

# 苹果梨复合果汁工艺优化及其品质测定

王蕙颖\*, 陈润梓\*, 杜佩霓, 杨 兵, 田桂芳, 汤轶伟, 淑 英#, 张志胜#

河北农业大学食品科技学院, 河北 保定

收稿日期: 2025年10月6日; 录用日期: 2025年10月31日; 发布日期: 2025年11月13日

## 摘 要

以雪青梨、浓缩苹果汁为原料, 以罗汉果甜苷、柠檬酸、羧甲基纤维素钠、黄原胶等为辅料, 开发苹果梨复合饮料, 通过单因素实验和正交实验优化复合饮料的制备工艺。结果表明, 复合饮料最佳制备条件为: 雪青梨汁与苹果汁比例为5:5 (V/V), 罗汉果甜苷添加量0.006%, 柠檬酸添加量0.01%, 0.15%稳定剂(羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:2), 在此条件制得的复合果汁色泽均匀明亮, 兼具苹果与梨的果香, 酸甜适中, 口感柔顺; 测得该复合饮料还原糖(以葡萄糖计)含量为9.87 mg/mL, 总酸(以柠檬酸计) 48 g/kg, pH值4.0, 可溶性固形物12°Brix。苹果梨复合饮料的研制丰富了复合饮料的种类, 也为新型健康复合果汁的开发提供理论依据与技术支持。

## 关键词

苹果浓缩汁, 雪青梨, 低糖, 复合果汁, 工艺优化

# Process Optimization and Quality Analysis of Apple-Pear Mixed Juice

Huiying Wang\*, Runzi Chen\*, Peini Du, Bing Yang, Guifang Tian, Yiwei Tang, Ying Shu#, Zhisheng Zhang#

College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei

Received: October 6, 2025; accepted: October 31, 2025; published: November 13, 2025

## Abstract

Using Xueqing pear and concentrated apple juice as raw materials, and monk fruit glycoside, citric acid, sodium carboxymethylcellulose (CMC-Na), and xanthan gum as auxiliary ingredients, an apple-

\*共同一作。

#通讯作者。

pear compound beverage was developed. The preparation process was optimized through single-factor experiments and orthogonal experiments. The results showed that the optimal preparation conditions were as follows: the volume ratio of Xueqing pear juice to apple juice was 5:5 (V/V), the addition of monk fruit glycoside was 0.006%, the addition of citric acid was 0.01%, and the stabilizer (CMC-Na:xanthan gum = 1:2) was added at 0.15%. Under these conditions, the prepared mixed juice exhibited a uniform and bright color, combined with the fruity aromas of apple and pear, had a balanced sweet-sour taste, and a smooth mouthfeel. The determined reducing sugar content (as glucose) was 9.87 mg/mL, total acid content (as citric acid) was 48 g/kg, pH value was 4.0, and soluble solids content was 12°Brix. The development of this apple-pear compound beverage enriches the variety of compound beverages and provides theoretical and technical support for the development of new healthy compound fruit juices.

## Keywords

Apple Concentrated Juice, Xueqing Pear, Low-Sugar, Mixed Juice, Process Optimization

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着消费者健康意识的持续增强, 人们的饮食结构正逐步由传统的高糖、高脂摄入模式转向天然、低加工食品。在此背景下, 消费者对于饮料的需求也从基础解渴与口感享受, 逐步拓展至营养、健康、口感多样的新型产品[1]。无糖及低糖饮料因其符合现代健康理念, 受到越来越多消费者的青睐, 尤其在体重管理、营养调控及慢性病预防等方面具有广阔的市场前景[2]。植物复合型果汁通过多种水果的营养互补和风味融合, 不仅能够规避传统高糖饮料的健康风险, 又能够满足消费者对营养、健康饮品的需求, 已成为饮料领域的重要发展方向[3]。

