

# 奶油中人工色素检测方法概述

谭正林<sup>1\*</sup>, 金国梁<sup>1</sup>, 吴梦婷<sup>2</sup>, 刘军<sup>2\*</sup>

(1. 湖北经济学院烹饪与营养学系, 武汉 430205; 2. 武汉工程大学智能机器人湖北省重点实验室, 武汉 430205)

**摘要:** 随着奶油在饼干、糕点、冷饮、果冻等食品中的普遍使用, 对奶油中人工色素的检测已经成为一个亟需解决的问题。本文简单介绍了奶油的分类、可食用人工色素的分类及我国目前的使用标准, 阐述了其对人们造成的危害, 并对人工色素常规检测方法和快速检测方法进行了介绍。人工色素常规分析方法主要有高效液相色谱法、薄层层析法、极谱法、分光光度法和毛细管电泳法, 快速检测法有免疫学检测法、超高效液相色谱法、合成色素快速检测仪法、快速检测试剂盒、拉曼光谱和近红外光谱分析技术等。同时对今后奶油中人工色素的快速检测技术进行了展望。

**关键词:** 奶油; 人工色素; 快速检测方法

## Overview on detection methods of artificial pigments in cream

TAN Zheng-Lin<sup>1\*</sup>, JIN Guo-Liang<sup>1</sup>, WU Meng-Ting<sup>2</sup>, LIU Jun<sup>2\*</sup>

(1. Department of Cuisine and Nutrition Education, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China;  
2. Hubei Key Laboratory of Intelligent Robot, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

**ABSTRACT:** As the wide use of cream in cookies, cakes, cold drinks, jelly and other food, the detection of artificial pigments in cream has become an urgent problem. This paper simply introduced the classification of cream and edible artificial pigments and the using standard in China, expounded the harm of synthetic pigments to people, and then introduced the conventional detection methods and rapid detection methods of artificial pigments. Conventional analysis methods for artificial pigments mainly included high performance liquid chromatography (HPLC), thin layer chromatography (TLC), polarographic method, spectrophotometry and capillary electrophoresis method, and rapid detection methods mainly included enzyme linked immunosorbent assay (ELISA), ultra high performance liquid chromatography method (UPLC), synthetic pigment fast detector method, rapid detection reagent kit technique, Raman spectrometry and near infrared spectral analysis technology. Finally the rapid detection techniques of artificial pigments in cream in future were prospected.

**KEY WORDS:** cream; artificial pigments; rapid detection methods

基金项目: 湖北省食品药品监督管理局项目(201610+13.); 湖北省智能机器人重点实验室开放基金(HBIR 201608)

**Fund:** Supported by Hubei Food and Drug Administration Project (201610+13.); and the Foundation of Hubei Provincial Key Laboratory of Intelligent Robot (HBIR 201608)

\*通讯作者: 谭正林, 副教授, 主要研究方向为食品安全快速检测。E-mail: tanzhenglin@hbue.edu.cn

刘军, 副教授, 主要研究方向为食品安全快速检测。E-mail: liujun@wit.edu.cn

\*Corresponding author: TAN Zheng-Lin, Associate Professor, Department of Cuisine and Nutrition Education, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China. E-mail: tanzhenglin@hbue.edu.cn

LIU Jun, Associate Professor, School of Computer Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China. E-mail: liujun@wit.edu.cn

## 1 引言

奶油是从牛奶、羊奶中提取的黄色或白色脂肪性半固体食品。奶油按原料来源可分为动物奶油和植物奶油。动物奶油是从牛奶中的脂肪分离而得到, 而植物奶油却是利用植物油加水、奶粉等加工而成。奶油按加工工艺过程又可分为天然奶油和人造奶油。天然奶油是把牛奶中的油脂提炼出来, 油脂含量占到 80%左右, 其他成分是由水或者牛奶里面其他物质组成, 尝起来口感比较香甜, 但是产量有限, 价格偏高。为解决这个问题, 研究人员把植物油经过加氢处理, 然后把它变成固体形态, 模仿“天然奶油”的形状和味道, 加入一些色素、防腐剂等, 最终使其口感和“天然奶油”十分相似, 于是就将其命名为“人造奶油”。

色素按来源分为天然色素和人工合成色素 2 种。目前大量研究表明几乎所有的合成色素都不能向人体提供所需的营养物质, 甚至某些合成色素摄入量超过一定的标准还会危害人体健康<sup>[1]</sup>。天然色素主要是从动物、植物组织和经过培养的微生物中提取的可以食用的色素, 而且大部分的天然色素具有生理活性<sup>[2]</sup>。但是天然色素性质不稳定, 容易受温度和 pH 值的影响, 成本高、产量低, 所以没有受到厂商们的青睐。

人工色素<sup>[3]</sup>主要指用人工合成的方法从煤焦油中制取或以萘、苯、甲苯等芳香烃化合物为原料, 经过磺化、硝化、卤素化、偶氮化等一系列有机反应制成的有机色素, 其性质稳定, 成本低廉, 色泽鲜艳, 着色力强, 因此被广泛使用。奶油中人工色素主要来自于人工添加, 打奶油时将色素与奶油混合至搅拌均匀即可。由于人工色素的成本低廉、着色能力强、颜色较鲜艳, 所以很多厂商就将其代替天然色素去给奶油类食品甚至其他食品染色, 以此来换取高额的利润。因此, 为了消费者的安全, 对人工色素的检验和质控也是目前亟需解决的问题。

