

肉苁蓉及混淆品 6 种药用植物粗多糖体外抗氧化活性的研究

陈保政^{1,2}, 王 劼^{1,2}, 侯建华^{1,2}, 赵得萍¹, 孟卫东³, 周玉碧^{1*}¹中国科学院藏药研究重点实验室 青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室;²中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008;³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:为初步探究肉苁蓉(荒漠肉苁蓉和管花肉苁蓉)及混淆品(盐生肉苁蓉、沙苁蓉、兰州肉苁蓉和弯管列当)粗多糖的体外抗氧化能力,本研究测定了其粗多糖对 DPPH·、·OH、ABTS· 的清除能力和总抗氧化能力(T-AOC)。采用 Topsis 法综合分析各项指标,整体评价 6 种药用植物粗多糖的体外抗氧化能力,评价结果显示,6 种药用植物粗多糖体外抗氧化能力的排序依次为:管花肉苁蓉 > 弯管列当 > 荒漠肉苁蓉 > 兰州肉苁蓉 > 沙苁蓉 > 盐生肉苁蓉。其中,弯管列当和兰州肉苁蓉粗多糖体外抗氧化能力接近正品肉苁蓉。本研究综合评价了肉苁蓉及混淆品 6 种药用植物粗多糖的体外抗氧化能力,对肉苁蓉等相关药用植物资源的综合开发具有借鉴意义。

关键词:肉苁蓉;混淆品;粗多糖;体外抗氧化

中图分类号:R285.5

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)Suppl-0026-06

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.S.005

Study on the antioxidant activity *in vitro* of crude polysaccharides from six medicinal plants of *Cistanche* and its adulterants

CHEN Bao-zheng^{1,2}, WANG Jie^{1,2}, HOU Jian-hua^{1,2}, ZHAO De-ping¹, MENG Wei-dong³, ZHOU Yu-bi^{1*}¹Key Laboratory of Tibetan Medicine Research and Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resource, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;³Qinghai Daokang Agriculture and Animal Husbandry Technology Co., Ltd., Dulan 816100, China

Abstract: To initially investigate the antioxidant capacity *in vitro* of crude polysaccharides from *Cistanche* (*Cistanche deserticola* and *C. tubulosa*) and its adulterants (*C. salsa*, *C. sinensis*, *C. lanzhouensis* and *Orobancha cernua*), their ability of crude polysaccharides to scavenge DPPH·, ·OH, and ABTS· and their total antioxidant capacity (T-AOC) were determined respectively. Simultaneously, the Topsis method was used to comprehensively analyze the antioxidant capacity *in vitro* of those crude polysaccharides from six medicinal plants. As a result, the order of antioxidant capacity *in vitro* of their crude polysaccharides was as follows: *C. tubulosa* > *O. cernua* > *C. deserticola* > *C. lanzhouensis* > *C. sinensis* > *C. salsa*. Among them, the antioxidant capacity *in vitro* of crude polysaccharides from *O. cernua* and *C. lanzhouensis* is close to authentic *Cistanche*. This study comprehensively evaluated the antioxidant capacity *in vitro* of crude polysaccharides from six medicinal plants of *Cistanche* and its adulterants, which can provide a significant reference for the comprehensive development of related medicinal plant resources such as *Cistanche* and its adulterants.

Key words: *Cistanche*; adulterants; crude polysaccharides; antioxidant capacity

据《中国植物志》记载,我国肉苁蓉属植物共有 5 种,分布于我国内蒙古、宁夏、甘肃、青海和新疆等

地^[1]。其中,2015 版《中国药典》收录了荒漠肉苁蓉和管花肉苁蓉作为中药肉苁蓉的基源植物^[2]。肉苁蓉始载于《神农本草经》,其味甘、咸而性温,具有补肾阳,益精血,润肠通便等作用,广泛应用于阳痿,不孕,腰膝酸软,筋骨无力,肠燥便秘等^[3]。大量研究表明^[4-8],肉苁蓉属和列当属药用植物的亲缘关系

收稿日期:2019-11-28 接受日期:2020-03-27

基金项目:内蒙古自治区科技创新引导项目(KCMS2018046);青海省重点实验室发展建设专项(2017-ZJ-Y10);青海省重点研发与计划转化(2019-SF-171)