苹果中含有多酚、三萜、果胶、膳食纤维等生物活性物质, 有助于保护人体细胞免受氧化损伤[4]。因其营养丰富且甜度较高, 通常将其与各类水果进行复配制成复合果汁, 以丰富产品的营养价值和风味。梨果富含维生素、矿物质、蛋白质和膳食纤维等多种营养成分, 因而梨果具有清热降火、清心润肺、化痰止咳等保健功效[5]。将苹果浓缩汁和梨汁进行复配来开发复合果汁, 结合苹果和梨的天然颜色, 在性能和价值上互相补充, 保留了苹果和梨的营养价值, 又同时兼具风味与健康, 顺应饮料产品绿色、健康的发展趋势。

本研究以河北蠡县的雪青梨、苹果浓缩汁为主要原料, 引入罗汉果甜苷作为天然代糖[6], 配以柠檬酸、黄原胶等配料, 通过单因素实验与正交设计优化配方参数, 强化产品低糖特性与功能价值, 将其开发研制成新型健康复合果汁, 为新型健康复合果汁的开发提供理论依据与技术支持, 顺应“健康中国”战略下的产业发展需求。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料与仪器

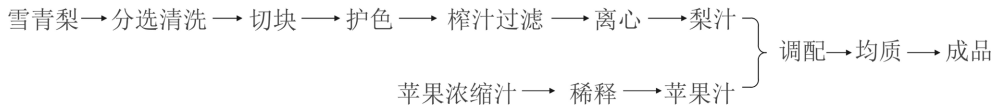
雪青梨, 河北百丰农产品开发有限公司; 苹果浓缩汁, 可罗食品有限公司; 食品级罗汉果甜苷, 河北旺优生物科技有限公司; 食品级羧甲基纤维素钠, 重庆力宏精细化工有限公司; 食品级黄原胶, 山东

阜丰发酵有限公司; 食品级柠檬酸, 山东英轩实业股份有限公司。

分析天平(USAHZ), 美国 HUAZHI 公司; 榨汁机(TJ06A-400), 浙江苏泊尔股份有限公司; pH 计(STARTER3100), 上海奥豪斯仪器有限公司; 手持糖度计(PAL-1)日本爱拓公司; 电子鼻(c-Nose), 上海保圣实业发展有限公司; 恒温水浴锅(HH-2J), 金坛市杰瑞尔电器有限公司。

## 2.2. 实验方法

工艺流程如下:



### 2.2.1. 操作要点

① 挑选与清洗: 挑选新鲜、无虫害、无腐烂的具有良好成熟度的雪青梨果, 清洗去除表面杂质后沥干备用; ② 去核与护色: 去除果核, 切成 1~2 cm 小块, 立即采用 0.04%柠檬酸溶液浸泡进行护色[7], 以防止原料变色; ③ 过滤与离心: 雪青梨放入榨汁机榨汁, 用四层纱布过滤, 得到较澄清的雪梨汁, 冷藏备用, 离心后取上清液即为梨清汁; ④ 苹果汁制备: 将苹果浓缩汁以 1:9 的比例稀释获得苹果汁; ⑤ 调配: 将制备好的梨汁、苹果汁、柠檬酸、罗汉果甜苷及稳定剂(黄原胶、羧甲基纤维素钠)按照不同比例混合调配[8]; ⑥ 均质: 4000 r/min 均质 5 min, 使果汁完全混合; ⑦ 灌装: 将调配好的果汁饮料装入洁净玻璃瓶内封盖。

### 2.2.2. 苹果梨复合果汁配方的单因素实验

#### 1) 确定雪青梨汁与苹果汁复配质量比

固定添加 0.015%柠檬酸、0.006%罗汉果甜苷、0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:1), 改变雪青梨汁与苹果汁的复配质量比即 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1, 复配后根据表 2 的感官评价标准进行感官评价。

#### 2) 确定柠檬酸的添加量

固定雪青梨汁与苹果汁复配质量比为 1:1, 添加 0.006%罗汉果甜苷、0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:1), 改变柠檬酸的添加量即 0.005%、0.01%、0.015%、0.02%、0.025%, 复配后根据表 2 的感官评价标准进行感官评价。

#### 3) 罗汉果甜苷的添加量

固定雪青梨汁与苹果汁复配比例为 1:1, 添加 0.015%柠檬酸、0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:1), 改变罗汉果甜苷的添加量即 0%、0.003%、0.006%、0.009%、0.012%, 复配后根据表 2 的感官评价标准进行感官评价。

