

# 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的研制

孔昕荟,张靖儒,王一,李雯,刘程惠\*

(大连民族大学,辽宁大连116000)

**摘要:**以软枣猕猴桃和阳光玫瑰葡萄为原料,添加复合益生菌,研制一种软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥。探究软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比、果葡糖浆添加量、海藻寡糖添加量、复合益生菌添加量、发酵温度和发酵时间对果泥感官品质的影响。在单因素试验基础上进行正交试验,确定最佳产品配方:软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比为7:3,果葡糖浆、海藻寡糖、复合益生菌接种量分别为14、3、0.6 g/100 g,发酵温度35 °C,发酵时间24 h,此配方和工艺条件下的软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥具有独特果香,口感细腻,酸甜可口,感官品质最佳,具有一定的抗氧化能力。

**关键词:**软枣猕猴桃;阳光玫瑰葡萄;复合益生菌;发酵;感官品质

## Development of *Actinidia arguta* and Grape Probiotic Fruit Puree

KONG Xinhui, ZHANG Jingru, WANG Yi, LI Wen, LIU Chenghui\*

(Dalian Minzu University, Dalian 116000, Liaoning, China)

**Abstract:** *Actinidia arguta* and shine muscat grape were used as the main raw materials, and compound probiotics were added to develop an *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree, so as to explore the effects of the ratio of *Actinidia arguta* pulp to grape pulp, the amount of glucose fructose syrup, the amount of seaweed oligosaccharides, the amount of compound probiotics, fermentation temperature, and fermentation time on the sensory quality of fruit puree. An orthogonal test was carried out on the basis of a single factor to determine the best product formula as follows. The ratio of *Actinidia arguta* pulp to grape pulp was 7:3; the amount of glucose fructose syrup, seaweed oligosaccharides, and compound probiotics were 14, 3, and 0.6 g/100 g, respectively. The fermentation temperature was 35 °C, and the fermentation time was 24 h. The *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree under this formula and process conditions had unique fruit fragrance, delicate taste, sweet and sour flavor, best sensory quality, and certain antioxidant capacity.

**Key words:** *Actinidia arguta*; shine muscat grape; compound probiotic; fermentation; sensory quality

引文格式:

孔昕荟,张靖儒,王一,等.软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的研制[J].食品研究与开发,2025,46(6):106-114.

KONG Xinhui, ZHANG Jingru, WANG Yi, et al. Development of *Actinidia arguta* and Grape Probiotic Fruit Puree[J]. Food Research and Development, 2025, 46(6): 106-114.

软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*)属猕猴桃科,别名奇异莓,主要产于我国黑龙江至广西境内的五岭山地。软枣猕猴桃以其美味多汁、营养丰富的特点备受喜爱。它富含矿物质、维生素、氨基酸和膳食纤维等多种营养成分,特别是维生素C的含量高达4.3 g/kg,远超其他水果<sup>[1-2]</sup>。此外,这种水果还具有一定的生理活性,能够有效改善肝炎、痢疾等疾病的症状。现代科学研究揭示,软枣猕猴桃含有黄酮、多酚、多糖和生物碱等多

种活性成分,其酚类和黄酮类化合物展现出显著的抗氧化、抗感染和抗肿瘤特性<sup>[3-5]</sup>。但是软枣猕猴桃收获期短,且不易贮存,在运输过程中容易受到机械损伤,所以适合加工成产品,延长其供应期。

根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国粮农组织(Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO)的定义,益生菌是指一种活性微生物,当摄入足够数量时,能够给

基金项目:大连市科技创新基金(2024JJ13GX041);大学生创新创业训练计划(202312026107)

作者简介:孔昕荟(2003—),女(回),本科,研究方向:食品质量与安全。

\*通信作者:刘程惠(1979—),女(汉),博士,研究方向:食品科学。

宿主带来健康益处。益生菌对人体健康起到了重要作用,可以保持肠道菌群平衡、增加肠道蠕动、增强消化吸收能力、并且可以增强抵抗力等<sup>[6]</sup>。而市面上的益生菌产品例如益生菌粉和益生菌片等,多数口味欠佳,为了改善其口感与风味,可以将益生菌添加到其他食品中,加工成复配益生菌产品。

有研究指出,果泥可以作为良好的益生菌发酵基,益生菌发酵果泥不仅能够较好地保留水果的营养成分,还具有益生菌的益生保健和免疫功能<sup>[7]</sup>。近年来,国内外许多学者投身于益生菌发酵果泥的研究,例如通过发酵得到沙棘果泥<sup>[8]</sup>、蓝莓果泥<sup>[9]</sup>、柿子果泥<sup>[10]</sup>等,但还未出现过软枣猕猴桃益生菌果泥产品。本研究以复合益生菌为发酵菌种,以软枣猕猴桃和葡萄为发酵基,研制出一款兼具软枣猕猴桃及葡萄风味的复合益生菌发酵果泥,以期为合理开发和利用软枣猕猴桃资源,推动益生菌产品的创新与发展,满足不同顾客对产品多样化的需求提供参考<sup>[11]</sup>。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

软枣猕猴桃、阳光玫瑰葡萄:市售;复合益生菌(100亿CFU/3g)、20%鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus* GG, LGG)、20%干酪乳酸杆菌(*Lactobacillus casei*, *L. casei*)、20%肠球菌(*Enterococcus*)、10%格式乳杆菌(*Lactobacillus gasseri*, *L. gasseri*)、10%嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*, *L. acidophilus*)、10%长双歧

