

颜氏大疣蛛中挥发油、氨基酸及微量元素分析

代欣桃^{1a,1b,2}, 李文锐^{1a,1b,2}, 闻焜², 杨志斌^{1a,1b,1c}, 杨自忠^{1a,1b,1c*} (1.大理大学, a.云南省昆虫生物医药研发重点实验室, b.中国西南药用昆虫及蛛形类资源开发利用 2011 协同创新中心, c.药用特种昆虫开发国家地方联合工程研究中心, 云南 大理 671000; 2.大理州食品药品检验所, 云南 大理 671000)

摘要: 目的 分析鉴定颜氏大疣蛛中的化学成分并测定含量。方法 采用水蒸气蒸馏法和索氏提取法提取挥发油, 并用 GC-MS 进行分析鉴定; 全自动氨基酸分析仪测定水解后氨基酸的含量; ICP-MS 测定微量元素的含量。结果 水蒸气蒸馏法提取的挥发油共鉴定出 22 个化合物, 索氏提取法 18 个化合物, 共有化合物 7 个, 其中油酸乙酯、亚油酸乙酯、十八酸乙酯含量较高; 颜氏大疣蛛中含有 16 种氨基酸, 包括 7 种人体必需氨基酸, 氨基酸总量为 10.53%, 谷氨酸和精氨酸含量较高; 富含 11 种人体必需微量元素, 其中 Zn、Fe、Mn 含量较高, 重金属元素 As 和 Pb 的含量符合限度要求, Cd 和 Cu 的含量超出限度要求。结论 经鉴定 2 种方法提取的挥发油含量和成分具有一定的差异, 其中一些成分具有一定的药用功效, 此外, 颜氏大疣蛛中还含有多种人体必需的氨基酸和微量元素。

关键词: 颜氏大疣蛛; 挥发油; 氨基酸; 微量元素; 气质联用; 电感耦合等离子体质谱

中图分类号: R284.1 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2022)05-0608-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2022.05.006

引用本文: 代欣桃, 李文锐, 闻焜, 等. 颜氏大疣蛛中挥发油、氨基酸及微量元素分析[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(5): 608-613.

Analysis of Volatile Oil, Amino Acids and Trace Elements in *Macrothele Yani*

DAI Xintao^{1a,1b,2}, LI Wenrui^{1a,1b,2}, WEN Kun², YANG Zhibin^{1a,1b,1c}, YANG Zhizhong^{1a,1b,1c*} (1.Dali University, a.Yunnan Provincial Key Laboratory of Entomological Biopharmaceutical R&D, b.Yunnan Provincial 2011 Collaborative Innovation Center for Entomocetics, c.National-local Joint Engineering Research Center of Entomocetics, Dali 671000, China; 2.Dali Institute for Food and Drug Control, Dali 671000, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To separate and identify the chemical constituents in *Macrothele yani* and determine the content. **METHODS** The volatile oils were extracted by steam distillation method and Soxhlet extraction, and the volatile oils were identified by GC-MS. Total amino acids content was determined by amino acid autoanalyzer and trace elements content was determined by ICP-MS. **RESULTS** A total of 22 compounds were identified from the volatile oil extracted by steam distillation, while there were 18 kinds of volatile oils extracted by Soxhlet extraction. There were 7 volatile oils in common. Among them, ethyl oleate, ethyl linoleate and ethyl octadecanoate were the most abundant. Among those amino acids, *Macrothele yani* had 16 kinds of amino acids, including 7 kinds of essential amino acids. The total amount of amino acids was 10.53%. The contents of glutamic acid and arginine were relatively high. It was rich in 11 kinds of essential trace elements for human body, among which the content of Zn, Fe and Mn was higher, the content of heavy metal elements As and Pb met the limit requirements, and the contents of Cd and Cu exceeded the limit. **CONCLUSION** The volatile oil extracted from *Macrothele yani* by the two methods has great differences in type and content, some of them have certain medicinal effects. In addition, there are many kinds of necessary amino acids and trace elements for human in *Macrothele yani*.

