

超声波对果蔬渗糖及组织细胞的影响*

李军生 何 仁 侯革非 阎柳娟

(广西工学院轻化工程系 柳州 545006)

摘 要 通过跟踪测定果蔬组织中含糖量的变化及显微切片技术,对超声波影响果蔬渗糖及组织细胞完整性问题进行了比较研究。结果表明,与常规渗糖方法相比,超声波提高果蔬组织渗糖速度的幅度在 38.63% 以上。超声波可以显著提高果蔬组织的渗糖速率,同时可以明显降低糖煮对果蔬组织细胞结构的破坏作用。

关键词 果脯,果蔬组织,超声波,渗糖,显微切片术

果脯是以果蔬组织为原料,经糖渍加工而成。它含有丰富的糖、果酸、矿物质、氨基酸及多种维生素等营养成分,深受人们的喜爱。但是按照传统生产工艺生产的果脯,由于熬煮糖渍的时间过长,使许多营养成分受热分解或破坏,同时也使原果蔬组织细胞外形受损严重,产品的品质无法得到保证。另外,由于传统的果脯生产周期长,费时费力,因此该行业的生产效率一直无法提高。运用新技术或新工艺来改造传统的果脯生产工艺已成为提高果脯的产品品质的关键,同时也是降低该行业的劳动强度,提高经济效益的有力保证。

在果脯生产过程中,渗糖速度是制约果脯产量、质量和生产周期的关键。如何提高渗糖速度,前人已经做了许多探讨。例如:真空渗糖^[1]、低温冻结处理、漂烫处理、硫处理、酒精处理等^[2,3]。超声波在果脯生产中的应用是本文在这方面的一种尝试。

据有关资料报道,超声波可在液体中产生“空穴作用”,而“空穴作用”所产生的冲击波和射流的强度足以在瞬间击穿植物细胞的细胞膜^[4,5],这为在较低的糖煮温度下大幅度提高果蔬的渗糖效率提供了可能,同时由于超声波只是在瞬间击穿细胞膜而对果蔬组织的结构和细胞外形并不产生破坏作用,因

此通过超声波生产果脯,其果蔬组织原有的结构和外形还会得到很好的保持。为此,本文对超声波在提高果蔬渗糖效率和保持果蔬组织细胞完整性方面的作用进行了探讨,为超声波在果脯生产中的实际应用提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验原料

冬瓜、苹果、莲藕,均为市售原料。

1.2 主要仪器与试剂

超声波发生仪:桂林三星超声工程设备有限公司生产,型号为 ST-1004,频率 28 kHz,功率为 200、400、600 W。

渗透促进液:由甘油、氢氧化钙、亚硫酸钠等食品添加剂构成,质量分数为 1%。

1.3 试验方法

1.3.1 原料处理

将冬瓜去皮、瓤,切成(1×1×2)cm 的均匀方条;苹果去皮、籽,切成(1×1×2)cm 的均匀方条;莲藕去皮,横切为 0.4 cm 厚的片状。以上原料均浸入渗透促进液中 30 min,捞出以清水洗净备用或直接使用。

1.3.2 超声波处理

将经 1.3.1 渗透促进液预处理的原料分别放入盛有 300 mL、质量分数 45% 糖溶液的烧杯中,然后将烧杯置入超声波发生仪的水

第一作者:博士,副教授。

* 广西区教育厅资助项目(No. 桂教科研 1998-01-64)

收稿时间 2002-03-02,改回时间 2002-07-24

槽中,以不同输出功率的超声波进行处理。处理时间为 80 min,每隔 20 min 取样一次,测定其组织中糖含量的变化。与在相同温度下常规熬煮法作对照。

1.3.3 渗透促进液的作用

分别将经渗透促进液预处理的原料和未经渗透促进液预处理的原料置入盛有 300 mL、质量分数 45% 糖溶液的烧杯中,然后将烧杯置入超声波发生仪的水槽中,以不同输出功率的超声波进行处理。处理时间为 80 min,每隔 10~20 min 取样一次,测定其组织中糖含量的变化。与在相同温度下常规熬煮法作对照。

