

# 变波长高效液相色谱法同时检测葡萄酒中 4 种合成色素的研究

张予林,马静远,王 华

(西北农林科技大学 葡萄酒学院,陕西省葡萄与葡萄酒工程技术中心,陕西 杨凌 712100)

**[摘 要]** **【目的】**建立一种可同时测定葡萄酒中不允许添加的 4 种人工合成着色剂(柠檬黄、日落黄、胭脂红和苋菜红)的变波长高效液相色谱检验方法,为葡萄酒中不允许添加人工合成着色剂的检测提供参考。**【方法】**将葡萄酒样品分别用液-液萃取法、聚酰胺吸附法、直接进样法进行前处理,对变波长高效液相色谱法的检测条件进行优化,并采用该方法进行精密度和加标回收率试验。**【结果】**葡萄酒样品采用聚酰胺吸附法进行前处理,优化的色谱条件为:Agilent ZORBAX SB-C18(4.6 mm×250 mm,5  $\mu$ m)反相色谱柱,流动相 A 液为甲醇,流动相 B 液为醋酸铵溶液(0.02 mol/L),流速为 1.0 mL/min,梯度洗脱,变波长检测葡萄酒样品中柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄的检测波长分别为 430 nm(0~2.2 min),230 nm(2.50~3.95 min),480 nm(3.95~5.00 min)和 480 nm(3.95~5.00 min),柱温 35  $^{\circ}$ C,检测时间为 5 min,进样量为 20  $\mu$ L。对葡萄酒样进行的精密度的加标试验表明,以上 4 种人工色素的相对标准偏差(RSD)为 0.73%~1.51%,回收率为 87.83%~107.42%。**【结论】**建立了一种能同时检测葡萄酒中 4 种人工合成色素的变波长高效液相色谱法,该方法简单快速,精确可靠,重复性好。

**[关键词]** 高效液相色谱;葡萄酒;合成色素;色素检测

**[中图分类号]** TS261.7

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2011)01-0186-07

## Simultaneous determination of four synthetic colorants in wine by a HPLC method with variable wavelength detector

ZHANG Yu-lin, MA Jing-yuan, WANG Hua

(College of Enology, Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture,  
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** **【Objective】**A HPLC method with variable wavelength detector for simultaneous determination of four synthetic colorants not permitted to add into wine by national standards, namely tartrazine, sunset yellow, carmine and amaranth, was developed to give reference for detection of synthetic colorants in wine. **【Method】**Wine samples were pretreated by liquid-liquid extraction, polyamide absorption, and direct injection; the detection conditions of a HPLC method with variable wavelength detector were then optimized, and the recovery of standard addition and the precision were also tested by the developed method. **【Result】**Wine samples were pretreated by polyamide absorption. The optical chromatographic conditions: 5  $\mu$ m particle size reversed phase column Agilent ZORBAX SB-C18 (4.6 mm×250 mm) was used and the mobile phase consisted of solution A (methanol) and solution B (ammonium acetate 0.02 mol/L) with gradient elution and variable wavelength detection, and the detection wavelengths for tartrazine, sunset yellow, carmine and amaranth were 430 nm (0—2.2 min), 230 nm (2.50—3.95 min), 480 nm (3.95—5.00

\* [收稿日期] 2010-05-18

[基金项目] 西北农林科技大学青年基金项目(08080218)

[作者简介] 张予林(1975—),男,河南上蔡人,讲师,主要从事葡萄酒分析与检验研究。E-mail: zhangyl@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 王 华(1959—),女,河北阜阳人,教授,博士,博士生导师,主要从事葡萄酒研究。E-mail: wanghua@nwsuaf.edu.cn

min), 480 nm (3.95—5.00 min), respectively. The flow rate was 1.0 mL/min, column temperature 35 °C, detection time 5 min, and the injection volume 20  $\mu$ L. When the four standards of the colorants were added into the wine respectively, the average relative standard deviation (RSD) was 0.73%—1.51%, and the average recovery 87.83%—107.42%. **【Conclusion】** A HPLC method, with variable wavelength detector developed to simultaneously determine four synthetic colorants not permitted in wine, is a simple, fast, reliable and reproducible one.

