

# 加工方法对对虾中三种氯霉素类药物残留消除的影响

黄和<sup>1</sup>, 陶昕晨<sup>1</sup>, 廖建萌<sup>2</sup>, 高平<sup>2</sup>, 罗林<sup>2</sup>

(1. 广东省水产品加工与安全重点实验室, 广东普通高等学校水产品深加工重点实验室, 广东海洋大学食品科技学院, 广东海洋大学实验教学部, 广东湛江 524088) (2. 广东省湛江市质量计量监督检测所, 广东湛江 524043)

**摘要:** 为了探讨不同加工方法对对虾中氯霉素类药物消除的影响, 本文研究了蒸、煮、烤、炸和微波等五种加工方法对对虾中氯霉素、甲砒霉素和氟苯尼考消除的影响。空白虾肉分别添加含 2.0 μg/g 三种氯霉素类药物的标准溶液, 然后制成 5 g 大小的虾肉丸。分别用蒸、煮、烤、炸和微波等五种加工方法进行处理, 虾肉丸中残留的三种氯霉素类药物含量用 HPLC-UVD 法检测。结果表明: 虾肉丸蒸 8 min 后三种氯霉素类药物下降了 41.99~44.50%, 煮 8 min 后三种氯霉素类药物下降了 53.93~56.19%, 烤 4 min 后氯霉素类药物下降了 93.31~95.47%, 炸 4 min 后三种氯霉素类药物下降了 93.30~94.91%, 微波 2 min 后三种氯霉素类药物下降了 29.37~41.86%。采用蒸、煮、烤、炸和微波等五种加工方法, 烤、炸使虾肉丸中三种氯霉素类药物降至最大残留限量(MRL)以下需要的时间最短, 其次是微波, 蒸、煮最长。采用烘烤和油炸方法对减少虾肉丸中三种氯霉素类药物的残留最有效。

**关键词:** 对虾; 加工方法; 氯霉素; 甲砒霉素; 氟苯尼考

文章编号: 1673-9078(2015)3-202-206

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.3.034

## The Influence of Various Processing Methods on the Elimination of Chloramphenicol Residues in Prawns

HUANG He<sup>1</sup>, TAO Xin-chen<sup>1</sup>, LIAO Jian-meng<sup>2</sup>, GAO Ping<sup>2</sup>, LUO Lin<sup>2</sup>

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Product Processing and Safety, Key Laboratory of Advanced Processing of Aquatic Products of Guangdong Higher Education Institution, College of Food Science and Technology, Department of Experimental Teaching, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China) (2. Zhanjiang Institute of Supervision & Test on Quality & Measure, Zhanjiang 524043, China)

**Abstract:** The influence of five processing methods, including steaming, boiling, roasting, deep frying, and microwaving, on the elimination of residues of chloramphenicol (CAP), thiamphenicol (TAP), and florfenicol (FF) in prawns was investigated. Blank prawn meat was mixed with 2.0 μg/g each of CAP, TAP, and FF in standard solutions; this meat was used to prepare 5 g meatballs. These meatballs were cooked separately by steaming, boiling, roasting, deep frying, and microwaving. The CAP, TAP, and FF content in the cooked meatballs was determined by high performance liquid chromatography-ultraviolet detection (HPLC-UVD). Cooking of prawn meatballs by steaming and boiling for 8 min led to a 41.99~44.50% and 53.93~56.19% decrease in CAP, TAP, and FF content, respectively; roasting and deep-frying for 4 min and microwaving for 2 min led to a decrease of 93.31~95.47%, 93.30~94%, and 29.37~41.86% in the CAP, TAP, and FF content, respectively. Among the five processing methods, the time required to reduce the contents of CAP, TAP, and FF to below the maximum residue limit (MRL) was lowest for roasting and deep frying, followed by microwaving; steaming and boiling took the longest time to reduce the CAP, TAP, and FF content to below MRL. Therefore, roasting and deep frying were discovered to be the most effective ways to reduce CAP, TAP, and FF residues in prawn meat.

