

酸性电解水的减菌化参数对凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*)肌肉生化特性的影响*

吴冬梅 谢 超 罗红宇

(浙江海洋学院食品与药学学院 舟山 316000)

提要 以肌动球蛋白含量、 Ca^{2+} -ATPase 酶活性、总巯基活性(T-SH)和活性巯基(A-SH)含量为考察指标,研究了用不同 pH 的酸性电解水、以不同的时间对凡纳滨对虾进行减菌化处理后,对虾肌肉的生理特性及肌肉品质的变化。结果表明:电解水的酸性越强、处理时间越长,对虾的肌动球蛋白、T-SH 和 A-SH 的含量越低, Ca^{2+} -ATPase 的酶活越小。当对虾在 pH 分别为 2.62、3.18、4.06 的酸性电解水中处理 60min 后,肌动球蛋白含量分别损失了 98.7%、90.0%、73.7%, Ca^{2+} -ATPase 的失活率分别为 93.4%、87.8%、84.3%,T-SH 含量分别减少了 57.8%、42.3%、40.3%,A-SH 含量分别减少了 77.8%、65.9%、30.7%。说明酸性电解水的减菌化条件对虾肉的生化指标影响显著。

关键词 酸性电解水,肌动球蛋白, Ca^{2+} -ATPase,总巯基,活性巯基

中图分类号 TS254.1

酸性电解水是通过电解发生装置电解 NaCl 溶液而获得的一种具有杀菌作用的水溶液。在 20 世纪 70 年代末,日本就已经开发了这种电解水装置,制备的电解水仅用于医护人员的清洗消毒。随着酸性电解水应用的普及和优点的突显,对它的应用范围和作用机理的研究逐步开展起来。研究表明,具有高效的杀菌能力的酸性电解水需满足 $\text{pH}<2.7$ 、氧化还原电位(ORP) $>1100\text{mV}$ 、有效氯浓度(ACC)为 30—80mg/L(朱玉婵等, 2010)。一般微生物适宜在中性或弱碱性(pH 7.2—7.6)下生长,而电解水的强酸性使得多数致细菌无法生存导致死亡,同时电解水的高 ORP 引起微生物细胞的膜电位发生变化,破坏了细胞的通透性及细胞代谢酶,导致细胞内物质溢出或细胞溶解。有研究发现,当 pH 和高 ORP 不变时,电解水有效氯浓度的下降会影响它的杀菌效果,但机理有待研究(唐文伟等, 2009; Liao *et al*, 2007; Osafune *et al*, 2006; 龚泰石, 2001)。据文献报道,酸性电解水对大肠杆菌 O157:H7 具有极强的杀菌效果,在 35℃下将含有大肠杆菌 O157:H7 的切板用 pH 为 2.5 的酸性水浸泡

20min 后,抑菌率可达 100% (Venkitanarayanan *et al*, 1999),这为水产加工所用的器具灭菌消毒提供了一种简便高效的方法。采用 pH 为 2.22 的酸性水浸泡鱼体表面 20min,细菌总数减低了 $10^{2.6}\text{CFU}/\text{cm}^2$,有显著的抑菌效果(Mahmoud *et al*, 2004)。自 1995 年酸性电解水的生产设备、制备技术引入中国后,国内学者对其杀菌效果和安全性能做了进一步研究,证实酸性电解水高效广谱杀菌特性,能有效杀灭大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*)、李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)(胡小兵等, 2001; 曾爱兵等, 2003; 沈晓盛等, 2008)等有害致病菌。酸性电解水具有安全性高、无污染、生产成本相对较低等优点,广泛应用于食品、农业、医疗、环境卫生等领域,但在水产品加工领域的研究和应用较晚。

