

多波长快速测定巨鹿杏中有机酸和维生素含量 及多地域杏产品比对研究

刘峥颖¹, 苏耀辉², 牟霜¹, 庞艳苹¹, 李佩珊¹, 魏聪聪¹

(1. 河北大学质量技术监督学院, 河北保定 071002) (2. 河北金融学院, 河北保定 071002)

摘要: 本文采用高效液相色谱-二极管阵列检测器法(HPLC-DAD)快速检测杏中水溶性有机酸(苹果酸, 柠檬酸和琥珀酸)和维生素(维生素C、维生素B₁、维生素B₂)含量。以0.5 mmol/L 磷酸-乙腈为流动相, 随着时间推移改变流速和流动相比例, 13 min内梯度洗脱, 采用多检测波长210 nm, 254 nm和270 nm条件下, 可使所测有机酸和维生素实现快速较好地分离。方法的稳定性在0.75~2.12%范围内, 精密度在0.94~1.55%之间, 回收率测定结果为96.7~101.9%。采用本方法测定不同地域杏样品, 提出巨鹿杏的特征品质。

关键词: 多波长; 有机酸; 维生素; 巨鹿杏

文章编号: 1673-9078(2013)5-1123-1127

Rapid Determination of Organic Acids and Vitamin in Ju'lu Apricot by a Multi-wavelength Analysis

LIU Zheng-hao¹, SU Yao-hui², MU Shuang¹, PANG Yan-ping¹, LI Pei-shan¹, WEI Cong-cong¹

(1. College of Quality & Technical Supervision, Hebei University, Baoding, 071002, China)

(2. Hebei Institute of Finance, Baoding, 071002, China)

Abstract: High performance liquid chromatography (HPLC) with diode array detector (DAD) was applied to determine water-soluble organic acids (malic acid, citric acid and succinic acid) and vitamins (Vc, VB₁ and VB₂) in apricots sampled from Julu. The apricots samples were eluted using 0.5 mmol/L H₃PO₄-acetonitrile as mobile phase at several wavelengths (210 nm, 254 nm and 270 nm). The substances can be efficiently separated in 13 min with RSD value ranged in 0.75~2.12%. The precisions were between 0.94% and 1.55% and the result of recoveries was of 96.70~101.9%. The difference in organic acid and vitamin contents between Julu apricot and those sampled from other sources were also compared.

Key word: multi-wavelength; organic acid; vitamin; Ju'lu Apricot

杏是我国人民喜爱的水果之一, 杏含有多种有机成分和人体所必须的维生素及无机盐类, 是一种营养价值较高的水果。用途很广, 具有较大的经济价值。杏果有良好的医疗效用, 在中草药中居重要地位。邢台市巨鹿串枝红杏的品质和产量一直位居全国首位, 目前, 杏面积已达6.6万亩, 年产量4000万kg, 是全国最大的红杏基地, 被河北省政府命名为“河北杏之乡”。目前市场中发现有不法商贩用其他地域生产的杏假冒巨鹿杏销售, 损害了消费者的利用。

对于果蔬中维生素和有机酸的提取^[1]、测定方法, 文献中已有报道, 如分光光度法^[2~3]、离子交换色谱法^[4]、电泳法^[5]、高效液相色谱法^[6~7]等, 但由于各组分

的检测方法和条件差别较大, 需分批多次检测, 较为繁琐。传统的紫外检测器只能采取在不同波长下分别进样检测各组分, 工作步骤繁琐并且浪费资源^[8~9], 而二极管阵列检测器可以在一次运行中选择多个检测波长同时检测各待测组分。本研究将结合感官评定对河北省地域特色农产品采用高效液相色谱-二极管阵列检测器, 同时对多个产地的杏样品中的水溶性维生素和有机酸进行检测, 旨在建立一种快捷、简便的方法。然后通过对河北省地域特色产品巨鹿杏中水溶性有机酸和维生素与其他地域同类产品进行比对研究, 确定巨鹿杏的特征性, 筛选能够鉴别巨鹿杏的特征因子, 为巨鹿杏的质量特征因子分析^[10]和品质保证以及质量特征体系的建立提供理论依据, 净化市场, 维护消费者权益。

