

利用 DA-Meter 无损检测梨果实品质

关晔晴, 秦晓丽, 裴颖, 魏创奇, 关军锋

(河北省农林科学院遗传生理研究所, 河北石家庄 050051)

摘要: 为了利用无损检测设备 DA-Meter 快速无损判定梨果实品质, 本试验通过测定早熟(“绿宝石”、“早酥”)、中熟(“新梨7号”、“黄冠”、“西子绿”、“雪青”)与晚熟品种(“玉露香”、“红香酥”、“鸭梨”、“雪花”)梨果实不同成熟期果实品质指标的变化, 及运用 DA-meter 对果实表面 DA 指数(I_{AD} 值)的测定, 并对 I_{AD} 值与各品质指标进行相关性分析。结果证明, 不同梨品种随着果实成熟, 果实 I_{AD} 值与可溶性固形物含量(SSC)、可溶性糖、可滴定酸(TA)、维生素 C(Vc)含量及果皮饱和度 C 值呈不同程度线性相关, 与硬度、种子褐变率与果皮色调角 H 值在 $p < 0.01$ 水平上呈极显著线性相关, 表明果实 I_{AD} 值能够有效反映果实品质和成熟度。因此, DA-meter 可用于梨果实采后无损检测分级过程。

关键词: DA-Meter; 梨果实; 成熟; 品质; 相关性

文章编号: 1673-9078(2018)11-214-219

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.11.032

Non-destructive Determination for Pear Fruit Quality by DA-Meter

GUAN Ye-qing, QIN Xiao-li, PEI Ying, WEI Chuang-qi, GUAN Jun-feng

(Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: In order to determine rapidly and non-destructively the quality of pear fruit taking advantage of a non-destructive determination equipment, DA-Meter, quality indexes of different pear cultivars (Early-maturing: “Lvbaoshi”, “Zaosu”. Mid-maturing: “Xinli No.7”, “Huangguan”, “West green”, “Xueqing”. Late-maturing: “Yuluxiang”, “Hongxiangsu”, “Yali”, “Xuehua”) fruit and index of absorbance difference (I_{AD}) of fruit surface based on DA-Meter were determined at different maturity stage, and correlation analysis was made between I_{AD} value and different quality indexes. The results showed that there were linear correlations between I_{AD} value and soluble solid content (SSC), soluble sugar, titratable acid (TA) and vitamin c (Vc) contents, as well as peel saturation C value, respectively, during fruit maturation in different cultivars of pears. Furthermore, I_{AD} value had extremely significant linear correlations with firmness, seed browning rate and peel H value of color ratio at $p < 0.01$ level. It indicated that I_{AD} value could effectively response to the fruit quality and maturity. Thus, the DA-Meter could be used in the postharvest classification process under non-destructive determination in pear fruits.

Key words: DA-Meter; pear fruit; maturity; quality; correlation

果实成熟度直接影响着采后贮藏性能与销售品质。如果果实过早采摘, 果实不会达到优良的风味和口味; 过晚采摘, 果实不耐贮运。因此, 判断果实的成熟度至关重要。传统测量果实成熟度的方法大多通过观察果实大小、果皮颜色, 以及测定果实硬度、可溶性固形物含量, 观察种子褐变率等, 这些检测时会损伤果实, 还要取果实汁液、果肉, 且费时、不够精准^[1]。近些年来, 一些研究集中于果实无损检测技术, 如可视的近红外光谱技术、电子鼻检测等^[2~4]应

收稿日期: 2018-07-12

基金项目: 国家现代农业(梨)产业技术体系(CARS-28-05B); 河北省现代农业创新工程项目(F18R)

作者简介: 关晔晴(1986-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 果树生物学

通讯作者: 关军锋(1966-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 果实品质生物学

用, 但其费用高, 仪器校准时间长, 测定过程慢。

DA-Meter 是一种新式果实采收检测设备(意大利, Bologna 大学专利产品), 用于帮助水果生产商快速判断水果成熟度, 确保让品质最佳的果实流入市场。DA-Meter 属于无损检测, 该设备通过外部传感器上的 LED 灯, 照在果实表面, 测定水果成熟时果皮中 670 nm 与 720 nm 接近叶绿素 a 高峰处的吸光度差值来判断其成熟度, 检测过程简单快速^[5,6]; 还能检测到果实内部的成熟度, 为评估果实内在品质提供了快速可靠的数据^[5]。近些年来利用这种简单便携、易操作、成本低的 DA-Meter 设备测量李、桃、苹果果实的成熟度, 取得了长足的进展^[7-9]。

