

# 苹果果实品质主要评价指标的选择

董月菊 张玉刚 梁美霞 戴洪义

(青岛农业大学 园林园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘要:** 为了确定苹果果实品质主要评价指标, 分析测定了富士、国光、新世界等 58 个品种的单果重、果形指数、果肉硬度、可溶性固形物、可滴定酸、pH、维生素 C、类胡萝卜素、固酸比等 9 个品质指标。对 58 个品种果实品质性状的变异情况及性状间的相关性进行了分析研究, 采用主成分分析法将 9 个随机变量压缩成 6 个综合变量, 再通过系统聚类分析和相关性分析相结合的办法最终确定了苹果果实评价的主要指标。结果表明: 苹果果实性状变异系数的分布范围很广, 为 5.70% ~ 77.80%。单果重、硬度、维生素 C、类胡萝卜素是决定果实品质的重要成分, 对果实品质起主要作用。苹果 9 个品质指标之间存在着相对独立性和密切相关性, 维生素 C 与可滴定酸呈极显著负相关, 与单果重呈显著正相关, 类胡萝卜素与可滴定酸呈显著负相关, 与固酸比呈极显著正相关。综上所述, 最终确定单果重、果形指数、果肉硬度、可溶性固形物、可滴定酸为 5 个具有代表性的品质评价指标, 它们可以反映苹果品质的绝大部分信息。

**关键词:** 苹果; 品质; 评价; 主成分分析; 系统聚类分析

中图分类号: S661.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0074-06

## Selection of Main Indexes for Evaluating Apple Fruit Quality

DONG Yue-ju ZHANG Yu-gang LIANG Mei-xia DAI Hong-yi

(College of Landscaping and Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** For ascertaining the main evaluation factors of apple fruit, nine quality index were measured of fifty-eight varieties. The index included mean individual fruit weight (MIFW), fruit shape index (FSI), flesh rigidity (FR), total soluble solids content (TSS), titratable acid content (TA), pH, vitamin C content, carotenoids, the ratio of sugar acid (RSA). These data were analyzed by variation, correlation analysis, principal component analysis and system cluster analysis. 58 varieties of fruit quality were analyzed by variation correlation, nine index were compressed into six integrated variables using principal component analysis. Final main evaluation indicators of apple fruit were determined by using cluster analysis and correlation analysis. The results indicated that the range of variation coefficient was from 5.7% to 77.8%. Mean individual fruit weight, flesh rigidity, vitamin C, carotenoids were the important components of fruit quality, playing a major role on fruit quality. These nine index were closely related and the relatively independent. Vitamin C was significantly and negatively correlated with titratable acid content and was significantly and positively related to mean individual fruit weight. Carotenoids was significantly and negatively correlated with titratable acid content and was significantly and positively related to the ratio of sugar acid. Based on the above results, five representative index were assured for evaluating fruit quality, that is fruit weight, fruit shape index, flesh firmness, contents of total soluble solids, and content of titratable acid, which could reflect the most information of apple fruit quality.

**Key words:** Apple; Fruit quality; Evaluation; Principal component analysis; Systematic cluster analysis

果实品质是决定果品市场竞争力的主要因素, 但影响果实品质的因素很多, 包括感官品质、风味品质和营养品质等, 各因素之间存在密切相关性或相

对独立性, 且大量指标的测定比较繁琐, 给综合评价带来一定的难度<sup>[1, 2]</sup>。因此, 寻求一种简便评价果实品质的方法是当前的一项重要任务, 且对于果品

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 国家现代苹果产业技术体系项目 (nycyt-8-4-07); 山东良种产业化工程项目; 国家“十一五”科技支撑计划 (2008BAD92B01)