#### 4) 稳定剂的比例

固定雪青梨汁与苹果汁复配比例为 1:1, 添加 0.015%柠檬酸、0.006%罗汉果甜苷, 改变稳定剂的比例即 0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 2:1)、0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:1)、0.15% (稳定剂羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:2), 复配后根据表 2 的感官评价标准进行感官评价。

### 2.2.3. 苹果梨复合果汁配方的正交实验

以梨汁:苹果汁的复配质量比(A)、柠檬酸添加量(B)、罗汉果甜苷添加量(C)、稳定剂的比例(D)为自变量, 以感官评分作为评价指标, 采用  $L_9(3^4)$  正交表进行正交实验, 因素水平设计见表 1。

Table 1. Design of factors and levels for orthogonal experiment  
表 1. 标准试验系统结果数据

| 水平 | 因素                |               |                 |                   |
|----|-------------------|---------------|-----------------|-------------------|
|    | A<br>梨汁:苹果汁/(V/V) | B<br>柠檬酸添加量/% | C<br>罗汉果甜苷添加量/% | D<br>稳定剂添加量/(V/V) |
| 1  | 5:5               | 0.005         | 0.006           | 2:1               |
| 2  | 7:3               | 0.010         | 0.009           | 1:1               |
| 3  | 9:1               | 0.015         | 0.012           | 1:2               |

2.2.4. 感官评价

参考刘茂[9]的方法并稍作修改。由 15 名经过训练的食品科学与工程专业学生(7 名男生, 8 名女生, 年龄 20~25 周岁)组成感官评价小组, 对不同工艺条件处理后的苹果梨复合果汁进行感官评定, 将 20 mL 复合果汁倒入 50 mL 品尝杯中, 随机编码后由感官评价人员对复合果汁的口感、香气、色泽、组织状态 4 种不同的属性进行评定并打分, 结果采用百分制, 根据每个评定人员的感官评分结果计算平均值, 结果保留 1 位小数。苹果梨复合果汁感官评定标准见表 2。

Table 2. Sensory scoring form  
表 2. 感官评分表

| 指标             | 评价标准               | 得分/分  |
|----------------|--------------------|-------|
| 口感(30 分)       | 酸甜适中, 柔软爽口, 无异味    | 25~30 |
|                | 酸甜较适中, 较细腻柔和, 无异味  | 20~25 |
|                | 酸甜不适, 口感粗糙, 无异味    | 10~20 |
| 香气(25 分)       | 兼具苹果与梨果香, 气味协调浓郁   | 20~25 |
|                | 苹果与梨果味较明显, 气味适中    | 15~20 |
|                | 无梨和苹果清香, 有异味       | 1~10  |
| 色泽(20 分)       | 亮黄色, 颜色均匀一致        | 15~20 |
|                | 淡黄色, 颜色较均匀         | 10~15 |
|                | 浅黄色, 颜色暗淡不均        | 1~10  |
| 组织状态<br>(25 分) | 均匀悬浮, 无分层, 流动性好    | 15~25 |
|                | 较均匀悬浮, 轻微分层, 流动性较好 | 10~15 |
|                | 不均匀, 明显分层, 流动性差    | 1~10  |

2.2.5. pH 值的测定

pH 值参照 GB 5009.237-2016 《食品安全国家标准食品 pH 值的测定》[10]测定。

2.2.6. 可溶性固形物的测定

可溶性固形物的测定参照 GB/T 12143-2008 《饮料通用分析方法》中的折光计法测定[11], 采用手持折光仪测定。测定前先按说明书校正折光计, 之后用玻璃棒蘸取 2~3 滴复合果汁, 滴于折光计棱镜面中央。迅速闭合棱镜, 使样品均匀无气泡, 并充满视野。对准光源, 读取目镜视野中的百分数, 即为复合果

