

高效液相色谱法测定磷脂软胶囊中磷脂酰胆碱、 磷脂酰肌醇、磷脂酰乙醇胺的含量

王海波*, 莫紫梅, 袁光蔚, 廖子祎

(广西-东盟食品检验检测中心, 南宁 530021)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱法同时检测磷脂软胶囊中磷脂酰胆碱(phosphatidyl cholines, PC), 磷脂酰乙醇胺(phosphatidyl ethanolamine, PE), 磷脂酰肌醇(phosphatidylinositol, PI) 3种组分的含量。**方法** 样品用甲醇超声提取后, 经 Bridge® HILIC 色谱柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm)分离, 以 0.9 mmol/L 甲酸铵溶液-乙腈为流动相进行梯度洗脱, 流速为 1.0 mL/min; 柱温 30 °C; 检测波长为 205 nm, 外标法定量。**结果** 磷脂酰胆碱, 磷脂酰乙醇胺, 磷脂酰肌醇在浓度 0.025~0.250 mg/mL 范围内线性关系良好, 相关系数均大于 0.99, 检出限分别为 0.300~1.386 mg/g, 定量限为 1.002~4.624 mg/g, 加标回收率分别为 90%~105%, 相对标准偏差为 1.0%~4.0%。**结论** 该方法高效, 便捷, 准确度高, 适用于磷脂软胶囊中 3 种磷脂成分的同时检测。

关键词: 磷脂酰胆碱; 磷脂酰乙醇胺; 磷脂酰肌醇; 高效液相色谱; 快速检测

Determination of phosphatidyl cholines, phosphatidyl ethanolamine and phosphatidylinositol in phospholipid soft capsules by high performance liquid chromatography

WANG Hai-Bo*, MO Zi-Mei, YUAN Guang-Wei, Liao Zi-Yi

(Guangxi-ASEAN Food Inspection and Testing Center, Nanning 530021, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the simultaneous determination of phosphatidyl cholines (PC), phosphatidyl ethanolamine (PE) and phosphatidylinositol (PI) in phospholipid soft capsules by high performance liquid chromatography. **Methods** After ultrasonic extraction with methanol, the samples were separated with a Bridge® HILIC column (4.6 mm×150 mm, 5 μm) at the flow rate of 1.0 mL/min by gradient elution using 0.9 mmol/L ammonium formate solution-acetonitrile as mobile phase, the column temperature was 30 °C, the detection wavelength was 205 nm. The contents were quantitatively analyzed by external standard method. **Results** Phosphatidyl cholines, phosphatidyl ethanolamine and phosphatidylinositol had good linear relationships in the range of 0.025–0.250 mg/mL, and the correlation coefficients were more than 0.99. The limits of detection were 0.300–1.386 mg/g and the limits of quantitation were 1.002–4.624 mg/g. The recoveries were 90%–105%, with the relative standard deviations of 1.0%–4.0%. **Conclusion** This method is efficient, convenient, and accurate, and is suitable for the simultaneous detection of 3 phospholipid components in phospholipid soft capsules.

KEY WORDS: phosphatidyl cholines; phosphatidyl ethanolamine; phosphatidylinositol; high performance liquid chromatography; rapid detection

*通讯作者: 王海波, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: 76494235@qq.com

*Corresponding author: WANG Hai-Bo, Master, Associate Chief Pharmacist, Guangxi-ASEAN Food Inspection and Testing Center, Nanning 530021, China. E-mail: 76494235@qq.com

1 引言

磷脂由 C、H、O、N、P 5 种元素组成, 也称磷脂类、磷脂质, 是磷酸甘油脂的简称, 也是细胞膜的重要组成部分, 与机体的正常代谢息息相关^[1-3], 具有调节血脂, 降低胆固醇, 改善记忆, 延缓衰老, 防止动脉硬化等多种作用, 因此磷脂被列为三大营养素之一^[4-7]。磷脂并不是单一的物质, 它由多种组分组成, 其中根据头部极性基团的不同, 磷脂分为磷脂酰胆碱(phosphatidyl cholines, PC), 磷脂酰乙醇胺(phosphatidyl ethanolamine, PE), 磷脂酰肌醇(phosphatidylinositol, PI), 磷脂酰丝氨酸(phosphatidylserine, PS), 磷脂酸(phosphatidicacid, PA) 以及磷脂酰甘油(phosphatidyl glycerols, PG)等^[8-10]。大豆磷脂产品因其 PC、PE、PI 组分分别占大豆磷脂组分的 36.2%, 21.4%, 15.2%^[3], 是主要的功效成分, 被日本称为“脑黄金”。

