

- J Dairy Sci, 1997, 80: 2310-2317.
- [3] Patricia Ruas-Madiedo, Jeroen Hugenholtz, Pitermela Zoon. An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria[J]. International Dairy Journal, 2002, (12): 163-171.
- [4] 吕加平, 骆承庠, 姜云庆. 乳酸菌产粘菌株筛选及其产粘特性影响因素的研究[J]. 中国畜牧与食品, 1999, 6(3): 98-100.
- [5] 凌代文. 乳酸细菌分类鉴定及试验方法[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 86-87, 100.
- [6] A N Hassan, J F Frank, K A Schmidt, et al. Textural properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures [J]. J Dairy Sci, 1996, 79: 2098-2103.
- [7] Fatouma Bouzar, Jutta Cerning, Michel Desmazeaud. Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production[J]. J Dairy Sci, 1997, 80: 2310-2317.

不同电渗透加工方法对豆腐皮脱水特性的影响

孙锐¹, 李里特¹, 李再贵¹, 李修渠, 宋洪波², 辰己英三²

(1. 中国农业大学食品学院, 北京 100083; 2. 日本农林水产省国际农业水产研究中心;

3. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘 要: 电渗透脱水在豆制品加工中, 特别是豆腐皮加工中的应用, 正处在研究阶段。本文在传统的重力压榨的基础上, 又分别采用直流电场电渗透以及不等占空比电场电渗透来研究豆凝乳的脱水效果。结果发现, 与另外两者相比, 不等占空比电场电渗透方法效果明显, 而且, 在一定范围内, 电压越高, 脱水效果越好。

关键词: 电渗透; 脱水; 不等占空比电场; 豆腐皮

The Effects of Different Electroosmotic Methods on Dewatering of Bean Curd

SUN Rui¹, LI Li-te¹, LI Zai-gui¹, LI Xiu-qu, SONG Hong-bo², Eizo Tatsumi²

(1. College of Food Science, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. National Food Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan; 3. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The electroosmotic dewatering method is a new typical technology in soybean productions, especially in bean curd skin. In this paper, we study the dewatering efficiency of tofu by using DC electroosmotic dewatering, different pulse-time electric field electroosmotic dewatering and weight pressure. We found that compared to the others, the method of different pulse-time electric field electroosmotic dewatering is the best. And what's more, the dewatering efficiency will increase if we increase the voltage.

Key words: electroosmosis; dewatering; different pulse-time electric field; bean curd skin

中图分类号: TS2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2004)02-0084-04

目前, 豆腐皮生产有手工和机械操作二种, 其工艺过程基本相同。不论是手工操作, 还是机械操作, 脱水都是关键步骤。传统上采用重力压榨使其脱水, 所用的时间较长, 效率较低。为了提高生产效率, 必须缩短压榨时间, 最近几年来电渗透脱水技术在提高物料的脱水效率方面展现出很大的应用潜力。

电渗透脱水^[1]是指固体物料在与极性水相接触的界面

上, 由于发生电离或离子吸附等作用, 使其表面带有正电或负电, 带电质点与液体中的反离子形成双电层, 在电场的作用下, 处于扩散层的反离子携带水分向电极运动, 从而形成脱水现象。最初人们应用电渗透技术时, 多采用在物料两端施加直流电场, 这种方法在开始阶段有一定的效果, 但一定时间后, 由于在电极处发生电化学反应, 电渗透速率降低。为了提高电渗透

收稿日期: 2003-01-20

作者简介: 孙锐(1974-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为电渗透脱水在食品加工中的应用。

的脱水速率,可以采取^[1-3]电极短接,施加交变电场,多级电极等。1998年,李修渠^[4]对豆渣进行脱水时分别采用了等占空比和不等占空比的交变电场的方法,一定程度上提高了电渗透脱水的效率。

不等占空比电场^[4]是指在施加一定时间的正向电场后再施加一定时间的反向电场,正向时间和反向时间是不等的。这里的正向电场是指上部电极为正极,下部电极为负极,反之则为反向电场。上部电极作为正极所用的时间与作为负极所用的时间之比,称为占空比^[4]。本文分别采用直流电场和不等占空比电场对豆凝乳进行电渗透脱水,运用双电层理论对二者的脱水速率曲线和电流曲线进行分析,对两种实验条件下的脱水曲线作了比较。

