

刺梨果汁类产品品质分析与综合评价

王红林¹, 解璞¹, 尚雪英¹, 王梦柳², 宁祎², 罗会¹, 陈健^{*2}

(1. 贵州省农业科学院果树科学研究所, 贵州 贵阳 550006;

2. 贵州省六盘水市农业科学研究院, 贵州 六盘水 553001)

摘要:建立刺梨果汁类产品品质综合评价体系,为贵州刺梨加工产品推广宣传提供参考。以贵州不同地区生产的14份刺梨果汁产品为试材,测定了包含可溶性固形物、蛋白质、可溶性糖及可滴定酸在内的基础品质指标,以及6种有机酸和超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD)、类黄酮和总酚3种活性物质含量,对21个品质指标进行相关性、主成分分析及系统聚类。综合21个指标分析共获得4个主成分,累积贡献率达92.77%,包含了所检品质中绝大部分指标信息,建立了刺梨类果汁产品品质综合评价模型为 $F=0.640 \times F_1+0.142 \times F_2+0.090 \times F_3+0.056 \times F_4$;在类间距离为18时,14份供试样品被聚为3类,第1类聚集了7份样品,其抗坏血酸、活性物质SOD、类黄酮和总酚以及元素含量较高,糖含量较低;第2类仅有1份样品,但其活性物质、可滴定酸和可溶性蛋白质含量最高;第3类聚集了其余6份样品,特点是固酸比、糖酸比较高,其余指标排名较为靠后。14份样品综合品质由高到低依次为:YPC>JHJ>YGT>YAJ>YGW>YSY>YSC>YPT>JPY>JGS>JPL>JPS>JSQ>JSJ。

关键词:刺梨果汁;品质指标;主成分分析;相关性分析;聚类分析

中图分类号:R284.1 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-3283(2023)03-0132-09

DOI:10.13822/j.cnki.hxsj.2022.0820

Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of *Rosa roxburghii* Tratt. Juices WANG Hong-lin¹, XIE Pu¹, SHANG Xue-ying¹, WANG Meng-liu², NING Yi², LUO Hui¹, CHEN Jian^{*2} (1. Institute of Pomology, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China; 2. Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Liupanshui 553001, China)

Abstract: To establish a comprehensive quality evaluation system and also provide reference for promotion of processing products of *Rosa roxburghii* Tratt. in Guizhou. The basis of quality indexes, including soluble solids, protein, soluble sugar and titratable acid, and 6 kinds of organic acids and superoxide dismutase, flavonoids and total phenols content, were determined. The principal component analysis, correlation analysis and systematic clustering of 21 quality indexes were carried out. It showed that, by principal component analysis, four principal components were obtained, and the cumulative contribution rate reached 92.77%. The comprehensive evaluation model was established as $F=0.640 \times F_1+0.142 \times F_2+0.090 \times F_3+0.056 \times F_4$. In addition, the 14 samples were grouped into three categories when the interclass distance was 18. Furthermore, category I contained 7 samples, which had higher content of ascorbic acid, SOD, flavonoids, total phenols and elements, but lower content of sugar. The second type had only one sample, but its active substance, titratable acid and soluble protein content was the highest. The remaining 6 samples were clustered in category III and characterized by high solid-acid ratio and high sugar-acid ratio. However, the other indexes were ranked relatively low. Based on the comprehensive quality score, the ranking of the 14 samples was: YPC>JHJ>YGT>YAJ>YGW>YSY>YSC>YPT>JPY>JGS>JPL>JPS>JSQ>JSJ.

Key words: juice of *Rosa roxburghii* Tratt.; quality indexes; principal component analysis; correlation analysis; clustering analysis

刺梨(*Rosa roxburghii* Tratt.)属蔷薇科(Rosaceae)蔷薇属(*Rosa*)植物,主要分布于我国贵州、云南、广东、福建等省区,以贵州分布面积最大、产量最高^[1]。其果实除含有维生素、微量元素、氨

基酸等重要营养物质^[2]外,还富含超氧化物歧化酶(SOD)、有机酸及黄酮类活性物质^[3,4],具有增强免疫力、延缓衰老、抗氧化损伤等作用^[5-7],具有较高开发利用价值。相对于其他水果及其产品开

收稿日期:2022-11-10;网络首发日期:2022-12-26

基金项目:贵州省科技计划项目“乌蒙山区特色果园生草复合生产增效创新能力建设”(黔科合服企[2021]2号);贵州省科技计划项目“贵州山地特色果树种质资源库创新能力建设”(黔科合服企[2021]8号)。

作者简介:王红林(1989-),女,贵州安顺人,硕士,助理研究员,主要研究方向为果实生理与分子生物学。

通讯作者:陈健, E-mail: 1305300256@qq.com。

引用本文:王红林,解璞,尚雪英,等.刺梨果汁类产品品质分析与综合评价[J].化学试剂,2023,45(3):132-140。

发而言,刺梨产品开发较晚,但也逐步形成了较为完善的产品体系。建立刺梨产品品质评价体系,有利于其加工产品的推广和宣传。

多项研究表明,刺梨具有降糖^[8]、解毒^[9,10]、促消化^[11]、抑制癌细胞增殖^[12,13]等多种生理功能,近年来,我国科研工作者对刺梨饮料开发进行了许多探索。侯璐^[14]通过添加茶多酚和植酸,在保留刺梨汁大部分营养素的基础上研制了高维生素 C 含量的刺梨口服液;邓毅^[15]分别用蜂胶提取液和乳化后的粗蜂胶与刺梨汁混合调配,研制了两种刺梨蜂胶饮料;朱一方等^[16]以刺梨原汁为原料,研究了刺梨益生元复合饮料的生产工艺,确定了富含益生元的刺梨饮料最佳配方;王倩玉等^[17]以刺梨、牛乳、豆乳、双蛋白(酪蛋白与全大豆蛋白复合物)及茶水为主要原料,开发出一种低糖低脂双蛋白奶茶,在降低奶茶制作成本的同时,也提高了饮品的营养价值,开拓了刺梨在食品加工中的应用。

