

不同品种冻干无核葡萄脆粒品质评价

邓婷婷^{1,2}, 肖亚冬^{1,*}, 刘春泉¹, 徐亚元^{1,*}, 郑铁松², 李大婧¹, 宋江峰¹

(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014;

2.南京师范大学金陵女子学院, 江苏南京 210097)

摘要:为了筛选适宜加工葡萄脆粒的品种,开展了冻干无核葡萄脆粒品质评价研究。该研究以江苏省内 10 个无核葡萄品种为研究对象,检测了冻干葡萄脆粒总糖、维生素 C 含量、总酚含量、脆度等 18 项营养和加工指标,基于描述性分析、主成分分析等方法,筛选出冻干无核葡萄脆粒品质评价核心指标,根据数学模型计算出综合得分评价无核葡萄脆粒品质。结果表明:18 项指标中产出率和总糖含量变异系数在 10% 以下,其余指标变异系数较大,各指标间均存在着不同程度的相关性;主成分分析发现,前 5 个主成分累积方差贡献率为 89.57%,能较好反映原指标的信息,基于此筛选出脆度、总酸含量、花色苷含量、 a^* 值、总酚含量和产出率作为评价无核葡萄脆粒品质的核心指标。根据 10 个无核葡萄脆粒品质的综合得分和排名,将其划分为 4 个等级,紫金早生、金星无核和无核早红为 I 级,更适宜加工为葡萄脆粒。

关键词:葡萄脆粒,真空冷冻,主成分分析,品质评价

Quality Evaluation of Different Varieties of Freeze-dried Seedless Grape Crisp

DENG Ting-ting^{1,2}, XIAO Ya-dong^{1,*}, LIU Chun-quan¹,

XU Ya-yuan^{1,*}, ZHENG Tie-song², LI Da-jing¹, SONG Jiang-feng¹

(1.Institute of Agro-product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

2.Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: In order to select the most suitable varieties for grape crisp processing, the quality evaluation of freeze-dried seedless grape crisp was carried out. In this study, 18 quality indexes such as total sugar, vitamin C contents, total phenol contents and crispness of 10 varieties of freeze-dried seedless grape crisp were determined. Based on the descriptive analysis and the principal component analysis, the core indexes for evaluating the quality were selected, while the comprehensive quality was evaluated according to the comprehensive score. The results showed that the output capacity and total sugar contents coefficient of variation were less than 10% in 18 indicators, while the larger coefficient of variation was found in other indicators. There were different degrees of correlation among the indicators. The principal component analysis showed that the cumulative variance contribution rate of the first five principal components was 89.57%, which could reflect the information of the original indicators better. According to these results, six indicators of crispness, total acid contents, anthocyanin contents, a^* , total phenol contents and the output capacity were selected as the core indicators for evaluating the quality of seedless grape crisp. According to the comprehensive scores and rankings of the 10 seedless grape crisp quality evaluation, the grape crisp variety was divided into four grades, 'Zijinzaosheng', 'Jinxingwuhe', and 'Wuhezaohong' were grade I, which were more suitable for grape crisp processing.

Key words: grape crisp; freeze-drying; principal component analysis; quality evaluation

中图分类号: TS255

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)02-0298-09

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.02.048

引文格式: 邓婷婷, 肖亚冬, 刘春泉, 等. 不同品种冻干无核葡萄脆粒品质评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 298-306.

葡萄(*Vitis vinifera* L.)为葡萄科葡萄属,是一种世界性的浆果类水果^[1]。其营养物质丰富,包括粗纤

维、糖类、有机酸、蛋白质、酚类物质、氨基酸及多种维生素和矿物元素等^[2-3],其中存在于果皮和籽粒中

收稿日期: 2019-04-25

作者简介: 邓婷婷(1996-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工, E-mail: dengtingting1368@163.com。

* 通讯作者: 肖亚冬(1988-),女,硕士,助理研究员,研究方向:农产品加工与贮藏, E-mail: xiaoyadong2016@163.com。

徐亚元(1988-),女,博士,助理研究员,研究方向:果蔬加工与综合应用, E-mail: xuyayuanxy2008@126.com。

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0400901);公益性行业(农业)科研专项(201503142-05)。

的酚类物质与抗氧化活性显著相关,对癌症和心脑血管等疾病有一定的预防作用^[4-6]。新鲜葡萄受季节性影响较大,不易保存。脱水干制是葡萄的一种主要保存方式,传统葡萄干制大多以自然干燥为主,且产品形式单一^[7-9],采用真空冷冻干燥制得的葡萄脆粒,不仅保留了葡萄原有的营养成分和色泽,并赋予其一定的硬度和脆度,可作为一种营养健康型果蔬休闲食品。在果蔬干制加工中,选择优良的加工品种是降低成本、提高品质的关键,因而开展果蔬制品原料的评价,筛选出具有优良加工性状的品种具有重要意义。目前葡萄种类较多,不同品种葡萄其外观色泽、理化性质及加工品质差异较大,其中干制优良品种很多,但适宜加工为葡萄脆粒的优良品种还未有报道,因此针对葡萄脆粒干制品营养和加工特性及品质评价的研究亟待开展。

目前,常用的果蔬品质评价方式包括感官评价和综合评价。感官评价是由专业人士对果蔬产品的感官指标进行打分。综合评价方法主要包括主成分分析、相关性分析、聚类分析等,目前已在水果、蔬菜领域中广泛运用。姜晓青等^[10]采用主成分分析对所测指标提取了4个主成分,筛选出核心指标并通过综合评价模型挑选出最适宜速冻加工的菜用大豆籽粒。丛嘉昕等^[11]就不同草莓品种冻干果粉进行了主成分分析并筛选出核心评价指标,为产品品质评价提供理论依据。目前,有关葡萄品质评价的研究以新鲜葡萄和葡萄干为主。杨中等^[12]以新疆地区26个葡萄品种为对象,运用主成分分析和聚类分析将9项指标用5个主成分表示并筛选出核心指标,得出适宜鲜食的葡萄品种。樊丁宇等^[13]运用因子分析方法对50个品种葡萄干制品的9项指标进行筛选,最终通过品质评价模型优选出品质较好的葡萄干。

本文以江苏省内10个无核葡萄品种为对象,测定了冻干葡萄脆粒的18项营养及加工指标,通过描述性统计、主成分分析和相关性分析研究不同品种间加工品质差异,提取葡萄脆粒品质评价核心指标并建立品质评价模型,最终筛选出适宜加工为脆粒的葡萄品种,为葡萄深加工产业提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜葡萄 品种分别为夏黑、紫金早生、金星无核、红宝石、无核早红、爱神玫瑰、瑞峰无核、无核白、杨格尔、京早白,同一品种选取成熟度一致、色泽均匀、无病虫害的,来源于江苏省农业科学院溧水植物基地园艺所果园,采摘后及时置于实验室4℃冷藏库备用;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、水溶性维生素E(Trolox) 上海化成工业发展有限公司;总抗氧化能力(T-AOC)检测试剂盒 南京建成生物工程研究所;2,6-二氯酚、考马斯亮蓝G-250 上海蓝季科技发展有限公司;草酸、酚酞、氢氧化钠、牛血清蛋白、苯酚、浓硫酸、蒽酮、碳酸钠、Folin 酚试剂、乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、碳酸氢钠、盐酸、氯化钾、醋酸、醋酸钠、葡萄糖 分析纯,国药集团化学试剂有限公司;没食子酸、抗坏血酸、芦丁 标准品,上海源

