

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.12.004

# 伏淡季水果果实内在品质综合评价<sup>①</sup>

李 雪, 刘剑飞, 张 玲, 梁叶星,  
杨世雄, 张雪梅, 曾志红, 张欢欢

重庆市农业科学院, 重庆 401329

**摘要:** 以重庆地区销售的本地、外调 5 类(桑葚、李、西瓜、草莓、猕猴桃)19 种主要伏淡季水果为试材, 对 10 项果实内在品质指标进行变异性及相关性分析, 并通过因子分析法对指标进行降维、提取出特征根均大于 1 的公因子, 建立伏淡季水果果实内在品质综合评价模型。结果表明: 10 项指标变异系数均较大(23.98%~243.12%), 且提取出的 3 个公因子(风味因子、色素因子、功能因子)累计方差贡献率达 78.292%, 该评价方法可靠。经综合得分优选出本地“桑葚-四季果桑”“桑葚-大十”“草莓-随株”“红心猕猴桃-红阳”“绿肉猕猴桃-海沃德”“李-青脆李”“西瓜-早佳 8424”等伏淡季水果品种, 为重庆地区伏淡季水果产业科学发展提供理论依据。

**关键词:** 重庆地区; 伏淡季水果; 因子分析; 内在品质; 综合评价

**中图分类号:** TS255.1; S611

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2019)12-0024-09

为推进经济作物产业结构战略性调整, 促进农村繁荣和农民增收, 发展伏淡季水果等经济作物是近几年重庆市农业、农村发展的重点。由于重庆地区独特的地理及气候条件, 除柑橘以外的李、猕猴桃、草莓等都是当地具有特色的伏淡季水果。但目前关于重庆地区伏淡季水果品质的系统评价研究较少, 本地与同期外调伏淡季水果品质差异的相关研究也少见报道, 这造成重庆地区伏淡季水果的产业发展缺乏理论依据。

果实品质包括外观品质、内在品质、贮藏品质和加工品质, 而内在品质是果品营养价值的一些生化属性及果实风味等的共同体现, 它是果实商品性优劣的重要标志<sup>[1]</sup>。果实的内在品质包含了许多性状, 还包括蛋白质、维生素、矿物质、有机酸、糖质量分数等指标<sup>[2]</sup>, 是一个较为复杂的系统, 需要降维后用几个指标进行总体评价。因子分析法是目前对农产品品质进行综合评价的常用客观评价方法<sup>[3-6]</sup>, 它具有全面性、可比性、合理性、可行性等特点<sup>[7-8]</sup>。本研究基于因子分析法, 以重庆地区销售的本地及同期市场外调 5 类共 19 种主要伏淡季水果为研究材料, 选取 10 个与果实内在品质相关的性状指标, 对伏淡季水果内在品质进行综合评价, 为重庆地区伏淡季水果良种繁育、品种选优、生产种植、保鲜加工等提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

参试样品于 2016 年 4 月—2018 年 9 月采集, 具体名称、品种、产地等样品信息见表 1。本地样品于重

① 收稿日期: 2018-10-10

基金项目: 重庆市农业发展基金项目(NKY-2016AA002, NKY-2017AB006)。

作者简介: 李 雪(1988—), 女, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事农产品贮藏加工的研究。

通信作者: 刘剑飞, 研究员, 博士; 曾志红, 高级农艺师。

庆当地各区县采摘,市场外调样品于同期当地大型农贸市场及超市采集.所用化学试剂浓硫酸、偏磷酸等均均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;无水乙醇、甲醇等为色谱纯,德国默克公司;葡萄糖、没食子酸、芦丁、飞燕草色素、矢车菊色素等标准品,美国西格玛奥德里奇公司.

