

高效液相色谱分析虫草中核苷类成分

朱丽娜^{1,2}, 高新华³, 张忠¹, 周帅¹, 尚晓冬¹, 唐庆九^{*1}

(1. 上海市农业科学院 食用菌研究所, 上海 201403; 2. 上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240; 3. 上海市农业科学院 生态环境保护研究所, 上海 201403)

摘要: 为虫草中核苷类成分研究和质量控制提供参考, 建立了一种高效液相色谱(HPLC)定量分析胞苷酸、尿苷酸、尿嘧啶、鸟苷酸、肌苷酸、次黄嘌呤、尿苷、腺苷酸、胸腺嘧啶、腺嘌呤、2'-脱氧腺苷酸、肌苷、鸟苷、2'-脱氧鸟苷、胸苷、腺苷、2'-脱氧腺苷、虫草素和 N⁶-(2-羟乙基)腺苷这 19 种核苷的方法。采用 X select HSS T3 column (5 μ m, 4.6 mm $\times$ 250 mm) 色谱柱, 流动相为乙腈和水, 梯度洗脱, 流速 1 mL/min, 柱温 40 $^{\circ}$ C, 检测波长 254 nm。研究表明: 19 种核苷精密度 RSD 为 0.11%~2.82%, 稳定性 RSD 为 0.22%~1.63%, 保留时间 RSD 为 0.14%~3.47%, 重复性 RSD 为 1.3%~5.2%, 回收率为 84.9%~108.3%, 说明该方法准确、可靠, 采用该方法成功测定了多种虫草产品中核苷的质量分数。

关键词: 冬虫夏草; 蛹虫草; 蝉花; 核苷

中图分类号: S 646 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)06-0604-06

Determination of Nucleosides in Caterpillar Fungi by High Performance Liquid Chromatography

ZHU Lina^{1,2}, GAO Xinhua³, ZHANG Zhong¹, ZHOU Shuai¹, SHANG Xiaodong¹, TANG Qingjiu^{*1}

(1. Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. School of Agricultural and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 3. Institute of ECO-Environment and Plant Protection, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 200234, China)

Abstract: In order to afford a reference for the study of nucleosides and quality control of caterpillar fungi products, a method for simultaneous determination 19 kinds of nucleosides using HPLC was established including CMP, UMP, uracil, GMP, IMP, hypoxanthine, uridine, AMP, thymine, adenine, dAMP, inosine, guanosine, 2'-deoxyguanosine, thymidine, adenosine, 2'-deoxyadenosine, cordycepin, N⁶-(2-hydroxyethyl)-adenosine. Chromatographic conditions: X select HSS T3 column (5 μ m, 4.6 mm $\times$ 250 mm), acetonitrile and water as mobile phase with gradient elution, flow rate 1 mL/min, column temperature 40 $^{\circ}$ C, detection wavelength 254 nm. Methodological research showed this was

收稿日期: 2015-08-10

基金项目: 科技部农业科技成果转化项目(2014CGB2C000071); 上海闵行区科技项目(2014MH106)。

作者简介: 朱丽娜(1980—), 女, 上海人, 园艺专业博士研究生, 副研究员, 主要从事食药菌生物活性方面的研究。

E-mail: lenazhu@sjtu.edu.cn

* 通信作者: 唐庆九(1969—), 女, 江苏盐城人, 医学博士, 研究员, 主要从事食药菌分离纯化及其生物活性方面的研究。

E-mail: tangqingjiu2015@126.com

引用本文: 朱丽娜, 高新华, 张忠, 等. 高效液相色谱分析虫草中核苷类成分[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(06): 604-609.

an accurate and reliable method which RSD of precision ranged 0.11%~2.82%, RSD of stability ranged 0.22%~1.63%, RSD of retention time ranged 0.14%~3.47%, RSD of reproducibility ranged 1.3%~5.2%, and recovery ranged 84.9%~108.3%. The nucleoside content in some caterpillar fungi products were successfully determined using this method.