凡纳滨对虾(又称南美白对虾)(*Litopenaeus vannamei*)是世界对虾养殖的三大品种之一,原产于太平洋沿岸水域秘鲁北部至墨西哥桑诺拉一带,因具有

* 浙江省重大科技计划项目(2012C33084)资助。吴冬梅, E-mail: wdmymz@163.com

通讯作者: 罗红宇, 教授, E-mail: lisa8919@163.com

收稿日期: 2012-04-26, 收修改稿日期: 2012-06-18

抗逆力强、生长快、繁殖期长等优点而引进国内养殖,但虾体体表常寄生较多的水体中的一些致病菌,因此加工卫生安全要求较高(王兴强等, 2004)。pH 为 2.0 的强酸性电解水对凡纳滨对虾具有很强的杀菌作用,浸泡处理后,凡纳滨对虾的菌落总数降低了 2 个数量级以上,起到减菌化的效果(莫根永等, 2010)。pH 较低的乙酸溶液也具有一定的杀菌效果,在静置和振荡两种浸泡方式、相同的浸泡时间(均为 15min)下比较两者对对虾体表细菌的抑菌效果:在静置浸泡条件下, pH2.675 的乙酸对对虾的杀菌效果优于 pH 为 2.699 的酸性电解水,但乙酸处理对对虾的风味影响较大;而在振荡浸泡条件下,酸性水的杀菌效果优于乙酸,且不影响对虾的感官品质,可见振荡方式下的浸泡效果更好(谢军等, 2010)。有研究者将感染了沙门氏菌、大肠杆菌、副溶血性弧菌、摩化摩根菌和单核细胞增生李斯特菌的三文鱼、牡蛎和对虾浸泡在 pH 为 2.52 的酸性水中,结果表明抑菌率都达到 90% 以上,且电解水的 pH 越低,浸泡的时间越长,抑菌效果越好(沈晓盛等, 2010)。综上所述,酸性电解水优良的杀菌特性已得到公认,但目前的研究多集中在酸性电解水的理化特性、机理探讨和抑菌效果等方面。而关于酸性电解水对鱼虾贝肌肉的生化特性的影响研究未见报道。

本课题组前期实验表明,采用 pH 为 2.62, ORP 为 1136mV, 有效氯浓度为 55mg/L 的酸性水浸泡对虾 25min 后,与空白组比较,细菌总数减少了 $10^{2.82}$ CFU/g。本文以肌动球蛋白含量、 Ca^{2+} -ATPase 酶活性、总巯基 T-SH 含量和活性巯基 A-SH 含量为考察指标,研究不同参数的酸性电解水浸泡处理凡纳滨对虾后,它的肌肉生化特性及品质的变化,可为酸性电解水用于水产品加工过程中保证肌肉的品质营养提供资料。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验材料: 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)购自于浙江舟山定海北门菜场; 电解水为实验室自制。

主要试剂: 磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、三氯乙酸(TCA)、浓硫酸、亚硫酸钠、Tris、顺丁烯二酸(maleate)、考马斯亮蓝 G-250、氯化钾、氢氧化钠、小牛血清蛋白、乙二胺四乙酸(EDTA)、二硫-2-硝基苯甲酸(DTNB)、三磷酸腺苷二钠(ATP)、对苯二酚、钼酸铵

等,以上试剂均为分析纯。

实验仪器: FX-SASAL-020250 电解强酸强碱水生成器(烟台方心水处理设备有限公司); JE2001 型电子天平(北京奥多利斯天平有限公司); PHS-3S 型 pH 计(上海大普仪器有限公司); SHZ-82A 恒温水浴锅(常州诺基仪器有限公司); PRO250 高速匀浆机(美国 Pro Scientific 公司); U-2800 紫外可见分光光度计(日本日立); 海尔冰箱(青岛海尔股份有限公司); GR21G 高速冷冻离心机(日本日立)。

1.2 实验方法

1.2.1 肌动球蛋白的提取 参考万建荣等(1993)方法作适当修改。取 5g 虾肉,加 20ml 的 20mmol/L Tris-maleate 缓冲液(pH 7.0, 内含 0.05mol/L KCl, 下同),以 6000r/min 均质 2min 后,于 10000r/min、4℃离心 10min,弃去上清液,沉淀中加入 25ml Tris-maleate 缓冲液充分匀浆后,在 4℃下提取盐溶性蛋白质 1h,过滤,滤液用 11 倍体积的 Tris-maleate 缓冲液稀释,然后在 10000r/min、4℃下离心 10min,取沉淀弃上清液,沉淀中加入 Tris-maleate 缓冲液到 25ml,匀浆 30s 后在 9000r/min 下 4℃离心 10min。离心后所得的上清液即为肌动球蛋白溶液(万建荣等, 1993)。

