

# 不同鸡组织经次氯酸钠处理后氨基脒生成量 差异研究

谢冬冬<sup>2</sup>, 万志刚<sup>1</sup>, 沈金灿<sup>1\*</sup>, 郑宗坤<sup>2</sup>, 王之维<sup>2</sup>, 肖陈贵<sup>1</sup>, 康海宁<sup>1</sup>

(1. 深圳出入境检验检疫局食品检验检疫技术中心, 深圳市食品安全检测技术研发重点实验室, 深圳 518045;  
2. 深圳大学化学与化工学院, 深圳 518060)

**摘要:** **目的** 研究次氯酸钠处理鸡的不同组织形成氨基脒含量的差异。**方法** 选取鸡肉、鸡肝、鸡爪等样品, 用不同浓度的次氯酸钠处理样品, 经乙酸乙酯萃取净化后, 结合液相色谱-串联质谱技术(LC-MS/MS)和同位素内标定量法对样品中的氨基脒进行检测, 并比较不同组织样品氨基脒生成量的差异。分别对不同组织样品中的蛋白质含量及氨基酸含量进行测定, 比较其差异及其与氨基脒生成量之间的关联。**结果** 不同鸡组织样品经次氯酸钠处理后氨基脒的生成量存在着明显差异, 其中鸡爪的生成量最高; 进一步的蛋白质和氨基酸分析表明, 氨基脒的产生和样品的蛋白质含量及氨基酸含量与组成密切相关。**结论** 精氨酸含量的差异是导致氨基脒生成量差异的主要原因。

**关键词:** 次氯酸钠; 氨基脒; 蛋白质; 氨基酸; 精氨酸

## Study on semicarbazide content difference from different organizations chicken generated by sodium hypochlorite

XIE Dong-Dong<sup>2</sup>, WAN Zhi-Gang<sup>1</sup>, SHEN Jin-Can<sup>1</sup>, ZHENG Zong-Kun<sup>2</sup>, WANG Zhi-Wei<sup>2</sup>,  
XIAO Chen-Gui<sup>1</sup>, KANG Hai-Ning<sup>1</sup>

(1. Shenzhen Key Laboratory of Detection Technology R & D on Food Safety, Food Inspection and Quarantine Center, Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen 518045, China; 2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the different amount of semicarbazide in different chicken tissues after sodium hypochlorite treatment. **Methods** Samples such as chicken, chicken livers, and chicken claw were selected and treated by different concentration of sodium hypochlorite solution. The samples were then extracted with ethyl acetate, and measured by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) with isotope internal standard method. The difference of semicarbazide generated in different tissues was compared. The different samples were measured and compared by the difference of protein and amino acid content, and the relation between protein or amino acid content and the semicarbazide content generated were study. **Results** The results showed that the amount of semicarbazide was distinctly different between different samples treated by sodium hypochlorite, and chicken claw was the highest among them. Further analysis showed that semicarbazide

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31201444)、国家质检总局科研项目(2012IK187)

**Fund:** Supported by National Natural Science Foundation of Youth Science Foundation (31201444) and the Scientific and Technological Project of the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2012IK187)

\*通讯作者: 沈金灿, 高级工程师, 主要研究方向为药物残留。E-mail: jincansh@263.net

\*Corresponding author: SHEN Jin-Can, Senior Engineer, Food Inspection Center of Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine, No. 1011, Fuqiang Road, Futian district, Shenzhen 518045, China. E-mail: jincansh@263.net

generation is closely related with protein and amino acid content and their composition. **Conclusion** Different arginine content is the main contribution to the differences of semicarbazide generated.

