

# 不同品种苹果果实品质分析

白沙沙, 毕金峰\*, 王沛, 公丽艳, 王轩

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193)

**摘要:**以国家苹果种质资源圃中的44个苹果品种为材料, 研究果实品质指标(单果质量、果肉质量、可食率、体积、密度、果实纵径、果实横径、果形指数、果心大小、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值)品种间差异、相关性并进行主成分分析。结果显示: 12个品质指标在品种间都存在极显著差异性; 部分品质指标间存在极显著或显著正(负)相关, 部分指标间存在一定的相关性但不显著; 主成分分析在特征值大于1时将12个品质指标综合为3个因子, 累积方差贡献率达到82.618%, 其中第一主成分主要代表果个大小信息, 第二主成分主要代表果皮颜色信息, 第三主成分主要代表密度、果形指数和果心大小。

**关键词:** 苹果; 品质指标; 主成分分析

## Fruit Quality Analysis of Different Apple Varieties

BAI Sha-sha, BI Jin-feng\*, WANG Pei, GONG Li-yan, WANG Xuan

(Key Laboratory of Agricultural Product Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Forty-four apple varieties were evaluated for differences in fruit quality indicators including individual fruit weight, flesh weight, edible rate, volume, density, longitudinal diameter, transverse diameter, shape index, core size,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ . Meanwhile, these quality indicators were analyzed by correlation analysis and principal component analysis (PCA). The results showed that the 12 quality indicators revealed a significant difference among 44 different apple varieties. A significantly positive or negative correlation was observed among some of the quality indicators. Three major components with a characteristic value larger than 1 during PCA were extracted and the cumulative variance contribution rate was 82.618%. The first principal component represented fruit size; the second principal component represented skin color and the third principal component represented fruit density, shape index and core size.

**Key words:** apple; quality trait; principal component analysis

中图分类号: TS255.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)17-0068-05

苹果在我国种植广泛, 其产量和种植面积均居水果生产的首位<sup>[1-2]</sup>。但是我国苹果的种植存在品种构成比例不协调, 结构不合理, 早熟品种和中熟品种种植不足<sup>[3]</sup>, 晚熟品种种植过剩且晚熟品种中红富士占绝大部分市场等问题<sup>[4]</sup>, 从而导致早熟和中熟品种消费不足的现象。因此扩大中早熟时期苹果消费, 培育和筛选优质中早熟苹果品种问题急需解决。前人对我国苹果种质资源概况的调查及对各种质资源形态特征和生物学特性的研究<sup>[5-6]</sup>为解决该问题提供一定参考。苹果的商品品质中果个大小、果实形状和果皮颜色等品质信息对苹果分级和消费者挑选苹果都是重要的品质指标<sup>[7-11]</sup>, 本研究

以此为切入点研究不同品种间单果质量、果肉质量、可食率、体积、密度、果实纵径、果实横径、果形指数、果心大小、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值等品质指标的特性, 为筛选苹果品种和遗传育种提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本实验所用44个苹果品种均于2010年采自国家苹果种质资源圃(辽宁兴城), 见表1。在苹果可采成熟期(全树约有75%的果实表现出该品种固有的性状、种子变褐, 即9成熟)采摘果实, 每个品种采集3株果树, 采

收稿日期: 2011-07-08

基金项目: 2009年国家公益性行业(农业)科研专项(200903043)

作者简介: 白沙沙(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为果蔬深加工与综合利用技术。E-mail: baishasha\_163@163.com

\*通信作者: 毕金峰(1970—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为果蔬深加工与综合利用技术。E-mail: bijinfeng2010@163.com

