

禄璐, 闫亚美, 米佳, 等. 枸杞原浆品质分析与评价标准构建 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(21): 271–281. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020178

LU Lu, YAN Yamei, MI Jia, et al. Quality Analysis and Evaluation Standard Construction of Fresh Goji (*Lycium barbarum* L.) Pulp[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(21): 271–281. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020178

· 食品安全 ·

# 枸杞原浆品质分析与评价标准构建

禄璐<sup>1</sup>, 闫亚美<sup>1,\*</sup>, 米佳<sup>1</sup>, 钟思懿<sup>1</sup>, 金波<sup>1</sup>, 罗青<sup>1,\*</sup>, 曾晓雄<sup>2</sup>, 曹有龙<sup>1,\*</sup>

(1. 国家枸杞工程技术研究中心, 宁夏银川 750002;

2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210018)

**摘要:** 本文对市售的 46 个枸杞原浆产品的主要成分、色泽、风味等指标进行测定, 对比分析枸杞原浆产品品质, 初步构建评价标准。结果表明: 枸杞原浆样品总体表现出较好的枸杞营养和风味特征, 但不同产品品质差异较大, pH 在 4.04~4.62 之间, 粘度在 6.63~116.60 cP 之间, 可溶性固形物在 12.77%~30.63% 之间, 总糖含量在 93.19~220.26 mg/g 之间, 黄酮含量在 23.43~87.27 μg/g 之间, 总类胡萝卜素含量在 3.23~1579.47 μg/g 之间, 色泽总体均表现为明亮的橙红色, 各样品在鲜味、酸味、涩味、咸味等八种风味特征均有响应, 气味分析中差异较大的几类化合物为烷烃类、醇类和挥发性硫化物。基于主成分分析得到了各指标与主成分的相关程度和贡献程度, 确立了枸杞原浆的品质评价指标, 采用概率分级建立了枸杞原浆品质评价指标分级标准, 利用层次分析构建枸杞原浆品质评价标准, 获得各枸杞原浆样品的综合得分, 为枸杞原浆品质评价及质量标准制定提供数据参考。

**关键词:** 枸杞, 原浆, 黄酮, 类胡萝卜素, 风味, 评价标准

中图分类号: S567.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)21-0271-11

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020178

本文网刊:



## Quality Analysis and Evaluation Standard Construction of Fresh Goji (*Lycium barbarum* L.) Pulp

LU Lu<sup>1</sup>, YAN Yamei<sup>1,\*</sup>, MI Jia<sup>1</sup>, ZHONG Siyi<sup>1</sup>, JIN Bo<sup>1</sup>, LUO Qing<sup>1,\*</sup>, ZENG Xiaoxiong<sup>2</sup>, CAO Youlong<sup>1,\*</sup>

(1. National Wolfberry Engineering Research Center, Yinchuan 750002, China;

2. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210018, China)

**Abstract:** In this paper, 46 fresh goji pulp products randomly selected from the market were compared and analyzed through the main components, color, flavor and other indicators, and the evaluation standard was preliminarily established. The results showed that the samples of fresh goji pulp showed good nutritional and flavor characteristics, but the quality of different products varied greatly. The pH ranged from 4.04~4.62, the viscosity ranged from 6.63~116.60 cP, the soluble solids ranged from 12.77%~30.63%, the total sugar content ranged from 93.19~220.26 mg/g, the flavonoid content ranged from 23.43~87.27 μg/g, and the total carotenoid content ranged from 3.23~1579.47 μg/g. The color of the samples was bright orange-red, and the samples responded to the eight flavor characteristics of umami, sour, astringency and saltiness. Alkanes, alcohols, and volatile sulfides were the most varied compounds in the odor analysis. Based on principal component analysis, the correlation degree and contribution degree of each index and the main component were obtained, the quality evaluation index of fresh goji pulp was established, the grading standard of evaluation index was established by probability classification, and the evaluation standard of quality was constructed by analytic hierarchy process, and the comprehensive score of each sample of fresh goji pulp was obtained, which provided data reference for quality evaluation and standard formulation of fresh goji pulp.

收稿日期: 2022-02-22

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划重大项目 (2019BF02026; 2021BEG03109); 宁夏回族自治区农业高质量发展和生态保护科技创新示范项目 (NGSB-2021-2)。

作者简介: 禄璐 (1989-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 枸杞贮藏与加工, E-mail: lulubing8901@163.com。

\* 通信作者: 闫亚美 (1982-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 枸杞贮藏与加工, E-mail: yanyamei@163.com。

罗青 (1964-), 女, 本科, 副研究员, 研究方向: 枸杞加工与贮藏, E-mail: luoqing640603@163.com。

曹有龙 (1963-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 植物学, E-mail: youlongchk@163.com。

**Key words:** goji; pulp; flavonoids; carotenoids; flavor; evaluation standard

枸杞(*Lycium barbarum* L.), 茄科枸杞属落叶灌木。枸杞鲜果于每年的 6 月中旬开始成熟, 果实颗粒大, 皮薄肉厚, 籽少味甘, 含枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、苣荬碱等成分<sup>[1-4]</sup>, 具有抗氧化、抗衰老、抗炎、抑制癌细胞增殖、促进造血功能、调节肠道菌群等多种功效<sup>[5-10]</sup>。

截止 2020 年, 我国枸杞收获面积已达 135 万亩, 枸杞鲜果总产量近 100 万吨, 其中总产量的 98% 以上来自于宁夏、青海、新疆、甘肃等西北省区。宁夏是枸杞的道地产地, 种植面积达 35 万亩, 鲜果年产量约 26 万吨。枸杞原浆是近年来迅速崛起的一种加工产品形式, 以枸杞鲜果为唯一原料, 经打浆、粗滤、均质、巴氏杀菌、灌装等工序制成, 不复配, 不调配, 最大程度保持枸杞鲜果的营养成分和风味, 区别于市场已有相关产品, 如枸杞果汁、枸杞浓缩汁、枸杞复合果浆等, 目前已成为新型枸杞消费市场的主体产品。据宁夏回族自治区林业厅十四五枸杞产业规划, 截止 2020 年, 仅枸杞原浆生产线达到 10 条、分装线达到 32 条, 枸杞原浆产能达到 1 万吨以上。同时, 国家、地方陆续出台了枸杞浆行业标准(GH/T 1237-2019)和枸杞原浆团体标准(T/NXFSA 003S-2020), 用可溶性固形物、酸度等指标规范枸杞浆及枸杞原浆生产。目前枸杞原浆产品众多, 品质参差不齐, 缺乏规范化的生产体系, 也缺少相关的品质评价标准。

因此, 本研究针对市售枸杞原浆产品, 系统分析营养与功效成分、感官风味, 对比分析了不同生产厂家、同一厂家枸杞原浆品质, 试构建枸杞原浆品质评价标准, 为枸杞原浆营养成分分析、功效评价及质量标准构建提供数据参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

46 个枸杞原浆样市售 依次编号为: HT/LG/NB/NHH/NF1/NF2/NF3/NF4/NF5/NF6/NF7/NH1/NH2/NH4/NH5/NH6/NK1/NK2/NK3/NK4/NQ1/NQ2/NQ3/NQ4/NQ5/NQ6/NQ7/NQ8/NQ9/NW1/NW2/NX/NY1/NY2/NZ1/NZ2/NZ3/NZ4/NZ5/NZ6/QD1/QD2/XL1/XL2/XW/XY; 玉米黄素双棕榈酸酯 色谱纯, 美国 Sigma 公司; 葡萄糖、芦丁 分析纯, 上海源叶生物科技有限公司; NaCl、无水硫酸钠、KOH、甲醇、Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 等其他试剂 均为国产分析纯, 购自天津大茂化学试剂有限公司。

