

# 超声波清洗对鲜切芹菜品质的影响

赵跃萍, 王晓斌, 杨天宇, 燕平梅, 于鸿飞

(太原师范学院生物系, 山西太原 030031)

**摘要:** 本文以自来水清洗为对照, 研究了在 30 ℃ 下用 50 W 功率超声波分别清洗鲜切芹菜 10 min、15 min、20 min、25 min、30 min 各样品中细菌和大肠杆菌的数量变化, 以及亚硝酸盐和维生素 C 的变化情况, 探索鲜切芹菜保鲜的最佳清洗方法和时间。实验表明超声波处理 10 min 的鲜切芹菜除菌率高, 无机械损伤, 对 V<sub>C</sub> 无明显破坏作用, 感官品质优良, 有利于芹菜的保鲜。

**关键词:** 超声波; 气泡清洗; 鲜切菜; 品质

**文章编号:** 1673-9078(2011)1-32-35

## Influence of Ultrasonic Cleaning on the Quality of Fresh Cut Celery

ZHAO Yue-ping, WANG Xiao-bin, YANG Tian-yu, YAN Ping-mei, YU Hong-fei

(Department of Biology, Taiyuan Normal College, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** The vegetables are cleaned with the low-power ultrasonic at 30 ℃ for different time (10minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25minutes and 30minutes). The total counts of bacteria and *E.coli* were determined and the physical and chemical indicators were also measured. Ultrasonic Cleaning for 10minute showed high bacterial-eliminating rate and little mechanical damage to V<sub>c</sub>, which was suitable for fresh-keeping of the celery.

**Key words:** ultrasonic; cleaning bubbles; vegeables; quality

鲜切菜又名半处理蔬菜或轻度加工蔬菜, 是指新鲜蔬菜原料经分级、整理、清洗、去皮、切分和包装等处理而制成的可直接烹调或直接食用蔬菜制品。消费者购买这类产品后, 不需要作进一步处理, 可直接食用或烹饪<sup>[1]</sup>。随着现代生活节奏的加快和生活水平的提高, 蔬菜的消费量不断增加, 鲜切蔬菜以其新鲜、方便、营养、无公害等特点, 近年来的消费量增加相当快, 特别受到欧美、日本等国家消费者的喜爱。鲜切蔬菜作为一种新兴食品工业产品, 20 世纪 50 年代起源于美国, 当时大部分是供给集团和快餐业, 近几年来美国鲜切产品销售额逐年增加<sup>[1]</sup>。在我国也开始受到关注。但是新鲜蔬菜经过切割后, 会有大量的营养物质外流, 从而促进了微生物的生长繁殖, 同时切割增加了更多种类和数量的微生物对蔬菜的污染机会, 大大降低了蔬菜的品质, 缩短了货架期。因此如何抑制微生物的生长, 是延长产品货架期的关键<sup>[2]</sup>。清洗是鲜切菜的关键控制点之一, 超声波用于鲜切菜的清洗, 是利用低频高能量超声波的空化效应在液体中产生瞬间高温, 瞬间高温造成温度和压力变化, 使液体中某些细菌致死, 病毒失活, 甚至使较小的一些

微生物的细胞壁破坏, 从而延长蔬菜的保鲜期<sup>[3]</sup>。超声波作为一种辅助消毒手段和用于工业品的清洗早有报道, 但用于鲜切菜保鲜这方面的研究还很少, 本实验研究了超声波对鲜切芹菜品质的影响, 找到超声波清洗的最佳时间。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

新鲜芹菜, 购自山西省太原市美特好超市。

#### 1.2 鲜切芹菜加工工艺

鲜切芹菜→挑选、整理→切分(4 cm 左右)→超声波处理→沥干→包装→保藏

超声波清洗处理: 30 ℃ 下分别清洗 10、15、20、25、30 min。

#### 1.3 测定方法

亚硝酸盐测定按 GB/T5009.33,1996 方法<sup>[4]</sup>。

V<sub>c</sub> 的测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[5]</sup>。

#### 1.4 微生物计数

细菌用琼脂平板计数(PCA、CM325、Oxoid、England), 样品平板在 37 ℃ 的培养箱培养 24 h 计数<sup>[6]</sup>。真菌用马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基制成的平板计数, 接种后置于 28 ℃ 培养箱中培养 4~5 d 计数<sup>[7]</sup>。大肠杆菌的计数用结晶紫中性红胆盐琼脂平板, 接种后

