

柱前衍生反相高效液相色谱法测定新疆特色食品馕中氨基酸含量

卢彬[#], 付铭[#], 范蕊, 王文文, 曹雪琴, 朱丽, 李梅琴, 郑健琨^{*}

(新疆维吾尔自治区分析测试研究院, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 目的 建立柱前衍生反相高效液相色谱法(reversed-phase high performance liquid chromatography, RP-HPLC)测定新疆特色食品馕中17种氨基酸含量的检测方法。**方法** 通过优化酸水解参数,并以6-氨基喹啉-N-羟基琥珀酰亚胺基甲酸酯为衍生试剂,用乙腈为流动相A,水为流动相B,磷酸盐缓冲液溶液为流动相C进行梯度洗脱,柱温37℃条件下用AccQ-Tag色谱柱(3.9 mm×150 mm, 4 μm)进行分离,采用反相-高效液相色谱法荧光检测器(激发波长250 nm、发射波长395 nm)进行测定。**结果** 当取样量为100 mg、水解液加入体积为10 mL、水解温度为115℃、水解时间为24 h时,水解效果最好。17种氨基酸线性回归方程的相关系数在0.9985以上($n=3$),检出限为0.011~0.058 mg/L,回收率为81.6%~116.2%,相对标准偏差为0.41%~6.94%($n=3$)。**结论** 该方法操作简单、灵敏度高、线性关系和回收率好,适用于新疆特色食品馕中氨基酸含量的测定。

关键词: 反相高效液相色谱法; 柱前衍生法; 馕; 氨基酸

Determination of amino acids in Xinjiang special food Nang by reversed-phase high performance liquid chromatography with pre-column derivatization

LU Bin[#], FU Ming[#], FAN Ru, WANG Wen-Wen, CAO Xue-Qin, ZHU Li, LI Mei-Qin, ZHENG Jian-Kun^{*}

(Xinjiang Uygur Autonomous Region Academy of Instrumental Analysis, Urumqi 830011, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for determination of 17 kinds of amino acids in Xinjiang special food Nang by reversed-phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC) with pre-column derivatization. **Methods** By optimizing the parameters of acid hydrolysis, 6-aminoquinoline-n-hydroxysuccinimide formate was used as derivatization reagent, with acetonitrile as mobile phase A, water as mobile phase B, phosphate buffer solution as mobile phase C for gradient elution. The separation was performed on AccQ tag column (3.9 mm×150 mm, 4 μm) at 37℃ and fluorescence detector (excitation wavelength 250 nm, emission wavelength 395 nm) was used for detection. **Results** The best hydrolysis effect was obtained when the sample weight was 100 mg, the volume of hydrolysate was 10 mL, the hydrolysis temperature was 115℃, and the hydrolysis time was 24 h. The

[#]卢彬和付铭为并列第一作者

[#]LU Bin and FU Ming are co-first Author

^{*}通信作者: 郑健琨, 高级实验师, 主要研究方向为食品营养与检测。E-mail: 1577357172@qq.com

^{*}Corresponding author: ZHENG Jian-Kun, Senior laboratory Technician, Xinjiang Uygur Autonomous Region Academy of Instrumental Analysis, Urumqi 830011, China. E-mail: 1577357172@qq.com

correlation coefficients of the linear regression equation of 17 amino acids were above 0.9985 ($n=3$), the detection limits were 0.011–0.058 mg/L, the recoveries were 81.6%–116.2%, and the relative standard deviations were 0.41%–6.94% ($n=3$). **Conclusion** This method is simple, sensitive, and the linear and recovery are good, which is suitable for the determination of amino acid in Xinjiang special food Nang.

KEY WORDS: reversed-phase high performance liquid chromatography; pre-column derivatization; Nang; amino acid

0 引言

馕是新疆特色食品,在维吾尔饮食文化中占据着极为特殊的地位,尤其是在维吾尔族的日常生活中,扮演着十分重要的角色^[1-2]。馕具有制作方式简单、保存和储运便捷等特点,并且吃起来香酥酥脆,深受各族群众欢迎^[3]。馕的品种有很多,不同种类的馕在制作过程中用的辅料也不同,主要原料有小麦、清油、羊油、牛奶、鸡蛋、核桃仁、巴旦木、杏仁、芝麻、洋葱等成分,易于人体吸收,对健康有很大益处^[4-5]。食物中氨基酸的含量是评价其营养质量的一项重要指标,因此有必要建立一种操作简单、准确可靠的馕中氨基酸含量的分析方法。

