

青梅有机酸谱特性分析及其应用研究

林耀盛¹, 刘学铭¹, 钟炜雄², 王思远¹, 杨春英¹, 唐秋实¹

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 510610)

(2. 陆河县伟能食品有限公司, 广东汕尾 516722)

摘要: 为了更好地表征和鉴别青梅及其加工产品的质量, 建立了 HPLC 法同时分析样品中草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸及熊果酸 8 种有机酸组成及含量。采用的色谱柱为 Zorbax SB-Aq C18 (4.6×250 mm, 5 μm), 以甲醇与 0.01 mol/L 且 pH 为 2.65 的 KH₂PO₄ 溶液 (3:97) 为流动相, 流速为 1.0 mL/min, 柱温 25 °C, 选取 210 nm 与 215 nm 进行双波长检测, 有机酸的回收率为 97.18%~111.57%, 相对标准偏差为 0.53%~4.67%, 检出限为 0.05~6.33 μg/mL。青梅中主要有有机酸为柠檬酸, 其次是苹果酸和草酸, 还含少量的酒石酸、乳酸、乙酸和琥珀酸, 多种有机酸共同构成青梅特征有机酸谱。利用建立的青梅有机酸谱 HPLC 分析方法, 分析不同青梅加工产品的有机酸谱, 发现青梅在加工成不同产品过程中尽管总有机酸含量变化很大, 但特征组成谱稳定, 一些乌梅提取物存在掺假现象, 表明青梅有机酸谱可以用于表征青梅加工产品的质量。

关键词: 青梅; 有机酸; 高效液相色谱; 鉴别技术

文章编号: 1673-9078(2014)9-280-285

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.09.046

Chromatographic Characterization of Organic Acids in *Prunus mume* and Its Application

LIN Yao-sheng¹, LIU Xue-ming¹, ZHONG Wei-xiong², WANG Si-yuan¹, YANG Chun-ying¹, TANG Qiu-shi¹

(1. Sericulture & Agri-Food Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China) (2. Luhe Weineng Foodstuff Co., Ltd, Shanwei 516722, China)

Abstract: To more effectively characterize and evaluate the quality of *Prunus mume* and its products, high performance liquid chromatography (HPLC) was used to simultaneously detect the composition and concentration of eight organic acids (oxalic acid, tartaric acid, malic acid, lactic acid, acetic acid, citric acid, succinic acid, and) in *P.mume* samples. This analysis was performed on a Zorbax SB-Aq C18 column (4.6×250 mm, 5 μm) at 25 °C using methanol and 0.01 mol/L KH₂PO₄ (pH 2.65) as the mobile phase at a flow rate of 1.0 mL/min. The wavelengths of 210 and 215 nm were selected for the double-wavelength detection. The recovery of the organic acids ranged from 97.18% to 111.57% with relative standard deviations of 0.53%~4.67%, and the detection limits were in the range of 0.05~6.33 μg/mL. The results showed that, in *P.mume*, the dominant organic acid was citric acid, followed by malic acid, oxalic acid, and small amounts of tartaric acid, lactic acid, acetic acid, and succinic acid. These organic acids constitute the characteristic organic acid profile of *P.mume*. Using this HPLC method to analyze the organic acid profiles of *P. mume* and its products showed that, although the total organic acid content greatly varied during the production processes of different *P. mume* products, these products had the same characteristic organic acid profile. Therefore, the characteristic organic acid profile of *P.mume* could be used to evaluate the quality of *P. mume* products and identify any adulterated products.

