

## 综述

## 食品中违禁色素检测方法的研究进展

李娜<sup>1</sup>, 李晓丽<sup>1,2</sup>, 苗虹<sup>1</sup>

(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所化学污染与健康安全重点实验室, 北京 100021;

2. 西南大学动物科技学院, 重庆 400715)

**摘要:** 食品中违禁色素检测是食品安全监测的重要项目。本文从样品提取、净化、检测方法及其测定的发展趋势等方面综述了食品中的违禁色素残留的检测方法。

**关键词:** 非法添加物; 色素; 食品

中图分类号: TX264.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2012)02-0185-05

### Progress on detection methods for banned dyes in food

Li Na, Li Xiaoli, Miao Hong

(Key Laboratory of Chemical Safety and Health, National Institute for Nutrition and Food Safety, China CDC, Beijing 100021, China)

**Abstract:** Monitoring banned dyes in food is one of important items in food safety surveillance. Analytical methods for banned dye residues in food, including sample extraction, sample clean-up and instrumental detection, were reviewed.

**Key words:** Illegal additives; dyes; food

近年来,违禁色素的使用,在国内外引发了多起食品安全事故,如2003年烟台发生的“桃红”染色五香花生米,浙江苍南县的“工业橙”染色“乡巴佬”等卤制品,杭州的“碱性品绿”染色“毒海带”,2005年肯德基新奥尔良鸡翅调料现“苏丹红I”,浙江出现“酸性金黄”染色的“毒豆干”,2006年河北出现含“苏丹红IV”的“红心咸鸭蛋”,2011年重庆发现含“罗丹明B”的火锅底料等。由于工业染料价格便宜、着色强、稳定性强,许多不法商贩为追逐利益,向食品中添加工业染料用于食品着色。大部分工业染料具有较高毒性、食用后会对人体产生较大危害。为保障消费者健康,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陆续发布了五批《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》,其中包括苏丹红、罗丹明B、酸性橙II、碱性嫩黄O等非食用工业染料。因此快速、灵敏、准确的检测方法是加强食品中违禁色素滥用监督的必不可少的重要工具。

本文综述在食品中违禁添加的工业染料,如苏丹红I~IV、苏丹红G、苏丹橙G、苏丹黄、苏丹红

B、苏丹红7B、对位红、碱性嫩黄O、酸性金黄、甲苯胺红、酸性橙II、间胺黄、碱性橙G、罗丹明B(碱性玫瑰精)等违禁色素多残留的分析检测技术及研究进展。

#### 1 样品前处理

食品中违禁色素测定的样品前处理通常包括均质、提取、净化、浓缩等步骤,以达到去除干扰基质、浓缩目标分析物、减少对仪器的污染等目的。取样时,通常取可食部分,并注意具有代表性。提取液的净化一般采用固相萃取、基质固相分散萃取、凝胶渗透色谱、薄层色谱、分子印记等技术。

##### 1.1 样品的提取

对于食品中添加的脂溶性的违禁色素用有机溶剂对其进行提取效果较好。常用的有机溶剂有乙腈、丙酮、正己烷、石油醚等。对于水溶性的违禁色素,常用稀酸溶液提取。另外,还有一些辅助技术也应用于样品提取,如超声波辅助提取等。

##### 1.1.1 有机溶剂提取

对于食品中脂溶性色素的提取,文献报道中多采用乙腈进行提取。Vanessa等<sup>[1]</sup>采用乙腈提取辣椒酱、辣椒粉和含咖喱制品中的苏丹红I~IV,得到了较好的提取效果,含水样品的回收率为51.0%~86.0%,粉状样品的回收率为89.0%~100.0%。吴敏等<sup>[2]</sup>采用100 ml乙腈提取辣椒酱和酱油中的

收稿日期:2011-09-28

基金项目:北京市自然科学基金(7082065)

