

## 猕猴桃低糖复合果酱加工工艺

陈诗晴, 王征征, 姚思敏薇, 罗静, 李玉锋\* (西华大学食品与生物工程学院, 四川成都 610039)

**摘要** [目的]优化猕猴桃低糖复合果酱加工工艺条件。[方法]以金艳猕猴桃、苹果、铁杆山药为主要原料,通过单因素试验和  $L_9(3^4)$  正交试验,以感官评价为指标优化了猕猴桃低糖复合果酱的制备工艺。[结果]根据正交试验优化分析,得出猕猴桃低糖复合果酱的最佳工艺条件为金艳猕猴桃 60 g, 苹果 20 g, 铁杆山药 20 g, 原料配比为 3:1:1, 白砂糖 18%, 柠檬酸 8%,  $\text{CaCl}_2$  0.2%, 再配合复合增稠剂低甲氧基果胶 0.6% 和羧甲基纤维素钠 0.1%, 真空浓缩 30~40 min 并进行杀菌处理, 制得的猕猴桃复合果酱色泽鲜明、味道可口、低糖、营养丰富、风味独特。[结论]该研究可为猕猴桃综合加工利用提供相关思路和开辟新途径。

**关键词** 猕猴桃; 低糖; 复合果酱; 加工工艺

中图分类号 TS255.43 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)33-0096-04

## Study on the Processing Technology of Kiwifruit Low Sugar Compound Jam

CHEN Shi-qing, WANG Zheng-zheng, YAO Si-minwei, LI Yu-feng\* et al (College of Food and Biological Engineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039)

**Abstract** [Objective] To optimize the processing conditions of kiwifruit low sugar compound jam. [Method] With the golden apple, kiwi fruit, yam iron as the main raw materials, through single factor experiment and  $L_9(3^4)$  orthogonal test, the preparation process of the composite index of kiwifruit jam with low sugar in sensory evaluation. [Result] According to the orthogonal analysis, optimum process conditions for low sugar kiwifruit compound jam golden kiwifruit 60 g, Apple 20 g, iron yam 20 g, the ratio of raw materials was 3:1:1, sugar 18%, citric acid 8%,  $\text{CaCl}_2$  0.2%, together with the composite thickening agent of low methoxyl pectin and 0.6% cm sodium carboxymethyl cellulose 0.1%, vacuum concentration 30-40 min and sterilization prepared kiwifruit compound jam bright color, delicious taste, low sugar, rich nutrition and unique flavor. [Conclusion] This study can provide relevant ideas and new approaches for the comprehensive processing and utilization of kiwifruit.

**Key words** Kiwifruit; Low sugar; Compound jam; Processing technology

猕猴桃属于猕猴桃科 (Actinidiaceae) 猕猴桃属 (*Actinidia*), 又名奇异果、藤梨、阳桃等<sup>[1]</sup>。猕猴桃的  $V_C$  含量比柑橘、苹果等水果可高出几十倍, 同时还含多种维生素、17 种氨基酸(7 种必需氨基酸) 和 14 种矿物质, 是营养最全面的水果之一<sup>[2-4]</sup>。经医学研究表明, 猕猴桃还具有调节血脂血压、抗癌、抗肝损伤等作用<sup>[5-7]</sup>。

苹果为蔷薇科仁果亚科苹果属, 含有多种营养成分以及功效成分, 如苹果多酚、三萜和大部分微量元素等<sup>[8]</sup>。因其生态适应性强、营养价值高、耐贮藏及供应周期长, 倍受人们喜爱<sup>[9]</sup>。

山药 (*Rhizoma Dioscoreae*) 为薯蓣科植物薯蓣的块茎, 又称为淮山药、怀山药, 为历史上著称的四大怀药之一<sup>[10]</sup>。山药中含有蛋白质、维生素、微量元素等多种营养成分, 还含有人体所需的十几种氨基酸<sup>[11]</sup>。它作为一种营养丰富的药食同源的植物, 食用时可以作成蔬菜、糕点等; 药用时降糖降脂、益肺止咳, 有“大棒人参”之美誉<sup>[12-15]</sup>。

低糖复合果酱指水果与蔬菜复合, 在较低糖浓度 25%~50% 甚至无糖条件下, 低甲氧基果胶能在  $\text{Ca}^{2+}$  或其他二价阳离子体系中形成凝胶制成果酱<sup>[16-17]</sup>。为解决导致猕猴桃季节性缺失等问题, 加强猕猴桃的综合高效利用, 笔者通过单因素试验及正交试验优化, 研究猕猴桃低糖复合果酱加工工艺条件, 确定最佳原料配比、白砂糖添加量、 $\text{CaCl}_2$  加入量及

