

# 发酵食品中氨基甲酸乙酯的研究进展

肖泳<sup>1,2</sup>, 邓放明<sup>1,2\*</sup>

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 长沙 410128; 2. 湖南省发酵食品工程技术中心, 长沙 410128)

**摘要:** **目的** 对发酵食品中氨基甲酸乙酯的研究进展进行综述。**方法** 查阅有关氨基甲酸乙酯致癌机制、形成机制、含量降低方法以及检测方法的文献, 进行总结。**结果** 氨基甲酸乙酯具有遗传毒性和致癌性, 在发酵食品中较为常见, 氨基甲酸乙酯的形成受多种因素的影响, 其检测方法主要有红外光谱法、色谱法、色谱/质谱联用法。**结论** 应建立对各种发酵食品氨基甲酸乙酯含量的标准检测方法及其限量标准, 为我国发酵食品中氨基甲酸乙酯限量标准的制定和确保我国发酵食品的安全性提供科学依据。

**关键词:** 氨基甲酸乙酯; 致癌机制; 形成机制; 降低方法; 检测方法

## Research progress on ethyl carbamate in fermented food

XIAO Yong<sup>1,2</sup> DENG Fang-Ming<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Provincial Research Center of Engineering and Technology for Fermented Food, Changsha 410128, China)

**ABSTRACT: Objective** To review the research progress on ethyl carbamate in fermented food. **Methods** Literature of the carcinogenic mechanism, formation mechanism, content reduction methods, and detection methods of ethyl carbamate were reviewed and summarized in this paper. **Results** Ethyl carbamate that is of genetic toxicity and carcinogenicity is widely contained in fermented food. Its formation is effected by many factors and the main detection methods are Fourier transform infrared spectrometry (FTIR), chromatography and mass spectrometry. **Conclusion** It is necessary to establish a standard test method and maximum levels for ethyl carbamate contained in fermented food to provide a scientific basis for formulating the tolerance limit of ethyl carbamate and ensuring the safety of fermented food in our country.

**KEY WORDS:** ethyl carbamate; carcinogenic mechanism; formation mechanism; reduction methods; detection methods

氨基甲酸乙酯(Ethyl Carbamate, 简称 EC, 又称 Urethane), 具有遗传毒性和致癌性, 2007年, 国际癌症研究机构(IARC)正式将 EC 归类为 2A 类致癌物(人类可能致癌物), 与丙烯酰胺同等危险<sup>[1]</sup>。经研究发现 EC 是发酵食品(面包、酸牛奶、酱油、发酵豆制品等)和酒精饮料(葡萄酒、苹果酒、中国黄酒、日本清酒等)的制备过程中的伴随产物<sup>[1,2]</sup>。自 1985 年后, 加拿

大等国相继制定了酒精饮料中 EC 含量的限量标准(如表 1); 2002 年, 联合国粮农组织制定了 EC 的国际标准, 规定食品中 EC 含量不得超过 20  $\mu\text{g}/\text{L}$ <sup>[3,4]</sup>。

但是目前我国尚未制定发酵食品和酒精饮料中 EC 的限量标准, 也未引起足够重视。随着我国人民对酒精饮料消费量的日趋上升、国际食品贸易竞争的日趋激烈, 制定 EC 限量标准、降低我国发酵食品和

基金项目: 湖南省发酵食品工程技术中心开放基金项目(2011XCX09)

\*通讯作者: 邓放明, 男, 教授, 博士, 研究方向为食品科学. Email: fmdenghnau@yahoo.com.cn

表 1 酒精饮料中 EC 含量的最大残留限量( $\mu\text{g/L}$ )  
Table 1 Maximum levels for ethyl carbamate in alcoholic beverages( $\mu\text{g/L}$ )

	葡萄酒	强化葡萄酒	蒸馏酒	清酒	水果白兰地
加拿大	30	100	150	100	400
捷克共和国	30	100	150	200	400
法国	-	-	150	-	1000
德国	-	-	-	-	800
美国	15	60	-	-	-
瑞士	-	-	-	-	1000

