

超声波在萃取中的应用

朱国辉¹, 丘泰球², 黄卓烈¹

(1. 华南农业大学生物技术学院, 广州 510642;

2. 华南理工大学食品与生物技术工程学院, 广州 510640)

摘要: 本文主要阐述了超声波强化萃取的原理——机械作用和空化作用。综述了超声在萃取植物中酶、中草药和茶叶中特定成分、溶液中金属等所产生的影响。

关键词: 超声波; 萃取; 酶

中图分类号: TB559

文献标识码: A

Application of ultrasound in extraction

ZHU Guo-hui¹, QIU Tai-qiu², HUANG Zhuo-lie¹

(1. Biotechnique Institute, South China Agricultural university, Guangzhou 510642, China;

2. Food & Biological Engineering Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: This paper mainly introduces the mechanism of ultrasound affecting on extraction—mechanical function and ultrasonic cavitation. The effects of ultrasound on the enzyme in plants, herbal medicine, inclusion of tea and metallic solvent are also reviewed.

Key words: ultrasound; extraction; enzyme

超声波是弹性介质中的一种机械波, 利用超声振动能量可改变物质组织结构、状态、功能或加速这些改变的过程。近年来, 超声技术已得到了越来越广泛的应用, 超声波在高分子的降解和聚合、有机合成与分离、雾化、结晶等方面有大量研究。本文就超声强化萃取做一综述。

1 超声强化萃取的机理

超声与介质的相互作用可分为热的作用与非热作用。

1.1 热作用

超声波在介质中传播时, 其机械能在振动中转化为介质的热能。同时, 介质质点周期性的紧缩形成温度增高中心, 从而使介质温度升高。介质经超声作用, 单位体积(平面波波束内)产生的热能可通过公式 $Q = \alpha I t$ 计算得到(α : 介质声强吸收系数, I : 超声波声强, t : 时间)。据文献报道, 在很宽频带内, 水的声吸收系数 α 与频率的平方成正比, 当频率为 21.5kHz 时, 吸收系数约为 $9.9 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$, 在一定的声强下, 其产生的热量和升温作用是很有限制的, 对

萃取的意义不大。

1.2 非热作用

超声强化萃取主要是一种非热作用。非热作用主要有两种形式, 即机械作用和空化作用。

超声波在介质传播过程中, 引起介质质点的交替压缩和伸张。虽然质点的振动位移、速度变化不大, 但其加速度却相当大。例如, 频率为 20kHz, 声强为 1 W/cm^2 的声波在水中传播时, 最大质点速度和位移分别是 0.115 m/s 和 $0.93 \times 10^{-6} \text{ m}$, 但最大加速度却达到了 $1.44 \times 10^4 \text{ m/s}^2$ 。如此大的加速度, 能显著地增大溶剂进入提取物细胞的渗透性, 加强传质过程, 从而强化了萃取过程。

然而超声强化萃取的最主要原因是由于超声波产生的空化效应。超声空化是指液体中的微小泡核在声波作用下被激活, 表现为泡核的振荡、生长、收缩乃至崩溃等一系列动力学过程。根据不同的表现, 空化可有稳态空化和瞬态空化两种形式。稳态空化产生在较低的声强作用下, 空化泡以非线性的形式在介质中振荡若干个周期, 在振荡过程中, 空化泡周围的微流对溶液中其它粒子产生较大的切向力, 有利于溶剂渗透到细胞。此外, 根据 Sinisterra 等人的研究, 低强度超声不仅可使细胞周围形成微流, 还可使动植物细胞产生胞内环流, 从而提高了细

收稿日期: 2000-07-26; 修订日期: 2000-11-18

作者简介: 朱国辉(1976), 男, 硕士研究生, 从事酶与蛋白质的研究。

胞膜和细胞壁的通透性^[1]。超声增加膜的通透性可由下面实验论证:盐溶液中离子透过玻璃纸膜到蒸馏水的通过率为5%,如在其扩散的方向加以超声作用则可达到100%。这种变化同时还说明,超声作用无需通过破坏膜或提高介质温度也可加大传质过程。这是超声强化从动植物细胞中萃取出酶的主要机理。

瞬态空化发生在较强的声强作用下,气(汽)泡在一个声波周期内迅速的生成、长大、压缩、崩溃。研究表明,瞬态空化崩溃时可形成高达5000K以上的局部热点,压力可达数百乃至上千个大气压^[2]。随着高压的释放,将在液体中形成强大的冲击波(均相)或高速射流(非均相)。在萃取中,这种强大的冲击流能够有效地减小、消除溶剂与水相之间的阻滞层,从而加大了传质速率。同时,冲击流对动植物细胞组织产生一种物理剪切力,使之变形、破裂,并释放出内含物,这大大加速了萃取过程。