以产业建设现状来看,目前刺梨开发产品主要集中在刺梨果汁、刺梨酒、刺梨药品等^[18]。虽有较为完善的产品生产体系,但其品质评价系统较为缺乏,针对其果汁类饮品的评价体系尚未见报道。以贵州不同地区生产的 14 份刺梨果汁产品为试材,通过对可溶性固形物、蛋白质、可溶性糖、有机酸、SOD、类黄酮等物质在内的 21 个品质指标进行检测和相关性、主成分分析及系统聚类,建立刺梨果汁类产品品质综合评价体系,为贵州刺梨加工产品推广宣传提供参考。

1 实验部分

1.1 主要仪器与试剂

TD-45 型数显手持折光仪(浙江托普仪器有限公司);TU1901 型紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);Multiskan GO 型全波长酶标仪、Lynx6000 型台式高速冷冻离心机(赛默飞世尔科技(中国)有限公司);VAP50S 型凯氏定氮仪(德国格哈特分析仪器有限公司);WFX-120A 型原子吸收分光光度计(北京瑞利分析仪器有限公司);Agilent 1200 型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司)。

氢氧化钠(NaOH)、浓硫酸(H₂SO₄)(重庆川东化工集团有限公司);蒽酮(C₁₄H₁₀O,国药集团化学试剂有限公司);考马斯亮蓝 G-250(C₄₇H₄₈-N₃NaO₇S₂)、牛血清蛋白(BSA)(北京索莱宝科技

有限公司);没食子酸(C₇H₆O₅)、芦丁(C₂₇H₃₀O₁₆)(上海阿拉丁生化科技股份有限公司);抗坏血酸(C₆H₈O₆,上海试四赫维化工有限公司);草酸(H₂C₂O₄,天津市永大化学试剂有限公司),以上均为分析纯。酒石酸(HO₂CCH(OH)CH(OH)CO₂H)、柠檬酸(HOC(COOH)(CH₂COOH)₂)、琥珀酸(HOOCCH₂CH₂COOH)、苹果酸(HO₂CCH₂CH(OH)CO₂H)(Sigma-aldrich(上海)贸易有限公司),均为色谱纯。

1.2 测试方法

1.2.1 供试材料

供试材料为取自六盘水市、安顺市、黔南州等刺梨主产区的刺梨原汁和复配饮料各 7 款,共 14 种。相关信息见表 1。

表 1 供试样品相关信息表
Tab.1 Information of test samples

产品性质	编号	规格	生产日期	原汁含量
原汁	YGT	2 L/桶	2020.10.15	100%
	YGW	2 L/袋	2020.10.28	100%
	YPC	2 L/桶	2020.08.29	100%
	YPT	50 mL/瓶	2020.10.23	100%
	YSC	1 L/瓶	2020.07.23	100%
	YSY	50 mL/瓶	2020.09.29	100%
	YAJ	2 L/袋	2020.11.2	100%
复配饮料	JGS	240 mL/瓶	2020.10.18	35%
	JPS	368 mL/瓶	2020.10.27	≥30%
	JPY	245 mL/瓶	2020.07.25	≥30%
	JPL	245 mL/瓶	2020.10.16	≥20%
	JSJ	245 mL/瓶	2020.06.28	未标注
	JSQ	380 mL/瓶	2020.08.24	20%
	JHJ	50 mL/瓶	2020.09.25	未标注

1.2.2 基础品质指标检测

采用 NaOH 滴定法测定可滴定酸含量(GB/T 12456—2008 食品中总酸的测定);采用折射仪法测定可溶性固形物含量(NY/T 2637—2014 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定:折射仪法);采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量、采用考马斯亮蓝-G250 法检测可溶性蛋白质含量^[19];固酸比=可溶性固形物含量/可滴定酸含量,糖酸比=可溶性糖含量/可滴定酸含量^[20]。

1.2.3 有机酸含量检测

参照《食品安全国家标准 食品中有机酸的测定》(GB 5009.157—2016),利用高效液相色谱法(HPLC)检测有机酸含量,略有改动。HPLC 液相条件:Agilent 1200 高效液相色谱仪,YMC-Pack ODS-A(150 mm×4.6 mm,5 μm)反相色谱柱;流

动相为 2 g/L 偏磷酸, 1 mL/min 流速, 35 °C 柱温, 10 μ L 进样量。

1.2.4 元素含量检测

采用原子吸收分光光度法检测钾、钙、镁等元素含量(GB/T 15402—94 水果、蔬菜及其制品钠、钾含量的测定, GB/T 5009. 92—2003 食品中钙的测定, GB/T 5009. 90—2003 食品中铁、镁、锰的测定)。

1.2.5 超氧化物歧化酶(SOD)活性检测

利用 SOD 检测试剂盒检测 SOD 活性, 具体步骤详见试剂盒说明书。

1.2.6 类黄酮、总酚物质检测

参考曹建康等^[19]利用分光光度法检测, 并略作改动。取 2 mL 果汁样品, 用预冷的 1% 盐酸-甲醇溶液定容至 30 mL, 于 4 °C 条件下避光提取 30 min, 每隔 10 min 振荡 1 次, 之后过滤, 收集滤液待测。