表 1 伏淡季水果样品信息

编号	品种	产地	采样时间	采样地	备注
S1	桑葚-5801	北碚区	4-5月	同产地	2016-2018年采样
S2	桑葚-大十	北碚区	4-5月	同产地	2016-2018年采样
S3	桑葚-四季果桑	九龙坡区	4-5月	同产地	2016-2017年采样
S4	桑葚-外调	四川省成都市	4-5月	江北区、江津区农贸市场	2016-2018年采样
L1	李-杏李	九龙坡区	6月	同产地	2016-2017年采样
L2	李-青脆李	巫山县、永川区	6月	同产地	2016-2017年采样
L3	李-歪嘴李	渝北区	6-7月	同产地	2016-2018年采样
L4	李-外调	四川省宜宾市	6-7月	江北区、江津区农贸市场	2016-2018年采样,品种江安李
X1	西瓜-早佳 8424	永川区	6-7月	同产地	2016-2018年采样
X2	西瓜-超京欣	九龙坡区	7-8月	同产地	2016-2017年采样
X3	西瓜-外调	云南省	6-8月	九龙坡区永辉超市	2016-2018年采样,品种麒麟瓜
C1	草莓-红颜	渝北区	1月	同产地	2017-2018年采样
C2	草莓-随株	渝北区	1月	同产地	2017-2018年采样
C3	草莓-外调	四川省成都市	1月	江北区、江津区农贸市场	2017-2018年采样,品种红颜
M1	红心猕猴桃-红阳	永川区	8-9月	同产地	2017-2018年采样
M2	红心猕猴桃-东红	永川区	8-9月	同产地	2017-2018年采样
M3	绿肉猕猴桃-海沃德	云阳县、江津区	10月	同产地	2017年采样
M4	红心猕猴桃-外调	四川省广元市	8-9月	九龙坡区永辉超市	2017-2018年采样,品种红阳
M5	绿肉猕猴桃-外调	陕西省	10月	九龙坡区永辉超市	2017年采样

KJELTEC 8400 全自动凯氏定氮仪,丹麦福斯公司;Specord Plus 紫外可见分光光度计,德国耶拿公司;7700X 电感耦合等离子体质谱仪,美国安捷伦公司;1260 高效液相色谱仪,美国安捷伦公司;XPE205 电子天平,瑞士梅特勒托利多公司.

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 样品处理

样品收集后,迅速剔除坏果,混合均匀后,一部分鲜样用于测定维生素 C、可溶性固形物等,2 h 内测定完毕,其余样品真空密封后于-21℃避光冷冻待测其余指标.

### 1.2.2 指标测定

蛋白质:采用 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》;总酸:采用 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》;铁、锌:采用 GB 5009.268-2016《食品中多元素的测定》第一法电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS);可溶性总糖:采用 NY/T 2742-2015《水果及制品可溶性糖的测定 3,5-二硝基水杨酸比色法》;花青素:采用 NY/T 2640-2014《植物源性食品中花青素的测定 高效液相色谱法》;总酚、类黄酮、可溶性固形物:参考《果蔬采后生理生化实验指导》<sup>[9]</sup>;维生素 C:参考李军的钼蓝比色法<sup>[10]</sup>.

### 1.2.3 统计分析方法

取 3 年采样数据的平均值进行统计分析.采用 Microsoft Excel 2010 软件统计处理数据,用 SPSS 19.0 软件进行相关性及因子分析.

数据无量纲化:因子分析前,按公式(1)对原始数据进行标准化处理.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (1)$$

式中,  $\bar{x}_j$ ,  $s_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) 分别为第  $j$  项指标的平均值和标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 伏淡季水果品质分析

19 种伏淡季水果 10 项果实内在品质性状及指标变异情况如表 2。

表 2 伏淡季水果果实内在品质性状及指标变异情况

名称	蛋白质/ g	维生素 C/ mg	铁/ mg	锌/ mg	花青素/ mg	类黄酮/ mg	总酚/ mg	可溶性总糖/ g	可溶性 固形物/%	糖酸比
S1	1.66	63.42	0.20	0.06	75.99	111.89	62.16	5.01	8.85	1.20
S2	1.25	37.21	0.82	0.11	68.96	110.04	67.37	2.85	11.05	7.39
S3	0.58	57.28	1.74	0.25	496.13	38.85	36.78	1.97	10.10	0.61
S4	1.14	59.13	0.78	0.11	162.76	159.24	128.11	4.70	12.95	1.79
L1	0.12	6.74	0.19	0.15	2.69	40.05	23.86	1.49	12.00	0.47
L2	0.49	7.35	0.18	0.11	6.96	76.67	43.14	2.63	12.50	0.55
L3	0.38	10.70	0.03	0.02	6.18	20.31	12.70	4.64	13.20	2.75
L4	0.54	13.90	0.00	0.00	7.55	27.11	15.99	5.03	11.30	5.17
X1	1.14	16.54	0.13	0.06	2.98	16.35	16.88	6.65	10.85	5.25
X2	0.57	11.48	0.24	0.08	1.00	13.44	17.40	0.96	6.60	0.66
X3	0.65	16.29	0.14	0.05	0.00	14.30	14.29	5.22	9.80	2.60
C1	0.83	65.50	0.61	0.08	19.09	22.47	26.63	6.39	8.53	10.31
C2	0.93	77.47	0.25	0.09	11.50	51.89	53.75	8.12	11.57	18.59
C3	0.79	74.04	0.02	0.06	24.22	25.76	31.34	5.98	9.69	8.05
M1	1.42	79.43	0.04	0.07	6.65	45.70	31.75	8.82	17.37	9.55
M2	1.07	90.44	0.04	0.04	5.50	33.73	28.31	6.83	14.27	6.68
M3	0.81	211.50	0.11	0.10	1.88	53.73	39.10	4.88	13.93	2.77
M4	1.35	145.29	0.30	0.06	2.66	54.55	37.04	10.22	18.00	12.78
M5	0.80	68.10	0.00	0.04	2.35	23.69	24.97	4.13	11.33	2.81
平均值	0.87	58.52	0.31	0.08	47.63	49.46	37.45	5.08	11.78	5.26
标准差	0.39	52.14	0.43	0.05	115.80	39.30	26.95	2.47	2.83	4.91
变异系数/%	45.18	89.11	139.42	67.43	243.12	79.46	71.96	48.57	23.98	93.38

