

## 柠檬对诺丽果汁香气成分的改善效果

李莉峰<sup>1,2</sup>, 金思梦<sup>1</sup>, 杨潇<sup>1</sup>, 汪艳群<sup>1</sup>, 齐欣<sup>3</sup>, 颜廷才<sup>1</sup>

(1.沈阳农业大学, 沈阳 110866; 2.辽宁省农业科学院, 沈阳 110161;  
3.大连海关技术中心, 辽宁 大连 116000)

**摘要:** **目的** 采用柠檬汁来提高诺丽果汁的接受程度, 为消费者提供一款风味独特的新型饮品。**方法** 采用正交试验优化, 得到最佳配方, 采用气相色谱-质谱法(GC-MS)探讨香气的成分变化, 采用电子舌检测滋味的变化值。**结果** 采用正交试验优化得到的最佳配方(均用体积分数表示)为柠檬汁15%、蔗糖9%、复合酸0.3%, 感官评价得分为96.58。通过GC-MS香气成分分析可知, 添加柠檬后复合果汁的香气成分由20种上升到44种, 其中增加得较多的是烯萜类(由8种上升到24种), 相对含量从9.65%上升到61.86%; 醇类由4种上升到10种, 相对含量由19.01%上升到31.12%。复合果汁的香气成分主要为柠檬烯(34.03%)、 $\gamma$ -松油烯(10.37%)、 $\alpha$ -松油醇(18.34%), 它们对复合果汁香气的形成具有积极作用。诺丽果汁中的不良风味主要来源于辛酸, 相对含量由原来的53.52%降低到0.65%。电子舌结果表明, 复合果汁的甜度值由-3.21上升到8.57, 酸度值由2.14上升到12.45, 复合后改善了诺丽果汁的口感。**结论** 柠檬能增加复合果汁香味物质的种类, 掩盖其辛酸的腐臭气味, 改善果汁的风味和口感, 为诺丽果的加工应用提供了一定的理论依据。

**关键词:** 诺丽果; 香气成分; 最佳配方; 柠檬; 电子舌

**中图分类号:** TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)15-0120-09

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.15.014

## Improvement Effect of Lemon on Aroma Component of Noni Juice

LI Li-feng<sup>1,2</sup>, JIN Si-meng<sup>1</sup>, YANG Xiao<sup>1</sup>, WANG Yan-qun<sup>1</sup>, QI Xin<sup>3</sup>, YAN Ting-cai<sup>1</sup>

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China; 3. Customs Technology Center of Dalian, Liaoning Dalian 116000, China)

**ABSTRACT:** The work aims to improve the acceptance of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice with lemon juice, so as to provide a special flavor beverage for consumers. Orthogonal experimental optimization was used to obtain the optimum formula, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was adopted to explore the transformation of the aroma component, and electronic tongue was applied to detect the taste change. The optimum formula obtained by orthogonal experimental optimization was lemon juice of 15%, sucrose of 9%, and compound acid of 0.3% and the sensory evaluation value was 96.58. According to the aroma component analysis by GC-MS, the aroma component species of the compound juice with lemon rose to 44 from 20. The terpene species increased significantly, from 8 to 24, with relative amount increasing from 9.65% to 61.86%. The alcohol species increased from 4 to 10, with relative amount increasing from 19.01% to 31.12%. The main aroma components of the compound juice were D-Limonene (34.03%), 3-Carene (10.37%) and

收稿日期: 2021-10-31

基金项目: 辽宁省自然科学基金(2020-MS-209); 辽宁省重点研发计划指导计划(2017205001)

作者简介: 李莉峰(1970—), 男, 硕士, 研究员, 主要研究方向为果蔬贮藏加工技术。

通信作者: 颜廷才(1977—), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为果蔬贮藏加工。

3-Cyclohexene-1-methanol (18.34%), which had active role in the aroma formation of the compound juice. The relative amount of the octanoic acid as the main source of the bad smell reduced from 53.52% to 0.65%. From the results of electronic tongue, the compound juice sweetness rose to 8.57 from -3.21 and the acidity increased to 12.45 from 2.14. The taste of noni juice was improved after compounding. Lemon can increase the aroma substance species, cover up the foul smell of the octanoic acid, and improve the taste of the compound juice. This research provides the credible theoretical foundation for application of noni juice in the food industry.

**KEY WORDS:** noni; aroma component; optimum formula; lemon; electronic tongue

诺丽果 (Noni) 学名海滨木巴戟 (*Morinda citrifolia* L.), 属于茜草科巴戟天属植物, 是一种生长于热带的多年生、常绿阔叶灌木或小乔木, 原产于南太平洋热带岛屿<sup>[1]</sup>, 现在也广泛分布于我国海南岛及亚洲多地海岛<sup>[2]</sup>。诺丽果含有丰富的营养物质和植物活性化学成分<sup>[3]</sup>, 可广泛用于食品和医药等行业, 我国于 2010 年将诺丽果加入新资源食品名单中<sup>[4]</sup>。当发现诺丽果具有抗癌、抗肿瘤价值后<sup>[5]</sup>, 近几年市场对诺丽果的需求逐年增长, 诺丽果成为保健和康养医药界的新星, 目前被广泛用于预防癌症、糖尿病、高血压、炎症等疾病<sup>[6]</sup>。诺丽果实属于呼吸跃变型果实<sup>[7]</sup>, 在未成熟前不宜食用, 成熟后不耐储藏、易腐烂<sup>[8]</sup>, 必须及时进行加工处理。由于诺丽果含有较高的辛酸成分<sup>[9]</sup>, 自身带有令人难以接受的臭味, 因此消费者的接受程度较低。目前, 研究者对诺丽果的黄酮、多酚、多糖等成分展开了研究, 确立了其活性成分与功能。为了更好地让消费者接纳诺丽果, 需要研究将新成分添加到诺丽果产品中, 以改善其气味和滋味。柠檬是一种富含多种营养物质的水果, 同时含有较好的香气, 还具有醒脑凝神的效用<sup>[10]</sup>, 广泛用于医药、食品等领域。文中尝试将气味香甜宜人的柠檬果汁加入诺丽果汁中, 采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用方法分析其香气成分的种类和含量, 通过感官试验选出最优的果汁配方, 制作出口感醇香、感官品质良好的复合果汁, 为消费者提供一款味道可口、芬芳馥郁、营养丰富的保健新饮品。