作者简介:李娜 女 硕士生 研究方向为营养与食品卫生

E-mail:lixili678@163.com

通信作者:苗虹 女 研究员 E-mail: miaohong0827@163.com

苏丹红 I、苏丹红 II、苏丹红 III、苏丹红 IV、苏丹橙 G、苏丹红 7B、苏丹红 G 和对位红等 8 种色素,平均回收率在 87.0% ~ 103.0% 之间。赵珊等<sup>[3]</sup>采用 50 ml 乙腈提取果汁和葡萄酒中的 27 种工业染料,在果汁中的回收率为 57.9% ~ 117.7%,在葡萄酒中的回收率为 40.8% ~ 109.4%。采用乙腈作为提取溶剂可能会将辣椒粉等样品中存在的与苏丹红色素结构相类似的天然红色化合物同时提取,所以国家标准 GB/T 19681—2005《食品中苏丹红染料的检测方法-高效液相色谱法》<sup>[4]</sup>中采用正己烷提取,经过一定的净化,即可有效地消除样品前处理过程中可能引入的与苏丹红结构相近的天然化合物。但是当所检测的化合物种类较多,极性相差较大时,乙腈仍然是首选的提取液。但是乙腈毒性较大,且这些方法中乙腈用量都较大,在保证提取效果的基础上,乙腈的使用量有待优化。

另外,对于罗丹明 B、碱性嫩黄 O、酸性金黄等水溶性色素可采用无机酸或复合溶剂提取。王传现等<sup>[5]</sup>采用 1 mol/L 的磷酸水溶液提取饮料和果酱等含水样品中的罗丹明 B,对含水较少的辣椒制品、腊肉和鱼干制品,采用乙腈磷酸水溶液提取后以正己烷液液萃取去除脂溶性色素,样品测定的回收率为 52.6% ~ 82.5%。项婧<sup>[6]</sup>将液体样品加热脱气后用水提取其中的碱性嫩黄 O、酸性橙 II、罗丹明 B 等 9 种水溶性色素,而对含油脂的固体样品则用石油醚去除脂肪,用乙醇 + 氨 + 水(7 + 2 + 1, V/V/V) 提取目标物,回收率为 84.2% ~ 119.3%。刘华良等<sup>[7]</sup>采用甲醇 + 乙酸铵溶液(1 + 1, V/V) 提取鲍鱼汁中的酸性橙 II,使用甲醇乙酸铵提取液饱和正己烷来萃取脂肪,5 和 50 mg/kg 两个水平加标的平均回收率分别为 87.1% 和 101.1%。

### 1.1.2 辅助提取技术

超声波辅助萃取,能够加速目标成分进入溶剂,促进提取的进行,使萃取速度提高 2 ~ 10 倍<sup>[8]</sup>。超声波辅助萃取技术应用广泛,在很多违禁色素的提取过程中得到应用<sup>[9]</sup>。微波辅助萃取,具有快速、高效、省溶剂、环境友好等特点,也可用于食品中违禁色素的提取<sup>[10]</sup>。庞艳玲<sup>[11]</sup>综述了采用上述辅助提取技术提取食品中的苏丹红的方法,均得到了良好的提取效果。

## 1.2 净化方法

食品样品中违禁色素的净化方法主要有液液分配、固相萃取、基质固相分散、凝胶渗透色谱、薄层色谱、分子印记技术等。其中较常用的有液液分配和固相萃取,但对于较复杂的动物性食品,液液分配难以完全去除脂肪、蛋白质等大分子,从而导

致在仪器测定过程中产生较大的干扰,而固相萃取技术可以较有效地实现样品的净化,是目前应用较广泛的样品净化技术。

### 1.2.1 液液分配

液液分配方法简单,但耗费溶剂,而且净化不彻底,脂肪及蛋白质等大分子也被萃取到提取液中,在后续测定中干扰较大。但由于操作简单快速,液液分配是食品中违禁色素测定时常用的净化方法。韩劲松等<sup>[12]</sup>测定辣椒制品中的苏丹红 I ~ IV、苏丹橙 G、苏丹红 7B 共 6 种违禁色素,采用乙酸 + 盐酸 + 水(10 + 2 + 1, V/V/V) 进行样品提取后以乙醚 + 石油醚(1 + 1, V/V) 进行萃取净化,平均回收率为 81.5% ~ 97.9%。