**Key words:** prawn; processing method; chloramphenicol; thiamphenicol; florfenicol

氯霉素(CAP)于 20 世纪 50 年代被发现, 并迅速应用于水产养殖业, 长时间的应用产生的耐药性及其给人体带来的极大毒副作用, 目前已被禁止使用; 甲

收稿日期: 2014-07-09

基金项目: 广东省产学研结合项目(2011B090400154), 湛江市科技计划项目(湛科[2010]174号)

作者简介: 黄和(1962-), 男, 教授, 研究方向: 水产品质量与安全

砒霉素(TAP)在肝脏内不与葡萄糖醛酸结合, 在体内的抗菌活性比氯霉素高; 氟苯尼考(FF)的抗菌活性优于甲砒霉素和氯霉素, 许多对氯霉素耐药菌株对这种药物仍然敏感<sup>[1]</sup>。这三种药物对水产动物中常见致病菌具有抑制作用<sup>[2]</sup>, 因其具有上述优点, 现已成为水产养殖病害防治的常用药物。但是水产品中氯霉素类药物残留问题已成为水产品安全问题的一个主要因

素。通过前期的研究发现,氯霉素类药物在常温、冷藏和冷冻条件下都非常的稳定,不容易被环境降解,使得这三种药物只要在水产品中残留就很难被降解消除。除了通过在活的生物体内自行代谢途径外,是否还有其他更简单的方法进行降解?通常我们检测未经加工的肌肉组织中的药物残留,而经过烹饪加工过的水产品在抗生素的残留量是否减少?水产品绝大部分都是经过一般的烹饪方法才被人们食用。所以需要更多的关于加工方法对药物残留消除的文献来精确的衡量药物暴露的剂量。Rose<sup>[3]</sup>等发现猪肉烧烤后磺胺二甲嘧啶(SDD)降低了30%。而Fischer<sup>[4]</sup>等报道了猪腰排炖后SDD只降低了8%。而O'Brien<sup>[5]</sup>等发现牛肌肉在50~90℃烘烤20 min后,其中的氨比西林、氯霉素和土霉素的生物活性降低了12~50%。Naoto Furusawa<sup>[6]</sup>报道鸡腿部肌肉煮12 min后,磺胺甲基异噁唑(SMZ)降解了45%~61%。SMZ经过170℃烤12 min后,降解率为38%~54%。王唯芬<sup>[7]</sup>研究了煮、蒸、炸、烤和微波对对虾中氯霉素、磺胺甲基异噁唑、土霉素消除的影响,发现蒸9 min后使抗生素残留下降了53~91%。煮9 min后使抗生素净残留下降了75%~96%。烤和炸9 min后使残留分别下降了63%~88%和65~94%。微波1 min后使残留下降了66~89%。杨毅青<sup>[8]</sup>研究了鲢鱼、鲤鱼和鳊鱼等三种淡水鱼肉丸(每5 g鱼肉含1 μg氯霉素)在60℃、80℃、100℃恒温水浴条件下加热30 min后和在140℃、160℃、180℃条件下油炸鱼肉丸浮起后立即取出,三种淡水鱼肉丸无氯霉素残留检出。这为消费者安全提供了余地。目前国内尚未见三种氯霉素类药物在加工方法对对虾体内残留消除方面的报道。

本文通过在空白对虾中添加一定浓度的三种氯霉素类药物,制成5.0 g的虾肉丸,经过蒸、煮、炸、烤和微波加工后,检测虾肉丸中三种氯霉素类药物残留的变化,比较不同加工方法对对虾中三种氯霉素类药物消除的影响,探讨减少对对虾中三种氯霉素类药物残留的有效途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

氯霉素(CSA号:56-75-7)纯度为99%;甲砒霉素(CSA号:15318-45-3)纯度为98.5%;氟苯尼考(CSA号:7321-34-2)纯度为99%;标准品都购自德国Dr. Ehrenstorfer公司;HPLC级乙腈,购自德国Merck公司;乙酸乙酯、正己烷等均为分析纯;水为去离子水。对虾由湛江国联水产开发股份有限公司提