收稿日期: 2012-12-27

基金项目: 河北省科学技术研究与发展计划项目(12221003D)

作者简介: 刘峥颖(1973-), 女, 副教授, 研究方向为: 食品安全与检测

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品

杏样品选用色泽橙黄、无腐蚀及病变的成熟果实。其中JL-ST-DHX的为大红杏,其余杏品种全部为串枝红杏。杏样品的产地、品种与代号如表1所示。

表1 杏的代号与产地

Table 1 The symbols and fields of the apricots

编号	代号	产地(品种)
1	JL-JYZ	邢台市巨鹿县堤村乡金玉庄
2	JL-JYH	邢台市巨鹿县棘园红休闲观光采摘园
3	JL-ST	邢台市巨鹿县城关镇(巨鹿镇)上疃村
4	JL-ST-DHX	邢台市巨鹿县城关镇(巨鹿镇)上疃村 (大红杏品种)
5	Xs	北京房山区张坊镇下寺村
6	YX-JJZ	保定市易县流景乡金家庄
7	LS-ST	保定市涞水县石亭乡(1)
8	STY	保定市涞水县石亭乡(2)
9	MC	保定市满城县城郊
10	MC-BSY	保定市满城县白龙乡北水峪村 (龙门山庄采摘园)

1.1.2 试剂

标准品试剂:苹果酸、柠檬酸、琥珀酸购自北京索莱宝科技有限公司(Solarbio);标准品维生素C、维生素B₁、维生素B₂,中国食品药品检定所;其他试剂:乙腈(色谱纯)、磷酸(优级纯)、甲醇(分析纯)、异丙醇(分析纯)均购自天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.1.3 仪器和设备

Agilent 1100型高效液相色谱仪,配有二极管阵列检测器、液相色谱工作站等;色谱柱Kromat Universil C18(4.6 mm×250 mm, 5 μm);KQ-500 DE型数控超声波清洗器,山东省昆山市超声仪器有限公司;TGL-16G,飞鸽牌系列离心机,上海安亭科学仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 标准溶液的配制

准确称取标准品,用0.5 mmol/L磷酸-乙腈(配比为1:1)混合溶液为溶剂配置以下浓度的标准品储备液备用:VB₁ 400 μg/mL, Vc 1 mg/mL, VB₂ 80 μg/mL, 苹果酸 4 mg/mL, 柠檬酸 4 mg/mL, 琥珀酸 4 mg/mL。将储备液置于4℃条件下避光保存。上机前依次等量移取各组标准品储备液配成5组标准系列混合样,分别进样测定。整个操作应避光,以防维生素氧

化分解。

1.2.2 样品的前处理

称取杏果肉20 g左右,加入0.5 mmol/L磷酸-乙腈(配比为1:1)混合溶液研磨,再将样品转入离心管中,100 W超声波处理20 min,4000 r/min离心15 min,12000 r/min离心15 min,取上层清液定容至100 mL容量瓶中。将溶液经0.45 μm滤膜过滤两次,等待进样检测。

1.2.3 高效液相色谱条件

通过二极管阵列检测器在波长190 nm~900 nm范围内进行光谱扫描,结果显示苹果酸、柠檬酸和琥珀酸在210 nm左右吸收值较大;维生素C和维生素B₁在254 nm处有最大吸收值;维生素B₂在270 nm处吸收最强,因此设置二极管阵列检测器为多波长同时检测,分别以210 nm检测苹果酸、柠檬酸和琥珀酸,以254 nm检测维生素C、维生素B₁,以270 nm检测维生素B₂。本研究所测定的维生素和有机酸均为水溶性,采用磷酸-乙腈梯度洗脱,0 min时,流动相为0.5 mmol/L磷酸:乙腈=87%:13%,流速为0.8 mL/min;6 min内等梯度变换为0.5 mmol/L磷酸:乙腈=78%:22%,流速为0.6 mL/min;6~13 min内等梯度变换为0.5 mmol/L磷酸:乙腈=40%:60%,流速为0.8 mL/min;停止时间为15 min。柱温:30℃;进样量为20 μL;这样可以实现待测组分的良好分离。

