

饮料酒中生物胺的检测方法

褚国良, 舒志钢, 安 康*

(山东第一医科大学公共卫生学院, 泰安 271016)

摘 要: 生物胺是一类低分子量的、广泛地存在于食品中的、具有生物活性的有机化合物, 含量在一定范围内时是对人体有益的生物活性物质, 若超过其限值将会给人体带来严重的影响, 因此, 有效地检测食品中的生物胺对保护人们的健康尤为重要。饮料酒中生物胺主要来自于发酵过程, 因此国内外生物胺的检测多集中于啤酒、葡萄酒、黄酒等发酵酒。随着现代检测分析技术的发展, 低检出限、高灵敏度、高准确度的检测方法不断涌现, 实现了从过去常量组分检测到现在的痕量乃至超痕量组分检测的跨越。本文综述了啤酒、葡萄酒、黄酒中生物胺的检测方法, 以期为今后生物胺的检测提供便利。

关键词: 生物胺; 啤酒; 葡萄酒; 黄酒

Detection methods of biogenic amines in alcoholic beverage

CHU Guo-Liang, SHU Zhi-Gang, AN Kang*

(College of Public Health, Shandong First Medical University, Taian 271016, China)

ABSTRACT: Biogenic amines are a kind of low molecular weight bioactive organic compounds widely existing in food. When the content is within a certain range, it is bioactive substances beneficial to human body, but if it exceeds the limit, it will bring serious impact on human body. Therefore, effective detection of biogenic amines in food is particularly important for ensuring people's health. The biogenic amines in beverage wine mainly come from the fermentation process, so the detection of biogenic amines at home and abroad is mainly concentrated in beer, wine, yellow wine and other fermented wine. With the development of modern detection and analysis technology, the detection methods with low detection line, high sensitivity and high accuracy have been emerging continuously, realizing the leap from the detection of past major components to the detection of trace or even ultra-trace components. This paper reviewed the detection methods of biogenic amines in beer, wine and yellow rice wine were, in order to provide convenience for the detection of biogenic amines in the future.

KEY WORDS: biogenic amines; beer; wine; rice wine

1 引 言

生物胺(biogenic amines, BA)是一种含氮、低分子质量的具有生物活性的有机化合物, 主要由生物体内的氨基酸在氨基酸脱羧酶的作用下产生^[1,2]。生物胺是一类物质的总称, 按其组成可将生物胺分为单胺和多胺, 单胺类包括酪

胺、尸胺、色胺、腐胺、组胺、苯乙胺等, 多胺类包括精胺与亚精胺。按其结构可分为3类^[3]: 脂肪族胺类(尸胺、腐胺、精胺、亚精胺)、芳香胺类(酪胺、苯乙胺等)、杂环胺类(组胺和色胺等)。生物胺并非绝对的毒物, 有研究^[4-6]显示生物胺具有调节体温、胃 pH 和大脑活动等的作用, 但摄入的生物胺含量超标会导致各种健康问题, 如头疼、脸

*通讯作者: 安康, 硕士, 主要研究方向为食品理化检验。E-mail: healthtmc@163.com

*Corresponding author: AN Kang, Teaching Assistant, Master of Public Health, No. 619, Changcheng Road, Taian City, Shandong Province, 271016, China. E-mail: healthtmc@163.com