杆菌(*Bifidobacterium longum*, *B. longum*)、10%乳双歧杆菌(*Bifidobacterium lactis*, *B. lactis*):然健环球(香港)有限公司;果葡糖浆:温州盒记食品有限公司;海藻寡糖:中国科学院大连化学物理研究所;柠檬酸:国药集团化学试剂有限公司;MC琼脂培养基、MRS琼脂培养基:北京奥博星生物技术有限责任公司。氢氧化钠、无水乙醇、二甲基亚砜、乙酸、无水乙酸钠、乙二胺四乙酸二钠、咪唑、半乳糖醛酸、浓硫酸、葡萄糖、酒石酸钾钠、3,5-二硝基水杨酸、结晶酚、亚硫酸钠、四水合钼酸铵、二水合草酸、偏磷酸、抗坏血酸钠、浓盐酸、甲醇、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)、2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS]、过硫酸钾:天津市科密欧化学试剂有限公司。以上试剂均为分析纯。

UV-1600紫外-可见分光光度计:上海美谱达仪器有限公司;pH-10pH计、HN-60S恒温培养箱:浙江力辰仪器科技有限公司;PEN3电子鼻:德国Airsence公司;SA402B电子舌:日本INSENT公司;TA.XT Plus型质构仪:密朗德仪器科技(江苏)有限公司;PAL-1型数显糖度计:日本ATOGO公司;CR-400色差仪:日本尼柯仪器有限公司;PL203型精密电子天平:上海梅特勒-托利多仪器有限公司;L18-P132榨汁机:九阳股份有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 工艺流程

软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥工艺流程见图1。

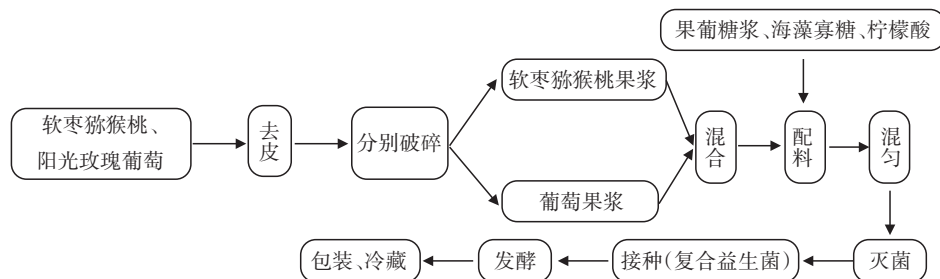


图1 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥工艺流程

Fig.1 Process flow of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

#### 1.2.2 操作要点

##### 1.2.2.1 破碎

去皮的软枣猕猴桃和葡萄采用榨汁机分别破碎,破碎速度为15 000~20 000 r/min,时间为15~20 s,为避免影响口感,用纱布将软枣猕猴桃籽过滤除去。

##### 1.2.2.2 配料

将果葡糖浆、海藻寡糖、柠檬酸按照比例添加到果泥中,充分搅拌均匀。

##### 1.2.2.3 灭菌

果泥在80℃左右灭菌1 min,以控制贮藏过程中杂菌的生长<sup>[12-13]</sup>。

##### 1.2.2.4 接种

灭菌后的果泥冷却至室温后接种复合益生菌。

##### 1.2.2.5 发酵

将复合益生菌(20%鼠李糖乳杆菌、20%干酪乳酸杆菌、20%肠球菌、10%格式乳杆菌、10%嗜酸乳杆菌、10%长双歧杆菌、10%乳双歧杆菌)与果泥混合均匀后,用保鲜膜封口,并用打孔器在表面扎出直径1.5 mm气孔约8个,放入35℃恒温培养箱中发酵24 h。

#### 1.2.3 果泥的感官评价

选择12名(6男6女,年龄18~25岁)身体状况良好、无不良嗜好的志愿者组成感官评价小组,参照表1

分别从色泽、香味、组织状态、口感和涂抹性5个方面进行感官评价,取其平均值作为感官评价结果<sup>[14]</sup>。

表1 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

项目	果泥评分标准	分值
色泽 (15分)	有光泽、呈现黄绿色、均匀	11~15
	色泽较好、呈现黄绿色、基本均匀	6~<11
	色泽暗淡、呈现黄褐色、欠均匀	1~<6
香味 (15分)	香气平衡具有软枣猕猴桃葡萄的特有风味,无异味	11~15
	果香不明显、无异味	6~<11
	有异味、香气不突出	1~<6
组织 状态 (30分)	质地均匀、无分层、流散适中	21~30
	质地较均匀、轻微分层、无流散	11~<21
	质地不均匀、分层明显、无流散	1~<11
口感 (30分)	酸甜适中、口感细腻	21~30
	酸甜不平衡、口感较细腻	11~<21
	偏酸或偏甜、口感粗糙	1~<11
涂抹性 (10分)	容易涂抹、涂层均匀光滑	9~10
	较易涂抹、涂层均匀但不光滑	5~<9
	不易涂抹、涂层不连贯	1~<5

#### 1.2.4 单因素试验设计

按照 1.2.3 的方法,以感官评分为评价指标,选择软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比 7:3、果葡糖浆添加量 14 g/100 g、海藻寡糖添加量 2 g/100 g、复合益生菌接种量 0.6 g/100 g、发酵温度 35 °C、发酵时间 20 h 作为固定初始发酵条件,依次考察软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比(5:5、6:4、7:3、8:2、9:1)、果葡糖浆添加量(10、12、14、16、18 g/100 g)、海藻寡糖添加量(0、1、2、3、4 g/100 g)、复合益生菌接种量(0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7 g/100 g)、发酵温度(20、25、30、35、40 °C)、发酵时间(12、16、20、24、48 h)对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥口味的影响。

