

气相色谱法同时测定保健食品中的5种不饱和脂肪酸

吴晓云, 刁飞燕, 李启艳*

(山东省食品药品检验研究院, 济南 250101)

摘要: **目的** 建立气相色谱法同时测定保健食品中亚油酸、 α -亚麻酸、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)和二十二碳五烯酸(docosapentaenoic acid, DPA)的含量。

方法 样品先采用氢氧化钾甲醇溶液进行皂化处理, 再用三氟化硼甲醇溶液甲酯化, 经 HP-FFAP 色谱柱(30 m $\times$ 0.53 mm, 1.0 μ m)分离测定。**结果** EPA 甲酯、DHA 甲酯、DPA 甲酯、亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯分别在 0.03927~1.178、0.04200~1.260、0.03449~1.035、0.08368~1.255、0.08482~4.241 mg/mL 的浓度范围内线性关系良好, 相关系数 r 均大于 0.999; 检出限分别为 0.0039、0.0042、0.0034、0.0042、0.0042 mg/mL; 加标回收率在 91.1%~109.3%之间, 相对标准偏差均小于 5%。**结论** 该方法操作简单快捷, 适用于保健食品中亚油酸、 α -亚麻酸、EPA、DPA 和 DHA 的测定。

关键词: 气相色谱法; 亚油酸; α -亚麻酸; 二十碳五烯酸; 二十二碳六烯酸; 二十二碳五烯酸; 保健食品

Determination of 5 kinds of polyunsaturated fatty acids in dietary supplements by gas chromatography

WU Xiao-Yun, DIAO Fei-Yan, LI Qi-Yan*

(Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250101, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of linoleic acid, α -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), and docosapentaenoic acid (DPA) in dietary supplements by gas chromatography. **Methods** The samples were treated by KOH-methanol solution, and methyl esterified using boron trifluoride-methanol complex. Linoleic acid, α -linolenic acid, EPA, DHA, and DPA in dietary supplements were separated and detected by HP-FFAP (30 m $\times$ 0.53 mm, 1.0 μ m) column. **Results** This method showed a good linearity in the range of 0.03927~1.178 mg/mL for methyl EPA, 0.04200~1.260 mg/mL for methyl DHA, 0.03449~1.035 mg/mL for methyl DPA, 0.08368~1.255 mg/mL for methyl linoleic acid, and 0.08482~4.241 mg/mL for methyl α -linolenic acid with the correlation coefficients higher than 0.999. The limit of detection of methyl linoleic acid, methyl α -linolenic acid, methyl EPA, methyl DPA and methyl DHA were 0.0042 mg/mL, 0.0042 mg/mL, 0.0039 mg/mL, 0.0034 mg/mL, and 0.0042 mg/mL, respectively, with recovery rates of 91.1%~109.3% and RSD less than 5%. **Conclusion** This method is simple and rapid, and can be used to determine the content of linoleic acid, α -linolenic acid, EPA, DPA, and DHA in dietary supplements.

*通讯作者: 李启艳, 副主任药师, 主要研究方向为保健食品检测。E-mail: 15253118118@163.com

*Corresponding author: LI Qi-Yan, Deputy Chief Pharmacist, Shandong Institute for Food and Drug Control, No.2749, Xinluo Avenue, Gaoxin District, Jinan 250101, China. E-mail: 15253118118@163.com

KEY WORDS: gas chromatography; linoleic acid; α -linolenic acid; eicosapentaenoic acid; docosahexaenoic acid; docosapentaenoic acid; health food

