江西农业学报 2015,27(10):88~91
Acta Agriculturae Jiangxi

李新品种"金红"不同采收期果实品质及香气成分分析

王贵平,王金政*,薛晓敏
(山东省果树研究所,山东 泰安 271000)

摘 要: 研究了不同采收期对李子(*Prunus salicina* Lindl.)新品种"金红"果实品质和基于电子鼻的香气组分的影响。结果表明:随着采收期的推迟,单果重以及可溶性糖、维生素C、单宁、花青苷、钙含量不断增加,可溶性固形物、总酸和总黄酮含量先增加后降低,果实去皮硬度明显降低;不同采收期李子释放出同样的挥发性物质,但挥发性物质构成的变化速率有所不同;随着采收期的延迟,电子鼻的雷达响应呈减弱趋势;电子鼻对不同采摘期李子的挥发性物质变化灵敏。认为在鲁中地区金红李以7月20~25日采收为宜。

关键词: 李;金红;采收期;果实品质;香气成分
中图分类号: S662.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8581(2015)10-0088-04

Analysis of Fruit Quality and Aromatic Components of Plum New Variety "Jinhong" in Different Harvest Times

WANG Gui-ping, WANG Jin-zheng*, XUE Xiao-min
(Shandong Institute of Pomology, Taian 271000, China)

Abstract: The effects of harvest time on the fruit quality and electronic-nose -based aromatic components of plum (*Prunus salicina* Lindl.) new variety "Jinhong" were studied. The results showed that: along with the delay of harvest time, the single-fruit weight, and the contents of soluble sugar, vitamin C, tannin, anthocyanin and calcium in the fruits increased continuously; the contents of soluble solids, total acid and total flavonoids in the fruits increased first and then decreased; the peel-removing hardness of the fruits reduced obviously. The plum fruits harvested in different times released the same volatile compounds, however the change rates of volatile substance components were different. Electronic nose was sensitive to the changes in the volatile compounds of plum fruits harvested in various times, and the radar response of electronic nose to volatile aromatic compounds of fruits showed a decreasing trend when the harvest time was postponed. We considered that the optimum harvest time of plum variety "Jinhong" in the central area of Shandong province was on July 20~25.

Key words: Plum; Jinhong; Harvest time; Fruit quality; Aromatic components

"金红"是山东省果树研究所选育的红肉型高产优质多抗李新品种[1],于2013年12月28日通过了山东省林木品种审定委员会的审定。在正常年份,在鲁中地区此品种7月中下旬成熟,具有早实、优质、高产、多抗、商品性好、适应性强等优良性状。为了进一步示范推广"金红",明确其适宜采收期,我们通过试验研究了不同采收期对金红李果实品质的影响,并且基于电子鼻检测分析了不同采收期金红李的香味成分。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试李子品种为20年生金红,南北行向,株行距为1.5 m×4.0 m;采用多主枝开心形,树体健壮,生长结果正常。

1.2 测定方法

采收期设为2013年7月20、25和28日。每个采收期为1个处理,共3个处理。单株小区,重复3次,每小区从树冠东西南北中5个方位、120~150 m高度处采集30个果实,每处理采集90个果实,运回实验室进行品质测定和香气成分分析。

用电子台秤称量单果重。用GY-1型果实硬度计测量果实去皮硬度。用WYT手持糖量计测定可溶性固形物含量。用盐酸转化(铜还原)直接滴定法[2]测定可溶性总糖含量。用酸碱中和滴定法[3]测定可滴定酸含量。采用2,6-双氯靛酚钠滴定法[4]测定VC含量。参照朱广廉等[5]的方法测定酚类物质(单宁)含量:取速冻样品,加10 mL无水乙醇、1 mL 10%三氯乙酸,研磨提取,在500 nm下测定光密度值(OD值);以没食子酸作标准曲线,计算可溶性酚的含量。参照唐孟成等[6]的方法(略作修改)测定类黄酮含量:取速冻样品,加适量甲醇,研磨;定容过滤后取1 mL滤液,以1 mL

收稿日期: 2015-04-21
基金项目: 山东省农业良种工程项目子课题"核果类及浆果新品种选育"。
作者简介: 王贵平(1980—),女,助理研究员,博士,主要从事水果育种与栽培生理研究。* 通讯作者:王金政。