2 结果与分析

2.1 标准曲线的绘制

将5组标准系列混合样品过4.5 μm滤膜过滤,浓度由小到大依次进样,进样量为20 μL,记录峰面积。分别以进样浓度为横坐标(X)、峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线并计算回归方程,结果见表2。各待测组分在各自浓度范围内线性关系良好,线性相关系数R²在0.9994~0.9999到,检出限范围为0.05~0.50 μg/mL。试验得到的标准样品色谱图以及杏样品色谱图如图1所示。

表2 标准品的回归方程

Table 2 Regression equation of standards

组分	回归方程	相关系数	线性范围/(μg/mL)	检出限/(μg/mL)
维生素B ₁	Y=42.090X+3.0062	0.9996	(0.05~0.8)	0.10
维生素C	Y=64.446X+8.7500	0.9999	(0.625~10.0)	0.10
维生素B ₂	Y=73.202X-1.8500	0.9997	(0.2~3.2)	0.05
苹果酸	Y=1423.4X+23.752	0.9999	(0.25~4.0)	0.50
柠檬酸	Y=1835.7X+255.78	0.9996	(0.25~4.0)	0.50
琥珀酸	Y=1649.1X+411.47	0.9994	(0.25~4.0)	0.50

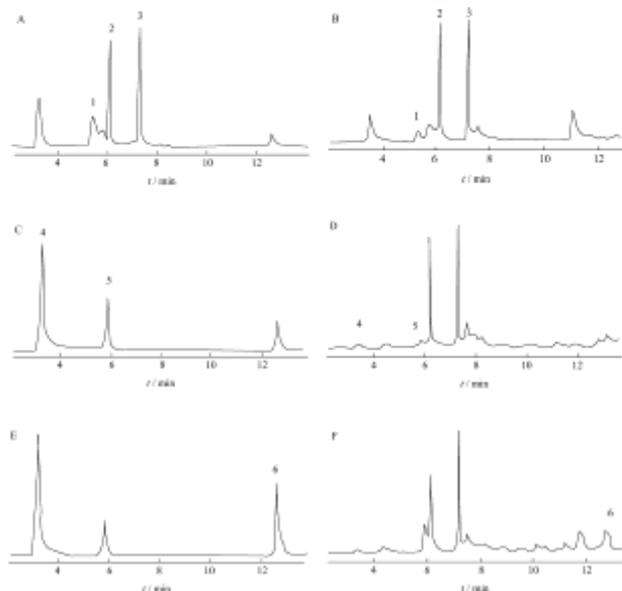


图1 标准品色谱图以及杏样品色谱图

Fig.1 HPLC chromatogram of the standards and samples

注：1-苹果酸；2-柠檬酸；3-琥珀酸；4-维生素 B₁；5-维生素 C；6-维生素 B₂。

A-210 nm 波长条件下标准溶液色谱图；B-210 nm 波长条件下杏样品色谱图；C-254 nm 波长条件下标准溶液色谱图；D-254 nm 波长条件下杏样品色谱图；E-270 nm 波长条件下标准溶液色谱图；F-270 nm 波长条件下杏样品色谱图。

2.2 方法的稳定性、精密度和回收率

将混合标准溶液按照试验所确定的条件，于 0 h、2 h、4 h、6 h、8 h、10 h 分别进样，查看方法的稳定性。将混合标准溶液按实验条件，连续进样 5 次，考察方法的精密度。取两组浓度一致的标准品溶液，在其中一组中加入适量的标准品，做加标回收试验，计算回收率。结果如表 3 所示。可以看出：方法的稳定性在 0.75~2.12% 范围内，精密度在 0.94~1.55% 之间，回收率测定结果为 96.7~101.9%。

