

文章编号: 1673 1689(2011)01-0078-06

# 生冻大根泥(萝卜泥)中微生物控制的物理方法

马海燕<sup>1</sup>, 张慤<sup>\*1</sup>, 孙金才<sup>2</sup>, 楼芳琼<sup>2</sup>

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 浙江海通食品有限公司, 浙江 慈溪 315300)

**摘要:** 大根萝卜特有的风味在高温下很容易改变或消失, 因此为了保持这种特有的芳香气味, 在大根泥的速冻加工前处理中不易进行热烫处理。作者以生冻大根泥的加工工艺为基础, 应用臭氧水与超声波协同处理代替原有的次氯酸钠溶液杀菌方法使微生物得到更好的控制, 同时使速冻产品的颜色、风味等品质得到了更好的保持。

**关键词:** 速冻; 臭氧水; 超声波; 杀菌

中图分类号: TS 205

文献标识码: A

## Studies on the Physics Methods for Controlling Microorganisms of Deepfreeze Radish Mud

MA Haiyan<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>\*1</sup>, SUN Jincai<sup>2</sup>, LOU Fangqiong<sup>2</sup>

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Zhejiang Haitong Food Group Co., Ltd, Cixi 315300, China)

**Abstract:** At high temperature, the special flavor of Raw Radish is easy to disappear or change. For this, no blanching was adopted in the pretreatment process. In this manuscript, the combination of ozone water and ultrasonic treatment instead of NaClO treatment were studied before the deep-freeze process in order to better control microorganisms of the product. In addition, the quality of the product, such as color and flavor, would be better maintained by under the new sterilization method.

**Key words:** deepfreeze; ozone water; ultrasonic; sterilization

萝卜, 古称莱菔, 属十字花科萝卜属, 原产我国, 栽培历史悠久。萝卜既是蔬菜又是食疗保健佳品, 俗有“土人参”之美称。它含葡萄糖、蔗糖、果糖、咖啡酸、苯丙酮酸、多种氨基酸、维生素、锰等多种营养成分。另外, 因萝卜不含草酸, 是钙的良好来源<sup>[1]</sup>。大根萝卜是萝卜中的上品, 该品种营养丰富, 含有大量维生素, 含糖量高、无异味、口感极佳,

是朝鲜小菜的主菜, 是韩国、日本、德国等国餐桌上的必备菜肴, 大根泥即是大根萝卜经研磨制成的泥状产品。

速冻蔬菜因为其食用方便、安全, 而且不受季节和气候的影响已经成为当代生活家居饮食必不可少的一个组成部分, 目前在国内外市场发展迅速。速冻食品是一种以低温快速冻结方式生产的

收稿日期: 2009-10-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972058)。

\* 通信作者: 张慤(1962-), 男, 浙江平湖, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农副产品加工与贮藏研究。Email: min@jiangnan.edu.cn

食品。由于冻结速度较快,形成的冰晶体小,数量多,分布均匀,从而极大程度的保存了蔬菜中的各种营养成分和风味。但是新鲜的蔬菜一般不宜直接冻藏,速冻过程并不能杀灭原料中的微生物及钝化内源酶,各种酶作用会使果蔬在冻藏过程中品质变劣,严重影响果蔬的风味、色泽和营养价值,降低可食用性<sup>[2]</sup>。目前在速冻前处理中,一般都会进行烫漂处理,烫漂可以使一些酶类失活,同时也会杀死部分微生物,有利于后期产品的保藏。然而,对于某些蔬菜而言,需要进行生冻处理如大根泥、葱等,其正由于不经过烫漂而直接速冻才具有了特别的商业价值。但控制产品微生物是个很大的难题。因此,寻找一种安全、有效的非热力杀菌(物理冷杀菌或化学方法)是十分必要的。超声波是一种机械振动在媒质中的传播过程,其频率一般在20 kHz以上。它具有很强的生物学效应,其机理主要是空化作用<sup>[3]</sup>。超声波在液体中传播时,使液体介质不断受到拉伸和压缩,而液体耐压不耐拉,当液体不能承受这种拉力,就会断裂而形成暂时的近似真空的空洞(尤其在含有杂质、气泡的地方),到压缩阶段,这些空洞发生崩溃,崩溃时空洞内部最高瞬间可达几个大气压,同时还将产生局部高温以及放电现象等,这就是空化作用<sup>[4]</sup>。