柠檬酸添加量, 以期猕猴桃的综合加工利用提供相关思路和开辟新途径。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料

**1.1.1 原料及主要试剂。**金艳猕猴桃, 采自四川省成都市蒲江县复兴镇蒲江猕猴桃基地; 苹果、铁杆山药, 市购。白砂糖, 市购, 符合 GB/T 317-2006 标准; 柠檬酸、 $\text{CaCl}_2$ 、D-异抗坏血酸钠、低甲氧基果胶、羧甲基纤维素钠, 市购, 均为食品级; 氢氧化钠、盐酸溶液、氯化钠, 均为分析纯。

**1.1.2 主要仪器。**TB-214 电子天平, 德国 Sartorius 集团; PHS-2C 电子 pH 计, 成都方舟科技公司; WFJ-7200 可见分光光度计, 恒丰医疗器械有限公司; SHB-III 型循环水式多用真空泵, 郑州长城科工贸有限公司; TA-XT2i 质构仪, 英国 SMS 公司; WYT-4 手持糖度计, 上海精密仪器仪表有限公司; JE25G11 美的榨汁机, 广州美的公司; FJ200-SH 均质机, 上海标本模型厂; DT-500A 电热恒温水浴锅, 北京市永光明医疗仪器有限公司; RE52-86A 旋转蒸发仪, 上海亚荣生化仪器厂。

## 1.2 方法

**1.2.1 生产工艺流程。**选料→清洗→热烫→去皮护色→打浆→调配→均质→真空浓缩→添加辅料→罐装密封→杀菌冷却→保温试验→成品<sup>[18]</sup>。

**1.2.2 工艺操作要点。**选料: 七、八成熟的猕猴桃、新鲜苹果、山药。清洗: 自来水清洗选材, 剔除掉表皮杂物。热烫: 将苹果、山药放置热水 (温度在 90 °C 左右) 中 5 min, 使组织软化和酶失去活性, 热烫后对其进行打浆工序。去皮护色: 利用纯度为 20% 的 NaOH 溶液进行去皮工序, 洗净后, 再用

**基金项目** 四川省科技支撑项目 (16205537)。

**作者简介** 陈诗晴 (1994—), 女, 四川资阳人, 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术。\* 通讯作者, 教授, 博士, 从事食品生物技术研究。

**收稿日期** 2017-09-28

纯度为 1% 的盐酸溶液进行护色处理。打浆:用打浆机将猕猴桃打成半固体形态;把小块苹果、山药分别用打浆机打成浆液形态,可分别得到苹果、山药、猕猴桃原浆。调配:将 3 种酱按不同的比例,添加适量的  $\text{CaCl}_2$  (凝固剂),D-异抗坏血酸钠(护色剂)0.1%,再加入柠檬酸调整 pH 至 4 左右,按比例加入白糖以确定其最佳配比。最后加增稠剂:低甲氧基果胶用量为 0.6%,羧甲基纤维素钠用量为 0.1%。均质:将上述浆液在均质机进行常规压强均质,让复合酱体均匀,保持产品良好的品质和口感。浓缩:利用旋转蒸发器对上述均质好的复合浆液进行真空浓缩(浓缩条件:温度 60℃ 左右、真空度 90 kPa 左右、时间 35 min 左右),在真空浓缩将结束时加入低甲氧基果胶和羧甲基纤维素钠继续浓缩。当可溶性固形物达到 30% 左右时停止浓缩。装罐密封:果酱瓶清洗完毕后,用 100℃ 的蒸汽消毒 10 min,用沸水煮瓶盖 5 min,果酱浓缩完后采用排气密封法在 30 min 内迅速装罐,此时酱体温度要求在 80℃ 以上,避免果酱沾染瓶口和外壁受到污染。杀菌冷却:在 95~100℃ 温度下沸水浴杀菌 30 min,取出后分段冷却到 38~40℃,擦干罐外水分。

**1.2.3 单因素试验设计。**选择影响猕猴桃低糖复合果酱品质的 7 个主要因素:猕猴桃的用量、苹果的用量、山药的用量、原料配比、白砂糖的用量、柠檬酸的用量及  $\text{CaCl}_2$  的用量,以感官评分作为评价标准确定各个单因素的最适宜用量,并分析各个单因素对复合果酱感官品质的影响。

