

# 酸性电解水对成品豆腐的杀菌效果及品质影响研究

朱 叶, 刘海杰, 李里特\*, 程永强

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘 要:** 本实验将酸性电解水作为成品豆腐的杀菌液, 研究酸性电解水对成品豆腐的杀菌效果以及品质的影响。结果表明: 酸性电解水浸泡豆腐, 有利于减少豆腐的微生物。20min 的浸泡时间可以使豆腐的细菌总数从  $3.64 \log \text{CFU/g}$  降低到  $2.34 \log \text{CFU/g}$ 。另外, 仪器测定结果表明酸性电解水浸泡对豆腐的硬度影响很小、对色泽稍有影响; 感官评价结果表明酸性电解水浸泡基本不影响豆腐的感官品质。

**关键词:** 酸性电解水; 杀菌; 豆腐品质

Effects on Pathogen Reduction and Tofu Quality Treated with Electrolyzed Oxidizing Water

ZHU Ye, LIU Hai-jie, LI Li-te\*, CHENG Yong-qiang

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Electrolyzed oxidizing (EO) water was used in sterilizing tofu. The effects of EO water on sterilizing tofu and tofu quality were studied. The results showed that the total microbial count of tofu reduced after EO water treatment. The treatment time 20 min achieves a reduction of  $1.3 \log \text{CFU/g}$ , from  $3.64$  to  $2.34 \log \text{CFU/g}$ . Also, EO water treatment has little impact on tofu hardness, color and sensory quality through instrument measurement and sensory evaluation.

**Key words** electrolyzed oxidizing water; sterilize; tofu quality

中图分类号: TS214.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)08-0037-04

我国的豆腐主要有北豆腐、南豆腐。北豆腐是我国最具有代表性的传统豆制品之一, 因其风味、感官和再加工特性较好而受到人们的普遍欢迎<sup>[1]</sup>。然而, 我国大多数豆腐生产企业还处于作坊式的小规模生产方式。这些企业生产效率低下、产品质量不稳定, 卫生条件得不到保证<sup>[2]</sup>。豆腐水分含量高, 又富含蛋白质、脂肪等营养成分, 受微生物污染后极易腐败变质。正是由于极不耐贮藏, 不能解决运输中豆腐的保质问题, 只能在本地销售, 限制了产品的生产。因此, 有必要对豆腐保鲜技术进行研究, 以减少损失。

电解水(electrolyzed water)是将水在一种特殊装置中经电场处理, 使水的 pH 值、氧化还原电位(ORP 值)、有效氯浓度(ACC)等指标发生改变而产生的具有特殊功能的酸性电解水和碱性电解水的总称。其中酸性电解水杀菌高效瞬时、范围广、无残留性、使用安全可靠、生产操作方便, 是目前国内外广泛研究的新兴杀菌技术<sup>[3-5]</sup>。

本研究以市售北豆腐为原料, 探讨酸性电解水对成品豆腐的杀菌效果以及品质的影响, 以期对豆腐保鲜提

供一些理论数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜北豆腐购自当地超市。

酸性电解水(pH:  $2.6 \pm 0.2$ 、ORP= $1016 \pm 24 \text{mV}$ 、ACC= $49.2 \pm 3.8 \text{mg/L}$ ); 自来水(pH:  $7.6 \pm 0.3$ 、ORP= $365 \pm 10 \text{mV}$ 、ACC= $4.3 \pm 0.8 \text{mg/L}$ ); NaCl、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、冰醋酸、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (均为分析纯) 北京北化精细化学品公司; KI、可溶性淀粉和 KCl(均为分析纯) 北京化学试剂公司。

### 1.2 仪器与设备

F-23pH 计 日本堀场制作所(株); TPX-90 氧化还原电位计 日本东兴化学研究所(株); AR2140 电子分析天平 美国 OHAUS 公司; CE-7001 型赛爱牌便携式电解水发生装置 广州赛爱环境保护技术开发有限公司; 洁净工作台 北京冠鹏净化设备有限责任公司; YXQ-SG-46-280A 电热立式压力蒸汽灭菌器 上海博讯实业有限公

