

电解水对鱼干中真菌毒素消除效果研究

孙文烁^{1,2}, 靳梦瞳^{1,2}, 武爱波^{1,2}, 潘迎捷¹, 赵勇¹

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306) (2. 上海农业科学院农产品质量标准与检测技术研究所, 上海 201403)

摘要: 本研究探讨了电解水对黄曲霉毒素 B1、B2、G1、G2 (AFB1、AFB2、AFG1、AFG2) 及赭曲霉毒素 (OTA) 5 种真菌毒素标准品 (50 $\mu\text{g/L}$) 的消除效果, 进一步分析比较电解 3 个浓度 NaCl 溶液 (1.5、2.0、2.5 g/L) 得到的酸性电解水 (AcEW-1、AcEW-2、AcEW-3) 及碱性电解水 (AIEW-1、AIEW-2、AIEW-3), 以及 AcEW-3、AIEW-3 与去离子水 (TW) 之间对人工污染鱼干 (2 ± 0.5 g, 40 $\mu\text{g/kg}$) 中 5 种真菌毒素的消除效果差异。碱性电解水能有效的消除 5 种真菌毒素标准品, 消除率均在 90% 以上。AcEW-3 对鱼干中 5 种真菌毒素消除效果优于 AcEW-1 及 AcEW-2; 3 种 AIEW 对鱼干中 5 种真菌毒素的消除效果无显著性差异 ($p > 0.05$)。AcEW-3 与 AIEW-3 对鱼干中 4 种黄曲霉毒素的消除效果显著 ($p < 0.05$) 高于 TW, 但两者之间消除效果无显著性差异 ($p > 0.05$), AIEW-3 对鱼干 OTA 的消除效果均显著 ($p < 0.05$) 高于 AcEW-3 及 TW 消除效果。因此, 用碱性电解水浸泡鱼干, 去除多余盐分同时, 消除鱼干中可能存在的真菌毒素, 减少由真菌毒素导致的食品安全问题。

关键词: 电解水; 真菌毒素; 消除; 鱼干

文章编号: 1673-9078(2015)10-222-226

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.037

Elimination of Mycotoxins in Semi-dried Fish Products with Electrolyzed Water Treatment

SUN Wen-shuo^{1,2}, JIN Meng-tong^{1,2}, WU Ai-bo^{1,2}, PAN Ying-jie¹, ZHAO Yong¹

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China) (2. Institute for Agro-food Standards and Testing Technology, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

Abstract: The effects of electrolyzed water on the elimination of aflatoxin B1 (AFB1), aflatoxin B2 (AFB2), aflatoxin G1 (AFG1), aflatoxin G2 (AFG2) and ochratoxin A (OTA) standard solutions (50 $\mu\text{g/L}$) were explored in the present study. Acidic electrolyzed water solutions (AcEW-1, AcEW-2 and AcEW-3) and alkaline electrolyzed water solutions (AIEW-1, AIEW-2 and AIEW-3) were prepared via the electrolysis of sodium chloride solutions at concentrations of 1.5, 2.0, and 2.5 g/L, respectively, and their abilities to eliminate five mycotoxins from artificially contaminated semi-dried fish products (2 ± 0.5 g, 40 $\mu\text{g/kg}$) were compared. Additionally, this ability was also compared among AcEW-3, AIEW-3, and de-ionized water (DW). The results showed that alkaline electrolyzed water could effectively eliminate five mycotoxin standards with elimination rates of more than 90%. The elimination effect of AcEW-3 on the five mycotoxins was better than that of AcEW-1 and AcEW-2. There were no significant differences in the elimination effects of AIEW-1, AIEW-2, and AIEW-3 on the five mycotoxins ($p > 0.05$). The elimination effects of AcEW-3 and AIEW-3 on aflatoxin were significantly higher than that of DW ($p < 0.05$), but no significant differences were found ($p > 0.05$) between AcEW-3 and AIEW-3. The elimination effect of AIEW-3 on OTA was significantly higher than that of AcEW-3 and DW ($p < 0.05$). Therefore, alkaline electrolyzed water can be used to soak semi-dried fish products to remove the residual salts, eliminate potential mycotoxins, and reduce the occurrence of food safety issues caused by mycotoxins.

