

文章编号: 1674-7054(2019)04-0360-07

# 茶皂素对沙门氏菌的抑菌机理及 对鸡胸肉的保鲜效果

何荣荣<sup>1</sup>, 谭运寿<sup>2</sup>, 张美虹<sup>1</sup>, 李正香<sup>1</sup>, 钟秋平<sup>1</sup>

(1 海南大学 食品学院, 海口 570228; 2 海南侯臣生物科技有限公司, 海南 澄迈 571921)

**摘要:** 研究了茶皂素(Tea Saponin)对沙门氏菌、枯草芽孢杆菌、李斯特菌、大肠杆菌、荧光假单胞菌、金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌等的抑菌效果。以抑菌效果最好的沙门氏菌为供试菌,通过对沙门氏菌的生长、形态、胞外蛋白、碱性磷酸酶及 $K^+$ 泄漏等方面研究茶皂素的抑菌机理,并以沙门氏菌菌落数、pH、持水率为指标评价茶皂素在鸡胸肉中的保鲜效果。结果表明,茶皂素主要通过破坏菌体的正常形态,改变细胞膜和细胞壁的透性,破坏其阻隔性,导致碱性磷酸酶和细胞内容物如 $K^+$ 、蛋白质外泄来实现其抑菌功能;茶皂素可以抑制鸡胸肉中沙门氏菌的生长繁殖,减缓pH上升的速度,延缓持水率下降的速率,说明茶皂素可以作为鸡胸肉保鲜的天然抑菌剂。

**关键词:** 茶皂素; 抑菌活性; 抑菌机理; 鸡胸肉; 保鲜

**中图分类号:** TS 205.9

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.04.009

茶皂素(Tea Saponin)是油茶籽榨油后的副产物茶枯饼中提取出来的一类糖苷化合物,它是茶枯饼中主要活性成分之一,具有良好的抗氧化和抑菌活性<sup>[1-3]</sup>。近年来,由食源性致病菌引起的疾病威胁着整个公共安全<sup>[4]</sup>,沙门氏菌是一类重要的食源性致病菌,能够导致患者出现败血症、肠胃炎和伤寒等疾病,严重时甚至可导致患者死亡<sup>[5]</sup>。畜禽产品是沙门氏菌的主要载体,如肉鸡,给消费者健康带来巨大的威胁<sup>[6]</sup>。天然防腐剂凭借其安全性高、抗菌作用强、抑菌谱广、水溶性好等优点成为人们研究的焦点<sup>[7-8]</sup>。目前,关于茶皂素抑菌研究主要集中在抑菌效果上<sup>[9]</sup>,对其抑菌机理及其在畜禽肉中的保鲜应用的报道较少,因此,笔者以本实验室提取的茶皂素为实验原料,通过对沙门氏菌生长、形态、胞外蛋白、碱性磷酸酶及 $K^+$ 泄漏等指标研究茶皂素的抑菌机理,并将其应用于鸡胸肉保鲜,旨在为开发天然抗菌剂提供理论指导,也为茶皂素高值化利用提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料与试剂** 茶皂素(纯度85.4%)从海南油茶的茶枯饼中提取;新鲜鸡胸肉购自海口某农贸市场。供试菌:枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* sp.)、沙门氏菌(*Salmonella* sp.)、单核细胞性李斯特菌(*Listeria monocytogenes* sp.)、大肠杆菌(*Escherichia coli* sp.)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* sp.)、铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa* sp.)和荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens* sp.)由海南大学食品学院提供。营养肉汤培养基购自北京索莱宝科技有限公司;木糖赖氨酸脱氧胆盐琼脂培养基购自北京陆桥公司。无水乙醇、氯化钠和磷酸(分析纯)购自广州化学试剂厂;考马斯亮蓝G-250购自国药集团化学试剂有限公司;碱性磷酸酶试剂盒购自南京建成生物工程研究所;牛血清蛋白和无菌磷酸盐缓冲液(PBS)购

收稿日期: 2019-02-03

修回日期: 2019-02-20

基金项目: 海南省重大科技计划项目(ZDKJ2017004)

作者简介: 何荣荣(1992-),女,海南大学食品学院2016级硕士研究生。E-mail: 2269506884@qq.com

通信作者: 钟秋平(1966-),男,教授。研究方向: 天然产物活性研究及功能食品开发。E-mail: hainufood88@163.com

自北京索莱宝科技有限公司。

**1.2 仪器设备** 无菌超净工作台购自苏州佳宝净化工程设备有限公司; 高压灭菌锅购自致微(厦门)仪器有限公司; SPX 生化培养箱购自宁波江南仪器厂; 高速冷冻离心机购自上海卢湘仪离心机仪器有限公司; TAS-990 Super AFG 原子吸收光谱仪和 T6 新世纪紫外可见分光光度计购自北京普析通用仪器有限责任公司; 电子分析天平购自上海舜宇恒平科学仪器有限公司; S-3000 扫描式电子显微镜购自日本日立公司。