对于梨, 尤其是亚洲梨, 该设备应用的研究还未见报道, 因此, 本研究针对早熟(“绿宝石”、“早酥”)、中熟(“新梨7号”、“黄冠”、“西子绿”、“雪青”)及晚熟(“玉露香”、“红香酥”、“鸭梨”、“雪花”)10个

不同成熟期的梨品种, 通过测定果实不同品质指标, 同时利用 DA-Meter 测定果实果面 I_{AD} 值, 分析 I_{AD} 值与各品质指标相关性, 探讨 DA-Meter 设备作为无损手段检测梨果实品质的可能性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验果实取自河北省赵县范庄果园, 所选树生长健壮, 树龄 15~20 年, 按常规田间栽培管理进行。不同梨品种所选成熟期在 7 月至 9 月期间 (表 1), 果实成熟前每周取样 1 次, 4~6 次不等。每次取无病虫伤害, 无机械损伤、且成熟度近似果实, 其中 15 个果实用于测定硬度、SSC、果皮外观色泽、 I_{AD} 值等指标。

表 1 不同梨品种基本情况

类型	品种	成熟时期 (年/月/日)
早熟	绿宝石	2016/7/06~2016/7/27
	早酥	2016/7/06~2016/7/27
中熟	新梨 7 号	2016/7/06~2016/8/10
	黄冠	2016/7/06~2016/8/10
	西子绿	2016/7/13~2016/8/10
	雪青	2016/7/13~2016/8/10
晚熟	玉露香	2016/8/03~2016/8/24
	红香酥	2016/8/03~2016/9/07
	鸭梨	2016/8/10~2016/9/14
	雪花	2016/8/10~2016/9/14

1.2 指标测定

1.2.1 品质指标测定

硬度采用 GY-4 型 (浙江产) 果实硬度计测定; SSC 采用 PAL-1 型 (日本产) 便携式糖度计测定; 可溶性糖采用蒽酮试剂法测定^[10]; 可滴定酸 (TA)、维生素 C (V_C) 分别采用酸碱滴定法、2,6-二氯酚酚测定法^[11,12]测定; 种子褐变率参考李丽梅等^[13]测定方法。

1.2.2 果皮色泽 L、a、b 测定

使用 CR-400 型色差仪 (日本产) 测定。选取梨果实阴阳两面中腹线上的果面为目标测定, 每次测定前用白色标准色校正。参考 Mcguire^[14]的测定方法。实际应用中多用 L 值反映果皮的明亮程度; a 为正值表示红色, a 为负值表示绿色; b 为正值表示黄色, b 为负值表示蓝色; 用 H (a/b) 表示果皮色调角指标; 用 C ($\sqrt{a^2+b^2}$) 表示果皮饱和度。

1.2.3 I_{AD} 值测定

在选取的每个梨果实阴阳两面的赤道位置上标定十字线, 按照仪器说明书, 把 DA-Meter 仪器探头紧贴画有十字线处的果实表皮, 按下“√”键完成一次测定。每次测定都需要把仪器探头对准, 并紧贴标准板的白色部分进行校准。

1.3 数据处理

品质测定时每次测定 15 个果实, 重复 3 次。数据采用 Excel 及 SPSS18.0 数据处理软件进行统计分析。结果用 3 次重复的平均值表示。

2 结果与讨论

2.1 不同品种果实成熟期品质及 I_{AD} 值变化

由图 1 所示, 总体来看, 不同时期采收的梨果实, 随着果实成熟, 硬度明显下降, 可溶性糖大体呈上升趋势, TA 大体呈下降趋势, 种子褐变率显著上升, 与果皮颜色相关的色调角 H 值明显上升, I_{AD} 值急剧下降, 而果皮饱和度 C 值下降平缓。

对不同品种而言, 早熟 (7 月中下旬成熟) 品种中, “绿宝石” SSC 先下降后上升, “早酥” 中缓慢下降, 两品种 V_C 均呈先下降后上升趋势, “绿宝石” TA 变化无规律, 末期 I_{AD} 值均降为 0.1 左右。

