

柱前衍生—高效液相色谱快速测定皮革和头发水解液中的氨基酸*

陈梅兰¹, 杨新磊², 叶明立², 张丽娟², 卢燕²

(1. 浙江树人大学生物与环境工程学院, 杭州 310015; 2. 戴安中国有限公司上海应用实验室, 上海 201203)

摘要 目的: 建立皮革和头发中 17 种蛋白水解氨基酸的快速高效液相色谱分析方法。方法: 氨基酸用 AccQ Tag 衍生试剂衍生后, 用 Acccln C₁₈ (4.6 mm × 150 mm, 5 μm) 柱分离, 三元梯度洗脱。三元流动相为 pH 为 4.45 的 140 mmol·L⁻¹ 醋酸钠溶液、乙腈-水 (60:40 v/v)、pH 为 4.95 的 140 mmol·L⁻¹ 醋酸钠溶液, 以紫外检测器检测, 在 32 min 内可简单快速地完成 17 种氨基酸的分析。结果: 17 种氨基酸衍生物保留时间的 RSD ≤ 1% (n = 5), 峰面积的 RSD ≤ 5% (n = 5)。方法检测限 (S/N = 3) 为 2.92~4.51 pmol 线性范围 2.5~500 μmol·L⁻¹ (其中胱氨酸为 1.25~250 μmol·L⁻¹), 相关系数 R² ≥ 0.998, 皮革样品加标回收率在 80%~102%, 头发样品加标回收率在 85.3%~103.2%。结论: 该方法不仅简化了流动相的配制过程, 降低了实验成本, 而且专属性高, 样品基体干扰小, 可完全满足皮革和头发水解液中氨基酸的测定。

关键词: 氨基酸; 高效液相色谱; 柱前衍生; 皮革; 头发

中图分类号: R917 文献标识码: A 文章编号: 0254-1793(2011)05-0851-06

Fast determination of amino acids in hydrolysate of leather and hair by HPLC with pre-column derivatization*

CHEN Mei-lan¹, YANG Xin-lei², YE Ming-li², ZHANG Li-juan², LU Yan²

(1. College of Biology and Environmental Engineering Zhejiang Shuren University, Hangzhou 310015, China)

2. Shanghai Application Lab of Dionex China Co., Ltd., Shanghai 201203, China)

Abstract Objective To develop a fast HPLC method for determining 17 common amino acids in hydrolysate of leather and hair. **Methods** Amino acids were separated on Dionex Acccln C₁₈ (4.6 mm × 150 mm, 5 μm) column within 32 min using 140 mmol·L⁻¹ sodium acetate buffer solution at pH 4.45 and 4.95 for gradient elution with acetonitrile-water (60:40 v/v) and UV for detection after derivatization with AccQ Tag derivatization reagent. **Results** The RSDs (n = 5) of retention time and peak area of all amino acids were less than 1% and 5%, respectively. The limit of detection (S/N = 3) was in the range of 2.92–4.51 pmol, the linear range was in the range of 2.5–500 μmol·L⁻¹ (1.25–250 μmol·L⁻¹ for cystine) with R² ≥ 0.998. The spiked recovery of leather and hair were in the range of 80%–102% and 85.3%–103.2%, respectively. **Conclusion** The main advantages of the method are simplified for the preparation of mobile phase, cost saving, high speed and less matrix interference. It can be used for amino acids determination in hydrolysate of leather and hair effectively.

Key words amino acids; HPLC; pre-column derivatization; leather; hair

随着现代皮革工业的发展, 皮革化工材料及制革理论都不断向现代化迈进, 由于生皮的主要组成是蛋白质, 整个制革过程离不开对蛋白质的研究, 氨基酸是构成蛋白质的基本单元, 因此分析氨基酸可对蛋白质与皮化材料的相互作用作深入研究, 从而可推动现代皮革工业的快速发展。而毛发是提取各种天然氨基酸的原料, 因此对皮革与毛发中氨基酸

的分析具有非常重要的意义^[1,2]。由于皮革和毛发性质特殊, 组成复杂, 文献对这 2 类物质中氨基酸的报道很少。早期的氨基酸分析多采用高效阳离子交换色谱-柱后茚三酮衍生光度检测的方法, 该经典方法目前仍是很多法规标准的指定方法^[3,4], 也是商品化的氨基酸分析仪的基本原理。由于该方法仪器结构复杂, 用途单一, 分析时间较长等缺点限制了