一般认为,超声波所具有的杀菌效力主要由于超声波所产生的空化作用利用超声波空化效应在液体中产生的瞬间高温及温度交变变化、瞬间高压和压力变化,使液体中某些细菌致死、病毒失活,甚至使体积较小的一些微生物的细胞壁破坏,从而延长保鲜期,保持食物原有风味<sup>[5-6]</sup>。

但是单一的超声波处理杀菌效果有限。1975年 Gary<sup>[7]</sup>等进行的超声协同臭氧处理水的灭菌研究,表明臭氧水与超声波协同作用可使杀菌效果更好。臭氧是一种氧化性非常强的物质,利用它的氧化性,可以在较短时间内破坏细菌、病毒和其他微生物的生物结构,使之失去生存能力。臭氧与其它利用氧化性杀菌的化合物相比,其杀菌速度比其它化合物快,而且臭氧剩余可以很快分解成氧气,而氧气对人体无害。臭氧在水中的溶解度为氧的10倍,其水溶液(臭氧水)亦有良好的杀菌作用<sup>[8]</sup>。

作者以大根泥为例,研究超声波与臭氧水协同杀菌作用的应用,从而大大提高杀菌效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

新鲜白萝卜,购于学校附近农贸市场;营养琼

脂、蛋白胨、猪胆盐、乳糖、溴甲酚紫、氢氧化钠、氯化钠、碘化钾、硫酸、硫代硫酸钠、可溶性淀粉。

臭氧发生器:济南楼方实业有限公司产品;SW-CJ10型洁净工作台:苏州净化设备厂产品;FA1104分析天平:上海天平仪器厂产品;电热恒温水浴锅:上海医疗器械五厂产品;2DX-35BI型座式自动电热压力蒸汽灭菌锅:上海申安医疗器械厂产品;10I-2BS型电热恒温鼓风干燥箱:上海跃进医疗器械厂产品;SPX型智能生化培养箱:南京实验仪器厂产品;JY98-3D超声波细胞破碎机:宁波新芝生物科技股份有限公司。SQ2130D多功能食品加工机:上海帅佳科技有限公司产品;鼓风速冻机:无锡市企虹制冷有限公司产品。

### 1.2 工艺流程及工艺要点

#### 1.2.1 工艺流程

1) 次氯酸钠杀菌工艺流程 原料选择→清洗→去头尾→淋水清洗→水槽清洗→盐水清洗→一次杀菌→清洗→盐水清洗→去头尾→去皮→切分→二次杀菌→盐水清洗→清洗→沥水→磨泥→选别→沥水→包装→预冷→速冻→贮藏

2) 物理方法杀菌工艺流程 原料选择→清洗→去头尾→淋水清洗→水槽清洗→盐水清洗→去皮→切分→杀菌处理(不同杀菌方法)→沥水→磨泥→选别→沥水→包装→预冷→速冻→贮藏

1.2.2 微生物检测 速冻好的样品→配成均匀的菌液→逐步稀释→培养基培养(37℃, 48 h)→计数→结果分析。

速冻好的样品→配成均匀的菌液→逐步稀释→乳糖胆盐发酵液培养(37℃, 24 h)→计数→结果分析。

#### 1.2.3 工艺要点

1) 次氯酸钠处理 要求使用的次氯酸钠有效氯质量浓度为150~200 mg/L。浸泡时间为15 min/次,杀菌水温<15℃,浸泡后用流水冲洗约2~3 min左右。

2) 杀菌处理 根据选用的不同的杀菌手段来确定不同的杀菌工艺参数。

3) 磨泥、沥水 杀菌处理后的产品要放置于超净工作台上沥水,然后用经过酒精消毒的打浆机中打浆磨泥,然后包装、封口进行预冷。一般预冷进行5 min左右即可,然后进行速冻。

4) 制菌液 速冻结束后的样品,待其自然解冻后称取5 g样品,加入45 mL无菌水进行稀释溶解,吸取稀释液1 mL(此为1:10的稀释液)进行逐步稀释。

5) 倒培养基: 倒培养基时要感觉培养基的温度很热但是不烫手为适(一般 50~60 °C 左右), 且整个稀释与倒培养基的过程以不超过 20 min 为宜, 以防细菌死亡, 倒培养基时量要适宜, 过多会增加后面计数的困难, 过少会导致干裂, 不利于细菌生长。

