

无核黄皮果酱的制备及其理化性质研究

郑文雄¹, 陈燕清¹, 刘小欣¹, 汪薇^{1*}, 刘功良¹, 任文彬¹,
朱振雄², 黄星源³, 姜依晴¹, 陈茵欣¹

(1. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广州 510000; 2. 广东康美先食品有限公司, 云浮 527100;
3. 广东星耀生物科技有限公司, 云浮 527100)

摘要: 目的 以药食两用的无核黄皮果为原料, 研究无核黄皮果酱的最优配方。**方法** 通过单因素实验分别考察糖、柠檬酸、果胶、果皮添加量对感官评分的影响。在单因素实验的基础上, 进行正交实验, 进一步研究糖、柠檬酸、果皮添加量这3个主要因素对感官评分的影响, 以得到感评最佳的配方, 并进行相关理化指标的测定。**结果** 无核黄皮果酱的最优配方为果皮添加量15% (*m:m*)、糖添加量20%、柠檬酸添加量0.16%、果胶添加量为0.4%。色差为 60.13 ± 0.66 , 可溶性固形物含量为 $(55.74 \pm 0.01)\%$, 有效酸度为 2.54 ± 0.02 , 脱水率为0.00%。**结论** 所制得的无核黄皮果酱酸中带甜、组织状态良好、保型性好、品质较好。研究结果可为无核黄皮的进一步精深加工和果酱的研制提供参考和借鉴。

关键词: 果酱; 无核黄皮; 正交实验

Study on the preparation and physicochemical properties of seedless Huangpi jam

ZHENG Wen-Xiong¹, CHEN Yan-Qing¹, LIU Xiao-Xin¹, WANG Wei^{1*}, LIU Gong-Liang¹,
REN Wen-Bin¹, ZHU Zhen-Xiong², HUANG Xing-Yuan³, JIANG Yi-Qing¹, CHEN Yin-Xin¹

(1. School of Light Industry and Food, Zhongkai College of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510000, China;
2. Guangdong Kangmeixian Food Co., Ltd., Yunfu 527100, China; 3. Guangdong Xingyao Biotechnology Co. Ltd.,
Yunfu 527100, China)

ABSTRACT: Objective To study the optimal formula of seedless Huangpi jam using the seedless Huangpi jam as raw material. **Methods** The effects of sugar, citric acid, pectin and peel on sensory score were investigated by single factor experiment. On the basis of single factor experiment, orthogonal experiment was carried out to further study the influence of sugar, citric acid and the addition amount of peel on the sensory score, so as to get the best sensory evaluation formula, and verify the orthogonal experiment and the determination of related physical and chemical indexes. **Results** The optimal formula of seedless Huangpi jam was 15% (*m:m*), 20% sugar, 0.16% citric acid and 0.4% pectin. Color difference was 60.13 ± 0.66 , soluble solid content was $(55.74 \pm 0.01)\%$, effective acidity was

基金项目: 广东省2021年省级农业科技创新及推广项目(2021KJ101)、郁南县农业农村局项目(B720207B6)、广东省大学生创新创业训练计划项目(S202111347042、S202111347044)、仲恺农业工程学院大学生创新创业训练计划项目(X202111347152、X202111347124)

Fund: Supported by the Provincial Agricultural Science and Technology Innovation and Promotion Project of Guangdong Province in 2021 (2021KJ101), the Project of Agriculture and Rural Affairs Bureau of Yunan County (B720207B6), the Guangdong University Students Innovation and Entrepreneurship Training Program Project (S202111347042, S202111347044), and the College Student Innovation and Entrepreneurship Training Program of Zhongkai University of Agriculture and Engineering (X202111347152, X202111347124)

*通信作者: 汪薇, 博士, 副教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: wei0117@163.com

*Corresponding author: WANG Wei, Ph.D, Associate Professor, College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, No.388, Guangxin Road, Zhongluotan Town, Baiyun District, Guangzhou 510000, China. E-mail: wei0117@163.com

2.54±0.02, and dehydration rate was 0.00%. **Conclusion** The prepared seedless Huangpi jam is sweet in acid, and has good structure, good shape preservation and good quality. The results can provide reference for the further processing of seedless Huangpi jam and the development of jam.