**1.2.3.1 猕猴桃添加量设计单因素试验。**分别取苹果 20 g,山药 20 g,加入 0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,加入 0.2% D-异抗坏血酸钠护色,加入 0.8% 的柠檬酸,再加入 18% 的白砂糖,最后配增稠剂 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同猕猴桃用量的感官评分差异来确定猕猴桃的最适宜添加量。

**1.2.3.2 苹果添加量设计单因素试验。**取由上述试验确定好的猕猴桃的最佳添加量,山药 20 g,加入 0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,加入 0.2% D-异抗坏血酸钠护色,加入 0.8% 的柠檬酸,再加入 18% 的白砂糖,最后配增稠剂 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同苹果用量的感官评分差异来确定苹果的最适宜添加量。

**1.2.3.3 山药添加量设计单因素试验。**取已经确定好的猕猴桃和苹果的最佳添加量,加入 0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,加入 0.2% D-异抗坏血酸钠护色,加入 0.8% 的柠檬酸,再加入 18% 的白砂糖,最后配增稠剂 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同山药用量的感官评分差异来确定山药的最适宜添加量。

**1.2.3.4 原料配比设计的单因素试验。**分别取 0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,0.2% D-异抗坏血酸钠,0.8% 的柠檬酸,18% 的白砂糖,最后配 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同原料配比的感官评分差异来确定最适宜的原料配比。

**1.2.3.5 白砂糖添加量设计的单因素试验。**取已经确定好的猕猴桃、苹果、山药的最佳添加量,0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,0.2%

D-异抗坏血酸钠,0.8% 的柠檬酸,最后配 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同白砂糖用量的感官评分差异来确定最适宜的白砂糖用量。

**1.2.3.6 柠檬酸添加量设计的单因素试验。**取已经确定好的猕猴桃、苹果、山药及白砂糖的最佳添加量,0.2% D-异抗坏血酸钠,0.2% 的  $\text{CaCl}_2$ ,最后配 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同柠檬酸用量的感官评分差异来确定最适宜的柠檬酸用量。

**1.2.3.7  $\text{CaCl}_2$  添加量设计的单因素试验。**取已经确定好的猕猴桃、苹果、山药、白砂糖及柠檬酸的最佳添加量,0.2% D-异抗坏血酸钠,配 0.6% 的低甲氧基果胶和 0.1% 羧甲基纤维素钠同时加入,浓缩 30 min,通过比较不同  $\text{CaCl}_2$  用量的感官评分差异来确定最适宜的  $\text{CaCl}_2$  用量。

**1.2.4 正交优化试验。**将贮藏的金艳猕猴桃、苹果、铁杆山药挑选去皮护色,用小型打浆机分别打浆后,按试验设计原料配比混合,再按各个试验设计加入氯化钙( $\text{CaCl}_2$ )用量,加入 D-异抗坏血酸钠(护色剂)0.2%,最后按照试验设计加入白砂糖和柠檬酸的用量,均质得到细腻均匀的复合浆,在真空浓缩的接近终点 10 min 时均匀加入增稠剂,低甲氧基果胶用量为 0.6% 和羧甲基纤维素钠用量为 0.1%。在上述完成的单因素试验的基础上,选择原料配比、 $\text{CaCl}_2$ 、柠檬酸和白砂糖 4 个因素进行 3 水平正交试验,采用  $L_9(3^4)$  正交表,各试验因素水平设定见表 1。表中 9 组试验常温放置 24 h 后进行感官品质评价。

表 1 猕猴桃低糖复合果酱加工工艺正交试验因素水平设计

Table 1 Factors and levels of orthogonal test on processing technology of low sugar compound jam of kiwifruit

水平 Level	因素 Factor			
	猕猴桃: 苹果: 山药 Kiwifruit: Apple: Yam (A) (质量比)	$\text{CaCl}_2$ (B) // %	柠檬酸 Citric acid (C) // %	白砂糖 Sugar (D) // %
1	2: 1: 1	0.1	0.6	16
2	6: 3: 1	0.2	0.8	18
3	3: 1: 1	0.3	1.0	20

**1.2.5 评价指标。**采用感官评定法,由 10 名食品专业有经验的同学组成评分小组,清水漱口保持口腔清新,分别从组织状态、滋味、香气、色泽、涂抹性 5 个方面对猕猴桃低糖复合果酱产品进行评分,满分为 100 分,去掉最高分和最低分,取其平均值为果酱产品的最后得分<sup>[19]</sup>。具体评分标准见表 2。