酒精饮料中 EC 含量势在必行。

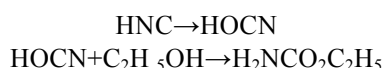
## 1 氨基甲酸乙酯的致癌机制

氨基甲酸乙酯能够快速、几乎完全被胃肠道和皮肤吸收, 会导致肺癌、淋巴瘤、肝癌和皮肤癌等疾病。研究发现<sup>[3-5]</sup>, EC 在生物体内的代谢主要包括三种途径: 一是水解作用, 包括 N 的羟基化、C 的羟基化以及支链的氧化, EC 主要被肝脏中的微粒酯酶水解形成乙醇、氨和二氧化碳。对于啮齿类动物, 大约 5% 的 EC 作为粪便排泄出去, 超过 90% 的 EC 被水解。二是约 0.5% 的 EC 被细胞色素 P-450 转化成乙烯基氨基甲酸酯。Park 等<sup>[6]</sup>研究表明, 乙烯基-氨基甲酸酯是一种比 EC 致癌性更强的物质, 其经环氧化作用转化生成的乙烯基-氨基甲酸酯环氧化物能够与 DNA、RNA 以及蛋白质结合, 造成 DNA 双链破坏, 从而导致癌变。三是约 0.1% 的 EC 被细胞色素 P-450 催化生成乙基 N-羟基氨基甲酸酯, 这是一条较为常见的途径。Sakano 等<sup>[7]</sup>研究表明, N-羟基氨基甲酸酯经酯酶代谢形成羟胺, 羟胺在肺、淋巴、肝脏等器官中被分解产生氧气和一氧化氮, 最终引起 DNA 的氧化和脱嘌呤反应, 从而发挥出它的致癌作用。

## 2 氨基甲酸乙酯的形成机制

### 2.1 由氰化物和乙醇反应生成 EC

有关研究表明<sup>[8]</sup>, 蒸馏酒中 EC 的形成首先是氰化物被氧化成氰酸, 然后氰酸和乙醇反应生成 EC, 反应式如下:

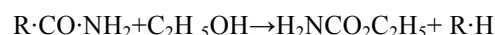


Balcerek 等<sup>[9]</sup>研究表明蒸馏果酒中 EC 的浓度与 HCN 的浓度是相关联的, 经作者进一步研究发现, EC 的形成受很多因素的影响, 不仅依赖于 EC 前体物

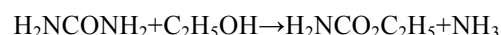
质的量, 还与发酵过程中的温度、光、催化剂等有关。

### 2.2 由氨甲酰化合物和乙醇反应生成 EC

有关研究发现<sup>[8]</sup>, 已发酵和未蒸馏的酒精饮料中 EC 的形成绝大部分是由氨甲酰化合物与乙醇自发反应生成, 反应式如下:



氨甲酰化合物主要有尿素、瓜氨酸、氨甲酰磷酸等。在黄酒和葡萄酒中, EC 的来源主要是精氨酸分解而产生的尿素, 其余的氨甲酰化合物含量都极微, 生成的 EC 也少。黄酒和葡萄酒中绝大部分的 EC 是由尿素和乙醇反应生成的, 其反应式如下:



在 60~100 °C 的含酒精水溶液中, 尿素会分解形成异氰酸酯和氰酸酯, 其产物在酸性条件下与乙醇反应形成 EC; Schaber 等<sup>[10]</sup>研究发现, 在焙烤过程中, 尿素被热分解生成氨和氰酸, 氰酸会进一步与乙醇反应生成 EC。

## 3 降低发酵食品中氨基甲酸乙酯含量的方法

由于氨基甲酸乙酯的形成受许多复杂机制以及前体物质的影响, 如今还没有找到能够应用到所有食品和酒精饮料中阻止 EC 形成的通用方法。但是, 一些独特方法已经成功应用到了工业化规模的生产当中。目前, 这些方法的研究主要集中在一些酒精饮料当中, 如蒸馏酒、葡萄酒、黄酒等。

