

基于因子-聚类分析的水蜜桃分级方法研究

朱麟^{1,2}, 程勤海³, 林旭东^{1,2}, 戴杭焕⁴, 陈曙颖^{1,2}

(1.宁波市农业科学研究院农产品加工研究所, 浙江 宁波 315040;

2.宁波市农产品保鲜工程重点实验室, 浙江 宁波 315040;

3.海宁市新能源技术服务站, 浙江 嘉兴 314400; 4.浙江万里学院, 浙江 宁波 315100)

摘要: **目的** 为了研究水蜜桃大小与内在品质的相关性, 探索合理的分级方法, 为优质水蜜桃的分级、贮运生产提供理论依据。**方法** 以“玉露”水蜜桃为实验材料, 测定单果质量、纵径、横径、可溶固形物含量、可滴定酸含量、固酸比等指标, 并对各指标进行因子-聚类分析。**结果** 水蜜桃大小指标(单果质量、纵径、横径)与品质指标(可溶固形物含量、可滴定酸含量、固酸比)相关性不显著; 通过因子分析提取了2个因子成分, 其累计方差贡献率为78.401%, 较好地代替原有指标来综合评价水蜜桃的品质, 再通过聚类分析将桃分成4个等级, 各等级桃果的品质指标均呈现梯度变化。**结论** 基于因子-聚类分析的水蜜桃方法能按照桃果的综合品质进行分级, 符合生产实际和消费需求。

关键词: 因子-聚类分析; 分级; 水蜜桃

中图分类号: S662.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)23-0040-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.006

Grading Method of Juicy Peaches Based on Factor-Cluster Analysis

ZHU Lin^{1,2}, CHENG Qin-hai³, LIN Xu-dong^{1,2}, DAI Hang-huan⁴, CHEN Shu-ying^{1,2}

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo 315040, China;

2. Ningbo Key Laboratory for Preservation Engineering of Agricultural Products, Ningbo 315040, China;

3. Haining New Energy Technology Service Station, Jiaying 314400, China;

4. Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

ABSTRACT: The work aims to study the correlation between the size and quality of juicy peach and explore a reasonable grading method, so as to provide theoretical basis for grading, storage, transportation and production of high-quality juicy peach. "Yulu" juicy peaches were used as test materials to measure the weight, transverse diameter, vertical diameter, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS-TA ratio of single peach. Factor-Cluster analysis was carried out to these indexes. There was no significant correlation between size indexes (weight, vertical diameter and transverse diameter of single peach) and quality indexes (total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS-TA ratio). Two principal components were extracted through factor analysis and their cumulative variance contribution rate was 78.401%, thus comprehensively evaluating the quality of juicy peach instead of original indexes. The peaches were classified to 4 grades by cluster analysis and the quality indexes of peach fruits of all grades showed gradient changes. Factor-Cluster Analysis is a reasonable grading method for Juicy peach, which conforms to the actual production and consumption demand.

KEY WORDS: Factor-Cluster Analysis; juicy peaches; grading; quality

收稿日期: 2019-06-13

基金项目: 宁波市科技富民项目(2017C10041)

作者简介: 朱麟(1984—), 男, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品贮运与加工。

分级是果蔬采后贮运及商品化处理的重要环节,科学的分级有利于果蔬的分类贮藏、加工^[1]及精准化管理,提高产品的附加值。在商务部发布的《关于加快推进鲜活农产品流通创新的指导意见》(2012年)中,明确提出要“引导推广农产品分级、包装等标准,推进农产品质量等级化、包装规格化、标识规范化、流通品牌化”。