## 2 结果与分析

### 2.1 果酱配比单因素试验结果

**2.1.1 猕猴桃用量。**试验结果表明,果酱颜色随着金艳猕猴桃用量的增加而加深变暗,当金艳猕猴桃超过一定用量时,果酱口感也会太酸,流动性差。根据专业评分小组的感官评定,确定猕猴桃的最适宜用量为 60 g,具体结果见表 3。

表2 猕猴桃低糖复合果酱感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of low sugar compound jam of kiwifruit

评分项目 Scoring items	评分标准 Scoring standard	得分 Score
组织状态 Texture(30分)	凝胶性好,无糖、水析出,均匀不流散	20~30
	凝胶性好,少量糖、水析出,基本均匀,轻微流散	10~19
	凝胶性一般,较多糖、水析出,不均匀,缓慢流散	1~9
滋味 Taste(30分)	酸甜适口,口感细腻,韧性好	20~30
	偏酸或偏甜,口感较细腻,韧性好	10~19
	酸甜比例不协调,口感粗糙,韧性一般	1~9
香气 Aroma(15分)	猕猴桃及果蔬香味浓郁	10~15
	猕猴桃及果蔬香味较浓郁	6~9
	猕猴桃及果蔬香味不明显	1~5
色泽 Color and lustre(15分)	色泽自然,透亮	10~15
	色泽较明亮	6~9
	色泽暗淡,褐变严重	1~5
涂抹性 Spreadability(10分)	容易涂抹,涂层均匀光滑	8~10
	易涂抹,涂层均匀但不光滑	4~7
	较易涂抹,但涂层不连贯	1~3

表3 低糖复合果酱猕猴桃单因素试验结果

Table 3 Single factor test results of the addition amount of kiwi fruit in low sugar compound jam

猕猴桃的添加量 The addition amount of kiwi fruit//g	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
40	黄白色,香味淡,口感偏甜,无汁液分离现象	74
50	淡黄色,果香味,酸甜适中,酱体均匀一致不流散,黏稠度良好,有光泽	85
60	黄绿色,果香味,酸甜爽口,酱体均匀透明无流散,有光泽亮度	90
70	金黄色,猕猴桃香味过于浓郁,偏酸,无异味,黏稠感强,颜色偏暗	65

**2.1.2 苹果用量。**试验结果表明,果酱颜色随着苹果用量的增加而变深,苹果用量越大,苹果香味越浓郁,导致猕猴桃的香味变淡,添加到一定量后果酱色泽明显发生变化,颜色灰暗透明度较差。根据专业评分小组的感官评定,确定苹果的最适宜用量为20 g,具体结果见表4。

表4 低糖复合果酱苹果单因素试验结果

Table 4 Single factor test results of the addition amount of apple in low sugar compound jam

苹果的添加量 The addition amount of apple//g	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
10	淡黄色,微香,口味稍偏酸,汁液分离现象不明显	66
20	黄绿色,淡淡的香味,酸甜爽口,黏稠度良好,有光泽	88
30	黄白色,明显的苹果香味,酸甜适中,黏稠感稍强	79
40	金黄色,苹果香浓郁,偏甜,无异味,黏稠感强	72

**2.1.3 山药用量。**试验结果表明,随着山药添加量的增加,果酱黏稠度变强,有浓郁的山药糊焦味,猕猴桃香味被掩盖,几乎闻不出果香味,并且山药添加到一定量后果酱透明度不高、色泽偏暗。根据评分小组的感官评定,确定山药的最适宜用量为20 g,具体结果见表5。

表5 低糖复合果酱山药单因素试验结果

Table 5 Single factor test results of the addition amount of yam in low sugar compound jam

山药的添加量 The addition amount of yam//g	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
10	淡黄色,香味淡,无异味,口味稍偏酸,汁液分离现象不明显	66
20	黄绿色,果香夹杂淡淡的山药味,酸甜爽口,无苦涩感,酱体均匀,透明有光泽	89
30	黄白色,明显的山药味,口感略苦涩,稍偏酸,黏稠感稍强	77
40	白色,山药味浓郁,口感苦涩,无异味,黏稠感极强,光泽度暗淡	65

**2.1.4 原料配比。**通过评分小组食品专业同学的感官评定,试验结果表明,金艳猕猴桃、苹果、山药的添加量配比为3:1:1时,感官评价得分最高92分,复合果酱的色香味极佳,品质最好。具体结果见表6。

表6 低糖复合果酱原料配比单因素试验结果

Table 6 Single factor test results of raw materials ratio in low sugar compound jam