### 3.1 降低葡萄酒中 EC 含量的方法

尿素作为 EC 的前体物质, 是葡萄酒中 EC 的主要来源。研究表明<sup>[11, 12]</sup>, 可通过选育产尿素能力较差的优良酵母菌株进行发酵, 从而减少葡萄酒中 EC 的量。其次, 可以通过添加酸性脲酶来降解尿素, 达到减少 EC 含量的目的。Fidaleo 等<sup>[13]</sup>研究报道可以利用发酵乳杆菌培育的纯种酸性脲酶来降解尿素, 这种酸性脲酶已实现工业化生产且广泛应用于葡萄酒等发酵酒精饮料的生产中。尽管在日本和美国用酸性脲酶去除尿素的方法已经应用到了清酒和加利福尼亚雪利酒的工业化生产中, 但是这种酶具有成本太高等缺点。Zotta 等<sup>[14]</sup>研究报道了将酸性脲酶固定在聚丙烯腈纤维上, 可以实现连续化处理, 从而降低成本。此外, 良好的农业技术特别是对氮肥的监控技术, 以及在储存和运输过程中对温度的良好控制都能限制 EC 的生成。

### 3.2 降低黄酒中 EC 含量的方法<sup>[15]</sup>

黄酒中 EC 的主要来源为精氨酸分解而产生的尿素,因此可以选育产尿素能力差的黄酒酵母菌进行发酵,由于新工艺黄酒生产工艺是采用纯种发酵,这样能从根本上抑制尿素的形成。其次,由于多数乳酸杆菌、乳酸球菌同样具有分解精氨酸的能力,因此要严格控制在发酵过程中整个过程的杂菌污染。此外,有研究表明,EC 主要是在煎酒和贮酒过程中形成的,煎酒能促进黄酒的老熟、改善酒质,但酒液中的尿素和乙醇会随着煎酒温度的升高和时间的延长而加速形成更多的 EC。因此,在不影响黄酒风味前提下,应适当降低煎酒温度和减少煎酒时间。

### 3.3 降低蒸馏酒中 EC 含量的方法

蒸馏酒不同于其它发酵食品<sup>[3]</sup>。一是蒸馏酒中 EC 含量是所有发酵食品中最高的;二是蒸馏酒的 EC 前体物质并不是尿素、瓜氨酸等物质,而是氢氰酸;三是少量 EC 是在蒸馏过程中形成的,大部分在蒸馏之后形成;四是在蒸馏酒制作过程中,传统的蒸馏容器通常都是铜质的,而在气相状态下,铜能催化氰化物发生氧化反应形成 EC 的前体物质。

降低蒸馏酒中 EC 的含量,首先要在蒸馏之前去除氰化物。有研究表明向蒸馏之前的发酵液中添加铜(1价)盐,可使氰化物形成不溶性的氰化铜,通过此方法可使氰化物的浓度减少达 90%。其次,在蒸馏过程中,可以将铜质冷凝器改成不锈钢的,并在蒸馏器的顶端固定大量铜片吸附气态的 EC 前体物质,从而避免 EC 的形成。此外,由于铜质蒸馏器的使用,在蒸馏之后,蒸馏液含有大量的铜盐,浓度可高达 10 mg/L,这些铜盐是 EC 形成的催化剂,应尽量去除。Neves 等<sup>[16]</sup>研究发现,用碳酸盐作为阳离子交换剂可去除铜(二价)离子,且不会使酒的感官特性发生明显的变化。

## 4 氨基甲酸乙酯检测方法的研究

### 4.1 傅里叶变换红外光谱法(FTIR)

Lachenmeier<sup>[17]</sup>采用傅立叶变换红外光谱(Fourier transform infrared, FTIR)结合偏最小二乘(Partial least-squares, PLS)回归法对核果酒精饮料中的 EC 含量进行快速检测,并与 GC/MS/MS 法进行了比较分析。研究表明,FTIR/PLS 法检测时间短(仅需 2 min),不需要消耗溶剂,前处理过程简单,是一种环境友好

型的方法,但是这种方法精确度不高,仅适合作为一种半定量的筛选方法。

### 4.2 气相色谱法(GC)

气相色谱法是最早用于测定 EC 的方法,通常样品经前处理和气相色谱分离后,再经某种检测器如氢火焰离子化检测器(FID)、氮磷检测器(NPD)、热离子检测器(TSD)和霍尔电导检测器(HECD)等检测,用氨基甲酸丙酯(nPC)或氨基甲酸丁酯(nBC)作为内标物进行定量。

