

# 冬虫夏草人工繁育品、野生品及亚香棒虫草中氨基酸比较

咎珂<sup>1</sup>, 过立农<sup>1</sup>, 钱正明<sup>2</sup>, 李文佳<sup>2</sup>, 郑健<sup>1\*</sup>, 马双成<sup>1\*</sup> (1. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050; 2. 广东东阳光药业有限公司, 东莞 523808)

**摘要** 目的: 比较冬虫夏草人工繁育品、野生品与亚香棒虫草中水解和游离氨基酸的含量。方法: 采用氨基酸分析仪测定冬虫夏草人工繁育品、野生品以及亚香棒虫草中 17 种氨基酸的含量。结果: 冬虫夏草人工繁育品的水解氨基酸含量为 16.776%~19.080%, 野生冬虫夏草为 14.857%~21.959%, 亚香棒虫草为 13.043%~14.933%。冬虫夏草人工繁育品的游离氨基酸含量为 1.767%~2.373%, 野生冬虫夏草为 1.753%~2.521%, 亚香棒虫草为 2.856%~3.197%。结论: 冬虫夏草人工繁育品和野生品中氨基酸含量基本一致, 和亚香棒虫草有显著性差异。本研究为冬虫夏草的鉴别及人工繁育品的进一步开发利用提供科学依据。

**关键词:** 冬虫夏草人工繁育品; 野生冬虫夏草; 亚香棒虫草; 水解氨基酸; 游离氨基酸

中图分类号: R95 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2018)05-0611-009

doi:10.16153/j.1002-7777.2018.05.007

## Comparison of Amino Acids in Cultivated *Cordyceps Sinensis*, Wild *Cordyceps Sinensis* and *Cordyceps Hawkesii*

Zan Ke<sup>1</sup>, Guo Linong<sup>1</sup>, Qian Zhengming<sup>2</sup>, Li Wenjia<sup>2</sup>, Zheng Jian<sup>1\*</sup>, Ma Shuangcheng<sup>1\*</sup> (1. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China; 2. Guangdong Sunshine Lake Pharma Co. Ltd., Dongguan 523808, China)

**Abstract Objective:** To compare the contents of hydrolyzed and free amino acids in cultivated *Cordyceps sinensis*, wild *Cordyceps sinensis* and *Cordyceps Hawkesii*. **Methods:** Seventeen amino acids were measured in cultivated *Cordyceps sinensis*, wild *Cordyceps sinensis* and *Cordyceps Hawkesii* by using automatic amino acid analyzer. **Results:** The content of hydrolyzed amino acids was respectively 16.776%-19.080% in cultivated *Cordyceps sinensis*, 15.720%-21.959% in wild *Cordyceps sinensis*, and 13.043%-14.933% in *Cordyceps Hawkesii*. The content of free amino acids was respectively 1.767%-2.373% in cultivated *Cordyceps sinensis*, 1.753%-2.521% in wild *Cordyceps sinensis* and 2.856%-3.197% in *Cordyceps Hawkesii*. **Conclusion:** The content of amino acids in cultivated *Cordyceps sinensis* was almost the same as that of wild *Cordyceps sinensis* and was significantly different from that of *Cordyceps Hawkesii*. This study provides a scientific basis for the identification of *Cordyceps sinensis* and the further development and utilization of cultivated products.

基金项目: 中医药行业科研专项“中药饮片质量保障系统研究(一)”资助(编号 201507002); 十二五国家科技重大专项(编号 2014ZX09304307-002)

作者简介: 咎珂; Tel: (010) 67095739; E-mail: 6206310@qq.com

通信作者: 马双成; Tel: (010) 67095272; E-mail: mase@nifdc.org.cn

郑健; Tel: (010) 67095739; E-mail: bjzj825@163.com

**Keywords:** cultivated *Cordyceps sinensis*; wild *Cordyceps sinensis*; *Cordyceps hawkesii*; hydrolyzed amino acids; free amino acids