**KEY WORDS:** sodium hypochlorite; semicarbazide; protein; amino acid; arginine

## 1 引言

氨基脒(semicarbazide, 简称 SEM)一直以来被认为是硝基咪唑类兽药-咪喃西林的代谢产物, 具有致癌性、诱变性以及基因毒性<sup>[1]</sup>。食品中 SEM 的来源不仅限于咪喃西林在动物体内的生物代谢, 次氯酸钠作为消毒剂在食品加工过程中与含氮物质接触等都有可能引起 SEM 的产生。Honicke 等<sup>[2]</sup>研究表明, 采用较高浓度的次氯酸钠处理明胶、虾、蛋清粉等食品会产生严重的 SEM 残留(2~450  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )。次氯酸钠作为一种用于食品的广谱消毒剂, 在禽产品的消毒处理中得到了很好的应用。因此研究次氯酸钠处理后食品中氨基脒生成量的差异, 对于有效控制氨基脒的产生, 维护消费者健康以及我国进出口的贸易具有重要意义。本研究以不同鸡组织样品为研究对象, 考察了次氯酸钠处理后不同鸡组织样品氨基脒生成量的差异, 在此基础上进一步研究氨基脒的生成与样品中主要含氮物质蛋白质和氨基酸之间的关联, 探索氨基脒的产生来源, 为次氯酸钠处理食品中氨基脒的控制提供理论依据。

## 2 材料与方方法

### 2.1 仪器与试剂

Xevo TQ-S 型液相色谱/串联质谱仪(美国 Waters 公司); Turbo Vap LV 型吹氮浓缩仪(Zymark 公司); KJELTEC 8400 凯氏定氮仪; Biochrom 30+氨基酸分析仪(英国)。

氨基脒盐酸盐和氨基脒同位素标准品(纯度 99%, 德国 Dr. Ehrenstorfer 公司); 甲醇、乙酸乙酯、正己烷、乙腈(色谱纯, Merck 公司); 磷酸三钠, 氢

氧化钠, 氯化钠, 硫酸钠, 硫酸铜, 柠檬酸钠(分析纯, 上海安谱公司)。天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、脯氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸标准品(SIGMA 公司)实验用水由 Milli-Q 纯水仪制备。

### 2.2 样品检测

#### 2.2.1 样品处理

称取样品 1.0 g (精确到 0.01 g)于 15 mL 离心管中, 根据实验需要分别加入 0.1%、0.2%、0.3%的次氯酸钠溶液 2.0 mL, 漩涡振荡 30 s, 置于振荡器上震荡 1 h, 反应结束加入 0.1 mL 1.0 mol/L 的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液以除去未反应的次氯酸钠。样品中的 SEM 分析参考相关检测方法<sup>[3-6]</sup>, 具体如下: 经次氯酸钠处理后的样液中加入 3 mL 0.4 mol/L HCl 溶液, 0.1 mL 20  $\mu\text{g}/\text{L}$  内标工作液, 0.1 mL 30  $\mu\text{g}/\text{L}$  的 2-硝基苯甲醛溶液, 涡旋 30 s 后, 置于 37  $^{\circ}\text{C}$  恒温振荡器中振荡衍生 16 h 衍生后, 加入适量  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  溶液混匀后, 用 0.2 mol/L 盐酸或 NaOH 溶液将 pH 调至 7.0~7.5; 分两次加入 5.0 mL 乙酸乙酯, 以 10000 r/min 离心 5 min, 取上层清液, 提取液于 40  $^{\circ}\text{C}$  水浴下氮气吹干。准确加入 1.0 mL 5%的乙酸铵甲醇水溶液, 再加入 2.0 mL 正己烷; 去除上层溶液后过 0.22 mm 滤膜, 供液相色谱-质谱测定。

色谱条件: 色谱柱: ACQUITY BEH  $\text{C}_{18}$  色谱柱 (2.1 mm $\times$ 100 mm, 1.7  $\mu\text{m}$ ); 柱温: 30  $^{\circ}\text{C}$ ; 流速: 250  $\mu\text{L}/\text{min}$ ; 流动相: A 为 0.01% 甲酸(含 5 mmol/L 乙酸铵)水溶液, B 为甲醇。梯度洗脱条件为: 0~5 min, 90% A; 5.1~6 min, 50% A; 6.1~7.5 min, 0% A。质谱条件如表 1 所示。