## 2 我国列入卫生使用标准的 8 种人工色素

我国列入卫生使用标准的人工色素有 8 种: 胭脂红、苋菜红、赤藓红、新红、柠檬黄、日落黄、靛蓝和亮蓝。国家规定了奶油中人工色素的最大使用量<sup>[4]</sup>, 具体如下: 靛蓝 0.1 g/kg, 赤藓红 0.05 g/kg, 亮蓝 0.025 g/kg, 柠檬黄 0.05 g/kg, 日落黄 0.05 g/kg, 苋菜红 0.05 g/kg, 新红 0.05 g/kg, 胭脂红 0.15 g/kg。

## 3 人工色素的危害

食用天然色素原料来源于自然界, 安全性较高, 一般来说可以放心使用, 而人工合成色素不含营养物质, 安全性较低, 有些对人体健康甚至有害, 如导致生育力下降、胎儿畸形, 长期食用还容易致癌的风险<sup>[5,6]</sup>。

### 3.1 对儿童的危害

儿童处于生长发育期, 器官功能发育尚不健全, 对化学物质敏感, 若长期过量食用含人工合成色素的食品, 对神经系统的功能会产生影响, 使神经系统功能难以起到发挥和支配作用<sup>[7]</sup>。

英国南安普敦大学曾开展了关于食用人工色素对儿童发育影响的研究, 结果表明, 包括落日黄和酒石黄在内的 7 种人工食用色素可能会使儿童智商下降 5 分<sup>[8]</sup>, 这些色素大多用于果冻、碳酸饮料和泡泡糖等食品的着色。由于代谢器官发育不健全, 导致小孩子肝脏解毒功能、肾脏排泄功能不够健全, 儿童在食用人工色素后致使体内解毒物质被大量消耗, 干扰体内正常代谢功能, 从而导致胃肠道方面的疾病、过敏症状和营养不良, 对儿童的生长发育是非常不利的, 目前这项工作仍在进行中。

### 3.2 人工色素的致癌性

美、英等国科学研究发现, 许多其他合成色素对人体都有伤害, 有些可能转换成致癌物质, 包括可能导致生育力下降、畸形等<sup>[9]</sup>。另外, 一些合成色素在合成过程中可能混入砷、铅等重金属, 长期食用这些色素可能导致重金属的积累导致婴儿智力受损、慢性中毒等状况。过去用于人造奶油着色的奶油黄就会导致人和动物患上肝癌, 合成色素橙黄则可引起肝脏细胞受损引发肝癌<sup>[5]</sup>。

## 4 人工色素的常规检测方法

目前人工色素的检测方法有薄层色谱法、高效液相色谱法、极谱法、分光光度法、毛细管电泳法等。薄层色谱法操作繁琐, 并且定量准确度较差; 液相色谱法是目前应用最为普遍的分析方法; 色谱-质谱联用法虽然在分辨率和灵敏度方面优势挺大, 但其仪器费用昂贵, 推广应用受到一定限制; 极谱法受干扰因素的影响较多, 定性较为困难; 分光光度法需要结合一些化学计量学方法, 数据处理十分复杂; 毛细管电泳法则重现性较差<sup>[5]</sup>。

### 4.1 高效液相色谱法

高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 是目前一种常规分析检测方法, 是根据保留时间定性以及峰面积定量的方法<sup>[10]</sup>。利用高效液相色谱法进行食用色素检测时, 样品的前处理工作较为繁琐, 通常分为以下 3 种处理方式: (1) 肉制品: 将样品粉碎混合均匀, 经石油醚除去肉制品中的脂肪, 再采用乙醇-氨水-水溶液反复提取人工色素, 水浴除去乙醇和氨水, 试样溶液采用聚酰胺吸附后, 将提取液浓缩后调 pH 值定容, 经 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后待测<sup>[11]</sup>; (2) 糕点类食品: 利用乙醇胺溶液作为提取剂, 超声提取试样溶液, 经甲醇溶液洗涤, 聚酰胺柱吸附后, 收集溶液, 调节 pH 值, 经 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜

过滤后待测<sup>[12]</sup>；(3)液态食品：含乳饮料将蛋白质离心沉淀驱除，碳酸饮料经加热超声驱除二氧化碳，酒类食品加热除去乙醇。采用柠檬溶液调 pH 到 6 左右，经 0.45 μm 滤膜过滤后待测<sup>[13]</sup>。