汁的可溶性固形物的百分含量[12]。

2.2.7. 总酸度的测定

总酸测定参照 GB 12456-2021《食品安全国家标准食品中总酸的测定》中的第一法酸碱指示剂滴定法进行测定[13]。

2.2.8. 电子鼻测定

参考张任虎[14]的方法并稍作修改, 精确称取 5 mL 样品, 移入顶空瓶中进行测定。每个样品平行测定 3 次, 样品检测参数如下: 气体流速为 1.0 L/min, 清洗流量为 6.0 L/min, 清洗时长为 120 s, 进样时长为 60 s, 进样气体体积为 10 mL。电子鼻气敏传感器名称及气敏传感器性能见表 3。

Table 3. Performance of gas sensors of electronic nose  
表 3. 电子鼻气敏传感器性能

| 传感器类型 | 传感器特性        | 传感器 | 传感器特性        |
|-------|--------------|-----|--------------|
| S1    | 丙烷、烟雾等       | S10 | 氢气, 含氢气体等    |
| S2    | 丙烷、烟雾等       | S11 | 烷烃, 一氧化碳等    |
| S3    | 氢气           | S12 | 液化气, 甲烷类     |
| S4    | 硫化物          | S13 | 短链烷烃类        |
| S5    | 含氮类物质        | S14 | 甲烷, 燃气、烟雾等   |
| S6    | 醛酮类          | S15 | 含碳类物质、醇类、醛类等 |
| S7    | 短链烷烃类、可燃性气体等 | S16 | 硫化氢          |
| S8    | 液化气          | S17 | 氨气、胺类等       |
| S9    | 烷烃, 醇类、酮类等   | S18 | 甲苯、丙酮, 乙醇等   |

2.3. 数据处理

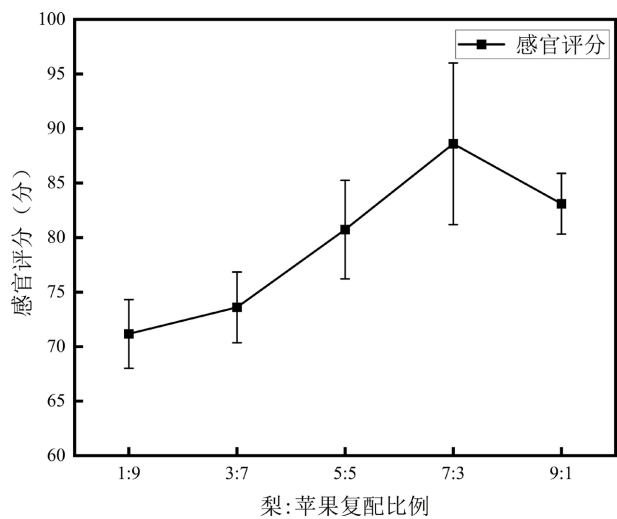
实验结果以平均值  $\pm$  标准差表示, 使用 SPSS 23.0 软件对数据进行方差分析, 并使用 Duncan 法进行事后检验,  $p < 0.05$  表示差异显著。使用 Origin 2021 绘图。

3. 结果与讨论

3.1. 苹果梨复合果汁配方

3.1.1. 确定雪青梨汁与苹果汁的复配质量比

雪青梨汁与苹果汁的复配质量比对复合果汁的影响见图 1。随着雪青梨汁添加量的上升, 苹果梨复合果汁感官评分呈现出先升高后下降的趋势。当雪青梨汁与苹果汁的质量比为 7:3 时, 复合果汁的感官评分最高, 此时复合果汁呈亮黄色, 酸甜适中, 具有苹果与梨果香气。当雪青梨汁的占比超过 70%时, 感官评分下降, 其原因可能是苹果汁中高苹果酸含量导致低 pH 值。当雪青梨汁添加量过少时, 苹果汁风味过于浓郁, 糖酸比失衡, 影响口感; 而当雪青梨汁添加量较多时, 可以更好地控制酸糖比在适宜的范围内, 缓冲苹果酸的尖锐感, 提高圆润度, 从而影响感官评分。但在梨汁占比 90%时, 苹果汁占比小, 风味淡, 一定程度上也会失衡。可以一定程度上说明, 两种水果中, 雪青梨汁对风味起到更大的作用。因此, 将雪青梨汁与苹果汁的复配质量比确定为 7:3。