1 引言

不饱和脂肪酸是指分子中含有一个或多个双键的脂肪酸。它由一条长的碳氢链组成,链的一端有一个羧基,链间含有一个或几个双键。

根据双键的位置及功能又将多不饱和脂肪酸分为 ω -6系列和 ω -3系列。亚油酸属 ω -6系列, α -亚麻酸、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)和二十二碳五烯酸(docosapentaenoic acid, DPA)属 ω -3系列。 ω -3多不饱和脂肪酸(ω -3 PUFA)在神经系统中的结构性作用是不可缺少的。在胎儿和婴儿时期, ω -3 PUFA不足可导致大脑、神经和视网膜发育不全,对智力和视力的发育产生消极的影响,成人 ω -3 PUFA不足易产生精神和视力上的疲劳^[1-5]。 ω -6和 ω -3多不饱和脂肪酸的动态平衡对人体内环境稳定和正常生长发育具有重要作用,主要体现在稳定细胞膜结构、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白的平衡等方面^[6]。目前市场上保健品所含不饱和脂肪酸的种类众多,其测定方法主要有高效液相色谱法^[7,8],高效液相色谱-质谱联用法^[9],气相色谱法^[10-13],气相色谱-质谱法^[14]。在众多报道中,主要检测研究上述5种不饱和脂肪酸中的2种或3种,对于同时检测这5种的研究报道较少。本文主要采用气相色谱法对5种成分同时检测,并对该方法进行优化,是一种操作较简单、实用性较强的方法。

2 材料与方法

2.1 仪器与设备

气相色谱仪(7890A,美国安捷伦公司),配FID检测器;电子天平(Mettler Toledo MS,梅特勒-托利多);涡旋振荡器(上海沪西分析仪器有限公司)。

2.2 材料与试剂

二十碳五烯酸甲酯(纯度>99%,美国NU-CHEK);二十二碳五烯酸甲酯(纯度100%,Sigma);二十二碳六烯酸甲酯(纯度>98.5%,Sigma); α -亚麻酸(纯度100%,中国药品生物制品检定所);亚油酸(纯度100%,中国药品生物制品检定所);14%三

氟化硼甲醇溶液(分析纯,德国CNW);甲醇(色谱纯,Honeywell);超纯水;正己烷(色谱纯,Honeywell);氢氧化钾(分析纯,国药集团);氯化钠(分析纯,国药集团)。

供试品1为百合康牌海豹油紫苏籽油软胶囊,供试品2为奥力牌海豹油软胶囊;供试品3为忘不了牌3A脑营养胶丸。

2.3 色谱条件

色谱柱:HP-FFAP 色谱柱(30 m $\times$ 0.53 mm, 1.0 μ m),SN:US5178955H。柱温箱温度:起始温度200 $^{\circ}$ C保持5 min;以5 $^{\circ}$ C/min升温至220 $^{\circ}$ C保持22 min;再以50 $^{\circ}$ C/min降温至200 $^{\circ}$ C保持1 min。进样口温度:220 $^{\circ}$ C,进样量1 μ L,分流比20:1。FID检测器温度:230 $^{\circ}$ C。柱流量:2.0 mL/min,隔垫吹扫:3.0 mL/min,氢气流速:40.0 mL/min,空气流速:400 mL/min。

2.4 标准品系列溶液的配制

分别精密称取亚油酸83.69 mg, α -亚麻酸84.82 mg置2个25 mL具塞试管中,分别加1 mol/L氢氧化钾甲醇溶液3 mL,涡旋10 min,在65 $^{\circ}$ C水浴中皂化15 min,待油珠溶解后,放冷,分别加14%三氟化硼甲醇溶液4 mL,涡旋10 min,在65 $^{\circ}$ C水浴中甲酯化10 min,放冷,分别精密加入正己烷20 mL,振摇,吸取下层液体,弃去后再反复用饱和氯化钠溶液进行洗涤,并用吸管弃去水层,直至洗至中性,取上层液作为不饱和脂肪酸甲酯标准溶液。

分别取上述亚油酸甲酯标准溶液0.1、0.2、0.5、1.0、1.5 mL,置于5 mL量瓶中,加正己烷稀释至刻度,作为亚油酸甲酯系列标准溶液,浓度分别为0.08368、0.1674、0.4184、0.8368、1.255 mg/mL。

