

陕西洛川富士鲜苹果品质综合评价及分级体系的构建

马玉娟, 赵见军, 邓红, 孟永宏*, 郭玉蓉
(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 建立鲜苹果品质综合评价标准及分级标准, 构建鲜苹果品质的综合评价及分级体系, 为鲜苹果品质在线无损检测提供技术支撑。以陕西洛川富士苹果为材料, 利用SPSS 19.0软件通过因子分析对鲜苹果13项品质指标进行筛选, 利用概率分布和层次分析分别进行品质评价指标的分级及指标权重的确定, 再通过K-均值聚类分析和判别分析建立苹果品质判别函数模型。本实验筛选出陕西洛川富士鲜苹果的7项主要品质指标: 单果质量、果形指数、色泽 a^* 值、可溶性固形物含量、硬度、VC含量、糖酸比, 建立了主要品质指标的分级标准和评分标准, 得到对鲜苹果品质综合评价的5个判别函数, 建模样本和检验样本的判别正确率分别达95.65%和91.67%。

关键词: 苹果品质; 因子分析; 层次分析; 聚类分析; 判别分析; 评价体系

Construction of Comprehensive Quality Evaluation and Grading System for Fresh Fuji Apple in Luochuan, Shaanxi

MA Yujuan, ZHAO Jianjun, DENG Hong, MENG Yonghong*, GUO Yurong
(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The objective of this study was to establish a comprehensive grading system for the quality evaluation of fresh apple by online non-destructive testing. Factor analysis using SPSS 19.0 software was conducted to select the primary indicators from 13 quality indicators of fresh Fuji apple from Luochuan, Shaanxi. Probability distribution and analytical hierarchy process (AHP) were used respectively to grade the quality indicators and determine their weights. By employing K-means clustering and discriminant analysis, the discriminant model of apple quality was established. The results showed that the seven key quality indicators of fresh Fuji apple were single fruit weight, fruit shape index, color and lustre, soluble solids, hardness, vitamin C and sugar/acid ratio. This study has established quality grading and evaluation standards, and the five discriminant functions developed in this study could be applied to discriminate the quality of fresh apple with an accuracy of 95.65% and 91.67% using modeling and test samples, respectively. This study can provide a scientific basis to establish comprehensive assessment and grading standards for fresh apple quality, and also can offer technical support for integrated on-line quality detection.

Key words: apple quality; factor analysis; analytical hierarchy process (AHP); cluster analysis; discriminant analysis; evaluation system
中图分类号: TS225 文献标志码: A 文章编号: 1002-6630 (2015) 01-0069-06
doi:10.7506/spkx1002-6630-201501013

苹果是我国第一大水果, 而我国又是世界苹果生产第一大国^[1], 2011年我国苹果产量达3 598.67万 t, 年出口量达103.47万 t^[2]。苹果的品质是决定苹果及其加工产业在国内外市场上竞争力强弱的关键问题之一, 目前, 我国国家标准GB/T 8559—2008《苹果冷藏技术》及农业行业标准NY/T 1793—2009《苹果等级规格》中对鲜苹果的品质仅仅在单果质量、外部指标上做了规定, 而对外观

的量化以及苹果内部品质的评价没有一个科学、系统、权威的综合评价标准。因此, 研究苹果品质综合评价指标、建立综合评价分级标准及评分标准、构建苹果评价技术体系, 对提高苹果出口竞争力^[3]具有重大的意义。

苹果品质综合评价是指从感官指标(包括单果质量、果形、色泽、硬度、酸味、甜味等)及理化指标(包括可溶性固形物含量、VC含量、可滴定酸、糖酸

收稿日期: 2014-01-31

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(GK201002018); 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2011KTCQ02-03); 国家现代农业(苹果)产业技术体系建设专项(CARS-28)

作者简介: 马玉娟(1989—), 女, 硕士, 研究方向为农产品加工。E-mail: 376388171@qq.com

*通信作者: 孟永宏(1977—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品工程。E-mail: mengyonghong@snnu.edu.cn