叶生物科技有限公司。

CM-700d1 全自动色差计 日本柯尼卡美能达公司;CT3 质构仪 英国 CNS Farmell 公司;UV-6300 型紫外可见分光光度计 上海美谱达仪器有限公司;BLK-FD-0.5 真空冷冻干燥机 江苏博莱客冷冻科技发展有限公司;DHG-907385-III 电热恒温鼓风干燥箱 上海新苗医疗器械制造有限公司;H-2050R 台式高速冷冻离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司;BS-224-S 万分之一分析天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;HH-8 恒温水浴锅 金坛市环保仪器厂;KH-7200-DB 型数控超声波清洗器 昆山禾创超声仪器有限公司;TG16-WS 台式高速离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司;Epoch 全自动酶标仪 BioTek 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 葡萄脆粒制备 将采摘的无核葡萄清洗、预冻经真空冷冻干燥保存备用。真空冷冻干燥流程具体如下:当冷阱温度达到-35℃时,将预冻葡萄放入冻干仓中并关闭仓门,关闭“冷阱制冷”,打开“冻干仓制冷”;待物料温度降至-30℃后维持2h,关闭“冻干仓制冷”,打开“冷阱制冷”;设置干燥工艺参数,待冷阱温度降至-40℃时开启“真空泵”,真空压力下降至50Pa以下时,打开“加热自动”,开启“循环泵”和“加热开关”,开始干燥;待物料温度与辐射板温度一致后干燥结束,干燥时间约30h。

1.2.2 水分含量测定 参照 GB5009.3-2016,采用直接干燥法^[14]。

1.2.3 产出率测定 随机选取新鲜葡萄,准确称取其质量 m_1 ;真空冷冻干燥后,称量葡萄脆粒质量 m_2 ,冻干后与冻干前质量的百分比即为产出率。

1.2.4 色泽测定 采用全自动色差计对葡萄脆粒的色度进行测定,获得 L^* 值、 a^* 值及 b^* 值。其中 L^* 是亮度值,从0~100表示从黑到白; a^* 是红值,从负到正表示从绿到红; b^* 为黄值,从负到正表示从蓝到黄。取5个平行样,重复测定2次。

1.2.5 硬度和脆度测定 采用质构仪对葡萄脆粒的硬度和脆度进行测定。选用 TA4/1000 探头,测试类型为压缩,目标值:5.0 mm,测试速度:0.5 mm/s,以坐标图中出现的最大压力峰值表示硬度,单位为 g;以下压探头第一次冲向样品过程中在坐标图上出现的第一个明显压力峰值表示脆度,单位为 g。取5个平行样,重复测定2次。

1.2.6 平均单果重和果形指数测定

1.2.6.1 平均单果重 随机选取10个葡萄脆粒,用电子计重秤称取其总质量 $m(g)$,平均单果重 $(g/个) = m/10$ 。取10个平行样,重复测定2次。

1.2.6.2 果形指数 每个品种随机选取10个葡萄脆粒,用数显游标卡尺测定其最大横截径 (cm) 和最大纵截径 (cm) ^[24],取平均值。果形指数 = 最大纵截径 (cm) / 最大横截径 (cm) 。

1.2.7 样品处理 真空冷冻干燥的葡萄经研磨后制得葡萄粉,参考文献[22]中方法并作适当修改。准确称取葡萄粉1g于50mL离心管中,依次加入

20 mL 50% (v/v) 的乙醇,超声辅助浸提 30 min(功率 100 W、温度为 30 ℃),8000 r/min 室温离心 15 min,移取上清液,沉淀再次浸提、离心,操作同上,合并两次上清液,定容 50 mL。

1.2.8 总酸测定 参照 GB/T 12456-2008^[15]。

1.2.9 总糖、可溶性糖和可溶性蛋白的测定 总糖采用苯酚-硫酸法^[16],可溶性糖采用蒽酮比色法^[17],可溶性蛋白采用考马斯亮蓝比色法^[18]。

1.2.10 维生素 C 测定 参照 GB5009.86-2016,采用 2,6-二氯酚法^[19]。

1.2.11 总酚测定 总酚采用 Folin-Ciocalteu 比色法^[20]。将浸提液稀释 10 倍,吸取 1 mL 于试管中,依次加入 5 mL 蒸馏水,1 mL 稀释 1 倍的 Folin 酚试剂,3 mL 7.5% 的 Na₂CO₃ 溶液,混合均匀,常温下避光反应 2 h,以空白对照在 765 nm 波长处测吸光值。其标准曲线方程为 $y = 0.114x + 0.0699$ ($R^2 = 0.998$)。

1.2.12 总黄酮测定 总黄酮采用 NaNO₂-Al(NO₃)₃-NaOH 法^[21]。移取浸提液 2 mL 于试管中,用 50% 乙醇补至 3 mL,加 0.5 mL 5% 亚硝酸钠溶液,混匀后静置 6 min,再加 0.5 mL 10% 硝酸铝溶液,摇匀后静置 6 min,再加 4 mL 4% 氢氧化钠溶液,加蒸馏水至 10 mL,摇匀,放置 10 min,以空白对照在 509 nm 处测定吸光值。其标准曲线方程为 $y = 0.114x + 0.0021$ ($R^2 = 0.9995$)。

1.2.13 花色苷测定 采用 pH 示差法^[23]。

1.2.14 抗氧化能力测定

1.2.14.1 DPPH 自由基清除能力测定 样品预处理方法同 1.2.7。移取 0.1 mL 稀释 10 倍的浸提液,加 0.1 mL DPPH 80% 乙醇溶液,在避光条件下反应 30 min,517 nm 处测定吸光度,结果以 Trolox 等价值 ($\mu\text{mol Trolox/g}$) 表示。标准曲线以 Trolox 标准溶液绘制,其浓度梯度为 1.5~50 $\mu\text{mol/L}$ 。其标准曲线方程为 $y = 0.834x + 10.767$ ($R^2 = 0.9874$)。

1.2.14.2 ABTS⁺ 自由基清除能力测定 准确称取葡萄粉 0.5 g,加入 5 mL 生理盐水,冰浴条件下匀浆,4 ℃,12000 r/min,离心 5 min,取上清液测定。移取 10 μL 样品液于 96 微孔板中,加入 20 μL 过氧化物酶应用液(由过氧化物酶,PH4.5 醋酸缓冲液组成,测定前以 1:9 比例混合),170 μL ABTS 工作液。室温反应 6 min,405 nm 处测定吸光值,并以相同体积的蒸馏水代替葡萄样品液为对照。结果以 Trolox 等价值 ($\mu\text{mol Trolox/g}$) 表示。标准曲线以 Trolox 标准溶液绘制,其浓度为 0.1、0.2、0.4、0.8、1.0 mmol/L。其标准曲线方程为 $y = -1.2685x + 1.1346$ ($R^2 = 0.9938$)。