供,储备液(100 μg/mL)用甲醇配置,-20℃冰箱保存,有效期6个月,根据工作液的需要,以甲醇(V):水(V)=3:7稀释至适当浓度。

微波炉(EG720EAU-SS(X)),佛山美的微波电器制造有限公司;烤箱(AC25FF-AALR),广东美的微波电器制造有限公司;电磁炉(YLS19D),中山市雅乐思电器实业有限公司;IUL排击式均质器,西班牙均质器厂;高效液相色谱仪(Waters Alliance2695/2489),美国Waters公司;METTLER-TOLEDO XS-205电子分析天平,上海兰易科学仪器有限公司;Sartorius arium-611VF超纯水机,上海摩速科学器材有限公司;BP252组织捣碎机,北京中科科尔器材有限公司;XW-80A漩涡混匀器,上海比朗仪器有限公司;HU3120B超声波清洗器,上海比朗仪器有限公司;Sigma 3-18K高速冷冻离心机,北京博励行仪器有限公司;美国N-EVAP111氮吹仪,美国Organomation公司。

### 1.2 虾肉丸的制法

南美白对虾剥壳,去头、尾和虾肠,取肌肉500 g,添加100 μg/mL三种标准物质10 mL,打碎,通过排击式均质器混匀后,制成直径2 cm,5 g的虾肉丸。每5 g的虾肉丸含10.0 μg三种氯霉素类药物的标准溶液。

### 1.3 加工方法

蒸:将虾肉丸至于不锈钢滤网中,待水加热到100℃沸腾时固定其上,盖上锅盖,于特定时间2、4、6、8 min取出,冷却装于封口袋中于-24℃保存。

煮:待水加热到100℃沸腾时,加入虾肉丸,于特定时间2、4、6、8 min取出,冷却装于封口袋中于-24℃保存。

烤:将虾肉丸表面刷一层植物调和油,放置于烤盘的锡箔纸上,温度250℃,于特定时间1、2、3、4 min取出,冷却装于封口袋中于-24℃保存。

炸:将植物调和油加热到200℃以上,迅速将虾肉丸放入其中,于特定时间1、2、3、4 min取出,冷却装于封口袋中于-24℃保存。

微波:将虾肉丸至于微波炉内的烤盘上,功率560 W,于特定时间0.5、1、1.5、2 min取出,冷却装于封口袋中于-24℃保存。

以上所有操作的每个时间点都采集3个平行样,为防止水分丧失,待其自然冷却后迅速装入封口袋于冰箱中保存。

考虑到蒸、煮加工温度在100℃左右,将特定

间设为 2、4、6、8 min。烤、炸加工温度在 200 °C 以上，时间过长会影响虾肉丸品质，因此将特定时间减半，设为 1、2、3、4 min。而微波加热是对物体进行整体加热，加热剧烈，所以将特定时间设为 0.5、1、1.5、2 min。

### 1.4 样品处理及检测分析

#### 1.4.1 样品处理

称取 2.0 g (精确到 0.01 g) 样品于 50 mL 离心管中，加 10 mL 含 2% 的氨水 (25%~28%) 乙酸乙酯，漩涡混匀 1 min，再加入 5 g 的无水硫酸钠，震荡提取 30 min 后，4000 r/min 离心 10 min，重复上述操作 1 次，合并上清液，50 °C 下氮吹近干，再加入 2 mL 流动相溶解残渣，漩涡混匀 1 min，加入 5 mL 乙腈饱和的正己烷，漩涡混匀 1 min，4000 r/min 离心 10 min，弃去上层正己烷溶液，重复脱脂 1 次，取下层溶液过 0.45 μm 的有机系滤膜上机测定。