比、矿物质含量等)中全面地选择多个指标,并通过一定的评价方法,将多个评价指标转化为能够反映评价对象总体特征的信息。目前,国内外对苹果品质的研究集中于单一品质方面,对感官和理化指标的研究是独立进行的,未建立品质综合评价分级标准和分类方法,相关研究不够系统和深入。诸如在品质指标筛选方面,徐吉花等^[4]选用新红星等10个具有代表性苹果品种,综合运用主成分分析和聚类分析对苹果的15个重要品质指标进行了筛选,简化了苹果果实品质评价指标。品种选育方面,冯娟等^[5]采用主成分分析和聚类分析法,对比分析了10个不同产地富士苹果品质,得出各产地富士苹果综合品质高低顺序,为品种选育提供了参考;感官评价方面,Bavay等^[6]研究了感官评价对水果品质的重要性,建立了苹果品质的感官评分标准。理化指标方面,聂继云等^[7]对苹果理化品质评价指标进行了研究,明确了苹果主要理化指标之间的相互关系;分级与分类方面,Mendoza等^[8]基于可见光和近红外光谱散射技术对苹果硬度和糖度分级,其分类精度分别达到97.6%和92.3%。Harker等^[9]根据顾客对鲜食苹果的喜好挑选出硬度、可溶性固形物和可滴定酸度作为品质评价指标,消费者对归类后苹果品质的接受度提高了47%。

本实验从苹果品质的感官指标和理化指标中挑选了单果质量、果形指数、硬度、维生素含量等13个综合品质指标进行分析,利用因子分析进行筛选,得到了影响鲜苹果品质的7个主要指标,并基于概率分布建立鲜苹果品质评价指标分级标准及评分标准,基于层次分析确定各品质评价指标的权重,利用K-均值聚类分析和判别分析建立鲜苹果综合品质判别函数,构建鲜苹果品质的综合评价及分级体系,以进一步提高我国苹果产业的综合竞争力,不仅为鲜果品质的在线综合评价与分级提供技术支持,也为相关品质的综合评价与分级软件的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以陕西洛川富士苹果为样品,采自陕西洛川富士苹果园,挑选无病虫害果实,在商品成熟期选择成熟度相近的10棵果树随机取样120个(建模样本80个,预测样本40个),贮藏于(0±0.5)℃冷库中备用,立即测定各指标。

1.2 仪器与设备

PAL-1型色差仪 日本爱拓公司; PHS-3C型精密pH计 上海图新电子科技有限公司; 手持WZ113型折射仪 北京万成北增精密仪器公司; KQ-3200DE型数控超声波仪 江苏省昆山市超市仪器有限公司; PL203型电子分

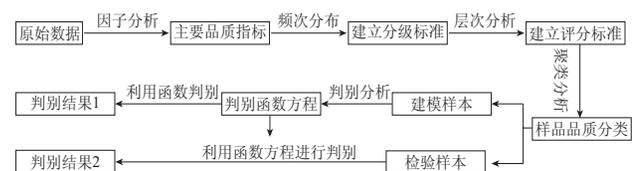
析天秤 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; LXJ-IIB型离心机、RE-52型旋转蒸发器 上海安亭实验仪器有限公司; 722型可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; CR-400/401型色彩色差仪 柯尼卡美能达公司; DG-9073B-1型电热鼓风干燥箱 上海福玛实验设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 鲜苹果品质性状测定

苹果可溶性固形物含量的测定参照GB/T 5009.1—2003《食品卫生检测方法总则 理化部分》,采用手持WZ113型折射仪测量可溶性固形物,结果以°Brix计。可滴定酸度测定参照GB/T 12293—1990《水果、蔬菜制品 可滴定酸度的测定》,结果以%计。固酸比用可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值表示。单果质量采用电子分析天平直接测定,精确至0.001; VC含量的测定参照GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚酚滴定法)》;总糖含量的测定参照GB/T 5009.7—2008《食品中还原糖的测定》;糖酸比用可溶性糖含量与可滴定酸含量的比值表示。水分参照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》;硬度参照NY/T 2009—2011《水果硬度的测定》采用硬度计直接测定;果形指数的测定采用游标卡尺直接测定果实的纵径和横径,纵径与横径之比即为果形指数;果实色泽采用色差仪直接测定 a^* 、 b^* 、 L^* 值;每个样品每个指标测定3次,取平均值。

1.3.2 鲜苹果品质综合评价体系构建流程图



1.3.3 统计分析

利用SPSS软件进行因子分析、层次分析、聚类分析、判别分析等统计分析;利用Excel辅助数据处理及图表绘制。

2 结果与分析

2.1 陕西洛川富士鲜苹果品质水平分析

由表1可知,样本苹果品质性状的差异较大,其中,VC的变异系数最大,达到44.30%,变异幅度为0.20~1.85;其次是固酸比、糖酸比和可滴定酸,其指标变异系数分别为41.98%、41.76%、27.03%;而水分含量的变异系数最小,为1.87%;果形指数的变异性也较小,为4.56%。