#### 1.2.5 正交试验优化软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥发酵工艺

根据单因素试验的结果,筛选出对产品品质有较大影响的几个因素,设计四因素三水平的正交试验,以海藻寡糖添加量、复合益生菌接种量、发酵时间和发酵温度为因素进行研究。正交试验因素与水平设计见表 2。

#### 1.2.6 产品感官指标测定

##### 1.2.6.1 电子鼻测定

采用 PEN3 型便携式电子鼻分析产品的气味。分别称取软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥与软枣猕猴桃原果各 5 g,放入 20 mL 进样小瓶中室温密闭静置 30 min,将两只进样针头同时插入进样小瓶内进行测定。测定

表2 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥正交试验因素与水平设计

Table 2 Factors and levels of orthogonal test design of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

水平	因素			
	A 海藻寡糖 添加量/(g/100 g)	B 复合益生菌 接种量/(g/100 g)	C 发酵 时间/h	D 发酵 温度/°C
1	1	0.4	16	30
2	2	0.5	20	35
3	3	0.6	24	40

条件:进样流量 400 mL/min,样品测试时间 60 s,取稳定状态 55~57 s 的数据进行分析。

表 3 为电子鼻传感器性能描述,可以根据此表考察传感器对香气物质的响应,通过数值得出 10 个传感器对样品中挥发性成分识别能力的强弱,实时记录 10 个传感器趋势与传感器的  $G/G_0$  值( $G$  为实时电导率, $G_0$  为初始电导率),形成待测香气物质的雷达图<sup>[15]</sup>。

表3 电子鼻传感器性能描述

Table 3 Performance description of electronic nose sensor

传感器序号	传感器	传感物质
S1	W1C	芳香族化合物
S2	W5S	氮氧化物
S3	W3C	氨和芳香族化合物
S4	W6S	氢化物
S5	W5C	短链芳香族化合物
S6	W1S	环境中甲烷,检测范围广
S7	W1W	硫化物、吡嗪、许多萜烯如柠檬烯
S8	W2S	醇类、醛酮类化合物
S9	W2W	芳香族成分、硫化物
S10	W3S	甲烷和一些高浓度化合物

##### 1.2.6.2 电子舌测定

采用 SA402B 型电子舌分析产品的味道。分别称取软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥、软枣猕猴桃原果与蒸馏水按照质量比 1:10 定容后匀浆,12 000 r/min 离心 20 min 后收集上清液。将探头用蒸馏水冲洗过后,安装探头,将待测溶液放入仪器中进行测试并收集数据,测定时长持续 2 h。表 4 为电子舌传感器性能描述,可以根据此表考察传感器对产品口味的响应,实时记录 6 个传感器趋势。

表4 电子舌传感器性能描述

Table 4 Performance description of electronic tongue sensor

陈列序号	传感器	代表口味
1	AEE	鲜味
2	CTO	咸味
3	CAO	酸味
4	COO	苦味
5	AEI	涩味
6	GLI	甜味



### 1.2.6.3 质构测定

使用质构仪测定果泥的坚实度、黏度和颗粒指数。将样品装到 150 mL 杯的 3/4 处。加载 A/BE 探头进行测定,接触力 1 g,测试速度 1 mm/s,返回速度 10 mm/s,返回高度 75 mm,平行测定 3 次,以平均值作为最终数据,单位为 N。

### 1.2.6.4 色差测定

采用色差仪测定果泥的颜色变化,平行测定 3 次,以平均值作为最终数据。记录  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值。参考腾昭军<sup>[16]</sup>的方法进行计算,公式如下。

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad (1)$$

$$E^* = (L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad (2)$$

$$B_h = 2000 \times \frac{a^*}{L^*} \times C \quad (3)$$

式中: $C$  为色度值; $E^*$  为总色值; $B_h$  为色光值; $L^*$  为亮度; $a^*$  为红绿色调; $b^*$  为蓝黄色调。

## 1.2.7 理化指标评价

### 1.2.7.1 可溶性固形物含量测定

参照段艳军等<sup>[17]</sup>的方法,采用糖度计测定可溶性固形物含量。

### 1.2.7.2 pH 值测定

pH 值参照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》中的方法进行测定。

### 1.2.7.3 总酸含量测定

总酸含量参照 GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》中的方法进行测定。

### 1.2.7.4 果胶含量测定

果胶含量的测定采用分光光度法,参照 Wang 等<sup>[18]</sup>的方法并略有修改。样品用乙醇沸水浴提取,冷却后 4 000 r/min 离心 15 min,用 90% 的二甲基亚砜去除淀粉,干燥得到粗细胞质。用不同试剂从粗细胞壁中提取水溶性果胶与原果胶,测定上清液吸光度。根据吸光度,计算果胶含量。

### 1.2.7.5 还原糖含量测定

还原糖含量参考 Lam 等<sup>[19]</sup>的方法,采用 3,5-二硝基水杨酸法测定。

## 1.2.8 微生物指标测定

参照 GB 4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》中的方法进行乳酸菌数量的测定。

## 1.2.9 抗氧化物质含量及活性的测定

### 1.2.9.1 维生素 C 含量的测定

维生素 C 含量参照张春兰等<sup>[20]</sup>的方法,采用紫外分光光度法测定。

### 1.2.9.2 总酚含量的测定

总酚测定参考王莹<sup>[21]</sup>的方法,采用分光光度法。取 0.5 g 样品、5 mL 1% 盐酸-甲醇溶液提取液,混匀,

4 °C 避光静置 20 min,期间多次振荡,定容至 20 mL。在 280 nm 处测定样品吸光度,用提取液调零,分别取 2 个样品进行测定,每个样品平行测定 3 次。