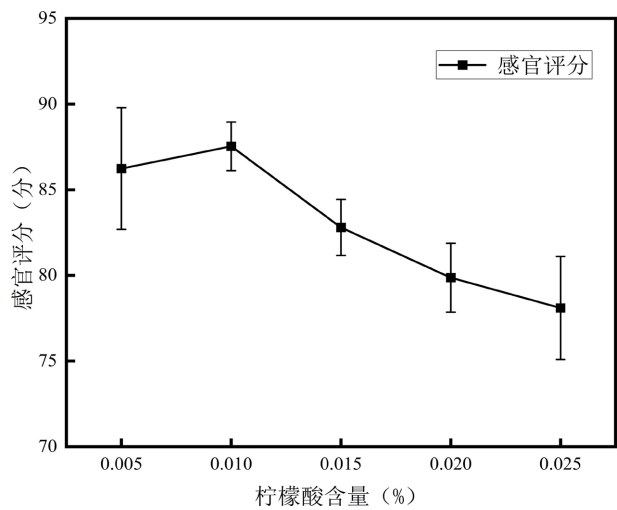


**Figure 1.** Effect of compounding ratio on the quality of compound fruit juice

**图 1.** 复配比例对复合果汁品质的影响

**3.1.2. 确定柠檬酸的添加量**

柠檬酸的添加量对复合果汁的影响见图 2，随柠檬酸含量的增加，感官评分呈先缓慢上升再下降的变化趋势。当柠檬酸含量为 0.01% 时，感官评分最高，此时复合果汁呈亮黄色，酸甜适中，兼具苹果和梨果的香气，比其他实验组的气味更加协调浓郁，柠檬酸含量为 0.025% 时，感官评分最低。原因可能是梨汁和苹果汁本身含有丰富的苹果酸和柠檬酸，柠檬酸添加量过多会严重掩盖苹果汁和雪青梨汁本身的香气，造成酸甜失衡。因此，将柠檬酸的添加量确定为 0.01%。



**Figure 2.** Effect of citric acid addition amount on the quality of compound fruit juice

**图 2.** 柠檬酸添加量对复合果汁品质的影响

**3.1.3. 确定罗汉果甜苷的添加量**

罗汉果甜苷的添加量对复合果汁的影响见图 3，随着罗汉果甜苷添加量的增加，感官评分呈现出先上升再下降的趋势。当罗汉果甜苷添加量为 0.009% 时，感官评分最高，此时复合果汁呈亮黄色，酸甜适中，

兼具苹果和梨果的香气, 罗汉果甜苷添加量为 0.012% 时, 感官评分最低。其原因可能是当罗汉果甜苷添加量过多时, 果汁本身的酸味被掩盖, 加之梨汁中还有丰富的果糖和山梨醇, 三者共同作用使得甜味过浓而影响口感和风味。因此, 将罗汉果甜苷的添加量确定为 0.009%。

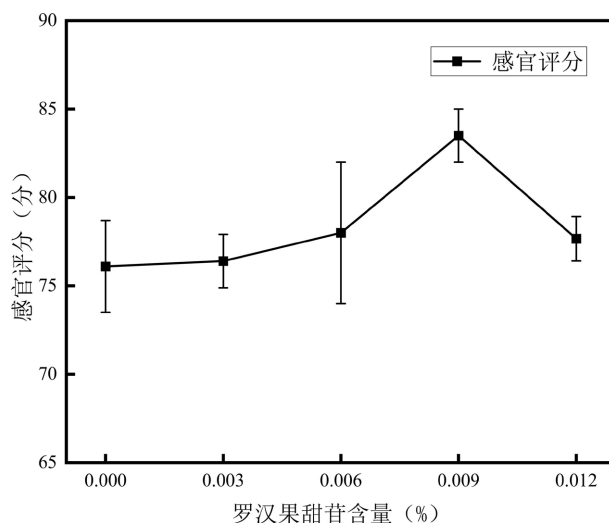


Figure 3. Effect of Mogroside addition amount on the quality of compound fruit juice