摘具有代表性的果实 30 个苹果(小型果 50 个), 及时冷却, 0~4℃贮藏运输。指标测定时选择 6 个果实, 进行 3 次重复。

表 1 苹果品种与成熟期

Table 1 Apple varieties and their maturation periods

序号	品种	成熟期	序号	品种	成熟期
1	克鲁斯	7月下旬	23	金色罗素善	9月上旬
2	19-12	7月下旬	24	祥玉	9月上旬
3	最良富士	8月上旬	25	波 8	9月上旬
4	伏锦	8月中旬	26	希特实生	9月上旬
5	理想	8月中旬	27	西林	9月上旬
6	Romas3	8月中旬	28	橘苹	9月中旬
7	伏花皮	8月中旬	29	摩里斯	9月中旬
8	红露	8月中旬	30	马空	9月下旬
9	丰艳	8月中旬	31	矮枝金冠	9月下旬
10	紫香蕉	8月下旬	32	52-6-7	9月下旬
11	冬甜	8月下旬	33	60-10-22	9月下旬
12	秋金星	8月下旬	34	甘红玉	9月下旬
13	美尔巴	8月下旬	35	拉宝	9月下旬
14	新红	8月下旬	36	示 0-26	9月下旬
15	黄锦	8月下旬	37	珍宝	9月下旬
16	多一露	8月下旬	38	Szampion	9月下旬
17	米尔顿	8月下旬	39	正定 2 号	10月中旬
18	金沙以拉木	9月上旬	40	库烈酒	10月中旬
19	秋香	9月上旬	41	Onieffin	10月中旬
20	绿帅	9月上旬	42	初秋	10月中旬
21	宁光	9月上旬	43	赤阳	10月下旬
22	延光	9月上旬	44	红富士	10月下旬

## 1.2 仪器与设备

CPA-1245 万分之一电子天平 德国 Sartorius 公司; Volscan Profiler VSP 3000045 食品体积自动测定仪 英国 Stable Micro System 公司; Absolute Digimatic Caliper 500-196 游标卡尺(最小量度 0.01mm) 日本 Mitutoyo 公司; D25LT 色彩色差计 美国 Hunterlab 公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 单果及果肉质量的测定以及可食率的计算

取每个品种选取具有代表性的果实分别测定其质量以及洗净、去皮、去核测定果肉质量, 3 次重复。

$$\text{可食率} / \% = \frac{\text{每个品种果肉质量}}{\text{对应单果质量}} \times 100$$

### 1.3.2 体积的测定

选取每个品种具有代表性的果实利用激光设备扫描旋转的样本, 设定样品旋转速度和旋转一周结束后激光设备下降的距离(即垂直步长), 仪器自动记录每一个扫描周长, 扫描完成后显示扫描等高线平面和 3D 图像, 并由等高线周长和垂直步长自动计算样品体积。

参数设置: 垂直步长为 2mm, 转速为 1r/s, 扫描数据获取率为 400 点/s。

### 1.3.3 果实密度的计算

将某一品种已测定的单果质量与对应体积的比值作为该果实密度。3 次重复。

### 1.3.4 果皮颜色 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值的测定

选取具有该品种代表性的果实, 清洗、擦干, 专业去皮刀去皮并收集苹果皮样品。将苹果皮平铺于色差仪的测定容器中, 以外表面贴于样品容器测定果皮颜色  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。3 次重复。

### 1.3.5 其他指标的测定

果实纵径和果实横径的测定: 选取每个品种具有代表性的果实分别测定其最大纵径和最大横径; 果形指数的计算: 果实最大纵径与最大横径的比值; 果心大小的计算: 是指果实心室占整个果实大小的比例, 选取具有代表性的苹果, 沿果实赤道位置横切, 用游标卡尺直接测定其果心半径和果实半径, 计算其比值, 3 次重复。

## 1.4 统计分析

采用 Excel 和 SPSS16.0 整理数据并进行方差分析、相关性分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 果实品质指标品种间差异

由表 2 可知, 说 44 个品种苹果的品质指标具有不同的变异范围, 其中单果质量最小值为 57.33g, 最大单果质量为 267.97g, 约是最小值的 5 倍; 果肉质量最小值为 34.93g, 最大值为 221.18g, 是最小果肉质量的 6 倍以上; 可食率在品种间的变异范围相对较小, 仅为 60.77%~82.46%; 体积最小值为 75cm<sup>3</sup>, 最大值为 318.33cm<sup>3</sup>, 品种间差异较大; 密度变异范围为 0.7495~0.8900g/cm<sup>3</sup>, 在 44 个品种间的差异最小; 果实纵径变异范围为 48.52~75.91mm, 果实横径变异范围为 52.23~86.89mm, 果形指数变异范围为 0.7388~1.0119; 果心大小变异范围为 0.2712~0.4823;  $L^*$  值变异范围为 30.46~55.59,  $a^*$  值变异范围为 -9.27~17.39,  $b^*$  值变异范围为 7.03~26.39, 其中  $a^*$  为红绿指数, 负值表征颜色偏绿正值表征颜色偏红。