中熟 (8 月初成熟) 品种中, SSC 在 “新梨 7 号” 中呈上升趋势, 而 “黄冠” 中先上升后下降; 两品种 V_C 均呈下降趋势; “黄冠” 中 TA 变化无规律; “新梨 7 号” 成熟时果面为红绿色, I_{AD} 值在 1.827~1.527 之间变化, 对于成熟时黄色的 “黄冠” 而言, I_{AD} 值降为 0.059。“西子绿” 与 “雪青” 两品种 SSC 大体呈上升趋势但不明显; V_C 不断下降; 其中 TA、H、 I_{AD} 、C 值均出现波浪式变化, 但各趋势与总体规律一致; 两品种成熟时 I_{AD} 值均降为 0。正如 Ziosi 等^[5]、Noferini 等^[15]发现, I_{AD} 随着果实成熟降低, 当果实变为黄色或完全成熟时降为最低值 (0.00)。

晚熟 (8 月底成熟) 品种中 “玉露香” 与 “红香酥” SSC 均缓慢下降; V_C 无明显变化规律; “玉露香” H 值呈先上升后下降趋势, C 值却缓慢上升; 两品种成熟时果面均呈红绿色, I_{AD} 值均在 1 以上。“鸭梨”、“雪花” (9 月中旬成熟) 梨, 两品种 SSC 变化趋势不明显, V_C 均先升高后降低; “鸭梨” 成熟时果面发白, I_{AD} 值为 0.063; 而 “雪花” 梨成熟时果面黄绿色, I_{AD} 值在 1 左右变化。DeLong 等^[16]证实 “Ambrosia” 与 “蜜脆” 苹果果皮中叶绿素含量与 I_{AD} 值极显著正相关, 且 I_{AD} 值随着果实成熟显著下降并与采收周数呈负相关 ($p \leq 0.001$)。本研究结果与之类似。