Key words: *Prunus mume*; organic acids; high performance liquid chromatography; adulteration-detecting technology

青梅 (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 又称为酸梅、果梅, 为蔷薇科杏属乔木的果实, 主要分布于长江流域及华南、西南地区一带, 以广东、广西、云南、福建、浙江、江苏等省的产量较多。广东地区尤其适合青梅的生长, 是我国青梅的主要产区之一。青梅作为

收稿日期: 2014-03-27

基金项目: 广东省科技计划项目 (2011A020501014)

作者简介: 林耀盛 (1985-), 男, 硕士, 研究方向为农产品和食品检测

通讯作者: 刘学铭 (1967-), 男, 博士, 研究员, 研究方向为农产品加工

一种药食两用的果实, 由于酸度过高而不宜青梅及其炮鲜食, 是一种典型的加工型水果。近年来研究表明, 制品乌梅具有抗氧化^[1]、降血糖和降血脂^[2]、减肥^[3]、降尿酸^[4]、抑菌^[5]、抗病毒^[6]、抗炎、抗消化性溃疡和调节胃肠道功能^[7]、抗疲劳、调节免疫、抗骨质疏松^[8]、改善认知缺陷等功能, 具有广阔的开发利用前景。传统上, 青梅主要用于加工蜜饯 (凉果) 和炮制成中药材乌梅, 人们可以通过外观和口感对其进行品质监控。近年来, 不仅传统青梅蜜饯产品的种类不断增加, 而

且还开发出青梅果汁、果酒、果酱等深加工产品,还利用乌梅开发果粉、提取物等产品作为酸味调节剂,用于普通食品、保健食品甚至中成药的加工,使用范围不断扩大。对青梅和乌梅的深加工产品来说,由于其完全改变了青梅的外形,通过制定内在质量指标进行品质监控极为重要。有机酸的组成和含量是青梅最具特色的品质属性,是青梅成熟度、储藏性以及加工性的重要指标,可用于青梅加工产品的质量控制。目前国内外对青梅及其加工产品有机酸的分析,多针对一种原料或者产品,不能很好地体现加工过程中有机酸的变化,也难以比较不同青梅加工产品的品质特性。本课题组曾报道青梅腌制过程中有机酸谱变化以及青梅酱产品的有机酸谱⁹⁻¹⁰,在此基础上本文进一步优化建立HPLC双波长检测有机酸含量方法,提高有机酸的检出限,分析青梅不同加工产品的有机酸谱,与青梅原料有机酸谱进行比较,探明青梅加工成各种产品中有机酸谱的变化规律,并表征青梅深加工产品的内在质量。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

原料:鲜青梅加食盐腌制,得1号样品腌制青梅和2号样品青梅腌渍液;3号青脆梅、4号清之然青梅和5号京都味青口梅均为市售青梅凉果产品;6号青梅酒为青梅浸泡酒;7号乌梅肉粉为市售乌梅去核取肉得到,自行制得;8号酸乌梅、9号联生乌梅九制和10号联生乌梅,均为市售可直接食用的乌梅产品;11号乌梅提取物、12号乌梅浸膏、13号乌梅浸膏粉5-1和14号乌梅浸膏粉5-2为生产厂家提供产品,用作食品加工辅料。

试剂:标准品草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸及熊果酸均为Sigma公司产品,磷酸二氢钾和磷酸均为分析纯。

仪器:Agilent 1260型高效液相色谱仪,美国安捷伦公司,包括DAD检测器、Agilent Zorbax SB-Aq C₁₈柱(4.6×250 mm, 5 μm);ALC 210.4型电子天平,德国赛多利斯;SB25-12 DTD型超声波清洗器,宁波新芝生物科技公司;PB-10型pH计,德国Sartorius公司;Milli-Q II 纯水处理装置,美国Milli-Q公司。

1.2 实验方法

1.2.1 标准品溶液的制备

精密称取减压干燥至恒质量的草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸、熊果酸对照品

各10.0 mg,用超纯水溶解后定容于10 mL容量瓶中,用0.22 μm微孔滤膜过滤。

1.2.2 色谱条件

HPLC 色谱条件参考文献方法¹¹⁻¹²并优化:液相色谱柱为Zorbax SB-Aq分析柱(4.6×250 mm, 5 μm);流动相为甲醇与0.01 mol/L且pH为2.65的KH₂PO₄溶液(3:97),流速1.0 mL/min;柱温25 °C, DAD检测波长分别选取215 nm与210 nm,进样量20 μL。

