

文章编号:1001-6880(2018)Suppl-0157-06

不同产地锁阳营养成分的测定与分析

万丽娜^{1,2},王 骞^{1,2},陈保政^{1,2},孙 菁¹,孟卫东³,周玉碧^{1*}¹中国科学院藏药研究重点实验室 中国科学院西北高原生物研究所

青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室,西宁 810001;

²中国科学院大学,北京 100049;³青海道康农牧科技有限公司,都兰 816100

摘要:通过分析比较西北四大产地锁阳中主要营养成分及氨基酸组成的异同,以期为深入开发利用我国锁阳资源提供科学依据。本研究测定了锁阳中总糖、多糖、还原糖、蔗糖、粗脂肪、粗蛋白、灰分 7 种营养成分的含量以及 17 种氨基酸组成及其含量。结果表明,各产地锁阳中均含有较为丰富的多种营养成分以及全部的 17 种氨基酸,但不同产地锁阳中营养成分及氨基酸成分含量均存在较为明显的差异。四产地锁阳中总糖、还原糖和蛋白质含量均较高,总糖含量以青海、甘肃产地最高,蛋白质含量以新疆产地最高,还原糖含量以内蒙产地最高;各产地锁阳氨基酸总量达到 9.31% ~ 13.37%,必需氨基酸含量达到 1.52% ~ 2.12%。

关键词:锁阳;营养成分;氨基酸组成。

中图分类号:R917

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.S.023

Determination and Analysis of Nutritional Components in *C. songaricum* from Different Producing Areas

WAN Li-na^{1,2}, WANG Jie^{1,2}, CHEN Bao-zheng^{1,2}, SUN Jing¹, MENG Wei-dong³, ZHOU Yu-bi^{1*}¹Key Laboratory of Tibetan Medicine Research and Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resources, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;²Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;³Qinghai Daokang Agriculture and Animal Husbandry Technology Co., Ltd., Dulan 816100, China

Abstract: By analyzing and comparing the similarities and differences of the main nutrients and amino acid composition of *C. songaricum* in the four major producing areas in the northwest, it provides a scientific basis for the in-depth development and utilization of *C. songaricum* resources in China. In this study, the contents of seven kinds of nutrients, total amino acids, polysaccharides, reducing sugar, sucrose, crude fat, crude protein and ash, and the composition and content of 17 amino acids. The results showed that there were abundant nutrients and 17 kinds of amino acids in the *C. songaricum* of each producing area. However, there are significant differences in the content of nutrients and amino acids in *C. songaricum* from different habitats. The total sugar, reducing sugar and protein content of *C. songaricum* in the four producing areas were higher, the total sugar content was highest in Qinghai and Gansu, the protein content was highest in Xinjiang, and the reducing sugar content was highest in Inner Mongolia. The total amino acid content of Cynomorium in each producing area reached 9.31% - 13.37%, and the essential amino acid content reached 1.52% - 2.12%.

Key words: *C. songaricum*; nutrient composition; amino acid composition.

锁阳 (*Cynomorium songaricum* Rupr.) 为锁阳科锁阳属植物,多年生肉质寄生草本,多寄生于白刺属植物的根上^[1]。锁阳是生长在荒漠地带草原沙地上的纯天然药材,亦是我国珍贵的传统中药材,素有

“沙漠人参”的美称^[2],主要分布于青海、内蒙古、甘肃、新疆和宁夏等地^[3],具有补肾壮阳、益精固涩、润肠通便的功效^[4]。近年来随着现代药理学研究表明,锁阳具有增强免疫^[5]、抗氧化^[6]、抗衰老^[7]、抗应激^[8]、清除自由基^[9]、抑制血小板凝集^[10]等作用。此外,锁阳中还含有大量的营养成分,除蛋白质、脂肪、糖类等人体所需的重要营养元素外,锁阳中还含有丰富的氨基酸、有机酸、黄酮类、鞣质、糖苷

收稿日期:2018-10-25 接受日期:2018-11-27

基金项目:青海省基础研究计划项目(2016-ZJ-765);科技基础资源调查专项课题(2017FY100202);青海省重点实验室发展建设专项(2017-ZJ-Y10)