收稿日期: 2007-04-30

\*通讯作者

作者简介: 朱叶(1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事食品加工新技术的研究。

司医疗设备厂; HPS-250 生化培养箱 哈尔滨市东明医疗仪器厂; CR300 色彩色差计 日本 MINOLTA 公司; RT-2002D.D 流变仪 日本 RHEO TECH 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 酸性电解水的制备

使用赛爱牌携带式电解水发生装置制取酸性电解水, NaCl 浓度 1g/L, 电解时间 15min。pH 值、ORP (氧化还原电位) 值采用 pH 计及氧化还原电位计直接测定。对每个水样, 以上指标的测定重复三次。有效氯浓度测定用碘量法<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.2 酸性电解水对豆腐的杀菌处理

称取 6 份豆腐, 每份 25g, 随机分为两组, 一组用自来水浸泡, 另一组用酸性电解水浸泡。每组中 3 份豆腐的浸泡时间分别为 10、20、30min。浸泡用水为 100ml。对照为未处理。取出后沥干 10min, 测定细菌总数。

采用平板计数法检测细菌总数<sup>[7]</sup>。以无菌操作取浸泡后的豆腐 10g, 放入无菌研钵中研碎, 转入含有 90ml 无菌生理盐水的三角瓶内, 经充分振荡后按 10 倍稀释法稀释, 按 GB4789.2-94 的规定, 将菌悬液接种至营养琼脂培养基上, 在 37 ± 1℃ 的恒温培养箱内培养 24h 后计数。

#### 1.3.3 酸性电解水浸泡对豆腐硬度及感官品质的影响

取整块豆腐 (250 ± 50g) 于 2000 ml 烧杯中, 按 1:4 (W:V) 的比例加入酸性电解水, 分别浸泡 10、20、30min 后, 沥干 10min, 测定豆腐的颜色及硬度并对豆腐进行感官评价。

##### 1.3.3.1 颜色的测定<sup>[8]</sup>

采用色彩色差计进行豆腐的颜色测定, 基于 1976 年制定的 L\*a\*b\* 表色系统。L\* 称为明度指数, L\*=0 表示黑色, L\*=100 表示白色, L 值越大, 表明样品颜色越亮。+a\* 方向是红色增加, -a\* 方向是绿色增加, +b\* 方向是黄色增加, -b\* 方向是蓝色增加。VE<sub>ab</sub>\* 表示样品间颜色的差别程度, VE<sub>ab</sub>\* 的值通过以下公式计算:

$$VE_{ab}^* = \sqrt{(VL^*)^2 + (Va^*)^2 + (Vb^*)^2}$$

VE<sub>ab</sub>\* 与观察感觉的关系如表 1 所示。

表 1 VE<sub>ab</sub>\* 与观察感觉  
Table 1 Relationship of VE<sub>ab</sub>\* and sense

VE <sub>ab</sub> *	感觉到的色差程度
0~0.5	极小的差异
0.5~1.5	稍有差异
1.5~3.0	感觉到有差异
3.0~6.0	较显著差异
6.0~12.0	很明显差异
12.0以上	不同颜色

#### 1.3.3.2 豆腐硬度的测定

用流变仪测定进行二次压缩实验: 用直径 2cm 的取样器在豆腐的中部取样, 样品高 2cm; 选择直径为 2cm 的探头, 力臂 2kg。载物台速度为 1mm/s。豆腐的硬度按照 Bourne<sup>[9]</sup> 方法进行计算。