表1 鲜苹果品质性状分布
Table 1 Distribution of quality traits for fresh apple

指标	平均值 \bar{x}	变幅	极差	标准差 s	变异系数/%
单果质量/g	284.94	204.83~358.84	154.01	28.925 7	10.15
果形指数	0.85	0.76~0.96	0.20	0.038 9	4.56
L^*	58.16	44.20~71.26	27.06	5.43	9.34
a^*	28.52	10.23~43.19	32.96	6.67	23.38
b^*	17.73	10.92~25.85	14.93	3.18	17.96
硬度	6.49	4.50~8.90	4.40	0.85	13.09
水分含量/%	84.98	80.79~88.50	7.71	1.59	1.87
可溶性固形物含量/%	11.33	8.50~14.90	6.40	1.30	11.45
总糖含量/%	9.56	6.92~11.48	4.56	1.03	10.75
VC含量/(mg/100 g)	0.73	0.20~1.85	1.65	0.32	44.30
可滴定酸含量/%	0.53	0.20~0.85	0.65	0.14	27.03
糖酸比	20.23	10.75~49.41	38.67	8.49	41.98
固酸比	23.88	13.09~64.18	51.09	9.97	41.76

注: 变异系数 $V\% = s/\bar{x} \times 100$ 。

依次将样品苹果的13个品质性状按照单果质量、果形指数、 L^* 、 a^* 、 b^* 、硬度、水分、可溶性固形物、总糖含量、VC含量、可滴定酸、糖酸比、固酸比的次序从1~13进行编号, 各品质性状的相关性分析结果见表2, 样本苹果的单果质量和果形指数呈一定的正相关; 果形指数与色泽 a^* 值存在显著正相关, 与色泽 b^* 值呈显著负相关; 色泽因子 L^* 、 a^* 、 b^* 之间均存在明显的相关关系; 硬度与可滴定酸呈正相关; 水分含量与可溶性固形物呈显著负相关; 可溶性固形物与水分呈显著负相关, 与总糖含量呈正相关; 总糖含量与水分呈负相关; VC与糖酸比和固酸比呈正相关; 可滴定酸、糖酸比、固酸比之间均呈极显著相关关系。

表2 鲜苹果13项品质指标间相关性分析结果
Table 2 Correlation analysis of 13 indexes for fresh apple quality

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.000	0.289	0.030	-0.020	0.052	-0.059	-0.097	0.055	0.033	0.108	-0.113	0.132	0.145
2	0.289	1.000	0.260	-0.385	0.416	-0.157	0.010	0.010	0.092	0.175	-0.256	0.238	0.228
3	0.030	0.260	1.000	-0.847	0.623	-0.042	0.300	-0.344	-0.064	-0.004	-0.158	0.061	-0.011
4	-0.020	-0.385	-0.847	1.000	-0.698	0.172	-0.284	0.263	0.033	-0.135	0.282	-0.201	-0.143
5	0.052	0.416	0.623	-0.698	1.000	-0.243	0.047	0.016	0.171	0.203	-0.383	0.316	0.285
6	-0.059	-0.157	-0.042	0.172	-0.243	1.000	-0.290	0.176	0.016	-0.339	0.518	-0.465	-0.421
7	-0.097	0.010	0.300	-0.284	0.047	-0.290	1.000	-0.821	-0.584	-0.132	-0.083	-0.092	-0.165
8	0.055	0.010	-0.344	0.263	0.016	0.176	-0.821	1.000	0.602	0.143	-0.007	0.168	0.297
9	0.033	0.092	-0.064	0.033	0.171	0.016	-0.584	0.602	1.000	0.258	-0.136	0.336	0.259
10	0.108	0.175	-0.004	-0.135	0.203	-0.339	-0.132	0.143	0.258	1.000	-0.571	0.759	0.733
11	-0.113	-0.256	-0.158	0.282	-0.383	0.518	-0.083	-0.007	-0.136	-0.571	1.000	-0.894	-0.871
12	0.132	0.238	0.061	-0.201	0.316	-0.465	-0.092	0.168	0.336	0.759	-0.894	1.000	0.968
13	0.145	0.228	-0.011	-0.143	0.285	-0.421	-0.165	0.297	0.259	0.733	-0.871	0.968	1.000

