

实验技术与方法

高效液相色谱法同时检测淀粉类食品中添加的姜黄色素与类胡萝卜素化合物

杨方¹, 张盼盼², 钱疆¹, 陈健¹, 张玉燕¹

(1. 福建出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 福建 福州 350001;

2. 福建中检华日食品安全检测有限公司, 福建 福州 350015)

摘要:目的 建立了淀粉类食品中姜黄色素与类胡萝卜素化合物的高效液相色谱分析方法。方法 采用环己烷-乙酸乙酯二元体系提取试样中姜黄素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素、叶黄素和 β -胡萝卜素, 硅胶 SPE 柱净化, YMCTM Carotenoid 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m)分离, 甲基叔丁基醚和甲醇-水梯度洗脱。对所分析化合物的稳定性、前处理条件及色谱条件进行了探讨与优化。结果 5种分析物在0.5~100 μ g/ml 范围内线性关系良好, 相关系数为0.998 4~0.999 8。在1~100 mg/kg 浓度范围内, 平均加标回收率为68.5%~101.2%, 相对标准偏差为3.4%~10.4%。定量限为1 mg/kg。结论 本方法稳定、可靠, 可应用于实际样品的检测。

关键词:姜黄色素; 类胡萝卜素; 淀粉类食品; 高效液相色谱; 同时检测

中图分类号: R155; O657.7+2 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)06-0558-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2014.06.010

Simultaneous determination of curcuminoids and carotenoids in starchy foods by high performance liquid chromatography

YANG Fang, ZHANG Pan-pan, QIAN Jiang, CHEN Jian, ZHANG Yu-yan

(Fujian Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Fujian Fuzhou 350001, China)

Abstract: Objective An effective high-performance liquid chromatography (HPLC) method was developed for the determination of curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin, β -carotenoid and lutein in starchy foods, and could be applied to the routine work. **Methods** The compounds were extracted from homogenized samples using cyclohexane-ethyl acetate (80:20, V/V) and cleaned up with silica gel SPE cartridges, then separated by a YMCTM carotenoid column (250 mm×4.6 mm, 5 μ m). The influence of extraction solvents and mobile phase on resolution was investigated. **Results** The method was validated with respect to precision, accuracy, and linearity. The linear range was 0.5-100 μ g/ml in spiked samples and the coefficients were 0.998 4-0.999 8. The average recoveries and the relative standard deviation ranged from 68.5%-101.2% and 3.4%-10.4%, respectively, for the spiked levels ranging at 1-100 mg/kg for each compound. The limits of quantification (LOQ) of all compounds were 1 mg/kg. **Conclusion** This method was suitable for the determination of curcuminoids and carotenoids in starchy food.

Key words: Curcuminoids; carotenoids; starchy foods; high performance liquid chromatography; simultaneous determination

姜黄色素与类胡萝卜素是天然产物中提取出的化合物,它们在食品加工中作为着色剂可以保持食品颜色,具有抗炎症、抗氧化或预防眼疾等作用,允许作为膳食补充剂和特殊人群膳食强化剂。

我国国家标准 GB 2760—2011《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[1]允许使用的姜黄色素有姜黄素(curcumin)与姜黄(turmeric)。其中姜黄为混合物,主要包括姜黄素(curcumin,约占70%)、去甲氧基姜黄素(demethoxycurcumin,约占10%~

20%)和双去甲氧基姜黄(bisdemethoxy-curcumin,约占10%)^[2]。GB 2760—2011同样允许类胡萝卜素化合物叶黄素(lutein)与 β -胡萝卜素(β -carotene)添加在淀粉类食品中使用。这些化合物摄入人体后可与人体脂肪组织结合,代谢缓慢,过量摄入可能存在一定风险。另外,天然色素使用成本高、配色度不如合成色素,性质不稳定,极少数厂商为了降低成本,可能采用部分添加人工色素或者完全不加天然色素却在标识中宣扬为天然色素,欺骗消费者,因此有必要建立相应检测方法,同时满足风险评估的要求,保障食品安全。

