

物理学

空化及其在杀菌中的应用

冯中营

(太原工业学院理学系, 太原 030008)

摘要 空化是一种非常复杂的现象, 空化能够产生极高的瞬时压强与温度, 从而能够带来众多的应用, 但超声空化用于杀菌却仅仅停留在实验室研究阶段, 超声杀菌的处理量是比较少的。描述了超声及水力空化杀菌机理, 进行了不同条件下超声和水力空化杀菌实验。结果表明, 超声空化与水力空化都有很好的杀菌效果, 水力空化的处理量要比超声空化处理量大。

关键词 超声空化 水力空化 杀菌

中图法分类号 O426.9; **文献标志码** A

空化是一种非常复杂的流体力学现象, 空泡在液体中运动和崩溃时产生的局部高温高压、发光、放电、冲击波、高速射流等极端物理条件, 能使在一般条件下难以实现的化学反应得以实现。常用的产生空化的方法有超声空化和水力空化, 空化杀菌作为一种新的杀菌方法得到了越来越多的科学工作者的关注, 国内外学者对空化杀菌方法和机理进行了研究。我们也研究了不同条件下的超声空化杀菌实验效果, 超声空化杀菌处理量很小, 为提高空化杀菌的处理量, 就要有增强空化效果的方法, 水力空化为此提供了新的途径。

1 超声杀菌机理与实验

1.1 超声杀菌机理

超声空化产生的高温高压条件下, 水能够分解成具有强氧化杀菌作用的 OH^- 、 H_2O_2 。高强度超声波作用于细菌时, 强烈的高频超声振荡使细胞内含物胶体发生絮凝沉淀, 凝胶发生液化或乳化, 从而使

细菌失去生物活性, 达到杀菌的目的。

S. Guerrero 等人利用电子显微镜拍摄了超声作用前后的显微照片^[1], 对超声灭菌的机理进行了探究; 显微镜照片显示了超声能使细胞壁、细胞膜破裂, 使细胞内容物流出, 同时紊乱、破坏了细胞器官。

1.2 超声杀菌实验^[2]

我们对超声杀灭大肠杆菌进行了实验研究, 实验结果表明, 在温度为 20℃ 的条件下, 频率为 20.1 kHz, 声功率为 15 W 的超声作用 20 min 后, 杀菌率为 68.2%; 频率为 29.5 kHz, 声功率为 29 W 的超声作用 40 min 后, 杀菌率可达 87.5%。虽然杀菌率很高, 但是每次的菌液处理量是非常少的(本实验中只有 800 mL)。随着电功率的继续增加, 杀菌率也随着上升, 但功率增到一定数值后再继续增加, 杀菌率却不再随之上升, 反而逐渐降低。此现象可以从超声空化的角度解释, 当声强超过空化域值后提高声强会使声空化增强, 但声强超过一定的界限后, 空化泡在声波的膨胀相内可能增长过大以至它在声波的压缩相内来不及发生崩溃, 从而使瞬态空化减弱。

用低频超声处理大肠杆菌菌液时, 在相同声功率(29 W)下, 频率为 18.700 kHz、21.700 kHz、29.500 kHz 超声波灭菌率依次升高, 灭菌率增大的

2009 年 10 月 27 日收到 太原工业学院青年科学基金项目资助
第一作者简介: 冯中营(1981—), 男, 山东沂水人, 助教, 硕士研究生, 研究方向: 物理学、声学。

原因一方面可能是空化增强所致,另一方面可能是频率升高,声流速度增大,声流产生的切应力增大,对细菌细胞造成更大的破坏。

2 水力空化杀菌机理、实验

2.1 水力空化杀菌机理^[3]

水力空化发生时,液体局部的低压区产生空化泡,随后空化泡随液体一起流动,在高压区空化泡迅速溃灭,在处于正常温度与压力的液体环境中,局部产生异常高温和高压。空化泡瞬间绝热溃灭所产生的能量虽然只集中在空化核周围,但这些高度集中的能量梯度足以使水分子结合键断裂产生羟自由基和氢自由基。同时,空化泡溃灭产生冲击波和射流,使这些自由基进入液相,与溶液混合。自由基的最大特点是它的化学活性强,很容易通过化学反应形成稳定的分子,或者是与其他分子间的反应,或者是自由基的再结合反应。这就为化学反应提供了一个极其特殊的物理化学环境,使得利用水力空化引发化学反应成为可能。研究表明,空化泡溃灭释放出的自由基中,·OH基的数量占主要,而HO₂·基数量则很小^[4]。

2.2 水力空化杀菌实验^[5]