Key words: electrolyzed water; mycotoxins; elimination; semi-dried fish products

黄曲霉毒素 (Aflatoxin, AFs) 及赭曲霉毒素 A

收稿日期: 2014-12-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31271870); 上海市科学技术委员会科技创新行动计划项目 (14DZ1205100, 14320502100, 12391901300); 上海市科技兴农重点攻关项目 (沪农科攻字 2014 第 3-5 号)

作者简介: 孙文烁 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品安全风险评估

通讯作者: 赵勇 (1975-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品安全风险评估

(Ochratoxin A, OTA) 是曲霉属真菌产生的次级代谢产物, 具有较强的毒性及致畸性、致癌性^[1], 主要存在于谷物, 肉类以及调味料、果脯、可可等干制品中^[2-3]。鱼干作为一种传统食品, 在制作及储藏过程中易被霉菌污染, 继而产生的真菌毒素对消费者的公共卫生健康产生了潜在危害^[4]。Mohamed 等^[5]从熏鱼干中分离到了曲霉菌属, Ahmed 等^[6]则在咸鱼中检测到黄曲霉毒素 B2 (aflatoxin B2, AFB2) 和黄曲霉毒素 G1

(aflatoxin G1, AFG1)。因此,建立一种有效去除鱼干中真菌毒素的方法显得尤为重要。

目前,真菌毒素的脱除方法主要有物理法,化学法及生物法,其中化学法主要有氢氧化钠法^[7]及臭氧熏蒸法^[8]等方法。电解水主要分为酸性电解水(AcEW)和碱性电解水(AIEW):酸性电解水的主要成分为次氯酸,具有较强的杀菌能力,如副溶血性弧菌、沙门氏菌等,且安全无化学成分残留;碱性电解水主要成分为氢氧化钠,具有还原性,可作为厨房清洗剂和活性饮用水^[9]。Suzuki等^[10]研究表明酸性电解水可以降解 AFB1,且降解产物能够使鼠伤寒沙门氏菌的致癌性明显降低;Zhang等^[11]用酸性电解水可消除花生中85%的 AFB1,对其营养成分则无显著影响;Fan等^[12]的研究表明碱性电解水可100%去除植物油中的 AFB1。

由于鱼干在烹调之前需用水浸泡以去除多余盐分,因此本研究用电解水代替去离子水浸泡人工污染真菌毒素的鱼干,研究3个不同浓度 NaCl 溶液电解得到的电解水对鱼干中真菌毒素去除情况的影响,以期建立一种有效去除鱼干中真菌毒素的方法,为保障食品安全提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试剂

鱼干制品(购自上海市南桥农贸市场);黄曲霉毒素 AFB1、AFB2、AFG1、AFG2 及赭曲霉毒素 OTA 标准品(购自美国 Sigma 公司);甲醇、乙腈及醋酸铵(色谱纯,购自德国 Merck 公司);正己烷(分析纯,购自上海瀚思化工有限公司);Mycosep 226 Aflazon+ Multifunctional 净化柱(PN. COCMY2226, 购自美国 Romer 公司)。

1.1.2 仪器

日本 AMANO FW-200 电解水发生器,岛津 8030 高效液相串联质谱仪,德国 IKA® T18 basic 匀浆机,上海科导 SK8210LHC 超声波仪, Mettler XS205 电子天平,美国 Milli-Q 去离子水仪。

1.2 方法

1.2.1 标准品溶液配制

标准储备液:精密称取5种真菌毒素标准品溶解于乙腈中,得到100 μg/mL的标准储备溶液,-20℃避光保存,有效期12个月。混合标准溶液:用乙腈/5 mM 醋酸铵水溶液(20/80, V/V)稀释真菌毒素标准

储备液(100 μg/mL),得浓度为1 μg/mL混合标准品溶液,-20℃避光保存,有效期3个月。

1.2.2 电解水的制备

采用二槽隔膜电解水装置,通过电解不同质量浓度 NaCl 溶液(NaCl 质量浓度分别为1.5、2、2.5 g/L)制得三种酸性电解水(AcEW-1、AcEW-2、AcEW-3)及碱性电解水(AIEW-1、AIEW-2、AIEW-3)。制得电解水后,立即测定其相关指标(ORP、ACC及pH),详见表1。所有电解水皆现制现用。

