

黑果枸杞的化学成分、药理作用及栽培技术的研究现状

张 晶^{1,2}, 杨慧海¹, 刘芳芳², 李慧萍¹

(1. 吉林农业大学 中药材学院,吉林 长春 130118;2. 长春科技学院,吉林 长春 130600)

摘要:黑果枸杞是优质的药食同源的药材,作者通过查阅大量文献对黑果枸杞的化学成分、药理作用和栽培技术进行综述,并对黑果枸杞在食品、药品、化妆品的现代应用进行展望。为黑果枸杞的深入研究和合理开发利用提供参考。

关键词:黑果枸杞;化学成分;药理作用

中图分类号:R 284.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1689(2018)07-0673-06

Research Progress of Chemical Constituents、Pharmacological Activity and Cultivation Techniques of *Lycium ruthenicum* Murr.

ZHANG Jing^{1,2}, YANG Huiha¹, LIU Fangfang², LI Huiping¹

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. Changchun Science-Technology University, Changchun 130600, China)

Abstract: *Lycium ruthenicum* Murr. is a plant that has the concomitant function of medicine and edible in Tibet. In this paper, based on a large number of related literature, the author summarized the chemical constituents, pharmacological activity and cultivation techniques of *Lycium ruthenicum* Murr., examined the current status of *Lycium ruthenicum* Murr. development and application in food, medicine and cosmetic industry. Aiming at providing reference for further study and rational use of *Lycium ruthenicum* Murr..

Keywords: *Lycium ruthenicum* Murr., chemical constituents, pharmacological activity

黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr., LRM)为茄科枸杞属多年生灌木,果实成熟后呈紫黑色而得名,分布于中国陕西、宁夏、甘肃、青海、内蒙古、新疆和西藏等地区,中亚、高加索和欧洲等地区也有分布^[1]。黑果枸杞在藏族药中称“旁玛”,据《晶珠本

草》^[2]记载,旁玛味甘,性平,具有养肝明目、补肾益精、生津止渴等功效。研究表明,黑果枸杞中的微量元素^[3]和水溶性花青素^[4]的含量远高于枸杞(*Lycium barbarum* L.)含量。目前,人们常用冲泡方式食用黑果枸杞,其是药食同源的佳品。作者对黑果枸杞的

收稿日期:2016-12-28

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20160204004YY)。

作者简介:张 晶(1971—),女,吉林长春人,农学博士,教授,主要从事天然产物与产品开发研究。E-mail:zhangjing0701@163.com

引用本文:张晶,杨慧海,刘芳芳,等.黑果枸杞的化学成分、药理作用及栽培技术的研究现状[J].食品与生物技术学报,2018,37(07):673-678.

化学成分,药理作用,栽培技术和功能性产品应用的相关研究进展进行综述,旨在更深入的开发利用黑果枸杞中活性物质。

1 黑果枸杞的化学成分研究

黑果枸杞中含有丰富的化学成分。其中,有机酸成分包括酚酸、氨基酸和脂肪酸等。黄酮类成分中花青素含量较高。此外,还含有一些糖类和挥发油等成分。

1.1 有机酸

1.1.1 酚酸 黑果枸杞样品通过 HPLC 法检测出总酚质量分数为 8.25~8.77 mg/g^[5],已发现的酚酸类成分包括没食子酸、原儿茶酸、儿茶酸、绿原酸、咖啡酸、丁香酸^[6]、阿魏酸和对-香豆酸等^[7]。

1.1.2 氨基酸 黑果枸杞果实中含有丰富的氨基

酸,其中包括:谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、亮氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸、甘氨酸、缬氨酸、赖氨酸、丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸、异亮氨酸、脯氨酸、组氨酸、色氨酸、半胱氨酸、甲硫氨酸等人体必需的 18 种氨基酸,其中以游离状态的丙氨酸、谷氨酸、天冬氨酸和脯氨酸含量较高,约占氨基酸总质量的 50%^[8]。

1.1.3 脂肪酸 黑果枸杞果实中饱和脂肪酸主要有棕榈酸、硬脂酸、花生酸和山嵛酸,另外还含有少量的月桂酸、肉豆蔻酸、珠光脂酸、二十三酸和木蜡酸;不饱和脂肪酸主要是油酸、亚油酸、亚麻酸和少量的棕榈油酸^[9]。

