

超高效液相色谱-串联质谱法同时检测糕点中 6种甜味剂

张树权*, 冯城婷, 林秋凤, 郑耀林, 陈锦杭

(东莞市食品药品检验所, 东莞 523808)

摘要: **目的** 建立超高效液相色谱-串联质谱法同时测定糕点中6种常用合成甜味剂的分析方法。**方法** 选用超纯水作为提取溶剂, 涡旋和超声提取后, 低温离心, 取部分上清液加入正己烷除脂, Waters Atlantis® T3色谱柱、甲醇-5 mmol/L 甲酸铵(含0.1%甲酸)作为流动相、亲水亲脂平衡型固相萃取柱HLB(hydrophile-lipophile balance)净化。**结果** 6种甜味剂在质量浓度为10~200 ng/mL的曲线范围内呈良好线性关系, 相关系数 r 均大于0.999, 平均加标回收率在85.0%~98.2%之间, 相对平均偏差(relative standard deviation, RSD)为1.3%~6.7%。**结论** 该方法具有前处理简单、灵敏度高、检测速度快等优点, 适合糖精钠、甜蜜素、三氯蔗糖、阿斯巴甜、阿力甜、纽甜的检测, 但不适用于安赛蜜的检测。

关键词: 甜味剂; 糕点; 超高效液相色谱-串联质谱法

Simultaneous determination of 6 kinds of sweeteners in pastries by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

ZHANG Shu-Quan*, FENG Cheng-Ting, LIN Qiu-Feng, ZHENG Yao-Lin, CHEN Jin-Hang

(Dongguan Institutes for Food and Drug Control, Dongguan 523808, China)

ABSTRACT: **Objective** To establish a method for simultaneous detection of 6 commonly used synthetic sweeteners in pastries by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Methods** Using ultrapure water as the extraction solvent, after vortexing and ultrasonic extraction, cryogenic centrifugation, took part of the supernatant and added n-hexane for degreasing, Waters Atlantis® T3, methanol-0.1% formic acid with 5 mmol/L ammonium formate were purified as mobile phase and hydrophile-lipophile balance equilibrium solid phase extraction column purification. **Results** The 6 sweeteners had good linear relationships within the curve ranges of the concentration of 10–200 ng/mL, the correlation coefficients were greater than 0.999, the average values of the addition were in the range from 85.0%–98.2% with the relative standard deviation (RSDs) were 1.3%–6.7%. **Conclusion** This method has the advantages of simple pretreatment, good purifying effect, high sensitivity and fast detection rate, and it is suitable for the detection of saccharin sodium, sodium cyclamate, sucralose, aspartame, alitame and neotame, but not suitable for the detection of acesulfame K.

KEY WORDS: sweetener; pastry; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

基金项目: 东莞市社会科学技术发展一般项目(20185071011116)

Fund: Supported by the Society, Science and Technology Development General Program of Dongguan (20185071011116)

*通信作者: 张树权, 食品检验助理工程师, 主要研究方向为食品检验。E-mail: 308883378@qq.com

*Corresponding author: ZHANG Shu-Quan, Assistant Engineer of Food Inspection, Dongguan Institutes for Food and Drug Control, No.7, Huangqi Street, High-tech Industrial Development Zone of Songshan Lake, Dongguan 523808, China. E-mail: 308883378@qq.com

0 引言

合成甜味剂甜度高、热量低、成本低廉,被广泛应用于各类食品企业中。为节约成本增加口感,糕点中往往会添加多种甜味剂。这是由于许多甜味剂在大量使用时会带有不愉快的风味,且单一使用口感单薄,而复合使用可以产生增效作用,如安赛蜜与阿斯巴甜在1:1混合使用时有明显的增效作用^[1]。但近年来有研究表明,部分甜味剂可能有致癌致畸、造成人体损伤的副作用^[2]。为了避免滥用甜味剂带来的健康风险,需要对食品安全进行严格监管。国家标准 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[3]对甜味剂在糕点中的使用量有明确要求,其中糖精钠和阿力甜在糕点中不得添加,而其他几种甜味剂添加量均不得大于1.7 g/kg。据报道^[4],某机构对市售多批糕点进行抽检,发现甜味剂使用频率虽然不高,但一旦使用,检出数值都偏高,因此加强对企业生产的监管十分必要。