现阶段的果蔬分级越来越受到产业的重视,纷纷制订了各类分级标准^[2],但其分级方法往往还是区分大小、果质量等指标,极易造成“果大不甜”、“果甜价低”等现象,而随着近红外线^[3-4]、核磁共振^[5]以及计算机视觉技术^[6]等无损检测技术与装备的兴起与应用,对果蔬分级也越来越细致,已经可以实现无损地将果品按照大小、糖度、酸度进行分类筛选。由于果实大小与风味不一定存在显著相关性,以单一指标来分级仍然会出现“果大不甜”、“果甜不大”等问题,而多个指标组合评价又有可能导致分类过多、过杂,给生产者带来困惑。

因子分析是考察多个变量间相关性的一种多元统计方法,可以通过降维,将具有错综复杂关系的变量综合为少数几个因子,且因子具备一定的实际意义^[7-8];聚类分析是一种基于数据自身信息进行分类的方法,可以将类似特征或相近的数据归类^[9-10]。2种统计方法组合应用可以将指标简化为综合指标并分类,已经在多个行业领域应用^[11-12],但在果品分级方面研究较少。文中研究以宁波市特色“玉露”水蜜桃为研究对象,通过因子-聚类分析将桃果进行分类,并与传统按大小、果质量法分类进行比较,以期为果蔬产品分级及无损检测技术优化提供理论依据及实践参考。

1 实验

1.1 材料

实验材料“玉露”水蜜桃于2018年7月25日采于宁波市奉化区锦屏街道外应村九岙水蜜桃园,将桃果采后用浅边塑料托盘单层摆放,立即运往宁波市农产品保鲜工程重点实验室。

1.2 仪器与设备

仪器与设备:电子天平,YP5002型,上海佑科仪器仪表有限公司;数显游标卡尺,SDZ5-0-300型,西化仪(北京)科技有限公司;数显糖酸度计,PAL-BX/ACID F5型,ATAGO(爱拓)中国分公司。

1.3 方法

剥去水蜜桃套袋,用千分之一电子天平称量单果质量(g),按照<200g,200~220g,>220g等3个

等级,各挑选30颗成熟度相近(9成熟,果皮呈淡黄色,果肉开始松软)、无机械损伤、无病虫害的桃果,用记号笔在果皮上编号。用数显糖酸度计测定各桃果的可溶固形物含量质量分数(TSS,%) and 可滴定酸含量质量分数(TA,%),并计算固酸比(TSS/TA);用游标卡尺测量桃果纵径、横径。

1.4 数据统计与分析

利用SPSS 20.0软件进行描述性统计、相关性分析、聚类分析及因子分析^[13-15]。

2 结果与分析

2.1 果实性状统计分析

从表1可以看出,实验批次“玉露”水蜜桃平均单果质量为209.14g,变异系数为12.64%;固酸比均值为17.89,但变异系数高达27.56%,说明不同桃果间,不仅果质量、大小等方面存在差异,果实风味的差异更大;经人工筛选,将单果质量分成大、中、小等3个等级后,水蜜桃单果质量、纵径、横径等指标变异系数明显减少,但固酸比等风味指标差异依旧显著(大、中、小果固酸比变异系数分别为23.66%,25.81%,31.48%),说明即便大小类似的水蜜桃,其风味差异依然很大。

2.2 品质指标相关性分析及分类

“玉露”水蜜桃各品质指标间的相关性分析结果见表2,可以看出,各指标间存在一定的相关性,其中单果质量与纵径、横径呈显著正相关($P < 0.01$),TA与TSS呈显著负相关($P < 0.05$),固酸比与TSS含量呈显著正相关($P < 0.01$)与TA呈显著负相关($P < 0.01$),其余指标间相关性不显著。由此可以推断,桃果实大小与风味品质指标间不存在显著相关性。

桃果的6个品质指标进行了聚类分析,其树状分析见图1,将其分为3类:第1类为单果质量、横径、纵径;第2类为糖含量及固酸比;第3类为酸含量。其中第1类可代表桃果实的大小指标,而第2—3类主要代表风味指标,由于酸含量与糖含量及固酸比的相关性不显著,单独一类。通过聚类分析的结果可以进一步验证,以大小、果质量对桃果进行分类并不能代表桃果的整体品质。