**Key words:** HPLC; wine; synthetic colorants; determination

食品安全与卫生已成为当今世界所关注的焦点问题之一。从近几年国家对食品的抽查结果来看,食品添加剂已经成为产品不合格的重要因素,目前食品添加剂已经成为食品安全的最大威胁。葡萄酒是以新鲜葡萄或葡萄汁为原料,经发酵而成的饮料酒,是世界公认的对人体有益的健康酒精饮品。目前影响我国葡萄酒的安全问题主要集中在微生物性危害、化学性危害、生物毒素、掺假等方面,其成因主要包括农药残留物、生物毒素、食品添加剂等物质<sup>[1-2]</sup>。我国的国家标准 GB 15037—2006《葡萄酒》规定,葡萄酒中不得添加合成着色剂、甜味素、香精、增稠剂<sup>[3]</sup>。国家葡萄酒质量检测中心抽查结果显示,2003 和 2004 年全国葡萄酒产品的合格率均不到 70%,2006 和 2007 年葡萄酒的合格率在 80%左右。从这些检测结果可以看出,目前我国的部分企业仍然存在着违规或过量使用葡萄酒添加剂的情况<sup>[4-6]</sup>。

目前,针对食品、饮料和配制酒中合成色素检测的主要方法有气相色谱、液相色谱和极谱法等<sup>[7-24]</sup>。葡萄酒中添加剂的检测多借鉴饮料或配制酒的检验方法<sup>[25-27]</sup>,GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用试验方法》中也未介绍合成色素的检测方法,而葡萄酒中存在着大量的天然色素,其化学成分远较配制酒复杂,因此按照配制酒的检验方法即定波长的高效液相色谱法检测葡萄酒中的合成色素,存在着检测误差大、灵敏度低的不足。因此,建立一种专门针对葡萄酒人工合成色素检测的高效液相色谱法,对保证葡萄酒的安全十分必要。本试验旨在建立一种可同时测定葡萄酒中不允许添加的 4 种人工合成着色剂(柠檬黄、日落黄、胭脂红和苋菜红)的变波长高效液相色谱检验方法,以期为葡萄酒中不允许添加人工合成着色剂的快速准确检测提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试葡萄酒样 以 2008 年自酿干红葡萄酒为基酒,人为添加纯净水和柠檬黄、日落黄、胭脂红

和苋菜红 4 种人工色素混合标准溶液,配成与原酒颜色接近的葡萄酒。

1.1.2 仪器与试剂 主要仪器有:LC-2010A 岛津高效液相色谱仪(配 CLASS-VP 色谱工作站)、UV-1700 紫外可见分光光度计,日本岛津公司生产;AS3120B 超声波清洗器、AP-9901S 抽滤器,天津奥特赛恩斯仪器有限公司生产;MILLI-Q 超纯水纯化系统,法国 Millipore 生产。

主要试剂有:柠檬黄、日落黄、胭脂红、苋菜红标准物质,国家标准物质研究中心。另有甲醇(色谱纯)、乙腈(色谱纯)、聚酰胺固体粉末(75  $\mu$ m)、氨水溶液、甲酸溶液(分析纯)、无水乙醇(分析纯)、盐酸溶液、柠檬酸固体试剂、三正辛胺溶液、正丁醇溶液、正己烷溶液。

### 1.2 高效液相色谱条件的优化

1.2.1 流动相梯度的选择 采用 Aglient C18 反相色谱柱;流动相以色谱甲醇为 A 液,0.02 mol/L 醋酸铵为 B 液;流速 1 mL/min;进样量 20  $\mu$ L;柱温 35 °C。

固定流动相配比,其中 A 液(甲醇)的比例分别为 100%,80%,60%,40%和 20%;B 液(0.02 mol/L 醋酸铵溶液)的比例相应分别为 0%,20%,40%,60%和 80%。对 4 种色素质量浓度为 100 mg/L 的混合溶液进行初步测定,以确定可使 4 种人工色素(柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄)完全分离的流动相的大概比例。在此基础上进行梯度设定,确定最佳梯度条件。

1.2.2 检测波长的选择 (1)定波长检测<sup>[7]</sup>。在波长 254 nm 下对样品进行检测。(2)变波长检测。采用紫外可见分光光度计对 4 种人工色素(柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄)标样进行全波长扫描,确定各色素的最大吸收波长,将其结果作为变波长检测的依据。根据人工合成色素的出峰顺序及时间,在相应时间段设定不同检测波长。