KEYWORDS: *Macrothele yani*; volatile oils; amino acids; trace elements; GC-MS; ICP-MS

颜氏大疣蛛(*Macrothele yani*)隶属于蛛形纲(Arachnida)蜘蛛目(Araneae)后纺亚目(Opisthothelae)原蛛下目(Mygalomorphae)大疣蛛科(Macrothelidae), 主要分布于云南省的西北部^[1]。该种由 Xu 等^[2]于 2002 年首次在云南省高黎贡山发现, 并报道了单性雌蛛, Shi 等^[3]2018 年发现雄蛛并补充描述了雌蛛的部分特征。本课题组经前期

研究发现, 颜氏大疣蛛蛛毒中含有丰富的多肽和蛋白类活性物质, 药用价值较高^[4]。目前, 针对颜氏大疣蛛中挥发油、氨基酸和微量元素等方面的研究暂未见相关报道。本实验采用水蒸气蒸馏法和索氏提取法 2 种方法提取挥发油, 用 GC-MS 测定挥发油成分及含量、全自动氨基酸分析仪测定氨基酸的含量、ICP-MS 测定微量元素的含量, 以

基金项目: 云南省科技计划项目(2016FA012); 云南省中药饮片产业发展专项(2019-YG-067); 云南省重大科技专项(生物医药)(202002AA100007); 大理州重点科技支撑专项计划(D2019NA01)

作者简介: 代欣桃, 女, 主管药师 E-mail: 286980196@qq.com

***通信作者:** 杨自忠, 男, 博士, 教授 E-mail: yangzzh69@163.com

期为进一步探索该动物资源的药食价值、药效成分及其作用机制奠定理论基础。

1 仪器与试剂

7890A/5975C 型气相色谱-质谱联用仪、Agilent 7900 型电感耦合等离子体质谱仪(美国 Agilent 公司); S-433D 型全自动氨基酸分析仪(德国赛卡姆公司); Ethos Up 型微波消解仪(意大利 Milestone 公司); MS205DU 型电子分析天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司)。

17 种氨基酸混合标准溶液: 天冬氨酸、丝氨酸、苏氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、酪氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸、脯氨酸(德国赛卡姆公司, 批号: 09070113; 每种氨基酸浓度均为 $2.5 \mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$); 多元素混合标准溶液: V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Sn、Sr、Cd、Pb($100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 国家有色金属及电子材料分析测试中心, 批号: 17DA224); 混合内标溶液: ^{45}Sc 、 ^{72}Ge 、 ^{103}Rh 、 ^{115}In 、 ^{185}Re 、 ^{209}Bi ($10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 美国 Agilent 公司, 批号: 5188-6525); 正己烷(美国 Tedia 公司, 色谱纯); 硝酸(德国默克公司, 色谱纯); 过氧化氢(苏州晶瑞化学股份有限公司, 电子级); 颜氏大疣蛛虫种采自云南省西双版纳勐腊地区, 经大理大学昆虫生物医药研究院杨自忠教授鉴定为颜氏大疣蛛(*Macrothele yani*), 标本及样品现存于大理大学昆虫生物医药研究院。

2 方法与结果

2.1 样品制备

将颜氏大疣蛛虫体冷冻干燥, 粉碎后过 40 目筛, 样品粉末保存于干燥器中备用。

2.2 挥发油成分分析

2.2.1 水蒸气蒸馏法提取挥发油 准确称取颜氏大疣蛛粉末 15 g 于 500 mL 圆底烧瓶中, 加入 300 mL 超纯水, 按中国药典 2015 年版四部通则 2204 “挥发油测定法” 甲法操作^[5], 直至没有油状液体流出, 待冷却后收集挥发油于 10 mL 量瓶中, 用正己烷稀释至刻度, 备用。

GC-MS 分析: 起始柱温为 80°C ; $20^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 160°C ; $5^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 220°C ; $2^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 230°C ; $5^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 260°C ; 300°C 后运行 3 min。进样量: $1.0 \mu\text{L}$ (分流比 10:1); 柱流量: $1.0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$; 载气: 高纯氮气; 前进样口温度: 260°C 。EI 离子源, 离子

源温度: 230°C ; 四级杆温度: 150°C ; 电离能量 70 eV; 溶剂延迟 3 min; 质量扫描范围为 m/z 50~550。

2.2.2 索氏提取法提取挥发油 准确称取 15 g 颜氏大疣蛛粉末, 加入 100 mL 正己烷索氏提取法提取 5 h, 收集提取液, 减压浓缩提取液至浸膏, 取浸膏 10 mg 于 10 mL 量瓶中, 用正己烷溶解并稀释至刻度, 备用。