已有文献报道了姜黄素类、叶黄素及 β -胡萝卜素化合物的分析方法,包括分光光度法^[3]、薄层色谱

收稿日期:2014-02-19

作者简介:杨方 女 主任技师 研究方向为食品理化分析

E-mail: yffjcq@gmail.com

法^[4-5]、近红外光谱法^[6]、毛细管电泳法^[7]、流动注射分析^[8]和液相色谱/质谱法^[9-10]等,其中液相色谱法为检测此类化合物的主要的分析方法^[11-13]。但在已发表的文献中,未见有对这两类化合物同时检测的报道。本文在已有文献的基础上,建立了高效液相色谱法同时检测淀粉食品中姜黄素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素、叶黄素和 β -胡萝卜素的方法。探讨了前处理及色谱条件,进行了方法学验证。结果表明,本研究得到的结果比较理想,作为日常分析手段能很好地满足此类化合物的检测需求,同时也为多类天然色素的同时检测提供了思路。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

试验所用的方便面、薯片、米粉均购自当地市场。

1.1.2 主要仪器与试剂

Alliance 2695 高效液相色谱仪(配二极管阵列检测器,美国 Waters),硅胶 SPE 柱(500 mg/3 ml,美国 Supelco)。

姜黄素(CAS:458-37-7)、去甲氧基姜黄素(CAS:24939-17-1)和双去甲氧基姜黄素(CAS:24939-16-0)、叶黄素(CAS:127-40-2)和 β -胡萝卜素(CAS:7235-40-7)对照品均购自上海优纯生物技术公司,纯度为98%(使用时以乙酸乙酯溶解,配制成标准贮备液,再以含0.1%丁基羟基甲苯(BHT)的乙醇配制成适宜浓度的标准溶液),乙醇、乙酸乙酯、环己烷和甲基叔丁基醚均为色谱纯,其余试剂均为分析纯,试验用水为超纯水。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

称取约2 g均匀样品置于50 ml聚丙烯离心管中,以10 ml环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)避光振荡提取约5 min,再以5 ml环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)避光涡旋振荡提取3 min,4 000 r/min离心2 min,重复提取一次,合并提取液,置于25 ml棕色K-D浓缩瓶中,40℃旋转蒸发至近干,以3 ml环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)涡旋振荡溶解两次,混合,所得的溶液再以约1 ml/min的流速过硅胶SPE柱,硅胶柱使用前以5 ml环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)活化,用4 ml环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)洗脱,合并流出液与洗脱液,于40℃下减压浓缩至近干,以2 ml含0.1% BHT的乙醇涡旋振荡溶解,用0.45 μ m有机滤膜过滤得待测样品。

1.2.2 色谱条件

色谱柱:YMCTM Carotenoid 色谱柱(250 mm \times

4.6 mm, 5 μ m),柱温30℃,流速1.0 ml/min,进样量20 μ l,姜黄素、去甲氧基姜黄素和双去甲氧基姜黄素的检测波长为430 nm,叶黄素和 β -胡萝卜素的检测波长为450 nm;流动相A为甲醇-水(90:10, V/V),流动相B为甲基叔丁基醚,梯度洗脱,流动相A的浓度所设时间程序为0~15 min:100%~10%;15.1~23 min:10%;23.1~25 min:10%~100%。

2 结果与讨论

2.1 稳定性试验

将浓度200 μ g/ml的5种目标化合物标准溶液分别置于户外、室内及避光处,于0、2、4、8 h后测定,进行光稳定性试验。结果表明,5种化合物在户外均发生降解。避光条件下,姜黄色素与 β -胡萝卜素标准溶液无变化,但叶黄素标准溶液在8 h后发生少量降解。室内条件下 β -胡萝卜素标准溶液在4 h后、叶黄素标准溶液在2 h后开始降解。这是由于这些化合物的分子结构中均含有特征的共轭双键,这种结构使得其很容易在光与热作用下发生氧化降解,同时在酸性、碱性环境下也不稳定^[14-15]。有文献报道^[11]采用丙酮-水(90:10, V/V)为流动相对叶黄素进行色谱分析时,叶黄素可在柱分离时降解。因此,本文根据参考文献[16-17],在试验过程中避光操作并全过程加入了0.1% BHT溶液以防样品中含有的目标化合物在分析过程中发生降解。