1.3.4 果蔬组织中糖含量测定

将浸糖后的样品表面残留的糖液用清水洗净,沥干称量,研磨成匀浆后转入 250 mL 容量瓶中,加入 5 mL 浓盐酸,摇匀,将容量瓶放入 68~70℃ 的水浴中保温 10 min,取出后迅速冷却至 30℃ 以下,以酚酞为指示剂,加入 NaOH 溶液中和,以水定容,过滤备用,以兰-埃农法测定糖含量。

1.3.5 显微切片

以冬瓜为原料,样品按 1.3.2 方法处理。将已经处理过的渗糖样品在 45℃ 下放置 30~40 min,以凉干表面糖液。然后在 -20~-10℃ 的条件下进行冷冻切片。切片固定在载玻片后,经番红液染色后直接在显微镜下观察或拍照记录。

2 结果与讨论

2.1 超声波处理对果蔬渗糖的影响及作用

图 1~图 6 为超声波及渗透促进液对果蔬组织渗糖的影响。

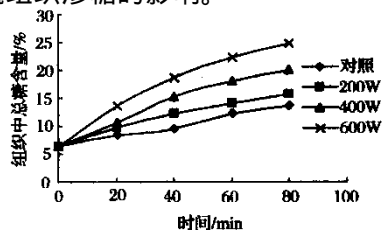


图 1 超声波对冬瓜组织渗糖效率的影响

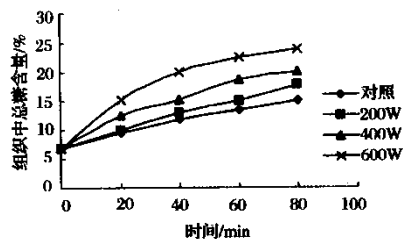


图 2 超声波对苹果组织渗糖效率的影响

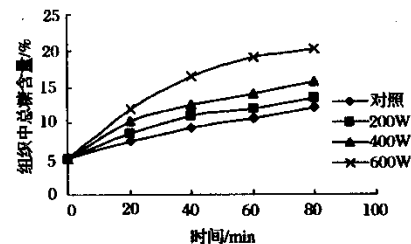


图 3 超声波对莲藕组织渗糖效率的影响

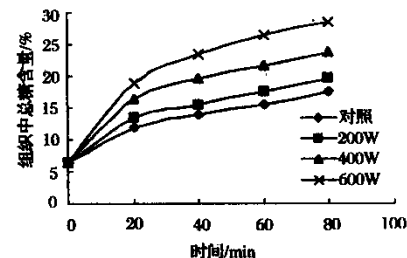


图 4 超声波与渗透促进液对冬瓜组织渗糖效率的影响

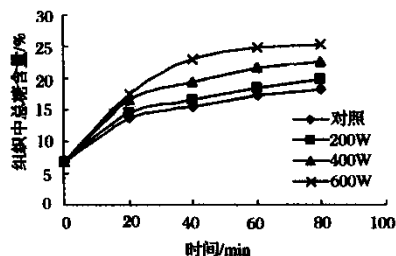


图 5 超声波与渗透促进液对苹果组织渗糖效率的影响

从图 1~图 6 的试验结果可以看出,超声波可以明显地加快果蔬组织的渗糖速度,并且在一定范围内随着功率的增大渗糖速度加快。与常规渗糖方法相比,超声波提高果蔬组织渗糖速度的幅度一般在 38.63% 以上,其中以冬瓜组织的效果最为明显。

超声波在传播过程中对媒质的作用,在

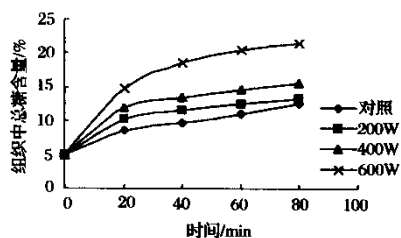


图6 超声波与渗透促进液对莲藕组织渗糖效率的影响

声学中可用下列3式加以描述 (1) $f = c/\lambda$; (2) $P = P_A \sin(\omega t)$; (3) $I = P_A^2 / (2\rho c)$