### 1.2.9.3 DPPH 自由基清除率的测定

DPPH 自由基清除率测定参考 Gulcin 等<sup>[22]</sup>的方法作适当修改。取 100 μL 样液放入 96 孔板中,加入 100 μL 0.5 mmol/L DPPH-无水乙醇溶液,然后放入酶标仪中,振荡 30 s,20 °C 孵育 30 min,在 517 nm 下测定吸光度。分别取 3 个样品进行测定,每个样品平行测定 3 次。

### 1.2.9.4 ABTS<sup>+</sup>自由基清除率的测定

ABTS<sup>+</sup>自由基清除率参考 Laophongphit 等<sup>[23]</sup>的方法并稍作修改。取 20 μL 样液放入 96 孔板中,加入 80 μL ABTS 工作溶液,放入酶标仪中,振荡 15 s,20 °C 孵育 6 min,振荡 15 s,在 734 nm 下测定吸光度。分别取 3 个样品进行测定,每个样品平行测定 3 次。

## 1.3 数据处理

所有试验每一个处理组进行 3 个平行试验,每组平行重复测定 3 次。使用 Excel 2021 软件对数据进行处理,计算每组试验数据的平均值以及标准差,并用 Origin 2021 进行制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果

#### 2.1.1 软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响见图 2。

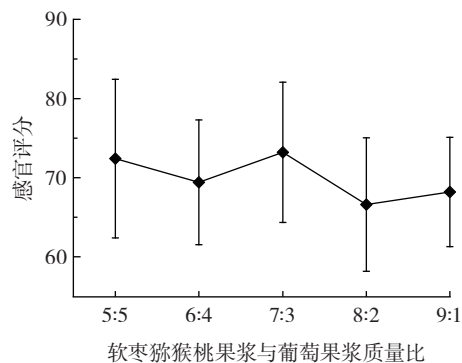


图 2 软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响

Fig.2 Effect of ratio of *Actinidia arguta* pulp to grape pulp on sensory score of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图 2 可知,在其他条件一定时,随着软枣猕猴桃果浆添加量的增大,感官评分先增加后降低,当软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比为 7:3 时,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥既有软枣猕猴桃的特殊果香,又有葡萄的风味,感官评分最高,从而选取软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆最佳质量比为 7:3。

### 2.1.2 果葡糖浆添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

果葡糖浆添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响见图3。

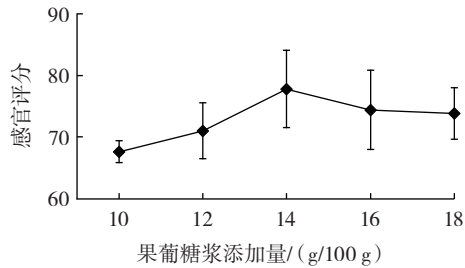


图3 果葡糖浆添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响  
Fig.3 Effect of glucose fructose syrup amount on sensory quality of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图3可知,随着果葡糖浆添加量的增加,感官评分呈现先逐步上升再轻微下降的趋势,当果葡糖浆添加量为14 g/100 g时感官评分出现峰值,此时果泥的甜度比例适宜,酸甜可口,感官评分最高;当果葡糖浆添加量高于14 g/100 g时,果泥过于甜腻,糖酸比例不合适,从而影响食用口感,感官评分逐渐降低。因此选择14 g/100 g作为最佳果葡糖浆添加量。

### 2.1.3 海藻寡糖添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

海藻酸钠寡糖是海藻多糖的降解产物,分子质量小,水溶性良好,可以选择性地增强有益菌群的活性,激发一系列益生元作用。并且在食品工业中可以起到抑制脂质氧化和果蔬保鲜的作用。海藻寡糖添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响见图4。

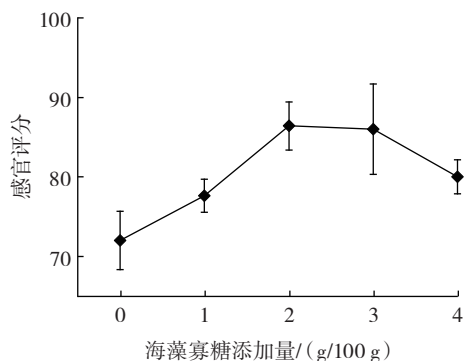


图4 海藻寡糖添加量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响  
Fig.4 Effect of seaweed oligosaccharide amount on sensory quality of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图4可知,随着海藻寡糖添加量的增大,感官评分有所变化,当海藻寡糖添加量为2 g/100 g时,果泥口感较好,感官评分最高,适宜的海藻寡糖添加量能够更好促进乳酸菌生长,而过高的海藻酸钠寡糖浓度会产生较高的渗透压,进而引起脱水,抑制菌株生长,导