BS 224 S 分析天平 德国赛多利斯公司; SJ-3F 雷磁 pH 计 上海仪电科学仪器股份有限公司; Visco 便携式数显粘度计、PAL-1 糖度计 日本 ATAGO 公司; 柯尼卡美能达 CM-5 分光测色仪 日本柯尼卡美能达控股株式会社; 紫外-2600 分光光度计 日本京都岛津公司; R-300 旋转蒸发仪 瑞士步琦有限公

司; PEN3 型便携式电子鼻 德国 AIRSENSE 公司; SA402B 电子舌 日本 Insent 公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 样品理化指标的测定

1.2.1.1 pH 的测定 取 100 mL 烧杯, 称取 60 mL 样品, 移取部分样品溶液润洗电极, 随后将电极没入样品溶液中, 不断搅拌, 直至读数稳定后, 记录数据, 每个样品平行测定 3 次。

1.2.1.2 粘度测定 采用 Visco 便携式数显粘度计测定。样品于 25 ℃ 下平衡温度 10 min, 选定转子, 平衡仪器, 将样品置于测量杯中, 待读数稳定后, 记录数据, 每个样品平行测定 5 次。

1.2.1.3 色泽特征值的测定 采用柯尼卡美能达 CM-5 分光测色仪液体测量模式进行色泽测定<sup>[11]</sup>, 每个样品测定 5 次, 记录数据。其中  $L$  表示明度, 黑色明度最低, 白色明度最高;  $a$  表示从红色到绿色之间的色彩指数, 正值为红色, 负值为绿色;  $b$  表示从蓝色到黄色之间的色彩指数, 正值为黄色, 负值为蓝色;  $c$  代表色彩饱和度,  $c$  越大则颜色的鲜艳度越高;  $h$  表示色度角, 为 0~360° 之间的颜色角, 0~90° 为红色、橙色和黄色, 90~180° 为黄色、黄绿色和绿色, 180~270° 为绿色、青色和蓝色, 270~360° 为蓝色、紫色、洋红色和红色。

1.2.1.4 可溶性固形物的测定 PAL-1 手持式糖度计用蒸馏水校零, 用胶头滴管吸取样品进行润洗后开始测定样品, 每个样品测定 5 次, 记录数据。

1.2.1.5 总糖和黄酮的测定 参照曹建康等<sup>[12]</sup>的方法, 采用蒽酮-硫酸法测定总糖含量。精确称取样品 2.0 g, 置于 50 mL 三角瓶中, 加入沸水 25 mL, 加盖。超声提取 10 min, 重复三次, 冷却后过滤, 定容至 100 mL 容量瓶, 备用。移取 1 mL 总糖提取液于干净试管中, 加入蒽酮试剂 4 mL, 冷却后, 煮沸 10 min, 冷却, 在 620 nm 处测定其吸光度值。样品吸光值代入总糖标准曲线  $y=0.0071x-0.0003$ ,  $R^2=0.9991$ , 计算样品中总糖含量(mg/g, 以葡萄糖计)。

参照曹建康等<sup>[12]</sup>的方法, 采用硝酸铝显色法测定总黄酮含量。精确称取样品 2.0 g, 放入磨口三角瓶中, 按 1:30(w/v)加入 60% 乙醇溶液, 超声波常温提取 30 min 后过滤, 定容至 100 mL 容量瓶, 备用。移取黄酮提取液 1 mL 于 25 mL 容量瓶中, 加 5% NaNO<sub>2</sub> 溶液 0.5 mL, 摇匀, 加入 10% Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 溶液 0.5 mL, 摇匀放置 6 min, 加入 4% NaOH 溶液 4 mL, 用 30% 乙醇定容至 25 mL, 摇匀, 放置 1 min, 于 510 nm 处测定吸光度值。样品吸光值代入标准曲线  $y=0.1066x-0.0017$ ,  $R^2=1.0000$ , 计算样品中总黄酮的含量(μg/g, 以芦丁计)。

1.2.1.6 类胡萝卜素的提取与测定 采用四氢呋喃

提取样品中的类胡萝卜素<sup>[13]</sup>。称取样品 5.0 g, 加入 15 mL 四氢呋喃超声提取 10 min, 过滤后收集滤液, 滤渣用相同提取工艺提取至无色, 合并滤液后, 加入 20.0 g 无水硫酸钠脱水过滤, 于 35 ℃ 浓缩蒸干, 二氯甲烷溶解并定容至 25 mL, -80 ℃ 保存备用。吸取提取液 0.5 mL, 石油醚定容到 5.0 mL, 紫外分光光度计测定在 460 nm 处的吸光度 A。配制不同浓度的玉米黄素双棕榈酸酯标准溶液, 同法测定吸光度, 绘制所得标准曲线为:  $y=0.087x+0.0005$ ,  $R^2=0.9973$ , 计算样品总类胡萝卜素含量( $\mu\text{g/g}$ , 以玉米黄素双棕榈酸酯计)。

1.2.1.7 风味与气味的测定 分别称取样品 30.0 g, 5000 r/min 离心 20 min, 取上清液, 蒸馏水定容至 100 mL, 检测器经活化校准后, 将前处理好的样品按顺序放入样品托盘中进行检测分析。过滤纸后使用电子舌进行测定。称取 2.0 g 样品于顶空固相瓶中, 立即用盖将其密封, 于室温下平衡 60 min。参考马琦等<sup>[14]</sup>方法, 稍做改动, 仪器校准, 测定时, 检测时间为 120 s, 延滞时间为 1080 s, 载气为洁净的空气, 流速为 150 mL/min, 结合电子鼻仪器自带的 Winmuster 软件导出数据。

1.2.2 相关参数计算

1.2.2.1 变异系数 参照张佳等<sup>[15]</sup>, 变异系数  $CV(\%)=(\text{标准偏差}/\text{平均值})\times 100$ 。

1.2.2.2 构建品质评价体系 按照图 1 所示流程构建枸杞原浆品质评价标准。

1.3 数据处理

采用 SPSS 21.0 对数据进行单因素方差统计分析, 结果以平均值(Mean) $\pm$ 标准偏差(SD)表示; 采用 Kolmogorov-Smirnov(K-S)非参数正态分布检验, 置信区间  $\alpha=0.05$ ,  $P>0.05$ , 表示符合正态分布, 否则排除正态分布可能性; 采用 Origin 2019 软件进行主成

分分析、K-均值聚类分析等相关分析及作图。

2 结果与分析

2.1 枸杞原浆理化指标结果分析

46 个枸杞原浆样品 11 个品质指标变异情况如表 1 所示。 $a$  值、 $b$  值均为正值,  $h$  值小于 90°, 表明枸杞原浆色泽表现为橙红色; 各项指标中, pH 变异系数最小, 粘度的变异系数最大, 表明各枸杞原浆样品之间 pH 差异较小, 而粘度差异极大。样品可溶性固形物含量范围在 12.77%~30.63%, 总糖含量在 93.19~220.26 mg/g 之间, 黄酮含量在 23.43~87.27  $\mu\text{g/g}$ , 总类胡萝卜素含量在 3.23~1579.47  $\mu\text{g/g}$  之间, 且变异系数也较大。

表 1 枸杞原浆 11 项品质指标变异系数  
Table 1 Variation coefficients of 11 quality indexes of fresh goji pulp

指标	变幅	平均数	标准偏差	变异系数CV(%)
$L$ 值	29.65~81.13	40.91	8.46	20.68
$a$ 值	8.75~53.16	48.70	6.48	13.31
$b$ 值	51.09~95.65	68.65	9.90	14.42
$c$ 值	68.71~107.69	84.60	8.29	9.80
$h$ 值	46.99~82.68	54.43	6.03	11.08
pH	4.04~4.62	4.32	3.29	3.47
粘度(cP)	6.63~116.60	32.54	20.90	64.23
可溶性固形物(%)	12.77~30.63	17.74	0.15	18.55
总糖(mg/g)	93.19~220.26	136.16	27.43	20.15
黄酮( $\mu\text{g/g}$ )	23.43~87.27	57.40	12.69	22.11
类胡萝卜素( $\mu\text{g/g}$ )	3.23~1579.47	649.95	278.34	42.82