### 1.3 葡萄酒样前处理方法的选择

对葡萄酒样品分别采用液-液分配法、聚酰胺吸附法和直接过滤法进行前处理,用确定的色谱条件,

对经过前处理的样品,用高效液相色谱仪进行检测,从中筛选出最佳的前处理方法。

1.3.1 液-液萃取法<sup>[7]</sup> 取酒样 5 mL 放入分液漏斗中,加 2 mL 盐酸和 15 mL 三正辛胺-正丁醇溶液(体积分数 5%),振摇提取,分取有机相,重复提取至无机相为无色。合并有机相,用饱和硫酸钠溶液洗 2 次,每次 10 mL,分取有机相,放入蒸发皿中,水浴加热浓缩至 10 mL,转移至分液漏斗中,加 60 mL 正己烷,混匀,加稀释氨水(氨水溶液:蒸馏水=2:98)提取 2~3 次,每次 5 mL,合并氨水溶液层,用正己烷洗 2 次,氨水层加乙酸调至中性,水浴加热蒸发至近干,加水定容至 5 mL。经滤膜(0.45 μm)过滤后,备用。

1.3.2 聚酰胺吸附法<sup>[7]</sup> 取酒样 5 mL,加柠檬酸溶液调 pH 到 6,加热至 60 ℃,将 1 g 聚酰胺粉加少量水调成粥状,倒入样品溶液中,搅拌片刻,以 G4 垂融漏斗抽滤,用 60 ℃ pH 为 4 的水洗涤 3~5 次,然后用甲醇+甲酸混合液洗涤至洗出液为无色,以完全去除天然色素。再用蒸馏水洗至中性,用“乙醇+氨水+水”混合溶液解析 3~5 次,每次 5 mL,每次加入“乙醇+氨水+水”混合溶液后需要充分搅拌,使聚酰胺粉与溶液充分接触,洗至洗出液为无色。收集解析液,加乙酸中和,蒸发至近干,加水溶解,定容至 10 mL。经滤膜(0.45 μm)过滤后,备用。

1.3.3 直接过滤法 直接将酒样用 0.45 μm 超滤膜过滤后备用。

1.4 标准曲线的制作

将各色素的标准固体样品配成 1 g/L 的标准溶液储备液后,分别稀释成 10, 20, 30, 40, 50, 100 mg/L。将各标准溶液经 0.45 μm 滤膜过滤,在确定的高效液相检测条件下进行测定,通过保留时间定

性和峰面积定量,分别对 4 种人工合成色素的质量浓度( $x$ )和峰面积( $y$ )进行拟合,计算标准曲线方程,用于样品定量。

1.5 精密度试验

取含有 4 种人工色素质量浓度分别为 10, 20, 50 mg/L 的葡萄酒样品,用确定的样品前处理方法进行处理,在确定的高效液相色谱检测条件下进行检测,每个样品重复检测 5 次,根据测定结果计算每个质量浓度下测定结果的相对标准偏差(RSD)。

1.6 加标回收率试验

在葡萄酒样品中加入质量浓度分别为 10, 50, 100 mg/L 的 4 种人工混合色素,用确定的样品前处理方法进行处理,在确定的高效液相色谱检测条件下进行检测,计算回收率。

2 结果与分析

2.1 葡萄酒样品中人工合成色素色谱检测条件的确定

2.1.1 流动相梯度的选择 以 A 液甲醇和 B 液 0.02 mol/L 醋酸铵溶液作为流动相,通过改变流动相比比例,对混合色素 100 mg/L 标准溶液进行梯度洗脱,最终确定的最佳流动相梯度如表 1 所示。用此梯度能使各种色素得到完全分离,且峰形较好,保留时间稳定(图 1)。

表 1 流动相的梯度洗脱程序

Table 1 Gradient elution with the mobile phase %

| 时间/min<br>Time | 流动相比比例 Mobile phase ratio |                                                    |
|----------------|---------------------------|----------------------------------------------------|
|                | A 液(甲醇)<br>Methanol       | B 液(0.02 mol/L 醋酸铵)<br>Ammonium acetate 0.02 mol/L |
| 0.0            | 22                        | 78                                                 |
| 2.0            | 60                        | 40                                                 |
| 2.2            | 92                        | 8                                                  |
| 5.0            | 92                        | 8                                                  |