式中: f ——频率, Hz; c ——波速, m/s; λ ——波长, m; P ——声压, Pa; P_A ——声压振幅, N/m²; ω ——角频率, rad/s; t ——时间, s; I ——声强, W/m²; ρ ——媒质密度, kg/m³。

在一定的媒质中, 频率决定着声压、声强的大小, 频率越高, 越容易获得较大的声压和声强^[6]。超声波对媒质的作用也就越强。超声波之所以能显著地提高果蔬的渗糖效果, 主要与超声波本身具有的“空穴作用”、“搅拌作用”、“热作用”性能有关。超声波的“空穴作用”是指媒质分子之间的平均距离在超声波的作用下增大到超过极限距离, 从而破坏液体结构的完整性, 导致出现微小气泡的现象。空化泡在绝热收缩和崩溃的瞬间会在其周围极小空间范围内产生 1 900~5 200 K 的高温和超过 50 MPa 的高压, 温度变化速度达 10⁹ K/s, 并伴有强烈的峰值高达 10⁸ N/m² 的冲击波和时速达 100 m/s 的喷射流产生, 可以增强细胞膜的穿透能力和传输能力^[7]。在传统的果脯生产渗糖过程中, 果蔬组织中的细胞间隙、细胞壁、细胞膜及组织中的空气可能成为果蔬组织与周围糖溶液进行物质交换的障碍, 从而使渗糖效率降低, 生产周期延长。然而果蔬组织中存在的大量水分和微小气泡正好使得超声波的“空穴作用”极易产生, 从而使细胞膜的结构受到破坏, 提高和改善了组织细胞的通透性, 加速渗糖过程。超

声波的振动搅拌作用也是促进渗糖的一个主要因素。实际上, 超声波在媒质中振动会引起一种强烈的搅拌作用, 即超声波在媒质中传播不可避免地引起位于路径上的质点进入振动状态。例如, 频率为 20 kHz, 声强为 1 W/cm² 的超声波在水中传播, 取水的密度为 1 000 kg/m³, 声速为 1 500 m/s, 则质点的最大振动加速度为 $1.44 \times 10^4 \text{ m/s}^2$ ^[8]。如此大的加速度会引起一种复杂而有力的机械搅拌作用^[9]。另一方面, 超声波产生的“空穴”的不断形成和消失, 在溶液中也极易形成强烈似的旋涡, 实质上也起到一种搅拌作用。这些强烈的搅拌作用对糖液中糖分子的渗透扩散起到极大的促进作用。在超声波渗糖过程中, 由于部分果蔬原料或其他质点物质对超声波的吸收而使超声波的动能转化为热能, 从而使糖液的温度有所提高。这就是超声波的热作用。超声波的热作用实质上也是有利于糖液中糖分子的渗透扩散, 从而促进渗糖作用。

2.2 超声波的作用时间与果蔬组织渗糖的关系

从图 1~图 6 中可以观察到, 随着超声波作用时间的延长, 果蔬组织的含糖量也随之提高, 但提高的幅度随时间的延长而逐渐降低。这种变化可能是因为随着果蔬内糖浓度的提高, 果蔬内外环境中的糖浓度差别变得越来越小, 此时外界环境的糖分要渗入果蔬内则需要更大的推动力。依据图 1~图 6 的曲线变化趋势, 可以肯定在超声波作用到一定时间后, 果蔬内外环境之间的物质交换会达到平衡。此时若继续提高渗糖效率, 可以通过提高超声波的输出功率或提高外界环境的糖的浓度达到。

2.3 超声波对果蔬组织细胞完整性的影响

以超声波渗糖效果最好的冬瓜作为试验原料, 对天然冬瓜组织、常规法渗糖后的冬瓜原料以及超声波渗糖处理的冬瓜原料进行了显微切片分析。结果表明, 经过 80 min 的渗糖处理后, 按常规法处理的冬瓜组织细胞外

形已基本被破坏,而其组织中的含糖量仅为 13.7%。相反,经过 600 W 超声波处理的冬瓜组织细胞外形基本保持完好,而组织中的含糖量却提高到 28.5%(如图 7~图 9 所示)。这些结果说明,超声波不但可以显著地提高果蔬组织的渗糖效率,而且可以明显降低糖煮对果蔬组织细胞结构的破坏作用。超声波只是在微观水平对果蔬的细胞膜结构产生破坏作用,从而促进果蔬的渗糖作用,但是在相对宏观水平上,超声波并不对果蔬的组织细胞外形产生破坏作用。