1.2.15 感官评价 根据 GB/T 23787-2009 中感官特性进行一定修改^[25],从色泽、形状、组织结构、气味

滋味 4 个方面制定感官评分表(见表 1),同时选定 15 名食品专业人士(男:女=7:8)对其进行打分。

1.3 数据处理

如无特殊备注,每组实验取 3 个平行样,重复测定 3 次。采用 Excel 2010 对数据进行处理,SPSS 16.0 对数据进行 Z-标准化处理、描述性统计分析、相关性分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种葡萄加工品质分析

10 种葡萄脆粒的品质指标如表 2 所示。产出率是衡量一个产品是否优质的重要指标,由表 2 可知,不同品种间产出率有一定差异,而且与平均单果重没有一致性。无核早红和无核白有较高的产出率,爱神玫瑰产出率最低;而平均单果重夏黑最高,其次为瑞峰无核、无核白和红宝石,爱神玫瑰与杨格尔最低;果形指数变化范围为 0.91~1.68,无核白、夏黑、杨格尔果形指数较大,呈楔形,红宝石、金星无核、瑞丰无核的果形指数接近 1,呈圆锥形; L^* 值的变化范围为 25.15~62.13, b^* 值变化范围为 -0.44~36.68,所选品种葡萄脆粒的亮度和黄蓝色度差异明显; a^* 值变化范围为 0.93~13.42,其中,红宝石、无核早红、瑞丰无核、爱神玫瑰的 a^* 值分别为 13.42、11.73、10.06、7.80,显著高于其他品种($P < 0.05$),表明 4 种葡萄果实偏红色。硬度、脆度是产品口感的重要指标,优质的产品具有酥脆的口感。10 个葡萄品种中,夏黑的硬度值最高,显著高于其他品种($P < 0.05$),其次为京早白和无核早红,其余品种葡萄脆粒硬度值范围在 904.00~2396.00 g 左右,杨格尔硬度最低;脆度值范围为 539.20~2371.00 g,其中夏黑的脆度值最大,其次为无核白、红宝石和爱神玫瑰,杨格尔的脆度值最小,品种间葡萄脆粒硬度和脆度差异显著($P < 0.05$);葡萄本身含糖量高,干制后总糖占比较大,总糖范围为 593.79~774.30 mg/g,其中爱神玫瑰的总糖含量高于其他品种,口感最甜,京早白总糖含量最低。总酸含量范围为 1.62%~5.02%,其中夏黑总酸含量最高,爱神玫瑰总酸含量最低;葡萄脆粒中可溶性糖含量差别较大,瑞峰无核含量最高,为 259.45 mg/g,其次为无核白、红宝石和紫金早生,其余品种可溶性糖含量均低于 200 mg/g;金星无核可溶性蛋白含量最高,为 1.85 mg/g,京早白可溶性蛋白含量最低;葡萄干制后其维生素 C 含量范围为 5.14~14.61 mg/100 g,较新鲜葡萄(V_c 25 mg/100 g)有不同程度的减少;不同品种间总酚含量差别较大,金星无核含量最高,为 13.48 mg/g,其次为爱神玫瑰和无核早红,分别为 12.23 和 12.08 mg/g,其余总酚含量均低于 10.00 mg/g;金星无核的总黄酮含量最高,其次

表 1 葡萄脆粒感官评分表

Table 1 Sensory evaluation standards of grape crisp

感官特征	1~2 分	3~4 分	5 分
色泽	无葡萄本身色泽,无光泽	有葡萄本身色泽,光泽度暗	具有葡萄本身的色泽,光泽度好
形状	干瘪皱缩严重	略皱缩,形态紧凑	无皱缩,具有葡萄本身形状
组织结构	组织不均匀,内部破坏严重	组织粗糙,断面气孔较大	组织细腻,断面细密而均匀
气味滋味	有异味,难以咀嚼,无酥脆感	葡萄香味较淡,口感稍硬或稍软	具有葡萄特征香味,口感酥脆

表2 葡萄脆粒理化和营养品质评价指标
Table 2 Physicochemical and nutritional quality evaluation indexes of grape crisp