类黄酮含量以芦丁作为标准, 取 3 mL 滤液于 325 nm 处进行检测; 总酚物质含量以没食子酸为标准, 取 3 mL 滤液于 280 nm 处进行测定。

1.2.7 数据处理与统计分析

实验数据首先采用 Excel 2007 软件进行整

理, 计算得出平均值与标准差; 再运用 SPSS 19.0 软件进行方差分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析, 以 $P < 0.05$ 表示差异显著, 以 $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与讨论

2.1 品质指标检测与分析

对 14 款刺梨饮品可溶性固形物、可滴定酸、可溶性总糖、蛋白质等进行检测分析, 结果见表 2。复配饮料 JHJ 饮品的可溶性固形物最高, 达 18.43%, 显著高于原汁 YPC 样品的值(16.40%); 从可滴定酸含量来看, 原汁样品 YPC 最高, 为 3.01 g/100 mL, 其余原汁样品中的可滴定酸含量在 1.17~1.99 g/100 mL 之间, 且原汁样品的可滴定酸含量普遍高于复配样品; JHJ 样品的可溶性总糖含量最高, 为 14.03 g/100 mL, JSQ 中的糖含量最低, 仅 0.92 g/100 mL; 固酸比和糖酸比中, 均以 JGS 样品最高, 分别为 33.89 和 32.25; YPC 中的可溶性蛋白质含量显著高于其他供试样品, 达 258.84 mg/100 mL, 样品 JPL 则最低, 仅 15.25 mg/100 mL, 且原汁样品中蛋白质含量普遍高于复配产品。

表 2 刺梨饮品中可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖和可溶性蛋白质的检测结果^注

Tab.2 Determination of soluble solids, titratable acids, soluble sugar and protein in *Rosa Roxburghii* Tratt. Juices

样品名称	可溶性固形物/%	可滴定酸 g/100 mL	可溶性糖 g/100 mL	可溶性蛋白质 mg/100 mL	固酸比	糖酸比
YGT	9.33±0.32 f	1.41±0.01 d	4.16±0.23 f	184.26±10.43 c	6.61±0.20 fg	2.95±0.15 e
YGW	7.90±0.36 g	1.75±0.01 c	2.11±0.03 gh	209.85±2.20 bc	4.52±0.21 g	1.21±0.02 e
YPC	16.40±0.56 b	3.01±0.01 a	9.20±0.55 e	258.84±9.93 a	5.44±0.19 fg	3.05±0.19 e
YPT	8.07±0.40 g	1.17±0.03 f	4.18±0.20 f	123.18±3.76 d	6.92±0.20 fg	3.58±0.22 de
YSC	9.47±0.49 ef	1.42±0.02 d	4.73±0.26 f	224.27±4.95 b	6.68±0.28 fg	3.34±0.22 de
YSY	13.93±0.06 c	1.33±0.03 e	4.60±0.44 f	212.28±31.03 bc	10.50±0.30 d	3.47±0.37 de
YAJ	15.37±0.25 b	1.99±0.03 b	11.82±1.22 bc	255.67±12.86 a	7.71±0.02 ef	5.94±0.72 cd
JGS	10.63±0.15 e	0.31±0.00 i	10.12±0.46 de	66.19±7.26 f	33.89±0.39 a	32.25±1.55 a
JPS	6.70±0.10 h	0.49±0.05 h	3.19±0.04 fg	108.86±7.33 de	13.80±1.43 c	6.58±0.76 e
JPY	12.50±0.60 d	0.42±0.00 h	13.20±0.77 ab	109.66±2.34 de	29.47±1.32 b	31.12±1.89 a
JPL	10.63±0.72 e	0.34±0.00 i	10.98±0.57 cd	15.25±1.12 g	31.34±1.96 b	32.38±1.74 a
JHJ	18.43±0.06 a	1.29±0.04 e	14.03±0.71 a	202.17±1.61 bc	14.25±0.46 c	10.84±0.51 b
JSQ	5.23±0.25 i	0.92±0.01 g	0.92±0.03 h	97.06±6.48 def	5.70±0.26 fg	1.00±0.02 e
JSJ	4.47±0.38 i	0.45±0.01 h	4.35±0.22 f	90.99±2.41 ef	9.96±0.88 de	9.69±0.44 b

注: 表中数据均为均值±标准差, 表内同列数字后不同英文字母表示差异达到显著水平($p < 0.05$)。

有机酸的组分和含量与果实品质及风味息息相关, 可维持体内酸碱平衡^[21]。牟君富等^[22]测得刺梨总有机酸含量为 1.55%~1.84%。黄

国柱等^[23]测得刺梨总有机酸含量为 0.89%~1.40%。安华明等^[24]通过高效液相色谱法发现, 刺梨果实中含 6 种有机酸: 酒石酸、苹果酸、

乳酸、柠檬酸、琥珀酸和草酸,且抗坏血酸含量较高,为 23.3 mg/g(FW),比其他组分总和高出约 1 倍。从 6 种有机酸含量(表 3)来看,13 个供试样品中均以抗坏血酸和苹果酸为主,且其含量显著高于其他 4 种酸组分,而 YAJ 样品中则以柠檬酸为主,抗坏血酸和苹果酸次之;原汁样品中除 YAJ 外,其余样品的抗坏血酸含量均高于 1 200 mg/100 mL,复配样品中除 JHJ 外,其余样品抗坏血酸含量均低于 500 mg/100 mL,且 JSJ 中含量极低,仅为 12.39 mg/100 mL;原汁样品中苹果酸含量均高于 700 mg/100 mL,最高可达

2 116.39 mg/100 mL,复配样品中除 JHJ 较高(1 094.67 mg/100 mL)外,其余样品均低于 500 mg/100 mL;YAJ 样品的柠檬酸含量最高,为 1 190.23 mg/100 mL,JGS 最低,为 74.48 mg/100 mL,其余样品的柠檬酸含量在 153.14 ~ 377.14 mg/100 mL 之间;14 个供试样品琥珀酸含量范围为 34.52 ~ 261.44 mg/100 mL,酒石酸含量为 7.07 ~ 124.27 mg/100 mL,且原汁中的含量普遍高于复配样品;复配样品 JPS、JSQ 和 JSJ 中的草酸含量均在检出限之下,其余样品中草酸含量为 9.36 ~ 51.27 mg/100 mL。