* 通信作者 Tel:86-015209781442; E-mail: ybzhou@nwipb.cas.cn

较近,化学成分均以苯乙醇苷、多糖和木脂素为主,传统功效相似,往往出现混用的情况。

多糖常为药用植物重要的活性成分之一,不仅能为生命体提供基础代谢能量,还具有免疫调节、抗氧化、抗疲劳和抗衰老等多种功效^[9,10]。据现有研究报道,荒漠肉苁蓉和管花肉苁蓉中多糖含量较高,且具有较好的生物活性^[11-14]。盐生肉苁蓉、沙苁蓉、兰州肉苁蓉和弯管列当 4 种肉苁蓉混淆品也有较好生物活性,研究多以苯乙醇苷为主。Wu 等^[15,16]报道盐生肉苁蓉苯乙醇苷质量浓度为 60 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,达清除 DPPH· 能力的最大值。白贞芳等人研究发现^[8],弯管列当乙酸乙酯提取物质量浓度为 0.05 mg/mL 时,对 DPPH· 的清除率近 60%。但关于盐生肉苁蓉等混淆品多糖及其生物活性的研究还鲜见报道。

本研究以肉苁蓉及混淆品 6 种药用植物为材

料,对其粗多糖的体外抗氧化活性能力进行初步探究,以期为肉苁蓉等药用植物资源的综合开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验样品采自内蒙、新疆、甘肃和宁夏等地,经中国科学院西北高原生物研究所卢学峰研究员鉴定,详见表 1。所有实验样品于常温阴干,45 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,粉碎,过 100 目筛,备用。实验所用试剂:甲醇和乙醇(天津市富宇精细化工有限公司);1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)和 2,2-联氮-二-3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸(ABTS)(上海麦克林生化科技有限公司);羟基自由基($\cdot\text{OH}$)试剂盒和总抗氧化剂能力试剂盒(T-AOC)(南京建成生物工程研究所);过硫酸钾;抗坏血酸(V_C)(上海源叶生物试剂公司)。

表 1 样品信息

Table 1 Sample information

| 编号 No. | 物种 Species | 样品位点 Sample location |
|-----------|--|-------------------------------------|
| CR1 | 荒漠肉苁蓉 <i>Cistanche deserticola</i> Ma | N 38°47'11.74'' E 105°31'48.32'' |
| CR2 | 管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i> (Schenk) Wight | N 36°54'57'' E 81°41'34'' |
| CR3 | 盐生肉苁蓉 <i>C. salsa</i> (C. A. Mey.) G. Beck | N 37°7'25.788'' E 105°38'18.10'' |
| CR4 | 沙苁蓉 <i>C. sinensis</i> G. Beck | N 38°30'40.64'' E 105°39'52.01'' |
| CR5 | 兰州肉苁蓉 <i>C. lanzhouensis</i> Z. Y. Zhang | N 36°9'51.084'' E 103°47'1.68'' |
| LD | 弯管列当 <i>Orobancha cernua</i> Loeffling | N 36°15'17.58'' E 103°33'23.58'' |

实验所用仪器设备:Agilent Cary 60 紫外分光光度计(美国安捷伦公司);EnSpire 多功能酶标仪(珀金埃尔默企业管理上海有限公司);ME 104 电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)仪器有限公司);Milli-Q integral 纯水器(默克化工技术(上海)有限公司);SHZ-III 循环水真空泵(上海亚荣生化仪器厂);OSB-2100 旋转蒸发器(上海爱朗仪器有限公司);KQ 5200 DE 超声波清洗机(昆山市超声仪器有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 6 种药用植物粗多糖及供试品溶液的制备

粗多糖制备参考文献方法^[17],分别称取 6 种药用植物样品 60 g,加入 8 倍量 70% 的乙醇,冷凝回

流提取 2 次,每次 3~4 h,过滤,收集滤渣。滤渣挥至醇无味,加入 8 倍量纯水,冷凝回流提取 2 次,每次 3~4 h,过滤,收集并浓缩滤液,水提醇沉法制备粗多糖,低温冷冻干燥箱干燥备用。