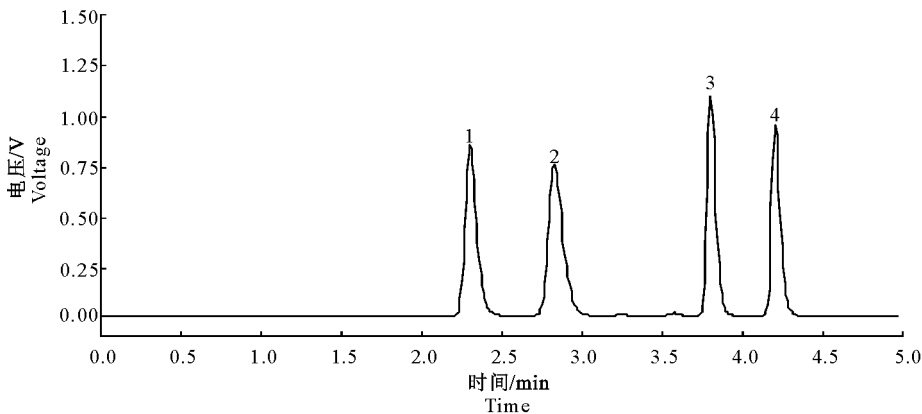


图 1 4 种混合色素 100 mg/L 标准溶液的 HPLC 色谱图

1. 柠檬黄;2. 苋菜红;3. 胭脂红;4. 日落黄

Fig. 1 HPLC chromatogram of the mixed 100 mg/L standard samples

1. Tartrazine;2. Amaranth;3. Carmine;4. Sunset yellow

2.1.2 变波长检测条件的确定 用紫外可见分光光度计对柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄 4 种色素的标准溶液进行全波长扫描,得到各色素的最大吸收波长分别为 430,230,510,480 nm,以此作为变波长检测方法的确定依据。柠檬黄的出峰时间为 2.277 min 左右,因此在 0~2.5 min 采用 430 nm 作为其检测波长;苋菜红的出峰时间为 2.800 min 左

右,因此在 2.5~3.95 min 采用 230 nm 作为其检测波长;由于胭脂红和日落黄的最大吸收波长较为接近,经过试验和比较,将 2 种色素都在 480 nm 处进行检测,因此在 3.95~5.00 min 采用 480 nm 作为其检测波长。变波长检测方法 with 定波长检测方法所得的色谱图比较如图 2 所示。

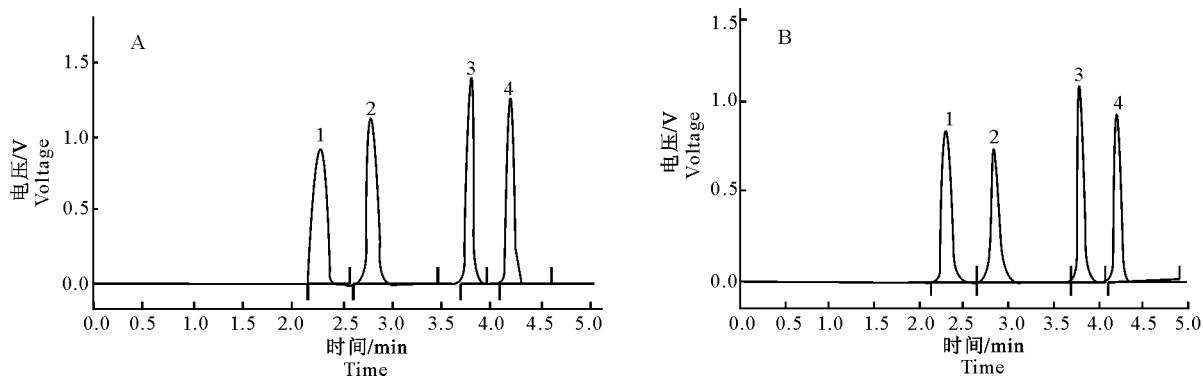


图 2 4 种人工合成色素标准溶液变波长检测法(A)和定波长检测法(B)的色谱图比较

1. 柠檬黄;2. 苋菜红;3. 胭脂红;4. 日落黄

Fig. 2 Comparison of the HPLC chromatograms between variable detection wavelength(A) and constant detection wavelength(B) in mixed standard samples

1. Tartrazine;2. Amaranth;3. Carmine;4. Sunset yellow

从图 2 可以看出,与定波长检测方法相比,变波长检测方法所得到的色谱图的峰高和峰面积有所增大,检测灵敏度提高。

2.2 葡萄酒样品前处理方法的选择

对添加人工合成色素的葡萄酒样品分别用液-液分配法、聚酰胺吸附法和直接过滤法进行前处理,按照确定的色谱条件对经 3 种方法处理过的葡萄酒样品进样检测,结果如图 3 所示。由图 3 可以看出,液-液分配法处理葡萄酒样品的后 2 个色谱峰(保留时间分别为 3.775 和 4.177 min)处存在较多杂质,且在 3.5~5.0 min 处出现基线漂移,检测误差较大;直接过滤法处理葡萄酒样品中由于存在杂质较多,色谱基线极不稳定,误差较大,也不能采用;聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品的色谱图峰形好,基线稳定,产生的误差较小,故将该法确定为葡萄酒样品前处理的最佳方法。