收稿日期: 2010-07-30

作者简介: 赵跃萍, 实验师, 研究方向: 食品加工与保藏

通讯作者: 燕平梅

置于 37 °C 培养箱中好氧培养 2 d 计数<sup>[7]</sup>。

### 1.5 感官指标评定

对不同时间处理的鲜切西洋芹, 根据色泽、褐变、气味及组织状态四个面进行评分, 有差距的酌情扣分。

用统计分析软件 SPSS13. 0 对试验结果进行 LSD 法多因素方差分析其显著性差异。感官指标评定标准见表 1。

表 1 鲜切芹菜感官指标评分标准

Table 1 Standard of sensory evaluation of the fresh-cut celery

分数	100	80	60	40	20
颜色	茎叶亮白绿色	茎叶翠绿色	茎叶绿色	茎叶灰绿色	茎叶暗绿色
香气	酸香浓郁、醇厚柔和, 有酯香及菜体清香	酸香味略淡, 酯香, 清香略差, 较柔和	酸香味淡但正, 无酯香、清香	酸香味淡且不正, 无酯香	无香气
褐变	茎叶亮绿色, 无褐色	茎叶绿色, 未见明显的褐变	茎叶绿色, 有小面积的斑点	茎叶灰绿色, 有小面积深色斑点	茎叶暗绿色, 有大面积的褐色斑点
质地	茎叶硬度大	茎叶较硬, 有弹性	茎叶较硬, 无弹性	茎叶个别处软	茎叶软烂

综合评分时, 按加权系数, 颜色25%, 香气25%, 褐变25%、质地25%、满分100分, 每次评分请10人, 记录数据分析, 判断处理间显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同超声波处理时间细菌和大肠杆菌的数量变化

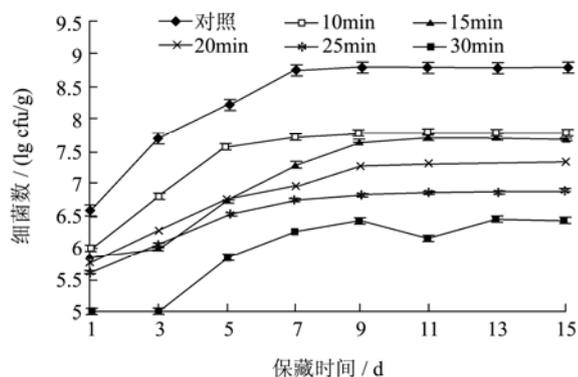


图 1 不同超声波处理时间中细菌数量的变化

Fig.1 The changes of the total number of bacteria in the vegetables with different ultrasonic treatment time

如图 1 所示, 统计了 14 d 鲜切芹菜中细菌的数量变化情况。细菌数量总体趋势逐渐增加, 对照组(未用超声波处理)中细菌的数量明显高于实验组(用超声波处理)。在实验第 1 d, 对照组中细菌的数量显著高于超声波处理 10 min 的样品中细菌的数量, 15 min 的样品中细菌数与 10 min 相比, 低于后者, 但是差异不显著, 20 min 和 25 min 的样品细菌数依次降低, 差别不明显, 30 min 细菌数为 0。10 min 的除菌效果和 15 min、20 min、25 min 处理细菌没有显著区别, 10 min 与 30 min 的差别很大。实验第 0 d 到第 6 d 是细菌数量增长最快的时期, 但是对照组的细菌数量仍远远高于超声波处理 10 min 鲜切菜中的细菌数, 15 min 和 20 min