1.2.3 样品处理

准确称取研磨至浆状的样品2.0 g,用调好的磷酸氢二钾缓冲液(pH 2.65),定容至50 mL,35 °C超声萃取30 min,5000 r/min离心10 min,取其上清液过0.22 μm微孔滤膜,待测。

2 结果与分析

2.1 有机酸 HPLC 检测方法的建立

2.1.1 流动相、pH 及检测波长的选择

按照方法 1.2.2 并优化条件,本实验使用甲醇和0.01 mol/L KH₂PO₄组成的混合流动相,多种有机酸均得到良好分离。当pH值≥2.70时,柠檬酸和琥珀酸分离效果不佳;当pH≤2.50时,不仅对乳酸和乙酸分离效果不好,而且易损害柱子。因此本实验选取pH值2.65,此时八种有机酸的分离效果最好。其中,酒石酸、苹果酸、柠檬酸和琥珀酸在215 nm有最大吸收波长,而草酸、乳酸、乙酸和熊果酸则在210 nm处有最大吸收波长,因此本实验选用了两个不同的波长,满足这八种有机酸在各自最大吸收波长下进行检测。

2.1.2 标准曲线、线性范围、检出限的绘制

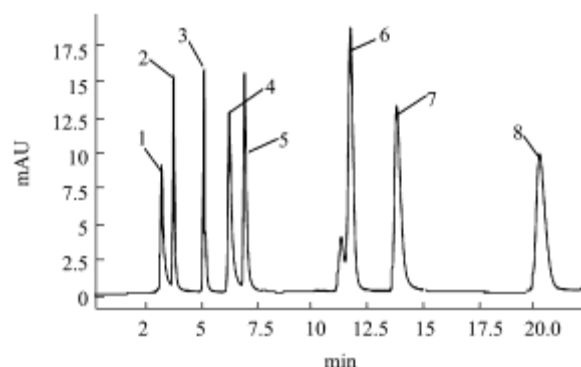


图1 八种有机酸标准品的检测图谱

Fig.1 Chromatograms of eight organic acids

注:1.草酸;2.酒石酸;3.苹果酸;4.乳酸;5.乙酸;6.柠檬酸;7.琥珀酸;8.熊果酸。

按照方法 1.2.1 制备储备液,将各有机酸标准溶液用超纯水配成不同浓度的标准有机酸混合溶液,进样

量 20 μL, 分别进行 HPLC 分析, 以色谱峰面积与标准品浓度绘制标准曲线, 最低检出限以 3 倍噪音值为计, 八种有机酸 HPLC 色谱图 (如图 1 所示), 线性范围和检出限 (见表 1)。从表 1 可知, 各有机酸的浓度与色谱峰的面积呈现良好的线性关系, 适用于定

量分析。

由图 1 可见, 在上述 1.2.2 色谱条件下, 8 种有机酸的保留时间分别为 3.25 min、3.75 min、5.26 min、6.48 min、7.08 min、11.69 min、14.06 min、25.02 min, 可见 8 种有机酸的分离效果良好。

表 1 8 种有机酸的回归分析、检出限

Table 1 Regression analysis and detection limit for eight organic acids

有机酸种类	线性范围/(mg/mL)	线性回归方程	相关系数R ²	检出限/(μg/mL)
草酸	0.005~0.200	y=4118.5x-14.297	1.0000	0.05
酒石酸	0.005~0.240	y=2495.9x-4.019	1.0000	0.25
苹果酸	0.010~0.800	y=1126.9x-1.987	0.9999	2.45
乳酸	0.025~1.800	y=536.49x-3.066	1.0000	3.53
乙酸	0.050~0.800	y=773.58x-3.193	1.0000	5.05
柠檬酸	0.010~2.000	y=1550.6x-22.720	0.9999	1.07
琥珀酸	0.020~3.200	y=662.68x-7.153	1.0000	1.56
熊果酸	0.063~0.500	y=7099.3x-1.314	0.9999	6.33