注: 表中数据以每 100 g 计; 类黄酮质量分数以芦丁计, 总酚质量分数以没食子酸计。

果实花青素质量分数的变异系数最大(243.12%), 其中桑葚果实花青素质量分数较高, 经测定以矢车菊素为主, 这与 Zou 等<sup>[11]</sup>的研究结果一致, “桑葚-四季果桑”果实的花青素质量分数每 100 g 高达 496.13 mg, 而西瓜果实的花青素质量分数则较低, “西瓜-外调”果实中未检出花青素; 微量元素铁质量分数的变异系数也较大(139.42%), 桑葚果实中铁质量分数较高, “四季果桑”果实的铁质量分数每 100 g 高达 1.74 mg, 而“李-外调”“绿肉猕猴桃-外调”果实中未检出铁元素; 糖酸比及维生素 C 的变异系数也较大(93.38%, 89.11%), 糖酸比是影响伏淡季水果口味的重要因素, 其体现了水果酸甜平衡性, 草莓及红心猕猴桃果实的糖酸比较高, 其中“草莓-随株”果实糖酸比高达 18.59, 而“李-杏李”果实糖酸比仅为 0.47, 猕猴桃及草莓果实中维生素 C 质量分数较高, “绿肉猕猴桃-海沃德”果实中维生素 C 质量

分数每 100 g 高达 211.50 mg, 而李果实的维生素 C 质量分数较低, “李-杏李”果实中维生素 C 质量分数每 100 g 仅为 6.74 mg; 微量元素锌、类黄酮及总酚质量分数变异系数为 67.43%~79.46%, 其中桑葚果实的类黄酮及总酚质量分数较高, “桑葚-外调”果实中类黄酮及总酚质量分数每 100 g 分别高达 159.24 mg, 128.11 mg, 而西瓜果实中的类黄酮及总酚质量分数较低, “桑葚-四季果桑”果实中锌质量分数最高, 每 100 g 为 0.25 mg, 而“李-外调”果实中未检出锌元素; 蛋白质质量分数的变异系数为 45.18%, 桑葚及红心猕猴桃果实中的蛋白质质量分数较高, “桑葚-5801”果实中蛋白质质量分数每 100 g 高达 1.66 g, “李-歪嘴李”果实中蛋白质质量分数每 100 g 仅为 0.38 g; 可溶性总糖、可溶性固形物也是影响伏淡季水果口味的主要因素, 变异系数为 48.57%, 23.98%, 其中“红心猕猴桃-外调”果实中可溶性总糖及可溶性固形物质量分数均为最高, 分别为每 100 g 中含 10.22 g, 18.00%, 而李果实中的可溶性总糖质量分数较低, 西瓜果实中的可溶性固形物质量分数较低。

综上, 伏淡季水果果实内在品质 10 项指标均具有较大的变异系数, 指标选取具有代表性, 且 19 种伏淡季水果果实具有不同的品质特点, 10 项指标能较全面地反映重庆地区销售的主要淡季水果的内在品质。