KEY WORDS: jam; seedless Huangpi; orthogonal experiment

0 引言

黄皮[*Clausena lansium* (Lour.) Skeels], 又名黄弹子、鸡皮果、油皮、油梅等, 是芸香科黄皮属植物, 小乔木, 生长高度可达 12 米^[1]。黄皮是有着较为丰富的营养价值和保健功效的药食同源水果^[2], 其中无核黄皮含有较多营养元素, 有着“水果珍品、黄皮之王”的美称^[3]。李淑仪^[4]研究指出了无核黄皮具有消食健胃、行气止痛、消痰化气、润肺止咳、生津解渴等功效。

无核黄皮, 果实为长圆形状, 有着有核黄皮两倍大的果型, 皮薄肉厚、汁水较多, 为无核水果。无核黄皮果粒未成熟前棱角分明, 成熟时则呈鸡心形, 无核率高^[5]。无核黄皮与普通黄皮的功能性成分类似^[6], 无核黄皮不仅富含香豆素^[7]、黄酮^[8]、黄皮酰胺^[9]和维生素等功能活性成分, 具有多种药效, 且因其具有特殊的风味, 在生产加工方面有着很重要的利用价值, 果实被加工制作成无核黄皮酥^[10]、蜂蜜黄皮酒^[11]、果脯、果冻、果酱、冰激凌等产品。此外, 无核黄皮中功能性成分的特殊价值也被运用于医疗保健、生物医药、食品工业等领域, 广泛受到人们的青睐。

果酱是一类以糖、果浆、水果等为原料经加工制作而成的酱状食品。随着人们生活水平的日益提高, 越来越多人关注到便捷食品的好处, 果酱等便捷食品也因此应运而生。与市面上普通高糖果酱相比, 低糖、营养丰富的果酱更是受到大家的喜爱, 不仅满足了人们追求美味的心理, 而且健康营养。由于郁南县的农产品冷链物流方面有些欠缺, 对无核黄皮的相关保鲜技术较少, 主要以鲜果销售为主, 品种也较为单一, 易造成鲜果集中成熟、上市, 从而对价格造成影响^[6]。而果酱耐储时间长, 可以很好地应对无核黄皮成熟的季节性问题造成的影响, 正是现实所需。李升锋等^[12]研究表明, 无核黄皮的固形物含量、维生素 C、维生素 E、维生素 B₁、维生素 B₂ 等营养物质均高于有核黄皮, 有望得到更好地研究与开发。无核黄皮不仅营养充足, 而且果味浓郁, 但由于无核黄皮成熟的季节性较强, 故将其制作成果酱以便更好的储存和销售, 满足人们的日常所需。本研究以无核黄皮为主要原料制备一款低糖、营养健康、易于家庭版加工制作的无核黄皮果酱, 并对果酱的色差、可溶性固形物、有效酸度、脱水率进行测定, 以反映果酱品质, 以期为生产高品质无核黄皮果酱提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 实验原料

无核黄皮(广东云浮市郁南县); 食品级果胶(山东隆科特酶制剂有限公司); 食品级柠檬酸(潍坊英轩实业有限公司); 白砂糖(广州富珍食品有限公司)。

1.2 实验仪器

MODEL 型分光测色仪(深圳市威福光电科技有限公司); JYL-CE6D 型打浆机(九阳股份有限公司); YP6002 型电子分析天平(上海佑科仪器仪表有限公司); DK-98-II 型电热恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司); PHS-2F 型 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司); DW-FL90 型超低温冷冻储存箱(中科美菱低温科技有限责任公司); HC-1016 型离心机(安徽中科佳科学仪器有限公司); WYT-I 型手持折光仪(成都市青羊联合光学仪器成套部); DK-98-II 型电子万用炉(北京市永光明医疗仪器厂)。

1.3 研制方法

1.3.1 工艺流程

参照谢婧等^[13]研究方法, 具体做法如下:

新鲜无核黄皮→清洗→去皮、切块→护色预煮、焯水→打浆→配料→加热浓缩→无核黄皮果酱

A. 清洗: 将无核黄皮果用清水清洗干净, 自然沥干, 备用。

B. 去皮、切块: 将洗净沥干水分的无核黄皮果去皮, 切块, 备用。

C. 护色预煮、焯水: 在已加入果皮的容器中, 加入与果皮质量同等的水, 煮沸焯水, 去除异味^[14]。并将果肉置于 80~100 °C 水中, 预煮 10~20 min, 加温钝化酶活性, 防止褐变^[15], 使果肉软化。

D. 打浆: 将焯水后的果皮置于打浆机中打浆 4~8 s, 再将果肉与果皮混合均匀后打浆 3~6 s, 备用。

E. 配料: 将打浆后的果肉和果皮、柠檬酸、果胶、白砂糖按一定的比例混合。

F. 加热浓缩: 将混合物置于不锈钢锅, 熬煮过程中需不停搅拌, 防止果酱飞溅或糊锅, 直至形成均匀粘稠状物质^[16]。

1.3.2 单因素实验

通过单因素实验, 研究糖、柠檬酸、果胶、果皮添加量对无核黄皮果酱感官评分的影响, 其中糖添加量分别为

10% ($m:m$, 下同)、15%、20%、25%; 柠檬酸添加量分别为 0.08%、0.16%、0.24%、0.27%; 果胶添加量分别为 0.2%、0.3%、0.4%、0.5%; 果皮添加量分别为 10%、15%、20%、25%。实验重复 3 次。

1.3.3 正交实验

为得到无核黄皮果酱配方的最优结果, 在单因素试验的基础上, 进行正交优化分析, 进一步研究糖添加量、柠檬酸添加量、果皮添加量这 3 个主要因素对无核黄皮果酱感官评分的影响, 以得到感评最佳的配方组合。实验重复 3 次, 以上主要因素的添加量均为质量分数。

1.3.4 感官评价

由 10 名具备专业知识的感评员组成评分小组, 其中男女比例 1:1。感官评价标准依据 GB/T 22474—2008《果酱》规范进行, 根据表 1 评分标准对无核黄皮果酱进行感官评定。

表 1 感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation criteria

评分项	标准	评分
	颜色鲜艳且均匀, 光泽亮丽	70~100
色泽 (20分)	颜色均匀, 略带光泽	50~70
	颜色一般, 无光泽	20~50
	颜色暗黑, 无光泽	0~20
滋味和口感 (30分)	酸甜味最佳, 果味浓郁	70~100
	酸甜味适中, 果味清淡	50~70
	味道偏淡或偏浓, 口感差	20~50
杂质 (10分)	不适口, 有异味, 口感粗糙	0~20
	无杂质, 无霉变	70~100
	有微量杂质, 肉眼可见	50~70
组织状态 (40分)	有较多可见杂质, 品质欠佳	20~50
	有明显杂质, 品质差	0~20
	凝胶良好, 果酱细腻, 无分层现象	70~100
	有凝胶形成, 果酱均匀, 无明显分层	50~70
	凝胶性差, 果酱不均匀, 稍有分层	20~50
	无凝胶形成, 果酱明显分层次水	0~20

1.3.5 无核黄皮果酱理化指标的测定

(1) 色差的测定

取一定量果酱于透明玻璃平板上, 将果酱均匀铺平, 进行测定时, 先进行白板校正, 再用黑板校正, 对果酱不同位置进行测定, 并记录果酱亮度 L^* 的变化, L^* 表示黑白, + 表示偏白, - 表示偏暗^[17]。

(2) 可溶性固形物的测定

参照国标 GB/T 10786—2006《罐头食品的检验方法》, 称取果酱 10 g, 加入 100 mL 蒸馏水将其充分溶解, 保持煮沸状态约 2~4 min, 冷却 10~20 min 后称重。并用漏斗过

滤得到滤液, 使用手持折光仪进行测量, 浓度以质量分数表示, 可溶性固形物含量依照公式(1)进行计算

$$\text{可溶性固形物含量}(\%)=(D \times m_1) / m_0 \quad (1)$$

其中 D 表示稀释溶液中可溶性固形物的质量分数, %; m_1 表示稀释后的果酱样液质量, g; m_0 表示稀释前的果酱样液质量, g^[18]。

(3) 有效酸度的测定

利用电位法(pH 计法)测量食品样品酸度, 即为有效酸度^[19]。参照国标 GB/T 10786—2006, 称取果酱 10~20 g, 加入等量的刚煮沸过的蒸馏水, 混匀备用。测定溶液的 pH, 平行 3 次, 所测 pH 值即为果酱的有效酸度。