1.2.3 电解水对真菌毒素标准品的消除

取50 μL标准品溶液于10 mL离心管中,分别加入950 μL AcEW-3, AIEW-3及去离子水(TW),空白组加入950 μL乙腈/5 mM醋酸铵水溶液(20/80, V/V)。离心管于避光条件下200 r/min震荡20 min。震荡结束后于40℃下氮气吹干,用1 mL乙腈/5 mM醋酸铵水溶液(20/80, V/V)复溶后过0.22 μm尼龙滤膜,待LC-MS/MS分析。

1.2.4 电解水对鱼干中真菌毒素的消除

1.2.4.1 鱼干中真菌毒素污染方式确定

鱼干切成大小均匀的长方体形状,每块重量为 2.0 ± 0.5 g,用如下两种污染方式人工污染鱼干(2 ± 0.5 g, 40 μg/kg)。点接污染:分别取40 μL混合标准溶液点接于长方体状鱼干(2 ± 0.5 g)正反面,使其污染浓度为40 μg/kg,静置30 min;浸泡污染:取400 μL混合标准溶液于9600 μL乙腈/5 mM醋酸铵水溶液(20/80, V/V)中得到40 μg/L浸泡液,将鱼干置于浸泡液中,于80 r/min转速下震荡30 min。震荡结束后按照1.2.5中提取方法提取鱼干中真菌毒素。

1.2.4.2 电解水对鱼干中真菌毒素的消除

取人工污染鱼干(2 ± 0.5 g, 40 μg/kg)于50 mL离心管中,分别加入10 mL不同酸性电解水(AcEW-1、AcEW-2、AcEW-3)及碱性电解水(AIEW-1、AIEW-2、AIEW-3)于室温下浸泡40 min,浸泡结束后取出鱼干晾干片刻,以去除多余的电解水后,按照1.2.5中提取方法提取鱼干中真菌毒素。

取人工污染鱼干(2 ± 0.5 g, 40 μg/kg)于50 mL离心管中,分别加入10 mL AIEW-3, 10 mL AcEW-3及10 mL去离子水(TW)于室温下浸泡40 min,浸泡结束后取出鱼干晾干后,按照1.2.5中提取方法提取鱼干中真菌毒素。

1.2.5 鱼干中真菌毒素的提取及检测

取电解水处理后鱼干样品(2 ± 0.5 g)于50 mL离心管中,加入10 mL乙腈/水溶液(90/10, V/V),匀浆机匀浆,超声30 min后4000 g离心10 min,取上清液加入10 mL正己烷,震荡2 min后于室温下静置

10 min, 去除正己烷层。将乙腈层提取液注入 Mycosep 226 Aflazon+ Multifunctional 净化柱净化, 调节流速为 1~2 滴/s, 待溶液全部流出后过 0.22 μm 尼龙滤膜, 待上机。

真菌毒素检测的液相色谱及质谱条件:

Agilent Poroshell 120 EC-C18 色谱柱 (100 mm \times 3 mm, 2.7 μm); 柱温 40 $^{\circ}\text{C}$, 进样体积 5 μL , 流速 0.3 mL/min, 流动相 (A) 为甲醇, 流动相 (B) 为 5mM 醋酸铵。流动相洗脱梯度: 0 min 20% A, 1.0 min 20% A, 7 min 50% A, 9 min 100% A, 10.0 min 20% A, 平衡 2 min。

选择反应监测模式为 (MRM) 检测。曲线脱溶剂管 (CDL) 温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 雾化气体和干燥气体均为氮气, 流速分别为 3.0 L/min、15 L/min。碰撞气为高纯氩气, 碰撞诱导解离压力为 230 kPa。