由于食品中色素种类繁多及其多重组分增加了检测分析的难度，而高效液相色谱法刚好改善了这个问题，高效液相色谱法对使用合成色素最小检测量可以达到 ng。郭戎等<sup>[13]</sup>以甲醇-乙腈(50:50, V:V)为流动相对西红柿红素进行测定，该法测定西红柿红素操作简单，准确性高，适应性强。刘艳琴等<sup>[12]</sup>采用高效液相色谱对糕点中胭脂红、苋菜红、诱惑红等 8 种色素进行分析。该法的检出限为 1.0 mg/L，加标回收率为 86.9%~105.7%，操作简单。陈艳等<sup>[14]</sup>以乙腈和乙酸铵为流动相梯度洗脱，提高了样品检出灵敏度。沈坚等<sup>[15]</sup>用 XDB-C<sub>18</sub> 色谱柱为流动相梯度洗脱，对 3 种动物性食品(腊肠、蟹肉棒和熟制虾)中合成色素进行测定，所得加标回收率在 86.3%~98.8%之间。奚星林等<sup>[16]</sup>采用高效液相色谱法同时测定食品中 12 种合成色素(诱惑红、丽春红 2R、荧光桃红、孟加拉国玫瑰红、柠檬黄、日落黄、坚牢绿、专利蓝、亮黑、金黄粉)，12 种合成色素的线性关系良好，相关系数为 0.9993~0.9999，回收率为 89.1%~100.4%，RSD 为 1.6%~8.2%，检出限为 0.58~3.0 mg/kg。该方法简便、快捷、灵敏度高、准确性强、重现性好，适用于食品中 12 种合成色素的定量分析。Chen 等<sup>[17]</sup>用液质联用检测了白酒和饮料中的 7 种人工色素，色素范围在 1.51~5.0 μg/L 之间，结果表明液质联用可以对白酒和饮料中的 7 种人工色素进行高效分离检测。Zhang 等<sup>[18]</sup>也用反向高效液相色谱同时检测了 7 种白酒中的人工色素。Olgun 等<sup>[19]</sup>用在线高效液相色谱技术对粉末饮料样品进行了检测，用柱后衍生技术对赤鲜红、日落黄、胭脂红和靛蓝进行了分离，并比较了几种检测方法的检测效果。

#### 4.2 薄层色谱法

薄层色谱法的原理是采用水溶液酸性合成色素在酸性条件下被聚酰胺吸附、在碱性条件下被解吸将合成色素从食品中提取，再通过薄层色素法进行分离后，用分光光度计进行吸光度检测，再与标准比较进行定性定量<sup>[20]</sup>。夏立娅等<sup>[21]</sup>利用薄层色谱法和薄层色谱扫描技术同时对辣椒粉、豆制品中的食用色素和非食用色素进行了分离测定，结果表明，该方法可以有效地对豆制品和辣椒面中的柠檬黄等色素进行同时分析。Zahra 等<sup>[22]</sup>用薄层色谱法对糖果中的合成色素进行了分离，发现 85.7%的糖果中都含有人工合成色素，认为该方法是定性分析糖果中人工合成色素的一种好方法。

#### 4.3 极谱法

极谱法的原理是以滴汞电极电解合成色素分析样品液产生敏感的极谱波，由于各种色素的还原电位不同，根

据还原电位峰高与其浓度成线性关系进行定量分析<sup>[23]</sup>。该法适用于成分较为简单的样品，对于成分较为复杂的样品则抗干扰性差，影响食用色素在滴汞电极上产生还原波而无法进行测定。张以春<sup>[24]</sup>采用极谱法测定胶囊中的食用色素，该法具有样品前处理简单、重复性好等特点。李翰楠等<sup>[25]</sup>建立了示差脉冲极谱法测定柠檬黄，检出限为 0.27 μg/mL，加标回收率为 87.5%~109.6%，适合测定饮料中的色素。李金德等<sup>[26]</sup>用示波极谱法测定了 23 份人工合成色素，该法简便快速，灵敏度、准确度和重现性都很好。

#### 4.4 分光光度法

分光光度法是利用物质对光的吸收具有选择性来进行定性和定量分析的测定方法<sup>[27]</sup>。对食品中单色素的检测利用分光亮度法分析比较容易，但对混合色素分析存在吸收峰叠加现象，如果不经过分离直接检测则干扰严重<sup>[20]</sup>。刘冷等<sup>[28]</sup>采用紫外分光光度法同时对饮料中日落黄、柠檬黄 2 种食用合成色素进行测定。结果表明，饮料中日落黄、柠檬黄含量分别为 0.0033 mg/mL 和 0.0067 mg/mL，该方法精密度较好。杜建中<sup>[29]</sup>采用单波长法对饮料中亮蓝和胭脂红进行测定，单波长法和双波长法相结合检测饮料中日落黄和柠檬黄等，结果显示这 2 种方法对样品检测快速、准确。

#### 4.5 毛细管电泳法

毛细管电泳法的原理是以弹性石英毛细管为分离通道，以高压直流电场为驱动力，依据样品中各组分之间淌度和分配行为上的差异而实现样品分离的电泳分离分析方法。该法是一种高效、快速的分离技术，适用于复杂体系多组分的同时测定。赵新颖等<sup>[30]</sup>建立了毛细管电泳法测定糖果中 5 种人工色素的分析方法，结果表明回收率在 98.5%~102.6%之间，该法简单快速、灵敏度高、重现性好。龙巍然等<sup>[31]</sup>建立了毛细管区带电泳法测定饮料中酸性红 92、胭脂红、靛蓝等 10 种人工合成色素。该法用于测定市售饮料样品得到较好结果，回收率为 95.8%~108.7%，简便准确，能满足食用色素的常规检测要求。