1.2.2 肌动球蛋白含量的测定

(1) 标准曲线的绘制 配制 1.0mg/ml 牛血清蛋白溶液,再取 6 只试管,分别加入浓度为 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5mg/ml 的标准蛋白质溶液 0.1ml,然后加入 5ml 考马斯亮蓝试剂,震荡混匀,2min 后于 595nm 测定吸光值,以蛋白质浓度为横坐标,光吸收值为纵坐标绘制标准曲线。

(2) 样品测定 取按 1.2.1 制备的肌动球蛋白溶液 0.1ml,然后加入 5ml 考马斯亮蓝试剂,震荡混匀,2min 后于 595 nm 测定吸光值。

1.2.3 Ca^{2+} -ATPase 活性的测定

(1) 磷标液的标准曲线绘制 参考李姣(2011)¹⁾的方法进行磷标液的标准曲线的测定。

(2) 肌动球蛋白的 Ca^{2+} -ATPase 活性测定 采用简易法测定。该法反应混合液的组成如表 1 所示。测定时,25℃恒温后加入 ATP 溶液,计时 10min 后加入 1ml 15% TCA 溶液终止反应,用滤纸过滤反应液,滤液备用。空白试验先加入 1ml 15% TCA 溶液后,再加入肌动球蛋白溶液,最后加入 ATP 的同时开始计时 10min,其它条件和步骤同前。以 1mg 酶蛋白质在

1) 李 姣, 2011. 中国对虾贮藏过程中肌肉蛋白质生化特性变化规律研究. 杭州: 浙江工商大学硕士学位论文, 19

1min 内生成的无机磷的量(μmol)表示 Ca^{2+} -ATPase 酶活性, 可由下式计算:

$$\text{酶活性} = (A-B)/(t \times m)$$

式中, A 为样品管中 1ml 滤液生成无机磷的含量(μmol); B 为空白管中 1ml 滤液生成无机磷的含量(μmol); t 为反应时间(min); m 为 1ml 滤液中所含的酶量(mg)。

表 1 简易法的反应混合液组成(高盐浓度)

Tab.1 The reaction mixture composition of simple method (high salt)

溶液	加量(ml)
0.50mol/L Tris-maleate 缓冲液(pH 7.0)	0.10
0.10mol/L CaCl_2 溶液	0.10
2.00mol/L KCl 溶液	0.44
肌动球蛋白溶液*	0.20
H_2O	1.06
20mmol/L ATP (pH 7.0)	0.10
总计	2.00

注: *指按 1.2.1 方法制备的肌动球蛋白溶液

1.2.4 总巯基(T-SH)含量的测定 参考 Yongsawatdigul 等(2003)方法作适当修改。取按 1.2.1 方法制备的肌动球蛋白溶液 1ml 加入 9ml 50mmol/L 磷酸盐缓冲液 1 (pH 7.0, 10mmol/L EDTA, 0.6mol/L KCl, 8mol/L 尿素), 混合均匀后取上述混合液 4ml, 加入 0.4ml 0.1% DTNB (用 0.2mol/L 的磷酸盐缓冲液配制, pH 8.0), 于 40℃保温 25min, 然后在 412nm 处测溶液的吸光度值。空白试验用 4ml 50mmol/L 磷酸盐缓冲液 1 代替样品。

按下式求 T-SH 的含量:

$$C_0 = \frac{A}{\varepsilon} \times \frac{D}{C}$$

式中, C_0 为总巯基的摩尔浓度(mol/g); A 为吸光值; ε 为吸光系数 13600/(mol·cm·L); D 为稀释倍数; C 为肌动球蛋白的浓度(mg/ml)。