2.3 标准曲线的制作

将各色素标准样品在确定好的色谱条件下进行进样,以各色素质量浓度为横坐标,以各色素相应质量浓度下的色谱峰峰面积为纵坐标制作标准曲线,所得各色素标准曲线方程如表 2 所示。由表 2 可以看出,4 种色素标准曲线方程的相关系数等于或接

近 1,可知色素质量浓度为 10~100 mg/L 时,线性关系良好。

2.4 变波长高效液相色谱法测定聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品的精密度试验

在葡萄酒中加入质量浓度分别为 10,20,50 mg/L 的混合色素,分别经过聚酰胺吸附法前处理后,在确定的变波长高效液相色谱条件下进样 5 次反复检测,计算测定结果的相对标准偏差(RSD),结果见表 3。由表 3 可知,用本研究建立的 HPLC 检测柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄的平均标准偏差分别为 1.51%,0.94%,0.73%和 1.40%,表明该方法测定结果的重复性好。

2.5 变波长高效液相色谱法测定聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品的回收试验

在葡萄酒样品中加入 10,50,100 mg/L 混合色素,分别经过聚酰胺吸附法前处理后,在确定的高效液相色谱检测条件下进行检测,计算回收率,结果见表 4。从表 4 可以看出,用变波长高效液相色谱法,测定聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品中柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄 4 种色素的回收率为 87.83%~107.42%,表明本研究建立的 HPLC 方法系统误差较小,测定结果比较准确,分析方法可行。

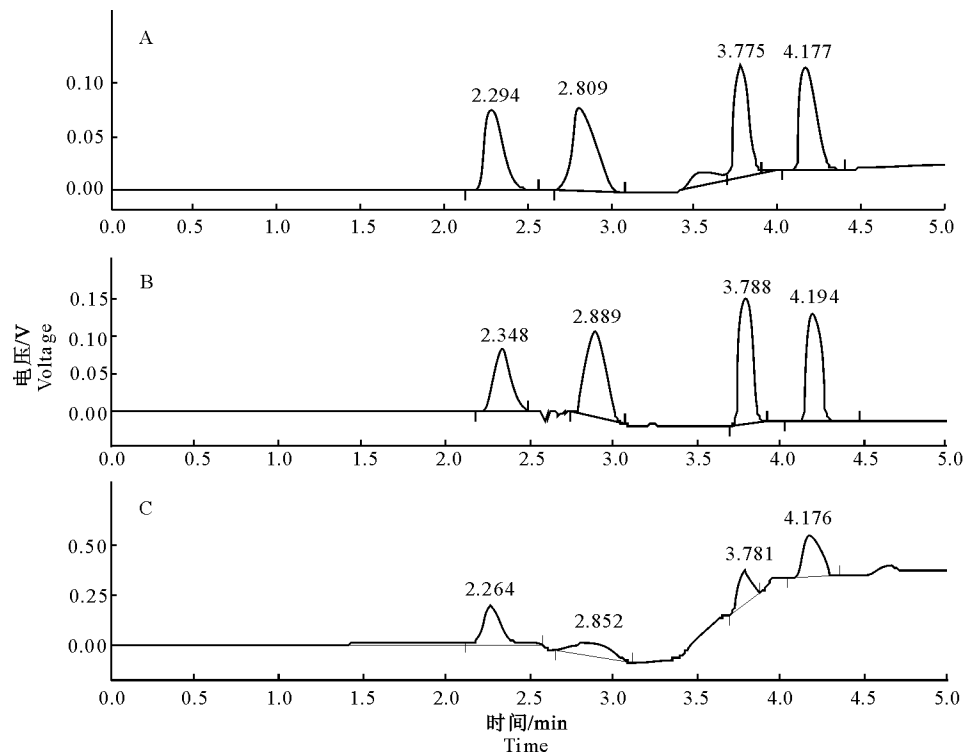


图 3 葡萄酒样品经 3 种前处理方法处理后的 HPLC 检测色谱图

A. 液-液分配法;B. 聚酰胺吸附法;C. 直接过滤法

Fig. 3 HPLC chromatogram of the three pretreated samples

A. Liquid-liquid distribution method;B. Polyamide absorption;C. Direct injection method

表 2 葡萄酒中 4 种合成色素标准样品的标准曲线方程

Table 2 Standard curve equations of the four pigments

| 色素种类<br>Kind of pigment | 保留时间/min<br>Retention time | 标准曲线方程<br>Standard curve equation | 相关系数 $R^2$<br>Correlation coefficient |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 柠檬黄 Tartrazine          | 2.277                      | $y=47\ 393x+9\ 293$               | 1.000                                 |
| 苋菜红 Amaranth            | 2.800                      | $y=72\ 422x+35\ 670$              | 0.999                                 |
| 胭脂红 Carmine             | 3.786                      | $y=54\ 108x-1\ 246$               | 0.999                                 |
| 日落黄 Sunset yellow       | 4.189                      | $y=51\ 789x-21\ 875$              | 0.999                                 |