目前,氨基酸分析过程主要分为样品预处理和仪器分析 2 部分。样品预处理是为了水解肽键,将氨基酸分离为游离氨基酸。氨基酸水解可以通过酸、碱和酶的处理来实现。最常用的是酸水解,在 110 °C 下用 6 mol/L 盐酸处理 24 h。但是,不同的氨基酸在酸性介质中的水解效果不同,导致了某些氨基酸的回收不完全^[6]。通过优化水解参数,包括水解温度、水解时间、水解液用量等,来克服氨基酸损失已有相关报道^[7],然而不同样本的基质效应不同,水解参数有必要针对每种类型的样品进行分别调整。

氨基酸仪器分析方法主要是色谱方法,包括离子色谱法^[8-10]和高效液相色谱法^[11-15],其中反相高效液相色谱法(reversed-phase high performance liquid chromatography, RP-HPLC)因其快速、分离能效高、检测灵敏度高,已广泛用于氨基酸的分析检测。RP-HPLC 法按衍生反应的先后,又分为柱前衍生和柱后衍生法。氨基酸分析仪是柱后衍生 RP-HPLC 法的代表,已有很广泛的应用,但是氨基酸专用分析仪的专属性强、价格昂贵、仪器利用率低。最常见的氨基酸衍生试剂有:茚三酮^[16-18]、邻苯二甲酐(o-phthal diachyde, OPA)^[19-21]、异硫氰酸苯酯(phenylisothiocyanate, PITC)^[22-23]、2,4-二硝基氟苯^[24]、OPA-9-芴甲基氯甲酸酯(9-fluorenylmethyl chloroformate, Fmoc)联用^[25]和 6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚胺-氨基甲酸酯(6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate, AQC)^[6,26-27]。AQC 是近年来广泛应用的氨基酸柱前衍生试剂之一,该方法具有灵敏度高、衍生物稳定、检出限低、试剂水解物干扰小、分析时间短、重现性好、适于复杂样品分析等

优点^[12]。本研究通过优化前处理条件,用 AccQ-Tag 柱前衍生 RP-HPLC 分析技术,对新疆馕中 17 种常规氨基酸含量进行测定,以期为新疆特色食品馕中氨基酸含量的研究与检测提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究馕样品采集自新疆喀什地区墨玉县,品种为芝麻馕,共 6 批次。样品经研磨、粉碎过 60 目筛,放置于 -18 °C 冰箱备用。

AccQ-Tag 氨基酸衍生试剂盒、AccQ-Tag Eluent A 溶液(美国 Waters 公司);天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、丝氨酸(Ser)、甘氨酸(Gly)、组氨酸(His)、苏氨酸(Thr)、精氨酸(Arg)、丙氨酸(Ala)、脯氨酸(Pro)、酪氨酸(Tyr)、胱氨酸(Cys)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Lys)和苯丙氨酸(Phe)共 17 种混合氨基酸标准液,其浓度除胱氨酸为 1.25 μmol/mL,其余均为 2.5 μmol/mL(美国 Waters 公司);乙腈(色谱纯,美国 Thermo Fisher 公司);实验用水为电阻率为 18.2 MΩ·cm 的超纯水(美国 Millipore 公司);盐酸、苯酚(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

17 种氨基酸标准工作液的制备:用超纯水将混合标准溶液配制成浓度为 20、50、100、200、300、500、800 nmol/mL 的标准溶液,胱氨酸浓度梯度为 10、25、50、100、150、250、400 nmol/mL。

1.2 仪器与设备

ACQUITY ACR 超高效液相色谱仪(配有 2475 荧光检测器)、AccQ-Tag 氨基酸分析柱(3.9 mm×150 mm, 4 μm)(美国 Waters 公司);BSA2202S 电子天平(德国 Sartorius 公司);Milli-Q 超纯水制备系统(美国 Millipore 公司);MS3 basic 涡旋混合器(德国 IKA 公司);UN 260 干燥箱(德国 Memmert 公司),Fw-100 型高速万能粉碎机(北京市永光明医疗仪器厂);SHHW21.600 型数显电热恒温水浴锅(惠州市宏业仪器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