目前,关于甜味剂的主要检测方法有高效液相色谱法^[5-10]、气相色谱法^[11-13]、高效液相色谱串联质谱法^[14-22]。其中应用最广泛的是高效液相色谱法,但由于不同甜味剂的性质差异较大,一般只能分析2、3种甜味剂混合物。超高效液相色谱串联质谱法具有灵敏度高、选择性强的特点,能在短时间内分离和检测不同性质的组分,满足同时检测多种甜味剂的需求。本研究建立了利用超高效液相色谱-串联质谱法同时测定糕点中6种常用合成甜味剂的方法,以期在保证检测结果可靠性的前提下,提高检测工作效率。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

1.1.1 仪器与设备

LC30AD 超高效液相色谱仪(日本岛津公司); SCIEX 5500 质谱联用仪(配ESI离子源,美国AB公司); CPA225D 电子分析天平(感量0.00001 g)、BSA223S 电子分析天平(感量0.001 g)(德国赛多利斯公司); 3K 15 离心机(9500 r/min,德国Sigma公司); 超纯水机(Milli-Q Reference,德国默克公司)。

1.1.2 材料与试剂

试剂:甲醇(色谱纯,德国默克公司); 甲酸、甲酸铵(色谱纯,中国天津市科密欧化学试剂有限公司); 固相萃取柱(200 mg/6 mL,批号160A38346A,美国沃特世科技有限公司)。

标准品:糖精钠(批号:18001,质量浓度:1.00 mg/mL,质量分数:100%,中国计量科学研究院); 安赛蜜(批号:G129941,质量分数:99.1%)、甜蜜素(批号:G855226,质量分数:99.9%)、阿斯巴甜(批号:G132138,质量分数:

97.7%)(德国 Dr. Ehrenstorfer 公司); 三氯蔗糖(批号:160807,质量分数:98.8%,中国 Bepure); 阿力甜(批号:150515,质量分数:87.8%)、纽甜(批号:170121,质量分数:95.9%)(北京曼哈格生物科技有限公司)。

样品来源:市售5种预包装糕点。

1.2 实验方法

1.2.1 标准溶液的制备

准确称取除糖精钠外的6种固体标准品约10 mg于10 mL容量瓶中,加超纯水溶解后定容,制成质量浓度为1.0 mg/mL的标准储备液,置于4℃环境中。临用时,取7种储备液各1 mL至同一100 mL容量瓶,配成10 µg/mL混合标准溶液,用超纯水逐级稀释成10、20、50、100、200 mg/mL质量浓度的混合标准工作溶液。

1.2.2 样品溶液的制备

提取:称取试样约2 g(精确到0.01 g)于50 mL聚丙烯离心管中,加入20 mL水,涡旋提取5 min,超声10 min,7500 r/min、4℃离心5 min,上清液转移至100 mL容量瓶。重复提取1次,合并后用水定容;另取一50 mL离心管,取定容溶液10 mL,加入5 mL正己烷,涡旋5 min,静置分层,待净化。

净化:依次用5 mL甲醇、5 mL水活化HLB固相萃取小柱,取5 mL上述下层清液上样,5 mL甲醇洗脱,收集洗脱液,40℃氮吹至近干,用水复溶并定容至1 mL,过0.22 µm滤膜,待上机测定。

1.2.3 色谱及质谱条件

色谱条件:色谱柱:Waters Atantis T3 (2.1 mm×100 mm, 3 µm); 流动相 A: 甲醇、流动相 B: 0.1%甲酸-5 mmol/L 甲酸铵; 流速:0.2 mL/min; 进样体积:2.0 µL; 柱温:30℃; 洗脱梯度:0~5 min: A: 5%; 5~11 min: A: 5%~95%; 11~12 min: A: 95%; 12~13 min: A: 95%~5%; 13~15 min: A: 5%。