6) 发酵液: 菌液量取 1 mL, 采用单管乳糖胆盐发酵液, 用量为 10 mL, 制备时准确称取胆盐, 因其作为一种抑菌剂, 量的波动容易改变其内生长的大肠菌群的生长情况, 从而造成假阳性或假阴性。

### 1.3 实验方法

1.3.1 臭氧水杀菌特性研究 主要研究不同臭氧水浓度、处理不同时间对生冻大根泥的杀菌效果的影响以及不同处理条件下生冻大根泥的品质变化。

1.3.2 超声波杀菌特性研究 主要研究不同超声波作用功率和不同超声波作用时间对生冻大根泥的杀菌效果及不同处理条件下生冻大根泥的品质变化。

1.3.3 臭氧水超声波协同杀菌研究 通过单因素试验确定正交试验设计方案, 主要研究臭氧水浓度、超声波作用功率、以及协同处理时间等因素对生冻大根泥杀菌效果的影响, 综合考虑大肠菌群杀灭率和细菌总数杀灭率两个主要指标来进行分析, 筛选出最优杀菌工艺条件。

#### 1.3.4 主要检测指标

1) 菌落总数 采用平板计数法, 参照 GB4789.2-2003 测定。试验结果为 3 次试验结果平均值;

2) MPN 最大可能数值 采用 3 稀释度 9 管法, 参照 GB4789.3-2003 测定。试验结果为 3 次试验结果平均值。

#### 3) 结果结算方法

细菌总数杀灭率(%) =

$$\frac{\text{未处理样品细菌总数} - \text{杀菌处理后样品细菌总数}}{\text{未处理样品细菌总数}} \times 100,$$

大肠菌群杀灭率(%) =

$$\frac{\text{未处理样品大肠菌群数} - \text{杀菌处理后样品大肠菌群数}}{\text{未处理样品大肠菌群数}} \times 100.$$

1.3.5 统计分析 正交试验采用多指标综合评价法<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素实验研究

2.1.1 次氯酸钠处理的研究 次氯酸钠(NaClO)溶液是食品行业常用的杀菌剂。目前, 很多速冻蔬菜企业都使用次氯酸钠杀菌, 对于生冻大根泥, 次氯酸钠杀菌一般分两次进行即一次杀菌、二次杀

菌。要求所使用次氯酸钠溶液的有效氯质量浓度在 150~200 mg/L 之间, 杀菌时间为 15 min/次, 杀菌水温 < 15 °C, 一次杀菌处理结束后要求用流动水冲洗, 一般为 2~3 min, 再用质量分数 3% 盐水清洗。二次杀菌后要先用流动水冲洗, 再用 3% 盐水清洗原料表面上的残余次氯酸钠溶液, 最后再用流动水清洗, 以洗净原料表面的盐水和残余次氯酸钠。作者采用的次氯酸钠有效氯的质量浓度为 175.15 mg/L。影响次氯酸钠溶液杀菌的因素很多<sup>[10]</sup>, 如杀菌作用浓度、杀菌时间、pH 值、杀菌温度以及被杀菌的物料等因素影响很大。实验在 15 °C 条件下, 考虑不同的料液比对次氯酸钠杀菌的影响情况, 结果见表 1。

表 1 不同料液比对次氯酸钠作用的影响

Tab. 1 Effect of NaClO sterilization in different proportional

实验	料液质量 体积比/ (g: mL)	细菌总数 杀灭 率/ %	大肠菌群 杀灭 率/ %	处理后产品 品质变化
1	1: 2	44.4	78.1	颜色基本无变化, 芳香气味基本保持
2	1: 5	55.6	85.7	颜色基本无变化, 气味基本保持
3	1: 10	72.8	92.4	颜色基本无变化, 气味略有减弱
4	1: 20	90.7	95.8	颜色基本无变化, 气味淡薄
5	1: 40	92.0	97.5	颜色基本保持, 气味几乎消失

由上表可知, 随着料液比的比例下降, 杀菌效果是逐渐升高的, 但是同时对产品的品质, 尤其是原料特有的芳香性气味有很大程度的损失, 当料液质量体积比达到 1 g: 40 mL 时, 芳香性气味几乎完全消失。然而此时的杀菌程度仍然无法使产品微生物达标, 同时考虑到使用次氯酸钠杀菌后容易残留过量的氯, 在产品生产过程中需要增设复杂的清洗步骤并且在最后阶段还要增加检验残留量的工序, 所以作者试图寻找一种更简便、有效的杀菌方式来代替次氯酸钠杀菌。