### 5 人工色素的快速检测方法

以上这些检测人工色素的方法都需要专业人员在专业实验室里完成，并且检测时间长，耗资大，不能满足日常食品现场快速检测的需求<sup>[32]</sup>。虽然我国对食用色素有比较严格的规定，但是对部分色素的最大使用限量、色素的使用范围和种类还是不够规范和明确，因此人工色素大量被用于食品生产中。但随之而来的食品合成色素滥用问题也尤为突出，如何快速准确地检测出食品中的各种色素已成为食品检测部门面临的一个重要任务。近几年检测食品中人工合成色素的一般采用色谱-质谱联用技术，由于人工合成色素种类繁多，这种方法不太适合在日常检测中使

用。因此, 需要尽快研发出便于现场快速定性分析的食品合成色素的检测方法。

目前人工色素的快速检测方法主要有免疫学检测法、超高效液相色谱法、合成色素快速检测仪、合成色素快速检测试剂盒技术、拉曼光谱技术和近红外光谱分析技术等。

### 5.1 免疫学检测法

免疫学检测法是化学合成法, 其检测原理是通过合成的生物使其与载体蛋白偶联, 形成完全抗原, 采用杂交瘤技术制作单克隆抗体来进行检测<sup>[33]</sup>。目前, 市场上已经有很多苏丹红免疫检测试剂盒, 非常适合用于大批样品的筛选, 也可用于食品中苏丹红的检测。但不足之处在于检测结果的准确性不高, 检测结果往往还需要液相色谱法重新进行定量分析验证。

### 5.2 超高效液相色谱法

超高效液相色谱法和高效液相色谱法基本相同, 主要改变有以下几点: (1)小颗粒、高性能微粒固定相的出现; (2)超高压输液泵的使用; (3)高速采样速度的灵敏检测器; (4)使用低扩散、低交叉污染自动进样器, 配备了针内进样探头和压力辅助进样技术; (5)仪器整体系统优化设计: 色谱工作站配备了多种软件平台, 实现超高效液相分析方法与高效液相分析方法自动转换。而超高效液相色谱技术与传统的液相色谱技术相比, 大幅度改善了分析速度、分离度、样品通量和灵敏度, 该技术目前已在食品安全、环境分析、药物开发等领域得到应用。张婉等<sup>[3]</sup>将样品采用聚酰胺吸附法提取色素, 以 0.02 mol/L 甲醇-乙酸铵缓冲液为流动相进行梯度洗脱, 于 254 nm 和 629 nm 波长处检测柠檬黄、苋菜红、胭脂红、日落黄、亮蓝 5 种色素, 该法的检出限为 0.03~0.10 mg/L, 平均回收率为 97.4%~107.3%, RSD 为 0.22%~3.20%。该方法灵敏度高、快速、简便、分离效果好, 适用于饮料中人工合成色素的测定。鄢兵等<sup>[34]</sup>使用超高效液相色谱法快速同时测定膨化食品中 7 种人工合成色素, 线性范围为柠檬黄 1~200  $\mu\text{g/mL}$ , 新红 1~200  $\mu\text{g/mL}$ , 苋菜红 1~200  $\mu\text{g/mL}$ , 胭脂红 2~200  $\mu\text{g/mL}$ , 日落黄 1~200  $\mu\text{g/mL}$ , 诱惑红 2~200  $\mu\text{g/mL}$ , 亮蓝 2~200  $\mu\text{g/mL}$ , 线性关系良好, 相关系数为 0.9996~0.9999, 平均回收率为 87%~105%, 相对标准偏差 0.5%~3.1%, 检出限分别为 0.10~0.30 mg/kg。该方法前处理简单、快速、准确, 适用于食品中 7 种人工合成色素的定量分析。林芳等<sup>[35]</sup>用超高效液相色谱检测了贮藏水果中的 9 种人工合成色素, 这 9 种人工合成色素在 18 min 内都能得到分离, 相关系数达到 0.9999, 平均回收率在 80.1%~98.6%之间, 相对标准差在 1.8%~5.2%之间, 检测限为 1~2 ng。

### 5.3 合成色素快速检测仪

合成色素快速检测仪的检测原理为分光光度法, 操作简单, 能迅速检测出食品中含有的合成色素<sup>[33]</sup>。据研究

显示, 该检测法回收率在 92%~105%, 其相对标准偏差仅为 1%, 合成色素快速检测仪对靛蓝、亮蓝的最低检出浓度为 0.5 mg/kg, 对日落黄、柠檬黄、胭脂红、苋菜红的最低检出浓度均为 1.0 mg/kg, 因此完全符合食品安全的要求。另外, 合成色素快速检测仪检测操作简单、快速, 特别适用于现场快速检测。

### 5.4 快速检测试剂盒技术

快速检测试剂盒技术检测原理为通过不同种类的色素在不同 pH 值环境、不同极性溶剂中与纤维着色-脱色能力的差异对色素进行分离检测<sup>[33]</sup>。根据这一原理可在短时间内检测出食品中含有的合成色素。一个样品的检测时间只需 5~10 min, 并且与国际法检测结果相比准确率高, 误差小。因此, 该检测法适用于对食品中合成色素的现场快速检测。