### 1.2.2 固相萃取技术

固相萃取是基于液相色谱理论的一种经典的净化手段。根据目标物化学性质的差异,选择合适的固相萃取柱至关重要。黄百芬等<sup>[13]</sup>在测定虾米中的罗丹明 B 时,研究比较了 5 种固相萃取小柱,包括 HLB 柱、C<sub>18</sub> 柱、中性氧化铝柱、酸性氧化铝柱和碱性氧化铝柱,其中 HLB 柱净化效果最佳,样品测定的回收率达到 97.6%。

采用固相萃取技术进行净化,其关键在于洗脱液的选择。氧化铝柱具有较强的吸附能力,非常适用于亲脂性成分的吸附,适用于脂溶性色素的吸附,但如果洗脱液选择不当,则样品测定回收率低,测定结果不准确。温忆敏等<sup>[14]</sup>采用中性氧化铝柱对辣椒粉、调味粉、调味酱等样品净化,发现以甲醇 + 20% 丙酮的正己烷(1 + 9, V/V) 为洗脱液,对苏丹红、苏丹橙 G、苏丹红 7B 及对位红的回收率达到 62.0% ~ 97.5%。采用复合溶剂洗脱效率高,提高了分析准确度。

### 1.2.3 基质固相分散萃取

基质固相分散萃取技术在食品中违禁色素检测领域特别是在苏丹红系列违禁色素的检测中应用较多。基质固相分散萃取技术浓缩了传统的样品前处理中的样品均化、提取、净化等过程,减少了上述操作过程中待测物的损失。刘宏程等<sup>[15]</sup>以中性氧化铝为分散相进行基质固相分散快速萃取净化松花蛋中苏丹红 I ~ IV,样品加标回收率在 85.5% ~ 97.5% 之间。Hou 等<sup>[16]</sup>亦采用中性氧化铝为基质分散相净化蛋黄中的苏丹红和对位红,简化了提取样品前处理步骤,不仅操作简单,更减少了各过程的损失,取得了较好的净化效果,加标回收率为 63.2% ~ 98.6%。

### 1.2.4 凝胶渗透色谱

凝胶渗透色谱(gel permeation chromatography,

GPC)又称为分子排阻色谱,是根据目标物分子大小进行色谱分离的。GPC能较有效地去除蛋白质、脂肪等有机大分子物质,由于动物性食品基质和含食用油食品中脂肪含量较高,多采用GPC净化。

宋欢等<sup>[17]</sup>建立了采用凝胶渗透色谱-高效液相色谱同时检测辣椒及其制品中对位红和苏丹红I~苏丹红IV的方法,样品经GPC净化,能够除去辣椒本身的色素,净化效果更好、自动化程度更高,加标回收率为90.0%~102.0%。行业标准SN/T 2430—2010《进出口食品中罗丹明B的检测方法》<sup>[18]</sup>中也采用GPC对辣椒粉、辣椒油等样品进行净化。

### 1.2.5 薄层色谱

薄层色谱又称薄层层析,属于固-液吸附色谱,是一种微量、快速且简单的色谱法。展开剂多为2~3种有机溶剂的混合溶剂。王鲜俊等<sup>[19]</sup>建立了测定辣椒面中苏丹红的薄层色谱法,采用聚酰胺铺板,展开剂为甲醇+丙酮+醋酸(60+20+20, V/V/V)。洪祥奇和张杨<sup>[20]</sup>利用薄层色谱法测定辣椒酱、番茄沙司、香肠、辣椒粉、辣椒油、火锅底料等食品中的苏丹红I~III,展开剂为正丁醇+无水乙醇+氨水(20+1+1, V/V/V)。薄层色谱快速简便,但取样量少,不便于定量,限制了该方法的普遍使用。