### 1.3 茶皂素最小抑菌浓度测定

**1.3.1 菌种的活化** 将供试菌在营养肉汁琼脂培养基中传代活化后 4 ℃ 保存备用, 采用麦氏比浊法<sup>[10]</sup>, 将各种供试菌置于适宜温度(沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、李斯特菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌和枯草芽孢杆菌为 37 ℃, 荧光假单胞菌为 30 ℃, 下同) 培养箱培养 18~24 h, 用接种环挑取供试菌置于无菌生理盐水(0.9% NaCl) 中制成含菌量约为( $10^6 \sim 10^7$ ) cfu · mL<sup>-1</sup> 的菌悬液备用。

**1.3.2 茶皂素对菌株的最小抑菌浓度的测定** 采用肉汤稀释法<sup>[11]</sup>, 用无菌水溶解纯化后的茶皂素, 采用二倍梯度法将其稀释成 12.5, 25.0, 50.0, 100.0 和 200.0 g · L<sup>-1</sup> 的抑制液, 向灭菌后的平板中加入配制好的上述抑制液 2 mL, 再加入 18 mL 冷却至 50 ℃ 左右的营养肉汁培养基, 将二者混合, 使其终浓度分别为 1.25, 2.50, 5.00, 10.00, 20.00 g · L<sup>-1</sup>。待培养基凝固后取 100 μL 的供试菌悬液于平板上均匀涂布。以无菌水作为空白对照, 每个浓度做 3 个平行, 倒置于恒温培养箱中培养 24 h。观察, 以肉眼看不见细菌生长的最小稀释浓度作为茶皂素对供试菌作用的最小抑菌浓度(MIC)。

**1.4 细菌生长曲线的测定** 参考文献<sup>[12]</sup>的方法, 用无菌生理盐水稀释供试菌( $10^6 \sim 10^7$ ) cfu · mL<sup>-1</sup>, 将稀释后的菌悬液以 1% (v/v) 的比例接种于液体培养基中, 置于 37 ℃, 150 r · min<sup>-1</sup> 的摇床中培养 24 h, 加入茶皂素溶液使其最终浓度为 MIC, 以无菌水作空白, 每隔 2 h 取样 5 mL, 分光光度计测定 600 nm 波长下吸光值, 绘制茶皂素对供试菌抑制作用的生长曲线。

**1.5 细菌蛋白泄漏曲线的测定** 参考 LV F 等<sup>[13]</sup>的方法, 将活化后的供试菌接种于营养肉汤液体培养基中培养至对数期, 加入 MIC 浓度的茶皂素溶液, 以无菌水作空白对照, 加入抑菌物质后置于 37 ℃, 150 r · min<sup>-1</sup> 摇床中培养, 分别在 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 h 取样, 每次取样 5 mL, 每个时间点取 3 个平行。将菌悬液在 4 000 r · min<sup>-1</sup> 离心 10 min。离心后取上清液, 加入配置好的考马斯亮蓝溶液, 混匀静置 5 min 在 595 nm 下测量其吸光度。以时间为横坐标, 蛋白质质量浓度为纵坐标, 绘制茶皂素对供试菌蛋白泄漏曲线。

**1.6 碱性磷酸酶含量的测定** 将活化后的供试菌接种于营养肉汤液体培养基中培养至对数期, 加入茶皂素溶液使其最终浓度为 MIC, 以无菌水代替茶皂素溶液作空白对照, 加入抑菌物质后置于 37 ℃, 150 r · min<sup>-1</sup> 摇床中培养, 分别在 0, 4, 8, 12 h 取样, 6 500 r · min<sup>-1</sup> 离心 10 min, 取上清液作为样液, 操作按照试剂盒步骤进行, 于 520 nm 波长下测定实验组和对照组吸光度值, 定义每克组织蛋白在 37 ℃ 与基质作用 15 min 产生 1 mg 酚为 1 个金氏单位。

**1.7 细胞形态观察** 参考 DIAO W R 等人<sup>[14]</sup>的方法, 将活化后的供试菌在液体培养基中培养至对数期, 加入茶皂素溶液至最终浓度为 MIC, 并以无菌水作为对照, 加入抑菌物质后置于 37 ℃, 150 r · min<sup>-1</sup> 摇床中培养, 分别在 4, 12 h 时取样, 8 000 r · min<sup>-1</sup> 离心 10 min 后弃去上清液, 收集菌体。0.1 mol · L<sup>-1</sup> PBS 洗涤 3 次后, 再依次用 20%, 40%, 60%, 80% 乙醇溶液进行梯度洗脱, 每个浓度重复 2 次, 最后用无水乙醇洗脱 3 次。弃去上清液后将样品在 -20 ℃ 条件下预冻 1 夜, 再置于真空冷冻干燥机内冷冻干燥 12 h。取出冻干的样品, 密封防止吸潮, 上样, 通过阴极喷涂将样品金覆盖, 在扫描电子显微镜上观察供试菌的细胞形态。