#### 1.3.3.3 豆腐的感官评价试验

参照 GB/T14195。挑选出中国农业大学食品学院研究生 10 名, 对北豆腐加工工艺和特性都比较了解, 感官评价前将试样用三位数随机数字对试样进行编号, 并将试样切分为 2cm × 2cm × 2cm 的正方体, 把试样放入带有编号的纸盘中, 提供给评价员, 在光线良好、有隔板的实验室进行感官评价。按照表 2 进行评分。硬度即为试样在口中, 通过牙齿间或舌头与上颚间对试样的压迫而感知到的; 口感即豆腐在口中的颗粒感强度; 风味即豆腐具有豆制品所特有的豆香味。包括气味和滋味, 通过嗅觉和味觉感知; 色泽即豆腐具有良好的感官色泽, 通过观察感知到; 总体的可接受性综合了豆腐外观、色泽、风味、口感和硬度, 即评价员认为最好的。

表 2 豆腐感官评价评分标准  
Table 2 Standardization scores of sensory evaluation of tofu

评分项目	评分参考标准
硬度	稍硬 8~9
	一般 6~7
	稍软 1~5
风味	有浓郁的豆香味及甜味, 无异味 7~9
	豆香味及甜味较弱, 无异味 4~6
	无豆香味即甜味 1~3
口感	口感柔软、细腻、弹性适中, 无粗糙的沙粒感 (或渣感) 7~9
	口感稍硬或弹性较差或略带渣感 4~6
	口感僵硬, 弹性差, 有明显渣感 1~3
色泽	色泽为深黄色、均一, 无其他颜色 7~9
	色泽为淡黄色、均一, 无其他颜色 4~6
	色泽为白色、均一, 无其他颜色 1~3
总体可接受性	很好, 可以接受 7~9
	较好, 可以接受 4~6
	一般, 勉强接受 2~3
	很差, 难以接受 1

#### 1.3.4 数据统计

数据分析采用 (One-Way ANOVA, Means Comparison using Tukey Test); 使用 Microcal Origin 7.5 (Microcal Software 公司) 软件分析, 采用 0.05 水平; 所有实验均重复三次。

## 2 结果与分析

### 2.1 酸性电解水对豆腐的杀菌效果

酸性电解水对豆腐的杀菌效果如图 1 所示。从图 1 可以看出,未处理的豆腐的细菌总数为 3.64 log CFU/g,酸性电解水处理过的豆腐细菌总数明显小于未处理的细菌总数( $p=0.05$ ),比未处理的豆腐细菌总数减少 1.0 个对数值,而自来水浸泡后与未处理的差别并不大。这表明,普通自来水对豆腐基本没有杀菌效果,而酸性电解水的杀菌效果明显优于自来水。从图 1 还可以看出,酸性电解水浸泡不同时间后,豆腐的细菌总数略有不同。其中酸性电解水浸泡 20min 的豆腐细菌总数最小,达到 2.34 log CFU/g,浸泡 10min 和 30min 都不如浸泡 20min 的杀菌效果。以上结果表明 10min 的浸泡时间不足以使酸性电解水发挥最大的杀菌效果,而 30min 的浸泡时间过长,又会使酸性电解水的杀菌功效随着与豆腐接触时间的延长而下降。

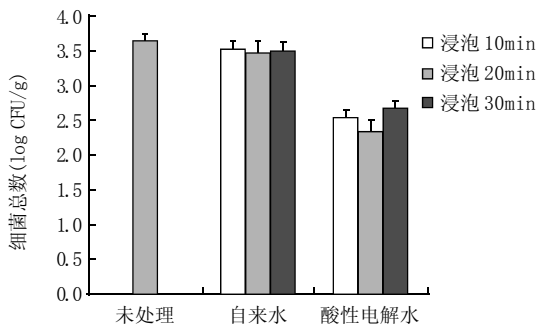


图 1 浸泡后豆腐的细菌总数  
Fig.1 Total microbial count of treated or untreated tofu

2.2 酸性电解水浸泡对豆腐硬度的影响

豆腐的质地对于豆腐的品质以及消费者的可接受性方面具有重要的决定作用。豆腐作为一种蛋白质凝胶物质,硬度是其重要的质地特性之一。本实验采用流变仪测定了酸性电解水浸泡对豆腐硬度的影响。实验结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,酸性电解水浸泡对豆腐硬度的影响不是很显著,浸泡 30min 后,豆腐硬度下降并不是很明显,这表明酸性电解水 30min 内的浸泡可以保持豆腐的硬度,不会对硬度产生不良的影响。