对于磷脂的提取和检测, 在现行有效的检测标准^[11]中, 磷脂的前处理方法复杂, 且不能对磷脂各个组分进行准确测定, 在其他存在的行业标准以及企业标准^[12,13]中, 需要三氯甲烷, 异丙醇, 乙酸, 乙醚, 氨基固相萃取柱, 使用多种溶液同时进行多次萃取, 并以正己烷, 异丙醇, 乙酸水作为高效液相的流动相, 该方法使用试剂种类繁杂, 操作步骤极多还经过反复萃取, 不适合对大量样品的常规检查, 且主要针对单一组分的测定^[14-17], 难以满足实际工作中的高效、快速、准确的要求。为了满足日益增大的工作量需求, 本研究建立高效液相色谱法同时检测样品中的磷脂酰胆碱, 磷脂酰乙醇胺, 磷脂酰肌醇 3 种组分, 从样品前处理、色谱条件等方面优化检测方法, 并完善方法学试验, 建立快速、准确、简便的分析方法, 为日常大批量检测的食品中的磷脂组分提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

甲醇、乙腈(色谱级, 赛默飞世尔科技有限公司); 石油醚(分析纯, 广东省化学试剂工程技术研究中心); 乙酸铵(分析纯, 上海斯信生物科技有限公司); 95%乙醇(分析纯, 上海振兴化工厂)。

磷脂酰胆碱(CAS 号: 8002-43-5, 批号 201301, 纯度 100%, 中国食品药品检定研究院); 磷脂酰肌醇(CAS 号: 39382-08-6, 批号 T 418:8, 纯度 98%, 瑞典 Larodan 公司); 磷脂酰乙醇胺(CAS 号: 2017-05-02, 批号 P8193, 纯度 98%, 美国 Sigma 公司)。

海晶牌大豆磷脂软胶囊(磷脂含量 ≥ 49.0 g/100 g, 珠海市富海生物科技有限公司); 纽斯葆鱼油大豆磷脂软胶囊(磷脂酰胆碱含量 ≥ 5.0 g/100 g, 广州市赛健生物科技有限公司); 莱思福大豆磷脂软胶囊(磷脂酰胆碱含量

≥ 8.0 g/100 g, 广州长生康生物科技有限公司); 金奥力大豆磷脂软胶囊(磷脂含量 ≥ 58.0 g/100 g, 威海紫光生物科技开发有限公司)。

2.2 仪器与设备

Waters e2695 型高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); Waters 2998 紫外检测器(美国 Waters 公司); Multifuge X3R 型高速冷冻离心机(美国 Thermo 公司); Multi-Reax 型多管式涡旋振荡器(德国 Heidolph 公司); Elmasonic S300H 型超声清洗仪(德国 Elma 公司); xs205DU 型电子天平(瑞士 Mettler Toledo 公司)。

2.3 标准溶液的配制

2.3.1 标准储备液的配制

标准储备液的配制: 精密称取磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰肌醇标准品一定量, 分别置于 25 mL 量瓶中, 用甲醇溶解, 并稀释至刻度, 其浓度分别为 2.5000、1.0082、2.0000 mg/mL, -18 °C 下保存备用。

2.3.2 标准工作液的配制

混合标准使用液: 分别精密吸取上述 3 种标准储备液 2.0、5.0、2.5 mL, 置于同一 10 mL 量瓶中, 加甲醇稀释至刻度, 3 种组分的浓度均为 0.50 mg/mL。

混合标准工作液: 精密吸取混合标准使用液一定体积, 分别置于量瓶中, 用甲醇稀释至刻度, 配制成浓度为 0.25、0.1、0.06、0.05、0.025 mg/mL 系列工作溶液。