**1.8 K<sup>+</sup> 浓度测定** 参考 MIAO 等<sup>[15]</sup>的方法, 将活化后的供试菌在液体培养基中培养至对数期, 离心收集菌体, 离心参数为 4 000 r · min<sup>-1</sup>, 15 min。菌体经无菌生理盐水(0.9% NaCl, 用超纯水配置) 洗涤 3 次后, 重悬于等量生理盐水中, 加入茶皂素溶液, 使其最终浓度为 MIC, 同时以无菌水 + 菌、茶皂素水溶液分别作为对照, 置于 37 ℃, 150 r · min<sup>-1</sup> 摇床中培养, 分别在 0, 2 h 后取样离心, 离心参数为 4 000 r · min<sup>-1</sup>, 15 min, 收集上清液, 过 0.22 μm 滤膜, 用原子吸收光谱法测定液体中 K<sup>+</sup> 浓度。

### 1.9 茶皂素在鸡胸肉保鲜中的应用

**1.9.1 鸡胸肉的前处理** 菌种活化: 将冷藏的供试菌(沙门氏菌) 取出平板划线法活化后, 使用无菌生理

盐水将供试菌稀释成 ( $10^6 \sim 10^7$ )  $\text{mL}^{-1}$  后制成菌悬液, 备用。样品前处理及接种: 将宰杀后的肉鸡立刻低温运回实验室, 无菌条件下剥离出鸡胸肉, 表面弃去, 保留无菌的内部样品, 分割成小块, 每块 10 g 备用。根据国标 (GB/T4789.4-2008 及 GB/T 4789.30-2008) 对沙门氏菌的原始污染情况进行检测, 余下的试验样品进行接种, 参考 Elenadel R 等<sup>[16]</sup> 的方法: 取 40  $\mu\text{L}$  上述新鲜菌液, 使用点接种法将菌悬液接种于样品中, 放置 1 h, 确保菌悬液充分粘附于鸡肉样品中。将样品置于配置的茶皂素水溶液中浸泡 10 min, 以无菌水作空白对照, 取出沥干 30 min, 保存于无菌密封袋中, 置于 4  $^{\circ}\text{C}$  冰箱中保存, 分别在 0, 2, 4, 6, 8, 10 d 取样测各种指标。

1.9.2 沙门氏菌菌落数测定 参考国标 GB4789.2-2016, 将分割好的小块鸡胸肉( 每小块 10 g) 从冰箱中取出, 粉碎, 加入 20 mL 无菌生理盐水浸泡 30 min 后, 过滤, 取 100  $\mu\text{L}$  涂布, 将平板倒置于 37  $^{\circ}\text{C}$  培养箱中培养 24 h。观察, 计数。

1.9.3 pH 值测定 参考国标 GB 5009.237-2016, 取分割好的鸡胸肉( 每块 10 g) 粉碎, 加入 50 mL 无菌水, 静置 30 min, 过滤取上清液, 用 pH 计测定样品的 pH 值, 每组重复 3 次。

1.9.4 持水率测定 参考 Sánchez-González I 等<sup>[17]</sup> 的方法, 将鸡胸肉切成 5 mm 左右的薄片, 准确称量其质量, 记为 G1, 然后装入 3 层滤纸中, 包好密封于 50 mL 离心管中, 4  $^{\circ}\text{C}$ , 6 500  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 15 min, 取出后立即称质量, 记质量为 G2。持水率 =  $G2/G1 \times 100\%$ 。

1.10 数据处理 采用 DPS 的单因素方差分析进行差异性分析 ( $P < 0.05$ ), 使用 Origin2017 进行作图。

## 2 结果与分析

2.1 茶皂素对菌体的最小抑菌 (MIC) 由表 1 可以看出, 当茶皂素达到一定浓度时, 对 1.1 所述几种供试菌, 包括革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌均有一定程度的抑制作用, 说明茶皂素具有广谱抑菌效果。同一浓度茶皂素对不同供试菌的抑菌效果有所差异, 其中对荧光假单胞菌的抑制效果不明显, 浓度达到 20  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 仍有少量菌落形成。对枯草芽孢杆菌和沙门氏菌的抑制效果最好, MIC 均为 10  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。茶皂素对上述供试菌的抑菌作用从强到弱依次为: 沙门氏菌、枯草芽孢杆菌 > 李斯特菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌 > 荧光假单胞菌。

表 1 不同浓度茶皂素对 7 种致病菌的抑制效果比较

Tab. 1 Comparison of inhibitory effects of different concentrations of tea saponin on seven pathogenic bacteria

| 供试菌 Bacteria | 茶皂素浓度 Tea saponin concentration / ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ) |     |    |    |    | 对照 Control        |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|----|----|-------------------|
|              | 1.25                                                                 | 2.5 | 5  | 10 | 20 | 无菌水 Sterile water |
| 沙门氏菌         | +++                                                                  | ++  | +  | -  | -  | +++               |
| 李斯特菌         | +++                                                                  | ++  | +  | +  | -  | +++               |
| 金黄色葡萄球菌      | +++                                                                  | +++ | ++ | +  | -  | +++               |
| 铜绿假单胞菌       | +++                                                                  | +++ | ++ | +  | -  | +++               |
| 大肠杆菌         | +++                                                                  | +++ | ++ | +  | -  | +++               |
| 荧光假单胞菌       | +++                                                                  | +++ | ++ | +  | +  | +++               |
| 枯草芽孢杆菌       | +++                                                                  | ++  | +  | -  | -  | +++               |