(1) 对1 mm孔径的板来说,在所选的进口压力条件下,其最佳进口压力为(0.45±0.05) MPa,此时杀菌率也是最佳的。可见在其它操作参数一定下,进口压力和恢复压力并不是越大转化率越高,在一定条件下存在一个合适值;对于2 mm孔径的板来说,其进口压力越大,空化效果越好,杀菌率也越高。温度在(32±2)℃时的转化率较高;开始2 h 这段时间内转化率随时间增加较快,但是2 h 后变化就不是很明显,基本趋于稳定。压力、温度、时间三个量对其空化效果的影响是比较明显的。

(2) 实验所用的两种孔板都表现出良好的杀菌

效果,1 mm孔径板在进口压力为(0.45±0.05) MPa时的杀菌率高达80%,进口压力为(0.65±0.05) MPa时的杀菌率为71%;2 mm孔径板在进口压力为(0.45±0.05) MPa时的杀菌率为55%,进口压力为(0.65±0.05) MPa时的杀菌率为69.6%。

(3) 在进口压力一定时,孔径较小的板杀菌率高。

3 讨论与结论

通过超声空化杀菌实验可以看出超声空化具有很高的杀菌率但处理量偏小。水力空化实验中,孔径为1 mm的多孔板比孔径为2 mm的多孔板杀菌效果好。由超声空化与水力空化杀菌的实验结果,可以得出水力空化也有很好的杀菌效果,而且水利空化的处理量也比超声大得多,我们的实验中为5 000 mL。若将超声及水力空化和其它杀菌方法联合有望获得满意的杀菌率,同时又有理想的处理量。这会给空化的应用带来很好的实用前景。

参 考 文 献

- 1 Guerrero S, Lopez A, Alzamora S M. Effect of ultrasound on the survival of *Saccharomyces cerevisiae*: influence of temperature, pH and amplitude. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2001;2:31—39
- 2 周凤梅,吴胜举,陶树兴.超声灭活大肠杆菌的实验研究.中国声学学会2006年全国声学学术会议论文集,2006;275—276
- 3 张晓冬,李志义,武君,等.水力空化对化学反应的强化效应.化工学报,2005;56(2):263
- 4 Prasad Naidu D V, Rajan R, Kumar R, et al. Modelling of a batch sonochemical reactor. Chemical Engineering Science, 1994;49(6):877—888
- 5 黄利波著,吴胜举,周凤梅,等.水力空化技术的初步实验研究.中国声学学会2006年全国声学学术会议论文集. 2006;277—278

Cavitation and Its Application on Sterilization

FENG Zhong-ying

(Department of Science, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, P. R. China)

[Abstract] The cavitation is one kind of extremely complex phenomenon, the cavitation can cause the extremely high instantaneous intensity of pressure and the temperature, thus can bring the multitudinous applications, but sterilizing by ultrasonic cavitation has just only been done in the laboratory. The sterilizing capacity of ultrasound is very limited. The mechanism of the sterilization has been studied, Cavitation sterilizing experiments have been done. The result indicates that, the ultrasonic cavitation and the hydrodynamic cavitation all have the very good sterilization effect, the hydrodynamic cavitation can process more than the ultrasonic cavitation.

[Key words] ultrasonic cavitation hydrodynamic cavitation sterilization

(上接第 1201 页)

- | | |
|--|--|
| 3 Wu X Q, Lu J A. Suppression and generation of chaos for a three-dimensional autonomous system using parametric perturbations. <i>Chaos, Solitons and Fractals</i> , 2007;31(4):811—819 | 5 Kuznestov Y A. Elements of applied bifurcation Theory. New York: Spring; 1998 |
| 4 Liu C X, Liu L. A new butterfly-shaped attractor Lorenz-like system, <i>Chaos, Solitons and Fractals</i> , 2006;28(5):1196—1203 | 6 Xue Y. Quantitative study of general motion stability and example on power system stability. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1999 |

Hopf Bifurcation Analysis of a 3D Chaotic System

LI Fu-qin, TU Jin-zhong¹

(Institute of Science and Technology of Three Gorge University, Yichang 443002, P. R. China;

Xiaoxita Senior Middle School of Yichang City¹, Yichang 443002, P. R. China)

[Abstract] A 3D chaotic system is analyzed dynamical behaviors via the complementary-cluster energy-barrier criterion (CCEBC). Moreover the Hopf bifurcation of this system is also investigated by using of the first Lyapunov coefficient. Finally, the system presents a Hopf bifurcation which is subcritical or supercritical in different intervals.

[Key words] Hopf bifurcation the chaotic system the first Lyapunov coefficient

(上接第 1203 页)

Class of Strong Limit Theorems of Non-homogeneous Markov Chains in Random Environments

XU Hua, WANG Ming-gang

(Mathematics Department of Taizhou College, Nanjing Normal University, Taizhou 225300, P. R. China)

[Abstract] The constructive definition of Markov chains in random environments is given. A class of strong limit theorems of Markov chains in random environments by martingale theorem is proved.

[Key words] Markov Chains random environment martingale strong limit theorems