

# 水产品中生物胺的检测方法研究进展

焦广睿, 王 柯, 刘 畅\*

(上海市食品药品检验所, 上海 201203)

**摘 要:** 生物胺是一类低分子量含氮有机化合物, 主要是由氨基酸进行脱羧反应而产生, 广泛存在于各类食品中, 尤其是蛋白质含量较高的水产品中。适量的生物胺对于维持人体正常的生理功能是必要的, 但是过量的生物胺摄入体内会导致食物中毒、过敏等一系列毒副作用, 对人体健康造成极大危害。目前, 食品中生物胺含量也是食品品质是否优良的重要指标。因此, 对水产品中生物胺含量的测定受到越来越多的重视。近些年来对于生物胺的化学、毒理学以及分析检测技术的研究日趋增加。本文将介绍目前水产品中常见生物胺含量测定的色谱、光谱检测方法以及生物化学检测方法的研究进展, 以期水产品的水产品质量安全提供理论保证。同时对水产品中生物胺检测技术的发展和趋势进行展望。

**关键词:** 水产品; 生物胺; 食物中毒

## Research progress on determination methods of biogenic amines in aquatic products

JIAO Guang-Rui, WANG Ke, LIU Chang\*

(Shanghai Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201203, China)

**ABSTRACT:** Biogenic amines (BAs) are a class of low molecular weight containing nitrogen organic compound, which are produced mainly by the decarboxylation of amino acids, and they are widely presented in various foods, especially in aquatic products with high protein content. The right amount of BAs to maintain the physiological function is necessary, but excessive intake of BAs may lead to a series of side effects such as food poisoning and allergies, which will cause great harms to human health. At present, the content of BAs is an important index to food quality. Therefore, the determination of biogenic amines in aquatic products has aroused more attention. In recent years, the researches of chemistry, toxicology and analytical techniques of BAs are increasing. In this paper, chromatography, spectrum detection methods and advances in biochemical detection methods of BAs were introduced, so as to provide a theoretical guarantee for quality and safety of aquatic products. Furthermore, the development and trend of biogenic amines in aquatic products were also prospected.

**KEY WORDS:** aquatic products; biogenic amines; food poisoning

## 1 引言

水产品富含蛋白质, 在我国动物产品消费中占有很大比重。目前, 国内消费者购买的水产品类型主要为鲜活

和冷冻产品。水产品捕捞后放置过程中, 在微生物作用下, 氨基酸会发生脱羧反应生成生物胺<sup>[1-3]</sup>。适量生物胺在控制胃酸、调控体温、调节情绪和清除自由基等生理功能中起到重要作用<sup>[4,5]</sup>。但是, 当生物胺在人体内积累到较高浓度

\*通讯作者: 刘畅, 副主任药师, 主要研究方向为食品检测与食品安全。E-mail: cible@sina.cn

\*Corresponding author: LIU Chang, Associate Chief Pharmacist, Shanghai Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201203, China. E-mail: cible@sina.cn

时,其毒副作用开始显现。其中毒性最大的是组胺,研究发现,组胺摄入量超过 50 mg 即可引起过敏反应<sup>[6]</sup>。腐胺、尸胺含量过高时可导致血压升高、头痛、肠道痉挛等疾病<sup>[7]</sup>。此外,强烈致癌物亚硝胺是由亚硝酸盐和生物胺反应生成的<sup>[8]</sup>,所以,水产品中生物胺的检测技术是保证水产品质量安全的重要手段。

赵忠辉等<sup>[9]</sup>对蓝点马鲛、黄鳍金枪鱼、银蛙、牙鲆、中华明对虾、鹰爪虾、中华绒螯蟹、杂色蛤、杂色鲍共 9 种水产品进行采集测定。结果显示,鲜活水产品中仅存在少量的精胺和亚精胺,其中杂色蛤和杂色鲍中精胺含量分别为 37.29 mg/kg 和 22.76 mg/kg,这 2 种生物胺都是动物用于合成核酸和蛋白质的底物,而酪胺、组胺、腐胺和尸胺都是心血管系统的调控物质,很快被相应的胺氧化酶分解,所以含量很低。但是,当水产品在水温 20 °C 环境中放置 3 d,期间对其进行测定发现各种生物胺含量均产生不同程度的增加,酪胺、腐胺、尸胺和组胺占到生物胺总量的 90%,是水产品质量安全的重要指标。

