

气相色谱-质谱法测定食品包装行业用 UV 油墨中 11 种光引发剂的含量

赵 镭*, 袁琳嫣, 韩 陈

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 201104)

摘要: 目的 建立气相色谱质谱法同时测定食品包装行业用 UV 油墨中 11 种光引发剂的方法。**方法** 通过甲醇萃取油墨中的光引发剂, 离心过滤后由气相色谱质谱仪测定 11 种光引发剂的含量。**结果** 11 种光引发剂在 0.10~5.0 mg/L 范围内线性关系良好($r^2 \geq 0.995$), 在低、中、高 3 个添加水平下, 回收率在 88.5%~100.5%, 重复性相对标准偏差($n=6$)为 3.3%~6.5%, 检出限为 0.03 mg/L。**结论** 该方法具有操作简单、响应良好、快速分析等特点, 能够满足同时测定食品包装行业用 UV 油墨 11 种光引发剂的分析要求。

关键词: 食品包装; 油墨; 光引发剂; 气相色谱-质谱法

Determination of 11 photoinitiators in UV ink for food packaging industry by gas chromatography-mass spectrometry

ZHAO Lei*, YUAN Lin-Yan, HAN Chen

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201104, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for simultaneous determination of 11 photoinitiators in UV inks used in food packaging industry by gas chromatography-mass spectrometry. **Methods** The photoinitiators in ink were extracted by methanol, and the contents of 11 photoinitiators were determined by gas chromatography-mass spectrometry after centrifugal filtration. **Results** Totally 11 photoinitiators had a good linear relationship in the range of 0.10–5.0 mg/L ($r^2 \geq 0.995$). Under the addition levels of low, medium and high, the recovery rates were 88.5%–100.5%, and the relative standard deviations of repeatability ($n=6$) were 3.3%–6.5%, and the limit of detection was 0.03 mg/L. **Conclusion** This method has the characteristics of simple operation, good response, fast analysis, etc., and can meet the analytical requirements for simultaneous determination of 11 photoinitiators for UV inks used in the food packaging industry.

KEY WORDS: food packaging; ink; photoinitiator; gas chromatography-mass spectrometry

1 引言

食品包装中风险物质的控制是食品安全的重要内容

之一。食品包装也是食品安全中不可分割的部分。它主要用于保护食品, 防止流通中造成的外来损害, 但同时它也是引起食品污染的可能途径之一^[1]。

基金项目: 上海市质量监督检验技术研究院科研项目(KY-2018-7-QH)、上海市科学技术委员会研发公共服务平台建设项目(14DZ2293000)

Fund: Supported by Research Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research (KY-2018-7-QH), Shanghai Science and Technology Commission R&D Public Service Platform Construction Project (14DZ2293000)

***通讯作者:** 赵镭, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料质量与安全。E-mail: zhaolei@sqi.org.cn

***Corresponding author:** ZHAO Lei, Engineer, Food Contact Materials and Product Quality Safety, No. 900, Jiangyue Road, Minghang District Shanghai 201104, China. E-mail: zhaolei@sqi.org.cn

近些年新型紫外固化油墨逐渐在食品包装印刷领域应用起来。UV油墨中的紫外光引发剂(photoinitiators, PIs)在紫外线的照射下能够发生自由基的聚合反应,使油墨成膜固化于衬底上。部分光引发剂已被证实具有致癌性、生殖毒性^[2-4],还会迁移到食品中,造成食品的污染。2005年意大利发现雀巢奶粉中渗透了光引发剂ITX^[5];2009年4月欧盟RASFF系统通报了燕麦片中首次检测出了4-甲基二苯甲酮(methylbenzophenone, MBP);2011年德国召回比利时进口的冷冻面条,原因是面条包装上的印刷油墨所含的二苯甲酮(benzophenone, BP)导致面条被污染^[6]。基于光引发剂对人体健康的危害,我国新版GB 9685-2016《食品接触材料及制品用添加剂使用标准》^[7]中规定食品接触用油墨中二苯甲酮特定迁移限量为0.6 mg/kg,紫外吸收剂UV-9的特定迁移总量为6 mg/kg。目前检测PIs的方法主要有气相色谱法(gas chromatography, GC)^[8]、液相色谱法(liquid chromatography, LC)^[9-11]、气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)^[12-14]、液相色谱-质谱法(liquid chromatography mass spectrometry, LC-MS)^[15,16]等。目前国内有关多种UV油墨光引发剂同时测定的报道相对比较少。