### 1.2.6 高分子印记固相萃取技术

高分子印记固相萃取柱填充的高分子印记材料对目标物能实现高度、特异的吸附,其操作步骤简单、快速,有机溶剂消耗少,能够重复使用2~3次,因此已成为高分子印记技术中最具应用前景的研究方向之一。

Long等<sup>[21]</sup>建立了高分子印记固相萃取-高效液相色谱检测辣椒粉中的苏丹红I~IV、苏丹红G和对位红6种脂溶性违禁色素的方法,6种色素的平均回收率为92.3%。Wang等<sup>[22]</sup>合成的硅胶聚合物对苏丹红I有极强的选择能力,已成功应用于辣椒中的苏丹红I的前处理中。

## 2 检测方法

目前违禁色素的检测方法常用的主要有液相色谱法、液相色谱-质谱法、气相色谱-质谱法等,另外还有薄层层析法、酶联免疫吸附法、极谱法、伏安法、分光光度法、荧光光谱法、共振瑞利散射法等。

### 2.1 液相色谱法

违禁色素的液相检测方法主要有高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)和超高效液相色谱法(ultra-high performance liquid chromatography, UPLC)。与HPLC法相比,UPLC法

的分析速度、灵敏度及分离能力均大大提高,但由于UPLC仪器价格较高,其应用没有HPLC广泛。用HPLC法测定食品中的违禁色素多采用紫外检测器(ultraviolet detector, UVD)、二极管阵列检测器(diode array detector, DAD)及荧光检测器(fluorescence detector, FLD)等进行检测。

温忆敏等<sup>[14]</sup>采用HPLC-UVD同时检测了辣椒粉、调味料粉和调味酱中的苏丹红I~IV、苏丹橙G和对位红等8种化合物,检出限均可达到10.0 μg/kg。王传现等<sup>[5]</sup>采用HPLC-FLD检测了饮料、鱼干等食品中的罗丹明B,检出限为1.0 μg/kg,未检出阳性样品。罗美中<sup>[23]</sup>等采用HPLC-DAD检测了豆制品中的碱性嫩黄O,在0.3~50.0 μg/ml范围内线性良好,未检出阳性样品。

Hou等<sup>[24]</sup>采用UPLC-DAD同时检测饲料中的苏丹红I~IV、对位红、角黄素、虾青素等7种色素,检出限在6.0~20.0 μg/kg之间。刘志权等<sup>[25]</sup>建立了UPLC-ESI-MS/MS法检测辣椒酱、辣椒油、肉制品等食品中的苏丹红染料,苏丹红I、苏丹红II、苏丹红III和苏丹红IV的检出限分别为0.1、0.1、0.2和1.0 μg/kg。UPLC法比HPLC法快速高效,将来会在检测领域得到广泛应用。

### 2.2 液相色谱-质谱法

LC-MS方法检测灵敏度高、适用范围广,可以同时进行分析的高残留高通量分析,在食品违禁色素检测领域中的应用越来越多。三重四级杆质谱(triple quadrupole-mass spectrometry, TQ-MS)、离子阱质谱(ion trap-mass spectrometry, IT-MS),甚至是飞行时间质谱(time of flight-mass spectrometry, TOF-MS)在违禁色素的检测中均有应用。

Leonardo等<sup>[26]</sup>采用LC-TQ-MS法测定了饲料中的苏丹红I,采用大气压化学电离源检测,检出限为25.0 μg/kg。Calbiani等<sup>[27]</sup>采用LC-TQ-MS/MS法测定辣椒、番茄酱、乳酪调味料中的苏丹红I~IV,采用电喷雾离子源检测,定量限小于50.0 μg/kg。喻凌寒等<sup>[28]</sup>研究了高效液相色谱-电喷雾离子阱质谱联用仪测定辣椒粉和辣椒油中苏丹红B、苏丹红G、苏丹红7B、甲苯胺红等7种工业染料的方法,苏丹红G、甲苯胺红、苏丹红B和苏丹红7B的检出限分别为17.0、6.4、4.8和4.7 μg/kg。液相色谱-质谱法结合了液相色谱仪有效分离热不稳定性及高沸点化合物的分离能力与质谱仪的组分鉴定能力,适用范围广,其不足之处在于沸点与溶剂相近或低的组分不能检测。