## 2 生物胺的来源及种类

生物胺是一类小分子含氮有机化合物的总称,大多是由其相应的氨基酸经过氨基酸脱羧反应生成<sup>[10]</sup>。根据化学结构可分为脂肪族(如尸胺、腐胺、亚精胺和精胺等,它们在调节细胞中核酸和蛋白质的合成起到重要作用)、芳香族(如酪胺、 $\beta$ -苯乙胺和章鱼胺等)和杂环族(如色胺、组胺等);根据组成可分为单胺( $\beta$ -苯乙胺、酪胺、组胺等)、二胺(色胺、尸胺、腐胺)和多胺(精胺和亚精胺等)<sup>[11]</sup>。

## 3 水产品生物胺常见检测方法

生物胺的含量直接关系到水产品的的新鲜程度,人体摄入过量的生物胺会引起食物中毒等一系列疾病。目前,我国规定海水鱼中生物胺总量不得超过 300 mg/kg<sup>[8]</sup>。虽然组胺和酪胺是对人体危害最大的 2 类生物胺,但是过量摄入其他生物胺也会对人体造成不同程度的危害,而且尸胺和腐胺还可以使组胺的毒性增加。所以,加大对水产品中生物胺含量的监管力度十分必要。目前,对于生物胺的检测方法主要有薄层色谱法、毛细管电泳法、气相色谱法、液相色谱法、离子色谱法、高效液相色谱-质谱联用法、酶联免疫吸附法和生物化学传感器法<sup>[12-16]</sup>。本文将对这些生物胺的检测方法进行概述。

### 3.1 薄层色谱法

薄层色谱是最早发展起来的色谱技术,具有快速、简单、微量等优点,Shalaby 等<sup>[17]</sup>使用丹磺酰氯衍生,以氯仿-苯-三乙胺为展开剂在硅胶薄层板上进行分离,最低检测限能达到 5 ng/g。但是该方法难以定量且方法的重现性差。

Lapa-Guimaes 等<sup>[18]</sup>采用薄层色谱法对鲭鱼和鲑鱼体

内的 9 种生物胺进行分离测定,建立了氯仿:三乙胺(6:1,  $V:V$ )和氯仿:二乙醚:三乙胺(6:4:1,  $V:V:V$ )的二次展开分离方法,并于 330 nm 下进行测定。

精度低、重现性差、操作麻烦是薄层色谱法最大的问题,但其设备价格低廉,测定结果能够快速显示出来,可以很好地应用于水产品加工企业对产品中生物胺含量进行快速、半定量分析,有效降低监控成本。

### 3.2 毛细管电泳法

毛细管电泳是以毛细管为分离通道,借助高压直流电场的驱动力进行分离的新型色谱技术。具有分析速度快、灵敏度高、取样量小等优点<sup>[19]</sup>。毛细管电泳有 20 余种分离方式,其中毛细管区带电泳和胶束电动力学电泳是目前检测生物胺最常用的方法<sup>[20]</sup>,胶束电动力学电泳法能更好地分离多种生物胺。

干宁等<sup>[21]</sup>对鱼肉中  $\beta$ -苯乙胺、尸胺、腐胺、色胺、组胺、亚精胺和精胺共 7 种生物胺进行检测,样品经萃取后,用苯甲酰氯衍生,以甲醇和硼酸混合液作为电泳介质,采用胶束电动力学电泳法在 12 min 内将 7 种生物胺完全分离,并在 214 nm 下测定,除组胺外,最低检测限均能达到 5 mg/kg。

Lange 等<sup>[22]</sup>对毛细管区带电泳法和高效液相色谱法同时检测鲑鱼、鲱鱼和鲑鱼中生物胺进行比较,研究发现毛细管区带电泳法不需要繁琐的柱前衍生步骤,可以快速测定水产品中组胺的含量,但是不进行衍生化反应就无法对水产品中腐胺、尸胺和酪胺进行测定,而这一点高效液相色谱法能够做到。

### 3.3 气相色谱法

Li 等<sup>[23]</sup>建立了使用气相色谱联用介质阻挡放电分子发射光谱技术,对二甲胺、三甲胺、正丁胺、环己胺和乙二胺这 5 种挥发性脂肪族生物胺进行测定,不仅方法灵敏度高,而且具有很好的重现性和稳定性。

Hwang 等<sup>[24]</sup>用碱性甲醇提取试样中的生物胺,以 1,9-壬二醇为内标,使用 CP-CIL 19CB 气相柱分离,最低检测限可达到 5  $\mu$ g/kg。