红、瘙痒、皮肤刺激、呼吸紊乱、血压变化等。在酒类产品中,即使生物胺的浓度较低,但在乙醇、多胺(主要是尸胺和腐胺)及酒中其他物质作用下也会加强生物胺的毒性^[7,8]。因此饮料酒中生物胺限量标准的制定、生产机制的了解以及检测对保障人们健康和良好的卫生状况具有十分重要的意义。生物胺的种类很多,啤酒、葡萄酒和黄酒等发酵型饮料酒中主要的生物胺是组胺、酪胺、尸胺、亚精胺和精胺等。氨基酸是生物胺的前提物质,黄酒中又具有丰富的氨基酸^[9],故黄酒中生物胺的检出量最高^[10],啤酒次于葡萄酒中生物胺含量^[11]。由于生物胺可与酒中其他物质发生一些联合作用而加强自身的毒性,另外不同的个体对生物胺的敏感性不同等方面使得生物胺含量限定更加严格和困难。目前,我国对饮料酒中生物胺含量的限定未见报道,查阅相关文献^[12,13]报道了一些欧洲国家对葡萄酒中组胺的限值:法国 8 mg/L、比利时 5~6 mg/L、德国 2 mg/L 等。随着科技的发展一些先进的检测方法不断涌现,实现了饮料酒中生物胺含量的精准测定,这对我国饮料酒中各类生物胺限量标准的制定、规范饮料酒的生产以及保障居民健康具有重要的意义。

生物胺的产生机制有 2 个^[14]: (1)由醛或酮的转氨作用生成脂肪族的生物胺; (2)由氨基酸脱羧产生,即在微生物的氨基酸脱羧酶作用下,使游离的氨基酸脱羧,生成相应的生物胺,并伴随着二氧化碳的产生,其中食品制造过程生物胺的形成主要是微生物产生的外源性酶的氨基酸脱羧作用^[15,16]。有研究^[17,18]显示氨基酸脱羧酶活性在酸性条件下最强,并且生物胺的定量产生取决于时间、温度。因此可以通过对发酵过程中微生物的数量、种类及发酵条件的控制,如温度、pH、供氧量等来改变饮料酒中生物胺的含量^[19]。也可以通过降低原料中氨基酸的含量或者减少蛋白质的降解来控制生物胺的含量。本文综述了啤酒、葡萄酒、黄酒中生物胺的检测方法,以期为今后生物胺的检测提供便利。

2 啤酒、葡萄酒、黄酒中生物胺含量的前处理和检测

生物胺有游离态和结合态 2 种存在形式,食品研究者一般仅关心游离态生物胺的检测^[20],因此饮料酒中生物胺的检测主要是针对游离态的生物胺含量。在对饮料酒中生物胺含量的检测之前需要对样品进行适当的前处理,即提取、净化、衍生。生物胺的提取方法有 2 种: ①酸提取法,常用的酸^[21-23]有盐酸和高氯酸; ②有机溶剂提取法,常用的有机溶剂^[24-26]有三氯乙酸、甲醇、乙醇、乙酸乙酯、乙腈等。生物胺的净化方法^[27,28]主要有液液萃取(liquid-liquid extraction, LLE)、固相萃取(solid phase extraction, SPE),液液萃取同时可以结合一些辅助措施如超声波、pH 等,其操作简单,不需要特殊的装置,但该方法容易产生乳化、消

耗大量试剂,成本较高;固相萃取效率相对于液液萃取效率更高,具有较好的重现性和灵敏度,适合样品中痕量组分富集和大批量操作,可用于生物胺萃取的色谱柱有 ODS 系列、SOA 柱、XDB-18 柱、Equisi1 柱等。由于部分生物胺不具有荧光特性和特定的紫外吸收基团,必须与磺酰氯、邻苯二甲醛、苯甲酰氯、二硝基氯和荧光素胺等物质反应,生成具有荧光或紫外吸收的物质^[29,30]才能实现生物胺的定量测定,其中丹磺酰氯的衍生产物比较稳定较为常用,另外,在对生物胺进行衍生时可以通过对实验条件如 pH、温度、时间等进行选择,以获得最佳的衍生效果。

生物胺常用的检测方法有:高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)、薄层色谱法(thin layer chromatography, TLC)、气相色谱法(gas chromatography, GC)、离子色谱法(ion chromatography, IC)、毛细管电泳法(capillary electrophoresis, CE)、生物胺传感器法(biosensors)等。在使用不同的分析方法测定样品中生物胺含量时,需要测定检测方法的精密度、线性范围、检出限、定量限、回收率、相关系数 r^2 等来评价分析方法的可靠性和适用性。目前,我国食品中生物胺含量测定国标 GB/T 5009.208-2008《食品中生物胺含量的测定》中采用 HPLC 法^[31]。