品种	紫金早生	杨格尔	夏黑	无核早红	无核白
产出率(%)	15.96 ± 0.29 ^{ab}	15.92 ± 0.48 ^b	15.49 ± 0.27 ^{bc}	17.21 ± 0.98 ^a	17.01 ± 0.19 ^a
平均单果重(g)	0.67 ± 0.02 ^d	0.42 ± 0.05 ^f	1.11 ± 0.05 ^a	0.44 ± 0.02 ^{ef}	0.77 ± 0.07 ^{bc}
果形指数	1.21 ± 0.05 ^b	1.49 ± 0.28 ^a	1.52 ± 0.10 ^a	1.10 ± 0.11 ^b	1.68 ± 0.31 ^a
<i>L</i> [*]	35.15 ± 4.18 ^c	51.86 ± 4.66 ^b	34.98 ± 2.61 ^c	28.03 ± 3.9 ^d	53.88 ± 2.83 ^b
<i>a</i> [*]	3.60 ± 4.58 ^b	3.75 ± 1.28 ^b	4.09 ± 0.87 ^b	11.73 ± 3.14 ^a	2.73 ± 1.14 ^b
<i>b</i> [*]	-0.13 ± 0.64 ^{de}	36.68 ± 1.87 ^a	-0.44 ± 0.48 ^e	2.40 ± 2.48 ^{cd}	28.95 ± 2.91 ^b
硬度(g)	2061.20 ± 178.00 ^d	904.00 ± 60.43 ^e	5078.40 ± 258.11 ^a	3066.40 ± 262.23 ^b	2032.00 ± 200.04 ^d
脆度(g)	760.80 ± 59.91 ^d	539.20 ± 88.96 ^e	2371.60 ± 246.69 ^a	846.80 ± 80.22 ^d	1686.80 ± 120.79 ^b
总糖含量(mg/g)	668.09 ± 57.92 ^{bc}	734.85 ± 51.90 ^{ab}	643.25 ± 22.75 ^{bcd}	635.37 ± 52.35 ^{cd}	665.96 ± 40.05 ^{bc}
总酸含量(%)	3.60 ± 0.22 ^{cd}	2.19 ± 0.28 ^{ef}	5.02 ± 0.26 ^a	3.37 ± 0.29 ^{cd}	2.89 ± 0.26 ^{de}
可溶性糖含量(mg/g)	203.30 ± 12.30 ^c	138.54 ± 1.94 ^f	126.65 ± 5.69 ^g	177.68 ± 1.18 ^d	240.57 ± 7.35 ^b
可溶性蛋白含量(mg/g)	1.41 ± 0.04 ^b	0.79 ± 0.05 ^d	1.39 ± 0.06 ^b	1.13 ± 0.13 ^c	1.15 ± 0.02 ^c
维生素C含量(mg/100 g)	14.61 ± 0.54 ^a	7.37 ± 0.84 ^{cd}	14.55 ± 0.59 ^a	5.14 ± 0.82 ^f	5.23 ± 0.83 ^f
总酚含量(mg/g)	9.83 ± 0.54 ^c	6.16 ± 0.51 ^d	9.31 ± 0.38 ^c	12.08 ± 0.53 ^b	6.13 ± 0.52 ^d
总黄酮含量(mg/g)	13.71 ± 0.92 ^d	13.86 ± 1.26 ^d	14.62 ± 1.11 ^d	19.92 ± 0.70 ^b	11.60 ± 1.18 ^e
花色苷含量(mg/g)	0.65 ± 0.05 ^a	/	0.37 ± 0.03 ^b	0.14 ± 0.02 ^f	/
ABTS ⁺ ·清除能力(μmol/g)	7.35 ± 0.05 ^{ab}	6.67 ± 0.20 ^c	6.95 ± 0.41 ^{bc}	7.24 ± 0.02 ^{ab}	7.24 ± 0.13 ^{ab}
DPPH·清除能力(μmol/g)	34.42 ± 4.56 ^{bc}	19.34 ± 6.55 ^e	30.92 ± 5.00 ^{cd}	36.47 ± 4.36 ^{bc}	30.19 ± 5.56 ^{cd}
品种	瑞峰无核	京早白	金星无核	红宝石	爱神玫瑰
产出率(%)	14.93 ± 0.80 ^{cd}	16.32 ± 0.29 ^{ab}	14.39 ± 0.55 ^d	16.46 ± 0.12 ^{ab}	13.99 ± 0.67 ^d
平均单果重(g)	0.81 ± 0.08 ^b	0.51 ± 0.02 ^{ef}	0.52 ± 0.04 ^e	0.71 ± 0.04 ^{cd}	0.42 ± 0.04 ^f
果形指数	0.91 ± 0.1 ^b	1.06 ± 0.05 ^b	0.91 ± 0.10 ^b	1.00 ± 0.15 ^b	1.19 ± 0.09 ^b
<i>L</i> [*]	34.77 ± 5.3 ^c	62.13 ± 3.34 ^a	25.15 ± 1.68 ^d	29.06 ± 5.73 ^d	27.07 ± 1.63 ^d
<i>a</i> [*]	10.06 ± 1.92 ^a	0.93 ± 0.96 ^b	4.42 ± 4.02 ^b	13.42 ± 2.91 ^a	7.80 ± 1.92 ^a
<i>b</i> [*]	-0.15 ± 0.70 ^{de}	34.97 ± 1.40 ^a	-0.10 ± 0.47 ^{de}	4.09 ± 1.16 ^c	1.80 ± 1.85 ^{cde}
硬度(g)	2396.00 ± 187.82 ^c	3096.00 ± 287.64 ^b	2225.60 ± 419.39 ^{cd}	2039.20 ± 144.16 ^d	1938.00 ± 250.68 ^d
脆度(g)	772.00 ± 37.66 ^d	749.60 ± 81.85 ^d	725.60 ± 66.65 ^d	1124.60 ± 77.40 ^c	1117.60 ± 139.41 ^c
总糖含量(mg/g)	757.09 ± 20.30 ^{ab}	593.79 ± 44.78 ^d	703.75 ± 44.15 ^{bc}	658.25 ± 7.97 ^{bcd}	774.30 ± 7.34 ^a
总酸含量(%)	2.40 ± 0.28 ^e	4.52 ± 1.03 ^{ab}	3.56 ± 0.25 ^{cd}	3.45 ± 0.12 ^{cd}	1.62 ± 0.19 ^f
可溶性糖含量(mg/g)	259.45 ± 3.79 ^a	163.27 ± 5.40 ^c	134.11 ± 7.15 ^{fg}	232.95 ± 7.31 ^b	170.51 ± 6.29 ^{de}
可溶性蛋白含量(mg/g)	0.59 ± 0.07 ^e	0.28 ± 0.04 ^f	1.85 ± 0.06 ^a	0.51 ± 0.03 ^e	1.34 ± 0.05 ^b
维生素C含量(mg/100 g)	5.80 ± 0.36 ^{ef}	13.52 ± 0.27 ^a	9.49 ± 0.46 ^b	11.21 ± 0.97 ^b	7.80 ± 0.22 ^c
总酚含量(mg/g)	6.88 ± 0.06 ^d	4.41 ± 0.20 ^e	13.48 ± 0.79 ^a	8.76 ± 0.41 ^e	12.23 ± 0.36 ^b
总黄酮含量(mg/g)	11.54 ± 0.73 ^c	7.11 ± 0.48 ^f	23.33 ± 0.72 ^a	5.69 ± 0.88 ^f	16.46 ± 0.16 ^c
花色苷含量(mg/g)	0.22 ± 0.02 ^e	/	0.28 ± 0.04 ^d	0.38 ± 0.06 ^b	0.32 ± 0.02 ^c
ABTS ⁺ ·清除能力(μmol/g)	6.59 ± 0.12 ^c	4.95 ± 0.48 ^d	7.28 ± 0.07 ^{ab}	6.73 ± 0.11 ^c	7.44 ± 0.26 ^a
DPPH·清除能力(μmol/g)	22.31 ± 2.05 ^{de}	19.18 ± 6.03 ^e	41.91 ± 4.50 ^b	22.31 ± 1.85 ^e	52.81 ± 6.13 ^a

注:不同小写字母者表示同行差异显著(*P* < 0.05);“/”表示未检测到含量。

为无核早红和爱神玫瑰,红宝石含量最低;实验选取的葡萄花色苷含量均较低,其中绿色葡萄杨格尔、无核白和京早白未检出花色苷,紫金早生花色苷含量最高,为 0.65 mg/g;除京早白外,其余品种葡萄脆粒 ABTS⁺·清除能力差异不大;而不同品种 DPPH 自由基清除能力差异性较大,爱神玫瑰 DPPH 自由基清除能力最强,杨格尔和红宝石最弱。

2.2 葡萄脆粒品质指标描述性和相关性分析

采用描述性统计分析不同葡萄品种制得葡萄脆粒的 18 项品质指标,结果如表 3 所示。不同品种间各指标变异系数差异较大,18 个指标的变异系数范

围为 6.79%~146.78%。变异系数反应了数据的变化程度,其中产出率和总糖含量的变异系数在 10% 以下,分别为 6.79% 和 8.44%,数据变化范围为 13.99%~17.21% 和 593.79~774.30 mg/g,说明不同品种葡萄干制后的产出率和总糖含量差异不明显。*b*^{*} 值和花色苷含量变异系数最大,分别为 146.78% 和 88.84%,数据的变化范围为-0.44~36.68 和 0~0.65 mg/g,原因可能是所选品种外观差异明显导致 *b*^{*} 值变化范围较大,绿色葡萄品种花色苷含量极低。其余 14 项指标变异幅度均较大表明所选指标具有统计学意义。

对葡萄脆粒品质指标进行相关性分析是为了揭

表 3 冻干葡萄脆粒理化和营养品质指标的描述性分析

Table 3 Descriptive analysis results of physicochemical and nutritional quality evaluation indexes for freeze-dried grape crisp