Shim 等<sup>[25]</sup>使用顶空固相微萃取-气质联用技术对食品中三甲胺进行测定,研究发现三甲胺是在碱性条件下,通过霍夫曼消除反应生成,在酸性条件下很少产生。

### 3.4 高效液相色谱法

高效液相色谱技术应用最为广泛,它具有灵敏度高、分析时间短、分离效果好、定量分析准确等优点,能够很好地非极性和极性化合物分离,是目前文献报道最多的有关生物胺检测的技术手段。因为生物胺本身没有发色团,无法直接用紫外及荧光检测器进行检测,所以需要进行衍生化反应。常用的衍生化试剂有苯甲酰氯、邻苯二甲醛和丹磺酰氯<sup>[26-34]</sup>。陈霞等<sup>[35]</sup>比较了邻苯二甲醛和丹磺酰氯的

柱前衍生方法, 发现邻苯二甲醛衍生方法简便, 然而衍生产物不太稳定, 对于亚精胺和精胺的检测灵敏度较低; 而丹磺酰氯衍生步骤繁琐, 但其衍生化产物稳定, 对亚精胺和精胺的检测灵敏度高。

丁卓平等<sup>[36]</sup>将样品经高氯酸溶液提取, 采用丹磺酰氯柱前衍生, 以 0.1 mol/L 乙酸铵和乙腈为流动相, C<sub>18</sub> 色谱柱分离, 254 nm 波长下检测, 该方法对 10 种生物胺的分离效果良好, 10 种生物胺的方法检出限在 0.8 ~5 μg/g 之间, 回收率≥80%。

张阳等<sup>[37]</sup>以超高效液相色谱仪为检测平台, 建立了水产品中 8 种常见生物胺的快速检测方法。将水产品经过高氯酸溶液提取, 正己烷脱脂, 45 °C 水浴, 避光条件下, 加入丹磺酰氯溶液衍生 45 min, 使用氨水终止反应, 氮气吹干, 乙腈复溶。经 C<sub>18</sub> 超高效液相色谱柱分离, 254 nm 波长下检测。结果显示方法具有灵敏度高、准确性和重复性良好以及分析时间短(仅需 15 min)等优点。

### 3.5 离子色谱法

离子色谱是一种分析阴阳离子的液相色谱方法。首先, 阴阳离子与离子交换树脂表面的功能基团相结合, 由于不同离子与功能基团结合的强弱不同从而达到分离的效果, 然后通过电导检测器感应流出物的电导率变化, 对特定的离子进行定量。生物胺就是一种弱阳离子, 可以使用离子色谱法进行检测。由于前处理过程中不需要衍生化, 所以, 步骤更加简便, 也减少了衍生化反应可能产生的副产物以及衍生产物不稳定等问题<sup>[38, 39]</sup>。

周勇等<sup>[40]</sup>将样品经过酸溶液提取后, 使用 IonPac CS18 离子交换色谱柱进行色谱分离, 柱后加入 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液进行衍生, 最后用脉冲积分安培检测器检测。建立了离子交换色谱-柱后加碱衍生-脉冲积分安培检测法测定冷冻海产品中酪胺、腐胺、尸胺、组胺、苯乙胺、亚精胺、精胺等 10 种生物胺, 最低检测限可达到 50 ng/g, 且方法回收率高, 重现性好。

孙永等<sup>[41]</sup>使用 IonPac CS17 分离柱, 抑制型电导检测器对水产品中 5 种常见生物胺进行检测。还比较了使用三氯乙酸、高氯酸和甲基磺酸 3 种提取试剂, 以及振荡和超声的提取方式, 对于生物胺提取效率的影响。结果表明, 使用甲基磺酸超声提取的效果较好。方法检测限均小于 0.5 mg/kg, 加标回收率为 85.2%~106.9%。

### 3.6 高效液相色谱-质谱联用技术

高效液相色谱法作为分离手段, 质谱法作为检测器, 既能够很好地将多个组分分离, 又可以达到极高的灵敏度。目前该方法已经开始应用于食品中生物胺检测领域<sup>[42-44]</sup>。

孙亚军等<sup>[45]</sup>建立了同时测定南美白对虾虾仁中 β-苯乙胺、酪胺、组胺、色胺、尸胺、腐胺、精胺和亚精胺的检测方法。样品经 1% 三氯乙酸水溶液提取, C<sub>18</sub> 高效液相