2.1 高效液相色谱法

2.1.1 高效液相色谱法-紫外/荧光检测器

高效液相色谱是一种利用高压输运流动相、高效固定相和高灵敏度检测器进行在线线性色谱分析的技术。该方法具备高速、高效、高灵敏度、高自动化等特点,应用范围较为广泛,是目前检测食品中生物胺的标准方法。样品中生物胺经过提取、净化、衍生包括柱前衍生^[32]和柱后衍生^[33]、萃取、定容等处理步骤,经反相高效液相色谱分离、采用梯度洗脱、荧光或紫外检测器检测标准溶液与样品溶液进行相同的处理,以测定的标准溶液中生物胺的含量进行定量。张敬等^[34]使用反相高效液相色谱法同时测定啤酒、葡萄酒、黄酒中 8 种生物胺得到在其相应的线性范围内相关系数在 0.9916~0.9993,检出限范围从腐胺 0.10 mg/L 到色胺 0.39 mg/L,日间精密度 RSD 在 1.74%~3.75%,说明该方法精确、稳定、可以满足生物胺的定量分析。但该方法需要使用衍生试剂进行衍生并且还要保持衍生条件的一致从而造成分析过程繁琐、耗时等,另外衍生时不可避免的产生一些副产物对色谱峰会造成一定的干扰。

2.1.2 高效液相色谱法-蒸发光散射检测器

蒸发光散射探测器是一种通用的检测器。作为一种理想的检测器,其不同于紫外线和荧光检测器。蒸发光散射检测器不依赖于物质的紫外吸收强度或物质的荧光量子效率大小,而是基于入射光通过溶液时产生的散射光,散射光强度与物质浓度的关系进行定量,故使用该方法对生物胺进行检测时无需衍生化处理,避免了衍生过程可能产生

的副产物和不稳定干扰。张文豪等^[35]对饮料酒中浓度范围在 1.0~50.0 mg/L 的组胺、尸胺、腐胺、酪胺、色胺、精胺 5 种生物胺进行检测, 检测线为 0.16~0.97 mg/L, 测定的相对标准偏差 < 5%, 隔天精密度 1.8%~6.7%, 实验表明该方法具有准确、快速的特点。

2.1.3 高效液相色谱法-质谱检测器

近年来, 随着检测技术的不断发展, 一些联用技术得到了应用, 如高效液相色谱法与质谱联用测定饮料酒中生物胺的含量实现了低含量生物胺的检测。由于高效液相色谱法是通过物质的保留时间进行定性, 而不同物质可能具有相似或相同的保留值而造成定性的准确度不高, 当与质谱联用时可以利用质谱的高选择性来弥补这一缺点。另外, 彭琪等^[36,37]研究显示联用技术采用亲和作用色谱柱较 C₁₈ 反相色谱柱具有更好的保留效果, 同时混合型离子交换固相萃取小柱和氨水甲醇洗脱液的使用使生物胺的回收率有所提高, 不需要进行衍生处理、操作步骤简单, 有利于大批量产品的检测。该方法相对于其他高效液相色谱法具有更低的检出限、精密度好、回收率高、分析结果可靠等特点, 但价格昂贵, 不及紫外或荧光检测器应用广泛。

2.2 薄层色谱法

薄层色谱是一种定性和半定量的色谱分离分析方法, 其中固定相均匀地涂在光滑的表面上形成薄层。与其他检测方法相比, TLC 具有操作简单、设备简单、显色容易、分离速度快等优点, 有效地降低了食品中生物胺的初步鉴定和半定量测定的成本。然而, 该方法的定量准确度和重现性相对较差^[38]。李燕君^[39]通过薄层色谱法利用衍生试剂对生物胺进行衍生, 使其转化为带有发光基团的物质, 然后点样与硅胶板上, 再用适当的展开剂展开, 并在紫外或荧光灯下观察从而对生物胺进行定性, 最后利用薄层色谱扫描仪对相应的生物胺进行定量。Romano 等^[40]采用 TLC 和光密度的测定方法检测红酒 4 种生物胺含量其浓度范围在 1~20 mg/L 之间, 结果显示可以满足日常酒类的分析要求。