原料配比 Raw material ratio	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
6:1:3	黄白色,山药香味浓,无异味,口感稍苦涩,汁液分离现象不明显,黏稠感稍强	60
3:1:1	黄绿色,果香味,酸甜爽口,无苦涩感,酱体均匀,透明有光泽	92
6:3:1	淡黄色,果香味,口感偏甜,黏稠感稍差,颜色较暗,无光泽	74
2:1:1	淡黄色,果香味,口感稍稍苦涩,无异味,酱体均匀稳定,有光泽	88

**2.1.5 白砂糖用量。**白砂糖用来增加猕猴桃复合果酱的甜度,试验过程中所添加的量分别为10%、14%、18%、22%。试验结果表明,通过主要感官评价,当白砂糖含量低于10%时,果酱口感偏酸,有较明显的苦涩酸感。这可能是因为白砂糖添加量过低,造成体系糖浓度较低,不能很好地形成果胶胶体,水分析出,品质下降。当白砂糖添加到18%时,果酱的酸甜爽口,涂抹性较好,当白砂糖添加到22%时,甜度稍甜,口感较差,复合果酱过于黏稠,涂抹性反而下降。大致原因分析为复合果酱中糖含量过高,酱体脱水,导致pH发生变化,电性发生中和而形成凝胶体,造成果酱黏度增加,但涂抹性下降。具体感官特征见表7。

**2.1.6 柠檬酸用量。**复合果酱中虽然猕猴桃和苹果含糖量不高,但仍然口感稍偏甜,且主料猕猴桃中含酸不够,需添加

表 7 低糖复合果酱白砂糖单因素试验结果

Table 7 Single factor test results of the addition amount of sugar in low sugar compound jam

白砂糖的添加量 The addition amount of sugar // %	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
10	黄绿色, 香味淡, 无异味, 口味偏酸, 有汁液分离现象	61
14	黄绿色, 果香味, 口味偏酸, 酱体均匀, 无汁液分离现象	74
18	黄绿色, 果香味, 酸甜适中, 酱体均匀一致, 有光泽	87
22	黄绿色, 果香味, 偏甜, 无异味, 黏稠度强, 颜色发暗无光泽	77

适量的酸味剂来调节复合果酱的酸度。该试验选用柠檬酸来改善复合果酱的口感, 柠檬酸的添加量分别为 0.4%、0.6%、0.8%、1.0%。通过评分小组食品专业同学的感官评定表明, 随着柠檬酸含量的增加口感越好, 酸度适宜, 黏稠度合适, 涂抹效果越理想, 这可能是由于柠檬酸的增加, 果酱中氢离子数目的增加导致链间排斥力降低, 加强了增稠剂和糖溶液的亲密结合, 从而形成稳定有序的网络结构。当柠檬酸添加量为 0.8% 时, 果酱感官评分最高。但柠檬酸含量超过 0.8% 时, 复合果酱过酸, 口感粗糙, 酱体黏稠, 没有光泽和亮度。具体感官特征见表 8。

表 8 低糖复合果酱柠檬酸单因素试验结果

Table 8 Single factor test results of the addition amount of citric acid in low sugar compound jam

柠檬酸的添加量 The addition amount of citric acid // %	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
0.4	黄绿色, 香味淡, 无异味, 口味偏甜, 无汁液分离现象	64
0.6	黄绿色, 果香味, 口味稍甜, 酱体均匀, 无汁液分离现象, 黏稠感稍差	72
0.8	黄绿色, 果香味, 酸甜适中, 酱体均匀一致, 有光泽	91
1.0	黄绿色, 果香味, 口味偏酸且粗糙, 无异味, 黏稠度强, 颜色发暗无光泽	76

**2.1.7 CaCl<sub>2</sub> 用量。**CaCl<sub>2</sub> 的添加是使得 Ca<sup>2+</sup> 在低糖复合果酱中与增稠剂低甲氧基果胶结合形成稳定的凝胶效果, CaCl<sub>2</sub> 的添加量分别为 0.1%、0.2%、0.3%。试验结果表明, CaCl<sub>2</sub> 的添加量为 0.2% 时, 凝胶效果最好, 酱体均匀一致, 有光泽, 黏稠感合适, 涂抹性最好, 果酱的感官评价得分最高。当 CaCl<sub>2</sub> 的添加量小于 0.2% 时, 黏度太低, 不易和增稠剂形成凝胶, 且产品在保温试验期间, 会出现流散现象, 酱体脱水, 有汁液分离的现象。当 CaCl<sub>2</sub> 的添加量大于 0.2% 时, 产品过于黏稠, 组织发硬, 涂抹性差, 且产品在保温试验期间出现产品易发生褐变和流糖现象。具体试验结果见表 9。

