

Recent Advances in Rapid Detection Methods of Synthetic Colorants in Foods

Yonghong Zhu, Bo Zhao, Yanlei Wu

Center for Quality Supervision & Inspection of Food, Chongqing Academy of Metrology and Quality Inspection, National Quality Supervision & Inspection Center for Processed Agricultural Products and Condiments, Chongqing Engineering Research Center for Food Safety, Chongqing
Email: zyhcq@163.com

Received: May 30th, 2014; revised: Jun. 28th, 2014; accepted: Jul. 5th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Detecting the synthetic colorants in foods was one of the most commonly seen routine works in many labs undertaking food detection. The utilization of rapid detection methods could contribute to improving detection efficiency and reducing the detection cost. Some progress has been achieved in developing the rapid methods for detection of synthetic colorants in foods now. This paper reviewed the properties and application of the rapid methods for detection of synthetic colorants in foods.

Keywords

Foods, Synthetic Colorants, Rapid Detection, Coloring Foods

食品中合成色素快速检测方法研究进展

朱永红, 赵 博, 吴彦蕾

重庆市计量质量检测研究院食品质量监督检验研究中心, 国家农副加工产品及调味品质量监督检验中心, 重庆市食品安全工程技术研究中心, 重庆
Email: zyhcq@163.com

收稿日期: 2014年5月30日; 修回日期: 2014年6月28日; 录用日期: 2014年7月5日

摘要

对食品中合成色素的检测已成为许多食品检测实验室最常开展的日常检验工作之一，而针对食品中合成色素的快速检测方法有助于提高检测效率、降低检测成本。目前，针对食品中合成色素的快速检测方法取得了一些进展，本文就这些方法的特点及应用前景进行了综述。

关键词

食品，合成色素，快速检测，有色食品

1. 引言

食品的颜色是食品感观质量的重要指标之一。在食品加工中，合成色素的使用十分普遍，同时食品中滥用合成色素的情况也很常见，主要表现为超范围或超限量使用食用合成色素，以及违法使用非食用色素。在我国卫生部发布的《食品中可能违法添加的非食用物质和易滥用的食品添加剂名单》[1] [2]中，就包括了多种可能违法添加的非食用合成色素及易滥用的食用合成色素。

开展食品中合成色素的检测，对规范食品中合成色素的使用具有重要意义，这已成为许多食品检测实验室最常开展的日常检验工作之一。目前对食品中合成色素的检测技术已较为成熟，常用的有高效液相色谱(HPLC)法和液相色谱-质谱联用(LC-MS)法，这也是目前各级食品检验机构开展食品中合成色素检测时最常采用的方法。采用 HPLC 法或 LC-MS 法除了可对合成色素进行准确定性定量分析外，还可对合成色素进行高通量分析。但 HPLC 或 LC-MS 法需要专门的仪器设备及专业检测人员操作才能获得分析结果，而且检测成本高，所需时间长，不能满足短时间内对大批量样品的检测需求及基层食品监管机构和广大消费者对样品进行低成本检测的需求。

近年来，有关食品中合成色素快速检测方法的研究取得了一些进展，出现了一些不依赖或较少依赖复杂仪器设备的检测方法，本文将重点介绍这方面的研究进展。

2. 快速检测方法所针对的合成色素及食品种类

食品中可能存在的合成色素均是快速检测方法所针对的对象，其种类较多，包括可作为食品添加剂使用的食用着色剂，以及不能作为食品添加剂使用非食用色素。我国允许使用的合成色素有柠檬酸、日落黄、胭脂红、苋菜红、诱惑红、赤藓红、新红、亮蓝、靛蓝、酸性红和喹啉黄等 11 种[3]，这也是目前食品中最常检出的合成色素种类。近年来，我国对食品中非法使用非食用色素的打击力度逐年加大，食品中使用非食用色素的现象已很少见。食品中曾经出现的非食用色素有苏丹红 I~IV、对位红、碱性橙、碱性玫瑰精(罗丹明 B)、酸性橙 II、碱性嫩黄、铅铬绿、大红粉等[1] [2] [4]-[8]。由于色素种类众多，食品中还可能出现一些新的色素种类。