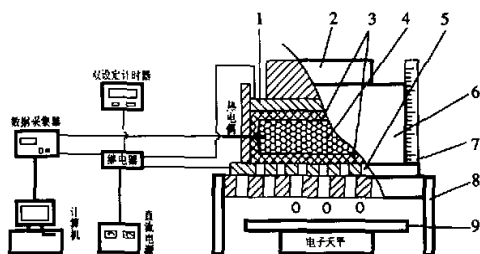
1 材料、设备及方法

1.1 材料

大豆 中科6号,干基水分含量在12%左右。

石膏 硫酸钙($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),化学纯。

1.2 设备



数据采集器	HP34970A	美国HP公司。
电子天平	SR8001 1/10d Max8100g	日本セイベルグ株式会社。
框盒	用厚度为7mm的有机玻璃加工成长方形框,如图3所示,在框的一侧钻有11个直径为2mm的孔,以便于黄浆水的排出。	
极板	上下极板都为钛极板,下极板的面积为133cm ² ,钻有36个直径为2.5mm的小孔,每个小孔的孔间距相等。	
标尺	把直尺固定到框盒的一侧,作为高度的测量工具。	
重物	质量为2355.5g的长方体铁块。	
滤布	目数为120目的棉布。	

图1 实验装置图

实验中采用的实验装置如图1所示,通过双设定计时器和继电器对框盒内位于豆凝乳上方和下方极板的极性和所施加的时间进行控制,可实现对豆凝乳施加不等占空比电场;数据采集器将框盒中豆凝乳的电流和电压的变化传到计算机中;通过电子天平称量豆凝乳在每分钟所渗下液体的重量,通过计算可做出豆凝乳的脱水曲线。

通电加热的实验装置是由通电加热槽、电极板及控制部件组成。具体参见^[5]。

通电加热槽 由厚度为12mm的聚乙烯板制成,在

外表面覆盖有泡沫塑料用于保温,极板用不锈钢材料制成。

1.3 方法

1.3.1 前期制备

1.3.1.1 将1kg的大豆放入3kg的自来水中,在14℃下浸泡17h。

1.3.1.2 将浸泡好的大豆按1:10(干大豆:自来水)的质量比磨浆,用120目的滤布过滤,得到豆浆试样。

1.3.1.3 取1kg的豆浆试样在通电加热槽中通电加热至沸腾,并保持3min。

1.3.1.4 称取4g硫酸钙,加200ml蒸馏水稀释。当豆浆试样的温度降到80℃时,取出大约1/4量的豆浆,把石膏液冲入剩余的豆浆中,并搅拌,然后将取出的豆浆再倒入通电加热槽中,并搅拌均匀,在70℃下保温15min。

1.3.1.5 把凝固好的试样用打蛋器在通电加热槽内破碎成直径0.5mm左右的豆凝乳。

在框盒的底部放置下极板,将一张长纱布的一部分均匀铺在下极板上,称取500g的豆凝乳,均匀倒在该层纱布上,折叠长纱布覆盖在这层豆凝乳的上方,再在纱布上放置极板,最后将重物置于极板之上。

1.3.2 豆凝乳的脱水 脱水实验分为三部分

1.3.2.1 施加重物进行脱水,所用重物的质量是2566.5g,将该组做为对照组。

1.3.2.2 直流电场下的电渗透和施加重物相结合对豆凝乳进行脱水,作了不同电压的实验,重物质量为2566.5g。

1.3.2.3 不等占空比电场下的电渗透与施加重物相结合对豆凝乳进行脱水,同样作了不同电压的实验,其中上部电极作为正极的时间为9s,上部电极作为负极的时间为0.5s。重物质量为2566.5g。

2 结果与分析

2.1 施加直流电场时豆凝乳的电渗透脱水

图2是在两种电场的电渗透脱水条件下,豆凝乳在不同电压时的脱水曲线。可以看出,当采用30V低电压时,三条曲线相差不大,两种电渗透方法都没表现出优势,甚至不如对照组;而将电压依次升高到60V,90V,120V时不等占空比电场电渗透的效果明显好于另外两种,脱水速率大,试样的最终含水量也低;而直流电场电渗透方法始终和对照组相差无几,而且电压的改变对脱水效率的影响也很小。