**2.2 果酱配比正交优化试验结果** 通过表 10 中极差分析结果来看: 影响猕猴桃低糖复合果酱感官品质因素的主次顺序依次为原料配比、CaCl<sub>2</sub> 添加量、柠檬酸添加量、白砂糖添加量。由表中极差 R 可看出, 原料配比和 CaCl<sub>2</sub> 添加量对果

表 9 低糖复合果酱 CaCl<sub>2</sub> 单因素试验结果Table 9 Single factor test results of the addition amount of CaCl<sub>2</sub> in low sugar compound jam

CaCl <sub>2</sub> 的添加量 The addition amount of CaCl <sub>2</sub> // %	主要感官品质特征 Main sensory quality characteristics	感官评价得分 Sensory evaluation score
0.1	黄绿色, 果香味, 口味酸甜, 酱体均匀, 无汁液分离现象, 黏稠度较低	75
0.2	黄绿色, 果香味, 酸甜适中, 酱体透明均匀一致, 有光泽, 易涂抹	93
0.3	黄绿色, 果香味, 酸甜合适, 无异味, 黏稠度强, 不易涂抹, 有褐变和流糖现象	67

酱感官评分影响比较大, 其中原料配比对果酱感官评分影响最大; 柠檬酸和白砂糖添加量对果酱感官评分影响相对较小, 其中白砂糖添加量对果酱感官评分影响最小。猕猴桃低糖复合果酱最优组合为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>, 即猕猴桃低糖复合果酱最优工艺条件为原料配比为 3:1:1, CaCl<sub>2</sub> 添加量为 0.2%, 柠檬酸添加量为 0.8%, 白砂糖添加量为 18%。

表 10 猕猴桃低糖复合果酱的正交试验结果

Table 10 The results of orthogonal experiment for low sugar compound jam of kiwifruit

试验号 Test No.	因素 Factor				感官评分 Sensory score
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	78.3
2	1	2	2	2	90.6
3	1	3	3	3	73.5
4	2	1	2	3	76.8
5	2	2	3	1	82.5
6	2	3	1	2	71.6
7	3	1	3	2	89.5
8	3	2	1	3	92.5
9	3	3	2	1	88.6
k <sub>1</sub>	80.8	81.5	80.8	83.1	
k <sub>2</sub>	77.0	88.5	85.3	83.9	
k <sub>3</sub>	90.2	77.9	81.8	80.9	
R	13.2	10.6	4.5	3.0	

**2.3 验证试验** 由上述结果分析可看出, 果酱的最佳工艺配方组合 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub> 与正交试验表中感官评分最高的组合 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>3</sub> 不同, 所以将 2 种组合方案再进行试验比较验证。验证试验结果得出, 方案 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub> 即原料配比为 3:1:1, CaCl<sub>2</sub> 添加量为 0.2%, 柠檬酸添加量为 0.8%, 白砂糖添加量为 18% 时, 调配出的猕猴桃低糖复合果酱具有更好的口感, 口感细腻顺滑, 酸甜爽口, 黏稠度合适, 酱体均匀一致透明, 有光泽, 有更好的涂抹性。

### 3 结论

猕猴桃低糖复合果酱加工工艺中, 根据单因素试验确定, 金艳猕猴桃的最佳添加量为 60 g, 苹果的最适宜用量为 20 g, 铁杆山药的最适宜用量为 20 g, 原料最佳配比为 3:1:1, 白砂糖的最适宜用量为 18%, 柠檬酸的最适宜用量 8%, CaCl<sub>2</sub> 的最适宜用量为 0.2%, 在此类单因素最佳条件下复合