表 1 MRM 所用的母/子离子  
Table 1 Precursor/daughter ions used in multiple reaction monitoring (MRM)

| 化合物<br>Compound                   | 母离子<br>Precursor(m/z) | 子离子<br>Daughter(m/z) | 驻留时间(s)<br>Dwell time | 锥孔电压(V)<br>Cone volt. | 碰撞能量<br>(eV) Col. energy |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| SEM                               | 209                   | 134                  | 0.07                  | 25                    | 12                       |
|                                   | 209                   | 166                  | 0.07                  | 25                    | 10                       |
| $\text{C}^{13}\text{N}^{15}$ -SEM | 212                   | 168                  | 0.07                  | 10                    | 10                       |

### 2.2.2 凯氏定氮法测蛋白质

称取固体试样 0.2 g ~ 2 g 样品与硫酸和催化剂一同加热消化, 使蛋白质分解, 按相关方法进行测定<sup>[7-9]</sup>。

### 2.2.3 酸水解茚三酮衍生法检测氨基酸

称取一定量样品于在水解管内, 加 6 mol/L 盐酸 10 ~ 15 mL, 将蛋白质水解成游离氨基酸, 用 1 mL pH 2.2 的柠檬酸钠缓冲液溶解, 后经氨基酸分析仪的离子交换柱分离后, 与茚三酮产生颜色反应, 按相关方法测定氨基酸含量<sup>[10-11]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 氨基脲测定

#### 3.1.1 LC-MS/MS 检测方法

选择  $^{13}\text{C}^{15}\text{N}$ -SEM 为内标物, 以浓度为横坐标, 氨基脲峰面积与内标物峰面积比值为纵坐标, 绘制标准工作曲线。实验表明, 氨基脲浓度在 0~10.00  $\mu\text{g/L}$  范围内与其峰面积比值呈良好的线性关系, 回归方程为  $Y=0.0201307+0.408529X$ ,  $R^2=0.9992$ 。经实际加标确定方法检出限为 0.01  $\mu\text{g/kg}$  ( $S/N=3$ ), 定量限为 0.07  $\mu\text{g/kg}$  ( $S/N=10$ )。添加 0.5, 1.0  $\mu\text{g/kg}$  的氨基脲, 分别平行测定 6 个样品, 其回收率为 92.8%~114.8%, 相对标准偏差 RSD 为 1.0%~5.1%, 满足分析要求。氨基脲标准溶液 MRM 色谱图如图 1 所示。

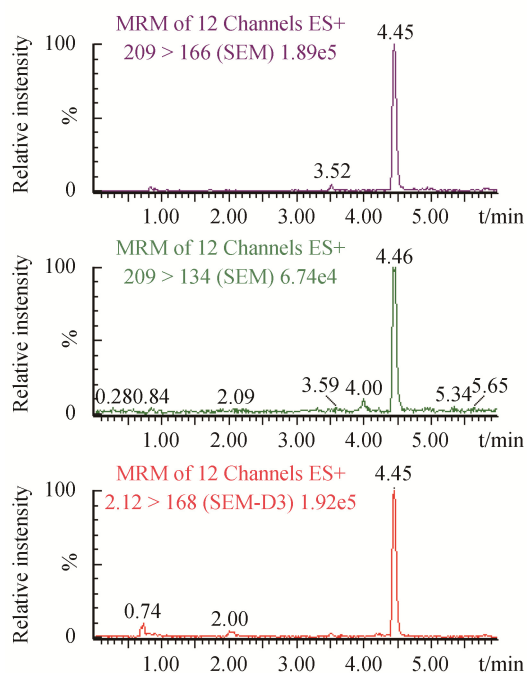


图 1 氨基脲标准溶液的 MRM 色谱图

Fig. 1 MRM chromatogram of semicarbazide standard solution

### 3.1.2 不同鸡组织样品次氯酸钠后 SEM 生成量差异

采用内标法对经过不同浓度的次氯酸钠处理后的样品在进行定量检测, 以 NaClO 的质量浓度为横坐标, SEM 的量  $\mu\text{g/kg}$  纵坐标作图, 结果如图 2 所示。