1.2 黄酮类成分

研究人员通过薄层色谱和高效液相色谱法分析得到黑果枸杞中总黄酮的质量分数为 1.04%,其中主要含有黄酮醇、花色素类成分,见表 1。

表 1 黑果枸杞中黄酮类成分及其苷类

Table 1 Flavonoids and flavone glucoside in LRM

序号	中文名	英文名	文献
1	芦丁	Rutin	10
2	槲皮素	Quercetin	10
3	木犀草素	Luteolin	10
4	异鼠李素	Isorhamnetin	10
5	山奈素	Kaempferol	10
6	矮牵牛素-3-O-芸香糖-5-O-葡萄糖苷	Petunidin-3-O-rutinoside-5-O-glucoside	11
7	矮牵牛素-3-O-葡萄糖-5-O-葡萄糖苷	Petundin-3-O-glucoside-5-O-glucoside	11
8	飞燕草素-3-O-芸香糖-5-O-葡萄糖苷	Delphinidin-3-O-rutinoside-5-O-glucoside	11
9	锦葵素-3-O-芸香糖-5-O-葡萄糖苷	Malvidin-3-O-rutinoside-5-O-glucoside	11
10	矮牵牛素-3-O-半乳糖-5-O-葡萄糖苷	Petundin-3-O-galactoside-5-O-glucoside	11

1.3 挥发油

Altintas 等^[12]通过实验确定了黑果枸杞挥发油中的 18 个组分,其中包括亚油酸乙酯和棕榈酸乙酯为主的酯类成分和以二十六烷、二十七烷和二十九烷为主的烷烃类化合物,并且亚油酸乙酯和棕榈酸乙酯的含量分别为 10.0%和 5.8%,二十六烷、二十七烷和二十九烷的质量分数分别为 7.0%、14.3%和 6.2%。随后,楼舒婷^[13]对新疆和青海两个产地的黑果枸杞分别进行检测,结果发现两个产地的黑果枸杞的挥发油成分存在差异,其中共有的挥发油成分有戊基环己烷,十六酸碳烯酸乙酯,十四酸乙酯,香叶基丙酮,丁基环乙烷,十六酸乙酯和右旋柠檬酸等。

1.4 生物碱

黑果枸杞中含有甜菜碱。它是一种季胺碱类物质,在人体内参与卵磷脂的合成及甲硫氨酸循环^[14]。耿丹丹^[15]通过离子色谱法检测 7 批不同产地的黑果枸杞样品发现不同产地的黑果枸杞中甜菜碱的质量分数不同,即甘肃民勤县黑果枸杞中甜菜碱质量分数最高为 19.58 mg/g。

1.5 糖类

黑果枸杞中多糖的质量分数达 10.89% ~ 16.74%^[16],目前分离纯化出 LRGP1、LRGP2、LRGP3、LRGP4-A 和 LRGP5 5 个多糖组分^[17],其中多糖 LRGP3^[18]、LRLP4-A^[19]的结构与其免疫功效之间存在关联性。

1.6 无机元素

黑果枸杞中的 K、Na、Fe、Ca、Mg 等元素含量较高^[3,20],还含有人体正常所需 Fe、Zn、Se、Co 和 Ni 等微量元素^[21]。

1.7 维生素

研究发现黑果枸杞中含有丰富的 VB₁₂、VC、VE 等维生素^[22-23]。

2 黑果枸杞的药理作用

目前,对黑果枸杞的基础药理研究较多,其抗氧化、抗疲劳、降血脂、降血糖效果显著,对免疫调节、保护肝肾也有一定的作用。

2.1 抗氧化

黑果枸杞中富含稳定的花青素,它具有提高 SOD、CAT、GSH-PX 的活性以及 T-AOC、GSH-PX/MDA 的含量、降低 MDA 含量^[24]和清除自由基^[11]的作用。体内实验证明,黑果枸杞色素可提高 D-半乳糖诱导衰老模型小鼠的血清和各器官组织中 SOD 活性,降低 MDA 含量,表现出显著的抗衰老活性^[25]。楼舒婷^[26]将黑果枸杞与宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)的抗氧化活性进行比较,发现体积分数 50%乙醇提取的化学提取组和用消化酶提取的体外消化组的黑枸杞的抗氧化性比宁夏枸杞高,化学提取组的抗氧化值比体外消化组较高,这可能是因为体外消化酶解后的酚类物质含量较低,尤其是花色苷含量大大地降低所致。夏娜^[27]等通过自由基清除实验证明黑果枸杞中多酚、黄酮及多糖都具有一定的清除自由基的作用,但黑果枸杞多酚的对 DPPH、羟基自由基以及过氧根离子的清除能力最好,且清除率分别为 82.3%、75.8%、53.3%。