GC-MS 分析: 起始柱温为 80°C ; $30^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 220°C ; $2^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 230°C , 保留 1 min; $20^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 300°C , 保留 5 min; 300°C 后运行 3 min。柱流量: $1.0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$; 进样量: $1.0 \mu\text{L}$ (分流比 10:1); 载气: 高纯氮气; 前进样口温度: 260°C 。EI 离子源, 离子源温度: 230°C ; 四级杆温度: 150°C ; 电离能量 70 eV; 溶剂延迟 3 min; 质量扫描范围为 m/z 50~550。

2.2.3 样品测定 按“2.2.1”和“2.2.2”项下色谱条件, 得到颜氏大疣蛛挥发油的总离子流图, 结果见图 1。

2.2.4 挥发油成分分析 采用 NIST11.L 标准谱库进行检索确定各成分(取相似度>90%的成分), 各成分相对百分含量采用峰面积归一化法进行计算。水蒸气蒸馏法和索氏提取法提取的挥发油共分离鉴定出 33 个化合物, 其中水蒸气蒸馏法 22 个, 占总离子流峰面积的 73.17%, 分为 5 大类: 酯类 14 个(占总量的 68.90%)、烃类 2 个(占总量的 1.87%)、醛类 2 个(占总量的 1.75%)、酚类 2 个(占总量的 0.45%)、酮类 1 个(占总量的 0.20%), 油酸乙酯(38.31%)、亚油酸乙酯(13.51%)、十八酸乙酯(7.45%)相对百分含量较大; 索氏提取法 18 个, 占总离子流峰面积 95.23%, 分为 6 大类: 酯类 13 个(占总量的 79.85%)、醇类 1 个(占总量的 9.36%)、醛类 1 个(占总量的 2.25%)、酰胺类 1 个(占总量的 1.85%)、酸类 1 个(占总量的 1.07%)、烃类 2 个(占总量的 0.85%), 油酸乙酯(34.87%)、亚油酸乙酯(14.67%)、软脂酸乙酯(13.05%)相对百分含量较大。2 种方法共有化合物 7 个, 结果见表 1。

2.3 氨基酸含量测定

2.3.1 供试品溶液制备 参照文献方法^[6]制备供试品溶液。准确称取颜氏大疣蛛粉末 0.3 g 于水解管中, 加入 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸 6 mL 和样品量的 3% 的苯酚溶液, 充氮气密封, 置 110°C 干燥箱中水解 24 h, 取出放至室温, 将水解液过滤至蒸发皿中, 用水少量多次冲洗水解管, 洗液并入蒸发皿中, 蒸干, 残渣加适量超纯水溶解并定容至 25 mL,

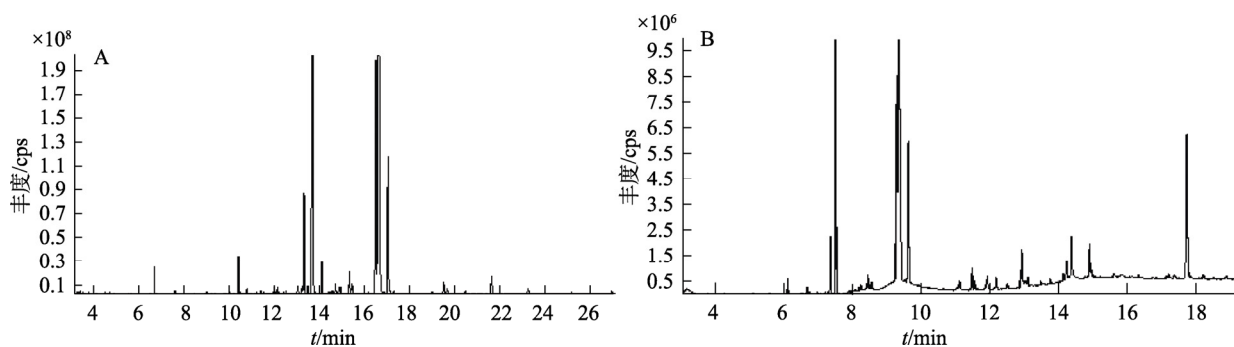


图1 不同方法提取颜氏大疣蛛挥发油的总离子流图

A-水蒸气蒸馏法; B-索氏提取法。

Fig. 1 Total ion chromatograms of volatile oil components from *Macrothele yani* by different extraction methods

A-steam distillation; B-Soxhlet extraction method.