色谱柱分离, 方法检出限在 0.04~0.4 μg/kg 之间, 加标回收率可达到 85% 以上。

崔晓美等<sup>[46]</sup>研究发现组胺、尸胺、色胺等小分子生物胺类化合物很难在反相色谱柱中保留, 而亲水性色谱柱(HILIC)对生物胺具有较好的保留和分离性能。样品经固相分散(MSPD)萃取, 以乙腈和 50 mmol/L 甲酸胺(用甲酸调节 pH=4.0)作为流动相, 建立了能够同时测定鳕鱼 5 种生物胺的高效液相串联质谱法。定量限可以达到 0.1 μg/kg。

吴云辉等<sup>[47]</sup>收集了章鱼、墨鱼、鲭鱼罐头等 8 种共计 200 余个样品, 对其中的生物胺含量进行测定, 建立了液相色谱-串联质谱对食品中 8 种生物胺检测的方法。样品经酸化乙腈提取, 通过强阳离子交换(MCX)固相萃取小柱净化, 采用亲水色谱柱(HILIC)进行分离。结果显示, 8 种生物胺的检出限在 0.001~1 μg/kg 之间, 加标回收率均高于 74%。分析特定结果发现 200 余个样品中生物胺平均检出率为 14%, 且新鲜食品比罐头等二次加工食品检出率低。

### 3.7 酶联免疫吸附法

酶联免疫吸附法是将待测物与酶吸附在载体上, 通过待测物与酶反应产生的颜色变化从而定性和定量<sup>[48]</sup>。Marcobal 等<sup>[49]</sup>研究发现组胺和腐胺分布最为广泛, 将生物胺与酶标抗体相结合生成结合物, 再与底物发生反应进行显色, 从而定量。方法快速、灵敏, 检测限可达到 10 mg/kg。Muscarella 等<sup>[50]</sup>使用 ELISA 法将从意大利普利亚收集到的 311 份鱼肉样品进行测定, 再与高效液相色谱法测定相同样品进行比对中结果一致。但该方法只适用于组胺的测定。

### 3.8 电化学生物传感器

电化学生物传感器已在环境监测、生物医药和食品安全等领域均展现出应用前景。生物化学传感器是由敏感元件和转化元件两部分组成。其测定生物胺的原理是在单胺氧化酶或二胺氧化酶的催化作用下脱去氨基生成氨、醛和过氧化氢, 对产生的过氧化氢进行测定从而对样品中的生物胺进行定量<sup>[51]</sup>。

最早是由 Draisci 等<sup>[52]</sup>研制出的一种由铂电极和银/氯化银电极构成的电化学生物传感器, 将二胺氧化酶固定在铂电极的端部, 测定腌制凤尾鱼中八种生物胺的含量, 线性良好, 最低检测限可达到  $5 \times 10^{-7}$  mol/L。Lange 等<sup>[53]</sup>在此基础上开发了一种酶阵列传感器, 检测限可达到 5~10 mg/kg。

唐晗等<sup>[54]</sup>将检测元件进行改进, 使用微流控芯片和化学发光仪相结合进行检测, 探索鲁米诺和铁氰化钾的浓度对化学发光强度的影响, 找到最佳的浓度点。通过这一改进, 大大增加了生物传感器的检测范围。

Veseli 等<sup>[55]</sup>使用铈氧化修饰的多相炭电极对鱼露中组胺进行测定。组胺被介质氧化, 特制的传感器捕捉电信号, 从而对雨露中的组胺进行定量。检测结果与使用分光光度

法对鱼露中组胺进行测定具有良好的相关性。

电化学传感器可以快速地对样品进行测定,不需要繁琐的精制过程,只需要将样品进行适当的稀释即可测定。目前该方法正在探索和发展过程中,随着科技的不断进步,相信在不久的将来会成为测定水产品中生物胺含量的主要技术手段。