* 浙江省自然科学基金 (No Y5100280, No Y4090078)

第一作者 Tel: 13064767543; Fax: (0571) 88297097; E-mail: rain_kk@163.com

其推广和应用。

近年来,越来越多的氨基酸分析方法被应用于各个领域^[5-8]。但是,随着氨基酸衍生试剂的不断推陈出新,柱前衍生-反相色谱分离-紫外或荧光检测的氨基酸分析方法越来越受到分析工作者的重视^[9-10]。在这些方法中,A c Q T a g衍生氨基酸分析方法最为简单且灵敏度高,重现性好。但是由于受专利保护,该方法采用专用色谱柱、衍生试剂和流动相来分析氨基酸,加之该专用色谱柱填料是早期硅胶,实际应用过程柱寿命较短,造成运行成本极高。

本实验采用 A c Q T a g 衍生试剂对氨基酸衍生后,使用实验室常用流动相和常规 C₁₈柱分离,紫外检测,17种氨基酸在 32 m in 内完全分离,在保证高灵敏度的同时缩短了分析时间,简化了流动相组成,大幅降低了分析成本,提高了分析速度。

1 仪器及试剂

U l t i m a t e 3000 高效液相色谱仪 (D i o n e x 公司, 美国), 配有 L P G 3400 低压四元泵, W P S - 3000 T S L 自动进样器, T C C - 3000 柱温箱, V W D - 3100 紫外检测器和 C h r o m e l e o n 色谱工作站。色谱柱为 A c c l a i m C₁₈, 120 Å, 4.6 mm × 150 mm, 5 μm (D i o n e x 公司, 美国)。另有 18.2 M Ω · c m⁻¹ 纯水机 (美国密理博公司), 超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司), 旋涡振荡器 (上海精科实业有限公司), 精密 pH 计 (梅特勒-托利多公司)。

氨基酸混合标准溶液购自 S i g n a - A l d r i c h 公司 (美国, 货号 AA - S - 18), 包含 L - 丙氨酸、氯化铵、L - 精氨酸、L - 天冬氨酸、L - 胱氨酸、L - 谷氨酸、甘氨酸、L - 组氨酸、L - 异亮氨酸、L - 亮氨酸、L - 赖氨酸、L - 蛋氨酸、L - 苯丙氨酸、L - 脯氨酸、L - 丝氨酸、L - 苏氨酸、L - 缬氨酸和 L - 酪氨酸, 除 L - 胱氨酸浓度 1.25 μmol · mL⁻¹, 其他 16 种氨基酸和氯化铵浓度均为 2.5 μmol · mL⁻¹。A c Q T a g F l u o r R e a g e n t K i t 购自 W a t e r s 公司 (美国)。乙腈为 H P L C 级 (S i g n a - A l d r i c h 美国)。无水醋酸钠和磷酸均为分析纯, 均购自国药集团化学试剂有限公司。

试验中皮革样品为某品牌真皮皮包剪下而得, 头发为实验室同事提供。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 实验用 A c c l a i m C₁₈ 柱 (120 Å, 4.6 mm × 150 mm, 5 μm) 于 37 °C 进行分离; 流动相 A 为 140 mmol · L⁻¹ 醋酸钠溶液 (pH 为 4.45, 用 1:1 磷

酸调节), 流动相 B 为乙腈-水 (60:40 v/v), 流动相 C 是 140 mmol · L⁻¹ 醋酸钠溶液 (pH 为 4.95, 用 1:1 磷酸调节), 梯度洗脱程序见表 1, 流速 1.5 mL · m i n⁻¹; 检测波长为 248 nm; 进样量 10 μL。

表 1 氨基酸快速分析梯度洗脱条件

Tab 1 Gradient program for fast deteming amino acids

时间 (time) / min	流动相组成 (composition of mobile phase) / %		
	A	B	C
0	95	5	0
3.3	95	5	0
8.6	91.5	8.5	0
14.0	0	12	88
17.0	0	22	78
28.0	0	35.5	64.5
28.5	0	100	0
30.0	0	100	0
30.1	95	5	0
32.0	95	5	0