质谱条件:离子源: H-ESI(-); 扫描模式: 负离子扫描; 检测方式: 多反应监测; 雾化气: 50.0 psi(氮气); 辅助气: 50.0 psi(氮气); 气帘气: 35.00 psi(氮气); 喷雾电压: -4500 V; 去溶剂温度: 550℃; 碰撞气: 7.00 psi(氮气)。离子对优化结果见表1。

2 结果与分析

2.1 样品提取溶剂的优化

据文献报道^[23-25],甲醇、超纯水和一定比例的甲醇水均被用作甜味剂的提取液,且使用超纯水提取相对较多。为了验证,本研究比较了甲醇、50%甲醇、超纯水等溶剂对各组分的提取效率,且验证了正己烷除脂对各组分是否造成损失。结果如图1所示,3种溶剂对甜蜜素、三氯蔗糖、阿斯巴甜和纽甜的提取效率无明显差异($P > 0.05$),甲醇和

甲醇水对糖精钠的提取效率显著高于水($P < 0.05$), 这可能是某些干扰组分较易在甲醇中溶解, 对糖精钠等易受基质干扰的组分产生增强效应。要降低样品的基质效应, 提取时应尽量除去样品中的杂质, 减少样品基质的干扰。糕点内一般含有较多的油脂, 而正己烷能很好地除去样品中的油脂, 且不会造成检测组分的损失。由于甲醇与正己烷互溶, 因此甲醇作为提取溶剂时不能用正己烷除脂, 而超纯水的提取效果良好, 且与正己烷不互溶, 更具有经济实惠、对环境无危害等优点, 是比较合适的提取溶剂。

表 1 定性离子、定量离子、碰撞能量、去簇电压
Table 1 Qualitative ion, quantitative ion, collision energy and declustering potential

编号	组分	母离子 (<i>m/z</i>)	子离子 (<i>m/z</i>)	碰撞电压 /V	去簇电压 /V
1	安赛蜜	162.000	82.000*	-20.00	-35.00
			78.000	-43.00	-35.00
2	糖精钠	182.000	42.000*	-54.00	-60
			106.00	-25.00	-60
3	甜蜜素	178.000	79.900*	-35.00	-100
			79.900	-35.00	-100
4	三氯蔗糖	395.00	35.100	-50.00	-127.00
			359.200	-15.00	-127.00
5	阿斯巴甜	293.000	261.100*	-22.00	-60.00
			199.900	-16.00	-60.00
6	阿力甜	330.200	312.100*	-17.00	-80.00
			295.200	-26.00	-80.00
7	纽甜	377.300	200.000*	-25.00	-120.00
			345.200	-20.00	-120.00

注: *为定量离子。

2.2 色谱柱的选择

由于检测组分的极性较大, 故选用了几种常见的对极性物质分离效果较好的色谱柱, 比较 ZORBAX SB-C₁₈ Narrow Bore RR 和 waters Atlantis® T3 等色谱柱。在相同的洗脱梯度条件下, 结果如图 2 所示, Waters Atlantis® T3 对各组分的保留性、响应以及峰形均较好, 故选用 waters Atlantis® T3 作为分析用色谱柱。

2.3 流动相的优化

为了缩短检测时间, 优化色谱峰形, 对常用的流动相体系进行了比较。文献报道显示^[14,18,23], 糕点中甜味剂检测较常使用甲醇或乙腈为有机相, 水相则常用甲酸铵、乙酸铵、甲酸和水。根据检测结果发现三氯蔗糖、阿斯巴甜、纽甜和阿力甜等成分在无盐体系(即甲醇水和乙腈水体系)下峰形较差、响应低, 且基线水平较高, 对实际检测造成较大的负面干扰, 而流动相中添加了甲酸铵和甲酸后, 峰形得到了显著的改善。经过比较 5 mmol/L 甲酸铵(含 0.1%甲酸)、10 mmol/L 甲酸铵(含 0.1%甲酸)等不同质量浓度的流动相, 发现虽然缓冲盐和酸的质量浓度越低, 各组分的响应就越高, 但是响应增加程度较低, 且峰形逐渐变差, 为了保证流动相体系的缓冲性能和稳定性, 不宜选用过低质量浓度。综合考虑下, 选用甲醇-5 mmol/L 甲酸铵(含 0.1%甲酸)作为流动相。