- [28] 汪园园,童双,李威,等.羊胚胎鼻甲细胞的原代培养及其在羊口疮病毒研究中的应用[J].中国兽医科学,2013,43(5):470-475.
- [29] OEM J K,CHUNG J Y,KIM Y J,et al. Isolation and characterization of orf viruses from Korean black goats[J]. Journal of veterinary science, 2013,14(2):227-230.
- [30] BILLINIS C,MAVROGIANNI V S,SPYROU V,et al. Phylogenetic analysis of strains of *Orf virus* isolated from two outbreaks of the disease in sheep in Greece[J]. Virol J,2012,9(1):24.
- [31] DE OLIVEIRA C H,ASSIS F L,NETO J D,et al. Multifocal cutaneous ORF virus infection in goats in the Amazon region, Brazil[J]. Vector borne zoonotic dis,2012,12(4):336-340.
- [32] VIKØREN T,LILLEHAUG A,AKERSTEDT J,et al. A severe outbreak of contagious ecthyma (orf) in a free-ranging musk ox (*Ovibos moschatus*) population in Norway[J]. Vet Microbiol,2008,127(1/2):10-20.
- [33] 李杰,李前瑞,田婷婷,等.羊口疮病毒 B2L 和 VIR 基因原核表达及抗原性鉴定[J].动物医学进展,2013,34(3):1-6.
- [34] 王秋霞,朱相儒,易成功,等.江苏省羊口疮病毒的分离鉴定及 B2L 基因的遗传进化分析[J].中国畜牧兽医,2017,44(4):950-958.
- [35] 郭锐,田永祥,周丹娜,等.羊口疮病毒湖北株 B2L 基因的克隆与遗传进化分析[J].中国兽医杂志,2017,53(2):37-39.
- [36] 涂明亮,安维雪,张志丹,等.羊口疮病毒内蒙株的生物学特性[J].中国兽医学报,2016,36(8):1349-1352.
- [37] 尚辰,黄勇,张秀娟,等.陕西关中某羊场羊口疮病毒的分离鉴定与基因序列分析[J].西北农业学报,2014,23(12):25-32.
- [38] 李瑞芳,李国华,孟仁,等.新疆羊口疮病毒分离鉴定及 B2L 基因分析与表达[J].中国预防兽医学报,2013,35(3):202-205.
- [39] 何亚鹏,张琪,史怀平,等.绵羊痘病毒、山羊痘病毒及羊口疮病毒多重 PCR 检测方法的建立和应用[J].动物医学进展,2017,38(3):11-15.
- [40] 赵文华,杨仕标,姚俊,等.羊口疮病毒及山羊痘病毒双重 PCR 检测方法的建立[J].现代畜牧兽医,2017(1):1-8.
- [41] 林裕胜,江锦秀,江斌,等.羊口疮病毒和丝状支原体簇双重 PCR 检测方法的建立及应用[J].中国预防兽医学报,2017,39(4):292-295.
- [42] 鲜思美,张素辉,杨钰,等.羊口疮病毒 SYBR Green I 实时荧光定量 PCR 的建立及应用[J].贵州农业科学,2014,42(6):104-108.
- [43] VENKATESAN G,BALAMURUGAN V,BHANUPRAKASH V. Multiplex PCR for simultaneous detection and differentiation of sheepox, goatpox and orf viruses from clinical samples of sheep and goats[J]. J Virol Methods,2014,195:1-8.
- [44] ZHENG M,LIU Q,JIN N Y,et al. A duplex PCR assay for simultaneous detection and differentiation of *Capripoxvirus* and *Orf virus*[J]. Mol Cell Probe,2007,21(4):276-281.
- [45] SCAGLIARINI A,MCINNES C J,GALLINA L,et al. Antiviral activity of HPMP(C) (cidofovir) against orf virus infected lambs [J]. Antiviral Res, 2007,73(3):169-174.
- [46] POZZO D F,ANDREI G,LEBEAU I,et al. In vitro evaluation of the anti-orf virus activity of alkoxyalkyl esters of CDV, cCDV and (S) - HPMPA [J]. Antiviral Res,2007,75(1):52-57.
- [47] SONVICO F,COLOMBO G,GALLINA L,et al. Therapeutic paint of cidofovir/sucralfate gel combination topically administered by spraying for treatment of orf virus infections [J]. AAPS J,2009,11(2):242-249.
- [48] 李慧霞,朱学亮,骆学农.羊口疮病的研究进展[J].中国预防兽医学报,2013,35(5):426-430.
- [49] HOSAMANI M,SCAQLIARINI A,BHANUPRAKASH V,et al. Orf: An update on current research and future perspectives [J]. Expert Rev Anti Infect Ther,2009,7(7):879-893.
- [50] 张立强.羊口疮病原分子流行病学调查及蜂胶佐剂灭活疫苗免疫效果研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [51] FISCHER T,PLANZ O,STITZ L,et al. Novel recombinantparapoxvirus vectors induce protective humoral and cellular immunity against lethal herpesvirus challenge infection in mice[J]. J Virol,2013,77(17):9312-9323.
- [52] 成伟伟,张克山,刘永杰,等.羊传染性脓疱病毒基因组结构和主要基因功能研究进展[J].动物医学进展,2014,35(7):82-85.
- [53] 张倩,王震,倪伟,等.表达 ORFV F1L 基因的重组山羊痘病毒的构建及初步鉴定[J].生物技术,2014,24(2):68-72.
- [54] 闫丰超,邵佳,窦永喜,等.羊口疮病毒分子生物学的研究进展[J].中国兽医科学,2013,43(1):103-109.