的细菌数目相近, 且与 10 min 差别不大。处理 25 min 和 30 min 的样品中细菌依次减少, 但除菌效果与 10 min 的相比不明显。实验的 10 d 比第 6 d 细菌数略有增加, 总体趋势不变, 依然是对照组中细菌数最多, 处理 10 min、15 min、20 min、25 min、30 min 的样品依次降低, 实验组中的细菌数差别不如对照组与处理 10 min 的样品差距明显。实验第 14 d 的菌数与第 10 d 无明显变化。分析认为这段时间细菌达到了生长的稳定期, 数量变化稳定, 总趋势不变。综上所述, 对照组和实验组细菌数量差别明显, 但是实验组中超声波处理 10 min、15 min、20 min、25 min、30 min 的样品中细菌数目差别不大, 但考虑到 10 min 处理的能量损耗最低, 节省资源, 暂定超声波处理 10 min 为最佳除菌时间。

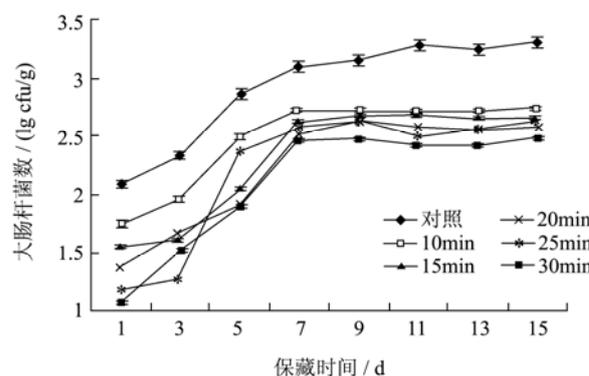


图 2 不同超声波处理时间中大肠杆菌数量的变化

Fig.2 The changes of the total number of E.coli in the vegetables with different ultrasonic treatment time

如图 2 所示, 统计了 14 d 的鲜切芹菜中大肠杆菌的数量, 鲜切菜中的大肠杆菌数量的总体趋势也是逐渐增加, 但是增长速度没有细菌增长快。在实验第 1 d 时, 实验组中大肠杆菌数量低于对照组, 其中处理 10 min 的样品中大肠杆菌数低于对照组, 接着依次是处

理 15 min、20 min、25 min、30 min 的鲜切菜。在实验第 6 d，处理时间为 25 min 的样品大肠杆菌数量超过了 15 min、20 min 和 30 min 的鲜切菜，没有 10 min 的样品中大肠杆菌多。在实验的第 10 d 和第 14 d，各样品大肠杆菌数量逐渐趋于稳定，对照组大肠杆菌数仍然最多，处理 10 min 次之，显著低于对照组。处理 15 min 也小于对照组，但是与 10 min 数量相比，相差不大。20 min、25 min、30 min 的样品中大肠杆菌数依次降低，但无明显差异。可以从图中看出，对照组和实验组细菌数量差别明显，但是实验组中不同超声波处理时间样品中细菌数目差别不大，而考虑到 10 min 处理的能量损耗最低，节省资源，暂时认为超声波处理 10 min 为最佳去除大肠杆菌的时间。

2.2 不同超声波处理时间真菌的数量变化

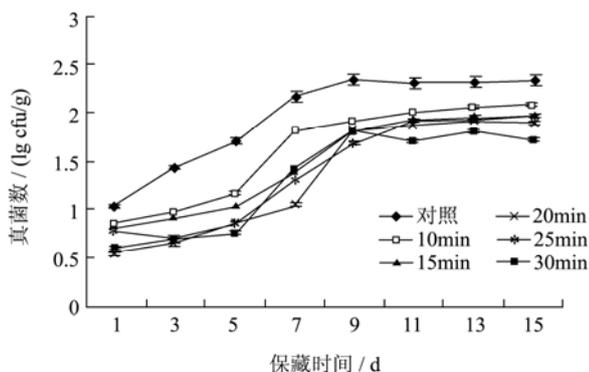


图3 经超声波气泡清洗不同时长后鲜切菜中真菌数量的变化

Fig.3 The changes of the number of fungi in the fresh-cut vegetables with different ultrasonic treatment time