2.2 提取溶剂的选择

姜黄色素及类胡萝卜素的提取溶剂包括石油醚-丙酮、丙酮、正己烷、石油醚以及二元混合溶剂等。为比较不同溶剂的提取效率,本文在米粉中添加 β -胡萝卜素、叶黄素和姜黄素,米粉中3种化合物的浓度均为20 mg/kg,进行了提取溶剂选择试验。对甲醇、乙腈、丙酮、三氯甲烷、乙酸乙酯、环己烷、石油醚和正己烷进行的提取效率试验结果表明,三氯甲烷和乙酸乙酯对姜黄素类化合物提取效率较高,环己烷、石油醚、乙酸乙酯对 β -胡萝卜素与叶黄素的提取效率较高。为满足能同时提取5种化合物,本文采用二元提取溶剂,测试石油醚-丙酮(80:20, V/V)、石油醚-丙酮(50:50, V/V)、环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)与环己烷-乙酸乙酯(50:50, V/V)等二元提取体系的提取效率,并与乙酸乙酯的提取效果进行比较。石油醚-丙酮与石油醚-环己烷体系的提取效果不佳,环己烷-乙酸乙酯体系与乙酸乙酯提取效果相对较好,综合各化合物的提取效果,选择了环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)溶剂体系进行提取。为防样品氧化,本文在提取溶剂中加入了0.1% BHT,不同提取溶剂的提取效率比较结果见表1。

表1 不同提取溶剂的提取效率比较($n=3$)

Table 1 Recover and the standard deviation of different

extract solvent

提取溶剂	回收率/%				
	双去甲 氧基姜 黄素	去甲氧 基姜 黄素	姜黄 素	叶黄 素	β -胡萝 卜素
石油醚-丙酮(80:20, V/V)	1.73	1.83	1.57	2.29	0.88
石油醚-环己烷(50:50, V/V)	75.6	76.1	86.6	72.2	78.5
环己烷-乙酸乙酯 (20:80, V/V)	96.2	99.1	98.4	94.2	95.5
环己烷-乙酸乙酯 (50:50, V/V)	98.3	97.6	94.9	91.1	95.7
乙酸乙酯	96.4	97.2	95.1	92.7	94.2

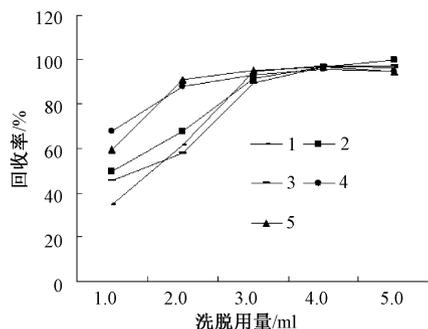
2.3 净化条件的选择

食品基体较复杂,适当的净化是必要的。固相萃取技术是目前应用较多的净化手段。本文比较了 C_{18} SPE柱、中性氧化铝SPE柱与硅胶SPE柱的净化效果。结果表明,对于 C_{18} SPE柱,5%甲酸甲醇、甲醇、乙腈、丙酮、乙酸乙酯等溶剂均不能将5种目标化合物洗脱。中性氧化铝SPE柱对类胡萝卜素类化合物的净化效果较好,仅需2 ml 乙酸乙酯即可全部将叶黄素与 β -胡萝卜素洗脱,但甲醇、乙腈、丙酮、乙酸乙酯、环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)、正己烷等6种溶剂均不能将姜黄素类化合物从中性氧化铝SPE柱上洗脱。而硅胶SPE柱总体净化效果较好,对于5种目标化合物均能完全洗脱,与未净化的色谱图相比,净化后的基体噪音明显降低,干扰减少。本文对采用硅胶SPE柱的洗脱溶剂及用量进行了研究,比较了甲醇、乙腈、丙酮、乙酸乙酯、环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)、正己烷的洗脱效果,结果表明,甲醇、乙腈、丙酮及正己烷不能或只能少部分洗脱目标化合物,乙酸乙酯与环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)洗脱几乎完全,但乙酸乙酯的洗脱用量大,需要8 ml以上才能洗脱完全,而环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)仅需4 ml即可完全洗脱,本文最终选择4 ml 环己烷-乙酸乙酯(20:80, V/V)洗脱,不同洗脱用量与回收率曲线见图1。

2.4 色谱条件的优化

除紫外吸收外,姜黄素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素、叶黄素和 β -胡萝卜素均有可见吸收,在可见波长范围干扰较少。根据各分析物不同的最大吸收波长,采用二极管阵列检测器确定不同的检测波长以使灵敏度最佳。最终确定姜黄素、去甲氧基姜黄素和双去甲氧基姜黄素的检测波长为430 nm,叶黄素和 β -胡萝卜素的检测波长为450 nm。

