

# 肉苁蓉膳食纤维润肠通便功能研究

王丽卫<sup>1</sup>, 孙健<sup>2</sup>, 赵兵<sup>1\*</sup>, 赵明霞<sup>1</sup>

(1. 中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室, 生物炼制工程研究部, 北京 100190;

2. 广西医科大学基础医学院, 南宁 530021)

**摘要:** **目的** 研究肉苁蓉膳食纤维的润肠通便功能, 为开发利用肉苁蓉膳食纤维提供科学依据。**方法** 依据国标方法对制得的肉苁蓉膳食纤维进行主要成分分析, 将实验小鼠随机分为5组, 包括正常对照组、便秘模型组和肉苁蓉膳食纤维低、中、高剂量组。以复方地芬诺酯建立便秘模型, 通过测定小鼠的小肠活性炭推进率、首粒黑便的排出时间及其之后6 h内的排便粒数, 评价肉苁蓉膳食纤维对小鼠润肠通便功能的影响。**结果** 本研究制得的肉苁蓉膳食纤维中含有88.12%的可溶性膳食纤维。在连续灌胃14天后, 肉苁蓉膳食纤维各剂量组小鼠的小肠活性炭推进率均高于便秘模型组, 其中, 中、高剂量组与便秘模型组间有显著性差异( $P < 0.05$ ); 与模型组相比, 肉苁蓉膳食纤维各剂量组小鼠的首粒黑便排出时间均有所缩短, 6 h排便粒数均有所增加, 其中, 高剂量组小鼠的首粒黑便排出时间和6 h排便粒数与模型组相比具有显著性差异( $P < 0.05$ )。

**结论** 肉苁蓉膳食纤维具有良好的润肠通便功能。

**关键词:** 肉苁蓉; 膳食纤维; 便秘模型; 润肠通便

## Laxative function of dietary fiber from *Cistanche deserticola*

WANG Li-Wei<sup>1</sup>, SUN Jian<sup>2</sup>, ZHAO Bing<sup>1\*</sup>, ZHAO Ming-Xia<sup>1</sup>

(1. Division of Biorefinery Engineering, National Key Laboratory of Biochemical Engineering, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. School of Preclinical Medicine, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the laxative function of dietary fiber from *Cistanche deserticola* (CDDF) and provide scientific basis for its exploration and utilization. **Methods** The main compositions of CDDF were analyzed according to the national standards. The experimental mice were randomly divided into 5 groups including normal control, constipation model group and CDDF groups with low, middle and high doses. The constipation model was established by compound diphenoxylate tablets. The effects of CDDF on the laxative function of mice were evaluated by the active carbon propelling rate in small intestinal, defecation time of the first black feces and granule number of feces within 6 h. **Results** The content of soluble dietary fiber in CDDF prepared in this study was 88.12%. The active carbon propelling rates of small intestinal in mice of CDDF groups were all higher than those of constipation model group, and significant differences were found between the model group and the middle dose group or high dose group ( $P < 0.05$ ). Compared with the model group, the defecation time of the first black feces in CDDF groups was shortened, and the granule number of feces within 6 h was increased, especially for the high dose group ( $P < 0.05$ ).

基金项目: 阿拉善盟科技计划项目(Y380581108)

**Fund:** Supported by Alashan Science and Technology Project (Y380581108)

\*通讯作者: 赵兵, 研究员, 主要研究方向为生物资源与天然产物工程。E-mail: bzha@ipe.ac.cn

\*Corresponding author: ZHAO Bing, Researcher, National Key Laboratory of Biochemical Engineering, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China. E-mail: bzha@ipe.ac.cn

**Conclusion** The CDDF plays an important role in the laxative function.

**KEY WORDS:** *Cistanche deserticola*; dietary fiber; constipation model; laxative function

## 1 引言

肉苁蓉为列当科植物荒漠肉苁蓉(*Cistanche deserticola* Y. C. Ma)或管花肉苁蓉(*Cistanche tubulosa* (Schenk) Wight)的干燥带鳞叶的肉质茎,其可用于肾阳不足、精血亏虚、阳痿不孕、腰膝酸软、筋骨无力及肠燥便秘的缓解<sup>[1]</sup>,然而,在肉苁蓉加工过程中会产生大量肉苁蓉残渣,该残渣中富含膳食纤维,但目前普遍被作为废料废弃,造成资源浪费。

