三文鱼水产品掺假情况调查

丁清龙, 曾晓琮, 周 露*, 李 娟
(广东省食品检验所, 广州 510435)

摘 要: 目的 调查广东省市售三文鱼水产品掺假情况。**方法** 应用实时荧光 PCR 技术检测大西洋鲑鱼和虹鳟鱼的方法, 对广东省内批发市场、超市、餐饮寿司店和网络平台等场所的三文鱼掺假情况进行调查。**结果** 98 批次样品中, 有 6 批次未检出大西洋鲑鱼, 未检出率为 6.12%。通过 PCR 测序结果鉴定, 这 6 批次未检出大西洋鲑鱼的样品中, 4 批次为虹鳟鱼, 1 批次为王鲑, 1 批次为银鲑。**结论** 三文鱼水产品掺假情况较少, 但掺假风险仍然存在, 建议监管部门加强监管。

关键词: 三文鱼; 大西洋鲑鱼; 虹鳟鱼; 掺假

Investigation of salmon adulteration

DING Qing-Long, ZENG Xiao-Cong, ZHOU Lu*, LI Juan
(*Guangdong Institute of Food Inspection*, *Guangzhou* 510435, *China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the adulteration of salmon products sold in Guangdong province. **Methods** The adulteration of salmon in wholesale markets, supermarkets, catering sushi restaurants and online platforms in Guangdong province was investigated by the method of detecting Atlantic salmon and rainbow trout by real-time fluorescent PCR. **Results** Among 98 batches of salmons, 6 of them were not detected *Salmo salar*, and the undetected rate was 6.12%. Among the 6 batches of salmons undetected *Salmo salar*, which of the results were confirmed by Sanger sequence, 4 batches were *Oncorhynchus mykiss*, 1 batch was *Oncorhynchus tshawytscha*, 1 batch was *Oncorhynchus kisutch*. **Conclusion** Salmon products are less adulterated, but the risk of adulteration still exists. It is recommended that the regulatory authorities strengthen supervision.

KEY WORDS: salmon; *Salmo salar*; *Oncorhynchus mykiss*; adulteration

1 引 言

三文鱼是一种经济价值非常高的水产品[1], 最早在生物学分类上指鲑科鱼鲑属(*Salmo*)的大西洋鲑鱼(*Salmo salar*)[2]。随着三文鱼市场需求量的增加, 一些商家将与大西洋鲑鱼外形相似的虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)当做三文鱼来卖[3]。虽然虹鳟鱼(大马哈鱼属, *Oncorhynchus*)也属于鲑科鱼类[4], 但有文献报道称虹鳟鱼的营养价值低于大西洋鲑鱼[5], 虹鳟鱼经济价值(市场价格)与大西洋鲑鱼存在较大差异[6]。将虹鳟鱼冒充大西洋鲑的掺假行为, 侵害了消费者的权益[7]。

2018 年 5 月, 央视财经一则“中国市场三分之一的三文鱼来自青海龙羊峡”的报道, 将三文鱼推向了舆论的风口浪尖。人们对于虹鳟鱼是否属于三文鱼的话题, 产生了激烈的争论。由于淡水养殖的虹鳟鱼与海水生活的大西洋鲑鱼感染寄生虫的风险不同[8,9], 消费者对于自己食用的

基金项目: 广东省食品药品监督管理局科技创新项目(2018TDZ05)
Fund: Supported by the Science and Technology Innovation Project of Guangdong Food and Drug Administration (2018TDZ05)
***通讯作者:** 周露, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品生物安全。E-mail: zhoulu1982@sohu.com
***Corresponding author:** ZHOU Lu, Ph.D, Senior Engineer, Guangdong Institute of Food Inspection, Guangzhou 510435, China. E-mail: zhoulu1982@sohu.com