2.3 气相色谱法

气相色谱法是以气体为流动相的分析方法, 主要用于易挥发的有机化合物, 因此不适于沸点较高或难挥发物的物质的检测。饮料酒中生物胺的检测很少使用气相色谱法, 在一些研究中生物胺的检测主要采用气相色谱串联质谱法, 该法同时具备气相色谱和质谱的特点。Almeida 等^[41]采用一种新型分散液相微萃取气相色谱-质谱法(甲苯作为萃取溶剂、乙腈作为分散溶剂、氯甲酸烷基酯作为衍生剂)对啤酒中 18 种生物胺进行检测, 另外 Plotka-Wasylyk 等^[42]使用相同的方法(氯仿为萃取剂、甲醇为分散剂、氯甲酸异丁酯为衍生试剂)对葡萄酒中 13 种生物胺进行检测, 结果显示该方法相关系数 r^2 、检出限、回收率、精确度、定量限等方面都可以满足检测的要求。

2.4 离子色谱法

离子色谱法是根据不同离子与离子交换剂竞争能力的差异进行分离的一种液相色谱分离技术。生物胺是弱阳离子, 适合于离子色谱法检测。史亚利^[43]使用离子色谱法-电导检测器在梯度淋洗液、温度最优条件下对黄酒、啤酒中 7 种生物胺进行检测, 7 种生物胺检出限均在 5~30 $\mu\text{g/L}$ 之间, 实际啤酒样品溶液连续 7 次进样所得峰面积相对标准偏差均小于 5%, 加标回收率在 80%~120%, 分析方法可靠适于饮料酒中生物胺的检测。Palermo 等^[44]通过酸提取、固相萃取葡萄酒样品进行净化处理、采用阳离子交换色谱柱分离, 电导仪检测葡萄酒等食品中的生物胺。结果表明, 该方法线性度好, 相关系数大于 0.999, 从样本的回收率和相对标准偏差来看方法可靠适宜, 并且灵敏、简单、选择性好、无需衍生化、快速、适于多种食品等优点, 但样品中金属离子对检测有干扰。

2.5 毛细管电泳法

毛细管电泳是一种高压电场驱动的液相分离技术。它是基于被测物质成分之间的电泳、电渗迁移率或分配系数的差异。Kovács 等^[45]采用胶束电动毛细管电泳分离、紫外检测器检测和定量葡萄酒等食品中组胺、酪胺、色胺、精胺、尸胺、腐胺、亚精胺 7 种生物胺, 结果显示该方法具有检出限低、分离速度快、除组胺外其余各胺结果重现性较好、应用较为普遍。Daniel 等^[46]采用聚乙烯醇涂层的硅胶毛细管、电喷雾串联质谱对啤酒、葡萄酒中 8 种生物胺进行分离和检测, 所分析的生物胺校准曲线相关系数在 0.996~0.999 范围之内, 其检出限和定量限分别为 1~2 $\mu\text{g/L}$ 、3~8 $\mu\text{g/L}$, 加标回收率在 87%~113%, 该方法具有较高的灵敏度和选择性, 另外还能提供化合物结构信息, 适宜葡萄酒和啤酒中生物胺的检测, 但由于质谱价位高且连接处需要合适的接口, 其应用不及 UV 检测器广泛^[47]。刘春风等^[48]使用毛细管电泳-激光诱导荧光检测法对啤酒中生物胺进行检测, 该方法在 30 min 完成分析, 检测结果的数量级也可达 $\mu\text{g/L}$ 。