当前,人类的饮食越来越趋于精细化,这容易导致膳食纤维摄入不足,是引发便秘的一个重要原因。便秘能够引发情绪的改变,使人心烦意乱、注意力涣散,影响日常生活与工作,严重时可导致人体的电解质和酸碱平衡紊乱,从而引发痔疮和下肢静脉曲张等疾病<sup>[2]</sup>。长期便秘则可导致肠道细菌发酵产生致癌物质,刺激肠黏膜上皮细胞,产生异形增生,易诱发癌变<sup>[3,4]</sup>。研究发现,很多种膳食纤维具有非常显著的润肠通便效果<sup>[5-10]</sup>,但目前尚未见关于肉苁蓉膳食纤维润肠通便功能的研究报道。肉苁蓉膳食纤维是指能溶于水的膳食纤维部分,包括低聚糖和部分不能消化的多聚糖等。本研究采用酶法去除杂质成分,制备得到高纯度的肉苁蓉膳食纤维(dietary fiber from *Cistanche deserticola*, CDDF),通过构建小鼠便秘模型,研究肉苁蓉膳食纤维对小鼠的润肠通便功能,为开发利用肉苁蓉膳食纤维提供科学依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

肉苁蓉饮片购自内蒙古阿拉善苁蓉集团有限责任公司,经中国科学院过程工程研究所鉴定为荒漠肉苁蓉(*Cistanche deserticola* Y. C. Ma)。

$\alpha$ -淀粉酶(20000 U/mL)、中性蛋白酶(100000 U/mL)和 $\alpha$ -葡萄糖苷酶(100000 U/mL)(山东苏柯汉生物工程股份有限公司);复方地芬诺酯片(长春长红制药有限公司);活性炭及阿拉伯胶(国药集团化学试剂有限公司);pH 8.2的磷酸盐缓冲液(北京科普佳实验仪器有限公司)。

### 2.2 实验动物

ICR(Institute of Cancer Research)小鼠,8周龄,SPF级,雄性,体重32~38 g,150只,购自北京维通利华实验动物技术有限公司。将购得的小鼠饲养于IVC(individual ventilated cage)笼具中,每笼5只,实验过程中,除了灌胃不同剂量的肉苁蓉膳食纤维外,小鼠自由摄食。室温

22~26 °C,湿度45%~55%。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 肉苁蓉膳食纤维的制备

肉苁蓉残渣的制备:参照内蒙古阿拉善苁蓉集团有限责任公司生产工艺,将肉苁蓉饮片粉碎后称取1.5 kg粉状物,加入30 L体积浓度为50%的乙醇溶液,超声提取1 h,4000 r/min离心20 min,得到沉淀I;向沉淀I中加入12 L蒸馏水,超声提取1 h,4000 r/min离心20 min,得到沉淀II;将沉淀II静置于室内通风处,干燥3天,得到肉苁蓉残渣。

肉苁蓉膳食纤维的制备:称取400 g上述肉苁蓉残渣,加入8 L pH 8.2的磷酸盐缓冲液,混匀;然后加入40 mL  $\alpha$ -淀粉酶,95 °C酶解35 min;再加入80 mL中性蛋白酶,50 °C酶解30 min;用乙酸调节pH至4.5,加入80 mL  $\alpha$ -葡萄糖苷酶,60 °C酶解30 min;将酶解液在4000 r/min的条件下离心30 min,将得到的上清液进行减压浓缩(温度60 °C,真空度0.07~0.08 Mpa),浓缩至相对密度为1.2时,加入4倍体积的无水乙醇进行醇沉,将沉淀物冷冻干燥,得到45 g呈浅灰色的固体肉苁蓉膳食纤维。

#### 2.3.2 肉苁蓉膳食纤维的主要成分分析

膳食纤维的测定参照GB 5009.88-2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》<sup>[11]</sup>,水分测定参照GB 5009.3-2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[12]</sup>,灰分测定参照GB 5009.4-2010《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》<sup>[13]</sup>,蛋白质的含量测定参照GB 5009.5-2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[14]</sup>。

#### 2.3.3 小肠运动实验

将实验小鼠随机分为5组,每组10只。实验设正常对照组、便秘模型组和低、中、高剂量组。低、中、高剂量组的膳食纤维剂量分别为0.5、1.5和4.5 g/kg·bw,相当于人体推荐剂量的5、15和30倍,均用蒸馏水将制得的固体肉苁蓉膳食纤维配成0.2 mL的灌胃溶液。