(4) 脱水率的测定

参照徐荣雄等^[20]的方法, 并稍作修改: 准确称取一定量果酱置于-40~-18 °C 恒温低温冰箱中冻结 18~24 h, 取出果酱置于 30~40 °C 的水浴融化 1~2 h。将解冻后的果酱用离心机离心 10~15 min, 设置转速为 4400~4500 r/min, 去除上清液后, 称量沉淀物质量。脱水率依照公式(2)进行计算。

$$\text{脱水率}(\%)=(G_1-G_2) / G_1 \times 100 \quad (2)$$

其中 G_1 表示果酱的质量, g; G_2 表示沉淀物的质量, g。

2 结果与分析

2.1 柠檬酸添加量对无核黄皮果酱感官品质的影响

柠檬酸在食品中有着抗氧化、延缓衰老、增强口感的功效^[21], 同时也有着抑制腐败菌和其他菌种的生长而延长食品的储存期、对食品起到护色的作用^[22]。柠檬酸添加量主要影响的是黄皮果酱的滋味, 根据感评结果显示, 随着柠檬酸添加量的增加, 感官得分先增加后减少, 并且出现峰值, 感官评价得分是 86, 此时柠檬酸添加量是 0.16%, 果酱滋味酸甜适中, 果香味较为浓郁。柠檬酸添加量较低时, 滋味较差、口感不丰富; 柠檬酸添加量过多时, 滋味偏酸、得分较低。

2.2 果胶添加量对无核黄皮果酱感官品质的影响

果胶由于其复杂结构具有多种作用, 能够作为食品中的增稠剂、乳化剂等^[23]; 果胶是一种大分子杂多糖, 能够增加饱腹感、促进肠胃蠕动, 因此也起到降血脂的作用^[24]。果胶添加量主要影响的是黄皮果酱的组织结构和口感, 由感评结果可知, 随着果胶添加量的增加, 感官得分先增加后减少, 出现峰值, 得分是 85, 此时果胶添加量是 0.4%, 果酱口感适宜、组织状态良好。添加量较低时, 滋味较差、组织结构分散不均; 添加量过多时, 果酱黏稠、不易搅拌、口感较差。

2.3 糖添加量对无核黄皮果酱感官品质的影响

糖在人体中具有十分重要的地位, 能够提供能量以

维持人体的生命活动, 此外还能作为甜味剂给人以清甜的口感及为有益微生物提供原料, 调节肠道菌群^[25]; 经过高温浓缩的糖具有其独特的风味及色泽, 能够丰富食品的色泽及口感^[26]。糖添加量主要影响的是黄皮果酱的滋味、色泽及组织状态, 感评结果显示, 随着糖添加量的增加, 感官得分先增加后减少, 并且出现峰值, 其得分是 88, 此时糖添加量是 20%, 果酱口感丰富、甜度适中、黏稠适宜, 色泽均匀及果香味较为浓郁。糖添加量较低时, 滋味较酸, 色泽较差、糖添加量过多时, 滋味较甜、黏度较大。

2.4 果皮添加量对无核黄皮果酱感官品质的影响

无核黄皮具有许多功效如润肺止咳、止痰、开胃解渴等^[27], 黄皮果皮中含有黄酮等生物活性成分, 具有抗氧化性, 能够清除体内自由基^[28]; 同时黄皮中也含有许多人体需要的微量元素, 如铁、锌及镁等^[29], 果皮添加量主要影响的是黄皮果酱的滋味、口感、色泽及组织状态, 结果可得, 随着果皮添加量的增加, 感官得分先增加后减少, 在实验设置梯度中出现最优得分为 86, 这与果胶添加量的感官得分所呈现的趋势相同。此时果皮添加量是 20%, 果酱粘稠适中、色泽金黄及果香味较为浓郁。果皮添加量较低时, 口感不丰富、果香味较低或无果香味; 果皮添加量过多时, 滋味苦涩、杂质过多、色泽较差。

2.5 无核黄皮果酱制备配方正交优化

正交设计实验因素与水平设计见表 2, 正交实验结果与分析见表 3。

表 2 正交设计实验因素与水平设计
Table 2 Experimental factors of orthogonal design and horizontal design

水平	A 果皮添加量/%	B 糖添加量/%	C 柠檬酸添加量/%
1	15	15	0.08
2	20	20	0.16
3	25	25	0.24

正交优化分析实验结果表明: 3 种因素作用主次为 $A > C > B$ 。由此可得果皮的添加量是影响无核黄皮果酱口感的最主要因素, 其次是柠檬酸、糖的添加量。再将各因素的 k 值进行比较得出 $A_1 > A_2 > A_3$; $B_2 > B_1 > B_3$; $C_2 > C_1 > C_3$ 。因此可得无核黄皮果酱产品主要配料的最优配方为果皮添加量 15%、糖添加量 20%、柠檬酸添加量 0.16%。