品质指标	最小值	最大值	变化范围	均值	标准差	变异系数(%)
产出率(%)	13.99	17.21	13.99~17.21	15.77	1.07	6.79
L^*	25.15	62.13	25.15~62.13	38.21	12.99	33.99
a^*	0.93	13.42	0.93~13.42	6.25	4.22	67.50
b^*	-0.44	36.68	-0.44~36.68	10.81	15.86	146.78
平均单果重(g)	0.42	1.11	0.42~1.11	0.64	0.22	34.68
果形指数	0.91	1.68	0.91~1.68	1.21	0.26	21.57
总糖含量(mg/g)	593.79	774.30	593.79~774.30	683.00	57.61	8.44
可溶性糖含量(mg/g)	126.65	259.45	126.65~259.45	185.00	47.38	25.61
总酸含量(%)	1.62	5.02	1.62~5.02	3.26	1.04	31.74
可溶性蛋白含量(mg/g)	0.28	1.85	0.28~1.85	1.04	0.49	46.81
维生素 C 含量(mg/100 g)	5.14	14.61	5.14~14.61	9.47	3.79	39.98
硬度(g)	904.00	5078.40	904.00~5078.40	2480.00	1100.23	44.36
脆度(g)	539.20	2371.60	539.20~2371.60	1070.00	559.47	52.29
花色苷含量(mg/g)	0.00	0.65	0~0.65	0.24	0.21	88.84
总酚含量(mg/g)	4.41	13.48	4.41~13.48	8.83	2.92	33.12
总黄酮含量(mg/g)	5.69	23.33	5.69~23.33	13.78	5.34	38.73
DPPH·清除能力(μmol/g)	19.18	52.81	19.18~52.81	30.99	10.87	35.08
ABTS ⁺ ·清除能力(μmol/g)	4.95	7.44	4.95~7.44	6.84	0.73	10.69

表 4 冻干葡萄脆粒理化和营养品质指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis of physicochemical and nutritional quality indexes for freeze-dried grape crisp

	产出率	L^*	a^*	b^*	平均单果重	果形指数	总糖含量	可溶性糖含量	总酸含量	可溶性蛋白含量	维生素 C 含量	硬度	脆度	花色苷含量	总酚含量	总黄酮含量	DPPH·清除能力	ABTS ⁺ ·清除能力
产出率	1																	
L^*	0.44	1																
a^*	0.05	-0.668 *	1															
b^*	0.42	0.92 **	-0.55	1														
平均单果重	0.05	-0.03	-0.05	-0.30	1													
果形指数	0.30	0.45	-0.51	0.45	0.29	1												
总糖含量	-0.71 *	-0.35	0.22	-0.22	-0.20	-0.08	1											
可溶性糖含量	0.26	-0.01	0.47	-0.09	0.18	-0.18	0.16	1										
总酸含量	0.32	0.14	-0.30	-0.06	0.50	0.02	-0.85 **	-0.38	1									
可溶性蛋白含量	-0.40	-0.54	-0.19	-0.50	0.05	0.22	0.21	-0.40	0.01	1								
维生素 C 含量	-0.08	0.07	-0.37	-0.12	0.35	-0.04	-0.48	-0.43	0.72 *	0.03	1							
硬度	0.06	-0.10	-0.07	-0.33	0.64 *	0.07	-0.53	-0.29	0.77 **	0.12	0.44	1						
脆度	0.08	-0.03	-0.11	-0.17	0.78 **	0.59	-0.25	-0.05	0.42	0.25	0.23	0.69 *	1					
花色苷含量	-0.32	-0.66 *	0.22	-0.78 **	0.31	-0.26	0.09	0.01	0.17	0.43	0.55	0.16	0.12	1				
总酚含量	-0.37	-0.89 **	0.37	-0.76 *	-0.17	-0.30	0.19	-0.29	-0.04	0.78 **	-0.04	0.11	-0.01	0.53	1			
总黄酮含量	-0.38	-0.53	-0.02	-0.41	-0.28	-0.02	0.29	-0.48	-0.14	0.83 **	-0.28	0.05	-0.09	0.11	0.79 **	1		
DPPH·清除能力	-0.51	-0.55	-0.01	-0.48	-0.27	-0.03	0.31	-0.25	-0.24	0.77 **	-0.10	0.06	0.10	0.32	0.75 *	0.71 *	1	
ABTS ⁺ ·清除能力	-0.21	-0.68 *	0.29	-0.57	0.06	0.23	0.45	0.07	-0.38	0.78 **	-0.31	-0.16	0.21	0.46	0.71 *	0.61	0.61	1

注：* 表示显著相关, $P<0.05$, ** 表示极显著相关, $P<0.01$ 。

示各指标的关联程度,为筛选核心指标提供依据。由表 4 可知,冻干葡萄脆粒各品质指标在 $\alpha=0.01$ 水平上存在显著相关性的有 11 个,在 $\alpha=0.05$ 水平上存在显著相关性的有 11 个。其中, L^* 值与 a^* 值、花色苷含量和 ABTS⁺·清除能力呈显著负相关($P<0.05$),与总酚含量呈极显著负相关($P<0.01$); b^* 值与 L^* 值呈极显著正相关($P<0.01$),与花色苷含量呈极显著负相关($P<0.01$),表明花色苷、总酚含量和 ABTS⁺ 自由基清除能力受色泽影响较大,且颜色越深含量越高、自由基清除能力越强,这与 Yang 等^[26] 对葡萄酒中的酚类物质和抗氧化活性的研究具有一致性。从表 4 可以看出,硬度与脆度和平均单果重呈

显著正相关($P<0.05$),与总酸含量呈极显著正相关($P<0.01$);总酸含量与总糖含量呈极显著负相关($P<0.01$),与维生素 C 含量呈显著正相关($P<0.05$),原因可能是维生素 C 易溶于水且呈酸性;总酚含量与可溶性蛋白含量和总黄酮含量呈极显著正相关($P<0.01$),与 DPPH 自由基清除力和 ABTS⁺ 自由基清除力也有显著相关性($P<0.05$),与 Xu 等^[27] 发现的抗氧化活性与总酚含量之间的关系相同。综上所述,葡萄脆粒的 18 项指标之间存在不同程度的相关性,说明所测指标存在信息重叠,需进一步对 18 项指标简化、分类,从而提高品质评价的准确性和规律性。

表5 方差贡献分析表
Table 5 Table of variance contribution analysis

成分	初始特征值 λ			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差(%)	累积(%)	合计	方差(%)	累积(%)	合计	方差(%)	累积(%)
1	6.07	33.73	33.73	6.07	33.73	33.73	4.71	26.16	26.16
2	4.07	22.60	56.32	4.07	22.60	56.32	3.50	19.42	45.58
3	2.61	14.48	70.80	2.61	14.48	70.80	3.42	19.01	64.59
4	2.00	11.11	81.91	2.00	11.11	81.91	2.61	14.51	79.10
5	1.38	7.66	89.57	1.38	7.66	89.57	1.89	10.47	89.57

2.3 葡萄脆粒品质指标主成分分析

主成分分析是为了达到降维和满足原始数据信息的要求,采用较少的几个综合指标替代原来较多的评价指标,这些指标需保留原有指标的绝大部分信息,且彼此之间不相关^[28]。葡萄脆粒不同测定指标之间有数量级和量纲,为了避免对结果造成误差,对数据进行了标准化处理^[29]。

数据经标准化处理后采用主成分分析得到方差贡献分析表(表5)和经方差极大正交旋转后的成分矩阵表(表6),主成分个数根据特征值 $\lambda > 1$ 和累积方差贡献率不低于85%的原则进行确定^[10,30]。由表5可知,前5个主成分的特征值大于1,其中第一主成分贡献率为26.16%,第二主成分贡献率为19.42%,第三主成分贡献率为19.01%,第四主成分贡献率为14.51%,第五主成分贡献率为10.47%,累计贡献率为89.57%,基本能反映初始指标的信息,因此将初始的18个指标降为5个主成分对葡萄脆粒的品质进行评价。