2.4 固相萃取柱的选择

在检测过程中, 发现各组分的基质效应干扰严重, 回收率整体上偏高, 对结果定量产生了较大的影响, 因此对前处理有更高的净化要求。经过筛选, 本研究比较了甜味剂检测中常用的 HLB 固相萃取小柱和 C₁₈ 固相萃取小柱, 其中 HLB 固相萃取柱是亲水亲脂共平衡的聚合物反相填料。比对结果发现, HLB 固相萃取小柱的净化效果更强, 能显著降低基质效应对检测结果的干扰, 从而使定量更加准确。

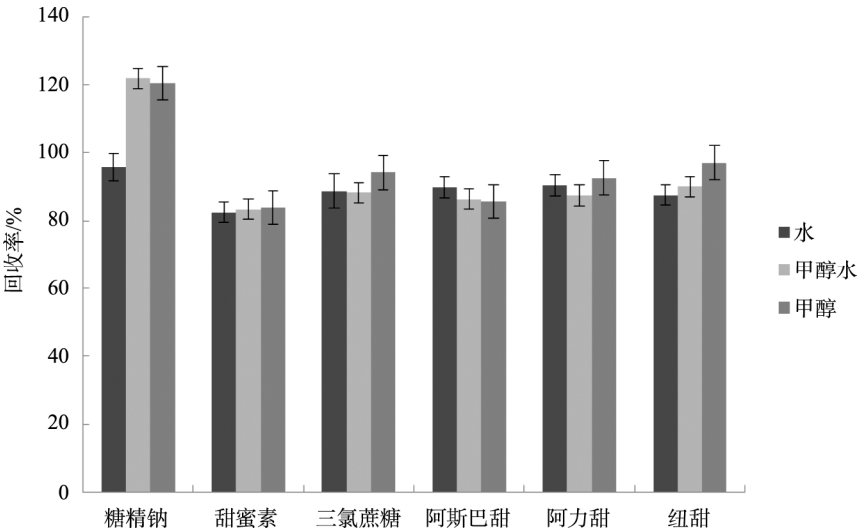


图 1 3 种溶剂的对各组分的提取效率对比图

Fig.1 Comparison of the extraction efficiency of each component of the 3 solvents