## 1 实验

### 1.1 样品与试剂

主要原料: 诺丽果, 2019 年 9 月购于海南省三亚市; 柠檬, 购于四川省安岳市。选择七成熟、表皮为青绿色、质地较为坚硬的诺丽果, 采用冷藏物流运输, 将温度保持在 10 °C 以下。在榨汁前, 将诺丽果装在 25 °C 下的塑料袋中催熟 3 d, 当果皮颜色由绿变白、质地变软时表明果实完全成熟。用清水洗净诺丽果后, 加入 2 倍水后打浆, 果浆用纱布过滤, 再放入离心机, 以 5 000 r/min 离心 10 min, 取上清液即得到诺丽果汁。选择表面色泽光亮、气味浓郁成熟的黄色柠檬, 将柠檬洗净切块后放入切碎机切碎, 并按照

柠檬与水的体积比为 1:3 打浆, 采用 150 目尼龙纱布粗滤, 再放入离心机, 以 5 000 r/min 离心 10 min, 取上清液即得到柠檬汁。

主要试剂: 芦丁、槲皮素标准品, 色谱纯, 纯度>98%, 索来宝公司; 没食子酸、齐墩果酸标准品, 色谱纯, 纯度>98%, 中国药品生物制品检定所; 硝酸铝、氢氧化钠、氯化钠、亚硝酸钠、无水乙醇、甲醇, 均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 蔗糖、柠檬酸、苹果酸, 购于沈阳南二添加剂市场。

### 1.2 仪器与设备

主要仪器与设备: 电子天平, AX124ZH/E, 奥豪斯仪器(常州)有限公司; 紫外可见分光光度计, VARIAN Cary50; 离心机, 湘仪 TDZ5-WS, 湘仪离心机(长沙)有限公司; SPME 固相微萃取头, 75 μm, CAR/PDMS, 美国 Supelco 公司; 气质联用仪, Agilent6890-5973N, 美国 Supelco 公司; 数字式折光仪, PR-RI, 日本 ATAGO 公司; 电子舌, SA402B, 日本 INSENT 公司; 100~1 000 μL 移液枪; 100、50、25、10 mL 容量瓶, 烧杯, 量筒。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 感官评定

感官评定在感官评定室内进行, 从香气(30分)、滋味(20分)、协调性(20分)、色泽(20分)、澄清度(10分)等 5 个方面<sup>[11]</sup>对果汁进行分项打分, 满分为 100。感官评定人员由 7 位经专业培训后的食品研究生和教师组成, 产品评分取其平均值。诺丽果-柠檬复合果汁的感官评分标准见表 1。

#### 1.3.2 可溶性固形物测定

将果汁混匀后, 取 2 滴果汁滴入手持式折光仪凹槽内, 读取数值, 测定 3 次, 取平均值, 单位为%<sup>[12]</sup>。

#### 1.3.3 pH 值测定

使用手持式 pH 计测定果汁的 pH 值, 测定 3 次, 结果取平均值<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.4 总酸测定

采用酸碱滴定法测定总酸<sup>[14]</sup>, 参照 GB/T 12456—2008, 并加以修正, 以柠檬酸计算, 取 3 次测定值的平均值, 单位为 g/L。

表1 诺丽果-柠檬复合果汁的感官评分标准  
Tab.1 Sensory evaluation standard for noni-lemon compound juice

项目	评定标准	得分
香味 (30分)	香气适宜协调, 具有水果清香	21~30
	果香气味单薄, 香气不协调	11~20
	有辛酸臭味, 香气接受程度差	1~10
滋味 (20分)	滋味丰富, 口感柔和	14~20
	口感单一, 回味不足	7~13
	有异味口感, 接受程度差	1~6
协调性 (20分)	酸甜度适宜, 前后协调	14~20
	偏酸或偏甜, 前后差异明显	7~13
	无明显酸甜味或强烈的甜味、酸味	1~6
色泽 (20分)	果汁呈淡黄色, 透明度高	14~20
	稍澄清, 整体光泽暗	7~13
	色泽暗淡, 浑浊不透光	1~6
澄清度 (10分)	果汁澄清, 无明显可见杂质	8~10
	果汁有浑浊, 透明度较差	4~7
	果汁有明显的浑浊沉淀, 不透明	1~3

### 1.3.5 维生素 C 含量测定

参照文献[15], 采用 GB 5009.86—2016 中 2.6-二氯喹酚滴定法测定, 测定 3 次, 取平均值, 单位为 mg/L。

### 1.3.6 黄酮含量

参照药品中黄酮紫外分光光度法<sup>[16]</sup>, 以芦丁为标准品, 采用紫外分光光度法测定诺丽果汁的黄酮含量, 单位为 mg/mL。

### 1.3.7 总酚含量测定

以没食子酸为标准品, 采用标准方法 Folin-Ciocalteu 法测定诺丽果汁的总酚含量, 单位为 mg/mL<sup>[17]</sup>。

### 1.3.8 总皂苷含量测定

以齐墩果酸为标准品, 采用紫外分光光度法测定诺丽果汁的总皂苷含量, 单位为 mg/L<sup>[18]</sup>。

### 1.3.9 挥发性气成分测定

挥发性气味成分的测定采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用 (SPME-GC-MS) 的方法<sup>[19]</sup>。