2.4 样品前处理

称取 0.5 g 样品于 50 mL 离心管中, 加入 20 mL 甲醇, 振摇 5 min, 保证样品摇散(离心管壁上无附着, 样品成小球状悬浮在溶液中), 常温超声提取 10 min 再振摇 5 min, 保证样品分散均匀, 离心 10 min (转速 8000 r/min), 取 1.00 mL 上清液用甲醇容至 10 mL, 经 0.45 μ m 滤膜过滤后上机分析。

2.5 色谱条件

色谱柱: Bridge® HILIC 色谱柱(4.6 mm \times 150 mm, 5 μ m); 流动相: 0.9 mmol/L 甲酸铵溶液-乙腈, 采用梯度洗脱: 0~1 min, 95%乙腈-5%甲酸铵溶液, 1~5 min, 乙腈 95%~67%, 甲酸铵溶液 5%~33%, 5~6 min 乙腈 67%~67%, 甲酸铵溶液 33%~33%, 6~11 min 95%乙腈-5%甲酸铵溶液; 流速: 1.0 mL/min; 柱温: 30 °C; 检测波长: 205 nm, 进样体积: 10 μ L。

3 结果与分析

3.1 色谱条件的优化

3.1.1 流动相优化

考察乙腈-水溶液、甲酸铵溶液-乙腈、乙酸铵溶液-乙腈作为流动相对 3 种目标物质的影响。由图 1 可知, 当

采用乙腈-水(50:50, *V:V*)作为流动相时, 色谱图基线漂移严重, 各峰响应较差; 当乙腈-水(95:5, *V:V*)作为流动相时, 色谱基线稳定, 但 PI 峰严重拖尾。当以乙酸铵溶液-乙腈或者甲酸铵溶液-乙腈作为流动相时, 3 个目标峰峰形较好, 且响应较高。通过调整有机相和水相的比例, 比较乙酸铵溶液-乙腈和甲酸铵溶液-乙腈作为流动相时的峰形, 最终选择了 0.9 mmol/L 甲酸铵溶液-乙腈作为流动相。

考察流动相 0.9 mmol/L 甲酸铵溶液比例变化对 3 个组分的影响, 结果表明: 流动相中甲酸铵溶液的比例对基线影响较大, 甲酸铵溶液比例在 5%到 50%的比例范围内, 其比例越高, 目标峰峰形变好, 尤其是 PI 峰的峰型会更加

对称且不拖尾, 但色谱基线漂移严重。当甲酸铵溶液比例为 5%时, 基线平稳, 但 PI 峰的峰型较差; 当甲酸铵溶液比例为 50%时, 3 个目标峰峰形均较好, 但基线漂移严重且部分峰出现重合的现象。

考察梯度洗脱变化对 3 个目标组分的影响, 梯度洗脱的具体方案见表 1。结果发现: 采用方案 1 洗脱程序, 3 个目标峰峰形均较好, 且基线也平稳, PI、PE 和 PC 的保留时间分别为: 4.5、5.5 和 6 min, 但是由于流动相比例变化导致 PI 和 PE 峰存在溶剂波动峰, 对目标峰造成一定的影响。采用方案 2 洗脱程序, 溶剂峰对 PI 和 PE 峰的影响明显减小。