2.2 鲜苹果品质评价指标的确定

为确定陕西洛川富士鲜苹果的主要品质指标, 对样品苹果13项品质指标进行因子分析, 结果见表3。由因子分析结果可知前7个因子方差贡献率达92.06%, 包含了13个苹果品质指标的大部分信息, 为主因子。第1因子代表性指标为糖酸比、可滴定酸、固酸比、VC, 方

差贡献率为32.96%, 糖酸比、可滴定酸、固酸比可定义为风味因子, VC可定义为功能因子; 第2因子代表性指标为 L^* 、 a^* 、 b^* , 可定义为视觉感官因子I, 方差贡献率为22.97%; 第3因子代表性指标为可溶性固形物、水分, 可将可溶性固形物定义为营养因子I, 方差贡献率为14.08%; 第4因子代表性指标果形指数, 可定义为视觉感官因子II, 方差贡献率为8.55%; 第5因子代表性指标为硬度, 可定义为适口因子, 方差贡献率为5.26%; 第6因子代表性指标为单果质量, 可定义为质量因子, 方差贡献率为4.61%; 第7因子代表性指标为总糖, 可定义为营养因子II, 方差贡献率为3.64%。

表3 鲜苹果13项品质指标因子分析结果
Table 3 Factor analysis of 13 indices for fresh apple quality

指标	成分矩阵						
	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	因子7
单果质量	0.080	0.009	0.045	0.986	-0.017	0.132	0.000
果形指数	0.139	0.261	0.023	0.154	-0.049	0.937	0.013
L^*	-0.013	0.922	-0.220	0.046	0.080	0.003	0.078
a^*	-0.126	-0.906	0.1879	0.010	0.009	-0.149	-0.053
b^*	0.203	0.818	0.153	-0.022	-0.202	0.207	-0.128
硬度	-0.375	-0.049	0.192	-0.023	0.875	-0.055	-0.0327
含水量	-0.047	0.160	-0.890	-0.072	-0.212	-0.005	0.004
可溶性固形物含量	0.124	-0.161	0.918	0.002	0.073	0.025	-0.131
总糖	0.131	0.096	0.780	-0.021	-0.149	0.005	0.487
VC含量	0.810	0.001	0.055	0.029	0.023	0.080	0.448
可滴定酸	-0.881	-0.199	0.036	-0.031	0.240	-0.057	0.161
糖酸比	0.949	0.109	0.125	0.040	-0.163	0.055	0.082
固酸比	0.958	0.109	0.125	0.040	-0.163	0.055	-0.080
特征值	4.288	2.986	1.304	1.111	0.599	0.683	0.473
方差贡献率/%	32.960	22.969	14.079	8.550	4.610	5.255	3.639

固酸比、糖酸比和可滴定酸含量均为鲜苹果适宜风味评价指标^[10], 由于糖酸比的因子权重最大(以绝对值论, 下同), 且与其他两个指标显著相关, 故选择糖酸比代表风味因子。在3项色泽品质指标中, L^* 、 a^* 值的因子权重较大, 由色泽 a^* 值与色泽 L^* 、 b^* 值相关性较好, 故选择 a^* 值代表色泽品质指标。苹果中VC含量较低, 但是VC含量是评价鲜苹果品质的重要内部指标。可溶性固形物含量与可溶性总糖含量显著相关($R^2=0.602$), 其测定远较后者简单^[11], 且因子权重也大于后者。参照GB/T 10651—2008《鲜苹果》和GB/T 8559—2008《苹果冷藏技术》均将可溶性固形物含量而非可溶性糖含量作为品质指标。因此, 选择可溶性固形物含量作为苹果品质综合评价指标。基于上述分析, 确定单果质量、果形指数、色泽 a^* 值、可溶性固形物、硬度、VC、糖酸比等7项指标为鲜苹果品质评价指标, 其中, 糖酸比为味觉感官指标, VC为功能因子, 可溶性固形物为营养指标, 果肉硬度口感感官指标, 单果质量、果形指数、色泽为视觉感官指标。

a^* 、硬度、可溶性固形物、VC含量、糖酸比等7项鲜苹果品质评价指标的得分。5个公式的y值为7个主要品质指标在表6中的得分带入判别函数得到的综合分值，根据5类判别函数的分值对苹果进行分类。

表7 K-均值聚类及判别分析结果
Table 7 Results of K-means cluster and discriminant analysis

项目	1类	2类	3类	4类	5类
K均值聚类案例数	17	25	38	35	5
校正判别正确数	10	16	26	23	3
校正判别正确率/%	100	100	100	95.65	100
预测判别正确数	6	7	12	12	2
预测判别正确率/%	100	100	100	91.67	100