冬虫夏草为麦角菌科真菌冬虫夏草菌 *Cordyceps sinensis* (BerK.) Sacc.寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫上的子座和幼虫尸体的干燥复合体,主要分布在我国青海、西藏、甘肃、云南和四川等高海拔地区,是传统的名贵中药材,在中国有悠久的药用历史,具有补肾益肺、止血化痰的功效<sup>[1-3]</sup>。近年来,冬虫夏草的人工繁育技术获得突破,为冬虫夏草野生资源稀缺可持续发展提供了一条途径<sup>[4-5]</sup>。冬虫夏草人工繁育品为近年来才获产业化成功,化学成分需要深入比较研究。本课题组前期对冬虫夏草人工繁育品与野生品核苷类成分和甾醇类成分进行了系统的比较研究<sup>[6-8]</sup>。蛋白质、多肽和氨基酸是冬虫夏草中滋补强壮和增强免疫的重要物质基础之一,并且和辅助治疗神经系统、消化系统疾病有密切关系,常被用于冬虫夏草质量评价研究<sup>[9-12]</sup>。但前期冬虫夏草氨基酸分析均以野生品为主<sup>[10-20]</sup>,本文采用氨基酸分析仪测定冬虫夏草人工繁育品、野生品中17种水解及游离氨基酸含量,并以混淆品亚香棒虫草为参照,进行比较分析,为冬虫夏草的鉴别以及人工繁育品的进一步开发利用提供科学依据。

## 1 仪器和材料

### 1.1 仪器

L8900型全自动氨基酸分析仪(日立公司); XSE 105DU型十万分之一电子天平(梅特勒-托利多公司); 5424型高速离心机(艾本德公司); KQ-300DV型超声波清洗器(江苏昆山市超声仪器有限公司); Milli-Q纯水仪(密理博公司)。

### 1.2 试剂

盐酸、苯酚、柠檬酸钠均为分析纯,茚三酮溶液(二甲基亚砩150 mL+pH值5.2乙酸锂溶液50 mL+水合茚三酮4 g+还原茚三酮0.12 g)。氨基酸混合对照品溶液(批号:AWR3942,Wako公司)。

### 1.3 药材

野生冬虫夏草1~10(Ys1~Ys10)采自于西藏自治区、青海省、四川省、甘肃省、云南省;冬虫夏草人工繁育品1~10(RG1~RG10)由广东东阳光药业有限公司提供;亚香棒虫草1~4(YXB1~YXB4)采自贵州省。

试验样品均经中国食品药品检定研究院中药民族药检定所郑健研究员鉴定;冬虫夏草人工繁育品和野生品鉴定为麦角菌科真菌冬虫夏草菌 *Cordyceps sinensis* (BerK.) Sacc.寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫上的子座和幼虫尸体的干燥复合体;亚香棒虫草鉴定为麦角菌科真菌亚香棒虫草 *Cordyceps hawkesii* Gray寄生在鳞翅目昆虫幼虫的子囊菌,由虫体和头部长出的子座组成。

## 2 方法与结果

### 2.1 仪器分析条件

检测器类型:荧光检测器;检测波长:570 nm、440 nm;色谱柱:日立钠离子交接树脂柱(4.6 mm×60 mm),柱温:60℃;进样体积:20 μL;流动相:氨基酸分析仪配套柠檬酸缓冲液和EDTA-Na溶液(日立公司产品),流速0.4 mL·min<sup>-1</sup>;柱后反应柱的柱温:135℃。

### 2.2 试验方法

#### 2.2.1 水解氨基酸测试

取本品粉末(过四号筛)约0.1 g,精密称定,置于水解管底部,加入6 mol·L<sup>-1</sup>的盐酸10 mL,再加入新蒸馏的苯酚3~4滴,充氮气后立即封管,置于干燥箱内,110℃水解24 h。取出,放冷后进行适当倍数稀释,取1 mL水解稀释液于旋转蒸发仪上蒸干。加1 mL 0.02 mol·L<sup>-1</sup>盐酸溶解样品,10000 rpm·min<sup>-1</sup>离心15 min,取上清液,进样。