1) 固相微萃取提取方法与操作。取 5 mL 样品盛放于带胶垫的 20 mL 顶空进样瓶中, 加入 1.25 g NaCl, 充分溶解后, 旋紧瓶盖摇匀; 在 45 °C 条件下平衡 20 min 后, 用萃取头 (规格为 75 μm, CAR/PDMS) 在 45 °C 恒温条件下萃取 40 min, 提取样品前需要将萃取头在 250 °C 下老化 10 min, 手动进

样, 进样条件: 在 250 °C 下解析 3 min。

2) 气相色谱条件。采用 DB-5ms (30 m×250 μm×0.25 μm) 色谱柱, 以 He 为载气, 流速为 1 mL/min, 设定进样口温度为 250 °C。升温程序: 在 40 °C 下保持 5.0 min, 以 3 °C/min 的速度升至 120 °C, 保持 3 min; 再以 6 °C/min 的速度升至 230 °C, 在此条件下保持 5 min。

3) 质谱条件。以电子轰击电离源 (EI) 为离子源, 设定 70 eV 的电子能量, 离子源温度设为 230 °C, 收集的离子质量 ( $m/z$ ) 为 33~500。

4) 气相数据的采集和分析。数据采集与分析都采用 Agilent 公司提供的化学工作站软件。对未知化合物进行检索, 并比对标准质谱图谱库 (NIST-2014 质谱库), 确定其成分, 定性结果必须是匹配度超过 70% 的化合物<sup>[20]</sup>, 香气物质的相对含量为峰面积的百分比 (%), 利用面积归一化法计算。

### 1.3.10 滋味值测定

采用日本 INSENT 公司的 SA402B 电子舌系统分析各种滋味的味觉值<sup>[21]</sup>, 检测的味觉包括咸味、酸味、鲜味、涩味和甜味等。果汁样品用纯水稀释 3 倍, 取离心后上清液 40 mL 倒入配套量杯中, 进行味觉值的测定, 各样品的采集测量时间为 30 s, 清洗时间为 30 s。每个样本测量 4 次, 取后 3 次测量的传感器电势值, 将电势值转化为味觉值, 通过自带数据分析软件进行分析。

### 1.3.11 统计学分析

数据采用 SPSS 23.0 进行分析, 采用 Excel 作图。使用单因素方差分析法 (ANOVA) 进行显著性差异分析, 即  $P < 0.05$  为显著差异;  $P < 0.01$  为极显著差异。

## 1.4 设计

### 1.4.1 正交试验

根据课题组前期实验和胡梓妍等 (2021)<sup>[22]</sup>、李戈等 (2016)<sup>[23]</sup> 的研究结果, 将柠檬汁量、蔗糖量和柠檬酸-苹果酸复合酸的添加量作为正交试验的 3 个因素, 根据前期单因素结果确定各因素的水平。其中, 将感官评价总分作为指标, 将柠檬酸和苹果酸 (质量比 1:1) 配成复合酸。添加成分均以体积分数计, 正交试验因素和水平设计结果见表 2。

表2 正交试验因素水平设计  
Tab.2 Factors and levels used in orthogonal experiment

因素	水平		
柠檬汁量 A /%	10	15	20
蔗糖量 B /%	7	9	11
苹果酸-柠檬酸复合酸量 C /%	0.1	0.2	0.3

### 1.4.2 诺丽果-柠檬复合果汁香气成分测定

采用正交试验优化得出感官评价得分最高的复合果汁的配方, 用气相色谱-质谱法分析果汁香气成分的组成及相对含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 诺丽果-柠檬复合果汁最佳配方

正交试验结果见表 3。由表 3 可知, 柠檬汁的添加量对复合果汁感官评价的影响最大, 极差值达到 16.12, 达到极显著差异水平, 蔗糖的添加量对果汁影响相对较小, 但也达到极显著水平, 复合酸的添加量对果汁综合评价的影响最小。通过正交试验优化工艺参数, 得到最佳配方 (均以体积分数计): 柠檬汁 15%、蔗糖 9%、复合酸 0.3%, 此配方制得复合果汁的感官评价得分达到 96.58, 符合大多数人的感官接受程度<sup>[24]</sup>。

### 2.2 诺丽果-柠檬复合果汁挥发性气成分

诺丽果汁与诺丽果-柠檬复合果汁样品气质分析的总离子流图见图 1—2。由图 1—2 可以看出, 其中有多个明显的样品峰, 此气质条件均能较好地分离 2 个果汁样品的挥发性香气成分, 说明此气质条件适用于诺丽果汁挥发性成分分析的 GC-MS 方法<sup>[25]</sup>; 诺丽果汁样品中明显的分离峰大约有 13 个, 相对较少, 说明风味成分较少, 这也证实了感官嗅觉评价中感觉诺丽果汁只有酸臭味的结果。添加柠檬汁后, 香气的分离峰得到明显增加, 明显的分离峰约为 26 个, 说明风味成分显著增加, 这与感官嗅觉评价中诺丽果-

柠檬复合果汁香气变好, 具有丰富的果香评价结果一致。其中, 诺丽果汁样品在 24.5 min 左右时出现的峰较高, 而诺丽果-柠檬复合果汁的挥发性成分有 3 簇较高峰, 分别出现在 18.2、19.7、26.9 min 附近。

表 3 复合果汁配方正交试验结果  
Tab.3 Orthogonal experimental results for formula of compound juice