马娅萍等<sup>[18]</sup>建立了一个利用二维色谱技术直接定量测定白酒中 EC 的方法。该方法直接进样 2  $\mu$ L,最低检测限为 13  $\mu$ g/L,相对标准偏差为 7.7%,是用于白酒中 EC 含量分析的一种简便、快速、准确的常规分析方法。Ma 等<sup>[19]</sup>采用多维色谱技术-热离子检测器来检测发酵酒精饮料中的 EC 含量,检测限达到 1  $\mu$ g/L,相对标准偏差为 2%,完全能够满足检测要求。

由于发酵食品的化学组分十分复杂,EC 的含量通常是痕量级的,气相色谱法仅靠保留时间定性,即使样品经过繁杂的前处理技术,EC 的定性和定量都很容易受到样品中其他复杂基体的干扰,且当样品中 EC 含量超标时,需进一步采用质谱确证,这些都影响了气相色谱法的进一步推广和使用<sup>[20]</sup>。

### 4.3 气相色谱/质谱联用法(GC/MS)

20 世纪 90 年代以后,随着质谱技术的提高,GC/MS 得到了较快的发展。由于 GC/MS 可采用选择离子检测(SIM)方式定性及定量,能减少杂质的干扰,灵敏度较高,已经被列入 AOAC(994.07)检测酒精饮料及酱油中 EC 的标准方法。对于 GC/MS 法,样品的前处理在检测中起着至关重要的作用,近年来,用于食品和饮料中 EC 分析的制样方法主要有液液萃取(LLE)、固相萃取(SPE)、固液萃取(SLE)、固相微萃取(SPME)。

1993 年,我国颁布了出口蒸馏酒、黄酒中氨基甲酸乙酯残留量检验的行业标准 SN 0285-93<sup>[21]</sup>,其前处理采用 LLE 法;AOAC(994.07)采用 SPE 法作为分析 EC 的标准处理方法。近几年,国内外大批学者将这四种前处理方法应用于各种发酵食品中 EC 的分析,从而探究其适用性。其中,梁新红等<sup>[22]</sup>分别采用这四种方法对葡萄酒样进行前处理,研究其最佳萃取参数、准确度和精确度等。

综合各项研究<sup>[20,22-30]</sup>表明,LLE 法无需贵重仪器,

但操作系统误差较大,方法精密度和准确度均较低,且易产生乳化作用;SPE法和SLE法都能有效地将分析物和干扰组分分离,方法的重现性好,准确度高,且SLE法更经济、环保,但其难点在于硅藻土的质量差别,可能会对结果产生巨大影响;SPME无需有机溶剂,使萃取、预富集、进样等过程一次完成,减少了分析时间,还可以自动进样,但因为影响其萃取的因素较多,稳定性是SPME的技术关键之一。

Stephen等<sup>[31]</sup>报道了一种新型的灵敏度高的发酵食品中EC检测的方法,气相色谱-高分辨率质谱检测气法(GC-HRMS)。样品采用Extrelut柱萃取、硅酸镁柱净化、 $d_5$ -EC作为内标物,然后经GC-HRMS分析。结果表明该方法的回收率高、重现性好,其检测限和定量限分别不超过0.03、0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。经过欧盟委员会执行法案2002/657/EC各项指标的验证,该方法完全符合检测要求。

#### 4.4 高效液相色谱-荧光法(HPLC/FLD)

氨基甲酸乙酯在发酵食品中属痕量物质(ppb级),需用灵敏度高的荧光检测器才能检测。但EC本身并不产生荧光,需用9-羟基吨(9-xanthidrol)衍生后用荧光检测,其反应式如图1。