#### 4 存在问题和未来研究方向展望

目前对于水产品中生物胺的检测有薄层色谱法、毛细管电泳法、气相色谱法、液相色谱法、离子色谱法、高效液相色谱-串联质谱法、酶联免疫吸附法及生物化学传感器等多种检测手段,其检测灵敏度、回收率及精密度各异,而且对水产品前处理技术也在不断改进,传统的液液萃取和固液萃取步骤已经无法满足目前大批量的检验任务量,新的研究方法急需开发应用。随着食品安全越来越受到人们的重视,食品的新鲜与否更受到社会的关注,水产品也不例外,其中生物胺的含量可以直接反应产品的鲜度和质量,而且水产品储存过程中会不断产生生物胺,建立能够快速准确检测水产品中生物胺含量的方法才能有效保障水产品的质量安全。目前我国对于生物胺的限量标准还存在很大漏洞,急需给出明确的限量指标。薄层色谱法、液相色谱法及毛细管电泳法均需要进行衍生化反应,前处理时间长,容易产生副产物,且衍生化产物不稳定;酶联免疫吸附法目前只能对组胺进行测定,生物化学传感器法需要特殊的电化学元件,目前还处于初级阶段。高效液相-质谱联用技术和离子色谱法均不需要进行衍生化反应,大大减少了样品的前处理时间,2种方法的精密度也较高,因此,这2种方法在未来对于水产品中生物胺的检测会发挥重要的作用,需要我们进一步开发。

#### 参考文献

- [1] 张凤杰,薛洁,王昇静,等. 黄酒中生物胺的形成及其影响因素[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(02): 62-68.  
Zhang FJ, Xue J, Wang YJ, *et al.* Study on biogenic amines formation and influencing factors in Chinese rice wine [J]. Food Ferment Ind, 2013, 39(02): 62-68.
- [2] 刘寿春,钟赛意,马长伟,等. 以生物胺变化评价冷藏罗非鱼片腐败进程[J]. 农业工程学报, 2012, 28(14): 277-282.  
Liu SC, Zhong SY, Ma CW, *et al.* Assessment of spoilage progress for chilled tilapia fillets according to biogenic amines changes [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2012, 28(14): 277-282.
- [3] Cinquina AL, Cali A, Longo F, *et al.* Determination of biogenic amines in fish tissues by ion-exchange chromatography with conductivity detection [J]. J Chromatogr A, 2004, 1032(1-2): 73-77.
- [4] Yen GC, Kao HH. Antioxidative effect of biogenic amine on the peroxidation of linoleic acid [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 1993, 57(1): 115-116.
- [5] Løvaas E. Antioxidative effects of polyamines [J]. J Amer Oil Chem Soc, 1991, 68(6): 353-358.
- [6] Askar AA, Barolin GS, Bergmann HW, *et al.* Biogene Amine in der Ernährung [M]. Berlin: Springer, 2012.
- [7] Flick GJ, Oria MP, Douglas L. Potential Hazards in Cold-Smoked Fish: Biogenic Amines [J]. J Food Sci, 2001, 66(Suppl s7): S1088-S1099.
- [8] Shalaby AR. Significance of biogenic amines to food safety and human health [J]. Food Res Int, 1996, 29(7): 675-690.
- [9] 赵中辉,林洪,王林,等. 常见水产品中生物胺的调查及分析. 水产科学. 2012;31(6):363-366.  
Zhao Z H, Lin H, Wang L, *et al.* Survey and analysis of biogenic amines in fishery products [J]. Fish Sci, 2012, 31(6): 363-366.
- [10] 何庆华,吴永宁,印遇龙. 食品中生物胺研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(5): 451-454.  
He QH, Wu YN, Yin YL. Advance on study of biogenic amines in food [J]. Chin J Food Hyg, 2007, 19(5): 451-454.
- [11] 王颖,邱璠,韩北忠,等. 食品中的生物胺及其检测方法[J]. 中国酿造, 2011, (10): 1-5.  
Wang Y, Qiu F, Han BZ, *et al.* Biogenic amines in food and their determination methods [J]. China Brew, 2011, (10): 1-5.
- [12] 蔡成岗,张慧,王智敏,等. 食品中生物胺及其检测方法研究进展[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(10): 153-156.  
Cai CG, Zhang H, Wang ZM, *et al.* Research on food biogenic amines and advances of analytical methods [J]. Food Res Dev, 2009, 30(10): 153-156.
- [13] 罗林,徐振林,沈玉栋,等. 食品中生物胺及其检测方法研究进展[J]. 广东农业科学, 2013, 40(22): 119-124.  
Luo L, Xu ZL, Shen YD, *et al.* Advances in analytical method of biogenic amines in foods [J]. Guangdong Agric Sci, 2013, 40(22): 119-124.
- [14] 王艳,张建友,刘书来,等. 水产品生物胺检测技术的研究进展[J]. 中国酿造, 2009, (6): 17-19.  
Wang Y, Zhang JY, Liu SL, *et al.* Development of research on biogenic amine determination method in aquatic products [J]. China Brew, 2009, (6): 17-19.
- [15] 陈树兵,杨亮,曹苏仙. 水产品中的生物胺及其检测方法研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(1): 141-144.  
Chen SB, Yang L, Cao SX. Research review on the bioamines in aquatic products and its analysis methods [J]. Food Res Dev, 2015, 36(1): 141-144.
- [16] 程丽林,聂小宝,张长峰,等. 水产品中生物胺检测方法的研究进展[J]. 山东农业科学, 2012, 44(9): 118-122.  
Cheng LL, Nie XB, Zhang CF, *et al.* Research progress of detecting methods for biogenic amine in aquatic product [J]. Shandong Agric Sci, 2012, 44(9): 118-122.
- [17] Shalaby AR. Simple, rapid and valid thin layer chromatographic method for determining biogenic amines in foods [J]. Food Chem, 1999, 65(1): 117-121.
- [18] Lapa-Guimarães J, Pickova J. New solvent systems for thin-layer chromatographic determination of nine biogenic amines in fish and squid [J]. J Chromatogr A. 2004;1045(1-2):223-232.
- [19] Chiu TC, Lin YW, Huang YF, *et al.* Analysis of biologically active amines by CE [J]. Electrophoresis, 2006, 27(23): 4792-4807.
- [20] Lin WC, Lin CE, Lin EC. Capillary zone electrophoretic separation of biogenic amines: influence of organic modifier [J]. J Chromatogr A,