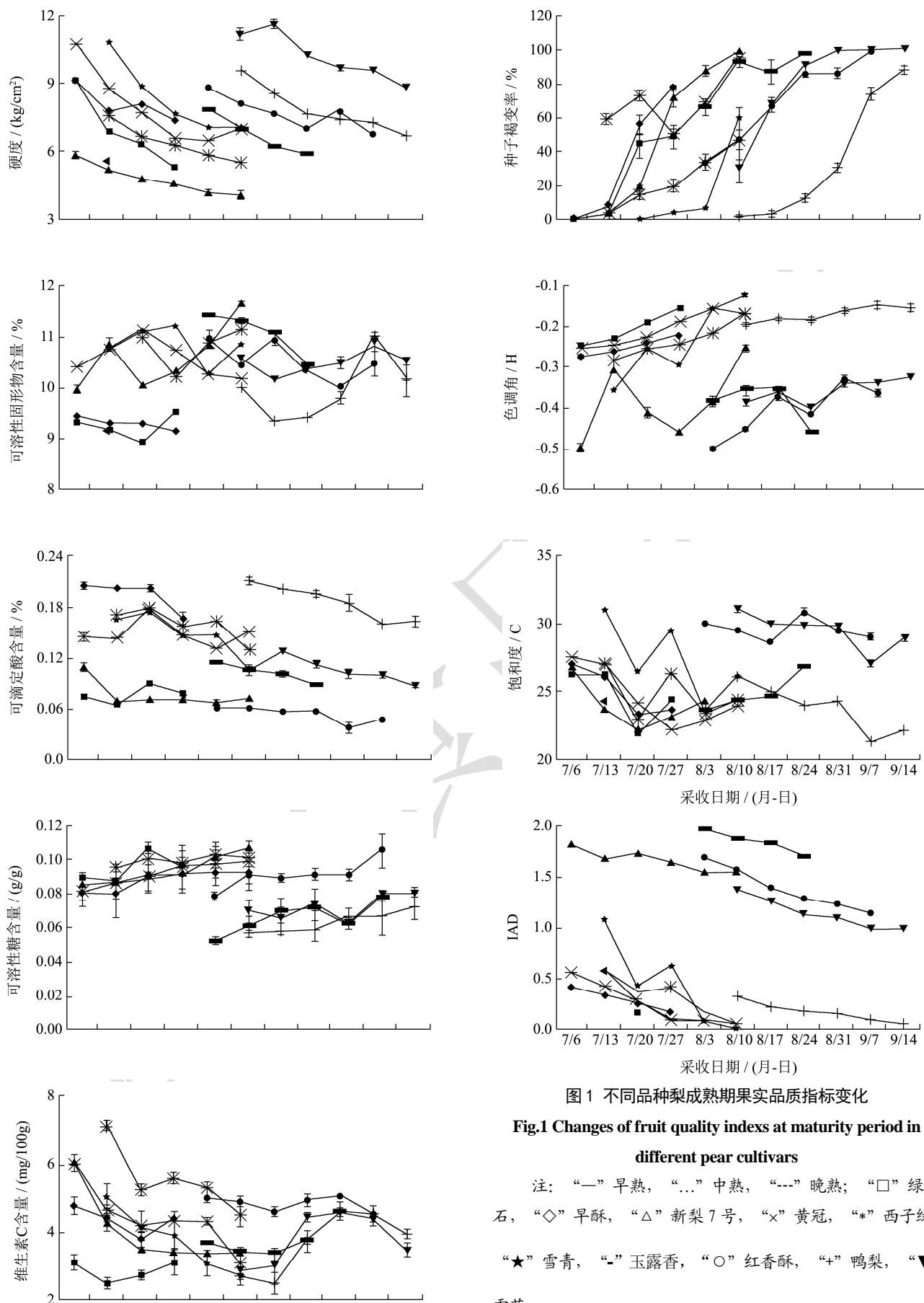


图1 不同品种梨成熟期果实品质指标变化

Fig.1 Changes of fruit quality indexes at maturity period in different pear cultivars

注：“—”早熟，“...”中熟，“---”晚熟；“□”绿宝石，“◇”早酥，“△”新梨7号，“x”黄冠，“*”西子绿，“★”雪青，“-”玉露香，“○”红香酥，“+”鸭梨，“▼”雪花。

2.2 多品种梨果实 IAD 值与不同品质指标的相

关性

近些年研究学者指出在不同苹果品种中,如“红星”、“澳洲青苹”、“粉红女士”^[9]，“嘎啦”^[17]，“Braeburn”和“Cripps Pink”^[18]，‘蜜脆’^[19]果实 I_{AD} 值与其它成熟指标间有较好的相关性。本研究中,通过 SPSS18.0 软件,对不同成熟度梨品种果实 I_{AD} 与各品质指标进行了回归分析,由表 2、3、4 得出不同成熟度梨品种果实 I_{AD} 与果实硬度、种子褐变率在 $p < 0.01$ 水平上呈极显著线性相关,与可溶性糖、TA 呈不同程度线性相关,而与 SSC、Vc 相关性较差。Gasic 等发现在桃品种中^[1]果实硬度与 I_{AD} 值判定的果实成熟度级别正相关,果实成熟 I_{AD} 值下降,硬度降低,但 SSC、TA 与其无相关性。Spadoni^[20]等还发现,桃收获后常温 20 °C 贮藏 6 d, I_{AD} 值与果实硬度显著相关。油桃品种随着果实成熟,硬度降低,SSC 增加;TA 因品种的不同而变化,通常情况下口感甜的品种随着果实成熟 TA 含量下降,但不甜的品种维持较高的稳定的酸含量^[21]。本文研究结果与上述结果基本一致,因此,我们推测由于梨品种不同、成熟期不一致等多种因素影响,造成了果皮 I_{AD} 与果实成熟品质指标之间呈不同程度相关性,甚至与 SSC、Vc 含量的相关性较差。

通过果皮颜色判断成熟度,如桃果实成熟时果皮 I_{AD} 值与 H° 显著正相关,而与 SSC 及其他指标相关性极低^[22]。Costa 等^[23]指出猕猴桃最佳的收获时间以果皮色调角 H° 大小为基础, I_{AD} 值与 H° 值有关。Infante 等^[6]研究发现,随着日本李果实成熟, I_{AD} 值不仅与果实 SSC、硬度显著相关,且与果皮 H° 及 C 值显著相关。“Angeleno”李果皮 C 值呈现明显变化趋势, I_{AD} 值与其相关系数高;而“Autumn beaut”李在成熟过程中,果皮 C 值呈现不稳定变化趋势, I_{AD} 值与其无相关性。本研究中也发现相似结果,不同梨品种 I_{AD} 与果皮色调角 H 值在 $p < 0.01$ 水平上呈极显著线性相关,而与果皮饱和度 C 值呈不同程度线性正相关,不