图 3. 罗汉果甜苷添加量对复合果汁品质的影响

### 3.1.4. 确定稳定剂的比例

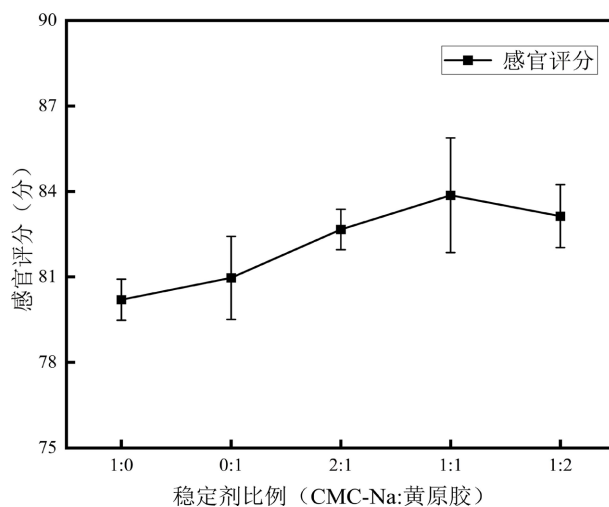


Figure 4. Effect of stabilizer addition amount on the quality of compound fruit juice

图 4. 稳定剂添加量对复合果汁品质的影响图

稳定剂的比例对复合果汁的影响见图 4。随着复合稳定剂(羧甲基纤维素钠:黄原胶)比例的变化, 感官评分呈现出先上升再下降的趋势, 当两者添加比例为 1:1 时, 感官评分最高, 此时复合果汁均匀悬浮、无分层且流动性好, 呈亮黄色, 酸甜适中, 苹果和梨果的香气协调浓郁。当单独添加羧甲基纤维素钠时, 感官评分最低[15]。原因可能是黄原胶和羧甲基纤维素钠共同作用时, 能形成更稳定的网络结构, 提供更

佳的增稠效果, 使果汁口感更顺滑, 能更好地防止果汁分层和沉淀, 提升稳定性。因此, 将稳定剂的比例确定为 1:1。

3.2. 苹果梨复合果汁配方的正交实验结果与分析

根据单因素实验结果, 对复合果汁的配方进行正交实验优化, 实验结果见表 4。评价复合果汁的重要指标是感官评价, 感官评价直接影响着苹果梨复合果汁被接受的程度。由表 4 可知, 四个因素对复合果汁品质的影响由强到弱的顺序是 A (雪青梨汁与苹果汁的复配质量比) > C (罗汉果甜苷的添加量) > D (稳定剂的比例) > B (柠檬酸的添加量), 其中雪青梨汁与苹果汁的复配质量比的影响最大, 其次是罗汉果甜苷添加量、柠檬酸添加量、稳定剂添加量。苹果梨复合果汁最佳配方组合为: A1B2C1D3, 即雪青梨汁: 苹果汁(v/v)=5:5、罗汉果甜苷 0.006%、柠檬酸 0.01%, 0.15%稳定剂(羧甲基纤维素钠:黄原胶 =1:2)。验证性实验结果显示在该条件下复合饮料的色泽, 风味, 口感最佳, 感官评价分达到 98。

