

网络出版时间:2016-10-09 10:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.11.017

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161009.1008.034.html>

苹果杂交后代果实品质的定量评价

蒋小兵^{1,2}, 王亚杰^{1,2}, 杨惠娟^{1,2}, 高滋艺^{1,2},
张伯虎^{1,2}, 杨亚州^{1,2}, 赵政阳^{1,2}

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省苹果工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究苹果果实品质性状仪器测定值与感官评价的定性定量关系, 建立简便易行、客观准确的果实品质评价方法, 为苹果新品种选育研究中杂种后代果实品质的分析和评价奠定基础。【方法】以‘富士’×‘粉红女士’、‘秦冠’×‘富士’、‘富士’×‘嘎拉’3个杂交组合的481株杂交后代为试材, 用仪器测定果实的果皮色差、硬度、可滴定酸、可溶性固形物等指标, 以专业人员对果实表色、质地、风味3个感官性状进行主观评判, 运用统计学方法分析二者的定性定量关系, 初步建立苹果果实品质的量化评价方法。【结果】果实性状的感官评价与仪器测定存在极显著的线性相关关系, 建立了表色、质地、风味分别与仪器测定指标色差、硬度、可滴定酸和固酸比的量化评价的预测模型。(1)果实表色与仪器测定中L*值和b*值极显著负相关、与a*值极显著正相关, 质地与硬度极显著正相关, 风味与可滴定酸极显著正相关、与固酸比极显著负相关。(2)不同表色类型对应的L*值、a*值、b*值的分级区间: 0(黄色)为73.06~74.69, -7.68~-6.04, 42.98~44.61; 1(淡红)和2(橙红)为62.23~66.05, 3.74~11.59, 30.44~34.88; 3(粉红)为59.71~64.29, 8.85~16.36, 27.47~31.83; 4(鲜红)为52.16~55.22, 15.55~17.96, 24.64~26.79; 5(红)为56.56~59.13, 13.55~16.62, 26.34~28.38; 6(浓红)和8(褐红)为49.55~54.88, 17.62~22.84, 22.28~26.75; 7(紫红)为46.84~51.91, 18.90~24.01, 19.20~22.27。(3)不同质地类型对应的硬度分级区间: 1(松软)为 ≤ 5.15 kg/cm², 3(绵软)和5(松脆)为7.19~7.47 kg/cm², 7(硬脆)和9(硬)为 ≥ 8.43 kg/cm²。(4)不同风味类型对应的可滴定酸和固酸比的分级区间: 甜为 $\leq 0.36\%$, ≥ 54.62 ; 酸甜为 $0.36\% \sim 0.44\%$, 36.16~44.88; 甜酸为 $0.49\% \sim 0.55\%$, 29.07~33.03; 酸为 $0.57\% \sim 0.64\%$, 24.35~27.93; 极酸为 $\geq 0.63\%$, ≤ 20.21 。【结论】提出了一种基于感官评价和仪器测定相结合的苹果杂交后代定量评价方法, 可用于苹果果实品质评价, 特别是杂交后代果实评价。

【关键词】 苹果; 品质评价; 感官性状; 理化指标

【中图分类号】 S661.103.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2016)11-0119-08

Quantitative evaluation of fruit quality of apple hybrids

JIANG Xiaobing^{1,2}, WANG Yajie^{1,2}, YANG Huijuan^{1,2}, GAO Ziyi^{1,2},
ZHANG Bohu^{1,2}, YANG Yazhou^{1,2}, ZHAO Zhengyang^{1,2}

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Apple E&T Research Centre of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This research studied the relationships between instrumental measurements and sensory analysis for different apple fruits and established an academic appraisal system for quality of apple hybrids. 【Method】 Instrumental parameters including instrumental color, firmness, soluble solids content,

【收稿日期】 2015-06-12

【基金项目】 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28); 国家自然科学基金项目(31471845); 国家科技支撑计划项目(2014BAD16B06); 西北农林科技大学基本科研业务费专项(2014YB086)

【作者简介】 蒋小兵(1989—), 男, 贵州金沙人, 硕士, 主要从事苹果育种与遗传改良研究。E-mail: qihua0826@163.com

【通信作者】 赵政阳(1964—), 男, 陕西富平人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事苹果育种与遗传改良研究。