供试品溶液的制备,分别精密称取各粗多糖样品及阳性对照 V_C 0.5 g,设置 5 个质量浓度梯度,分别为 0.5、1、2、4 和 6 mg/mL 。

1.2.2 6 种药用植物粗多糖清除 DPPH· 的能力测定

参考文献^[18],分别量取不同质量浓度的粗多糖和阳性对照 V_C 溶液 2 mL 于 10 mL 具塞刻度试管中,加入 0.2 mmol/L 的 DPPH· - 甲醇溶液 2 mL,密封混匀,25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温避光反应 30 min,用紫外可见分

光光度计于 $\lambda = 517 \text{ nm}$ 处测定吸光度 A_1 ; 其他条件不变, 以等体积甲醇溶液代替 DPPH · 溶液为对照组, 测定吸光度 A_2 ; 为消除多糖溶液对吸光度的影响, 以等体积超纯水代替样品溶液为空白组, 同等条件测定吸光度 A_0 。计算各样品及阳性对照 V_c 对 DPPH · 的清除率, 计算公式见(1)式。

$$\text{清除率} = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] \times 100\% \quad (1)$$

1.2.3 6种药用植物粗多糖清除 ·OH 的能力测定

具体步骤按试剂盒说明, 分别取不同质量浓度的阳性对照 V_c 和粗多糖溶液, 测定试样与相应试剂反应后的 OD 值, 按(2)式计算对 ·OH 的清除率。

$$\text{清除率} = [(\text{对照 OD 值} - \text{样品 OD 值}) / \text{对照 OD 值}] \times 100\% \quad (2)$$

1.2.4 6种药用植物粗多糖清除 ABTS · 的能力测定

参考文献^[19], 将 7.00 mmol/L 的 ABTS 溶液和 2.45 mmol/L 的过硫酸钾溶液等体积比混合, 4 °C 避光静置 12 ~ 14 h, 即得 ABTS · 反应底物储备液。以 pH7.4, 10 mmol/L 的磷酸盐缓冲液稀释储备液, 直至 $\lambda = 734 \text{ nm}$ 处 ABTS · 溶液的吸光度 $A_{734 \text{ nm}} = 0.700 \pm 0.02$ 。分别量取 0.3 mL 不同质量浓度的样品粗多糖溶液和阳性对照 V_c 溶液于 5 mL 具塞刻度试管中, 加入稀释后的 ABTS · 溶液 1.5 mL, 密封混匀, 室温避光反应 6 min, 用紫外可见分光光度计于 $\lambda = 734 \text{ nm}$ 处测定吸光度 A_1 ; 以等体积超纯水代替 ABTS · 溶液为对照组, 相同条件测定吸光度 A_2 ; 为消除多糖溶液对吸光度的影响, 以等体积超纯水代替样品溶液为空白组, 相同条件测定吸光度 A_3 。算各样品及阳性对照 V_c 对 ABTS · 的清除率, 计算公式见(3)式。

$$\text{清除率} = [1 - (A_1 - A_2) / A_3] \times 100\% \quad (3)$$

1.2.5 6种药用植物粗多糖的总抗氧化(T-AOC)能力测定

总抗氧化(T-AOC)测定, 样品的总抗氧化能力用标准品 FeSO_4 的毫摩尔数表示, 即达到标准品 FeSO_4 同样吸光度所需的毫摩尔数。具体操作步骤按试剂盒的说明进行, 得到 FeSO_4 标准品的回归方程为: $Y = 0.5934X + 0.0048$, (Y : 标准品的浓度 (mmol/L), X : 标准品的 OD 值, $R^2 = 0.9914$)。以同样的方法, 测定各样品及阳性对照 V_c 的 OD 值, 代入上述回归方程, 计算相对应的总抗氧化能力。