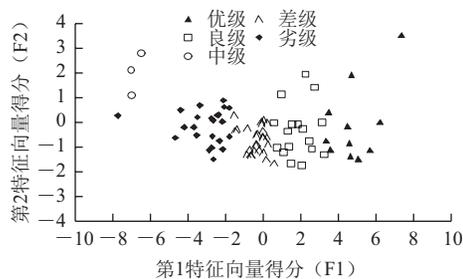


图1 建模样品不同品质两判别函数的散点图

Fig.1 Scatter plot of modeling samples with different qualities using two discriminant functions

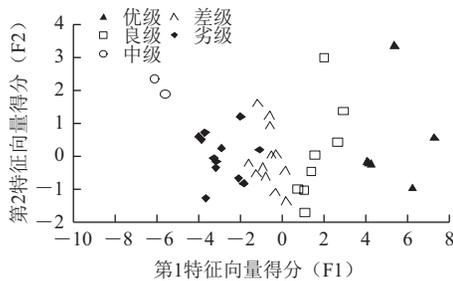


图2 检验样品不同品质两判别函数的散点图

Fig.2 Scatter plot of validation samples with different qualities using two discriminant functions

在对鲜苹果品质进行判别时，将单果质量、果形指数、色泽 a^* 、硬度、可溶性固形物、VC含量、糖酸比等7项指标的得分分别代入上述5个函数，计算函数值，第几个函数的值最大，则其品质就属于第几类。120个陕西洛川富士样品分类及判别结果见表7，K-均值聚类将样品分为5类，样品个数分别为25、17、5、35、38。有判别分析结果可知，建模样品中有1个第4类样品（品质为差级）误判为第5类样品（品质劣级），建模样品判对的概率为95.65%。用上述判别函数对检验样品进行判别，有1个第4类样品（品质为差级）误判为了第3类样品（品质为中级），检验样品判对的概率也为91.67%。因此，所建立的判别函数正确判别率高，可用于鲜苹果品质的综合判别。分别以各样品第1特征向量的得分（F1）、第2

特征向量的得分（F2）为横坐标和纵坐标，作建模样品与检验样品分布图（图1、2）。从图1、2可知，建模样品和检验样品中均有1个样品除外，所建立的判别函数将5种品质的鲜苹果均区分开了，分类效果明显。

3 讨论

3.1 鲜苹果品质及指标分级及指标分级

鲜苹果品质的指标主要包括单果质量、果形指数、色泽等感官品质指标，VC含量、可溶性固形物、可滴定酸度、矿物质、蛋白质等理化与营养品质指标，果实硬度、褐变程度、水分含量和可食率等加工品质指标^[18]。对于含量很低的维生素，由于是苹果的营养和功能因子，在品质综合评价时具有很重要的作用，应该加以考虑，在SPSS软件进行因子分析时，对数据进行了标准化以消除单位和数量级带来的偏差。分级是指标评价的基础，GB/T 10651—2008和NY/T 1793—2009对鲜苹果的等级规格进行了规定，国家标准和农业行业标准均对苹果的色泽、果形进行了定性描述，农业行业标准对果实硬度、可溶性固形物给出了理化指标参考值。然而，对于上述4种指标的要求均较为笼统，且没有设定定量分级标准，对于苹果的其他重要品质既无定性描述也无定量参考标准，难以对苹果果实的综合品质进行测评。本研究对13种鲜苹果品质指标进行了测定，为准确测定和评价色泽，采用了葡萄酒业普遍应用的CIELab颜色空间^[19-20]，该色系被广泛用于葡萄酒、果汁、肉类和面粉品质的评价^[21-24]。通过因子分析确定了鲜苹果主要的品质指标，基于其概率分布，利用层次分析和判别分析对主要品质评价指标进行了分级，并建立了分级标准，不仅为鲜苹果品质的准确评价提供了科学依据，也为今后制定鲜苹果综合评价标准奠定了基础。

3.2 判别函数的准确性

对于原始数据，测定是要求严格依据各项指标测定标准，多次测定以减小人为误差和随机误差，提高数据的可信度。层次分析法是一种将定性定量分析方法相结合的多目标决策分析方法^[25]，适用于难于完全定量分析的问题，一种半定量方法，在很大程度上依赖于人们的经验，要求决策者（在构建判别矩阵时）不能有严重的片面性^[26]。本实验中经分类后，评级为劣级的样品较少，为提高判别准确性，进一步研究中可考虑增加该样品数量或者将该样品同其他相近等级进行合并。