2 超声在萃取中的应用

应用不同的频率、声强的超声波,可强化不同过程的萃取。

2.1 超声强化酶的萃取

酶是动植物细胞内的一种活性蛋白,在体外极易失活,因此酶液的提取必须在较温和的条件下进行。一般说来,低温(0~4℃)和生理pH值(pH4~9)是两个必备的条件,相对其他物质的萃取条件,这是不利的,酶的产量也不会很高。运用超声波来强化酶的萃取的研究由来已久,并取得了一些积极的成果。值得注意的是,使用的超声功率不同,会带来完全相反的结果。

Zetelaki.k用100W的超声波破碎机提取细胞内葡萄糖氧化酶,结果发现酶全部失活。而Yoshio等用频率20kHz、声功率15W的超声波处理,葡萄糖氧化酶并未失活,并且酶产率得到了提高。林影等人的研究也得到了相似的结果,他们用20kHz的超声波作用于脆壁克鲁弗氏酵母生产菊糖酶时发现,如果声功率小于10W,则酶活力随功率增大而增大,当声功率大于10W时,酶活力下降。由此可见,超声萃取酶的主要机理是机械作用和稳态空化作用加强了传质过程。而较大功率下产生的瞬态空化及瞬时热效应能破坏细胞,使蛋白质变性,在酶液的萃取中这是不适宜的。

2.2 超声强化动植物细胞中特定成分的萃取

超声强化动植物细胞中内含成分的萃取目前已声学技术

有广泛的研究,并有一定的应用。郭孝武等人研究了超声对中草药成分萃取的应用^[3,4]。1.黄连根茎中萃取黄连素。一般用浸泡渗漉法,但速度慢,时间长,提取率低。超声处理可大大缩短提取时间,提高黄连素的提取率,节约了药材。最佳工艺是:黄连粗粉(50目)加0.5%的硫酸水浸泡24h,用频率为20kHz的超声处理30min,过滤药渣。再重复一次,合并滤液,浓缩。2.益母草总碱的提取。用超声和常规回流两种方法,从益母草中提取益母草总生物碱,通过比色法测定,比较两法所提取的生物碱产率。实验证明,超声法大大缩短了提取时间,由回流法的2h减少到超声法的40min;同时,其提取率达到0.248%,比回流法提高了40%。3.从槐米中提取芸香甙。用超声法从槐米中提取芸香甙,与热碱提取—酸沉淀法相比,此法无需加热,用频率为20kHz的超声波处理30min,其提取率可提高47.5%,且工艺简单,速度快。

超声强化茶叶中内含成分的萃取也有报道^[5,6]。制速溶茶时需萃取茶叶中所有内含物,目前常用的方法是把茶叶放在100℃的高温中浸提,持续15min,这会导致大量芳香物质的挥发,从而改变茶叶的特定风味。用20kHz的超声波处理,大部分物质在前10min即被提取,且提取率提高20%。如果超声处理后再升温至100℃浸提30s,提出量可提高40%。超声强化茶叶中茶多酚的萃取也有研究,采用超声法萃取茶叶中茶多酚与常规溶剂抽提法相比,不仅能显著提高提取率,而且还能显著改善品质。常规溶剂提取法,提取率为35%~40%,粗产品呈墨绿色,经纯化精制后产品呈淡黄色。使用超声波辐射技术时产品收率明显提高,达到50%~52%,粗产品为淡绿色粉末状固体,经纯化后可得白色粉末状茶多酚。

超声还能加速大豆中蛋白质的抽提。用频率20kHz、功率550W的超声探头连续作用于大豆,抽提效率会明显提高,并优于以往的任何工艺过程,可用于大规模生产^[7]。

超声对萃取的影响与组织细胞的破碎有关。它能使细胞中可溶性成分更好地释放出来,并使溶剂分子渗透到组织细胞中去。超声的破碎作用还可用于一些细胞壁坚固的植物细胞上。对花粉细胞壁的研究表明,超声法的破碎作用要明显好于研磨法。