致口味欠佳,感官评分降低。因此选择海藻寡糖添加量1、2、3 g/100 g进行后续优化试验。

### 2.1.4 复合益生菌接种量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

复合益生菌接种量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响见图5。

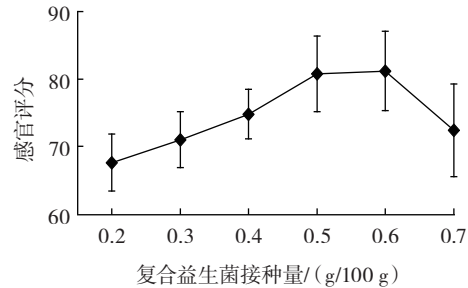


图5 益生菌接种量对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响  
Fig.5 Effect of probiotic amount on sensory quality of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图5可知,随着复合益生菌接种量的增大,感官评分先逐步上升后轻微下降,当复合益生菌添加量低于0.5 g/100 g时,感官评分较低,可能是因为接种量较低,不能使果泥充分发酵,发酵风味较差;当接种量过高时,益生菌大量繁殖,产生大量有机酸,导致果泥的酸度过高,影响果泥的口感。当复合益生菌接种量为0.6 g/100 g时,果泥口感较好,具有发酵风味,感官评分最高,因此选择复合益生菌接种量为0.4、0.5、0.6 g/100 g进行后续优化试验。

### 2.1.5 发酵温度对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

菌种生长、产酸发酵和风味物质的形成都需要特定的温度环境。如果环境温度偏低,微生物的生长和繁殖速度将会减缓,导致软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥发酵不充分,产酸和风味物质的生成都会不足。相反地,如果发酵温度过高,虽然可以加速发酵过程,但可能会导致产生的风味并不理想。发酵温度对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响见图6。

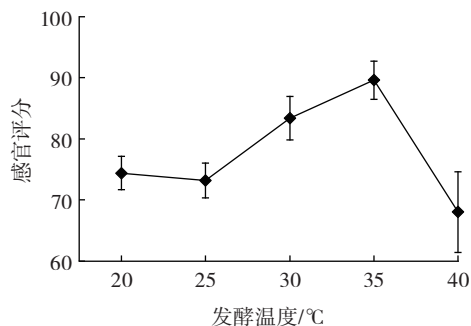


图6 发酵温度对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响  
Fig.6 Effect of fermentation temperature on sensory quality of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图6可知,当发酵温度逐渐升高时,感官评分会先逐渐提高,但达到某一高点后会逐渐下降。当发酵温度达到35℃时,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的口感最佳,既有发酵的风味,酸度也适中,此时的感官评分也最高。因此选择发酵温度30、35、40℃进行后续优化试验。

### 2.1.6 发酵时间对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响

发酵时间对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官品质的影响见图7。

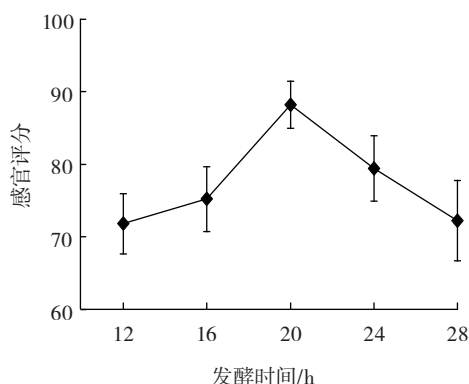


图7 发酵时间对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分的影响  
Fig.7 Effect of fermentation time on sensory quality of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

由图7可知,随着发酵时间的延长,感官评分呈现先增高后降低的趋势,发酵时间为20h时,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分最高。当发酵时间少于20h时,产品可能由于发酵不足,导致其香味和口感不够浓郁;过长的发酵时间会导致酸度累积增加,因此当发酵时间超过20h时,总酸浓度会过高,从而使得产品的酸味变得明显增强,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥感官评分降低。因此选择发酵时间为16、20、24h进行后续优化试验。

### 2.2 正交试验结果与分析

正交试验结果如表5所示。

由表5可知,各因素对试验结果的影响强弱顺序为A>C>D>B,即海藻寡糖添加量>发酵时间>发酵温度>复合益生菌接种量。说明对软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥影响最大的是海藻寡糖添加量。根据正交试验结果可知最优发酵工艺组合为A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub>,即软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的最佳工艺为软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比7:3,果葡糖浆添加量14g/100g、海藻寡糖添加量3g/100g、复合益生菌接种量0.6g/100g,发酵温度35℃,发酵时间24h。按照最佳工艺制得的软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥发酵完全,口感较好,香味浓郁,风味适中,感官评分为81.6,高于正交试验最高评分(79.6),说明该工艺可行。

表5 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥配方正交试验结果

Table 5 Results of orthogonal test of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree formula

试验号	A 海藻寡糖添加量	B 复合益生菌接种量	C 发酵时间	D 发酵温度	感官评分
1	1	1	1	1	64.4
2	1	2	2	2	65.8
3	1	3	3	3	70.6
4	2	1	2	3	71.0
5	2	2	3	1	78.4
6	2	3	1	2	74.8
7	3	1	3	2	79.6
8	3	2	1	3	73.4
9	3	3	2	1	72.6
k <sub>1</sub>	66.9	71.7	70.9	71.8	
k <sub>2</sub>	74.7	72.5	69.8	73.2	
k <sub>3</sub>	75.2	72.7	76.2	71.7	
R	8.3	1.0	6.4	1.5	