从图 3 可看出，在整个贮藏过程中不同处理下鲜切菜中的真菌数均呈先上升后稳定的趋势，但经超声波处理的和未经处理的其真菌达到最大值的时间是不同的，对照组在第 7 d 就达到了最大值，而经超声波处理过的基本是在第 9 d 才最多，不同时间的超声波清洗的芹菜在贮藏过程中真菌的数量无明显差异，所以选择清洗 10 min，这样有利于延长保鲜时间，增强其保鲜效果。而且缩短处理时间和超声波清洗所需的能耗。

2.3 不同超声波处理时间亚硝酸盐和维生素C含量的变化

从图4可以看出对照组和实验组在实验中的总体趋势都是增加。在实验的第0 d，各样品中亚硝酸盐浓度几乎一致，随着实验时间的延长，亚硝酸盐含量出现明显变化。在实验的第6 d，对照组的亚硝酸盐含量高于超声波处理10 min的样品，二者亚硝酸盐含量差别明显。超声波处理15 min的样品中亚硝酸盐含量低于10 min的含量，但是二者含量相差不大，之后是处

理20 min、25 min、30 min的样品，其中亚硝酸盐的含量依次减小，但是差别都不是很明显。可以认为超声波处理不同时间的样品中亚硝酸盐的含量变化不大。在实验的第6 d和第10 d之间，样品之间亚硝酸盐含量的差距逐渐明显，15 min的亚硝酸盐含量高于处理10 min的，但是总体趋势仍然同实验第6 d的情况，从图中可以看出10 min的显著低于对照组，而与其它实验组之间的差距不大。20 min、25 min、30 min的样品间亚硝酸盐含量几乎没有差别。在最后一次测定中，各个样品的亚硝酸盐含量同第10 d十分相近。考虑到超声波能量节约和最短处理时间这两方面的因素，认为超声波处理10 min最有利于控制亚硝酸盐含量。

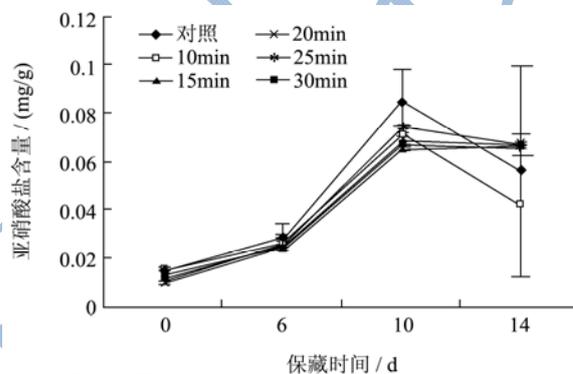


图4 不同超声波处理时间亚硝酸盐含量的变化

Fig.4 The change of nitrite in the vegetables with different ultrasonic treatment time

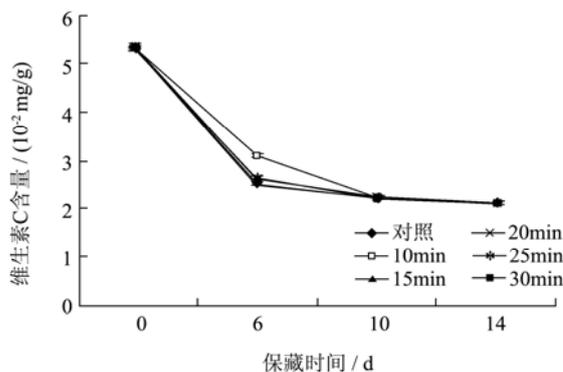


图5 不同超声波处理时间中维生素C的变化

Fig.5 The change of V<sub>C</sub> in the vegetables with different ultrasonic treatment time