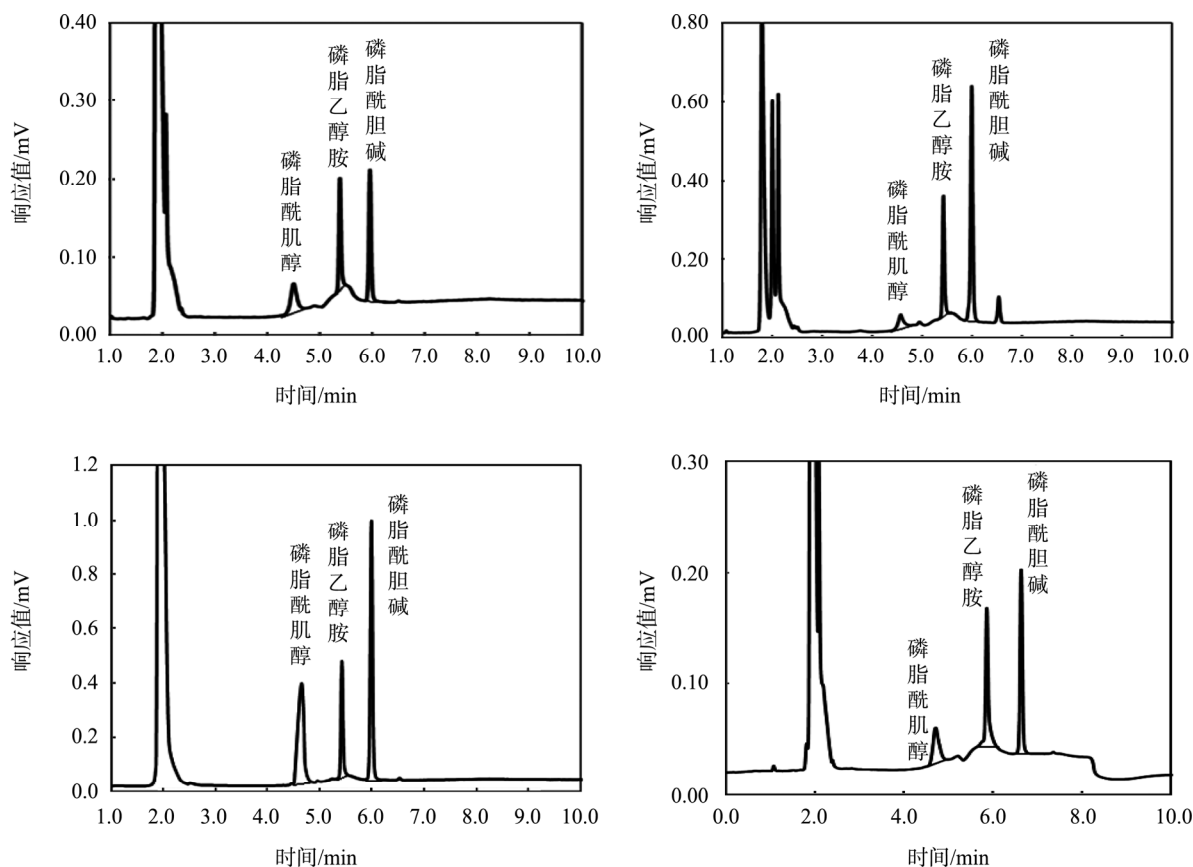


图1 不同流动相中磷脂的色谱图

Fig.1 Chromatograms of phospholipids in different mobile phases

考虑到 3 个组分的出峰时间, 考察梯度洗脱程序中 6~8 min 时, 流动相的比例分别为乙腈-甲酸铵溶液(60:40, *V:V*)、乙腈-甲酸铵溶液(65:35, *V:V*)、乙腈-甲酸铵溶液(70:30, *V:V*)以及乙腈-甲酸铵溶液(67:33, *V:V*), 对各组分的影响, 由图 2 可知: 当乙腈比例越高, 基线波动越小。当乙腈比例为 70%时, 基线平稳, 但 PI 峰峰形较差; 乙腈比例为 60%时, PI 峰峰形好, 但基线有波动; 当乙腈比例 65%时, PI 峰峰形好, 且基线平稳; 当乙腈-甲酸铵溶液(67:33, *V:V*), 各目标峰及基线都较好, 故流动相梯度洗脱程序采

用表中的方案 3, PI、PE 及 PC 的保留时间分别为 4.6、5.4 和 6.0 min。

3.1.2 色谱柱的选择

考察了 Bridge® HILIC(4.6 mm×150mm, 5 μm)、CAPCELL PAK MGII(4.6 mm×150 mm, 5 μm)、Agilent HC-C₁₈(4.6 mm×150 mm, 5 μm)、XBridge™ Shield RP₁₈(4.6 mm×150 mm, 5 μm)等色谱柱对 3 种目标物的影响, 综合考虑峰形、分离时间、分离度等因素, 选择 Bridge® HILIC 色谱柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm)。

表 1 梯度洗脱程序
Table 1 Gradient elution procedure

梯度洗脱程序	时间	乙腈/%	0.9 mmol/L 甲酸铵/%
方案 1	0	95	5
	1	95	5
	6	50	50
	8	50	50
	11	95	5
方案 2	0	95	5
	1	95	5
	5	50	50
	6	50	50
	11	95	5
方案 3	0	95	5
	1	95	5
	5	67	33
	6	67	33
	11	95	5