### 2.3 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥理化指标的测定

#### 2.3.1 感官指标

##### 2.3.1.1 电子鼻测定分析

图8显示了软枣猕猴桃和软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的10个传感器的响应值。

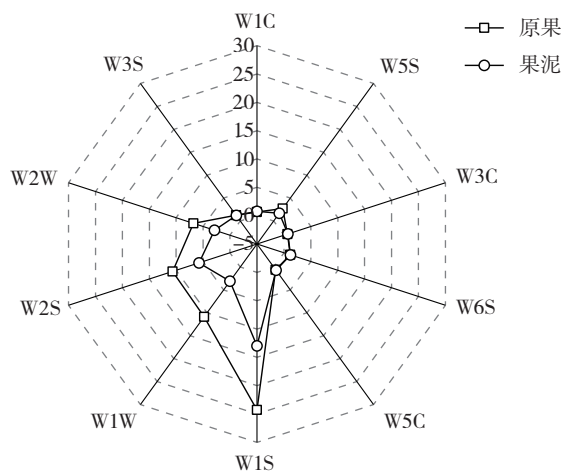


图8 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥和软枣猕猴桃原果电子鼻雷达图  
Fig.8 Electronic nose radar map of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree and *Actinidia arguta*

由图8可知,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的W1C、W5S、W3C、W6S、W5C、W3S的响应值基本没有变化,说明果泥产品保留了软枣猕猴桃的芳香族化合物气味;软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的W1S、W1W、W2S和W2W传感器的响应值比原果有所减少,这表明果泥的烃类物质、硫化物、吡嗪含量减少。可见发酵后的果泥产品不仅保留了软枣猕猴桃特有果香,还减少了刺激性气味,果泥气味柔和。



2.3.1.2 电子舌测定分析

图9显示了软枣猕猴桃和软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的6个传感器的响应值。

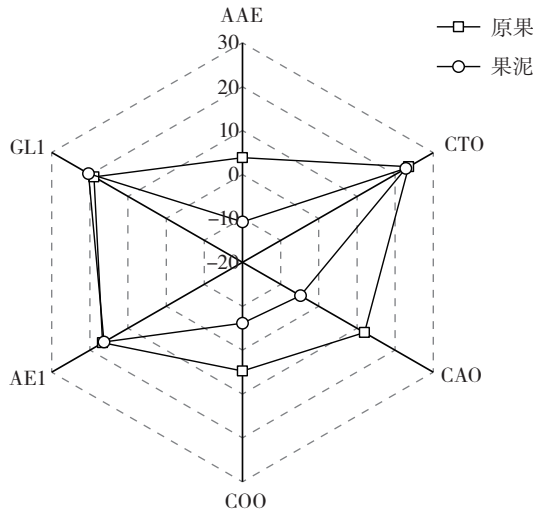


图9 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥和软枣猕猴桃原果电子舌雷达图  
Fig.9 Electronic tongue radar map of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree and *Actinidia arguta*

由图9可知,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的AAE、CTO、CAO、COO、AE1的响应值相比于原果均降低,而GL1的响应值大于原果,说明果泥的鲜、咸、酸、

苦、涩的味感弱于原果,而相比于原果甜味更突出,可见发酵后的果泥酸涩口感减少,甜味更为突出。

2.3.1.3 质构测定分析

软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥质构指标见表6。

表6 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥质构指标  
Table 6 Texture indexes of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

种类	坚实度/g	黏度/g	颗粒指数
市售果泥1	93.10±0.37	-119.31±0.50	3 057.67±80.65
市售果泥2	50.43±0.45	-55.26±0.38	3 353.67±58.01
软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥	50.29±0.16	-58.17±0.62	3 384±36.00

由表6可知,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥与市售果泥2的质构相近,坚实度均低于市售果泥1,3种产品的颗粒指数相近。可见,软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的流动性较好,入口流畅顺滑。

2.3.1.4 色差测定分析

$L^*$ 值表示颜色的明亮程度, $L^*$ 值越大,果泥颜色越明亮;色度值代表颜色的饱和程度,色度值越大,果泥的颜色饱和度越大;总色值 $E^*$ 代表以数值的形式表示的色差;色光值表示黄蓝色度。软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥色差指标见表7。

表7 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥色差指标

Table 7 Color difference indexes of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

种类	$L^*$ 值	色度值	总色值	色光值
果泥	51.02±0.54	26.69±0.33	57.58±0.57	2 298.71±148.06
原果	49.13±0.30	25.94±0.45	55.56±0.45	7 323.24±254.75

由表7可知,发酵后的果泥的 $L^*$ 值、色度值、色光值、总色值均大于原果,可见发酵后的软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥色调为黄绿色,亮度大,颜色鲜艳,饱和

度高。

2.3.2 理化指标

软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥理化指标见表8。

表8 软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥理化指标

Table 8 Physical and chemical indexes of *Actinidia arguta* and grape probiotic fruit puree

种类	可溶性固形物含量/%	pH值	总酸含量/(g/L)	还原糖含量/(mg/mL)	水溶性果胶含量/%	原果胶含量/%
果泥	28.00±0.10	3.60±0.00	16.37±0.69	12.73±0.20	1.58±0.33	0.48±0.06
原果	17.07±0.12	3.33±0.06	14.42±0.26	7.07±0.68	0.76±0.04	0.23±0.01

由表8可知,果泥相较于原果可溶性固形物含量、pH值、总酸含量和还原糖含量均提高,分别比原果提高了64.03%、8.11%、13.52%、80.06%。果泥的可溶性固形物含量大,使得其风味口感更加突出,质地更为黏稠、稳定性更好。pH值相较原果增加,减少果泥入口的酸涩,口感更加适中。