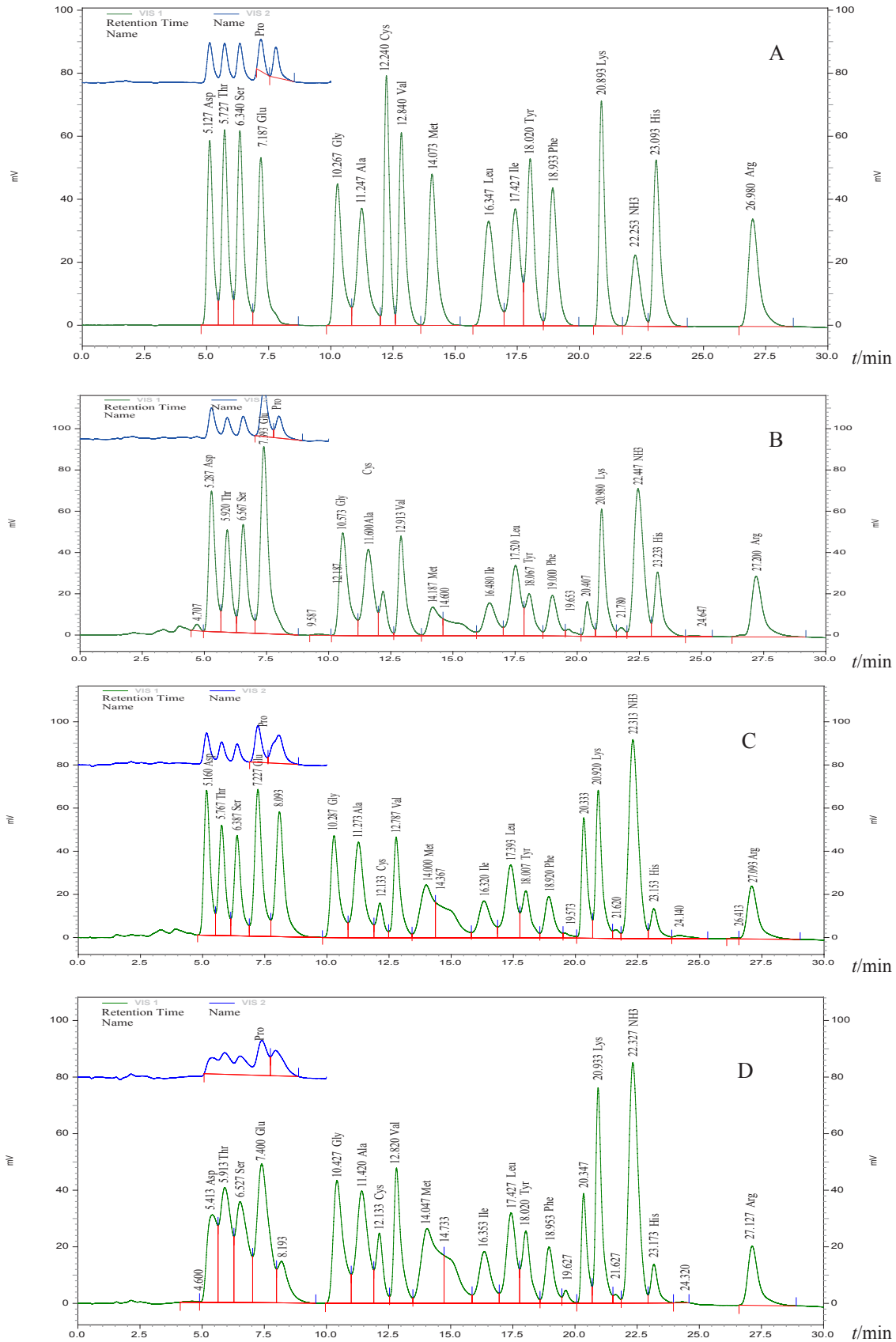
#### 2.2.2 游离氨基酸测试

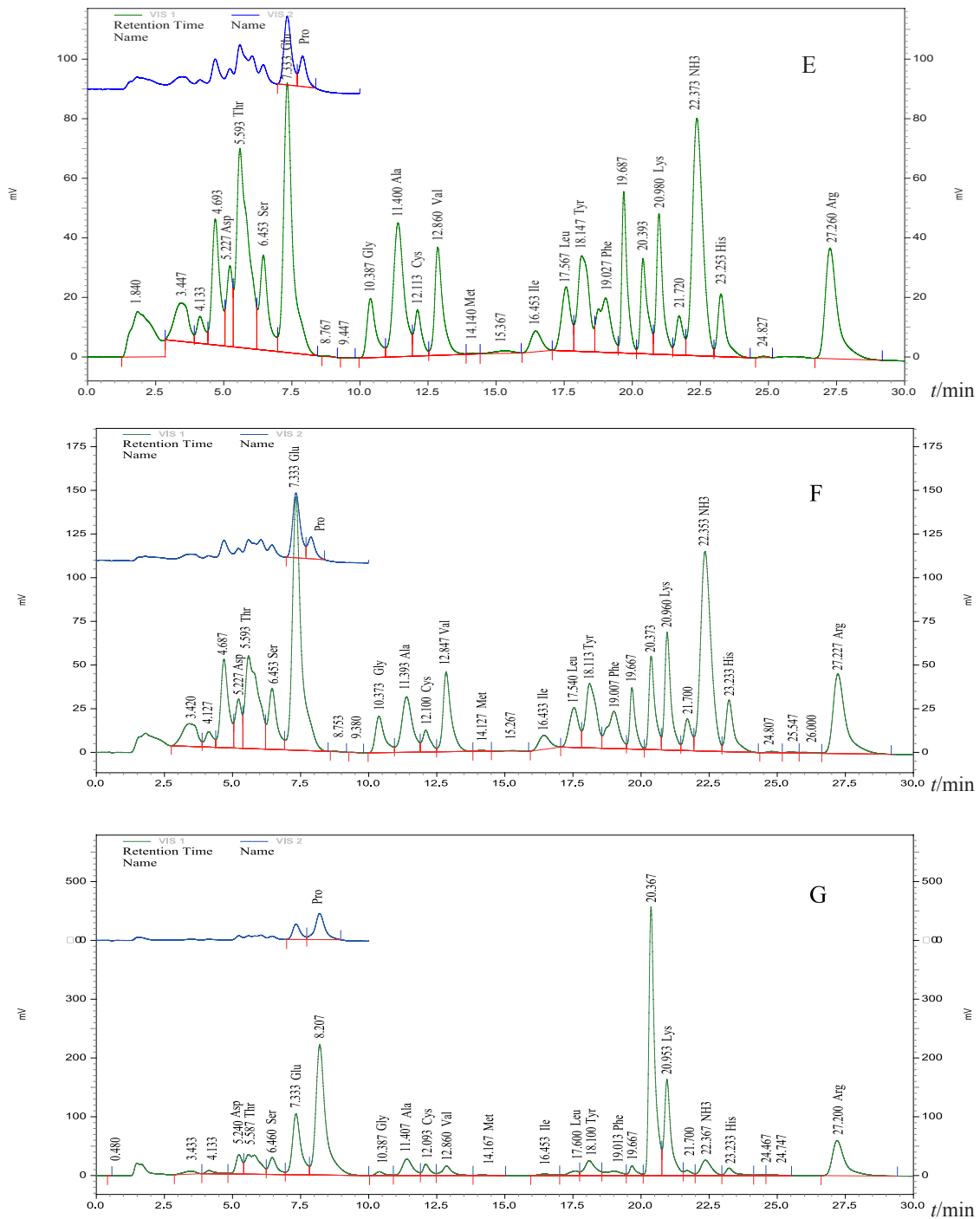
取本品粉末(过四号筛)约0.1 g,精密称定,置于具塞锥形瓶中,加水10 mL,称定重量,超声提取20 min后,取出,放置过夜后,取上清液2 mL于10 mL离心管中,准确加入2 mL磺基水杨酸溶液,混匀,放置1 h,准确加入1 mL EDTA-Na溶液和1 mL 0.02 mol·L<sup>-1</sup>盐酸溶液,混匀,10000 rpm·min<sup>-1</sup>离心15 min,吸取上清液1 mL,蒸干,准确加入1~5 mL柠檬酸钠缓冲液溶解,使氨基酸浓度处于仪器最佳检测范围内,进样。

### 2.3 色谱分析

样品经酸水解后,运用氨基酸自动分析仪测定,脯氨酸在波长440 nm测定,其余16种氨基酸在570 nm波长下测定,17种氨基酸在该分离条件下达

到很好的分离效果,混合对照品溶液及供试品溶液 色谱图见图1。





A: 混合对照品; B: 冬虫夏草人工繁育品水解氨基酸; C: 野生冬虫夏草水解氨基酸; D: 亚香棒虫草水解氨基酸;  
 E: 冬虫夏草人工繁育品游离氨基酸; F: 野生冬虫夏草游离氨基酸; G: 亚香棒虫草游离氨基酸;  
 Asp: 天冬氨酸; Thr: 苏氨酸; Ser: 丝氨酸; Glu: 谷氨酸; Gly: 甘氨酸; Ala: 丙氨酸;  
 Cys: 胱氨酸; Val: 缬氨酸; Met: 蛋氨酸; Ile: 异亮氨酸; Leu: 亮氨酸; Tyr: 酪氨酸;  
 Phe: 苯丙氨酸; Lys: 赖氨酸; His: 组氨酸; Arg: 精氨酸; Pro: 脯氨酸。