分别取上述 α -亚麻酸甲酯标准溶液0.1、0.25、0.5、1.0、5.0 mL,置于5 mL量瓶中,加正己烷稀释至刻度,作为 α -亚麻酸甲酯系列标准溶液,浓度分别为0.08482、0.2121、0.4241、0.8482、4.241 mg/mL。

分别精密称取DHA甲酯42.64 mg,EPA甲酯39.67 mg,DPA甲酯34.49 mg置10 mL量瓶中,加入正己烷溶解并定容至刻度。分别取上述标准溶液0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、1.5 mL,置于5 mL量瓶中,加正己烷稀释至刻度,作为系列混合标准溶液,

DHA 甲酯浓度分别为 0.04200、0.08400、0.2100、0.4200、0.8400、1.260 mg/mL; EPA 甲酯浓度分别为 0.03927、0.07854、0.1964、0.3927、0.7854、1.178 mg/mL; DPA 甲酯浓度分别为 0.03449、0.06898、0.1725、0.3449、0.6898、1.035 mg/mL。

2.5 线性关系考察

将亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DHA 甲酯、DPA 甲酯标准系列溶液, 经 0.45 μ m 微孔滤膜过滤后, 进样 1 μ L, 进行气相色谱分析, 记录色谱图, 以标准品浓度(X)为横坐标, 标准品的峰面积(Y)为纵坐标, 绘制标准曲线, 求得回归方程。

2.6 供试品重复性试验

准确称取 6 份供试品 1, 约 0.25g, 置 25mL 具塞试管中, 加 1 mol/L 氢氧化钾甲醇溶液 3 mL, 涡旋 10 min, 在 65 $^{\circ}$ C 水浴中皂化 15 min, 待油珠溶解后, 放冷, 加 14% 三氯化硼甲醇溶液 4 mL, 涡旋 10 min, 在 65 $^{\circ}$ C 水浴中甲酯化 10 min 钟, 放冷, 精密加入正己烷 20 mL, 吸取下层液体, 弃去后再反复用饱和氯化钠溶液进行洗涤, 并用吸管弃去水层, 直至洗至中性, 精密吸取正己烷层 1 mL 至 5 mL 量瓶中, 用正己烷定容至刻度, 混匀, 取 1.0 μ L 注入气相色谱仪, 测定峰面积, 分别取 5 种不饱和脂肪酸单种标准溶液, 以保留时间定性, 计算供试品 1 中 α -亚麻酸、亚油酸、EPA、DPA、DHA 的含量。

2.7 色谱条件优化与系统适应性考察

比较 Elite-WAX 色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 1.0 μ m) 与 HP-FFAP 色谱柱(30 m $\times$ 0.53 mm, 1.0 μ m), 柱温箱温度 180~230 $^{\circ}$ C, 进样口温度: 200~230 $^{\circ}$ C, FID 检测器温度: 200~230 $^{\circ}$ C 进行理论塔板数与分离度考察, 最后得到最佳色谱条件。

分别精密量取 5 种不饱和脂肪酸甲酯标准溶液(亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DPA 甲酯、DHA 甲酯浓度分别为 4.184、4.241、3.927、3.449、4.200 mg/mL)1.5 mL 置于 10 mL 量瓶中, 加正己烷稀释至刻度, 得到亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DPA 甲酯、DHA 甲酯浓度分别为 0.6276、0.6362、0.5890、0.5174、0.6300 mg/mL, 精密量取 1.0 μ L 进样, 计算 5 种不饱和脂肪酸的理论板数与分离度。

2.8 精密度考察

分别精密量取 5 种不饱和脂肪酸甲酯标准溶液

(亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DPA 甲酯、DHA 甲酯浓度分别为 4.184、4.241、3.927、3.449、4.200 mg/mL)1.5 mL 置于 10 mL 量瓶中, 加正己烷稀释至刻度, 连续进样 6 针, 以测得的峰面积响应值作评价标准, 计算其相对标准偏差 RSD(%)。

