

脉冲电场对粉末磷脂分散体系颗粒性质的影响

贾 晓, 曾新安*

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510641)

摘 要: 研究高强脉冲电场(PEF)对磷脂水溶液分散体系颗粒性质的影响。结果表明: 增大脉冲电场场强和脉冲数的输入, 体系粒径分布区间明显变窄且向较小方向移动; 在场强为 70kV/cm 条件下, 平均粒径(d_M)由未施加电脉冲处理下的 594.4nm 减为 203nm, 相比未施加电场样品减少了 65.8%; 低场强(20kV/cm)处理下, 50 个脉冲处理下 d_M 为 511.2nm, 而在高场强(60kV/cm)条件下, 25 个脉冲处理时, d_M 为 349.7nm, 说明在高场强处理下, 能够在较少的脉冲数输入下, 获得较小的颗粒粒径。

关键词: 脉冲电场; 粉末磷脂; 分散体系; 颗粒性质

Effect of Pulsed Electric Field on Particle Distribution Properties of Powder Phosphatides Dispersion System

JIA Xiao, ZENG Xin-an*

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The effect of pulsed electric field (PEF) treatment on particle properties of powder phosphatides dispersion system was studied. The results showed that the size distribution of powder phosphatides was significantly narrowed and shifted towards smaller size direction with the increase of electric field strength and number of applied pulses. The average particle size was reduced by 65.8% from 594.4 nm (contrast) to 203 nm at a filed intensity of 70 kV/cm. It was demonstrated that the particle size was decreased to 511.2 nm under lower filed intensity (20 kV/cm) with 50 pulses, and to 349.7 nm under higher filed intensity (60 kV/cm) with 25 pulses. Therefore, small particles can be easily obtained after PEF treatment with higher filed intensity and less pulse number.

Key words: pulsed electric field; powder phosphatides; dispersion system; particle properties

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)05-0042-04

脉冲电场(pulsed electric field, PEF)处理是将场强达到 10kV/cm 以上的电脉冲施加到处理室中的液态物料中, 因处理时间短、温度升幅小、能耗低和杀菌效果明显等成为目前食品非热杀菌技术的热点之一^[1]。近年来国内外有关 PEF 在食品杀菌方面的报道比较多, 尤其在新鲜果蔬汁^[2-3]、牛奶^[4-5]、液蛋^[6-7]方面的研究更为引人注目, 在达到令人满意的杀菌效果的同时, 还能最大限度的保持食品的风味、色泽、营养成分及延长产品的货架寿命。PEF 能有效地杀死枯草芽孢杆菌、啤酒酵母、金黄色葡萄球菌、嗜热链球菌、大肠杆菌、霉菌和酵母等微生物的营养体细胞^[8]。

目前关于 PEF 杀菌机理有多种假说, 但大部分学者认同细胞膜极化穿孔效应^[9-10], 认为适度的 PEF 处理导致了细胞膜的可逆与不可逆穿孔极化, 破坏细胞膜结

构, 导致微生物死亡。生物细胞膜是具有流动性的磷脂双层膜^[11], 磷脂类双分子层结构具有亲水端和疏水端, 构成了细胞膜的骨架, 决定着细胞膜的流动性。张鹰等^[12]研究发现脉冲电场能够使酿酒酵母细胞膜流动性和通透性改变, 从而造成细胞死亡。因此研究磷脂在 PEF 作用下的分散性质变化将有助于揭示脉冲电场的杀菌机理, 从而为 PEF 在食品绿色加工中的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆粉末磷脂购于北京美亚斯磷脂技术有限公司, 其理化性质见表 1。

收稿日期: 2011-03-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(21076088); 广东省科技计划国际合作重点项目(2009B050400003)

作者简介: 贾晓(1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事脉冲电场灭菌机理研究。E-mail: jiaxiaojing@163.com

* 通信作者: 曾新安(1972—), 男, 教授, 博士, 主要从事食品绿色加工和酿酒研究。E-mail: xazeng@scut.edu.cn

表1 大豆粉末磷脂理化指标
Table 1 Physico-chemical properties of powder phosphatides

指标	水分及挥发物含量/%	丙酮不溶物含量/%	乙醚不溶物含量/%	酸价/(mg KOH/g)	过氧化值/(meq/kg)	磷脂酰胆碱含量/%
数值	0.7	98.1	0.09	28.6	5.1	23.4

1.2 仪器与设备

Master2000 马尔文激光粒度分析仪 英国马尔文仪器有限公司；高强脉冲电场处理设备(连续处理装置，电场强度0~70kV/cm连续可调，脉冲频率为1.0kHz，脉冲宽度10~20μs，处理室电极材料为铜，绝缘部分为聚四氟乙烯，处理室容量为0.02mL，波形为平方波)自行设计研制。