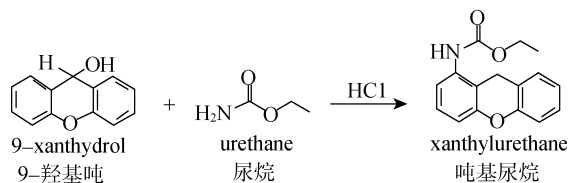


图1 EC衍生化反应式

Fig. 1 The derivative equation of EC

诸葛庆等<sup>[32]</sup>建立了一种反相高效液相色谱法测定黄酒中氨基甲酸乙酯的方法。黄酒样品经固相萃取柱净化后衍生,采用反相 $C_{18}$ 色谱柱XB- $C_{18}$ (4.6 mm  $\times$  250 mm, 5  $\mu\text{m}$ )进行检测。结果表明,在50.0~250.0  $\mu\text{g}/\text{L}$ 添加量范围内,平均回收率为92.9%,相对标准偏差为4.5%( $n=6$ )。方法的检出限为10  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,线性范围为100~1500  $\mu\text{g}/\text{L}$ ( $R=0.9995$ ),测定结果与标准气相色谱-质谱法基本相同。所建立的方法可以作为黄酒中氨基甲酸乙酯的检测方法。

Abreu等<sup>[33]</sup>采用HPLC/FLD法和GC/MS法同时在多个国际实验室检测5种酒类产品的EC含量。研究表明,GC/MS法需要进行繁杂的前处理,但HPLC/

FLD法需对样品进行衍生化处理,因此HPLC/FLD法的标准偏差(6.3%)比GC/MS法(4.7%)要高,但样品检测时间大大缩短,从大约3 h减少到40 min,且仪器消耗和对操作要求明显低于GC/MS法。这种方法仅靠保留时间定性,定性能力较差,且当样品中EC含量超标时,需进一步采用质谱确证,但其完全可以作为大量实验时筛选之用。

#### 4.5 气相色谱-串联质谱法(GC/MS/MS)

Hamlet等<sup>[34]</sup>采用GC/MS/MS结合阳离子化学电离(PICI)法分析了50个小麦面包样中EC的含量。结果显示,样品中EC含量在0.6~12.2  $\mu\text{g}/\text{L}$ 之间,方法的检出限和定量限分别为0.6、1.2  $\mu\text{g}/\text{L}$ ;通过与GC/MS比较,GC/PICI-MS/MS和GC/MS都能准确定量,但在提高灵敏度和对所有浓度范围内的EC准确性方面GC/PICI-MS/MS更具优势。

Lachenmeier等<sup>[35]</sup>采用顶空固相微萃取(HS-SPME)结合GC/MS/MS测定了酒中的EC,检出限和定量限为别达到了30、110  $\mu\text{g}/\text{L}$ ;对任意浓度的EC进行检测,其日内、日间相对标准偏差分别都不超过4.3%、8.2%。研究表明,GC/MS/MS法可以实现快速、准确及自动化检测,但是由于仪器维护成本较高,现阶段仍难以广泛推行。

#### 4.6 液相色谱-串联质谱法(HPLC/MS/MS)

Park等<sup>[36]</sup>提出了采用HPLC/MS/MS法测定酱油中EC的方法。该方法选择 $m/z$  90作为特征离子( $[M+H]^+$ ),子离子 $m/z$  62作为定性和定量离子,检测限和定量限分别可达到0.05、0.1  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,在0.1~20  $\mu\text{g}/\text{L}$ 浓度范围内具有良好的线性关系。对一些酱油产品分别用GC/MS和HPLC/MS/MS两种方法检测,结果表明HPLC/MS/MS法表现出更低的检测限和更好的重复性,且不需要耗时的净化过程。但是HPLC/MS/MS法也面临着和GC/MS/MS法一样的问题,仪器价格昂贵、维护成本太高,难以广泛推行。

## 5 小结

我国发酵食品种类繁多,而我国对发酵食品中EC的研究主要集中在发酵酒精饮料、酱油等食品中。当前迫切需要跟踪我国各类发酵食品的发酵过程,对EC的生成机制、降低EC含量的方法作深入研究;并对我国发酵食品EC含量进行调研,建立对各种发酵食品EC含量的标准检测方法及限量标准,从而确