序号	柠檬汁量 A	蔗糖量 B	复合酸量 C	感官评价分值
1	1	1	1	73.34
2	1	2	2	80.21
3	1	3	3	77.53
4	2	1	2	92.43
5	2	2	3	96.58
6	2	3	1	90.45
7	3	1	3	75.84
8	3	2	1	86.64
9	3	3	2	81.71
$k_1$	77.03 <sup>c</sup>	80.54 <sup>b c</sup>	83.48 <sup>a</sup>	
$k_2$	93.15 <sup>a</sup>	87.81 <sup>a</sup>	84.78 <sup>a</sup>	
$k_3$	81.40 <sup>b</sup>	83.23 <sup>a b</sup>	83.32 <sup>a</sup>	
R	16.12 <sup>**</sup>	7.27 <sup>**</sup>	1.46	

注: a、b、c 分别表示显著水平  $P < 0.05$ , \*\*表示显著水平  $P < 0.01$ 。

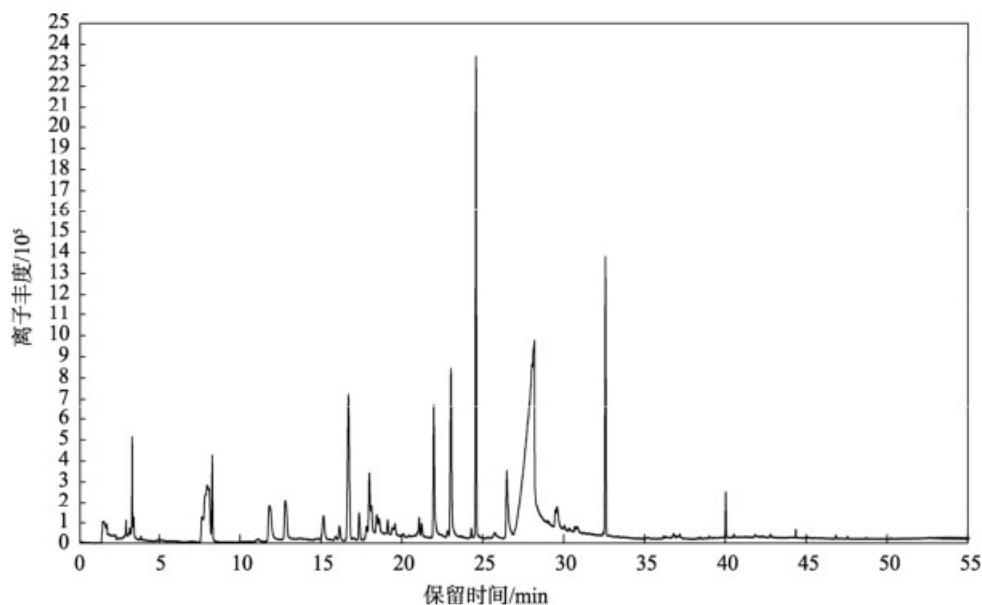


图 1 诺丽果原果汁的香气成分气相色谱-质谱总离子流图  
Fig.1 GC-MS total ion flow of aroma components in noni juice

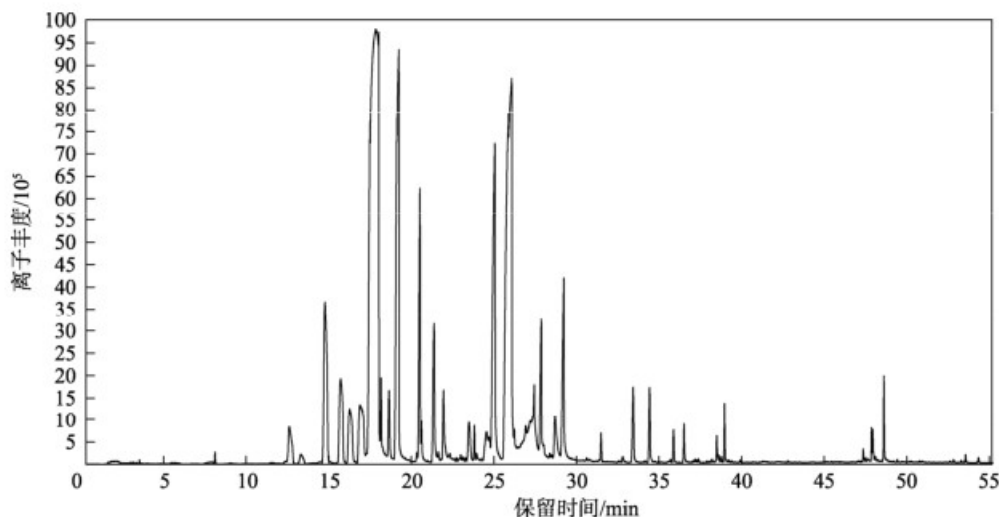


图2 诺丽果-柠檬复合果汁的香气成分气相色谱-质谱总离子流图  
Fig.2 GC-MS total ion flow of aroma components in noni-lemon compound juice