本研究通过优化提取和分离条件,建立了气相色谱质谱法同时测定UV油墨中11种光引发剂的快速检测方法,为食品包装相关生产企业提供便捷可靠的质控手段,同时也可以帮助政府做好UV油墨中光引发剂的管控工作。

2 材料与amp;方法

2.1 仪器、试剂与材料

Agilent 6890N/5975C 气相质谱仪、HP-5MS 毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.1 μm)(美国安捷伦科技有限公司);L530 水平式离心机(湘仪离心机仪器有限公司)。

标准品:具体名称、CAS号、生产厂家、纯度见表1。甲醇、正己烷、二氯甲烷(色谱级,迪马科技公司)。

流通领域购买声称可用于食品包装用UV油墨3批次。

2.2 标准溶液的配制

标准储备液(1000 mg/L):分别称取11种光引发剂标准品各0.1 g(精确至0.1 mg)于100 mL容量瓶中,甲醇定容。

标准中间溶液(10 mg/L):准确移取0.25 mL标准储备液于25 mL容量瓶中,甲醇定容。

系列标准溶液配制:分别移取0.10、0.20、0.50、1.0、2.0、5.0 mL于10 mL容量瓶中,甲醇定容,配制成0.10、0.20、0.50、1.0、2.0、5.0 mg/L系列标准溶液。

2.3 样品处理

准确称取待测的UV油墨0.1 g(精确到0.1 mg)于50 mL离心管中,准确加入25 mL甲醇,超声提取30 min,离心后取上清液,用0.45 μm滤膜过滤后进气相色谱质谱联用仪分析,外标法定量。

2.4 实验方法

2.4.1 色谱条件

色谱柱:HP-5MS(30 m×0.25 mm, 0.1 μm);载气:氦气;载气流速:1.5 mL/min;进样口温度:300 °C;升温程序:80 °C保持0 min,以10 °C/min升温至300 °C保持8 min;进样量:2 μL;不分流进样。

2.4.2 质谱条件

离子源:EI源;离子源温度:230 °C;质谱传输线温度:280 °C;电离能力:70 eV;扫描模式:SIM;溶剂延迟:5 min。

表1 11种光引发剂名称及CAS号
Table 1 Names and CAS numbers of 11 photoinitiators

标准品名称	CAS	生产厂家	纯度/%
二苯甲酮	119-61-9	日本 TCI 公司	> 98%
1-羟基环己基苯基甲酮	947-19-3	美国 Sigma 公司	99%
4-二甲氨基苯甲酸乙酯	10287-53-3	日本 TCI 公司	> 98%
4-甲基二苯甲酮	134-94-9	美国 Sigma 公司	99%
2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮	24650-42-8	日本 TCI 公司	> 98%
紫外吸收剂 UV-9	131-57-7	日本 TCI 公司	> 98%
对二甲氨基二苯甲酮	530-44-9	日本 TCI 公司	> 98%
光引发剂 EHA	21245-02-3	日本 TCI 公司	> 98%
2-氯噻吨酮	86-39-5	日本 TCI 公司	> 98%
2-异丙基硫杂蒽酮(ITX)	5495-84-1	日本 TCI 公司	> 98%
4-苯基二苯甲酮	90-93-7	日本 TCI 公司	> 98%

3 结果与分析

3.1 条件优化

3.1.1 提取溶剂的优化

向空白油墨中加入一定量的光引发剂混合标准品,混匀,制成阳性样品。称取同等质量的阳性样品于离心管里,采用正己烷、二氯甲烷、甲醇分别萃取,超声 10 min,离心 5 min,吸取上清液,经过 0.45 μm 滤膜过滤后上机测试。比较不同萃取溶剂中各光引发剂测试浓度与加标实际添加浓度后发现,二氯甲烷和甲醇的单次萃取能力相差不大,正己烷稍弱。考虑到溶剂的毒性,本方法采用甲醇作为萃取溶剂。