表 3 稳定性、精密度和回收率试验结果

Table 3 Stability, precision and recovery tests

	维生素 B ₁	维生素 B ₂	维生素 C	苹果酸	柠檬酸	琥珀酸
稳定性/%	1.42	1.08	1.99	0.75	2.12	1.78
精密度/%	1.38	0.94	1.55	1.25	1.08	1.21
回收率/%	99.4	100.7	98.0	96.9	101.9	96.7

2.3 样品的检测结果及比对分析

将同品种杏样品随机分组，其中每组含杏样品 5 个。将每组杏匀浆，按照试验方法提取和测定杏中各

组分含量，然后根据标准曲线及回归方程计算水溶性维生素和有机酸的含量，结果见表 4。

由表 3 可见，邢台市巨鹿串枝红杏维生素 B₁ 含量范围为 421.70 μg/kg~745.97 μg/kg，巨鹿县棘园红休闲观光采摘园和堤村乡金玉庄的杏样品中 VB₁ 含量较高，同地域的城关镇(巨鹿镇)上疃村的杏样品偏低。VB₁ 平均含量最高杏样品来自为保定市涞水县石亭乡(2)，平均含量值高达 767.30 μg/kg，其次是邢台市巨鹿县棘园红休闲观光采摘园和堤村乡金玉庄的杏，分别为 630.27 μg/kg 和 596.33 μg/kg，北京房山区下寺村和保定市易县金家庄的杏中 VB₁ 含量与巨鹿县堤村乡金玉庄的杏接近，分别为 590.98 μg/kg 和 592.87 μg/kg，邢台市巨鹿县城关镇(巨鹿镇)上疃村的杏样品 VB₁ 平均含量偏低，为 519.15 μg/kg，所有串枝红杏样品中 VB₁ 含量最低的为保定市满城县白龙乡北水峪村(龙门山庄采摘园)的杏，平均含量仅为 506.50 μg/kg。就品种而言，大红杏的 VB₁ 含量较串枝红杏少，范围在 373.05 μg/kg~483.64 μg/kg，平均较串枝红杏含量低约 22.67%。

巨鹿串枝红杏 Vc 含量范围 1782.55 μg/kg~6360.83 μg/kg，范围跨度非常大，其原因为堤村乡金玉庄和城关镇(巨鹿镇)上疃村的样品中 Vc 含量较其他地域明显都高，平均含量分别为 6270.31 μg/kg 和 4179.49 μg/kg，巨鹿县棘园红休闲观光采摘园的杏样品中 Vc 含量最低，平均为 1838.55 μg/kg。易县金家庄杏样品中 Vc 也较低，平均含量为 2068.11 μg/kg，巨鹿杏样品 Vc 含量最高的较其杏样品高达 3 倍。保定市满城县白龙乡北水峪村(龙门山庄采摘园)的杏样品中 Vc 含量也偏高，为 3872.54 μg/kg。巨鹿县城关镇(巨鹿镇)上疃村的大红杏品种中 Vc 含量也非常高，高达 4614.94 μg/kg，但比同地域的串枝红杏中 Vc 含量略低。

巨鹿串枝红杏维生素 B₂ 含量范围 4771.91 μg/kg~9481.93 μg/kg，从平均含量可以看出，各地域 VB₂ 含量无显著差异，邢台市巨鹿县棘园红休闲观光采摘园和城关镇(巨鹿镇)上疃村的杏样品 VB₂ 平均含量为 7629.11 μg/kg 和 7492.24 μg/kg，保定市涞水县石亭乡杏样品中 VB₂ 含量平均为 7471.99 μg/kg，保定市易县流景乡金家庄和保定市满城县白龙乡北水峪村(龙门山庄采摘园)杏样品中 VB₂ 含量平均值约 7100 μg/kg。大红杏中 VB₂ 平均含量明显较串枝红杏低，仅为 951.42 μg/kg，个体之间的差距可达 10 以上。