称取混合均匀粉碎过筛的馕样品 100 mg,置于

20 mL 安瓿瓶中,准确加入 10 mL 6 mol/L 恒沸盐酸溶液(含 0.1%苯酚),充氮气,热熔封口,然后于 115 °C 恒温干燥箱中水解 24 h。冷却至室温,打开安瓿瓶,将水解液转移至 25 mL 容量瓶中,用纯水多次冲洗安瓿瓶并定容至刻度,冷藏备用。

1.3.2 标准溶液及样品的衍生

将加热装置预热到 55 °C,用微量进样器吸取 10 μL 标准品或样品至一支干净的样品管中,加入 70 μL AccQ-Fluor 硼酸缓冲液(Buffer1)到水解样品中,涡旋混合,再加入 20 μL 配制好的 AccQ-Fluor 衍生试剂,立即涡旋混合数秒钟,加盖密封,放置 1 min,把样品管放在 55 °C 的加热装置中加热 10 min,冷却至室温后,将样品管中的反应物转移到微量进样品中,上机测定。

1.3.3 色谱条件

色谱柱: AccQ-Tag 氨基酸分析柱(3.9 mm×150 mm, 4 μm); 流速: 1.0 mL/min; 柱温: 37 °C; 荧光检测器激发波长 250 nm, 发射波长 395 nm; 进样量: 10 μL; 流动相 A 为乙腈; 流动相 B 为水; 流动相 C 为 AccQ-Tag Eluent A 溶液,使用时用超纯水按 1:10(V:V)稀释; 梯度洗脱程序如表 1 所示。

表 1 梯度洗脱程序
Table 1 Gradient elution program

时间/min	流动相体积分数/%			曲线
	A	B	C	
0.0	0.0	0.0	100.0	*
0.5	1.0	0.0	99.0	11.0
18.0	5.0	0.0	95.0	6.0
19.0	9.0	0.0	91.0	6.0
29.5	17.0	0.0	83.0	6.0
33.0	60.0	40.0	0.0	11.0
36.0	0.0	0.0	100.0	11.0
45.0	0.0	0.0	100.0	6.0

注: *表示曲线未拟合。

2 结果与分析

2.1 前处理条件优化

2.1.1 取样量的选择

考察不同取样量 10、50、100、200、300、500 mg 对酸水解效果的影响,按各氨基酸峰面积的总和计算,选择最适称样量。测定结果表明,当取样量为 10 mg 时,平行

样品结果有显著差异($P > 0.05$)。取样量逐渐增加,样品溶液中各色谱峰峰面积总和呈上升趋势,当取样量大于 100 mg 后而趋于平缓,因为在相同的水解时间下过多的取样量会导致水解不完全,观察样品溶液发现溶液中还有较大的悬浮颗粒。故选择取样量为 100 mg 较为合适。

2.1.2 酸水解温度的选择

考察不同水解温度 105、110、115、120、125 °C 条件下,对酸水解效果的影响,按各氨基酸峰面积总和计算,选择最适水解温度。结果表明:随着温度的逐渐升高,各色谱峰的峰面积先增加后降低,水解温度大于 120 °C 时,部分氨基酸(胱氨酸、酪氨酸)峰面积减少显著($P > 0.05$),过高的水解温度可能会导致部分氨基酸发生降解反应。故选择水解温度为 115 °C 较为合适。

2.1.3 酸水解时间的选择

考察不同水解时间 20、22、24、26 h 条件下,对水解效果的影响,按各氨基酸峰面积总和计算,选择最适水解时间。结果表明:随着时间的延长,各色谱峰的峰面积逐渐增加至趋于平缓。当水解时间过短时,较稳定的疏水性氨基酸,如缬氨酸和异亮氨酸释放的非常缓慢导致水解不完全,过长的水解时间会影响检测的时效性。故选择水解时间为 24 h 较为合适。