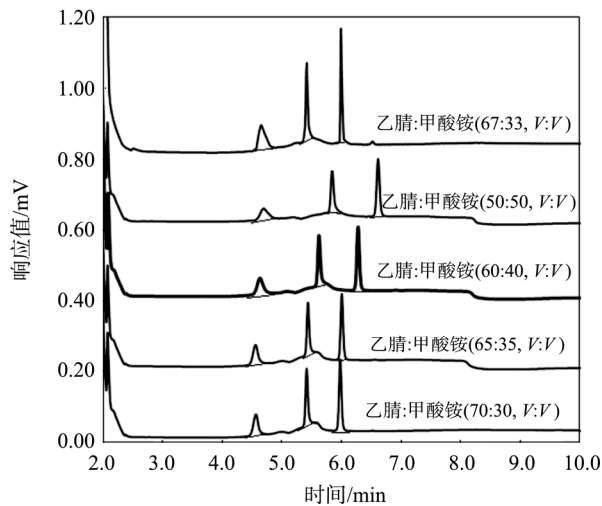


图 2 梯度洗脱 6~8 min 中流动相对标准品色谱的影响
Fig.2 Effect of mobile phase on standard chromatography in gradient elution 6~8 min

3.2 样品前处理方法优化

经检测发现样品基质复杂, 含有明胶, 对羟基苯甲酸乙酯, 维生素 E 等物质, 且均含有大豆油甘油等物质, 为保证前处理方法具有通用性, 适用于基质及目标物含量不同的样品, 考察了如下几种样品前处理方案。

方案 1: 取约 1 g 样品, 加 20 mL 石油醚溶解, 振摇 5 min, 保证样品分散均匀, 超声提取 10 min, 再振摇 5 min, 保证样品充分溶解, 于 4800 r/min 离心 5 min, 取 1.0 mL 上清液于 50 mL 离心管中, 加 20 mL 丙酮, 摇匀, 于 4800 r/min 离心 5 min, 取底层不溶物, 用甲醇定容至 10 mL。

方案 2: 准确称取 1 g 样品, 加入 20 mL 95%乙醇, 振摇 5 min, 保证样品分散均匀, 超声提取 10 min, 再振摇 5 min, 保证样品充分溶解, 于 4800 r/min 离心 10 min, 离心 10 min, 取 0.5 mL 上清液, 氮吹吹干后用甲醇定容至 10 mL。

按上述方法对 4 种样品进行前处理后进行色谱分析发现, 方案 1 能较好的除去杂质, 色谱图中杂质峰不明显, 几乎不对目标物质峰造成影响, 但磷脂提取率偏低, 4 个样品的平均提取率约 80%(提取率(%)=测定含量/标注含量×100)。方案 2 出现了磷脂酰乙醇胺的峰与杂质峰分离度达不到 1.5 的情况。

对比 2 种方法后提出方案 3: 取 1 g 样品, 加入 20 mL 甲醇, 充分溶解后于 4800 r/min 离心 10 min, 取 1.0 mL 上清液用甲醇定容至 10 mL。经该方法处理的样品, 其磷脂提取率高, 存在杂质峰, 但杂质峰对目标物质峰几乎无影响, 低含量样品中有轻微影响, 但适量调节稀释倍数后影响消失, 该方法后期处理难度低前处理简单快速结果准确, 由于样品中 3 种组分含量较高, 故取样量减小至 0.5 g, 确定方案 3 为样品前处理方法, 其色谱图见图 3, 4 种样品的含量见图 4。

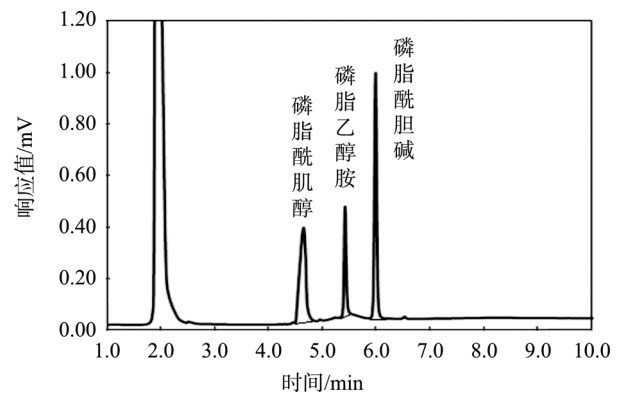


图 3 样品色谱图
Fig.3 Sample chromatogram

3.3 线性方程、检出限与定量限

将混合标准工作液系列溶液注入到色谱仪, 以浓度为横坐标, 峰面积为纵坐标, 进行线性回归, 回归方程如表 2, 表明 3 种组分在 0.025~0.25 mg/mL 的范围内线性关系良好。以 3 倍信噪比所对应的量为检出限, 10 倍的信噪比对应的量为定量限, 计算 3 种组分的检出限与定量限。