Table 4. Orthogonal experiment design and results  
表 4. 正交实验设计与结果

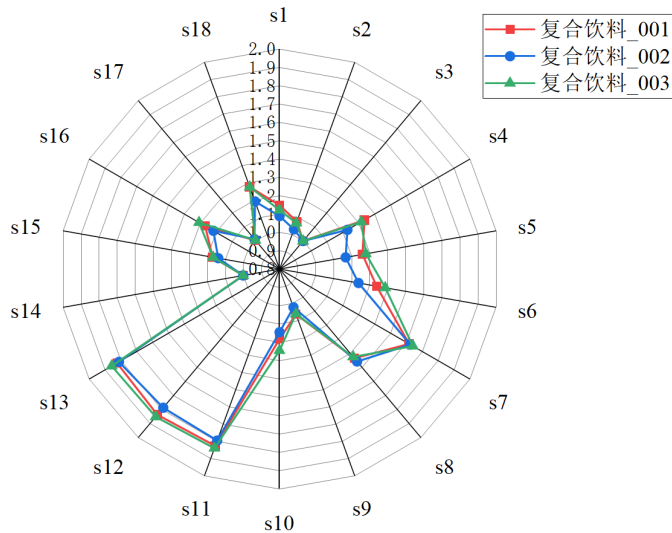
| 实验号            | A      | B      | C      | D      | 感官评分  |
|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1              | 1      | 1      | 1      | 1      | 92.50 |
| 2              | 1      | 2      | 2      | 2      | 90.00 |
| 3              | 1      | 3      | 3      | 3      | 90.50 |
| 4              | 2      | 1      | 2      | 3      | 83.50 |
| 5              | 2      | 2      | 3      | 1      | 82.00 |
| 6              | 2      | 3      | 1      | 2      | 85.00 |
| 7              | 3      | 1      | 3      | 2      | 83.50 |
| 8              | 3      | 2      | 1      | 3      | 96.00 |
| 9              | 3      | 3      | 2      | 1      | 90.00 |
| K <sub>1</sub> | 273.00 | 259.50 | 273.50 | 264.50 |       |
| K <sub>2</sub> | 250.50 | 268.00 | 263.50 | 258.50 |       |
| K <sub>3</sub> | 269.50 | 265.50 | 256.00 | 270.00 |       |
| $\bar{k}_1$    | 91.00  | 86.50  | 91.17  | 88.17  |       |
| $\bar{k}_2$    | 83.50  | 89.33  | 87.83  | 86.17  |       |
| $\bar{k}_3$    | 89.83  | 88.50  | 85.33  | 90.00  |       |
| R              | 7.50   | 2.83   | 5.83   | 3.83   |       |

3.3. 复合果汁理化指标及电子鼻测定结果

对最优工艺所获得复合果汁的综合评价表明, 成成果汁还原糖(以葡萄糖计)含量为 9.87 mg/mL, 总酸(以柠檬酸计)48 g/kg, pH 值 4.0, 可溶性固形物 12°Brix。按最优配方调配的苹果梨复合果汁, 从感官、口感、色泽维度开展分析[16], 成品香气浓郁, 具备典型苹果与梨香气特征, 口感柔顺、回味悠长, 符合低糖饮料要求[17]。

借助电子鼻技术对工艺优化后的复合果汁进行品质评价, 该技术可精准捕获样品挥发性有机化合物信息, 经传感器阵列响应及数据解析, 客观反映风味物质特征。图 5 为最优成品电子鼻雷达图。其中,

s9、s15 传感器对醇类、酯类物质响应稳定, 能产生水果及特殊香气[18], 是因为稳定的加工工艺使醇类、酯类物质生成、留存一致。三次重复测量数据离散度低, 可靠性优; s11、s12、s13 传感器响应峰值显著, 反映烷烃类物质在体系中可被有效识别[19], 是因为梨果实含烷烃前体物质[20], 加工后释放。整体数据验证, 最优配方在风味协调性与稳定性上表现优异, 契合高品质复合饮料感官与理化指标, 风味品质达优。



**Figure 5.** Radar chart of electronic nose for the optimal combination  
**图 5.** 最优组合电子鼻雷达图

#### 4. 结论

本实验通过单因素及正交实验, 优化了苹果梨复合果汁的关键工艺参数。结果表明苹果梨复合果汁最优配方为: 雪青梨汁:苹果汁(v/v)=5:5、罗汉果甜苷 0.006%、柠檬酸 0.01%, 0.15%稳定剂(采用羧甲基纤维素钠:黄原胶 = 1:2)。在此条件下制得的复合饮料感官评分最高, 成品具有苹果和梨特有香气, 酸甜适中, 入口细腻爽滑, 品质稳定, 老少皆宜, 理化指标符合低糖要求。本研究为开发高品质低糖复合果汁提供了可行的工艺方案, 为新型健康复合果汁的开发提供理论依据与技术支撑。

#### 基金项目

河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2023GJJG115, 2023GJJG095); 保定市科技项目计划(2311N002); 河北农业大学一流课程建设项目(2023~2025); 河北农业大学思政优质课程建设项目(2023~2025); 河北农业大学第十二批教改项目(202359)。

