

鲢鱼头磷脂的提取工艺优化及乳化性能研究

王然然¹, 王琦^{1,2}, 王学东¹, 岳大鹏¹, 陈季旺¹, 张维农^{1,2}, 王海滨¹, 贺军波^{1,2}

(1. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 武汉轻工大学 油脂及植物蛋白工程技术研发中心, 武汉 430023)

摘要:用乙醇溶液提取鲢鱼头中的磷脂并分析其乳化性能。通过单因素试验和正交试验优化鲢鱼头磷脂的提取条件;利用薄层层析分析鲢鱼头磷脂的组成,气相色谱-质谱联用仪分析鲢鱼头磷脂脂肪酸组成并与大豆卵磷脂比较;分别探究了磷脂质量浓度、离子强度、pH 和温度对磷脂乳化特性的影响。结果表明:鲢鱼头磷脂的最优提取条件为乙醇体积分数 80%、料液比 1:10、提取温度 35℃、提取时间 3 h,在此条件下磷脂纯度为 74.45%,磷脂产物提取率为 3.35%。鲢鱼头磷脂 PC 和 PE 的含量高于大豆卵磷脂;两者脂肪酸都以多不饱和脂肪酸为主,但鲢鱼头磷脂以 C22:6n-3 为主,大豆卵磷脂以 C18:2n-6 为主。在试验范围内,磷脂的乳化能力随着其质量浓度的增加而增强,且鲢鱼头磷脂的乳化能力略低于大豆卵磷脂的;无离子环境中两种磷脂的乳化能力较好;鲢鱼头磷脂和大豆卵磷脂皆在 pH 为 7 时乳化效果最佳;低温条件下两种磷脂乳化能力较好。总体来看,鲢鱼头磷脂的乳化特性与大豆卵磷脂的接近。

关键词:鲢鱼头;磷脂;脂肪酸组成;乳化特性;大豆卵磷脂

中图分类号:TS209;TS254.9 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)04-0102-07

Preparation process optimization and emulsification properties of phospholipids from silver carp head

WANG Ranran¹, WANG Qi^{1,2}, WANG Xuedong¹, YUE Dapeng¹, CHEN Jiwang¹, ZHANG Weinong^{1,2}, WANG Haibin¹, HE Junbo^{1,2}

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 2. Research Center of Oils and Plant Proteins Technology, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: Phospholipids were extracted by ethanol solution from silver carp head and its emulsification properties were analyzed. The extraction conditions of phospholipids from silver carp head were optimized by single factor experiment and orthogonal experiment. The composition of silver carp head phospholipids was analyzed by thin layer chromatography (TLC), and the fatty acid composition was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), as well as they were compared with soybean lecithin. The effects of phospholipid mass concentration, ionic strength, pH and temperature on phospholipid emulsification properties were studied. The results showed that the optimal extraction conditions of phospholipids from silver carp head were obtained as follows: ethanol volume fraction 80%, ratio of solid to liquid 1:10, extraction temperature 35℃ and extraction time 3 h. Under these conditions, the purity of phospholipids was 74.45%, and the extraction rate of the phospholipids products was 3.35%. The contents of PC and PE in silver carp head phospholipids were higher than those in soybean lecithin. The fatty

收稿日期:2019-06-12;修回日期:2019-11-20

基金项目:“十三五”国家重点研发计划“蓝色粮仓科技创新”专项(2018YFD0901103)

作者简介:王然然(1995),女,硕士研究生,研究方向为水产品加工及综合利用(E-mail)1519518740@qq.com。

通信作者:王琦,副教授,硕士生导师(E-mail)45061491@qq.com。

acids of the two types of phospholipids mainly were polyunsaturated fatty acids (PUFAs), but silver carp head phospholipids mainly was C22:6n-3, and the soybean lecithin mainly was C18:2n-6. The emulsifying ability of phospholipids from silver carp head and soybean lecithin gradually increased with the increase of mass concentration in

the tested range, and the emulsifying ability of silver carp head phospholipids was slightly lower than that of soybean lecithin. The emulsifying abilities of the two types of phospholipids were better in the non-ionic environment, and the emulsifying effect of the two types of phospholipids were the best at the pH 7. The emulsifying abilities of silver carp head phospholipids and soybean lecithin were better at low temperature. Generally, the emulsification properties of the phospholipids from silver carp head were similar to that of soybean lecithin.