C_{18} 柱结合复杂的流动体系曾是分离姜黄素类与类胡萝卜素类化合物的主要手段^[18]。姜黄素类



注:1. 姜黄素;2. 去甲氧基姜黄素;3. 双去甲氧基姜黄素;
4. 叶黄素;5. β -胡萝卜素

图1 洗脱曲线

Figure 1 Elution curves of compounds on silica gel
SPE cartridges

化合物含 C_{22} 主链, β -胡萝卜素与叶黄素为 C_{40} 主链,因此,以烷基链更长的填料为固定相的色谱柱疏水性强,使被分离组分与固定相的相互作用增强,对于这类化合物的分离具有优势。可以在较简单的流动条件下达到较好的分离效果^[19]。本文采用YMCTM Carotenoid 色谱柱,为硅胶基质上键合了 C_{30} 烷基的反相液相色谱柱,对所分析的目标化合物具有较好的分离效果。比较了几种流动相和洗脱条件,其中包括乙醇-乙腈-三氯甲烷、甲醇-水-甲基叔丁基醚、甲醇-乙腈-异丙醇以及甲醇-乙腈-0.1 mol/L 醋酸三乙胺缓冲液(pH=7),结果表明,当流动相为甲醇-水-甲基叔丁基醚流动体系时,5种化合物分离度、峰型及灵敏度均较为理想,且操作简单。本文最终选择流动相为甲醇-水(90:10, V/V)-叔丁基甲基醚,梯度洗脱分离。另外,为防待测物在色谱分离时降解,本文在流动相中添加了0.1% BHT作为抗氧化剂。图2为添加了20 mg/kg 5种目标化合物的米粉样品色谱图,其中姜黄素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素、叶黄素和 β -胡萝卜素的保留时间分别为8.21、9.45、10.32、16.54和21.08 min。由图2可见,在本流动条件下,干扰少,峰形好。

2.5 线性关系、方法检出限与方法学验证

在本文所确定的试验条件下,以峰面积和标准溶液浓度作图,对于所分析的姜黄素、脱甲氧基姜黄素、双脱甲氧基姜黄素、叶黄素和 β -胡萝卜素,在0.5~100 μ g/ml 浓度范围内呈良好线性关系,相关系数均 >0.99 。在本文所述的操作条件下,对所分析的5种目标化合物定量限为1 mg/kg。线性范围、相关系数及检出限见表2。

本文选取了未添加姜黄色素与类胡萝卜素的薯片(非油炸)、米粉、方便面进行1、10、100 mg/kg等3个浓度水平的添加回收试验,每种样品基体、每个添加水平重复测定6次,回收率与精密度见表3。

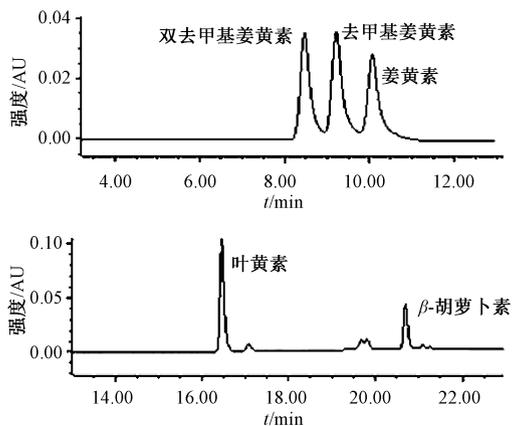


图2 米粉中添加 20 mg/kg 目标化合物的色谱图
Figure 2 Chromatograms of spiked rice noodles at the spiked concentrations of 20 mg/kg

表2 5种目标化合物标准溶液的线性方程与相关系数
Table 2 Linear equation and correlation coefficients of compounds

化合物	线性方程	r^2
姜黄素	$y = 1.18 \times 10^5 x - 2.54 \times 10^4$	0.999 5
去甲氧基姜黄素	$y = 1.33 \times 10^5 x - 2.44 \times 10^4$	0.999 7
双去甲氧基姜黄素	$y = 1.17 \times 10^5 x - 4.61 \times 10^4$	0.998 4
叶黄素	$y = 2.15 \times 10^5 x - 5.58 \times 10^4$	0.999 5
β -胡萝卜素	$y = 7.07 \times 10^4 x - 5.98 \times 10^4$	0.999 8