3.1.2 进样口温度的优化

本方法比较了 250、280、300 $^{\circ}\text{C}$ 3 种进样口温度对 11 种光引发剂测试响应的影响,发现 11 种光引发剂在不同进样口温度下响应值的大小顺序为: 300 $^{\circ}\text{C}$ > 280 $^{\circ}\text{C}$ > 250 $^{\circ}\text{C}$ 。故本次设置 300 $^{\circ}\text{C}$ 为进样口温度。

3.1.3 色谱柱的选择

本方法比较了 DB-1、HP-5、HP-WAX 3 种不同极性的色谱柱对 11 种光引发剂进行分离,WAX 色谱柱最高耐受温度仅到 260 $^{\circ}\text{C}$,对于高沸点的光引发剂响应效果不佳。DB-1 和 HP-5 均可以有效分离 11 种光引发剂,本次方法考虑本实验室通用性,选用 HP-5 色谱柱。优化后标准品的色谱图如图 1 所示。

3.2 方法学考察

用 11 种光引发剂的峰面积与浓度绘制标准曲线,所得工作曲线、相关系数见表 2。由表 2 可知 11 种光引发剂

标准曲线相关系数 r^2 为 0.995~0.999,表明本方法具有良好的线性关系。仪器的检出限的含义是在一定的置信范围内能与仪器噪音相区别的最小检测信号对应的待测物质的量。实验中配制 0.10 mg/L 的混合标准溶液,重复测定 10 次,相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 8.8%,计算仪器检出限(3 倍标准偏差)对应的浓度为 0.03 mg/L,仪器定量限(10 倍标准偏差)对应的浓度为 0.10 mg/L。

3.3 精密度和准确度

向空白油墨中加入 0.2、1.0、5.0 mg/L 3 个浓度水平的 11 种光引发剂混合标准溶液,按照本研究的前处理方法进行处理后平行测定 6 次进行测定,计算回收率。重复性试验结果以添加 1.0 mg/L 的测试溶液平行测定 6 次后计算,测定结果见表 3 和表 4,精密度和准确度均良好。

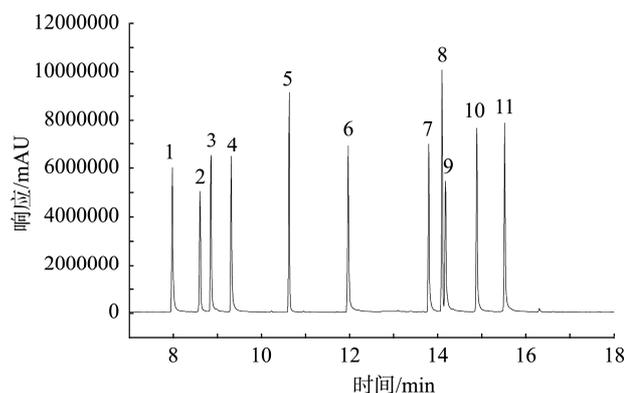


图 1 标准色谱图

Fig.1 Standard chromatogram

表 2 保留时间、线性范围、线性关系、相关系数、选择离子、检出限和定量限

Table 2 Retention times, linear ranges, linear relationships, coefficients of regression, selected ions, detection limits and quantitative limits

序号	组分	保留时间 /min	线性范围 /(mg/L)	线性关系	相关系数 r^2	选择离子 (m/z)	检出限 /(mg/L)	定量限 /(mg/L)
1	二苯甲酮	7.996	0.1~5.0	$Y=1\times 10^{-6}X+0.052$	0.999	105,77,182	0.03	0.10
2	1-羟基环己基苯基甲酮	8.609	0.1~5.0	$Y=2\times 10^{-6}X+0.067$	0.998	99,81,77	0.03	0.10
3	4-二甲氨基苯甲酸乙酯	8.863	0.1~5.0	$Y=2\times 10^{-6}X+0.145$	0.995	148,164,193	0.03	0.10
4	4-甲基二苯甲酮	9.332	0.1~5.0	$Y=1\times 10^{-6}X+0.096$	0.998	119,196,91	0.03	0.10
5	2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮	10.627	0.1~5.0	$Y=8\times 10^{-7}X+0.057$	0.997	151,105,77	0.03	0.10
6	紫外吸收剂 UV-9	12.016	0.1~5.0	$Y=2\times 10^{-6}X+0.158$	0.996	151,227,228	0.03	0.10
7	对二甲氨基二苯甲酮	13.799	0.1~5.0	$Y=1\times 10^{-6}X+0.154$	0.996	148,225,77	0.03	0.10
8	光引发剂 EHA	14.091	0.1~5.0	$Y=8\times 10^{-7}X+0.078$	0.997	165,277,148	0.03	0.10
9	2-氯噻吨酮	14.200	0.1~5.0	$Y=2\times 10^{-6}X+0.175$	0.995	246,218,248	0.03	0.10
10	2-异丙基硫杂蒽酮	14.888	0.1~5.0	$Y=1\times 10^{-6}X+0.106$	0.997	239,254,240	0.03	0.10
11	4-苯基二苯甲酮	15.535	0.1~5.0	$Y=1\times 10^{-6}X+0.136$	0.996	181,258,152	0.03	0.10