Key words: silver carp head; phospholipids; fatty acid composition; emulsification property; soybean lecithin

磷脂是细胞基本结构中的主要成分之一,具有多种生理功效,如活化细胞,调节身体激素平衡,增强人体免疫力和再生力等^[1]。在结构方面,磷脂属两亲结构,是一种两性表面活性剂,亲油一端将油滴以薄膜状的形式包裹,亲水一端与水分子相吸,大大降低了水油之间的界面张力,从而使水和油形成了均匀稳定的乳液。磷脂应用在食品工业中具有乳化和抗氧化等作用^[2]。

鲢鱼属大宗淡水鱼,是我国著名四大家鱼之一,目前已成为很好的水产加工原料,但有关鲢鱼在食品方面的研究主要集中在鱼糜、鱼皮和鱼油等方面^[3-4],有关鱼头方面的研究较少。鱼头作为鲢鱼加工的主要副产物之一,占全鱼质量的1/4~1/3,主要用于加工动物饲料,原料的利用率不高且附加值较低,对鲢鱼头中磷脂的提取分析研究报道鲜见^[5-6]。目前,磷脂的提取方法主要有溶剂萃取法^[7]、柱层析法^[8]、超临界CO₂萃取法和膜分离法^[9]等。基于成本和大规模工业化生产的可行性,本文选择溶剂萃取法提取鲢鱼头磷脂,提高了鲢鱼副产物的加工价值,同时检测鲢鱼头磷脂的乳化特性并与常见的商品大豆卵磷脂作比较,为其在食品工业中的进一步应用提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鲜活鲢鱼,武汉华南海鲜批发市场;大豆卵磷脂,美国Sigma公司;无水乙醇、氯仿、甲醇、氨水、三氧化钼、钼粉、氢氧化钠、氯化钠、氯化钙,均为分析纯;正己烷,色谱纯;长康绿态原香四级压榨菜籽油,湖南岳阳;磷脂酸(PA)、磷脂酰乙醇胺(PE)、磷脂酰肌醇(PI)、磷脂酰胆碱(PC)、鞘磷脂(SM),瑞典Larodan公司。

YRE-301 旋转蒸发器;YH-500 隔膜真空泵;SHZ-82 水浴恒温振荡器;FSH-2A 可调高速均质机;FD5 冷冻干燥机;UV-1100 紫外可见分光光度

计;7890A-5975C 气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司;层析硅胶(GF254)薄板-铝箔片基。

1.2 试验方法

1.2.1 鲢鱼头磷脂提取

新鲜鲢鱼头→破壁机破碎→真空冷冻干燥→加入乙醇溶液→恒温振荡器中振荡提取一定时间→抽滤→滤液于80℃真空旋转蒸发去除溶剂→磷脂产物。

1.2.2 磷脂纯度和磷脂产物提取率的测定

参考SN/T 3851—2014 测定磷脂纯度。

$$\text{磷脂产物提取率} = \frac{\text{磷脂产物质量}}{\text{样品冻干粉质量}} \times 100\%$$

1.2.3 鲢鱼头磷脂组成分析

薄板在烘箱105℃烘干活化1~2h,取出在干燥器中冷却至室温即可使用。将薄板切割为宽5cm、长10cm,按照氯仿、甲醇与水体积比为65:25:4配制展开剂,将磷脂样品配成200mg/mL的氯仿溶液进行点板,在展开剂中展开离薄板顶端2cm处取出,使用Dittmer-Lester试剂对薄层结果进行显色和分析,然后扫描薄层结果,并使用Scion Image软件处理图像后分析不同磷脂种类含量。

1.2.4 鲢鱼头磷脂的脂肪酸组成分析

采用气相色谱-质谱法测定鲢鱼头磷脂的脂肪酸组成。

气相色谱条件:HP-FFAP石英毛细管色谱柱(30m×0.25mm,0.25μm);升温程序为160℃保持2min,以20℃/min升至300℃,保持6min;载气(He)流速1.0mL/min,压力2.4kPa;进样量1μL;分流比10:1。质谱条件:电子轰击离子源;电子能量70eV;传输线温度250℃;离子源温度230℃;扫描速度3.21次/s;质量扫描范围(m/z)10~460。

用气相色谱-质谱进行全离子扫描分析。用化学工作站数据处理系统和标准质谱图库NIST11进行解析,确认鲢鱼头磷脂中各种脂肪酸的化学结构。

根据化合物色谱峰响应,利用面积归一化法计算各脂肪酸的相对含量。

1.2.5 乳化性能的测定

1.2.5.1 乳化步骤

样品乳化剂(一定质量浓度鲢鱼头磷脂和大豆卵磷脂)→一定温度下保温 10 min→加入 10 mL 菜籽油和 10 mL 蒸馏水→于 8 000 r/min 的转速下匀浆 2 min→调整 pH→快速转移到相应温度的水浴锅中静置 4 h→计算乳液的乳化层比例。