注: - 无菌落; + 少量菌落; ++ 较多菌落; +++ 大量菌落

Note: - no colony; + few colonies; ++ a few colonies; +++ numerous colonies

2.2 茶皂素对沙门氏菌生长的影响 当微生物的数量和培养环境改变时, 菌液浓度与其吸光值成正比, 由吸光值与时间的变化图, 可得出该微生物的生长状况<sup>[18]</sup>, 由图 1 可知, 对照组的沙门氏菌符合典型的“S”型生长曲线, 延滞期为 4 h, 之后快速生长达到对数期, 12 h 进入稳定期, 即未处理组供试菌能正常生长。但对于实验组, 加入 MIC 浓度的茶皂素后, 沙门氏菌的生长曲线发生了明显的变化, 24 h 内吸光值均为 0, 没有进行正常的生长繁殖, 说明茶皂素的加入干扰了供试菌的增殖, 导致其生长异常, 从而发挥抑菌作用。

2.3 茶皂素对沙门氏菌蛋白质泄漏的影响 蛋白质是生命的物质基础, 作为生命活动的主要承担者, 在

微生物的代谢活动中发挥着至关重要的作用。由图2可知,与对照组相比,茶皂素处理后,培养液中蛋白浓度在2 h之内快速上升,之后上升速度较缓慢,10 h之后有所下降。蛋白质相对分子质量较大,只有当细胞膜完整性遭到破坏时,蛋白质才会大量泄漏至胞外导致胞外蛋白含量上升<sup>[19]</sup>,此结果表明茶皂素能够破坏菌体细胞膜的完整性,从而发挥其抑菌功能。

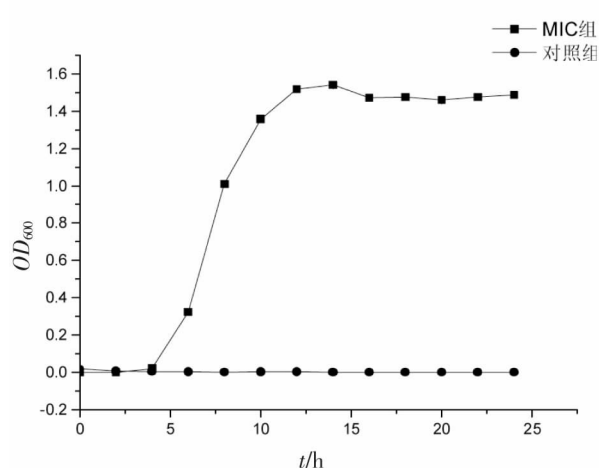


图1 沙门氏菌生长曲线

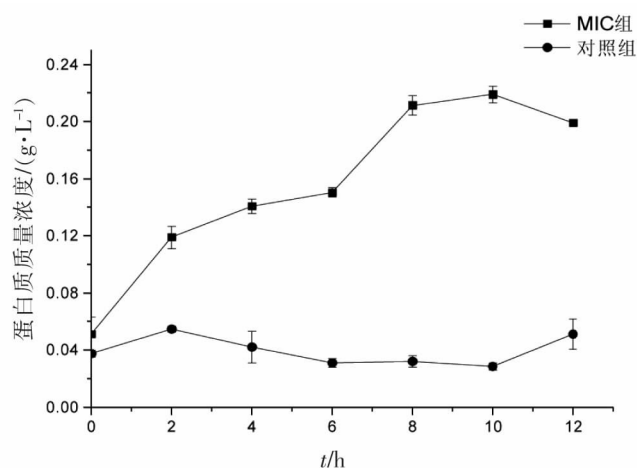
Fig.1 Growth curves of *Salmonella* sp.

图2 沙门氏菌蛋白泄漏曲线

Fig.2 Protein leakage curves of *Salmonella* sp.