1.2.5 活性巯基(A-SH)含量的测定 取 1ml 肌动球蛋白溶液加入 9ml 50mmol/L 磷酸盐缓冲液 2 (pH 7.0, 10mmol/L EDTA, 0.6mol/L KCl), 将 4ml 上述混合液加入到 0.4ml 0.1% DTNB 溶液中(用 0.2mol/L 的磷酸盐缓冲液配制, pH 8.0), 于 40℃保温 25min, 然后在 412nm 处测溶液的吸光度值。空白试验用 4ml 50mmol/L 磷酸盐缓冲液 2 代替样品。计算公式同 T-SH。

1.3 酸性电解水处理虾仁的试验

挑选个头适宜、大小均匀的对虾, 去壳、去头, 称取(5.0±0.5)g 的虾仁 19 份。其中 1 份为空白对照, 其余的 18 份样品分成 3 组, 分别浸泡于 pH 为 2.62、3.18、4.06 的酸性电解水中, 处理时间均设 6 个水平, 即 10min、20min、30min、40min、50min、60min。

1.4 数据统计分析

实验数据由 Origin 8.1 软件进行绘图分析。

2 结果

2.1 酸性电解水的 pH 对凡纳滨对虾肌动球蛋白含量的影响

肌动球蛋白是由肌球蛋白分子的两个球状头各与一个肌球蛋白的单体相结合而形成的复合体, 它是横纹肌纤维中肌原纤维的主要结构蛋白, 为肌肉的收缩提供动力, 与肌肉的弹性和韧性有关。同时, 肌动球蛋白作为肌肉中主要的结构蛋白, 与肌肉的持水性密切相关。可见肌动球蛋白的含量对肌肉的品质有着重要的意义(孙丽, 2009)¹⁾。本试验在不同的 pH 和时间下, 用酸性电解水对凡纳滨对虾进行减菌化处理后测定其肌动球蛋白含量, 其含量是通过绘制的牛血清蛋白的标准曲线和回归方程 $y = 0.6849x + 0.0036$ ($R^2 = 0.9987$)得到。结果如图 1 所示。

从图 1 可知, 任何一组试验凡纳滨对虾, 随浸泡时间的延长, 肌动球蛋白含量均呈下降趋势, 且酸性电解水的 pH 越低, 其肌动球蛋白含量下降得越快。当 pH 为 2.62, 浸泡 20min 时, 肌动球蛋白就由 3.3892mg/g 迅速降至 0.1962mg/g, 之后肌动球蛋白含量缓慢下降到 0.0444mg/g。而 pH 分别为 3.18 和 4.06, 均浸泡 60min 后, 肌动球蛋白含量分别降至 0.3380mg/g 和 0.8901mg/g。说明电解水的酸性强弱与肌动球蛋白的含量呈反相关, 即 pH 越低的酸性电解水浸泡凡纳滨对虾后, 其肌动球蛋白损失越大。强酸环境使肌动球蛋白分子发生改变或聚集, 肌原纤维蛋白的网状结构压缩变形, 造成网孔空隙减小, 减弱了肌肉的持水能力及收缩张力, 同时随着水分的流失氨基酸也随之减少, 导致肌肉营养蛋白损失。

2.2 酸性电解水的 pH 对凡纳滨对虾 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响

虾肉的 Ca^{2+} -ATPase 活性来自于肌球蛋白的头部, 是此蛋白结构中的敏感位点, 通过其与肌动蛋白相互作用而产生收缩运动。 Ca^{2+} -ATPase 活性表征肌原

1) 孙 丽, 2009. 金枪鱼肉在蒸煮过程中品质特性变化的研究. 无锡: 江南大学硕士学位论文, 5

纤维蛋白的变性状况, 通常作为评价鱼肉蛋白质的变性指标。在采用酸性不同的电解水对凡纳滨对虾进行减菌化处理的过程中, 提取不同时间下的对虾肌动球蛋白, 测定其中 Ca^{2+} -ATPase 的活性, 酶活是利用无机磷酸盐溶液的标准曲线及回归方程 $y = 0.1169x + 0.0048$ ($R^2 = 0.9994$) 得到。结果如图 2 所示。