### 2.3 气相色谱-质谱联用法

黄晓兰等<sup>[29]</sup>采用气相色谱-质谱法同时检测苏

丹红 I ~ IV, 该法不需要衍生、灵敏度高、分析时间短、准确性高, 苏丹红 I ~ IV 检出限分别为 1.0、1.0、5.0 和 10.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。苏小川等<sup>[30]</sup>应用 GC-MS 法, 测定了调味品辣椒粉和腌料中的苏丹红 I 和苏丹红 II, 检出限分别为 5.8 和 7.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 含苏丹红 I 的样品阳性检出率达 12.7%, 苏丹红 II 未检出。刘永波等<sup>[31]</sup>采用 GC-MS 法检测食品中的苏丹红 I, 该方法可以在 13 min 内定性和定量地快速检测苏丹红 I, 检出限为 0.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

气相色谱-质谱法快速、灵敏, 但对于沸点较高不易气化的物质难以检测, 使其较液相色谱-质谱法在违禁色素的检测方面受到限制。

## 2.4 其他方法

张杨<sup>[32]</sup>采用薄层层析法对苏丹红的检测进行了探讨, 并与 HPLC 法进行对比, 结果两种方法基本一致, 检出限为 500.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。王鲜俊等<sup>[19]</sup>建立了测定海椒面中苏丹红的薄层色谱法, 检出限为 40.0 ~ 120.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。彭科怀等<sup>[33]</sup>建立了快速测定辣椒酱中苏丹红 I 的极谱检测方法, 检出限为 50.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。Ju 等<sup>[34]</sup>建立了酶联免疫吸附法快速检测苏丹红 I、苏丹红 III 和对位红, 该方法在番茄酱中的检出限为 0.50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。杜美菊和凌翠霞<sup>[35]</sup>利用汞膜电极法测定了辣椒粉中的苏丹红 I, 检出限为 700.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。庞艳玲和王怀友<sup>[36]</sup>建立了紫外分光光度法测定胡椒粉、辣椒粉、辣椒酱等食品中苏丹红 III 的方法, 检出限为 50.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。这些方法都具有操作方便、设备简单、快速的特点, 虽然在基层实验室推广使用, 但由于其抗干扰能力差、分离效果不理想、不能准确定性或定量, 只能作为一种筛选方法作为参考。

## 3 小结

目前, 食品中违禁色素的检测方法虽然较多, 但检测方法测定的工业染料组分均较少, 不能达到高通量检测的要求。而且对于样品前处理过程大部分文献均较简单, 有的只采用了简单提取, 这必然会对后续的确证检测带来较大的基质干扰。虽然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发布了五批《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》, 但对于有些化合物目前还没有标准化的检测方法, 因此食品中违禁色素检测方法的研究还有待进一步加深。一方面为满足食品安全监测的需要, 要求食品中违禁色素的检测方法快速、简便、灵敏, 这仍将是今后的发展趋势; 另一方面为满足确证检测的要求, 必须要求食品样品净化彻底, 因此高分子印