表 3 变波长高效液相色谱法测定聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品的精密度试验结果

Table 3 Results of precision test of samples pretreated by polyamide absorption through a HPLC method with variable wavelength detector

| 色素种类<br>Kind of pigment | 质量浓度/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )<br>Concentration | 测定次数 Determination times |       |         |       |       | RSD/%        |                |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|---------|-------|-------|--------------|----------------|
|                         |                                                               | 1                        | 2     | 3       | 4     | 5     | 计算值<br>Value | 平均值<br>Average |
| 柠檬黄<br>Tartrazine       | 10                                                            | 9.98                     | 10.08 | 9.99    | 10.07 | 9.82  | 1.06         | 1.51           |
|                         | 20                                                            | 17.33                    | 17.48 | 17.63   | 17.47 | 17.89 | 1.22         |                |
|                         | 50                                                            | 38.76                    | 37.61 | 36.76   | 37.00 | 38.27 | 2.24         |                |
| 苋菜红<br>Amaranth         | 10                                                            | 9.87                     | 10.01 | 9.89    | 9.93  | 9.81  | 0.77         | 0.94           |
|                         | 20                                                            | 17.80                    | 17.83 | 17.84   | 18.33 | 17.89 | 1.22         |                |
|                         | 50                                                            | 48.67                    | 48.12 | 47.95   | 47.71 | 47.72 | 0.83         |                |
| 胭脂红<br>Carmine          | 10                                                            | 11.30                    | 11.04 | 11.34   | 11.41 | 11.10 | 1.43         | 0.73           |
|                         | 20                                                            | 18.91                    | 18.82 | 19.09   | 19.01 | 19.05 | 0.58         |                |
|                         | 50                                                            | 50.01                    | 49.81 | 49.84   | 49.77 | 49.84 | 0.18         |                |
| 日落黄<br>Sunset yellow    | 10                                                            | 9.80                     | 9.47  | 9.715 7 | 9.90  | 9.46  | 2.00         | 1.40           |
|                         | 20                                                            | 17.29                    | 17.55 | 17.63   | 17.56 | 17.78 | 1.01         |                |
|                         | 50                                                            | 44.44                    | 45.06 | 45.44   | 45.77 | 45.68 | 1.20         |                |

表 4 变波长高效液相色谱法测定聚酰胺吸附法处理葡萄酒样品的回收试验结果

Table 4 Results of recovery test of samples pretreated by polyamide absorption through a HPLC method with variable wavelength detector

| 色素种类<br>Kind of pigment | 本底值/(mg·L <sup>-1</sup> )<br>Background value | 加标量/(mg·L <sup>-1</sup> )<br>Adding standard | 检测质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )<br>Mass concentration found | 回收率/%<br>Recovery |
|-------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|
| 柠檬黄<br>Tartrazine       | 0                                             | 10                                           | 9.67                                                     | 96.68             |
|                         | 0                                             | 20                                           | 17.56                                                    | 87.83             |
|                         | 0                                             | 50                                           | 45.03                                                    | 90.06             |
| 苋菜红<br>Amaranth         | 0                                             | 10                                           | 9.31                                                     | 93.05             |
|                         | 0                                             | 20                                           | 17.94                                                    | 89.71             |
|                         | 0                                             | 50                                           | 48.04                                                    | 96.08             |
| 胭脂红<br>Carmine          | 0                                             | 10                                           | 11.24                                                    | 107.42            |
|                         | 0                                             | 20                                           | 18.98                                                    | 94.92             |
|                         | 0                                             | 50                                           | 49.85                                                    | 99.71             |
| 日落黄<br>Sunset yellow    | 0                                             | 10                                           | 9.67                                                     | 96.72             |
|                         | 0                                             | 20                                           | 17.63                                                    | 88.15             |
|                         | 0                                             | 50                                           | 45.28                                                    | 90.57             |