### 5.5 拉曼光谱技术

拉曼光谱是研究分子振动的一种光谱方法, 拉曼光谱提供的是分子内部各种简正振动频率及有关振动能级的信息, 与红外光谱产生的机制不同, 拉曼光谱是由于分子极化率变化诱导产生的, 而红外光谱是由于分子偶极矩变化产生的<sup>[36-38]</sup>。二者在分子结构的分析中相互补充。样品的极性基团如 C=O、N-H 及 O-H 等具有很强的红外光谱活性, 而非极性基团如 C=C、C-C、N-N 及 S-S 等具有很强的拉曼光谱活性<sup>[37]</sup>, 拉曼光谱和近红外光谱配合使用可以更加全面地研究分子的振动状态, 提供更多的分子结构方面的信息<sup>[39]</sup>。水分子具有强烈的红外吸收和弱的拉曼活性, 因此 IR 光谱适用于分析干燥的非水样品, 而拉曼光谱更适用于含水生物系统的在线分析。陈启振等<sup>[2]</sup>基于表面增强拉曼光谱(surface enhanced Raman spectroscopy, SERS)原理和便携式拉曼光谱仪提出了一种非定向的现场快速筛查方法。该方法只需对疑似含有人工合成色素的固体或液体状食品样品进行简单前处理, 即可进行 SERS 检测。样品前处理和检测的总时长不超过 15 min, 检出质量浓度在 1 mg/L 水平, 可有效满足政府职能部门的现场执法需求。除具有快速、方便、灵敏度高等特点之外, 该检测方法的巨大优势在于实现了未知样品的现场非定向测试, 在同一种前处理过程和检测方法下可对食品中常添加的亮蓝、胭脂红、日落黄、柠檬黄、苋菜红和诱惑红 6 种人工合成色素进行快速鉴定和半定量分析。

### 5.6 近红外光谱分析技术

现代近红外光谱技术是 20 世纪 90 年代以来发展最快、最引人注目的光谱分析技术, 是光谱测量技术与化学计量学学科的有机组合, 被誉为分析的巨人<sup>[40]</sup>。近红外光谱其基本原理以量子力学为基础, 来源于不同分子振动对不同频率光的吸收。近红外光谱分析技术<sup>[41]</sup>就是利用化学物质在近红外光谱区内的光学特性快速测定样品中一种或

多种化学成分含量及特性的物理测定技术。近红外光是介于可见光与中红外光之间的电波,近红外光谱主要通过透射光谱技术或反射光谱技术获得<sup>[42]</sup>。近红外光谱可以记录C-H、O-H、N-H和S-H等基团中红外基中红外基频振动的倍频和合频信息,几乎所有有机物的一些主要结构和组成都可以在近红外光谱中找到信号,谱图稳定,可获取特定的吸收特征,这些吸收特征为近红外光谱定性定量分析提供证据。近红外分析技术操作方便<sup>[43]</sup>,可实现无损检测;测试速度快,可实现多组分同时测定;能够进行定性和定量分析。但是近红外光谱分析技术在应用过程中仍然存在对样品数量、样品代表性要求高同时要有较好的化学分析知识和实验室条件的缺点。

现代近红外光谱技术不仅应用于传统的农副产品的分析,而且也已经扩展到石油化工和基本有机化工、高分子化工、制药与临床医学、环境科学、生物化工、纺织工业和食品工业等领域。在农业领域, Karl 等首先用近红外光谱区测定谷物中的水分、蛋白质<sup>[44]</sup>。不同类型的农产品其所含物质成分不同,而近红外光谱技术能够对不同官能团的物质进行定量检测,理论上就可以通过预测不同类型的农产品其所含组分的含量不同从而对农产品进行分类鉴别,同时还可用于作物及饲料中的油脂、氨基酸、灰分、糖分等含量的测定以及谷物中污染物的测定<sup>[45]</sup>。近红外光谱还被用于烟草的分类、棉花纤维、饲料中蛋白及纤维素的测定,并用于监测可耕土壤中的物理和化学变化<sup>[46]</sup>。在食品分析中,近红外光谱用于分析鱼、肉、蛋、奶及奶制品等食品中脂肪酸、蛋白质、氨基酸等的含量,以评定其品质<sup>[47]</sup>;近红外光谱还用于水果及蔬菜如苹果、梨中糖的分析<sup>[37]</sup>;在啤酒生产中,近红外光谱被用于在线监测发酵过程中的酒精及糖分含量<sup>[48]</sup>。Errington 等<sup>[49]</sup>用近红外技术对一种埃及蓝色素进行了高通量快速检测。尽管近红外光谱技术在我国起步较晚,但其在农副产品领域的研究领域已经取得了重大的进展,随着现代化科学技术的发展和仪器的更新,相信我国在这方面的研究会有更进一步的突破。

## 6 结 语

为了增加食欲和口感,市场上形形色色的蛋糕中很多都添加了奶油,而奶油中的成分似乎没有人去关注,人们更在乎的是口味,很少有人去关心奶油的成分,虽说地沟油事件引起了国人的恐慌及关注,但是少有人去关注蛋糕市场,而有的奶油中添加有人工色素,许多人工合成色素的毒性不仅体现在其本身或其代谢产物上,还体现在其加工生产过程中,例如铅、砷等中间产物的混入引起食品安全问题。因此,对奶油中人工色素的快速检测非常重要。如果将这些方法推广,食品检测等部门快速检测奶油中人工色素的成分从而推测出其危害,在根本上抑制人工色素