如图 2 所示, 样品 pH 分布在 4.04~4.62 范围内, 其中 XL1、NW1、NW2、NK4 较小, QD2 pH 最大, 正态性检验  $P>0.05$ , 服从正态分布。pH 大小除与鲜果品种有关外, 推测可能还与企业生产时添加护色剂, 如柠檬酸等有密切关系。

粘度与温度、糖浓度密切相关, 低温下高糖度物

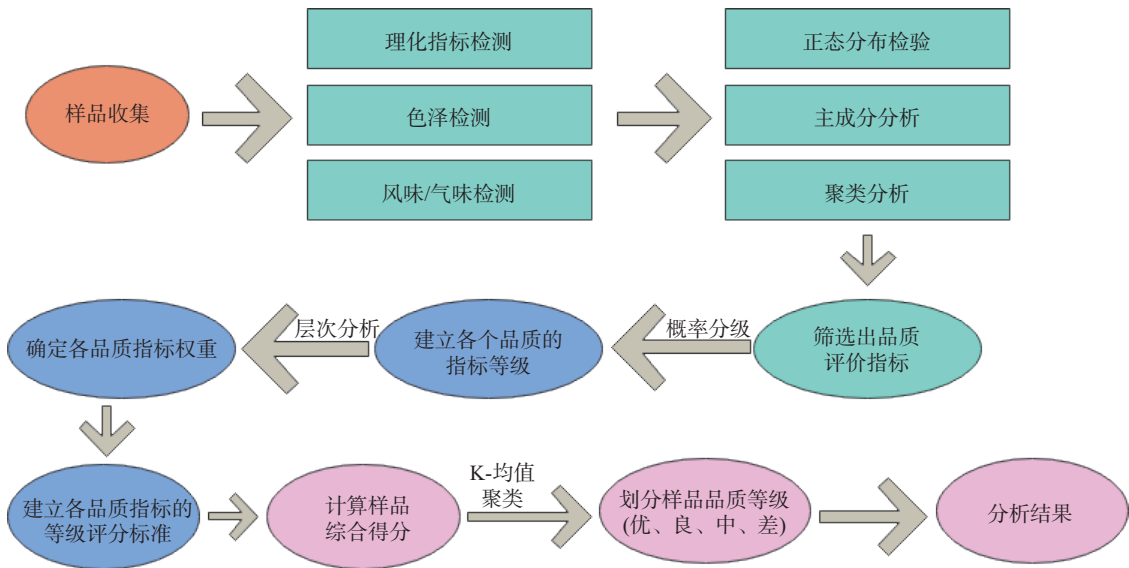


图 1 枸杞原浆品质评价标准建立流程图

Fig.1 Flowchart of establishing quality evaluation standard of fresh goji pulp

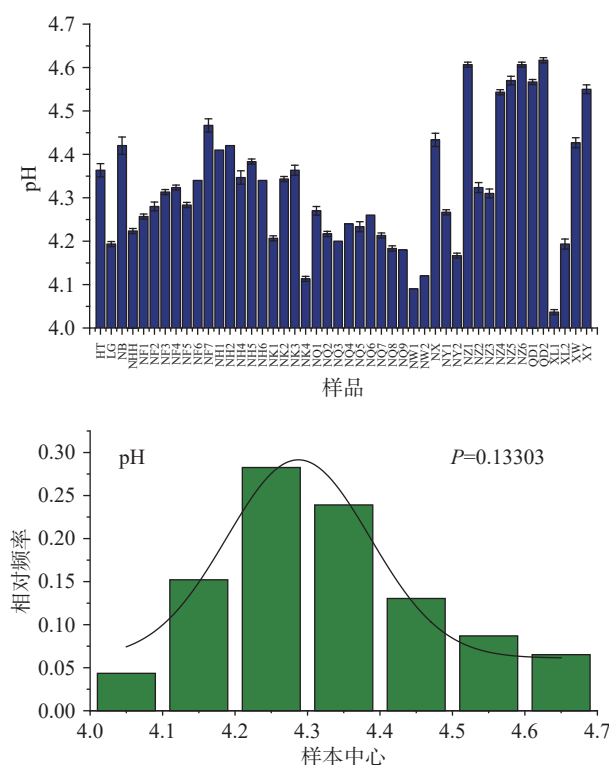


图2 样品 pH 与正态分布图

Fig.2 pH value and normal distribution of samples

料的粘度会显著增大<sup>[16]</sup>。如图 3 所示,同一温度下,样品的粘度在 6.63~116.60 之间,NF6、NF7 样品粘度较大(116.60、91.47 cP)、NZ5、NY2 粘度较小(6.63、7.36 cP)。另外,果胶的降解也对物料粘度产生较大影响。高压均质可促进水溶性果胶的降解,提高半乳糖醛酸含量,降低甲氧基化和乙酰化程度,有效防止果汁分层<sup>[17-18]</sup>,粘度相应减小。

如图 4 所示,样品 NZ5 的  $L$  值、 $a$  值、 $h$  值与其

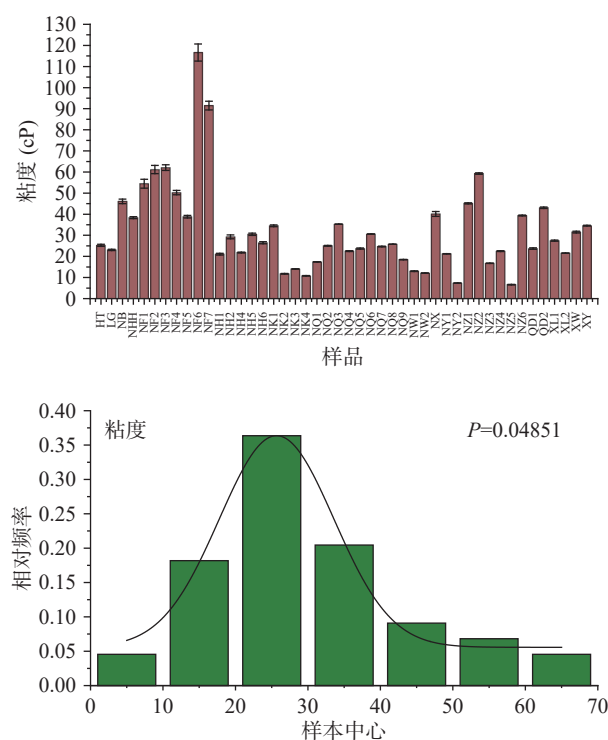
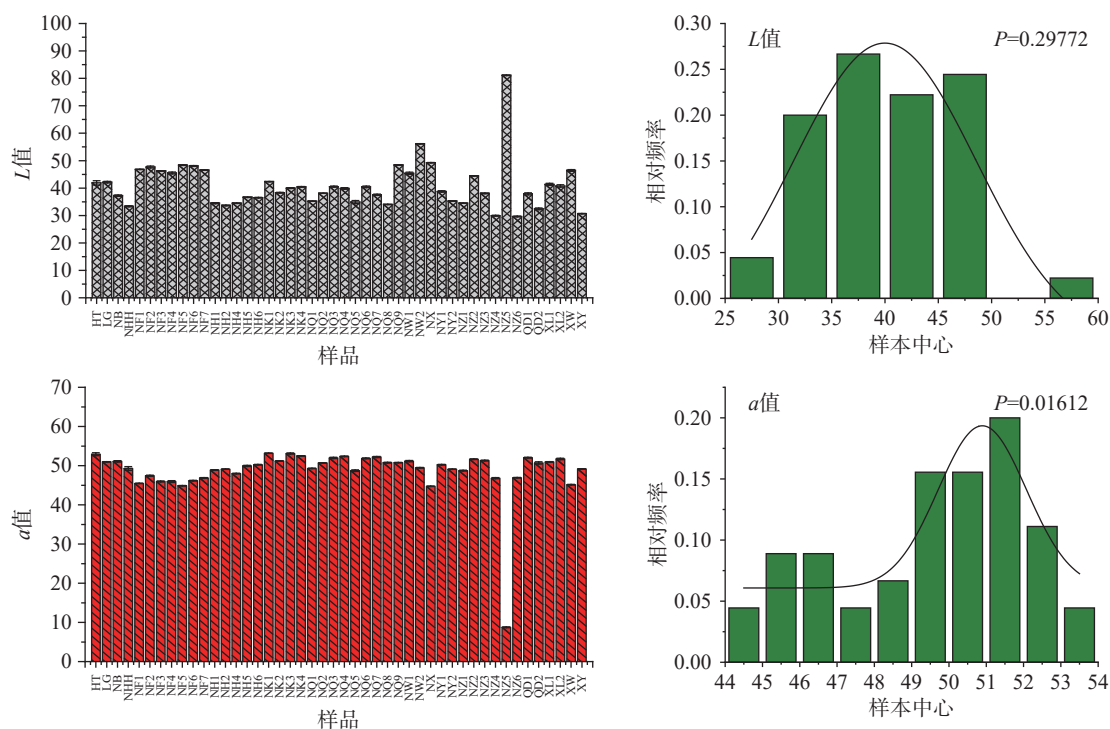