灌胃肉苁蓉膳食纤维溶液14天后,各组小鼠禁食不禁水16 h,模型组和3个剂量组分别灌胃10 mg/kg·bw的复方地芬诺酯,对照组灌胃相应体积的蒸馏水。灌胃复方地芬诺酯30 min后,各剂量组灌胃溶液中分别添加5%的活性炭(m/v)和10%的阿拉伯树胶(m/v),对照组和模型组灌胃相同体积的含5%活性炭(m/v)和10%阿拉伯树胶(m/v)的蒸馏水。活性炭灌胃25 min后,颈椎脱臼法处死小鼠,取其肠系膜和部分小肠(幽门至回盲部),并将取得的小肠置于托盘上,轻轻拉成直线,测量得其长度,为“小肠总长度”,从幽门至活性炭前沿的长度为“活性炭推进长度”,按

下式计算活性炭推进率:

$$\text{活性炭推进率}(\%) = \frac{\text{活性炭推进长度}(\text{cm})}{\text{小肠总长度}(\text{cm})} \times 100\%$$

#### 2.3.4 排便时间和粪便粒数的测定

小鼠造模方法同“2.3.3”,记录每只小鼠灌胃活性炭后6 h内首粒黑便的排便时间、排便总粒数以及性状(软便或稀便)。与模型组相比,粪便含水量小于55%为软便,粪便含水量大于等于55%为稀便。

#### 2.3.5 小鼠肠道含水量的测定

小鼠造模方法同“2.3.3”。于肉苁蓉膳食纤维溶液灌胃后3 h和5 h,分别随机将每组的一半动物采用颈椎脱臼法处死,自幽门处剪下肠管,分离至直肠末端,并分离大小肠,分别称其湿重,于105℃烘干至恒重,称量大小肠的干重,并按下式计算含水量:

$$\text{肠含水量}(\%) = \frac{\text{肠湿重}(\text{g}) - \text{肠干重}(\text{g})}{\text{肠湿重}(\text{g})} \times 100\%$$

#### 2.3.6 小鼠体重及一般状况观察

记录各实验组小鼠实验前和实验末的体重,并观察小鼠的进食情况、反应灵敏度和皮毛光泽情况。

#### 2.3.7 数据统计分析

采用SPSS 16.0统计软件进行数据分析,数据均以平均值±标准差( $\bar{X} \pm SD$ )表示,采用单样本K-S检验进行正态性检验,正态分布数据采用单因素方差分析,不满足正态分布的数据采用非参数检验, $P < 0.05$ 时为差异显著,具有统计学意义。

## 3 结果与分析

### 3.1 肉苁蓉膳食纤维的主要成分分析

肉苁蓉膳食纤维的主要成分分析结果见表1。

表1 肉苁蓉膳食纤维主要成分表  
Table 1 Main compositions of CDDF

水分 (%)	灰分 (%)	蛋白质 (%)	可溶性膳食纤维 (%)	其他 (%)
3.06	3.58	4.93	88.12	0.31

### 3.2 肉苁蓉膳食纤维对小鼠小肠推进的影响

肉苁蓉膳食纤维对便秘小鼠小肠推进的影响结果见表2。由表2可知,便秘模型组小鼠的小肠活性炭推进率显著低于对照组( $P < 0.05$ ),表明便秘模型建立成功。与模型组相比,肉苁蓉膳食纤维各剂量组均能增强小肠推进性蠕动,增长活性炭推进长度,提高活性炭推进率。其中,中、高剂量组与模型组相比,具有显著性差异( $P < 0.05$ ),表明肉苁蓉膳食纤维具有促进小鼠小肠运动的作用。

### 3.3 肉苁蓉膳食纤维对排便的影响

采用肉苁蓉膳食纤维及活性炭灌胃小鼠后,观察每只小鼠是否排黑便,并记录首粒黑便排出的时间。肉苁蓉膳食纤维对便秘小鼠排便情况的影响如表3所示。

表2 肉苁蓉膳食纤维对便秘小鼠小肠推进的影响( $n=10$ )

Table 2 Effect of CDDF on small intestinal propelling of mice with constipation ( $n=10$ )

组别	肉苁蓉膳食纤维剂量(g/kg·bw)	小肠总长度(cm)	活性炭推进长度(cm)	活性炭推进率(%)
对照组	--	40.8±3.0	35.5±2.6	87.0±8.7
模型组	--	39.4±5.1	17.0±5.5	43.2±7.2 <sup>a</sup>
低剂量组	0.5	41.2±7.3	23.2±6.7	46.3±6.7
中剂量组	1.5	40.5±8.2	27.7±9.2	68.4±8.1 <sup>b</sup>
高剂量组	4.5	42.1±3.6	31.1±5.5	73.9±5.6 <sup>b</sup>