2.6 生物传感器法

生物传感器法是一种由识别原件识别物质后通过转换原件将物质浓度信息以光、电等形式呈递出来的快速检测方法^[49,50]。生物胺传感器有别于以上叙述的检测方法, 该方法通过识别原件的专一性避免了样品的分离、提取等步骤, 节约了时间、财力、人力、物力等, 并且该方法更适合样品的现场测定, 因此生物胺传感器在食品生物胺的检测方面不失为一种快速便捷的检测方法。国内外越来越多生物传感器的开发, 极大地推动了该领域的发展^[51], 但是生物传感技术在材料选择、制造成本、重复利用等方面仍存在许多问题^[52]。刘幸^[49]通过将微流控芯片与化学发光

传感器相结合,建立了基于微流控芯片检测食品中生物胺的化学发光的敏传感器法,该方法提高了信号响应的灵敏度、提高检测器稳定性、减小溶液流速、减少样品浓溶液的流出。另外, Fusco 等^[50]使用二胺氧化酶型生物传感器测定红酒、啤酒中的生物胺,结果显示该生物传感器在红酒中具有较好的适用性,然而在啤酒中生物胺定量的准确度较差。随着国内外越来越多生物传感器的开发,极大地推动了该领域的发展^[51],但是生物传感技术在材料选择、制造成本、重复利用等方面仍存在许多问题^[52]。

3 展 望

饮料酒中生物胺种类较多,不同的饮料酒所含有的生物胺类型、含量各不相同。现今人们以高效液相色谱法为主要分析方法,采用不同的检测器检测饮料酒中生物胺含量各有优缺点。因此在检验过程中充分考虑不同样品生物胺的含量、种类并选择合适的分析方法显得尤为重要。随着科技水平和人们对生命健康安全重视的不断提高,同时,生物胺本来就是食品行业中一类不容忽视的安全问题,这些方面必将推动分析化学在食品行业的应用,因此精密度高、准确度高、低成本、操作简便、高通量的检测方法是未来检测技术发展的趋势。