三文鱼是否安全产生了极大的担心, 他们非常关心自己购买的三文鱼是否属于大西洋鲑鱼。鉴于此种情况, 政府需要加强对三文鱼市场的监管力度。

目前, 国外有文献报道称美国华盛顿地区 38%的三文鱼水产品存在商品标识与实际品种不符的问题[10]。而在中国市场, 虽然有新闻报道称市场上三分之一的三文鱼属于虹鳟鱼, 但是对于三文鱼产品中不标识物种或用虹鳟鱼冒充大西洋鲑鱼等掺假情况的调查, 目前还没有文献报道。在检测方法上, 三文鱼物种鉴别的检测方法主要为分子生物学方法, 包括实时荧光 PCR 法[11,12]、普通 PCR 法[13]和等温 PCR 法[14]等。

本文采用实时荧光 PCR 方法[12]对三文鱼掺假情况进行了调查, 以期为政府对三文鱼市场监管精准施策提供数据支撑。

2　材料与方法

2.1　材 料

大西洋鲑鱼和虹鳟鱼阳性样品于市场购买; 批发市场、超市的三文鱼样品来自广东省三文鱼风险监测专项; 网络平台的三文鱼样品有 3 批次由京东网购, 6 批次由淘宝网购; 餐饮寿司店的样品有 5 批次由广州市内餐饮寿司店购买, 7 批次通过美团购买于广州市内餐饮寿司店, 3 批次在酒店参会用餐时获得。

扩增引物由生工生物工程(上海)股份有限公司负责合成, 引物和探针的名称及序列见表 1[12,15]。

表 1　引物名称及序列
Table 1　Primer name and sequence

检测靶标	引物名称	序列(5' – 3')
大西洋鲑鱼	SS-F	AGCAGAACTCAGCCAGCCT
	SS-R	AAAGGAGGGAGGGAGAAGTCAA
	SS-P	FAM-CCTTCTGGGAGATGACC-MGB
虹鳟鱼	OM-F	ACCATTATTAACATAAAACCTCCAG
	OM-R	GTAATGCCTGCTGCCAGGA
	OM-P	VIC-CGTTTGAGCCGTGCTA-MGB
细胞色素氧化酶亚基 I	C-F	TCAACCAACCACAAAGACATTGGC
	C-R	TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA

注: SS 表示 *Salmo salar*, 代表大西洋鲑鱼; OM 表示 *ncorhynchus mykiss*, 代表虹鳟鱼, C 表示 cytochrome oxidase subunit I, 表示细胞色素氧化酶亚基 I; F 代表上游引物; R 代表下游引物; P 代表探针。

2.2　仪器和试剂

QuantStudio 6 Flex 荧光定量 PCR 仪(美国 Thermofisher 公司); Biospec-nano 核酸蛋白测定仪(日本岛津公司); 1300 系列 A2 级别生物安全柜(美国 Thermofisher 公司); Sorvall™ ST 8 离心机(美国 Thermofisher 公司); Sub-cell GT 核酸电泳仪(美国 Bio-Rad 公司); PowerPac Basic 电泳仪电泳(美国 Bio-Rad 公司); GelDoc XR+凝胶成像系统(美国 Bio-Rad 公司)。

PCR 产物测序由生工生物工程(上海)股份有限公司完成。

DNA 提取试剂, 血液/细胞/组织基因组 DNA 提取试剂盒(货号 DP304-02)(天根生化科技(北京)有限公司); 荧光 PCR 试剂 Takara Premix Ex Taq (Probe qPCR) RR390A、普通 PCR 试剂 TaKaRa Ex Taq RR001A、琼脂糖 Code No.5260 和 DL2000 Marker Code No.3427Q(大连宝生物工程股份有限公司)。

2.3　实验方法

2.3.1　DNA 提取

用无菌剪刀称取样品置于 2 mL 无菌离心管中, DNA 提取步骤见商业化 DNA 提取试剂盒血液/细胞/组织基因组 DNA 提取试剂盒(货号 DP304-02)说明书。