12 个性状存在不同程度的变异情况, 其中可食率、密度、果形指数等指标在 44 个品种间的变异相对较小, 12 个指数的变异系数范围在 -3634.546%~31.859% 之间。方差分析结果显示 44 个苹果品种的单果质量、果肉质量、可食率、体积、密度、果实纵径、果实横径、果形指数、果心大小、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值均存在极显著性差异, 见表 2。

表2 苹果品质性状及分布  
Table 2 Traits and distribution of apple quality

指标	均值	极小值	极大值	标准差	变异系数/%	品种间差异显著性
单果质量/g	130.393	57.33	267.97	35.403	27.151	17.338**
果肉质量/g	97.662	34.93	221.18	31.114	31.859	17.169**
可食率/%	73.921	60.77	82.46	3.959	5.355	4.926**
体积/cm <sup>3</sup>	160.333	75.00	318.33	44.138	27.529	15.965**
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	0.816	0.7495	0.890	0.038	4.692	5.349**
果实纵径/mm	58.373	48.52	75.91	5.864	10.046	10.611**
果实横径/mm	70.651	52.23	86.89	6.553	9.275	15.313**
果形指数	0.828	0.7388	1.0119	0.055	6.603	6.556**
果心大小	0.368	0.2712	0.4823	0.048	12.987	4.668**
<i>L</i> *	42.584	30.46	55.59	5.977	14.035	956.016**
<i>a</i> *	-0.198	-0.927	17.39	7.204	-3634.546	434.271**
<i>b</i> *	16.520	7.03	26.39	4.637	28.070	1254.791**

注: \*\*. 差异极显著( $P < 0.01$ )。下同。

## 2.2 果实品质指标间相关性

12个苹果果实品质指标之间的相关性结果见表3。结果显示,单果质量、果肉质量、可食率和体积4个指标间在0.01水平上呈极显著正相关关系,且这4个指标与果实纵径和果实横径间在0.01水平上呈现极显著正相关;*L*\*值与果实纵径呈显著性负相关;*a*\*、*b*\*值与单果质量、果肉质量、体积、果实横径间存在显著性正相关或显著性负相关;*L*\*、*a*\*、*b*\*值三者间呈极显著正相关或极显著负相关。其他指标间虽呈现一定的相关关系但不显著。

## 2.3 果实品质指标主成分分析

44个苹果品种12个果实品质指标主成分分析结果显示(表4),其中特征值大于1的前3个主成分累积方差贡献率达到82.618%(代表原品质性状的绝大部分信息),把原12个品质指标综合为3个相互独立的因子,且PC<sub>1</sub>、PC<sub>2</sub>和PC<sub>3</sub>的方差贡献率分别为50.365%、19.318%和12.934%。

表3 品质指标间的简单相关系数矩阵  
Table 3 Correlation coefficient matrix of quality indicators

指标	单果质量	果肉质量	可食率	体积	密度	果实纵径	果实横径	果形指数	果心大小	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
单果质量	1											
果肉质量	0.999**	1										
可食率	0.865**	0.876**	1									
体积	0.985**	0.983**	0.865**	1								
密度	-0.056	-0.056	-0.102	-0.218	1							
果实纵径	0.864**	0.857**	0.715**	0.897**	-0.309*	1						
果实横径	0.935**	0.933**	0.925**	0.954**	-0.227	0.784**	1					
果形指数	-0.061	-0.068	-0.299*	-0.033	-0.177	0.371*	-0.280	1				
果心大小	0.123	0.124	0.085	0.144	-0.148	0.268	0.096	0.254	1			
<i>L</i> *	-0.289	-0.280	-0.209	-0.267	-0.069	-0.210	-0.318*	0.121	-0.002	1		
<i>a</i> *	0.335*	0.335*	0.245	0.327*	-0.043	0.283	0.340*	-0.057	0.036	-0.801**	1	
<i>b</i> *	-0.357*	-0.352*	-0.261	-0.332*	-0.069	-0.279	-0.364*	0.086	-0.040	0.963**	-0.862**	1

注: \*. 差异显著( $P < 0.05$ )。

表4 相关系数矩阵的特征值、方差贡献率和累计方差贡献率  
Table 4 Eigenvalues of three principal components and their variance contribution and cumulative variance contribution rates