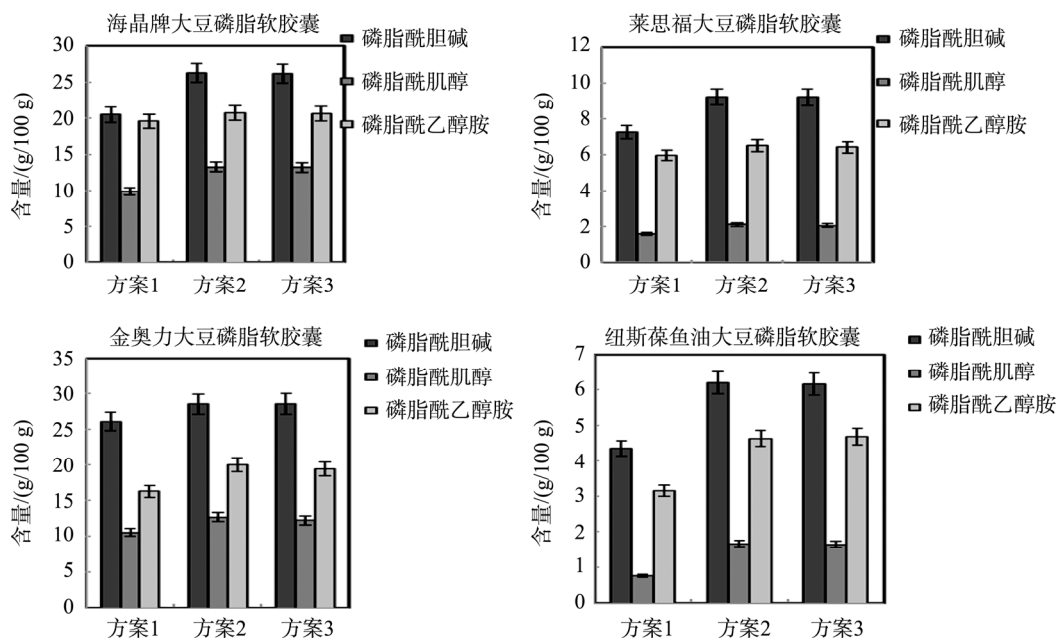


图4 4种样品在3种方案下的磷脂各组分的含量(n=3)

Fig.4 Contents of each component of phospholipids in 4 samples under 3 protocols (n=3)

表2 磷脂酰肌醇、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰胆碱的检出限和定量限

Table 2 Detection limits and quantitative limits of phosphatidylinositol, phosphatidylethanolamine and phosphatidylcholine

名称	线性方程	相关系数 r	浓度/(g/mL)	信噪比	检出限/(mg/g)	定量限/(mg/g)
磷脂酰肌醇	$Y=9.008 \times 10^6 X - 2.229 \times 10^5$	0.9968	0.063	53.625	1.386	4.624
磷脂酰乙醇胺	$Y=8.302 \times 10^6 X + 4.403 \times 10^4$	0.9986	0.063	211.593	0.342	1.138
磷脂酰胆碱	$Y=8.315 \times 10^6 X + 4.093 \times 10^4$	0.9974	0.063	251.182	0.300	1.002

3.4 回收率

精确称取 0.5 g 样品共 12 份, 其中 3 份样品加入 PC、PE、PI 浓度为 5 mg/mL 的标准溶液各 1.5 mL 作为低回收样品, 其中 6 份样品加入 PC、PE、PI 浓度为 5 mg/mL 的标准溶液各 3 mL, 作为中间回收样品, 另 3 份样品加入 PC、PE、PI 浓度为 5 mg/mL 的标准溶液各 6 mL, 作为高回收样品, 按照 2.4 操作并进行色谱分析, 由表 3 可知, 磷脂酰肌醇回收率在 90%~105%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)在 1.0%~2.0%, 磷脂酰乙醇胺回收率在 90%~105%, RSD 在 1.0%~4.0%, 磷脂酰胆碱回收率在 97%~105%, RSD 在 1.0%~2.0%, 该方法准确性较好。