## 2.2 鲜食果实各品质指标相关性分析

10 项果实内在品质指标的相关性分析见表 3, 可以看出各指标两两间存在不同的相关性, 45 对指标中有 7 对指标极显著相关( $p < 0.01$ )、4 对指标显著相关( $p < 0.05$ )。其中, 花青素与铁、锌质量分数呈极显著正相关, 这可能是由于花青素能与金属离子络合的原因, 金属离子提高了花青素的溶解性及稳定性, 且使得植物具有各样颜色<sup>[12-15]</sup>; 可溶性总糖质量分数与可溶性固形物质量分数、糖酸比呈极显著正相关, 这是因为水果可溶性固形物中主要包括可溶性糖、酸等, 而糖酸比则是可溶性总糖与总酸的比值; 此外, 铁质量分数与锌质量分数、类黄酮质量分数与总酚质量分数、蛋白质质量分数与可溶性总糖及类黄酮质量分数、维生素 C 质量分数与可溶性总糖及可溶性固形物质量分数之间均有正相关性, 且达到显著水平及以上; 而锌质量分数与可溶性总糖质量分数呈显著负相关, 说明锌元素质量分数高的伏淡季水果可溶性总糖质量分数低。上述指标虽有部分信息重叠, 但其余 34 对指标相关系数未超过 0.5, 10 项指标整体而言较为独立, 指标选取较为科学<sup>[16]</sup>。

表 3 伏淡季水果品质指标的相关性分析

指标	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1	1									
P2	0.419	1								
P3	0.014	-0.016	1							
P4	-0.208	0.042	0.806**	1						
P5	-0.024	-0.012	0.905**	0.763**	1					
P6	0.483*	0.133	0.327	0.232	0.244	1				
P7	0.448	0.186	0.401	0.280	0.315	0.943**	1			
P8	0.597**	0.487*	-0.322	-0.457*	-0.324	-0.067	-0.004	1		
P9	0.288	0.482*	-0.196	-0.117	-0.163	0.161	0.113	0.586**	1	
P10	0.390	0.346	-0.119	-0.234	-0.268	-0.093	0.017	0.777**	0.321	1

注: \*\* 表示  $p < 0.01$ , \* 表示  $p < 0.05$ , 差异有统计学意义。编号分别表示(以 100 g 计): P1. 蛋白质(g); P2. 维生素 C(mg); P3. 铁(mg); P4. 锌(mg); P5. 花青素(mg); P6. 类黄酮(以芦丁计, mg); P7. 总酚(以没食子酸计, mg); P8. 可溶性总糖(g); P9. 可溶性固形物(%); P10. 糖酸比。

## 2.3 伏淡季水果果实内在品质的因子分析

### 2.3.1 数据标准化

为保证指标之间的可对比性, 需对原始数据进行无量纲化处理, 未检出的数据按 0 计算, 标准化后形成的数据矩阵见表 4。

表 4 伏淡季水果 10 项品质指标的数据无量纲化值

样品编号	蛋白质	维生素 C	铁	锌	花青素	类黄酮	总酚	可溶性总糖	可溶性固形物	糖酸比
S1	2.01	0.09	-0.25	-0.47	0.24	1.59	0.92	-0.03	-1.04	-0.83
S2	0.96	-0.41	1.21	0.45	0.18	1.54	1.11	-0.90	-0.26	0.43
S3	-0.73	-0.02	3.37	3.10	3.87	-0.27	-0.03	-1.26	-0.60	-0.95
S4	0.68	0.01	1.11	0.51	0.99	2.79	3.36	-0.16	0.41	-0.71
L1	-1.91	-0.99	-0.28	1.30	-0.39	-0.24	-0.50	-1.46	0.08	-0.97
L2	-0.96	-0.98	-0.30	0.58	-0.35	0.69	0.21	-0.99	0.25	-0.96
L3	-1.24	-0.92	-0.64	-1.20	-0.36	-0.74	-0.92	-0.18	0.50	-0.51
L4	-0.84	-0.86	-0.72	-1.48	-0.35	-0.57	-0.80	-0.02	-0.17	-0.02
X1	0.68	-0.80	-0.42	-0.41	-0.39	-0.84	-0.76	0.64	-0.33	0.00
X2	-0.76	-0.90	-0.16	0.01	-0.40	-0.92	-0.74	-1.67	-1.83	-0.94
X3	-0.56	-0.81	-0.39	-0.49	-0.41	-0.89	-0.86	0.06	-0.70	-0.54
C1	-0.09	0.13	0.71	-0.02	-0.25	-0.69	-0.40	0.53	-1.15	1.03
C2	0.15	0.36	-0.13	0.17	-0.31	0.06	0.60	1.23	-0.08	2.71
C3	-0.21	0.30	-0.67	-0.36	-0.20	-0.60	-0.23	0.36	-0.74	0.57
M1	1.41	0.40	-0.62	-0.23	-0.35	-0.10	-0.21	1.52	1.98	0.87
M2	0.51	0.61	-0.64	-0.75	-0.36	-0.40	-0.34	0.71	0.88	0.29
M3	-0.15	2.93	-0.46	0.40	-0.40	0.11	0.06	-0.08	0.76	-0.51
M4	1.23	1.66	-0.01	-0.36	-0.39	0.13	-0.02	2.08	2.20	1.53
M5	-0.17	0.18	-0.72	-0.75	-0.39	-0.66	-0.46	-0.39	-0.16	-0.50