作者简介: 董月菊 (1984-), 女, 山东济宁人, 在读硕士, 主要从事果树育种与生物技术方面的研究。

通讯作者: 戴洪义 (1956-), 男, 山东招远人, 教授, 硕士, 主要从事果树育种与生物技术方面的研究。

品质与果品的形态指标是否有相关性,其相关程度大小也是园艺界关心的问题之一<sup>[3]</sup>。鲍江峰等<sup>[4]</sup>采用主成分分析法对脐橙品质评价因子的选择进行了研究,樊丁宇等<sup>[5]</sup>用主成分分析和聚类分析对新疆杏的评价指标进行了选择,徐强等<sup>[6]</sup>对加工型黄爪的品质进行了分析,田瑞等<sup>[1]</sup>运用多元统计和系统聚类分析,确定单果重、可溶性固形物、糖酸比、可滴定酸、果肉硬度为5个具有代表性的品质评价因子。张海英等<sup>[7]</sup>研究确定单果重、硬度、水分含量、固酸比和风味作为桃果实品质评价的因子。尽管人们对苹果的主要果实性状的遗传规律进行了较多的研究<sup>[8-9]</sup>,但涉及品质性状的简化和评价因子选择的研究却较少。魏钦平等<sup>[10]</sup>对4个苹果品种进行了品质评价因素的选择,认为各苹果品种评价因子不尽相同。本试验在多年观察比较的基础上,选择具有代表性的58个苹果品种,对其基本指标进行测定,针对9个品质性状进行了主成分分析和系统聚类分析,以为苹果果实品质的基本评价指标的确定提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2009-2010年在青岛农业大学果树育种实验室进行。鲁加1~6号、福丽、福星、福艳、福早红、福瑞<sup>[11]</sup>采自青岛农业大学莱阳校区果树实验站,其他苹果品种采自莱西良种繁育场。根据不同品种果实的成熟期进行采样,所有品种的果实均在成熟度为十成熟(最佳可食性)时采样。指标测定时,随机取用50个果实进行测定。数据计算采用Excel,数据分析采用DPS数据统计分析软件进行。

表1 不同苹果品种的果实品质性状

Tab. 1 Fruit quality characteristics of apple in different varieties

品种 Variety	单果重/g MFW	果形 指数 FSI	硬度 (kg/cm <sup>2</sup> ) FR	可溶性 固形物 TSS( Brix)	可滴定 酸/% TA	固酸比 RSA	pH 值 pH value	类胡萝卜素 /( mg/100g) Carotenoids	维生素 C /( mg/100g) Vc
福早红 Fuzaohong	161.7	0.75	10.1	11.9	0.11	108.2	4.51	0.538	8.742 3
鲁加4号 Lujia 4	154.5	0.82	9.2	12.2	0.722	16.9	3.55	0.347	5.847 1
鲁加2号 Lujia 2	78.4	0.89	9.4	12.0	0.432	27.7	3.61	0.384	4.349 1
鲁加1号 Lujia 1	84.7	0.87	11.0	12.3	0.777	15.8	3.07	0.354	0.548 6
福丽 Fuli	221.8	0.81	11.0	16.3	0.119	136.6	4.10	0.987	5.129 0
福星 Fuxing	196.6	0.80	11.0	13.7	0.222	61.6	3.98	0.229	5.517 1
鲁加6号 Lujia 6	139.7	0.85	8.6	10.5	0.715	14.7	3.67	0.076	4.422 3
鲁加3号 Lujia 3	164.4	0.82	9.9	12.9	0.585	22.0	2.89	0.446	2.768 3
鲁加5号 Lujia 5	210.0	0.84	7.9	14.9	0.822	18.2	3.66	0.165	3.981 8
福艳 Fuyan	189.6	0.78	7.5	12.9	0.098	131.1	4.37	0.734	8.555 6
福瑞 Furui	153.9	0.92	8.3	14.0	0.297	47.3	3.76	0.231	3.338 9
变异元帅 mutation delicious	195.5	0.81	8.8	12.5	0.317	39.4	3.69	0.271	5.627 4
藤牧一号 Matol	158.1	0.84	8.9	11.8	0.457	19.5	3.44	0.337	4.984 3
詹姆斯格里斯 James Grieve	167.8	0.84	7.8	11.2	0.958	8.2	2.90	0.233	1.444 8
夏香 Xiaxiang	215.2	0.83	7.8	12.1	0.372	21.1	3.56	0.346	8.359 7

1.2 仪器设备

精密酸度计( LE420pH 电极 梅特勒-托利多仪器有限公司);飞利浦榨汁机( HR1861 型,珠海经济区飞利浦家庭电器有限公司);自动电位滴定仪( T50,梅特勒-托利多仪器有限公司);电子天平;全自动测色色差仪( TCP2 北京市奥依克仪器公司)等。