*通信作者 Tel:86-015209781422;E-mail:ybzhou@nwipb.cas.cn

等多种成分^[11,12]。

锁阳不仅在中药中有着举足轻重的地位,其在饮食文化中也扮演着不可替代的角色。在西北锁阳产区群众中广为流传着一首关于锁阳的歌谣——“锁阳锁阳,既是药又是粮,病时采它治,饿时充饥肠”^[13],锁阳不仅作为食材的历史悠久,而且形成了各自独特的饮食特色,如“烧壳子”、“锁阳饼”等;随着科技的发展,锁阳系列产品的研究、开发也已取得了突破性进展;在锁阳产地的沙漠地带,家畜常以锁阳为食,锁阳有时也可作为优质饲料使用。由此可以看出,锁阳的利用价值在诸多方面都有所体现。

陈汉哲^[14]针对不同地区锁阳营养成分进行了测定与分析;刘晓^[15]对不同生长期锁阳中的营养成分进行了测定与分析;张勇等^[16]对锁阳中的多种营养成分进行了分析研究;符波、陈汉哲等^[17,18]均针对锁阳进行了氨基酸的测定与分析。目前,关于锁阳营养成分及氨基酸组成的研究已有不少报道,但针对西北地区不同产地锁阳营养成分及氨基酸组成

的研究较少,又因前期研究结果表明,不同产地的锁阳品质存在较为明显的差异^[19],因此,本文对西北地区不同产地锁阳中主要营养成分及氨基酸组成进行测定分析,以期为深入研究和开发利用我国锁阳资源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

青海省、甘肃省、内蒙古自治区、新疆维吾尔族自治区是锁阳的主要分布区,在锁阳同一采收期(同年5月,露头锁阳)采收,经中国科学院西北高原生物研究所卢学峰研究员鉴定为锁阳科锁阳属锁阳(*Cynomorium songaricum* Rupr.)。采集新鲜锁阳样品后,取茎部位(主要药用部位),仔细冲洗,洗净沙砾、泥土、草根等杂质,再用去离子水冲洗,晾干,取已晾干的锁阳茎分别粉碎,过100目筛(全部通过),锁阳粉末存放于自封袋中备用。

表1 样品采集地信息

Table 1 The information of samples location

编号 Number	地点 Location	海拔(m) Altitude	经度 Longitude	纬度 Latitude	生境 Habitat
1	青海省,都兰	2858	97°34'27"	36°08'19"	沙质沙地
2	甘肃,瓜州	1342	95°58'14"	40°20'14"	沙质沙地
3	新疆,阿克苏	1520	83°60'25"	41°91'09"	沙质沙地
4	内蒙古,阿拉善左旗	1369	105°55'41"	38°37'22"	河滩沙地

1.2 仪器与试剂

QDN-II 全自动凯氏定氮仪(杭州汇尔仪器设备有限公司);SXC-C 脂肪测定仪(郑州宏朗仪器设备有限公司);Cary-300 紫外扫描分光光度仪(美国 Varin 公司);835-50 型氨基酸分析仪(日本日立公司);RF-5000 型荧光光谱仪(日本岛津公司);Waters-600E 型高效液相色谱,(美国 Waters 公司);KQ-100E 型超声波清洗器(昆山科技有限公司);Molement 元素型超纯水机(上海摩勒生物科技有限公司);循环水真空泵(SHZ-III,上海亚荣生化仪器厂);电子天平(ME104,梅特勒-托利多仪器(上海)仪器有限公司);离心机(3K15,美国 sigma 公司);恒温干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);DKB-501A 型超级恒温水槽(上海精宏试验设备有限公司);Foss 消化炉;水解管(耐压螺盖玻璃试管或安瓿瓶,体积为 20 mL);真空泵(排气量≥40 L/min);

酒精喷灯;试管浓缩仪或平行蒸发仪(附带配套 15 mL~25 mL 试管)。葡萄糖对照品(中国药品生物制品检定所);5% 苯酚试剂;超纯水;氮气(纯度 99.9%);浓硫酸、石油醚(60~90 °C)、硫酸钾、硫酸铜、盐酸(浓度≥36%)、苯酚、茚三酮、柠檬酸、柠檬酸钠、氢氧化钠均为优级纯(上海国药集团化学试剂有限公司);无水乙醇(分析纯);混合氨基酸标准溶液(经国家认证并授予标准物质证书的标准溶液);16 种单个氨基酸标准品(固体,纯度≥98%);乙腈、甲醇为色谱纯(国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 检测方法