开展合成色素检测的食品主要是一些有色食品，这些有色食品因天然色素的存在一般具有特有的天然色泽，有色食品中加入合成色素的目的一般是为了弥补食品中天然色素的不足或模拟天然色素的存在。需要开展合成色素检测的有色食品种类很多，常见的有红辣椒制品、果(蔬)汁饮料、各种有色调味品、有色食品添加剂等。由于食品颜色及性质的不同，加入到食品中合成色素的颜色及性质也不同，如在红色辣椒制品中一般加入红色或橙色色素，在葡萄或蓝莓制品中一般加入紫色色素，在绿颜色食品中一般加入绿色色素，在含油量大的食品中一般加入油溶性色素，而在含水量大的食品中一般加入水溶性色素等。

因此,根据有色食品的颜色及性质,可初步判断其中可能含有的合成色素种类。

3. 基于不同原理的合成色素快速检测方法

合成色素的种类众多,性质各不相同,相应的分析方法也多种多样。基于不同的分析原理,目前已发展了多种合成色素的快速检测方法。

3.1. 酶联免疫吸附(ELISA)法

ELISA法是一种经典的生物分析技术,在食品安全检测中已得到广泛应用[9]。将ELISA法用于合成色素的检测,也有较多的报道,主要集中在对苏丹红和对位红等非食用色素的检测方面,有的还制成了检测试剂盒或检测卡[10]-[17]。Xiao等[18]还介绍了一种基于单克隆抗体的免疫传感器检测辣椒制品中苏丹红I的方法。

ELISA法具有较高的灵敏度,但一般一次只能检测1种或2~3种色素,难以同时检测多种色素。此外,ELISA法还存在假阳性或假阴性结果,以及抗体试剂稳定性不理想等问题。

3.2. 纸上扩散法

袁晨等[19]报道了纸上扩散法快速检测辣椒油中苏丹红的方法,该方法仅仅用一小块打印纸、一支钢笔和少量酒精,操作十分简便,但只适用于辣椒油样品,且其最低检测浓度较高,达800 mg/L。

3.3. 比色法

黄承志等[20]发明了一种比色法快速检测食品中苏丹红的方法,通过在硝酸银、氢氧化钠和氨水混合溶液中加入经前处理的检测样品和曲通X-100溶液,观察样品溶液的颜色变化来判断是否含有苏丹红,并通过与标样对照来进行半定量检测,前处理只需用DMF进行搅拌萃取和过滤分离。武丽萍等[21]在上述显色反应的基础上,建立了基于银纳米粒子的等粒子共振光散射法可视化检测苏丹红的方法,该方法利用了苏丹红与硝酸银反应生成的银纳米粒子的光散射特性,借助激光笔或LED灯照射反应溶液,肉眼观察散射光强度,实现半定量可视化测定。上述方法具有较高的灵敏度,但其抗干扰能力及实际检测效果需进一步验证。

此外,还有采用氧化剂(高锰酸钾溶液)和还原剂(盐酸羟胺、抗坏血酸或草酸溶液)对提取样品中天然色素进行褪色处理,从而使脂溶性偶氮染料显色的方法[22],该方法操作简便,检测成本低,但未见其应用效果评价的报道。

3.4. 红外光谱

张玮玮等[23]报道了采用红外光谱法快速识别食用天然辣椒红色素中掺杂苏丹红的方法,杜一平等[23]报道了采用近红外光谱鉴别辣椒粉中掺杂苏丹红的方法。采用红外光谱法可实现对目标化合物的快速识别,但需要专门的仪器及专业技术人员进行操作。此外,由于食品基质复杂,基质成分的变化将导致光谱图发生较大的改变,从而限制了其在不同类型食品中的应用。张玮玮等[24]报道采用红外光谱法检测天然辣椒红色素中苏丹红的检测限量可达1%,相当于10,000mg/kg,难以满足对非食用色素检测的低限量要求。