表3 回收率试验结果(n=6)
Table 3 Results of recovery test (n=6)

组分	回收率/%±相对标准偏差/%		
	0.2 mg/L	1.0 mg/L	5.0 mg/L
二苯甲酮	88.5±9.9	90.9±3.9	96.5±5.4
1-羟基环己基苯基甲酮	90.0±9.9	91.5±4.6	98.4±3.3
4-二甲氨基苯甲酸乙酯	92.6±9.9	90.4±3.6	97.6±3.0
4-甲基二苯甲酮	93.8±8.1	92.4±6.5	97.6±2.5
2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮	94.4±9.0	95.9±4.9	96.4±3.2
紫外吸收剂 UV-9	93.3±7.6	97.7±3.3	97.8±2.9
对二甲氨基二苯甲酮	95.7±7.8	92.0±3.7	99.6±2.1
光引发剂 EHA	93.5±3.1	99.4±3.4	96.9±2.5
2-氯噻吨酮	93.8±5.1	99.0±5.6	100.5±1.9
2-异丙基硫杂蒽酮	91.2±5.7	94.1±4.8	98.6±2.4
4-苯基二苯甲酮	92.5±9.5	96.8±5.7	98.9±2.0

表4 重复性试验结果(n=6)
Table 4 Results of repeated test (n=6)

序号	组分	测试结果/(mg/L)						RSD/%
		1	2	3	4	5	6	
1	二苯甲酮	0.905	0.922	0.865	0.952	0.872	0.941	3.9
2	1-羟基环己基苯基甲酮	0.871	0.978	0.953	0.917	0.896	0.879	4.6
3	4-二甲氨基苯甲酸乙酯	0.877	0.856	0.932	0.903	0.930	0.931	3.5
4	4-甲基二苯甲酮	0.849	0.967	0.962	0.958	0.845	0.967	6.5
5	2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮	0.904	0.989	0.996	1.016	0.914	0.938	4.9
6	紫外吸收剂 UV-9	0.958	0.943	0.955	1.028	0.998	0.982	3.3
7	对二甲氨基二苯甲酮	0.890	0.889	0.889	0.951	0.953	0.950	3.7
8	光引发剂 EHA	0.933	1.001	1.006	1.036	0.998	0.994	3.4
9	2-氯噻吨酮	0.936	0.938	0.945	1.044	1.040	1.037	5.6
10	2-异丙基硫杂蒽酮	0.905	0.980	0.901	0.893	0.989	0.978	4.8
11	4-苯基二苯甲酮	0.985	0.868	0.971	1.035	0.989	0.965	5.7

3.4 实际样品测试情况

流通领域购买声称可用于食品包装用UV油墨3批次,测试结果见表5。3批次油墨中均检测出高含量的光引发剂。光引发剂是UV油墨中非常重要的组成部分。UV固化技术是以紫外光为能源,不需要加入挥发性溶剂,原料中的预聚物和稀释剂均具有聚合反应活性,固化时交联成膜,无溶剂挥发,是绿色工业新技术。食品包装用UV油墨在食品包装上残留和迁移引发的危害与油墨的配方类型、应用过程中的固化基底、固化过程、固化效果以及盛装食物的种类等有更重要的关系。