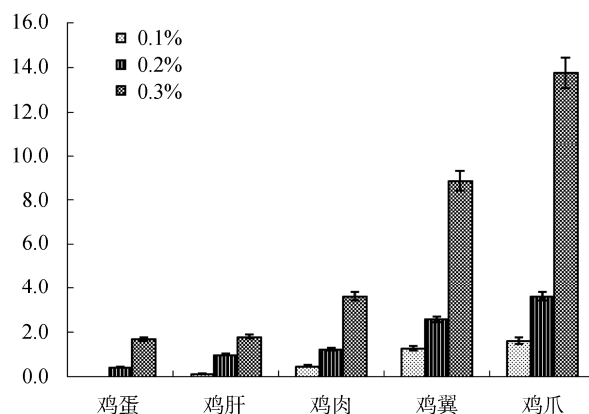


图 2 不同 NaClO 浓度下氨基脲生成量

Fig. 2 The SEM amount in different concentration of NaClO sample

从图 2 可以看出, 经过 NaClO 处理后, 不同鸡组织样品氨基脲的生成量具有很大差异。在 0.3% 质量浓度下处理样品, 鸡蛋、鸡肝、鸡肉、鸡翼、鸡爪形成 SEM 的浓度分别为 1.711、1.810、3.644、8.874、13.780  $\mu\text{g/kg}$ 。在 5 种不同组织样品中鸡爪产生的氨基脲最高, 其含量远高于其他组织样品; 鸡翼次之, SEM 含量为鸡爪的 64%; 鸡肉处于中间位置, SEM 含量为鸡爪的 26%; 鸡肝和鸡蛋产生的 SEM 量基本持平, 其含量最少, 约为鸡爪的 12%。由结果还可以看出, 对于同一样品经过不同浓度次氯酸钠处理后氨基脲的生成量也存在着明显差异。将次氯酸钠浓度从 0.1% 增加到 0.3%, 鸡爪产生的氨基脲分别为由 1.623  $\mu\text{g/kg}$  增加到 13.780  $\mu\text{g/kg}$ , 约提升了 7.5 倍。与鸡爪一样, 其他鸡组织样品 SEM 生成量亦随着次氯酸钠浓度的增加而增加。由此可见, 随着次氯酸钠浓度的增加, 不同鸡组织样品中氨基脲的生成量均呈快速增长趋势。

次氯酸的氧化作用是其最主要的杀菌机制, 通过在水中形成次氯酸, 次氯酸不仅可与细胞壁发生作用, 且因分子小, 不带电荷, 故侵入细胞内与蛋白质发生氧化作用或破坏其磷酸脱氢酶, 使糖代谢失调而致细胞死亡<sup>[12,13]</sup>。氯酸钠处理鸡组织样品导致 SEM 产生, 可能是次氯酸与肉类中的含氮物质(如蛋

白质或氨基酸)发生反应, 产生 SEM。为进一步研究不同鸡组织中氨基脒的产生来源, 实验进一步对不同样品的蛋白质以及氨基酸含量进行测定, 研究其与氨基脒生成量之间的关联。

### 3.2 蛋白质含量检测分析

氨基脒为联氨类化合物, 其来源与食物中的含氮物质密切相关。Hoenicke 等<sup>[2]</sup>用 1%活性氯的次氯酸盐溶液处理的鸡肉、蛋白粉等样品, 均检测有氨基脒, 其中蛋白粉中含量高达 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。为了进一步探究氨基脒的产生来源, 通过凯氏定氮法对不同组织样品中的蛋白质含量进行测定, 重复 3 次测定, 取其平均值, 相对标准偏差均小于 2.5%, 符合分析检测要求, 结果如表 2 所示。