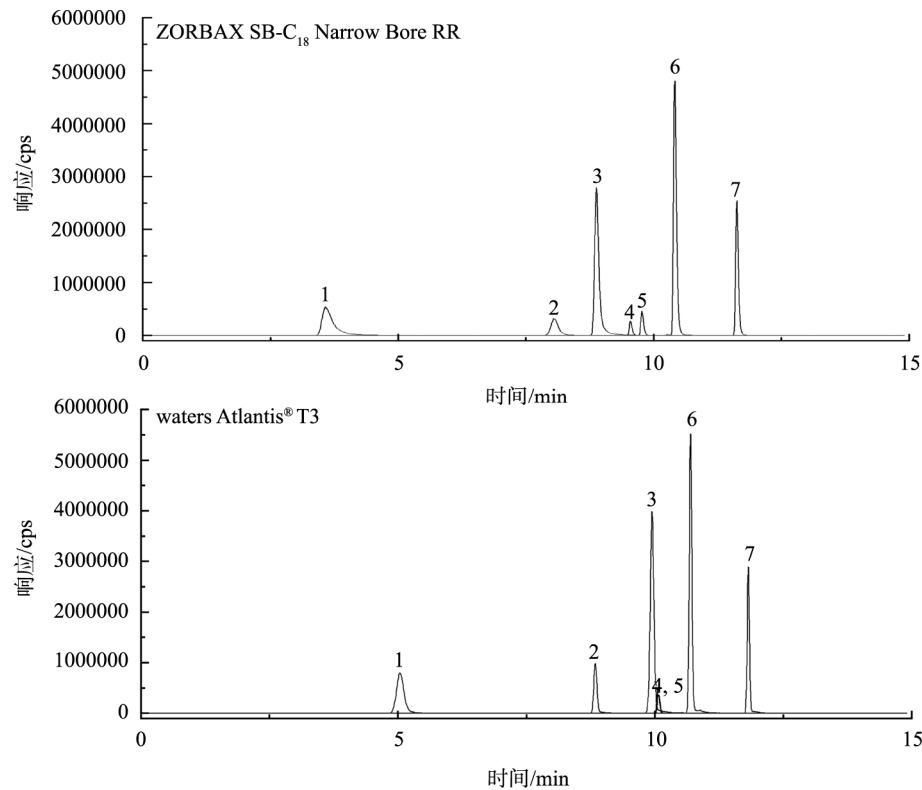
2.5 基质效应的讨论

由于样品中含有大量的油脂、蛋白、色素和碳水化合物等成分, 其中某些干扰成分会对质谱检测器产生干扰, 从而造成基质效应, 且电喷雾离子源(ESI)的基质效应更明显。在本研究过程中, 安赛蜜、糖精钠、三氯蔗糖、阿力甜、纽甜均出现了不同程度的基质增强效应, 而甜蜜素和阿斯巴甜的基质效应影响很小。其中糖精钠、三氯蔗糖、阿力甜、纽甜的基质增强效应经过预处理后能显著降低影响, 但是安赛蜜的基质增强效应十分严重, 无法通过简单的预处理步骤来消除, 需要进一步摸索预处理方法达到降

低乃至消除基质增强效应的目的。

2.6 线性关系

本研究采用外标法, 以系列标准溶液的质量浓度 X 为横坐标, 以峰面积 Y 为纵坐标, 绘制标准曲线。如表 2 所示, 各组份在 10~200 ng/mL 质量浓度范围内线性良好, 相关系数均大于 0.999。以定量离子的 3 倍信噪比($S/N=3$)为检出限(limit of detection, LOD), 10 倍信噪比($S/N=10$)为定量限(limit of quantitation, LOQ), 测定各组份的检出限和定量限质量浓度。如表 2 所示, 各组份的检出限在 3~10 ng/mL 之间, 定量限在 10~30 ng/mL 之间。



注: 1: 安赛蜜; 2: 糖精钠; 3: 甜蜜素; 4: 三氯蔗糖; 5: 阿斯巴甜; 6: 阿力甜; 7: 纽甜。

图 2 不同色谱柱的总离子流图

Fig.2 Total ion chromatograms of different columns

表 2 线性范围、线性方程、相关系数、检出限、定量限
Table 2 Linear ranges, regression equations, correlation coefficients, limits of detection and limits of quantification

编号	名称	线性范围/(ng/mL)	线性方程	相关系数 r	LOD/(ng/mL)	LOQ/(ng/mL)
1	安赛蜜	10~200	$Y=3.98074e4X$	0.99978	6	20
2	糖精钠	10~200	$Y=1.44606e4X$	0.99975	6	20
3	甜蜜素	10~200	$Y=6.74546e4X$	0.99961	3	10
4	三氯蔗糖	10~200	$Y=3.70902e3X$	0.99990	10	30
5	阿斯巴甜	10~200	$Y=1.00600e5X$	0.99989	10	30
6	阿力甜	10~200	$Y=6.82871e4X$	0.99951	3	10
7	纽甜	10~200	$Y=4.85383e4X$	0.99938	3	10

2.7 回收率及精密度

为了检验方法在检测糕点中甜味剂的可行性,选取 3 个加标质量浓度(20、50、100 ng/mL),每个加标质量浓度分别平行称取 6 份样品,每份 2 g,分别加入 10 μg/mL 混合标准溶液 40、100、200 μL,静置 0.5 h 后按本方法操作,上机测定,计算平均加标回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。在未经过 HLB 固相萃取柱净化前,各组分回收率受基质效应干扰影响,回收率偏高,各组分的回收率基本集中在 90.5%~165.1%之间;经过 HLB 固相萃取柱净化后,基质效应的影响明显降低,除安赛蜜外,各组分回收率基本集中在 85.0%~98.2%之间,相对平均偏差 RSD 范围为 1.3%~6.7%之间。