1.3.1 各成分的测定

灰分测定:参考 GB 5009.4-2016《食品中灰分的测定》;蛋白质测定:参考 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》;脂肪测定:参考 GB 5009.6-2016

《食品中脂肪的测定》;蔗糖测定:参考 GB 5009.8-2016《食品中蔗糖的测定》;还原糖测定:参考 GB 5007.6-2016《食品中还原糖的测定》;多糖测定:参照强静^[20]等的方法,硫酸-苯酚法;总糖测定:参照林磊^[21]的方法,斐林试剂法。

1.3.2 氨基酸的测定

1.3.2.1 样品制备

取锁阳茎粉末(全部过 100 目筛)干品适量,50 ℃质量恒定,准确称取 1 g 样品,置于水解管中,于水解管内加入 6 mol/L 盐酸溶液 10 mL 后,继续向水解管内加入苯酚 3~4 滴。将水解管放入冷冻剂中,冷冻 4 min,抽真空,然后充入氮气,重复抽真空,充入氮气 3 次后,在充氮气状态下封口,将已封口的水解管放在 110 ℃ ± 1 ℃ 的电热鼓风恒温箱内,水解 22 h 后,取出,冷却至室温。打开水解管,将水解液过滤至 50 mL 容量瓶内,用少量水多次冲洗水解管,将水洗液合并至 50 mL 容量瓶内,最后用水定容至刻度,振荡混匀。准确吸取 1.0 mL 滤液至 25 mL 试管内,50 ℃ 加热减压干燥,干燥后残留物用 1 mL 水溶解后,减压干燥,最后蒸干。精确量取 pH 2.2 柠檬酸钠缓冲溶液 1.0 mL 至于干燥后的试管内溶解,振荡混匀,过 0.22 μm 微孔滤膜后,即得锁阳样

品测定液,供仪器测定。

1.3.2.2 检测条件

磺酸型阳离子交换树脂色谱柱,测定波长 570、440 nm,柠檬酸-柠檬酸钠缓冲液流速 0.25 mL/min,分离柱长 15 cm,柱温 53 ℃,柱压 9.7~10.1 Pa;茚三酮溶液流速 0.3 mL/min,泵压 80~90 kgt/cm²,反应槽温度 98 ℃,进样量 20 μL,分析时间 45 min。

1.4 数据处理

所有测定均平行重复 3 次,取其平均值,运用 Excel 2010 对数据进行分析处理。

2 结果与讨论

2.1 四产地锁阳主要营养成分测定结果比较

近些年关于锁阳的研究多针对其资源分布、所含化学成分以及药理作用等方面^[22],其在营养学方面的研究略显匮乏。因此,本文针对西北地区四产地锁阳中的营养成分进行研究分析,其目的是为更好的开发利用这一宝贵资源提供科学依据。

对西北地区四产地锁阳中的营养成分灰分、蛋白质、脂肪、蔗糖、还原糖、多糖及总糖进行了测定,结果见表 2。

表 2 不同产地锁阳中营养成分含量(g/100 g)

Table 2 Nutritional content of *C. songaricum* in different producing areas (g/100 g)

编号 Number	灰分(g/100 g) Ash	蛋白质(g/100 g) Protein	脂肪(g/100 g) Fat	蔗糖(g/100 g) Sucrose	还原糖(g/100 g) Reducing sugar	多糖(g/100 g) Polysaccharide	总糖(g/100 g) Total sugar
1	10.1	5.22	1.44	10	7.6	1.92	30.2
2	6.9	7.44	1.23	16.8	5.8	1.11	30.2
3	9.8	8.19	0.96	9.1	4.8	1.08	25.2
4	6.6	6.14	1.33	0.83	11.8	1.53	26.9