诺丽果汁和诺丽果-柠檬复合果汁中的主要香气成分见表4,由表4可知,诺丽果汁与诺丽果-柠檬复合果汁中的主要香气成分可分为烯萜类、醇类、酯类、烷烃类、醛酮类及其他物质。诺丽果汁中检测到的香气成分有20种,诺丽果-柠檬复合果汁中获得的主要香气成分有44种。样品中相对含量较高的物质对香气类型和典型性有比较重要的影响,是主要的香气成分。在诺丽果汁中检测出的主要挥发性成分(相对含量):辛酸(53.52%)、芳樟醇(8.58%)、辛酸甲酯(7.98%)、3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇(6.04%)、水杨酸甲酯(4.46%)、庚醇(3.85%)、己酸甲酯(3.35%)、D-柠檬烯(2.58%)。诺丽果-柠檬复合果汁中主要挥发性成分(相对含量):D-柠檬烯(34.03%)、 $\alpha$ -松油醇(18.34%)、 $\gamma$ -松油烯(10.37%)、4-萜品醇(6.26%)、1-甲基-4-甲乙基环己烯(4.82%)、 $\beta$ -蒎烯(4.25%)、3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇(2.68%)、柠檬醛(2.5%)、 $\beta$ -月桂烯(2.45%)。诺丽果具有强烈的令人不愉快的酸臭味,气质测定结果证明:辛酸是诺丽果的主要香气成分。添加了少量的柠檬汁后,复合果汁的主要香气成分就变成了D-柠檬烯、 $\alpha$ -松油醇和 $\gamma$ -松油烯,说明柠檬中这些香气的挥发性更强,对复合果汁香气的贡献较大。双方共有的相对含量高的香气成分主要是烯萜类和醇类物质,说明这2类物质的挥发性较强,是主要的挥发香气成分。辛酸是诺丽果的主要香气成分,在复合果汁挥发性香气中的相对含量较少,说明挥发性不如烯萜类和醇类这2类物质。

由表5可知,诺丽果中检测到的香气成分有20种,其中烯萜类物质有8种,醇类物质有4种,酯类物质有5种,酸类、烷烃类、醛酮类物质各1种。诺丽果-柠檬复合果汁中的主要香气成分共有44种,其中烯萜类物质最多,达到24种,醇类物质有10种,酯类物质有3种,烷烃类物质有2种,醛酮类物质

有4种,酸类物质有1种。诺丽果汁中相对含量最高的香气物质为酸类,达到53.52%,并且只有1种,为辛酸。各类挥发性化合物相对含量的顺序为:酸类(53.52%)、醇类(19.01%)、酯类(16.68%)、烯萜类(9.65%)、烷烃类(0.76%)、醛酮类(0.3%)。成熟诺丽果的香气是浓郁的腐败酸臭味<sup>[26]</sup>,稍微有淡淡的青草味,这主要是由辛酸和挥发性醇类香气形成的<sup>[27]</sup>。辛酸的含量较高,挥发酸的含量达到0.7 g/L,醇类的含量较低。虽然辛酸的挥发性较差,但是其绝对含量较高,也是诺丽果的主要挥发性香气成分。柠檬中的挥发性香气成分主要为烯萜类和醇类,具有强烈的柠檬和青草味<sup>[28]</sup>,添加体积分数为15%的柠檬汁后,复合果汁的主要香气就变成了烯萜类和醇类,说明辛酸的挥发性不如烯萜类和醇类。复合果汁中各类挥发性化合物的相对含量为烯萜类(61.86%)、醇类(31.12%)、醛酮类(4.26%)、酯类(1.82%)、酸类(0.65%)、烷烃类(0.19%)。柠檬的挥发性香气含量较高<sup>[29]</sup>,挥发性较强<sup>[30]</sup>,能够掩盖诺丽果的腐败酸臭味,使复合果汁的香气变成柠檬和青草味道,更利于消费者接受。在诺丽果汁中添加柠檬汁是有效提高复合果汁的消费者香气接受程度的方法。

### 2.3 诺丽果-柠檬复合果汁的滋味分析

滋味是感官指标的主要判定标准之一,为了更好地定量判断果汁的滋味变化情况,采用电子舌进行滋味评定,定量测定滋味的改善效果。以诺丽果汁为对照,对比分析诺丽果-柠檬复合果汁的滋味变化情况,电子舌测定结果的雷达图见图3。复合果汁与诺丽果汁的各种味觉值存在显著差别,复合果汁的甜味和酸味得到明显提高,咸味和涩味基本不变,只有鲜味和丰富度的值稍有下降。其中,甜度的变化最大,复合果汁的甜度味觉值达到8.57,诺丽果汁的甜度味觉值仅为-3.21,两者相差11.78;酸度值由诺丽果汁的2.14提高到复

表 4 诺丽果汁与诺丽果-柠檬复合果汁的挥发性香气成分  
Tab.4 Volatile aroma components in noni juice and noni-lemon compound juice