甲醇作对照,分别加 30%乙醇至 5 mL; 加 0.3 mL $NaNO_2$ (1∶20),摇匀,静置; 加 0.3 mL $Al(NO_3)_3$(1∶10),6 min 后再加入 2 mL 1 mol/L 的 NaOH,混匀,放置 10 min,于 510 nm 下测定 OD 值; 以槲皮素作标准曲线,计算类黄酮含量。

参照 Wrolstad 等[7] 的 pH 差示法测定花青苷含量: 取 5 g 鲜果皮,切碎,用 1%HCl 多次浸提,直至果皮褪至无红色,过滤,并定容至 100 mL; 取 1 mL 浸提液,分别用 0.4 mol/L pH 1.0 的 KCl-HCl 缓冲液和 0.4 mol/L pH 5.0 的柠檬酸/磷酸氢二钠缓冲液稀释至 5 mL,混匀后,用蒸馏水作对照,在 510 nm 下测定 OD 值; 每克鲜果皮花色素苷含量(mg/g) = $\Delta D \times 5 \times 0.1 \times 1000 \times 445.2 / (29600 \times 5)$,其中,$\Delta D = OD_{pH1.0} - OD_{pH5.0}$,5 为稀释倍数,0.1 为浸提液体积(L),445.2 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的相对分子质量,29600 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔比吸收系数[L/(mol·cm)],5 为鲜果皮质量。用原子吸收分光光度法[8] 测定果实钙含量: 称取处理好的果实样品 3 g,用 HNO_3-$HClO_4$ 消解,用原子吸收分光光度计测定钙元素含量,重复 3 次。

1.3　数据处理及分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS(由浙江大学研发)对试验数据进行处理及分析。

2　结果与分析

2.1　不同采收期对金红李果实品质的影响

2.1.1　不同采收期对果实品质的影响　不同采收期的果实品质如表 1。从表 1 可以看出: 随着采收期的推迟,金红李单果重增加,单果重以 7 月 28 日采收最大,为 73.16 g; 可溶性固形物含量基本上呈上升趋势,以 7 月 25 日采收最高,其次是 7 月 28 日采收的; 果实硬度逐渐降低,7 月 20 日和 7 月 25 日采收的果实硬度差异不显著,但是 7 月 28 日采收的果实硬度显著($P<0.05$)降低; 可溶性糖含量逐渐增加,以 7 月 28 日采收的最高; 总酸含量以 7 月 25 日采收的最高,其次是 7 月 20 日采收的; 糖酸比以 7 月 28 日采收的最大,口感较好,7 月 20 日和 7 月 25 日采收的果实糖酸比无显著差异。

表 1　不同采收期对金红李果实品质的影响

采收期/(月/日)	单果重/g	可溶性固形物/%	果实硬度/(kg/cm²)	可溶性糖/%	总酸/%	糖酸比
7/20	70.55 c	13.1 b	4.75 a	7.73 c	0.74 b	10.44 b
7/25	72.67 ab	13.8 a	4.51 ab	8.00 b	0.76 a	10.52 b
7/28	73.16 a	13.6 a	3.83 c	9.15 a	0.73 bc	12.53 a

注: 同列数据后附不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著,否则不显著。下同。

2.1.2　不同采收期对果实营养成分含量的影响　不同采收期的果实营养成分含量如表 2 所示。由表 2 可见: 随着采收期的推迟,金红李维生素 C、单宁、花青苷含量逐渐升高,均以 7 月 20 日采收的最低,以 7 月 28 日采收的最高,且不同采收期处理间差异均达到了显著水平; 总黄酮含量以 7 月 25 日采收的最高,其次是 7 月 28 日采收的; 钙含量以 7 月 20 日采收的最低,显著($P<0.05$)低于 7 月 25 日和 7 月 28 日采收的。

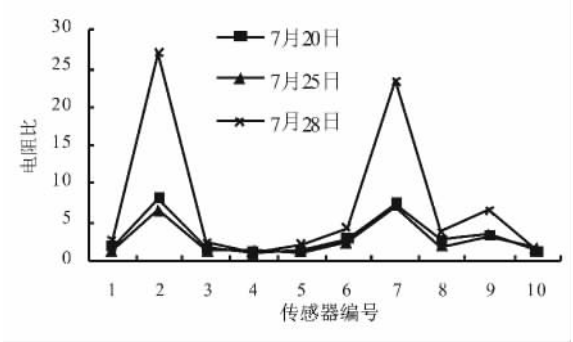
表 2　不同采收期对金红李果实营养成分含量的影响

采收期/(月/日)	维生素 C/(mg/100 g)	单宁/(mg/kg)	总黄酮/(mg/kg)	花青苷/(mg/kg)	钙/(mg/kg)
7/20	2.94 c	749.20 c	393.21 c	12.65 c	31.16 c
7/25	3.22 b	769.74 b	514.43 a	14.03 b	35.31 ab
7/28	3.64 a	840.29 a	432.97 b	17.94 a	36.71 a