图3 样品粘度与正态分布图

Fig.3 Viscosity and normal distribution of samples

他样品存在较大差异。除 NZ5 外,样品  $L$  值在 29.65~56.16 之间, $a$  值差异较小,在 44.72~53.16 之间,表现红色。 $b$  值与  $c$  值分别在 51.09~95.65、68.71~107.69 之间,样品总体色泽表现为橙红色。由于枸杞原浆的生产大多采用巴氏杀菌,故热处理对枸杞汁颜色有一定影响,但相对于超高压杀菌,可提高产品在贮藏时期色泽的稳定性<sup>[19]</sup>。

可溶性固形物是评价果实成熟度的重要指标,也是食品行业广泛应用的一个技术指标。如图 5 所





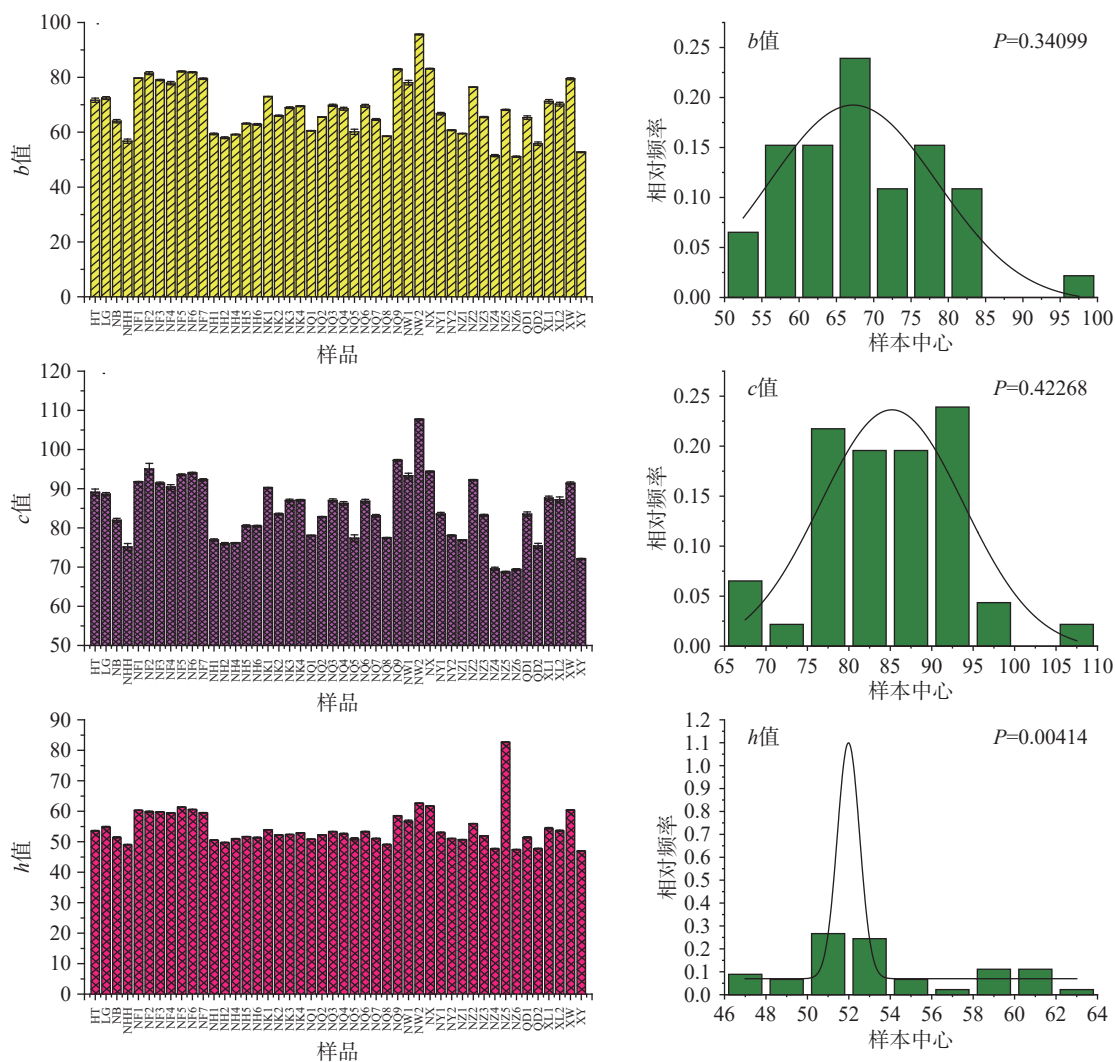


图 4 样品色泽与正态分布图

Fig.4 Color and normal distribution of samples

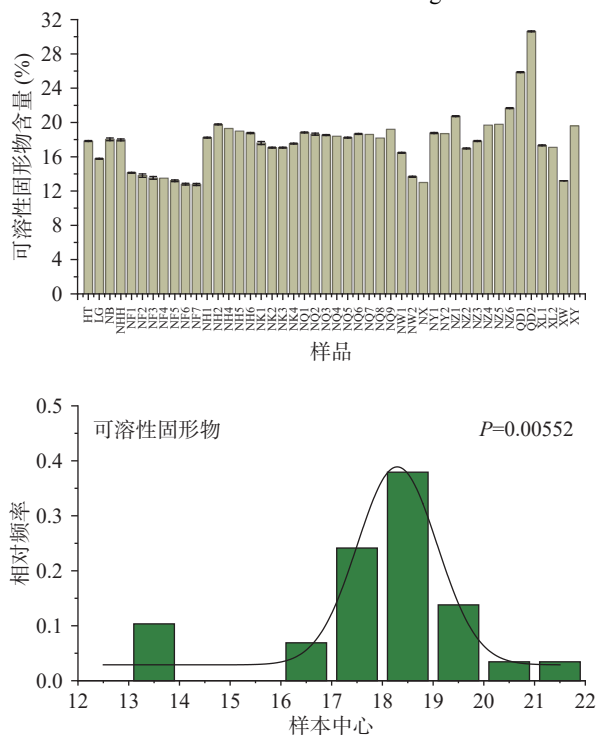


图 5 样品可溶性固形物与正态分布图

Fig.5 Soluble solid and normal distribution of samples

示,枸杞原浆的可溶性固形物分布在 12.77%~30.63% 之间,其中 NF6 含量最低,QD2 含量最高,而大多样品的可溶性固形物为 17%~19%,与枸杞鲜果可溶性固形物较接近<sup>[3]</sup>。