2.6 正交实验验证结果

设置重复的 5 组实验, 对正交实验结果得出的最优配方进行验证实验, 验证实验结果见表 4。

表 3 正交实验结果及分析表
Table 3 Orthogonal test results and analysis table

因素 实验序号	A/%	B/%	C/%	平均得分/分
1	1	1	1	81.64
2	1	2	2	83.62
3	1	3	3	82.34
4	2	1	2	83.26
5	2	2	3	81.46
6	2	3	1	82.12
7	3	1	3	80.78
8	3	2	1	80.88
9	3	3	2	80.94
K_1	247.60	245.68	244.64	
K_2	246.84	245.96	247.82	
K_3	242.60	245.40	244.58	
k_1	82.53	81.89	81.55	
k_2	82.28	81.99	82.61	
k_3	80.87	81.80	81.53	
R	1.66	0.19	1.08	
最优水平	A_1	B_2	C_2	
最优组合	$A_1B_2C_2$			

表 4 正交实验验证结果分析表
Table 4 Analysis table of verification results of orthogonal experiment

实验组别/组 评价指标	1	2	3	4	5
感评得分/分	83.75	84.25	83.86	84.15	84.36
平均得分/分	84.074				

由结果可知, 感评平均得分为 84.074 分, 平均感官评分及单个实验的感评结果均高于正交实验的各个实验组, 故可说明正交实验结果的准确性, 在此配方下所得到的无核黄皮果酱品质最佳。

2.7 色差、可溶性固形物含量、有效酸度、脱水率测定结果

对制得的无核黄皮果酱进行色差、可溶性固形物、有效酸度、脱水率的测定, 实验重复 3 次。

经测定, 无核黄皮果酱酱体呈黄褐色, 色泽均匀, 有光泽, 所测色差 L^* 值为 60.13 ± 0.66 。可溶性固形物含量为 $(55.74 \pm 0.01)\%$, 与市面上含糖量 60% 以上的高糖果酱相比, 无核黄皮果酱属于低糖果酱^[30]。果酱有效酸度为 2.54 ± 0.02 , 酸中带甜, 有着特殊的黄皮果的风味。脱水率为 0.00%, 说