2.6 实际应用

从当地市场购买了5种淀粉类食品进行检测,结果见表4。从表4中可见,有3种产品分别检出了叶黄素、 β -胡萝卜素及姜黄素。其中婴儿配方米粉与胡萝卜婴儿米糕均为标签标识分别添加了叶黄素与 β -胡萝卜素。由于咖喱粉的主要原料中包括了姜黄,因此在速食咖喱饭中检出了姜黄素

表3 不同淀粉类食品基体添加回收率和相对标准偏差(n=6)

Table 3 Average recoveries and the relative standard deviations (RSD) at different spiked levels

样品	添加浓度/(mg/kg)	平均回收率/%					RSD/%				
		姜黄素	去甲氧基姜黄素	双去甲氧基姜黄素	叶黄素	β -胡萝卜素	姜黄素	去甲氧基姜黄素	双去甲氧基姜黄素	叶黄素	β -胡萝卜素
薯片	1	73.2	68.5	78.3	71.4	85.5	9.2	7.8	9.4	8.0	10.4
	10	75.9	72.4	76.5	74.3	83.2	8.5	6.3	7.9	4.9	8.2
	100	85.7	83.6	90.2	74.3	82.1	10.4	7.1	8.4	9.7	6.8
米粉	1	78.4	73.8	77.6	72.3	79.5	3.4	8.2	7.5	7.3	6.9
	10	84.6	84.8	89.0	78.3	83.8	6.2	5.1	4.6	8.3	10.2
	100	92.5	89.6	94.3	87.4	92.6	4.5	7.7	5.8	8.9	7.4
方便面	1	76.1	79.4	75.1	75.9	73.4	5.5	4.9	7.2	8.9	7.9
	10	79.8	83.2	78.0	77.4	79.8	4.3	6.2	3.9	6.5	5.1
	100	101.2	98.5	86.8	97.1	80.3	5.0	8.2	7.9	10.1	9.3

表4 市售食品的检测结果($\bar{x} \pm s$, mg/kg)

Table 4 Analysis results in food obtained from local market

样品	姜黄素	去甲氧基姜黄素	双去甲氧基姜黄素	叶黄素	β -胡萝卜素
婴儿配方米粉	<1	<1	<1	1 729.4 \pm 134.4	<1
胡萝卜婴儿米糕	<1	<1	<1	<1	772.6 \pm 101.4
速食咖喱饭	7.3 \pm 2.3	3.1 \pm 0.5	<1	<1	<1
饼干	<1	<1	<1	<1	<1
早餐麦片	<1	<1	<1	<1	<1

及其同系物。

3 小结

本文建立了高效液相色谱法同时测定食品中姜黄素类化合物姜黄素、去甲基姜黄素、双去甲基姜黄素与类胡萝卜素化合物叶黄素、 β -胡萝卜素,对提取溶剂、净化方式及色谱分离条件进行了优化。本方法简便、快速、稳定、可靠,对于食品中添加的姜黄素类与类胡萝卜素化合物的检测,具有较强的实际应用价值。

参考文献

[1] 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

[2] Revathy S, Elumalai S, Benny M, et al. Isolation, purification and identification of curcuminoids from yurmeric (*Curcuma longa* L.) by column chromatography [J]. J Experimental Sciences, 2011, 2(7): 21-25.

[3] CHEN X, WU J, ZHOU S, et al. Application of near-infrared reflectance spectroscopy to evaluate the lutein and β -carotene in chinese kale [J]. J Food Comp Anal, 2009, 22(2): 148-153.

[4] Pathania V, Gupta A P, Singh B. Improved HPTLC method for determination of curcuminoids from curcuma longa [J]. J Liq Chromatogr and Rel Technol, 2006, 29(6): 877-887.

[5] Paramasivam M, Poi R, Banerjeeand H, et al. High-performance thin layer chromatographic method for quantitative determination of curcuminoids in curcuma longa germplasm [J]. Food Chem, 2009, 113(2): 640-644.