如图 6 所示,枸杞原浆样品总糖含量在 93.19~220.26 mg/g 范围内,其中 NW2 含量最低,QD2 含量最高,且服从正态分布。研究表明,不同品种/系枸杞鲜果总糖含量差异显著<sup>[20]</sup>。此外,枸杞鲜果按成熟和采摘期分为夏果(6~8 月)和秋果(9 月),夏果粒大、肉厚、味甜、色深,秋果果粒较小,果色微黄、果味微酸、果肉较薄、籽多,而枸杞原浆的生产贯穿整个采果季(6~9 月),因此,枸杞原浆中的总糖含量差异较大。

如图 7 所示,枸杞原浆中的黄酮含量在 23.43~87.27  $\mu\text{g/g}$  范围内,其中 NW2 含量最低,QD2 含量最高,且服从正态分布。赵建华等<sup>[3]</sup>测定了不同果色枸杞鲜果的品质指标,其中黄酮含量为 41.02~185.44  $\mu\text{g/g}$ ,宁杞 1 号枸杞鲜果的黄酮含量为 101.13 $\pm$ 0.93  $\mu\text{g/g}$ <sup>[21]</sup>,枸杞原浆中大多数样品的黄酮含量在 50~60  $\mu\text{g/g}$  之间,推测枸杞鲜果在打浆、过滤、杀菌等加工环节中有较大损失。朱丹实等<sup>[22]</sup>研究表明,

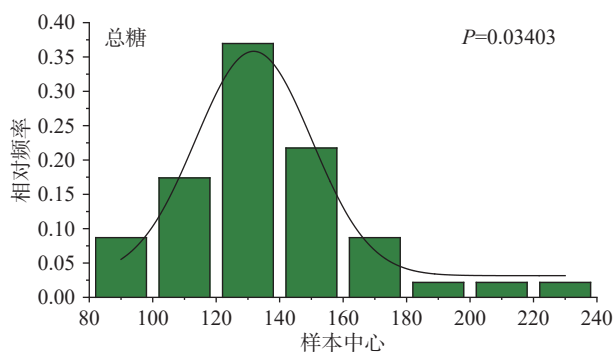
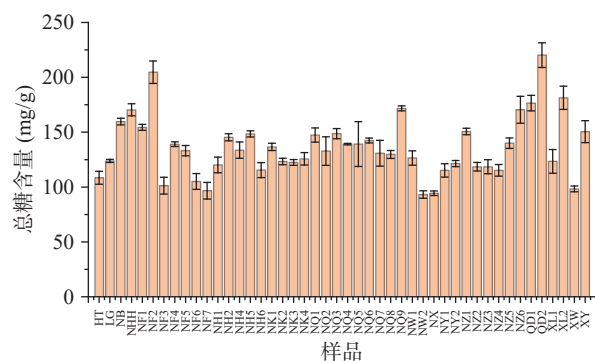


图6 样品总糖含量与正态分布图

Fig.6 Total sugar content and normal distribution of samples

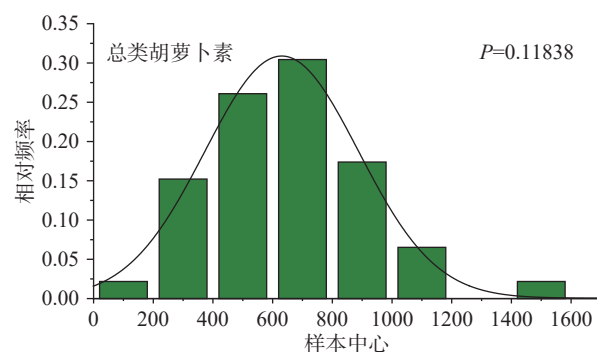
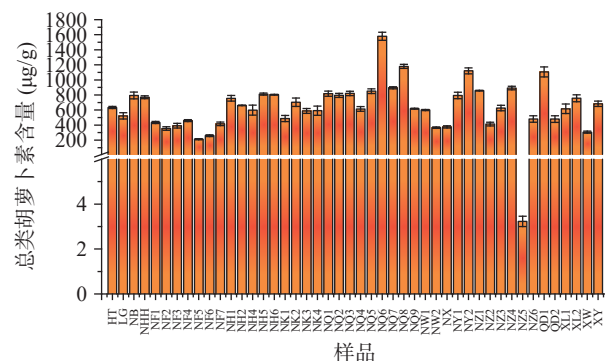


图8 样品总类胡萝卜素含量与正态分布图

Fig.8 Total carotenoid content and normal distribution of samples

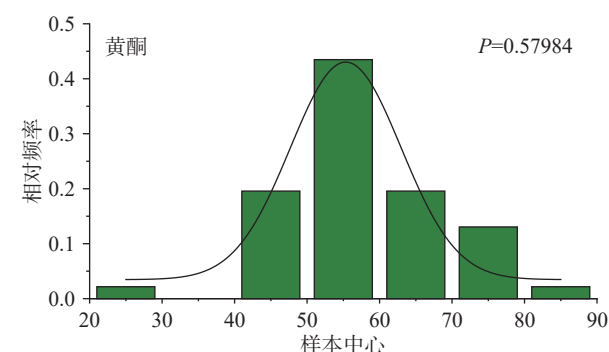
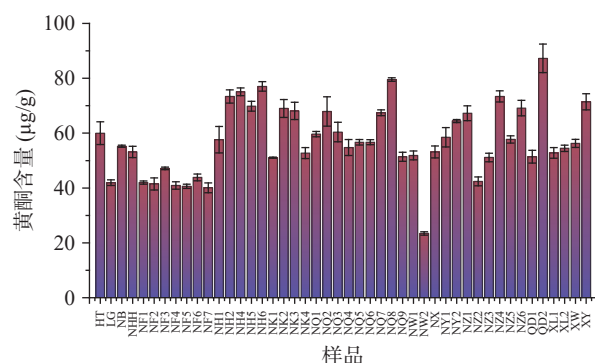


图7 样品黄酮含量与正态分布图

Fig.7 Flavonoid content and normal distribution of samples

过滤和杀菌都会使果汁中的总酚和黄酮类物质显著减少。

类胡萝卜素是枸杞中一类主要的代表性功效成分和呈色物质,其中含量最多的是玉米黄素双棕榈酸酯,约占枸杞总类胡萝卜素含量的 80% 以上<sup>[13,23-24]</sup>。如图 8 所示,枸杞原浆中的类胡萝卜素含量在 3.23~1579.47 μg/g 之间,服从正态分布,其中 NZ5 含量最

低,NQ6 含量最高。研究表明,不同品种/品系枸杞鲜果中类胡萝卜素含量可达 297~3600 μg/g<sup>[13,25]</sup>。类胡萝卜素组分为脂溶性成分,且主要存在于果肉中,生产上主要通过过滤工艺除去颗粒较大的果肉纤维和枸杞籽,因此,过滤(粗滤)对产品中类胡萝卜素含量有较大影响。纳米级过滤可使溶液中类胡萝卜素的浓度从 7.1%±0.2% 降低到 5.5%±0.2%( $P<0.001$ )<sup>[26]</sup>。因此,过滤工艺对枸杞原浆产品中类胡萝卜素含量和色泽的影响还有待于进一步探讨。此外,均质工艺在枸杞原浆生产环节尤为重要。研究表明,均质可细化果肉纤维,降低物料的面积基直径(area-based diameter),促进类胡萝卜素从植物组织释放至汁中,同时提高类胡萝卜素生物可及性<sup>[27-28]</sup>,还可达到乳化的作用,有效防止果浆分层。

基于以上 11 个物理及化学等指标,对 16 个厂家的 46 个样品进行主成分分析,并以厂家划分组。结果如图 9(a)、(b)所示。46 个样品能够较好地地区分开,其中,QD2、NZ6、NQ6、NF6、NW2、NZ5 这 6 个样品与其他 40 个样品差异较大。此外,NH、NF 组样品分布较为集中,表明 NH、NF 厂家系列产品品质差异较小,而 NW、NZ 厂家的系列产品品质差异较大。