记固相萃取技术及组合固相萃取技术的应用将会逐渐增多; 在确证检测的仪器检测方面, 能进行多级质谱扫描的离子阱质谱将发挥重要作用。

## 参考文献

- [1] VANESSA C, YASMINE G, GOEDELE M, et al. Development of a fast analytical method for the determination of Sudan dyes in chili-and curry-containing foodstuffs by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54: 639-644.
- [2] 吴敏, 林建忠, 邹伟, 等. 高效液相色谱法同时测定食品中对位红和苏丹色素等 8 种脂溶性染料 [J]. 分析测试学报, 2006, 25(3): 74-76.
- [3] 赵珊, 张晶, 杨奕, 等. 超高效液相色谱-电喷雾串联四级杆质谱法检测果汁和葡萄酒中的 27 种工业染料 [J]. 色谱, 2010, 28(4): 356-362.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 19681—2005 食品中苏丹红染料的检测方法-高效液相色谱法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [5] 王传现, 韩丽, 方晓明, 等. 食品中罗丹明 B 的高效液相色谱荧光检测 [J]. 分析仪器, 2008(1): 27-30.
- [6] 项婧. 液相色谱-质谱法测定食品中多种合成色素和染料及相应质谱库的建立 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2008.
- [7] 刘华良, 荣维广, 王联红, 等. 液相色谱串联质谱法检测鲍鱼汁中的酸性橙 II [J]. 中国食品卫生杂志, 2010, 22(1): 16-18.
- [8] 易军, 李云春, 弓振斌. 食品中农药残留分析的样品前处理技术进展 [J]. 化学进展, 2002, 14(6): 415-424.
- [9] 罗美中, 李碧芳, 何晓青, 等. 高效液相色谱-二极管阵列法测定食品中苏丹红 (I) 着色剂 [J]. 现代科学仪器, 2005, 5: 54-55.
- [10] 李核, 李攻科, 张展霞. 微波辅助萃取技术的进展 [J]. 分析化学, 2003, 31(10): 1261-1268.
- [11] 庞艳玲. 食品中苏丹红检测方法的研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(3): 114-119.
- [12] 韩劲松, 徐明霞, 陈湛. 高效液相色谱法测定食品中苏丹红 III 的研究 [J]. 中国热带医学, 2006, 6(7): 1245-1246.
- [13] 黄百芬, 铁晓成, 钱欣, 等. 固相萃取-高效液相色谱荧光检测法测定染色虾米中的碱性玫瑰精含量 [J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15(1): 17-19.
- [14] 温忆敏, 汪国权, 张慧敏, 等. 食品中苏丹红系列和对位红的测定方法研究 [J]. 环境与职业医学, 2006, 23(6): 27-30.
- [15] 刘宏程, 王至飞, 黎其万, 等. 基质固相分散-HPLC 测定松花蛋中苏丹红 [J]. 食品科学, 2008, 29(3): 400-402.
- [16] HOU Xiaolin, LI Yonggang, CAO Shoujun, et al. Analysis of para red and Sudan dyes in egg yolk by UPLC - MS - MS [J]. J Chromatogr, 2010, 71(1-2): 135-138.
- [17] 宋欢, 连庚寅, 杜利君, 等. 凝胶渗透色谱-液相色谱法测定辣椒及其制品中对位红和苏丹红 [J]. 食品科学, 2006, 27(12): 47-50.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. SN/T 2430—2010 进出口食品中罗丹明 B 的检测方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] 王鲜俊, 缪红, 文君. 薄层色谱法测定海椒面中苏丹红 [J].