从图5可以看出，实验开始时，各处理样品中的维生素C含量总体变化趋势逐渐减小。实验第0 d维生素C含量几乎相等，随着实验时间的增加，各样品中维生素C均呈下降趋势。主要变化集中在第0 d到第6 d之间，在实验的第6 d，各样品中维生素C的含量都明显低于实验第0 d，而对照组的维生素C含量低于实验组，但是相差不大，实验组中超声波处理10 min的样品中维生素C含量高于其他的样品。在之后的实验中，

超声波处理10 min的样品中维生素C含量回落,与其它样品中的含量相同。

#### 2.4 不同超声波处理时间鲜切菜感官评价

感官指标是评价食品的重要指标之一。本试验对实验组和对照组及实验组之间进行感官评定,经感官分析,实验组的芹菜品质明显高于对照组;实验组不同处理之间存在显著差异。经多重对比统计分析,超声波10 min处理的感官品质最好,贮存到第10 d依然保持良好的品质,超声波处理15 min次之,对照组最差,对照组从第6 d开始褐变,切割面上出现褐色斑点,至第8 d已经失去食用价值,而15 min处理时间过长,虽能有效去除微生物,但蔬菜的组织细胞受到了破坏,处理20 min以及更长时间的处理感官评价更加不好。

### 3 结论

由实验结果可知,在芹菜鲜切加工过程中,引入超声波气泡清洗的方法将对保证芹菜的质量产生积极的影响。在贮藏10 d以内,超声波气泡清洗10 min对鲜切菜的营养无明显的破坏作用。Vc含量于对照相比,一直处于较高的水平;亚硝酸盐含量低于对照和其他时间的超声波气泡清洗处理的鲜切芹菜;通过感官评价结果显示,超声波气泡清洗10 min后的芹菜色泽鲜艳、风味纯正,可较好的保持芹菜的鲜嫩度,感官品质优良。

鲜切菜在加工和贮藏过程中的质量问题主要是组织褐变和微生物的生长繁殖<sup>[8-9]</sup>。微生物生长是由于蔬菜切割后失去表层的保护,受到机械损伤,营养物质流出,更容易受到微生物利用而腐败变质,品质下降<sup>[10]</sup>。引起鲜切菜腐败的微生物通常细菌、霉菌,大肠杆菌<sup>[11-13]</sup>。实验中可以看出,对照组中的细菌数、真菌和大肠杆菌数一直都很高,因此鲜切芹菜较早发生了腐烂。清洗的目的就是要洗去蔬菜上面的尘土、污秽、微生物、寄生虫卵及残留的农药等。鲜切菜生产工艺中浸泡清洗是很必要的。超声波用于鲜切菜的清洗,是利用低频高能量的超声波的空化效应在液体中产生瞬间高温、瞬间高压造成温度和压力变化,使液体中某些细菌致死,病毒失活,从而延长蔬菜的保鲜期。可以从本实验结果中看出,用超声波气泡清洗的样品中细菌数量较对照组显著降低,并且增长速度减慢,从而亚硝酸盐的增加量也就比较缓慢,因为亚硝酸盐的形成与杂菌的作用有密切的关系,而与蔬菜中的硝酸还原酶关系不大<sup>[14]</sup>,实验组中10 min、15 min、20 min、25 min、30 min超声波处理的鲜切芹菜杂菌数量虽然较未处理的空白对照少,但是彼此间相

差不大,相应的亚硝酸盐含量降低也不明显。但结合感官评价,超声波10 min处理的感官品质最好,贮存到10 d依然保持良好的品质,超声波处理15 min次之,对照组最差,这是由于15 min超声波处理时间过长,会使芹菜细胞组织遭到破坏,因此在实验后期鲜切芹菜更容易发生褐变,失去食用价值。处理时间过长,虽能有效去除微生物,但蔬菜的组织细胞受到了破坏,同样的原因处理20 min以及更长时间的处理感官评价更加不好。从维生素C变化来看,在实验开始时,各处理芹菜的维生素C含量均相等,随着实验时间的增加均下降,这是因为样品处理过程中机械切割造成的伤口使得营养物质流出,维生素C大量损失。在实验结束时,对照组和实验组中维生素C含量达到一致,这说明超声波气泡清洗对维生素C没有明显的破坏作用,不影响鲜切芹菜的营养价值。