用同等浓度的次氯酸钠处理样品, 氨基脒生成量按照鸡蛋、鸡肝、鸡肉、鸡翼、鸡爪顺序依次增大, 表 2 上的蛋白质含量除了鸡翼外, 也依次从鸡蛋到鸡爪逐渐增大, 这表明氨基脒的生成与样品中的蛋白质含量存在着较高的关联性, 蛋白质含量高的鸡爪比鸡的其他蛋白质含量低的组织更容易产生氨基脒。对于鸡翼样品, 其蛋白质含量只有 17.2%, 但经次氯酸钠处理后也会有较高浓度的氨基脒产生, 推测氨基脒的生成不仅跟样品中蛋白质含量有关外, 还可

能与样品中的氨基酸组成有关联。因此, 实验进一步测定样品的氨基酸含量组成。

### 3.3 氨基酸检测分析

#### 3.3.1 方法与检出限

样品前处理后经氨基酸自动分析仪的离子交换柱, 茚三酮显色后, 脯氨酸在 440 nm 波长检测, 其他 16 种氨基酸波长为 570 nm, 17 种氨基酸分析结果谱图如图 3, 17 种氨基酸分离度较好, 表 3 为各种不同组织样品的氨基酸测定结果, 各样品平行测定 3 份, 相对标准偏差均在 5%以内。

#### 3.3.2 样品的氨基酸组成及氨基脒的来源

5 种组织样品中各种氨基酸含量如表 3 所示。根据检测结果将氨基酸分为 I、II 两类, I 类为与氨基脒生产量呈正相关的氨基酸, 包括甘氨酸、丙氨酸、精氨酸; 其他氨基酸归为 II 类。对于 I 类氨基酸, 其在鸡蛋、鸡肝、鸡肉、鸡翼、鸡爪中的含量依次增大, 与次氯酸钠处理后样品中产生的氨基脒的趋势一致, 存在正相关的关系, 不同样品氨基脒的差异可能主要来源于该类氨基酸的差异而导致。

为了验证以上推断并进一步确定氨基脒的来源, 用 0.1%浓度的次氯酸钠分别处理浓度为 0.1 mmol/L 的 17 种氨基酸, 实验结果发现 17 种氨基酸中只有精

表 2 样品蛋白质含量 ( $n=3$ )  
Table 2 Protein content of sample ( $n=3$ )

| 名称 Name | 鸡蛋 Egg | 鸡肝 Chicken livers | 鸡肉 Chicken | 鸡翼 Chicken wing | 鸡爪 Chicken claw |
|---------|--------|-------------------|------------|-----------------|-----------------|
| 蛋白质含量%  | 13.74  | 15.92             | 19.3       | 17.2            | 22.22           |
| RSD(%)  | 2.25   | 2.31              | 1.23       | 1.87            | 1.57            |

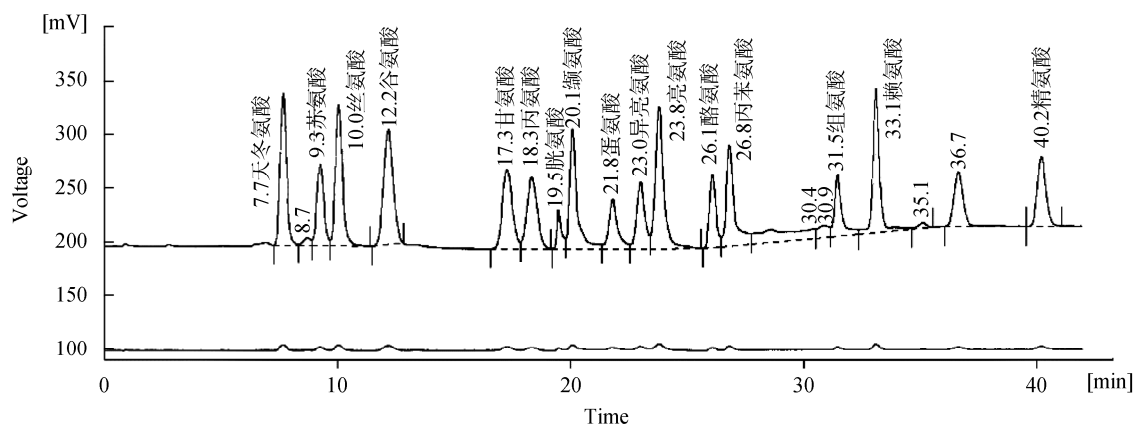


图 3 氨基酸分析谱图

Fig. 3 Amino acid analysis spectra

表3 氨基酸检测结果 (% , n=3)  
Table 3 Amino acid test results (n=3)