1.2.5.2 乳化层比例的计算

$$\text{乳化层比例} = \frac{\text{样品总体积} - \text{游离水体积}}{\text{样品总体积}} \times 100\%$$

1.2.6 数据分析

试验数据经初步整理后,采用 SPSS 17.5 统计软件用于正交试验优化设计及其方差分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 乙醇体积分数对鲢鱼头磷脂提取的影响

取 2.5 g 经冷冻干燥后的鲢鱼头粉,设置 50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 的乙醇体积分数梯度,在料液比 1:10、提取温度 25 ℃、提取时间 1.5 h 条件下,考察乙醇体积分数对鲢鱼头磷脂提取的影响,结果见图 1。

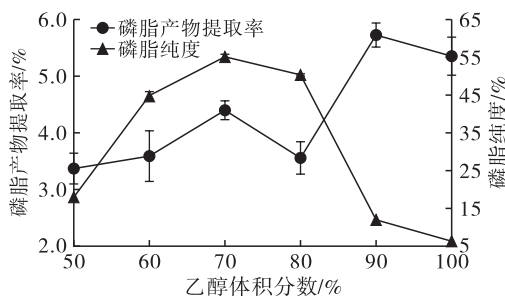


图 1 乙醇体积分数对鲢鱼头磷脂提取的影响

由图 1 可知,磷脂纯度随着乙醇体积分数的升高先增大后减小,当乙醇体积分数为 70% 时,磷脂纯度最高,达 54.85%。乙醇体积分数较低时,水分过多,极性过强,磷脂的溶解度下降,随着乙醇体积分数的升高,极性逐渐减弱,使乙醇的 I/O 值(无机性值/有机性值)接近被提取磷脂的 I/O 值,磷脂的溶解度逐渐上升,当乙醇体积分数过高时,又会因为极性的下降,使磷脂的溶解度降低^[10]。陈文娟等^[11]发现大黄鱼鱼卵乙醇提取物中磷脂含量随着乙醇体积分数的增大逐渐增大,而用无水乙醇提取时,磷脂含量反而下降。最佳乙醇体积分数的选取同时参考磷脂产物提取率,磷脂产物提取率处于 3.35%~5.70% 之间,波动不大,当乙醇体积分数为

70% 时,磷脂产物提取率为 4.39%,因此确定 70% 为最佳乙醇体积分数。

2.1.2 料液比对鲢鱼头磷脂提取的影响

取 2.5 g 经冷冻干燥后的鲢鱼头粉,设置 1:4、1:6、1:8、1:10、1:12 和 1:14 的料液比梯度,在乙醇体积分数 70%、提取温度 25 ℃、提取时间 1.5 h 条件下,考察料液比对鲢鱼头磷脂提取的影响,结果见图 2。

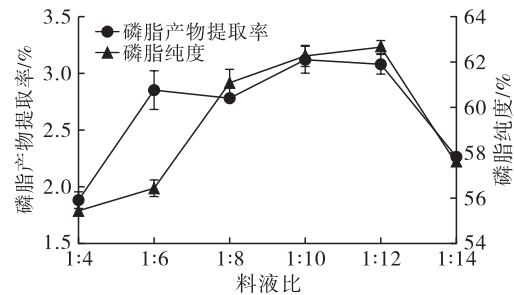


图 2 料液比对鲢鱼头磷脂提取的影响

由图 2 可知,磷脂纯度随着料液比的增加逐渐升高,但当料液比从 1:8 增加到 1:12 时,磷脂纯度的增加幅度不明显,当增加到 1:14 时有下降的趋势。当溶剂量增加时,增加了鲢鱼头粉与乙醇溶液的接触面积,促进磷脂的析出,但溶剂量过大,则成本大,经济性差,在料液比 1:8 时,磷脂纯度较高,为 61.07%。许艳萍等^[12]发现过高的料液比会导致部分非磷脂成分在溶液中的溶解度升高,影响磷脂的纯度,与本试验研究结果一致。最佳料液比的选取同时参考磷脂产物提取率,料液比为 1:6~1:12 时,磷脂产物提取率处于 2.78%~3.12% 之间,波动不大,当料液比为 1:8 时,磷脂产物提取率为 2.78%,因此确定 1:8 为最佳料液比。