1.3 方法

单果重:电子天平测定;果形指数:游标卡尺测定果实的纵经和横径;果实硬度:GY-1 型果实硬度计进行测定;可溶性固形物含量:手持折光仪测定;可滴定酸含量:采用DL50 型全自动电位滴定仪滴定法测定<sup>[12]</sup>;固酸比:利用测定的可溶性固形物的含量除以可滴定酸的含量得到的比值即为固酸比,测定20个果实,最后取平均值;pH值的测定:用精密pH计测各苹果品种鲜榨果汁的pH值,每个样品3次重复,最后取其平均值;类胡萝卜素:参照番木瓜中类胡萝卜素的提取测定<sup>[13]</sup>和计算<sup>[14]</sup>,测定重复3次,最后取平均值;维生素C含量:自动电位滴定法<sup>[15]</sup>,每个品种测定重复3次,最后取平均值。

2 结果与分析

2.1 不同苹果品种品质指标比较

不同苹果品种品质分析结果见表1。从表1可以看出:苹果品种主要果实品质性状的变异较大,其中品种间果形指数的变异系数最小,为5.7%,由此说明果形指数具有较为稳定的遗传性,而固酸比的变异幅度最大,变异系数达77.8%,其次是维生素C和可滴定酸,其他指标变异系数为13%~45%,由此说明苹果果实品质性状具有丰富的遗传多样性和选择潜力。

续表 1:

品种 Variety	单果重/g MFW	果形 指数 FSI	硬度 ( kg/cm <sup>2</sup> ) FR	可溶性 固形物 TSS( Brix)	可滴定 酸/% TA	固酸比 RSA	pH 值 pH value	类胡萝卜素 /( mg/100g) Carotenoids	维生素 C /( mg/100g) Vc
捷巴 Jieba	166.5	0.79	8.3	12.8	0.860	9.7	3.01	0.210	1.463 1
贝尔普斯 Beierpusi	165.1	0.80	7.3	11.5	1.177	6.2	2.87	0.327	1.652 1
金红 Jinhong	97.1	0.91	9.4	12.0	0.831	11.3	3.09	0.384	2.172 5
嘎啦 Gala	150.4	0.85	10.9	11.8	0.300	36.2	3.65	0.479	8.608 1
金帅 Golden delicious	149.8	0.87	9.1	10.9	0.404	22.5	3.94	0.414	1.449 3
瑞丹 Judnine	161.1	0.74	8.5	11.7	0.672	17.4	3.57	0.325	0.597 5
乔纳金 Jonagold	267.4	0.89	9.3	11.9	0.544	21.9	3.28	0.300	0.762 5
瑞林 Judelin	134.7	0.93	8.2	8.9	0.534	16.7	4.12	0.538	2.734 7
新红星 Starkrimson	180.6	0.88	9.5	11.8	0.261	45.2	3.70	0.718	10.509 9
邦扎 Bangzha	121.7	0.86	7.1	9.7	0.870	11.2	3.00	0.444	6.195 1
俄矮二号 Oregon Spur 2	400.9	0.79	7.2	12.9	0.255	50.6	3.82	0.271	10.246 1
早生富士 Early Fuji	253.6	0.78	8.6	11.1	0.412	26.9	3.41	0.311	6.866 5
栽培一号 Cultivation 1	229.2	0.82	9.9	10.9	0.333	32.7	3.63	0.356	9.664 5
王林 Wanglin	200.3	0.91	9.1	12.0	0.417	28.8	3.50	0.265	7.082 6
红光 Hongguang	167.8	0.77	6.3	12.0	0.741	16.2	3.00	0.334	4.625 2
红晕 Hongyun	165.6	0.82	9.4	11.8	0.298	39.6	3.73	0.230	6.624 2
塔斯坎 Tuscan	141.6	0.74	9.5	13.2	0.575	23.0	3.00	0.324	6.060 6
特拉蒙 Telamon	151.9	0.80	10.2	11.3	0.599	18.9	3.05	0.763	4.093 4
富士 Fuji	248.8	0.81	10.0	12.8	0.308	41.6	3.65	0.272	6.374 7
红短枝 Red spur	257.3	0.82	10.0	10.5	0.300	34.9	3.74	0.397	9.032 3
兴红 Xinghong	182.8	0.89	6.9	12.7	0.655	19.4	3.36	0.332	3.897 2
尤他卡 Youtaka	357.1	0.79	7.7	12.7	0.208	61.2	5.94	0.496	7.569 9
上林 Chanteline	117.3	0.88	7.0	12.2	0.550	22.1	3.24	0.236	6.130 1
静香 Jingxiang	247.5	0.85	7.5	12.5	0.415	30.2	3.40	0.184	2.293 0
格劳斯特 Gelaosite	257.2	0.80	6.9	11.5	0.666	17.2	3.37	0.336	2.559 4
陆奥 Mutsu	208.2	0.85	11.2	12.2	0.702	17.3	3.25	0.374	3.183 5
阿斯 Asi	230.6	0.85	8.1	11.8	0.285	41.3	3.74	0.320	7.127 2
安塔略 Antalue	166.2	0.70	7.5	10.0	1.104	9.0	2.80	0.324	3.806 3
艳红 Yanhong	233.6	0.85	6.8	11.7	0.200	58.4	3.99	0.314	5.437 6
阿佩克斯 Apeikesi	233.9	0.82	7.5	11.2	0.198	56.3	3.77	0.303	8.584 3
秋锦 Qiujin	221.7	0.82	10.2	15.7	0.277	56.8	4.03	0.405	6.310 8
银红 Yin hong	223.2	0.84	8.5	10.1	0.291	34.7	3.72	0.299	7.662 1
长富 2 号 Nagafu 2	147.0	0.79	10.2	13.4	0.451	29.7	3.41	0.278	3.547 2
红冠 Richard	242.5	0.80	8.2	11.4	0.251	45.5	3.90	0.350	7.328 7
北海道 9 号 Hac 9	202.6	0.85	10.1	13.4	0.664	20.2	3.23	0.207	3.516 0
秦冠 Qinguan	125.4	0.80	10.7	11.4	0.347	32.9	3.84	0.504	11.488 6
香红 Xianghong	152.6	0.76	10.0	13.0	0.806	16.1	3.21	0.248	6.149 6
阳光 Yangguang	225.9	0.87	9.6	17.9	0.518	34.6	3.48	0.294	6.428 6
金矮生 Golden spur	243.3	0.89	9.4	14.9	0.627	23.7	3.38	0.343	3.697 5
澳洲青苹 Granny Smith	186.1	0.86	10.3	13.1	0.728	18.0	2.91	0.282	1.062 1
国光 Rall Janet	161.6	0.79	10.5	15.0	0.699	21.4	3.24	0.247	3.829 4
新世界 Sinsekai	225.5	0.82	10.4	13.9	0.297	46.7	3.75	0.195	9.789 0
变异系数 Coefficient of variation	30.5	5.7	14.2	13.5	50.1	77.8	14.2	44.0	52.3