序号	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%	
			诺丽果汁	诺丽果-柠檬复合果汁
1	5.664	1-甲基-1,4-环己二烯	—	0.07
2	11.834	庚醇	3.85	—
3	12.784	己酸甲酯	3.35	—
4	12.933	$\alpha$ -蒎烯	—	1.13
5	13.763	茨烯	—	0.28
6	14.943	1-甲基-3-异丙烯基-4-环己烯	—	0.01
7	15.286	$\beta$ -蒎烯	1.94	4.25
8	16.278	$\beta$ -月桂烯	0.76	2.45
9	16.836	$\alpha$ -水芹烯	1.26	1.75
10	17.48	1-甲基 4-甲基乙基环己烯	1.82	4.82
11	17.809	甲基次乙基苯	0.76	—
12	18.453	乙基己醇	0.54	—
13	18.493	D-柠檬烯	2.58	34.03
14	18.821	3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯	0.53	1.20
15	19.941	$\gamma$ -松油烯	0.24	10.37
16	20.979	1-甲基 4-甲基亚乙基-环己烯	0.52	0.05
17	22.052	芳樟醇	8.58	1.85
18	22.425	对薄荷-1,3,8-三烯	—	0.05
19	22.658	1,3,3 三甲基-二环庚-2-醇	—	0.91
20	22.808	羟基苯乙酸乙酯	0.20	—
21	23.044	辛酸甲酯	7.98	0.05
22	23.736	1,3,5-三(亚甲基)-环庚烷	—	0.07
23	23.892	樟脑	—	0.03
24	24.251	$\beta$ -松油醇	—	0.72
25	24.739	2-氯樟脑	—	0.07
26	25.045	2-亚甲基 5-甲基亚乙基-环己醇	—	0.01
27	25.356	2-茨醇	—	0.31
28	25.742	丁酸乙酯	0.69	—
29	25.892	4-萜品醇	—	6.26
30	26.498	水杨酸甲酯	4.46	—
31	26.954	$\alpha$ -松油醇	—	18.34
32	27.834	辛酸	53.52	0.65
33	28.815	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	—	1.63
34	29.289	甲氧基硝基嘧啶	0.30	—
35	29.695	3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	6.04	2.68
36	30.231	柠檬醛	—	2.50
37	33.734	4-甲基-1-甲基乙基-二环己醇	—	0.02
38	33.954	2,6-二甲基-2,6-辛二烯	—	0.08
39	34.619	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醇丙酸酯	—	0.99
40	35.474	1-甲基 4-甲基亚乙基-环己烯	—	0.02
41	35.649	乙酸香叶酯	—	0.78
42	37.277	1-石竹烯	—	0.30
43	37.931	2,6-二甲基-6-(3-戊烯基)-双环庚-2-烯	—	0.34
44	38.505	异喇叭烯	—	0.01
45	38.623	$\alpha$ -石竹烯	—	0.02
46	38.741	$\beta$ -金合欢烯	—	0.01
47	39.591	环硫醚	—	0.03
48	39.996	巴伦西亚橘烯	—	0.19
49	40.296	1-b-红没药烯	—	0.03
50	40.489	$\beta$ -防风根烯	—	0.40
51	49.283	3,7,11,15-四甲基-2,6,10,14-四烯-1-十六醇	—	0.02
52	49.728	1,14,16-三甲基-四环-十六烯	—	0.12

注：“—”表示未检出。

合果汁的 12.45。因为诺丽果汁本身的固形物含量只有 5%左右,总酸含量为 3.68 g/L,糖酸的含量也较低<sup>[31]</sup>,味觉值也较低。柠檬本身的酸度较高,并且为了使果汁具有更好的口感,又添加了体积分数为 0.3%的复配酸,增加了果汁的酸度,柠檬能调节复合果汁的酸度,使复合果汁的滋味变好。由此可见,在诺丽果汁中添加柠檬汁是有效提高复合果汁消费者接受程度的方法。在复合果汁中添加了蔗糖,复合果汁的甜度明显升高,根据响应值可知,复合果汁的酸味、甜味明显增强,其他味觉整体效果较好。

表 5 诺丽果汁与诺丽果-柠檬复合果汁中挥发性种类及相对含量

Tab.5 Variety and relative amount of volatile aroma components in noni juice and noni-lemon compound juice

种类	诺丽果汁		诺丽果-柠檬复合果汁	
	种类数量	相对含量/ %	种类数量	相对含量/ %
酸类	1	53.52	1	0.65
醇类	4	19.01	10	31.12
酯类	5	16.68	3	1.82
烯萜类	8	9.65	24	61.86
烷烃类	1	0.76	2	0.19
醛酮醚类	1	0.30	4	4.26
合计	20	99.92	44	99.90

表 6 诺丽果汁和诺丽果-柠檬复合果汁中的主要营养成分

Tab.6 Main nutrients of noni juice and noni-lemon compound juice

指标	固形物含量/ %	总酸含量/ (g·L <sup>-1</sup> )	pH 值	Vc 含量/ (mg·L <sup>-1</sup> )	总黄酮含量/ (mg·L <sup>-1</sup> )	总酚含量/ (mg·L <sup>-1</sup> )	总皂苷含量/ (mg·L <sup>-1</sup> )
诺丽果汁	5.3±0.24	3.68±0.18	3.76±0.01	214.51±0.67	1.48±0.03	0.62±0.02	50.65±0.64
复合果汁	11.5±0.28**	5.96±0.22**	3.31±0.02	176.69±0.82	0.92±0.07*	0.54±0.21	41.36±0.62

注: \*表示  $P < 0.05$ , \*\*表示  $P < 0.01$ 。

### 3 结语

采用正交试验优化得到了感官评价得分最高的诺丽果-柠檬复合果汁配方(均用体积分数表示):柠檬汁 15%、蔗糖 9%、复合酸 0.3%。复合果汁的感官评价得分为 96.58,复合果汁色泽鲜艳、口感细腻、酸甜适宜,能有效掩盖诺丽果的辛酸臭味,还有清新怡人的特有风味。添加柠檬汁后明显改善了果汁的挥发性香气组成,提高了其接受程度,主要挥发香气成分由诺丽果汁的 20 种上升到诺丽果-柠檬复合果汁的 44 种。其中,烯萜类(61.86%)24

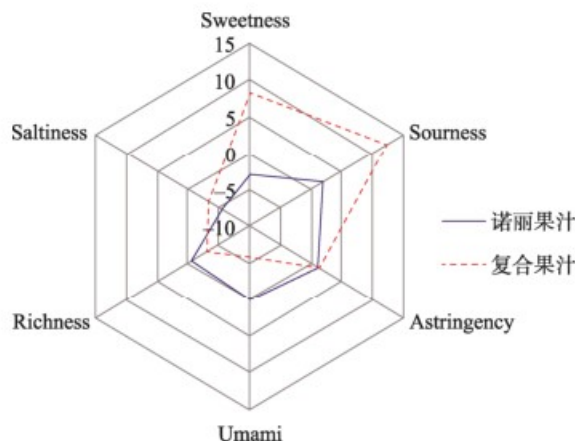


图 3 诺丽果汁与诺丽果-柠檬复合果汁电子舌的滋味变化情况

Fig.3 Taste change of noni juice and noni-lemon compound juice by electronic tongue