E-mail: zhaozy@nwsuaf.edu.cn

and titratable acidity and 3 sensory attributes (color, texture, and flavor) of 481 hybrids were determined and statistical tests were performed to correlate sensory analysis and instrumental texture measurements to establish an quantitative evaluation method of fruit quality. 【Result】 There were wide correlations between sensory attributes and instrumental parameters and predictive models were obtained by statistical analysis. (1) Color had positive correlation with L^* value and b^* value and negative relation with a^* . Sensory flavor was significantly positively related with titratable acidity but negatively related with soluble solids content. A significantly positive correlation was found between texture and firmness. (2) Level ranges of L^* value, a^* value and b^* value to different color types: 0 (yellow) is 73.06—74.69, -7.68—-6.04, 42.98—44.61; 1 (light-red) and 2 (orange-red) is 62.23—66.05, 3.74—11.59, 30.44—34.88; 3 (pink) is 59.71—64.29, 8.85—16.36, 27.47—31.83; 4 (bright-red) is 52.16—55.22, 15.55—17.96, 24.64—26.79; 5 (red) is 56.56—59.13, 13.55—16.62, 26.34—28.38; 6 (concentrated-red) and 8 (purple-red) is 49.55—54.88, 17.62—22.84, 22.28—26.75; and 7 (brown-red) is 46.84—51.91, 18.90—24.01, 19.20—22.27. (3) Level ranges of firmness to different texture types: 1 (very soft) is ≤ 5.15 kg/cm²; 3 (soft) and 5 (crisp) is 7.19—7.47 kg/cm²; 7 (firm) and 9 (very firm) is ≥ 8.43 kg/cm². (4) Level ranges of titratable acidity and ratio of TSS to TA to different flavor types: sweet is $\leq 0.36\%$, ≥ 54.62 ; slight-sweet is 0.36%—0.44%, 36.16—44.88; tart-sweet is 0.49%—0.55%, 29.07—33.03; tart is 0.57%—0.64%, 24.35—27.93; and extremely tart is $\geq 0.63\%$, ≤ 20.21 . 【Conclusion】 An identification method based on combination of sensory attributes with instrument measurement was proposed, which was suitable for fruit quality assessment, especially for apple hybrids.

Key words: apple; quality evaluation; sensory attributes; instrumental indices

苹果清脆香甜,汁液丰富,深受大众喜爱。随着人们对苹果品质的要求越来越高,品种改良成为果树科研工作者的一项重要任务。因此,苹果育种在世界许多国家果树研究工作中不断得到加强^[1]。在苹果优良品种选育研究中,杂种后代果实品质的评价是十分重要的环节。因此,评价果实品质最直接有效的方法是感官评价,但组织专业人员进行逐一评价程序复杂、耗时费力,不便经常和广泛地开展。因此研究苹果果实性状仪器测定与感官评价的定性定量关系,建立简便易行、可操作性强的评价方法对提高育种效率具有重要意义。

果实性状分为外观性状和内在品质性状,其中外观性状主要有果实大小、形状、色泽、光洁度等,内在品质性状有质地、风味、香气等^[2]。近年来不同的仪器测定和感官评价方法被用于苹果果实品质评价。国外学者采用多种物理方法^[3-5]对不同的感官性状^[6-9]进行研究,结果表明果实硬度、脆度等与仪器测定指标存在广泛的相关关系。一些研究基于仪器测定指标构建了预测感官性状的线性回归方程,对脆度^[4]、甜度^[10]、酸味^[11]等性状的预测取得了良好的效果。但有学者发现只有当被分析的性状较少时评价才有效,且感官评价与仪器测定指标的相

关性因供试品种不同存在差异,且感官评价对仪器测定起着校正作用,但以仪器测定结果预测感官性状较为困难,结果常常相互矛盾^[11-13]。这些报道多是对感官性状的定性研究,而未将感官性状的不同类型进行量化研究。国内一些学者以不同品种为试材对苹果果实的评价指标进行研究,不同程度地简化了评价指标^[14-18],但都只集中于研究仪器测定的理化指标。上述研究多是以品种为试材分析了苹果果实品质感官评价与仪器测定的相关性,并对评价指标进行筛选简化。但将感官评价和仪器测定结合起来探索建立仪器测定的量化评价方法的研究尚未见报道,特别是针对杂交后代果实评价的研究。

基于上述背景,本研究以‘富士’×‘粉红女士’、‘秦冠’×‘富士’、‘富士’×‘嘎拉’3个杂交组合的481株杂交后代为试材,仪器测定果实的果皮色差、硬度、可滴定酸、可溶性固形物等指标,由专业人员对果实表色、质地、风味3个感官性状进行主观评判,运用统计学方法分析二者的定性定量关系,旨在探讨苹果感官评价与仪器测定值的定量关系,初步建立苹果果实品质的量化评价方法,为苹果品种选育中杂种后代果实品质评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2014 年 8 月至 11 月进行。供试材料包括 3 个组合 481 株杂交后代的果实(‘富士’×‘粉红女士’组合 131 株、‘秦冠’×‘富士’组合 126 株、‘富士’×‘嘎拉’组合 224 株),均采自西北农林科技大学白水苹果试验站种杂交圃。杂交后代植株砧木为自根砧 M26,株行距为 0.5 m×4 m,采用正常管理,土壤条件一致。在杂交后代果实成熟期采样,成熟期的确定方法根据果实的底色、质地及其风味变化确定。在杂交后代树冠中部外围按东、南、西、北 4 个方位各随机采果 1 个,将此 4 个果实作为一个重复,采摘 3 次作为 3 个重复。所采样品带回实验室,当天进行各项指标的评价和测定。