**2.4 茶皂素对沙门氏菌细胞形态的影响** 由图3可知,对照组 C1,D1 组菌体细胞外观光滑,呈杆状,菌体结构饱满,完整,没有出现褶皱、凹陷、变形的现象。由 C2 可知,经茶皂素处理 4 h 后,供试菌部分细胞都出现聚集、粘连成团的现象。由 D2 可知,作用 12 h 后,供试菌菌体外观发生明显的变化,几乎所有细胞都出现塌陷、溶洞、表面轮廓不完整等现象,部分细胞出现折断现象,细胞聚集、粘附成团,几乎辨认不出正常细胞形态。说明茶皂素可以对沙门氏菌的细胞壁和细胞膜造成破坏和损伤,改变菌体正常的形态,从而导致菌体死亡。

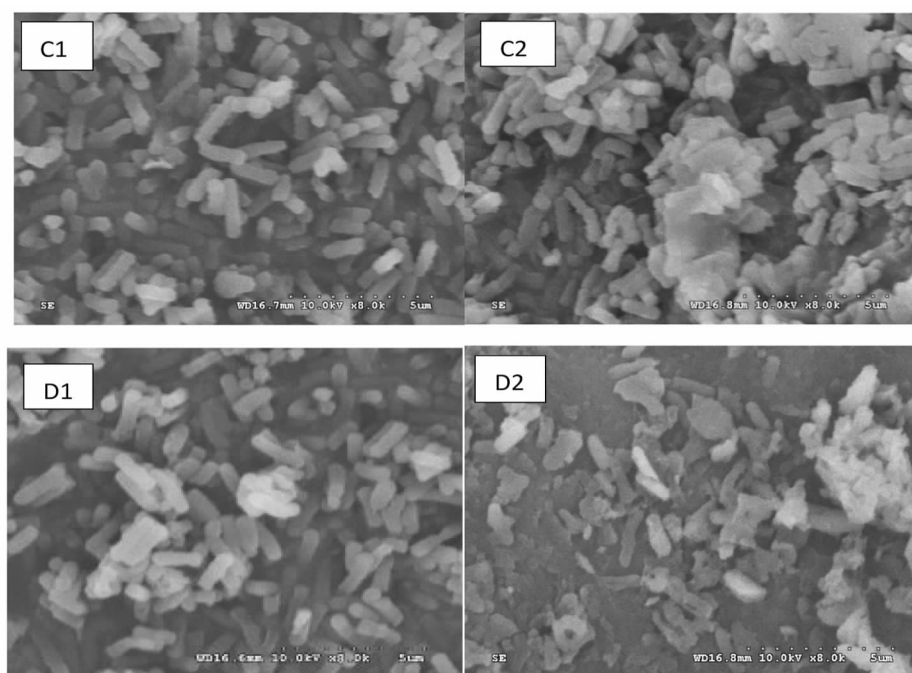


图3 茶皂素对沙门氏菌细胞形态的影响

C1,C2,D1,D2 分别为 4 h 对照、4 h MIC、12 h 对照和 12 h MIC

Fig.3 Cell morphology of *Salmonella* sp.

C1, C2, D1 and D2 are 4 h control, 4 h MIC, 12 h control and 12 h MIC, respectively

**2.5 茶皂素对沙门氏菌碱性磷酸酶的影响** 碱性磷酸酶位于细胞膜和细胞壁之间,正常情况下,在胞外是不能检测到其活性的,只有在细胞壁或者细胞膜遭到破坏的情况下,才会泄漏到胞外<sup>[20]</sup>,由图 4 可知,与对照组相比,供试菌经茶皂素作用后,胞外碱性磷酸酶的含量均明显上升,表明茶皂素可以通过损伤供试菌的细胞壁、改变细胞壁的透性、破坏细胞结构的完整性来实现其抑菌作用。

**2.6 茶皂素对沙门氏菌  $K^+$  释放的影响** 当微生物暴露于抗生素或者其他不适宜的生长环境时,细胞膜通透性改变,可能会造成细胞内电解质如  $K^+$  泄漏,因此可以通过测定  $K^+$  释放来研究微生物细胞的活性<sup>[21]</sup>。从图 5 可以看出,经茶皂素处理 2 h 后供试菌胞外  $K^+$  浓度均显著高于对照组,进一步说明茶皂素可以损坏供试菌细胞膜的完整性,破坏菌体细胞膜的阻隔性,从而发挥抑菌作用。