最大方差法旋转后的数据,各因子的载荷值更接近于0或1,对各主成分下的因子可以更好地解释和归纳^[31]。由表6可知,第一主成分主要综合了抗氧化能力的信息包括总酚含量、总黄酮含量、可溶性蛋白含量、DPPH 自由基清除力、ABTS⁺ 自由基清除力;第二主成分主要包括总酸含量、总糖含量、硬度、维生素C含量;第三主成分主要综合了色泽信息包括 a^* 、 b^* 、 L^* ;第四主成分主要代表了外形和质构信息包括脆度、平均单果重、果形指数;第五主成分主要代表了加工和营养信息包括花色苷含量和产出率。根据品质指标筛选原则对其进行分析。

由表6可知,总酚含量在第一主成分中绝对权重值最大为0.94,经表3可知,总酚含量、总黄酮含量、可溶性蛋白含量、DPPH·、ABTS⁺·的变异系数为33.12%、38.73%、46.81%、35.08%、10.69%,均较大。经表4相关性分析知,总酚含量与总黄酮含量和可溶性蛋白含量呈极显著正相关($P < 0.01$),与DPPH 自由基清除力和ABTS⁺·自由基清除力呈显著正相关($P < 0.05$),与 L^* 值极显著负相关($P < 0.01$),综上,第一主成分选择总酚含量。

第二主成分中总酸含量、总糖含量、硬度、维生素C含量的变异系数为31.74%、8.44%、44.36%、39.98%(表3)。总糖的变异系数小可舍弃。总酸含量在第二主成分中绝对权重值最大为0.95,总酸含量与硬度极显著正相关($P < 0.01$),和维生素C含量

表6 主成分载荷矩阵
Table 6 Principal component load matrix

评价指标	成分				
	1	2	3	4	5
产出率	-0.33	0.19	-0.07	0.11	0.84
L^*	-0.56	0.06	-0.78	-0.02	0.21
a^*	-0.05	-0.28	0.87	-0.08	0.23
b^*	-0.43	-0.11	-0.81	-0.19	0.30
平均单果重	-0.21	0.29	0.17	0.86	-0.14
果形指数	0.13	-0.14	-0.66	0.63	0.21
总糖含量	0.20	-0.79	0.09	-0.06	-0.51
可溶性糖含量	-0.50	-0.52	0.46	0.21	0.20
总酸含量	-0.08	0.95	-0.03	0.22	0.12
可溶性蛋白含量	0.92	0.03	-0.01	0.22	-0.20
维生素C含量	-0.15	0.79	-0.05	0.12	-0.47
硬度	0.10	0.73	0.13	0.47	0.07
脆度	0.11	0.25	-0.06	0.91	0.07
花色苷含量	0.23	0.24	0.57	0.22	-0.54
总酚含量	0.94	0.08	0.50	-0.11	-0.08
总黄酮含量	0.93	-0.06	0.01	-0.16	0.00
DPPH·清除能力	0.83	-0.10	0.09	-0.03	-0.22
ABTS ⁺ ·清除能力	0.72	-0.42	0.31	0.35	-0.02

显著正相关($P < 0.05$);由于硬度和总酸含量反映不同信息,硬度又与第四主成分中的脆度显著正相关($P < 0.05$),脆度和总酸无显著相关性,故第二主成分选择总酸。

第三主成分中综合的色泽信息 a^* 、 b^* 、 L^* 的变异系数为67.50%、146.78%、33.99%(表3),又 L^* 与 a^* 显著负相关($P < 0.05$),与 b^* 呈极显著正相关($P < 0.01$), a^* 的绝对权重值最大为0.87,因此第三主成分选择 a^* 。

第四主成分中脆度、平均单果重和果形指数的变异系数为52.29%、34.68%、21.57%,脆度的绝对权重值最大,且脆度与平均单果重呈极显著正相关($P < 0.01$)。果形指数变异系数和权重相对较小,由此选择脆度为第四主成分。

第五主成分中花色苷含量、产出率的变异系数为88.84%、6.79%,产出率的绝对权重值最大,二者没有显著相关性,故选择花色苷含量和产出率为第五主成分。

综合以上分析结果,本实验选择6项指标作为葡萄脆粒品质评价核心指标,即总酚含量、总酸含

表 7 核心指标权重分布表

Table 7 Weight distribution table of core indicators

评价指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	综合系数	指标权重
总酚含量(mg/g)	0.94	0.08	0.50	-0.11	-0.08	0.17	0.27
总酸含量(%)	-0.08	0.95	-0.03	0.22	0.12	0.13	0.20
<i>a</i> *	-0.05	-0.28	0.87	-0.08	0.23	0.06	0.09
脆度	0.11	0.25	-0.06	0.91	0.07	0.13	0.20
花色苷含量(mg/g)	0.23	0.24	0.57	0.22	-0.54	0.10	0.16
产出率(%)	-0.33	0.19	-0.07	0.11	0.84	0.05	0.08
特征值	4.71	3.50	3.42	2.61	1.89		
贡献率(%)	26.16	19.42	19.00	14.51	10.47		

量、*a** 值、脆度、花色苷含量、产出率。

2.4 葡萄脆粒品质评价模型建立及验证

2.4.1 核心指标权重确定 根据方差贡献表和主成分载荷值,将筛选的葡萄脆粒核心评价指标,即总酚含量、总酸含量、*a** 值、脆度、花色苷含量和产出率,根据指标理想值进行标准化,计算其在品质评价模型中的系数,各个指标采用归一化法确定权重。由表 7 可知,葡萄脆粒核心指标的权重系数依次是 0.27、0.20、0.09、0.20、0.16、0.08,说明总酚、总酸、脆度对葡萄脆粒的品质影响较大。

2.4.2 建立评价模型 将 10 种葡萄脆粒的核心指标经过标准化处理后,与所对应的指标权重做内积,得到如下数学模型:

$$Z = 0.27 \times \text{总酚含量} + 0.2 \times \text{总酸含量} + 0.09 \times a^* + 0.2 \times \text{脆度} + 0.16 \times \text{花色苷含量} + 0.08 \times \text{产出率}$$

通过数学模型计算获得葡萄脆粒品质的综合得分(Z)和排名,得分越高表明该品种葡萄脆粒品质越好,得分结果如表 8 所示。

2.4.3 品质评价模型验证

2.4.3.1 感官评价结果 根据表 1 从色泽、组织结构、形状、气味滋味对葡萄脆粒进行打分,得分结果与排名如表 9 所示。其中感官评价得分最高的为紫金早生,综合得分为 16.7 分;其次是无核早红和金星无核,综合得分为 16.5 分、16.2 分;杨格尔和京早白得分最差。在色泽方面,红宝石、紫金早生和金星无核色泽均匀,呈葡萄本色;从组织结构和形状可知(图 1),紫金早生、无核早红和金星无核皱缩较小,形