果胶主要作为增稠剂和稳定剂,还具有润肠通便的生理功能。由表8可知,果泥的水溶性果胶和原果胶都比原果含量高,果泥的水溶性果胶含量增多可能

是由于有机酸可以将软枣猕猴桃中的原果胶水解为可溶性果胶,而原果胶增多可能是因为果泥中加入了海藻寡糖,它属于膳食纤维的一种,从而导致原果胶测定值偏高<sup>[24]</sup>。

2.3.3 微生物指标

乳酸菌还具有促进肠道蠕动,帮助人体消化和吸收营养物质的功能<sup>[25]</sup>。本产品发酵温度35℃、发酵24h的条件下,测得乳酸菌数为 $1.08 \times 10^7$  CFU/g,乳酸菌数符合T/CNFIA 131—2021《益生菌食品》。

## 2.3.4 抗氧化物质含量及活性

抗氧化物质含量及活性变化见表9。

表9 抗氧化物质含量及活性的变化

Table 9 Changes in antioxidant content and activity

种类	总酚含量/ (mg/g)	维生素C含量/ (mg/100g)	ABTS <sup>+</sup> 自由基 清除率/%	DPPH 自由基 清除率/%
果泥	2.12±0.75	39.65±1.59	37.88±2.07	62.49±7.59
原果	1.60±0.05	56.57±0.65	91.98±1.90	68.74±4.86

由表9可知,发酵后果泥的总酚含量显著提高,比发酵前增加了32.5%。维生素C含量较发酵之前下降了29.91%。ABTS<sup>+</sup>自由基清除率与DPPH 自由基清除率相较于发酵前均下降,这可能是由于发酵时间过长或发酵温度过高,导致随着时间的变化,活性成分逐渐被氧化降解,以及发酵时间延长,其代谢产物与酚类、黄酮类物质发生反应,生成衍生物,使抗氧化性降低<sup>[26-27]</sup>。

## 3 结论

以软枣猕猴桃果浆、葡萄果浆为原料,通过单因素和正交试验确定了软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥的最佳发酵工艺为软枣猕猴桃果浆与葡萄果浆质量比7:3、复合益生菌接种量0.6 g/100 g,果葡糖浆添加量14 g/100 g,海藻寡糖添加量3 g/100 g,发酵时间24 h,发酵温度35 ℃。按照该工艺所制得的软枣猕猴桃葡萄益生菌果泥果香柔和、口感绵柔细腻、果泥颜色为黄绿色、色泽明亮。产品的可溶性固形物、还原糖含量符合GB/T 22474—2008《果酱》,pH值、总酸符合T/CBFIA 08003—2017《食用植物酵素》,乳酸菌数符合T/CNFIA 131—2021《益生菌食品》规定。此外,产品有较好的抗氧化能力。综上所述,在此配方下所制得的果泥具有广阔的市场空间和发展潜力。

## 参考文献:

- [1] 吴晓晗,李雪峰,范明智,等.软枣猕猴桃不定根总黄酮提取工艺的优化[J].延边大学农学报,2021,43(1):18-23.  
WU Xiaohan, LI Xuefeng, FAN Mingzhi, et al. Optimization of extraction technology of total flavonoids from adventitious roots of *Actinidia arguta*[J]. Agricultural Science Journal of Yanbian University, 2021, 43(1): 18-23.
- [2] 孙天利,曲思奕,薛亚宁,等.软枣猕猴桃-梨复合果酒发酵工艺优化[J].中国酿造,2022,41(9):204-208.  
SUN Tianli, QU Siyi, XUE Yaning, et al. Optimization of fermentation technology of kiwiberry-pear compound fruit wine[J]. China Brewing, 2022, 41(9): 204-208.
- [3] ZHANG H F, TENG K, ZANG H. *Actinidia arguta* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Miq. A review of phytochemistry and pharmacology[J]. Molecules, 2023, 28(23): 7820.
- [4] 孙宏莱,时得友,李丽丽,等.响应面法优化软枣猕猴桃枝条总三萜提取工艺及其体外抗炎活性分析[J].食品工业科技,2021,42(15):189-197.