综合以上实验结果,细菌数量、真菌数量和大肠杆菌数量、亚硝酸盐含量、维生素C含量及感官评价可以得出,超声波处理可以抑制鲜切菜中微生物的生长,综合考虑到除菌效果,能源节约以及感官评价等方面研究认为10 min超声波气泡清洗时间为最佳处理时间。

实验结果表明,适当时间的超声波可以除菌,而且在处理时不会造成样品的机械损伤,也不会影响蔬菜的营养价值,但是它消毒不彻底,使鲜切菜的细菌数量较多<sup>[15-16]</sup>。因此,要将超声波与其他冷杀菌技术联合使用<sup>[10]</sup>,紫外线杀菌技术,紫外线可以抑制DNA复制,导致微生物突变和死亡。辐射技术,是微生物的新陈代谢、生长发育受到抑制或破坏,致使微生物被杀灭<sup>[17]</sup>。利用化学试剂也可以除菌。另外,鲜切菜从挑选、洗涤、包装、贮藏、运输到销售在一个低温条件下进行,也可以取得较好的保鲜效果。

### 参考文献

- [1] 燕平梅,张振中,赵欢.甘蓝发酵过程中亚硝酸盐含量累积原因的研究[J].现代食品科技.2010,6:569-572
- [2] 张立奎,陆兆新.鲜切生菜在贮藏期间的微生物生长模型[J].食品与发酵工业.2004,2(30):107-11
- [3] 戴传云,王伯处.低功率超声波对微生物发酵的影响[J].重庆大学学报.2003,2(26):15-18
- [4] 李书华,蒲彪,陈封政.泡菜的功能及防腐研究进展[J].中国酿造.2005,4:6-8
- [5] 黄伟坤.食品检验与分析[M].北京:轻工业出版社,1989
- [6] GB/T6195-86.水果、蔬菜维生素C含量测定法[S]
- [7] 燕平梅,薛文通,张惠.自然发酵和人工接种发酵方法对甘

- 蓝品质的影响[J].中国农业大学学报,2007,12(3):42-246
- [8] Han B Z, Cao C F, Rombouts F M, et al. Microbial changes during the production of Sufu-a Chinese fermented soybean food [J]. Food Control , 2004, 15: 265-270
- [9] 高翔,蒋荣荣.鲜切菜危害分析及品质控制[J].食品科技,2004,1:29-34
- [10] 赵友兴.鲜切莲藕酶促褐变机理与控制的研究[D].北京:中国农业大学硕士论文,2000
- [11] 锦涛等.切分蔬菜保鲜工艺研究.食品与发酵工业[J],2000,4(26):33-36
- [12] 刘进杰.国内外鲜切果蔬保鲜技术研究现状[J].安徽农业科学,2007,4:33-35
- [13] 周会玲.鲜切果蔬的加工与保鲜技术[J].食品科学,2001,8:82-83
- [14] 郑林彦,韩涛,李丽萍.国内切割果蔬的保鲜研究现状[J].食品科学,2005,5:125-127
- [15] 燕平梅,薛文通,张惠.不同贮藏蔬菜中亚硝酸盐含量变化的研究[J].食品科学,2006,6:70-74
- [16] 天宇.食品微生物生长预测模型[J].食品科学,1995,16:17-23
- [17] 高翔.鲜切菜冷杀菌技术的研究[J].微生物学杂志,2003,23(5):56-59
- [18] 齐正,李保国.鲜切蔬菜加工保藏与冷藏链[J].食品科技2006,9:259-261
- [19] Lee J Y, Kunz B. The antioxidant properties of baechu-kimchi and freeze-dried kimchi-powder in fermented sausages [J]. Meat Science, 2005, 69: 741-747