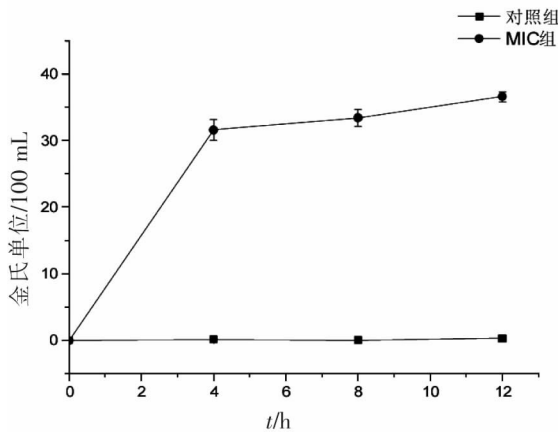


图 4 沙门氏菌碱性磷酸酶泄漏曲线

Fig.4 *Salmonella* alkaline phosphatase leakage curve

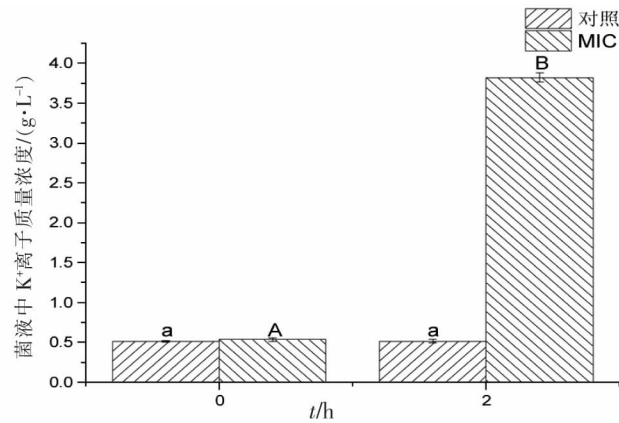


图 5 沙门氏菌  $K^+$  离子泄漏曲线

A, a 不同小写字母和 A, B 不同大写字母均表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Fig.5 *Salmonella*  $K^+$  leakage curve

**2.7 茶皂素对鸡胸肉沙门氏菌菌落总数的影响** 菌落总数的多少可以反映食品被污染的程度,可以用来观测食品中细菌的繁殖动态,可以作为预测货架期的依据。由图 6 可知,随着储藏时间的延长,处理组和对照组的沙门氏菌菌落均呈现上升的趋势,初始的菌落总数分别为  $1.4 \log(\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1})$  和  $1.3 \log(\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1})$ ,对照组在 (0~6) d 内,菌落总数增长快速,之后缓慢增长,与对照组相比,经茶皂素处理之后的鸡胸肉在前 4 d,菌落总数上升缓慢,之后上升速度加快,说明茶皂素可以在短时间内较好的抑制鸡胸肉中沙门氏菌的生长繁殖,随着储藏时间的延长,茶皂素的抑菌效果逐渐减弱。

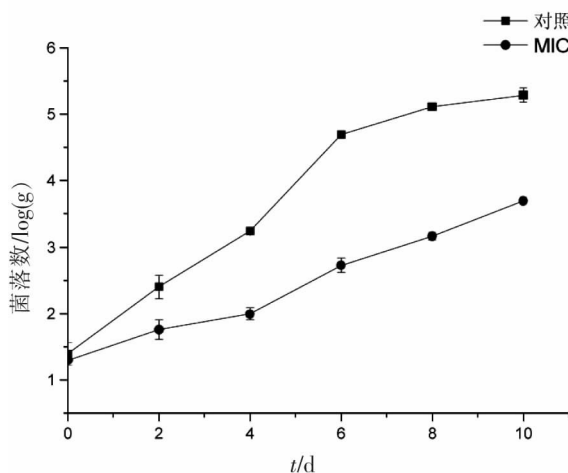


图 6 鸡胸肉中沙门氏菌菌落总数变化

Fig.6 Changes in the total number of *Salmonella* colonies in chicken breast

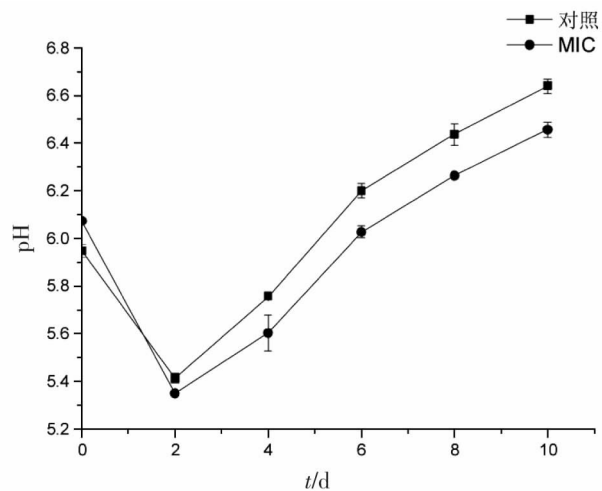


图 7 鸡胸肉 pH 值变化

Fig.7 The pH change in chicken breast

**2.8 茶皂素对鸡胸肉 pH 的影响** pH 值可以用来衡量食品的新鲜程度,如果食品腐败变质加剧, pH 就会有升高的趋势<sup>[22]</sup>。由图 7 可知,对照组和处理组的 pH 值均呈现先下降后上升的趋势,起始 pH 分别为

5.95 和 6.07, 储藏第 2 天的 pH 明显下降, 下降的原因可能是与体内代谢活动有关, 比如糖酵解途径产生的乳酸, 磷酸肌酸和 ATP 分解产生的磷酸, 蛋白质分解产生的小分子氨基酸等都会导致 pH 下降。2 d 后 pH 呈现上升的趋势, 可能的原因是微生物的存在会分解蛋白质产生碱性物质如 TVB-N 和 TMA 等引起 pH 值上升。与对照组相比, 经茶皂素处理后鸡胸肉的 pH 变化缓慢, 间接说明茶皂素可以抑制微生物的生长繁殖从而达到保鲜的效果。