2.3 酸性电解水浸泡对豆腐色泽的影响

用色彩色差计测定了酸性电解水浸泡对豆腐色泽的影响,结果如表 3 所示。从表 3 可以看出,酸性电解水处理过的豆腐的 L、a、b 与对照的 L、a、b 值相差不是很大。但酸性电解水处理 30min 的豆腐的 L 值低

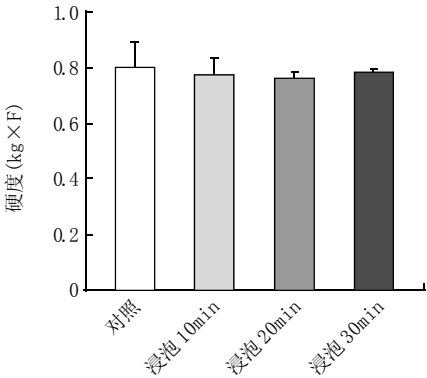


图 2 酸性电解水浸泡后豆腐的硬度  
Fig.2 Hardness of electrolyzed water treated tofu

表 3 酸性电解水浸泡后豆腐的颜色  
Table 3 Color of electrolyzed water treated tofu

	对照	浸泡 10min	浸泡 20min	浸泡 30min
L	94.08±0.08	93.96±0.10	94.52±0.26	92.82±0.57
a	-2.07±0.30	-2.17±0.10	-1.98±0.08	-2.07±0.01
b	13.96±0.14	14.31±0.28	14.16±0.12	14.60±0.03
VE <sub>ab</sub> *	—	0.40±0.21	0.54±0.07	1.41±0.44

于对照, L 值越大,表明样品颜色越亮,这表明酸性电解水处理 30min 后豆腐色泽发生了稍许变化。从 VE<sub>ab</sub>\* 值亦可以看出,酸性电解水处理 10、20、30min 的豆腐值分别为 0.40、0.54 和 1.41,即酸性电解水处理 10min 的豆腐的色泽与对照之间有极小的差异,其他两个处理与对照稍有差异(参考表 1)。

2.4 酸性电解水浸泡豆腐的感官评价

对酸性电解水浸泡过的豆腐进行感官评价分析,结果如表 4 所示。从表 4 可以看出,浸泡过的豆腐的感官评价各指标与对照的差异不显著。在硬度方面,浸泡过豆腐的硬度评分低于对照评分,经数据统计,差异并不显著( $p>0.05$ ),这与仪器测定结果一致。在风味方面,由于酸性电解水具有与次氯酸钠类似的气味,考察浸泡后豆腐是否具有这种气味而影响豆腐固有的风味。从表 4 可以看出,浸泡过的豆腐风味评分均比对照低,但差异不显著( $p>0.05$ ),评定人员未发觉酸性电解水浸泡后豆腐有异味。在口感方面,酸性电解水浸泡 30min 的打分最低,但与对照差异不显著。在色泽方面,酸性电解水浸泡的所有处理与对照没有显著差异,这与仪器测试结果一致。结果表明酸性电解水浸泡对豆腐色泽影响很小,视觉上看不出差异。在总体可接受

表 4 豆腐的感官评价  
Table 4 Sensory scores of tofu treated with electrolyzed water

	硬度	风味	口感	色泽	总体可接受性
对照	7.4±0.9	7.3±1.6	7.1±1.3	5.9±1.6	7.6±1.2
浸泡 10min	6.7±0.9	7.2±1.1	7.4±1.3	5.8±1.7	7.8±1.3
浸泡 20min	7.3±0.4	6.9±1.2	7.0±0.8	5.7±1.5	7.7±0.9
浸泡 30min	7.1±0.5	7.0±1.1	6.9±0.8	6.2±1.6	7.5±0.9