2.3 基于因子分析的品质综合评价

对90个“玉露”水蜜桃果实品质指标进行因子分析。由表3可知,从品质因子中可提取出2个公因子,因子1贡献率为42.503%,因子2贡献率为35.898%。2个公因子累计贡献率为78.401%。经KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)检验和巴特利球体检验

表1 “玉露”水蜜桃果实性状描述性统计
Tab.1 Descriptive statistics of characters of “Yulu” juicy peaches

统计项目	统计量	单果质量/g	纵径/mm	横径/mm	TSS质量分数/%	TA质量分数/%	TSS/TA质量比值
总体 (90个)	极小值	170.08	68.03	68.24	9.40	0.39	10.00
	极大值	282.40	84.19	81.84	14.30	1.17	31.90
	均值	209.14	74.05	73.70	12.29	0.73	17.89
	变异系数/%	12.64	4.31	4.21	9.93	21.92	27.56
大果, 28个 (> 220 g)	极小值	220.19	72.79	73.98	9.80	0.53	10.00
	极大值	282.40	84.19	81.84	14.30	1.04	25.54
	均值	241.04	76.67	76.93	12.59	0.76	17.41
	变异系数/%	7.11	3.47	2.95	7.94	19.74	23.66
中果, 27个 (200~220 g)	极小值	200.25	68.66	71.14	10.00	0.42	11.54
	极大值	218.15	80.64	79.38	14.30	0.92	30.48
	均值	209.22	74.41	73.96	12.32	0.72	17.9
	变异系数/%	2.64	3.60	2.14	9.66	19.44	25.81
小果, 35个 (< 200 g)	极小值	170.08	68.03	68.24	9.40	0.39	10.17
	极大值	199.11	76.57	74.51	14.20	1.17	31.90
	均值	183.56	71.68	70.91	12.03	0.71	18.36
	变异系数/%	4.28	2.78	2.23	11.31	26.76	31.48

表2 “玉露”水蜜桃各品质指标相关性分析
Tab.2 Analysis on correlation of quality indexes of “Yulu” juicy peaches

指标	单果质量	纵径	横径	TSS	TA	TSS/TA质量比
单果质量	1					
纵径	0.719**	1				
横径	0.906**	0.648**	1			
可溶固形物含量	0.121	0.020	0.034	1		
可滴定酸含量	0.165	0.153	0.110	-0.227*	1	
固酸比	-0.135	-0.152	-0.107	0.535**	-0.908**	1

注: **表示在0.01 水平 (双侧) 上显著相关; *表示在0.05水平 (双侧) 上显著相关

表3 因子分析得到的方差贡献率
Tab.3 Total variance contribution calculated by Factor Analysis

成分	初始特征值			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	2.613	43.554	43.554	2.613	43.554	43.554	2.550	42.503	42.503
2	2.091	34.847	78.401	2.091	34.847	78.401	2.154	35.898	78.401
3	0.782	13.035	91.436						
4	0.390	6.506	97.943						
5	0.079	1.317	99.260						
6	0.044	0.740	100.000						