2.2 衍生试剂准备 W a t e r s A c Q T a g F l u o r R e a g e n t K i t (试剂盒) 有 5 组试剂, 每组包括 3 个试剂瓶, 分别为 pH 8.8 硼酸盐缓冲溶液, 衍生试剂 (6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚氨基甲酸酯, AQC) 粉末和无水乙腈。临用前, 吸无水乙腈 1.0 mL 于衍生试剂瓶中 (事前将瓶振荡, 使粉末完全置于瓶底), 拧紧瓶盖, 摇 10 s 放入 55 °C 烘箱加热至粉末完全溶解 (不得超过 10 m i n)。

2.3 衍生机理 AQC 在碱性条件下可以同时与一级氨基酸和二级氨基酸快速反应生成稳定的不对称尿素衍生物。多余的 AQC 可在 2 m i n 内水解生成 6-氨基喹啉 (AMQ)、N-羟基琥珀酰亚胺和二氧化碳, 部分 AQC 还与 AMQ 反应生成 AMQ2 反应过程见图 1。

2.4 氨基酸混合标准溶液衍生化及测定 衍生化时, 先将 250 μL 内衬玻璃管放入 2 mL 液相样品瓶中。用移液枪吸取氨基酸混合标准溶液 10 μL 放入内衬管底部, 再加入硼酸盐缓冲溶液 70 μL, 放在涡旋振荡器上涡旋 1 m i n, 再精确加入衍生试剂 20 μL, 迅速盖紧瓶盖涡旋 5 m i n, 于 55 °C 烘箱放置 10 m i n 后, 取出冷至室温, 按“2.1”项色谱条件进行测定, 17 种氨基酸标准色谱图如图 2 所示, 32 m i n 可完成一次包括色谱柱平衡在内的完整样品分析。