表 1 电解水的物理化学指标

Table 1 Physicochemical parameters of electrolyzed water

指标	1.5 g/L NaCl 溶液		2.0 g/L NaCl 溶液		2.5 g/L NaCl 溶液	
	AcEW-1	AIEW-1	AcEW-2	AIEW-2	AcEW-3	AIEW-3
pH	2.38 \pm 0.01	11.65 \pm 0.01	2.26 \pm 0.01	11.73 \pm 0.01	2.16 \pm 0.01	12.07 \pm 0.01
ACC/ppm	49.0 \pm 1.0	0	84.0 \pm 1.0	0	101.0 \pm 1.0	0
ORP/mv	1127.4 \pm 1.2	-659.4 \pm 0.6	1153.2 \pm 0.9	-712.5 \pm 1.1	1176.5 \pm 1.5	-894.1 \pm 0.8

2.2 电解水对真菌毒素标准品的消除效果

利用 AcEW-3、AIEW-3 及 TW 处理了 5 种真菌毒素标准品 (浓度为 50 $\mu\text{g/L}$)。结果如图 1 所示, AcEW-3 可以 100% 消除 AFB1、AFB2、AFG1 及 AFG2 标准品, 而对 OTA 的消除率仅为 65.3%; AIEW-3 对 5 种毒素消除率均在 90% 以上, 其中可以 100% 消除 AFG1 及 AFG2; TW 对 5 种真菌毒素均无消除效果。因此, AcEW-3 对 4 种黄曲霉毒素的消除效果优于 AIEW-3; 而对于 OTA 而言, 则 AIEW-3 的消除效果较好。

黄曲霉毒素在氧化剂 (如次氯酸、臭氧、二氧化氯等) 作用下的脱毒机理还未研究清楚, 推测有可能是由于氧原子的氧诱导作用, 可以破坏黄曲霉毒素分子结构中的双键, 而达到降解黄曲霉毒素的作用。AcEW 中主要成分为强氧化剂次氯酸, 有效氯含量高, Zhang 等^[11]研究表明, AcEW 可以降解花生中 85% 的 AFB1, SUZUKI 等^[10]证明除了高有效氯浓度, 低 pH 值也是 AcEW 有效降解 AFB1 的主要原因。

黄曲霉毒素在碱 (如 NaOH、氨水、氢氧化钙等) 作用下, 黄曲霉毒素的内酯环则发生断裂, 形成香豆素钠盐或铵盐, 使其毒性消失^[7]。AIEW 主要成分则为氢氧化钠, 碱性较高, Fan 等^[12]研究表明, AIEW

1.2.6 数据分析

数据结果以平均值 \pm 标准偏差表示。采用 SPSS 17.0 及 Origin 8.0 对数据进行分析。利用 SPSS 17.0 软件中的 LSD 法对相关数据进行显著性分析, 显著水平为 0.05。

2 结果与讨论

2.1 电解水的理化指标

电解 3 种浓度 NaCl 溶液分别得到 3 种酸性电解水 (AcEW-1、AcEW-2 和 AcEW-3) 及 3 种碱性电解水 (AIEW-1、AIEW-2 和 AIEW-3), 其物理化学指标如表 1 所示。随着电解液盐浓度增加, 酸性电解水酸性越强, ACC 含量及 ORP 值越高; 碱性电解水碱性也越强, 而 ORP 值则越低。

对植物油中 AFB1 的消除率可以达到 100%, 对 AFB1 的消除效果主要取决于其去除自由基的能力和较高的 pH 值。对 OTA 最常见的化学降解方法是碱处理法, 即用碱性过氧化氢, 氢氧化钠, 甲胺和氢氧化钙/氢氧化铵等碱性试剂处理谷物类食品, 可以有效地减少其中的 OTA^[13], 因此可能是本研究中 AIEW 对 OTA 的消除效果优于 AcEW 的原因。

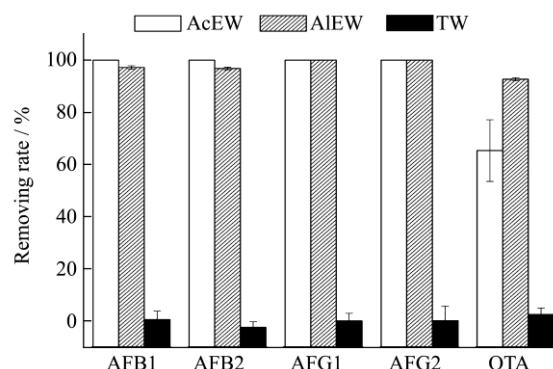


图 1 电解水对真菌毒素标准品的消除效果

Fig.1 Effect of electrolyzed water treatment on the elimination of mycotoxin standards