Keywords: *Ophiocordyceps sinensis*, *Cordyceps militaris*, *Cordyceps cicada*, nucleoside

虫草是一些真菌寄生于昆虫体内,吸收虫体营养而形成的菌体,由于其地下部分为虫草的外壳所包裹的菌丝,地上部分为形似草的子座,故称虫草^[1]。冬虫夏草 *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora 是冬虫夏草菌寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫上的子座及幼虫尸体的复合体,具有调节人体免疫系统、抗肿瘤及抗氧化活性,同时对慢性支气管炎、高脂血症、心血管疾病、肾衰竭等有很好的疗效^[2-3]。蛹虫草 *Cordyceps militaris* (L.) Link 又名北冬虫夏草、北虫草、蛹草、蛹草菌等。研究表明,蛹虫草中含有虫草素、虫草多糖等多种生物活性物质,在抗炎、抗癌、抗菌、增强免疫等方面起着重要的作用^[4]。蝉花 *Cordyceps cicada* (Miq.) Massee 1895 是寄生在蝉上的一类虫草真菌,具有调节免疫、抗疲劳、镇静催眠、解热镇痛、改善肾功能等作用^[5]。

核苷类物质作为虫草属真菌中的重要药用成分之一,具有广泛的生理功能。虫草属真菌中已分离出多种核苷类物质,有腺苷、尿苷、鸟苷、虫草素、N⁶-(2-羟乙基)-腺苷等^[6-8]。《中国药典》(2010年版)一部采用 HPLC 法测定冬虫夏草中腺苷的含量作为冬虫夏草内在质量的评价指标^[9]。然而《中国药典》至今也未收载蛹虫草和蝉花的质量控制标准。同时,市场上大多数冬虫夏草口服制剂也是仅以腺苷含量作为测定指标,而虫草样品中含多种核苷类成分。因此,以单一腺苷成分较难控制虫草产品的质量。虽然已有研究者用 HPLC 对一些虫草中核苷类物质进行测定,但大都只将核苷类成分中的 1~3 个作为质控指标进行评估^[10]。本研究在高效液相色谱中采用了反相分析,用 19 个核苷类成分作为对照,考察了方法的精密度、重复性和稳定性,以此作为各虫草样品中核苷类成分的分析方法,以全面了解不同虫草产品中核苷类成分差异,为虫草产品质量监控和虫草资源的进一步开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

蛹虫草子实体样品 CM1:由上海市农业科学院植物保护研究所虫草课题组提供;CM2:由上海百信生物科技有限公司提供;CM3:由沈阳巨鑫生物科技有限公司提供;CM4:由云南植物研究所提供;冬虫夏草 DCXC1:采自西藏那曲;DCXC2:采自青海玉树;DCXC3:采自青海果洛;DCXC4:采自宁夏西宁,由上海中医药大学吴弢教授惠赠;蝉花样品 CH1:由浙江丽水农科院鲍文辉老师提供;蝉花样品 CH2:来自安徽;CH3:来自江苏;样品进行形态学及 ITS 测序鉴定,标本存放于上海农科院食用菌研究所。

1.2 主要试剂与仪器

1.2.1 试剂 胞苷酸、尿苷酸、鸟苷酸、肌苷酸、腺苷酸、次黄嘌呤、尿嘧啶、尿苷、胸腺嘧啶、腺嘌呤、腺苷、鸟苷、肌苷、胸苷、虫草素(3'-脱氧腺苷):美国 Sigma 公司产品(纯度均≥99%);2'-脱氧腺苷酸、2'-脱氧鸟苷和 2'-脱氧腺苷:上海生工生物工程有限公司(纯度均≥99%);N⁶-(2-羟乙基)腺苷:上海市农业科学院食用菌研究所加工技术与发酵工程研究室分离纯化,经 ¹H-NMR、¹³C-NMR 和 ES-MS 鉴定(纯度>99%);乙腈(色谱纯):美国 Dikma 公司产品;DMSO(分析纯):上海朝瑞生物科技有限公司;磷酸二氢钾等:均为国产分析纯。