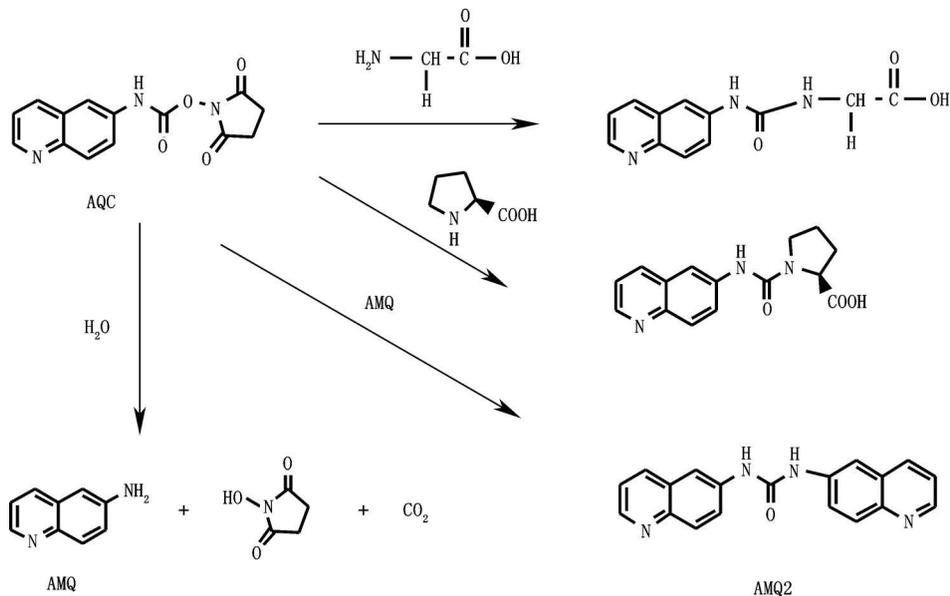


图 1 衍生反应图

Fig 1 Chart of derivatization reaction

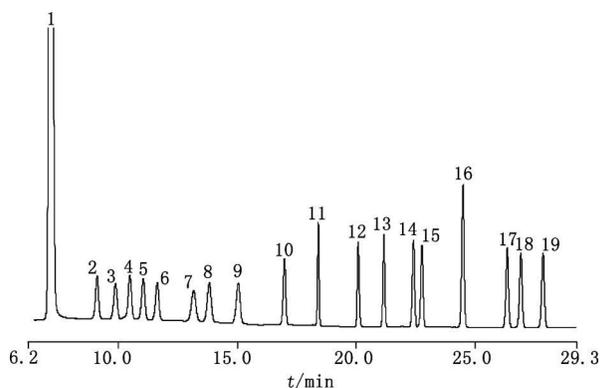


图 2 17种氨基酸标准色谱图

Fig 2 Standard chromatogram of 17 amino acids

- 1 6-氨基喹啉 (6- aminoquinoline, AMQ) 2 丝氨酸 (serine, Ser)
- 3 天冬氨酸 (aspartic acid, Asp) 4 组氨酸 (histidine, His) 5 甘氨酸 (glycine, Gly)
- 6 谷氨酸 (glutamic acid, Glu) 7 氨 (ammonia, NH₃) 8 精氨酸 (arginine, Arg) 9 苏氨酸 (threonine, Thr)
- 10 丙氨酸 (alanine, Ala) 11 脯氨酸 (proline, Pro) 12 胱氨酸 (cystine, Cys-Cys)
- 13 酪氨酸 (tyrosine, Tyr) 14 缬氨酸 (valine, Val)
- 15 蛋氨酸 (methionine, Met) 16 赖氨酸 (lysine, Lys) 17 异亮氨酸 (isoleucine, Ile)
- 18 亮氨酸 (leucine, Leu) 19 苯丙氨酸 (phenylalanine, Phe)

2.5 方法线性范围、重复性、定量限及检出限 将氨基酸混合标准溶液临用前用去离子水稀释成浓度分别为 500, 250, 50, 25, 2.5 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 5种混合工作溶液 (胱氨酸浓度分别为 250, 125, 25, 12.5, 1.25 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), 取上述不同浓度溶液按“2.4”项下方法进行测定。分别以各个氨基酸峰面积为纵坐标, 不同浓度为横坐标, 绘制工作曲线, 计算回归方程。

得出胱氨酸在 1.25~250 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内, 另 16 种氨基酸在 2.5~500 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内线性良好, 线性相关系数 $R^2 \geq 0.998$, 取 25 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (其中胱氨酸为 12.5 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 混合工作溶液按“2.4”项下方法平行测定 5 次, 得出 17 种氨基酸保留时间的 $\text{RSD} \leq 1.1\%$, 峰面积的 $\text{RSD} \leq 5.0\%$ 。17 种氨基酸检测限 ($S/N = 3$) 为 2.92~4.51 μmol , 定量限 ($S/N = 10$) 为 9.73~15.03 μmol 。

2.6 样品分析 取剪碎皮革 (或头发) 10~15 mg 于具塞水解玻璃管中, 加入 6 mol $\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸溶液 10 mL 后, 摇匀, 用氮气吹扫水解管使之充满氮气后, 迅速拧紧盖子, 放入 110 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱水解 24 h。水解完成后, 取出放置室温后转移至烧杯中, 缓慢加入 10 mol $\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液调节水解液 pH 至 2.0 (边加边搅拌以防止局部过热), 用 0.45 μm 滤膜过滤至 25 mL 量瓶中并用纯水定容至刻度, 摇匀^[11]。取该溶液 10 μL 放入内衬管底部, 后按“2.4”项下步骤操作, 将所测定各氨基酸峰面积代入标准曲线方程计算出各氨基酸含量。实际测定结果发现, 皮革水解液中的甘氨酸和脯氨酸, 头发水解液中丝氨酸、谷氨酸和胱氨酸超出线性范围。所以又分别将 2 种水解液稀释 1 倍后进样, 对这几种氨基酸水解液进行定量, 对甘氨酸稀释 3 倍后进样并定量。皮革水解液测定结果见表 2, 头发水解液测定结果见表 3。样品色谱图见图 3。通过样品色谱图可以发现, 样品基体中由于其他非氨基酸杂质不与 AQC 衍生试剂发