表 3 刺梨饮品中有机酸的含量^注

Tab.3 Content of organic acids in *Rosa Roxburghii* Tratt.Juices

样品名称	抗坏血酸 mg/100 mL	苹果酸 mg/100 mL	柠檬酸 mg/100 mL	琥珀酸 mg/100 mL	酒石酸 mg/100 mL	草酸 mg/100 mL
YGT	1 438.68±20.88 c	983.24±8.25 cd	264.49±28.33 cde	175.31±14.09 cd	110.47±1.59 ab	23.37±1.93 c
YGW	1 599.11±33.03 b	819.94±14.80 e	205.49±7.16 ef	98.07±8.49 f	124.27±7.31 a	20.86±3.56 c
YPC	1 996.29±72.60 a	2 116.39±112.35 a	377.14±31.32 b	261.44±17.35 a	108.21±18.45 ab	35.34±2.43 b
YPT	1 207.93±32.20 e	759.58±16.00 e	260.54±1.66 de	193.25±4.58 cd	57.53±2.34 ef	21.74±3.14 c
YSC	1 340.05±14.89 d	1 091.46±24.21 bc	345.74±15.06 b	124.21±8.41 ef	94.95±4.59 bc	25.71±0.42 c
YSY	1 213.93±37.44 e	966.23±48.22 d	306.99±22.10 bcd	117.91±7.39 ef	65.17±3.63 de	36.47±2.39 b
YAJ	752.47±14.47 f	721.44±9.38 e	1 190.23±23.95 a	92.20±1.45 f	83.84±1.53 cd	29.52±2.32 b
JGS	402.95±23.42 hi	288.03±18.01 gh	74.48±4.20 g	124.71±10.77 ef	27.57±2.88 gh	9.36±1.12 d
JPS	498.53±26.55 g	386.56±31.06 fg	173.17±11.61 f	206.82±28.35 bc	31.41±4.43 gh	—
JPY	443.59±7.79 gh	358.77±10.74 g	211.03±33.12 ef	179.53±23.65 cd	30.00±2.02 gh	13.95±1.56 d
JPL	315.27±8.04 ij	189.63±16.48 h	153.14±2.38 f	34.52±3.21 g	20.31±1.58 hi	10.01±0.67 d
JHJ	1 311.24±30.56 d	1 094.67±20.20 b	338.08±16.81 bc	242.66±11.10 ab	81.57±8.39 cd	51.27±2.49 a
JSQ	298.40±10.08 j	483.18±16.94 f	153.92±13.63 f	151.82±3.91 de	40.36±4.12 fg	—
JSJ	12.39±1.20 k	182.13±9.66 h	358.15±59.55 b	106.27±6.59 f	7.07±0.81 i	—

注:表中数据均为均值±标准差,表内同列数字后不同英文字母表示差异达到显著水平($p<0.05$);“—”检出限之下。

蔡金腾等^[25]将刺梨果实与火棘果实进行比对,发现刺梨中矿物质元素种类多且含量较高。杜薇等^[26]测得刺梨中铁元素含量高达 24.4 μg/g。李跃红等^[27]采用电感耦合等离子质谱法对不同产地刺梨中包括 Fe、Mn、Zn、Cu 在内的 11 种微量元素进行检测,发现 Fe 含量最高,达 4 193 g/kg,Mn 含量次之,为 3 162 g/kg,Cu 含量居中,为 859 g/kg。本研究供试样品中 K 元素含量最高,原汁 K 含量为 9.01 ~ 29.17 g/100 mL,复配饮品中为 2.43 ~ 13.21 g/100 mL;N 和 Ca 元素含量次之,原汁中含量分别为 2.06 ~ 6.15 g/100 mL、1.94 ~ 3.67 g/100 mL,复配饮品中分别为 0.37 ~ 16.58 g/100 mL 和 0.27 ~ 1.95 g/100 mL;Mg 元素含量中 YPC 样品最高,为 1.27 g/100 mL,其余样品均低于 1.00 g/100 mL;

Mn 元素含量略高于 Fe 含量;另外,原汁饮品中的元素含量普遍且显著高于除 JHJ 外的其他几款复配饮品(表 4)。

刺梨果实中富含 SOD、黄酮、酚类等活性物质,其中,总黄酮含量平均为 6 800 mg/kg,最高可达 8 000 mg/kg^[28];SOD 活性高低悬殊较大,低的仅 276.9 U/g,高的达 10 500 U/g^[25,29]。付安妮等^[30]比较了刺梨鲜果、刺梨干冲泡的饮品、糖渍刺梨和刺梨酒中的 SOD 活力,发现糖腌制后的刺梨中 SOD 活性与鲜果相比提高了 1.7 倍,而制成饮品后 SOD 的酶活变化并不明显。李兰等^[31]优化了刺梨中 SOD 的提取工艺,使 SOD 的酶活力值可达 1 327 U/mL。本研究发现,14 个供试样品中 SOD 含量最高的是原汁 YPC,达 19 098.13 U/mL,其次是 YGT,达 15 106.31 U/mL,复配样