**2.9 茶皂素对鸡胸肉持水率的影响** 持水性作为可以反映食品凝胶结构的指标, 持水性越高说明食品中凝胶三维网络结构越紧密, 保持水分的能力越强<sup>[23-24]</sup>, 由图 8 可知, 随着储藏时间的延长, 处理组和对照组持水率均呈现下降的趋势。这是由于微生物的存在导致了鸡胸肉中蛋白质的分解, 破坏了肉制品内部的三维网络结构, 从而引起持水率下降。MIC 组持水率较对照组而言, 下降缓慢, 储藏期结束仍高于对照组, 说明茶皂素的存在抑制了微生物的生长, 延缓了蛋白组被分解的速率, 减缓了持水率下降的速度, 对鸡胸肉的保鲜产生了积极的作用。

### 3 讨论

本研究利用最小抑菌浓度对比了茶皂素对几种常见致病菌的抑菌效果, 并且根据细胞生长、蛋白泄漏浓度、细胞形态、碱性磷酸酶及  $K^+$  浓度等指标, 从细胞水平上研究了茶皂素的抑菌机理。结果表明, 茶皂素能够阻止菌体细胞正常的生长, 其对沙门氏菌和枯草芽孢杆菌有较好的抑菌作用, 最小抑菌质量浓度均为  $10\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 经过茶皂素处理后, 沙门氏菌菌体外观轮廓遭到破坏, 粘连成团, 并且出现塌陷、溶洞等现象, 失去原有形状。进一步研究发现, 其对细胞膜和细胞壁均有破坏作用, 损坏了细胞膜和细胞壁的完整性, 改变了细胞膜和细胞壁的透性, 导致其阻隔性下降, 胞内蛋白质大分子、维持电解质平衡的  $K^+$ 、间隙酶碱性磷酸酶等泄漏到细胞外, 干扰了菌体细胞的正常生长繁殖, 导致了代谢活动的异常, 从而引起了细胞的死亡。本研究结果与张赟彬等<sup>[25]</sup>研究荷叶精油对肉类食品中常见致病菌的抑菌机理结果相似, 将其应用于鸡胸肉保鲜中发现, 茶皂素可以较好地抑菌沙门氏菌的生长繁殖, 减缓 pH 值上升的速度, 有效改善肉制品的持水性, 从而达到改善肉制品品质, 延长货架期的目的。可能的原因是茶皂素抑制了鸡胸肉中微生物的生长繁殖。

茶皂素作为一种天然的活性物质, 其在天然防腐剂的开发等方面具有较好的价值, 但本研究对茶皂素的抑菌机理还不够深入, 今后有待从代谢组学、基因组学等方面更加深入研究茶皂素的抑菌机理, 以期天然抑菌剂的开发提供更准确的理论依据。

### 参考文献:

- [1] 谭搏. 茶籽饼中茶皂素的提取纯化与茶籽多糖的提取 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2009.
- [2] TOMITA M, YAMAMOTO S, YAMAGUCHI K, et al. Theasaponin E1 destroys the salt tolerance of yeasts [J]. *Journal of Bioscience & Bioengineering*, 2000, 90(6): 637-642.
- [3] SUR P, CHAUDHURI T, VEDASIROMONI J R, et al. Anti-inflammatory and anti-oxidant property of saponins of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] root extract [J]. *Phytotherapy Research*, 2001, 15(2): 174-176.
- [4] 李泰然. 中国食源性疾病现状及管理建议 [J]. *中华流行病学杂志*, 2003, 24(8): 651-653.
- [5] 廖兴广, 王法云, 朱海华, 等. 肉鸡养殖和屠宰加工过程中沙门氏菌污染状况及血清型分析 [J]. *河南预防医学杂志*, 2017(9): 718-720.
- [6] 朱恒文, 方艳红, 王元兰, 等. 肉鸡屠宰加工生产链中沙门氏菌的污染调查及 ERIC-PCR 溯源 [J]. *食品科学*, 2012, 33(17): 48-53.
- [7] CAROCHO M, BARREIRO M F, MORALES P, et al. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety*, 2014, 13(4): 377-399.
- [8] 张媛媛, 李艳利, 李书国. 植物源食品防腐剂抑菌机理和效果及在食品保鲜中的应用 [J]. *粮油食品科技*, 2014(4): 48-53.