3.5. 分光光度法

林壮森等[25][26]介绍了采用分光光度法检测饮料中柠檬黄和日落黄的方法,通过测定饮料在426 nm和482 nm波长处的吸光度,与柠檬黄和日落黄标准溶液比较,计算样品中柠檬黄和日落黄的含量。

该方法操作简便,但作者只对2种果味饮料进行了分析,未考虑其它类型样品中天然色素和其它合成色素的存在对检测结果的影响。

葛宝坤等[27]将纸色谱法和吸收光谱法联用快速定性食品中禁用色素的方法,即先对样品进行纸色谱分析,再对各色素组分的斑点洗脱后用分光光度计进行光谱扫描,确定待测色素各组分的最大吸收波长值和峰形,从而实现对待检色素更准确的定性。该方法不失为一种较为可靠的色素定性检测方法。

卓婧等[28]基于人工合成色素在可见光区的光吸收及偏小二乘变量筛选法,研制出合成色素速测仪器,并应用于饮料、糖果、果冻、调色酒等食品中合成色素的快速检测,获得较好的结果。速测仪具有便携、功耗低、操作简便、检测时间短并可同时对多种人工合成色素进行实时现场快速检测等优点。可实现对食品中柠檬黄、日落黄、胭脂红、苋菜红和亮蓝等常见合成色素的快速检测。不过,使用速测仪检测前需采用聚酰胺吸附法对样品进行提取净化,增加了操作步骤。

Soylak等[29]采用柱浓缩结合分光光度法实现了对水中微量诱惑红的检测,作者采用一种凝胶吸附树脂(MCI GEL CHP20P树脂)作为固相萃取(SPE)材料,对样进行预浓缩处理,对洗脱液进行分光光度测定,从而实现对样品中低含量色素的检测,检测限达到2.35 μg/L。

3.6. 溶剂提取法

杜洪葑[30]报道了一种采用简单的溶剂提取法快速检测辣椒粉中掺假色素的方法,涉及的掺假色素有酸性色素(苋菜红、胭脂红、柠檬黄、玫瑰红、橙红、大红)、碱性色素(番红 T、碱性品红、亚甲蓝、玫瑰精 B)和直接色素(桃红、草黄、直接大红)。检测方法是在酸性条件下用正丁醇提取酸性色素,并用碱性溶液反提取。在碱性条件下,用乙醚提取碱性色素,并用酸性溶液反提取。而直接色素在酸性或碱性水溶液中,用正丁醇、乙醚均提不出,可以直接染色脱脂棉来判断。作者采用该方法对31个样品进行检测,所检出的25个阳性样品,经薄层法证实均为阳性。该方法利用合成色素在不同pH条件下溶解性的变化,通过简单的溶剂提取,达到了快速检测的目的,具有较大的推广应用价值。

3.7. 基于天然色素变色特性的筛查方法

有色食品中的天然色素具有与合成色素不同的性质,可利用天然色素与合成色素性质的差异来筛查有色食品中是否含有合成色素。潘维莹等[31]根据红葡萄酒中花青素的化学性质以及合成色素的特点,对快速定性检验红葡萄酒中合成色素的方法进行了研究。实验制备了碳酸钠、氢氧化钠、醋酸铅试纸,并用于红葡萄酒中合成色素的检测,取得了满意的结果。该方法简便、快速、成本低,是一种检测红葡萄酒中添加合成色素的较好方法。

3.8. 薄层色谱法

薄层色谱(TLC)法是一种传统的检测食品中合成色素的方法。曾汉和等[32]曾对TLC法分析合成色素的展开系统进行了较为深入的研究。TLC法也是国家标准方法《食品中合成着色剂的测定》[33]中规定的标准检测方法之一,但随着HPLC仪的普及,目前已很少有实验室采用TLC法进行合成色素检测。不过,由于TLC法不依赖专门的仪器设备,对合成色素的检测通过肉眼即可观察结果,仍然是一种对食品中合成色素进行定性检测的理想方法。TLC法还可借助斑点的形状、颜色、Rf系数及其耐光性对待检色素进行定性,从而提高定性检测的准确性[34]。最近有学者[35]通过对TLC展开剂、层析板、点样量和点样方法等方面进行优化,研发出试剂盒,实现了对苏丹红I、II、III、IV的同时可视化测定。