2.2 抗缺氧、抗疲劳

古丽达娜等^[28]研究结果表明,黑果枸杞色素具有明显的抗缺氧、抗疲劳的作用。同样,段雅彬^[29]探讨黑果枸杞水提物对小鼠缺氧能力的影响,发现中低剂量组能够增加缺氧小鼠的存活时间,降低脑含水量,具有一定的保护作用。除此之外,还有文献报道^[30-31]黑果枸杞中的多糖成分同样具有明显的抗疲劳作用。

2.3 降血糖、降血脂

有研究结果显示,黑果枸杞多糖的低中高剂量组能够显著的降低四氧嘧啶糖尿病小鼠的血糖水平,血糖含量下降分别为 15.12%、22.08%和 9.84%,

这能说明黑果枸杞多糖对糖尿病患者的多饮多食、体重下降等症状有一定的缓解作用,具有较好的防治糖尿病的作用^[32]。另外,李淑珍^[33]通过实验证明,黑果枸杞中总黄酮能够降低高脂血症老鼠血浆中 TC、TG 和 LDL-C 含量,以及能升高 HDL-C 含量,这就说明黑果枸杞总黄酮具有调节血脂的作用。

2.4 保护肝肾

王超^[34]等人发现黑果枸杞通过降低血清中天门冬氨酸氨基转移酶和丙氨酸氨基转移酶的水平以及肝组织中丙二醛的水平,提高肝组织中抗氧化酶的水平,从而对酒精致急性肝损伤具有一定的保护作用。另外,黑果枸杞中所含甜菜碱在体内起甲基供体的作用,可改善肝脏内脂质和氧自由基的含量,具有抗脂肪肝、降压、抗肿瘤等作用^[35-36]。张轲^[37]等人研究表明,黑果枸杞可以通过抑制促炎性细胞因子和促进抑炎性炎症因子的分泌,从而提高机体免疫力,对大鼠运动性肾缺血再灌注损伤有一定的保护作用。

2.5 免疫调节

黑果枸杞多糖^[38]及色素^[39]能够激活巨噬细胞而发挥免疫作用,从而增强小鼠非特异性免疫功能。另有研究阐明^[40],黑果枸杞色素对三黄雏鸡的体液免疫起到促进作用并且提高其细胞免疫,从而增强三黄雏鸡的特异性免疫功能。

2.6 抑菌

黑果枸杞的醇提液和水提液均对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、青霉、黑曲霉、啤酒酵母 6 种细菌、霉菌、酵母菌有一定的抑菌效果,且对细菌的抑菌效果优于霉菌和酵母菌;醇提液的抑菌效果比水提液的抑菌效果好,其中醇提液对金黄色葡萄球菌效果最显著^[41]。

3 黑果枸杞的栽培技术管理

黑果枸杞不仅是良好的经济作物,同样也是重要的生态作物。现如今,黑果枸杞得到许多生态学研究者的关注并且对其取得一定的研究成果。资源分布方面来说,黑果枸杞具有抗旱、耐寒及耐盐碱等特点,常以群落的形式分布在干旱、盐碱的荒漠或者半荒漠地区^[42]。育苗方面来说,姬孝忠^[43]从选地与整地,种子的采集、贮藏及处理,土壤的管理以及田间播种和管理等方面系统介绍了黑果枸杞的育苗技术。同样,随着植物组织培养技术的逐渐成熟,

黑果枸杞在组织培养技术上也有一定的收获。孙思雨[44]等以黑果枸杞的嫩茎作为外植体,用MS作为基本培养基并加入0.15 mg/L ZT和0.01 mg/L IBA,实验结果证明在这样配比的培养基中,黑果枸杞的腋芽生长状况良好,萌芽率高达88.73%。另外,从不同种类植物生长调节物质方面来研究其对黑果枸杞组织培养各阶段产生的影响,马彦军[45]等筛选出黑果枸杞组织培养各阶段合适的培养基配方。植物驯化方面来说,王海秀[46]对柴达木地区的黑果枸杞开展了人工驯化技术的研究,这为全面了解黑果枸杞在人工栽培条件下的生长规律及特性提供依据。由于黑果枸杞在栽培技术上得到科学规范的管理,所以黑果枸杞的产量也逐年增加。

