98%,白砂糖和柠檬酸添加量分别为 6% 和 0.02% 进行调配时,风味最佳。采用三种杀菌方式处理复合汁均可以保证商业无菌要求,超高压处理复合汁的色泽、风味和抗氧化性均优于微波处理和巴氏杀菌,保持了复合汁感官品质,是适合南果梨黄秋葵复合汁的一种杀菌方式,为其应用于果蔬汁工业化生产提供了理论基础和实际指导。然而,在探究过程中也发现,虽然超高压杀菌可保持复合汁原有品质,但在相同条件下贮藏时,其早于巴氏杀菌复合汁发生变质,故还需进一步研究。

### 参考文献

- [1] 吕长鑫,刘苏苏,李萌萌,等.超高压处理对南果梨汁杀菌效果及品质的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(6):117-122.
- [2] Shi F, Zhou X, Zhou Q, et al. Membrane lipid metabolism changes and aroma ester loss in low-temperature stored Nanguo pears[J]. Food Chemistry, 2017, 245(15): 446-453.
- [3] Cheng S, Wei B, Zhou Q, et al. 1-Methylcyclopropene alleviates chilling injury by regulating energy metabolism and fatty acid content in Nanguo pears[J]. Postharvest Biology & Technology, 2015, 109: 130-136.
- [4] Wang J, Jiang Y, Li G, et al. Effect of low temperature storage on energy and lipid metabolisms accompanying peel browning of Nanguo pears during shelf life[J]. Postharvest Biology & Technology, 2018, 139: 75-81.
- [5] 庄晓虹.南果梨中营养成分与芳香物质的研究[D].沈阳:东北大学,2003.
- [6] 梁婷,王蕊,张冬梅,等.响应面法优化低糖南果梨果酱的配方[J].中国酿造,2019,38(4):203-207.
- [7] Zhang L, Wang J W, Chen J Y, et al. Preharvest spraying calcium ameliorated aroma weakening and kept higher aroma-related genes expression level in postharvest Nanguo pears after long-term refrigerated storage[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 247: 287-295.
- [8] 吴震,别小妹,王和福.南果梨果实后熟过程生理生化变化的研究[J].沈阳农业大学学报,1997(2):33-37.
- [9] 郭淑,田硕,程安玮,等.酶解黄秋葵籽蛋白制备抗氧化肽的工艺优化[J].食品研究与开发,2018,39(24):91-97.
- [10] 龚霄,姜永超,周伟,等.黄秋葵研究进展及其应用[J].食品工业科技,2018,39(23):329-333.
- [11] 周彦强,吴光斌,陈发河. PMP 柱前衍生化 HPLC 法测定黄秋葵多糖的单糖组成[J].食品科学,2019,40(4):266-271.
- [12] Zhang W J, Xiang Q F, Zhao J, et al. Purification, structural elucidation and physicochemical properties of a polysaccharide from *Abelmoschus esculentus* L (okra) flowers[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 155: 740-750.
- [13] 薛志忠,刘思雨,杨雅华.黄秋葵的应用价值与开发利用研究进展[J].保鲜与加工,2013,13(2):58-60.
- [14] Islam M T. Phytochemical information and pharmacological activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*): A literature based review[J]. Phytotherapy research: PTR, 2019, 33(1): 72-80.
- [15] 夏枫杰,张莹莹.中国居民“100%复合汁饮料”消费需求分析[J].农村经济与科技,2017,28(11):132-134.
- [16] 邓红,刘旻昊,马婧,等. UHP 与 HTST 杀菌处理的猕猴桃 NFC 果汁贮藏期品质变化[J].食品工业科技,2020,41(9):269-277,296.
- [17] 易俊洁,周林燕,蔡圣宝,等.非浓缩还原革复合汁加工技术研究进展[J].食品工业科技,2019,40(16):336-342,348.
- [18] 冀晓龙,王猛,李环宇,等.不同杀菌方式对梨枣汁杀菌效果及理化性质的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(4):91-95.
- [19] 白妍,葛雨婷,向迎春,等.非热杀菌技术杀灭食品中芽孢效能及机理研究进展[J].食品科学,2019,40(15):314-322.
- [20] Cohen E, Birk Y, Mannheim C H, et al. A rapid method to monitor quality of apple juice during thermal processing[J]. LWT-Food Science and Technology, 1998, 31(s7-8): 612-616.
- [21] 任晓俊.苹果采后风味物质变化及货架期模型构建[D].锦州:渤海大学,2019.
- [22] 王菲,钟小丹,戴彩霞,等.原料米和酒曲对米酒滋味品质影响的评价[J].食品研究与开发,2017,38(20):80-84.
- [23] Li X X, Han L J, Chen L J. In vitro antioxidant activity of protein hydrolysates prepared from corn gluten meal[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(9): 1660-1666.
- [24] 李斌,雷月,孟宪军,等.响应面法优化超声波辅助提取蓝靛果多酚工艺及其抗氧化活性[J].食品科学,2015,36(22):33-39.
- [25] 李颖畅,李冰心,孟良玉,等.圣云蓝莓花色苷不同组分的体外抗氧化性和稳定性[J].食品科学,2012,33(9):105-109.
- [26] Smimoff N, Cumbes Q J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes[J]. Phytochemistry, 1989, 28(4): 1057-1060.
- [27] 陈诗晴,王征征,姚思敏,等.不同杀菌方式对贮藏过程中猕猴桃低糖复合果酱品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(5):53-58,64.
- [28] Xu H G, Hao Q F, Yuan F, et al. Nonenzymatic browning criteria to sea buckthorn juice during thermal processing[J]. Journal of Food Process Engineering, 2015, 38(1): 67-75.
- [29] Pirooska H, István D, Dietrich Knorr. Electronic nose investigation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* inoculated apple and orange juice treated by high hydrostatic pressure[J]. Food Control, 2013, 32(1): 262-269.
- [30] Ismaya W T, Rozeboom H J, Weijn A, et al. Crystal structure of *Agaricus bisporus* mushroom tyrosinase: Identity of the tetramer subunits and interaction with tropolone[J]. Biochemistry, 2011, 50(24): 5477-5486.
- [31] 柳青.超高压技术对西瓜汁品质影响的研究[D].晋中:山西农业大学,2015.
- [32] 魏芳,周祥山,田守生,等.4种大孔吸附树脂对阿胶低聚肽的脱苦效果研究[J].食品研究与开发,2018,39(13):1-6.
- [33] 罗昱.刺梨果汁褐变与风味调控研究[D].贵阳:贵州大学,2015.