注: 变异系数为:  $CV = S/X \times 100\%$  ,CV 为变异系数 S 为标准差 ,X 为所有品种平均值。  
Note: Coefficient of variation:  $CV = S/X \times 100\%$  ,CV is coefficient of variation S is stand for standard deviation X is mean value.

2.2 苹果品种果实品质性状相关性分析

苹果品种果实品质性状的相关性分析结果见表 2。从表 2 可以看出 ,单果重和 pH 呈极显著正相关 ,与固酸比、维生素 C 呈显著正相关 ,与可滴定酸呈极显著负相关;果形指数与其他指标相关性不明显;硬度与可溶性固形物呈显著正相关;可溶性固形物含量与固酸比呈显著正相关;可滴定酸与固酸比、pH、维生素 C 呈极显著负相关 ,与类胡萝卜素呈显著负相关;固酸比与 pH、维生素 C、类胡萝卜素呈极显著正相关;pH 与维生素 C 呈极显著正相关 ,与类

胡萝卜素呈显著正相关;维生素 C 与 pH、固酸比呈极显著正相关 ,与可滴定酸呈极显著负相关 ,与单果重呈显著正相关;类胡萝卜素与可滴定酸呈显著负相关 ,与固酸比呈极显著正相关 ,与 pH 呈显著正相关。综上所述可知 ,在 58 个供试样品中 ,存在着果实越大 ,维生素 C 含量越高 ,固酸比越高;在果实品质方面 ,维生素 C 和类胡萝卜素含量越高 ,而可滴定酸含量越低 ,pH、固酸比含量越高。综上所述 ,果实个大则风味和营养表现更为优良。