2.1.3 提取温度对鲢鱼头磷脂提取的影响

取 2.5 g 经冷冻干燥后的鲢鱼头粉,设置 25、35、45、55、65 ℃ 和 75 ℃ 的提取温度梯度,在乙醇体积分数 70%、料液比 1:8、提取时间 1.5 h 条件下,考察提取温度对鲢鱼头磷脂提取的影响,结果见图 3。

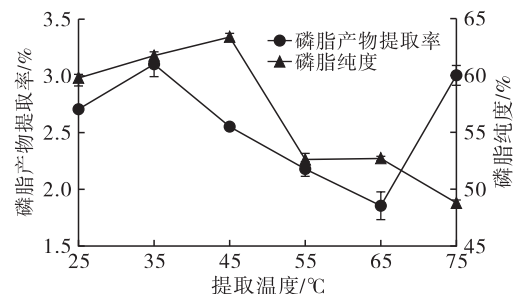


图 3 提取温度对鲢鱼头磷脂提取的影响

由图3可知,磷脂纯度随着提取温度的升高先上升后下降,当提取温度为45℃时,磷脂纯度最高,达63.41%。提取温度的升高可加快溶质的传质速率,利于磷脂的析出,但随着提取温度继续升高,乙醇挥发加剧,导致体系内乙醇体积分数降低,不利于磷脂的提取。过高的温度还会使磷脂氧化降解,影响磷脂的纯度^[13]。最佳提取温度的选取同时参考磷脂产物提取率,提取温度从35℃升高到65℃时,磷脂产物提取率呈明显降低趋势,当提取温度为45℃时,磷脂提取率为2.55%,因此确定45℃为最佳提取温度。

2.1.4 提取时间对鲢鱼头磷脂提取的影响

取2.5 g经冷冻干燥后的鲢鱼头粉,设置1.5、3、4.5、6、7.5 h和9 h的提取时间梯度,在乙醇体积分数70%、料液比1:8、提取温度45℃条件下,考察提取时间对鲢鱼头磷脂提取的影响,结果见图4。

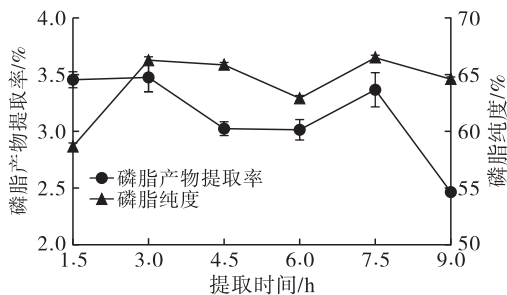


图4 提取时间对鲢鱼头磷脂提取的影响

由图4可知,提取时间超过3 h后,磷脂纯度无明显变化。延长时间有利于磷脂在有机溶剂中的析出,但是乙醇溶液对磷脂的提取能力最终会达到饱和状态,提取时间达到3 h时,达到饱和状态,纯度为66.2%。最佳提取时间的选取同时参考磷脂产物提取率,提取时间为3 h时,磷脂产物提取率最高,达3.47%,因此确定3 h为最佳提取时间。

2.2 正交试验

根据单因素试验得到的最佳乙醇体积分数、料液比、提取温度和提取时间,设计四因素三水平的正交试验优化鲢鱼头磷脂提取工艺。正交试验因素与水平见表1,正交试验方案及结果见表2,方差分析见表3。

表1 正交试验因素与水平

水平	A 乙醇体积分数/%	B 料液比	C 提取温度/℃	D 提取时间/h
1	60	1:6	35	1.5
2	70	1:8	45	3.0
3	80	1:10	55	4.5

表2 正交试验方案及结果

试验号	A	B	C	D	磷脂纯度/%
1	1	1	1	1	47.10
2	1	2	2	2	48.74
3	1	3	3	3	46.70
4	2	1	2	3	51.63
5	2	2	3	1	55.57
6	2	3	1	2	69.32
7	3	1	3	2	73.34
8	3	2	2	3	65.41
9	3	3	1	1	60.73
k_1	47.51	57.36	59.05	54.47	
k_2	58.84	56.57	55.26	63.80	
k_3	66.49	58.92	58.54	54.58	
R	18.98	2.35	3.79	9.33	

表3 方差分析

差异来源	离差平方和	自由度	均方	F	显著性
A	1 640.538	2	820.269	2 431.227	**
B	119.452	2	59.726	177.025	*
C	226.205	2	113.103	335.229	*
D	691.042	2	345.521	1 024.102	**