4 黑果枸杞的开发应用及展望

4.1 功能性产品的开发

随着高血脂、高血糖和糖尿病患者人数增多,适宜这些人群食用的食品的需求量也随之变大。黑果枸杞具有显著的降血脂、降血糖的效果,可以开发适用于高血脂、糖尿病和适宜肥胖群体食用黑果枸杞的降糖产品。并且,黑果枸杞中富含花青素、多糖以及各种人体所需的微量元素和氨基酸,具有抗疲劳、保护肝脏和免疫调节的功效,因此可以开发

具有抗疲劳、补充人体所需维生素、氨基酸和调节免疫力等意义的保健品。现今,黑果枸杞功能性产品的研究也日益丰富。例如,索有瑞[47]研发出黑果枸杞抗氧化活性果粉并申请了专利,公开专利号为:CN101313765。黄山[48]和王芳芳[49]等研发出黑果枸杞的功能性饮料。另外据报道,在医药制剂工艺上,抗氧化黑果枸杞含片和口服液的工艺研究成果已经达到国内先进水平[50]。

黑果枸杞中的花青素可以用于食品和化妆品行业的天然着色剂和抗氧化剂[50]。

4.2 展望

我国传统医药学中早有“药食同源,药食同功”的理论基础,黑果枸杞作为药食两用的佳品,具有很大的开发利用的空间,在药膳及保健品的使用中应值得进一步推广。但是,野生的黑果枸杞仍存在着产量低,价格昂贵的现象,这导致黑果枸杞很难被大众接受。但随着栽培技术的科学化管理,黑果枸杞的产量提高,人们对其的认识程度也慢慢加深,对其的需求也慢慢变大。然而,黑果枸杞的使用方式如今较单一,这导致黑果枸杞的活性成分不能够得到合理的利用。所以,如何提高黑果枸杞在各个市场行业加工过程中的利用率,有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 匡可任,路安民. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [2] 帝玛尔-丹增彭措. 晶珠本草[M]. 成都:四川科技出版社,1986.
- [3] CHEN Hongjun, MA Ling, KONG Xingyun. Determination of thirteen elements in *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. **Chinese Wild Plant Resources**, 2002, 21(4): 59-60. (in Chinese)
- [4] HE Ruxi. Study on ultrasonic-assisted extraction of anthocyanin from *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. **Journal of Qinghai Normal University(Natural Science)**, 2015(1): 49-55. (in Chinese)
- [5] YAN Yamei, DAI Guoli, RAN Linwu, et al. The polyphenols composition of *Lycium ruthenicum* Murr. from different places [J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2014, 47(22): 4540-4550. (in Chinese)
- [6] CHEN Chen, WEN Huanxiu, ZHAO Xiaohui, et al. Rapid determination of phenolic compounds in *Lycium ruthenicum* Murr. barbarum fruit juice by solid phase extraction [J]. **China Journal of Chinese Materia Medica**, 2011, 36 (7): 896-898. (in Chinese)
- [7] OU Yangfa, JI Tengfei, SU Yalun, et al. Chemical constituents of the fruits of *Lycium ruthenicum* [J]. **Journal of Chinese Medicinal Materials**, 2012, 35(10): 1599. (in Chinese)
- [8] JIAO Xiaoli, CHI Xiaofeng, DONG Qi, et al. Analysis on the nutritional components of *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. **Amino Acids & Biotic Resources**, 2011, 33(3): 60-62. (in Chinese)
- [9] HU Na, SUO Yourui, HAN Lijuan, et al. Determination and analysis of fatty acids in *Lycium ruthenicum* Murr. fruits by HPLC-MS with precolumn derivatization [J]. **Chinese Journal of Analysis Laboratory**, 2014, 33(6): 698-701. (in Chinese)
- [10] LV Haiying, LIN Li, PAN Yun, et al. Determination of antioxidant and lipid-lowering ingredients in flavonoids of *Lycium*