表 3 加标回收率和相对标准偏差(n=6)
Table 3 Recoveries and RSDs (n=6)

编号	名称	添加质量浓度 (ng/mL)	净化前 回收率/%	净化后 回收率/%	RSD/%
1	安赛蜜	20	165.1	140.9	5.1
		50	163.8	145.5	6.7
		100	160.8	143.8	3.2
2	糖精钠	20	117.9	98.0	3.9
		50	118.0	91.5	5.1
		100	118.3	98.2	4.8
3	甜蜜素	20	91.7	86.9	3.4
		50	92.6	85.0	3.3
		100	90.5	87.6	2.8
4	三氯蔗糖	20	118.2	93.3	2.5
		50	117.2	85.1	4.2
		100	115.3	87.7	3.4
5	阿斯巴甜	20	112.3	91.9	1.3
		50	115.1	88.5	2.0
		100	113.9	89.1	1.7
6	阿力甜	20	120.8	92.2	5.6
		50	130.8	89.0	4.1
		100	127.5	90.1	4.7
7	纽甜	20	124.7	88.2	6.3
		50	123.5	85.7	3.9

2.8 实际样品测定结果

运用本研究建立的方法对 5 种市售糕点中的合成甜味剂进行测定,结果均未检出甜味剂。按各种甜味剂的现行国家标准(GB 5009.28—2016、GB 5009.97—2016、GB 5009.263—2016、GB 5009.247—2016、GB 22255—2014)

重新进行检验,得出结果一致。为了进一步考察方法的可行性,以空白样品加标的方式,按本方法和国家标准方法作比对。称取样品 2 g,统一加标含量为 25 mg/kg,即加入 1000 μg/mL 标准溶液各 50 μL,混合均匀后静置 0.5 h 后,分别按本方法和国标标准方法操作,其中按本方法操作时需将初次定容的提取液再稀释 20 倍,上机测定。糖精钠测得平均含量分别为 22.744 和 24.450 mg/kg,甜蜜素测得平均含量分别为 22.151 和 22.300 mg/kg,三氯蔗糖测得平均含量分别为 22.290 和 21.048 mg/kg,阿斯巴甜测得平均含量分别为 20.384 和 21.990 mg/kg,阿力甜测得平均含量分别为 21.387 和 21.867 mg/kg,纽甜测得平均含量分别为 20.886 和 21.773 mg/kg,测定结果均未超过算数平均值的 10%。

3 结论与讨论

本研究建立了超高效液相色谱-串联质谱法测定糕点中糖精钠、甜蜜素、三氯蔗糖、阿斯巴甜、阿力甜、纽甜 6 种常用人工合成甜味剂的分析方法,以超纯水作为溶剂进行提取,正己烷除脂,再经过亲水亲脂的平衡填料净化。6 种甜味剂在质量浓度为 10~200 ng/mL 的曲线范围内呈良好的线性关系,相关系数 *r* 均大于 0.999,平均加标回收率在 85.0%~98.2%之间,相对平均偏差为 1.3%~6.7%,且与对应国家标准检验结果一致。该方法简便、安全、高效,为人工合成甜味剂的筛查和检测提供了可靠的技术方法。不足之处在于,由于安赛蜜的基质效应影响严重,无法彻底消除基质效应带来的影响,导致加标回收偏高、定量不够准确。关于如何进一步净化样品溶液,降低安赛蜜的基质干扰,是今后主要研究方向之一。

参考文献

[1] 李晔. 阿斯巴甜与 AK 糖的混合应用[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(5): 12-13.
LI Y. Mixed application of aspartame and acesulfame K [J]. Food Res Dev, 2003, 24(5): 12-13.

[2] 吴世嘉, 王洪新, 陶冠军. 超高压液相色谱-质谱同时测定白酒中 6 种微量甜味剂的方法研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(5): 670-676.
WU SJ, WANG HX, TAO GJ. Ultra-high pressure liquid chromatography-mass spectrometry method for simultaneous determination of six micro-sweeteners in distilled spirit [J]. J Food Sci Biotechnol, 2010, 29(5): 670-676.