注: <sup>a</sup>: 与对照组相比较,  $P < 0.05$ ; <sup>b</sup>: 与模型组相比较,  $P < 0.05$

表3 肉苁蓉膳食纤维对小鼠排便的影响( $n=10$ )

Table 3 Effect of CDDF on defecation in mice ( $n=10$ )

组别	肉苁蓉膳食纤维剂量(g/kg·bw)	首粒黑便排出时间(min)	6 h 排便粒数(粒)	粪便性状	粪便含水量(%)
对照组	--	154.2±19.2	12.8±2.0	正常大便	47.2±1.0
模型组	--	286.0±10.7 <sup>a</sup>	5.7±1.0 <sup>a</sup>	较硬	42.9±2.4
低剂量组	0.5	251.0±40.3	6.3±1.4	软便	45.4±1.7
中剂量组	1.5	216.2±31.4	6.5±0.9	软便	46.1±2.2
高剂量组	4.5	209.6±16.3 <sup>b</sup>	11.1±1.7 <sup>b</sup>	软便	48.8±1.5

注: <sup>a</sup>: 与对照组相比较,  $P < 0.05$ ; <sup>b</sup>: 与模型组相比较,  $P < 0.05$

小鼠首粒黑便的排出时间和 6 h 排便粒数的结果表明, 与对照组相比, 模型组小鼠首粒黑便出现的时间明显滞后, 6 h 内的排便粒数明显减少, 并且两项指标在对照组和模型组之间均具有显著性差异( $P < 0.05$ ), 表明小鼠便秘模型建立成功。与模型组相比, 肉苕蓉膳食纤维各剂量组小鼠的首粒黑便排出时间均有所缩短, 6 h 排便粒数均有所增加。其中, 高剂量组小鼠的首粒黑便排出时间和 6 h 排便粒数与模型组相比具有显著性差异( $P < 0.05$ )。在小鼠的 6 h 排便时间内, 与模型组相比, 肉苕蓉膳食纤维各剂量组小鼠的大便含水量逐渐增大, 且为软便。

以上结果表明, 肉苕蓉膳食纤维高剂量组能明显缩短便秘小鼠的首粒黑便排出时间, 增加 6 h 内的排便粒数, 软化便秘小鼠的粪便, 表现出典型的膳食纤维通便功效。

### 3.4 肉苕蓉膳食纤维对小鼠肠道含水量的影响

于肉苕蓉膳食纤维溶液灌胃后 3 h 和 5 h, 分别随机将每组的一半动物采用颈椎脱臼法处死, 测定其肠道含水量, 结果见表 4。由表中数据可知, 肉苕蓉膳食纤维各剂量组对小鼠大肠和小肠含水量的影响不显著, 与表 3 中粪便含水量的结果一致, 这可能与实验过程中小鼠自由饮水有关。

### 3.5 小鼠体重及一般状况观察

本研究中, 各剂量组小鼠的体重增长情况与对照组及模型组相比, 均无显著性差异(表 5), 且无小鼠死亡现象。实验期间, 小鼠一般状况良好, 食欲旺盛、反应灵敏且皮毛有光泽。

## 4 讨论与结论

关于肉苕蓉润肠通便的药效学虽有报道, 但主要针对半乳糖醇、寡糖和水煎剂<sup>[15-18]</sup>, 而针对肉苕蓉膳食纤维的研究尚未见报道。肉苕蓉中半乳糖醇的分离纯化较为复杂, 需要进行结晶、95%乙醇重结晶等步骤, 且半乳糖醇的含量较低, 难以实现工业化。对于润肠通便功能的实验, 不同文献采用的小鼠种类和灌胃时间不同, 难以直接比较不

同受试样品的通便功能; 因此, 本研究以具有代表性的小肠活性炭推进率为指标, 在灌胃相同天数(14 天)的受试样品后, 进行显著性比较, 发现肉苕蓉膳食纤维的用量为 1.5 g/kg·bw 时, 小鼠小肠的活性炭推进率就已表现出显著性差异, 而肉苕蓉水提物的用量为 3.3 g/kg·bw<sup>[17]</sup>时, 小鼠小肠的活性炭推进率才出现显著性差异。其他植物来源的膳食纤维也具有润肠通便效果, 如复合膳食纤维(低聚果糖、小麦纤维、大豆纤维和水果纤维)、胡萝卜渣水溶性膳食纤维和麦麸可溶性膳食纤维等, 但是其达到润肠通便效果时的用量相对较高, 以小肠活性炭推进率出现显著性差异为例, 其用量分别为 5 g/kg·bw<sup>[7]</sup>、2.4 g/kg·bw<sup>[8]</sup>和 5 g/kg·bw<sup>[9]</sup>。