[6] Tanaka K, Kuba Y, Sasaki T, et al. Quantitation of curcuminoids in curcuma rhizome by near-infrared [J]. J Agric Food Chem,

- 2008,56(19):8787-8792.
- [7] YUAN K, WENG Q, ZHANG H, et al. Application of capillary zone electrophoresis in the separation and determination of the curcuminoids in urine[J]. *J Pharm and Biomed Anal*, 2005, 38(1):133-138.
- [8] Thongchai W, Liawruangrath B, Liawruangrath S. Flow injection analysis of total curcuminoids in turmeric and total antioxidant capacity using 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay[J]. *Food Chem*, 2009, 112(2):494-499.
- [9] 李伟,肖红斌,王龙星,等. 高效液相色谱-串联质谱法分析姜黄中微量的姜黄素类化合物[J]. *色谱*, 2009, 27(3):264-269.
- [10] Vijaya S U V, LING Y, WANG J, et al. A liquid chromatography-tandem mass spectrometric method for quantification of curcuminoids in cress medium and mouse plasma [J]. *J Chromatogr B*, 2010, 878(30):3045-3051.
- [11] Jadhav B K, Mahadik K R, Paradkar A R. Development and validation of improved reversed phase-HPLC method for simultaneous determination of curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin[J]. *Chromatographia*, 2007, 65(7/8):483-488.
- [12] Simonovsak B, Vovk I, Glavnik V, et al. Effects of extraction and high-performance liquid chromatographic conditions on the determination of lutein in spinach [J]. *J Chromatogr A*, 2013, 1276:95-101.
- [13] 王雪梅,陈利华,施文婷. 姜黄素类化合物的光稳定性研究[J]. *安徽大学学报*, 2012, 36(3):73-78.
- [14] Krinsky N I. Possible biologic mechanisms for a protective role of xanthophylls[J]. *J Nutr*, 2002, 132(3):540-542.
- [15] 杨承鸿,向智敏,姚煜东,等. 姜黄超临界提取物的高效液相色谱分析[J]. *分析测试学报*, 2005, 24(2):86-88.
- [16] Lester G E, Markus D J, Hodges D M. Relationship between fresh-packaged spinach leaves exposed to continuous light or dark and bioactive contents: effects of cultivar, leaf size, and storage duration[J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(5):2980-2987.
- [17] Biehler E, Kaulmann A, Hoffmann L, et al. Dietary and host-related factors influencing carotenoid bioaccessibility from spinach (*Spinacia oleracea*) [J]. *Food Chem*, 2011, 125(4):1328-1334.
- [18] Kao T H, Loh C H, Inbaraj B S, et al. Determination of carotenoids in taraxacum formosanum by HPLC-DAD-APCI-MS and preparation by column chromatography[J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2012, 66(7):144-153.
- [19] Gleize B, Steib M, Andre M, et al. Simple and fast HPLC method for simultaneous determination of retinol, tocopherols, coenzyme Q (10) and carotenoids in complex samples[J]. *Food Chem*, 2012, 134(4):2560-2564.

实验技术与方法

气相色谱-质谱法测定食品接触材料中4种润滑剂的迁移量

房宁, 巩俐彤, 李倩, 赵劲松, 王海云

(北京市大兴区疾病预防控制中心, 北京 102600)

摘要:目的 建立气相色谱-质谱法测定食品接触材料中常用润滑剂在食物中迁移量的方法。方法 采用纯水、3%乙酸水溶液、10%乙醇水溶液3种食物模拟物浸泡食品接触材料,经净化、浓缩,加入三氟乙酸酐衍生, DB-5 ms 毛细管色谱柱分离(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm),用气相色谱-质谱法测定4种润滑剂含量。结果 油酸酰胺、硬脂酰胺在0.2~20 mg/L, 芥酸酰胺、山嵛酰胺在1.0~30 mg/L范围内线性良好,方法定量限为0.028~0.17 mg/L,加标回收率为89.2%~97.6%,RSD为1.1%~5.4%。结论 本法简便、快速、准确,灵敏度及精密度较高,适用于食品接触材料中润滑剂在相应食品中迁移量的测定。

关键词:食品接触材料; 润滑剂; 食品模拟物; 迁移量; 包装材料; 食品安全; 气相色谱-质谱法

中图分类号:R155; O657.7⁺1; O657.63 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)06-0562-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2014.06.011

Determination of 4 kinds of migration of lubricant in food contact materials by gas chromatography-mass spectrometry

FANG Ning, GONG Li-tong, LI Qian, ZHAO Jin-song, WANG Hai-yun

(Daxing Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102600, China)

收稿日期:2014-08-01

基金项目:国家科技支撑计划(2011BAK10B05-04)

作者简介:房宁 男 副主任技师 研究方向为食品理化检测 E-mail:13683050199@163.com

通讯作者:巩俐彤 女 主管技师 研究方向为食品理化检测 E-mail:460340837@qq.com