明果酱组织状态良好,保型性好,酱水不易析出。因此,无核黄皮果酱是一款色泽均匀、组织状态良好、保型性好、品质较好的美味果酱。

3 结论

本研究以无核黄皮果为原料,对无核黄皮果酱的最优配方及相关理化性质进行了研究。通过单因素实验、正交实验及验证实验,得出无核黄皮果酱的最优配方为果皮添加量15%、糖添加量20%、柠檬酸添加量0.16%、果胶添加量为0.4%。然后对无核黄皮果酱进行色差、可溶性固形物、有效酸度、脱水率的测定,可得无核黄皮果酱的色差为 60.13 ± 0.66 、可溶性固形物含量为 $(55.74\pm 0.01)\%$ 、有效酸度为 2.54 ± 0.02 、脱水率为0.00%,制得的无核黄皮果酱酸中带甜、组织状态良好、保型性好、品质较好,为无核黄皮的进一步精深加工和果酱的研制提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 邓会栋,梅文莉,左文健,等.黄皮果皮中的抗菌活性成分研究[J].热带亚热带植物学报,2014,22(2):195-200.
DENG HD, MEI WL, ZUO WJ, et al. Antibacterial components from peels of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels [J]. J Trop Subtrop Bot, 2014, 22(2): 195-200.
- [2] 林春瑶,刘功良,李南薇,等.黄皮功能成分及加工研究进展[J].中国酿造,2020,39(11):25-29.
LIN CY, LIU GL, LI NW, et al. Research progress on functional components and processing of yellow bark [J]. China Brew, 2020, 39(11): 25-29.
- [3] 王文文,汤敬谦,张东峰.我国黄皮的生产及开发利用研究现状[J].安徽农业科学,2013,41(13):5945-5946.
WANG WW, TANG JQ, ZHANG DF. Research status of production, development and utilization of yellow bark in China [J]. J Anhui Agric Sci, 2013, 41(13): 5945-5946.
- [4] 李淑仪.无核黄皮营养与施肥研究[D].广州:广东省生态环境与土壤研究所,2008.
LI SY. Study on nutrition and fertilization of seedless yellow bark [D]. Guangzhou: Guangdong Institute of Eco-Environment and Soil, 2008.
- [5] 卢建媚.有核黄皮与无核黄皮的GC-MS成分分析研究[J].香料香精化妆品,2015,(6):25-28.
LU JM. Study on the composition of yellow skin with and without kernel by GC-MS [J]. Flavour Frag Cosmet, 2015, (6): 25-28.
- [6] 黄燕霞,陶晓琪,张依玲,等.无核黄皮的营养价值与加工研究进展[C].广东省食品学会学术年会,2019.
HUANG YX, TAO XQ, ZHANG YL, et al. Research progress on nutritional value and processing of seedless yellow skin [C]. Annual meeting of Guangdong Food Society, 2019.
- [7] 孙丽丽,王宝杰,高雨秋,等.光滑黄皮枝叶中化学成分研究[J].广东化工,2018,45(17):1-2.
SUN LL, WANG BJ, GAO YQ, et al. Study on the chemical constituents in the leaves and branches of *Polygonum alba* [J]. Guangdong Chem Ind, 2018, 45(17): 1-2.
- [8] 钟秋平,林美芳.黄皮果中总黄酮含量的测定及其黄酮种类的鉴别[J].食品科学,2007,28(8):411-413.
ZHONG QP, LIN MF. Determination of total flavonoid content and identification of flavonoid species in *Fructus luteum* L. [J]. Food Sci, 2007, 28(8): 411-413.
- [9] NING N, SUN J, DU GH, et al. (+)-*epi*-Clausenamide, but not (-)-*epi*-clausenamide, showed more potential than (-)-clausenamide on facilitating synaptic transmission in CA1 region of hippocampal synapses [J]. Neurosci Lett, 2012, 523(2): 99-103.
- [10] 朱振雄,黄星源,刘功良,等.无核黄皮酥的研制[J].食品安全导刊,2019,(12):136-137.
ZHU ZX, HUANG XY, LIU GL, et al. Development of seedless yellow crust pastry [J]. Chin Food Saf Magaz, 2019, (12): 136-137.
- [11] 黄星才,黄星源,陈小莲.发酵型蜂蜜黄皮酒的研制[J].酿酒,2016,43(6):81-84.
SHANG XC, HUANG XY, CHEN XL. Development of fermented honey plum wine [J]. Liquor Mak, 2016, 43(6): 81-84.
- [12] 李升锋,陈卫东,徐玉娟,等.无核黄皮的营养成分[J].食品科技,2005,(6):96-98.
LI SF, CHEN WD, XU YJ, et al. Nutrition composition of seedless wampee [J]. Food Sci Technol, 2005, (6): 96-98.
- [13] 谢婧,陈映霞,肖晓霞,等.低糖番茄枸杞复合果酱的研制[J].粮食与食品工业,2020,27(4):49-53.
XIE J, CHEN YX, XIAO XX, et al. Development of compound jam of tomato and wolfberry with low sugar [J]. Cere Food Ind, 2020, 27(4): 49-53.
- [14] 赵亮.焯水,各种食材都要要领[J].决策探索(上),2020,(12):89.
ZHAO L. Blanching, all kinds of food materials have the main points [J]. Decision Explor (I), 2020, (12): 89.
- [15] 赖建平,李铭春,曹伟强.苦瓜去苦味的研究[J].广州化工,1999,(4):30-33.
LAI JP, LI MC, CAO WQ. Study on the removal of bitterness in balsam pear [J]. Guangzhou Chem Ind, 1999, (4): 30-33.
- [16] 付红军,彭湘莲.苹果胡萝卜复合果酱的研究[J].中国调味品,2010,35(7):60-62.
FU HJ, PENG XL. Research on apple and carrot compound jam [J]. China Cond, 2010, 35(7): 60-62.
- [17] 张丽华,李昌文,纵伟,等.猕猴桃果酱制作的研究[J].湖北农业科学,2016,55(3):699-702.
ZHANG LH, LI CW, ZONG W, et al. Study on the production of kiwifruit jam [J]. Hubei Agric Sci, 2016, 55(3): 699-702.
- [18] 李素芬,王琴,胡晖亮,等.佛手瓜复配柚子果酱的工艺研究[J].中国调味品,2020,45(8):98-104.
LI SF, WANG Q, HU HL, et al. Study on the technology of *Citrus chinensis* mixed with pomelo jam [J]. Chin Cond, 2020, 45(8): 98-104.
- [19] 夏热帕提·吐孙,阿里木·图尔迪.红果龙葵的营养成分研究[J].广东化工,2017,44(15):76-77.
XIAREPATI TS, ALIMU TED. Nutritional ingredient in *Solanum alatum* Moench fruit [J]. Guangdong Chem Ind, 2017, 44(15): 76-77.
- [20] 徐荣雄,邓瑞君.耐烘焙果酱的研究[J].食品科技,2013,38(9):72-76.
XU RX, DENG RJ. The research of baking stable jam [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(9): 72-76.
- [21] 佟立峰,刘阳阳,商谈,等.微量元素对柠檬酸发酵产酸的影响[J].科