表1 不同方法提取颜氏大疣蛛中挥发油成分分析

Tab. 1 Analysis of the components of volatile oil extracted from *Macrothele yani* by different methods

序号	化合物名称	分子式	相对分子质量	保留时间/min		相对百分含量/%	
				水蒸气蒸馏法	索氏提取法	水蒸气蒸馏法	索氏提取法
1	2,4-二叔丁基苯酚	C ₁₄ H ₂₂ O	206.32	6.59	—	0.70	—
2	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278.34	—	6.68	—	0.21
3	9-十六碳烯酸乙酯	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.46	—	7.37	—	2.22
4	月桂酸乙酯	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228.37	7.49	—	0.13	—
5	(E)-3-二十碳烯	C ₂₀ H ₄₀	280.55	—	8.19	—	0.26
6	反-9-十八碳烯酸甲酯	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.49	—	8.58	—	0.40
7	正十七烷	C ₁₇ H ₃₆	240.47	8.90	—	0.11	—
8	十四酸乙酯	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.42	10.30	6.12	1.43	0.44
9	十五醛	C ₁₅ H ₃₀ O	226.40	10.66	—	0.26	—
10	13-甲基十四烷酸乙酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.45	11.29	—	0.17	—
11	花生四烯酸乙酯	C ₂₂ H ₃₆ O ₂	332.52	—	11.48	—	0.98
12	二十碳五烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₂ O ₂	316.48	—	11.57	—	0.38
13	十五酸乙酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.45	11.89	—	0.29	—
14	6-十八碳烯酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.46	—	11.94	—	1.07
15	十七烷酮	C ₁₇ H ₃₄ O	254.45	12.03	—	0.20	—
16	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.45	12.41	—	0.15	—
17	(Z)-9-十八碳烯醛	C ₁₈ H ₃₄ O	266.46	—	12.92	—	2.25
18	软脂酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284.48	12.92	7.52	0.30	13.05
19	9-十六碳烯酸乙酯	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.46	13.20	—	4.64	—
20	双[(2-乙硫基)乙基]醚	C ₈ H ₁₈ OS ₂	194.08	13.57	—	23.02	—
21	十六醛	C ₁₆ H ₃₂ O	240.42	13.99	—	1.49	—
22	十七烷酸乙酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	298.50	15.21	8.46	0.99	0.94
23	顺式-十八烷酸甲酯	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.49	15.33	—	0.56	—
24	亚油酸乙酯	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308.50	16.37	9.29	13.51	14.67
25	油酸乙酯	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	310.51	16.51	9.37	38.31	34.87
26	十八酸乙酯	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312.53	16.91	9.64	7.45	8.64
27	花生四烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	318.49	19.37	—	0.64	—
28	二十烷五烯酸乙酯	C ₂₂ H ₃₄ O ₂	330.50	19.53	—	0.33	—
29	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340.50	21.50	—	1.17	—
30	正二十烷	C ₂₆ H ₅₄	366.71	23.11	13.06	0.34	0.59
31	甘油单油酸酯	C ₂₁ H ₄₀ O ₄	356.54	—	14.37	—	3.05
32	芥酸酰胺	C ₂₂ H ₄₃ NO	337.58	—	14.90	—	1.85
33	胆固醇	C ₂₇ H ₄₆ O	386.65	—	17.74	—	9.36