2.2 方法学考察

2.2.1 系统适用性

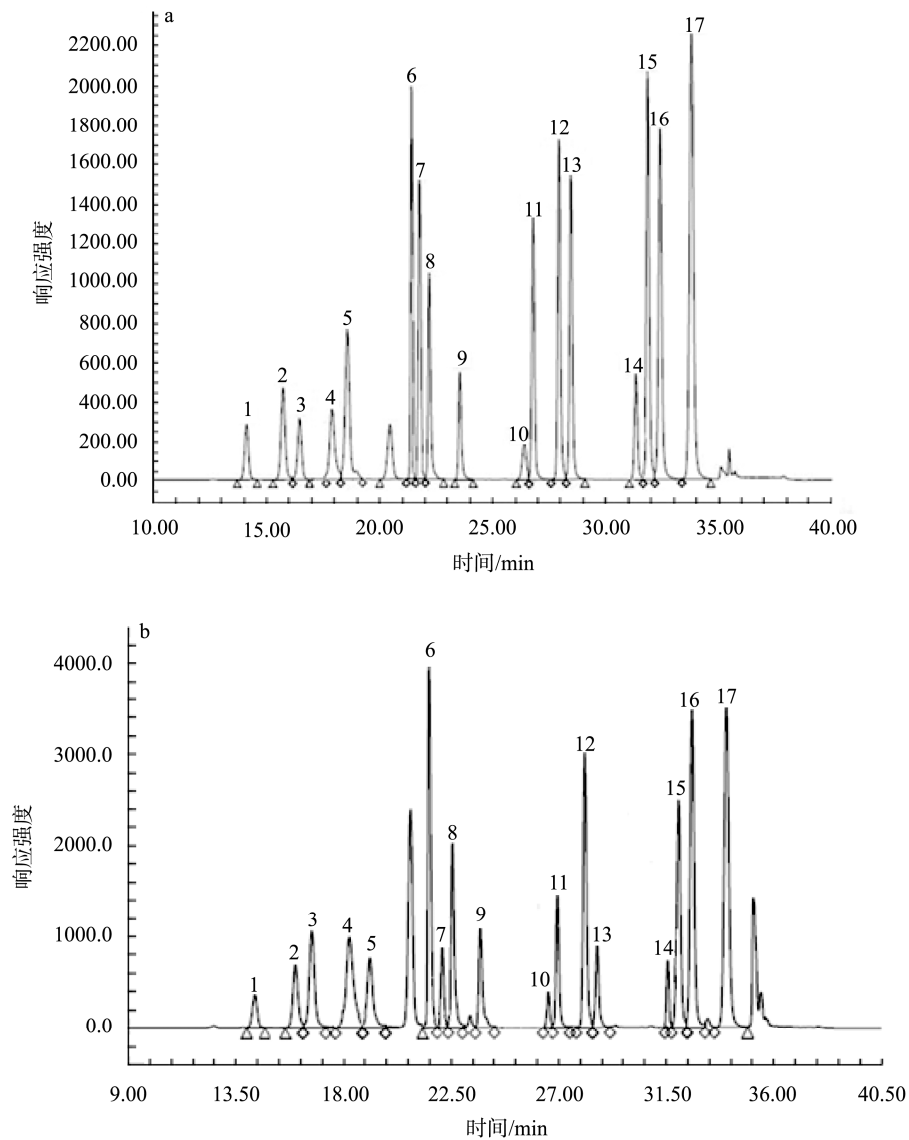
分别取衍生后的混合标准溶液和样品溶液,按 1.3.3 项下色谱条件进行测定。从图 1 可以看出,混合标准溶液和样品中的氨基酸可以达到基线分离,Arg 和 Thr、Cys 和 Tyr、Val 和 Met、Ile 和 Leu,4 个峰对的分辨率大于 90%,各色谱峰的保留时间变动均小于 0.05 min,方法的重复性与稳定性良好。说明本研究方法对该样品具有较好的适应性。

2.2.2 线性关系和检出限

取各系列浓度的标准溶液 10 μL,按照 1.3.2 项方法衍生后,按照 1.3.3 节方法进行色谱分析,以进样浓度 C(μmol/L)为横坐标,以峰面积 A(EU)为纵坐标绘制氨基酸标准工作曲线。按 3 倍信噪比($S/N=3$)计算检出限(limit of detection, LOD)。17 种氨基酸标样的回归方程、相关系数、线性范围、检出限如表 2 所示。在一定质量浓度范围内,线性关系良好,其相关系数为 0.9985 ~ 0.9998,检出限为 0.011 ~ 0.058 mg/L,方法灵敏度高。

2.2.3 回收率和精密度

取 9 份已知浓度的饅样品,每份 100 mg,每 3 份为一组,分别加入已知浓度的质量分数高(120%)、中(100%)、低(80%)3 种浓度水平的标准溶液,按照 1.3.2 节方法进行衍生,然后进行色谱分析计算回收率(见表 3)。结果表明,实际样品中氨基酸加标回收率为 81.6% ~ 116.2%,相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 0.41% ~ 6.94%,方法准确度较高。