表 4 刺梨饮品中元素含量^注Tab.4 Content of elements in *Rosa Roxburghii* Tratt. Juices

样品名称	N g/100 mL	K g/100 mL	Ca g/100 mL	Mg g/100 mL	Fe mg/100 mL	Mn mg/100 mL
YGT	3.18±0.02 c	18.84±0.18 b	1.94±0.00 d	0.65±0.01 d	9.43±0.50 ef	28.39±0.66 a
YGW	2.06±0.01 d	17.36±0.42 c	2.22±0.03 b	0.70±0.00 c	11.61±0.66 c	30.68±0.10 a
YPC	6.15±0.04 b	29.17±1.05 a	3.67±0.10 a	1.27±0.02 a	10.07±0.19 de	30.50±2.55 a
YPT	3.08±0.03 c	9.75±0.18 fg	1.98±0.04 cd	0.51±0.01 f	15.01±0.07 b	15.95±0.37 b
YSC	2.94±0.04 c	15.59±0.15 d	2.14±0.11 bc	0.53±0.03 f	10.04±0.42 e	17.77±0.39 b
YSY	2.90±0.02 c	10.39±0.07 f	2.14±0.07 bc	0.59±0.00 de	11.42±0.29 cd	18.08±0.80 b
YAJ	2.39±0.09 d	9.01±0.18 g	1.96±0.09 d	0.87±0.06 b	18.01±0.59 a	29.85±1.42 a
JGS	0.59±0.03 gh	3.81±0.02 ij	0.48±0.03 e	0.36±0.01 g	8.46±0.68 f	4.77±0.24 c
JPS	0.87±0.10 efg	5.73±0.09 h	0.48±0.02 e	0.28±0.00 h	4.58±0.07 i	4.06±0.02 c
JPY	0.74±0.02 fgh	4.73±0.03 i	0.46±0.01 e	0.32±0.01 gh	5.42±0.09 hi	3.81±0.15 c
JPL	0.37±0.00 h	3.30±0.02 jk	0.35±0.02 ef	0.20±0.01 i	6.35±0.62 gh	2.81±0.22 c
JHJ	16.58±0.47 a	13.21±0.06 e	1.95±0.09 d	0.56±0.02 ef	14.06±0.58 b	17.84±1.54 b
JSQ	1.08±0.03 ef	3.36±0.01 jk	0.27±0.00 e	0.19±0.00 i	6.97±0.16 g	2.00±0.17 c
JSJ	1.27±0.03 e	2.43±0.03 k	0.47±0.01 e	0.15±0.01 i	9.89±0.64 e	3.03±0.13 c

注:表中数据均为均值±标准差,表内同列数字后不同英文字母表示差异达到显著水平($p<0.05$)。

表 5 刺梨饮品中活性物质含量^注Tab.5 Content of active substance in *Rosa Roxburghii* Tratt. Juices

样品名称	SOD/ (U·mL ⁻¹)	类黄酮/ (mg·mL ⁻¹)	总酚/ (mg·mL ⁻¹)
YGT	15 106.31±998.53 b	3.51±0.21 b	3.30±0.14 b
YGW	13 032.13±1 845.18 bc	2.66±0.06 cd	3.05±0.05 bc
YPC	19 098.13±338.92 a	5.08±0.52 a	5.84±0.63 a
YPT	9 744.74±587.03 d	1.97±0.23 e	2.07±0.17 d
YSC	14 167.06±1 670.03 bc	2.63±0.27 cd	3.39±0.39 b
YSY	13 658.29±948.98 bc	2.89±0.09 c	3.41±0.02 b
YAJ	12 249.42±1 550.18 cd	2.21±0.19 de	2.38±0.11 d
JGS	943.43±13.03 e	0.81±0.02 f	0.82±0.02 ef
JPS	1 142.76±9.39 e	0.64±0.02 fg	1.03±0.01 e
JPY	1 006.04±16.07 e	0.71±0.02 fg	0.84±0.01 ef
JPL	886.03±8.28 e	0.48±0.01 fg	0.65±0.01 ef
JHJ	12 288.55±646.62 cd	2.33±0.25 cde	2.51±0.16 cd
JSQ	851.59±11.29 e	0.50±0.01 fg	0.71±0.00 ef
JSJ	432.06±16.57 e	0.21±0.01 g	0.38±0.01 f

注:表中数据均为均值±标准差,表内同列数字后不同英文字母表示差异达到显著水平($p<0.05$)。

品 JSJ 中含量最低,仅 432.06 U/mL;各样品中的类黄酮和总酚含量相当,原汁中 YPC 样品类黄酮和总酚最高,分别为 5.08 mg/mL 和 5.84 mg/mL,复配饮品中则以 JHJ 样品的类黄酮和总酚最高,

分别为 2.33 mg/mL 和 2.51 mg/mL。

2.2 各品质指标间的相关性分析

对 21 个品质指标进行相关性分析,结果见表 6。可溶性固形物与可溶性糖、草酸之间呈显著正相关;可滴定酸与可溶性蛋白质、抗坏血酸、苹果酸和酒石酸呈显著正相关,但与固酸比呈显著负相关;可溶性蛋白质与除琥珀酸外的其他有机酸均有一定相关性,与固酸比呈显著负相关;可滴定酸、可溶性蛋白质均与活性物质 SOD、类黄酮和总酚呈显著正相关,与除 N 元素外的其他检测元素之间也有一定相关性;抗坏血酸与 3 种活性物质之间也呈显著正相关关系。表明可以通过部分指标的测定来预测与之相关的指标增减趋势,相关性越强,趋势越明显。

2.3 主成分分析及综合评价

通过降维的方法对 21 个指标进行主成分分析,特征值大于 1 的成分共计 4 个,其对应特征值、贡献率等情况见表 7,14 份供试样品主成分分析排序三维散点图见图 1。这 4 个主成分的累积贡献率达 92.77%,包含了所检品质中绝大部分指标信息。第 1 主成分特征值 13.44,贡献率 64.00%,贡献较大的指标为 SOD 和 Ca;第 2 主成分特征值 2.99,贡献率 14.23%,主要代表可溶性糖和可溶性固形物;第 3 主成分特征值 1.88,贡献率 8.95%,主要代表柠檬酸和 Fe 元素;第 4 主