表 8 冻干葡萄脆粒品质评价得分及排名

Table 8 Socres and ranking of the quality evaluation of freeze-dried grape crisp

品种	得分	排名
紫金早生	0.75	1
杨格尔	0.34	8
夏黑	0.34	9
无核早红	0.73	3
无核白	0.42	7
瑞峰无核	0.44	6
京早白	0.29	10
金星无核	0.74	2
红宝石	0.66	4
爱神玫瑰	0.58	5

态较完整;从气味滋味得出,紫金早生和无核早红具有较明显的葡萄香味,口感酥脆。

2.4.3.2 感官评分对数学评价结果的线性检验 利用线性回归检验模型绘制线性曲线,横坐标(X)为 Z 标准化处理的感官评分结果,纵坐标(Y)为数学评价模型得分结果。若线性拟合度良好,表明该数学评价模型可应用于构建冻干葡萄脆粒品质评价体系。验证模型前,需对 10 个品种冻干葡萄脆粒的感官得分进行 Z-标准化处理,结果如表 10 所示。

线性回归分析结果如图 2 所示。由图 2 可知,感官得分和数学评价模型二者的线性关系为 $Y = 0.1757X + 0.5283 (R^2 = 0.9357)$,其中 $R^2 > 0.90$,表明感官得分与数学评价模型拟合度良好。因此,利用

表 9 葡萄脆粒感官评价得分表

Table 9 Grades of sensory evaluation of grape crisp

品种	色泽(5 分)	组织结构(5 分)	形状(5 分)	气味滋味(5 分)	综合得分(20 分)	排名
紫金早生	4.1	4.0	4.0	4.6	16.7	1
杨格尔	3.7	3.3	2.6	2.7	12.3	10
夏黑	3.0	3.4	3.1	3.7	13.2	8
无核早红	3.8	4.1	4.0	4.6	16.5	2
无核白	3.5	3.0	3.3	3.6	13.4	7
瑞峰无核	3.5	3.1	3.4	3.4	13.4	6
京早白	3.2	3.3	3.0	3.1	12.6	9
金星无核	4.1	4.0	3.9	4.2	16.2	3
红宝石	4.3	3.9	3.5	3.5	15.2	4
爱神玫瑰	3.0	3.1	3.6	4.3	14.0	5

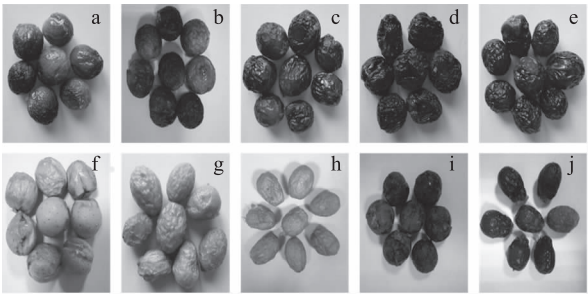


图1 不同品种葡萄脆粒产品

Fig.1 Products of different varieties of grape crisp

注:a:无核早红,b:爱神玫瑰,c:金星无核,
d:夏黑,e:紫金早生,f:京早白,g:杨格尔,
h:无核白鸡心,i:瑞峰无核,j:红宝石。

表10 葡萄脆粒感官评价标准化结果

Table 10 Standard sensory evaluation scores of grape crisp

品种	感官得分	排名
紫金早生	1.42	1
杨格尔	-1.23	10
夏黑	-0.69	8
无核早红	1.30	2
无核白	-0.57	7
瑞峰无核	-0.57	6
京早白	-1.05	9
金星无核	1.11	3
红宝石	0.51	4
爱神玫瑰	-0.21	5

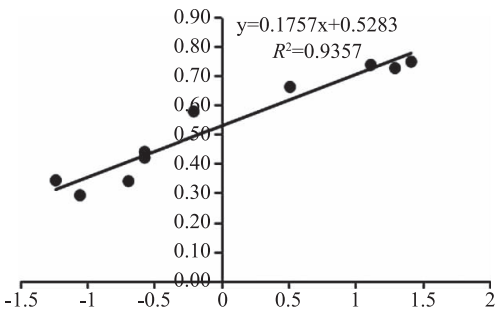


图2 冻干葡萄脆粒感官评价-数学模型验证

Fig.2 Fitness test for sensory-PCA model of vacuum freeze-dried grape crisp

数学模型反映冻干葡萄脆粒品质的优劣是合理的。
2.4.4 品质评价标准建立 利用冻干葡萄脆粒品质评价模型的综合得分和感官评价结果,结合概率分级法^[32],将10个品种冻干葡萄脆粒划分为4个等级。 $Z \geq 0.7$ 为Ⅰ级,表示冻干葡萄脆粒品质优秀; $0.5 \leq Z < 0.7$ 为Ⅱ级,表示冻干葡萄脆粒品质良好; $0.3 \leq Z < 0.5$ 为Ⅲ级,表示冻干葡萄脆粒品质一般; $Z < 0.3$ 为Ⅳ级,表示冻干葡萄脆粒品质较差。

由建立的分类标准表8可知,紫金早生、金星无核和无核早红属于Ⅰ级,这三个品种含有较多总酚和花色苷且制得的脆粒脆度小,最适宜加工为葡萄脆粒;红宝石、爱神玫瑰属于Ⅱ级,较适宜加工为葡萄脆粒;瑞峰无核、无核白、杨格尔和夏黑属于Ⅲ级;京早白

属于Ⅳ级,品质较劣,不适合加工为葡萄脆粒。

3 讨论与结论

品种对果蔬干制品品质影响较大,张利娟^[7]研究了30个不同品种葡萄干的总酚、总黄酮及抗氧化活性,发现不同品种葡萄干之间的抗氧化能力、总黄酮和总酚含量存在显著性差异。王沛等^[33]以20种苹果脆片为原料,测定其16项品质评价指标,发现不同原料的指标间有较大差异。本研究通过对江苏省内10个葡萄品种的18项理化指标及加工品质指标进行测定和分析,发现不同品种葡萄制得的葡萄脆粒营养及加工指标有很大不同,为进一步筛选适宜加工为葡萄脆粒的优良品种提供了理论依据。

葡萄脆粒品质由外观、风味及质构特性决定,外观包括颗粒大小、形状及色泽,风味包括可溶性糖、可溶性蛋白及总酸等营养成分,质构特性有硬度和脆度。本研究共选取了硬度、脆度、色泽、产出率、可溶性糖、可溶性蛋白、总糖、总酸、总酚、总黄酮、抗氧化能力等18项指标代表葡萄脆粒品质,描述性统计分析发现,干燥后不同葡萄品种品质之间存在较大差异,除产出率和总糖含量外,其它指标变异系数均大于10%,表明所选指标具有代表性;相关性分析可知,总酚、总黄酮与抗氧化能力呈一定的相关性,与李晓丽等^[34]的研究结果具有一致性。本文通过主成分分析把18项指标分为5个主成分,贡献率为89.57%,并结合相关性分析把原始指标减少为相互独立的6个核心指标即总酚、总酸、 a^* 值、脆度、花色苷、产出率,并建立了品质评价模型。经感官评分验证后,采用品质评价模型将不同品种葡萄脆粒分为四个等级, $Z \geq 0.7$ 为Ⅰ级, $0.5 \leq Z < 0.7$ 为Ⅱ级, $0.3 \leq Z < 0.5$ 为Ⅲ级, $Z < 0.3$ 为Ⅳ级,发现紫金早生、金星无核和无核早红得分较高,适宜加工为葡萄脆粒。然而,本实验目前仅选择了江苏省内10个葡萄品种,后期研究还需增加更多无核葡萄品种,以期建立更加完善的不同品种、不同产地葡萄脆粒品质评价体系。