注: 1. Asp; 2. Ser; 3. Glu; 4. Gly; 5. His; 6. Arg; 7. Thr; 8. Ala; 9. Pro; 10. Cys; 11. Tyr; 12. Val; 13. Met; 14. Lys; 15. Ile; 16. Leu; 17. Phe。

图1 17种氨基酸混合标准溶液(a)和饴样品(b)色谱图

Fig.1 Chromatograms of mixed standard solution of 17 amino acids(a)and Nang sample(b)

表2 17种氨基酸的线性方程、相关系数、线性范围、检出限

Table 2 Regression equations, correlation coefficients (*r*), linear ranges and LODs of 17 amino acids

序号	氨基酸	回归方程	<i>r</i>	线性范围/(mg/L)	检出限/(mg/L)
1	Asp	$Y=60700X+7.14\times 10^5$	0.9995	2.7~106.5	0.040
2	Ser	$Y=139000X+5.61\times 10^5$	0.9993	2.1~84.1	0.026
3	Glu	$Y=65800X+7.37\times 10^5$	0.9996	2.9~117.7	0.042
4	Gly	$Y=198000X+3.04\times 10^5$	0.9991	1.5~60.1	0.021
5	His	$Y=162000X+2.92\times 10^5$	0.9988	4.2~167.7	0.016
6	Arg	$Y=123000X+5.85\times 10^5$	0.9993	3.5~139.4	0.026
7	Thr	$Y=200000X+7.71\times 10^5$	0.9993	2.4~95.3	0.018
8	Ala	$Y=247000X+1.26\times 10^5$	0.9998	1.8~71.3	0.013

表 2(续)

序号	氨基酸	回归方程	r	线性范围/(mg/L)	检出限/(mg/L)
9	Pro	$Y=10800X+3.16\times 10^5$	0.9990	2.3~92.1	0.017
10	Cys	$Y=22800X+2.45\times 10^5$	0.9985	2.4~96.1	0.058
11	Val	$Y=240000X+3.21\times 10^5$	0.9995	2.3~93.7	0.018
12	Tyr	$Y=212000X+1.49\times 10^6$	0.9997	3.6~145.0	0.027
13	Met	$Y=236000X+8.44\times 10^5$	0.9994	3.0~119.4	0.022
14	Lys	$Y=65500X+7.45\times 10^5$	0.9988	2.7~146.1	0.055
15	Ile	$Y=399000X+1.82\times 10^6$	0.9997	2.6~104.9	0.015
16	Leu	$Y=391000X+1.71\times 10^6$	0.9998	2.6~104.9	0.020
17	Phe	$Y=454000X+9.83\times 10^5$	0.9991	2.9~117.7	0.011

表 3 17 种氨基酸的加标回收率及相对标准偏差(%)($n=3$)
 Table 3 Recoveries and RSDs of 17 amino acids from spiked samples(%) ($n=3$)

序号.	氨基酸	低		中		高	
		回收率	RSD	回收率	RSD	回收率	RSD
1	Asp	89.6	4.62	96.4	2.15	98.9	1.28
2	Ser	92.3	2.33	93.1	3.15	94.7	1.58
3	Glu	94.8	0.88	97.6	1.11	109.8	3.57
4	Gly	88.1	5.16	93.4	3.05	96.6	2.04
5	His	93.7	3.19	96.7	2.04	97.6	1.89
6	Arg	106.9	0.94	110.2	4.11	116.2	2.85
7	Thr	103.6	1.22	105.7	0.41	106.1	1.65
8	Ala	97.2	0.41	98.5	1.38	102.3	2.88
9	Pro	93.8	2.18	94.7	3.46	95.9	2.51
10	Cys	81.6	5.78	87.3	6.94	84.1	4.57
11	Val	98.7	0.67	103.6	2.01	104.1	1.45
12	Tyr	83.4	4.11	86.9	3.05	89.4	2.18
13	Met	94.5	1.56	95.3	2.58	95.6	0.97
14	Lys	105.6	2.48	109.1	4.15	113.5	5.01
15	Ile	95.1	1.64	102.3	2.18	105.4	1.97
16	Leu	96.9	2.01	98.1	4.59	101.3	3.18
17	Phe	97.7	0.98	98.4	0.88	103.8	1.48