通过 PCA 载荷图可知,黄酮、可溶性固形物(SSC)、类胡萝卜素、总糖、 $L$  值、 $b$  值、 $c$  值、 $h$  值在 PC1 轴的载荷较大,pH、 $a$  值在 PC2 轴的载荷较大,表明黄酮、可溶性固形物(SSC)、类胡萝卜素、总糖、 $L$  值、 $b$  值、 $c$  值、 $h$  值对于第一主成分贡献较大,

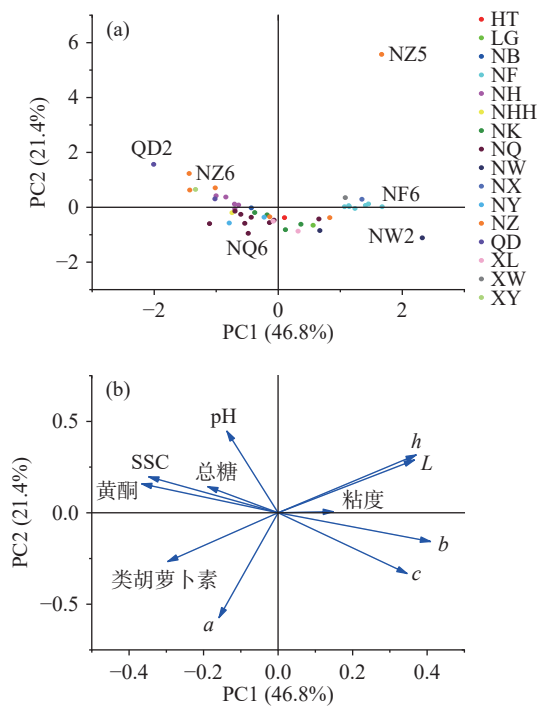


图 9 基于 11 个枸杞原浆品质指标的主成分分析得分图(a)与载荷图(b)

Fig.9 Principal component analysis score diagram (a) and loading diagram (b) based on 11 quality indicators of fresh goji pulp

pH、*a* 值对第二主成分贡献较大,同时这解释了 NZ5、NW2、QD2 等样品与其他样品离散较大的原因。

如表 2 所示。前三个成分的特征值大于 1.0, 累积贡献率为 79.60%, 因此这三个成分成为主成分, 表明前三个主成分可反映 46 个枸杞原浆产品约 80% 的品质信息。

表 2 基于主成分分析的各主成分特征值和贡献率			
Table 2 Eigenvalues and contribution percentage of each principal component based on principal component analysis			
主成分	特征值	方差贡献率(%)	累积方差贡献率(%)
1	5.15168	46.83344	46.83344
2	2.35200	21.38182	68.21525
3	1.25197	11.38158	79.59684
4	0.96436	8.76688	88.36372
5	0.43774	3.97944	92.34316
6	0.39238	3.56711	95.91027
7	0.26648	2.42251	98.33278
8	0.16523	1.50208	99.83487
9	0.01556	0.14148	99.97635
10	0.00255	0.0232	99.99954
11	5.04E-05	4.58E-04	100

各主成分的相关系数矩阵如表 3 所示。在主成分 1 中, 黄酮、*L* 值、*b* 值、*h* 值的相关系数(以绝对值计,下同)较高,均大于 0.8,在主成分 2 和主成分 3 中分别对应的 *a* 值和粘度相关系数最大,表明黄酮、*L* 值、*b* 值、*h* 值、*a* 值和粘度指标与枸杞原浆品质的相关性较好,贡献程度也较大。

2.2 枸杞原浆风味与气味分析

采用电子舌测定枸杞原浆的风味,并对八种风

表 3 基于主成分分析的各主成分相关性矩阵

Table 3 Correlation matrix of principal components based on principal component analysis

指标	主成分相关性矩阵		
	主成分1	主成分2	主成分3
可溶性固形物	-0.787	0.301	-0.054
总糖	-0.427	0.219	0.229
黄酮	-0.830	0.242	-0.093
总类胡萝卜素	-0.671	-0.409	-0.240
pH	-0.311	0.683	0.469
粘度	0.336	0.009	0.873
<i>L</i>	0.830	0.443	-0.25
<i>a</i>	-0.359	-0.879	0.212
<i>b</i>	0.928	-0.241	0.037
<i>c</i>	0.785	-0.509	0.089
<i>h</i>	0.841	0.485	-0.180

味响应值进行标准化处理,结果如图 10 所示。结果表明,不同枸杞原浆样品风味组成相近,在各个风味的响应程度不同。NW1 涩味的回味及丰富度的响应值均最高,远高于其他样品,鲜味和咸味较低,风味组成与其他样品有较大差异;NF5 苦味、咸味、鲜味响应值均最低,但涩味较高;XL1 酸味响应值最高;NK2 苦味、咸味响应值较大,但丰富度最小。

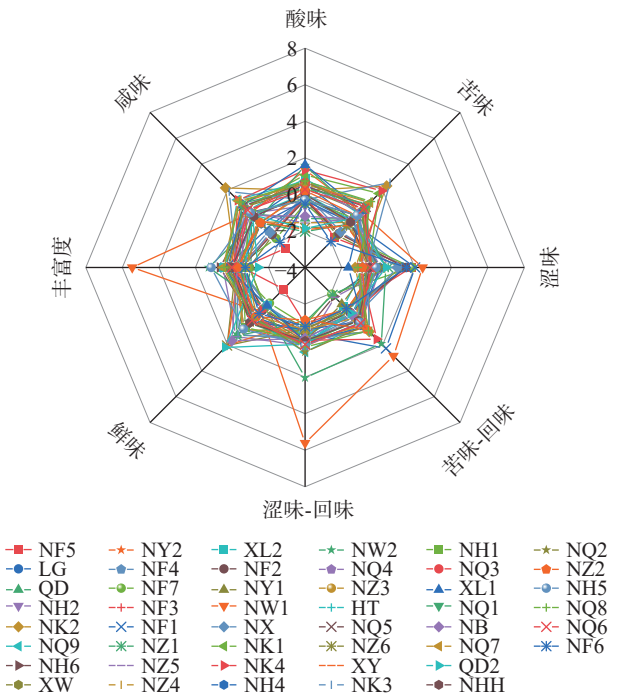


图 10 枸杞原浆样品风味组成雷达图

Fig.10 Radar map of flavor composition of fresh goji pulp products

采用电子鼻测定枸杞原浆的挥发性气味,并对十种气味响应值进行标准化处理,结果如图 11 所示。样品气味组成差异较大的区域集中在烷烃类、醇类和可挥发性硫化物。LG 样品中苯及烷烃类芳香物质极低,但可挥发性硫化物响应值极高;NF5 可挥发性硫化物响应值也极高;相反,NQ3 挥发性硫化





表 4 枸杞原浆 7 项品质评价指标分级结果  
Table 4 Grading of seven evaluation indices for fresh goji pulp

指标	样本量	等级	极低	低	中	高	极高
可溶性固形物	46	标准(%)	<13.52	13.52~16.01	16.01~19.46	19.46~21.96	>21.96
		样品分布(%)	13.04	10.87	58.70	13.04	4.35
黄酮	46	标准(μg/g)	<41.14	41.14~50.75	50.75~64.06	64.06~73.66	>73.66
		样品分布(%)	8.70	13.04	45.65	23.91	8.70
总类胡萝卜素	46	标准(μg/g)	<293.17	293.17~503.93	503.93~795.96	759.96~1006.72	>1006.72
		样品分布(%)	6.52	26.09	41.30	17.39	8.70
L值	46	标准	<30.08	30.08~36.48	36.48~45.35	45.35~51.75	>51.75
		样品分布(%)	4.35	23.91	45.65	23.91	4.35
a值	46	标准	<40.40	40.40~45.30	45.30~52.10	52.10~57.01	>57.01
		样品分布(%)	2.17	6.52	78.26	13.04	0.00
b值	46	标准	<55.97	55.97~63.46	63.46~73.84	73.84~81.34	>81.34
		样品分布(%)	8.70	23.91	39.13	15.22	13.04
h值	46	标准	<46.69	46.69~51.26	51.26~57.59	57.59~62.16	>62.16
		样品分布(%)	0.00	30.43	43.48	21.74	4.35