2.9 稳定性考察

分别精密量取 5 种不饱和脂肪酸甲酯标准溶液(亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DHA 甲酯、DPA 甲酯浓度分别为 4.184、4.241、3.927、4.200、3.449 mg/mL)1.5 mL 置于 10 mL 量瓶中, 加正己烷稀释至刻度, 在室温下放置 24 h, 在 0、2、4、8、12、24 h 按照测定方法分别测定峰面积, 计算其相对标准偏差 RSD(%)。

2.10 回收率试验

分别精密称取 9 份供试品 1 约 0.1 g, 置于 100 mL 容量中, 分成 3 组, 于每一组中分别精密加入 EPA 甲酯约 22、35、58 mg; DPA 甲酯约 4、5、8 mg; DHA 甲酯约 18、27、45 mg; 亚油酸约 25、40、60 mg; α -亚麻酸约 6、8、11 mg; 每组 3 份, 80%、100%、120% 不同梯度的量, 按 2.6 供试品重复性试验处理样品, 经 0.45 μ m 的微孔滤膜过滤, 即为加标溶液。

3 结果与分析

3.1 标准曲线确证结果

亚油酸、 α -亚麻酸、EPA 甲酯、DHA 甲酯、DPA 甲酯的标准曲线方程见表 1。EPA 甲酯浓度在 0.03927~1.178 mg/mL、DHA 甲酯浓度 0.04200~1.260 mg/mL、DPA 甲酯浓度在 0.03449~1.035 mg/mL、亚油酸浓度在 0.08368~1.255 mg/mL、 α -亚麻酸浓度在 0.08482~4.241 mg/mL 的范围内均具有良好的线性, 5 个成分的相关系数都在 0.999 以上, 结果见表 1。

表 1 标准曲线方程的结果
Table 1 Results of standard curve equation

名称	标准曲线方程	相关系数(r)
亚油酸甲酯	$Y=756.24X-8.01$	0.99937
α -亚麻酸甲酯	$Y=925.56X-49.98$	0.99944
EPA 甲酯	$Y=776.46X+2.57$	0.99953
DPA 甲酯	$Y=714.28X-0.75$	0.99976
DHA 甲酯	$Y=664.46X+0.10$	0.99993

3.2 检出限和定量限

3.2.1 检出限

检出限(LOD)为信噪比 $S/N=3$ 时对应的待分析浓度, 将 5 种不饱和脂肪酸甲酯标准溶液逐级稀释进样, 当 $S/N=3$ 时, 得到亚油酸的检出限为 0.0042 mg/mL、 α -亚麻酸的检出限为 0.0042 mg/mL、EPA 甲酯的检出限为 0.0039 mg/mL、DPA 甲酯的检出限为 0.0034 mg/mL、DHA 甲酯的检出限为 0.0042 mg/mL。

3.2.2 定量限

定量限(LOQ)为信噪比 $S/N=10$ 时对应的待分析浓度, $LOQ = LOD/3 \times 10$, 按照实际样品的处理过程计算, 亚油酸的定量限为 0.0033 mg/mL、 α -亚麻酸的定量限为 0.0037 mg/mL、EPA 甲酯的定量限为 0.013 mg/mL、DHA 甲酯的定量限为 0.014 mg/mL、DPA 甲酯的定量限为 0.011 mg/mL。

3.3 供试品重复性

平行 6 份供试品 1 中 α -亚麻酸、亚油酸、EPA、DPA、DHA 含量 RSD 均小于 5%, 结果表明方法重复性良好, 结果见表 2。

表 2 重复性实验结果($n=6$)
Table 2 Repeatability of the method ($n=6$)

名称	含量平均值(%)	RSD(%)
亚油酸	31.10	0.7
α -亚麻酸	5.932	2.5
EPA	27.55	2.2
DPA	2.218	4.8
DHA	23.19	4.9