表 6 品质指标相关性系数矩阵^注
Tab.6 Correlation coefficient matrix between quality indexes

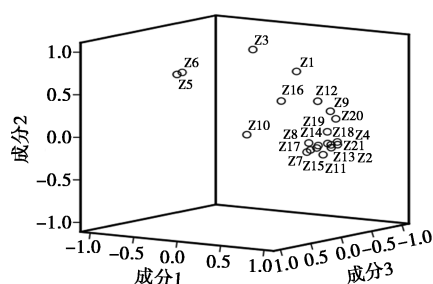
	可溶性固形物	可溶性定酸	可溶性糖	可溶性蛋白质	固酸比	糖酸比	抗坏血酸	苹果酸	柠檬酸	琥珀酸	酒石酸	草酸	SOD	类黄酮	总酚	N	K	Ca	Mg	Fe	Mn
可溶性固形物	1																				
可溶性定酸	0.498	1																			
可溶性糖	0.770**	-0.006	1																		
可溶性蛋白质	0.541*	0.878**	0.017	1																	
固酸比	0.129	-0.668**	0.599*	-0.673**	1																
糖酸比	0.132	-0.626*	0.647*	-0.658*	0.983**	1															
抗坏血酸	0.470	0.834**	-0.063	0.791**	-0.544*	-0.543*	1														
苹果酸	0.566*	0.909**	0.047	0.804**	-0.545*	-0.532	0.899**	1													
柠檬酸	0.416	0.485	0.305	0.580*	-0.346	-0.282	0.104	0.207	1												
琥珀酸	0.322	0.354	0.097	0.325	-0.256	-0.288	0.449	0.577*	-0.131	1											
酒石酸	0.380	0.839**	-0.113	0.851**	-0.625*	-0.605*	0.912**	0.779**	0.290	0.255	1										
草酸	0.847**	0.656*	0.420	0.752**	-0.270	-0.268	0.757**	0.729**	0.368	0.354	0.673**	1									
SOD	0.534*	0.889**	-0.016	0.901**	-0.626*	-0.610*	0.940**	0.887**	0.377	0.314	0.916**	0.820**	1								
类黄酮	0.541*	0.906**	0.004	0.837**	-0.544*	-0.530	0.946**	0.946**	0.258	0.420	0.874**	0.748**	0.961**	1							
总酚	0.528	0.916**	-0.023	0.850**	-0.557*	-0.548*	0.940**	0.963**	0.246	0.408	0.853**	0.730**	0.949**	0.987**	1						
N	0.652*	0.376	0.405	0.451	-0.207	-0.212	0.489	0.531	0.127	0.576*	0.396	0.779**	0.482	0.424	0.404	1					
K	0.437	0.884**	-0.036	0.778**	-0.544*	-0.517	0.945**	0.940**	0.142	0.480	0.882**	0.647*	0.902**	0.961**	0.959**	0.426	1				
Ca	0.545*	0.930**	0.015	0.873**	-0.603*	-0.578*	0.942**	0.932**	0.353	0.388	0.858**	0.788**	0.968**	0.963**	0.967**	0.469	0.923**	1			
Mg	0.629*	0.952**	0.177	0.847**	-0.467	-0.434	0.837**	0.888**	0.480	0.382	0.806**	0.701**	0.876**	0.923**	0.915**	0.365	0.883**	0.927**	1		
Fe	0.425	0.547*	0.163	0.613*	-0.471	-0.424	0.423	0.358	0.712**	0.003	0.484	0.646*	0.597*	0.432	0.393	0.441	0.302	0.587*	0.531	1	
Mn	0.464	0.885**	-0.004	0.876**	-0.608*	-0.572*	0.857**	0.753**	0.508	0.185	0.936**	0.700**	0.928**	0.885**	0.850**	0.349	0.842**	0.895**	0.894**	0.654*	1

注: ** 表示在 $p<0.01$ 水平上显著相关, * 表示在 $p<0.05$ 水平上显著相关。

表 7 主成分载荷矩阵、特征值及贡献率

Tab.7 Principal component loading matrix, characteristic value and variance contribution rate

	成分 1	成分 2	成分 3	成分 4
可溶性固形物	0.043	0.262	-0.010	-0.002
可滴定酸	0.070	-0.028	-0.038	0.084
可溶性糖	0.003	0.326	-0.041	0.052
可溶性蛋白质	0.069	-0.013	-0.107	-0.038
固酸比	-0.048	0.219	0.105	0.273
糖酸比	-0.046	0.225	0.076	0.302
抗坏血酸	0.069	-0.022	0.134	0.074
苹果酸	0.069	0.006	0.148	0.007
柠檬酸	0.031	0.061	-0.432	-0.032
琥珀酸	0.032	0.037	0.308	-0.435
酒石酸	0.067	-0.054	0.002	0.116
草酸	0.061	0.152	-0.018	-0.137
SOD	0.073	-0.014	-0.012	0.061
类黄酮	0.071	-0.008	0.087	0.146
总酚	0.071	-0.017	0.096	0.151
N	0.040	0.153	0.091	-0.519
K	0.069	-0.029	0.156	0.143
Ca	0.073	-0.006	0.018	0.068
Mg	0.069	0.036	-0.015	0.185
Fe	0.045	0.046	-0.341	-0.214
Mn	0.069	-0.024	-0.109	0.154
特征值	13.44	2.99	1.88	1.17
贡献率/%	64.00	14.23	8.95	5.59
累积贡献率/%	64.00	78.23	87.18	92.77