### 2.3.2 因子分析适宜性判断

因子分析前还需确定待分析的原有若干变量是否适合做因子分析, 进行 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)及 Bartlett 球形度检验<sup>[17]</sup>. 取样足够度的 KMO 度量为 0.549, 大于最低标准 0.5, 适合做因子分析; Bartlett 球形度检验近似卡方值为 134.675, 在自由度为 45 时, 拒绝单位相关阵的原假设, P 值为 0.000 (小于 0.001), 适合做因子分析.

### 2.3.3 构造因子变量

以 19 个样本的 10 个指标构成  $10 \times 19$  的矩阵, 进行因子分析, 并利用旋转法使因子变量更具可解释性, 各成分旋转前后的特征值、方差贡献率等如表 5. 结果显示前 3 个主成分的特征根大于 1, 累计贡献率达到 78.292%, 大于最低标准 70%<sup>[17]</sup>, 故选取前 3 个公共因子代表原始数据的大部分信息.

表 5 旋转前后的主成分列表

成份	初始特征值			旋转平方和载入		
	特征根	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%	特征根	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	3.536	35.363	35.363	2.799	27.993	27.993
2	2.955	29.550	64.913	2.792	27.916	55.909
3	1.338	13.380	78.292	2.238	22.384	78.292
4	0.830	8.295	86.588			
5	0.539	5.390	91.977			
6	0.444	4.436	96.414			
7	0.194	1.939	98.352			
8	0.092	0.924	99.277			
9	0.047	0.470	99.747			
10	0.025	0.253	100.000			

各成分的碎石图如图 1。结合特征根曲线的拐点及特征值,可以从图上看,前 3 个主成分的折线坡度较陡,而后面趋于平缓,这也从侧面说明了提取前 3 个主成分为宜。

旋转前后的因子载荷如表 6。经过旋转,指标维生素 C、可溶性糖、可溶性固形物、糖酸比在因子 1 上有较大载荷,这些指标大多和伏淡季水果酸甜的风味有关,维生素 C 除营养功能外也具有酸的性质,故因子 1 可称为风味因子;铁、锌、花青素在因子 2 上有较大载荷,微量元素铁、锌与花青素经常以络合物的形式存在,3 项指标有很大的正相关性,故因子 2 可称为色素因子;蛋白质、类黄酮和总酚在因子 3 上有较大载荷,代表伏淡季水果主要的功能性营养成分,故因子 3 可称为功能因子。

表 6 旋转前后的因子载荷及得分系数矩阵

指标	成份矩阵			旋转成份矩阵			得分系数矩阵		
	成份 1	成份 2	成份 3	成份 1	成份 2	成份 3	成份 1	成份 2	成份 3
蛋白质	-0.352	0.737	-0.183	0.579	-0.119	0.592	0.147	-0.067	0.254
维生素 C	-0.344	0.574	0.350	0.735	0.127	0.117	0.307	0.137	-0.054
铁	0.788	0.410	0.349	-0.075	0.931	0.195	0.072	0.361	-0.038
锌	0.794	0.262	0.397	-0.145	0.912	0.057	0.058	0.366	-0.098
花青素	0.789	0.338	0.372	-0.108	0.920	0.128	0.065	0.363	-0.067
类黄酮	0.292	0.749	-0.564	-0.003	0.162	0.969	-0.103	-0.086	0.481
总酚	0.307	0.790	-0.453	0.066	0.249	0.925	-0.057	-0.032	0.435
可溶性糖	-0.799	0.442	0.257	0.895	-0.314	0.006	0.326	-0.014	-0.061
可溶性固形物	-0.483	0.465	0.198	0.682	-0.100	0.118	0.253	0.032	-0.010
糖酸比	-0.609	0.369	0.367	0.785	-0.134	-0.087	0.317	0.064	-0.125