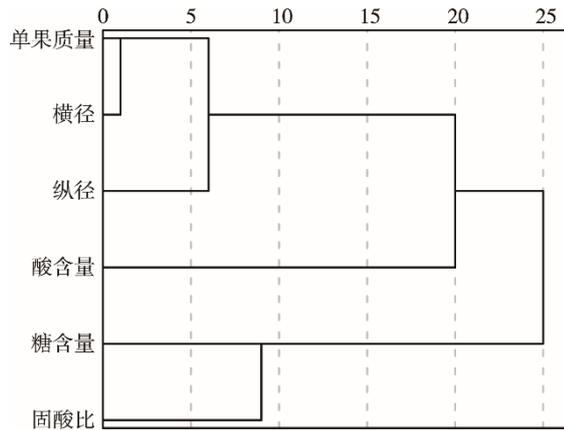


图 1 不同品质指标的聚类树状分析

Fig.1 Dendrogram of different fruit quality indexes

(Bartlett) 球形度检验 , KMO 值为 0.704 , $P < 0.01$, 适宜进行因子分析 ; 结合因子分析的变量载荷图 (见图 2) 可知 , 单果质量、纵径、横径等指标在因子 1 正方向具有较高载荷 , 而其余指标均集中在横坐标原点附近 , 因此可以将因子 1 视为代表桃果大小的公因子 ; 固酸比和糖度在因子 2 正方向具有较高载荷 , 酸度在因子 2 负方向载荷较高 , 可以将因子 2 视为代表风味指标的公因子。

结合因子分析输出的成分得分系数 , 得出因子 1 , 2 函数 :

$$F_1 = 0.379X_1 + 0.333X_2 + 0.367X_3 + 0.069X_4 + 0.017X_5 - 0.012X_6 \quad (1)$$

$$F_2 = 0.025X_1 + 0.005X_2 + 0.031X_3 + 0.307X_4 - 0.408X_5 + 0.452X_6 \quad (2)$$

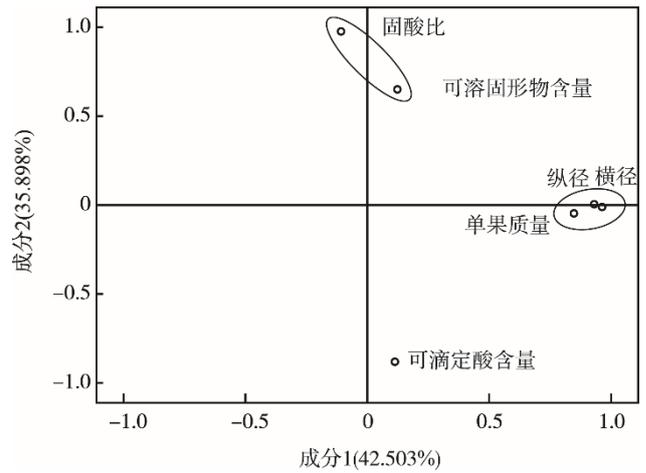


图 2 不同品质指标的变量载荷

Fig.2 Principal component analysis (PCA) of different fruit quality indexes

以各公因子对应的方差贡献率为权数 , 得到水蜜桃品质综合得分 (F) 计算公式 :

$$F = \frac{42.503 \times F_1 + 35.898 \times F_2}{78.401} \quad (3)$$

式中 : F_1, F_2 表示提取出的综合评价公因子 ; $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ 分别表示单果质量、横径、纵径、酸度、糖度、固酸比等 6 个指标变量值。

2.4 因子-聚类综合分级

按照式 (3) 对 90 个“玉露”水蜜桃综合评分 , 再根据其得分进行聚类分析。依照分类 , 可将 90 个果实划分为四大类 , 见表 4 , 其中第 1 类有 2 个样品 ,

表 4 “玉露”水蜜桃综合评价分级结果

Tab.4 Grading standard of “Yulu” juicy peaches based on comprehensive evaluation

等级	统计量	单果质量/g	纵径/mm	横径/mm	TSS质量分数/%	TA质量分数/%	TSS/TA质量比
特级 (2个)	极小值	278.83	79.15	80.13	12.70	0.60	20.00
	极大值	282.40	84.19	81.81	13.40	0.67	21.17
	均值	280.62	81.67	80.97	13.05	0.64	20.58
	变异系数/%	0.78	4.35	1.46	3.75	7.81	3.98
一级 (26个)	极小值	182.16	70.96	71.14	11.00	0.42	12.35
	极大值	271.04	80.90	81.84	14.30	0.98	31.90
	均值	230.02	75.53	75.99	12.93	0.65	20.81
	变异系数/%	8.73	3.55	3.43	6.73	20.00	22.10
二级 (50个)	极小值	170.08	68.66	68.24	9.80	0.39	10.00
	极大值	259.43	80.64	79.03	14.30	1.06	27.39
	均值	201.64	73.72	72.87	12.29	0.74	17.53
	变异系数/%	9.80	3.72	3.39	9.44	21.62	26.13
三级 (12个)	极小值	173.28	68.03	68.60	9.40	0.72	10.17
	极大值	199.11	74.20	72.80	12.30	1.17	45.89
	均值	183.26	70.97	70.95	10.79	0.87	12.64
	变异系数/%	3.95	3.07	1.83	8.34	17.24	14.24