1.2 方 法

1.2.1 基本理化指标测定 于果实赤道部位平均选取 3 个测量位点,削去果皮,使用 FTA GS-15 型果实质地分析仪测定果实的去皮硬度,取平均值作为该果实的硬度(kg/cm²);使用 ATAGO(PAL-1)

手持数显折光仪测定可溶性固形物含量(%);可滴定酸含量(%)采用 GMK-835F 型苹果酸度计测定;果实色差测定时,为排除底色对表色的影响,选择感官评价中着色面积大于 50%的果实,使用 Minolta CR-400 型色差计沿果实赤道部位均匀选取 5 个不同的点测定果皮颜色的 L*、a* 和 b* 色差值。L* 值表示颜色的亮度,取值范围在 0~100,100 代表白色,0 代表黑色;a* 值代表红绿色度,取值范围为-60~+60,a* 值取正值时为红色和紫色,负值时为绿色和蓝色,绝对值越大则颜色越深;b* 值代表黄蓝色度,取值范围为-60~+60,正值时为黄色,负值时为蓝色,绝对值越大则颜色越深。

1.2.2 感官品质主观评价 感官性状的评判参考《果树种质资源描述符:记载项目及评价标准》^[19]。由从事苹果品种选育多年的专业人员组成 5 人评价小组对果实表色、质地和风味进行评定,评定标准见表 1。对试验样品进行评定时,将采集的样品随机编号,并根据编号来评定,取平均值。每次评价由每个评价员单独进行,且在每个样品评价之后用清水漱口,排除上一个样品对下一个样品的影响。

表 1 感官评价性状的评判标准

Table 1 Sensory attributes and their values

表色 Color		质地 Texture		风味 Flavor	
分值 Scores	颜色 Colour	分值 Scores	脆度 Crispness	分值 Scores	酸甜感 Sourness sweetness taste
0	黄色 Yellow	1	松软 Very soft	1	甘甜 Sweet
1	淡红 Light-red	3	绵软 Soft	2	淡甜 Light-sweet
2	橙红 Orange-red	5	松脆 Crisp	3	酸甜 Tart-sweet
3	粉红 Pink	7	硬脆 Firm	4	酸甜适度 Moderate
4	鲜红 Bright-red	9	硬 Very firm	5	甜酸 Sweet-tart
5	红 Red			6	酸 Tart
6	浓红 Concentrated-red			7	极酸 Extremely tart
7	紫红 Purple-red				
8	褐红 Brown-red				

1.3 数据统计分析

利用 Excel 和 SPSS 软件进行试验数据统计分析。感官性状与仪器测定指标的分级中,应用区间估计对与感官性状相关性较强的指标求出相应的 95%置信区间,即理论上在该区间内可对相应的感官性状作出判断,如果置信区间重叠,则认为二者差异不显著,并将重叠的置信区间进行合并,反之则认为差异较显著,以此为依据得出感官性状不同类型的分级区间。

2 结果与分析

2.1 苹果果实品质性状的变异

苹果果实品质性状的基本统计量见表 2。由表

2 可知,就参数组内变异程度而言,标准差较大(标准差>8.50)的参数有 L* 值、a* 值、b* 值和固酸比,说明这些参数组内个体间离散程度较大;硬度、可溶性固形物、可滴定酸、表色、质地和风味的组内个体间离散程度较小(标准差<3.00),其中固酸比和可滴定酸分别具有最大和最小标准差,分别为 15.71 和 0.17%。对参数组间变异程度进行分析可知,各参数的变异系数分布范围较广,a* 值变异程度最大(变异系数为 105.73%),其次是表色(变异系数为 71.91%),可溶性固形物的变异程度最小(变异系数为 9.02%)。综上所述,各参数存在较大差异,说明试验样品代表性较好。