2.3.2　DNA 浓度测定

取 3 μL 提取的 DNA 置于核酸蛋白测定仪上, 以灭菌水作为参比, 进行浓度测定。

2.3.3　荧光 PCR 扩增

大西洋鲑鱼扩增体系: PCR Mix 12.5 μL, 上游引物 0.25 μL(工作浓度 10 μmol/L), 下游引物 0.5 μL(工作浓度 10 μmol/L), 探针 0.35 μL(工作浓度 10 μmol/L), DNA 模板 25~100 ng, 用灭菌水补足至总体积 25 μL。

虹鳟鱼扩增体系: PCR Mix 12.5 μL, 上游引物 0.5 μL (工作浓度 10 μmol/L), 下游引物 0.75 μL(工作浓度 10 μmol/L), 探针 0.325 μL(工作浓度 10 μmol/L), DNA 模板 25~100 ng, 用灭菌水补足至总体积 25 μL。

大西洋鲑鱼 sss 和虹鳟鱼扩增条件: 95 ℃, 15 min; 95 ℃ 15 s, 63 ℃ 1 min 并收集荧光信号, 40 个循环。

大西洋鲑鱼和虹鳟鱼扩增结果判定: 若 *Ct* 值≤30, 则检测结果判定为阳性; 若 *Ct* 值 > 30, 则检测结果判定为阴性。

2.3.4　普通 PCR 扩增及测序

扩增体系: 10×Buffer 2.5 μL, dNTP 2.0 μL, 上游引物和下游引物各 1 μL(工作浓度 10 μmol/L), Taq 酶 0.2 μL, DNA 模板 20~100 ng, 用灭菌水补足至总体积 25 μL。

扩增条件: 95 ℃, 5 min; 95 ℃ 20 s, 54 ℃ 20 s; 72 ℃ 1 min, 40 个循环; 72 ℃, 5 min。

扩增后的产物进行琼脂糖电泳, 琼脂糖胶浓度为 1%。电泳条件为恒压 120 V, 40 min。

电泳结束后将扩增产物送去测序, 测序结果在 NCBI(National Center for Biotechnology Information)中比对。

2.3.5　统计学分析

统计学分析采用 SPSS 软件, $P < 0.05$ 为显著性差异。

3 结果分析

3.1 方法验证

从市场上购买大西洋鲑鱼和虹鳟鱼，采用 2.3 的方法提取其 DNA，采用引物 C-F 和 C-R 扩增其 COI 序列并进行测序，将测序结果在 NCBI 中比对，比对结果与物种标识信息一致。因此，可以将大西洋鲑鱼和虹鳟鱼 DNA 作为实验过程中的阳性对照。

用大西洋鲑鱼和虹鳟的 DNA 为模板，分别用大西洋鲑鱼的特异性引物探针(SS-F、SS-R、SS-P)和虹鳟鱼的特异性引物探针(OM-F、OM-R、OM-P)，按文献中反应程序，对其进行实时荧光 PCR 扩增。扩增结果见表 2 和图 1。

根据 2.3.3 中的判定规则，大西洋鲑鱼 DNA 在大西洋鲑鱼引物探针的体系中检测结果为阳性，在虹鳟鱼引物探针的体系中检测结果为阴性；虹鳟鱼 DNA 在大西洋鲑鱼引物探针的体系中检测结果为阴性，在虹鳟鱼引物探针的体系中为阳性。结果说明该方法可以正确鉴别大西洋鲑鱼和虹鳟鱼。

3.2 三文鱼样品检测结果分析

3.2.1 广东省内批发市场和超市三文鱼样品检测结果

本次调查在广州、深圳、佛山等地的批发市场、超市等场所，共抽取了 74 批次三文鱼样品，按照 2.3 所述方法进行检测。从检测结果分析，有 72 批次三文鱼样品的检出结果为大西洋鲑鱼，有 2 批次样品的检测结果异常(大西洋鲑鱼检测结果阴性，虹鳟鱼检测结果阴性)。这 2 批次样品经过 PCR 测序确认，结果分别为银鲑(*Oncorhynchus kisutch*)和王鲑(*Oncorhynchus tshawytscha*)。

在本次调查的 74 批次样品中，有 23 批次抽样地点为广州，有 21 批次抽样地点为深圳，有 30 批次抽样地点为佛山。2 批次检测结果异常样品的抽样地点均为广州。