生反应,可以起到很好的基体消除效应,具有很好的专属性。另外,该条件下蛋白水解液中其他氨基酸

衍生物与 17 种氨基酸衍生物均能基线分离,干扰很小。

表 2 皮革水解液中 17 种氨基酸分析测定结果

Tab 2 Analytical result of 17 amino acids in hydrolysate of leather

组分 (analytes)	水解液测定值		加入量 (added) / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	回收率 (recovery) %
	(found) / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	RSD % (n = 3)		
丝氨酸 (Ser)	132.54	3.3	100	91.1
天冬氨酸 (Asp)	182.35	4.1	100	80.7
组氨酸 (His)	12.99	3.0	100	102.3
甘氨酸 (Gly)	1407.54	3.5	100	80.1
谷氨酸 (Glu)	303.17	3.1	100	80.6
精氨酸 (Arg)	202.33	1.9	100	90.5
苏氨酸 (Thr)	60.91	4.6	100	92.2
丙氨酸 (Ala)	450.05	2.5	100	85.6
脯氨酸 (Pro)	545.52	0.96	100	80.5
胱氨酸 (Cys-Cys)	N. A.	N. A.	100	96.4
酪氨酸 (Tyr)	26.92	1.8	100	96.4
缬氨酸 (Val)	89.79	1.5	100	91.6
蛋氨酸 (Met)	21.91	1.0	100	94.9
赖氨酸 (Lys)	99.90	3.3	100	88.5
异亮氨酸 (Ile)	50.22	1.3	100	101.7
亮氨酸 (Leu)	102.32	1.2	100	92.3
苯丙氨酸 (Phe)	54.92	0.34	100	96.1

表 3 头发水解液中 17 种氨基酸分析测定结果

Tab 3 Analytical result of 17 amino acids in hydrolysate of hair

组分 (analytes)	水解液测定值		加入量 (added) / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	回收率 (recovery) %
	(found) / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	RSD % (n = 3)		
丝氨酸 (Ser)	511.25	2.2	100	89.5
天冬氨酸 (Asp)	269.64	3.1	100	86.8
组氨酸 (His)	52.06	1.9	100	99.3
甘氨酸 (Gly)	289.03	3.4	100	88.6
谷氨酸 (Glu)	597.83	4.2	100	86.5
精氨酸 (Arg)	299.57	1.2	100	87.6
苏氨酸 (Thr)	342.34	4.9	100	95.1
丙氨酸 (Ala)	231.19	2.7	100	88.6
脯氨酸 (Pro)	374.52	1.2	100	85.3
胱氨酸 (Cys-Cys)	708.13	2.3	100	102.2
酪氨酸 (Tyr)	95.15	1.2	100	101.2
缬氨酸 (Val)	272.22	1.2	100	95.3
蛋氨酸 (Met)	22.16	2.0	100	92.6
赖氨酸 (Lys)	130.12	2.9	100	87.4
异亮氨酸 (Ile)	134.82	1.0	100	96.6
亮氨酸 (Leu)	318.87	1.6	100	103.2
苯丙氨酸 (Phe)	87.50	0.56	100	91.4

2.7 回收率试验 称取一定量样品 3 份,分别加入 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液 10 mL 后添加氨基酸混合标准溶液 1 mL,添加量为 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,按“2.6”项下分析方法进行操作,实验结果见表 2 和表 3。该方法精密度的 $\text{RSD} (n = 3) \leq 4.9\%$,皮革水解液加

标回收率在 80.1% ~ 102.3% 之间,头发水解液加标回收率在 85.3% ~ 103.2% 之间,结果可以接受。另外从结果可看出,皮革中天冬氨酸、甘氨酸、谷氨酸和脯氨酸的回收率稍偏低,这可能是皮革本身基体比较复杂,具体原因有待进一步研究。

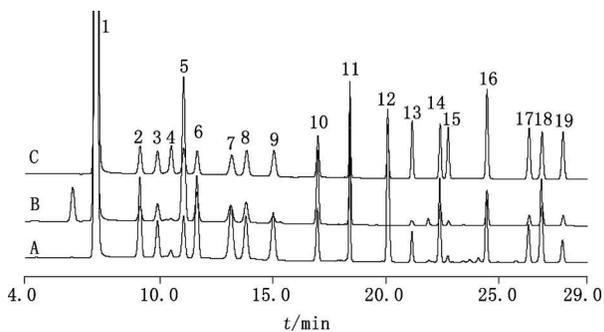


图 3 头发和皮革样品水解液中氨基酸色谱图

Fig 3 Chromatograms of amino acids in hydrolysates of hair and leather

A. 头发样品 (hair samples) B. 皮革样品 (leather samples) C. 17种氨基酸 (17 amino acids)

1~ 19. 同图 2 (same as Fig 2)