引起的食品安全问题。

今后的研究方向主要是用近红外光谱技术快速检测奶油中的人工色素。与其他检测方法相比,近红外光谱技术作为一种分析速度快、分析效率高、分析成本低、测试重现性好、样品测量一般无需预处理、便于实现在线分析和典型的无损分析技术,将在快速鉴别事物的真伪和人工色素检测方面有新的突破,以实现中国监管部门全覆盖实时快速监管的要求。

## 参考文献

- [1] 赵飞. 食用合成色素及其检测技术的研究进展[J]. 食品安全导刊, 2012, 1: 32-33.  
Zhao F. Studies on edible synthetic pigment and its detection technology [J]. Food Saf Guide, 2012, 1: 32-33.
- [2] 陈启振, 曾勇明, 林惠真, 等. 表面增强拉曼光谱在食品人工合成色素的现场快速筛查中的应用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2016, 55(5): 754-759.  
Chen QZ, Zeng YM, Lin HZ, et al. Developing on-site, quick screening platform for artificial pigments in food using surface-enhanced Raman spectroscopy [J]. J Xiamen Univ (Nat Sci), 2016, 55(5): 754-759.
- [3] 张婉, 王覃, 杜宁, 等. 超高效液相色谱法同时测定饮料中5种人工合成色素[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 177-180.  
Zhang W, Wang T, Du N, et al. Determination of five synthetic pigments in beverage by ultra performance liquid chromatography [J]. Food Sci, 2011, 32(4): 177-180.
- [4] 国家食品安全风险评估中心. GB2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》实施指南[Z].  
National Food Safety Risk Assessment Center. The implementation of guidelines GB2760-2014《National Standard for Food Safety-Standards for the use of food additives》[Z].
- [5] 张晓文, 钟鑫, 易文珂. 食用色素的应用及其危害[J]. 化工管理, 2014, 27: 31.  
Zhang XW, Zhong X, Yi WK. Application of food coloring and its harm [J]. Chem Ind Manag, 2014, 27: 31.
- [6] Gautam N. Food colorants and their toxicology: an overview [J]. Sunsari Tech Coll J, 2016, 2(1): 69-75.
- [7] 徐亚新, 肖海波. 食品添加人工色素的危害性分析[J]. 中外医学研究, 2009, 7(6): 124.  
Xu YX, Xiao HB. Food additives artificial dyes harm analysis [J]. Chin Foreign Med Res, 2009, 7(6): 124.
- [8] 张倩. 过量摄入人工色素影响儿童发育[J]. 家庭科技, 2013, 7: 31.  
Zhang Q. Excessive intake of artificial coloring affects children's development [J]. Home Sci Technol, 2013, 7: 31.
- [9] Martins N, Roriz C L, Morales P, et al. Food colorants: challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices [J]. Trends Food Sci Technol, 2016, 52: 1-15.
- [10] GB/T 5009.35-2003 食品中合成着色剂的测定[S].  
GB/T 5009.35-2003 Determination of synthetic colorants in foods [S].
- [11] 陈磊. 卤制品中人工合成着色剂检测方法的探讨[J]. 淮北职业技术学院学报, 2010, (03): 141-142.  
Chen L. Discussion on the method of determination of synthetic coloring