图 2 显示, 所有试验组对虾的肌动球蛋白的 Ca^{2+} -ATPase 活性均随着酸性电解水浸泡时间的延长

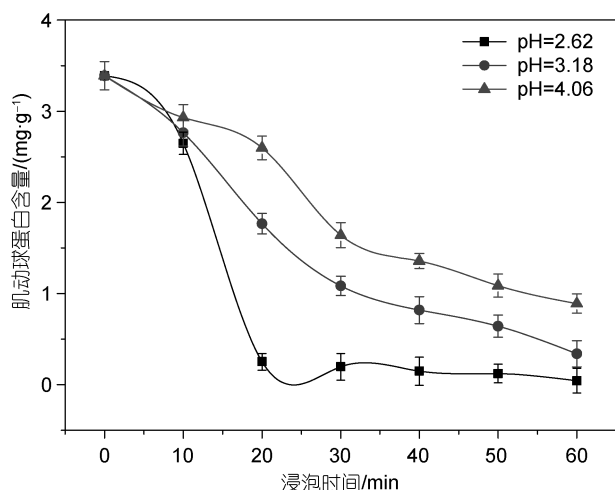


图 1 酸性电解水的 pH 对凡纳滨对虾肌动球蛋白含量的影响

Fig.1 Effect of pH value of acidic electrolyzed water on the actomyosin content of *L. vannamei*

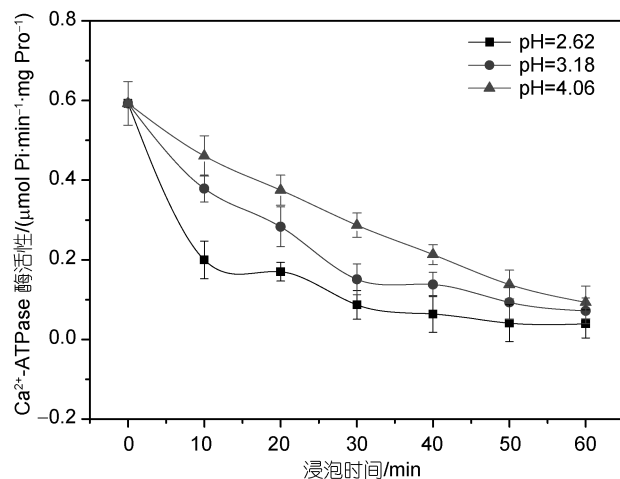


图 2 酸性电解水的 pH 对凡纳滨对虾 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响

Fig.2 Effect of pH value of acidic electrolyzed water on the Ca^{2+} -ATPase activity of *L. vannamei*

而逐渐下降; 且酸性电解水的 pH 越低, Ca^{2+} -ATPase 的酶活降至越低。凡纳滨对虾经 pH 分别为 4.06、3.18 和 2.62 的酸性电解水浸泡 60min 后, Ca^{2+} -ATPase 的酶活由最初的 $0.593\text{Pi}/(\text{min}\cdot\text{mg pro})$ 分别降至 0.093、0.072 和 $0.039\text{Pi}/(\text{min}\cdot\text{mg pro})$, Ca^{2+} -ATPase 的失活率分别达到 84.3%、87.8%和 93.4%。

分析 Ca^{2+} -ATPase 的酶活下降原因可能是酸性电解水导致肌动球蛋白尤其是肌球蛋白的头部结构发生变性, 引起蛋白分子结构的改变或聚集, 从而导致酶活下降; 电解水的酸性越强, 蛋白变性程度越大, 酶活下降越多。因此本试验中酸性电解水致 Ca^{2+} -ATPase 的活性降低, 推知虾肉的肌球蛋白结构发生了变化, 削弱了与肌动蛋白的相互作用, 导致虾肉的收缩能力降低, 继而影响虾肉的弹性。

2.3 酸性电解水的 pH 对凡纳滨对虾总巯基和活性巯基含量的影响

在水产蛋白中巯基是最具反应活性的功能性基团, 蛋白质的结构稳定性、空间结构易变性以及酶的催化作用的改变大多是由于巯基和二硫键被破坏所引起的。因此通过测定酸性电解水抑制对虾体表细菌过程中活性巯基和总巯基含量的变化, 可以反映电解水的酸性环境对蛋白质结构稳定性的影响, 试验结果见图 3。