- SUN Honglai, SHI Deyou, LI Lili, et al. Optimization of extraction technology of total triterpenes from the branches of *Actinidia arguta* by response surface methodology and its *in vitro* anti-inflammatory activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(15): 189-197.
- [5] 刘扬扬,周波,王司卉,等.响应面法优化超声辅助提取软枣猕猴桃叶多酚工艺[J].粮食与油脂,2021,34(10):100-103.  
LIU Yangyang, ZHOU Bo, WANG Sihui, et al. Optimization of ultrasonic assisted extraction of polyphenol from *Actinidia arguta* leaf by response surface methodology[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(10): 100-103.
- [6] GUAN Q Q, XIONG T, XIE M Y. Influence of probiotic fermented fruit and vegetables on human health and the related industrial development trend[J]. Engineering, 2021, 7(2): 212-218.
- [7] 匡燕,罗跃中.水果酵素发酵工艺及质量评价指标研究进展[J].食品工程,2023(4):19-22.  
KUANG Yan, LUO Yuezhong. Research progress of fruit fermentation technology and quality evaluation index[J]. Food Engineering, 2023(4): 19-22.
- [8] 王巨成.微生物发酵制备沙棘果浆酵素的研究[J].山西林业科技,2020,49(2):9-12.  
WANG Jucheng. Study on preparation of *Hippophae rhamnoides* fruit pulp enzyme by microbial fermentation[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2020, 49(2): 9-12.
- [9] HOTCHKISS A T, CHAU H K, STRAHAN G D, et al. Structure and composition of blueberry fiber pectin and xyloglucan that bind anthocyanins during fruit puree processing[J]. Food Hydrocolloids, 2021, 116: 106572.
- [10] 田文静,武亚帅,陈昊,等.柿子酵素发酵工艺优化及品质评价[J].食品研究与开发,2024,45(2):154-161.  
TIAN Wenjing, WU Yashuai, CHEN Hao, et al. Optimization of fermentation process and quality evaluation for persimmon jiaosu[J]. Food Research and Development, 2024, 45(2): 154-161.
- [11] 杨彬彦,党娅,黎坤怡.蓝莓酵素复合菌种发酵工艺优化及品质分析[J].中国酿造,2023,42(12):165-169.  
YANG Binyan, DANG Ya, LI Kunyi. Optimization of fermentation process and quality analysis of blueberry Jiaosu by mixed strains[J]. China Brewing, 2023, 42(12): 165-169.
- [12] 牛强,申健,刘悦,等.软枣猕猴桃主要活性成分及药理活性研究进展[J].食品工业科技,2019,40(3):333-338,344.  
NIU Qiang, SHEN Jian, LIU Yue, et al. Research progress on main active constituents and pharmacological activities of *Actinidia arguta*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(3): 333-338, 344.
- [13] MANDHA J, SHUMOY H, MATEMU A O, et al. Characterization of fruit juices and effect of pasteurization and storage conditions on their microbial, physicochemical, and nutritional quality[J]. Food Bioscience, 2023, 51: 102335.
- [14] WU D, XIA Q L, CHENG H, et al. Changes of volatile flavor compounds in sea buckthorn juice during fermentation based on gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Foods, 2022, 11(21): 3471.
- [15] 张继元,王波,丁嘉丽,等.不同电子鼻传感器对葡萄酒香气的响应差异分析及其应用[J].核农学报,2024,38(4):693-702.  
ZHANG Jiyuan, WANG Bo, DING Jiali, et al. Analysis and application of different dry red wines based on electronic nose gas recognition technology[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2024, 38(4): 693-702.
- [16] 滕昭军.酵母与丙酮酸对果酒发酵过程中色泽变化和呈色机制研究[D].广州:暨南大学,2021.



- TENG Zhaojun. Study on the color change and coloration mechanism by yeast and pyruvic acid during wine fermentation[D]. Guangzhou: Jinan University, 2021.
- [17] 段艳军, 田春娇, 朱英, 等. 不同取汁方法对枣果可溶性固形物含量测定的影响[J]. 中国南方果树, 2022, 51(6): 218-220.
- DUAN Yanjun, TIAN Chunjiao, ZHU Ying, et al. Effects of different juice extraction methods on determination of soluble solids content in jujube fruits [J]. South China Fruits, 2022, 51(6): 218-220.
- [18] WANG H Y, ZHU Y W, LI D, et al. Characterization of hawthorn pectin gained via different ethanol concentrations[J]. Food Science & Nutrition, 2023, 11(6): 2663-2676.
- [19] LAM H H, NGUYEN T M T, DO T A S, et al. Quantification of total sugars and reducing sugars of dragon fruit - derived sugar - samples by UV-Vis spectrophotometric method[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 947(1): 012041.
- [20] 张春兰, 缪梦杰. 果蔬中维生素 C 含量测定时不同方法比较[J]. 潍坊学院学报, 2023, 23(2): 21-23, 90.
- ZHANG Chunlan, MIAO Mengjie. Comparison of different methods for determination of vitamin C content in fruits and vegetables[J]. Journal of Weifang University, 2023, 23(2): 21-23, 90.
- [21] 王莹. 分光光度法测定荞麦总酚含量的不确定度评定[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(3): 128-132.
- WANG Ying. Uncertainty evaluation for determining total phenol content in buckwheat by spectrophotometry[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(3): 128-132.
- [22] GULCIN İ, ALWASEL S H. DPPH radical scavenging assay[J]. Processes, 2023, 11(8): 2248.
- [23] LAOPHONGPHIT A, SIRIPORNADULSIL S, SIRIPORNADULSIL W. Improvements in the functions of probiotic-based mango pulp rich in phenolic and proline antioxidants by treatment with pectinase and fermentation with lactic acid bacteria[J]. LWT-Food Science and Technology, 2023, 181: 114756.
- [24] 李琦, 廖柳月, 梁荣, 等. 果胶提取技术及对品质影响研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(7): 205-211.
- LI Qi, LIAO Liuyue, LIANG Rong, et al. Advances in pectin extraction technology and its effect on quality[J]. Food Research and Development, 2020, 41(7): 205-211.
- [25] DE FILIPPIS F, PASOLLI E, ERCOLINI D. The food-gut axis: Lactic acid bacteria and their link to food, the gut microbiome and human health[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2020, 44(4): 454-489.
- [26] 郝丽粉, 叶晓芳, 张静进, 等. 百香果酒发酵动力学及抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2023, 42(12): 219-225.
- HAO Lifen, YE Xiaofang, ZHANG Jingjin, et al. Fermentation kinetics and antioxidant activity of passion fruit wine[J]. China Brewing, 2023, 42(12): 219-225.
- [27] LI J, ZHAO W T, PAN X, et al. Improvement of antioxidant properties of jujube puree by biotransformation of polyphenols via *Streptococcus thermophilus* fermentation[J]. Food Chemistry: X, 2022, 13: 100214.

责任编辑:张璐  
收稿日期:2024-03-22