单果质量均值为 280.62 g, TSS 质量分数为 13.05%, TSS/TA 值为 20.58, 均大幅高于样本总均值, 可命名为“特级果”; 第 2 类, 单果质量均值为 230.02 g, TSS 质量分数为 12.93%, TSS/TA 质量比值为 20.81, 亦显著优于样本均值, 归为“一级果”; 第 3 类, 单果质量均值为 201.64 g, TSS 质量分数为 12.29%, TSS/TA 质量比值为 17.53, 其值与样品均值相近, 品质中等, 列为“二级果”; 第 4 类, 单果质量均值 183.26 g, TSS 质量分数为 10.79%, TSS/TA 质量比值为 12.64, 各品质及风味的关键指标值均低于均值, 列为“三级果”。

对比传统的分级方法(数据见表 1), 可以看出, 新的分级方法中, 水蜜桃品质及风味的关键指标值相对较均衡, 特、一、二、三级果实各指标呈梯度递减, 有效避免了优质果“果大不甜”等现象, 相对更符合生产及消费的实际需求。

3 结语

分级是水蜜桃等果品采后商品化处理技术的重要环节, 对于果品标准生产具有重要作用。文中研究针对传统生产中按大小、果质量分级存在的“果大不甜”等现象, 分析了 90 颗成熟度相近水蜜桃的果型指标(单果质量、纵径、横径)与品质指标(可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比)之间的相关性, 明确了两者相关性不显著; 采用因子分析法提取了 2 个因子成分, 其累计方差贡献率为 78.401%, 较好地代替原有指标来综合评价水蜜桃的品质; 再通过聚类分析将水蜜桃成 4 个等级, 与传统按单果质量分级相比, 各等级桃果的品质指标均呈现梯度变化, 符合生产实际和消费需求。

在实际生产中, 制约分级操作的瓶颈性难题往往在于果品的分级检测技术, 破坏性的检验对于果品分级意义不大, 而基于近红外线、计算机视觉技术等的无损检测技术, 可以很好地解决品质指标检测难的问题, 对于果品精准分级、提高商品性具有积极的意义, 如结合本研究成果, 可以有效避免分类过多、过杂等产业难题, 同时对于推广分级、分类贮运, 提高果蔬产品附加值具有重要作用。

参考文献:

- [1] 李文生, 冯晓元, 杨军军, 等. 桃的分级贮藏研究[J]. 北方园艺, 2007(7): 211—212.
LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, YANG Jun-jun, et al. Studies on Storage for Flat Peach Fruits According to Different Maturity[J]. Northern Horticulture, 2007(7): 211—212.
- [2] 郑淑芳, 林源, 王福东. 果类蔬菜商品化分级标准制

定和应用[J]. 中国蔬菜, 2011(22/24): 130—132.