3.5 实际样品的检测

检测了 4 种不同品牌的大豆磷脂软胶囊中 3 种磷脂组分的含量, 见表 4, 其所测得的 3 组分含量之和, 均大于标示含量, 说明此检测方法可行。

4 结论与讨论

本研究以快速简便为出发点, 对同时检测 3 种主要磷脂成分进行实验探究, 保证检测准确度的情况下同时对磷脂中的 3 种主要成分进行检测。跟目前现行有效的法定检验标准 GB 5009.272-2016 相比, 该方法存在 3 个优点: (1) 泛用性高: 可以同时检测磷脂三种主要成分磷脂酰肌醇, 磷脂酰乙醇胺, 磷脂酰胆碱同时进行定量定性检测。(2) 准确度高, 回收率在 90%~105%, 3 种组分检出限不高于 1.4 mg/g, 定量限不高于 4.7 mg/g。(3) 检验快速: 仅用甲醇提取即可上机, 每针进样时间只有 11 min。日常的食品检测往往是大批量的多种类的, 采用多种样品多平行实验的方式证明了方法在日常常规检测中的适应性, 快速简便, 节约溶剂, 既适用于日常的大批量检测又能进行磷脂单一组分定量定性的测定。

表 3 回收率试验($n=3$)
Table 3 Recoveries test ($n=3$)

样品量/g	磷脂酰肌醇			磷脂酰乙醇胺			磷脂酰胆碱		
	加入量/mg	回收率/%	RSD/%	加入量/mg	回收率/%	RSD/%	加入量/mg	回收率/%	RSD/%
0.51	2.5	91		0.6	90		0.6	100	
0.49	2.5	90	1.0	0.6	91	1.0	0.6	97	2.0
0.51	2.5	91		0.6	92		0.6	99	
0.5	15	101		5	96		5	104	
0.49	15	100		5	97		5	102	
0.5	15	105	2.00	5	94	4.00	5	101	1.00
0.5	15	98		5	105		5	101	
0.49	15	99		5	97		5	100	
0.52	15	101		5	101		5	100	
0.51	30	103		30	100		30	105	
0.50	30	101	1.0	30	99	1.0	30	103	2.0
0.51	30	102		30	100		30	102	

表 4 不同品牌的大豆磷脂软胶囊中 3 种磷脂组分的含量

Table 4 Contents of 3 kinds of phospholipid components in different brands of soybean phospholipid soft capsules

含量/(g/100 g)	海晶牌大豆磷脂软胶囊	纽斯葆鱼油大豆磷脂软胶囊	莱思福大豆磷脂软胶囊	金奥力大豆磷脂软胶囊
标示含量	磷脂 ≥ 49.0	磷脂酰胆碱 ≥ 5.0	磷脂酰胆碱 ≥ 8.0	磷脂 ≥ 58.0
磷脂酰胆碱	26.21	6.16	9.2	28.57
磷脂酰肌醇	13.24	1.64	2.03	12.23
磷脂酰乙醇胺	20.61	4.68	6.41	19.43
3 组分之和	60.06	12.48	17.64	60.23