- 技风, 2020, (32): 150–151.
- TONG LF, LIU YY, SHANG T, *et al.* Effects of trace elements on acid production by citric acid fermentation [J]. *Sci Technol Wind*, 2020, (32): 150–151.
- [22] 姜春新, 王雅莹, 洪小利, 等. 柠檬酸和乙酸对致腐假单胞菌的抗生物被膜研究[J]. *核农学报*, 2021, 35(1): 120–127.
- JIANG CX, WANG YY, HONG XL, *et al.* Study on biofilm resistance of citric acid and acetic acid to *Pseudomonas putrificans* [J]. *J Nucl Agric Sci*, 2021, 35(1): 120–127.
- [23] 刘英, 邱逸凡, 许希贤. 果胶研究和应用进展[J]. *现代食品*, 2019, (24): 17–20.
- LIU Y, QIU YF, XU XX. Progress in research and application of pectin [J]. *Mod Food*, 2019, (24): 17–20.
- [24] 杨金妹, 木泰华, 马梦梅. 果胶结构、提取方法及乳化特性研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(14): 315–322.
- YANG JS, MU TH, MA MM. Research progress in pectin structure, extraction methods and emulsifying properties [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(14): 315–322.
- [25] 王海松, 任鹏飞. 不同单糖组成的低聚糖对人肠道菌群的调节作用[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(7): 44–52.
- WANG HS, REN PF. Effects of oligosaccharides with different monosaccharide compositions on the regulation of human intestinal flora [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2020, 20(7): 44–52.
- [26] 李祥, 杨军胜, 吕博. 鲜亮型焦糖色素的特点及应用研究[J]. *中国调味品*, 2004, (1): 34–37.
- LI X, YANG JS, LV B. Study on the characteristics and application of bright caramel pigment [J]. *Chin Cond*, 2004, (1): 34–37.
- [27] 罗树灿, 陈小惠, 李远志. 陈皮液渍无核黄皮果脯加工工艺的研究[J]. *农产品加工*, 2017, (22): 19–23.
- LUO SC, CHEN XH, LI YZ. Study on processing technology of dried tangerine peel liquid without kernel yellow peel [J]. *Farm Prod Process*, 2017, (22): 19–23.
- [28] 任文彬, 杨榕琳, 郑文雄, 等. 柚皮功能性成分的应用研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(10): 3994–4000.
- REN WB, YANG RL, ZHENG WX, *et al.* Research progress on functional components of pomelo peel [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(10): 3994–4000.
- [29] 冯英明, 玄祖迎, 喻敏, 等. 无核黄皮叶片和果实中矿质营养分布特点及相关性[J]. *中国南方果树*, 2014, 43(3): 92–94.
- FENG YM, XUAN ZY, YU M, *et al.* Distribution characteristics and correlation of mineral nutrients in leaves and fruits of seedless yellow bark [J]. *South China Fruit*, 2014, 43(3): 92–94.
- [30] 张莉莉, 张军, 关莹, 等. 低糖果酱的褐变控制与营养保持[J]. *黑龙江农业科学*, 2004, (11): 127–129.
- ZHANG LL, ZHANG J, GUAN Y, *et al.* A study on the effects of low sugar jam on browning and nutrition maintenance [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2004, (11): 127–129.

(责任编辑: 李磅礴 于梦娇)

作者简介



郑文雄, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。

E-mail: 1326670069@qq.com



汪薇, 博士, 副教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。

E-mail: wei0117@163.com