从表2可知,影响鲢鱼头磷脂纯度的主次因素依次为A>D>C>B,即乙醇体积分数>提取时间>提取温度>料液比。从表3可知,乙醇体积分数和提取时间对鲢鱼头磷脂提取的影响非常显著,而料液比和提取温度对鲢鱼头磷脂提取的影响显著。综上所述,根据正交试验结果,确认最佳工艺条件为A₃B₃C₁D₂,即乙醇体积分数80%,料液比1:10,提取温度35℃,提取时间3 h。根据正交试验得到的最佳工艺条件做3组平行试验,3次试验磷脂产物提取率的平均值为3.35%,磷脂纯度平均值为74.45%。

2.3 鲢鱼头磷脂薄层分析结果

最优条件下提取的鲢鱼头磷脂和大豆卵磷脂薄层分析结果见图5和表4。

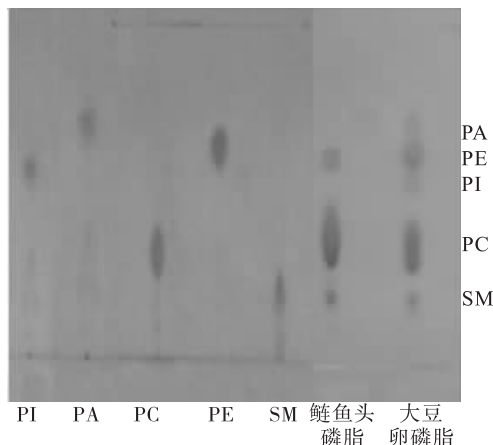


图5 不同磷脂薄层分析结果

表4 鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂各组分含量 %

组分	鲑鱼头磷脂	大豆卵磷脂
PA	-	8.75 ± 0.01
PE	18.75 ± 0.03 ^a	12.69 ± 0.01 ^b
PI	-	6.12 ± 0.02
PC	75.00 ± 0.02 ^a	62.11 ± 0.02 ^b
SM	6.25 ± 0.04 ^b	10.33 ± 0.01 ^a

注:同行数值后不同字母表示显著差异($P < 0.05$)。

从图5和表4可知:鲑鱼头磷脂包含PC、PE和SM 3种组分,含量依次为PC > PE > SM;大豆卵磷脂含有PC、PE、SM、PA和PI 5种组分,含量依次为PC > PE > SM > PA > PI;PC和PE在鲑鱼头磷脂中的含量高于大豆卵磷脂。

PC是生物体生长发育极为重要的磷脂^[14]。PE又称脑磷脂,是神经细胞膜的重要组成部分,可改善大脑功能^[15]。SM的两大代谢产物神经酰胺和鞘氨醇参与体内的细胞生长、分化和凋亡等生理活动,对于抑制癌症具有潜在的作用效果^[16]。鲑鱼头磷脂中的PC、PE和SM含量都较高,可以推测鲑鱼头磷脂具有较好的生理活性。

2.4 鲑鱼头磷脂脂肪酸组成

最优条件下提取的鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂脂肪酸组成见表5。

表5 鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂脂肪酸组成 %

脂肪酸	鲑鱼头磷脂	大豆卵磷脂
C14:0	1.48 ± 0.16	0.23 ± 0.10
C16:0	23.82 ± 0.04	19.61 ± 0.15
C16:1 _{n-7}	3.42 ± 0.24	0.19 ± 0.01
C18:0	7.23 ± 0.04	6.84 ± 0.20
C18:1 _{n-9}	17.86 ± 0.09	10.93 ± 0.04
C18:2 _{n-6}	2.20 ± 0.17	61.27 ± 0.27
C18:3 _{n-3}	3.13 ± 0.18	-
C20:2 _{n-6}	0.71 ± 0.01	-
C20:3 _{n-6}	1.86 ± 0.09	-
C20:4 _{n-6}	0.98 ± 0.12	-
C20:5 _{n-3}	7.97 ± 0.11	-
C22:5 _{n-6}	9.65 ± 0.40	-
C22:6 _{n-3}	16.21 ± 0.88	-
其他	3.48 ± 0.16	0.93 ± 0.02

由表5可知,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂都以多不饱和脂肪酸(PUFA)为主,PUFA的含量在大豆卵磷脂中高于鲑鱼头磷脂。就PUFA而言,鲑鱼头磷脂以C22:6_{n-3}(DHA)为主,大豆卵磷脂以C18:2_{n-6}为主。