图1 对照品及其样品氨基酸色谱图

2.4 样品测定

采用建立的方法对 10 批冬虫夏草人工繁育品、

10 批野生冬虫夏草以及 4 批亚香棒虫草进行了测定。17 种氨基酸的测定结果见表 1 ~ 表 6。

表 1 冬虫夏草人工繁育品中水解氨基酸含量

种类	RG1	RG2	RG3	RG4	RG5	RG6	RG7	RG8	RG9	RG10	%
Asp	1.422	1.497	1.406	1.602	1.410	1.581	1.416	1.533	1.493	1.551	
Thr	0.866	0.900	0.870	0.963	0.874	0.950	0.872	0.936	0.888	0.940	
Ser	0.786	0.844	0.810	0.914	0.816	0.907	0.817	0.885	0.828	0.856	
Glu	1.996	2.411	2.153	2.721	2.152	2.686	2.430	2.592	2.486	2.327	
Gly	0.755	0.797	0.768	0.791	0.764	0.797	0.748	0.706	0.722	0.799	
Ala	0.992	1.035	0.982	0.961	1.157	1.207	1.097	1.273	1.141	0.919	
Cys	0.357	0.364	0.374	0.479	0.451	0.394	0.372	0.449	0.409	0.799	
Val	0.930	0.930	0.922	0.950	0.926	0.942	0.913	0.913	0.894	1.003	
Met	0.619	0.628	0.638	0.576	0.191	0.180	0.178	0.209	0.574	0.729	
Ile	0.674	0.663	0.648	0.637	0.652	0.662	0.637	0.709	0.602	0.686	
Leu	1.165	1.151	1.150	1.092	1.168	1.079	1.113	1.042	1.007	1.198	
Tyr	0.831	0.778	0.745	0.745	0.678	0.679	0.655	0.695	0.702	0.850	
Phe	0.849	0.789	0.791	0.724	0.716	0.659	0.681	0.634	0.669	0.814	
Lys	0.974	1.020	1.009	1.138	1.000	1.031	1.018	1.016	0.978	1.154	
His	1.041	1.046	0.977	1.061	1.044	1.120	1.003	1.077	1.002	1.114	
Arg	1.750	1.753	1.641	1.740	1.661	1.719	1.589	1.625	1.599	1.850	
Pro	1.235	1.064	1.206	1.317	1.198	1.306	1.238	1.004	1.349	1.491	
合计	17.241	17.670	17.089	18.412	16.855	17.899	16.776	17.297	17.343	19.080	

表 2 野生冬虫夏草中水解氨基酸含量

种类	YS1	YS2	YS3	YS4	YS5	YS6	YS7	YS8	YS9	YS10	%
Asp	1.359	1.784	1.407	1.369	1.489	1.457	1.521	1.545	1.888	1.356	
Thr	0.795	0.790	0.817	0.827	0.905	0.893	0.930	0.901	1.104	0.827	
Ser	0.768	0.736	0.786	0.737	0.826	0.820	0.893	0.852	1.034	0.751	
Glu	2.167	2.503	2.483	2.168	2.342	2.323	2.537	2.598	2.914	2.161	
Gly	0.705	0.675	0.721	0.706	0.763	0.756	0.805	0.811	0.935	0.727	
Ala	0.788	0.711	0.848	0.844	0.898	0.915	0.978	0.981	1.112	0.905	