表 2 苹果果实品质性状的基本统计量

Table 2 Descriptive analysis of quality properties of apple fruits

品质参数 Quality parameters	样本量 Simple size	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变幅 Range	变异系数/% Coefficient of variation
L* 值 L* value	447	59.93	9.98	30.09~79.01	16.66
a* 值 a* value	447	11.25	11.89	-19.95~55.42	105.73
b* 值 b* value	447	30.27	8.65	10.65~54.07	28.59
硬度/(kg·cm ⁻²) Firmness	481	7.65	1.33	3.55~12.14	17.36
可溶性固形物含量/% Soluble solids content(SSC)	481	15.00	1.35	9.10~20.70	9.02
可滴定酸含量/% Titratable acidity(TA)	481	0.44	0.17	0.17~0.93	38.16
固酸比 SSC/TA	481	39.83	15.71	14.84~84.71	39.43
表色 Color	447	3.71	2.67	0~8	71.91
质地 Texture	481	5.25	2.35	1~9	44.76
风味 Flavor	481	3.54	1.89	1~7	53.39

2.2 苹果果实品质性状的相关性

为探明感官性状与仪器测定指标间的定性关系,对 3 个感官性状和 7 个理化指标进行相关性分析,结果见表 3。由表 3 可知,每一感官性状均与 2 个及以上的理化指标存在极显著的相关关系。表色与 L* 值和 b* 值极显著负相关,与 a* 值极显著正相关,相关系数分别为-0.748,-0.749 和 0.766,说明 L* 值和 b* 值越小、a* 值越大,果实颜色越深;质地与硬度极显著正相关($r=0.618$),说明硬度越大,

质地越硬,虽然质地与可溶性固形物含量极显著正相关,但由于相关系数较小($r=0.221$),不能以之说明二者线性相关的变化趋势;风味与可滴定酸含量极显著正相关($r=0.634$),与固酸比极显著负相关($r=-0.610$),表明可滴定酸含量越大、固酸比越小,果实风味越浓郁。感官性状与仪器测定指标之间的线性相关性表明,通过仪器测定参数的置信区间对感官性状进行评价等级划分,在理论上具有可行性,并可用于进一步构建回归模型。

表 3 苹果果实仪器测定指标与感官性状间的相关系数

Table 3 Pearson's correlation coefficients between instrumental indices and sensory traits

品质参数 Quality parameters	L* 值 L* value	a* 值 a* value	b* 值 b* value	硬度 Firmness	可溶性 固形物含量 Soluble solids content	可滴定酸含量 Titratable acidity	固酸比 SSC/TA
表色 Color	-0.748**	0.766**	-0.749**	0.084	-0.073	0.032	-0.057
质地 Texture	-0.024	-0.010	-0.031	0.618**	0.221**	0.021	0.042
风味 Flavor	-0.069	0.069	0.006	-0.051	-0.058	0.634**	-0.610**

注: ** 表示在 0.01 水平上有显著性。

Note: ** significance on the level of 0.01.

2.3 苹果果实表色对应的色差分级

由表 4 可以看出,随着感官表色加深,L* 值、b* 值的整体变化趋势是减小,a* 值是增大。感官评价中,由 1(淡红)到 8(褐红),颜色逐渐加深,亮度下降,根据 L* 值的定义,颜色越亮,L* 值越大,可知色泽的感官评价与色差的测定结果相关性较好。但当感官分值是 5(红)时,L* 值、a* 值、b* 值变化趋势反常,可能是由于感官评价中评价者在较难判断果实表色类型时,通常会判断为红色,导致结果存在误差。分别对 L* 值、a* 值、b* 值的置信区间进行分析发现,表色分值 1(淡红)和 2(橙红)、6(浓红)和 8(褐红)的 L* 值的置信区间重叠;表色分值 2(橙红)和 3(粉红)、6(浓红)、7(紫红)和 8(褐红)的 a* 值的置信区间重叠;表色分值 1(淡红)和 2(橙红)、6(浓红)和 8(褐红)的 b* 值的置信区间重叠,其他分值

(颜色)对应的色差置信区间差别明显。将重叠的色差置信区间整合成同一水平,即得出每一感官表色所对应的 L* 值、a* 值、b* 值的置信区间,0(黄色)为 73.06~74.69,-7.68~-6.04,42.98~44.61;1(淡红)和 2(橙红):62.23~66.05,3.74~11.59,30.44~34.88;3(粉红):59.71~64.29,8.85~16.36,27.47~31.83;4(鲜红)52.16~55.22,15.55~17.96,24.64~26.79;5(红):56.56~59.13,13.55~16.62,26.34~28.38;6(浓红)和 8(褐红):49.55~54.88,17.62~22.84,22.28~26.75;7(紫红):46.84~51.91,18.90~24.01,19.20~22.27。

2.4 苹果果实质地对应的硬度分级

由表 5 可知,随着质地的感官评价分值增大,即果实质地由松软到硬,果实硬度总体变化趋势是增

大,感官类型为 3(绵软)和 5(松脆)、7(硬脆)和 9(硬)处折线趋于平稳,说明此时相邻的质地类型在硬度水平上基本一致。以平均值计,果实质地为绵软和松脆的最多,分别占 48.44%和 36.80%。分析硬度的置信区间发现,除感官评价 1(松软)外,3(绵软)与 5(松脆)、7(硬脆)与 9(硬)的置信区间重叠,说明感官评价对质地为绵软和松脆、硬脆和硬区分不明显,这是因为感官质地是果实入口时对整个果