- 1996, 755(1): 142-146.
- [21] 干宁, 李天华, 王鲁雁, 等. 胶束电动毛细管色谱检测鱼肉中的七种生物胺[J]. 色谱, 2007, 25(06): 934-938.  
Gan N, Li TH, Wang LY, *et al.* Determination of seven biogenic amines in fish using micellar electrokinetic capillary chromatography [J]. *Chin J Chromatogr*, 2007, 25(06): 934-938.
- [22] Lange J, Thomas K, Wittmann C. Comparison of a capillary electrophoresis method with high-performance liquid chromatography for the determination of biogenic amines in various food samples [J]. *J Chromatogr B*, 2002, 779(2): 229-239.
- [23] Li C, Jiang X, Hou X. Dielectric barrier discharge molecular emission spectrometer as gas chromatographic detector for amines [J]. *Microchem J*, 2015, 119: 108-113.
- [24] Hwang BS, Wang JT, Choong YM. A rapid gas chromatographic method for the determination of histamine in fish and fish products [J]. *Food Chem*, 2003, 82(2): 329-334.
- [25] Shim J-E, Hee Baek H. Determination of trimethylamine in spinach, cabbage, and lettuce at alkaline pH by headspace solid-phase microextraction [J]. *J of Food Sci*, 2012, 77(10): C1071-C1076.
- [26] 李志军, 薛长湖, 吴永宁. 反相高效液相色谱法测定食品中生物胺[J]. 食品工业科技, 2005, 26(4): 175-178.  
Li ZJ, Xue CH, Wu YN. The determination of biogenic amines in food by reverse phase high performance liquid chromatography [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2005, 26(4): 175-178.
- [27] 陆永梅, 董明盛, 吕欣, 等. 高效液相色谱法测定黄酒中生物胺的含量[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 196-199.  
Lu YM, Dong MS, LvX, *et al.* Biogenic amines content in rice wine by HPLC [J]. *Food Sci*, 2006, 27(1): 196-199.
- [28] 张文豪, 张伟, 张利锋, 等. 高效液相色谱法检测葡萄酒中的8种生物胺[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(4): 404-407.  
Zhang WH, Zhang W, Zhang LF, *et al.* High performance liquid chromatography method for rapid determination of eight kinds of biogenic amines in wine [J]. *Chin J Food Hyg*, 2015, 27(4): 404-407.
- [29] 刘振锋, 魏云潇, 张进杰, 等. 高效液相色谱法检测中国传统发酵豆制品中的生物胺[J]. 中国食品学报, 2010, 10(4): 253-259.  
Liu ZF, Wei YX, Zhang JJ, *et al.* Determination of biogenic amines in Chinese traditional fermented tofu by a high performance liquid chromatography method [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2010, 10(4): 253-259.
- [30] 邹阳, 赵谋明, 赵海锋. 高效液相色谱法同时测定酱油中的8种生物胺[J]. 现代食品科技, 2012, 28(5): 570-573.  
Zou Y, Zhao MM, Zhao HF. Simultaneous determination of 8 kinds of biogenic amines in soy sauce by HPLC [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2012, 28(5): 570-573.
- [31] 董伟峰, 林维宣, 田苗, 等. 固相萃取-高效液相色谱法测定七种痕量生物胺[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(1): 107-111.  
Dong WF, Lin WX, Tian M, *et al.* Determination of seven minim biogenic amines by solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. *Food Res Dev*, 2006, 27(1): 107-111.
- [32] 彭金龙, 胡健, 张凤杰, 等. 黄酒中生物胺的检测方法改进[J]. 中国酿造, 2015, 34(3): 141-144.  
Peng JL, Hu J, Zhang FJ, *et al.* Improvement of biogenic amine detection method in Chinese rice wine [J]. *China Brew*, 2015, 34(3): 141-144.