2.3 电解水对鱼干中真菌毒素的消除效果

2.3.1 鱼干中真菌毒素污染方式的确定

由图 2 可知, 利用点接方式污染的鱼干, 污染后

真菌毒素浓度在 37.32~44.18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间, 变异系数在 6.70~10.45% 之间 (低于 15%), 污染浓度较稳定。通过浸泡污染真菌毒素的鱼干, 其最终浓度范围在 22.68~34.91 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间, 变异系数最高可达到 43.30%, 污染浓度极不稳定。因此本实验选择点接污染的方式对鱼干进行人工污染。

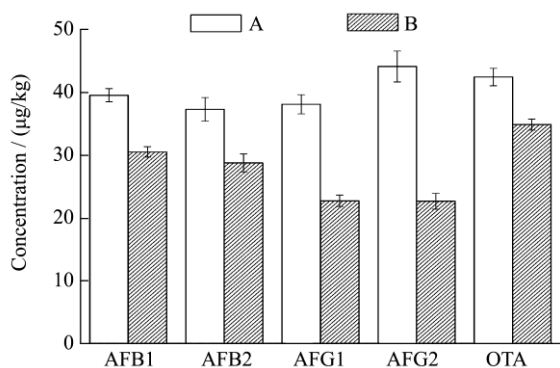


图 2 鱼干中真菌毒素污染方式的比较

Fig.2 Comparison of methods used to contaminate semi-dried fish products

注: A: 点接污染; B: 浸泡污染。

2.3.2 电解水对鱼干中真菌毒素的消除效果

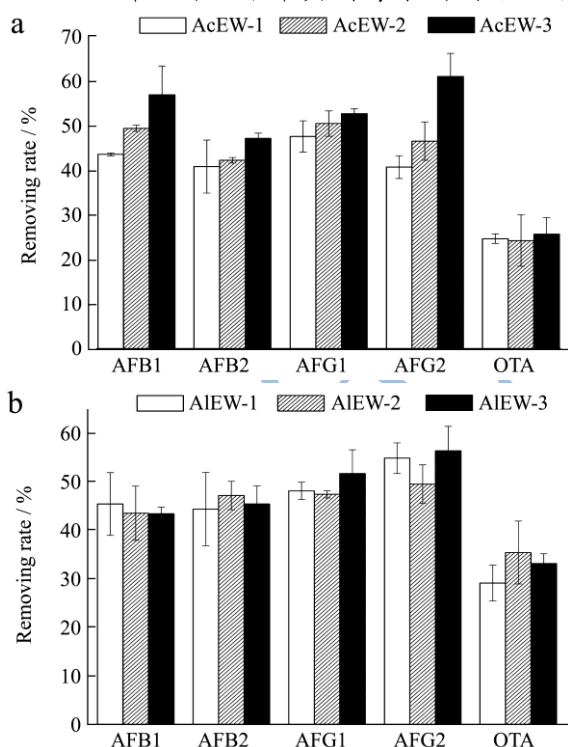


图 3 三种酸性电解水 (a) 及 3 种碱性电解水 (b) 对鱼干中真菌毒素的消除效果

Fig.3 Effect of three types of AcEW (a) and AIEW (b) solutions on the elimination of mycotoxins in semi-dried fish products

利用 3 种酸性及碱性电解水对鱼干中的真菌毒素进行消除, 结果如图 3 所示。由图 3a 可以看出, AcEW-1 对鱼干中 4 种黄曲霉毒素消除率最低 (AFB1: 43.61%;