表 2 大西洋鲑鱼和虹鳟鱼检测方法验证结果

Table 2 Validation result for the detection method of *Salmo salar* and *Oncorhynchus mykiss*

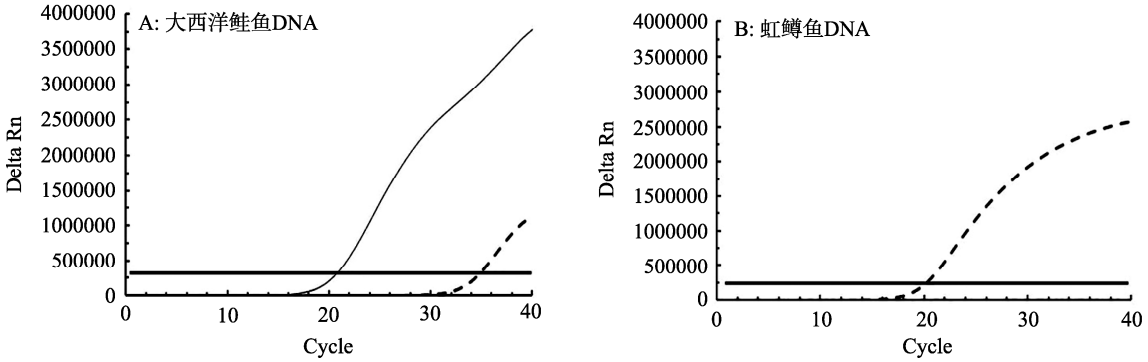
编号	样本名称	检测指标	*Ct* 值	标准偏差	结果
1	大西洋鲑鱼 DNA	大西洋鲑鱼	18.40 18.33	0.05	阳性
2	大西洋鲑鱼 DNA	虹鳟鱼	NA NA	/	阴性
3	虹鳟鱼	大西洋鲑鱼	32.49 32.92	0.30	阴性
4	虹鳟鱼 DNA	虹鳟鱼	19.55 19.45	0.07	阳性

从样品产地情况分析，抽样样品涵盖了智利、丹麦、挪威、加拿大、澳大利亚、新西兰和英国等国家(图 2)。检测结果为王鲑的样品的产地为新西兰，检测结果为银鲑的样品的产地抽样地未标明。

从样品价格角度分析，单价为 100~200 元/kg 的样品批次最多(37 批次)(图 3)。检测结果为王鲑的样品价格为 696 元/kg，为本次调查价格最高的样品；检测结果为银鲑的样品价格为 179 元/kg。

3.2.2 网络平台三文鱼样品检测结果

在淘宝、京东等网络平台上，共抽取了 9 批次三文鱼样品检测，按照 2.3 所述方法进行检测，检测结果见表 3。在 9 批次样品中，有 5 批次样品有三文鱼物种信息标识，检测结果与标识物种一致；有 4 批次样品没有标识三文鱼物种信息，其中 1 批次样品的检出结果为虹鳟(测序结果也鉴定为虹鳟)，3 批次样品的检出结果为大西洋鲑鱼。



注：图 A 表示大西洋鲑鱼 DNA，图 B 表示虹鳟鱼 DNA；图中细实线表示大西洋鲑鱼的扩增曲线，短划线表示虹鳟的扩增曲线，粗实线表示阈值线；图中阈值线与扩增曲线的交点所得的 *Ct* 值见表 1。

图 1 大西洋鲑鱼和虹鳟鱼检测方法验证的荧光图谱

Fig.1 Fluorescence spectra for the detection method of *Salmo salar* and *Oncorhynchus mykiss*