综上所述, 肉苕蓉膳食纤维在润肠通便中具有用量低且效果明显的优势, 这可能与肉苕蓉膳食纤维独特的结构组成有关。根据本实验室未公开的研究结果表明, 肉苕蓉膳食纤维是由葡萄糖胺、鼠李糖、葡萄糖、半乳糖和木糖等单糖组成, 这与其它膳食纤维的单糖组成<sup>[19]</sup>存在较大差别。

研究表明, 水溶性膳食纤维能有效提高粪便的持水能力, 使粪便保持一定的体积和水分, 有利于增加粪便的排泄量, 从而预防痔疮和便秘等疾病<sup>[20]</sup>。肉苕蓉膳食纤维作为肉苕蓉加工中的副产品, 不仅可以用于改善人类的饮食结构、预防便秘, 而且对避免肉苕蓉加工过程中的资源浪费具有重要意义。

表 4 肉苕蓉膳食纤维对小鼠肠道含水量的影响( $n=10$ )  
Table 4 Effect of CDDF on intestinal water content in mice ( $n=10$ )

组别	肠道含水量(%)			
	大肠(3 h)	大肠(5 h)	小肠(3 h)	小肠(5 h)
对照组	68.5±9.6	74.0±2.1	74.1±1.5	72.1±4.7
模型组	68.2±4.6	74.1±2.9	78.2±2.5	71.6±4.7
低剂量组	69.2±1.9	69.7±3.2	72.3±2.1	71.6±2.2
中剂量组	71.4±5.9	72.8±1.5	74.6±5.9	72.3±4.2
高剂量组	69.9±8.8	73.2±1.1	74.7±1.6	75.4±1.4

表 5 肉苕蓉膳食纤维对小鼠体重的影响( $n=10$ )  
Table 5 Effect of CDDF on the weight of mice ( $n=10$ )

组别	小肠推进实验		排便实验		肠水分实验	
	实验前(g)	实验末(g)	实验前(g)	实验末(g)	实验前(g)	实验末(g)
对照组	36.0±0.3	39.0±0.4	36.1±0.4	38.9±0.5	35.9±0.4	38.8±0.5
模型组	36.3±0.5	38.7±0.6	36.3±0.5	38.6±0.5	35.7±0.4	38.2±0.7
低剂量组	35.8±0.5	38.3±0.5	35.7±0.5	38.4±0.5	35.3±0.4	37.1±0.5
中剂量组	36.3±0.4	38.2±0.4	35.9±0.6	38.3±0.5	35.6±0.4	37.8±0.5
高剂量组	36.0±0.5	38.5±0.6	35.6±0.4	38.3±0.4	35.7±0.6	37.6±0.5