- in halogen products [J]. *J Profess Tech Coll*, 2010, (03): 141–142.
- [12] 刘艳琴, 王浩, 杨红梅, 等. 固相萃取-HPLC 法同时测定糕点中 8 种人工合成色素[J]. *食品研究与开发*, 2010, (02): 139–142.
- Liu YQ, Wang H, Yang HM, *et al.* Determination of 8 synthetic colours in cake by solid-phase extraction couple with high performance liquid chromatography [J]. *Food Res Dev*, 2010, (2): 139–142.
- [13] 郭戎, 包贝华, 邵霞, 等. HPLC 法测定番茄红素提取物中番茄红素的含量[J]. *江苏科技信息*, 2010, 27(12): 31–32.
- Guo R, Bao BH, Shao X, *et al.* Determination of the content of lycopene in the extract of lycopene by HPLC [J]. *Jiangsu Sci Technol Inf*, 2010, 27(12): 31–32.
- [14] 陈艳, 刘思洁, 李皓. 高效液相色谱法测定果冻中的合成色素[J]. *食品科学*, 2007, 09: 487–490.
- Chen Y, Liu SH. Determination of synthetic colour in jelly by high performance liquid chromatography [J]. *Food Sci*, 2007, 09: 487–490.
- [15] 沈坚, 傅晓, 潘旭, 等. 高效液相色谱法测定动物性食品中合成色素[J]. *理化检验(化学分册)*, 2011, 47(2): 139–143.
- Shen J, Fu X, Pan X, *et al.* HPLC determination of synthetic colorants in meat food [J]. *Phys Chem Anal Part B: Chem Anal*, 2011, 47(2): 139–143.
- [16] 奚星林, 邵仕萍, 徐娟, 等. 固相萃取-高效液相色谱法同时测定食品中 12 种合成色素[J]. *中国食品卫生杂志*, 2012, 24(3): 217–222.
- Xi XL, Shao SP, Xu J, *et al.* Simultaneous determination of 12 synthetic colorants in foods with solid-phase extracted high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Food Hyg*, 2012, 24(3): 217–222.
- [17] Chen X, Zhao Y, Shen H, *et al.* Fast determination of seven synthetic pigments from wine and soft drinks using magnetic dispersive solid-phase extraction followed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2014, 1346: 123–128.
- [18] Zhang Y, Zhou H, Wang Y, *et al.* Simultaneous determination of seven synthetic colorants in wine by dispersive micro-solid-phase extraction coupled with reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. *J Chromatogr Sci*, 2014, 53(2): 210–218.
- [19] Olgun FO, Ozturk BD, Apak R. Determination of synthetic food colorants in powder beverage samples by on-line hplc–cupric reducing antioxidant capacity (CUPRAC) assay with post-column detection [J]. *Chromatographia*, 2016, 79(3–4): 199–208.
- [20] 邱会东. 食用合成色素分析方法的研究进展[J]. *食品与机械*, 2006, 22(2): 102–104.
- Qiu HD. Recent progress of food compound colorants determination [J]. *Food Mach*, 2006, 22(2): 102–104.
- [21] 夏立娅, 韩媛媛, 匡林鹤, 等. 薄层色谱扫描法同时检测豆制品中碱性橙、皂黄、柠檬黄和日落黄以及辣椒粉中酸性橙 II、丽春红 2R 和罗丹明 B[J]. *分析试验室*, 2010, 29(6): 15–18.
- Xia LY, Han YY, Kuang LH, *et al.* Simultaneous determination of basic orange, soap yellow, lime yellow and sunset yellow in soybean meal by thin layer chromatography scanning and simultaneous determination of acid orange II, ponceau 2R and rhodamine B [J]. *Anal Lab*, 2010, 29(6): 15–18.
- [22] Zahra N, Alim-Un-Nisa I K, Fatima S, *et al.* Identification of synthetic food dyes in various candies [J]. *Pak J Biochem Mol Biol*, 2016, 49(1): 9–17.
- [23] 王惠琴, 郑大威, 林大凤, 等. 食用色素在食品中的应用及检测方法研究进展[J]. *食品工程*, 2009, 34(4): 3–5.
- Wang HQ, Zheng DW, Lin TF, *et al.* Research advances of application and detection methods of edible pigments in foods [J]. *Food Eng*, 2009, 34(4): 3–5.
- [24] 张以春. 单扫描极谱法测定保健品及药品胶囊中的食用色素[J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(9): 1081–1082.
- Zhng YC. Single-sweep polarographic determination of edible pigments in health care products and pharmaceutical capsules [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2005, 15(9): 1081–1082.
- [25] 李翱楠, 赫春香. 示差脉冲极谱法测定柠檬黄[J]. *广州化工*, 2011, 39(21): 112–114.
- Li AN, He CX. Determination of lemon yellow with differential pulse polarographic [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2011, 39(21): 112–114.
- [26] 李金德, 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 JD, Zhao MZ, Luan GJ. Discussion of determining artificial synthesis discussion of pigment in the food [J]. *Food Res Dev*, 2004, 25(6): 107–108.
- [27] 周宏霞, 韩喜东, 于军强, 等. 食用色素及其检测方法的研究进展[J]. *检验检疫学刊*, 2009, 19(4): 74–76.
- Zhou HX, Han XD, Yu JQ, *et al.* Simultaneous determination of lemon yellow and sunset yellow by UV spectrophotometry [J]. *Inspect Quarant Sci*, 2009, 19(4): 74–76.
- [28] 刘冷, 李建晴, 郭芬, 等. 紫外分光光度法同时测定柠檬黄和日落黄[J]. *光谱实验室*, 2007, 24(3): 423–427.
- Liu L, Li JQ, Guo F, *et al.* Ultraviolet spectrophotometry for simultaneous measurements of tartrazine and sunset yellow [J]. *Chin J Spectrosc Lab*, 2007, 24(3): 423–427.
- [29] 杜建中, 李青梅, 卢冬梅, 等. 分光光度法测定食品色素含量的研究[J]. *食品工业科技*, 2011, 33(1): 300–303.
- Du JZ, Li QM, Lu DM, *et al.* Research on determination of pigment content in food by spectrophotometry [J]. *Food Sci Technol*, 2011, 33(1): 300–303.
- [30] 赵新颖, 贾丽, 周晓晶, 等. 毛细管电泳法同时测定糖果中 5 种人工合成色素的含量[J]. *现代仪器*, 2008, (4): 58–60.
- Zhao XY, Jia L, Zhou XJ, *et al.* Determination of synthetic colorant food additives in sweet by capillary zone electrophoresis [J]. *Mod Instrum*, 2008, (4): 58–60.
- [31] 龙巍然, 岑怡红, 王兴益, 等. 毛细管区带电泳法同时测定饮料中 16 种食品添加剂[J]. *色谱*, 2012, (07): 747–751.
- Long WR, Cen YH, Wang XY, *et al.* Determination of sixteen food additives in beverage by capillary zone electrophoresis [J]. *Chin J Chromatogr*, 2012, (07): 747–751.
- [32] 卓婧, 王静, 陈小霞, 等. 食品中合成色素快速检测仪器的研制[J]. *分析化学*, 2011, 39(2): 283–287.
- Zhuo J, Wang J, Chen XX, *et al.* Apparatus and approach for rapid determination of synthetic edible pigment in food [J]. *Chin J Anal Chem*, 2011, 39(2): 283–287.
- [33] 陈素萍. 食品中合成色素快速检测法研究及其应用[J]. *计量与测试技术*, 2015, 42(3): 4–5.
- Chen SP. Research and application of rapid detection of synthetic coloring matter in food [J]. *Meas Test Technol*, 2015, 42(3): 4–8.
- [34] 鄢兵, 胡俊, 张云伟, 等. 超高效液相色谱法快速测定膨化食品中 7 种人工合成色素[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, (2): 194–197.