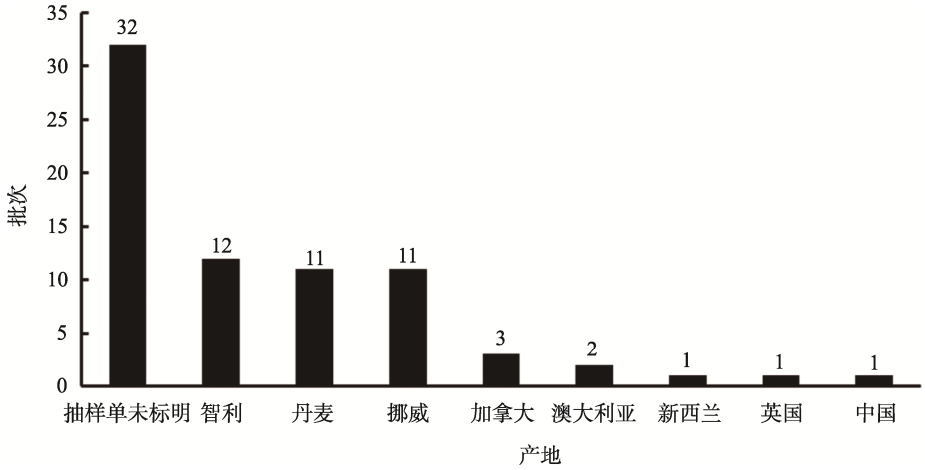


图 2　74 份三文鱼样品的产地分布情况

Fig.2　Habitat distribution of 74 samples of salmon

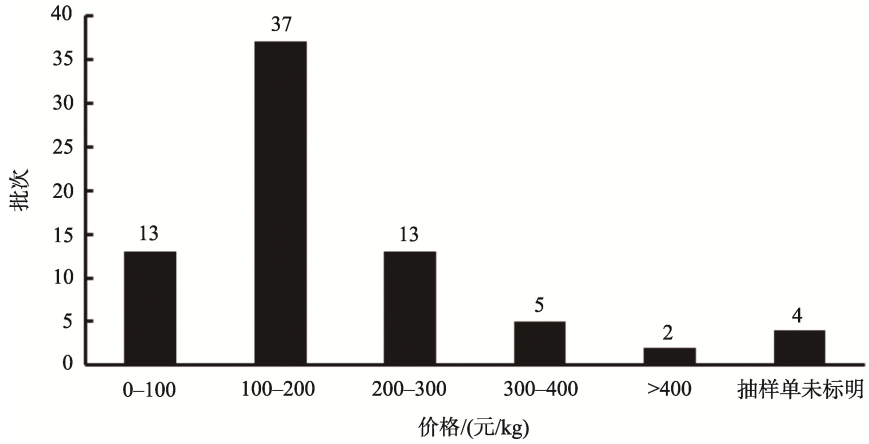


图 3　74 份三文鱼样品的价格分布情况

Fig3　Price distribution of 74 samples of salmon

表 3　网络平台三文鱼样品检测结果

Table 3　Test result of salmon from online platform

样品编号	网络平台	标识	单价(元/kg)	检测结果
1	淘宝	虹鳟	145	虹鳟
2	淘宝	大西洋鲑鱼	205	大西洋鲑鱼
3	京东	大西洋鲑鱼	353	大西洋鲑鱼
4	京东	大西洋鲑鱼	119.6	大西洋鲑鱼
5	京东	虹鳟	127	虹鳟
6	淘宝	/	187.5	大西洋鲑鱼
7	淘宝	/	65.6	大西洋鲑鱼
8	淘宝	/	/	大西洋鲑鱼
9	淘宝	/	80	虹鳟

3.2.3　餐饮寿司店三文鱼样品检测结果

在广州市内餐饮寿司店共抽取 15 份样品(均没有三文鱼物种信息标识)，按照 2.3 所述方法进行检测，其检测结果见表 4。在广州市内的 5 家餐饮寿司店(其中 2 家为美团商户)抽取的 12 份三文鱼样品，检测结果均为大西洋鲑鱼。在某酒店会议午餐中获得的 3 批次样品中，有 1 批次的检测结果为虹鳟(测序结果也鉴定为虹鳟)。