3 结 论

确定了变波长检测葡萄酒样品中柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄的检测条件,其检测波长分别为:430 nm(0~2.2 min)、230 nm(2.50~3.95 min)、480 nm(3.95~5.00 min)、480 nm(3.95~5.00 min);流动相梯度:A液 0.0~2.0 min 从 22%到 60%,2.0~2.2 min 从 60%到 92%,2.2~5.0 min 保持 92%;流速为 1 mL/min;柱温 35 ℃;进样体积 20 μL。对葡萄酒样品中人工合成色素进行检测时,采用聚酰胺吸附法进行样品前处理,在人工合成色素质量浓度为 10~100 mg/L 时线性关系良好。对葡萄酒样品进行的精密度及加标回收试验表明,供试 4 种人工合成色素检测的相对标准偏差(RSD)为 0.73%~1.51%,回收率为 87.83%~107.42%。由此可知,本研究建立的葡萄酒人工合成色素变波长检测方法简单快速,精确可靠,重复性好。

[参考文献]

[1] Curvelo-Garcia A S. Progress strategies pour le developpement du controle analytique de la qualite des vins [C]//李华. 国际葡萄与葡萄酒研讨会论文集. 西安: 陕西人民出版社, 1998:16-17.

Curvelo-Garcia A S. Progress strategies pour le developpement du controle analytique de la qualite des vins [C]//Li H. Proceedings of the International Symposium on Viticulture and Enology. Xi'an:Shaanxi People's Publishing House, 1998:16-17. (in Chinese)

[2] Christaki T, Tzia C. Quality and safety assurance in winemaking [J]. Food Control, 2002, 13: 503-517.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 15037—2006 葡萄酒 [S]. 北京: 中国标准

出版社, 2007.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. China National Standardizing Committee. GB 15037—2006 Wine [S]. Beijing: China Standard Press, 2007. (in Chinese)

[4] 马佩选, 李 燕. 从葡萄酒质量国家监督抽查结果看我国葡萄酒质量现状 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2004(4): 10-12.

Ma P X, Li Y. Analysis of Chinese wine quality situation from the results of national supervise and selective examination on wine quality [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2004(4): 10-12. (in Chinese)

[5] 张予林, 王 华, 张 昂, 等. 葡萄酒安全及其检测方法的研究进展 [C]//李华. 第六届国际葡萄酒学术研讨会论文集. 西安: 陕西人民出版社, 2009: 237-242.

Zhang Y L, Wang H, Zhang A, et al. Research progress on wine safety and its analytical methods [C]//Li H. Proceedings of the Sixth International Symposium on Viticulture and Enology. Xi'an: Shaanxi People's Publishing House, 2009: 237-242. (in Chinese)

[6] 张予林, 王 华, 张 昂, 等. 葡萄酒安全体系的建立 [J]. 食品科技, 2010, 31(1): 320-322.

Zhang Y L, Wang H, Zhang A, et al. Establishment of the safety system of wine product [J]. Food Science and Technology, 2010, 31(1): 320-322. (in Chinese)

[7] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009. 35—2003 食品中合成着色剂的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 5009. 35—2003 Determination of synthetic colorants in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2004. (in Chinese)

[8] 陈春祝, 谢维平, 曾志定. 固相萃取-高效液相色谱法测定 6 种常见食品添加剂 [J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(1): 49-51.

Chen C Z, Xie W P, Zeng Z D. SPE-determination of 6 food additive by high-performance liquid chromatography in food [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2006, 16(1): 49-51. (in Chinese)