表 4 样品中维生素和有机酸含量的检测结果

Table 4 Results of the determination of vitamins and organic acids in samples

序号	样品	维生素 B ₁ /(μg/kg)	维生素 C /(μg/kg)	维生素 B ₂ /(μg/kg)	柠檬酸 /(mg/kg)	苹果酸 /(mg/kg)	琥珀酸 /(mg/kg)
1	JL-JYZ1	720.14	6360.83	4771.91	7969.71	2986.88	7413.10
	JL-JYZ2	647.17	6221.94	5195.46	9498.77	2659.47	7905.57
	JL-JYZ3	421.70	6228.16	6422.37	8430.88	3259.85	7640.34
	JL-JY 平均	596.33	6270.31	5463.25	8633.19	2968.73	7653.00
2	JL-JYH1	496.00	1782.55	5726.11	3453.65	2337.36	4391.98
	JL-JYH2	648.85	1813.63	7703.97	4016.36	3071.05	5046.62
	JL-JYH3	745.97	1919.49	9457.26	3771.33	2747.29	4255.85
	JL-JY 平均	630.27	1838.55	7629.11	3747.11	2718.56	4564.82
3	JL-ST1	611.47	4061.35	7329.76	8524.22	3631.79	8946.65
	JL-ST2	503.01	3894.85	6005.62	9235.30	3412.23	9091.39
	JL-ST3	486.11	4847.38	7988.87	8974.79	3590.04	8611.50
	JL-ST4	510.15	3912.41	9481.93	7384.09	3963.65	8337.29
	JL-ST5	485.03	4181.46	6655.03	8739.43	4021.37	8881.72
	JL-ST 平均	519.15	4179.49	7492.24	8571.57	3723.82	8773.71
4	JL-ST-DHX1	413.00	3157.21	901.49	2093.69	5824.01	1283.77
	JL-ST-DHX2	373.05	3997.90	1194.51	2178.31	6716.22	1770.80
	JL-ST-DHX3	483.64	4614.94	758.25	1768.12	7775.56	1834.01
	JL-ST-DHX 平均	423.23	3923.35	951.42	2013.37	6771.92	1629.52
5	Xs1	648.07	2581.58	7286.98	5972.36	4338.36	5644.12
	Xs2	537.84	2214.95	6454.17	6744.10	4428.88	5188.45
	Xs3	650.52	2621.89	5433.02	5589.96	5147.45	5528.47
	Xs4	527.50	2686.89	7217.28	5884.31	5981.87	5037.58
	Xs 平均	590.98	2526.33	6597.86	6047.68	4974.14	5349.66
6	YX-JJZ1	582.87	1994.21	8524.16	4905.36	2812.53	5061.84
	YX-JJZ2	609.84	2262.18	6664.98	4636.12	3622.70	7222.00
	YX-JJZ3	585.91	1947.94	6134.52	4858.64	3540.49	5928.37
	YX-JJ 平均	592.87	2068.11	7107.88	4800.04	3325.24	6070.74
7	LS-ST1	428.25	2340.15	7103.68	7748.58	4630.51	5404.68
	LS-ST2	555.58	2593.36	8033.58	7786.70	4616.86	5549.95
	LS-ST3	596.86	2458.11	6953.84	8842.07	4439.10	5739.66
	LS-ST4	540.15	2415.90	8052.64	8200.28	4460.83	5775.75
	LS-ST 平均	530.21	2451.88	7535.93	8144.40	4536.83	5617.51
8	STY1	762.28	2051.60	7287.76	8286.09	3263.90	5205.87
	STY2	772.33	2277.46	7400.44	8314.30	3251.18	5149.84
	STY 平均	767.30	2164.53	7344.10	8300.19	3257.54	5177.86
9	MC1	584.50	2570.89	5925.39	5936.28	5313.62	4687.18
	MC2	574.56	2503.92	5669.90	5514.09	5069.37	4795.12
	MC 平均	579.53	2537.41	5797.65	5725.18	5191.49	4741.15
10	MC-BSY1	576.21	4335.37	8065.35	9366.79	4410.92	8745.25
	MC-BSY2	444.69	4162.72	5934.25	8310.93	4957.90	7481.04
	MC-BSY3	498.60	3119.54	7560.69	8606.36	2730.45	7858.60
	MC-BSY 平均	506.50	3872.54	7186.76	8761.36	4030.09	8028.30