保我国发酵食品的安全性、增强我国发酵食品行业在国际市场的竞争力。

### 参考文献

- [1] 周萍萍, 周蕊, 赵云峰. 葡萄酒中氨基甲酸乙酯污染评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(3): 208-302.
- [2] 耿予欢, 李国基. 关于酿造酱油中氨基甲酸乙酯的探讨[J]. 中国酿造, 2003, 124(1):31-33.
- [3] Weber JV, Sharypov VI. Ethyl carbamate in foods and beverages:a review [J]. Environ Chem Lett, 2009, 7: 233-247.
- [4] 高年发, 宝菊花. 氨基甲酸乙酯的研究进展[J]. 中国酿造, 2006, (9): 1-4.
- [5] 吴世嘉, 王洪新. 发酵食品中氨基甲酸乙酯的研究进展[J]. 化学与生物工程, 2009, 26(9): 15-19.
- [6] Park KK, Liem A, Stewart BC, *et al.* Vinyl carbamate epoxide,a major strong electrophilic, mutagenic and carcinogenic metabolite of vinyl carbamate and ethyl carbamate(urethane) [J]. Carcinogenesis, 1993, 14: 441-450.
- [7] Sakano K, Oikawa S, Hiraku Y, *et al.* Metabolism of carcinogenic urethane to nitric oxide is involved in oxidative DNA damage [J]. Free Radic Biol Med, 2002, 33(5): 703-714.
- [8] 陈小萍, 林国斌, 林升清, 等. 蒸馏酒和发酵酒中氨基甲酸乙酯的监测与危害控制[J]. 海峡预防医学杂志, 2009, 15(6): 54-55.
- [9] Balcerek M, Szopa JS. Ethyl carbamate content in fruit distillates,Zywnosc,Nauka, Technologia [J]. Jakosc, 2006, 1(46): 91-101.
- [10] Schaber PM, Colson J, Higgins S, *et al.* Thermal decomposition (pyrolysis) of urea in an open reaction vessel [J]. Thermochim Acta, 2004, 424: 131-142.
- [11] 吴帅, 马佩, 张燕, 等. 葡萄酒中氨基甲酸乙酯的形成机理及检测方法[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010, 3: 66-69.
- [12] 梁新红, 孙俊良, 曾洁. 葡萄酒中氨基甲酸乙酯形成及质量控制[J]. 酿酒科技, 2009, (10): 32-36.
- [13] Fidaleo M, Esti M, Moresi M. Assessment of urea degradation rate in model wine solutions by acid urease from *Lactobacillus fermentum* [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54: 6226-6235.
- [14] Zotta T, Ricciardi A, Parente E. Enzymatic activities of lactic acid bacteria isolated from cornetto di matera sourdoughs [J]. Int J Food Microbiol, 2007, 115: 165-172.
- [15] 巫景铭, 洪瑞泽, 马丽辉. 黄酒生产中氨基甲酸乙酯的监测与控制[J]. 酿酒, 2011, 38(3): 64-67.
- [16] Neves EA, Oliveira A, Fernandes AP, *et al.* Simple and efficient elimination of copper(II) in sugar-cane spirits [J]. Food Chem, 2007, 101: 33-36.
- [17] Lachenmeier DW. Rapid screening for ethyl carbamate in stone-fruit spirits using FTIR spectroscopy and chemometrics [J]. Anal Bioanal Chem, 2005, 382: 1407-1412.
- [18] 马娅萍, 孙守威, 邓富全. 用二维色谱技术直接定量测定白酒中氨基甲酸乙酯[J]. 分析测试学报, 1996, 15(5): 47-50.
- [19] Ma YP, Deng FQ, Chen DZ. Determination of ethyl carbamate in alcoholic beverages by capillary multi-dimensional gas chromatography with thermionic specific detection [J]. Chromatogr A, 1995, 695(2): 259-265.
- [20] 朱志鑫, 吴惠勤, 黄晓兰, 等. 发酵食品中氨基甲酸乙酯的分析方法[J]. 食品科技, 2009, 34(6): 287-290.
- [21] 中华人民共和国国家进出口商品检验局. SN 0285-1993 出口酒类中氨基甲酸乙酯残留量.
- [22] 梁新红, 李华. 中国葡萄酒中氨基甲酸乙酯的研究[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2007.
- [23] Whiton RS, Zoecklein BW. Determination of ethyl carbamate in wine by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry [J]. Am J Enol Viticult, 2002, 53(1): 60-63.
- [24] 刘晓毅, 郝媛媛, 赵玉琪. 酱油中的氨基甲酸乙酯检测方法研究[J]. 中国调味品, 2010, 35: 81-84.
- [25] 谭波涛, 刘艳琴, 赵杰, 等. GC-MS 法测定发酵食品中氨基甲酸乙酯的含量[J]. 分析实验室, 2011, 30(12): 31-33.
- [26] 何碧英, 柳洁, 曾灼祥, 等. 氘代同位素内标 GC/MS 法测定发酵食品中氨基甲酸乙酯[J]. 中国热带医学, 2009, 9(11): 2107-2109.
- [27] 张雪娜, 叶长文, 邹更, 等. 基于基质修饰的多次顶空固相微萃取-气相色谱法检测酒精饮料中的氨基甲酸乙酯[J]. 色谱, 2011, 29(8): 701-705.
- [28] 刘俊, 徐岩, 陈双, 等. 顶空-固相微萃取-气质联用技术快速测定黄酒中氨基甲酸乙酯的方法研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 60-63.
- [29] 崔鹏, 韩澄华, 张辉. 青稞酒中氨基甲酸乙酯的气相色谱-四级杆质谱测定法[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(1): 71-72.
- [30] 王立媛, 吴平谷, 张晶, 等. 同位素稀释-GC/MS 法测定腐乳中氨基甲酸乙酯含量[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(11): 2631-2632.
- [31] Stephen WC, Ka PK, Benedict LC. Determination of Ethyl Carbamate in Fermented Foods by GC-HRMS [J]. Chromatographia, 2010, 72: 571-575.
- [32] 诸葛庆, 李博斌, 江涛, 等. 固相萃取-高效液相色谱法测定黄酒中氨基甲酸乙酯[J]. 酿酒科技, 2012, (1):112-115.
- [33] Abreu SM, Alves A, Oliveira B, *et al.* Determination of ethyl carbamate in alcoholic beverages:an interlaboratory study to