续表 2

种类	YS1	YS2	YS3	YS4	YS5	YS6	YS7	YS8	YS9	YS10
Cys	0.587	0.616	0.544	0.489	0.588	0.510	0.502	0.518	0.632	0.502
Val	0.816	0.766	0.798	0.799	0.931	0.928	0.929	0.890	1.093	0.867
Met	0.486	0.433	0.517	0.527	0.613	0.588	0.724	0.633	0.711	0.554
Ile	0.563	0.521	0.553	0.544	0.651	0.664	0.632	0.636	0.745	0.630
Leu	1.020	0.950	1.035	1.041	1.215	1.206	1.165	1.169	1.374	1.137
Tyr	0.675	0.604	0.642	0.638	0.789	0.804	0.723	0.719	0.842	0.734
Phe	0.641	0.612	0.632	0.643	0.789	0.787	0.730	0.712	0.905	0.740
Lys	1.027	1.019	1.058	1.130	1.234	1.256	1.193	1.173	1.455	1.073
His	0.798	0.747	0.862	0.848	0.970	1.007	1.004	1.020	1.411	0.810
Arg	1.301	1.223	1.373	1.304	1.573	1.678	1.658	1.680	2.282	1.386
Pro	1.223	1.166	1.210	1.096	1.309	1.301	1.195	1.214	1.522	1.246
合计	15.720	14.857	16.286	15.708	17.883	17.893	18.120	18.052	21.959	16.405

表 3 亚香棒虫草中水解氨基酸含量

%

种类	YXB1	YXB2	YXB3	YXB4
Asp	1.210	1.163	0.832	0.883
Thr	0.786	0.760	0.788	0.846
Ser	0.632	0.632	0.645	0.845
Glu	1.407	1.417	1.594	1.646
Gly	0.598	0.554	0.420	0.679
Ala	0.792	0.718	0.735	0.812
Cys	0.485	0.452	0.419	0.782
Val	0.718	0.667	0.637	0.768
Met	0.869	0.918	0.771	0.613
Ile	0.567	0.531	0.427	0.600
Leu	0.998	0.836	0.809	0.884
Tyr	0.657	0.576	0.578	0.747
Phe	0.614	0.522	0.511	0.586
Lys	1.148	1.086	1.238	1.255
His	0.320	0.301	0.286	0.296
Arg	0.981	0.865	0.715	0.850
Pro	2.150	1.645	1.638	1.709
合计	14.933	13.643	13.043	14.801

表4 冬虫夏草人工繁育品中游离氨基酸含量

%

种类	RG1	RG2	RG3	RG4	RG5	RG6	RG7	RG8	RG9	RG10
Asp	0.058	0.070	0.077	0.095	0.064	0.102	0.065	0.090	0.124	0.091
Thr	0.224	0.309	0.150	0.499	0.266	0.349	0.204	0.291	0.348	0.382
Ser	0.082	0.076	0.072	0.090	0.078	0.091	0.074	0.075	0.088	0.089
Glu	0.288	0.250	0.367	0.366	0.312	0.310	0.438	0.321	0.390	0.322
Gly	0.040	0.042	0.033	0.025	0.039	0.038	0.036	0.030	0.036	0.036
Ala	0.100	0.116	0.089	0.072	0.116	0.120	0.071	0.131	0.134	0.118
Cys	0.081	0.073	0.063	0.066	0.075	0.087	0.057	0.093	0.100	0.076
Val	0.092	0.096	0.092	0.112	0.093	0.107	0.103	0.089	0.113	0.101
Met	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002
Ile	0.033	0.031	0.025	0.032	0.028	0.032	0.028	0.019	0.031	0.030
Leu	0.073	0.086	0.063	0.062	0.076	0.085	0.072	0.063	0.084	0.073
Tyr	0.139	0.183	0.164	0.120	0.177	0.183	0.163	0.198	0.204	0.167
Phe	0.102	0.130	0.111	0.106	0.114	0.136	0.108	0.140	0.154	0.128
Lys	0.095	0.117	0.119	0.167	0.108	0.134	0.133	0.127	0.146	0.144
His	0.060	0.061	0.067	0.078	0.070	0.072	0.086	0.069	0.074	0.070
Arg	0.188	0.208	0.233	0.205	0.222	0.206	0.242	0.214	0.203	0.236
Pro	0.110	0.116	0.130	0.123	0.129	0.121	0.141	0.117	0.143	0.118
合计	1.767	1.967	1.857	2.219	1.969	2.175	2.023	2.067	2.373	2.182