由图 3 可知, 所有试验组中总巯基含量随着浸泡时间的延长而不断减少, 但活性巯基含量的变化趋势与总巯基含量有所差异: 当酸性电解水的 pH 为 2.62 时, 在浸泡的前 30min 里, 活性巯基含量随着时间的延长呈缓慢上升的趋势, 当浸泡 30min 时活性巯基含量达到最大值, 随后又快速下降。当 pH 分别为 3.18 和 4.06 时, 在前 20min 活性巯基含量均缓慢上升, 之后呈下降趋势。对活性巯基含量随强酸性电解水的 pH 及浸泡时间的变化趋势的原因进行分析, 认为可能是电解水的强酸性引起肌动球蛋白构象发生变化, 酸度越大, 蛋白结构改变越明显, 活性巯基暴露越多, 故浸泡的前期含量有所升高; 然而暴露的巯基易发生氧化或与二硫键交换, 致形成的氢键和疏水键掩盖了肌动球蛋白内的活性巯基; 同时变性的聚集蛋白分子也掩盖了部分巯基, 这些均使浸泡中后期能检测到的游离巯基减少, 显示活性巯基的含量下降(秦辉, 2008)¹⁾。在水产蛋白中巯基是最具反应活性的

1) 秦 辉, 2008. 中华绒螯蟹冻藏品质的研究. 无锡: 江南大学硕士学位论文, 21—22

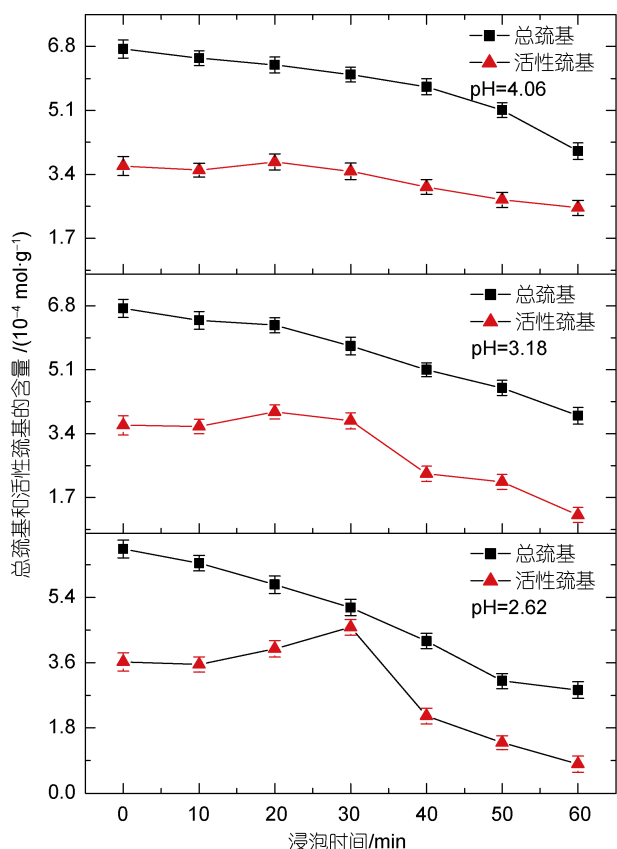


图3 不同 pH 的酸性电解水浸泡凡纳滨对虾过程中肌球蛋白总巯基和活性巯基含量的变化

Fig.3 Effect of different pH value on the content of T-SH and A-SH of *L. vannamei* actomyosin during the acidic electrolyzed water treatment

功能性基团, 其中位于肌球蛋白的头部的 SH1 和 SH2 两个巯基对 Ca^{2+} -ATPase 活性有着重要的作用, 巯基的减少必然会降低 Ca^{2+} -ATPase 的酶活, 影响酶的功能, 间接影响了虾肉的持水性、弹性及韧性。