| 名称 Name | 鸡蛋 Egg | 鸡肝 Chicken livers | 鸡肉 Chicken | 鸡翼 Chicken wings | 鸡爪 Chicken claw |       |
|---------|--------|-------------------|------------|------------------|-----------------|-------|
| I       | 甘氨酸    | 3.40              | 5.60       | 5.10             | 18.20           | 20.70 |
|         | 丙氨酸    | 4.80              | 5.50       | 6.00             | 8.40            | 9.80  |
|         | 精氨酸    | 6.40              | 6.60       | 7.00             | 8.40            | 9.60  |
| II      | 天冬氨酸   | 8.90              | 8.60       | 9.40             | 7.20            | 7.60  |
|         | 苏氨酸    | 4.60              | 4.60       | 4.80             | 3.10            | 2.90  |
|         | 丝氨酸    | 6.80              | 4.40       | 3.90             | 3.50            | 3.40  |
|         | 脯氨酸    | 1.20              | 1.10       | 2.20             | 1.70            | 3.00  |
|         | 谷氨酸    | 10.70             | 11.60      | 15.10            | 11.00           | 11.80 |
|         | 胱氨酸    | 2.40              | 1.40       | 0.50             | 1.30            | 1.00  |
|         | 缬氨酸    | 7.30              | 7.40       | 4.80             | 5.80            | 4.90  |
|         | 蛋氨酸    | 4.00              | 3.60       | 3.40             | 2.40            | 1.80  |
|         | 异亮氨酸   | 5.50              | 5.20       | 5.10             | 3.70            | 3.10  |
|         | 亮氨酸    | 9.30              | 10.20      | 8.50             | 7.30            | 6.40  |
|         | 酪氨酸    | 5.00              | 4.60       | 4.40             | 2.80            | 2.10  |
|         | 苯丙氨酸   | 7.50              | 6.80       | 6.40             | 5.40            | 3.90  |
|         | 组氨酸    | 3.90              | 4.60       | 4.60             | 3.90            | 2.90  |
|         | 赖氨酸    | 8.30              | 8.30       | 8.80             | 5.90            | 5.10  |

氨酸经次氯酸钠处理后能产生氨基脒,产生的氨基脒浓度为 12.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。精氨酸含有胍基,经次氯酸钠处理后容易水解成脒基并游离出氨,氨与次氯酸钠可以生成氯胺,氯胺与精氨酸的分解物尿素反应生成氨基脒<sup>[2]</sup>。

#### 4 结 论

本实验研究比较了次氯酸钠消毒剂处理鸡不同组织样品后产生氨基脒的差异,结果表明不同组织样品经次氯酸钠处理会产生氨基脒,并且氨基脒的生成量存在着明显差异,根据从高到低的顺序依次为鸡爪、鸡翼、鸡肉、鸡肝、鸡蛋。样品中氨基脒的生成量还与次氯酸钠的浓度有关,浓度越高产生的氨基脒越多。不同组织氨基脒生成量的差异与样品的蛋白质含量及不同的氨基酸组成密切相关,精氨酸是氨基脒产生的主要来源。该研究揭示了次氯酸钠处理食品中氨基脒的产生来源,进而为其控制提供了理论依据。