1.2.2 仪器 Waters 1525 高效液相色谱仪、Waters 2489 紫外检测器、Waters 2707 自动进样器:美国 Waters 公司;KQ-600B 型超声清洗器:昆山市超声仪器有限公司;PURELAB ULTRA 纯水制备仪:英国 ELGA 公司;小型粉碎机:上海淀久中药机械制造有限公司。

1.3 标准品配制及样品制备

1.3.1 标品的配制 标准品用少量 DMSO 溶解并以超纯水稀释至不同浓度配成混标,同时配制单标

用来定性。

1.3.2 样品溶液的制备 精密称取 100 mg 样品,加入 5 mL 超纯水,超声提取 0.5 h, 100 °C 振荡提取 1 h,离心,上清液过滤(0.22 μ m 超滤膜)后上 HPLC 测定。

1.4 色谱条件

色谱柱:X select HSS T3 column (5 μ m, 4.6 mm $\times$ 250 mm);流动相:(A 相:乙腈,B 相:磷酸缓冲液 pH 4.8);洗脱程序:0~5 min 0%A, 5~15 min 0%~3%A, 15~25 min 3%~10%A, 25~30 min 10%A, 31~40 min 0%A);检测器:UV 检测器;检测波长:254 nm;流速:1 mL/min;柱温:40 °C;进样量:10 μ L。

1.5 方法学考察

1.5.1 标准曲线制作 以标准品的进样质量浓度(μ g/mL)为横坐标,色谱峰面积为纵坐标,绘制标准曲线。

1.5.2 精密度实验 吸取 30 μ g/mL 的混标 10 μ L,连续进样 5 次,测定峰面积,计算 RSD。

1.5.3 重复性实验 取同一批样品(DCXC4),平行制备供试液 5 份,加入 50 μ g/mL 的混标,分别进样,测定峰面积,计算 RSD。

1.5.4 稳定性实验 吸取 30 μ g/mL 的混标 10 μ L,分别于配制后的 0、5、10、15、20 h 时进样,测定峰面积和出峰时间,计算 RSD。