过,在“新梨 7 号”、“红香酥”品种中不相关,“玉露香”中则呈显著线性负相关,3 品种成熟期果面均为红绿色, I_{AD} 值均在 1 以上,我们推测可能由于果面红色干扰和叶绿素降解受抑现象,导致其相关性较差。

总之,以上结果表明 I_{AD} 能准确反映梨果实成熟度。Wang 等^[24]指出 I_{AD} 值可作为判断欧洲梨果实成熟的一补充指标。同时 Bonora 等^[25]证实 I_{AD} 可作为油桃田间果实品质评价的一个新的无损成熟指标。除苹果、桃、梨等树种外, Scofield 等^[26]发现 I_{AD} 值可作为杏成熟时的评价指标。这些说明, I_{AD} 值与果实品质和成熟度是密切相关的。

表 2 早熟梨品种果实 I_{AD} 与品质指标的相关性

Table 2 Correlation of I_{AD} with different fruit quality indexes in early-maturing pear cultivars

品质指标	回归拟合方程及相关系数	
	绿宝石	早酥
硬度	y=0.1068x-0.4691 R=0.966**	y=0.1303x-0.7607 R=0.856**
可溶性固形物/SSC	y=0.0834x-0.4962 R=0.084	y=0.8773x-7.8767 R=0.909**
可溶性糖	y=-12.248x+1.4419 R=-0.496	y=-23.327x+2.3032 R=-0.689*
可滴定酸	y=-5.7876x+0.7145 R=-0.329	y=4.8723x-0.6533 R=0.791**
维生素 C	y=0.1933x-0.2805 R=0.250	y=0.1399x-0.3175 R=0.434
种子褐变率	y=-0.0054x+0.4049 R=-0.779**	y=-0.0028x+0.3868 R=-0.944**
果皮色调角/H	y=-3.5638x-0.4626 R=-0.826**	y=-4.3778x-0.8083 R=-0.972**
果皮饱和度/C	y=0.0553x-1.0923 R=0.630*	y=0.0542x-1.0669 R=0.890**

注: *表示在 $p < 0.05$ 水平上显著相关; **表示在 $p < 0.01$ 水平上极显著相关。

表 3 中熟梨品种果实 I_{AD} 与品质指标的相关性

Table 3 Correlation of I_{AD} with different fruit quality indexes in mid-maturing pear cultivars

品质指标	回归拟合方程及相关系数			
	黄冠	新梨 7 号	西子绿	雪青
硬度	y=0.1229x-0.7203 R=0.972**	y=0.1614x+0.8768 R=0.926**	y=0.2481x-1.271 R=0.925**	y=0.2376x-1.5482 R=0.880**
可溶性固形物/SSC	y=0.1291x-1.1154 R=0.214	y=-0.144x+3.1802 R=-0.790**	y=-0.2948x+3.4951 R=-0.508	y=0.3076x-2.8942 R=0.284

转下页

接上页

可溶性糖	$y=22.894x+2.3182$ R=-0.620**	$y=11.599x+2.734$ R=-0.626**	$y=70.27x+7.2888$ R=-0.525*	$y=72.749x+6.9106$ R=-0.670**
可滴定酸	$y=1.2058x+0.0722$ R=0.092	$y=5.0328x+1.267$ R=0.710**	$y=7.9086x-0.9504$ R=0.654**	$y=9.5839x-0.974$ R=0.578*
维生素 C	$y=0.1876x-0.5841$ R=0.828**	$y=0.0894x+1.2941$ R=0.804**	$y=0.2059x-0.8293$ R=0.889**	$y=0.4722x-1.3502$ R=0.923**
种子褐变率	$y=-0.0101x+0.4502$ R=-0.773**	$y=-0.0023x+1.7584$ R=-0.888**	$y=-0.0101x+1.0123$ R=-0.795**	$y=-0.0104x+0.581$ R=-0.604*
果皮色调角/H	$y=-4.7933x-0.7414$ R=-0.936**	$y=-0.7664x+1.3578$ R=-0.606**	$y=-4.9288x-0.8369$ R=-0.953**	$y=-4.4866x-0.6366$ R=-0.982**
果皮饱和度/C	$y=0.0877x-1.9148$ R=0.917**	$y=0.0263x+1.0181$ R=0.346	$y=0.0822x-1.7481$ R=0.672**	$y=0.1325x-3.1981$ R=0.905**