- 中国卫生检验杂志,2005,15(12):1475-1476
- [20] 洪祥奇,张杨. 薄层色谱测定食品中苏丹红染料方法的探讨[J]. 中国卫生检验杂志,2006,16(11):1330-1332.
- [21] LONG Chaoyang, MAI Zhibin, YANG Yingfen, et al. Synthesis and characterization of novel molecularly imprinted polymer for simultaneous extraction and determination of water-soluble and fat-soluble synthetic colorants in chili products by solid phase extraction and high performance liquid chromatography [J]. J Chromatogr A, 2009, 1216:8379-8385.
- [22] WANG Shuo, XU Zhixiang, FANG Guozhen, et al. Synthesis and characterization of a molecularly imprinted silica gel sorbent for the on-line determination of trace sudan I in chilli powder through high-performance liquid chromatography [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55:3869-3876.
- [23] 罗美中,李碧芳,何小青. 高效液相色谱-二极管阵列法测定豆制品中碱性嫩黄 O 的含量[J]. 分析检测, 2005(8): 166-170.
- [24] HOU Xiaolin, LI Yonggang, WU Guojuan, et al. Determination of para red, sudan dyes, canthaxanthin and astaxanthin in animal feeds using UPLC[J]. J Chromatogr Sci, 2010, 48:22-25.
- [25] 刘志权,李月欢,陈砚滕,等. 食品中苏丹 I、II、III、IV 的 UPLC-ESI-MS/MS 测定研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(1):94-128.
- [26] LEONARDO D D, LOREDANA M, FABIO M, et al. Assay of sudan I contamination of foodstuff by atmospheric pressure chemical ionization tandem mass spectrometry and isotope dilution [J]. Anal Chem, 2004, 76(17): 5104-5108
- [27] CALBIANI F, CARERI M, ELVIRI L, et al. Development and in-house validation of a liquid chromatography electrospray tandem mass spectrometry for the simultaneous determination of Sudan in hot chilli product[J]. J Chromatogr A, 2004, 1042:123-130.
- [28] 喻晓寒,宋之光,苏流坤,等. 高效液相色谱-离子阱质谱联用测定食品中 7 种苏丹红类染料[J]. 质谱学报, 2006, 27(4): 221-225.
- [29] 黄晓兰,吴惠勤,黄芳,等. GC-MS-SIM 法同时测定食品中的苏丹红 I~IV[J]. 分析测试学报, 2005, 24(4):1-5.
- [30] 苏小川,黄梅,甘宾宾,等. 气相色谱-质谱联用法测定调味品中苏丹红 I、II 色素[J]. 理化检验-化学分册, 2006, 42(12): 1003-1006.
- [31] 刘永波,赵海峰,张明霞. 超声波提取-气相色谱质谱联用法测定苏丹红 I 残留量[J]. 分析实验室, 2006, 25(4):86-88.
- [32] 张杨. 薄层层析法测定苏丹红的方法探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(5):559-570.
- [33] 彭科怀,向仕学,汤晓勤,等. 辣椒制品中苏丹红 I 的极谱法快速测定[J]. 预防医学情报杂志, 2005, 21(3):286-288.
- [34] JU Chunmei, TANG Yong, FAN Huiying, et al. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) using a specific monoclonal antibody as a new tool to detect Sudan dyes and Para red [J]. Anal Chim Acta, 2008, 621:200-206.
- [35] 杜美菊,凌翠霞. 汞膜电极测定辣椒制品中苏丹红 I 号的研究[J]. 应用化工, 2006, 35(8):640-647.
- [36] 庞艳玲,王怀友. 薄层色谱-紫外可见分光光度法测定食品中的苏丹红 III[J]. 化学分析与计量, 2006, 15(6):69-70.

## 综述

# 微囊藻毒素在水产品中的积累规律研究

刘萍,李雪,周伟杰

(无锡市疾病预防控制中心, 江苏 无锡 214023)

**摘要:** 微囊藻毒素是淡水湖泊蓝藻产生的一种肽类毒素,在水体污染日益严重的今天,微囊藻毒素对动物和人类健康的潜在危害引起了人们的极大关注。本文综述了微囊藻毒素在水产品中的积累和分布规律,以探讨微囊藻毒素对水产品的污染规律,为水产品的食用安全性评价以及水产品中微囊藻毒素的污染防治研究提供资料。

**关键词:** 微囊藻毒素;水产品;积累;分布规律

**中图分类号:** F762.6    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-8456(2012)02-0189-04

## Study on the regularity of microcystin accumulati in aquatic products

Liu Ping, Li Xue, Zhou Weijie

(Wuxi Center for Disease Prevention and Control, Jiangsu Wuxi 214023, China)

**Abstract:** Microcystin (MC) is a group of cyclic heptapeptide hepatotoxins produced by cyanobacteria in freshwater. With the increasing of water pollution, more attention have been paid to the potential health risks of MC on animals and human. The distribution and accumulation of MC in different aquatic products were described in this review, in order to investigate the regular pattern of MC contamination and to provide reference for evaluating the safety of aquatic products and

收稿日期:2011-03-18

作者简介:刘萍 女 助理研究员 研究方向为食品安全 E-mail:liuping2008@gmail.com