- [33] 陈玉峰, 吴燕燕, 李来好, 等. 腌干鱼制品中8种生物胺测定方法的优化[J]. 中国渔业质量与标准, 2014, 4(4): 41-48.  
Chen YF, Wu YY, Li LH, *et al.* Salted dried fish products in eight kinds of the optimization of the determination of biogenic amines [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2014, 4(4): 41-48.
- [34] 邢茜, 陈浩, 曲桂芹, 等. 高效液相色谱法测定市售腌制蔬菜商品中8种生物胺的含量[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(05): 161-165.  
Xing Q, Chen H, Qu GQ, *et al.* Determination of eight biogenic amines in merchant pickles by high performance liquid chromatography [J]. *Food Ferment Ind*, 2013, 39(05): 161-165.
- [35] 陈霞, 胡月, 李璐, 等. 水产品中生物胺的两种衍生测定方法比较[J]. 中国食品学报, 2015, 15(8): 211-217.  
Chen X, Hu Y, Li L, *et al.* Comparison of the determination of biogenic amines in fish by two pre-column derivatization methods [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2015, 15(8): 211-217.
- [36] 丁卓平, 刘辰麒, 陈迪, 等. 高效液相色谱法同时测定水产品中10种生物胺的研究[J]. 分析测试学报, 2006, 25(4): 59-62.  
Ding ZP, Liu CL, Chen D, *et al.* Determination of ten biogenic amines in fishery products by high performance liquid chromatography [J]. *J Instrum Anal*, 2006, 25(4): 59-62.
- [37] 张阳, 吴光红, 刘文斌, 等. 超高效液相色谱-柱前衍生法同时测定水产品中的8种生物胺[C]. 2011年中国水产学会学术年会论文集, 2011, 18.  
Zhang Y, Wu GH, Liu WB, *et al.* Simultaneous determination of 8 biogenic amine residues in aquatic products by ultra-high performance liquid chromatography [C]. *Conference of the Chinese society of Fisheries*, 2011, 18.
- [38] Favaro G, Pastore P, Sacconi G, *et al.* Determination of biogenic amines in fresh and processed meat by ion chromatography and integrated pulsed amperometric detection on Au electrode [J]. *Food Chem*, 2007, 105(4): 1652-1658.
- [39] Draisci R, Giannetti L, Boria P, *et al.* Improved ion chromatography-integrated pulsed amperometric detection method for the evaluation of biogenic amines in food of vegetable or animal origin and in fermented foods [J]. *J Chromatogr A*, 1998, 798(1-2): 109-116.
- [40] 周勇, 王萍亚, 赵华, 等. 离子色谱法测定冷冻海产品中的生物胺[J]. 食品工业, 2014, 35(05): 238-241.  
Zhou Y, Wang PY, Zhao H, *et al.* Determination of biogenic amines in frozen meat products by high performance ion-exchange chromatography-electrochemical [J]. *Food Ind*, 2014, 35(05): 238-241.
- [41] 孙永, 刘楠, 李智慧, 等. 抑制性电导检测-离子色谱法快速测定水产品中的生物胺[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 3992-3997.  
Sun Y, Liu N, Li ZH, *et al.* Determination of biogenic amines in seafood by suppressed conductance detection ion chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(10): 3992-3997.
- [42] 丁涛, 吕辰, 柳茵, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱检测葡萄酒中8种生物胺[J]. 分析测试学报, 2014, 33(1): 27-32.  
Ding T, Lv C, Liu H, *et al.* Determination of eight biogenic amines in red wines by liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbit trap mass spectrometry [J]. *J Instrum Anal*, 2014, 33(1): 27-32.
- [43] 欧杰, 李晓蓓, 王婧, 等. 液相色谱串联质谱法测定传统豆制品白豆干和薄百叶中的生物胺[J]. 食品工业科技, 2013, 34(22): 72-74, 79.  
Ou J, Li XB, Wang J, *et al.* Detection of biogenic amines of traditional