巨鹿堤村乡金玉庄和城关镇(巨鹿镇)上疃村的串枝红杏中柠檬酸总体平均含量较高,分别为 8633.19 mg/kg 和 8571.57 mg/kg,与保定市满城县白龙乡北水峪村(龙门山庄采摘园)(8761.36 mg/kg)以及保定市涞水县石亭乡(8300.19 mg/kg 和 8144.40 mg/kg)杏样品柠檬酸平均含量接近,而棘园红休闲观光采摘

园的杏样品中平均含量较低,仅为 3747.11 mg/kg。保定市易县金家庄的杏样品中柠檬酸平均含量也较低,为 4800.04 mg/kg。大红杏样品中柠檬酸含量较串枝红明显低,平均含量为 2013.37 mg/kg,同地域的串枝红杏的柠檬酸含量较大红杏多 3 倍。

苹果酸在巨鹿杏中的含量较低,范围在 2337.36

mg/kg~4021.37 mg/kg, 巨鹿县棘园红休闲观光采摘园的杏样品中苹果酸平均含量仅为 2968.73 mg/kg 和 2718.56 mg/kg, 含量最高的为北京房山区下寺村的杏样品, 最高达 5981.87 mg/kg, 平均为 4974.14 mg/kg, 在所有杏样品中苹果酸含量较高。大红杏样品中苹果酸含量平均为 6771.92 mg/kg, 范围 5824.01 mg/kg~7775.56 mg/kg, 明显较串枝红杏中苹果酸含量高, 可达 1.45~2.28 倍。

巨鹿堤村乡金玉庄和城关镇(巨鹿镇)上疃村琥珀酸含量范围为 7413.10 mg/kg~9091.39mg/kg, 平均值为 7653.00mg/kg 和 8773.71 mg/kg 较其他地域杏样品含量高, 保定市满城县白龙乡北水峪村(龙门山庄采摘园)杏样品中琥珀酸平均含量也较高, 为 8028.30 mg/kg。巨鹿县棘园红休闲观光采摘园的杏样品中琥珀酸含量在 4255.84 mg/kg~5046.62 mg/kg 之间, 平均含量仅为 4564.82 mg/kg, 与保定市满城县城郊的杏样品含量(4741.15 mg/kg)接近。其他样品中琥珀酸平均含量范围为 5177.86 mg/kg~6070.74 mg/kg 大红杏琥珀酸含量在 1283.77 mg/kg ~1834.01 mg/kg, 显著低于串枝红杏中相应酸的含量。

通过以上数据比较可以看出, 巨鹿串枝红杏样品中, 棘园红休闲观光采摘园的杏样品中 Vc 以及三种有机酸的含量总体较低, 原因为在种植过程中, 通过过程控制, 减少串枝红杏的酸度, 更适宜人们的口感, 提高舒适度。另外两个巨鹿杏取样地点的产品对于巨鹿杏有更广泛的代表性, 结果可以看出, 巨鹿串枝红杏中 Vc、柠檬酸、琥珀酸含量较高, Vc 又称为 L-抗坏血酸, 三者在水果产品中共同的作用是都可以增加酸度, Vc 又可提高人体免疫力。同时, 巨鹿杏中苹果酸含量较低, 苹果酸酸味在口腔中持续时间较长, 所以也有助于为巨鹿杏的感官评定提供理论依据。串枝红杏与大红杏相比, 大红杏中 Vc、VB₁、VB₂、柠檬酸、琥珀酸的含量都低于串枝红杏, 其中 VB₂、柠檬酸和琥珀酸的含量与串枝红杏差距非常显著, 而大红杏中苹果酸含量较串枝红高。因此可知, 从营养价值看, 串枝红杏较大红杏具有较高的营养价值; 由于大红杏中苹果酸含量较高, 大红杏的酸味会留给消费者较长时间的享受。