表5 野生冬虫夏草中游离氨基酸含量

%

种类	YS1	YS2	YS3	YS4	YS5	YS6	YS7	YS8	YS9	YS10
Asp	0.078	0.078	0.080	0.142	0.083	0.072	0.080	0.114	0.114	0.132
Thr	0.213	0.290	0.327	0.570	0.351	0.467	0.324	0.374	0.524	0.084
Ser	0.064	0.095	0.075	0.083	0.092	0.099	0.098	0.088	0.119	0.069
Glu	0.386	0.409	0.403	0.351	0.470	0.469	0.472	0.422	0.451	0.462
Gly	0.020	0.021	0.021	0.021	0.028	0.028	0.025	0.043	0.020	0.035
Ala	0.066	0.066	0.070	0.098	0.089	0.090	0.091	0.116	0.072	0.110
Cys	0.048	0.061	0.054	0.088	0.063	0.074	0.066	0.085	0.068	0.074
Val	0.066	0.057	0.047	0.062	0.097	0.096	0.087	0.063	0.074	0.074
Met	0.001	0.003	0.002	0.004	0.006	0.005	0.003	0.002	0.004	0.001
Ile	0.014	0.011	0.007	0.007	0.023	0.022	0.023	0.007	0.009	0.020
Leu	0.044	0.032	0.022	0.023	0.052	0.048	0.051	0.041	0.015	0.074

续表 5

种类	YS1	YS2	YS3	YS4	YS5	YS6	YS7	YS8	YS9	YS10
Tyr	0.134	0.099	0.103	0.127	0.126	0.126	0.104	0.155	0.069	0.171
Phe	0.080	0.093	0.057	0.084	0.114	0.109	0.094	0.084	0.045	0.126
Lys	0.193	0.242	0.186	0.295	0.286	0.301	0.221	0.250	0.239	0.184
His	0.079	0.068	0.091	0.099	0.125	0.121	0.079	0.136	0.097	0.077
Arg	0.151	0.155	0.168	0.166	0.269	0.240	0.182	0.326	0.267	0.210
Pro	0.114	0.133	0.126	0.142	0.151	0.154	0.139	0.136	0.079	0.145
合计	1.753	1.913	1.840	2.362	2.427	2.521	2.142	2.443	2.266	2.049

表 6 亚香棒虫草中游离氨基酸含量

%

	YXB1	YXB2	YXB3	YXB4
Asp	0.097	0.084	0.072	0.097
Thr	0.126	0.155	0.100	0.126
Ser	0.056	0.063	0.048	0.056
Glu	0.348	0.326	0.308	0.348
Gly	0.012	0.011	0.010	0.012
Ala	0.073	0.067	0.060	0.073
Cys	0.086	0.086	0.071	0.086
Val	0.052	0.046	0.050	0.052
Met	0.006	0.005	0.005	0.006
Ile	0.008	0.011	0.009	0.008
Leu	0.026	0.028	0.024	0.026
Tyr	0.152	0.126	0.118	0.152
Phe	0.055	0.056	0.041	0.055
Lys	0.390	0.378	0.319	0.390
His	0.044	0.045	0.034	0.044
Arg	0.433	0.347	0.368	0.433
Pro	1.233	1.046	1.219	1.223
合计	3.197	2.880	2.856	3.187

### 3 讨论

根据水解氨基酸测定结果分析(表1~表3),冬虫夏草人工繁育品的水解氨基酸含量为16.776%~19.080%,野生冬虫夏草为14.857%~21.959%,

亚香棒虫草为13.043%~14.933%。亚香棒虫草中水解氨基酸含量低于冬虫夏草人工繁育品,与野生冬虫夏草相比,总体也偏低。冬虫夏草人工繁育品和野生冬虫夏草中总水解氨基酸含



量基本一致。亚香棒虫草中组氨酸(His)的含量为0.286%~0.320%，冬虫夏草人工繁育品为0.977%~1.120%，野生品为0.747%~1.411%，亚香棒虫草明显偏低。亚香棒虫草中脯氨酸(Pro)的含量为1.638%~2.150%，冬虫夏草人工繁育品为1.064%~1.491%，野生品为1.096%~1.522%，亚香棒虫草明显偏高，冬虫夏草人工繁育品与野生品中这2种氨基酸含量基本一致。

从游离氨基酸测定结果分析(表4~表6)，冬虫夏草人工繁育品的游离氨基酸含量为1.767%~2.373%，野生冬虫夏草为1.753%~2.521%，亚香棒虫草为2.856%~3.197%。亚香棒虫草中游离氨基酸含量范围高于冬虫夏草，人工繁育品中游离氨基酸的含量处于野生冬虫夏草含量范围内。从单个游离氨基酸含量分析，亚香棒虫草中甘氨酸(Gly)的含量为0.010%~0.012%，明显低于冬虫夏草人工繁育品(0.025%~0.042%)和野生品(0.020%~0.043%)，但亚香棒虫草中脯氨酸(Pro)的含量为1.046%~1.233%，明显高于冬虫夏草人工繁育品(0.110%~0.143%)和野生品(0.079%~0.154%)。