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
PC <sub>1</sub>	6.044	50.365	50.365
PC <sub>2</sub>	2.318	19.318	69.683
PC <sub>3</sub>	1.552	12.934	82.618

从表5品质变量因子负荷量中可以看出原始变量和前3个主成分之间的相关性。其中PC<sub>1</sub>主要代表单果质量、果肉质量、可食率、体积、果实纵径和果实横径等果个大小的信息,且这些品质指标与PC<sub>1</sub>间均为正相关;PC<sub>2</sub>主要代表果皮颜色*L*\*、*a*\*、*b*\*值等果皮颜色信息,*L*\*、*b*\*值与PC<sub>2</sub>间存在正相关,*a*\*值与PC<sub>2</sub>间存在负相关;PC<sub>3</sub>主要代表密度、果形指数和果心大小等信息,密度与PC<sub>3</sub>间存在负相关,果形指数、果心大小与PC<sub>3</sub>间存在正相关。

表5 品质变量因子负荷量  
Table 5 Factor-loading amounts of quality variables

变量	因子载荷		
	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>
单果质量	0.960	0.181	-0.089
果肉质量	0.959	0.186	-0.097
可食率	0.878	0.214	-0.285
体积	0.965	0.228	-0.018
密度	-0.169	-0.275	-0.437
果实纵径	0.863	0.296	0.344
果实横径	0.952	0.152	-0.194
果形指数	-0.084	0.209	0.840
果心大小	0.162	0.169	0.570
<i>L</i> *	-0.477	0.832	-0.118
<i>a</i> *	0.517	-0.739	0.197
<i>b</i> *	-0.540	0.811	-0.150

表6 苹果品质主成分得分  
Table 6 Principal component scores for 44 apple varieties

名称	主成分分值			名称	主成分分值		
	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>		PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>
克鲁斯	8.387	5.347	2.616	金色罗素善	1.511	3.004	0.130
19-12	-6.310	-1.239	-1.663	祥玉	-3.268	1.353	-0.521
最良富士	-3.165	-0.794	-1.323	波8	3.078	-0.148	0.081
伏锦	-5.706	2.614	-0.091	希特实生	-1.787	1.756	0.273
理想	-1.242	-0.029	-1.591	西林	4.305	3.114	-1.231
Romas3	-8.928	2.081	-0.107	橘苹	3.048	-1.930	1.718
伏花皮	-3.002	1.932	1.609	摩里斯	3.822	1.166	-0.917
红露	-4.742	0.202	-0.186	马空	6.716	-1.276	-1.713
丰艳	-2.485	-2.736	-2.013	矮枝金冠	2.855	2.537	-2.091
紫香蕉	1.870	-0.810	3.241	52-6-7	-5.304	-0.749	0.817
冬甜	-6.078	-0.607	-0.760	60-10-22	0.354	-1.728	-0.043
秋金星	-6.875	-0.188	-0.502	甘红玉	3.239	-1.654	0.006
美尔巴	0.712	2.261	-0.368	拉宝	9.422	-1.778	-0.788
新红	-11.969	-2.564	0.941	示0-26	-2.083	-2.719	-0.511
黄锦	-4.387	1.072	-0.694	珍宝	6.625	-0.691	-1.935
多一露	4.341	3.925	2.289	Szampion	-0.754	1.285	-0.240
米尔顿	5.007	-3.576	3.499	正定2号	3.174	2.076	-0.109
金沙以拉木	-12.709	-0.804	4.925	库烈酒	2.076	-3.706	-1.723
秋香	-4.171	0.962	-1.655	Onieffnin	2.407	-4.489	0.987
绿帅	-6.786	1.513	-1.314	初秋	6.327	-4.542	-0.220
宁光	-0.684	1.533	0.106	赤阳	0.779	-3.263	0.668
延光	1.973	2.115	-0.524	红富士	20.405	0.175	0.929