3.2.4　三文鱼样品检测结果比较分析

从总体分析，本次调查共计 98 批次样品，其中 6 批次未检出大西洋鲑鱼，未检出率为 6.12%。

从不同场所三文鱼样品的检测结果分析，网络平台的大西洋鲑鱼未检出率显著高于批发市场、超市和餐饮寿司店(表 5)(Fisher 精确检验，$P < 0.05$)。其原因可能是由于二者的三文鱼样品市场来源有差异。本次调查中批发市场、超市和餐饮寿司店的三文鱼样品均来自广东三文鱼市场，而网络平台的部分三文鱼样品来自广东省以外的三文鱼市场。

表 4 餐饮寿司店三文鱼样品检测结果
Table 4 Test result of salmon from sushi restaurant

编号	店名	商品名称	价格	检测结果
1	某酒店会议午餐	三文鱼刺身	/	大西洋鲑鱼
2		煎三文鱼	/	大西洋鲑鱼
3		烟熏三文鱼	/	虹鳟
4	某寿司店	三文鱼腩寿司	28 元/2 个	大西洋鲑鱼
5		三文鱼寿司	18 元/2 个	大西洋鲑鱼
6	某寿司店	三文鱼寿司	/	大西洋鲑鱼
7		芝士三文鱼寿司	/	大西洋鲑鱼
8	某寿司店(美团)	炙烧三文鱼腩	13.8 元/2 个	大西洋鲑鱼
9		炙烧三文鱼	19.8 元/2 个	大西洋鲑鱼
10		三文鱼卷(芝士)	33.8 元/份	大西洋鲑鱼
11	某寿司店(美团)	三文鱼军舰	9.9 元/份	大西洋鲑鱼
12		12 号拼盘	30 元/份	大西洋鲑鱼
13		三文鱼薄切	48 元/份	大西洋鲑鱼
14		火炙三文鱼	5 元/3 个	大西洋鲑鱼
15	某寿司店	三文鱼切片	30 元/份	大西洋鲑鱼

表 5 不同场所三文鱼样品检测结果
Table 5 Test result of salmon from different sites

抽样场所	未检出大西洋鲑鱼批次	检出大西洋鲑鱼批次	未检出率
批发市场、超市和餐饮寿司店	3	86	3.37%
网络平台	3	6	33.3%
合计	6	98	6.12%

4 结 论

针对三文鱼掺假问题，本文验证了应用实时荧光 PCR 技术检测大西洋鲑鱼和虹鳟鱼的方法[12]，并应用该方法对广东省内批发市场、超市、餐饮寿司店和网络平台等场所的三文鱼掺假情况进行了调查。在被检测的 98 批次样品中，有 6 批次未检出大西洋鲑鱼，未检出率为 6.12%。这 6 批次样品中，4 批次检出结果为虹鳟鱼，1 批次检测结果为王鲑，1 批次检测结果为银鲑。

本次调查数据显示，市场上三文鱼的品种以大西洋鲑鱼为主，虽然也存在未标识物种信息却检出虹鳟鱼的情况，但掺假情况较少(2/98)。这可能与食品安全监管部门和社会舆论的密切关注有关。央视曝出青海三文鱼新闻后，三文鱼成为焦点问题，许多商家都对自己销售的产品进行整改，并注明了销售的三文鱼品种，如有新闻报道了京东商城主动下架了用虹鳟鱼冒充大西洋鲑鱼的三文鱼产品。因此，为了打击三文鱼市场的掺假行为，食品安全监管部门应该继续加大监管力度。

此外，目前我国还没有三文鱼物种鉴别相关的检测标准和产品标准。虽然本次调查结果显示三文鱼水产品掺假情况较少，但三文鱼水产品的掺假风险和食品安全风险仍然是存在的。为确保政府对三文鱼市场的有效监管，应尽快制定相关标准。

参考文献

[1] 王兰. 浅论冷水鱼中的佳品——鲑鳟鱼[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2008, (2): 9.
Wang L. The best food on the cold water fish-trout salmon [J]. J Sichuan Tourism Univ, 2008, (2): 9.