鉴于前面研究的次氯酸钠的杀菌结果, 所以后面的实验研究都是在去除次氯酸钠杀菌处理的基础上进行的, 由于去掉了次氯酸钠处理也就省去了很多后续的清洗步骤, 这不仅有利于保持产品的芳香性气味, 也减少了加工处理过程中产品二次污染的可能性。

2.1.2 臭氧水杀菌特性的研究 臭氧水具有很强的氧化性, 与其它利用氧化性杀菌的化合物相比, 其杀菌速度快, 且效果更好。影响臭氧水作用效果

的主要因素是作用时间和臭氧水浓度<sup>[11]</sup>,作者在控制其它条件(如温度等)一致的前提下,研究不同臭氧水作用时间和作用浓度对杀菌效果的影响。

表 2 是在室温下(25 °C),研究同一质量浓度(1.68 mg/L)的臭氧水作用不同的作用时间对产品杀菌效果的影响。

表 2 臭氧水作用时间对杀菌效果的影响

Tab. 2 Effect of ozone process time on the sterilization

实验	作用时间/min	细菌总数杀灭率/%	大肠菌群杀灭率/%
1	10	58.0	78.1
2	20	67.9	90.5
3	30	86.4	92.9
4	40	88.9	95.7

由上表可知,时间越长杀菌效果越明显,但是超过 20 min 以后杀菌效果增长缓慢。一般来说,臭氧水在 15~25 °C 之间降解的半衰期为 20~30 min<sup>[12]</sup>,而在这组实验中由于使用的臭氧浓度较低,对产品的色泽和芳香性气味影响不大。

因此,在研究不同浓度对臭氧水杀菌效果影响的实验中,选择的处理时间为 20 min,实验结果如表 3。

由表 3 中实验结果可知,随着臭氧浓度升高,杀菌效果越好。但是,随着臭氧浓度的升高对产品品质的影响也越明显,第 6 组实验的结果符合生产要求,但由于臭氧浓度太大,使产品原有的气味基本消失。所以实验采用介用的臭氧水质量浓度为 11.11~17.71 mg/L。

表 3 不同臭氧质量浓度处理对杀菌效果的影响

Tab. 3 Effect of ozone concentrations on sterilization

实验	臭氧质量浓度(mg/L)	细菌总数杀灭率/%	大肠菌群杀灭率/%	处理后产品品质变化
1	1.68	64.2	79.5	颜色基本无变化,芳香性气味基本保持
2	5.36	69.1	89.1	颜色基本无变化,芳香性气味基本保持
3	7.39	82.7	92.4	颜色基本无变化,气味基本保持
4	11.11	90.7	95.7	颜色基本无变化,气味略有减弱
5	17.71	99.0	99.8	颜色基本无变化,气味稍淡薄
6	23.95	99.2	阴性	颜色基本保持,气味几乎消失

## 2.1.3 超声波的杀菌特性研究 影响超声波杀菌

效果的主要因素有超声波功率、作用时间等。作者在控制其它条件(如温度等)一致的前提下,研究不同超声波作用功率和作用时间对杀菌效果的影响。

常温下,固定超声波的功率为 1200 W,研究不同超声波的作用时间对产品的微生物和品质影响,结果如表 4 所示。

表 4 超声波作用时间对杀菌效果的影响

Tab. 4 Effect of the ultrasonic time on the sterilization

实验	作用时间/min	细菌总数杀灭率/%	大肠菌群杀灭率/%	产品品质变化
1	1	45.7	79.5	颜色基本无变化,芳香气味基本保持
2	2	60.5	81.4	色轻微褐变,芳香气味基本保持
3	3	64.2	89.0	褐变稍严重,芳香气味减弱
4	4	70.4	92.4	褐变明显,芳香气味淡薄
5	5	72.8	96.7	褐变明显,芳香气味几乎消失