参考文献

- [1] Tassoni A, Germana MA, Bagni N. Free and conjugated polyamine content in citrus sinensis osbeck, cultivar Brasiliano NL 92, a navel orange, at different maturation stages [J]. *Food Chem*, 2004, 87(4): 537–541.
- [2] Santos MH. Biogenic amines: Their importance in foods [J]. *Int J Food Microbiol*, 1996, 29(2–3): 213–231.
- [3] 张元, 刘佳, 闫加庆, 等. 生物胺前处理技术及分析方法研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(5): 1596–1602.
Zhang Y, Liu J, Yan JQ, *et al.* Advances in pretreatment technology and analysis methods of biogenic amines [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(5): 1596–1602.
- [4] Guo YY, Yang YP, Peng Q, *et al.* Biogenic amines in wine: A review [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2015, (50): 1523–1532.
- [5] Anli RE, Bayram M. Biogenic amines in wines [J]. *Food Rev Int*, 2008, (25): 86–102.
- [6] 张微, 李秀缺, 张钟美. 留意食品中生物胺的危害[J]. *监督与选择*, 2007, (10): 30–31.
Zhang W, Li XQ, Zhang ZM. Pay attention to the harm of biogenic amines in food [J]. *Superv Select*, 2007, (10): 30–31.
- [7] Lehtonen P. Determination of amines and amino acids in wine: A review [J]. *Am J Enol Viticult*, 1996, 47(2): 127–133.
- [8] Nalazek-Rudnicka K, Wasik A. Development and validation of an LC-MS/MS method for the determination of biogenic amines in wines and beers [J]. *Monatsh Chem*, 2017, 148(9): 1685–1696.
- [9] 栾同青. 黄酒酿造过程生物胺变化规律及其产生菌株研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2013.
Luan TQ. Changes of biogenic amines and their producing strains in rice wine brewing [D]. Ji'nan: Qilu University of Technology, 2013.
- [10] 李志军. 食品中生物胺及其产生菌株检测方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
Li ZJ. Study on the detection methods of biogenic amines and their producing strains in food [D]. Qingdao: China Ocean University, 2007.
- [11] 陈宏靖, 林淑云. 市售葡萄酒、啤酒中生物胺监测分析[J]. *福建分析测试*, 2011, 20(6): 51–53.
Chen HJ, Lin SY. Monitoring and analysis of biogenic amines in wines and beers on market [J]. *Fujian Anal Test*, 2011, 20(6): 51–53.
- [12] Bauza T, Blaise A, Daumas F, *et al.* Determination of biogenic amines and their precursor amino acids in wines of the Valle du Rhone by high-performance liquid chromatography with precolumn derivatization and fluorimetric detection [J]. *J Chromatogr A*, 1995, (707): 373e379.
- [13] Landete JM, Ferrer S, Polo L, *et al.* Biogenic amines in wines from three Spanish regions [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, (53): 1119e1124.
- [14] 何梨梨. 对三类不同化学结构生物胺同时分离检测的 CE 方法研究[D]. 上海: 东华大学, 2017.
He LL. Study on CE method for simultaneous separation and detection of three kinds of biogenic amines with different chemical structures [D]. Shanghai: Donghua University, 2017.
- [15] 冯婷婷, 方芳, 杨娟, 等. 食品生物制造过程中生物胺的形成与消除 [J]. *食品科学*, 2013, 34(19): 360–366.
Feng TT, Fang F, Yang J, *et al.* Formation and elimination of biogenic amines in food biomanufacturing [J]. *Food Sci*, 2013, 34(19): 360–366.
- [16] 景智波, 田建军, 杨明阳, 等. 食品中与生物胺形成相关的微生物菌群及其控制技术研究进展[J]. *食品科学*, 2018, 39(15): 262–268.
Jing ZB, Tian JJ, Yang MY, *et al.* Advances in microbial flora and control techniques related to biogenic amines formation in food [J]. *Food Sci*, 2018, 39(15): 262–268.
- [17] Witczak A, Sikorski Z. Toxins and other harmful compounds in foods [M]. USA: CRC Press, 2017.
- [18] Halász A, Baráth A, Simon-Sarkadi L, *et al.* Biogenic amines and their production by microorganisms in food [J]. *Trends Food Sci Technol*, 1994, (5): 42–49.
- [19] 李志军, 吴永宁, 薛长湖. 生物胺与食品安全[J]. *食品与发酵工业*, 2004, (10): 84–91.
Li ZJ, Wu YN, Xue CH. Biogenic amines and food safety [J]. *Food Ferment Ind*, 2004, (10): 84–91.
- [20] 钟建军. 食品生物胺高效液相色谱分析技术的系统研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
Zhong JJ. Systematic study on high performance liquid chromatography analysis of food biogenic amines [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [21] 张来颖, 于秋红, 张志荣. 柱前衍生-高效液相色谱法测定发酵型饮品中的 8 种生物胺[J]. *中国卫生检验杂志*, 2018, 28(17): 2057–2059, 2063.
Zhang LY, Yu QH, Zhang ZR. Determination of eight biogenic amines in fermented beverages by pre-column derivatization-high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2018, 28(17): 2057–2059, 2063.
- [22] 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, (1): 196–199.
Lu YM, Dong MS, Lv X, *et al.* Determination of biogenic amines in rice