3.9. 电化学检测法

电化学分析方法因具有简便、快速、灵敏、低成本特点,在食品安全检测方面有较多应用[36][37],

其中极谱法作为一种发展较早、较成熟的电化学分析技术,在食品中合成色素的检测方面已有较多应用[36][38]-[40],该方法也是食品中合成着色剂的标准检测方法之一[33]。极谱法具有操作简便、快速的特点,但需要专门的极谱仪,实际检测工作中应用较少。近年来,新型化学修饰电极的出现,进一步拓展了电化学分析技术在食品安全检测中的应用。有学者采用多壁碳纳米管薄膜修饰电极,实现了对饮料中胭脂红和诱惑红的快速检测[36],Medeiros等[41]采用掺硼金刚石电极结合流动注射分析实现了对饮料和明胶样品中4种合成色素(柠檬黄、日落黄、亮蓝和SY)的同时检测。

3.10. 柱层析法

柱层析是一种传统的色素分离方法,基于色素性质的不同,选用不同的层析填料,可实现对食品中合成色素的快速检测。聂晶等[42]报道了一种适合现场快速检测的微柱法,该微柱内径3 mm,柱长13 cm,填料高度9 cm,由聚酰胺粉、硅胶G等按一定比例混合而成。该方法可定性检出胭脂红、柠檬黄、苋菜红、赤藓红4种色素。不过该方法需事先用聚酰胺粉吸附待检色素,再将吸附色素的聚酰胺粉装入微柱中,用展开剂展开,操作较为繁琐,此外,该方法的最低检出浓度为20 mg/kg,不太理想。

González等[43]利用合成色素能将天然材料如羊毛(wool)和棉花(cotton)染色,而天然色素不能将羊毛和棉花染色的特性,将羊毛或棉花(约80 mg)装填于聚四氟乙烯(PTFE)材质的毛细管柱(内径3 mm)中,制备合成色素吸附柱,将该吸附柱与流动注射系统和分光光度检测系统组合,构建了一套自动合成色素快速筛查系统。当待分析样品流经羊毛(或棉花)柱时,只有合成色素被吸附保留,然后用含氨水溶液洗脱,即可实现对合成色素的检测。该方法对黄色色素柠檬黄、红色色素赤藓红B和棕色色素亮黑BN的检测限分别为11 ng/mL、11 ng/mL和11 ng/mL,作者将该方法用于饮料和糖果的检测,取得了较好的效果。不过,该方法需要配备仪器分析系统,其推广应用受到一定限制。

我室建立了一种基于凝胶渗透色谱(GPC)法快速筛查辣椒制品中苏丹红类非食用色素的方法[44][45]。该方法将普通GPC柱微型化,采用普通玻璃滴管制备GPC柱,利用合成色素与样品中天然色素在分子量上的差异,通过肉眼观察待分析样品在GPC柱中的色带变化,实现了对样品中合成色素的快速筛查,该方法操作简便,微型GPC柱可重复使用,筛查成本低,结果可靠,检测限可达1~2 mg/kg。不过该方法仅适合于对食品中油溶性色素的筛查。

3.11. 其它方法

潘华等[46]发明了一种饮料中合成色素快速检测方法,将样品处理液与色素检测卡的吸附薄片吸附反应,在吸附薄片上滴加合成色素显色剂,对折检测卡,让吸附薄片与显色薄片相互接触重叠,打开色素检测卡观察显色薄片的颜色,根据颜色变化,判断样品中是否含有合成色素。该方法利用了水溶性合成色素在酸性条件下被脱脂羊毛吸附,在碱性条件下解析,而天然色素则不解析这一特性。该方法十分简便,适合于现场检测和基层人员使用。