由表 4 可知,随着超声波作用时间的延长,对微生物的杀灭效果也越显著,但同时品质的破坏也越明显。考虑到产品品质,超声波作用的最长时间不应超过 2 min。

常温下,选择不同的超声波功率分别作用 90 s,由表 5 可知,随着超声波功率的增加,杀菌效果也越明显。但由表 4 和 5 的结果可知,超声波处理对细菌的杀灭作用是非常有限的,单一的超声波处理不能使产品的微生物达标。Gary 等研究结果认为超声波与臭氧水具有协同作用,根据这一结论设计下面的臭氧超声波协同杀菌工艺实验。

表 5 不同超声波功率处理对产品的杀菌效果

Tab. 5 Effect of the ultrasonic powder on sterilization

实验	功率/W	细菌总数杀灭率/%	大肠菌群杀灭率/%
1	600	45.3	64.3
2	800	49.2	74.8
3	1000	53.4	79.5
4	1200	56.8	81.4

## 2.2 臭氧超声波协同杀菌工艺研究

2.2.1 正交实验方案设计与确定 经过单因素实验后可以发现对于臭氧质量浓度、超声波功率和作用时间这 3 个单因素而言,其变化总是与杀菌效果成正比的。因此,确定了因素水平表 6。

表6 正交试验因素水平表

Tab. 6 The orthogonal factor level table of Ozone Ultrasonic sterilization

水平	臭氧质量浓度/(mg/L)	超声波功率/W	处理时间/s
1	11.11	1000	50
2	14.41	1100	70
3	17.71	1200	90

表7 正交试验结果表

Tab. 7 The orthogonal experiment results of Ozone Ultrasonic sterilization

实验序号	臭氧质量浓度	超声波功率	处理时间	细菌总数杀灭率/%	大肠菌群杀灭率/%
1	1	1	1	97.4	92.9
2	1	2	2	97.9	98.4
3	1	3	3	92.8	92.9
4	2	1	2	99.3	99.6
5	2	2	3	97.8	97.9
6	2	3	1	99.8	99.7
7	3	1	3	98.9	99.5
8	3	2	1	95.8	98.1
9	3	3	2	99.8	99.9
均值I	95.16	97.73	97.15		
均值II	99.03	97.82	99.20		
均值III	98.83	97.50	96.67		
极差	3.87	0.32	2.53		

**2.2.2 正交试验结果与分析** 正交试验指标(细菌总数杀灭率、大肠菌群杀灭率)的计算方法同1.3.4(3),实验数据均为3次实验的平均值。根据表6的因素水平表进行正交实验,由前面的单因素试验可知,产品的细菌总数可以很容易控制在要求的范围内,而对大肠菌群的控制相对较难,因此在采用两指标正交实验分析时,赋予它们不同的权值,细菌总数杀灭率为1,大肠菌群MPN值杀灭率为2。由表7可知,筛选出的最优工艺是A2B2C2,也就是臭氧水质量浓度为14.41 mg/L,超声波功率为1100 W,处理时间为70 s。

通过比较极差可以发现,对于大肠菌群和细菌总数的综合杀灭效果而言影响最主要的因素是臭

氧质量浓度,其次是处理时间和超声波功率,而且由均值可以知道,并不是臭氧水质量浓度越高越好,在一定范围内,杀菌效果与臭氧水质量浓度先成正比后成反比。超声波功率和协同处理的时间与杀菌效果也并不总是成正比的,而是先成正比后成反比的。

并对正交实验中各组处理条件所得产品的颜色和气味进行简单的感观评价,发现各组产品的色泽和风味都无太大差别,与没有经过处理的产品相比颜色基本无变化,芳香气味也基本保持。

经过处理产品的细菌总数和大肠菌群MPN值均已经达到生产的要求,细菌总数可控制10 000 cfu/g以内,大肠菌群阴性。并验证了正交实验的结果,即最优工艺为臭氧水质量浓度14.41 mg/L,超声波功率1 100 W,处理时间70 s。

### 3 结 语

1) 次氯酸钠杀菌对产品的微生物有一定的控制作用,但是同时对产品的品质,尤其是芳香性气味造成较严重的损失。

2) 臭氧水的杀菌效果受到很多因素的影响,通过实验研究发现,随着处理时间的延长,杀菌效果会有所提升,但是超过20 min以后,杀菌效果变化缓慢。在一定臭氧处理时间(20 min),杀菌效果与浓度成正比,但是臭氧质量浓度超过17.71 mg/L对于产品的品质有显著性破坏。因此,臭氧水作用是质量浓度不宜超过17.71 mg/L。