- wine by high performance liquid chromatography [J]. *Food Sci*, 2006, (1): 196–199.
- [23] 王振. HPLC法检测葡萄酒中的生物胺[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2013.
Wang Z. Determination of biogenic amines in wine by high performance liquid chromatography [D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2013.
- [24] 胡雪莲, 张彦青. 酿造过程及啤酒中生物胺的初步控制[J]. *啤酒科技*, 2012, (4): 31–35.
Hu XL, Zhang YQ. Preliminary control of brewing process and biogenic amines in beer [J]. *Beer Sci Technol*, 2012, (4): 31–35.
- [25] 谷凤霞, 王婷, 李宪臻, 等. 柱前衍生-HPLC法测定啤酒中生物胺及其形成规律研究[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(9): 168–173.
Gu FX, Wang T, Li XZ, *et al.* Determination of biogenic amines in beer by pre-column derivatization-high performance liquid chromatography [J]. *Food Ferment Ind*, 2015, 41(9): 168–173.
- [26] 杨姗姗. 食品中生物胺液相色谱检测方法的建立及应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2016.
Yang SS. Establishment and application of liquid chromatography for determination of biogenic amines in food [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2016.
- [27] 董艺伟, 李保国, 郭全友, 等. 高效液相色谱法在食品生物胺检测方面的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(7): 261–268.
Dong YW, Li BG, Guo QY, *et al.* Advances in the determination of biogenic amines in food by high performance liquid chromatography [J]. *Food Ferment Ind*, 2016, 42(7): 261–268.
- [28] 杨乐乐. 高效液相色谱技术在食品生物胺检测中的研究[J]. *技术与市场*, 2017, 24(7): 152–153.
Yang LL. Study of high performance liquid chromatography in the detection of biogenic amines in food [J]. *Technol Market*, 2017, 24(7): 152–153.
- [29] 栾光辉. 啤酒及其酿造过程中生物胺的初步研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
Luan GH. Preliminary study on biogenic amines in beer and its brewing process [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [30] 王光强, 俞剑葵, 胡健, 等. 食品中生物胺的研究进展[J]. *食品科学*, 2016, 37(1): 269–278.
Wang GQ, Yu JS, Hu J, *et al.* Research progress of biogenic amines in food [J]. *Food Sci*, 2016, 37(1): 269–278.
- [31] GB/T 5009.208-2008 食品中生物胺含量的测定[S].
GB/T 5009.208-2008 Determination of biogenic amines in foods [S].
- [32] 芮鸿飞, 张晓瑜, 刘兴泉, 等. PITC柱前衍生-反相高效液相色谱法测定黄酒中游离氨基酸和生物胺[J]. *食品科学*, 2016, 37(8): 159–163.
Rui HF, Zhang XY, Liu XQ, *et al.* Simultaneous determination of free amino acids and biogenic amines in chinese rice wine by RP-HPLC with pre-column phenylisothiocyanate (PITC) derivatization [J]. *Food Sci*, 2016, 37(8): 159–163.
- [33] 杜赛, 王若燕, 高何刚, 等. 柱后衍生-液相色谱法快速检测发酵酒中的生物胺[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(13): 1840–1842.
Du S, Wang RY, Gao HG, *et al.* Rapid determination of biogenic amines in fermented wine by post-column derivatization-liquid chromatography [J]. *Chin J Health Inspect*, 2017, 27(13): 1840–1842.
- [34] 张敬, 赵树欣, 薛洁, 等. 发酵型饮料酒中生物胺含量的调查与分析[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(6): 165–170.
Zhang J, Zhao SX, Xue J, *et al.* Investigation and analysis of biogenic amines in fermented beverage liquor [J]. *Food Ferment Ind*, 2012, 38(6): 165–170.
- [35] 张文豪, 张伟, 张洁, 等. 蒸发光散射检测器液相色谱法检测酒类饮料中的5种生物胺[J]. *中国卫生检验杂志*, 2015, 25(14): 2304–2306.
Zhang WH, Zhang W, Zhang J, *et al.* Detection of five biogenic amines in alcoholic beverages by liquid chromatography with evaporative light scattering detector [J]. *Chin J Health Inspect*, 2015, 25(14): 2304–2306.
- [36] 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 LC-MS [J]. *Brew Technol*, 2014, (2): 79–82.
- [37] 许禄, 欧杰, 王婧, 等. 黄酒中生物胺的HPLC-MS/MS测定[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2016, 47(5): 654–658.
Xu L, Ou J, Wang J, *et al.* Determination of biogenic amines in rice wine by HPLC-MS/MS [J]. *J Shandong Agric Univ (Nat Sci Ed)*, 2016, 47(5): 654–658.
- [38] 易丽娟, 赵晓娟, 白卫东. 食品中生物胺检测方法的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(14): 197–201.
Yi LJ, Zhao XJ, Bai WD. Research progress on determination methods of biogenic amines in food [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(14): 197–201.
- [39] 李燕君. 薄层色谱法检测黄酒生物胺的研究[J]. *广州化学*, 2017, 42(4): 18–25.
Li YJ. Study on the determination of biogenic amines in rice wine by TLC [J]. *Guangzhou Chem*, 2017, 42(4): 18–25.
- [40] Romano A, Klebanowski H, La Guerche S, *et al.* Determination of biogenic amines in wine by thin-layer chromatography/densitometry [J]. *Food Chem*, 2012, 135(3): 1392–1396.
- [41] Almeida C, Fernandes JO, Cunha SC. A novel dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME) gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method for the determination of eighteen biogenic amines in beer [J]. *Food Control*, 2012, 25(1): 380–388.
- [42] Plotka-Wasyłka J, Simeonov V, Namieśnik J. An in situ derivatization-dispersive liquid-liquid microextraction combined with gas-chromatography-mass spectrometry for determining biogenic amines in home-made fermented alcoholic drinks [J]. *J Chromatogr A*, 2016, 1453: 10–18.
- [43] 史亚利. 酒精饮料中生物胺的离子色谱分析方法研究[C]. 第十二届全国离子色谱学术报告会论文集, 2008.
Shi YL. Study on the ion chromatographic analysis of biogenic amines in alcohol beverages [C]. Papers Collection of the 12th National Symposium on Ion Chromatography, 2008.
- [44] Palermo C, Muscarella M, Nardiello D. *et al.* A multiresidual method based on ion-exchange chromatography with conductivity detection for the determination of biogenic amines in food and beverages [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2012, 405(2–3): 1015–1023.
- [45] Kovács Á, Simon-Sarkadi L, Ganzler K. Determination of biogenic amines by capillary electrophoresis [J]. *J Chromatogr A*, 1999, 836(2): 305–313.
- [46] Daniel D, Dos-Santos VB, Vidal D, *et al.* Determination of biogenic amines in beer and wine by capillary electrophoresis-tandem mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2015, 1416: 121–128.
- [47] 李妍. 黄酒中生物胺的检测及产地判别[D]. 天津: 天津科技大学,