- compae HPLC-FLD with GC-MS methods [J]. Anal Bioanal Chem, 2005, 382: 498-503.
- [34] Hamlet CG, Jayaratne SM, Morrison C. Application of positive ion chemical ionisation and tandem mass spectrometry combined with gas chromatography to the trace level analysis of ethyl carbamate in bread [J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 2005, 19 (16): 2235-2243.
- [35] Lachenmeier DW, Nerlich U, Kuballa T. Automated determination of ethyl carbamate in stone-fruit spirits using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography tandem mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2006, 1108(1): 116-120.
- [36] Park SK, Kim CT, Lee JW, *et al.* Analysis of ethyl carbamate in Korean soy sauce using high-performance liquid chromatography with fluorescence detection or tandem mass spectrometry and

gas chromatography with mass spectrometry [J]. Food Control, 2007, 18(8): 975-982.

(责任编辑: 张宏梁)

### 作者简介



肖泳, 男, 硕士研究生, 研究方向为食品质量与安全。

E-mail: xy882008@163.com



邓放明, 男, 教授, 博士, 研究方向为食品科学。

Email: fmdenghnau@yahoo.com.cn

## “食品安全追溯信息系统”专题约稿函

“食品安全追溯信息系统”是指运用规模化养殖技术、计算机技术、自动识别技术等现代化技术, 来完成对食品从生产源头到销售终端安全控制与追溯体系的建立, 从而满足人们对安全食品的需求。《中华人民共和国食品安全法》明确了食品安全追溯的要点, 规定企业在食品生产环节、加工环节、流通环节都要有能够实现追溯所要记录的内容, 强化了“从农田到餐桌”的全程监管。“食品安全追溯信息系统”在 2008 年北京奥运会期间已成功应用。目前, 食品安全追溯系统正逐步走进普通市民的生活。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品安全追溯信息系统”专题, 围绕食品安全追溯信息系统的功能、构建、应用、管理等问题展开讨论, 计划在 2012 年下半年出版。编辑部特向各位专家诚征惠稿, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 10 月 15 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并优先发表专题论文。

### 投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

Email: [tougao@chinafoodj.com](mailto:tougao@chinafoodj.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部