#### 1.4.2 色谱条件

色谱柱: Waters Symmetry C<sub>18</sub> 反相色谱柱 (250 mm×4.6 mm i.d., 5 μm); 流速: 1 mL/min; 柱温: 35 °C; 进样体积: 10 μL; 氯霉素检测波长 278 nm, 甲砒霉素和氟苯尼考检测波长 225 nm; 梯度洗脱程序见表 1。

表 1 梯度洗脱程序

时间/min	乙腈/%	水/%
0.00~9.00	13	87
9.01~20.00	40	60
20.01~21.00	13	87

### 1.5 统计和分析

在此研究中，虾肉丸中三种氯霉素类药物残留均对被分析物未加工前样品的质量计算。

对经过蒸、煮、烤、炸和微波处理后肌肉中的药物残留，用 Excel 2003 检验加工时间之间的差异显著性。

为考察经过蒸、煮、烤、炸和微波处理后虾肉丸中的三种氯霉素类药物残留消减的模式，经过加工后，对虾肉丸中每种药物残留量的自然对数和时间(min)的关系作直线回归分析。该模式方程表示为： $\ln y = \ln A_0 - kx$ ，此方程可被转化为指数曲线： $y = Ae^{-kx}$ 。此处 y 为总的药物残留量(μg)，x 为加工进行的时间(min)，而 A<sub>0</sub> 为未加工虾肉丸中的药物残留量。用 Excel 2003 和 JMP7.0 软件完成上述分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 虾肉丸均匀性分析

随机取 2 组样品，每组测 3 个平行样，检测结果如下表：

表 2 虾肉丸中添加药物均匀性分析

Table 2 Results of the analysis of evenness of additional drugs in prawn meat

编号	N <sub>1</sub> / (μg/5g)	N <sub>2</sub> / (μg/5g)	N <sub>3</sub> / (μg/5g)	平均值 (μg/5g)	F 值
CAP <sub>1</sub>	9.63	10.84	10.126	9.884	1.119
CAP <sub>2</sub>	8.64	9.811	10.254		
TAP <sub>1</sub>	9.567	10.463	9.856	9.749	0.994
TAP <sub>2</sub>	10.161	9.435	9.014		
FF <sub>1</sub>	9.371	9.601	10.279	9.628	0.158
FF <sub>2</sub>	8.435	10.266	9.816		

经单因素方差分析得：F 均小于 F<sub>0.05 (1,2)</sub> = 7.709，表明其差异均不显著，即此法制得的虾肉丸混合的均匀性良好。

### 2.2 消除结果分析

表 3 加工后虾肉丸中三种氯霉素类药物残留量

Table 3 Residues of CAP, TAP, and FF in prawn meat after processing

加工方法	加工时间/min	CAP/ (μg/5g)	TAP/ (μg/5g)	FF/ (μg/5g)
蒸	2.0	6.9146	6.8250	7.1166
	4.0	6.5802	6.4605	6.7689
	6.0	6.0989	5.9800	6.2898
	8.0	5.7222	5.5500	5.8008
煮	2.0	5.8021	5.5385	5.8755
	4.0	5.3310	5.1665	5.3735
	6.0	4.7532	4.5835	4.7717
	8.0	4.6066	4.3850	4.3814
烤	1.0	4.9821	4.7934	4.8875
	2.0	3.0526	3.1298	2.9281
	3.0	1.2649	1.5381	1.1698
	4.0	0.4534	0.6692	0.5129
炸	1.0	5.2684	4.9367	5.4443
	2.0	3.0482	2.4264	3.0226
	3.0	1.2065	1.4665	1.5778
	4.0	0.5087	0.6699	0.6665
微波	0.5	7.0715	8.2475	8.5947
	1.0	6.6220	7.4275	7.8195
	1.5	6.2135	7.0990	7.4538
	2.0	5.8140	6.6220	7.0628

表3是蒸、煮、炸、烤和微波各种加工方法条件下,氯霉素(CAP)、甲砒霉素(TAP)、氟苯尼考(FF)残留量随时间的变化趋势。从表3可知,在同一加工方法条件下,虾肉丸中氯霉素(CAP)、甲砒霉素(TAP)、氟苯尼考(FF)残留量随加工时间延长而减少。采用温度较高的加工方法如烤、炸4 min后三种氯霉素类药物降解量接近蒸、煮8 min后。因此,加热温度、加

热时间决定虾肉丸中三种氯霉素类药物最终降解量的多少。

本实验采用  $y=kx+b$  直线回归模式分析加工方法对三种氯霉素类药物消除快慢的影响。

$$y=LnA$$

注: A=总含量,  $\mu\text{g}/5\text{g}$ ; x-时间, min.