# 油脂种类对软冰淇淋品质影响研究

刘梅森, 何唯平

(深圳市海川实业股份有限公司, 广东 深圳 518040)

**摘 要:** 对反映软冰淇淋品质的各指标进行测试, 以考察棕榈油、椰子油和黄油对软冰淇淋品质的影响, 结果表明, 除棕榈油抗溶性不如黄油外, 棕榈油和黄油对软冰淇淋品质影响接近。椰子油除了硬度与两者接近外, 对软冰淇淋其他指标的影响均明显有别与棕榈油和黄油。椰子油膨化率最高, 黄油抗溶性最好。

**关键词:** 软冰淇淋; 棕榈油; 椰子油; 黄油; 抗溶性; 膨化率

## Study on Effects of Lipids on Soft-serve Ice Cream Quality

LIU Mei-sen, HE Wei-ping

(Shenzhen Oceanpower Industrious Co. Ltd., Shenzhen 518040, China)

**Abstract:** The soft-serve ice cream quality indices concerning rigidity, overrun and resistant-melted were studied in the presence of lipids. The results showed that the palm oil and the butter give the similar effects on the quality of soft ice cream except that the palm oil shows worse the melting-resistance than the butter did. Concerning rigidity, coconut oil is significantly different from palm oil and butter in affecting the indices of the soft ice cream quality besides rigidity. Coconut oil gives the best overrun and butter gives the best melting-resistance compared to the other oils.

**Key words** soft-serve ice cream; palm oil; coconut oil; butter; melting-resistance; overrun

中图分类号: TS277

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)08-0040-04

用于软冰淇淋生产的油脂一般为固体脂肪。最早用于冰淇淋的油脂为乳脂, 但是由于乳脂来源全脂牛奶、稀奶油和奶油等乳制品, 来源受限, 价格昂贵,

因此包括我国在内的许多国家采用一部分植脂代替乳脂, 所生产的冰淇淋同样可以达到上乘品质。

油脂对软冰淇淋除了可以提供丰富的营养和热量

收稿日期: 2006-03-31

基金项目: 广东省科技厅地市重点引导项目(2004B26001143); 深圳市科技重点项目(深科信[2005]387号)

作者简介: 刘梅森(1968-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事冰淇淋冷饮及食品添加剂研究与开发。

性方面, 酸性电解水浸泡过的豆腐打分与对照接近, 没有显著差异( $p > 0.05$ )。由此可以得出, 酸性电解水浸泡处理对豆腐总体可接受性没有太大影响。

### 3 结 论

用酸性电解水浸泡豆腐, 有利于减少豆腐的细菌总数。浸泡时间的实验结果表明, 用酸性电解水浸泡豆腐20min可以达到较好的杀菌效果。酸性电解水浸泡对豆腐硬度的变化影响很小、对豆腐表面色泽稍有影响。感官评价结果表明酸性电解水浸泡基本不影响豆腐的感官品质。

参考文献:

- [1] 籍保平, 李博. 豆制品安全生产与品质控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 励建荣. 中国传统豆制品及其工业化对策[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(1): 41-44.
- [3] 关东胜, 李里特. 强酸化水的制备及其灭菌效果[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(2): 109-113.
- [4] 清水义信. 酸化电位水の杀病毒、杀菌效能[J]. 齿科杂志, 1994, 40(1): 55-58.
- [5] KUMA S V, GABRIEL O E, HUNG Y C, et al. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65(9): 4276-4279.
- [6] 张铁垣, 等. 化验员手册[M]. 2版. 北京: 中国电力出版社, 1996: 133-350.
- [7] GB4789-94 食品卫生检验方法: 微生物部分[S].
- [8] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [9] BOURNE M C. Texture profile analysis[J]. Food Technol, 1978, 32(7): 62-66.