2.5 乳化性能的测定结果

2.5.1 磷脂质量浓度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

设置0.25、0.5、1、3 mg/mL和5 mg/mL磷脂质

量浓度梯度,在温度20℃、pH 7条件下考察磷脂质量浓度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响,结果见图6。

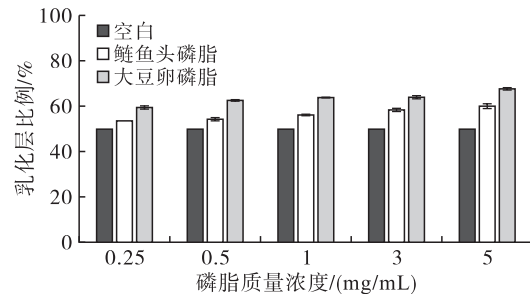


图6 磷脂质量浓度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

由图6可知,在常温下,无离子环境中,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化层比例随着磷脂质量浓度的增加而渐渐增加,鲑鱼头磷脂增加的幅度较大豆卵磷脂缓慢。有文献报道^[17],想要获得良好乳化效果的前提是要加入足够量的乳化剂,因为两相水油界面吸附的分子数目会因为乳化剂浓度较低而过低,导致界面膜强度差,乳液稳定性弱,只有当乳化剂浓度达到相当量时,界面膜上胶黏分子较多,界面膜强度较强,乳液中液滴分离性较好而不易发生聚结,乳液稳定性好。鲑鱼头磷脂在当前试验条件下,乳化能力稍低于大豆卵磷脂,结合对鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂组成分析发现,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂皆以PC为主,PC能在乳液界面形成有序单分子层和双层膜的层状结构,利于乳液的稳定;同时发现PC含量高的混合磷脂较PC含量低的混合磷脂不易形成稳定的乳状液,这可能是因为大豆卵磷脂中的PA和PI带有电荷,PA和PI在水中溶解性更好,比中性磷脂作乳化剂更易分散,以形成更强的界面膜,提高了乳液的稳定性^[18-19]。

2.5.2 离子强度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

在乳化前加入NaCl或CaCl₂,设置0.05%、0.1%、0.2%和0.4%的离子添加量梯度,在磷脂质量浓度1 mg/mL、温度20℃、pH 7条件下,考察离子强度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响,结果见图7。

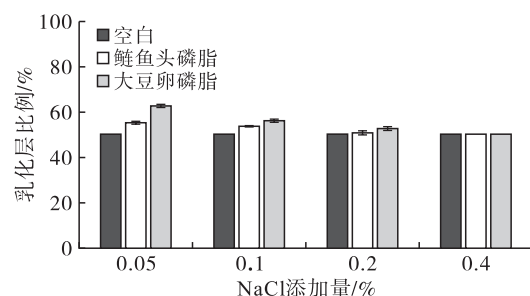


图7 NaCl添加量对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

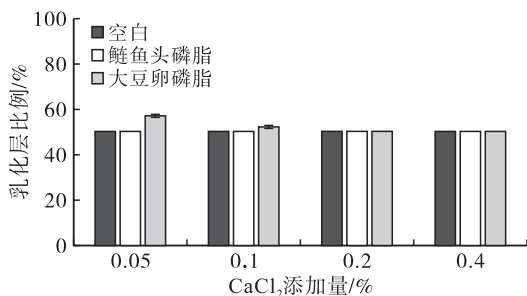


图8 CaCl₂添加量对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

由图7和图8可知,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化能力随着离子强度的增加都逐渐减小。不含电解质或电解质浓度较低时,能有效地阻止乳液中质点间发生不可逆絮凝,增加电解质或电解质浓度时,则降低了双电层的厚度并降低了颗粒之间的静电排斥力,乳液中质点间将易发生不可逆絮凝^[20]。CaCl₂对不同种类磷脂乳化能力的影响大于NaCl。相同质量浓度下,CaCl₂对乳液的破坏作用大于NaCl,这是因为当电解质离子浓度相同时,电解质离子的电荷数越大,其压缩双电层的作用越明显,电位越低,乳液稳定性越差^[21]。