蛋白质、糖类为宏量营养素,其主要功能是构成有机体的结构物质,合成生理活性物质,为生命活动提供能量,此外还具有增强机体免疫力等作用^[16]。由表 2 可知,西北地区不同产地锁阳主要营养成分有较大差异,青海产锁阳含有较高的总糖、多糖和脂肪,蛋白质含量较低;蔗糖含量以甘肃产地较高,其含量分别是内蒙、新疆、青海产地的 20.24 倍、1.85 倍和 1.68 倍;蛋白质含量以新疆产地较高,其含量分别是青海、内蒙、甘肃产地的 1.57 倍、1.33 倍 2.03 倍和 1.55 倍。四产地锁阳中总糖、还原糖、蛋白质和灰分含量均较高,但不同产地之间有所差异,也

许是受环境因素影响所致。

2.2 四产地锁阳氨基酸组成分析比较

氨基酸从营养学的角度可分为必需氨基酸、半必需氨基酸和非必需氨基酸三大类^[23]。氨基酸的营养价值主要由必需氨基酸的种类、数量和组成比例决定^[24]。必需氨基酸人体不能合成或合成很少,必需由食物提供,缺乏任何一种必需氨基酸就会导致生理功能异常,影响机体代谢的正常进行,最后导致疾病的发生甚至生命活动的终止。氨基酸不仅具有重要的营养价值,每种氨基酸还具有特定的药理功能,食物及药物中氨基酸含量对其营养价值与药

理功能有重要影响^[25],由此看来,氨基酸对人体健康有着举足轻重的影响。因此,对其进行测定研究

具有一定的积极意义。

表 3 不同产地锁阳中氨基酸组成和含量(%)

Table 3 Amino acid composition and content of *C. songaricum* in different producing areas (%)

氨基酸组成 Amino acid composition	含量 Content (%)			
	1	2	3	4
天冬氨酸 Asp ^{bc}	2.41	3.76	3.27	2.77
苏氨酸 Thr ^a	0.2	0.16	0.25	0.19
丝氨酸 Ser	0.29	0.28	0.39	0.31
谷氨酸 Glu ^{bc}	0.87	1.21	1.71	1.12
脯氨酸 Pro	2.93	5.77	4.60	4.52
甘氨酸 Gly ^{bc}	0.22	0.18	0.31	0.22
丙氨酸 Ala ^b	0.43	0.47	0.63	0.53
胱氨酸 Cys ^c	0.03	0.02	0.03	0.03
缬氨酸 Val ^a	0.22	0.19	0.31	0.24
蛋氨酸 Met ^{ac}	0.03	0.02	0.03	0.02
异亮氨酸 Ile ^a	0.19	0.15	0.27	0.19
亮氨酸 Leu ^{ac}	0.32	0.27	0.46	0.32
酪氨酸 Tyr ^c	0.16	0.12	0.20	0.13
苯丙氨酸 Phe ^{ac}	0.23	0.23	0.34	0.22
组氨酸 His	0.16	0.16	0.20	0.17
赖氨酸 Lys ^{ac}	0.33	0.30	0.46	0.35
精氨酸 Arg ^{bc}	0.30	0.33	0.42	0.37
氨基酸总量 TAA	9.31	12.89	13.37	11.13
必需氨基酸总量 EAA	1.52	1.32	2.12	1.53
非必需氨基酸总量 NEAA	7.79	11.57	11.25	9.60
药效氨基酸总量	4.9	6.44	7.23	5.55
EAA/TAA/%	16.33%	0.24%	15.86%	13.75%
EAA/NEAA%	19.51%	11.41%	18.84%	15.94%
药效氨基酸占总氨基酸的比重	52.63%	49.96%	54.08%	49.87%

注:a. 必需氨基酸; b. 鲜味氨基酸; c. 药效氨基酸; TAA. 氨基酸总量; EAA. 必需氨基酸总量; NEAA. 非必需氨基酸总量; EAA/TAA/%. 必需氨基酸占总氨基酸的比重; EAA/NEAA%. 必需氨基酸占非必需氨基酸的比重。

Note: a. essential amino acids; b. umami amino acids; c. medicinal amino acids; TAA. total amino acids; EAA. total amount of essential amino acids; NEAA. total non-essential amino acids; EAA/TAA/%. the specific gravity of amino acids; EAA/NEAA%. the proportion of essential amino acids to non-essential amino acids.