[2] Kitano T, Matsuoka N, Saitou N. Phylogenetic relationship of the genus *Oncorhynchus* species inferred fromnuclear and mitochondrial markers [J]. Genes Genet Syst, 1997, 72(1): 25–34.

[3] 朱梓明. 从虹鳟被列为三文鱼看团体标准[J]. 质量与标准化, 2018, (10): 28–30.
Zhu ZM. Thinking about the fact that the Rainbow trout is listed as a group standard for salmon [J]. Qual Stand, 2018, (10): 28–30.

[4] 包春莹, 赵亚辉. 鲑鱼、鳟鱼、三文鱼、大麻哈鱼之间是什么关系, 如何区分?[J]. 科学世界, 2014, (3): 105.
Bao CY, Zhao YH. What is the relationship between salmon, trout, salmon and salmon? [J]. Sci World, 2014, (3): 105.

[5] 刘延岭, 邓林. 养殖三文鱼与挪威三文鱼营养成分的比较分析[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(6): 84–86.
Liu YL, Ding L. Comparision of the nutrition components in muscles of

Norway salmon and artificial breeding salmon [J]. Food Ferment Technol, 2011, 47(6): 84–86.

[6] 何晓霞，许艳丽，徐颖. 麻哈鱼掺假鉴定及制度防范措施和建议[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(1): 220–225.
He XX, Xu YL, Xu Y. Adulteration identification of salmon and institutional preventive measures and suggestion [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(1): 220–225.

[7] Marko PB, Lee SC, Rice AM, *et al*. Fisheries: Mislabelling of a depleted reef fish [J]. Nature, 2004, 430(6997): 309–310.

[8] 孙西寨，强晓明，王艺秀，等. 秦岭山区虹鳟寄生三代虫一新纪录[J]. 四川动物, 2008, 27(6): 1146–1148.
Sun XZ, Qiang XM, Wang YX, *et al*. A newly recorded species gyrodactylus(monogenoidea) in Oncorhychus mykiss(walbaum) from Qin Ling mountains [J]. Sichuan J Zool, 2008, 27(6): 1146–1148.

[9] 蒋荣猛. 真假三文鱼　敲响寄生虫病防范警钟[N]. 健康报, 2018-06-01(004).
Jiang RM. True and false salmon sounded the alarm on the prevention of parasitic diseases [N]. Health News, 2018-06-01(004).

[10] Cline E. Marketplace substitution of Atlantic salmon for pacific salmon in Washington state detected by DNA barcoding [J]. Food Res Int, 2012, 45(1): 388–393.

[11] 李进波. 鲑科鱼类分子鉴定方法研究[D]. 广州：华东理工大学, 2013.
Li JB. Molecular identification methods for *Salmonidae* [D]. Ghuangzhou: East China University of Science and Technology, 2013.

[12] Hellberg RSR, Morrissey MT, Hanner RH. A multiplex PCR method for the identification of commercially important salmon and trout species (*Oncorhynchus* and salmo) in north America [J]. J Food Sci, 2010, 75(7): 12.

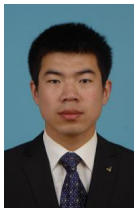
[13] Rasmussen RS, Morrissey MT, Hebert PDN. DNA barcoding of commercially important salmon and trout species (*Oncorhynchus* and salmo) from north America [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(18): 8379–8385.

[14] 冯俊丽，叶剑，孟璐，等. 环介导等温扩增技术快速检测大西洋鲑的研究[J]. 核农学报, 2017, (5): 868–875.
Feng JL, Ye J, Meng L, *et al*. Rapid detection of arctic salmon by ring - mediated isothermal amplification [J]. J Nucl Agric Sci, 2017, (5): 868–875.

[15] Nataliav I, Tylers Z, Roberth H, *et al*. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding [J]. Mol Ecol Res, 2010, 7(4): 544–548.

(责任编辑：韩晓红)

作者简介



丁清龙，硕士，工程师，主要研究方向为食品生物安全。
E-mail: 1129749259@qq.com

周　露，博士，高级工程师，主要研究方向为食品生物安全。
E-mail: zhoulu1982@sohu.com