注:旋转方法为具有 Kaiser 标准化的正交旋转法,旋转在 5 次迭代后收敛。

## 2.4 伏淡季水果果实内在品质的综合评价

旋转后各因子的得分系数如表 6。通过各因子的得分系数,计算前 3 个公因子的得分  $F_1, F_2, F_3$ ,以旋转后各公因子的贡献率为权重,建立重庆地区销售的主要伏淡季水果果实内在品质综合得分  $Q$  的模型:

$$Q = (27.993F_1 + 27.916F_2 + 22.384F_3) / 78.292$$

利用该模型计算 19 种伏淡季水果果实内在品质的综合得分,并进行优良排序,结果如表 7。重庆地区销售的主要伏淡季水果果实内在品质综合得分排序依次为“桑葚-四季果桑”“桑葚-外调”“红心猕猴桃-外调”“草莓-随株”“桑葚-大十”“红心猕猴桃-红阳”“绿肉猕猴桃-海沃德”“桑葚-5801”“红心猕猴桃-东红”“草莓-红颜”“草莓-外调”“西瓜-早佳 8424”“李-青脆李”“绿肉猕猴桃-外调”“李-杏李”“西瓜-外调”“李-外调”“李-歪嘴李”“西瓜-超京欣”。比较 19 种伏淡季水果的 3 个公因子,“桑葚-四季果桑”在因子 2(色素因子)上有明显优势,该品种在因子 2 中主要包含的微量元素及花青素质量分数等指标上表现十分优良;“桑葚-外调”在因子 3(功能因子)上有较明显优势,在因子 2 中也排序第二,该品种在因子 3 中主要包含的类黄酮、总酚质量分数等 3 项指标上表现优异,花青素质量分数等也较高;“红心猕猴桃-外调”在因子 1(风味因子)上有较明显优势,该品种在因子 1 中主要包含的可溶性糖、可溶性固形物、糖酸比等 4 项指标上表现优良,风味较为突出;“草莓-随株”的 3 个公因子排名均较高,在 10 项内在品质指标中表现均较优异;“桑葚-大十”第 2,3 个公因子排名均靠前,在色素因子及功能因子主要包含的 6 项指标中均表现较优良;而“西瓜-超京欣”“李-歪嘴李”“李-外调”“西瓜-外调”“绿肉猕猴桃-外调”的 3 个公因子排名均较低,10 项指标表现均不理想。

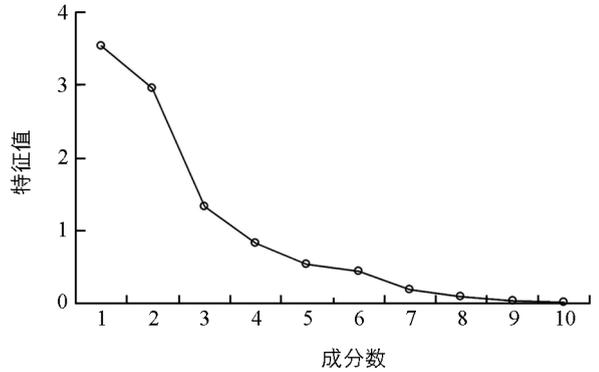


图 1 各成分的碎石图

表 7 各因子得分及伏淡季水果果实内在品质综合排序

样品编号	F1	排序	F2	排序	F3	排序	Q	综合排序
S1	-0.456	13	-0.545	16	1.821	2	0.163	8
S2	-0.304	10	0.413	3	1.391	3	0.436	5
S3	-0.274	9	3.764	1	-0.815	19	1.011	1
S4	-0.373	12	0.528	2	2.913	1	0.888	2
L1	-1.267	18	0.223	6	-0.646	15	-0.558	15
L2	-1.102	17	-0.199	9	0.388	4	-0.354	13
L3	-0.568	15	-0.762	18	-0.788	18	-0.700	18
L4	-0.497	14	-0.920	19	-0.586	13	-0.673	17
X1	0.028	8	-0.521	15	-0.474	12	-0.311	12
X2	-1.596	19	-0.267	10	-0.639	14	-0.848	19
X3	-0.603	16	-0.496	13	-0.740	17	-0.604	16
C1	0.364	6	0.276	4	-0.692	16	0.031	10
C2	1.316	3	0.069	7	-0.093	8	0.469	4
C3	0.164	7	-0.324	11	-0.470	11	-0.191	11
M1	1.543	2	-0.365	12	0.046	5	0.435	6
M2	0.758	5	-0.503	14	-0.209	9	0.032	9
M3	0.832	4	0.230	5	-0.050	7	0.365	7
M4	2.354	1	-0.003	8	0.000	6	0.841	3
M5	-0.321	11	-0.597	17	-0.357	10	-0.430	14