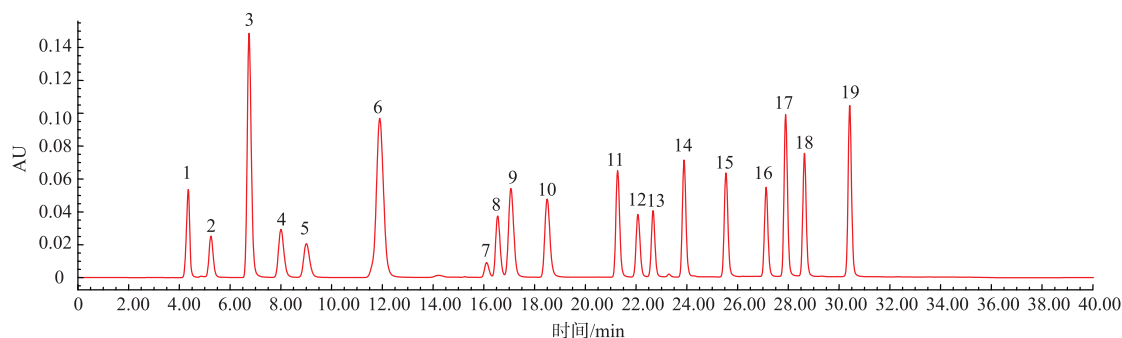
1.6 样品测定

按 1.3 的方法配制好的样品溶液上 HPLC 分析,测定峰面积,按标准曲线计算样品中核苷和核苷酸的含量。

2 结果与分析

2.1 标准品及样品色谱分析

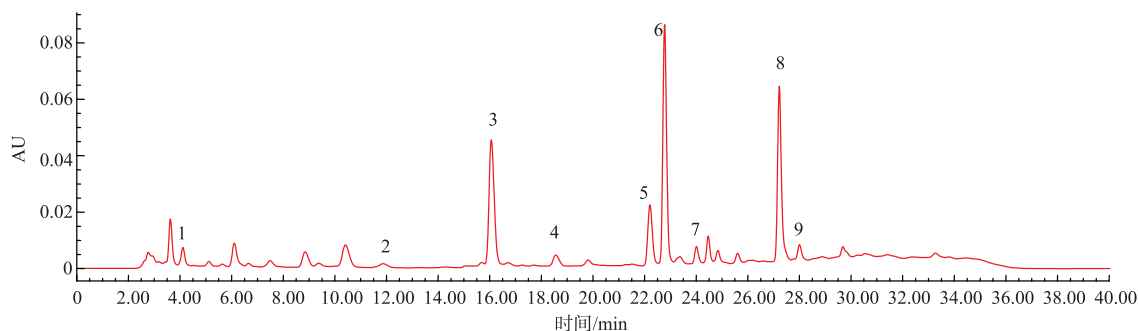
图 1-2 为标准品及样品中核苷类成分的液相色谱图。结果表明,在本实验条件下,标准品和样品各核苷成分的分离度较好,19 种标准品能有效分离,样品中的核苷类成分出峰情况良好。



1.胞苷酸 CMP, 2.尿苷酸 UMP, 3.尿嘧啶 Uracil, 4.鸟苷酸 GMP, 5.肌苷酸 IMP, 6.次黄嘌呤 Hypoxanthine, 7.尿苷 Uridine, 8.腺苷酸 AMP, 9.胸腺嘧啶 Thymine, 10.腺嘌呤 Adenine, 11. 2'-脱氧腺苷酸 dAMP, 12.肌苷 Inosine, 13.鸟苷 Guanosine, 14. 2'-脱氧鸟苷 2'-Deoxyguanosine, 15.胸苷 Thymidine, 16.腺苷 Adenosine, 17. 2'-脱氧腺苷 2'-Deoxyadenosine, 18.虫草素 Cordycepin, 19. N⁶-(2-羟乙基)腺苷 N⁶-(2-hydroxyethyl)-Adenosine, HEA

图 1 标准品色谱图

Fig. 1 Chromatography profile of standard



1.胞苷酸 CMP, 2.次黄嘌呤 Hypoxanthine, 3.尿苷 Uridine, 4.腺嘌呤 Adenine, 5.肌苷 Inosine, 6.鸟苷 Guanosine, 7. 2'-脱氧鸟苷 2'-Deoxyguanosine, 8.腺苷 Adenosine, 9. 2'-脱氧腺苷 2'-Deoxyadenosine

图 2 样品(DCXC4)色谱图

Fig. 2 Chromatography profile of sample(DCXC4)

2.2 线性关系、检出限及方法学数据

以标准品的进样质量浓度为横坐标($\mu\text{g/mL}$),色谱峰面积为纵坐标得到各标品的线性回归方程。表1表明:19种核苷标准品的线性关系良好,相关系数 R^2 均达到0.99以上,线性范围为10~100 $\mu\text{g/mL}$ 。表2表明:19种核苷精密密度实验峰面积RSD为0.11%~2.82%;稳定性实验峰面积RSD为0.22%~1.63%,保留时间RSD为0.14%~3.47%;重复性峰面积RSD为1.3%~5.2%;回收率为84.9%~108.3%,说明该方法精密密度、稳定性和重复性良好。