实内在特性的综合感受,不仅受果实硬度的影响,同时受脆度、汁液、肉质等的影响而作出的主观综合评价,但是仪器测定的硬度只是单一的理化指标,虽然客观但也较为机械。因此,可将果实质地分为 3 个类型:绵、脆、硬。将重叠的两个置信区间整合成一个水平,可得 3 个质地类型的分级区间,即 1(松软): $\leq 5.15\text{ kg/cm}^2$, 3(绵软)和 5(松脆): $7.19\sim 7.47\text{ kg/cm}^2$, 7(硬脆)和 9(硬): $\geq 8.43\text{ kg/cm}^2$ 。

表 4 不同表色类型对应的色差值分级

Table 4 Level ranges of different color types corresponding to chromatic aberration							
感官分值 Sensory score	指标 Index	样本量 Sample size	均值 Mean	均值标准误 Standard error of mean	标准差 Standard deviation	95% 置信区间 95% confidence interval for mean	
						下限 Lower bound	上限 Upper bound
0(黄色 Yellow)	L* 值 L* value	80	73.88	0.41	3.66	73.06	74.69
	a* 值 a* value	80	-6.86	0.41	3.68	-7.68	-6.04
	b* 值 b* value	80	43.80	0.41	3.66	42.98	44.61
1(淡红 Light-red)	L* 值 L* value	43	64.96	0.54	3.55	63.87	66.05
	a* 值 a* value	43	5.54	0.89	5.86	3.74	7.34
	b* 值 b* value	43	32.04	0.79	5.19	30.44	33.64
2(橙红 Orange-red)	L* 值 L* value	52	63.64	0.70	5.07	62.23	65.05
	a* 值 a* value	52	9.81	0.89	6.38	8.04	11.59
	b* 值 b* value	52	33.57	0.65	4.69	32.27	34.88
3(粉红 Pink)	L* 值 L* value	21	62.00	1.10	5.04	59.71	64.29
	a* 值 a* value	21	12.60	1.80	8.25	8.85	16.36
	b* 值 b* value	21	29.65	1.05	4.79	27.47	31.83
4(鲜红 Bright-red)	L* 值 L* value	60	53.69	0.76	5.92	52.16	55.22
	a* 值 a* value	60	16.75	0.60	4.67	15.55	17.96
	b* 值 b* value	60	25.71	0.54	4.16	24.64	26.79
5(红 Red)	L* 值 L* value	68	57.85	0.65	5.32	56.56	59.13
	a* 值 a* value	68	15.09	0.77	6.33	13.55	16.62
	b* 值 b* value	68	27.36	0.51	4.21	26.34	28.38
6(浓红 Concentrated-red)	L* 值 L* value	42	51.89	1.11	7.16	49.66	54.12
	a* 值 a* value	42	20.23	1.29	8.36	17.62	22.84
	b* 值 b* value	42	24.63	1.05	6.78	22.52	26.75
7(紫红 Purple-red)	L* 值 L* value	31	49.37	1.24	6.91	46.84	51.91
	a* 值 a* value	31	21.46	1.25	6.97	18.90	24.01
	b* 值 b* value	31	20.74	0.75	4.18	19.20	22.27
8(褐红 Brown-red)	L* 值 L* value	50	52.22	1.33	9.39	49.55	54.88
	a* 值 a* value	50	20.14	1.02	7.19	18.09	22.18
	b* 值 b* value	50	23.95	0.83	5.87	22.28	25.62

表 5 不同质地类型对应的硬度分级

Table 5 Level ranges of different texture types corresponding to firmness							kg/cm ²
感官分值 Sensory score	样本量 Sample size	均值 Mean	均值标准误 Standard error of mean	标准差 Standard deviation	95% 置信区间 95% confidence interval for mean		
					下限 Lower bound	上限 Upper bound	
1(松软 Very soft)	25	4.84	0.15	0.75	4.54	5.15	
3(绵软 Soft)	133	7.34	0.07	0.75	7.21	7.47	
5(松脆 Crisp)	177	7.33	0.07	0.92	7.19	7.46	
7(硬脆 Firm)	49	8.75	0.16	1.12	8.43	9.07	
9(硬 Very firm)	97	8.82	0.12	1.16	8.59	9.06	