- ruthenicum* Murr. leaf[J]. **Journal of Xinjiang Normal University**, 2012, 31(2):43-48. (in Chinese)
- [11] ZHENG J, DING CX, WANG LS, et al. Anthocyanins composition and antioxidant activity of wild *Lycium ruthenicum* Murr. from Qinghai-Tibet Plateau[J]. **Food Chemistry**, 2011, 126(3):859-865.
- [12] ALTINTAS A, KOSAR M, KIRIMER N, et al. Composition of the essential oils of *Lycium barbarum* and *Lycium ruthenicum* fruits[J]. **Chemistry of Natural Compounds**, 2006, 42(1):24-25.
- [13] 楼舒婷. 黑果枸杞的活性成分和挥发性组分研究[D]. 杭州:浙江大学, 2015.
- [14] 陈西风. 蛋氨酸与甜菜碱对肉鸡生产性能和胴体品质的影响[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2010.
- [15] GENG Dandan, TAN Liang, XIAO Yuancan, et al. Determination the betaine in *Lycium ruthenicum* Murr. by ion chromatography [J]. **Food Science**, 2015, 36(20):145-147. (in Chinese)
- [16] LV X P, WANG C J, CHENG Y, et al. Isolation and structural characterization of a polysaccharide LRGP4-A from *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Carbohydrate Research**, 2013, 365:20-25.
- [17] PENG Qiang, LV Xiaopeng, HUANG Linjuan, et al. Study on the purification technology of *Lycium ruthenicum* polysaccharides [J]. **Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica**, 2012, 21(2):121-126. (in Chinese)
- [18] LIU Y, YIN L, GONG G, et al. Structural characterization, antioxidant activity and immunomodulatory activity of the polysaccharide LRLP3 from leaves of *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. **Chemical Journal of Chinese Universities**, 2016, 37(2):261-268.
- [19] LIU Y, GONG G, SUN Y, et al. Isolation, structural characterization, and immunological activity of a polysaccharide LRLP4-A from the leaves of [J]. **Journal of Carbohydrate Chemistry**, 2016, 40(2):40-56.
- [20] WANG Hangyu, DENG Fengmei, LIU Jinrong, et al. Analysis of inorganic elements of *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Journal of Chinese Medicinal Materials**, 2002, 25(4):267. (in Chinese)
- [21] JIAO Xiaoli, JI Tian, CHI Xiaofeng, et al. Determination of 17 kinds elements in *Lycium barbarum* L by ICP-AES with microwave digestion[J]. **Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory**, 2011, 28(6):3129-3132. (in Chinese)
- [22] DUAN Yabin, YAO Xingchen, ZHU Junbo, et al. Determination of procyanidin B2 and total cyanidin in Tibetan medicine *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Lishizhen Medicine and Materia Medica Research**, 2015, 26(7):1629-1631. (in Chinese)
- [23] ZHENG J, DING CX, WANG LS, et al. Anthocyanins composition and antioxidant activity of wild *Lycium ruthenicum* Murr. from Qinghai-Tibet Plateau[J]. **Food Chemistry**, 2011, 126(3):859-865.
- [24] LI Jin, QU Weijing, ZHANG Sujun, et al. Study on antioxidant activity of pigment of *Lycium ruthenicum* [J]. **China journal of Chinese Materia Medica**, 2006, 31(14):1179-1183. (in Chinese)
- [25] TAO Dayong, CHEN Jiajuan, CHEN Yin, et al. Research in the anti-senile function of *Lycium ruthenicum* Murr. pigment in mice [J]. **Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine**, 2008, 27(1):11-13. (in Chinese)
- [26] LOU Shuting, LIN Wenwen, SUN Yujing, et al. Research of bioavailability and antioxidant activity of polyphenol in *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Science & Technology of Food Industry**, 2015, 36(11):66-74. (in Chinese)
- [27] XIA Na, ZHAO Lifeng. Study on the antioxidant activity and protective effect on mitochondria of *Lycium ruthenicum* functional ingredients[J]. **Science & Technology of Food Industry**, 2014, 35(22):162-166. (in Chinese)
- [28] Guli-Dana, JIA Qizhen, TAO Dayong, et al. Effects of *Lycium ruthenicum* on hypoxia tolerance and swimming endurance in Mice[J]. **Lishizhen Medicine and Materia Medica Research**, 2009, 20(11):2682-2683. (in Chinese)
- [29] DUAN Yabin, ZHU Junbo, YAO Xingchen, et al. Effects of *Lycium ruthenicum* Murr. water extract on hypoxia at normal pressure tolerance[J]. **Journal of Qinghai Medical College**, 2014, 35(4):264-267. (in Chinese)
- [30] WANG Jianhong, CHEN Xiaoqin, ZHANG Weijiao, et al. Study on biological effect and mechanism of antifatigue of polysaccharide from *Lycium ruthenicum* mill. fruit[J]. **Food Science & Technology**, 2009, 34(2):203-207. (in Chinese)
- [31] NI W H, GAO T T, WANG H L, et al. Anti-fatigue activity of polysaccharides from the fruits of four Tibetan plateau indigenous medicinal plants[J]. **Journal of Ethnopharmacology**, 2013, 150(2):529-535.
- [32] WANG Jianhong, CHEN Xiaoqin, ZHANG Weijiao. Study on hypoglycemic function of polysaccharides from *Lycium ruthenicum* Murr. fruit and its mechanism[J]. **Food Science**, 2009, 30(5):244-248. (in Chinese)
- [33] LI Shuzhen, LI Jin. Hypolipidemic activity of the total flavonoids from *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Lishizhen Medicine & Materia Medica Research**, 2012, 23(5):1072-1074. (in Chinese)