2.3 实际样品测定

按照本方法检测芝麻饅中 17 种氨基酸的含量。由表 4 可以看出,芝麻饅中氨基酸种类丰富,主要来源于原材料中小麦粉和芝麻,且加工过程中含量损失较小。含量最高的氨基酸为谷氨酸,最低的为赖氨酸。必需氨基酸总量为 2.43%, 占总氨基酸的 29.1%, 必需氨基酸与非必需氨基酸比为 46.0%。

表 4 芝麻饅中氨基酸含量($n=3, \bar{x}\pm s$) (g/100 g)
Table 4 Amino acid contents in sesame Nang($n=3, \bar{x}\pm s$)(g/100 g)

氨基酸	含量	氨基酸	含量
Asp	0.31±0.03	Cys	0.25±0.11
Ser	0.36±0.03	Val*	0.36±0.04
Glu	2.67±0.12	Tyr	0.26±0.03
Gly	0.34±0.03	Met*	0.24±0.03
His	0.26±0.04	Lys*	0.26±0.02
Arg	0.37±0.04	Ile*	0.34±0.03
Thr*	0.26±0.02	Leu*	0.45±0.06
Ala	0.33±0.02	Phe*	0.37±0.03
Pro	0.75±0.09		

注: *为必需氨基酸。

3 结论

本研究通过优化样品预处理参数,采用柱前衍生 RP-HPLC 分析法,建立了新疆特色食品饅中 17 种游离氨基酸的检测方法。该方法操作简便、准确可靠、稳定性好,可为相关样品的研究与检测提供参考。研究发现,检测结果的准确与否主要取决于样品的预处理效果,因此如何控制样品预处理的效果是本方法的关键点。

参考文献

- [1] 热沙拉提·玉苏普. 新疆维吾尔族的特色食品-饅的基本解读[J]. 康定民族师范高等专科学校学报, 2007, 16(2): 17-20.
RESHALATI YSP. Basic interpretation of Xinjiang Uygur special food-Nang [J]. J Kangding Nat Teach Coll, 2007, 16(2): 17-20.
- [2] 李正元. 饅的起源[J]. 中国边疆史地研究, 2012, 22(1): 112-117.
LI ZY. The origin of the Nang [J]. China Borderland Hist Geo Stud, 2012, 22(1): 112-117.
- [3] 阿依夏木古丽·阿尤甫, 苏比努尔·阿里木. 维吾尔族饅文化资源及其开发价值分析[J]. 中国民族博览, 2012, (12): 60-61, 67.
AYIXIAMUGULI AUP, SUBINVER ALM. Analysis of Uygur Nang culture resources and development value [J]. China Nat Exhib, 2012, (12): 60-61, 67.
- [4] 阿尔斯朗, 阿孜古丽·依明, 卢秀莲. 新疆维吾尔族主食“饅”的营养及养生作用初探[J]. 中国民族医药杂志, 2004, (3): 43-44.
AERSILANG, AZIGULI YM, LU XL. Nutrition and health function of Xinjiang Uygur staple food "Nang" [J]. J Med Pharm Chin Minor, 2004, (3): 43-44.
- [5] 王红芳. 论维吾尔族人的饮食文化[J]. 新丝路, 2016, (6): 129-130.
WANG HF. On the food culture of Uygur people [J]. New Silk Road, 2016, (6): 129-130.
- [6] JEANNIE H, MICHAEL L. Stereoselective separation of underivatized and 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate derivatized amino acids using zwitterionic quinine and quinidine type stationary phases by liquid chromatography-high resolution mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2019, (1596): 69-78.
- [7] 李运, 邱国玉, 石晓峰, 等. 柱后衍生阳离子交换色谱法测定甘肃紫斑牡丹花粉氨基酸含量[J]. 药物分析杂志, 2017, 37(6): 988-993.