从表 1 中可看出, 将峰面积 y 和有机酸含量线性回归处理得到回归方程, 相关系数为 0.9999~1.0000, 结果显示线性关系良好, 适用于定量分析。

2.1.3 有机酸测定的加标回收率及精密性

以酸乌梅取样 2 份, 1 份作为空白, 另 1 份加入一定量的标准有机酸溶液, 对某一种浓度的有机酸混合标准溶液在确定的色谱条件下进行 HPLC 分析, 重复操作 6 次, 测定各有机酸的回收率和相对标准偏差 (RSD), 结果见表 2。

表 2 8 种有机酸的回收率、相对标准偏差 (mg/mL, n=6)

Table 2 Recovery rate, relative standard deviation for eight organic acids

有机酸浓度	回收率/%	平均值/(mg/mL)	标准偏差/S	RSD/%
草酸	105.38	2.71	0.02	0.77
酒石酸	97.18	5.13	0.22	4.31
苹果酸	106.09	11.85	0.08	0.64
乳酸	99.85	15.72	0.73	4.67
乙酸	111.57	10.56	0.20	1.87
柠檬酸	105.35	9.83	0.05	0.54
琥珀酸	110.70	7.32	0.15	2.04
熊果酸	103.09	6.82	0.07	0.99

从表 2 可以看出, 该方法的回收率在 97.18%~111.57%, 具有较高的回收率, 满足定量检测的要求; RSD 在 0.54%~4.67% 之间, 远远小于 10%。实验结果表明, 通过建立双波长检测法, 使各种有机酸均能在最大吸收波长下检测, 提高了检出限; 利用本方法测定 8 种有机酸, 线性关系良好, 精密度高, 重现性好, 适用于定量分析。

2.2 青梅及其加工产品有机酸图谱表征

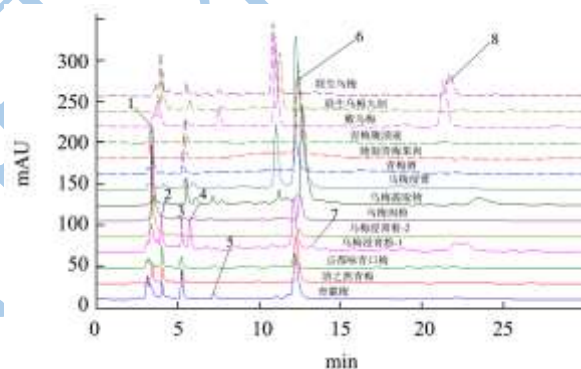


图 2 青梅及乌梅产品中 8 种有机酸图谱

Fig.2 HPLC Chromatograms of organic acids in *Prunus mume* products

注: 1.草酸; 2.酒石酸; 3.苹果酸; 4.乳酸; 5.乙酸; 6.柠檬酸; 7.琥珀酸; 8.熊果酸。

青梅及其加工产品有机酸 HPLC 色谱图如图 2。从图 2 可以看出, 青梅及其系列加工产品主要含有 8 种有机酸, 分别是草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸及熊果酸, 其中含量最高的是柠檬酸, 其次是苹果酸以及草酸, 这三种有机酸图谱比较突出, 是青梅及其加工产品有机酸特征色谱峰。

定量分析青梅及其加工产品中各种有机酸的含量, 结果见表 3。从表 3 可以看出, 1 号腌制青梅果肉及 2 号盐渍液有机酸含量为 4.14% 和 4.15%, 经计算去除腌制青梅水分 (含水分 71.44%) 后, 腌制青梅果肉含有机酸为 14.50%; 3 号青脆梅、4 号清之然青梅和 5 号京都味青口梅的有机酸含量为 0.99%~2.32%; 6

号样品为浸泡青梅酒, 有机酸含量为 1.09%; 7 号为自制乌梅肉粉, 有机酸含量为 18.3%; 8 号酸乌梅、9 号联生乌梅九制和 10 号联生乌梅果肉中有机酸分别 4.72%、2.59% 和 3.59%; 11 号和 12 号为不同厂家提