Z1:可溶性固形物,Z2:可滴定酸,Z3:可溶性糖,
Z4:可溶性蛋白质,Z5:固酸比,Z6:糖酸比,Z7:抗坏血酸,
Z8:苹果酸,Z9:柠檬酸,Z10:琥珀酸,Z11:酒石酸,
Z12:草酸,Z13:SOD,Z14:类黄酮,Z15:总酚,Z16:N,
Z17:K,Z18:Ca,Z19:Mg,Z20:Fe,Z21:Mn

图 1 14 份样品主成分分析排序三维散点图

Fig.1 Three-dimensional scatter plot of principal components analysis of 14 samples

成分特征值 1.17,贡献率 5.59%,主要代表 N 元素和琥珀酸。

根据主成分分析,建立刺梨类果汁产品品质综合评价模型: $F = 0.640 \times F_1 + 0.142 \times F_2 + 0.090 \times F_3 + 0.056 \times F_4$,据此计算 14 个样品品质综合得分(表 8),分数由高到低依次为:YPC>JHJ>YGT>YAJ>YGW>YSY>YSC>YPT>JPY>JGS>JPL>JPS>JSQ>JSJ。

表 8 14 份样品品质得分及排名

Tab.8 Quality scores and ranking of 14 samples

样品名称	主成分得分				综合得分	排序
	主成分 1 (F_1)	主成分 2 (F_2)	主成分 3 (F_3)	主成分 4 (F_4)		
YGT	0.710	-0.725	0.506	0.447	0.421	3
YGW	0.700	-1.169	-0.183	0.911	0.316	5
YPC	1.963	0.277	1.368	0.721	1.458	1
YPT	0.158	-0.549	-0.135	-0.874	-0.038	8
YSC	0.565	-0.610	0.007	0.355	0.295	7
YSY	0.517	-0.074	-0.207	0.191	0.313	6
YAJ	0.734	0.707	-2.965	0.244	0.319	4
JGS	-1.064	0.970	0.414	0.890	-0.456	10
JPS	-0.860	-0.796	0.764	-0.677	-0.633	12
JPY	-0.934	1.256	0.636	0.472	-0.336	9
JPL	-1.280	0.931	0.001	1.395	-0.609	11
JHJ	0.777	1.869	0.432	-2.347	0.671	2
JSQ	-0.876	-1.342	0.144	-0.967	-0.793	13
JSJ	-1.110	-0.744	-0.781	-0.762	-0.929	14

2.4 聚类分析

通过对 14 份刺梨果汁类样品的 21 个品质指标进行聚类分析(图 2)后发现,在类间距离为 18 时,14 份供试样品被聚为 3 类。第 1 类聚集了 7 份样品,包括 YGT、YSC、YGW、YSY、YPT、YAJ 和 JHJ,这类样品有机酸(尤其是抗坏血酸)含量、活性物质 SOD、类黄酮和总酚以及元素含量较高,糖含量较低;第 2 类仅有样品 YPC,主要特点是活性物质、可滴定酸和可溶性蛋白质含量最高,且含有较为丰富的抗坏血酸;第 3 类聚集了其余 6 份样品,包括 JGS、JPY、JPL、JPS、JSQ 和 JSJ,这类样品均为复配型刺梨饮品,其特点是固酸比、糖酸比较高,但其他指标,包括有机酸、活性物质以及元素含量均较低。结合基础品质、有机酸、元素以及活性物质指标分析结果来看,第 1 类样品综合品质较优,第 2 类样品除含糖量较低外其他品质,如可滴定酸含量、可溶性蛋白质、抗坏血酸、SOD 等活性物质含量均为供试样品中最高的,第 3 类样品除有较高糖酸比、固酸比外,其余指标排名较为靠后。

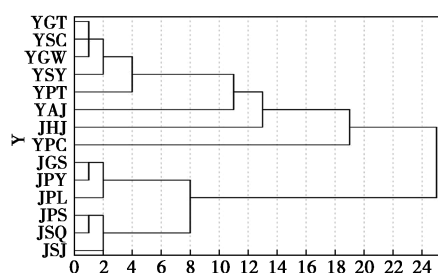


图 2 14 份样品品质指标聚类图(平方欧氏距离)

Fig.2 Cluster graph of quality index of 14 samples (square Euclidean distance)

3 结论

本研究通过降维的方法对 21 个指标进行主成分分析,提取的 4 个主成分累积贡献率达 92.77%,包含了所检品质中绝大部分指标信息。第 1 主成分特征值 13.44,贡献率 64.00%,贡献较大的指标为 SOD 和 Ca;第 2 主成分特征值 2.99,贡献率 14.23%,主要代表可溶性糖和可溶性固形物;第 3 主成分特征值 1.88,贡献率 8.95%,主要代表柠檬酸和 Fe 元素;第 4 主成分特征值 1.17,贡献率 5.59%,主要代表 N 元素和琥珀酸。对 14 份样品 21 个品质指标进行聚类分析后发现,在类间距离为 18 时,14 份供试样品被聚为 3 类,第 1 类聚集了 7 份样品,其抗坏血酸、活性物质 SOD、类黄酮和总酚以及元素含量较高,糖含量较低;第 2 类仅有 1 份样品,但其活性物质、可滴定酸和可溶性蛋白质含量最高;第 3 类聚集了其余 6 份样品,特点是固酸比、糖酸比较高,其余指标排名较为靠后。根据主成分分析,建立刺梨类果汁产品品质综合评价模型: $F=0.640 \times F_1+0.142 \times F_2+0.090 \times F_3+0.056 \times F_4$,14 个样品品质由高到低依次为:YPC>JHJ>YGT>YAJ>YCW>YSY>YSC>YPT>JPY>JGS>JPL>JPS>JSQ>JSJ。

对贵州省刺梨主产区的刺梨原汁和复配饮料综合品质进行相关性分析发现,大部分指标之间存在显著相关性;通过主成分分析,提取出了特征值>1 的主成分 4 个,根据各成分得分建立了刺梨果汁类饮品的综合得分模型和排序,结合聚类分析得原汁样品中 YPC 和复配样品中的 JHJ 综合品质较好。

参考文献:

[1] WANG H Z, LI Y, REN Z H, et al. Optimization of the microwave-assisted enzymatic extraction of *Rosa rox-*

burghii tratt. polysaccharides using response surface methodology and its antioxidant and α -d-glu-cosidase inhibitory activity[J]. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, **112**:473-482.