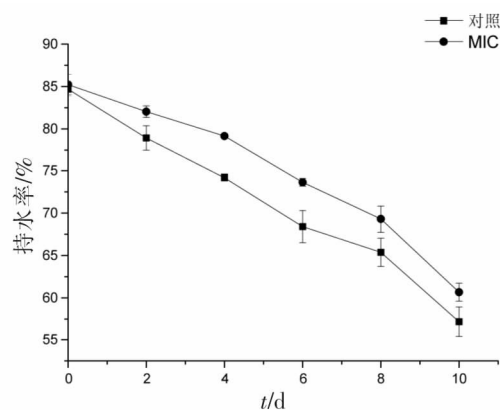


图 8 鸡胸肉持水率变化

Fig.8 The change of water retention rates in chicken breast

- [9] 顾姣, 杨瑞金, 谢斌, 等. 大孔树脂纯化茶皂素及其产品性质研究 [J]. 食品与机械, 2017(6): 153–158.
- [10] WU H, ZHANG L, WANG N, et al. Analysis of the bioactive components of *Sapindus saponins* [J]. Industrial Crops & Products, 2014, 61: 422–429.
- [11] YAO X, ZHU X, PAN S, et al. Anti-microbial activity of nobiletin and tangeretin against *Pseudomonas* [J]. Food Chemistry, 2012, 132(4): 1883–1890.
- [12] 何丽. 基于微生物控制的冷鲜淡水鱼分割产品的保鲜技术研究 [D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2016.
- [13] LV F, LIANG H, YUAN Q, et al. *In vitro* antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms [J]. Food Research International, 2011, 44(9): 3057–3064.
- [14] DIAO W R, HU Q P, ZHANG H, et al. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) [J]. Food Control, 2014, 35(1): 109–116.
- [15] MIAO J, GUO L, CHANG K, et al. Inhibitory effects of a novel antimicrobial peptide from kefir against *Escherichia coli* [J]. Food Control, 2016, 65: 63–72.
- [16] ELENADEL R, Mónica P M, MIGUEL P, et al. Effect of various chemical decontamination treatments on natural microflora and sensory characteristics of poultry [J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 115: 268–280.
- [17] SÁNCHEZ-GONZÁLEZ I, CARMONA P, MORENO P, et al. Protein and water structural changes in fish surimi during gelation as revealed by isotopic H/D exchange and Raman spectroscopy [J]. Food Chemistry, 2008, 106(1): 56–64.
- [18] WANG C, CHANG T, YANG H, et al. Surface physiological changes induced by lactic acid on pathogens in consideration of pKa and pH [J]. Food Control, 2014, 46: 525–531.
- [19] LONG M, WANG J, ZHUNG H, et al. Performance and mechanism of standard nano-TiO<sub>2</sub> (P-25) in photocatalytic disinfection of foodborne microorganisms: *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* [J]. Food Control, 2014, 39: 68–74.
- [20] 王巍, 牟德华, 李丹丹. 山楂果胶寡糖的抑菌性能及机理 [J]. 食品科学, 2018, 39(7): 110–116.
- [21] 黄巍, 王建清, 张倩. 香茅精油对金黄色葡萄球菌抑菌机理的研究 [J]. 中国调味品, 2017, 42(12): 7–11.
- [22] 庞彩霞, 王利民. 银杏叶提取物对冷藏金线鱼鱼丸的保鲜效果研究 [J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 194–198.
- [23] KONG W, ZHANG T, FENG D, et al. Effects of modified starches on the gel properties of Alaska Pollock surimi subjected to different temperature treatments [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 56(1): 20–28.
- [24] YU Y M, MA X S, YI S M, et al. Effect of bean starches on the gel properties of silver carp surimi [J]. Modern Food Science & Technology, 2016, 32(1): 129–135.
- [25] 张赞彬, 缪存铅, 宋庆, 等. 荷叶精油对肉类食品中常见致病菌的抑菌机理 [J]. 食品科学, 2010, 31(19): 63–66.

## Antibacterial Mechanism of Tea Saponin Against *Salmonella* sp. and Its Application in Chicken Breast Preservation

HE Rongrong<sup>1</sup>, TAN Yunshou<sup>2</sup>, ZHANG Meihong<sup>1</sup>, LI Zhengxiang<sup>1</sup>, ZHONG Qiuping<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. Hainan Houchen Biotechnology Company Limited, Chengmai, Hainan 571921, China)

**Abstract:** The antibacterial effect of tea saponin on *Bacillus subtilis* sp., *Salmonella* sp., *Listeria* sp., *Escherichia coli* sp., *Pseudomonas fluorescens* sp., *Staphylococcus aureus* sp. and *Pseudomonas aeruginosa* sp. was studied. The best bacteriostatic effect of tea saponin was on *Salmonella* sp which was used for test to observe the antibacterial mechanism of tea saponin against *Salmonella* sp in growth, morphology, extracellular protein, alkaline phosphatase and K<sup>+</sup> leakage. The number of colonies of *Salmonella* sp., pH and water retention rate were used as indexes to evaluate the preservation of chicken breast meat by using tea saponin. The results showed that tea saponin mainly changed the permeability of cell membrane and cell wall and destroyed its barrier by destroying the normal morphology of the cells, which led to leakage of alkaline phosphatase and cell contents such as K<sup>+</sup>, protein to achieve its antibacterial function. Tea saponin inhibited the growth and reproduction of *Salmonella* sp. in chicken breast, slowed down the rate of pH rise, and delayed the decline of water retention rate, which indicates that tea saponin can be used as a natural bacteriostatic agent for chicken breast preservation.

**Keywords:** tea saponin; antibacterial activity; antibacterial mechanism; chicken breast; preservation

(责任编辑: 钟云芳)