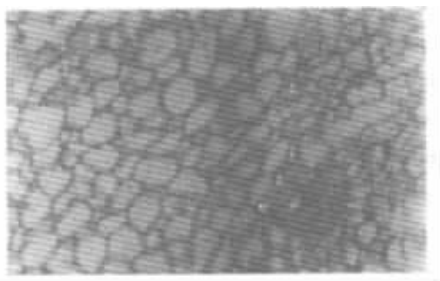


图 7 天然结构的冬瓜组织(放大 60 倍)

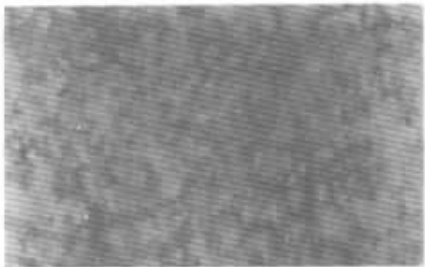


图 8 常规法浸糖 80 min 后的冬瓜组织
(放大 60 倍, 64℃)

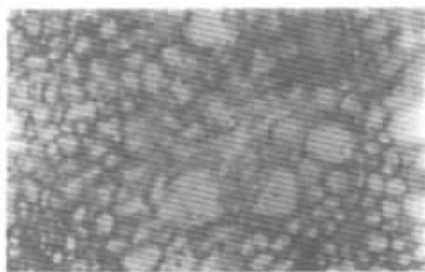


图 9 600 W 超声波浸糖 80 min 后的
冬瓜组织(放大 60 倍, 64℃)

2.4 渗透促进液对果蔬组织渗糖的影响

利用渗透促进液对原料进行预处理可以明显改善果蔬组织的通透性,提高渗糖效率。利用常规法测定果蔬组织的渗糖效率,无渗透促进液处理时,冬瓜、苹果和莲藕的含糖量分别只有 13.70%、15.76% 和 12.13%,而利用渗透促进液处理后它们的含糖量则分别提高到 17.48%、18.20% 和 12.43%。渗透促进液处理后,再利用超声波处理,使果蔬组织的渗糖效果更加明显。600 W 超声波果蔬组织渗糖效率的提高程度如表 1 所示。

表 1 600 W 超声波果蔬组织渗糖效率的程度

果蔬组织	处理剂	浸糖时间 /min	常规组合 含糖量/%	超声组合 含糖量/%	提高幅度 /% ¹⁾
冬瓜	无	80	13.70	24.85	81.38
苹果	无	80	15.76	23.96	52.03
莲藕	无	80	12.13	20.34	67.68
冬瓜	有	80	17.48	28.50	63.04
苹果	有	80	18.20	25.23	38.63
莲藕	有	80	12.43	21.45	72.57

注 1) 超声波提高渗糖效率的幅度 = (超声波组合含糖量 - 常规组合含糖量) / 常规组合含糖量 × 100%

3 结 语

(1) 超声波对果蔬组织的渗糖效率有明显的促进作用,并且可以明显降低糖煮对果蔬组织细胞结构的破坏作用。通过适当增加超声波的输出功率或逐步提高外界环境糖的浓度可以增大果蔬组织的渗糖速率。

(2) 渗透促进液与超声波联合处理可以进一步改善果蔬组织的通透性,提高超声波促进果蔬组织的渗糖效果。

参 考 文 献

- 杨巨斌,朱慧芬主编. 果脯蜜饯加工技术手册. 北京: 科学出版社, 1988. 10~15
- 芮汉明,汤伟雄,陈中. 食品科学, 1996, 17(10): 27~30
- 冯作山,李东晓,胡瑞兰. 食品工业科技, 1996(3): 48~51
- 林影,高大伟,梁宏. 华南理工大学学报, 1997, 25(10): 110~112
- 白天珠,张福成. 声学电子工程, 1990(2): 37~40