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S].  
State pharmacopoeia committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Part I [S].
- [2] 李桂荣, 王英凯, 唐岚. 功能性便秘的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2011, 31(12): 2372-2375.  
Li GR, Wang YK, Tang L. Research progress of functional constipation [J]. Chin J Gerontol, 2011, 31(12): 2372-2375.
- [3] 翁剑锋, 邱啸臣, 李元新. 功能性便秘的治疗进展[J]. 中国临床研究, 2016, 29(3): 409-412.  
Weng JF, Qiu XC, Li YX. Advances in the treatment of functional constipation [J]. Chin J Clin Res, 2016, 29(3): 409-412.
- [4] Chu HK, Hou XH. Understanding of constipation symptoms and the diagnosis and management of constipation in chinese physician [J]. PLoSOne, 2016, 11(3): 1-13.
- [5] 牛广财, 朱丹, 肖盾, 等. 沙果渣膳食纤维润肠通便作用的动物实验研究[J]. 食品科学, 2011, 32(13): 293-296.  
Niu GC, Zhu D, Xiao D, et al. Improving effect of dietary fiber from *Malusasiatica* pomace on defecation in mice [J]. Food Sci, 2011, 32(13): 293-296.
- [6] 胡艳丽, 陈文, 杨光. 番茄纤维润肠通便作用的研究[J]. 现代预防医学, 2007, 34(5): 804-805, 809.  
Hu YL, Chen W, Yang G. Study on the effect of tomato fiber on the laxative function [J]. Mod Prev Med, 2007, 34(5): 804-805, 809.
- [7] 陈亚非, 葛亚中, 罗琦珊. 复合膳食纤维通便作用的研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(2): 43-46.  
Chen YF, Ge YZ, Luo QS. Study on the function of defecating feces excretion of dietary fiber complex [J]. Mod Food Sci Technol, 2005, 21(2): 43-46.
- [8] 林文庭, 洪华荣. 胡萝卜渣膳食纤维的润肠通便作用[J]. 福建医科大学学报, 2008, 42(6): 522-525.  
Lin WT, Hong HR. The cathartic efficacy of dietary fiber in carrot pomace [J]. J Fujian Med Univ, 2008, 42(6): 522-525.
- [9] 赵雪, 吕晓玲, 李静, 等. 两种麦麸可溶性膳食纤维对 BALB/c 小鼠通便功能的影响[J]. 中国食品添加剂, 2016, (3): 98-102.  
Zhao X, Lv XL, Li J, et al. Laxative effects of two wheat soluble dietary fiber on BALB/c mice [J]. China Food Addit, 2016, (3): 98-102.
- [10] 余筱洁, 王允祥, 顾建明. 四种膳食纤维的通便作用研究[J]. 食品科技, 2008, 33(2): 253-255.  
Yu XJ, Wang YX, Gu JM. Laxative activity of four different dietary fibers [J]. Food Sci Technol, 2008, 33(2): 253-255.
- [11] GB 5009.88-2014 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定[S].  
GB 5009.88-2014 National food safety standard Determination of dietary fiber in foods [S].
- [12] GB 5009.3-2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].  
GB 5009.3-2010 National food safety standard Determination of moisture in foods [S].
- [13] GB 5009.4-2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].  
GB 5009.4-2010 National food safety standard Determination of ash content in foods [S].
- [14] GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009.5-2010 National food safety standard Determination of protein in foods [S].
- [15] 屠鹏飞, 李顺成, 李志新, 等. 肉苁蓉类润肠通便药效比较[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 11(1): 48-51.  
Tu PF, Li SC, Li ZX, et al. Comparison on moistening the intestines and laxation of herba *Cistanches* [J]. Nat Prod Res Dev, 1999, 11(1): 48-51.
- [16] 张百舜, 赵学文, 陈双厚, 等. 肉苁蓉分离部位通便作用的实验研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2003, 10(11): 31-32.  
Zhang BS, Zhao WX, Chen SH, et al. Laxative action of separated parts from herba *Cistanches* [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2003, 10(11): 31-32.
- [17] 张田, 魏涛, 高兆兰, 等. 野生肉苁蓉及其组织细胞培养物润肠通便、抗疲劳功能的比较研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(12): 155-156, 161.  
Zhang T, Wei T, Gao ZL, et al. Study on comparing the runchang purge and anti-fatigue effects of *Cistanche deserticola* and the tissue culture of *Cistanche deserticola* [J]. Food Sci Technol, 2009, 30(12): 155-156, 161.
- [18] 高云佳, 姜勇, 戴昉, 等. 肉苁蓉润肠通便的药效物质研究[J]. 中国现代中药, 2015, 17(4): 307-310, 314.  
Gao YJ, Jiang Y, Dai F, et al. Study on laxative constituents in *Cistanche deserticola* Y. C. Ma [J]. Mod Chin Med, 2015, 17(4): 307-310, 314.
- [19] 王丽. 高品质麦麸膳食纤维的制备及其单糖组成与性质的研究[D]. 武汉: 武汉工业学院, 2009.  
Wang L. Study on preparation of high-quality wheat bran dietary fiber and their monosaccharide compositions and properties [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2009.
- [20] 赵二芳, 王璐. 膳食纤维的保健功能及其制备研究进展[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 165-168.  
Zhao EL, Wang L. Progress on health function and preparation of dietary fiber [J]. Food Mach, 2011, 27(3): 165-168.

(责任编辑: 刘丹)

## 作者简介



王丽卫, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为天然产物的组效关系研究。  
E-mail: lwwang@ipe.ac.cn



赵兵, 博士, 研究员, 主要研究方向为生物资源与天然产物工程。  
E-mail: bzha@ipe.ac.cn