表 2 苹果品种主要果实性状相关性分析

Tab.2 Correlation of apple main quality characteristics in different varieties

指标 Index	单果重 MIFW	果形指数 FSI	硬度 FR	可溶性 固形物 TSS	可滴定酸 TA	固酸比 RSA	pH	维生素 C Vc	类胡萝卜 素 Carotenoids
单果重 MIFW	1	-0.16	-0.20	0.14	-0.41**	0.30*	0.44**	0.32*	-0.05
果形指数 FSI		1	0.01	0.01	-0.04	-0.19	-0.03	-0.19	-0.06
硬度 FR			1	0.28*	-0.17	0.13	0.00	0.06	0.21
可溶性固 形物 TSS				1	-0.11	0.29*	0.03	-0.02	-0.03
可滴定酸 TA					1	-0.75**	-0.72**	-0.64**	-0.32*
固酸比 RSA						1	0.66**	0.46**	0.55**
pH							1	0.46**	0.31*
维生素 C Vc								1	0.22
类胡萝卜 素 Carotenoids									1

注: \*\* . 表示 0.01 显著水平上的相关性; \* . 表示 0.05 显著水平上的相关性。  
Note: \*\* . Significant at 0.01 level; \* . Significant at 0.05 level.

2.3 主成分分析

主成分分析能将许多相关的随机变量压缩成少量的综合指标,但又能反映原来较多因素的信息<sup>[16]</sup>。将表 1 中果实品质指标进行主成分分析,结果表明(表 3):苹果的诸品质因素中,前 6 个主成分的累计贡献率达到 91.27%,符合前 r 个主成份累计贡献率为 90% 以上的分析要求及实行简化评价因素的要求<sup>[10,17]</sup>。决定第 1 主成分大小的主要是可滴定酸、固酸比、pH,这表明苹果果实的内在品质状况在品质评价中具有最为重要的作用;决定第 2 主成分大小的主要是单果重、硬度;决定第 3 主成分大小的主要是可溶性固形物、类胡萝卜素和单果重;果

形指数决定第 4 主成分的大小;硬度、维生素 C 含量、类胡萝卜素含量决定第 5 主成分的大小;第 6 主成分的大小主要由单果重、硬度和维生素 C 含量决定。单果重同时出现在第 2、3、6 主成分中,硬度大小同时出现在第 2、5、6 主成分中,维生素 C 同时出现在第 5、6 主成分中出现,类胡萝卜素同时出现在第 3、5 主成分中,可滴定酸、固酸比、pH 仅出现在第 1 主成分中,可溶性固形物仅在第 2 主成分中出现,果形指数仅在第 4 主成分中出现;这表明单果重、硬度、维生素 C、类胡萝卜素是决定果实品质的重要成分,对果实品质起主要作用。

表 3 9 个主成分的特征向量、贡献率及累计贡献率

Tab.3 Eigenvector ,contribution rates and cumulate contribution rates of 9 principal component

主成分 Principal component	因子 1 Z <sub>1</sub>	因子 2 Z <sub>2</sub>	因子 3 Z <sub>3</sub>	因子 4 Z <sub>4</sub>	因子 5 Z <sub>5</sub>	因子 6 Z <sub>6</sub>	因子 7 Z <sub>7</sub>	因子 8 Z <sub>8</sub>	因子 9 Z <sub>9</sub>
单果重 MIFW	0.279 3	-0.454 7	0.409 9	0.003 9	0.077 2	0.511 6	0.511 7	-0.086 2	0.101 3
果形指数 FSI	-0.093 4	0.172 6	-0.007 5	0.931 3	0.011 8	-0.060 8	0.224 4	0.009 0	0.199 4
硬度 FR	0.086 8	0.665 6	0.098 1	-0.112 8	-0.509 5	0.493 7	0.020 0	0.003 1	0.152 9
可溶性固形物 TSS	0.108 6	0.370 1	0.744 8	-0.054 0	0.260 5	-0.352 6	0.066 3	0.240 8	-0.197 5
可滴定酸 TA	-0.488 9	-0.004 0	0.001 0	-0.225 4	0.199 4	0.039 8	0.152 0	0.493 8	0.634 0
固酸比 RSA	0.479 6	0.145 7	-0.010 2	-0.075 5	0.310 3	-0.160 9	-0.205 7	-0.420 8	0.633 5
pH 值 pH value	0.448 5	-0.138 2	-0.045 8	0.202 1	0.084 7	0.266 8	-0.504 9	0.635 2	-0.000 1
维生素 C Vc	0.384 9	-0.154 9	-0.103 5	-0.083 4	-0.565 9	-0.511 9	0.345 1	0.278 5	0.176 8
类胡萝卜素 Carotenoids	0.275 1	0.345 1	-0.504 6	-0.112 5	0.450 5	0.076 1	0.493 5	0.180 5	-0.230 4
贡献率 Contribution rates	37.376 6	15.764 6	12.585 1	11.532 5	8.363	5.649 3	4.817 6	2.735 7	1.175 6
累计贡献率 Cumulate contribution rates	37.376 6	53.141 2	65.726 3	77.258 8	85.621 8	91.271 1	96.088 7	98.824 4	100