3 讨论

3.1 三乙胺对氨基酸衍生物分离的影响 Waters AccQ Tag方法流动相中常加入三乙胺以防止色谱峰拖尾。由于本实验中采用高含碳量的封端硅胶柱分离, 硅醇基活性很低, 峰拖尾现象不明显。但为了考察三乙胺对氨基酸衍生物的保留和分离是否有影响, 采用 A、B 二元梯度对流动相 A 中加三乙胺与不加三乙胺 (B 流动相组成不变, 梯度见表 1) 进行了对比实验, 结果发现, 在缓冲盐浓度、pH、梯度和流速等条件均相同的情况下, 三乙胺对前 14 种出峰氨基酸保留时间和分离度略有影响, 对后 3 种氨基酸无影响。为简化流动相配制过程, 下面实验流动相中均不加入三乙胺。

3.2 EDTA 对氨基酸衍生物分离的影响 流动相中加入 EDTA 可络合色谱柱中残留的金属离子, 以防止色谱峰拖尾变形。实验过程中, A 流动相中加入 EDTA, B 流动相组成及梯度同表 1。结果发现, 流动相中加入 EDTA 对色谱峰保留和分离影响不明显。原因可能是本实验所用色谱柱填料为高纯硅胶键合 C₁₈, 金属含量低。因此实验的流动相不加 EDTA 溶液。

3.3 pH 对氨基酸衍生物分离的影响 氨基酸衍生物的保留和分离受 pH 影响较大, 尤其是 pH 在 4~5 之间变化时影响很大。为了考察 pH 对保留和分离的影响, 选择二元梯度, 流动相 A 为不同 pH 的 140 mmol·L⁻¹ 醋酸钠溶液, 流动相 B 组成不变; 梯度程序如下: 0~5 min 时 5% B, 5~39 min 时线性升至 38% B, 39~45 min 时线性升至 100% B, 45~49 min 时 100% B 保持 4 min。色谱柱, 柱温, 检测波长同前; 流速为 1.0 mL·min⁻¹。实验结果表明: 流动相缓冲液 pH 从 4.95 到 4.45 递减时, 氨基酸衍生物

的保留和分离呈 2 种变化趋势: ①前 14 种氨基酸 (包括 AMQ 和 NH₃ 衍生峰) 保留时间递减但各峰递减程度不同, 导致峰之间的分离度发生不同变化; ②后 3 种氨基酸保留时间递增, 最后 2 个氨基酸 (亮氨酸和苯丙氨酸) 分离度越来越小, 见图 4。根据以上试验可知, pH 对分离是有影响的, 为了使 17 种氨基酸衍生物达到最佳保留时间和很好分离, 试验了不同梯度洗脱程序, 最终采用三元梯度洗脱方式 (见表 1)。该条件下 17 种氨基酸衍生物能很好地分离, 而且保留时间合理。

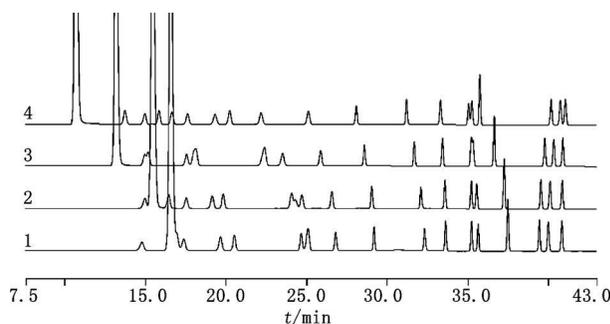


图 4 pH 对氨基酸分离的影响

Fig 4 Effect of pH on the separation of amino acids

1. pH 4.95 2. pH 4.88 3. pH 4.70 4. pH 4.45

4 结论

经过优化, 将氨基酸用 AccQ Tag 衍生试剂衍生后, 衍生物采用常用醋酸钠缓冲液结合乙腈梯度洗脱, 用常规 C₁₈ 柱进行分离, 32 min 即可完成 1 次样品分析。方法简单、准确, 灵敏度高且成本较低, 可用于皮革和头发水解液中氨基酸的有效测定。