龙朝阳等[47]介绍了一种试剂盒法快速检测食品中4种合成色素的方法,实现了对饮料、冰淇淋、畜禽制品中的柠檬黄、日落黄、胭脂红和苋菜红4种合成色素快速检测。方法中采用的试剂盒也是根据水溶性酸性合成色素在酸性条件下被脱脂羊毛吸附,在碱性条件下被解吸的特性制备而成。研究发现试剂盒法与仪器法测定结果符合率高,检测速度远快于仪器法,适用于现场监管时对不合格食品的初筛。

国内学者Zhou等[48]报道了一种基于被分析物对油酸功能化Mn-ZnS量子点(QDs)的荧光淬灭效应,测定辣椒酱、香肠、蛋及蕃茄酱样品中苏丹红的方法,该方法对苏丹红I、II、III、IV的检测限分别达到24.6 ng/mL、32.7 ng/mL、2.1 ng/mL and 3.2 ng/mL,但该方法需使用专门仪器荧光分光光度仪对样品的荧光强度进行测定,将在较大程度上限制其推广应用。

4. 展望

虽然目前出现了很多快速检测方法,但大多数方法的实际应用效果有待进一步证实,实际应用时,只能作为一种初筛方法。不过,快速方法对于大规模样品中可疑样品的筛查仍具有重要意义,可在很大程度上提高检测效率,降低检测成本。由于食品种类和合成色素的性质多种多样,目前难以找到一种理想的能对多种色素“一网打尽”的方法。在实际工作中,可根据食品种类、待检色素的不同,结合实验室条件及每种方法的优缺点,合理选择不同的筛查方法。

与其它食品安全快速检测技术一样,快速、低成本、高灵敏度、高准确性、微型化及智能化等将是食品中合成色素的快速检测技术的发展方向。随着各种分析仪器在基层实验室的快速普及,一些基于现代分析仪器的快速检测方法,如基于 HPLC 和 LC-MS 的高通量合成色素快速检测方法由于具有自动化程度高、灵敏、准确及高通量等特点,将具有较广阔的应用前景。对于一些低成本、简单成熟的快速方法,如能组织相关技术机构开展方法的评价、使用推荐工作,将有助于快速方法的推广应用。

基金项目

国家质检总局科技计划项目(批准号:2012QK374)和重庆市科技攻关(应用技术研发类)计划项目(批准号:cstc2012gg-yyjs80028)。

参考文献 (References)