参考文献

- 朱超, 梁琼麟, 王义明, 等. 磷脂组学研究中的分析检测技术[J]. 分析化学, 2016, 44(6): 984-993.
Zhu C, Liang QL, Wang YM, *et al.* Analytical detection technology in phospholipomics research [J]. *Chin J Anal Chem*, 2016, 44(6): 984-993.
- 颜韶兵, 童川, 包劲松. 谷物磷脂及其与谷物品质的关系研究进展[J]. 中国稻米, 2018, 24(1): 38-44.
Yan SB, Tong C, Bao JS. Research progress on grain phospholipids and their relationship with grain quality [J]. *Chin Rice*, 2018, 24(1): 38-44.
- 袁利鹏, 刘波, 熊波, 等. 大豆磷脂的制备、功能特性及行业应用研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(5): 13-15.
Yuan LP, Liu B, Xiong B, *et al.* Research progress on preparation, functional characteristics and industrial application of soybean phospholipids [J]. *Chin Brew*, 2013, 32(5): 13-15.
- 陈东方, 张聪恪, 李立, 等. 大豆卵磷脂胶囊对高血脂症人群降血脂功能[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(9): 180-182.
Chen DF, Zhang CK, Li L, *et al.* Soy lecithin capsules reduce blood lipid function of hyperlipidemia population [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(9): 180-182.
- 刘亚文, 曹光群. 大豆磷脂及其改性产物在化妆品中的应用[J]. 日用化学品科学, 2006, (8): 28-30.
Liu YW, Cao GQ. Application of soybean phospholipid and its modified products in cosmetics [J]. *Sci Technol Daily Chem*, 2006, (8): 28-30.
- Di-Paolo G, De-Camilli P. Phosphoinositides in cell regulation and membrane dynamics [J]. *Nature*, 2006, 443(7112): 651-657.
- 唐顺之, 江程, 关伟键, 等. 蛋黄来源磷脂酰乙醇胺的富集、纯化及脂肪酸组成研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 84-87.
Tang SZ, Jiang C, Guan WJ, *et al.* Enrichment, purification and fatty acid composition of phosphatidylethanolamine derived from egg yolk [J]. *Chin Oils*, 2018, 43(12): 84-87.
- Hammond GR, Fischer MJ, Anderson KE, *et al.* PI4P and PI (4, 5) P2 are essential but independent lipid determinants of membrane identity [J]. *Science*, 2012, 337(6095): 727-730.
- 崔晓鸽, 曹伶俐, 侯佳威, 等. 白杨素磷脂复合物的制备及其药动学行为[J]. 中成药, 2017, 39(5): 934-939.
Cui XG, Cao LL, Hou JW, *et al.* Preparation and pharmacokinetic behavior of astaxanthin complexes [J]. *Chin Tradit Patent Med*, 2017, 39(5): 934-939.
- 安红, 张琳, 何锡凤. 大豆脑磷脂的提取工艺研究[J]. 食品科学, 2006,

- (12): 343-346.
An H, Zhang L, He XF. Study on extraction process of soybean cerebral phospholipid [J]. Food Sci, 2006, (12): 343-346.
- [11] GB/T 5537-2008 粮油检验 磷脂含量的测定[S].
GB/T 5537-2008 Grain and oil inspection-Determination of phospholipid content [S].
- [12] LS/T 3219-2017 大豆磷脂[S].
LS/T 3219-2017 Soy phospholipids [S].
- [13] GB 5009.272-2016 食品中磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰肌醇的测定[S].
GB 5009.272-2016 Determination of phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, and phosphatidylinositol in foods [S].
- [14] 刘彬丽, 唐亚利, 金绍明, 等. 高效液相色谱法测定大豆磷脂类保健食品中磷脂酰胆碱含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(1): 90-94.
Liu BL, Tang YL, Jin SM, *et al.* Determination of phosphatidylcholine content in soybean phospholipid health food by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(1): 90-94.
- [15] 张强, 贾劼, 姜莉, 等. 液相色谱法测定浓缩磷脂软胶囊中磷脂酰胆碱[J]. 食品工业, 2018, 39(10): 318-321.
Zhang Q, Jia J, Jiang L, *et al.* Determination of phosphatidylcholine in concentrated phospholipid soft capsules by liquid chromatography [J]. Food Ind, 2018, 39(10): 318-321.
- [16] 陈晓翔, 苏彩珠, 陈奕. 同时测定大豆磷脂中总磷脂及油含量[J]. 中国油脂, 2008, (11): 73-75.
Chen XX, Su CZ, Chen Y. Simultaneous determination of total phospholipids and oil content in soybean phospholipids [J]. Chin Oils Fats, 2008, (11): 73-75.
- [17] 罗珍, 谢明勇, 陈芳, 等. 乙醇冷冻提取法纯化磷脂酰胆碱(PC)的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2006, (5): 75-77.
Luo Z, Xie MY, Chen F, *et al.* Study on the purification of phosphatidylcholine (PC) by ethanol freezing extraction method [J]. Food Res Dev, 2006, (5): 75-77.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王海波, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: 76494235@qq.com