参考文献

- 1 YU Hong (于泓), MOU Shi-fen (牟世芬). Method development for amino acid analysis (氨基酸分析方法的研究进展). *Anal Chem* (分析化学), 2005, 33(3): 398
- 2 DAI Hong (戴红), ZHANG Zong-cai (张宗才), ZHANG Xin-shen (张新申). Analysis of amino acid and its application in leather chemistry (氨基酸分析技术及其在皮革化学中的应用). *China Leather* (中国皮革), 2003, 32(13): 29
- 3 Determination of Amino Acids in Foods (食品中氨基酸的测定). GB/T 5009-124-2003
- 4 Inspection of Gemplasm for Cultured Fishes—Part 11: Determination of Amino Acids Content in Muscle (养殖鱼类种质检验 第 11 部分: 肌肉中主要氨基酸含量的测定). GB/T 18654-11-2008
- 5 CAI Ya-qi (蔡亚岐), LIU Jing-sheng (刘京生), MOU Shi-fen (牟世芬). Determination of amino acids in hydrolysate of corn powder and fish powder by high performance anion exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection (阴离子交换色谱-积分脉冲安培法测定鱼粉和玉米粉水解液中氨基酸). *Anal*

- Chen* (分析化学), 2005 33(4): 475
- 6 YU Hong(于泓), DING Yong-sheng(丁永胜), MOU Shi-fen(牟世芬). Determination of amino acids and glucose in amino acid injection by anion exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection(阴离子交换色谱-积分脉冲安培检测法分离测定氨基酸注射液中的氨基酸和葡萄糖). *Chin J Chromatogr*(色谱), 2002 20(5): 398
- 7 Tim GS, Alexander R, Barbara M, *et al* Simultaneous determination of fatty dicarboxylic and amino acids based on derivatization with isobutyl chloroformate followed by gas chromatography-positive ion chemical ionization mass spectrometry. *J Chromatogr B*, 2004 800(1-2): 101
- 8 LU Qing-qing(刘青青), JIA Li(贾丽). Recent advances in the analysis of amino acids by capillary electrophoresis(毛细管电泳技术在氨基酸分析中的研究进展). *J Instrum Anal*(分析测试学报), 2009 28(1): 123
- 9 Jambor A, Mohar-Perl I Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with 9-fluorenyl-ethylxycarbonyl chloride literature overview and further study. *J Chromatogr A*, 2009 1216(15): 3064
- 10 Wu LM, Zhou JH, Xue XF, *et al* Fast determination of 26 amino acids and their content changes in royal jelly during storage using ultra-performance liquid chromatography. *J Food Composition Anal* 2009 22(3): 242
- 11 SONG Zhi-feng(宋志峰), WANG Li(王丽), JI Feng(纪锋), *et al* Rapid determination of amino acids in feedstuffs by high-performance liquid chromatography using internal standard method with on-line pre-column derivatization(柱前在线衍生-反相高效液相色谱内标法快速测定饲料中氨基酸). *Anal Chem* (分析化学), 2007 35(1): 25

(本文于 2010 年 5 月 8 日收到)

欢迎订阅 2011 年《药物分析杂志》

《药物分析杂志》是由中国科学技术协会主管, 中国药学会主办, 中国食品药品检定研究院(原中国药品生物制品检定所)药物分析杂志编辑部编辑出版的学术性期刊。主要栏目有研究论文、交流、综述等。报道化学药物、中药与天然药物、抗生素、蛋白质、多肽类药物、生物技术药物等的分析、质量标准研究、临床药物分析、药物分析基础理论与实践以及新方法、新技术的应用, 并及时报道国家重大研究课题的最新成果。

本刊获 2006 年、2007 年、2008 年中国科协精品科技期刊工程项目 C 类资助, 获 2009 年中国科协精品科技期刊示范项目证书, 2010 年、2011 年再度获得中国科协精品科技期刊工程 C 类项目资助。

本刊为我国自然科学核心期刊、中文核心期刊、全国统计源期刊, 被国内外主要检索系统收录。

本刊坚持质量第一, 面向广大读者, 以其独具的深度与广度展示我国药物分析的现状与发展。

本刊为月刊, 大 16 开本, 目前每期 192 页, 国内外公开发行人。每期定价 30 元, 全年定价 360 元, 国内邮发代号: 2-237, 国外读者请同中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱)联系。欢迎广大读者到当地邮局订阅, 并欢迎有关专业人员集体订购, 价格从优。

本刊已将创刊以来的文章制成光盘, 需要者请与本刊联系。

希望为本刊推广发行者, 价格另议。

地址: 北京市天坛西里 2 号(100050) 联系人: 刘小帅

电话: (010) 67058427 传真: (010) 67012819

编辑部网址: www.ywfxzz.cn 浏览网址: www.nicpbp.org.cn

E-mail: ywfx@nicpbp.org.cn

《药物分析杂志》编辑部