- 6 朱绍华. 食品工业科技, 1998(1):12~14
7 Grootwassink J W D, Sing L K. J. General Microb., 1983, 129:31~35
8 程守洙, 江之永. 普通物理学(第3册). 北京: 高等教育出版社, 1979. 99~101
9 于淑娟, 高大维, 李国基. 华南理工大学学报, 1998, 26(2):123~127

Effect of Ultrasonic Wave on Sugar Permeability and Cell Tissue Completeness of Candied Fruit and Vegetable

Li Junsheng He Ren Hou Gefei Yan Liujuan

(Department of Light Industry and Chemical Engineering, Guangxi University of Technology, Liuzhou, 545006)

ABSTRACT In this paper, the effect of ultrasonic wave on sugar permeability and cell tissue completeness during candied fruit and vegetable production were studied by way of tracing the sugar quantity and microtomy. Compared with the control, ultrasonic wave could obviously promote sugar permeability speed at least 38.63%. Meanwhile, ultrasonic wave could also prevent the destruction of tissue and cell by cooking fruit and vegetable.

Key words candied fruit and vegetable, fruit and vegetable tissue, ultrasonic wave, sugar permeability, microtomy

2002 年上半年绿色食品标志产品基本情况

2002 年上半年, 共有 303 家生产企业的 614 个产品获得绿色食品标志使用权, 使用绿色食品标志产品数比去年同期增长 96.0%, 基本翻了一番。从具体区域来看, 黑龙江、内蒙古、山西、山东、江苏等省区的绿色食品产品仍然保持较快的发展势头。新疆、湖北、广东等省区快速发展。绿色食品生产企业的续报率进一步提高, 产品续报率约为 80%, 一些知名企业和名牌产品继续申请使用绿色食品标志, 如山西古城乳业集团有限公司、吉林德大有限公司、重庆市涪陵榨菜集团有限公司、华夏葡萄酒有限公司等。2002 年上半年, 又有一批大企业(包括国家农业产业化重点龙头企业)和名牌产品被批准使用绿色食品标志, 如金龙鱼牌粟米油、胡姬花牌花生油、希波肉串、均瑶集团乳业股份公司、哈高科大豆有限责任公司、黑龙江省建三江农垦油脂有限责任公司、黄龙食品工业有限公司等。

截止 2002 年 6 月底, 共有 1 402 家生产企业的 2 791 个产品有效使用绿色食品标志, 其中 AA 级绿色食品产品 62 个, A 级绿色食品产品 2 729 个, 有效使用绿色食品标志产品数较 2001 年同期增长了 40.0%, 比 2001 年底增长 16.3%。从产品结构分析, 呈现 3 个特点: (1) 绿色食品产品以粮油类、畜禽蛋奶类、蔬菜类、饮料类为主, 其中粮油类 27%, 畜禽蛋奶类 16%, 蔬菜类 16%, 饮料类 15%。(2) 在各类产品中, 形成了比重较大的几个主导产品, 如绿色食品大米产品 257 个, 占粮油类产品数 33.7%, 占绿色食品产品总数的 9.2%; 绿色食品奶及奶制品 300 个, 占畜禽蛋奶类产品数 67.1%, 占绿色食品产品总数的 10.7%; 绿色食品茶叶产品 181 个, 占饮料类产品 43.6%, 占绿色食品产品数 6.50%。(3) 绿色食品蛋、肉类产品得到快速发展, 绿色食品鸡蛋、鸭蛋产品 30 个, 绿色食品肉类产品 117 个, 绿色食品肉类产品较去年年底增长了 64.3%。从产品地区分布分析, 黑龙江、内蒙古、山西、山东、江苏、四川、福建、吉林、辽宁、新疆、湖北等地区绿色食品产品数占全国绿色食品产品总数的 67.0%。西部地区绿色食品产品数发展较快, 西部地区绿色食品产品数为 748 个, 占全国绿色食品产品总数的 26.8%。从绿色食品生产企业结构分析, 大企业、国家农业产业化龙头企业、上市公司所占比重越来越重, 年产值超过 5 000 万的大型企业、集团 312 家, 占绿色食品生产企业数的 22.3%, 有 51 家绿色食品生产企业是国家 151 家农业产业化龙头企业, 绿色食品上市公司 32 家。