3.3 未来研究方向与切入点

目前我国还没有建立系统的苹果综合品质评价方法及分级标准，使得我国苹果产业评价和分级体系不健全，不能为苹果产业结构调整、选育优质的加工、鲜食专用苹果品种及建立特定用途的原料专用基地提出明确

的目标,影响我国苹果种植和加工产业结构的完善。今后可针对鲜苹果综合品质指标制定完善的苹果综合品质评价及分级标准,可依据不同用途的苹果制定针对性的评价和分级标准,进一步提高判别函数的判别准确性,为提供苹果综合品质提供技术支撑。

4 结论

本研究结果证明陕西富士鲜苹果可用单果质量、果形指数、 a^* 值、可溶性固形物、硬度、VC含量、糖酸比7个指标进行品质评价。建立的鲜苹果品质评价指标分级标准和评分标准为鲜苹果综合品质评价提供了科学依据。建立的鲜苹果综合品质判别函数具有较高的判别准确性,可用于鲜苹果综合品质定性判别,为进一步建立鲜果内部品质的预测及综合品质在线检测奠定了基础。

参考文献:

- [1] 翟衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007,24(3):355-360.
- [2] 张放.2011年我国苹果、梨进出口贸易统计[J].中国果业信息,2012,29(3):34-35.
- [3] 时立文.SPSS19.0统计分析从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2003:300-301.
- [4] 徐吉花,赵政阳,王雷存,等.苹果果实品质评价因子的选择研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):269-273.
- [5] 冯娟,任小林,田建文,等.不同产地富士苹果品质分析与比较[J].食品工业科技,2013,34(14):108-112.
- [6] BAVAY C, SYMONEAUX R, MAÎTRE I, et al. Importance of fruit variability in the assessment of apple quality by sensory evaluation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 77: 67-74.
- [7] 聂继云,李志霞,李海飞,等.苹果理化品质评价指标研究[J].中国农业科学,2012,45(14):2895-2903.
- [8] MENDOZA F, LU R, CEN H. Grading of apples based on firmness and soluble solids content using Vis/SWNIR spectroscopy and spectral scattering techniques[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 125: 59-68.
- [9] HARKER F R, KUPFERMAN E M, MARIN A B, et al. Eating quality standards for apples based on consumer preferences[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 50(1): 70-78.
- [10] 李宝江,林桂荣,崔宽.苹果糖酸含量与果实品质的关系[J].沈阳农业大学学报,1994,25(3):279-283.
- [11] 聂继云.果品质量安全分析技术[M].北京:化学工业出版社,2009:10-37.
- [12] 聂继云,李海飞,李静,等.基于159个品种的苹果鲜榨汁风味评价指标研究[J].园艺学报,2012,39(10):1999-2008.
- [13] 盛骤,谢式千.概率论与数理统计[M].4版.北京:高等教育出版社,2008:218-283.
- [14] 葛世伦.用1-9标度法确定功能评价系数[J].价值工程,1989(1):33.
- [15] JULIE P. SPSS Survival Manual[M].3rd ed. Virginia: Open University Press, 2007: 117-217.
- [16] 时立文.SPSS 19.0统计分析[M].北京:清华大学出版社,2012:246-253.
- [17] 杜强,贾丽艳.SPSS统计分析从入门到精通[M].北京:人民邮电出版社,2011:280-288.
- [18] 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.
- [19] CLIFF M A, KING M C, SCHLOSSER J. Anthocyanin, phenolic composition, colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines[J]. Food Research International, 2007, 40(1): 92-100.
- [20] 师萱,陈娅,符宜谊,等.色差计在食品品质检测中的应用[J].食品工业科技,2009,30(5):373-375.
- [21] 纪滨,许正华,胡学刚,等.基于颜色的食品品质检测技术现状及展望[J].食品与机械,2013,29(4):229-232.
- [22] 张玉刚,解贝贝,戴洪义.4种脱色方法对苹果汁色值和可溶性固形物的影响[J].青岛农业大学学报:自然科学版,2011,28(4):274-278.
- [23] 丁武,魏益民.色彩色差计在肉品新鲜度检验中的应用[J].肉类研究,2002,16(4):47-48.
- [24] 孙向东,王乐凯,任红波,等.色彩色差计在面粉色泽测定上的应用[J].粮油食品科技,2002,10(2):31-33.
- [25] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用[J].中国安全科学学报,2008,18(5):148-152.
- [26] 唐启义.DPS数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M].2版.北京:科学出版社,2010:169-232.