2.2 分析其主要原因

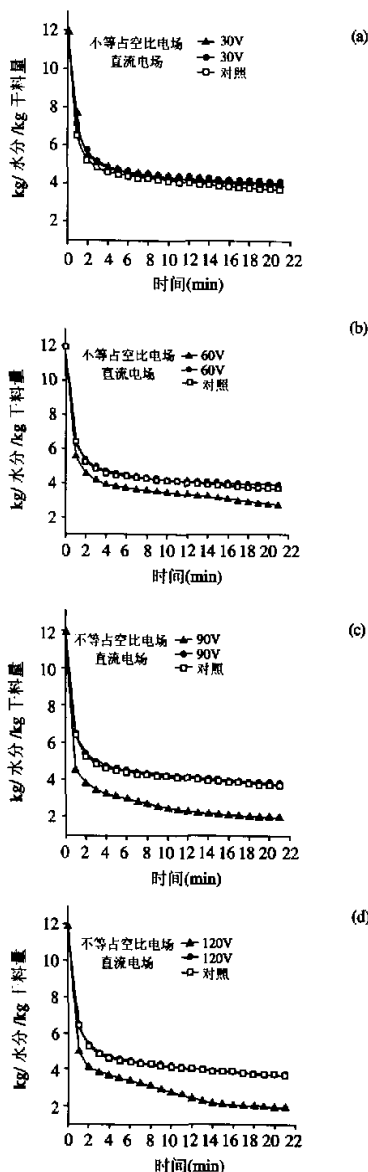
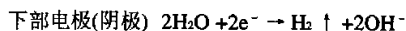
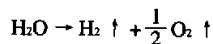
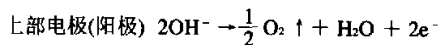


图2 豆凝乳的含水量随时间的变化关系

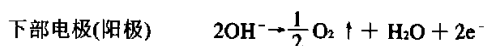
在直流电场下,开始时豆凝乳的水分由上向下运动,脱水速率较快,当进行一段时间以后,接近上部电极处的脱水床层的含水量快速降低,电阻增加,出现了不饱和层,施加的电压几乎全部集中在该层,下层的电场强度逐渐减小,即主含水床层(下部床层)的电渗透脱水驱动力减小;同时,由于在物料两端施加一定的直流电压,发生了电化学反应^[6],放出了 H_2 和 O_2 。

反应式为:



这使得上部电极pH值降低,下部电极pH值增高,上部电极的 ζ 电势降低,下部电极的 ζ 电势增大。而大豆蛋白带有负电性,所以上下电极 ζ 电势的变化减小了水分向下运动的能力,另外产生的气体还增加了电极与物料的接触电阻,从而脱水速率降低。

而采用不等占空比电场可有效的消除上述的不利因素,即当施加反向电场时,上部电极为阴极,下部电极为阳极,发生如下的电化学反应:



电化学反应将提高上部电极处的pH值,降低了下部电极附近豆凝乳的pH值,也就提高了 ζ 电势,另外施加不等占空比电场,电场方向的改变导致电流方向也发生改变,直流电场下电流方向不变,而不等占空比电场下电流方向随时间而改变。当反向电流流过物料层,使得物料内各层的水分重新分布,有利于再施加正向电场的继续脱水,也可降低上部电极处的接触电阻,这些都会提高电渗透脱水能力。

3 结论

本文分别采用直流电场和不等占空比电场对豆凝乳作了脱水的实验,并与依靠施加重物进行脱水的结果作了比较。结果表明:施加直流电场,脱水效果并不理想,而且增加其电压也没有改善脱水效果的趋势,这还需要我们在下一步的实验中继续来探讨。不等占空比电场电渗透方法在较高电压时,表现出了明显的优势,不仅脱水速率大,而且豆凝乳的最终含水量低,达到了我们预期的目标。

参考文献:

- [1] 李里特,李修渠,薛文通.提高电渗透脱水速率的措施[J].食品科学,1999,20(3):18-21.
- [2] 李里特.食品蛋白电渗透脱水机理的研究[J].农业工程学报,1995,11(3):155-161.
- [3] 李里特,李修渠.提高电渗透脱水效率的措施[J].食品科学,1999,20(3):18-21.
- [4] 李修渠.食品物性的电特性及其应用研究[D].中国农业大学博士论文,1999.