2 结果与分析

2.1 6种药用植物粗多糖清除 DPPH · 的能力

6种药用植物的粗多糖和 V_c 清除 DPPH · 能力的结果如图 1 所示, 在 0.5 ~ 6 mg/mL 的质量浓度范围内, 6种药用植物粗多糖和阳性对照 V_c 清除 DPPH · 的能力存在量效关。质量浓度为 6 mg/mL 时, 6种药用植物粗多糖清除 DPPH · 的能力均达最大值 (> 40%), 但均显著低于阳性对照组 V_c (93.32% \pm 0.092%) ($P < 0.05$)。各种样品粗多糖质量浓度在 0.5 ~ 2 mg/mL 范围内, 清除 DPPH · 能力的变化同质量浓度最为明显, 其余三种测评方法均是如此, 能较好表现各种样品粗多糖清除 DPPH · 的能力。质量浓度在 2 mg/mL 时, 6种药用植物粗多糖清除 DPPH · 的能力均存在显著性差异, 清除 DPPH · 的能力依次为: CR2 > LD > CR5 > CR1 > CR3 > CR4 ($P < 0.05$)。其中, 管花肉苁蓉 (CR2) 粗多糖清除 DPPH · 的能力最强, 沙苁蓉 (CR4) 最弱, 弯管列当 (LD) 和兰州肉苁蓉 (CR5) 粗多糖清除 DPPH · 的能力高于荒漠肉苁蓉 (CR1)。

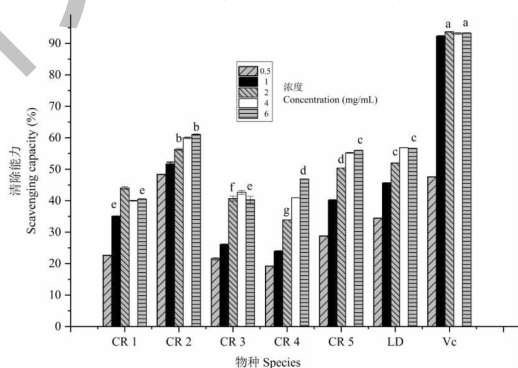


图 1 6种药用植物粗多糖清除 DPPH · 的能力

Fig. 1 The capacity of scavenging DPPH · of crude polysaccharides from six medicinal plants

注: 图中不同小写字母代表相同浓度下不同样品清除 DPPH · 能力的差异显著, $P < 0.05$ 。Note: The different lowercase letters in the figure represent the significant differences in capacity of different samples to scavenge DPPH · at the same concentration, $P < 0.05$.

2.2 6种药用植物粗多糖清除 ·OH 的能力

6种药用植物的粗多糖和阳性对照 V_c 清除 ·OH 能力的结果如图 2 所示, 6种药用植物的粗多糖和阳性对照 V_c 的质量浓度在 0.5 ~ 6 mg/mL 范围内, 对 ·OH 表现出较好的清除作用。当质量浓度达 6 mg/mL 时, 弯管列当 (LD)、兰州肉苁蓉 (CR5)、管花肉苁蓉 (CR2) 和荒漠肉苁蓉 (CR1) 这

4 种样品粗多糖清除 ·OH 的能力较强,均超过 87%,接近阳性对照组 V_C,盐生肉苁蓉(CR3)和沙苁蓉(CR4)粗多糖清除 ·OH 的能力较弱,近 50%。对 6 种药用植物粗多糖质量浓度在 2 mg/mL 时进行方差分析,它们清除 ·OH 的能力存在显著性差异,依次为:LD > CR5 > CR1 > CR2 > CR4 > CR3 ($P < 0.05$)。

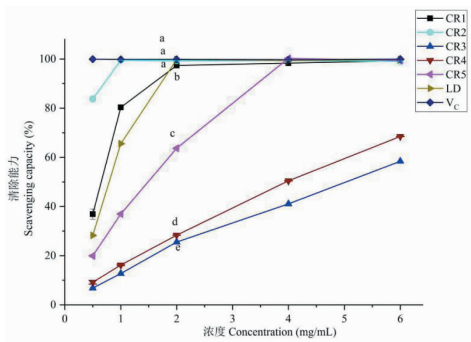


图 2 6 种药用植物粗多糖清除 ·OH 的能力

Fig. 2 The capacity of scavenging ·OH of crude polysaccharides from six medicinal plants

注:图中不同小写字母代表相同浓度下不同样品清除 ·OH 能力的差异显著, $P < 0.05$ 。Note: The different lowercase letters in the figure represent the significant differences in capacity of different samples to scavenge ·OH at the same concentration, $P < 0.05$ 。