1.3 方法

1.3.1 磷脂溶液配制

称取一定量的粉末磷脂用蒸馏水配制质量浓度为0.2g/100mL的粉末磷脂悬浮液。

1.3.2 脉冲电场参数设定

脉冲频率1.0kHz，脉冲宽度16μs，波形是方形波，流速50mL/min，在此条件下处理一次样品受到处理的脉冲数目为25个。

1.3.3 脉冲数计算

$$\text{脉冲数: } n = \frac{V \times f}{v}$$

式中：V为处理室的体积/mL；f为脉冲频率/Hz；v为流速/(mL/s)。

1.3.4 粒度分析

采用马尔文纳米粒度分布仪研究脉冲电场处理后粉末磷脂粒径分布及变化情况。为考察粒径分布的稳定性，样品静置24h后再测定其粒径分布。

2 结果与分析

2.1 脉冲电场对大豆粉末磷脂颗粒性质的影响

2.1.1 脉冲电场处理对大豆粉末磷脂分散体系颗粒平均粒径的影响

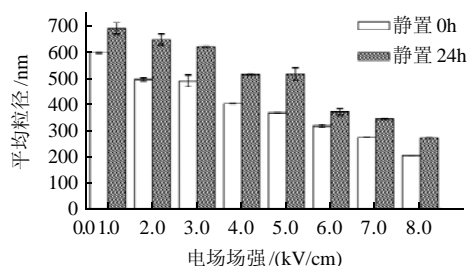


图1 脉冲电场强度对大豆粉末磷脂颗粒平均粒径的影响
Fig.1 Effect of PEF intensity on average particle size of powder phosphatides

平均粒径代表整体颗粒性质，磷脂体系经脉冲电场处理3次后即时测定(0h)和静置24h后平均粒径如图1所示。在脉冲电场处理下，平均粒径(d_m)随着施加脉冲场强的增强而明显减少。在未施加电脉冲的样品中，颗粒平均粒径为594.4nm；当施加10kV/cm的场强处理后，体系中 d_m 降到500nm；随着脉冲场强的增大，平均粒径也相应的减小，在场强为70kV/cm条件下，减为203nm，相比对照样减少了65.8%。说明增加脉冲电场场强的输入能有效地减小大豆粉末磷脂水溶液体系中的颗粒。

对静置24h后的乳液进行粒度分析，相对于静置0h的乳液其平均粒径均明显增大，说明静置过程中，颗粒之间发生了聚集，使得粒径增大。磷脂是一种两性分子，其磷酸和含氮碱基是极性的，容易与水相吸，形成溶剂化，另一方面由于磷脂分子本身增大也存在自发聚合使得磷脂在水溶液中易于聚合成更大的颗粒^[13]。

在静置后，磷脂颗粒有不同程度的聚集，在低场强(10、20kV/cm)处理之后的样品恢复的能力较大， d_m 可以达到未处理时样品的平均颗粒状态；而在50、60、70kV/cm场强处理下，静置24h颗粒平均粒径增大，但是增大的并不多，这可能是由于高场强下磷脂分子结构被破坏，可能分解，从而使得分解产物作为一种分散剂存在。磷脂颗粒的这种变化与电场作用下膜穿孔相似。在一定的场强范围内，脉冲电场能够使细胞膜产生可逆穿孔，超越这一范围则对细胞膜的破坏是不可逆的^[14]。

2.1.2 脉冲电场处理对大豆粉末磷脂分散体系颗粒粒径分布的影响

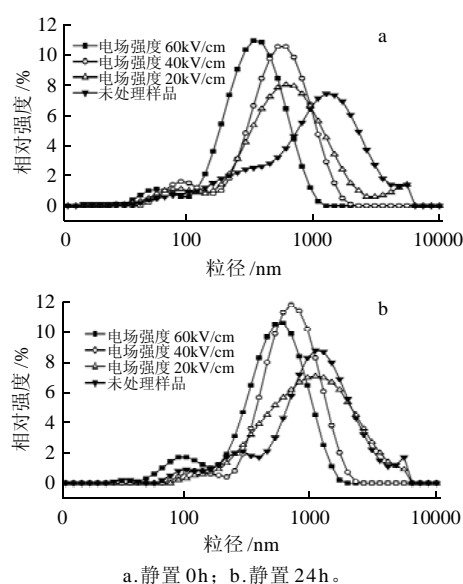


图2 脉冲电场强度对大豆粉末磷脂颗粒粒径分布的影响
Fig.2 Effect of PEF intensity on particle size distribution of powder phosphatides