AFB2:40.88%; AFG1:47.63%; AFG2:40.75%), AcEW-2 次之 (AFB1: 49.46%; AFB2: 42.30%; AFG1: 50.53%; AFG2: 46.59%), AcEW-3 最高 (AFB1:56.99%; AFB2:47.22%; AFG1:52.74%; AFG2:61.08%); 而 3 种酸性电解水对鱼干中 OTA 的消除率 (AcEW-1: 24.68%; AcEW-2: 24.26%; AcEW-3: 25.69%) 则无显著性差异 ($p>0.05$), 即 pH 低, ACC 含量高的酸性电解水, 氧化能力越高对鱼干中黄曲霉毒素的消除效果最好, 但对 OTA 消除率无显著差别。图 3b 可以看出 3 种碱性电解水对鱼干中 5 种真菌毒素的消除率分别为 AFB1: 43.36~45.37%; AFB2: 44.30~47.10%; AFG1: 47.36~51.63%; AFG2: 49.46~56.32%; OTA: 29.10~35.38%, 均无显著性差异 ($p>0.05$), 可能是对鱼干这种基质, 3 种碱性电解水的消除效果之间无显著性差异, Fan 等^[12]研究 2 种 pH 的 AIEW 对不同植物油基质中 AFB1 的消除效果时, 2 种 AIEW 对大豆油及葵花籽油中 AFB1 消除效果无显著差异, 而对花生油中 AFB1 消除效果则差异显著。因此, 本研究选择 AcEW-3 及 AIEW-3 用于后续的实验研究。

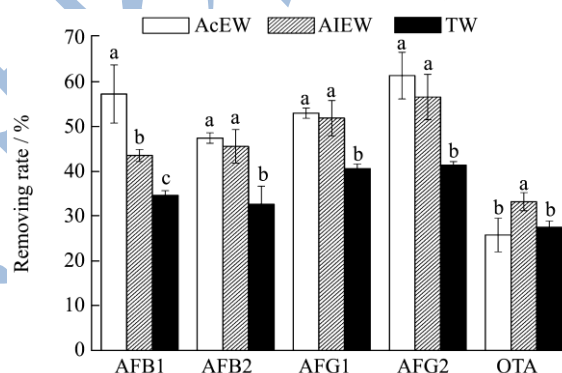


图 4 不同处理方式对鱼干中真菌毒素消除效果

Fig.4 Effect of different treatments on the elimination of mycotoxins in semi-dried fish products

注: a~c 表示每种毒素 3 种处理方式之间有显著性差异 ($p<0.05$)。

AcEW-3、AIEW-3 及 TW 对鱼干中 5 种真菌毒素的消除率如图 4 所示, AcEW-3 及 AIEW-3 对鱼干中 4 种黄曲霉毒素消除率均显著 ($p<0.05$) 高于 TW; AcEW-3 对鱼干中 AFB1 消除率显著 ($p<0.05$) 高于 AIEW-3, 而对 AFB2、AFG1 和 AFG2 的消除率与 AIEW-3 则无显著性差异 ($p>0.05$); AIEW-3 对鱼干中 OTA 的消除率显著 ($p<0.05$) 高于 AcEW-3 及 TW, 而 AcEW-3 与 TW 之间无显著性差异 ($p>0.05$)。因此, AIEW-3 对鱼干中 5 种真菌毒素消除效果均显著高于 TW, 在实际应用过程中, 作为厨房较常用的清洁剂可用于代替去离子水, 在将鱼干中多余盐分去除的同时, 消除了鱼干中可能存在的真菌毒素, 降低消费者

食用鱼干所带来的食物中毒风险。

酸性电解水及碱性电解水,对各种毒素标准品的去除率基本达到 100%,而对加标鱼干的去除率降低一半左右,可能是由于鱼干中含有蛋白质,脂质及碳水化合物等有机物,成分较标准溶液复杂,因此电解水在作用于鱼干时,可能与鱼干中这些复杂的化学成分发生化学反应,导致电解水的一些理化性质改变^[4],从而导致鱼干中真菌毒素的去除率低于真菌毒素标准品的去除率。