- [1] 全国打击违法添加非食用物质和滥用食品添加剂专项整治领导小组 (2008) 食品中可能违法添加的非食用物质和易滥用的食品添加剂品种名单(第一批).
- [2] 全国打击违法添加非食用物质和滥用食品添加剂专项整治领导小组 (2010) 食品中可能违法添加的非食用物质和易滥用的食品添加剂品种名单(第四批).
- [3] 中华人民共和国卫生部 (2011) GB 2760-2011 食品添加剂使用标准. 中国标准出版社, 北京.
- [4] 郑月明, 国伟, 聂雪梅, 等 (2012) 食品中违禁添加的非食用色素检测技术综述. *中国农学通报*, **9**, 222-228.
- [5] 王建伟, 梁焯琼 (2009) 食品中对位红等禁用染料检测方法的研究及最新进展. *食品安全导刊*, **7**, 40-41.
- [6] 卢土英, 邹明强 (2009) 食品中常见的非食用色素的危害与检测. *中国仪器仪表*, **8**, 45-50.
- [7] 肖义夫 (2008) 食品中非食用色素及其检测方法研究进展. *现代预防医学*, **16**, 3159-3160,3164.
- [8] 朱永红, 张庆合, 李根容, 等 (2011) 辣椒制品中大红粉的筛查及检测. *中国调味品*, **6**, 100-104.
- [9] 张占军, 王富花 (2011) 酶联免疫吸附技术及其在食品安全检测中的应用. *食品研究与开发*, **1**, 157-160.
- [10] 邓安平, 韩丹 (2007) 测定食品中苏丹红 1 号含量的酶联免疫吸附分析方法. 中国专利: 200710049361.5.
- [11] 邓安平, 王玉珍, 杨红 (2008) 测定食品中苏丹红 1 号的单克隆抗体酶联免疫吸附分析方法. 中国专利: 200810046008.6.
- [12] 沈建忠, 何访洋, 冯才伟, 等 (2006) 检测苏丹红药物的酶联免疫试剂盒及方法. 中国专利: 100610011872.3.
- [13] 张明洲, 胡华军, 刘军, 等 (2008) 苏丹红 I、IV 二联检测卡及其检测方法. 中国专利: 200810061998.0.
- [14] 唐勇, 琚春梅, 魏钟杰, 向军俭 (2008) 苏丹红 I、III 和对位红竞争 ELISA 检测方法的初步建立. *食品科学*, **8**, 523-525.
- [15] 何方洋, 万宇平, 李静, 罗晓琴 (2011) 苏丹红 I 和对位红残留检测 ELISA 试剂盒的研制. *畜牧兽医杂志*, **3**, 4-7.
- [16] 任立松, 党荣理, 柳增善, 杨林, 郭红 (2010) 苏丹红 I 胶体金检测试纸条的研制. *中国食品卫生杂志*, **1**, 36-39.
- [17] Wang, J., Wang, Z., Liu, J., Li, H., Li, Q.X., Li, J. and Xu, T. (2013) Nanocolloidal gold-based immuno-dip strip assay for rapid detection of Sudan red I in food samples. *Food Chemistry*, **136**, 1478-1483.
- [18] Xiao, F., Zhang, N., Gu, H., Qian, M., Bai, J., Zhang, W. and Jin, L. (2011) A monoclonal antibody-based immunosensor for detection of Sudan I using electrochemical impedance spectroscopy. *Talanta*, **84**, 204-211.
- [19] 袁晨, 康师源, 段爱红, 谌学先, 杨东群, 袁黎明 (2008) 用纸上扩散法快速检测辣椒油中的苏丹红. *化学教育*, **5**, 71-72.
- [20] 黄承志, 武丽萍 (2006) 一种食品中苏丹红的检测方法. 中国专利: 200610095290.8.