注: *表示在 $p<0.05$ 水平上显著相关; **表示在 $p<0.01$ 水平上极显著相关。

表 4 晚熟梨品种果实 I_{AD} 与品质指标的相关性

Table 4 Correlation of I_{AD} with different fruit quality indexes in late-maturing pear cultivars

品质指标	回归拟合方程及相关系数			
	玉露香	红香酥	鸭梨	雪花
硬度	$y=0.1198x+1.035$ R=0.939**	$y=0.2401x-0.4608$ R=0.889**	$y=0.0873x-0.5174$ R=0.967**	$y=0.1326x-0.2183$ R=0.899**
可溶性固形物/SSC	$y=0.2472x-0.8964$ R=0.942**	$y=0.3339x-2.1283$ R=0.584*	$y=-0.0678x+0.8463$ R=-0.439	$y=-0.2521x+3.7696$ R=-0.348
可溶性糖	$y=-11.247x+2.5563$ R=-0.804**	$y=-19.14x+3.1211$ R=-0.695**	$y=-13.161x+1.0005$ R=-0.660**	$y=-10.889x+1.9064$ R=-0.452
可滴定酸	$y=10.052x+0.818$ R=0.971**	$y=15.719x+0.5624$ R=0.709**	$y=4.1837x-0.6046$ R=0.916**	$y=6.3854x+0.4714$ R=0.583*
维生素 C/Vc	$y=-0.0816x+2.1317$ R=-0.117	$y=0.2663x+0.0955$ R=0.237	$y=-0.0781x+0.4598$ R=-0.725**	$y=-0.1264x+1.6079$ R=-0.621**
种子褐变率	$y=-0.0069x+2.4392$ R=-0.831**	$y=-0.0082x+1.9561$ R=-0.981**	$y=-0.0022x+0.2486$ R=-0.878**	$y=-0.005x+1.5363$ R=-0.923**
果皮色调角/H	$y=1.3987x+2.3802$ R=0.612*	$y=-2.7694x+0.2696$ R=-0.870**	$y=-4.6812x-0.6244$ R=-0.873**	$y=-3.2088x-0.0279$ R=-0.641**
果皮饱和度/C	$y=-0.0738x+3.6776$ R=-0.960**	$y=0.0343x+0.3697$ R=0.131	$y=0.0484x-0.9829$ R=0.901**	$y=0.0839x-1.3322$ R=0.787**

注: *表示在 $p<0.05$ 水平上显著相关; **表示在 $p<0.01$ 水平上极显著相关。

3 结论

3.1 随着梨果实成熟, I_{AD} 值不断下降。“黄冠”、“西子绿”、“雪青”果实完全成熟时, I_{AD} 几乎降为 0。

3.2 随着果实成熟, 果实硬度明显下降, 种子褐变率显著上升; 大多数品种果实可溶性糖、果皮色调角 H 值呈上升趋势, TA、果皮饱和度 C 值呈下降趋势, 但 SSC、Vc 值变化规律不一。不同品种 I_{AD} 值与果实硬度、种子褐变率、H 值在 $p<0.01$ 水平上呈极显著线

性相关, I_{AD} 值与其他品质指标的相关性因品种而异。

3.3 I_{AD} 值可有效反映梨果实成熟度, DA-Meter 可作为一个有效的无损检测工具用于果实成熟度和品质评估。

参考文献

- [1] Gasic K, Abdelghafar A, Reighard G, et al. Fruit maturity affects fruit quality and bioactive compound accumulation in peach [J]. Acta Horticulturae, 2016, 1119(1119): 197-202
- [2] Costa G, Vidoni S, Rocchi L, et al. Innovative non-destructive