- LI Y, QIU YG, SHI XF, *et al.* Determination of amino acids in *Paeonia rockii* pollen by post-column derivatization cation-exchange chromatography [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2017, 37(6): 988–993.
- [8] 贺习文, 高勤叶, 黄姣姣, 等. 离子交换色谱-茚三酮柱后衍生法同时测定绿茶饮料中 39 种游离氨基酸等[J]. *饮料工业*, 2020, 23(1): 35–40.
- HE XW, GAO QY, HUANG JJ, *et al.* Simultaneous determination of 39 free amino acids in green tea beverages by ion exchange chromatography with ninhydrin post-column derivatization [J]. *Bever Ind*, 2020, 23(1): 35–40.
- [9] FA Y, LIU YH, XU AH, *et al.* Color and alcohol removal for the simultaneous detection of amino acids and sugars in wine by two-dimensional ion chromatography [J]. *J Chromatogr B*, 2017, (1063): 36–41.
- [10] ANDRAZ S, VANJA C, JERNEJ B, *et al.* Comparison of liquid chromatography with tandem mass spectrometry and ion-exchange chromatography by post-column ninhydrin derivatization for amino acid monitoring [J]. *Clin Chim Acta*, 2019, (495): 446–450.
- [11] PETRA D, LENKA A, ROMAN K. An HPLC method for the determination of selected amino acids in human embryo culture medium [J]. *Biomed Chromatogr*, 2017, 31(2): 1–5.
- [12] ONOZATO M, TANAKA Y, ARITA M, *et al.* Amino acid analyses of the exosome-eluted fractions from human serum by HPLC with fluorescence detection [J]. *Pract Lab Med*. 2018, (12): e00099.
- [13] ANNE L, MARTIN K, OLIVER L. Improved HPLC-method for estimation and correction of amino acid losses during hydrolysis of unknown samples [J]. *Anal Biochem*, 2018, (543): 140–145.
- [14] 赫欣睿, 武中庸, 叶永丽, 等. 高效液相色谱法测定氨基酸的研究进展 [J]. *分析测试学报*, 2016, 35(7): 922–928.
- HE XR, WU ZY, YE YL, *et al.* Research progress on detection of amino acids by high performance liquid chromatography [J]. *J Instrum Anal*, 2016, 35(7): 922–928.
- [15] 杨俊, 王文辉, 李翼, 等. 柱前衍生超高效液相色谱法测定核桃仁中的氨基酸含量[J]. *食品与发酵工业*, 2011, 37(2): 182–185.
- YANG J, WANG WH, LI Y, *et al.* Determination of amino acids in walnuts by ultra performance liquid chromatography (UPLC) with pre-column derivatization [J]. *Food Ferment Ind*, 2011, 37(2): 182–185.
- [16] 柯丽群, 王同珍, 曹维强, 等. 微波水解-茚三酮柱后衍生离子交换色谱法测定鹌鹑蛋中的 17 种氨基酸[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(17): 5903–5907.
- KE LQ, WANG TZ, CAO WQ, *et al.* Determination of 17 kinds of amino acids in quail eggs by microwave hydrolysis-ninhydrin column post-derivative ion exchange chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(17): 5903–5907.
- [17] 金明, 牛宏亮, 袁辉, 等. 高效液相色谱柱后衍生法测定鸡肉中的 18 种氨基酸[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(1): 212–215.
- JIN M, NIU HL, YUAN H, *et al.* Determination of eighteen amino acids by high performance liquid chromatography and post-column derivation in chicken [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(1): 212–215.
- [18] KARZAN AO, RAHMAT S. Novel ninhydrin-based deep eutectic solvents for amino acid detection [J]. *J Mol Liq*, 2020, (303): 1–10.
- [19] 邵天舒, 郭雷, 周长明. 邻苯二甲酰柱前衍生化-HPLC 测定复方氨基酸注射液中的蛋氨酸亚砷的含量[J]. *中国现代应用药学*, 2018, 35(4): 497–500.
- SHAO TS, GUO L, ZHOU CM. Determination of methionine sulfoxide in compound amino acid injection by HPLC with OPA pre-column derivatization [J]. *Chin J Mod Appl Pharm*, 2018, 35(4): 497–500.
- [20] 白洁, 王姐, 刘泽平, 等. 柱前衍生-高效液相色谱法同时测定血清中氨基酸类及单胺类神经递质[J]. *色谱*, 2020, 38(8): 923–928.
- BAI J, WANG D, LIU ZP, *et al.* Simultaneous determination of amino acid and monoamine neurotransmitters in serum by high performance liquid chromatography coupled with precolumn derivatization [J]. *Chin J Chromatogr*, 2020, 38(8): 923–928.
- [21] EVE MM, MAÉVA FL, DANIEL MM, *et al.* Characterisation of heat-induced protein aggregation in whey protein isolate and the influence of aggregation on the availability of amino groups as measured by the ortho-phthalaldehyde (OPA) and trinitrobenzenesulfonic acid (TNBS) methods [J]. *Food Chem*, 2017, (229): 66–74.
- [22] 黄元河, 潘乔丹, 黎惠琴, 等. 柱前衍生-高效液相色谱法测定野芭蕉不同部位的 18 种氨基酸含量[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(9): 158–162.
- HUANG YH, PAN QD, LI HQ, *et al.* Determination of the amino acids in the flowers and stem of *Musa balbisiana* by precolumn derivatization-high performance liquid chromatography [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(9): 158–162.
- [23] 顾念念, 索亚然, 乔艺涵, 等. 柱前衍生-HPLC 法对水蛭的指纹图谱及其 16 种氨基酸含量测定研究[J]. *环球中医药*, 2020, 13(9): 592–599.
- GU NN, SUO YR, QIAO YH, *et al.* Study on finger print and 16 amino acids's content determination of hirudo by pre-column derivatization-high performance liquid chromatography method [J]. *Global Tradit Chin Med*, 2020, 13(4): 592–599.
- [24] 严雪伟, 鲁庆亚, 苏红丽, 等. 2, 4-二硝基氟苯柱前衍生 HPLC 法测定肥料中 17 种氨基酸[J]. *河南化工*, 2019, (3): 53–54.
- YAN XW, LU QY, SU HL, *et al.* Determination of 17 amino acids in fertilizers by HPLC with precolumn derivatization of 2,4-dinitrofluorobenzene [J]. *Henan Chem Ind*, 2019, (3): 53–54.
- [25] 孙健, 张甦, 胡青, 等. 柱前衍生-高效液相色谱法测定保健食品中 16