供的青梅浸膏, 其有机酸含量分别为 33.0% 和 34.3%; 13 号和 14 号为同一厂家提供的 2 批次乌梅浸膏粉, 其有机酸含量为 1.68% 和 4.82%。

表 3 青梅及乌梅产品中主要有机酸含量 (mg/g)

Table 3 Contents of dominant organic acids in *Prunus mume* products (mg/g)

编号	名称	草酸	酒石酸	苹果酸	乳酸	乙酸
1	腌制青梅果肉	1.49±0.05 ^{ef} (3.59)	0.56±0.01 ^{de} (1.35)	5.53±0.09 ^d (13.35)	0.94±0.03 ^d (2.26)	0.84±0.04 ^d (2.02)
2	青梅腌渍液	1.39±0.01 ^{ef} (3.35)	0.89±0.02 ^d (2.15)	5.47±0.04 ^d (13.19)	0.90±0.01 ^d (2.17)	0.85±0.03 ^d (2.05)
3	青脆梅	0.82±0.07 ^{ef} (5.24)	nd	3.82±0.78 ^e (24.42)	nd	1.58±0.03 ^d (10.10)
4	清之然青梅	0.44±0.05 ^{ef} (1.90)	0.30±0.02 ^{ef} (1.29)	3.22±0.43 ^e (13.90)	nd	0.80±0.18 ^d (3.45)
5	京都味青口梅	0.84±0.13 ^{ef} (8.43)	nd	2.66±0.21 ^e (26.68)	nd	1.38±0.11 ^d (13.84)
6	青梅酒	0.18±0.01 ^f (1.65)	nd	2.82±0.13 ^e (25.94)	0.92±0.05 ^d (8.46)	0.89±0.06 ^d (8.18)
7	乌梅肉粉	74.06±2.91 ^a (40.44)	nd	6.46±0.76 ^{cd} (3.53)	nd	7.27±1.46 ^b (3.97)
8	酸乌梅	3.42±0.24 ^c (7.23)	0.13±0.01 ^f (0.28)	6.92±0.13 ^{cd} (14.64)	2.69±0.05 ^b (5.69)	0.98±0.09 ^d (2.07)
9	联生乌梅九制	2.76±0.06 ^{de} (10.65)	0.66±0.01 ^{de} (2.55)	3.83±0.05 ^e (14.78)	nd	2.04±0.09 ^d (7.87)
10	联生乌梅	3.15±0.16 ^{cd} (8.76)	0.47±0.02 ^{de} (1.31)	4.76±0.13 ^{de} (13.24)	1.20±0.10 ^d (3.34)	2.78±0.14 ^d (7.73)
11	乌梅提取物	1.89±0.23 ^{de} (0.57)	3.92±0.34 ^a (1.18)	32.93±3.21 ^a (9.96)	6.17±0.77 ^a (1.87)	32.54±3.27 ^a (9.85)
12	乌梅浸膏	1.06±0.02 ^{ef} (0.31)	1.29±0.09 ^e (0.37)	10.77±0.55 ^b (3.14)	nd	6.87±1.93 ^b (2.00)
13	乌梅浸膏粉5-1	8.41±0.08 ^b (50.18)	0.19±0.01 ^f (1.13)	0.98±0.03 ^f (5.58)	1.86±0.09 ^c (12.48)	1.06±0.03 ^d (6.32)
14	乌梅浸膏粉5-2	0.78±0.09 ^{ef} (1.62)	1.64±0.07 ^b (3.40)	7.82±0.15 ^e (16.22)	2.59±0.55 ^b (5.37)	4.79±0.36 ^c (9.93)