3 讨论

凡纳滨对虾经酸性电解水浸泡过后, 其肌肉的生理特性发生了变化: (1) 肌球蛋白的含量与酸性电解水的 pH 呈正相关, pH 越低, 含量越小, 损失越大; (2) Ca^{2+} -ATPase 的酶活在强酸条件下损失率大于 80%, 且酸性越强, 失活率越高; (3) A-SH 和 T-SH 经 pH 为 2.62 的酸性电解水处理 60min 后, 损失率分别达到 77.8% 和 57.8%。课题组采用酸性电解水对凡纳滨对虾进行减菌化处理效果显著, 虽然对虾肉的感官几乎没有影响, 但因强酸环境使鱼虾等水产品的肌肉的生化特性发生改变, 从而影响肌肉的品质。与此同时, 在酸性水浸泡过程中, 虾肉所含的可溶性蛋

白、氨基酸及一些可溶性维生素和矿物质也会有部分损失, 降低了虾肉的营养价值。

目前, 酸性电解水在水产品的加工和保鲜领域的应用已成为研究热点, 主要用于灭杀水产品体表污染的各类细菌, 以改善原料的初期卫生质量, 延长产品的保质期。有研究表明在冰温保鲜条件下酸性电解水对冷却肉具有一定的保鲜效果, 实验发现电解水不仅起到较好的抑菌效果, 减缓汁液的流失, 且对肉的色泽、气味和组织状态均没有影响(李建雄等, 2011)。此外还有研究者对冷藏带鱼做了保鲜效果的实验, 将带鱼在有效氯浓度不同[(28.5±0.7)、(41.5±0.7)、(51.0±0.1)mg/L]的酸性电解水中浸泡 5min 后, 于 4℃贮藏 7d, 发现经有效氯浓度为(41.5±0.7)mg/L、pH 2.62 的电解水处理过的带鱼保鲜效果最好, 冷藏 5 天后与对照组相比, 鱼肉的细菌总数、挥发性盐基氮(TVB-N 值)、硫代巴比妥酸(TBA 值)均有所降低, 而 pH 的变化差异不明显, 表明在贮藏过程中酸性水对鱼肉的 pH 没有显著的影响(蓝蔚青等, 2011)。有研究者在 4℃冷藏条件下采用 pH 6.1 的酸性电解水保鲜河豚鱼肉, 发现贮藏过程中鱼肉的细菌总数、挥发性盐基、pH 和硫代巴比妥酸值与对照组相比都有所降低, 原因是酸性水的杀菌作用减少了微生物产生的酶类对肌原纤维的分解, 延长了鱼肉组织结构完整性的保持时间(周然等, 2011)。这些研究都充分说明酸性电解水对水产品具有良好的杀菌效果, 且可延长产品的保质期。但水产品的保质期一般仅采用感官指标、微生物指标和鲜度指标来进行评定, 并未考虑到与产品食用价值关系密切的肌肉质感指标, 如由于蛋白质分解、变性引起的肌肉咀嚼度(弹性、韧性)的变化。因此本文的研究可为酸性电解水应用于水产品加工过程中, 如何保证肌肉的品质营养提供一定的理论依据和借鉴。本文仅研究了酸性电解水的 pH 对虾肉的生化特性的影响, 而酸性电解水还具有氧化还原电位和有效氯浓度等重要的理化因素, 因此, 还需要进一步研究其它因素与肌肉生化特性关系, 以系统了解酸性电解水减菌化技术对水产品肌肉品质的影响。

参 考 文 献

- 万建荣, 洪玉菁, 奚印慈等, 1993. 水产食品化学分析手册. 上海: 上海科学技术出版社, 154—157
- 王兴强, 马 牲, 董双林, 2004. 凡纳滨对虾生物学及养殖生态学进展. 海洋湖沼通报, 4: 95—99
- 朱玉婵, 万 里, 任占冬等, 2010. 酸性氧化电位水的杀菌特