表 5 枸杞原浆品质指标判别矩阵  
Table 5 Discriminant matrix of quality index of fresh goji pulp

指标	可溶性固形物	黄酮	类胡萝卜素	L值	a值	b值	h值
可溶性固形物	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00
黄酮	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
总类胡萝卜素	0.50	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00
L值	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
a值	1.00	0.50	0.33	1.00	1.00	1.00	2.00
b值	1.00	0.50	0.33	1.00	1.00	1.00	2.00
h值	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00

表 6 一致性检验结果  
Table 6 Summary of the conformance test results

最大特征根	CI值	RI值	CR值	一致性检验结果
7.449	0.075	1.360	0.055	通过

表 7 层次分析结果  
Table 7 Results of hierarchical analysis

指标	特征向量	权重值(%)	最大特征值
可溶性固形物	1.296	18.520	7.449
黄酮	1.357	19.384	
总类胡萝卜素	1.275	18.207	
L值	0.753	10.764	
a值	0.835	11.932	
b值	0.835	11.932	
h值	0.648	9.260	

表 8 7 项品质的评价指标的分级标准  
Table 8 Sores of seven evaluation quality indexes

指标	指标值	得分	指标值	得分	指标值	得分	指标值	得分	指标值	得分
可溶性固形物(%)	<13.52	11.11	13.52~16.01	12.96	16.01~19.46	14.82	19.46~21.96	16.67	>21.96	18.52
黄酮(μg/g)	<41.14	11.63	41.14~50.75	13.57	50.75~64.06	15.51	64.06~73.66	17.45	>73.66	19.38
类胡萝卜素(μg/g)	<293.17	10.93	293.17~503.93	12.75	503.93~795.96	14.57	759.96~1006.72	16.39	>1006.72	18.21
L值	<30.08	3.72	30.08~36.48	5.48	36.48~45.35	7.24	45.35~51.75	9.00	>51.75	10.76
a值	<40.40	7.16	40.40~45.30	8.35	45.30~52.10	9.54	52.10~57.01	10.74	>57.01	11.93
b值	<55.97	4.77	55.97~63.46	5.97	63.46~73.84	7.16	73.84~81.34	9.53	>81.34	11.93
h值	<46.69	5.56	46.69~51.26	6.48	51.26~57.59	7.41	57.59~62.16	8.33	>62.16	9.26

学依据。

依据各个指标相对应的分级标准,根据枸杞原浆产品各指标对应分布,计算出 46 个样品的总得分,如表 9 所示。其中 NH4 得分最高,NF4 得分最低。

基于总得分,对枸杞原浆样品进行 K-均值聚类分析,将 46 份样品分按品质优、良、中、差分为 4 类,总得分  $\geq 83.59$  分为品质优,低于 83.59 分且  $\geq 77.95$  分,为品质良,低于 77.95 分且  $\geq 74.19$  分,为品质中,<74.19 分为品质差,具体结果如表 10 所示。

测定的 46 个样品分别来自 16 个生产厂家。经过初步评价,质量优异的产品共有 2 个,质量良的产品为 14 个,质量中等的样品为 23 个,质量差的产品仅有 7 个。46 个产品中,有些产品来源于同一个生产厂家,但由于枸杞鲜果品质(品种、采收批次)不同,最终产品品质差异也较大。

### 3 结论与讨论

通过对枸杞原浆进行检测分析,结果表明 46 个枸杞原浆产品具有较好的营养成分和风味/气味特征,但样品品质差异较大:pH 在 4.04~4.62 之间,粘度在 6.63~116.60 cP 之间,可溶性固形物含量在 12.77%~30.63% 之间,总糖含量在 93.19~220.26 mg/g 之间,黄酮含量在 23.43~87.27 μg/g 之间,总类胡萝卜素含量在 3.23~1579.47 μg/g 之间,尤其是在粘

表 9 46 个样品总得分

Table 9 Total scores for 46 samples

样品编号	总得分	样品编号	总得分	样品编号	总得分
NH4	83.70	NHH	77.45	NH5	74.96
NY2	83.59	XY	77.45	HT	74.86
NF2	80.38	NF7	77.45	NY1	74.58
NZ6	80.28	NQ9	77.45	NH1	74.41
NK4	79.89	XL2	76.98	NZ5	74.31
NX	79.39	NB	76.25	XL1	74.19
NZ4	78.83	NZ2	76.25	LG	74.19
NQ3	78.82	NF6	76.25	NQ5	72.45
NQ1	78.82	NQ7	76.25	XW	72.37
NZ1	78.19	NQ6	76.25	NK3	72.37
NK2	78.19	NK1	76.16	NQ8	71.89
NH2	78.08	NW2	75.68	NF3	71.89
NF1	78.07	QD1	75.68	NQ2	71.38
NH6	77.98	NW1	75.63	NF4	71.28
NF5	77.95	NZ3	75.02		
QD2	77.95	NQ4	74.99		

表 10 46 份枸杞原浆样品的评价等级结果

Table 10 Evaluation grades of 46 fresh goji pulp products

等级	样品编号
优	NH4、NY2
良	NF2、NZ6、NK4、NX、NZ4、NQ3、NQ1、NZ1、NK2、NH2、NF1、NH6、NF5、QD2
中	NHH、XY、NF7、NQ9、XL2、NB、NZ2、NF6、NQ7、NQ6、NK1、NW2、QD1、NW1、NZ3、NQ4、NH5、HT、NY1、NH1、NZ5、XL1、LG
差	NQ5、XW、NK3、NQ8、NF3、NQ2、NF4

度、总类胡萝卜素及黄酮含量,变异系数已超过 20%。从 11 个品质指标中筛选出可溶性固形物、黄酮、总类胡萝卜素、*L* 值、*a* 值、*b* 值和 *h* 值 7 个指标作为枸杞原浆品质评价指标,建立评价标准,并获得了 46 个枸杞原浆产品的品质得分。

枸杞原浆是一类新兴的枸杞加工制品,因其原料新鲜、营养丰富、风味独特,因此掀起了新的枸杞消费热潮,具有良好的市场发展空间。本研究基于营养与功效成分组成、感官等综合分析评价表明,目前市场枸杞原浆产品品质存在较大差异,分析其主要原因可能在于以下两个:一是不同产地、不同品种、不同品质枸杞鲜果原料存在营养及风味上的差异;二是不同工艺流程和工艺参数会对枸杞原浆的色泽、营养及功效成分、风味等产生不同程度的影响;三是极少数企业在生产枸杞原浆时是否掺入枸杞浓缩汁或枸杞干果复水果浆,这点对枸杞原浆品质具有更大的影响。因此,关于枸杞原浆品质差异的影响因素及其规律还需进一步深入研究探讨。本研究结果将为枸杞原浆营养功效成分分析及质量控制提供数据参考。

### 参考文献

- [1] POTTERAT O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity[J]. *Planta Medica*, 2010, 6(1): 7-19.
- [2] 程晓燕,葛向珍,薛华丽,等. 枸杞鲜果贮藏期间质量损失率

与时间的拟合及与质构参数的关系[J]. *食品科学*, 2020, 41(17): 261-266. [CHENG X Y, GE X Z, XUE L H, et al. Relationship between mass loss percentage of fresh goji berries and either storage time or texture parameters[J]. *Food Science*, 2020, 41(17): 261-266.]

[3] 赵建华, 述小英, 李浩霞, 等. 不同果色枸杞鲜果品质性状分析及综合评价[J]. *中国农业科学*, 2017, 50(12): 2338-2348.

[ZHAO J H, SHU X Y, LI H X, et al. Analysis and comprehensive evaluation of the quality of wolfberry (*Lycium* L.) fresh fruits with different fruit colors[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(12): 2338-2348.]

[4] YUAN G, REN J, OUYANG X, et al. Effect of raw material, pressing and glycosidase on the volatile compound composition of wine made from goji berries[J]. *Molecules*, 2016, 21(10): 1324.