[3] GB 2760—2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2014 National food safety standards-Food additive use standard [S].

[4] 梁卓妮. 2018 年上半年生产环节糕点防腐剂及甜味剂安全检测结果分析[J]. 现代食品, 2018, 12: 66-68.
LIANG ZN. Analysis on the safetytest results of pastry preservatives and sweeteners in the first half of 2018 [J]. Mod Food, 2018, 12: 66-68.

- [5] 稽超, 孙艳艳, 李秀琴, 等. 饮料中 4 种人工合成甜味剂同时测定的超高效液相色谱快速检测方法[J]. 色谱, 2009, 27(1): 111–113.
- JI C, SUN YY, LI XQ, *et al.* Simultaneous determination of artificial sweeteners in beverage by ultra performance liquid chromatography [J]. Chin J Chromatogr, 2009, 27(1): 111–113.
- [6] 宋戈, 姜金斗, 张秋梅. 乳及乳制品中多种防腐剂和甜味剂的同时测定[J]. 色谱, 2010, 28(3): 323–326.
- SONG G, JIANG JD, ZHANG QM. Simultaneous determination of various aseptics and sweeteners in milk and dairy products [J] Chin J Chromatogr, 2010, 28(3): 323–326.
- [7] 杨春林, 李佳峻, 吴蔚, 等. 高效液相色谱法测定糕点中 5 种食品添加剂[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 146–149.
- YANG CL, LI JJ, WU W, *et al.* Determination of 5 food additives in cakes by liquid chromatography [J]. Food Res Dev, 2012, 33(2): 146–149.
- [8] 周魁, 党璐, 张存社, 等. 高效液相色谱法测定组胺的含量[J]. 广东化工, 2012, 39(5): 203–204.
- ZHOU K, DANG L, ZHANG CS, *et al.* Determination of neotame by high performance liquid chromatography [J]. Guangdong Chem Ind, 2012, 39(5): 203–204.
- [9] 佟芳荻, 公绪芳, 伍金华, 等. 超高效液相色谱法同时测定食品中 4 种防腐剂和 5 种甜味剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(7): 2273–2280.
- TONG FD, GONG XF, WU JH, *et al.* Determination of 4 kinds of preservatives and 5 kinds of artificial sweeteners in foods by ultra performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(7): 2273–2280.
- [10] 陈其钊, 陈嘉敏, 陈红香, 等. 固相萃取-多波长超高效液相色谱法同时测定食品中的 4 种甜味剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(14): 3725–3732.
- CHEN QZ, CHEN JM, CHEN HX, *et al.* Simultaneous determination of 4 kinds of artificial sweeteners by solid phase extraction-ultra performance liquid chromatography under different wavelength [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(14): 3725–3732.
- [11] 程水连, 王泽科, 祝正辉. 气相色谱外标法测定食品中甜蜜素含量方法的改进[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 85–87.
- CHENG SL, WANG ZK, ZHU ZH. An improved method for sodium cyclamate determination in food by external standard method of GC [J]. Food Mach, 2013, 29(2): 85–87.
- [12] MAHDI H, ALI H, NARGES J. Determination of cyclamate in artificial sweeteners and beverages using headspace single-drop microextraction and gas chromatography flame ionization detection [J]. Food Chem, 2011, 124: 1258–1263.
- [13] YU SB, ZHU BH, LV F, *et al.* Rapid analysis of cyclamate in foods and beverages by gas chromatography electron capture detector (GC-ECD) [J]. Food Chem, 2012, 134: 2424–2429.
- [14] 梅婕, 司冠儒, 张温清, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定白酒中 6 种甜味剂[J]. 酿酒科技, 2016, (3): 122–124.
- MEI J, SI GR, ZHANG WQ, *et al.* Determination of six kinds of sweeteners in liquor by HPLC-MS [J]. Liquor-Ma Sci Technol, 2016, (3): 122–124.
- [15] 周玉, 董孝元, 余义, 等. LC-ESI-MS/MS 测定白酒中甜味剂组甜的方法研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(10): 143–146.
- ZHOU Y, DONG XY, YU Y, *et al.* Research on detection of sweetener neotame in liquor by LC-ESI-MS/MS [J]. Food Res Dev, 2018, 39(10): 143–146.
- [16] 范广宇, 冯峰, 张峰, 等. 亲水相互作用色谱-串联质谱法测定液体食品中 14 种甜味剂[J]. 色谱, 2018, 36(4): 351–355.
- FAN GY, FENG F, ZHANG F, *et al.* Determination of 14 sweeteners in liquid foods by hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2018, 36(4): 351–355.
- [17] 张倩勉, 盘正华, 范兴, 等. HPLC-MS 法测定饮料中甜蜜素等 6 种非糖类甜味剂含量[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(13): 99–102.
- ZHANG QM, PAN ZH, FAN X, *et al.* Determination of cyclamate sodium etc. six kinds of sweetening agent of non-carbohydrate in the drinks by HPLC-MS [J]. J Anhui Agric, 2017, 45(13): 99–102.
- [18] 宗珊盈, 李超, 张娟, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品中 7 种防腐剂和 4 种甜味剂[J]. 中国食品添加剂, 2016, (6): 195–199.
- ZONG SY, LI C, ZHANG J, *et al.* Simultaneous determination of 7 kinds of preservatives and 4 kinds of sweeteners in foods by UPLC-MS/MS [J]. China Food Add, 2016, (6): 195–199.
- [19] KUBICA P, NAMIEŚNIK J, WASIK A. Determination of eight artificial sweeteners and common *Stevia rebaudiana* glycosides in non-alcoholic and alcoholic beverages by reversed-phase liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry [J]. Anal Bioanal Chem, 2015, 407: 1505–1512.
- [20] ZYGLER A, WASIK A, KOT-WASIK A, *et al.* Determination of nine high-intensity sweeteners in various foods by high-performance liquid chromatography with mass spectrometric detection [J]. Anal Bioanal Chem, 2011, 400: 2159–2172.
- [21] FERRER I, THURMAN EM. Analysis of sucralose and other sweeteners in water and beverage samples by liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2010, 1217(25): 4127–4134.
- [22] 李丽萍, 范赛, 刘伟, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测白酒中 9 种甜味剂含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(7): 2216–2222.
- LI LP, FAN S, LIU W, *et al.* Simultaneous determination of 9 kinds of sweeteners in liquor by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(7): 2216–2222.
- [23] 李云飞, 殷红, 杨玲春, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速测定食品中 6 种甜味剂[J]. 环境化学, 2016, 35(8): 1737–1740.
- LI YF, YIN H, YANG LC, *et al.* Rapid detection of 6 sweeteners in food by UHPLC-Q-Orbitrap mass spectrometry [J]. Environ Chem, 2016, 35(8): 1737–1740.