(上接第 99 页)

果酱的颜色呈黄绿色,果香味,酸甜适口,酱体均匀一致,透明有光泽,口感顺滑。

低糖复合果酱加工工艺中,正交试验结果表明最佳工艺条件为  $\text{CaCl}_2$  最适宜用量 0.2%,柠檬酸最适宜用量 0.8%,白砂糖最适宜用量 18%。最后通过验证试验,验证  $\text{A}_3\text{B}_2\text{C}_2\text{D}_2$  组合为猕猴桃低糖复合果酱的最佳工艺条件。

根据正交优化试验结果,影响猕猴桃低糖复合果酱感官品质因素的主次顺序依次是原料配比、 $\text{CaCl}_2$  添加量、柠檬酸添加量、白砂糖添加量。影响猕猴桃低糖复合果酱最重要的因素是原料配比,其次是  $\text{CaCl}_2$  添加量,柠檬酸添加量和白砂糖添加量对复合果酱的影响不大。分析其原因是在低糖复合果酱中,糖含量对果酱的凝胶效果没有影响,果酱在低糖条件下浓缩过程主要靠增稠剂低甲氧基果胶和金属 Ca 发生结合作用形成果酱凝胶,使得低糖果酱的酱体均匀一致,黏稠度合适,易涂抹,也说明  $\text{CaCl}_2$  对低糖果酱的凝胶形成起着至关重要的作用。

#### 参考文献

- [1] 贾鲁彦.猕猴桃果酱加工工艺研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [2] LESPINARD A R,BAMBICHAA R R,MASCHERONI R H. Quality parameters assessment in kiwi jam during pasteurization. Modelling and optimization of the thermal process [J]. Food and bioproducts processing, 2012,90(4):799-808.
- [3] 周国君,王晓静,陈丽.猕猴桃酸奶的研制[J].中国乳业,2015(2):58-62.
- [4] 韩礼星,黄贞光,李明,等.加入 WTO 后我国猕猴桃产业的发展策略[J].果树学报,2003,20(3):218-223.
- [5] 陈东虹,谭毓治.猕猴桃的药理活性研究进展[J].广东药学院学报,2002,18(3):231-233.
- [6] 曾荣,陈金印,李平,等.美味猕猴桃果实后熟过程中主要品质指标的变化[J].江西农业大学学报,2002,24(5):587-590.
- [7] 王栋,刘中申,肖盈.国内外猕猴桃的研究及应用进展[J].中医药信息,1995(4):29-31.
- [8] 王皎,李赫宇,刘岱琳,等.苹果的营养成分及保健功效研究进展[J].食品研究与开发,2011,32(1):164-168.
- [9] 王思懿.苹果酒酿造工艺研究[D].杨凌:陕西科技大学,2015.
- [10] 沈尔安.保健抗衰老山药[J].药膳食疗研究,1999(4):21.
- [11] 孔晓朵,白新鹏.山药的活性成分及生理功能研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(13):5979-5981,5984.
- [12] 宋君柳.山药品种资源及化学成分研究进展[J].长江蔬菜,2009(6):1-5.
- [13] ZUO Y F,TANG D C. Science of Chinese Materia [M]. Shanghai:Shanghai University of Traditional Chinese Medicine Press,2003:301-303.
- [14] 张丽梅,陈菁瑛,黄玉吉,等.山药品种间氨基酸含量的差异性研究[J].氨基酸和生物资源,2008,30(2):12-15.
- [15] 吕丽莎.山药功能性食品工艺与储藏稳定性研究[D].郑州:河南工业大学,2012.
- [16] 卫萍,游向荣,张雅媛,等.低糖香蕉果酱的研制[J].食品研究与开发,2016,37(1):63-67.
- [17] 李明元.利用微波辅助技术提高柠檬果皮胶提取率的研究[J].食品研究与开发,2007,28(5):91-94.
- [18] 郝爱军.胡萝卜猕猴桃复合低糖果酱的研制[J].农产品加工,2004(1):30-31.
- [19] 曾维丽,魏永义,王方方.低糖红薯山楂复合果酱的研制[J].北方园艺,2012(16):167-169.