编号	名称	柠檬酸	琥珀酸	熊果酸	总含量
1	腌制青梅果肉	30.47±0.49 ^d (73.58)	1.58±0.01 ^c (3.81)	nd	41.41±0.65 ^{cd}
2	青梅腌渍液	30.39±0.09 ^d (73.28)	1.55±0.04 ^c (3.74)	nd	41.47±0.17 ^{cd}
3	青脆梅	9.41±1.14 ^e (60.16)	nd	nd	15.64±1.17 ^e
4	清之然青梅	18.40±1.73 ^{ef} (79.41)	nd	nd	23.17±2.28 ^{de}
5	京都味青口梅	5.08±0.17 ^{gh} (50.95)	nd	nd	9.97±0.430 ^e
6	青梅酒	6.06±0.69 ^{gh} (55.75)	nd	nd	10.87±0.61 ^e
7	乌梅肉粉	95.31±3.36 ^c (52.05)	nd	nd	183.10±9.21 ^b
8	酸乌梅	26.69±0.27 ^{de} (56.49)	1.10±0.17 ^c (2.32)	5.30±0.37 ^a (11.22)	47.24 ± 0.72 ^c
9	联生乌梅九制	14.31±0.13 ^{fg} (55.25)	0.16±0.01 ^d (0.62)	2.13±0.13 ^c (8.22)	25.90±0.08 ^{de}
10	联生乌梅	18.58±0.99 ^{ef} (51.68)	2.54±0.13 ^c (7.06)	2.46±0.05 ^b (6.84)	35.95±1.60 ^{cd}
11	乌梅提取物	216.83±20.21 ^b (65.63)	36.08±7.26 ^a (10.92)	nd	330.36±29.26 ^a
12	乌梅浸膏	323.21±9.73 ^a (94.17)	nd	nd	343.20±9.03 ^a
13	乌梅浸膏粉5-1	3.25±0.06 ^h (19.39)	1.01±0.13 ^c (6.02)	nd	16.76±0.09 ^e
14	乌梅浸膏粉5-2	23.49±1.24 ^{de} (48.73)	7.09±0.26 ^b (14.70)	nd	48.20±2.49 ^c

注: *不同小写字母表示数值间有显著差异(p < 0.05); ** 括号中数值表示占总值的百分比。

1 号和 2 号分别是腌制青梅果肉及其盐渍液, 两者有机酸含量基本相等, 且均以柠檬酸、苹果酸和草酸为主。主要是因为青梅腌制时只是添加了食盐, 腌制液就是青梅鲜果在食盐作用下的渗出液, 腌制一定时间后, 果肉有机酸和盐渍液有机酸实现了动态平衡^[10,13]。由于 1 号样品为新鲜青梅直接腌制而得, 其有机酸组成和含量最能反映青梅有机酸的本质特性, 可

以用作鉴别青梅加工产品的参照图谱。

3~5 号样品均为青梅凉果制品, 保留了青梅的部分外形, 为了适合消费者的口味和保护消化道不受损伤, 经过了腌制、脱盐及调味等处理, 去除了青梅原料中的大量有机酸, 调配了蔗糖和一些甜味剂, 因此其总有机酸含量较低, 但可以检测到青梅的特征有机酸色谱峰, 均以柠檬酸、苹果酸和乙酸为主。但一些含量较少的有机酸, 包括酒石酸、乳酸和琥珀酸, 已难以检出。有机酸作为青梅中水溶性小分子化合物的

代表,可以间接推测青梅鲜果在腌制过程中其它水溶性小分子化合物,如糖类物质、酚类物质等均有一定比例的损失,在进一步的脱盐和调味中又进一步损失。

6号为浸泡青梅酒,是利用蒸馏酒浸泡青梅而成,除在酒液中可以看到青梅果外,其有机酸也主要是从青梅中浸出,以柠檬酸和苹果酸为主,含有一定量的乳酸和乙酸,也能较好地反映青梅有机酸特性。

7号乌梅肉粉,是中药材乌梅去核后粉碎而成。根据《中国药典》记载,乌梅为用近成熟青梅,低温烘干后闷至色变黑。因此,在利用青梅炮制乌梅过程中只经过了烘烤和堆闷,没有经过腌制和脱盐的工序,保留了大部分有机酸物质,其有机酸含量高达18.31%。但该批样品中以柠檬酸和草酸含量为主,分别占总有机酸含量的52.05%和40.44%。造成该样品中草酸比例如此之高的原因是由于原料品种差异,还是使用了过低成熟度的青梅原料,需要进一步研究。