注：“—”表示未检出。

Note: “—” ment undetected

摇匀,精密量取 2 mL,用 0.12 mol·L⁻¹ 柠檬酸钠 (pH 2.20)定容至 10 mL,用 0.45 μm 微孔滤膜过滤,备用。

2.3.2 标准溶液制备 精密量取氨基酸标准溶液 0.4 mL,至 10 mL 量瓶中,用 0.12 mol·L⁻¹ 柠檬酸钠(pH 2.20)稀释至刻度。

2.3.3 色谱条件 采用全自动氨基酸分析仪测定样品中氨基酸的含量^[7]。LCAK06/Na 型磺酸基强酸性阳离子交换树脂分离柱(4.6 mm×150 mm);流速:洗脱泵 0.45 mL·min⁻¹,衍生泵 0.25 mL·min⁻¹;检测波长: 570 nm 和 440 nm;柱温: 57 °C;进样体积: 50 μL;流动相: 缓冲液 A(称取柠檬酸三钠 11.8 g、柠檬酸 6.0 g,置 1 L 量瓶中,加适量水溶解,再加乙醇 65 mL 和盐酸 6 mL,加水定容,摇匀,调节 pH 值至 3.45)、缓冲液 B(称取柠檬酸三钠 19.6 g、氢氧化钠 3.1 g、硼酸 5.0 g,置 1 L 量瓶中,加适量水溶解并稀释至刻度,摇匀,调节 pH 值至 10.85)、再生液 D(称取氢氧化钠 20.0 g、乙二胺四乙酸 0.2 g,置 1 L 量瓶中,加适量水溶解并稀释至刻度)。梯度洗脱,洗脱程序见表 2。

表 2 梯度洗脱程序

Tab. 2 Gradient elution program

时间/min	缓冲液 A/%	缓冲液 B/%	再生液 D/%
0.0	100	0	0
2.5	100	0	0
11.0	85	15	0
17.0	80	20	0
23.0	67	33	0
27.0	20	80	0
29.0	20	80	0
30.0	0	100	0
42.0	0	100	0
42.1	0	0	100
45.1	0	0	100
45.2	100	0	0
58.3	100	0	0

2.3.4 含量测定 按“2.3.3”项下色谱条件进样测定,以外标法计算含量。各样品平行测定 3 次,取平均值,结果见表 3。

2.4 微量元素含量测定^[8]

2.4.1 供试品溶液制备 准确称取颜氏大疣蛛粉末 0.3 g 于聚四氟乙烯消解罐中,依次加入 6 mL 硝酸和 2 mL 双氧水,旋紧罐盖,放入微波消解仪,微波功率 1 800 W,15 min 内从室温升至 140 °C,保持 5 min,然后 10 min 内升至 190 °C,保持

20 min。待消解完成后,于 130 °C赶酸至溶液剩余 1.0 mL 左右,冷却,转入 50 mL 量瓶中,超纯水定容至刻度,混匀,同法制备试剂空白溶液。

2.4.2 标准溶液制备 精密量取多元素混合标准溶液,用 2%硝酸溶液配制成系列浓度的混合工作溶液。

表 3 氨基酸含量测定结果(n=3)

Tab. 3 Results of amino acids(n=3)

名称	质量分数/%	名称	质量分数/%
苏氨酸*	0.31	苯丙氨酸*#	0.25
天冬氨酸#	0.86	组氨酸	0.67
丝氨酸	0.56	赖氨酸*#	0.63
谷氨酸#	1.36	精氨酸#	1.16
甘氨酸#	1.15	脯氨酸	0.32
丙氨酸	1.09	氨基酸总量(T)	10.53
胱氨酸	—	必需氨基酸(E)	2.78
缬氨酸*	0.29	非必需氨基酸(N)	7.75
蛋氨酸*#	0.28	药效氨基酸(M)	6.71
异亮氨酸*#	0.27	E/N	35.87
亮氨酸*#	0.75	E/T	26.40
酪氨酸	0.58	M/T	63.72

注:“—”表示未检出; *必需氨基酸; #药效氨基酸。

Note: “—”undetected; *essential amino acid; #pharmacodynamic amino acid.