[9] 王 勇. 饮料、糖果等食品中六种食用色素的连续示波极谱测

- 定方法 [J]. 中国卫生检疫杂志, 2001, 11(3): 333-334.
- Wang Y. Examination of six edible pigments in beverage, candy and other foods by continuous single-sweep paleography [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2001, 11(3): 333-334. (in Chinese)
- [10] 徐卫河. 苋菜红的示波极谱分析方法研究 [J]. 郑州粮食学院学报, 1997, 18(1): 76-79.
- Xu W H. Study on oscillographic polarography for determination of amaranth [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 1997, 18(1): 76-79. (in Chinese)
- [11] 李必斌. 食用合成色素检测方法的研究进展 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12(6): 739, 758.
- Li B B. Recent progress of edible synthetic pigments determination [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2002, 12(6): 739, 758. (in Chinese)
- [12] 王丽增. 二次导数伏安法同时测定食品中苋菜红、胭脂红色素含量 [J]. 山东大学学报: 自然科学版, 1994, 29(1): 75-77.
- Wang L Z. Simultaneous determination of amarant and carmine in food by second derivative voltammetry [J]. Journal of Shandong University: Natural Science Edition, 1994, 29(1): 75-77. (in Chinese)
- [13] Yoshioka N, Ichihashi K. Determination of 40 synthetic food colors in drinks and candies by high-performance liquid chromatography using a short column with photodiode array detection [J]. Talanta, 2008, 74(5): 1408-1413.
- [14] 冯江, 周建民, 黄鹏, 等. 稳定回归-分光光度法同时测定 3 组分食用色素 [J]. 中国公共卫生, 2002, 18(4): 494-495.
- Feng J, Zhou J M, Huang P, et al. Simultaneous determination of three edible pigments by stable regression-spectrophotometry method [J]. China Public Health, 2002, 18(4): 494-495. (in Chinese)
- [15] 许陆贵, 唐波, 蔡小华, 等. 多波长分光光度法测定食品中的合成色素 [J]. 现代预防医学, 2002, 29(5): 715-716.
- Xu L G, Tang B, Cai X H. Detemination of synthetic colorants in food by multi-wavelength spectrophotometry [J]. Modern Preventive Medicine, 2002, 29(5): 715-716. (in Chinese)
- [16] 晏立新. 食用合成色素的检测方法 [J]. 职业与健康, 2006, 22(20): 1662-1664.
- Yan L X. Method for edible pigment detection [J]. Occupation and Health, 2006, 22(20): 1662-1664. (in Chinese)
- [17] 文君, 缪红, 范柯. 示波极谱法测定食品中人工合成色素赤藓红 [J]. 食品研究与开发, 2001, 22(3): 63-64.
- Wen J, Mou H, Fan K. Determination of erythrosine in food by single-sweep polarography [J]. Food Research and Development, 2001, 22(3): 63-64. (in Chinese)
- [18] 李德金, 赵明哲, 栾广杰. 示波极谱法测定食品中人工合成色素的探讨 [J]. 食品研究与开发, 2004, 25(6): 107-108.
- Li D J, Zhao M Z, Luan G J. Discussion of determining artificial synthesis discussion of pigment in the food [J]. Food Research and Development, 2004, 25(6): 107-108. (in Chinese)
- [19] 钱桂平, 余建中. 微机极谱法同时测定食品中的苋菜红、日落黄、柠檬黄、胭脂红混合色素 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12(5): 569-572.
- Qian G P, Yu J Z. Microcomputer polarography in simultaneous determination of amaranth, sunset, tartrazin and carmine in food [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2002, 12(5): 569-572. (in Chinese)
- [20] Kirschbaur J, Krause C, Pfalzgraf S, et al. Development and evaluation of an HPLC-DAD method for determination of synthetic food colorants [J]. Chromatographia Supplement, 2003, 57: 115-119.
- [21] Alves S P, Brum D M, de Andrade Édira C B, et al. Determination of synthetic dyes in selected foodstuffs by high performance liquid chromatography with UV-DAD detection [J]. Food Chemistry, 2008, 107: 489-496.
- [22] 王晖, 尹江伟, 刘红河. 同时测定饮料中 6 种添加剂的高效液相色谱法 [J]. 职业与健康, 2006, 22(20): 1652-1653.
- Wang H, Yin J W, Liu H H. High performance liquid chromatography in determining additives in beverages [J]. Occupation and Health, 2006, 22(20): 1652-1653. (in Chinese)
- [23] Kirschbaum J, Krause C, Bruckner H. Liquid chromatography quantification of synthetic colorants in fish roe and caviar [J]. Eur Food Res Technol, 2006, 222: 572-579.
- [24] 潘兆平, 付复华. 高效液相色谱法检测膨化食品中日落黄、胭脂红、亮蓝 [J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 135-137.
- Pan Z P, Fu F H. Determination of tartrazin poncean 4R and brilliant blue from puffed food by using HPLC [J]. Food and Machinery, 2007, 23(3): 135-137. (in Chinese)
- [25] 欧阳燕玲, 谢继平, 陈春祝. 高效液相色谱法检测葡萄酒中 5 种人工合成色素方法的探讨 [J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15(10): 1218-1219.
- Ouyang Y L, Xie W P, Chen C Z. Determination of five synthetic colorants in wine by ultra performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2005, 15(10): 1218-1219. (in Chinese)
- [26] 赵亚华. 葡萄酒中八种添加剂的检测结果分析 [J]. 安徽预防医学杂志, 2002, 8(2): 79-81.
- Zhao Y H. Analysis of examination results of eight additives in wine [J]. Anhui Journal of Prevent Medicine, 2002, 8(2): 79-81. (in Chinese)
- [27] 葛宝坤, 高健会, 王伟, 等. 液相色谱法快速测定葡萄酒中多种防霉剂的残留量 [J]. 中国食品卫生杂志, 2005, 17(2): 160-164.
- Ge B K, Gao J H, Wang W, et al. Rapid determination of anti-fungal residues in grape wine by HPLC [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2005, 17(2): 160-164. (in Chinese)