清除 ABTS · 的量效关系明显。质量浓度为 1 mg/mL 时,管花肉苁蓉(CR2)粗多糖清除 ABTS · 的能力达最大值;质量浓度为 1 mg/mL 时,荒漠肉苁蓉(CR1)和弯管列当(LD)这两种药用植物粗多糖清除 ABTS · 的能力达最大值;质量浓度为 4 mg/mL 时,兰州肉苁蓉(CR5)粗多糖清除 ABTS · 的能力也达最大值,同 V_C 接近,其它两种药用植物在测试浓度范围内未达清除 ABTS · 的最大值。当质量浓度达 2 mg/mL 时,6 种药用植物的粗多糖清除 ABTS · 能力依次为:LD > CR2 > CR1 > CR5 > CR4 > CR3 ($P < 0.05$)。此时,管花肉苁蓉(CR2)、弯管列当(LD)和荒漠肉苁蓉(CR1)粗多糖清除 ABTS · 的能力均达最大值,差异不显著,但均显著强于兰州肉苁蓉(CR5)、沙苁蓉(CR4)和盐生肉苁蓉(CR3) ($P < 0.05$)。

2.4 6 种药用植物粗多糖的总抗氧化(T-AOC)能力

6 种药用植物的粗多糖和 V_C 的总抗氧化(T-AOC)能力的结果如图 4 所示,6 种药用植物的粗多糖均有一定的抗氧化能力,但均显著低于阳性对照组 V_C。在质量浓度为 2 mg/mL 时,总抗氧化能力依次为:CR2 > LD > CR1 > CR5 > CR4 > CR3 ($P < 0.05$)。管花肉苁蓉(CR2)粗多糖的抗氧化能力显著高于其它 5 种药用植物;弯管列当(LD)粗多糖的抗氧化能力显著高于兰州肉苁蓉(CR5)、沙苁蓉(CR4)和盐生肉苁蓉(CR3),和荒漠肉苁蓉(CR1)的差异不显著;荒漠肉苁蓉(CR1)和兰州肉苁蓉(CR5)粗多糖的抗氧化能力均显著高于沙苁蓉和盐生肉苁蓉,两者差异不显著($P < 0.05$)。

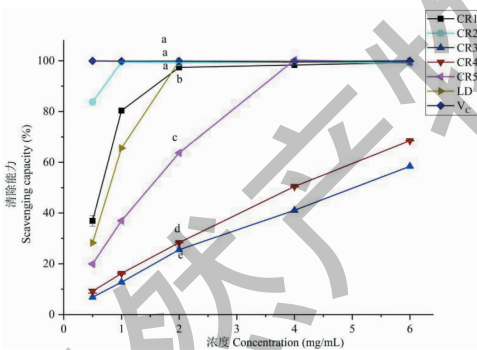


图 3 6 种药用植物粗多糖清除 ABTS · 的能力

Fig. 3 The capacity of scavenging ABTS · of crude polysaccharides from six medicinal plants

注:图中不同小写字母代表相同浓度下不同样品清除 ABTS · 能力的差异显著, $P < 0.05$ 。Note: The different lowercase letters in the figure represent the significant differences in capacity of different samples to scavenge ABTS · at the same concentration, $P < 0.05$ 。

2.3 6 种药用植物粗多糖清除 ABTS · 的能力

6 种药用植物的粗多糖和阳性对照 V_C 清除 ABTS · 能力的结果如图 3 所示,在测定浓度 0.5 ~ 6 mg/mL 范围内,6 种药用植物粗多糖和阳性对照 V_C

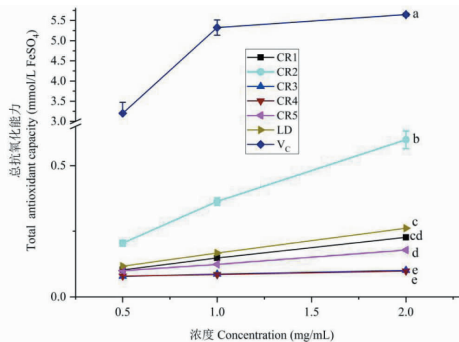


图 4 6 种药用植物粗多糖的总抗氧化(T-AOC)能力

Fig. 4 The capacity of total antioxidant (T-AOC) of crude polysaccharides from six medicinal plants