#### 参考文献

- [1] 钟佳倩, 余江月, 汪正园, 等. 超加工食品消费及与健康关联的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(11): 1309-1318, 1324.
- [2] Shrapnel, W.S. and Butcher, B.E. (2021) Correction: Shrapnel, W.S.; Butcher, B.E. Sales of Sugar-Sweetened Beverages in Australia: A Trend Analysis from 1997 to 2018. *Nutrients* 2020, 12, 1016. *Nutrients*, **13**, Article 1356. <https://doi.org/10.3390/nu13041356>
- [3] Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., Li, M., et al. (2023) A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies. *Foods*, **12**, Article 3952. <https://doi.org/10.3390/foods12213952>

- [4] Wojdyło, A. and Oszmiański, J. (2020) Antioxidant Activity Modulated by Polyphenol Contents in Apple and Leaves during Fruit Development and Ripening. *Antioxidants*, **9**, Article 567. <https://doi.org/10.3390/antiox9070567>
- [5] Du, K., Yuan, F., Huo, M., Mao, N., Zhao, S., Yang, X., *et al.* (2025) Nutrients, Bioactives, Health-Promoting Effects, and Related Products of Pears: Different Varieties, Growth Stages and Parts. *Journal of Functional Foods*, **129**, Article 106844. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.106844>
- [6] Donald, C.E., Stokes, P., O'Connor, G. and Woolford, A.J. (2005) A Comparison of Enzymatic Digestion for the Quantitation of an Oligonucleotide by Liquid Chromatography-Isotope Dilution Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography B*, **817**, 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2004.11.058>
- [7] 李靓, 张顺阁, 张轩珂. 柚子火龙果复合饮料的工艺研究[J]. 饮料工业, 2025, 28(2): 53-59.
- [8] 吕培楷, 刘晓媛, 张阳阳. 金桔百香果复合饮料的研制[J]. 粮食加工, 2024, 49(5): 23-27.
- [9] 刘茂, 付晓婷, 王雷, 等. 发酵型海带-苹果复合果汁饮料的研制及发酵体系抗氧化活性的研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(4): 214-220.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品 pH 值的测定: GB 5009.237-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局. 饮料通用分析方法: GB/T 12143-2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准食品中总酸的测定: GB 12456-2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [13] 张任虎, 陈志伟, 吴茜, 等. 不同香型白酒对白腐乳品质的影响[J]. 中国酿造, 2022, 41(11): 96-101.
- [14] Tavares, P.P.L.G., dos Anjos, E.A., Nascimento, R.Q., da Silva Cruz, L.F., Lemos, P.V.F., Druzian, J.I., *et al.* (2021) Chemical, Microbiological and Sensory Viability of Low-Calorie, Dairy-Free Kefir Beverages from Tropical Mixed Fruit Juices. *CyTA-Journal of Food*, **19**, 457-464. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1906753>
- [15] 穆申玲, 沈文锋, 吕大伍, 等. 电子鼻技术及其应用研究进展[J]. 材料导报, 2024, 38(14): 52-65.
- [16] 徐桂敏. 低糖/无糖健康产业分析[J]. 饮料工业, 2018, 21(3): 73-75.
- [17] 朱静, 陈顺心, 张一鸣, 等. 不同酵母对圣女果酒品质及挥发性风味物质的影响[J]. 中国酿造, 2024, 43(9): 177-184.
- [18] 范霞, 杨恒明, 陈荣顺. 基于顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法、电子鼻和电子舌技术分析绿茶饮料的风味物质[J]. 南京农业大学学报, 2023, 46(5): 960-974.
- [19] 焦慧君, 董冉, 董肖昌, 等. 山东地方梨种质资源果实性状综合评价[J]. 果树学报, 2024, 41(2): 201-215.
- [20] 吴江娜, 魏冠棉, 毛娜, 等. 不同乳酸菌发酵对雪花梨汁营养成分、抗氧化活性及挥发性风味物质的影响[J]. 中国食品学报, 2024, 24(9): 310-321.