2.5 果实风味对应的可滴定酸和固酸比分级

果实风味是果实的内在品质,由味感和嗅感构

成,前者以甜酸味为主体,与糖、酸的种类和含量有关,后者取决于挥发性芳香物质的种类和含量。随

着感官风味的评价分值增大,即风味越浓郁,可滴定酸均值呈增大趋势,固酸比的均值呈减小趋势,感官分值为 1(甘甜)和 2(淡甜)、3(酸甜)和 4(酸甜适度)处折线趋于平稳,说明此时相邻两种风味类型的可滴定酸水平基本一致,这是因为相邻的两种风味类型的定义相似,即味感阈值接近,且芳香物质对嗅感加以影响,因此难以区分。对果实风味每一评价类型对应的可滴定酸和固酸比的置信区间进行分析(表 6)发现:当感官评价分值是 1(甘甜)和 2(淡甜)时,置信区间范围基本一致,评价分值是 3(酸甜)和

4(酸甜适度)时亦如此,只有评价分值分别是 5(甜酸)、6(酸)和 7(极酸)时,对应的可滴定酸和固酸比的置信区间差别明显。可确定对感官风味的判断大致分为甜、酸甜、甜酸、酸和极酸 5 个类型。由此可得每一类型对应的可滴定酸和固酸比的置信区间,甜: $\leq 0.36\%$, ≥ 54.62 ;酸甜: $0.36\% \sim 0.44\%$, $36.16 \sim 44.88$;甜酸: $0.49\% \sim 0.55\%$, $29.07 \sim 33.03$;酸: $0.57\% \sim 0.64\%$, $24.35 \sim 27.93$;极酸: $\geq 0.63\%$, ≤ 20.21 。

表 6 不同风味类型对应的可滴定酸含量及固酸比分级

Table 6 Level ranges of different flavor types corresponding to titratable acidity and ratio of TSS to TA

感官分值 Sensory score	指标 Index	样本量 Sample size	均值 Mean	均值标准误差 Standard error of mean	标准差 Standard deviation	95% 置信区间 95% confidence interval for mean	
						下限 Lower bound	上限 Upper bound
1(甘甜 Sweet)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	100	0.33	0.01	0.12	0.31	0.35
	固酸比 SSC/TA	100	51.59	1.53	15.26	48.56	54.62
2(淡甜 Slight-sweet)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	86	0.33	0.01	0.11	0.31	0.36
	固酸比 SSC/TA	86	48.51	1.68	15.60	45.17	51.86
3(酸甜 Tart-sweet)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	38	0.41	0.02	0.11	0.37	0.44
	固酸比 SSC/TA	38	40.15	1.97	12.12	36.16	44.13
4(酸甜适度 Moderate)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	72	0.38	0.01	0.11	0.36	0.41
	固酸比 SSC/TA	72	42.23	1.33	11.29	39.57	44.88
5(甜酸 Sweet-tart)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	100	0.52	0.01	0.13	0.49	0.55
	固酸比 SSC/TA	100	31.05	1.00	9.99	29.07	33.03
6(酸 Tart)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	66	0.60	0.02	0.14	0.57	0.64
	固酸比 SSC/TA	66	26.14	0.90	7.27	24.35	27.93
7(极酸 Extremely tart)	可滴定酸含量/% Titratable acidity	19	0.69	0.03	0.12	0.63	0.75
	固酸比 SSC/TA	19	22.73	1.20	5.23	20.21	25.25

2.6 苹果果实品质评定模型的建立

分别以色差值、硬度、可滴定酸为自变量,以感官评价性状为依变量进行逐步回归分析,以进一步确定感官性状与仪器指标间相互依赖的定量关系,

结果见表 7。经过筛选得到感官表色、质地、风味具有统计学意义($P<0.01$)的最优回归模型。说明感官评定的表色、质地、风味分别可以用仪器测定的 a^* 值、硬度和可滴定酸得到预测。

表 7 仪器测定指标对感官性状的回归分析

Table 7 Regression analysis of instrumental parameters and sensory attributes

感官性状 Sensory attribute	入选自变量 Selected variable	复相关系数 R Multiple correlation coefficient	决定系数 R^2 Determination coefficient	P 值 P -value	预测模型 Prediction model
表色(Y_1)Colour	a^* 值(X_1) a^* value	0.766	0.586	0.000	$Y_1=0.179X_1+1.698$
质地(Y_2)Texture	硬度(X_2)Firmness	0.618	0.381	0.000	$Y_2=1.093X_2-3.107$
风味(Y_3)Flavor	可滴定酸含量(X_3) Titratable acidity	0.634	0.402	0.000	$Y_3=7.242X_3+0.390$

3 讨 论

3.1 果实品质性状间的相关性

探明感官性状与理化指标之间的相关关系,将

感官评价与仪器测定结合起来建立优势互补的评价方法是亟待解决的问题。本试验结果表明,仪器测定指标与感官性状存在一定的相关性,其中 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值与表色极显著相关,表明感官表色评价