大豆粉末磷脂分散体系经 20、40、60kV/cm 场强的 PEF 处理 3 次后其粒径分布变化情况如图 2 所示。大豆粉末磷脂颗粒粒径分散体系在不同脉冲电场强度作用下呈现出不同的粒径分布。在未输入脉冲电场的情况下粒径分布较宽,说明此时体系中颗粒情况复杂;随着电场强度的增强粒径分布区间明显变窄并且粒径区间向左移动,粒径减小。在低场强(20kV/cm)作用下,虽然粒径相对未处理样品应经发生了明显偏移,但是其分布范围仍比较宽;随着电场强度的增强,40kV/cm 和 60kV/cm 电场作用下粒径分布明显变窄,并且左移更加明显,尤其在 60kV/cm 电场作用下粒径分布中心偏移到 300nm 附近,远低于未处理样品。粒径分布随着场强的增加明显向左偏移,说明脉冲电场能够影响大豆粉末磷脂分散体系的颗粒性质,使其颗粒粒径减小,并使其集中在一个较小的范围内。这与磷脂的表面性质有很大的关系,磷脂具有亲水和疏水基团,在未处理的样品中,体系中由于磷脂是小分子结构,因此疏水基团容易暴露在外,加大了疏水基团的结合概率,从而能使得颗粒团聚呈现出较大的颗粒状态。而随着脉冲电场能量的输入破坏了这种稳定体系,使得疏水基团之间的静电吸引力受到破坏,从而增大了静电排斥力使得颗粒与颗粒分开^[15]。

2.2 脉冲数对大豆粉末磷脂颗粒性质的影响

2.2.1 脉冲数对大豆粉末磷脂分散体系颗粒平均粒径的影响

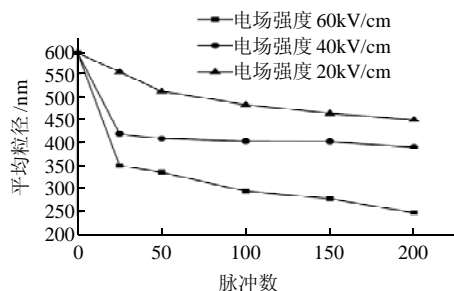


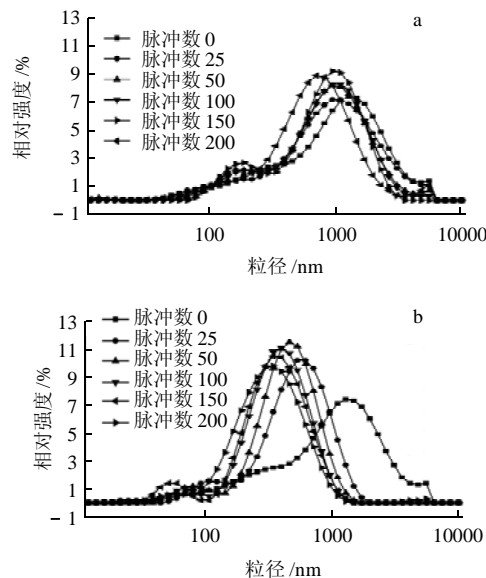
图 3 脉冲数对大豆粉末磷脂颗粒平均粒径的影响

Fig.3 Effect of pulse number on average particle size of powder phosphatides

由图 3 可知,在脉冲场强不变的情况下,磷脂颗粒平均粒径由输入脉冲数决定。在场强为 20kV/cm 作用下,随着脉冲数的增加, d_m 减小;25 个脉冲数条件下颗粒平均粒径为 553.2nm,随着脉冲数的增加, d_m 逐渐减少,在 200 个脉冲输入时 d_m 减为 449.9nm;不同脉冲场强下,随着脉冲数输入的增加, d_m 呈减小趋势;在低场强(20kV/cm)条件下,0~50 个脉冲处理过程中, d_m 的减小趋势更为明显,从 594.4nm 减为 511.2nm;在高场强(60kV/cm)条件下,0~25 个脉冲处理下, d_m 的减

小趋势显著, d_m 从 594.4nm 减为 349.7nm。显然,在高场强处理下,在较少的脉冲数输入下,能够获得较小的颗粒粒径的趋势更为显著。增大输入的脉冲能量可以起到减小磷脂颗粒粒径的作用,而输入脉冲的能量与场强的平方成正比,与脉冲数的一次方成正比^[6,16-17]。