利用氨基酸自动分析仪测定了四产地锁阳中 17 种氨基酸含量,检测出 7 种必需氨基酸(Essential Amino Acids, EAA),包括蛋氨酸、缬氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、苏氨酸以及 10 种非必需氨基酸(Non-Essential Amino Acids, NEAA),包括天冬氨酸、酪氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸。

由表 3 可知,四产地锁阳中,总氨基酸含量以新疆产地最高(13.37%),其次是甘肃产地(12.89%),内

蒙产地(11.13%),含量最低的为青海产地(9.31%),平均含量为 11.68%。四产地锁阳中,必需氨基酸含量以新疆产地最高(2.12%),其含量分别是甘肃、青海、内蒙产地的 1.61 倍、1.39 倍、1.39 倍;新疆、甘肃、青海、内蒙四产地锁阳中必需氨基酸均以赖氨酸含量最高,分别占必需氨基酸总量的 21.70%、22.73%、21.70%、22.88%,其次是蛋氨酸和胱氨酸的含量较低,且四产地含量基本一致。同时可知,EAA/TAA/% 中青海产地为 16.33%,新疆

产地为 15.86% ,内蒙产地为 13.75% ,甘肃产地为 10.24% ;EAA/NEAA/% 中青海产地为 19.51% ,新疆产地为 18.84% ,内蒙产地为 15.94% ,甘肃产地为 11.41% 。

四产地锁阳中各种氨基酸含量分布类似,天冬氨酸、脯氨酸和谷氨酸含量均较高,排在各种氨基酸含量的前三位,蛋氨酸和胱氨酸的含量较低。

2.3 四产地锁阳中药效氨基酸组分分析

由表 3 可知,四产地锁阳中含有丰富的药效氨基酸,其含量分别为青海产地 4.9% ,甘肃产地 6.44% ,新疆产地 7.23% ,内蒙产地 5.55% ,其中药效氨基酸分别占氨基酸总量的 52.63% 、49.96% 、54.08% 和 49.87% ;锁阳中药效氨基酸占氨基酸总量比重以新疆产地最高,青海产地次之,甘肃产地与内蒙产地基本一致,且四产地组成比重均较高。锁阳中氨基酸含量居前 2 位的天冬氨酸和谷氨酸均为药效氨基酸,这些药效氨基酸均具有重要的药理作用,如谷氨酸具有解氨毒,治疗肝昏迷及严重肝功能不全等作用,降低血氨,治疗癫痫、白痴、神经障碍可用其衍生物钾、钠盐^[26];天冬氨酸能增强肝脏功能,消除疲劳,在预防和治疗心脏、肝脏、高血压以及恢复疲劳等方面具有重要作用^[27]。

3 结论

3.1 主要营养成分分析

对西北地区四产地锁阳中营养成分进行分析比较,结果表明,多糖、脂肪和灰分含量以青海产地最高,每 100 g 分别达到 1.92 g 、1.44 g 和 10.1 g ;总糖含量青海产地与甘肃产地一致,均为最高,达到 30.2 g /100 g ;粗蛋白质含量以新疆产地最高,是青海产的 1.57 倍;还原糖含量以内蒙产地最高,是青海产的 1.55 倍;蔗糖含量以甘肃产地最高,是青海产的 1.68 倍;这表明西北地区四产地锁阳中均含有较为丰富的多种营养成分,具有较高的开发利用价值。

3.2 氨基酸组分分析

不同产地锁阳中氨基酸种类较为齐全,除色氨酸因水解破坏未被检测出外,均含有 17 种蛋白类氨基酸,其中包括 7 种人体必需氨基酸,各产地锁阳氨基酸总量为 9.31% ~13.37% ,必需氨基酸含量为 1.52% ~2.12% ,各产地锁阳氨基酸总量和必需氨基酸含量有明显差异,但各产地锁阳中各种氨基酸含量分布类似。锁阳中含有丰富的药效氨基酸,其