3.4 色谱条件与系统适用性

选用 HP-FFAP 色谱柱, 柱温箱温度: 起始温度 200 $^{\circ}\text{C}$ 保持 5 min; 以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 220 $^{\circ}\text{C}$ 保持 22

min; 再以 50 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 降温至 200 $^{\circ}\text{C}$ 保持 1 min。进样口温度: 220 $^{\circ}\text{C}$, FID 检测器温度: 230 $^{\circ}\text{C}$ 。在该优化条件下, 5 种不饱和脂肪酸在 30 min 内得到较好的分离效果。

亚油酸甲酯、 α -亚麻酸甲酯、EPA 甲酯、DPA 甲酯、DHA 甲酯浓度分别为 0.6276、0.6362、0.5890、0.5174、0.6300 mg/mL, 理论板数分别为 46833、44844、30723、23687、23424, 分离度分别为 6.19、22.23、17.24、2.65, 说明该方法的分离效率高。

3.5 精密度试验

α -亚麻酸甲酯、亚油酸甲酯、EPA 甲酯、DPA 甲酯、DHA 甲酯浓度分别为 0.6362、0.6276、0.5890、0.5174、0.6300 mg/mL, 精密度结果见表 3, 6 个样品的相对标准偏差(RSD)均小于 5.0%, 表明在本方法仪器条件下, 仪器精密度良好。

3.6 稳定性试验

5 种不饱和脂肪酸甲酯试液在 24 h 内峰面积 RSD 都在 1.0%以内, 表明溶液在 24 h 内稳定。结果见表 4。

3.7 回收率试验

α -亚麻酸、亚油酸、EPA、DPA、DHA 在 3 个不同添加水平下浓度的回收率结果见表 5, 9 份样品中的 α -亚麻酸、亚油酸、EPA、DPA、DHA 的平均回收率分别为: 97.2%、108.0%、97.5%、104.8%、95.0%, RSD 均小于 5%。结果见表 5。

3.8 供试品的测定

在 2.3 条件下, 30 min 内可以实现 3 种供试品中 α -亚麻酸、亚油酸、EPA、DPA、DHA 的分离, 保留时间分别是 8.993、10.096、16.387、25.269、27.097 min, 如图 1 所示, 分离效果良好, 同时也不会受杂质峰的影响。测定结果见表 6。

表 3 精密度的试验结果
Table 3 Precision of the experimental results

名称	峰面积	平均峰面积	RSD(%)
亚油酸甲酯	465 456 459 458 462 462	460	0.7
α -亚麻酸甲酯	299 293 297 295 298 295	296	0.8
EPA 甲酯	501 505 501 509 504 498	503	0.8
DPA 甲酯	404 411 411 407 407 413	409	0.8
DHA 甲酯	467 464 473 467 470 471	469	0.7

表 4 稳定性实验结果
Table 4 Stability of the method

名称	峰面积	平均峰面积	RSD(%)
亚油酸甲酯	459 468 457 458 468 464	462	1.08
α -亚麻酸甲酯	294 302 302 305 295 295	299	1.57
EPA 甲酯	508 509 501 499 501 510	505	0.96
DPA 甲酯	415 409 419 407 407 407	411	1.25
DHA 甲酯	469 467 474 465 467 471	469	0.69