2.2.2 脉冲数对大豆粉末磷脂分散体系颗粒粒径分布的影响



a. 电场场强 20kV/cm; b. 电场场强 60kV/cm。

图 4 不同场强作用下脉冲数对粉末磷脂颗粒粒径分布的影响

Fig.4 Effect of pulse number on particle size distribution of powder phosphatides

由图 4 可知,在低场强(20kV/cm)处理条件下,随着脉冲数的增大,粉末磷脂颗粒粒径分布向左移动,颗粒粒径分布范围逐渐减小,但变化并不明显;在高场强(60kV/cm)处理条件下,随着脉冲数的增大,颗粒粒径分布呈明显左移,并且粒径分布范围缩小,集中在 100~1000nm 之间;随着脉冲数输入的增加能够使粒径分布向左移动并且分布范围缩小。

3 结 论

脉冲电场处理可引起水溶液中磷脂分散体系颗粒状态发生改变,增加脉冲电场场强和脉冲数的输入能有效地减小 d_m ,并且使粒径分布区间明显变窄并且粒径区间向粒度减小的方向移动;在场强为 70kV/cm 条件下, d_m 减为 203nm,相比对照样减少了 65.8%;在 25 个脉冲输入条件下,高场强对颗粒粒径变化趋势的影响更显著,而大于 25 个脉冲后,高场强和低场强对颗粒的变化趋势并无太大的区别。

参考文献:

- [1] 张铁华, 殷涌光, 陈玉江. 高压脉冲电场(PEF)非热处理的加工原理与安全控制[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 881-884.
- [2] ORTEGA-RÍVAS E, ZÁRATE-RODRÍGUEZ E, BARBOSA-CÁNOVAS G V. Apple juice pasteurization using ultrafiltration and pulsed electric fields[J]. Trans IchemE PartC, 1998, 76(C4): 193-197.
- [3] ODRIOZOLA-SERRANO I, SOLÍVA-FORTUNY R, HEMÁNDEZ-JOVER T, et al. Carotenoid and phenolic prole of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments[J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 258-266.
- [4] SEPÚLVEDA-AHUMADA D R, ORTEGA-RÍVAS E, BARBOSA-CÁNOVAS G V. Quality aspects of cheddar cheese obtained with milk pasteurized by pulsed electric fields[J]. Food and Bioproducts Processing, 2000, 78(2): 65-71.
- [5] SÍLVIA B, BARBOSA-CÁNOVAS G V, MARTÍN O. Milk processing by high intensity pulsed electric fields[J]. Trends in Food Science & Technology, 2002, 13(6): 195-204.
- [6] GNGORA-NETO M M, PEDROW P D, SWANSON B G, et al. Energy analysis of liquid whole egg pasteurized by pulsed electric fields [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 57(3): 209-216.
- [7] 赵伟, 杨瑞金, 崔晓美. 高压脉冲电场应用于液蛋杀菌的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 60-64.
- [8] 赵伟. 高压脉冲电场在液态蛋杀菌中的应用及对微生物和蛋白质的作用机制[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [9] ZÍMMERMANN U. Electric breakdown electropermeabilization and electrofusion[J]. Rev Physiol Biochem Pharmacol, 1986, 105: 176-256.
- [10] VEGO-MERCADO H, POTHAKAMURY U R, CHANG F J, et al. Inactivation of *E.coli* by combining pH, ionic strength and pulsed electric fields hurdles[J]. Food Res Int, 1996, 29(2): 117-121.
- [11] 刘艳辉, 胡林, 许锋, 等. 磷脂双层膜稳定性的理论分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2008, 25(6): 916-920.
- [12] 张鹰, 曾新安, 温其标, 等. 荧光偏振法研究脉冲电场对酿酒酵母细胞膜流动性影响[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(1): 156-160.
- [13] 张睿智, 邓英杰, 孙文平. 囊泡型磷脂凝胶研究进展[J]. 中国药剂学杂志, 2008, 6(4): 214-218.
- [14] 曾新安, 陈勇, 高文宏. 脉冲电场非热灭菌技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 148-246.
- [15] 章莉娟, 郑忠. 胶体与界面化学[M]. 2版. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 101-145.
- [16] ZHANG Q H, BARBOSA-CÁNOVAS G V, SWANSON B G. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization[J]. Journal of Food Engineering, 1995, 25(2): 261-281.
- [17] UCHIDA S, HOUJO M, TOCHIKUBO F. Efficient sterilization of bacteria by pulse electric field in micro-gap[J]. Journal of Electrostatics, 2008, 66(7/8): 427-431.