2.2　不同采收期金红李果实香气成分的电子鼻检测结果

电子鼻是由电化学传感器阵列和适当的识别装置组成的,其传感器矩阵系统中配有不同类型的传感器,它能充分地模拟复杂的生物鼻来快速识别气味[9-12]。本研究利用电子鼻测定了不同采收期金红李果实的香气成分。

2.2.1　不同采收期金红李的传感器响应分析　图 1 为 10 个传感器对不同采收期金红李果实电阻比 G/G_0(每个采收期处理测定 6 个样品的电阻比,取平均值)信号的分析图,每一条曲线代表某 1 个采收期的李子 10 个传感器信号的变化情况,横坐标代表不同的传感器,纵坐标表示电阻比。由图 1 可以看出: 对于不同采收期的李子,传感器 1、3、4、5、8 和 10 的电阻比均在 $G/G_0 = 1$ 处,说明这几个传感器对李子挥发物不敏感; 对于不同采收期的李子,传感器 6 的信号十分接近; 传感器 2、7 和 9 的信号有较显著的差异。

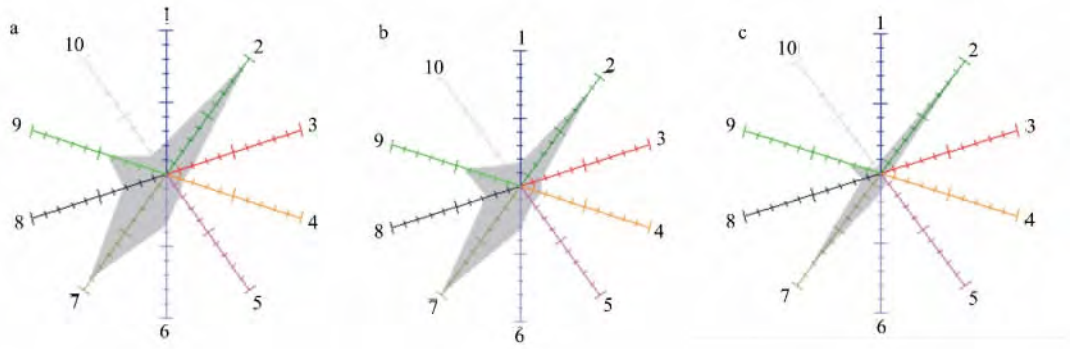


1: W1C; 2: W5S; 3: W3C; 4: W6S; 5: W5C; 6: W1S; 7: W1W; 8: W2S; 9: W2W; 10: W3S。下同。

图 1　不同采收期李子在 36.8 s 时刻的传感器响应图

2.2.2　不同采收期李子挥发物的特征响应雷达图　雷

达图是利用电子鼻的不同传感器所检测到的不同类型挥发物质的特征图。不同采收期李子经电子鼻检测的雷达图如图 2 所示。PEN3 电子鼻的 10 个传感器对不同采收期李子的挥发性物质都有响应，并且随着采收期的推迟，雷达图的外形和面积也逐步发生变化，传感器响应呈减弱的趋势，说明不同采收期金红李果实挥发性物质的构成不同。不同采收期金红李雷达图的面积大小不同，而图像基本相似，说明不同采收期的果实释放出同样的挥发性物质，但挥发性物质构成的变化速率有所不同。



a: 7 月 20 日采收; b: 7 月 25 日采收; c: 7 月 28 日采收。

图 2 不同采收期金红李果实挥发性物质的雷达图

2.2.3 不同采收期李子的主成分分析(PCA) 不同采收期李子的挥发物 PCA 分析结果如图 3 所示，图 3 中每个椭圆区域代表同一采收期果实挥发性物质的数据采集点。PC1 和 PC2 上包含了在 PCA 转换中得到的第一主成分和第二主成分的贡献率，贡献率越大，说明该主成分可以较好地反映原来多指标的信息。