8号酸乌梅、9号联生乌梅九制和10号联生乌梅为市售乌梅食品,是利用青梅或者乌梅为原料,经过腌制或不经腌制,添加甘草、蔗糖和/或甜味剂而制成,其果肉中有机酸分别4.72%、2.59%和3.59%,比青脆梅、清之然青梅和京都味青口梅等青梅凉果食品的有机酸含量高。三种产品中主要有机酸草酸、苹果酸和柠檬酸的比例与青梅基本一致。还从此3种产品中检测到熊果酸,分别占总有机酸含量的11.22%、8.22%和6.84%,但在其它青梅制品中均未检测到,是否因为原料品种差异,有待进一步确定。据文献报道,熊果酸为乌梅的有效成分之一,其含量虽然不高,但成分较稳定,是一种有效控制乌梅产品质量的重要指标^[14]。

11号乌梅提取物和12号乌梅浸膏分别由云南和浙江两家企业生产,由于采用乌梅水提或醇提后浓缩而得,不含果肉,其有机酸含量高达33.04%和34.32%,其中柠檬酸占各自总有机酸的比例为65.63%和94.17%。由于已知青梅和乌梅产品中柠檬酸占总有机酸的比例均不高于80%,因此不能排除12号乌梅浸膏样品中添加了外源柠檬酸。

13号和14号为同一家企业生产的两批次乌梅浸膏粉,但产品中有机酸含量仅为1.69%和4.82%,分别为乌梅肉粉有机酸含量的6.90%和26.33%,是液态的11号乌梅浸膏样品有机酸含量的0.51%和1.46%,说明这两种产品即使含有乌梅浸膏,也只含极少部分,绝大部分为其它辅料。这两种样品原拟用于一种新产品的配料,但在研制样品过程中发现溶于水后显现出鲜艳的红色,据推测可能是厂家添加了外源合成色素,以达到产品外观似《中国药典》描述的“乌梅粉末红

棕色”的效果。事实上,乌梅的红棕色为青梅加工炮制乌梅过程中发生的以美拉德反应为主形成的糠醛类色素,溶于水并不会呈现鲜艳的色泽。因此,13号和14号样品可以称之为假冒伪劣乌梅浸膏粉。

3 结论与展望

3.1 本文通过HPLC研究发现草酸、乳酸、乙酸、熊果酸的最大吸收波长和酒石酸、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸的最大吸收波长并不一致,而本实验通过优化了色谱条件,分别选取210 nm及215 nm的双波长,满足了各种有机酸的最高的吸收光谱。通过对青梅及加工产品有机酸组成及含量测定研究发现,该方法不仅快速、准确,同时具有较好的重复性与灵敏度。

3.2 HPLC分析表明,青梅中及其加工产品的主要有机酸为柠檬酸,其次是苹果酸和草酸,还含少量的酒石酸、乳酸、乙酸和琥珀酸,而乌梅产品除含有以上七种有机酸外,还含有熊果酸。柠檬酸、苹果酸、草酸为青梅及其加工制品有机酸的特征色谱峰,而目前由于市场销售的青梅原料或加工产品质量参差不齐,内在品质存在明显的差异,总有机酸组成及含量的变化很大,尤其特征色谱峰含量组成变化较大,给构建数学模型将造成有一定的困难;本文通过青梅中八种有机酸发现这三种特征色谱峰,且柠檬酸的含量均明显高于苹果酸与草酸的含量,其组成的特征色谱峰形状较稳定,以此从有机酸图谱全貌上鉴别和单个有机酸含量区别于不同的青梅及其加工产品内在品质。本文将检测样品的有机酸谱与青梅原料有机酸谱比较,发现二种乌梅浸膏粉样品为假冒伪劣青梅加工产品,一种液态乌梅浸膏可能添加了外源柠檬酸。青梅有机酸谱可以用于表征青梅加工产品的质量,可作为青梅深加工产品的重要质量控制参数。