- [34] WANG Chao, JIANG Baoping, LONG Jun, et al. Protective effect of *Lycium ruthenicum* Murr. on acute alcoholic liver injury mice and its antioxidant activity[J]. **Traditional Chinese Drug Research & Clinical Pharmacology**, 2015, 26(2): 192-195. (in Chinese)
- [35] XU Zhongnan, XIE Meilin, LU Lungen. Effect of betaine on alcoholic fatty liver in alcohol-fed rat [J]. **Chinese Hepatology**, 2006, 11(3): 163-166. (in Chinese)
- [36] ZHANG Yujin, GAO Shiyong, HE Liwei. Study on bioactivities of betaine [J]. **Journal of Harbin University of Commerce**, 2006, 22(1): 13-16. (in Chinese)
- [37] ZHANG Ke, CAO Jianmin, GUO Xian, et al. The protective effects of *Lycium ruthenicum* Murr. on the exercise-related renal ischemia-reperfusion injury in rat[J]. **Journal of Capital University of Physical Education & Sports**, 2015, 27(1): 85-89. (in Chinese)
- [38] PENG Q, XU Q S, YIN H, et al. Characterization of an immunologically active pectin from the fruits of *Lycium ruthenicum*[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2014, 64(5): 69-75.
- [39] JIA Qizhen, TAO Dayong, CHEN Yin, et al. Activation effect of *Lycium ruthenicum* Murr. on Macrophages [J]. **Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine**, 2008, 31(1): 29-30. (in Chinese)
- [40] MA Liyan, TAO Dayong, CHEN Yin, et al. The effect of wolfberry pigment on gallinaceous humoral immunity and cytotoxicity[J]. **Journal of Tarim University**, 2008, 20(4): 6. (in Chinese)
- [41] XIANG Yanju, BAI Hongjin, ZHANG Meie, et al. Study on antibacterial activity of extracting solution of fruits of *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Food Research And Development**, 2016, 37(1): 26-29. (in Chinese)
- [42] YUAN Haijing, AN Wei, LI Lihui, et al. The investigation and cluster analysis of main morphological characters for germplasm of Chinese wolfberry[J]. **Journal of Plant Genetic Resources**, 2013, 14(4): 627-633. (in Chinese)
- [43] JI Xiaozhong. Technique of propagation and grow seedlings of *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Chinese Wild Plant Resources**, 2015, 34(2): 75-77. (in Chinese)
- [44] SUN Siyu, CAO Hounan, YAO Hang, et al. Study on tissue culture and rapid propagation of *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. **Agricultural Science & Technology**, 2016, 17(5): 1060-1064. (in Chinese)
- [45] MA Yanjun, CHENG Yanqing, ZHANG Rongmei. Study on tissue culture and rapid propagation of *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Forest Science and Technology**, 2015, 32(6): 26-28. (in Chinese)
- [46] WANG Haixiu. Cultivation techniques of *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Protection Forest Science and Technology**, 2010, 95(2): 121-121. (in Chinese)
- [47] 索有瑞. 黑果枸杞抗氧化活性果粉及制备方法: 中国, CN101313765[P]. 2008-08-15.
- [48] 黄山, 黄福. 一种黑果枸杞余甘子复合固体饮料及其制备方法: 中国, CN104126802A[P]. 2014-07-21.
- [49] WANG Fangfang, YU Youwei, FU Yufang. Formula research of compound beverage with red jujube and *Lycium ruthenicum* Murr.[J]. **Farm Products Processing**, 2016, 403(5): 30-32. (in Chinese)
- [50] GONG Y, WU J, LI S. Immuno-enhancement effects of *Lycium ruthenicum* Murr. polysaccharide on cyclophosphamide-induced immunosuppression in mice.[J]. **International Journal of Clinical & Experimental Medicine**, 2016, 8(11): 20631-20637.