结果如下:

表4 加工后虾肉丸中 CAP、TAP 和 FF 消减模式的方程

Table 4 Reducing pattern equations of CAP, TAP, and FF in prawn meat after processing

加工方法		CAP	TAP	FF
蒸	Eqs	$y = -0.0322x + 2.0034$	$y = -0.0349x + 1.9966$	$y = -0.0343x + 2.0396$
	R <sup>2</sup>	0.9941	0.9947	0.9895
	P	0.0030**	0.0026**	0.0053**
煮	Eqs	$y = -0.0463x + 1.8512$	$y = -0.041x + 1.7937$	$y = -0.0499x + 1.8728$
	R <sup>2</sup>	0.9927	0.9726	0.9959
	P	0.0036**	0.0138*	0.0020**
烤	Eqs	$y = -0.807x + 2.5593$	$y = -0.6617x + 2.3386$	$y = -0.7681x + 2.4577$
	R <sup>2</sup>	0.9775	0.981	0.9877
	P	0.0113*	0.0096**	0.0062**
炸	Eqs	$y = -0.794x + 2.557$	$y = -0.6496x + 2.2402$	$y = -0.6951x + 2.4505$
	R <sup>2</sup>	0.9891	0.9938	0.9919
	P	0.0055**	0.0031**	0.0041**
微波	Eqs	$y = -0.1302x + 2.0212$	$y = -0.1408x + 2.1674$	$y = -0.1274x + 2.202$
	R <sup>2</sup>	0.9999	0.9742	0.9736
	P	0.0001**	0.0130*	0.0133*

表5 加工后虾肉丸中 CAP、TAP 和 FF 消减百分率

Table 5 Percentage of reduction of CAP, TAP, and FF content in prawn meat after processing

加工方法	CAP/%	TAP/%	FF/%
蒸	42.78	44.50	41.99
煮	53.93	56.15	56.19
烤	95.47	93.31	94.87
炸	94.91	93.30	93.33
微波	41.86	33.78	29.37

由表4可知,在相同加工方法下,三种氯霉素类药物降解速率相差不大,可能是因为它们是一类抗生素,化学结构相似。同一种抗生素,五种加工方法对其降解速率的影响不同。表4中,通过  $y(\ln A) = kx + b$  的拟合, k 值越大,降解速率越快。烤和炸对三种氯霉素类药物降解速率最快,第三是微波,然后是煮,最后是蒸。可能的原因是烤和炸加工温度高,使虾肉丸的温度高,药物降解速率快。微波加热速度快,剧烈,在虾肉丸表面形成一层坚硬硬壳阻止了内部的传热,因而药物降解速率比烤和炸稍慢;煮和蒸使虾肉丸的温度上升没有其他三种加工方法高,但这三种氯