- soybean products using high performance liquid chromatography-mass spectrometry/mass spectrometry [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(22): 72–74, 79.
- [44] 彭祺, 边威, 王芳, 等. 液质联用法测定黄酒中生物胺含量[J]. *酿酒科技*, 2014, (2): 79–82.  
Peng Q, Bian W, Wang F, *et al.* Determination of biogenic amines in yellow rice wine by HPLC-MS/MS [J]. *Liquor-Make Sci Technol*, 2014, (2): 79–82.
- [45] 孙亚军, 廖建萌, 雷晓凌, 等. 液相色谱-串联质谱法同时测定虾仁中八种生物胺[J]. *食品工业*, 2015, 36(03): 273–277.  
Sun YJ, Liao JM, Lei XL, *et al.* Simultaneous determination of eight biogenic amines in shrimp by LC-MS/MS [J]. *Food Ind*, 2015, 36(03): 273–277.
- [46] 崔晓美, 陈树兵, 陈杰, 等. 基质分散固相萃取-亲水作用色谱-串联质谱法测定鲤鱼中5种生物胺的含量[J]. *分析化学*, 2013, 41(12): 1869–1874.  
Cui XM, Chen SB, Chen J, *et al.* Determination of 5 kinds of biogenic amines in bonito by matrix solid phase dispersion extraction with hydrophilic interaction chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2013, 41(12): 1869–1874.
- [47] 吴云辉, 周爽, 徐敦明. 非衍生化液相色谱-串联质谱法测定动物源性食品中8种生物胺[J]. *色谱*, 2013, 31(2): 111–116.  
Wu YH, Zhou S, Xu DM. Determination of eight biogenic amines in animal-derived foodstuffs by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry without derivatization [J]. *Chin J Chromatogr*, 2013, 31(2): 111–116.
- [48] Serran D, Brebant R, Bruneau S, *et al.* The development of a monoclonal antibody-based ELISA for the determination of histamine in food: application to fishery products and comparison with the HPLC assay [J]. *Food Chem*, 1995, 54(1): 85–91.
- [49] Marcobal A, Polo MC, Martín-Álvarez PJ, *et al.* Biogenic amine content of red Spanish wines: comparison of a direct ELISA and an HPLC method for the determination of histamine in wines [J]. *Food Res Int*, 2005, 38(4): 387–394.
- [50] Muscarella M, Lo Magro S, Campaniello M, *et al.* Survey of histamine levels in fresh fish and fish products collected in Puglia (Italy) by ELISA and HPLC with fluorimetric detection [J]. *Food Control*, 2013, 31(1): 211–217.
- [51] Mohammed GI, Bashammakh AS, Alsibaii AA, *et al.* A critical overview on the chemistry, clean-up and recent advances in analysis of biogenic amines in foodstuffs [J]. *TrAC Trend Anal Chem*, 2016, 78: 84–94.
- [52] Draisci R, Volpe G, Lucentini L, *et al.* Determination of biogenic amines with an electrochemical biosensor and its application to salted anchovies [J]. *Food Chem*, 1998, 62(2): 225–232.
- [53] Lange J, Wittmann C. Enzyme sensor array for the determination of biogenic amines in food samples [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2002, 372(2): 276–283.
- [54] 唐晗, 王晓朋, 吴中波, 等. 化学发光生物传感器检测食品中生物胺总量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(5): 1349–1356.  
Tang H, Wang XP, Wu ZB, *et al.* Detection of total biogenic amines in foods by chemiluminescence biosensor [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(5): 1349–1356.
- [55] Veseli A, Vasjari M, Arbneshi T, *et al.* Electrochemical determination of histamine in fish sauce using heterogeneous carbon electrodes modified with rhenium(IV) oxide [J]. *Sensors Actuators B*, 2016, 228: 774–781.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



焦广睿, 药师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: jgrmt.123@163.com



刘畅, 副主任药师, 主要研究方向为食品检测与食品安全。

E-mail: cible@sina.cn