2.4.3 内标溶液制备 精密量取混合内标溶液,用 2%硝酸溶液配制成浓度为 1.4 μg·L⁻¹ 的内标工作液。

2.4.4 ICP-MS 测定条件 射频功率 1 550 W,等离子体流量 15.0 L·min⁻¹,雾化气体流量 0.99 L·min⁻¹,辅助气体流量 0.90 L·min⁻¹,雾化室温度 2 °C,采集次数 3 次。

2.4.5 样品测定 按照“2.4.4”项下方法测定样品中 15 种微量元素的含量,结果见表 4。

表 4 微量元素测定结果(n=3)

Tab. 4 Determination results of trace elements(n=3)

元素	含量/mg·kg ⁻¹	元素	含量/mg·kg ⁻¹
V*	0.24	Se*	1.28
Cr*	9.19	Mo*	0.27
Mn*	91.66	Sn*	0.02
Fe*	183.19	Sr	11.22
Co*	0.24	As#	0.78
Ni*	0.59	Cd#	5.37
Cu*	703.98	Pb#	0.37
Zn*	473.64		

注: *为必需微量元素; #为重金属元素。

Note: *essential trace element; #heavy metal element.

3 讨论

3.1 挥发油结果分析

本研究采用水蒸气蒸馏法和索氏提取法提取颜氏大疣蛛中的挥发油,通过 GC-MS 将挥发油成分较好地分离,分离效果好,灵敏度高。结果显示,2 种方法提取的挥发油成分在含量和类别上差异较大,共有化合物 7 个。水蒸气蒸馏法提取得到的化学成分主要为酯类和烃类化合物,索氏提取法提取得到的挥发油成分主要为酯类和醇类化合物。实验结果表明,颜氏大疣蛛挥发油成分中,油酸乙酯、亚油酸乙酯、十八酸乙酯含量较高。油酸乙酯主要用于润滑剂;十八酸乙酯用于香料;亚油酸乙酯水解后可得到亚油酸,亚油酸能与血液中胆固醇结合生成易于乳化、输送和代谢的酯,具有预防动脉粥样硬化、高胆固醇血症和高脂血症的作用^[9]。另外,在水蒸气蒸馏法提取的挥发油成分中,发现其中一个拟合度只有 38%,但相对百分含量达到 23.02%的峰,未能成功鉴定,其原因可能是质谱化合物库无目标化合物的数据,还需进一步研究加以确定。

3.2 氨基酸结果分析

HPLC、全自动氨基酸分析仪测定法、LC-MS/MS 为目前测定氨基酸较常用的方法,后 2 种检测方法较 HPLC 成熟可靠,稳定性、重现性更好,专属性更强,但 LC-MS/MS 所用成本较高^[10]。本研究运用全自动氨基酸分析仪测定颜氏大疣蛛中的氨基酸含量,所测的 17 种氨基酸中,包括 7 种人体必需氨基酸,必需氨基酸占总氨基酸的 26.40%,药用氨基酸占总氨基酸 63.72%。其中,谷氨酸、精氨酸含量较高。谷氨酸为主要的呈味氨基酸且参与脑组织代谢,在大脑、肌肉、肝脏等组织中发挥解毒作用^[11];精氨酸具有提高机体免疫功能、改善氮平衡及促进胰岛素等多种激素分泌的作用^[12],提示颜氏大疣蛛在食用和药用方面有一定的开发价值。

3.3 微量元素结果分析

本研究采用 ICP-MS 同时测定了 15 种微量元素的含量,实验结果表明,颜氏大疣蛛中对人体有益的 Cu、Zn、Fe、Mn、Cr、Sr 等微量元素含量较丰富,尤其 Zn 和 Fe 元素的含量较高。Zn 是维持人体生命正常活动的主要元素,锌缺乏会引起免疫功能下降,导致细菌、病毒等反复感染^[13];

Fe 具有造血功能,参与血红蛋白及各种酶的合成^[12];其食用对人体 Zn 和 Fe 的补充有益;Mn 是正常骨结构必需的微量元素,是公认的抑癌元素^[14];Cr 是葡萄糖耐量因子的组成部分,维持体内正常的葡萄糖耐量,影响脂肪代谢和胆固醇代谢,可以预防心血管疾病^[15];Sr 是人体骨骼的重要组成部分,可预防和治疗骨质疏松^[16]。另外,《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》中规定了“ $Pb \leq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $As \leq 2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $Cu \leq 20.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $Cd \leq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ”^[17],颜氏大疣蛛中 Cu 和 Cd 元素含量超过限量值较多,分析原因可能是颜氏大疣蛛生长环境受到重金属铜和镉的污染,或其食物来源中铜和镉含量较高,导致蓄积,具体原因有待进一步研究探讨。重金属元素可通过食物链在人体发生蓄积中毒,具有一定的危害性。