2017.
Li Y. Detection and origin identification of biogenic amines in rice wine [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017.
- [48] 刘春风, 李崎. 毛细管电泳与激光诱导荧光检测耦联法检测酿造过程及啤酒样品中的生物胺[J]. 啤酒科技, 2007, (5): 58-61.
Liu CF, Li Q. Detection of biogenic amines in brewing process and beer samples by capillary electrophoresis coupled with laser-induced fluorescence detection [J]. Beer Sci Technol, 2007, (5): 58-61.
- [49] 刘幸. 基于微流控芯片检测食品中生物胺总量的化学发光酶传感器研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
Liu X. Chemiluminescent enzyme sensor for detecting biogenic amines in food based on microfluidic chip [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [50] Fusco MD, Federico R, Boffi A, *et al.* Characterization and application of a diamine oxidase from *Lathyrus sativus*, as component of an electrochemical biosensor for the determination of biogenic amines in wine and beer [J]. Anal Bioanal Chem, 2011, 401(2): 707-716.
- [51] 储震宇, 金万勤. 新型纳米传感薄膜材料在发酵组分检测中的研究进展[J]. 化工进展, 2019, (1): 382-393.
Chu ZY, Jin WQ. Research progress of novel nano-sensing film materials in the detection of fermentation components [J]. Chem Progress, 2019, (1): 382-393.
- [52] 张璐, 边银丙, 邢增涛, 等. 农产品及其加工品中生物胺检测技术的研究进展[J]. 上海农业学报, 2011, 27(3): 135-139.
Zhang L, Bian YB, Xing ZT, *et al.* Advances in the detection of biogenic amines in agricultural products and processed products [J]. Shanghai J Agric, 2011, 27(3): 135-139.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



褚国良, 主要研究方向为食品理化检验方向。

E-mail: 15564848298@163.com



安康, 硕士, 助教, 主要研究方向为食品理化检验。

E-mail: healthtsmc@163.com