[5] KOKOTKIEWICZ A, MIGAS P, STEFANOWICZ J, et al. Densitometric TLC analysis for the control of tropane and steroidal alkaloids in *Lycium barbarum*[J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 535-540.

[6] KAFKALETTOU M, CHRISTOPOULOS M V, TASANTILI E. Short-term treatments with high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> concentrations on quality of fresh goji berries (*Lycium barbarum* L.) during cold storage[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 97(15): 5194-5201.

[7] GONG G, LIU Q, DENG Y N, et al. Arabinogalactan derived from *Lycium barbarum* fruit inhibits cancer cell growth via cell cycle arrest and apoptosis[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 149: 639-650.

[8] DONG W, HUANG K Y, YAN Y M, et al. Long-term consumption of 2-O-beta-D- glucopyranosyl-L-ascorbic acid from the fruits of *Lycium barbarum* modulates gut microbiota in C57BL/6 mice[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 68: 338863-338874.

[9] MA Z F, ZHANG H, TEH S S, et al. Goji berries as a potential natural antioxidant medicine: An insight into their molecular mechanisms of action[J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 2019: 2437397.

[10] MASCI A, CARRADORI S, CASADEI M A, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides: Extraction, purification, structural characterisation and evidence about hypoglycaemic and hypolipidaemic effects[J]. *Food Chemistry*, 2018, 15: 377-389.

[11] 于奉生, 孙志高, 方明, 等. 杀菌对柑橘汁中类胡萝卜素及色泽的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(7): 221-228, 234. [YU F S, SUN Z G, FANG M, et al. Effects of pasteurization and ultrasonic sterilization on carotenoids in citrus juice and the color of the juice[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(7): 221-228, 234.]

[12] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007. [CAO J K, JIANG W B, ZHAO Y M. Experimental instruction of postharvest physiology and biochemistry of fruit and vegetable[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.]

[13] 米佳, 禄璐, 戴国礼, 等. 枸杞色泽与其类胡萝卜素含量和组成的相关性[J]. *食品科学*, 2018, 39(5): 81-86. [MI J, LU L, DAI G L, et al. Correlations between skin color and carotenoid con-

- tents in wolfberry[J]. *Food Science*, 2018, 39(5): 81–86. ]
- [ 14 ] 马琦, 伯继芳, 冯莉, 等. GC-MS 结合电子鼻分析干燥方式对杏鲍菇挥发性风味成分的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(14): 276–282. [ MA Q, BO J F, FENG L, et al. Effect of drying method on volatile components of *Pleurotus eryngii* analyzed by combined use of GC-MS and electronic nose[J]. *Food Science*, 2019, 40(14): 276–282. ]
- [ 15 ] 张佳, 聂继云, 张惠, 等. 越橘品质指标评价[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(12): 2128–2139. [ ZHANG J, NIE J Y, ZHANG H, et al. Evaluation indexes for blueberry quality[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(12): 2128–2139. ]
- [ 16 ] 阮美娟、徐怀德. 饮料工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013. [ RUAN M J, XU H D. Beverage technology[J]. Beijing: China Light Industry Press, 2013. ]
- [ 17 ] LIU X, LIU J, BI J, et al. Effects of high pressure homogenization on pectin structural characteristics and carotenoid bioaccessibility of carrot juice[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 203: 176–184.
- [ 18 ] YU W, CUI J, ZHAO S, et al. Effects of high-pressure homogenization on pectin structure and cloud stability of not-from-concentrate orange juice[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2021, 8: 647748.
- [ 19 ] 赵凤, 梅潇, 张焱, 等. 超高压和热杀菌对枸杞汁品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(3): 169–178. [ ZHAO F, MEI X, ZHANG Y, et al. Effect of high hydrostatic pressure and heat sterilization on the quality of *Lycium barbarum* juice[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2018, 18(3): 169–178. ]
- [ 20 ] 黄婷, 闫亚美, 刘俭, 等. 枸杞鲜果感官品质与理化特性相关性研究[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(19): 19–27. [ HUANG T, YAN Y M, LIU J, et al. Physical and chemical qualities and sensory evaluation of fresh fruits of *Lycium barbarum* L.[J]. *Food Research and Development*, 2021, 42(19): 19–27. ]
- [ 21 ] 禄璐, 米佳, 罗青, 等. 枸杞总黄酮提取工艺优化及其体外抗氧化活性分析[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(24): 165–171. [ LU L, MI J, LUO Q, et al. Optimization of extraction process of flavonoids from *Lycium barbarum* L. var. *auranticarpum* K. F. Ching and its antioxidant[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(24): 165–171. ]
- [ 22 ] 朱丹实, 张越怡, 党悦怡, 等. 加工过程对 NFC 苹果浊汁营养品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(4): 100–107. [ ZHU D S, ZHANG Y Y, DANG Y Y, et al. Effects of production press on the nutrition quality of NFC cloudy apple juice[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2020, 20(4): 100–107. ]
- [ 23 ] 罗青, 米佳, 冉林武, 等. 枸杞类胡萝卜素研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(24): 331–335, 339. [ LUO Q, MI J, RAN L W, et al. Research progress of the carotenoids from *Lycium* L.[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(24): 331–335, 339. ]
- [ 24 ] 肖佳, 高昊, 周正群, 等. 枸杞属中枸杞红素类成分研究进展[J]. *科学通报*, 2017, 62: 1691–1698. [ XIAO J, GAO H, ZHOU Z Q, et al. Recent progress in the study of *Zeaxanthin dipalmitate*[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2017, 62: 1691–1698. ]
- [ 25 ] HEMPEL J, SCHADLE C N, SPRENGER J, et al. Ultrastructural deposition forms and bioaccessibility of carotenoids and carotenoid esters from goji berries (*Lycium barbarum* L.)[J]. *Food Chemistry*, 2017, 218: 525–533.
- [ 26 ] CORTE R J, RICHLING E, HOFFMANN L, et al. Selective factors governing *in vitro*  $\beta$ -carotene bioaccessibility: Negative influence of low filtration cutoffs and alterations by emulsifiers and food matrices[J]. *Nutrition Research*, 2014, 34(12): 1101–1110.
- [ 27 ] 刘嘉宁, 刘璇, 毕金峰, 等. 高压均质对胡萝卜汁物化特性及类胡萝卜素含量的影响[J]. *中国食品学报*, 2019, 19(8): 147–156. [ LIU J N, LIU X, BI J F, et al. Effects of high pressure homogenization on physiochemical properties and carotenoid contents of carrot juice[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2019, 19(8): 147–156. ]
- [ 28 ] LIU J, BI J, LIU X, et al. Effects of high pressure homogenization and addition of oil on the carotenoid bioaccessibility of carrot juice[J]. *Food & Function*, 2019, 10(1): 458–468.
- [ 29 ] 杜庆鑫, 庆军, 王璐, 等. 杜仲种质资源果实主要数量性状变异及概率分级[J]. *植物研究*, 2019, 39(3): 387–394. [ DU Q X, QING J, WANG L, et al. Variation and probability grading of main quantitative traits of fruits for *Eucommia ulmoides* germplasm[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2019, 39(3): 387–394. ]
- [ 30 ] 李玄, 刘玉林, 刘永红, 等. 杏核仁主要性状变异及概率分级[J]. *北方园艺*, 2017(24): 33–38. [ LI X, LIU Y L, LIU Y H, et al. Variation and probability grading of main traits of *Armeniaca vulgaris* Lam.[J]. *Northern Horticulture*, 2017(24): 33–38. ]
- [ 31 ] 苟小菊, 田由, 郭玉蓉, 等. 不同成熟期苹果品种非浓缩还原汁品质评价与分析[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(19): 3778–3790. [ GOU X J, TIAN Y, GUO Y R, et al. Analysis and evaluation on quality of NFC apple juices in different maturation period[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(19): 3778–3790. ]