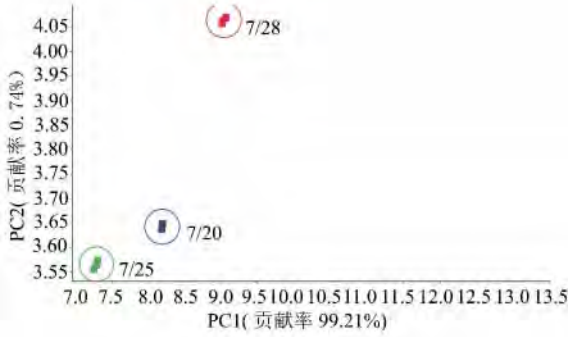


图 3 不同采收期(月/日)李子挥发物的 PCA 分析结果

对于不同采收期的李子，在相关性矩阵模式下，第一主成分贡献率为 99.21%，第二主成分贡献率为 0.74%，两个主成分累积区分贡献率为 99.95%，大于 90%，所以这两个主成分已经基本代表了样品的主要信息特征。由图 3 还可以看出，对于 3 个不同采收期的李子样本，其挥发性物质成分区域没有交叉，无论在第一主成分还是在第二主成分上都有显著的差异，表明采用 PCA 方法可以将不同采收期李子果实样本的挥发性物质完全区分开。

2.2.4 Loading 分析(传感器区分贡献率分析) 利用 Loading 分析可以帮助区分当前模式下不同传感器的相对重要性; 如果某个传感器在模式识别中负载参数接近零，那么该传感器的识别能力可以忽略不计; 如果某个传感器的响应值较高，则该传感器就是识别传感器。图 4 表明，2 号和 7 号传感器对 PC1 的贡献率最大，6 号、4 号和 8 号传感器对 PC2 的贡献率最大，说明不同采收期李子挥发性物质在电子鼻 2、4、6、7 和 8 号传感器的响应值变化较为明显，这几个传感器发挥的作用较大，而其他传感器的作用较小。

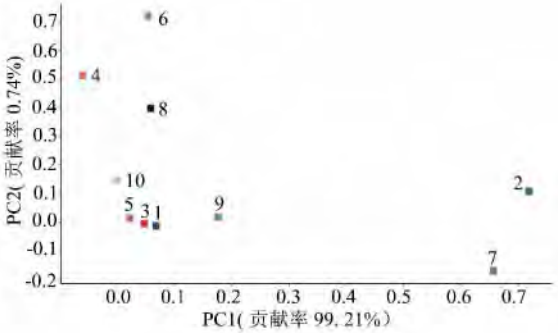


图 4 不同采收期李子的 Loading 分析图

3 小结与讨论

本研究结果表明: 随着采收期的推迟，金红李子的单果重、可溶性糖含量增加; 可溶性固形物、总酸和总黄酮含量先增加后降低; 果实去皮硬度逐渐降低。随着采收期的推迟，果实营养成分维生素 C、单宁、花青苷和果实钙含量也呈逐渐升高的趋势。这些与在苹果上的研究结果[13-14]基本一致。虽然延迟采收日期可以使果实重量和一些营养成分含量增加，但是果实硬度明显降低，裂果数也明显增加(数据未列出)。

本试验发现: 在 36.8 s 时刻电子鼻采集到的金红李果实挥发性物质的数据较稳定且有较好的灵敏度; 采用电子鼻系统中的 PCA(主成分分析法)能准确地判别出不同采收期李子的气味变化; 在电子鼻的 10 个传感器中，2 号、4 号、6 号、7 号和 8 号传感器对不同采收期李子果实挥发性物质变化的响应较明显; 随着采收期的延迟，在 7 月 25 日以后同一时刻电子鼻的响应明

显减弱,这时虽然果实一些营养成分的含量达最高(表2),但是某些香气成分含量有所下降,整体的香味变淡。这与在草莓上的研究结果[15]相似。

由于李子不耐贮藏,因此下一步应在冷藏条件下进一步验证金红李子的最佳采收期。由于色泽为果品的重要表观属性,如何将果品色泽数值化并用于指导确定果品采收期和评价果品品质应该是今后关注的方向。另外,李子在成熟过程中,挥发性物质的变化是十分复杂的,应用电子鼻技术能够快速、准确、便捷地检测这些变化,而且能够化繁为简,因此该技术在李子上的应用能够迎合现代高速发展的需要。当然,电子鼻的应用要真正达到实用化,还需要结合传感器的优化和模式识别技术做进一步研究。