3) 超声波的杀菌效果主要通过研究其作用时间和作用功率的变化来进行研究的。经过实验发现,同一功率下,作用时间越长杀菌效果越明显,但是当功率为1 200 W时,作用时间超过2 min会对产品品质造成显著性破坏;在固定处理时间为90 s时实验不同的作用功率,研究发现杀菌效果与作用功率成正比。

4) 对于臭氧水与超声波杀菌协同处理,考察因素有臭氧水质量浓度、超声波功率、协同处理时间,以大肠菌群杀灭率和细菌总数杀灭率为两个主要指标。经过正交实验结果发现,筛选出来的最优杀菌工艺是臭氧水质量浓度为14.41 mg/L,超声波功率为1 100 W,处理时间为70 s。

### 参考文献(References):

[1] 胡才. 四种蔬菜生熟两吃效不同[J]. 家庭科技. 2007. 9: 36-37.

- HU Cai, Four vegetables to eat raw and cooked two different effect[J]. **Jiating Ke Ji**, 2007, 9: 36– 37.
- [ 2] 许韩山, 张愨, 速冻毛豆漂烫工艺[J]. **食品与生物技术学报**, 2009, 28( 1): 38– 43.  
XU Hanshan, ZHANG Min. Blanch treatment technology of vegetable before quick freezing [ J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 9: 117– 118.
- [ 3] 杨胜利, 王金宇, 超声波处理对红曲色素产量的影响[J]. **无锡轻工大学学报(食品与生物技术学报)**, 2003, 22( 1): 99– 101.  
YANG Shengli, WANG Jinyu, The effects of ultrasonic radiation on production of pigment from monascus sp[ J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry( Journal of Food Science and Biotechnology)**, 2003, 22(1): 99– 101.
- [ 4] 王静, 韩涛, 李丽萍. 超声波的生物效应及其在食品工业中的应用[J]. **北京农学院学报**, 2006, 1: 67– 75.  
WANG Jing, HAN Tao, LI Liping. Study and applications of ultrasound wave in biological and food technology[ J]. **Journal of Beijing Agricultural College**, 2006, 1: 67– 75.
- [ 5] Butz P, Tauscher B. Emerging technologies: chemical aspects[ J]. **Food Research International**, 2002, 35(2-3): 279– 281.
- [ 6] 张永林, 杜先锋. 超声波及其在粮食食品工业中的应用[J]. **西部粮技**, 1999, 24( 2): 14– 16.  
ZHANG Yonglin, DU Xianfeng. Application of ultrasonic in foodstuff industry[ J]. **West Food and Oil Technology**, 1999, 24(2): 14– 16.
- [ 7] GARY R BURLESON, MURRAY T M, MORRIS POLLARD. Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication[ J]. **Applied microbiology**, 1975, 29(3): 340– 344.
- [ 8] 张桂祥, 林修光. 臭氧水稳定性与杀菌性的试验观察[J]. **现代预防学**, 2007, 9: 1772– 1773.  
ZHANG Guixiang, LIN Xiuguang. Experimental observation on stability and germicidal efficacy of ozone water[ J]. **Modern Preventive Medicine**, 2007, 9: 1772– 1773.
- [ 9] 吴有炜. 试验设计与数据处理[M]. 苏州大学出版社, 2002.
- [ 10] 张向慧, 范振良. 影响次氯酸钠溶液蔬菜杀菌效果的主要因素[J]. **食品工业科技**, 2006 年第 8 期: 202– 203.  
Lin Yushan. The application of sensory evaluation in food industry[ J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2006: 202– 203.
- [ 11] 王芳, 刘育京. 有机物、酸碱度、温度对臭氧水杀菌效果影响的研究[J]. **中华医院感染学志**, 2000, 5: 338– 340.  
WANG Fang, LIU Yujing. Influences of organic substances pH and temperature on germicidal efficiency of ozone solution [ J]. **Chin J Nosocomiol**, 2000, 5: 338– 340.
- [ 12] 孔凡生, 徐延斌, 段伟, 等. 臭氧水杀菌效果与稳定性的试验观察[J]. **现代预防学**, 2002, 4: 543– 547.  
KONG Fansheng, XU Yanbin, DUAN Wei, et al. Experimental Observation on Germicidal Efficacy and Stability of Ozone Water[ J]. **Modern Preventive Medicine**, 2002, 4: 543– 547.