### 2.4 诺丽果-柠檬复合果汁理化指标测定

为了更准确地了解诺丽果与柠檬复配后营养成分的变化情况,对诺丽果汁和诺丽果-柠檬复合果汁的主要营养成分进行了测定,主要数据见表 6。由表 6 可知,诺丽果汁含有丰富的黄酮类物质和维生素 C 等保健活性成分。添加柠檬后复合果汁的可溶性固形物和总酸含量得到明显升高,调配后黄酮、总酚类物质、维生素 C 这些保健成分的含量稍有降低。总体来说,诺丽果-柠檬复合果汁仍是一种富含多种保健功能成分的果汁饮料。

种,醇类(31.12%)10种,这2类物质含量较高,是复合果汁香气的主要组成成分。复合果汁中含量较多的香气成分为 D-柠檬烯(34.03%)、 $\alpha$ -松油醇(18.34%)、 $\gamma$ -松油烯(10.37%)、4-萜品醇(6.26%),其中 D-柠檬烯和  $\alpha$ -松油醇的含量较高,为复合果汁的主要香气成分。诺丽果汁中的不良风味主要来源于辛酸,其相对含量由原来的 53.52%下降到 0.65%。添加柠檬汁后果汁的糖度和酸度得到提高,丰富了协调味感成分,改善了果汁的滋味,使其口感更佳。文中的研究为诺丽果复合果汁的理论研究和工厂化应用提供了一定的理论依据。

## 参考文献:

- [1] LI Xiao-hong, LIU Yue, SHAN Ya-ming, et al. MicroRNAs Involved in the Therapeutic Functions of Noni (*Morinda Citrifolia* L) Fruit Juice in the Treatment of Acute Gouty Arthritis in Mice Induced with Monosodium Urate[J]. *Foods* (Basel, Switzerland), 2021, 10(7): 1638.
- [2] MOTSHAKERI M, GHAZALI H M. Nutritional, Phytochemical and Commercial Quality of Noni Fruit: A Multi-Beneficial Gift from Nature[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2015, 45(1): 118-129.
- [3] PINO J A, MÁRQUEZ E, CASTRO D. Volatile and Non-Volatile Acids of Noni (*Morinda citrifolia* L) Fruit [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009, 89(7): 1247-1249.
- [4] POTTERAT O, HAMBURGER M. *Morinda Citrifolia* (Noni) Fruit-Phytochemistry, Pharmacology, Safety[J]. *Planta Medica*, 2007, 73(3): 191-199.
- [5] SINA H, DRAMANE G, TCHEKOUNOU P, et al. Phytochemical Composition and *in Vitro* Biological Activities of *Morinda Citrifolia* Fruit Juice[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, 28(2): 1331-1335.
- [6] WANG Mian-ying, NOWICKI D, ANDERSON G, et al. Liver Protective Effects of *Morinda Citrifolia* (Noni)[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2008, 63(2): 59-63.
- [7] WEST B J, DENG Shi-xin, JENSEN C J. Nutrient and Phytochemical Analyses of Processed Noni Puree[J]. *Food Research International*, 2011, 44(7): 2295-2301.
- [8] YANG J, GADI R, PAULINO R, et al. Total Phenolics, Ascorbic Acid, and Antioxidant Capacity of Noni (*Morinda Citrifolia* L) Juice and Powder as Affected by Illumination during Storage[J]. *Food Chemistry*, 2010, 122(3): 627-632.
- [9] WANG Zhu-lin, DOU Rong, YANG Rui-li, et al. Changes in Phenols, Polysaccharides and Volatile Profiles of Noni (*Morinda Citrifolia* L) Juice during Fermentation[J]. *Molecules* (Basel, Switzerland), 2021, 26(9): 2604.
- [10] 郝玉洁. 诺丽果控温发酵过程的研究及产物对急性酒精性肝损伤的预防[D]. 无锡: 江南大学, 2018: 10-15.  
HAO Yu-jie. Study of the Process of Temperature-Controlled Fermentation of Noni Fruit and the Prevention Effects of Fermentation Products on Acute Alcoholic Liver Injury [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018: 10-15.
- [11] 许龄方. 诺丽果酒酿造及其风味研究与调控[D]. 广州: 华南理工大学, 2019: 11-15.  
XU Ling-fang. Study on Brewing Technology and Flavor Control of Noni Wine[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019: 11-15.
- [12] 李晓花, 管燕红, 赵俊凌, 等. 不同产地诺丽干果的营养成分比较分析[J]. *食品工业*, 2016, 37(9): 292-295.  
LI Xiao-hua, GUAN Yan-hong, ZHAO Jun-ling, et al. Comparative Analysis of Nutritional Compositions of Different Origins of Noni Dry Fruit[J]. *The Food Industry*, 2016, 37(9): 292-295.
- [13] 赵文珂, 肖春琴, 张贤, 等. 成熟度对诺丽果酵素品质的影响[J]. *食品科学*, 2021, 42(2): 164-169.  
ZHAO Wen-ke, XIAO Chun-qin, ZHANG Xian, et al. Effect of Maturity on the Quality of Noni (*Morinda Citrifolia* L) Fruit Jiaosu(Fermented Fruit Juice)[J]. *Food Science*, 2021, 42(2): 164-169.
- [14] GIRONÉS-VILAPLANA A, VALENTÃO P, ANDRADE P B, et al. Beverages of Lemon Juice and Exotic Noni and Papaya with Potential for Anticholinergic Effects[J]. *Food Chemistry*, 2015, 170: 16-21.
- [15] 赵宏亮, 杨晓红, 张伟敏. 诺丽果渣成分分析及抗氧化性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(2): 358-364.  
ZHAO Hong-liang, YANG Xiao-hong, ZHANG Wei-min. Primary Functional Components and Antioxidant Activity of Different Solvents Extracts of Noni Pomace[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2019, 10(2): 358-364.
- [16] 孙雪皎, 史琳, 张旋, 等. 沙棘汁总黄酮测定方法的对比分析[J]. *沈阳农业大学学报*, 2019, 50(1): 120-127.  
SUN Xue-jiao, SHI Lin, ZHANG Xuan, et al. Comparison on Determining Methods for the Total Flavonoids in Sea Buckthorn Juice[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2019, 50(1): 120-127.
- [17] 李春秀, 李勋兰, 梁国鲁, 等. 不同成熟阶段柠檬果皮挥发物和酚类成分分析[J]. *食品科学*, 2022, 43(4): 215-224.  
LI Chun-xiu, LI Xun-lan, LIANG Guo-lu, et al. Analysis of Volatile Components and Phenols from Peels of Two Lemon Cultivars during Fruit Ripening[J]. *Food Science*, 2022, 43(4): 215-224.
- [18] 颜廷才, 孟宪军, 李江阔, 等. 超声波提取刺嫩芽中齐墩果酸类皂苷的工艺研究[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(5): 170-173.  
YAN Ting-cai, MENG Xian-jun, LI Jiang-kuo, et al. Study of Extracting Oleanolic Saponin from *Aralia Elata* Seem by Ultrasonic Method[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2008, 34(5): 170-173.
- [19] KAMIYA K, TANAKA Y, ENDANG H, et al. New Anthraquinone and Iridoid from the Fruits of *Morinda Citrifolia*[J]. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 2005, 53(12): 1597-1599.
- [20] 彭邦远. 刺梨果汁挥发性风味化合物组成及变化特性