2.3 超声强化金属溶剂萃取

人们进行超声溶剂萃取时,多数是在液-固的体系中。而金属的萃取处在液-液的体系中,液-液萃

取涉及到两个互不相溶的有机相和水相之间的质量传递过程。由于超声空化增加了两相的接触面积,而空化泡崩溃时产生的冲击波消除了两相交接口的阻滞层,这大大增加了传质速率,提高了萃取速度。用频率为 20kHz、声强为 $19\text{W}/\text{cm}^2$ 的超声辐照萃取液,可使镓的萃取速率提高 15 倍;用频率 20kHz、声功率 47W 的超声波使镉的萃取速率加快了 4~7 倍;用酸性磷酸萃取剂分离铈和钨时,产生不易澄清的中间相,若用 1MHz 的石英压电晶体(声强 $0.2\text{W}/\text{cm}^2$)辐照 15min 并静置 8min,则分相速度加快了 4~5 倍^[8]。超声波在金属溶剂萃取中的强化对冶金工业有极大的作用,它能大幅度地提高产能,节约成本。

3 小 结

超声波对萃取的强化作用,在声场的不同条件下会产生不同的结果。有时甚至出现相反的情况。一般说来,超声萃取酶液时应采用较温和的条件,声功率不可过高,主要通过超声产生的机械作用和稳

态空化发挥作用。如果涉及到无活性物质的萃取,可适当加大功率,通过超声产生的瞬态空化而发挥作用。

参考文献:

- [1] Sinisterra J V. Application of ultrasound to biotechnology: an overview[J]. Ultrasonics, 1992, 30(3): 180-185.
- [2] 冯若,赵逸云,陈兆华.声化学主动力——声空化及其检测技术[J].声学技术,1994,13(2):56-61.
- [3] 郭孝武,谢国莲.超声提高益母草总碱提出率的实验研究[J].中国中药杂志,1997,22(6):353-354.
- [4] 郭孝武,林书玉,王蕊娥.不同频率超声对提芸香贰成分的影响[J].陕西师范大学学报(自科版),1996,24(1):50-52.
- [5] Mason T J, Zhao Y. Enhanced extraction of tea solids using ultrasound[J]. Ultrasonics, 1994, 32(5): 375-377.
- [6] 郑尚珍,孟军才,王定勇.绿茶中茶多酚的提取工艺研究[J].西北师范大学学报(自科版),1996,32(3):40-42.
- [7] Mason T J, Paniwnyk L, Lorimer J P. The use of ultrasound in food technology[J]. Ultrasonics, 1996, s253-s260.
- [8] 徐盛明,张传福,李作刚.超声波在金属溶剂萃取及离子交换中的应用[J].应用声学 1994,14(5):29-31.

简 讯

声学标准化工作动态

全国声学标准化技术委员会四届五次次会议于 2001 年 10 月 31 日~ 11 月 2 日在上海举行。出席委员 28 人,有关标准项目负责人列席。会议由主委马大猷院士主持。新成立的国家标准化管理委员会派出专人莅临指导,并传达了有关中央领导人讲话。使与会委员们对于更好地发挥标准化在我国经济和社会发展中的技术基础作用加深了理解,这是为提高我国质量整体水平,推动我国经济持续、快速、健康的发展所必需。

会议经过认真讨论,审查通过了 10 项国家标准的送审稿,待上级批准后即可公布。它们是:阻抗管吸声系数和声阻抗的测量(第 2 部份:传递函数法),声压法测定噪声源声功率级(硬壁房间工程法,特殊混响室工程法和混响室精密法),隔声罩的隔声性能测定(实验室条件下测定法和现场测定法),汽车内噪声测量方法,计算机和办公设备噪声辐射值的表示法以及水声方面的两项标准。

全国声学标准化技术委员会自 1980 年成立以来,共完成国家声学标准(GB)107 项(含国家计委归口的 8 项 GBJ 标准)。委员会秘书处设于中科院声学研究所,委员会下有(1)声学基础、(2)噪声、(3)建声和(4)超声水声 4 个分委员会。

(王季卿)

2002 年《声学技术》杂志征订启事

2002 年《声学技术》杂志已开始征订,《声学技术》于 1982 年创刊,明年是本刊创刊 20 周年,为纪念《声学技术》创刊 20 周年,本刊拟于 2002 年第 1、2 期(合刊)出版纪念特刊。刊登声学各分支学科的学术带头人撰写的论文。内容丰富,订阅者请尽快与本编辑部联系订阅。

订阅地址:上海市小木桥路 456 号《声学技术》编辑部
订刊款可直接信汇至:(上海)中国科学院东海研究站,

邮编:200032 电话:(021)64048159-502

收款单位名称:中国科学院东海研究站

帐 号:1001220709008907828

开 户 银 行:工行-上海徐汇支行建分处

《声学技术》编辑部