2.4 苹果品质评价因素的聚类分析

将表 2 前 6 个主成分的各个特征向量根据聂继

云的聚类分析在我国果树研究中的应用及问题分析采用类平均法<sup>[18]</sup>进行系统聚类。固酸比、pH 最先

聚为一类,说明这两个变量间的相关性最强,它们为相似水平,它们与类胡萝卜素聚为一类,又与单果重聚为一大类;可滴定酸、可溶性固形物、硬度、维生素 C 含量、果形指数各自聚为一类。其中同聚为一类的果实品质因素之间具有密切的相关性,可选用 1 个因素代表其他因素,予以简化<sup>[17]</sup>;单为一类的品质因素具有相对独立性。结合主成分分析和聚类分析结果以及《鲜苹果》国家标准有关指标的要求<sup>[19]</sup>,上述各品种果实品质 6 个评价因子应该是:单果重或固酸比或 pH 或类胡萝卜素;可滴定酸含量;维生素 C 含量;可溶性固形物;硬度;果形指数。

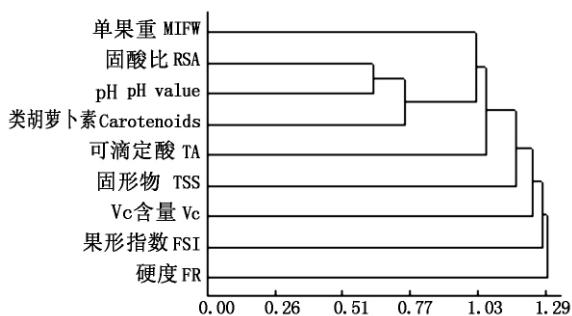


图 1 9 个品质评价因子的聚类谱系图

Fig. 1 The cluster dendrogram  
of the nine evaluation factors

### 3 结论与讨论

在中国,苹果的地理分布极广,其遗传资源高度多样化。研究发现,苹果品种资源在单果重、果形指数、硬度、可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、固酸比、类胡萝卜素等性状上均存在着丰富的遗传多样性,各性状的分布范围很广。研究结果显示,苹果果实主要性状的变异系数存在着很大的差异,最低者为果形指数(5.70%),最高者为固酸比(77.80%),这表明苹果果实不同性状在进化保守性和遗传可塑性方面的不同,果实性状的变异性越大,说明该性状的遗传性越丰富,选择潜力越大,育成新品种、新物种的机率也就越高。

通过相关性分析,得出了苹果果实性状之间的相关性,这为苹果新品种的选育提供了理论依据。苹果新品种的选育在注重单果重的同时,还要结合果实风味,选育出具有果大、维生素 C 含量高、类胡萝卜素含量高、固酸比含量适宜等特点的优质新品种。

单果重、固酸比、pH、类胡萝卜素聚在同一大类下,而这四个指标的单果重的测定最简单,且单果重和 pH 呈极显著正相关,与固酸比呈显著正相关,类胡萝卜素与可滴定酸呈显著负相关,因此为了简化评价工作,确定单果重为 6 个评价因子之一,固酸比、pH、类胡萝卜素可以通过和单果重的相关性预

测其大小范围。

水果和蔬菜中的维生素 C 具有抗氧化作用,有利于防止人体衰老<sup>[20, 21]</sup>。但是维生素 C 的测定相对单果重、可滴定酸含量、可溶性固形物、硬度、果形指数测定比较费时费力,而各指标相关性表明维生素 C 与可滴定酸呈极显著负相关,与单果重呈显著正相关,因此可以通过测定可滴定酸和单果重来总体上判断维生素 C 的含量范围。