- [5] 李法德.食品物料通电加热及高压电场节能干燥的应用研究[D].中国农业大学博士论文,2002.
- [6] 傅献彩,沈文霞,姚天扬.物理化学[M].高等教育出版社,1996.

高压脉冲电场对酵母菌和大肠杆菌存活率的影响

孙 静¹, 孔繁东¹, 祖国仁¹, 但 果², 邹积岩²

(1.大连轻工业学院生物与食品工程学院, 大连 116034; 2.大连理工大学电气系, 大连 116024)

摘 要: 本文研究了高压脉冲电场对酿酒酵母和大肠杆菌的致死率的影响, 并对脉冲电场的灭菌机理进行了初步探究。结果表明: 随着电场强度、脉宽和脉冲个数的增加, 微生物的存活率显著下降, 在 9kV/cm 场强下作用 1000 个脉宽为 11 μ s 的脉冲, 可得到最优灭菌效果—酵母菌活菌数下降 4.5 个对数值, 大肠杆菌活菌数下降 3 个对数值。电场作用后死亡酵母菌表面出现凹陷, 胞内物质外渗, 支持了用以解释高压脉冲电场灭菌机理的“电穿孔”学说。

关键词: 高压脉冲电场; 酵母菌; 大肠杆菌; 存活率

The Effects of High Power Pulsed Electric Field on the Survivability of *S.cerevisiae* and *E.coli*

SUN Jing¹, KONG Fan-dong¹, ZHU Guo-ren¹, DAN Guo², ZOU Ji-yan²

(1.College of Biology and Food Technology, Dalian Institute of Light Industry, Dalian 116034, China;
2.Department of Electrification Engineering, Dalian University of Science and Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: The effect of HPEF (High Power Pulsed Electric Field) on the sterilization rates of *S.cerevisiae* and *E.coli* is investigated in this paper. The elementary mechanism of HPEF sterilization is briefly discussed. The results indicate that the survivabilities of *S.cerevisiae* and *E.coli* remarkably decreased with electric field strength and pulse width and pulse numbers. The optimum sterilization effect can be reached at after being treated with 1000 pulses with 11 μ s Pulse width at 9kv/cm: The survivability of *S.cerevisiae* was reduced by 4.5 orders and *E.coli* 3 orders. Concaves can be found in the cell surface, and substances in the cells can be found overflowed out, which support the theory of “electroporation” to explain the mechanism of HPEF sterilization.

Key words: high power pulsed electric field; *S.cerevisiae*; *E.coli*; survivability

中图分类号: TS2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2004)02-0083-04

在传统的食品生产中, 关键环节——热处理杀菌工艺对食品天然色、香、味和营养成分存在不同程度地破坏。为满足消费者对食品质量越来越高的要求, 人们对低能耗、低操作费用的非热杀菌方法进行了大量探索, 其中高压脉冲电场(HPEF)的冷杀菌效应以其良好的应用特征而被国内外学者广泛研究^[1]。

高压脉冲杀菌主要是应用瞬间高压电脉冲作用于放置两极间的食品, 杀灭食品中有害的微生物, 从而保持食品的品质并达到一定的保藏期。它能保持食品的原有风味, 具有处理时间短、能耗低的特点, 在果汁及其他液态食品的加工中已显示出特有的优越性, 已经成为当前最有前途实现工业化应用的非热杀菌方法之一^[2]。

高压脉冲处理系统的脉冲可以采用方波、指数、

交变等三种设计电路。其中作用效果以方波为最好, 指数次之, 交变处理系统最差^[3]。方波可以在整个脉宽的短时间内以最大电压对微生物持续作用, 可减少热损失且致死效果更强^[4]。本试验采用大连理工大学电气系研制的高压方波脉冲发生装置, 研究了设备参数—电场强度、脉冲个数和脉宽变化对酿酒酵母和大肠杆菌存活率的影响。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

1.1.1 供试菌种 酿酒酵母(*S.cerevisiae*)、大肠杆菌(*E.coli*) 由大连轻工业学院菌种保藏所提供。显微摄影仪 XS-18 型生物显微镜, 带摄影装置 海鸥 DF-1 可

收稿日期: 2003-07-25

作者简介: 孙静(1978-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品杀菌保鲜研究。