表 5 回收率结果
Table 5 Recovery rates of 5 kinds of polyunsaturated fatty acids

组别	检测项目	试样含量(mg)	对照品加入量 (mg)	测定值(mg)	回收率(%)	平均回收率(%)	RSD (%)
1	EPA	34.44	22.01	55.32	94.87	95.0	2.0
2		34.44	22.57	55.67	94.06		
3		35.29	22.55	56.95	96.05		
4		39.70	35.21	74.67	99.32		
5		39.70	35.24	74.57	98.95	98.7	
6		40.25	35.39	74.89	97.88	98.7	
7		47.99	57.11	104.0	98.07		
8		47.99	57.68	105.1	99.01		
9		47.99	57.75	105.2	99.06		
1	DPA	2.773	3.87	6.5	96.30	98.6	4.9
2		2.773	3.85	6.5	96.81		
3		2.839	3.96	6.9	102.55		
4		3.196	5.25	8.7	104.84		
5		3.196	5.27	8.9	108.24	107.3	
6		3.240	5.29	9.0	108.88	108.7	
7		3.864	7.84	12.4	108.88		
8		3.864	7.84	12.4	108.88		
9		3.864	7.89	12.4	108.19		
1	DHA	28.99	18.24	46.887	98.12	98.7	3.7
2		28.99	18.18	46.971	98.91		
3		29.68	18.16	47.670	99.06		
4		33.42	26.51	58.137	93.24		
5		33.42	26.51	58.936	96.25	95.2	
6		33.88	26.54	59.426	96.25	91.1	
7		40.40	45.01	80.884	89.94		
8		40.40	45.05	81.349	90.90		
9		40.40	45.02	81.994	92.39		

续表 5

组别	检测项目	试样含量(mg)	对照品加入量 (mg)	测定值(mg)	回收率(%)	平均回收率(%)	RSD (%)	
1	亚油酸	38.88	25.04	66.256	109.33	109.3	2.0	
2		38.88	25.24	66.313	108.69			
3		39.81	25.44	67.730	109.75			
4		44.82	40.17	86.946	104.95			
5		44.82	40.41	87.140	104.73	105.6		
6		45.44	40.14	88.426	107.09			
7		54.18	60.12	118.560	107.09			
8		54.18	60.24	120.330	109.81			109.1
9		54.18	60.39	120.800	110.32			
1	α -亚麻酸	7.42	5.99	13.600	103.17	102.9	4.9	
2		7.42	6.06	13.792	105.15			
3		7.59	6.02	13.640	100.50			
4		8.55	8.02	16.022	93.17			
5		8.55	8.14	16.089	92.62	92.9		
6		8.67	8.11	16.205	92.91			
7		10.33	10.97	20.526	92.94			
8		10.33	10.78	20.809	97.21			95.7
9		10.33	10.89	20.874	96.82			

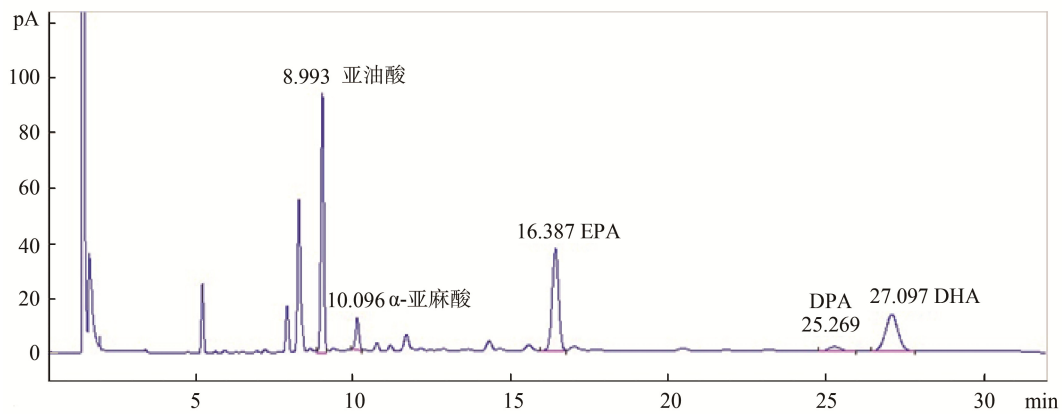


图 1 供试品 1 图谱
Fig. 1 Chromatogram of sample 1

表 6 供试品测定结果
Table 6 Detection results of samples

	亚油酸(%)	α -亚麻酸(%)	EPA 含量(%)	DPA 含量(%)	DHA 含量(%)
供试品 1	31.1	5.93	27.6	2.22	23.2
供试品 2	/	15.5	4.68	4.08	7.39
供试品 3	/	/	13.2	4.74	38.2