平均含量为 6.03% ,锁阳中药效氨基酸占氨基酸总量的 49.87% ~54.08% ,其组成比较高。锁阳中含量最高的 2 种氨基酸均为药效氨基酸,分别是天冬氨酸和谷氨酸,氨基酸的特殊性质,决定了其在食品、医药、添加剂及化妆品等行业的广泛应用。综上所述,从氨基酸总量、必需氨基酸含量、必需氨基酸组成及配比、药效氨基酸含量综合评价,锁阳中含有多种氨基酸,使其具有较高的营养保健价值,对其进行氨基酸成分测定、分析有利于锁阳的开发与应用。

参考文献

- 1 Chinese Flora Commission of Chinese Academy of Sciences (中科院中国植物志编辑委员会). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae(中国植物志)* [M]. Beijing: Science Press, 2000:152-154.
- 2 Han DH(韩多红), Meng HM(孟红梅), Zhang Y(张勇). Study and utilization of plant resources in desert ginseng "padang" [J]. *Chin Wild Plant Res(中国野生植物资源)*, 2003, 22(4):42-46.
- 3 Nickrent DL, Der JP, Anderson FE. Discovery of the photosynthetic relatives of the "Maltese mushroom" *Cynomorium* [J]. *Bmc Evol Biol*, 2005, 5(38):1-11.
- 4 An Editorial Committee of the Administration Bureau of Traditional Chinese Medicine(国家中医药管理局《中华本草》编委会). *Chinese Materia Medica(中华本草)* [M]. Shanghai: Science Press;1999, 722.
- 5 Zhang RX(张汝学), Jia ZP(贾正平), Li MX(李茂星), et al. Study on the effect of part III from *Cynomorium songaricum* on immunosuppressive mice induced by cyclophosphamide [J]. *J Chin Med Mater(中药材)*, 2008, 31:407-409.
- 6 Zhang T, Wu WL, Li DY, et al. Anti-oxidant and anti-apoptotic effects of luteolin on mice peritoneal macrophages stimulated by angiotensin II [J]. *Int Immunopharmacol*, 2014, 20:346-351.
- 7 Shang L(尚林), Li JJ(李建菊), Shang J(尚军). Anti-aging effect of *Cynomorium songaricum* polysaccharide [J]. *Chin J Gerontol(中国老年学杂志)*, 2018, 38:1458-1460.
- 8 Luo JD(罗军德), Zhang RX(张汝学), Jia ZP(贾正平). Advances in research on pharmacological effects and mechanisms of *Cynomorium songaricum* [J]. *J Chin Med Mater(中药材)*, 2006, 29:744-747.
- 9 Li HB(李红兵), Liu YW(刘晔玮), Li L(李立), et al. Study on the radical scavenging capacity of *Cynomorium songaricum* [J]. *Food Sci Tech(食品科技)*, 2009, 34:166-169.
- 10 Zhang BY(张丙云), Xiang YH(相炎红), Zhou QY(周青钰). Research status and development of *Cynomorium son-*