参考文献

- [1] Debnath T, Bak J P, Samad N B, et al. Antioxidant activity of mume fructus extract [J]. Journal of Food Biochemistry, 2012, 36(2): 224-232
- [2] Shin E J, Hur H J, Sung M J, et al. Ethanol extract of the prunus mume fruits stimulates glucose uptake by regulating PPAR- γ in C2C12 myotubes and ameliorates glucose intolerance and fat accumulation in mice fed a high-fat diet [J]. Food Chemistry, 2013, 141(4): 4115-4121
- [3] Ko B S, Kim D S, Kang S, et al. Prunus mume and lithospermum erythrorhizon extracts synergistically prevent visceral adiposity by improving energy metabolism through potentiating hypothalamic leptin and insulin signalling in

- ovariectomized rats [J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013: 9
- [4] Yi L T, Li J, Su D X, et al. Hypouricemic effect of the methanol extract from prunus mume fruit in mice [J]. Pharmaceutical Biology, 2012, 50(11): 1423-1427
- [5] Seneviratne C J, Wong R W, Haegg U, et al. Prunus mume extract exhibits antimicrobial activity against pathogenic oral bacteria [J]. International Journal of Paediatric Dentistry, 2011, 21(4): 299-305
- [6] Nongluk S, Akio K, Yuriko O, et al. Mumefural and related HMF derivatives from Japanese apricot fruit juice concentrate show multiple inhibitory effects on pandemic influenza A (H1N1) virus [J]. Food Chemistry, 2011, 127: 1-9
- [7] Tamura M, Ohnishi Y, Kotani T, et al. Effects of new dietary fiber from Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) on gut function and intestinal microflora in adult mice [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(4): 2088-2099
- [8] Yan X T, Lee S H, Li W, et al. Evaluation of the antioxidant and anti-osteoporosis activities of chemical constituents of the fruits of *Prunus mume* [J]. Food Chemistry, 2014, 156: 408-415
- [9] 林耀盛,杨春英,陈智毅等.青梅酱中的有机酸成分分析[J].现代食品科技,2011,27(9):1150-1153
LIN Yao-sheng, YANG Chun-ying, CHEN Zhi-yi, et al. Study of main composition and organic acid in greengage sauce [J]. Modern Food Science Technology, 2011, 27(9): 1150-1153
- [10] 林耀盛,刘学铭,钟伟雄,等.青梅腌制过程中主要成分和有机酸谱变化[J].食品科学技术学报,2013,31(4):42-47
LIN Yao-sheng, LIU Xue-ming, ZHONG Wei-xiong, et al. Changes of dominant composition and organic acid profile of prunus mume during pickling process [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(4): 42-47
- [11] Hernandez Suarez M, Rodríguez Galdon B, Mesa Rios D, et al. Sugars, organic acids and total phenols in varieties of chestnut fruits from tenerife (Spain) [J]. Food and Nutrition Sciences, 2012, 3(6): 705-715
- [12] Zhang A, Fang Y L, Meng J F, et al. Analysis of low molecular weight organic acids in several complex liquid biological systems via HPLC with switching detection wavelength [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24: 449-455
- [13] 孙世鑫,李沛生,杨艺欢.青梅腌渍过程中主要成分的变化规律[J].现代食品科技,2009,25(10):1149-1153,1114
SUN Shi-xin, LIU Bian-sheng, YANG Yi-huang. Content changes of main components of greengage in pickling process [J]. Modern Food Science Technology, 2009, 25(10): 1149-1153, 1114
- [14] 段雪云,许腊英,毛维伦,等.HPLC 测定乌梅饮片中熊果酸和齐墩果酸的含量[J].中成药,2006,28(7):982-984
DUAN Xue-yun, XU Lay-ing, MAO Wei-lun, et al. Determination of ursolic acid and oleanolic acid in prunus mume with HPLC [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2006, 28(7): 982-984