4　结论

在保证果品质量和有利于贮存的条件下,综合考虑各项指标,我们认为在鲁中地区金红李以 7 月 20~25 日采收为宜;同时利用电子鼻无损检测不同采收期李子果实的风味是可行的;电子鼻对不同采摘期李子的挥发性物质变化响应灵敏,可以完全区分。

参考文献:

[1] 王贵平,张彦欣,薛晓敏,等.红肉型高产优质多抗李新品种红肉 1 号选育研究[J].山东农业科学,2014,46(2):129-131.

[2] 胡桂娟,刘嘉芬,刘寄明.果树营养成分测定法[M].泰安:泰安市新闻出版局,1997:5.

[3] 仝月澳,周厚基.果树营养诊断法[M].北京:高等教育出版社,2000:113-115.

[4] 中华人民共和国国家标准:水果、蔬菜维生素 C 含量测定[M].北京:农业出版社,1986.

[5] 朱广廉.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990:229-231.

[6] 唐孟成,贾之慎,朱祥瑞,等.春秋桑叶中黄酮类化合物总量及提取方法比较[J].浙江农业大学学报,1996,22(4):394-398.

[7] Wrolstand R E, Culbertson J D, Cornwell C J, et al. Detection of adulteration blackberry juice concentrates and wines [J]. Journal Association of Official Analytical Chemists, 1982, 65: 1417-1423.

[8] 李合生,孙群.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:121-123.

[9] 吴守一,邹小波.电子鼻在食品行业中的应用研究进展[J].江苏理工大学学报:自然科学版,2000,21(6):13-17.

[10] di Natale C, Macagnano A, Artinellie M, et al. Lung cancer identification by the analysis of breath by means of an array of nonselective gas sensors [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2003, 18(10): 1209-1218.

[11] Dutta R, Hines E L, Gardner J W, et al. Tea quality prediction using a tin oxide - based electronic nose: an artificial intelligence approach [J]. Sensors and Actuators B, 2003, 94(2): 228-237.

[12] Capone S, Siciliano P, Quaranta F, et al. Analysis of vapours and food by means of an electronic nose based on a sol-gel metal oxide sensors arrays [J]. Sensors and Actuators B, 2000, 69(3): 230-235.

[13] 唐燕,马书尚,武春林.1-MCP 对嘎啦苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响[J].果树学报,2004,21(1):42-45.

[14] 李猛.苹果单株果实品质分析及采收期的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.

[15] 高利萍,王俊,崔绍庆.不同成熟度草莓鲜榨果汁的电子鼻和电子舌检测[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2012,38(6):715-724.

(责任编辑:黄荣华)

(上接第 87 页)

[47] 李正风,张晓海,刘勇,等.不同覆盖方式对植烟土壤温度和水分及烤烟品质的影响[J].中国农学通报,2006,22(11):224-227.

[48] 介晓磊,黄元炯,刘世亮,等.河南平原区烤烟“前膜后秸”覆盖栽培效果初报[J].中国农学通报,2005,21(8):148-152.

[49] 赵兰坡.施用作物秸秆对土壤的培肥作用[J].土壤通报,1996(2):76-78.

[50] 魏洪武,袁家富.秸秆覆盖对烤烟产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,1995(4):25-27.

[51] 赵忠华,张晓海,晋艳.综合抗旱栽培技术对烤烟生长发育和产值量的影响[J].中国农学通报,2011,27(12):238-243.

[52] 霍治国,李世奎,安顺清,等.干旱综合防御集成技术机制及在华北冬麦区的示范应用研究[J].自然资源学报,2002,17(5):556-563.

[53] 孙梅霞,汪耀富.抗旱综合栽培措施对旱区烤烟生长发育的影响[J].安徽农业科学,2002,30(6):959-960.

[54] 高福宏,詹莜国,张晓海,等.不同综合抗旱技术对烤烟农艺性状和经济性状的影响比较[J].中国农学通报,2012,28(13):249-254.

[55] 韩富根,刘学芝,汪耀富,等.抗旱栽培综合技术对烤烟光合特性和水分利用效率的影响[J].河南农业大学学报,2003,37(4):352-356.

(责任编辑:曾小军)