4 结论

本研究建立了采用甲醇提取的方法测试食品包装行业用UV油墨中11种光引发剂的含量的分析方法。该方法前处理方法简便、萃取效果好,灵敏度高,重现性好。在实际运用中,经过不同种类UV油墨测试检验,非常适合UV油墨中光引发剂的快速分析,有利于生产企业进行产品源头的质量控制,以便加强管理。

UV印刷作为食品包装行业重要的工艺手段已经广泛应用起来。印刷制品中光引发剂给食品所带来的安全风险

已引起国内外的关注和重视。目前欧盟、中国等国家已经出台一些针对光引发剂使用限定的一系列相关法律、法规和标准^[17,18]，因此，建立针对多种光引发剂同时准确快速的分析方法尤为重要。随着我国对于食品安全的重视，针对食品及食品接触材料及制品用添加剂的残留定性定量检测和迁移规律研究还落后于国外水平，亟待我们科研人员继续努力，尽快建立不同基质产品中统一的光引发剂测试标准和方法。发展高效、通用型样品前处理技术与高通量、高选择性检测方法是这一领域的发展趋势，从而为进一步开展光引发剂在不同基质中的残留量和迁移规律研究提供了更有力的技术支撑。

表 5 样品测试结果
Table 5 Results of sample test

组分	含量/%		
	1	2	3
二苯甲酮	-	-	-
1-羟基环己基苯基甲酮	-	2.3	-
4-二甲氨基苯甲酸乙酯	-	-	-
4-甲基二苯甲酮	-	-	-
2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮	-	-	-
紫外吸收剂 UV-9	-	-	-
对二甲氨基二苯甲酮	-	-	-
光引发剂 EHA	-	-	-
2-氯噻吨酮	-	-	-
2-异丙基硫杂蒽酮	0.93	-	0.82
4-苯基二苯甲酮	-	-	-

参考文献

- 袁琳媛. 淋膜纸基食包材料中 UV 固化油墨光引发剂的应用现状及存在的问题[J]. 食品安全导刊, 2018, 10: 52-53.
Yuan LY. Application status and existing problems of UV curing ink photoinitiator in coated paper-based food packaging materials [J]. China Food Saf Magaz, 2018, 10: 52-53.
- Rhodes MC, Bucher J, Peckham JC, *et al.* Carcinogenesis studies of benzophenone in rats and mice [J]. Food Chem Toxicol, 2007, 45(5): 843-851.
- Hsieh MH, Granthama EC, Liu B, *et al.* In utero exposure to benzophenone-2 causes hypospadias through an estrogen receptor dependent mechanism [J]. J Urol, 2007, 178(4): 1637-1742.
- Hee-Kyung J, Sailendra NS, Youn-Jung K, *et al.* Toxicokinetics and metabolisms of benzophenone-type UV filters in rats [J]. Toxicology, 2008, 248(2-3): 89-95.
- Ana SS, Catarina A, Isabel C, *et al.* Study of the migration of photoinitiators used in printed food-packaging materials into food simulants [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57: 9516-9523.
- 徐莹. 食品包装行业中 UV 油墨光引发剂的危害、法规要求及其替代[J]. 绿色包装, 2017, 10: 54-58.
Xu Y. Hazards, regulations and alternatives of UV ink photoinitiators in food packing industry [J]. Green Packag, 2017, 10: 54-58.
- GB 9685-2016 食品接触材料及制品用添加剂使用标准[S].
GB 9685-2016 Standard for use of additives for food contact materials and products [S].
- 张炎. 气相色谱法测定废水中光引发剂 1103[J]. 广东化工, 2014, 19: 204, 198.
Zhang Y. Determination of photoinitiator 1103 in wastewater by gas chromatography [J]. Guangdong Chem Ind, 2014, 19: 198, 204.
- 李灿明, 柏建国, 陈江龙, 等. LC-DAD-FLD 法测定金属包装彩印面 3 种光引发剂的迁移量[J]. 包装学报, 2017, 9(2): 68-73.
Li CM, Bai JG, Chen JL, *et al.* LC-DAD-FLD method for determination of migration amount of three photoinitiators on color printing surface of metal packaging [J]. Packag J, 2017, 9(8): 68-73.
- 李中皓, 吴帅宾, 刘珊珊, 等. 超高效合相色谱法快速检测纸质印刷包装材料中 10 种受限光引发剂[J]. 分析化学, 2013, 41(12): 1817-1824.
Li ZH, Wu SB, Liu SS, *et al.* Rapid detection of ten restricted photoinitiators in paper-made packaging based on ultra performance convergence chromatography [J]. Chin J Chem, 2013, 41(12): 1817-1824.
- Héctor GA, Oscar N, Encarnación M, *et al.* Analysis of UV ink photoinitiators in packaged food by fast liquid chromatography at sub-ambient temperature coupled to tandem mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2011, 1218(3): 459-466.
- 刘艳, 张强, 顾华, 等. 气相色谱-质谱同时测定食品包装材料中 9 种光引发剂[J]. 分析科学学报, 2017, 33(6): 812-816.
Liu Y, Zhang Q, Gu H, *et al.* Simultaneous determination of nine photoinitiators in food packaging materials by GC-MS [J]. J Anal Sci, 2017, 33(6): 812-816.
- Andrzej L, Dawidowicz, Rafal T, *et al.* Does the increase of radiation energy really reduce the risk of photoinitiator migration from polygraphic varnish to packed product? The influence of UV radiation dose on the migration of 4-phenylbenzophenone from polyacrylate varnish in food packaging [J]. Food Packag Shelf, 2019, 20: 1-7.
- 王红松, 周志荣, 陈明, 等. 气相色谱-质谱法同时测定 UV 油墨中的紫外光引发剂二苯甲酮和 4-甲基二苯甲酮[J]. 检验检疫学报, 2012, 22(2): 34-37.
Wang HS, Zhou ZR, Chen M, *et al.* Simultaneous determination of ultraviolet initiator benzophenone and 4-methyl benzophenone in UV Printing Ink by GC-MS [J]. J Insp Quarant, 2012, 22(2): 34-37.
- 刘珊珊, 李中皓, 杨飞, 等. LC-MS/MS 法测定纸质包装材料中 15 种光引发剂向改性聚苯醚模拟物的迁移量[J]. 质谱学报, 2015, 36(2): 168-176.
Liu SS, Li ZH, Yang F, *et al.* Determination of migration of the 15 photoinitiators from paper-made packing using modified polyphenylene oxide as a simulant by LC-MS/MS [J]. J Chin Mass Spectr Soc, 2015, 36(2): 168-176.
- 韩伟, 于艳军, 李宁涛, 等. 食品接触材料表面印刷油墨中光引发剂的高效液相色谱-串联质谱法检测和迁移研究[J]. 分析化学, 2011, 9(39):