- garicum [J]. *Liquor Making* (酿酒), 2002, 29 (4): 72-73.
- 11 Qi YH (齐艳华), Su GE (苏格尔). Research progress on *Cynomorium songaricum* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2000, 31 (2): 68-70.
- 12 Zhang SJ (张思巨), Zhang SY (张淑运). Study on chemical constituents of traditional Chinese medicine *Cynomorium songaricum* [J]. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 1991, 26: 649-651.
- 13 Xu CX (徐呈祥). *Cynomorium songaricum* and its management [J]. *Forest By-Prod Spec in Chin* (中国林副特产), 1993, 1: 44-45.
- 14 Chen HZ (陈汉哲), Pei D (裴栋), Wei JT (魏鉴腾), et al. Comparison of nutritional components and active ingredients of *Cynomorium songaricum* in different origins [J]. *Food Sci Tech* (食品科技), 2016, 41: 276-279.
- 15 Liu X (刘晓), Li CX (李彩霞), Gao HN (高海宁), et al. Determination and analysis on nutritional components of *Cynomorium Songaricum* in different growth periods [J]. *J Gansu Agri Univ* (甘肃农业大学学报), 2012, 47 (4): 64-67.
- 16 Zhang Y (张勇), Wu DQ (吴冬青), Li CX (李彩霞), et al. Study on the nutritional composition of Chinese traditional medicine *Cynomorium Songaricum Rupr* [J]. *J Tradit Chin Veter Med* (中兽医医药杂志), 2004, 5: 8-9.
- 17 Fu B (符波), Qiao J (乔晶), Du NX (堵年生). Analysis of trace elements and amino acids in traditional Chinese medicine *Cynomorium songaricum* [J]. *Xinjiang Med Coll J* (新疆医学院学报), 1997, 20 (2): 60-61.
- 18 Chen HZ (陈汉哲). Nutriments analysis and methods establishment for determination of bioactive components in *Cynomorium Songaricum* [D]. Lanzhou: Lanzhou University (兰州大学), 2017.
- 19 Zhou YB, Ye RR, Lu XF, et al. GC/MS analysis of liposoluble constituents from the stems of *Cynomorium songaricum* [J]. *J Pharm Biom Analy*, 2009, 49: 1097-1100.
- 20 Qiang J (强静), Fang KH (房克慧), Liu XH (刘训红), et al. Study on the dynamic change of polysaccharide content in radix pseudostellariae [J]. *LiShiZhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2009, 20: 2238-2240.
- 21 Lin L (林磊). Methods of total sugar detection in food [J]. *Agri Eng* (农业工程), 2015, 5 (3): 59-61.
- 22 Meng HC, Wang S, Li Y, et al. Chemical constituents and pharmacologic actions of *Cynomorium* plants [J]. *Chin J Nat Med*, 2013, 11: 321-329.
- 23 Chen ZL (陈震林). Classification of amino acids [J]. *Gansu Anim Veter Sci* (甘肃畜牧兽医), 1994, 3: 46-46.
- 24 Liu G (刘刚), Wang H (王辉), Zhou BH (周本宏). Analysis of amino acids in tricholoma matsutake and its nutritional evaluation [J]. *Edible Fungi Chin* (中国食用菌), 2007, 26 (5): 51-52.
- 25 Liu JH (刘继红). Studies on the distribution of amino acids in several kinds of natural animal medicines and the comparison of animal and plant protein in henan markets [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University (郑州大学), 2004.
- 26 Wang JH (王建华). Medicinal amino acid [J]. *Pharm World* (国外医药), 1982, 3 (4): 37-40.
- 27 Yang X (杨鲜), Zhu HF (祝慧凤), Wang T (王涛), et al. Comparative analysis of amino acid composition and nutritional value of roots of *codonopsis pilosula* from wushan and other growing regions in China [J]. *Food Sci* (食品科学), 2014, 35: 251-257.

(上接第 241 页)

- 15 Navarroperán E, et al. The antifolate activity of tea catechins. [J]. *Cancer Res*, 2005, 65: 8573.
- 16 Chang CM, et al. Epigallocatechin gallate sensitizes cal-27 human oral squamous cell carcinoma cells to the anti-metastatic effects of gefitinib (Iressa) via synergistic suppression of epidermal growth factor receptor and matrix metalloproteinase-2. [J]. *Oncol Rep*, 2012, 28: 1799.
- 17 Isbrucker RA, et al. Safety studies on epigallocatechin gallate (egcg) preparations. part 3: teratogenicity and reproductive toxicity studies in rats [J]. *FCT*, 2006, 44: 651-61.
- 18 Isbrucker RA, et al. Safety studies on epigallocatechin gallate (egcg) preparations. Part 2: dermal, acute and short-term toxicity studies [J]. *FCT*, 2006, 44: 636-650.

- 19 Miksicek RJ. Estrogenic flavonoids: structural requirements for biological activity. [J]. *Psebmsebm*, 1995, 208 (1): 44-50.
- 20 Michael MR, et al. Genetic toxicity studies with genistein [J]. *FCT*, 2006, 44 (1): 42-55.
- 21 Michael MR, et al. Acute, subchronic and chronic safety studies with genistein in rats. [J]. *FCT*, 2006, 44 (1): 56.
- 22 Michael MR, et al. Genetic toxicity studies with genistein [J]. *FCT*, 2006, 44 (1): 42-55.