- 性及在食品中应用. 安徽农业科学, 38(33): 19055—19057, 19062
- 李建雄, 谢 晶, 潘迎捷等, 2011. 酸性电解水结合冰温对冷却肉保鲜的影响. 山西农业科技, 39(7): 715—719
- 沈晓盛, 于慧娟, 唐鸟林等, 2010. 氧化电解水对水产食品中病原菌的抑菌效果比较. 食品与发酵工业, 36(3): 51—54
- 沈晓盛, 刘长军, 蔡友琼等, 2008. 电解海水的抑菌活性及对食品加工表面材料的消毒效果. 微生物学通报, 35(11): 1833—1839
- 周 然, 刘 源, 谢 晶等, 2011. 电解水对冷藏河豚鱼肉质结构及品质变化的影响. 农业工程学报, 10(27): 365—369
- 胡小兵, 邹淑华, 杨振洲等, 2001. 高氧化还原电位酸性水杀菌效果与腐蚀性. 中国消毒学报杂志, 18(2): 113—115
- 莫根永, 曹 荣, 徐丽敏, 2010. 强酸性电解水用于对虾减菌化前处理的试验研究. 渔业现代化, 37(3): 37—41
- 唐文伟, 欧阳婷, 曾新平等, 2009. 酸性氧化电位水的杀菌机理研究进展. 中国消毒学杂志, 26(1): 71—73
- 龚泰石, 2001. 强酸性电解水的消毒研究进展. 解放军预防医学杂志, 19(5): 388
- 曾爱兵, 陈增强, 施旭丹, 2003. 氧化电位酸性水对铜绿假单胞菌杀灭及 L 型诱导效果的实验观察. 温州医学院学报, 323—324
- 谢 军, 孙晓红, 潘迎捷等, 2010. 电解水和有机酸对虾的杀菌效果及感官品质影响. 食品发酵工业, 5(36): 57—63
- 蓝蔚青, 谢 晶, 2011. 酸性电解水对冷藏带鱼保鲜效果的影响研究. 天然产物研究与开发, 23: 913—917
- Liao L B, Chen W M, Xiao X M, 2007. The generation and inactivation mechanism of oxidation-reduction potential of electrolyzed oxidizing water. Journal of Food Engineering, 78: 1326—1332
- Mahmoud B S M, Yamazaki K, Miyashta K *et al*, 2004. Decontamination effect of electrolyzed NaCl solutions on carp. Lett Appl Microbiol, 39: 169—173
- Osafune T, Ehara T, Ito T, 2006. Electron microscopic studies on bactericidal effects of electrolyzed acidic water on bacteria derived from kendo protective equipment. Environmental Health and Preventive Medicine, 11: 206—214
- Venkitanarayanan K S, Ezaike G O I, Hung Y C *et al*, 1999. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on Plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. Food Prot, 62(8): 857—860
- Yongsawatdigul J, Park J W, 2003. Thermal denaturation and aggregation of threadfin bream actomyosin. Food Chemistry, (83): 409—416

EFFECT OF DIFFERENT PARAMETERS OF ACIDIC ELECTROLYZED WATER BACTERIA-INHIBITING ON THE PHYSIOLOGICAL PROPERTY OF *LITOPENAEUS VANNAMEI*

WU Dong-Mei, XIE Chao, LUO Hong-Yu

(School of Food Science and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316000)

Abstract Acidic electrolytic water was applied in this study to inhibit the bacteria from *Litopenaeus vannamei*. Several assessment standards of physiological property such as actomyosin content, Ca^{2+} -ATPase enzyme activity, total sulfhydryl activity (T-SH) and active sulfhydryl (A-SH) content were measured to evaluate the influence of using acidic electrolytic water with different pH value or treating time on the meat quality of *L. vannamei*. The data obtained from the experiment showed that the actomyosin, T-SH, A-SH content and Ca^{2+} -ATPase enzyme activity had a large decrease when using the acidic electrolytic water at a low pH value or extending the treatment time. The detail changes of each assessment standard after the treatment of acidic electrolytic water with the pH value 2.62, 3.18 and 4.06 for 60 minutes were respectively shown as follows: the content of actomyosin had a decrease of 98.7%, 90.0% and 73.7% and the inactive rates of Ca^{2+} -ATPase were 93.4%, 87.8% and 84.3%. Results also showed the content of T-SH had a decrease of 57.8%, 42.3% and 40.3% and the content of A-SH had a decrease of 77.8%, 65.9%, 30.7% as well, which indicated the conditions of using the acidic electrolytic water had a significant impact on the quality of *L. vannamei*.

Key words Acidic electrolyzed water, Actomyosin, Ca^{2+} -ATPase, Total sulphur, Active sulphur