#### 参考文献

- [1] 李春风, 康海宁, 岳振峰, 等. 食品中氨基脒来源的研究进展 [J]. 中国兽医杂志, 2010, 46(2): 88-89.  
Li CF, Kang HN, Yue ZF, *et al.* Progress semicarbazide in food sources [J]. Chin J Vet Med, 2010, 46(2): 88-89.
- [2] Hoenicke K, Gatermann R, Hartig L. Formation of semicarbazide (SEM) in food by hypochlorite treatment is SEM a specific maker for nitrofurazone abuse [J]. Food Addit Contam, 2004, 21(6): 526-537.
- [3] 龙顺荣, 李炜正, 王力清. 超高效液相-串联质谱法测定动物组织中硝基呋喃类代谢物残留量[J]. 食品与包装, 2007, 23(6): 90-92.  
Long SR, Li WZ, Wang LQ. Determination nitrofurantolone residues of animal tissues by HPLC- MS/MS [J]. Food Pack, 2007, 23(6): 90-92.
- [4] 杨曦, 李红光. 水产品消毒水作用下产生呋喃西林代谢物的研究[J]. 食品工业技术, 2011, 48: 158-159.  
Yang X, Li HG. Research on Furacilin metabolites of aquatic

- produced in disinfectant action [J]. Food Ind Technol, 2011, 48: 158-159.
- [5] 中国国家标准化管理委员会. GB /T21311- 2007. 动物源性食品中硝基呋喃类药物代谢物残留量检测方法高效液相串联质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.  
China National Standardization Management Committee Association. GB /T21311- 2007. The animal -derived foods nitrofurans residues detection method by HPLC tandem mass spectrometry [S]. Beijing: China Standard Press, 2007.
- [6] 国家认证认可监督管理委员会. SN/T1627-2005. 进出口动物源性食品中硝基呋喃类代谢物残留量测定方法高效液相色谱串联质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.  
National Certification and Accreditation Administration.SN/ T1627-2005. Import and export of animal origin residues of nitrofurans metabolites measured in food by HPLC- MS/MS. [S]. Beijing : China Standard Press, 2005.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. GB 50095-2010. 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S] 北京: 中国标准出版社, 2010.  
China National Standardization Management Committee Association. GB 50095-2010. National food safety standards in food proteins [S]. Beijing : China Standard Press, 2010.
- [8] 孙 蓉, 吴文标. 食品中蛋白质检测技术研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 393-398.  
Sun R, Wu WB. Advances in food protein detection technology [J]. Food Sci, 2012, 33(23): 393-398.
- [9] 陈智慧, 史梅, 王秋香. 用凯氏定氮法测定食品中的蛋白质含量[J]. 新疆畜牧业, 2008, 5: 22-24.  
Chen ZH, Shi M, Wang QX. Determination of protein content in food by Kjeldahl method [J]. Xinjiang Anim Husbandry, 2008, 5: 22-24.
- [10] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB 5009.124-2003. 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.  
Chinese Academy of Preventive Medicine, Institute of Nutrition and Food Hygiene.GB 5009.124-2003. Determination of amino acids [S]. Beijing: China Standard Press, 2003.
- [11] 孙秋君, 陈晓晔, 朱建良. 蛋白质降解及其产物氨基酸检测的研究进展[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 525-528.  
Sun QJ, Chen XH, Zhu JL. Advances in protein degradation products of amino acids and their detection [J]. Food Sci Technol, 2011, 32(11): 525-528.
- [12] 平静. 次氯酸钠溶液稳定性的研究[J]. 中国医院药学杂志, 1995, 15(10): 455-456.  
Ping J. Study the stability of sodium hypochlorite solution [J]. Chin J Hosp Pharma, 1995 , 15(10): 455-456.
- [13] 赵美丽. 国内外化学消毒剂的进展[J]. 社区医学杂志, 2011, 9(9): 8-12.  
Zhao ML. Research progress of chemical disinfectants [J]. J Commun Med, 2011, 9(9): 8-12.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



谢冬冬, 硕士研究生, 主要研究方向为食品工程。  
E-mail: xiedd1221@gmail.com



沈金灿, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为药物残留。  
E-mail: jincansh@263.net