- Yan B, Hu J, Zhang YW, *et al.* Rapid determination of seven synthetic pigments in puffed foods by ultra performance liquid chromatography [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2014, (2): 194–197.
- [35] 林芳, 李涛, 王一欣, 等. 固相萃取-超高效液相色谱法同时测定蜜饯中9种合成色素[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(2): 567–574
- Lin F, Li T, Wang YX, *et al.* Simultaneous determination of 9 kinds of synthetic pigments in preserved fruit by solid phase extraction-ultra high performance liquid chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(2): 567–574.
- [36] 伍林, 欧阳兆辉, 曹淑超. 拉曼光谱技术的应用及研究进展[J]. *光谱学报*, 2005, 17(2): 180–186.
- Wu L, Ouyang ZH, Cao SC, *et al.* Research development and application of raman scattering technology [J]. *Chin J Light Scatter*, 2005, 17(2): 180–186.
- [37] Meurens M, Li WJ, Foulon M, *et al.* *Cerevisia* [J]. *Health Care Manag Rev*, 1995, 20(3): 33.
- [38] 刘燕德, 刘涛, 孙旭东, 等. 拉曼光谱技术在食品质量安全检测中的应用[J]. *光谱学与光谱分析*, 2010, (11): 3007–3012.
- Liu YD, Liu T, Sun XD, *et al.* Application of raman spectroscopy in food quality and safety detection [J]. *Spectrosc Spect Anal*, 2010, (11): 3007–3012.
- [39] 邓芹英, 刘岚, 邓慧敏. 波谱分析教程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- Deng QY, Liu L, Deng HM. *Spectrum analysis tutorial* [M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [40] McClure WF, Cox WR, Lu J. Chemometrics sunny-side up [J]. *Anal Chem*, 1994, (10): 584A–585A.
- [41] 李延莉, 庄静, 王伟荣, 等. 近红外光谱分析技术在油菜品质育种中的应用[J]. *上海农业学报*, 2006, (3): 32–34.
- Li YL, Zhuang J, Wang WR, *et al.* Application of NIRS analytical method to rape quality breeding [J]. *Acta Agric Shanghai*, 2006, (3): 32–34.
- [42] 穆同娜, 吴燕涛, 孙婷. 近红外光谱分析技术在食品质量安全检测分析中的应用[J]. *现代仪器*, 2010, 16(2): 20–23.
- Mu TN, Wu YT, Sun T. Application of near-infrared spectroscopy analytical technique in safety analysis on food quality and safety testing analysis [J]. *Mod Instrum*, 2010, 16(2): 20–23.
- [43] 徐广通, 袁洪福, 陆婉珍. 现代近红外光谱技术及应用进展[J]. *光谱学与光谱分析*, 2000, (2): 134–142.
- Xu GF, Yuan HF, Lu WZ. Modern near-infrared spectroscopy and its applications [J]. *Spectrosc Spect Anal*, 2000, (2): 134–142.
- [44] 陈丽菊, 刘巍. 近红外光谱分析技术及其发展前景[J]. *现代物理知识*, 2006, (02): 10–11.
- Chen LJ, Liu W. Near infrared spectroscopy and development prospects [J]. *Mod Manufact Technol Equip*, 2006, (2): 10–11.
- [45] 谭正林, 吴谋成, 傅廷栋. 近红外光谱技术在农产品品质检测中的应用[J]. *中国油料作物学报*, 2012, (04): 455–460.
- Tan ZL, Wu MC, Fu TD. Application review of near infrared spectroscopy technology on quality analyzing of agricultural products [J]. *Chin J Oil Crop Sci*, 2012, (4): 455–460.
- [46] Davies AMC, Williams P. Near infrared spectroscopy: the future waves 7th proc int conf near infrared spectroscopy [C]. *Davies Williams Phil*, 1996: 441–447.
- [47] Puchades JJPM, Phil DAMC. Near infrared spectroscopy: the future waves, 7th proc int conf near infrared spectroscopy [J]. *Davies Williams Phil*, 1996: 559–564.
- [48] Zahn T. Near infrared transmittance spectroscopy, a powerful tool for fast process and product control in breweries and malthouses [J]. *Symposium Instrum Meas*, 1993: 23–31.
- [49] Errington B, Lawson G, Lewis SW, *et al.* Micronised egyptian blue pigment: a novel near-infrared luminescent fingerprint dusting powder [J]. *Dyes Pigm*, 2016, 132: 310–315.

(责任编辑: 姚 菲)

## 作者简介



谭正林, 副教授, 主要研究方向为食品安全快速检测。

E-mail: tanzhenglin@hbue.edu.cn



刘 军, 副教授, 主要研究方向为食品安全快速检测。

E-mail: liujun@wit.edu.cn