根据 19 种伏淡季水果果实内在品质的综合得分, 计算各类伏淡季水果的平均得分, 对重庆地区销售的主要伏淡季水果进行总体评价, 结果如表 8. 可以看出, 桑葚果实的内在品质平均得分最高, 这是由于桑葚的色素因子及功能因子平均得分较高所致, 其次是红心猕猴桃、草莓、绿肉猕猴桃、李及西瓜. 外调桑葚果实的内在品质优于本地桑葚的平均值, 这主要是由于外调桑葚类黄酮及总酚质量分数较高, 本地“桑葚-5801”的色素因子得分较低; 外调红心猕猴桃的内在品质优于本地红心猕猴桃的平均值, 这主要是由于外调红心猕猴桃风味因子包含的可溶性总糖、糖酸比、维生素 C 等指标更优, 且本地红心猕猴桃的铁元素质量分数较低; 而本地草莓、绿肉猕猴桃果实的内在品质优于外调, 这主要是由于本地草莓、绿肉猕猴桃果实的风味因子及色素因子平均得分更高; 本地李果实的内在品质优于外调, 这主要是由于本地李果实的微量元素、类黄酮及总酚平均质量分数更高; 本地西瓜果实的内在品质优于外调, 这主要是由于本地“西瓜-早佳 8424”各项内在品质指标较优, 且本地西瓜果实色素因子主要包含的微量元素、花青素的质量分数更高.

表 8 伏淡季水果果实内在品质总体评价

名称	平均得分	本地得分	外地得分
桑葚	0.63	0.54	0.89
红心猕猴桃	0.44	0.23	0.84
草莓	0.10	0.25	-0.19
绿肉猕猴桃	-0.03	0.37	-0.43
李	-0.57	-0.54	-0.67
西瓜	-0.59	-0.58	-0.60

### 3 结 论

该研究利用因子分析法,对 19 种重庆地区销售的主要伏淡季水果果实内在品质进行综合评价. 提取出特征根均大于 1 的 3 个公因子,最大程度地保留了伏淡季水果果实内在品质的原始信息(累计方差贡献率达 78.292%),其中第 1 公因子(风味因子)方差贡献率 27.993%,主要含糖酸比、可溶性固形物、可溶性糖及维生素 C 等指标;第 2 公因子(色素因子)方差贡献率 27.916%,主要包含铁、锌及花青素等指标;第 3 公因子(功能因子)方差贡献率 22.384%,主要包含蛋白质、类黄酮及总酚等指标. 经综合评价模型对 19 种伏淡季水果果实内在品质得分进行优良排序,筛选得到“桑葚-四季果桑”“桑葚-外调”“红心猕猴桃-外调”“草莓-随株”“桑葚-大十”“红心猕猴桃-红阳”“绿肉猕猴桃-海沃德”等内在品质优良的伏淡季水果品种,该评价方法客观、高效,能较好地应用于农产品品质综合评价中.

此外,在重庆地区销售的主要伏淡季水果中,桑葚、红心猕猴桃、草莓的内在品质较优,其风味及营养价值较高,推荐市民消费并建议大面积推广种植;而本地草莓、绿肉猕猴桃、李及西瓜果实的内在品质与同期外调品种相比更佳,这可能是因为本地伏淡季水果由于采摘时成熟度较高、采后运输距离短、周转次数少,果实在维生素 C、糖酸比等鲜活性指标方面优势更大,而外调伏淡季水果由于目前常用的贮运方式则会在一定程度上损失果实的内在品质.

综上,建议重庆市发展推广“桑葚-四季果桑”“桑葚-大十”“草莓-随株”“红心猕猴桃-红阳”“绿肉猕猴桃-海沃德”“李-青脆李”“西瓜-早佳 8424”等内在品质较优的伏淡季水果品种,并积极研发相应配套的采后贮运保鲜、加工综合利用等技术;为最大限度地保持农产品的鲜活性,除提高采后贮运技术外,还可在目标消费市场周边发展农产品基地,就地供应当季、完熟鲜活农产品.