3 结论

电解水能有效的消除 AFB1, AFB2, AFG1, AFG2 和 OTA 真菌毒素标准品 (50 µg/L),其中碱性电解水消除效果最好;电解 1.5、2.0 及 2.5 g/LNaCl 溶液得到的碱性电解水对鱼干中 5 种真菌毒素的消除效果无显著性差异,电解 2.5 g/LNaCl 溶液得到酸性电解水对鱼干中 5 种真菌毒素的消除效果最好;电解 2.5 g/LNaCl 溶液得到碱性电解水对鱼干中 5 种真菌毒素的消除效果均显著高于去离子水消除效果。因此在实际应用时,碱性电解水作为一种厨房清洗剂及活性饮用水,对消费者无毒无害,因此可以用来代替去离子水浸泡鱼干,在将多余盐分去除的同时消除了鱼干中可能存在的真菌毒素,降低消费者食用鱼干带来的食物中毒风险;但碱性电解水的使用剂量、处理时间及温度对脱毒效果的影响以及相关脱毒机理、脱毒产物毒性等还有待于进一步的研究和探索。

参考文献

- [1] Prella A, Spadaro D, Garibaldi A, et al. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices commercialized in Italy [J]. Food Control, 2014, 39: 192-197
- [2] Prella A, Spadaro D, Garibaldi A, et al. Aflatoxin monitoring in Italian hazelnut products by LC-MS [J]. Food Additives & Contaminants. Part B, Surveillance, 2012, 5(4): 279-285
- [3] Tittlemier S A, Varga E, Scott P M, et al. Sampling of cereals and cereal-based foods for the determination of ochratoxin A: an overview [J]. Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 2011, 28(6): 775-785
- [4] 孔青,林洪,管斌.水产品中的黄曲霉毒素:一个潜在的食品安全问题[J].食品科学,2013,34(15):324-328
KONG Qing, LIN Hong, GUAN Bin. Aflatoxins in seafood: a potential threat to food safety [J]. Food Science, 2013, 34(15): 324-328
- [5] Mohamed S, Mo L, Flint S, et al. Effect of water activity and temperature on the germination and growth of *Aspergillus tamarii* isolated from "Maldivian fish" [J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 160(2): 119-123
- [6] Ahmed A M, Ismail S A, Abd el Rahman H A. Quantitative, qualitative and toxigenic evaluations of xerophilic mold in traditional Egyptian salted fish, Molouha [J]. Journal of Food Safety, 2005, 25(1): 9-18
- [7] 李培武,张道宏,杨扬,等.粮油制品中黄曲霉毒素脱毒研究进展[J].中国油料作物学报,2010,32(2): 315-319
LI Pei-wu, ZHENG Dao-hong, YANG Yang, et al. A review of the detoxification of aflatoxins in cereal and oilseeds products [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2010, 32(2): 315-319
- [8] Chen R, Ma F, Li P W, et al. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts [J]. Food Chemistry, 2014, 146: 284-288
- [9] 刘瑞,张冬晨,韭泽悟,等.微酸性电解水对绿豆芽内源植物激素含量及基本营养成分的影响[J].现代食品科技,2014,30(4): 112-117
LIU Rui, ZHANG Dong-chen, NIRASAWA Satoru, et al. Effect of slightly acidic electrolyzed water on the phytohormones content and nutrients of mungbean sprouts [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(4): 112-117
- [10] Suzuki T, Noro T, Kawamura Y, et al. Decontamination of aflatoxin-forming fungus and elimination of aflatoxin mutagenicity with electrolyzed NaCl anode solution [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(3): 633-641
- [11] Zhang Q, Xiong K, Tatsumi E, et al. Elimination of aflatoxin B₁ in peanuts by acidic electrolyzed oxidizing water [J]. Food Control, 2012, 27(1): 16-20
- [12] Fan S, Zhang F, Liu S, et al. Removal of aflatoxin B₁ in edible plant oils by oscillating treatment with alkaline electrolysed water [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 3118-3123
- [13] Scott P M. Effects of processing and detoxification treatments on ochratoxin A: Introduction [J]. Food Additives and Contaminants Part a-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment, 1996, 13: 19-21
- [14] Xie J, Sun X H, Pan Y J, et al. Combining basic electrolyzed water pretreatment and mild heat greatly enhanced the efficacy of acidic electrolyzed water against *Vibrio parahaemolyticus* on shrimp [J]. Food Control, 2012, 23: 320-324

现代食品科技