- [21] 武丽萍 (2007) 光散射技术在食品安全检测及生化药物分析中的应用. 西南大学, 重庆.
- [22] 朱炳辉, 龙朝阳, 高燕红, 等 (2007) 食品或饲料中脂溶性偶氮染料的检测方法及其试剂盒. 中国专利: 200710027591.1.
- [23] 杜一平, 向春兰, 黄子夏, 方娟娟, 孟绮, 卫雪梅 (2013) 辣椒粉掺杂苏丹红的近红外光谱鉴别及其含量测定方法研究. *计算机与应用化学*, **1**, 36-38.
- [24] 张玮玮, 刘玲玲, 武彦文, 欧阳杰, 孙素琴 (2012) 食用天然辣椒红色素中掺杂苏丹红的红外光谱快速识别. *光谱学与光谱分析*, **4**, 958-961.
- [25] 林壮森, 蔡泽凤, 陈楚珊, 张美珍 (2011) 分光光度法快速检测饮料中柠檬黄的研究. *广西轻工业*, **2**, 8-9.
- [26] 林壮森, 张美珍, 江英志, 蔡泽凤, 陈楚珊 (2011) 分光光度法快速检测饮料中日落黄的研究. *广州化工*, **7**, 109-110.
- [27] 葛宝坤, 秦洪建 (2000) 纸色谱、吸收光谱联用快速定性食品中我国禁用色素. *中国卫生检验杂志*, **1**, 107-109.
- [28] 卓婧, 王静, 陈小霞, 汤新华, 邱彬, 朱尔一, 陈曦 (2011) 食品中合成色素快速检测仪器的研制. *分析化学*, **2**, 283-287.
- [29] Soylak, M., Unsal, Y.E. and Tuzen, M. (2011) Spectrophotometric determination of trace levels of allura red in water samples after separation and preconcentration. *Food and Chemical Toxicology*, **49**, 1183-1187.
- [30] 杜洪葑 (1992) 辣椒粉中掺假色素的快速检验. *预防医学情报杂志*, **3**, 184-186.
- [31] 潘维莹, 李晓萍, 杜建中 (2012) 快速检验红葡萄酒添加合成色素方法的研究. *湛江师范学院学报*, **6**, 94-97.
- [32] 曾汉和, 范崇阳 (1984) 测定食品中合成色素的纸层析和薄层层析法. *食品与发酵工业*, **2**, 35-42.
- [33] 中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会 (2003) GB/T 5009.35-2003 食品中合成着色剂的测定. 中国标准出版社, 北京.
- [34] Kucharska, M. and Grabka, J. (2010) A review of chromatographic methods for determination of synthetic food dyes. *Talanta*, **80**, 1045-1051.
- [35] 常平平, 万宇平, 陶光灿, 等 (2013) 苏丹红 I ~ IV 现场快速检测试剂盒的研制. *黑龙江畜牧兽医*, **3**, 69-70.
- [36] 张宇 (2011) 碳纳米管修饰电极测定合成色素的应用研究. 华中科技大学, 武汉.
- [37] 刘成伦, 李小庆, 王晶, 王刚 (2009) 偶氮类非食用色素的快速测定方法研究进展. *食品科学*, **5**, 273-276.
- [38] 张耀亭, 侯志强, 韩津生, 等 (1998) 食品中人工合成色素新红的极谱快速检验法. *中国卫生检验杂志*, **5**, 301-303.
- [39] 丁建文, 黄朝君, 冯世秀 (1993) 食用合成色素的示波极谱法测定. *卫生研究*, **1**, 43-45.
- [40] 李德金, 赵明哲, 栾广杰 (2004) 示波极谱法测定食品中人工合成色素的探讨. *食品研究与开发*, **6**, 107-108.
- [41] Medeiros, R.A., Lourencao, B.C., Rocha-Filho, R.C. and Fatibello-Filho, O. (2012) Flow injection simultaneous determination of synthetic colorants in food using multiple pulse amperometric detection with a boron-doped diamond electrode. *Talanta*, **99**, 883-889.
- [42] 聂晶, 齐兴娟, 周宁 (2001) 合成色素快速检测方法的研究及应用. *中华预防医学杂志*, **3**, 192-193.
- [43] González, M., Gallego, M. and Valcárce, M. (2002) Automatic screening method for the rapid and simple discrimination between synthetic and natural colorants in foods. *Analytica Chimica Acta*, **464**, 237-247.
- [44] 朱永红, 李根容, 孔树全, 屠大伟, 朱丽利, 江梅 (2009) 采用微型 GPC 柱快速筛查辣椒制品中非食用色素. *中国调味品*, **12**, 33-37.
- [45] 朱永红, 李根容 (2007) 辣椒制品中苏丹染料的快速筛查试剂盒及方法. 中国专利: ZL 200710078590.X.
- [46] 潘华, 谢俊平 (2008) 一种食品合成色素快速检测方法及其食品合成色素检测盒. 中国专利: CN101644681.
- [47] 龙朝阳, 蔡雪毅, 梁春穗, 黄伟雄, 黄湘东 (2009) 试剂盒法快速检测食品中的 4 种合成色素. *中国卫生检验杂志*, **5**, 1042-1043.
- [48] Zhou, M., Chen, X.F., Xu, Y.Y., Qu, J.C., Jiao, L.X., Zhang, H.G., Chen, H.L. and Chen, X.G. (2013) Sensitive determination of Sudan dyes in foodstuffs by Mn-ZnS quantum dots. *Dyes and Pigments*, **99**, 120-126.