霉素类药物会随水分的流失导致药物降解。由此可见,加热温度、加热时间是影响降解速率主要因素。采用烘烤和油炸加工方法会使虾肉丸中三种氯霉素类药物降解速率最快。

表5可知,蒸8 min后三种氯霉素类药物下降了41.99~44.50%,煮8 min后三种氯霉素类药物下降了53.93~56.19%,烤4 min后三种氯霉素类药物下降了93.31~95.47%,炸4 min后三种氯霉素类药物下降了93.30~94.91%,微波2 min后三种氯霉素类药物下降了29.37~41.86%。Naoto Furusawa<sup>[6]</sup>做了关于鸡腿肉中的磺胺甲基异噁唑(SMZ)残留随煮、烤加工方法的降解研究,结果表明煮12 min降解了45%~61%,烤12 min降解了38%~54%。我们的结果与此相比偏大,其原因是:我们的研究对象是虾肉丸,其组织比较细嫩,降解比较容易,并且,鸡腿肉的含水量为70%左右,而虾肉丸的含水量为85%左右,因此,采用煮、烤加工方法,虾肉丸的氯霉素类药物消减百分率高于鸡腿肉中的磺胺类药物。同时,与Rose<sup>[3]</sup>、Fischer<sup>[4]</sup>和O'Brien<sup>[5]</sup>等比较,发现这五种加工方法对对虾肌肉的消减比他们研究的畜禽动物的肌肉消减更有效,这可能是药物

的不同和畜禽肌肉与对虾肌肉之间存在有很大差别导致结果不一样的主要因素。所以,不同的加工方法对残留在不同组织中药物残留的消减有着不同的规律。

表6 加工后虾肉丸中CAP、TAP和FF消减半衰期

Table 6 Reduction in CAP, TAP, and FF half-life (RHL, min) in prawn meat after processing

加工方法	消减半衰期 (RHL)		
	CAP/min	TAP/min	FF/min
蒸	12.24	11.09	12.54
煮	5.22	4.50	5.28
烤	1.18	1.10	1.10
炸	1.19	0.97	1.21
微波	3.16	3.96	4.65

通过表6可知,三种氯霉素类药物在烤和炸的半衰期在0.97~1.21 min,微波和煮的半衰期在3.16~5.28 min,蒸的半衰期最长,超过了11 min。由此可见,加热温度是影响虾肉丸中三种氯霉素类药物消减百分率和消减半衰期的最大因素。在五种加工方法中,烤和炸消减百分率最高,消减半衰期最短。因此,采用烘烤和油炸方法对减少虾肉丸中三种氯霉素类药物的残留最有效。主要是这两种方法使得虾肉丸加热温度高,受热均匀。这与王唯芬<sup>[6]</sup>认为微波加热是对减少氯霉素等药物残留的最有效方法不一致,可能的原因是微波加热使得虾肉丸表面的水分丧失过快,形成坚硬的外壳,阻挡了中心温度的上升。但与前人研究相同,杨毅青<sup>[8]</sup>将鲢鱼、鲤鱼和鳊鱼等三种淡水鱼肉丸(每5 g鱼肉含1 μg氯霉素)在140 °C、160 °C、180 °C条件下油炸三种淡水鱼肉丸浮起后立即取出,三种淡水鱼肉丸无氯霉素残留检出。Wan P<sup>[9]</sup>等研究了油炸加工方法对鳊鱼片中毒死蜱农药残留动态,结果表明,油炸加工方法对毒死蜱残留影响最大。

表7 加工后虾肉丸中CAP、TAP和FF降至MRLs所需时间

Table 7 Time required for reduction in CAP, TAP, and FF content to below MRL in prawn meat after processing

加工方法	所需时间/min		
	CAP	TAP	FF
蒸	298.27	96.93	12.54
煮	204.15	77.56	5.28
烤	12.59	5.63	1.10
炸	12.79	5.58	1.21
微波	73.90	25.24	4.65

由表7可知,五种加工方法条件下,氟苯尼考降至国家规定最大残留限量(MRL)<sup>[10]</sup>以下需要的时间最短,其次是甲砒霉素,氯霉素最长,这是因为氯霉素MRL(<0.3 μg/kg)最低,其次是甲砒霉素(50 μg/kg),

氟苯尼考最高(1000 μg/kg)。在五种加工方法中,烤、炸使三种氯霉素类药物降至MRL需要的时间最短,在1.10~12.79 min,其次微波在4.65~73.90 min,蒸、煮加工方法需要的时间最长,在5.28~298.27 min。