2.5.3 pH对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

设置pH分别为3、4、5、6、7、8、9的乳液pH梯度,在磷脂质量浓度1 mg/mL、温度20℃条件下,考察pH对乳液体系中磷脂乳化能力的影响,结果见图9。

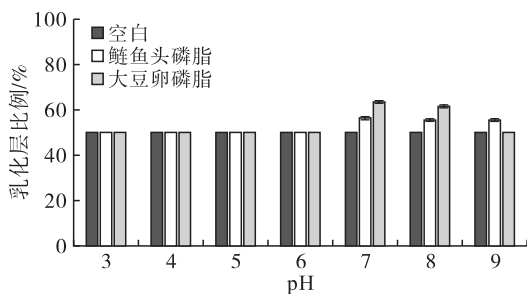


图9 pH对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

由图9可知,在pH处于3~6之间时,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂基本都无乳化能力,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂皆在pH7时乳化效果最佳,随着pH的增加,鲑鱼头磷脂乳化效果有所降低,与大豆卵磷脂一致。磷脂类组分属于离子型表面活性剂,pH对其影响很大,只有在磷脂分子离子化时才表现出表面活性。pH的波动将造成活性表面分子的电离状态的变化,升高或降低乳液的稳定性,由于磷脂带有大量的电荷,在pH为中性的环境中,磷脂具有较强的静电斥力作用,从而吸附在油滴表面,以保持乳液的稳定,但当环境转变为酸性条件时,则是不稳定的^[22]。

2.5.4 温度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

设置4、20、30、40、50℃和60℃的温度梯度,在磷脂质量浓度1 mg/mL、pH7条件下,考察温度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响,结果见图10。

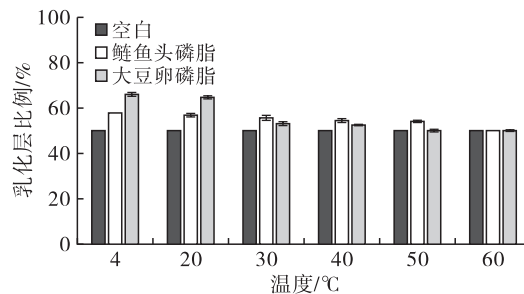


图10 温度对乳液体系中磷脂乳化能力的影响

由图10可知,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化能力随着温度的升高而有所降低。低温条件下鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化稳定性较好,4℃和20℃下,鲑鱼头磷脂的乳化能力稍低于大豆卵磷脂,温度升高到30~50℃时,鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化能力都出现下降,前者的乳化能力高于后者,温度升至60℃时两者都失去了乳化能力。高温降低磷脂的乳化能力,乳化剂的溶解度会随着温度的升高而增大,油水界面上吸附的磷脂将因为其溶解度的增大而大幅度减少,界面膜强度变弱,同时,乳液自身的黏度会随着温度的上升而下降,乳液内部的质点与质点之间的碰撞概率上升,从而影响乳液的稳定性^[23]。

3 结论

采用乙醇溶液提取鲑鱼头磷脂,以期得到高纯度磷脂。采用单因素试验和正交试验考察乙醇体积分数、料液比、提取温度和提取时间的影响。结果发现:乙醇体积分数和提取时间对鲑鱼头磷脂提取的影响非常显著,而料液比和提取温度对鲑鱼头磷脂提取的影响显著。最佳工艺条件为乙醇体积分数80%、料液比1:10、提取温度35℃、提取时间3 h,在此条件下磷脂产物提取率为3.35%,磷脂纯度高达74.45%。利用此方法提取鲑鱼头磷脂,可一次性提取较高纯度的磷脂,简便快捷,适合大规模工业化生产。

对鲑鱼头磷脂的乳化特性进行研究,并与商品大豆卵磷脂作比较,结果显示:在常温、无离子环境下的试验浓度范围内,鲑鱼头磷脂的乳化能力稍低于大豆卵磷脂;离子强度对鲑鱼头磷脂和大豆卵磷脂的乳化能力影响都较大,高离子强度甚至会使其丧失乳化能力;两者在中性和低温环境中乳化性能较好,在30~50℃的环境中鲑鱼头磷脂的乳化能力

稍好于大豆卵磷脂。总体而言,鲢鱼头磷脂的乳化特性接近于大豆卵磷脂,但是鲢鱼头磷脂含有DHA,通过对鲢鱼头磷脂的研究,可以进一步丰富的功能型磷脂在食品工业中的应用。

参考文献:

- [1] MADRIGAL - CARBALLO S, LIM S, RODRIGUEZ G, et al. Biopolymer coating of soybean lecithin liposomes via layer - by - layer self - assembly as novel delivery system for ellagic acid [J]. *J Funct Foods*, 2010, 2 (2): 99 - 106.
- [2] KRALOVA I, SJOBLUM J. Surfactants used in food industry: a review[J]. *J Disper Sci Technol*, 2009, 30(13): 1363 - 1373.
- [3] ASGHARZADEH A, SHABANPOUR B, AUBOURG S P, et al. Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storages: effect of a previous washing process[J]. *Grasas Aceites*, 2010, 61(1):95 - 101.
- [4] 余永名,仪淑敏,徐永霞,等. 鲢鱼与金线鱼混合鱼糜的凝胶特性[J]. *食品科学*, 2016, 37(5): 17 - 22.
- [5] WANG C X, XIA W S, XU Y S, et al. Physicochemical properties, volatile compounds and phospholipid classes of silver carp brain lipids[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2013, 90 (9): 1301 - 1309.
- [6] 王彩霞,姜启兴,许艳顺,等. 鱼脑的研究现状及发展前景[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(18): 370 - 372.
- [7] 崔益玮,李诗言,王珏,等. 水产加工副产物中磷脂和鱼油的分离及脂质组学研究[J]. *水产学报*, 2017, 41 (6): 827 - 835.
- [8] 宋范范,张康逸,张薇薇,等. 无水乙醇萃取联合氧化铝柱层析制备高纯磷脂酰胆碱[J]. *食品科学*, 2015, 36 (10): 6 - 10.
- [9] 刘青松,王文高,丁丹华,等. 膜分离纯化蛋黄卵磷脂工艺研究[J]. *粮食与油脂*, 2011(6): 20 - 23.
- [10] 安红,宋伟明,张宏波. 磷脂化学及应用技术[M]. 北京:中国计量出版社,2006: 49.
- [11] 陈文娟,陈丽娇. 大黄鱼鱼卵提取及磷脂成分分析[J]. *福建农林大学学报*,2012, 41(4): 498 - 502.
- [12] 许艳萍,梁鹏,陈丽娇,等. 大黄鱼鱼卵(籽)磷脂提取工艺及其脂肪酸组成分析[J]. *中国食品学报*,2017, 17(9): 74 - 81.
- [13] 张丽,卢航,刘迪,等. 超声波辅助提取鱼脑磷脂的研究[J]. *大连海洋大学学报*,2014, 29(1): 66 - 69.
- [14] 李贞. 卵磷脂的生物学功能及其应用[J]. *畜牧与饲料科学*,2016, 37(2): 94 - 95.
- [15] 邓杨敏,李冰麟,董文博,等. 磷脂酰乙醇胺的酶促合成及底物抑制动力学[J]. *化工进展*,2017, 36(7): 2601 - 2606.
- [16] 李继荣,唐顺之,牟肖男. 等. 蛋黄卵磷脂中鞘磷脂的分离与结构鉴定[J]. *广东化工*,2016, 22(43): 206 - 207.
- [17] 安秀林,李庆忠. 乳状液稳定性的影响因素和表达[J]. *张家口农专学报*,2003, 19(3): 29 - 31.
- [18] VAN NIEUWENHUYZEN W, SZUHAJ B F. Effects of lecithins and proteins on the stability of emulsions [J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 1998, 100(7): 282 - 291.
- [19] VIKBJERG A F, RUSIJ J Y, JONSSON G, et al. Comparative evaluation of the emulsifying properties of phosphatidylcholine after enzymatic acyl modification [J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(9): 3310 - 3316.
- [20] 刘昊天,李媛媛,孔保华. 天然乳化剂在食品乳状液中的应用研究发展[J]. *食品工业*,2017, 38(7): 223 - 226.
- [21] 卢行芳,卢荣. 天然磷脂产品的加工及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [22] OZTURK B, ARGIN S, OZILGEN M, et al. Formation and stabilization of nanoemulsion - based vitamin E delivery systems using natural surfactants: quillaja saponin and lecithin[J]. *Food Eng*, 2014, 142(12): 57 - 63.
- [23] 张安世,李维琳. 溶血磷脂的乳化性能研究[J]. *安徽农业科学*,2007, 35(13): 3800 - 3801.

告
读
者

为更好地服务于广大读者,《中国油脂》杂志社常年办理《中国油脂》逾期补订和过刊订阅业务;常年办理油脂专业书籍邮购业务,书目、代号、价格请查阅近期《中国油脂》杂志社专业书籍征订广告。

订阅、邮购地址:西安市劳动路118号,《中国油脂》杂志社读者服务部
邮编:710082 电话:029 - 88631255 联系人:潘亚萍