表1 回归方程及线性相关系数

Table 1 Regression equation and linear correlation coefficient

	线性方程	R^2
胞苷酸	$Y=15\ 092X+2\ 176$	0.997
尿苷酸	$Y=8\ 956.6X+15\ 875$	0.995
尿嘧啶	$Y=50\ 608X+16\ 238$	0.988
鸟苷酸	$Y=13\ 782X+23\ 056$	0.995
肌苷酸	$Y=10\ 711X+12\ 773$	0.995
次黄嘌呤	$Y=42\ 152X-8\ 497.7$	0.999
尿苷	$Y=14\ 316X-2\ 949$	0.998
腺苷酸	$Y=14\ 268X+24\ 924$	0.995
胸腺嘧啶	$Y=25\ 485X+15\ 046$	0.997
腺嘌呤	$Y=46\ 478X-27\ 842$	0.999
2'-脱氧腺苷酸	$Y=24\ 000X-32\ 455$	0.999
肌苷	$Y=34\ 519X-26\ 287$	0.999
鸟苷	$Y=15\ 962X-26\ 287$	0.999
2'-脱氧鸟苷	$Y=23\ 329X+831$	0.996
胸苷	$Y=12\ 830X-21\ 612$	0.999
腺苷	$Y=50\ 590X+14\ 221$	0.999
2'-脱氧腺苷	$Y=28\ 432X+60\ 843$	0.995
虫草素	$Y=22\ 687X+28\ 115$	0.997
N^6 -(2-羟乙基)腺苷	$Y=29\ 648X+89\ 133$	0.992

注: X 为质量浓度, Y 为峰面积。

2.3 不同虫草产品中核苷质量分数

表3为各虫草样品中核苷质量分数。表明不同虫草产品中核苷类成分种类及质量分数均有差异。尿苷、鸟苷和腺苷为冬虫夏草产品中的主要核苷类成分,质量分数都大于0.5 $\mu\text{g/mg}$,此外冬虫夏草中肌苷质量分数也较高。而蛹虫草中主要核苷类成分(质量分数大于0.5 $\mu\text{g/mg}$)除尿苷、鸟苷、腺苷外,还有虫草素及 N^6 -(2-羟乙基)腺苷。蝉花中含量较大的核苷成分为尿苷、鸟苷、腺苷及 N^6 -(2-羟乙基)腺苷。

表2 精密密度、稳定性和重现性实验的RSD值及回收率

Table 2 RSD of precision, stability and reproducibility and recovery

标准品	精密密度	稳定性		重复性	回收率/%
		峰面积	保留时间		
胞苷酸	0.93	0.91	1.95	4.1	103.4
尿苷酸	1.65	1.63	3.42	3.8	99.5
尿嘧啶	0.29	0.28	2.26	1.5	103.1
鸟苷酸	0.11	0.22	3.47	2.6	106.9
肌苷酸	0.23	0.25	3.07	3.1	101.3
次黄嘌呤	0.31	0.30	1.12	4.7	102.1
尿苷	1.18	1.18	3.43	4.9	108.3
腺苷酸	2.82	0.38	3.44	1.8	84.9
胸腺嘧啶	0.78	0.79	2.51	1.7	107.9
腺嘌呤	0.38	0.32	2.13	3.9	101.3
2'-脱氧腺苷酸	0.08	0.29	1.49	2.3	104.1
肌苷	0.46	0.44	0.95	2.9	87.6
鸟苷	0.38	0.36	0.81	4.9	92.0
2'-脱氧鸟苷	1.39	1.32	0.35	5.2	105.1
胸苷	0.35	0.38	0.42	2.7	93.4
腺苷	0.32	1.34	0.21	1.3	96.6
2'-脱氧腺苷	0.35	0.58	0.17	4.8	91.3
虫草素	0.37	0.43	0.14	2.5	101.3
N^6 -(2-羟乙基)腺苷	0.42	0.5	0.14	1.7	89.9

3 结 语

据文献报道的测定冬虫夏草中核苷类成分含量的方法有薄层色谱法、高效液相色谱法和毛细管电泳法^[11-13],其中HPLC法准确、灵敏、快速、简单、选择性好,应用广泛,已成为目前核苷类物质检测的主要方法,液相色谱柱根据极性分为正相和反相柱,据文献报道,反相C18柱可以实现对多种核苷和核苷酸的有效分离^[14-16],在预实验中,笔者比较了几种C18柱(Welch Materials Inc:Ultimate LP-C18; Agela Technologies:Venusil MP C18 (2);Shiseido Co.,Ltd:Capcell Pak C18 AQ;Waters:X select HSS T3)对多种核苷类化合物的分离效果,发现X select HSS T3的分离效果最好。流动相的洗脱方法有等度洗脱和梯度洗脱,应用等度洗脱法分离的核苷种类较少^[17]。因此我们采用梯度洗脱,以实现多种核苷类成分的同时分离。核苷类物质分离中使用的流动相中有含磷酸盐和不含磷酸盐两种,使用的有机溶剂有甲醇和乙腈^[17],通过比较这这几种流动相的分离