- 研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018: 55-58.
- PENG Bang-yuan. Study on Volatile Flavor Compounds and Variation of Rosa Roxburghii Juice[D]. Guiyang: Guizhou University, 2018: 55-58.
- [21] CÁRDENAS-CORONEL W G, CARRILLO-LÓPEZ A, VÉLEZ DE LA ROCHA R, et al. Biochemistry and Cell Wall Changes Associated with Noni (*Morinda Citrifolia* L) Fruit Ripening[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(1): 302-309.
- [22] 胡梓妍, 刘伟, 何双, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 法分析 3 种金橘的香气挥发性成分[J]. 食品科学, 2021, 42(16): 176-184.
- HU Zi-yan, LIU Wei, HE Shuang, et al. Analysis of Volatile Components in Three Varieties of Kumquat by Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Food Science, 2021, 42(16): 176-184.
- [23] 李戈, 张丽霞, 牛迎风, 等. 不同来源地诺丽果质量分析[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(9): 3766-3769.
- LI Ge, ZHANG Li-xia, NIU Ying-feng, et al. Quality Analysis of Noni Fruit from Different Regions[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2016, 31(9): 3766-3769.
- [24] 许木果, 徐通, 杨朴丽, 等. 响应面法优化超声辅助提取诺丽果生物碱的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(13): 84-90.
- XU Mu-guo, XU Tong, YANG Pu-li, et al. Optimization of Ultrasonic-Assist Extraction of Alkaloids from the Fruits of *Morinda Citrifolia*(Noni) by Response Surface Methodology[J]. Food Research and Development, 2021, 42(13): 84-90.
- [25] 沈王庆, 沈哲华. 柠檬皮中香精油提取工艺的研究[J]. 内江师范学院学报, 2012, 27(12): 51-53.
- SHEN Wang-qing, SHEN Zhe-hua. On Extraction of Essential Oil from Lemon Peel[J]. Journal of Neijiang Normal University, 2012, 27(12): 51-53.
- [26] 刘树民, 王宇, 张洪财, 等. 诺丽果的化学成分研究[J]. 中草药, 2012, 43(11): 2150-2153.
- LIU Shu-min, WANG Yu, ZHANG Hong-cai, et al. Chemical Constituents from Fruits of *Morinda Citrifolia* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2012, 43(11): 2150-2153.
- [27] 晏永球, 童应鹏, 陆雨, 等. 诺丽的化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(9): 1888-1905.
- YAN Yong-qiu, TONG Ying-peng, LU Yu, et al. Research Progress on Chemical Constituents of *Morinda Citrifolia* and Their Pharmacological Activities[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(9): 1888-1905.
- [28] 傅曼琴, 肖更生, 陈于陇, 等. 改进型 Clevenger 装置提取柠檬果皮精油及成分分析[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 170-175.
- FU Man-qin, XIAO Geng-sheng, CHEN Yu-long, et al. Volatile Components of Lemon Peel Essential Oils Extracted by an Improved Clevenger Apparatus[J]. Food Science, 2017, 38(2): 170-175.
- [29] 黄巧娟, 黄林华, 孙志高, 等. 柠檬烯的安全性研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15): 277-281.
- HUANG Qiao-juan, HUANG Lin-hua, SUN Zhi-gao, et al. Progress in Understanding the Safety of Limonene [J]. Food Science, 2015, 36(15): 277-281.
- [30] BOONANANTANASARN K, JANEBOODIN K, SUPPAKPATANA P, et al. *Morinda Citrifolia* Leaves Enhance Osteogenic Differentiation and Mineralization of Human Periodontal Ligament Cells[J]. Dental Materials Journal, 2012, 31(5): 863-871.
- [31] BROWN A C. Anticancer Activity of *Morinda Citrifolia* (Noni) Fruit: A Review[J]. Phytotherapy Research, 2012, 26(10): 1427-1440.

责任编辑: 彭颀