- device for fruit quality assessment and early disease diagnosis [J]. *Acta Horticulturae*, 2015, 913(1096): 69-78
- [3] Sortino G, Farina V, Liguori G, et al. Prediction of harvest time in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) fruit using the DA-Meter [J]. *Acta Horticulturae*, 2015, 1084(104): 771-776
- [4] Vidoni S, Fiori G, Rocchi L, et al. DAFL: New innovative device to monitor fruit ripening in storage [J]. *Acta Horticulturae*, 2015, 1094: 549-554
- [5] Ziosi V, Noferini M, Fiori G, et al. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 49(3): 319-329
- [6] Costa G, Noferini M, Fiori G, et al. Use of vis/NIR spectroscopy to assess fruit ripening stage and improve management in post-harvest chain [J]. *Schizophrenia Research*, 2009, 86(Suppl): S131
- [7] Infante R, Contador L, Rubio P, et al. Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums 'Angeleno' and 'Autumn beaut' on-tree and postharvest [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(1): 35-40
- [8] Lurie S, Friedman H, Weksler A, et al. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 76(1): 10-16
- [9] Nyasordzi J, Friedman H, Schmilovitch Z, et al. Utilizing the I_{AD} index to determine internal quality attributes of apples at harvest and after storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 77(2): 80-86
- [10] 位杰, 吴翠云, 蒋媛, 等. 蒽酮法测定红枣可溶性糖含量条件的优化[J]. *食品科学*, 2014, 35(24): 136-140
WEI Jie, WU Cui-yun, JIANG Yuan, et al. Improvement of conditions on determination of the content of soluble sugar in jujube with anthrone method [J]. *Food Science*, 2014, 35(24): 136-140
- [11] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Physiological and biochemical experimental guide for postharvest fruits and vegetables* [M]. Peking: China Light Industry Press, 2007
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000
LI He-sheng. *Experiment principle and technique on plant physiology and biochemistry* [M]. Peking: Higher Education Press, 2000
- [13] 李丽梅, 关军锋, 孙玉龙. 采收期对南水梨常温贮藏品质的影响[J]. *西南农业学报*, 2010, 23(6): 2014-2016
LI Li-mei, GUAN Jun-feng, SUN Yu-long. Effects of different harvesting time on storage quality of nansui pear at ambient temperature [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 23(6): 2014-2016
- [14] Mcguire R G. Reporting of objective color measurements [J]. *Horticultural Science*, 1992, 27(12): 1254-1255
- [15] Noferini M, Fiori G, Ziosi V, et al. DA-Meter, più facile il controllo della qualità dei frutti dal campo alla distribuzione [J]. *Rivista Di Frutticoltura E Di Ortofloricoltura*, 2009, 71(4): 74-80
- [16] Delong J, Harrison P, Harkness L. Determination of optimal harvest boundaries for 'Ambrosia' apple fruit using a delta-absorbance meter [J]. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2016, 91(3): 243-249
- [17] Costamagna F, Giordani L, Costa G, et al. Use of index to define harvest time and characterize ripening variability at harvest in 'Gala' apple fruit [J]. *Acta Horticulturae*, 2013, 998(998): 117-123
- [18] Zanella A, Vanoli M, Rizzolo A, et al. Correlating optical maturity indices and firmness in stored 'Braeburn' and 'Cripps Pink' apples [J]. *Acta Horticulturae*, 2013, 1012(1012): 1173-1180
- [19] Delong J, Prange R, Harrison P, et al. Determination of optimal harvest boundaries for Honeycrisp™ fruit using a new chlorophyll meter [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2014, 94(2): 361-369
- [20] Spadoni A, Cameldi I, Noferini M, et al. An innovative use of DA-meter for peach fruit postharvest management [J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 201: 140-144
- [21] Reig G, Alegre S, Iglesias I, et al. Fruit quality, colour development and index of absorbance difference (I_{AD}) of different nectarine cultivars at different harvest dates [J]. *Acta Horticulturae*, 2012, 934(4): 1117-1126
- [22] Pinto C, Reginato G, Shinya P, et al. Skin color and chlorophyll absorbance: Indices for establishing a harvest date on non-melting peach [J]. *Scientia Horticulturae*, 2015, 192: 231-236
- [23] Costa G, Bonora E, Fiori G, et al. Innovative non-destructive device for fruit quality assessment [J]. *Acta Horticulturae*, 2011, 913(1096): 575-581
- [24] Wang Y, Castagnoli S, Sugar D. Integrating I_{AD} index into the current firmness-based maturity assessment of european pears [J]. *Acta Horticulturae*, 2015, 1094: 525-532

- [25] Bonora E, Stefanelli D, Costa G. Nectarine fruit ripening and quality assessed using the index of absorbance difference (I_{AD}) [J]. International Journal of Agronomy, 2013, 2013: 1-9
- [26] Scofield C, Stanley J, Marshall R, et al. Relationships between fruit quality traits at harvest for 'Cluthagold' apricot [J]. Acta Horticulturae, 2016, 1120: 415-422

现代食品科技