与色差值的变化基本一致。硬度与质地极显著正相关,表明硬度越小,质地越松软。风味与可滴定酸含量极显著正相关,与固酸比极显著负相关,但与可溶性固形物相关不显著,说明可滴定酸越高,风味越浓郁,可溶性固形物对风味影响较小。这与李宝江等^[20]的研究结果可滴定酸含量对果实风味品质影响较大相符。表色、风味和质地作为评价果实品质的 3 个重要指标,分别与仪器测定的色差、可滴定酸和固酸比、硬度存在极显著的线性相关关系,说明通过仪器测定参数的置信区间对感官性状进行评价等级划分理论上可行性较强。

3.2 感官性状不同类型对应的理化指标分级

苹果果皮颜色是底色和表色综合表现的结果,表色受底色的影响较大,关于农产品颜色测定大都选择“CIE Lab”表色系统。赖凌凌等^[21]探讨了“CIE Lab”表色系统与绿茶感官审评的汤色得分的相关性,表明色度值对茶汤冲泡条件的变化反映较为灵敏,能反映汤色品质的变化趋势。刘新民^[22]也采取“CIE Lab”系统的测色方法对烤烟品质进行量化分析,其获得的颜色数值和感官保持了较高的一致性。本研究中 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值与表色存在极显著相关关系,且二者相互的变化趋势明显,说明对表色的感官评价与色差值是一致的,这与以上两者的研究结果相似,说明通过色差对果实表色进行评价具有可行性。

感官质地是对入口果实的整个内在特性的综合感受,受脆度、汁液、肉质等的影响。杨玲等^[5]认为,TPA 测试可作为一种方法比较不同品种苹果果实质地的差异性,但因其操作复杂不能在果实品质评价中直接有效地应用。本试验通过选取硬度这一主要指标对质地进行描述,将果实质地划分为 5 个类型进行研究,发现这 5 个类型的硬度分级区间与王昆等^[23]以手持硬度计测定的苹果品种去皮硬度的 5 级划分基本一致,但由于测定硬度的仪器和材料不同,两者间也存在一定的差异。

果实风味是果实的内在品质,由味感和嗅感构成,前者以甜酸味为主体,与可溶性糖、有机酸的种类和含量有关,后者取决于挥发性芳香物质的种类和含量^[24]。固酸比是反映果实风味的重要指标,可溶性固形物和可滴定酸的含量及比例决定了果实的风味品质。对果实品质性状的感官评价得分与其相应的仪器测定参数分析得出,感官对偏酸风味较敏感,对偏甜风味不太敏感,这是因为相邻的两种风味类型的定义相似,即味感阈值接近,且芳香物质在嗅

感加以影响,因此评价人员难以区分。王海波等^[25]也发现,不同中早熟苹果品种果实的可溶性糖、可溶性糖/苹果酸及味感评价存在较大差异,但味感评价的差异性与糖酸比测定结果基本一致。贾定贤等^[26]研究指出,苹果风味的优劣与可滴定酸含量有很大关系,并将可滴定酸含量划分为由低到高的 5 级,该分级标准与聂继云等^[17]对苹果鲜榨汁的可滴定酸含量 5 级划分(对应的鲜榨汁风味分别为甜、酸甜、酸甜适度、甜酸和酸)基本相同,两者与本试验中果实风味的 5 级划分差别较大,这可能是由于材料差异和建立方法不同所致。

4 结 论

通过区间估计得出了果实表色、质地、风味与其相对应的仪器测定结果的分级区间,建立了具有统计意义的感官表色、质地和风味的预测模型,以此提出了一种基于感官评价和仪器测定相结合的苹果杂交后代定量评价方法。

[参考文献]

- [1] 王宇霖. 关于我国苹果育种研究工作的几点想法 [J]. 果树学报, 2008, 25(3): 559-565.
Wang Y L. Some ideas about the apple breeding in China [J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(3): 559-565.
- [2] 束怀瑞. 果树学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 133-148.
Shu H R. Apple science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999: 133-148.
- [3] Mehinagic E, Royer G, Bertrand D, et al. Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible-NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars [J]. Food Quality and Preference, 2003, 14(5): 473-484.
- [4] Barreiro P, Ortiz C, Ruiz-Altisent M, et al. Comparison between sensory and instrumental measurements for mealiness assessment in apples: a collaborative test [J]. Journal of Texture Studies, 1998, 29(5): 509-525.
- [5] 杨 玲, 肖 龙, 王 强, 等. 质地多面分析 (TPA) 法测定苹果肉质质地特性 [J]. 果树学报, 2014, 31(5): 977-985.
Yang L, Xiao L, Wang Q, et al. Study on texture properties of apple flesh by using texture profile analysis [J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 977-985.
- [6] Ananthakrishna S M, Dhanaraj S, Ramakrishnarajan M G, et al. Instrumental quality measures: development, standardization and their correlation to the sensory attributes in apple [J]. Journal of Food Science and Technology, 1983, 20(2): 57-62.
- [7] Abbott J A, Watada A E, Massie D R. Sensory and instrument measurement of apple texture [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1984, 109(2): 221-228.
- [8] Harker F R, Marsh K B, Young H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple

- fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24(3): 241-250.
- [9] Gálvez-López D, Laurens F, Devaux M F, et al. Texture analysis in an apple progeny through instrumental, sensory and histological phenotyping [J]. *Euphytica*, 2012, 185(2): 171-183.
- [10] Corollaro M L, Aprea E, Endrizzi I, et al. A combined sensory-instrumental tool for apple quality evaluation [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 96: 135-144.
- [11] Harker F R, Amos R L, Echeverría G, et al. Influence of texture on taste: insights gained during studies of hardness, juiciness, and sweetness of apple fruit [J]. *Journal of Food Science*, 2006, 71(2): S77-S82.
- [12] Harker F R, Maindonald J, Murray S H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements; 1. texture of apple fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24(3): 225-239.
- [13] Brookfield P L, Nicoll S, Gunson F A, et al. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 59(2): 179-186.
- [14] 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.
- Nie J Y, Li Z X, Li H F, et al. Evaluation indices for apple physicochemical quality [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2012, 45(14): 2895-2903.
- [15] 董月菊, 张玉刚, 梁美霞, 等. 苹果果实品质主要评价指标的选择 [J]. *华北农学报*, 2011, 26(7): 74-79.
- Dong Y J, Zhang Y G, Liang M X, et al. Selection of main indexes for evaluating apple fruit quality [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2011, 26(7): 74-79.
- [16] 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*, 2012, 29(6): 269-274.
- Xu J H, Zhao Z Y, Wang L C, et al. Selection of factors for apple fruit quality evaluation [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2012, 29(6): 269-274.
- [17] 聂继云, 毋永龙, 李海飞, 等. 苹果鲜榨汁品质评价体系构建 [J]. *中国农业科学*, 2013, 46(8): 1657-1667.
- Nie J Y, Wu Y L, Li H F, et al. Evaluation system established for fresh apple juice quality [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2013, 46(8): 1657-1667.
- [18] 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.
- Nie J Y, Li H F, Li J, et al. Studies on taste evaluation indices for fresh apple juice based on 159 cultivars [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, 39(10): 1999-2008.
- [19] 蒲富慎. 果树种质资源描述符 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1990.
- Pu F S. Descriptors of fruits genetic resources [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1990.
- [20] 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.
- Li B J, Lin G R, Cui K. Studies on relationship between sugar and acid content and fruit quality of apples [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1994, 25(3): 279-283.
- [21] 赖凌凌, 郭雅玲. $L^* a^* b^*$ 表色系统与绿茶汤色的相关性分析 [J]. *热带作物学报*, 2011, 32(6): 1172-1175.
- Lai L L, Guo Y L. Correlation analysis between $L^* a^* b^*$ system and liquid color of green tea [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2011, 32(6): 1172-1175.
- [22] 刘新民. 颜色量化分析在烤烟品质评价中的应用研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2004: 31-33.
- Liu X M. Application of color quantification analysis of flue-cured tobacco quality evaluation [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2004: 31-33.
- [23] 王 昆, 刘凤之, 肖艳宏, 等. 苹果种质资源果实数量性状评价分析 [J]. *中国果树*, 2007(5): 14-17.
- Wang K, Liu F Z, Xiao Y H, et al. The evaluation of quantitative characters of fruit in apple germplasm resource [J]. *China Fruit*, 2007(5): 14-17.
- [24] 李晓颖, 谭洪花, 房经贵, 等. 果树果实的风味物质及其研究 [J]. *植物生理学报*, 2011, 47(10): 943-950.
- Li X Y, Tan H H, Fang J G, et al. Flavor compounds in fruits and research on them [J]. *Plant Physiology Journal*, 2011, 47(10): 943-950.
- [25] 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.
- Wang H B, Li L G, Chen X S, et al. Flavor compounds and flavor quality of fruits of mid-season apple cultivars [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2010, 43(11): 2300-2306.
- [26] 贾定贤, 米文广, 杨儒琳, 等. 苹果品种果实糖、酸含量的分级标准与风味的关系 [J]. *园艺学报*, 1991, 18(1): 9-14.
- Jia D X, Mi G W, Yang R L, et al. Sugar and acid content of fruit and its classification standard associated with flavor in different apple cultivars [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1991, 18(1): 9-14.