本研究通过氨基酸自动测定仪对10批冬虫夏草人工繁育品、10批野生冬虫夏草及4批亚香棒虫草中17种水解和游离氨基酸含量进行了测定，并对结果进行了分析。亚香棒虫草中氨基酸含量与正品比较具有较大的区别，冬虫夏草人工繁育品与野生品中氨基酸含量基本一致。本研究为冬虫夏草的鉴别及人工繁育品的进一步开发利用提供科学依据。

#### 参考文献：

- [1] 郭海平, 杨智敏. 冬虫夏草药理作用研究进展[J]. 中草药, 1999, 30(3): 231-233.
- [2] 戚三涛, 张风华, 李杨, 等. 冬虫夏草研究概况及展望[J]. 生物医药, 2012, 15(5): 41-43.
- [3] 中国药典: 一部[S]. 2015: 115.
- [4] 李文佳, 董彩虹, 刘杏忠, 等. 冬虫夏草培植技术研究进展[J]. 菌物学报, 2016, 35(4): 1-13.
- [5] 李文佳, 张宗耀, 华献春, 等. 冬虫夏草繁育关键技术研究及其产业化应用[J]. 中国科技成果, 2017(6): 80.
- [6] 过立农, 张美, 刘杰, 等. 冬虫夏草人工繁育品与野生品基于甾醇特征图谱的比较研究[J]. 中国药事, 2017, 31(8): 951-959.
- [7] 咎珂, 黄莉莉, 过立农, 等. 基于特征图谱及多指标成分含量的冬虫夏草野生与人工繁育品比较研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(20): 3957-3962.
- [8] 咎珂, 苏蕊, 刘杰, 等. 冬虫夏草人工繁育品与野生冬虫夏草中腺苷含量的比较研究[J]. 中国药事, 2016, 30(6): 598-603.
- [9] 严冬, 杨鑫岫. 西藏不同产地冬虫夏草中氨基酸成分分析及其营养价值评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(3): 281-284.
- [10] 钱正明, 李春红, 李文庆, 等. 冬虫夏草蛋白图谱及干燥条件对超氧化物歧化酶活性影响[J]. 菌物学报, 2016, 35(4): 424-432.
- [11] 钱正明, 李文庆, 孙敏甜, 等. 冬虫夏草化学成分分析[J]. 菌物学报, 2016, 35(4): 476-490.
- [12] 王林萍, 余意, 冯成强. 冬虫夏草活性成分及药理作用研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2014, 21(7): 132-136.
- [13] 石岩, 王钢力, 林瑞超. 近红外技术测定冬虫夏草中氨基酸含量[J]. 药物分析杂志, 2007, 27(1): 90-92.
- [14] 索菲亚, 苏俊, 姜彦成, 等. 新疆虫草与冬虫夏草中甘露醇、多糖和氨基酸的含量比较研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(3): 517-521.
- [15] 熊淑玲, 刘波平, 童迎东. 亚香棒虫草和冬虫夏草化学成分测定与比较[J]. 江西农业大学学报, 1997, 19(2): 27-30.
- [16] 王丽, 宋志峰, 黄璜. HPLC测定不同产地冬虫夏草中氨基酸的含量[J]. 中成药, 2010, 32(6): 984-987.
- [17] 张士善, 张丹参, 朱桐君, 等. 冬虫夏草氨基酸成分的药理分析[J]. 药学学报, 1991, 26(5): 326-330.
- [18] 冯凤英, 于斌, 刘青利, 等. 冬虫夏草氨基酸含量与生态因子的相关性分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 787-792.
- [19] 于斌, 冯凤英, 梁留科, 等. 冬虫夏草的生境及其氨基酸含量分析[J]. 干旱区研究, 2012, 29(5): 791-796.
- [20] 汪家春, 杨睿倩, 李兆兰, 等. 天然冬虫夏草、冬虫夏草菌丝及发酵液游离氨基酸的种类及含量测定[J]. 解放军药学学报, 2014, 30(3): 249-251.

(收稿日期 2017年10月23日 编辑 范玉明)