### 3 结论

3.1 在空白虾肉添加含2.0 μg/g三种氯霉素类药物的标准溶液,然后制成5 g大小的虾肉丸。用蒸、煮、烤、炸和微波五种加工方法处理虾肉丸。蒸8 min后三种氯霉素类药物下降了41.99~44.50%,消减半衰期为11.09~12.54 min。煮8 min后三种氯霉素类药物下降了53.93~56.19%,消减半衰期为4.50~5.28 min。烤4 min后三种氯霉素类药物下降了93.31~95.47%,消减半衰期为1.10~1.18 min。炸4 min后三种氯霉素类药物下降了93.30~94.91%,消减半衰期为0.97~1.21 min。微波2 min后三种氯霉素类药物下降了29.37~41.86%,消减半衰期为3.16~4.65 min。由此可见,加热温度、加热时间是影响虾肉丸中三种氯霉素类药物降解速率、消减百分率和消减半衰期的主要因素。与蒸、煮和微波相比,烘烤和油炸加工方法对虾肉丸中三种氯霉素类药物降解速率较快、消减百分率较高、消减半衰期较短。因此,采用烘烤和油炸方法对减少虾肉丸中三种氯霉素类药物的残留最有效。

3.2 在蒸、煮、烤、炸和微波五种加工方法中,烘烤、油炸加工方法使虾肉丸中三种氯霉素类药物降至国家规定的最大残留限量(MRL)需要的时间最短,其次是微波,蒸、煮加工方法需要的时间最长。

### 参考文献

- [1] 陈玉露.甲砒霉素和氟甲砒霉素在凡纳滨对虾体内药代动力学和对药酶影响的研究[D].雅安:四川农业大学,2009  
CHEN Yu-lu. Studies on pharmacokinetics and impact to drug metabolic enzyme of thiamphenicol and florfenicol in *litopenaeus vannamei* [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2009
- [2] HO S P, HSU T Y, CHEN M H, et al. Antibacterial effect of chloramphenicol, thiamphenicol and florfenicol against aquatic animal bacteria [J]. Journal of Veterinary Science, 2000, 62(5): 479-485
- [3] Rose M D, Farington W H H, Shearer G. The effect of cooking on veterinary drug residues in food: 3 sulphamethazin (sulphadimidine) [J]. Food Addit. Contain, 1995, 12: 739-750
- [4] Fischer L J, Thulin A J, Zabik M E, Booren A M, Poppenga R H, Chapman K J. Sulfamethazine and its metabolites in pork:

- effects of cooking and gastrointestinal absorption of residues [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1992, 40: 1677-1682
- [5] O'Brien J J, Campbell N, Conaghan T. Effect of cooking and cold storage on biologically active antibiotic residues in meat [J]. *J. Hyg.*, 1981, 87: 511-522
- [6] Naoto Furusawa, Ryo Hanabusa. Cooking effects on sulfonamide residues in chicken thigh muscle [J]. *Food Research International*, 2002, 35: 37-42
- [7] 王唯芬. 养殖中国对虾 *Penaeus chinensis* 体内抗生素残留研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2004
- WANG Wei-feng. Research on antibiotic residues in cultured shrimp, *Penaeus chinensis* [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2004
- [8] 杨毅青. 贮藏与加工工艺对三种淡水鱼品质及氯霉素残留的影响[D]. 天津: 天津农学院, 2014
- YANG Yi-qing. Effects of storage and processing technology on quality and chloramphenicol residues in three freshwater fishes [D]. Tianjin: Tianjin Agricultural University, 2014
- [9] Wan p, Stanterre C R, Brown P B, et al. Chlorpyrifos residues before and after cooking of catfish fillets [J]. *Food Chemistry and Toxicology*, 2003, 68(1): 12-15
- [10] 林维宣. 各国食品中农药兽药残留限量规定[M]. 大连海事大学出版社, 2002
- LIN Wei-xuan. The pesticide and veterinary drug residue limits standards countries in food [M]. Maritime Affairs University of Dalian Press, 2002
- [8] 杨毅青. 贮藏与加工工艺对三种淡水鱼品质及氯霉素残留