1387-1393.

Han W, Yu YJ, Li NT, *et al.* Detection and migration of photoinitiators in printing ink on food contact materials by HPLC-MS [J]. *Chin J Anal Chem*, 2011, 9(39): 1387-1393.

- [17] 刘珊珊, 柯玮, 范子彦, 等. 食品接触材料中光引发剂残留及其迁移规律研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(5): 507-514.

Liu SS, Ke W, Fan ZY, *et al.* Research progress in residue analysis of photoinitiators in food contact materials and migration in food matrices [J]. *Chin J Food Hyg*, 2014, 26(5): 507-514.

- [18] 姬厚伟, 张丽, 刘剑, 等. 食品及食品包装材料中光引发剂分析方法的研究进展[J]. *理化检验-化学分册*, 2017, 53(2): 242-248.

Ji HW, Zhang L, Liu J, *et al.* Recent progress of research of analytical

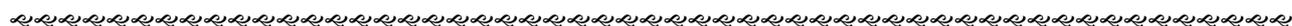
methods for photoinitiators in food and food packaging materials [J]. *Phys Test Chem Anal Part B*, 2017, 53(2): 242-248.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



赵 镭, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料质量与安全。
E-mail: zhaolei@sqi.org.cn



“食品保鲜与贮藏”专题征稿函

食品保鲜与贮藏对保障食品的品质具有重要意义, 越来越得到国内外学者的广泛关注。

鉴于此, 近期本刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 主要围绕(1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2020 年 7~8 月出版。

我们去年也组织过此专题, 由上海海洋大学的谢晶教授担任专题主编, 于 5 月见刊, 专题共收录文章 17 篇, 各方面反响都很不错。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 5 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**食品保鲜与贮藏**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: **食品保鲜与贮藏**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsqa@126.com(备注: **食品保鲜与贮藏**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部