44个品种苹果主成分得分见表6。PC<sub>1</sub>较高的正值表明苹果的单果质量、果肉质量、可食率、体积、果实纵径和果实横径都较大,红富士、拉宝、克鲁斯、马空珍宝、初秋、米尔顿等品种属于此类;PC<sub>1</sub>较低的负值表明果皮颜色 $L^*$ 、 $b^*$ 值较高,金沙以拉木、新红、Romas3、秋金星、绿帅、19-12、冬甜等品种属于此类。PC<sub>2</sub>较高的正值表明苹果的果皮颜色具有高的 $L^*$ 、 $b^*$ 值,克鲁斯、多一露、西林、金色罗素善等品种属于此类;PC<sub>2</sub>较低的负值表明苹果果皮颜色具有较低的 $a^*$ 值,初秋、Onieffnin、库烈酒、米尔顿、赤阳等品种属于此类;PC<sub>3</sub>高的正值表明苹果果形指数和果心大小值较高,金沙以拉木、米尔顿、紫香蕉、克鲁斯、多一露、橘苹等属于此类;PC<sub>3</sub>低的负值表明苹果果实密度较低,矮枝金冠、丰艳、珍宝、库烈酒、马空等属于此类。

### 3 结论

本研究对44个品种苹果果实12个品质指标进行测定分析,结果表明苹果果实品质品种间表现出不同程度的变异,其变异系数范围在-3634.546%~31.859%之间;12个品质指标共66个相关系数,其中在0.01水平上呈极显著相关的为18个,在0.05水平上呈显著相关的为12个,具有较高相关性系数的指标多数是表征大小或颜

色的同类指标,大部分指标间不存在显著相关性;方差分析结果显示各品种间12个果实品质性状均存在着显著的差异;主成分分析得到特征值大于1的前3个主成分累积方差贡献率达到82.618%,能够代表原品质性状的绝大部分信息,并将12个品质指标综合为3个相互独立的因子,并得到红富士、克鲁斯和金沙以拉木等PC<sub>1</sub>、PC<sub>2</sub>和PC<sub>3</sub>因子得分较高的苹果品种。王昆<sup>[5]</sup>研究苹果种质资源多样性时得到种质资源间具有一定的差异性,与本研究结果相符。

本研究中44个苹果品种均采自国家苹果种质资源圃,品种间具有一致的栽培管理条件,这就排除了栽培管理条件对果品品质的影响,充分并真实的反映了不同品种间遗传多样性。研究结果为苹果果实大小和果皮颜色选育方面提供数据支持。同时本研究仅从果实个体大小、果皮颜色等物理指标进行分析,前人对可溶性固形物、可滴定酸、硬度等苹果品质进行了研究<sup>[12-15]</sup>,且在部分苹果分级中已经设定限定值<sup>[7-8]</sup>。后续研究可以结合更多的品质指标研究不同品种苹果的感官、理化与营养等品种间的差异情况,为品种筛选和栽培育种提供理论依据。

### 参考文献:

- [1] 王金政,薛晓敏,路超.我国苹果生产现状与发展对策[J].山东农业科学,2010(6):117-119.

- [2] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2300-2306.
- [3] 王海波, 陈学森, 辛培刚, 等. 几个早熟苹果品种果实糖酸组分及风味品质的评价[J]. 果树学报, 2007, 24(4): 513-516.
- [4] 石建平, 霍学喜, 聂鹏. 中国苹果消费现状及特征分析[J]. 北方园艺, 2010(22): 184-185.
- [5] 王昆. 基于形态特征和生物学特性的我国苹果种质资源多样性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [6] 刘凤之, 王昆, 曹玉芬, 等. 我国苹果种质资源研究现状与展望[J]. 果树学报, 2006, 23(6): 865-870.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 10651 — 2008 中华人民共和国国家标准 鲜苹果[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 北京市质量技术监督局. DB11/T 599 — 2008 北京市地方标准 北京果品等级 鲜苹果[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] LEEMANS V, DESTAIN M F. A real-time grading method of apples based on features extracted from defects[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 61(1): 83-89.
- [10] IGLESIAS I, ECHEVERRÍA G, SORIA Y. Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 119(1): 32-40.
- [11] 白沙沙, 毕金峰, 方芳, 等. 苹果品质评价技术研究现状及展望[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 286-290.
- [12] HOEHN E, GASSER F, GUGGENBÜHL B, et al. Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 27(1): 27-37.
- [13] HARKER F R, KUPFERMAN E M, MARIN A B. Eating quality standards for apples based on consumer preferences[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 50(1): 70-78.
- [14] HARKER F R, GUNSON A F A, TRIGGS C M. Apple firmness: creating a tool for product evaluation based on a sensory-instrumental relationship[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 39(3): 327-330.
- [15] PLANCHON V, LATEUR M, DUPONT P, et al. Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 100(1/4): 51-61.