- ZHENG Shu-fang, LIN Yuan, WANG Fu-dong. Establishment and Application of Classification Standards for Fruit and Vegetable Commercialization [J]. China Vegetables, 2011(22/24): 130—132.
- [3] 司红伟. 近红外线分析技术在水果品质无损检测的应用研究[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2013: 2—5.
SI Hong-wei. Near-infrared Analysis of Non-destructive Testing Technology in Fruit Quality Applied Research[D]. Nanchang: Nanchang Hangkong University, 2013: 2—5.
- [4] ELS B, ANCA-SABINA S, MIHAI N, et al. Postharvest Quality of Apple Predicted by NIR-spectroscopy: Study of the Effect of Biological Variability on Spectra and Model Performance[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 55(3): 133—143.
- [5] 熊婷. 基于低场磁共振技术的果品无损检测[D]. 杭州: 中国计量学院, 2014: 2—5.
XIONG Ting. Nondestructive Detection of Fruit Quality Based on Low-field Magnetic Resonance Technology [D]. Hangzhou: China Jiliang University, 2014: 2—5.
- [6] FU Xia-ping, YING Yi-bin, LU Hui-shan, et al. Comparison of Diffuse Reflectance and Transmission Mode of Visible-near Infrared Spectroscopy for Detecting Brown Heart of Pear[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83(3): 317—323.
- [7] 李顺琴, 陈勇, 何娇. 基于计算机视觉的橙子分级研究设计[J]. 农机化研究, 2018(9): 218—222.
LI Shun-qin, CHEN Yong, HE Jiao. Design of Oranges Based on Computer Vision[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018(9): 218—222.
- [8] 张文彤, 董伟. 统计分析高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014: 214, 287.
ZHANG Wen-tong, DONG Wei. Advanced Course in SPSS Statistical Analysis[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014: 214, 287.
- [9] RASMUS BRO, AGE K. Smilde. Principal Component Analysis[J]. Analytical Methods, 2014, 6(9): 2812—2831.
- [10] 王鹏泽, 刘鹏飞, 来苗, 等. 因子、聚类及判别分析在烟叶风格特色评价中的应用[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(2): 20—26.
WANG Peng-ze, LIU Peng-fei, LAI Miao, et al. Application of Factor, Cluster and Discriminant Analysis in the Evaluation of Style Characteristic of Tobacco Leaves[J]. Chinese Tobacco Science, 2015, 36(2): 20—26.
- [11] 朱霞, 伍岳, 陈俊斌, 等. 基于主成分聚类的军品防护包装等级分类[J]. 包装工程, 2017, 38(23): 21—25.
ZHU Xia, WU Yue, CHEN Jun-bin, et al. Classification of Military Protective Packaging Level Based on Principal Component Clustering[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(23): 21—25.

- [12] 初海波, 魏加华, 王东方, 等. 基于预报因子聚类分级的日径流预报深度信念模型及应用[J]. 应用基础与工程科学学报, 2018, 26(5): 929—939.
CHU Hai-bo, WEI Jia-hua, WANG Dong-fang, et al. Daily Streamflow Forecasting Using Deep Belief Networks Model Based on Predictors Clustering Classification[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2018, 26(5): 929—939.
- [13] 朱麟, 凌建刚, 尚海涛, 等. 因子分析法综合评价冰温结合 1-MCP 处理对‘玉露’水蜜桃贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(9): 1164—1172.
ZHU Lin, LING Jian-gang, SHANG Hai-tao, et al. Factor Analysis of the Effects of Controlled Freezing-point Storage in Combination with 1-MCP Treatment on Quality of 'Yulu' Juicy Peaches during Cold Storage[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(9): 1164—1172.
- [14] 朱麟, 凌建刚, 尚海涛, 等. 冰温对湖景蜜露桃贮藏品质影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 115—118.
ZHU Lin, LING Jian-gang, SHANG Hai-tao, et al. Effects of Controlled Freezing-point Storage Treatment on Quality of "Hujingmilu" Juicy Peaches[J]. Food & Machinery, 2016, 32(12): 115—118.
- [15] 王维, 刘东琴, 王佩. 果品分级检测技术的研究现状及发展[J]. 包装与食品机械, 2016, 34(6): 2—3.
WANG Wei, LIU Dong-qin, WANG Pei. Status and Development of Fruit Detection of Mechanical Classification[J]. Packaging and Food Machinery, 2016, 34(6): 2—3.