### 参考文献:

- [1] 赵智慧,周俊义. 果树果实内在品质形成及评价方法研究进展 [J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(S1): 111-114.
- [2] 李佳益,龚无缺,杨静慧,等. 温室中 7 个樱桃品种果实内在品质比较 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(7): 25-30.
- [3] MAULIÓ N E, ARROYO L E, DAORDEN M E, et al. Performance Profiling of *Prunus Persica* (L.) Batsch Collection and Comprehensive Association among Fruit Quality, Agronomic and Phenological Traits [J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 198: 385-397.
- [4] ZANDKARIMI H, TALAIE A, FATAHI R, et al. Evaluation of Some Lime and Lemon Accessions by using Morphological Characterization in Hormozgan Province (Iran) [J]. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 2011, 78(4): 615-616.
- [5] 古丽尼沙·卡斯木,木合塔尔·扎热,张东亚,等. 基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价 [J]. 食品科学, 2018, 39(1): 99-104.
- [6] 陈 辰,郭顺堂,李景妍,等. 不同品种大豆加工豆浆的品质分析及评价模型 [J]. 农业工程学报, 2018, 34(8): 291-302.
- [7] HORVAT D, MAGDI D, DREZNER G, et al. Factor Analysis and Modelling for Rapid Quality Assessment of Croatian Wheat Cultivars with Different Gluten Characteristics [J]. *Food Technology and Biotechnology*, 2008, 46(3): 270-277.
- [8] 王 晖,陈 丽,陈 昱,等. 多指标综合评价方法及权重系数的选择 [J]. 广东药学院学报, 2007, 23(5): 583-589.
- [9] 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.
- [10] 李 军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C [J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42-45.
- [11] ZOU T B, WANG D L, GUO H H, et al. Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Anthocyanins from Mulberry and Identification of Anthocyanins in Extract Using HPLC-ESI-MS [J]. *Journal of Food Science*, 2012, 77(1): C46-C50.
- [12] SHOJI K, MIKI N, NAKAJIMA N, et al. Perianth Bottom-Specific Blue Color Development in Tulip Cv. *Murasaki-zuisho* Requires Ferric Ions [J]. *Plant and Cell Physiology*, 2006, 48(2): 243-251.

- [13] MORI M, KONDO T, TOKI K, et al. Structure of Anthocyanin from the Blue Petals of *Phacelia Campanularia* and Its Blue Flower Color Development [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67(6): 622-629.
- [14] 赖剑峰. 桑椹酒发酵过程中花青素的生物转化研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
- [15] 谢岩黎, 王 威, 朱晓路. 黑豆皮中花青素与铁离子的相互作用 [J]. *食品科学*, 2018, 39(12): 73-78.
- [16] 张发明. 综合评价基础方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [17] 武 松, 潘发明. SPSS 统计分析大全 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.

## Comprehensive Evaluation of Internal Quality in Off-Season Fruit

LI Xue, LIU Jian-fei, ZHANG Ling,  
LIANG Ye-xing, YANG Shi-xiong, ZHANG Xue-mei,  
ZENG Zhi-hong, ZHANG Huan-huan

*Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China*

**Abstract:** In order to provide a scientific basis for the development of off-season fruit industry in Chongqing, an experiment was made, in which 19 locally produced and imported off-season fruits involving mulberry, plum, watermelon, strawberry and kiwifruit were used as the test materials. Ten indexes of their intrinsic quality were recorded and were used for variability and correlation analyses. Then factor analysis was used to reduce the dimension of the indexes and extract the common factors whose characteristic root was greater than one. Finally, a comprehensive evaluation model of internal quality in off-season fruit was established to assess the test materials. The results showed that the coefficients of variation (CV) of the 10 indexes were all relatively large (23.98%~243.12%), the add-up variance contribution rate of the three extracted common factors (flavor factor, pigment factor and function factor) was 78.292%, indicating that the evaluation method was reliable. According to their comprehensive scores, the local varieties of “Four-Seasons mulberry”, “Dashu mulberry”, “Suizhu strawberry”, “Red-Sun Red-Heart kiwifruit”, “Hayward Green-Fleshed kiwifruit”, “Green-Crisp plum”, and “Zaojia-8424 watermelon” were selected and recommended.

**Key words:** Chongqing; off-season fruit; factor analysis; internal quality; comprehensive evaluation

责任编辑 周仁惠