参考文献

[1] 刘启振,张小玉,王思明.汉唐西域葡萄栽培与葡萄酒文化[J].中国野生植物资源,2017,36(4):5-8.
[2] 侯廷帅,韩晓东,赵江,等.葡萄的加工技术综述[J].食品工业,2015,36(5):223-228.
[3] Pezzuto J M. Grapes and human health: A perspective [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (16): 6777-6784.
[4] Arnous A, Meyer A S. Comparison of methods for compositional characterization of grape (*Vitis vinifera* L.) and apple (*Malus domestica*) skins [J]. Food and Bioproducts Processing, 2008, 86(2): 79-86.
[5] Ramchandani A G, Chettiyar R S, Pakhale S S. Evaluation of antioxidant and anti-initiating activities of crude polyphenolic extracts from seedless and seeded Indian grapes [J]. Food Chemistry, 2010, 119(1): 298-305.
[6] Williamson G, Carughi A. Polyphenol content and health benefits of raisins [J]. Nutrition Research, 2010, 30 (8): 511-519.

- [7] 张利娟. 葡萄干的抗氧化特性及防褐变工艺研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [8] 谭红梅. 气体射流冲击干燥无核紫葡萄品质分析[D]. 石河子: 石河子大学, 2010.
- [9] 张英丽. 无核紫葡萄太阳能干燥技术的研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2009.
- [10] 姜晓青, 宋江峰, 李大婧, 等. 主成分分析法综合评价速冻菜用大豆籽粒的品质[J]. 现代食品科技, 2013(8): 2020–2024.
- [11] 丛嘉昕, 宋江峰, 李大婧, 等. 基于多元统计分析的冻干草莓果粉品质评价因子筛选[J]. 食品工业科技, 2018(11): 28–34.
- [12] 杨中, 张静, 汤兆星. 新疆鲜食葡萄品质评价指标体系的建立[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(12): 7004–7007.
- [13] 樊丁宇, 谢辉, 闫鹏, 等. 葡萄干品质指标探讨及因子分析[J]. 西北农业学报, 2012, 21(3): 137–141.
- [14] 中华人民共和国计划生育委员会. GB 5009.3–2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12456–2008 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [16] 郭金龙, 陈有君, 孙国琴, 等. 苯酚-硫酸法测定杏鲍菇多糖方法的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 555–558.
- [17] 文赤夫, 董爱文, 李国章, 等. 蒽酮比色法测定紫花地丁中总糖及还原糖含量[J]. 现代食品科技, 2005, 21(3): 122–123.
- [18] Zuo S, Lundahl P. A micro-bradford membrane protein assay[J]. Analytical Biochemistry, 2000, 284(1): 162–164.
- [19] GB 5009.86–2016 食品安全国家标准食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [20] Abozed S S, El-kalyoubi M, Abdelrashid A, et al. Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran[J]. Annals of Agricultural Sciences, 2014, 59(1): 63–67.
- [21] 严建刚. 芹菜黄酮提取及其抗氧化与降血脂作用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [22] Park J H, Jeon G I, Kim J M, et al. Antioxidant activity and antiproliferative action of methanol extracts of 4 different colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.) [J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21(2): 543–550.
- [23] Fang Y L, Meng Jiang F, Zhang A, et al. Influence of shriveling on berry composition and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon grapes from Shanxi vineyards[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(4): 749–751.
- [24] 王轩. 不同产地红富士苹果品质评价及加工适宜性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23787–2009 非油炸水果、蔬菜脆片[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [26] Yang J, Martinson T E, Liu R H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes[J]. Food Chemistry, 2009, 116(1): 332–339.
- [27] Xu C, Zhang Y, Cao L, et al. Phenolic compounds and antioxidant properties of different grape cultivars grown in China[J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1557–1565.
- [28] 聂继云, 李明强, 张桂芳, 等. 白梨品质评价指标的聚类分析[J]. 中国果树, 2000(2): 16–17.
- [29] 王沛, 刘璇, 毕金峰, 等. 基于主成分分析的中早熟苹果脆片品质评价[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 204–211.
- [30] 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨, 等. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 276–285.
- [31] 黄英, 张波, 武晓娟, 等. 基于主成分分析的绿豆沙加工用品种筛选[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 104–107.
- [32] 杨雷, 杨莉, 李莉, 等. 草莓种质资源果实主要数量性状变异及概率分级[J]. 西南农业学报, 2007, 20(5): 1067–1069.
- [33] 王沛, 毕金峰, 白沙沙, 等. 不同原料品种的苹果脆片品质评价及其相关性分析[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 9–14.
- [34] 李晓丽, 王成, 陶永霞, 等. 干燥方式对无核紫葡萄品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 143–146, 211.
- [35] Jiang X R, Ren L, Li C R. Effect of electroacupuncture on hypothalamus–pituitary–ovary (HPO) axis in rats with perimenopausal depression[J]. Acupuncture Research, 2017, 42(1): 45–49.
- [36] 杨芸, 荣荣, 但齐琴, 等. BDNF 抗体封闭对大鼠脑缺血损伤肺组织 IL-6 表达的影响[J]. 四川大学学报: 医学版, 2012, 43(6): 922–925.
- [37] 刘琳. 溃疡性结肠炎患者 β -内啡肽的表达与免疫功能变化的相关性研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2012.
- [38] 安锋利. 多因素作用下的抑郁症机制研究进展[J]. 四川生理科学杂志, 2016, 38(2): 95–100.
- [39] 汗佐拉·吾普尔. 异常黑胆质成熟剂对抑郁症和异常黑胆质证模型动物海马 BDNF、5-HT(1A) mRNA 表达的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2013.
- [40] Filliol D, Ghazland S, Chluba J, et al. Mice deficient for δ - and μ -opioid receptors exhibit opposing alterations of emotional responses[J]. Nature Genetics, 2000, 25(2): 195–200.

(上接第 297 页)

neurotransmitters level[J]. European Journal of Pharmacology 2017, 811: 171–179.

[30] 李珍, 安书成, 李江娜. 抑郁症发生中 γ -氨基丁酸与其它相关递质的关系[J]. 生理科学进展, 2014, 45(3): 190–194.

[31] Wiener C D, Moreira F P, Portela L V, et al. Interleukin-6 and Interleukin-10 in mood disorders: A population-based study[J]. Psychiatry Research, 2019, 273: 685–689.

[32] Duda W, Curzytek K, Kubera M, et al. Interaction of the immune-inflammatory and the kynurenine pathways in rats resistant to antidepressant treatment in model of depression[J]. International Immunopharmacology 2019, 73: 527–538.

[33] Kreinin A, Lisson S, Nesher E, et al. Blood BDNF level is gender specific in severe depression[J]. PLoS One, 2015, 10(5): e0127643.

[34] Hasler G. Toward specific ways to combine ketamine and psychotherapy in treating depression[J]. CNS Spectrums, 2019: 1–3.