注:图中不同小写字母代表相同浓度下不同样品的总抗氧化能力差异显著, $P < 0.05$ 。Note: The different lowercase letters in the figure represent the significant differences in capacity of total antioxidant of different samples at the same concentration, $P < 0.05$ 。

2.5 6种药用植物粗多糖体外抗氧化能力的综合分析

从四种评价方法的结果可以看出,6种药用植物粗多糖对 DPPH·、·OH、ABTS·清除能力和总抗氧化能力等四项指标有所不同。为了综合评价6种药用植物粗多糖的体外抗氧化能力,采用 Topsis 分析法对6种药用植物粗多糖在质量浓度为 2 mg/mL 时的体外抗氧化能力进行综合评价^[20],结果见表2。Topsis 分析法是一种综合多指标进行评价

表2 6种药用植物粗多糖体外抗氧化能力的综合分析

Table 2 The comprehensive analysis of antioxidant capacity in vitro of crude polysaccharides from six medicinal plants

| 编号 No. | 得分 Score | 排序 Sort |
|--------|----------|---------|
| CR1 | 0.522 6 | 3 |
| CR2 | 0.835 9 | 1 |
| CR3 | 0.059 4 | 6 |
| CR4 | 0.105 9 | 5 |
| CR5 | 0.449 1 | 4 |
| LD | 0.595 6 | 2 |

3 结论

从4种评价方法测定的结果来看,6种药用植物粗多糖均具有一定的体外抗氧化活性,但它们体外抗氧化的活性差异明显。Topsis 综合分析的结果表明,6种药用植物粗多糖体外抗氧化活性的能力依次为:管花肉苁蓉(CR2) > 弯管列当(LD) > 荒漠肉苁蓉(CR1) > 兰州肉苁蓉(CR5) > 沙苁蓉(CR4) > 盐生肉苁蓉(CR3)。以管花肉苁蓉(CR2)粗多糖的体外抗氧化能力最强,盐生肉苁蓉(CR3)粗多糖的体外抗氧化能力最弱;弯管列当(LD)和兰州肉苁蓉(CR5)粗多糖体外抗氧化的能力和正品肉苁蓉较近,可以着重对其进行研究。

Tan 等^[21]报道荒漠肉苁蓉粗多糖 1 mg/mL 时,对 DPPH· 的清除率大于 60%;Yang 等^[22]报道管花肉苁蓉药渣粗多糖浓度为 0.015 mg/mL 时,对·OH 清除率为 70%,粗多糖浓度为 0.04 mg/mL 时,对 DPPH· 的清除率为 59%。通过对比本研究和其他研究的结果,发现同种粗多糖的体外抗氧化能力差别较大,推测可能是制备粗多糖工艺的不同所引起的。

本研究进一步明确了肉苁蓉及混淆品 6 种药用植物粗多糖的体外抗氧化活性,为肉苁蓉等药用植物资源的综合开发提供了科学依据。

得方法,将各指标进行归一化处理,以高优指标(值越大越好)和低优指标(值越小越好)进行评分,本研究四项指标均为高优指标。由表2可知,6种药用植物粗多糖体外抗氧化能力的排序依次为 CR2 > LD > CR1 > CR5 > CR4 > CR3,正品肉苁蓉管花肉苁蓉(CR2)和荒漠肉苁蓉(CR1)粗多糖的体外抗氧化能力较强,排序分别为第一和第三。弯管列当(LD)和兰州肉苁蓉(CR5)的粗多糖也具有较弱的体外抗氧化能力,排序分别为第二和第四。