[2] 曾芳芳. 刺梨果实主要植物化学素及生物活性研究[D]. 杭州:浙江大学, 2017.

[3] 简崇东. 刺梨药理作用的研究进展[J]. 中国医药指南, 2011, **29**:38-40.

[4] IGHODARO O M, AKINLOYE O A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid[J]. *Alex. J. Med.*, 2018, **54**(4):287-293.

[5] 赵转地, 张爱华, 洪峰. 刺梨及其产品的营养及保健药用价值研究进展[J]. 环境与职业医学, 2007, **24**(1):82-84.

[6] CHEN G J, KAN J Q. Characterization of a novel polysaccharide isolated from *Rosa roxburghii* Tratt. fruit and assessment of its antioxidant in vitro and in vivo[J]. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, **107**:166-174.

[7] RENSBURG C J V, ERASMUS E, LOOTS D T, et al. *Rosa roxburghii* supplementation in a controlled feeding study increases plasma antioxidant capacity and glutathione redox state[J]. *Eur. J. Nutr.*, 2005, **44**(7):452-457.

[8] 陈小敏, 谭书明, 黄颖, 等. 刺梨汁对 I 型糖尿病小鼠的降糖作用[J]. 现代食品科技, 2019, **35**(8):13-20.

[9] 黄颖, 谭书明, 陈小敏, 等. 刺梨口服液对急性醉酒小鼠的解酒护肝作用[J]. 现代食品科技, 2019, **35**(7):18-23.

[10] 周宏炫, 黄颖, 谭书明, 等. 刺梨多酚对急性酒精中毒大鼠的解酒和护肝作用[J]. 食品科学, 2021, **42**(17):163-169.

[11] 李贻, 贺君, 张鹏敏. 体外模拟胃肠道消化下刺梨抗氧化成分的释放[J]. 现代食品科技, 2020, **36**(2):102-107.

[12] LIU W, LI S Y, HUANG X E, et al. Inhibition of tumor growth in vitro by a combination of extracts from *Rosa roxburghii* Tratt. and *Fagopyrum cymosum* [J]. *Asian Pac. J. Cancer Prev. Apjcp*, 2012, **13**(5):2409-2414.

[13] YU L M, FANG N, YANG X S, et al. Effects of *Rosa roxburghii* extract on proliferation and differentiation in human hepatoma SMMC-7721 cells and CD34+ haematopoietic cells[J]. *J. Health Sci.*, 2007, **53**(1):10-15.

[14] 侯璐. 高维生素 C 含量刺梨口服液的研究[D]. 无锡:江南大学, 2009.

[15] 邓毅. 刺梨蜂胶饮料加工技术研究[D]. 贵阳:贵州大学, 2016.

- [16] 朱一方,李贵荣,朱波,等.富含益生元的刺梨饮料配方的优化[J].食品研究与开发,2020,**41**(13):119-125.
- [17] 王倩玉,杨琦,黄国梁,等.刺梨双蛋白奶茶饮料的研制[J].保鲜与加工,2021,**21**(12):59-65;71.
- [18] 史官清,涂兴蜓,李慧君.贵州省刺梨产业优化发展的问题与对策研究[J].中国果树,2021,**11**:103-108.
- [19] 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.
- [20] 姚改芳.不同栽培种梨果实糖酸含量特征及形成规律研究[D].南京:南京农业大学,2011.
- [21] 陈发兴,刘星辉,陈立松.果实有机酸代谢研究进展[J].果树学报,2005,**22**(5):526-531.
- [22] 牟君富,王绍美,朱庆刚.刺梨果实营养成分分析初报[J].贵州农业科学,1981,(6):55-56.
- [23] 黄国柱,黄一萍.刺梨果实的化学成份分析[J].陕西农业科学,1990,(1):34.
- [24] 安华明,刘明,杨曼,等.刺梨有机酸组分及抗坏血酸含量分析[J].中国农业科学,2011,**44**(10):2 094-2 100.
- [25] 蔡金腾,朱庆刚.火棘果实和刺梨果实的特性及营养成分的研究[J].食品工业科技,1996,(4):19-23.
- [26] 杜薇,任永全.刺梨中微量元素和总黄酮的含量测定[J].中国医院药学杂志,2003,**23**(9):530-532.
- [27] 李跃红,陈露,冉茂乾,等.基于主成分分析的刺梨中微量元素的评价[J].农产品加工,2020,**7**:46-49;54.
- [28] 白凤梅,蔡同一.类黄酮生物活性及其机理的研究进展[J].食品科学,1999,**20**(8):11-13.
- [29] 史肖白,顾姻,庄一义,等.刺梨超氧化物歧化酶含量分析[J].中国野生植物资源,1998,**17**(4):49-50.
- [30] 付安妮,高明波,冯杰.刺梨中 SOD 的提取和酶活测定[J].广州化工,2016,**44**(16):144-146.
- [31] 李兰,郭丹钊,孟庆阳.刺梨细胞中 SOD 的几种提取方法研究[J].食品工业科技,2006,**27**(2):71-73.