1737-1740.

(责任编辑: 张晓寒)

- [24] SN/T 3538—2013 出口食品中六种合成甜味剂的检测方法 液相色谱-质谱/质谱法[S].

SN/T 3538—2013 Detection methods of six synthetic sweeteners in export food-Liquid chromatography-mass spectrometry/mass spectrometry [S].

- [25] 杨君, 王建华, 刘靖靖, 等. 食品中甜味剂的检测技术研究进展[J]. 化学分析计量, 2013, 22(5): 100-103.

YANG J, WANG JH, LIU JJ, *et al.* Research progress in detecting methods of sweeteners in food stuff [J]. Chem Anal Meter, 2013, 22(5): 100-103.

作者简介



张树权, 食品检验助理工程师, 主要研究方向为食品检验。

E-mail: 308883378@qq.com

“食品保鲜与贮藏”专题征稿函

随着生活水平的逐渐提高, 人们对食品的质量有了更高的要求。因此, 保鲜技术被广泛应用于食品的加工流通过程中。如何保持食品的新鲜度以及食品在储藏过程中的安全性成为目前研究的重点。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 由浙江大学 罗自生 教授 担任专题主编, 主要围绕 (1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2021 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编国家风险评估 吴永宁 研究员 及浙江大学 罗自生教授 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2021 年 3 月 19 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式(注明专题): 食品保鲜与贮藏

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部