参考文献

- 1 Flora of China Editorial Committee. Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1981, 69:82.
- 2 Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015:135.
- 3 Gao Y, Guo LN, Ma SC, et al. Comparative studies of three *Cistanche* species based on UPLC specific chromatogram and determination of main components [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2019, 44: 3749-3757.
- 4 Wang XQ, Huang H, Li CF, et al. Pharmacophylogenetic study of genus *Orobanch*, *Cistanche* and *Boschniakia* [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2018, 43 (23): 62-75.
- 5 Wen JL, Qing QS, Yan C, et al. From ¹H NMR-based non-targeted to LC-MS-based targeted metabolomics strategy for in-depth chemome comparisons among four *Cistanche* species [J]. J Pharm Biomed Anal, 2019, 162:16-27.
- 6 Wang LL, Ding H, Yu HS, et al. *Cistanches* Herba: chemical constituents and pharmacological effects [J]. Chin Herb Med, 2015, 7:135-142.
- 7 Wang YF, Zhao JJ, Hai PL, et al. Protective effect of total glycosides from *Cistanche salsa* on experimental liver injury

- [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2015,27: 1076-1080.
- 8 Bai ZF, Lu JK, Wang XQ, et al. Anti-oxidant properties of extracts from *Orobanchae cernua* var. *cumana* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志),2012,18(18): 232-235.
- 9 She YL, Liu YQ, Sun SB, et al. Protective effect of *Astragalus* polysaccharide on DNA damage in human BM-MSCs exposed to formaldehyde [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2019,50:2928-2933.
- 10 Chen F, Huang G. Extraction and antioxidant activities of cunshu polysaccharide [J]. Inter J Bio Macro,2018,120:1646-1649.
- 11 Yang TX, Du YH, Liu JN, et al. Analysis on polysaccharide content of *Cistanche tubulosa* plant in North China Plain [J]. L Med Mater Med Res(时珍国医国药),2013,24:1149-1150.
- 12 Zhang T, Xu WS, Jia YB, et al. The effects and mechanism of *Cistanche deserticola* polysaccharide on the THP-1 cell's phagocytosis [J]. Life Sci Res(生命科学研究),2016,17: 148-151.
- 13 Zhang HQ, Li Y, Song YY. Effect of polysaccharides of *Cistanche deserticola* on immune cells and telomerase activity in aging mice [J]. Chin Pharm J(中国药学杂志),2011,46:1081-1083.
- 14 Guo Y, Cao L, Zhao Q, et al. Preliminary characterizations, antioxidant and hepatoprotective activity of polysaccharide from *Cistanche deserticola* [J]. Inter J Bio Macro,2016,93: 678-685.
- 15 Wu HH, Xuan GD, Liu CQ, et al. Study on purification and antioxidant activity of phenylethanoid glycosides from *Cistanche salsa* [J]. Food Sci(食品科学),2008,29(6): 190-193.
- 16 Wang XW, Jiang XY, Wu LY, et al. Scavenging effects of glycosides of *Cistanche* on free radicals and its Protection against ·OH induced DNA damage *in vitro* [J]. Chin Pharm J(中国药学杂志),2001,36(1):29-32.
- 17 Xu C, Jia X, Xu R, et al. Rapid discrimination of Herba Cistanches by multi-step infrared macro-fingerprinting combined with soft independent modeling of class analogy(SIM-CA) [J]. Spec Acta Part A: Mole Bio Spec,2013,114(Complete):421-431.
- 18 Cai M, Chen S, Luo SL, et al. Comparison of membrane separation and alcohol precipitation for the separation of crude polysaccharides from *Hericium erinaceus* [J]. Food Sci(食品科学),2019,40(9):91-98.
- 19 Jeong JH, Jung H, Lee SR, et al. Anti-oxidant, anti-proliferative and anti-inflammatory activities of the extracts from black raspberry fruits and wine [J]. Food Chem,2010,123: 338-344.
- 20 Wang X, Deng LP, Xie MJ et al. Evaluation of the effect of different polar parts from Bushen Huoxue prescription on diabetic retinopathy based on TOPSIS [J]. Pharm Clin Chin Mater Med(中药药理与临床),2019,35(4):154-159.
- 21 Tan WT, Wang XM, Xu R, et al. Content determining of phenylethanoid glycosides and polysaccharides in *Cistanche deserticola* and their antioxidant activity [J]. Mod Chin Med(中国现代中药),2018,20(4):62-67.
- 22 Yang T, Ai LD, Tao YC, et al. Studies on determination of polysaccharides and its antioxidant activity in the residue of *Cistanche tubulosa* [J]. J Xinjiang Med Univ(新疆医科大学学报),2019,42(2):234-236.