现代研究表明,食用昆虫蛋白质含量高,氨基酸种类齐全,是一种潜力巨大、可更新的自然资源。本实验结果证实了颜氏大疣蛛确实具有一定的营养价值和药食功用,极具开发利用潜力。但需注意其生存环境的污染对其体内重金属含量的影响,进行大疣蛛的规模化人工养殖可有效解决此问题,提高大疣蛛食用和药用的安全性,为其开发和利用提供保障,目前本课题组也正在开展此项研究工作。

REFERENCES

- [1] ZHANG R. Study on Hexathelidae and Theraphosidae from China(Araneae: Mygalomorphae)[D]. Baoding: Hebei University, 2007.
- [2] XU X, YIN C M, GRISWOLD C E. A new species of the spider genus *Macrothele* from the Gaoligong Mountains, Yunnan, China (Araneae: Hexathelidae)[J]. Pan-Pac Entomol, 2002, 78(2): 116-119.
- [3] SHI J H, YANG Z B, ZHAO Y, et al. The first description on the male of *Macrothele yani*, and supplemental descriptions of female(Araneae: Macrothelidae)[J]. Acta Arachnologica Sinica(蛛形学报), 2018, 27(2): 103-107.
- [4] WANG M R, ZHANG X Q, WANG Y, et al. Determination of peptide and protein diversity in the venom of *Macrothele yani*[J]. Sichuan J Zool(四川动物), 2019, 38(4): 408-414.
- [5] 中国药典. 四部[S]. 2015: 附录 408-411.
- [6] HE Y N, XU K G, WANG Y, et al. Comparison of nutrient components and trace elements of *Hydrophilus acuminatus* and *Cybister lateralmarginalis*[J]. J Chin Med Mater(中药材), 2018, 41(9): 2079-2083.
- [7] ZHANG X P, ZHANG W, QI P F, et al. Content determination

- of 17 kinds of amino acids in sargassum and its adulterants[J]. J China Pharm(中国药房), 2020, 31(4): 468-472.
- [8] 李文锐, 代欣桃, 董坤, 等. 大胡蜂挥发性、脂溶性成分及微量元素分析研究[J]. 中药材, 2020, 43(6): 1394-1398.
- [9] TAN L H, RAN H L, WANG J R. GC-MS analysis on essential oil and liposoluble constituents of *Lepidium meyenii* walp[J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med-World Sci Technol(世界科学技术-中医药现代化), 2017, 19(7): 1234-1238.
- [10] LIN Y, BU Q T, WANG F Q, et al. Study on the effect of different processing methods on extracts and amino acids in *Eretmochelydis carapax*[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2016, 33(6): 734-737.
- [11] LI H F, CHENG S H, YU J. Research on fatty oil and amino acid components difference of aspongopus extracted by two different technologies[J]. Chin Arch Tradit Chin Med(中华中医药学刊), 2015, 33(7): 1656-1658.
- [12] XU M J, YE S Y, WU M, et al. Comparison on contents of mineral elements and amino acids in different germplasms of *Anoetochilus roxburghii*[J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2017, 48(2): 368-372.
- [13] CAO W, LIU D, ZHANG Y K, et al. Analysis of proteins, amino acids and inorganic elements in *Holotrichia diomphalia* from different areas[J]. J Chin Med Mater(中药材), 2010, 33(10): 1538-1541.
- [14] WANG D M, FENG J, JIAO A J, et al. Determination of 14 trace elements in *Zanthoxylum nitidum* (Roxb.) DC. in 10 different habitats of Guangxi by ICP-AES[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2012, 29(3): 219-222.
- [15] 齐颖. 食品中铬的生理功能及其检测方法[J]. 中国食物与营养, 2006(1): 37-38.
- [16] 岳帅, 宋镇渤, 孙文娟, 等. 锶抗骨质疏松的作用机制研究[J]. 中国药房, 2019, 30(5): 717-720.
- [17] ZHAO X H, GUO M L, ZHANG H M. Simultaneous determination of the content of five common metal elements in Huafeng Dan by ICP-MS[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2019, 36(23): 2953-2956.

收稿日期: 2020-09-23

(本文责编: 李艳芳)