综上所述,为了减轻评价工作的任务量,简单而又合理的进行果实评价,最终选定 5 个评价因子,分别是:单果重;可滴定酸含量;可溶性固形物;硬度;果形指数作为苹果果实评价的评价要素。结果显示,5 个评价因子的累计贡献率达到 85.62%,即已经满足前  $r$  个主成分的累计贡献率达到了 85% 原则,已经能够代表全部信息的<sup>[22]</sup>,而且这些指标测定简单快捷,通过这些指标的测定也能够预测维生素 C、类胡萝卜素、pH 等的范围,判断它们的含量高低。分别对 58 个苹果品种中不同产地、加工和生食品种苹果分别进行主成分分析和聚类分析验证,5 个评价因子均能达到评价要求,因此最终确定的 5 个评价因子可以对不同产地、不同品种的苹果进行批量综合评价,大大简化了苹果种质资源描述中需要评价的指标,简化了苹果品质的评价工作。

本研究选取的 9 个品质评价指标以苹果果实内在品质为主,未对果皮色泽、果锈数量、果实外观色泽等外在品质进行评价。为了更加全面、合理评价苹果果实品质,结合果实内在品质和外在品质,对苹果品质评价指标进行简化还有待进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 田瑞,胡红菊,杨晓平,等.梨果实品质评价因子的选择[J].长江大学学报,2009,6(3):8-11.
- [2] 聂继云,李明强,张桂芬,等.白梨品质评价指标的聚类分析[J].中国果树,2000(2):16-17.
- [3] 侯立群,乔勇进,王露琴,等.金冠苹果果实大小及其品质的相关性研究[J].中国果菜,2004(2):12-13.
- [4] 鲍江峰,夏仁学,邓秀新,等.用主成分分析法选择纽荷尔脐橙品质的评价因素[J].华中农业大学学报,2004,23(6):663-666.
- [5] 樊丁宇,廖康,杨波,等.新疆杏品种果实鲜食品质主要评价指标的选择[J].中国农学通报,2009,25(22):207-211.
- [6] 徐强,刘进生,陈学好,等.加工类型黄瓜品质性状的主成分及聚类分析[J].扬州大学学报,2003,24(4):78-81.
- [7] 张海英,韩涛,王有年,等.桃果实品质评价因子的选择[J].农业工程学报,2006,22(8):235-239.

- [8] 刘 志,伊 凯,王冬梅,等. 富士苹果果实外观品质性状的遗传[J]. 果树学报 2004 21(6): 505 – 511.
- [9] 高 华,鲁玉妙,赵政阳,等. 柱型苹果杂交后代果实性状遗传[J]. 西北农业学报 2004 13(1): 76 – 79.
- [10] 魏钦平,程述汉,丁殿东. 苹果品质评价因素的选择[J]. 中国果树 1997(4): 14 – 15.
- [11] 祝 军,戴洪义. 12 个苹果新品种简介[J]. 中国果树 2004(6): 7 – 8.
- [12] 李文生,冯晓元,王宝刚,等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学 2009 30(4): 247 – 249.
- [13] 郭鹏飞,胡长鹰. 番木瓜中类胡萝卜素的提取[J]. 中国调味品 2009 34(1): 95 – 99.
- [14] 中华人民共和国国家标准,GB12291-1990. 水果、蔬菜汁类胡萝卜素全量的测定.
- [15] 董月菊,梁美霞,戴洪义. 利用自动电位滴定法测定果汁中维生素 C 含量[J]. 果树学报 2010 27(6): 859 – 862.
- [16] Guo B L, Yang J X, Li Y C, *et al.* The application of principal component analysis on mainly economic characters and superior variety selection of apricot for nucleolus using [J]. *Scientia Silvae Sinicae* 2000 36(6): 53 – 56.
- [17] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用[M]. 北京: 农业大学出版 1991: 89 – 203.
- [18] 聂继云,张红军,马智勇,等. 聚类分析在我国果树研究中的应用及问题分析[J]. 果树学报 2000 17(2): 128 – 130.
- [19] 中华人民共和国国家标准,GB10651-89. 鲜苹果.
- [20] Bazzano L A, Serdula M K, Liu S. Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease [J]. *Current Atherosclerosis Reports* 2003 5(6): 492 – 499.
- [21] Allen N E, Sauvaget C, Roddam A W *et al.* A prospective study of diet and prostate cancer in Japanese men [J]. *Cancer Causes and Control* 2004 15(9): 911 – 920.
- [22] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统 – 实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社 2007: 713 – 800.