表 3 虫草中的核苷质量分数

Table 3 Contents of nucleoside in caterpillar fungi

	DCXC1	DCXC2	DCXC3	DCXC4	CM1	CM2	CM3	CM4	CH1	CH2	CH3
胞苷酸	0.10	0.11	0.14	0.16	—	—	—	—	—	—	—
尿嘧啶	—	—	—	—	0.04	0.02	—	0.02	0.38	0.11	0.10
次黄嘌呤	0.03	0.09	0.03	0.08	—	—	—	—	0.07	0.06	0.06
尿苷	1.23	1.45	1.5	1.8	2.34	2.78	1.53	2.14	1.68	2.09	1.27
腺嘌呤	0.06	0.04	0.09	0.05	0.22	0.2	0.12	0.08	0.09	0.03	0.03
肌苷	0.41	0.46	0.5	0.72	—	—	—	—	0.27	0.3	0.11
鸟苷	1.19	1.17	1.45	1.13	1.15	0.87	0.81	1.4	1.05	0.9	0.64
2'-脱氧鸟苷	0.03	0.08	0.09	0.06	—	—	—	—	0.24	0.18	0.17
腺苷	0.66	0.58	0.8	0.75	1.82	1.86	1.37	1.55	0.94	0.86	0.81
2'-脱氧腺苷	0.02	0.03	—	0.04	—	—	—	—	—	—	—
虫草素	—	—	—	—	2.01	2.18	1.26	2.52	—	—	—
N ⁶ -(2-羟乙基)腺苷	—	—	—	—	0.74	1.36	1.37	1.36	0.53	0.77	0.49

注：“—”表示未检测出。

效果,发现使用甲醇-水或乙腈-水为流动相,在测定多种核苷物质时分离效果不佳,而使用磷酸盐-甲醇为流动相能将 17 种核苷类成分有效分离,使用乙腈-磷酸盐为流动相能将供试的 19 种核苷类物质完全分离。

本实验建立了同时测定 19 种核苷化合物的 HPLC 定量分析,实验条件下 19 种核苷分离效果良好,各成分的峰面积与含量呈现良好的线性相关,方法的精密度、稳定性、重复性和回收率良好,可用于虫草中核苷类成分的测定。运用该方法测定不同虫草类型样品中的核苷类成分,发现不同的虫草种类其核苷种类有差异,同一类虫草样品中核苷种类基本相同,但含量有差异。虫草因具有显著医疗保

健功效被用于临床及保健多个领域。然而不同虫草具有不同的活性,其差异及物质基础值得深入研究,同种虫草产地、种属来源不同,所含成分也具有差异性,成分的差异必然导致作用的差异。现有的国家标准中仅以腺苷含量为评价指标难以区分不同虫草产品,因此,有必要建立各种虫草特有成分的含量分析作为其质量标准,我们通过 HPLC 分析发现尿苷、鸟苷和腺苷为冬虫夏草产品中的主要核苷类成分,而蛹虫草中尿苷、腺苷、虫草素和 N⁶-(2-羟乙基)腺苷这 3 种活性成分的含量较高,蝉花中含量较大的核苷成分为尿苷、鸟苷、腺苷及 N⁶-(2-羟乙基)腺苷,因此通过对几种成分的检测更能反映虫草的内在本质。

参考文献:

- [1] 梁宗琦. 中国真菌志(第三十二卷)[M]. 北京:科学出版社,2007:1-190.
- [2] SINGH R, NEGI P S, AHMED Z. *Ophiocordyceps sinensis*-valuable caterpillars fungi from the Himalayan hills[J]. **Current Science**, 2010;99(7):865.
- [3] CHEN J Y, LEE S W, CAO Y Q, et al. Ethnomycological use of medicinal Chinese caterpillar fungus, *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) (*Ascomycetes*) in Northern Yunnan Province, SW China[J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, 2010, 12 (4):427-434.
- [4] MA Wuwei, PAN Suhua. Research advancement of *Cordyceps militaris* [J]. **Asia Pacific Traditional Medicine**, 2008, 11 (4): 148-150. (in Chinese)
- [5] WANG Qi, LIU Zuoyi. Advances in studies on medicinal fungi *Cordyceps cicadae* [J]. **Chinese Traditional and Herbal Drugs**, 2004, 35(4)469-471. (in Chinese)
- [6] JIANG Y, WONG J H, FU M, et al. Isolation of adenosine, iso-sinensetin and dimethylguanosine with antioxidant and HIV-1 Protease inhibiting activities from fruiting bodies of *Cordyceps militaris* [J]. **Phytomedicine**, 2011, 18: 189-193.
- [7] LU Zhiming, JIANG Yongtao, WU Lijun, et al. Chemical constituents from dried sorophore of cultured *Cordyceps militaris* [J].

- China Journal of Chinese Materia Medica**, 2008, 33(24):2914-2917. (in Chinese)
- [8] CHEN Anhui, CHEN Hongwei, XU Yang, et al. Purification and identification of nucleoside components in *Cordyceps cicadae* fruit bodies[J]. **Food Science**, 2013, 34(1):131-134. (in Chinese)
- [9] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2010:1-1248.
- [10] MEI Xueyan, LI Yuanyuan, SHEN Yulan. Simultaneous determination of adenine adenosine and cordycepin in *Cordyceps sinensis* and its substitutes[J]. **Pharmaceutical and Clinical Research**, 2015, 23(1):27-29. (in Chinese)
- [11] FAN H, YANG F Q, LI S P. Determination of purine and pyrimidine bases in natural and cultured *Cordyceps* using optimum acid hydrolysis followed by high liquid chromatography[J]. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 2007, 45:141-144.
- [12] YANG F Q, GE LY, YONG J W H, et al. Determination of nucleosides and nucleobases in different species of *Cordyceps* by capillary electrophoresis-mass spectrometry[J]. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 2009, 50:307-314.
- [13] CHEN P X, WANG S, NIE S, et al. Properties of *Cordyceps sinensis*: A review[J]. **Journal of Functional Foods**, 2013(2):550-569.
- [14] GAO Yunhua, LI Peng, HOU Dongjun, et al. Quantitative determination of nucleotides in formula milk powder by HPLC method [J]. **China Measurement & Test**, 2012, 38(1):44-47. (in Chinese)
- [15] LI Yajie, GAO Yanju, ZHANG Guoying, et al. Determination of flavor nucleotides content in cultured *Cordyceps militaris* (Fr.) Link mycelium by high performance liquid chromatography[J]. **Lishizheng Medicine and Materia Medica Research**, 2006, 17(9):1711-1714. (in Chinese)
- [16] LI Jing, Zhu Jingyi. Research progress of the method for determining nuclear content[J]. **Tianjin Pharmacy**, 2013, 25(6):53-55. (in Chinese)
- [17] ZHOU Huiyan, CHEN Niu, XU Lili. Research progress of determination of nucleosides content in *Ophiocordyceps sinensis* [J]. **Chinese Traditional Patent Medicine**, 2011, 33(11):1955-1960. (in Chinese)

会 议 消 息

会议名称(中文):2017 年国际酶学研讨会

所属学科:生物物理学、生物化学及分子生物学,生物技术与生物工程

开始日期:2017-08-18

结束日期:2017-08-20

所在城市:吉林省 长春市

主办单位:中国生物化学与分子生物学会酶学专业委员会

承办单位:吉林大学生命科学学院分子酶学工程教育部重点实验室

摘要截稿日期:2017-07-15

联系人:李全顺

联系电话:13604363548

E-MAIL:quanshun@jlu.edu.cn

会议网站:<http://life.jlu.edu.cn/?mod=info&act=view&id=983>