4 结 论

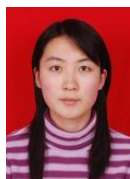
本研究通过正己烷对供试品进行溶解,经 HP-FFAP 色谱柱(30 m×0.5 mm, 1.0 μm), 可以分离软胶囊中的亚油酸、 α -亚麻酸、EPA、DPA、DHA, 并进行定量检测。通过测定其线性范围、检出限、定量限、精密度和回收率实验, 结果令人满意。表明该方法适用于测定软胶囊类保健品中亚油酸、 α -亚麻酸、EPA、DPA、DHA 的含量检测。

参考文献

- [1] 洪毅敏, 马金萍, 张艳纹, 等. 气相色谱法测定乙酯型鱼油微胶囊产品中 EPA 乙酯和 DHA 乙酯含量[J]. 中国油脂, 2015, 40(12): 88–91.
- Hong YM, Ma JP, Zhang YW, *et al.* Determination of content of EPA ethyl ester and DHA ethyl ester in ethyl esterified fish oil microcapsule by gas chromatography [J]. China Oils Fats, 2015, 40(12): 88–91.
- [2] Ercan Yuvanc, Erdal Yilmaz, Devrim Tuglu, *et al.* Medical and alternative therapies in urinary tract stone disease [J]. World J Nephrol, 2015, 4(5): 492–499.
- [3] 丁兆坤, 张海柱, 许友卿. 二十二碳六烯酸和二十碳五烯酸研究的综述[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(2): 107–116.
- Ding ZK, Zhang HZ, Xu YQ. A review of studies on docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids [J]. Sci Online, 2007, 2(2): 107–116.
- [4] 郝颖, 汪之和. EPA、DHA 的营养功能及其产品安全性分析[J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 180–183.
- Hao Y, Wang ZH. Nutritive function and safety analysis of EPA and DHA [J]. Mod Food Sci Technol, 2006, 22(3): 180–183.
- [5] 王向群, 陈丽娟. n-3 多不饱和脂肪酸抗肿瘤机制的研究进展[J]. 实用癌症杂志, 2011, 26(3): 321–324.
- Wang XQ, Chen LJ. Research progress of antitumor mechanism of n-3 polyunsaturated fatty acids [J]. Pract J Cancer, 2011, 26(3): 321–324.
- [6] 肖玫, 欧志强. 深海鱼油中两种脂肪酸(EPA 和 DHA)的生理功效及机理的研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 522–526.
- Xiao M, Ou ZQ. Research progress of the physiological function and mechanism of two kinds fo fatty acid (EPA and DHA) in the fish oil of deep sea [J]. Food Sci, 2005, 26(8): 522–526.
- [7] 赖春华, 李军生, 廖永聪, 等. 高效液相色谱法测定甲鱼油中 EPA、DHA 的含量[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(7): 102–104.
- Lai CH, Li JS, Liao YC, *et al.* High performance liquid chromatographicdetermination of DHA and EPA in turtle oil [J]. Food Res Dev, 2012, 33(7): 102–104.
- [8] 张怡评, 晋文慧, 陈伟珠, 等. 高效液相色谱法测定鱼油中的 EPA 乙酯和 DHA 乙酯[J]. 中国食品添加剂, 2012, (1): 233–237.
- Zhang YP, Jin WH, Chen WZ, *et al.* Determination of EPA-EE and DHA-EE in fish oil by HPLC [J]. China Food Addit, 2012, (1): 233–237.
- [9] 全文琴, 陈小娥, 陈洁, 等. 高效液相色谱/质谱联用直接测定鱼油中 EPA/DHA 含量[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 114–117.
- Quan WQ, Chen XE, Chen J, *et al.* Determination of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in fish oil by high performance liquid chromatography/mass spectrometry[J]. Food Mach, 2008, 24(2): 114–117.
- [10] 鲁辉, 周璇, 钱叶飞, 等. 保健食品中 EPA 和 DHA 含量测定方法研究[J]. 中国食品添加剂, 2015, (4):190–194.
- LuH, Zhou X, Qian YF, *et al.* Study on determination of EPA and DHA in health food [J].China Food Addit, 2015, (4): 190–194.
- [11] 黄建立, 孙凡, 任清. 毛细管气相色谱法测定深海鱼油中的 EPA 和 DHA 含量[J]. 化学分析计量, 2001, 10(5): 9–10.
- Huang JL, Sun F, Ren Q. Determination of EPA and DHA content in deep sea fish oil by capillary gas chromatography [J]. Chem Anal Meter, 2001, 10(5): 9–10.
- [12] 庄俊钰, 冯志强, 谢忠阳. 气相色谱内标法测定深海鱼油中的 EPA 和 DHA[J]. 现代食品科技, 2009, 25(11): 1363–1365.
- Zhuang JY, Feng ZQ, Xie ZY. Determination of EPA and DHA in deep sea fish oil by gas chromatography using internal standard method [J]. Mod Food Sci Technol, 2009, 25(11): 1363–1365.
- [13] 芦雅丽, 赵建邦, 宋平顺. 气相色谱法测定白苏子与紫苏子中亚油酸和 α -亚麻酸的含量[J]. 中国药师, 2010, 13(8): 1087–1089.
- Lu YL, Zhao JB, Song PS. Determination of linoleic acid and α -linolenate acid in seeds of *Perillafrutescens* (L.) Britt. by GC [J]. China Pharm, 2010, 13(8): 1087–1089.
- [14] 彭飞进, 杨卫花. GC-MS 法测定婴幼儿配方奶粉中 DHA 和亚油酸含量[J]. 食品科学, 2011, (14): 261–263.
- Peng FJ, Yang WH. Determination of DHA and linoleic acid content in infant formula milk powder by GC-MS [J]. Food Sci, 2011, (14): 261–263.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