3 结论

3.1 本研究利用高效液相色谱-DAD 检测器使用多波长对杏中有机酸和维生素进行测定, 结果表明, 采用 0.5 mmol/L H₃PO₄-乙腈为流动相, 改变二者比例以及

流速, 可使待测组分定量准确、快速高效分离, 方法具有较高的灵敏度, 且具有较好的稳定性和准确性, 与传统方法相比, 大大缩短了分析时间、降低了分析成本。对于杏产品的研发和生产质量控制有实际意义

3.2 通过对巨鹿串枝红杏中水溶性维生素(Vc、VB₁、VB₂)以及常见有机酸(柠檬酸、苹果酸、琥珀酸)的研究以及与其他地域同类产品和大红杏的比对分析, 发现巨鹿串枝红杏中 Vc、柠檬酸、琥珀酸含量较高, 苹果酸含量较低, 因此, 巨鹿杏具有较高的酸度, 并可提高人体免疫力。串枝红杏与大红杏相比, 大红杏中 Vc、VB₁、VB₂、柠檬酸、琥珀酸的含量都低于串枝红杏, 其中 VB₂、柠檬酸和琥珀酸的含量与串枝红杏差距非常显著, 而大红杏中苹果酸含量较串枝红高。因此可知, 串枝红杏较大红杏具有较高的营养价值, 也有助于为巨鹿杏的感官评定提供理论依据。

3.3 本课题为杏中有机酸和维生素的快速测定以及巨鹿杏的品质特征性研究提供了理论依据, 对于巨鹿杏品质保真研究和质量保证具有较高的应用价值和极大的现实意义。

参考文献

- [1] 董园园,董彩霞,卢颖林,等.植物组织中有有机酸的提取方法比较[J].南京农业大学学报,2005,28(4):140-143
- [2] 王雪梅,高素莲,于金文.HPLC法测定新鲜草莓中水溶性维生素[J].食品科学,1999,5:52-53
- [3] 刘红河,黎源倩.CCD-二极管阵列分光光度法同时测定食品中的维生素 B₁ 和维生素 B₂[J].中国食品卫生杂志,2003,15(6):508-510
- [4] 史亚利,刘京生,蔡亚岐,等.离子交换色谱法同时测定啤酒中有机酸和无机阴离子[J].分析化学,2005,33(5):605-608
- [5] 杨建洲,张茉莉.毛细管区带电泳分析果蔬中的维生素 C 含量[J].分析化学,2002,1:120-121
- [6] 姜文清,金鹏飞,朱峰,等.HPLC 同时测定多维元素片中维生素 B₁、维生素 C、维生素 B₆ 和烟酰胺的含量[J].中国药理学杂志,2011,46(14):1122-1125.
- [7] 张素娟.高效液相色谱法测定葡萄酒中柠檬酸含量[J].食品工程,2009,3:48-51
- [8] 陈治明,洪亮.高效液相色谱法测定牛奶中的维生素 C 的含量[J].现代食品科技,2011,6:707-709
- [9] 周芳梅,蔡双福,文灿,等.固相萃取-高效液相色谱法测定饮料中维生素 B₁₂[J].现代食品科技,2010,7:759-762
- [10] 张海英,韩涛,王有年,等.桃果实品质评价因子的选择[J].农业工程学报,2006,22(8):235-239