(责任编辑: 于梦娇)

种氨基酸的含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2715-2719.

SUN J, ZHANG S, HU Q, *et al.* Determination of 16 kinds of amino acids in health foods by high performance liquid chromatography with pre-column derivatization [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(7): 2715-2719.

[26] 韩粉丽, 韩飞, 李爱科, 等. AccQ-Tag 柱前衍生反相高效液相色谱法测定谷物及食糜中氨基酸含量[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 165-170.

HAN FL, HAN F, LI AK, *et al.* Determination of amino acid contents in cereals and ileal digesta by reversed-phase high performance liquid chromatography with AccQ-Tag pre-column derivatization method [J]. *Food Sci*, 2018, 39(4): 165-170.

[27] 李方楼, 姬小明, 魏跃伟, 等. AccQ-Tag-HPLC 法测定烟叶生长过程中游离氨基酸的变化[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(27): 17010-17012.

LI FL, JI XM, WEI YW, *et al.* Detection of free amino acids in tobacco leaves during growth process by using AccQ-Tag-HPLC method [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2011, 39(27): 17010-17012.

作者简介



卢彬, 硕士, 实验师, 主要研究方向为食品营养与检测。
E-mail: 736978426@qq.com



付铭, 实验师, 主要研究方向为食品营养与检测。
E-mail: 1290369393@qq.com



郑健琨, 高级实验师, 主要研究方向为食品营养与检测。
E-mail: 1577357172@qq.com

“生物毒素研究”专题征稿函

随着社会经济的发展, 人民越来越关注食品的安全问题。在日常生活中, 食物中毒事件时有发生。在食品安全事件中, 生物毒素中毒事件占一定比例。生物毒素是生物体内所产生的有毒代谢产物, 包括微生物毒素、植物毒素、动物毒素和海洋毒素。生物毒素不仅对消费者的健康造成危害, 还会对养殖业、种植业、畜牧水产业等行业造成巨大的经济损失。因此, 关注食品中生物毒素的安全, 是一项具有重大经济意义和科学意义的事情。

鉴于此, 本刊特别策划“生物毒素研究”专题。专题将围绕生物毒素的产生与调控机制、生物毒素的快速检测与筛查技术、生物毒素的脱毒方法与机制、生物毒素的毒理研究与风险评估、生物毒素的标准物质研发、生物毒素型药物的开发研究等问题展开讨论, 计划在 2021 年 3~4 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2021 年 1 月 31 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**生物毒素研究**):

网站: www.chinafoodj.com(备注投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: 生物毒素研究”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **生物毒素研究**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部