吴晓云, 硕士, 主管药师, 主要研究方
向为保健食品检测。
E-mail: wuxiaoyun823@126.com



李启艳, 博士, 副主任药师, 主要研究
方向为保健食品检测。
E-mail: 15253118118@163.com

“食品风味分析与感官品质评价”专题征稿函

食品不仅是维持人体生命活动所必需的各种营养物质和能量的最主要来源, 而且以其色、香、味、质地及口感给人们以愉悦的感官享受。随着食品工业和现代分析技术的不断发展, 民众对食品风味和品质要求也越来越高。

鉴于此, 《食品安全质量检测学报》特别策划了“食品风味分析与感官品质评价”专题, 聘请中国标准化研究院赵镭副研究员、史波林副研究员担任专题主编, 拟于 2016 年 4 月正刊发表。本专题将围绕**食品风味物质的分析与鉴定、风味物质的形成、典型食品风味、食品风味质量控制、感官分析心理物理学基础研究、食品感官分析技术、评价小组建立与评估、感官评价影响因素分析与控制、食品感官货架期研究、食品特征评价、食品感官设计、智能感官(电子鼻、电子舌等)、消费喜好、感官计量学**或您认为本领域有意义的问题进行论述。

鉴于您在食品风味分析与感官品质评价方面丰富的研究经历和突出的学术造诣, 本刊特邀请您撰稿, 综述、研究论文、研究简报等稿件形式均可。我们相信, 您的文章将推动食品风味研究进展及食品感官新技术在食品检测与安全控制领域的推广应用。请您通过网站投稿系统或 Email 投稿, 截稿日期为 **2016 年 4 月 30 日**。对于您的来稿, 我们将快速处理并优先发表。

非常感谢您的赐稿。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部