

文章编号:1001-6880(2018)Suppl-0108-06

超微粉碎对金钗石斛的结构和抗氧化活性的影响研究

吴振¹,李红^{2*},陈岗¹,罗杨¹,詹永^{1*},杨勇^{1,3},谭红军¹,黄小平¹¹重庆市中药研究院 中药健康学重庆市重点实验室,重庆 400065;²重庆市食品药品检验检测研究院,重庆 401123;³重庆市中药大健康工程技术研究中心,重庆 400065

摘要:研究了金钗石斛经超微粉碎和普通粉碎后其颗粒结构和抗氧化能力。研究发现,超微粉碎导致了金钗石斛药材大分子成分结构的改变,对细胞壁网状结构及粗纤维等成分具有破坏作用;同时其粒径较小、且分布集中。进一步采用体外还原力、清除 DPPH·、OH· 和 O₂·⁻ 等方法综合评价了金钗石斛超微粉和普通粗粉的抗氧化能力,与普通粉碎相比,超微处理使金钗石斛提取液的还原力、清除 DPPH·、OH· 和 O₂·⁻ 能力分别提高了 1.6、1.4、1.5、1.5 倍(金钗石斛提取液浓度为 60 mg/mL 时)。超微粉碎技术改变了金钗石斛的物理化学特性,破坏了其原有规则结构,提高了抗氧化能力,在医药和食品工业应用方面具有一定的潜力。

关键词:金钗石斛;超微粉碎;普通粉碎;结构;扫描电镜;抗氧化活性

中图分类号:R282.4;Q94

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.S.015

Effect of Ultramicro Pulverization on Structure and Antioxidant Activities of *Dendrobium Nobile*

WU Zhen¹, LI Hong^{2*}, CHEN Gang¹, LUO Yang¹, ZHAN Yong^{1*}, YANG Yong^{1,3}, TAN Hong-jun¹, HUANG Xiao-ping¹¹Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing Key Laboratory of Chinese Medicine & Health Science, Chongqing 400065, China;²Chongqing Institute for Food and Drug Control, Chongqing 401121, China;³Chongqing Engineering Technology Research Center of Materia Medica Health, Chongqing 402460, China

Abstract: In order to study the application value of *Dendrobium nobile*, we investigated the particle structure and antioxidant activities of ultramicro powder and common powder of *Dendrobium nobile*. It was found that the ultrastructure of *Dendrobium nobile* was changed by ultramicro pulverization, and the cell wall net-like structure and fiber components were destroyed. The particle size was small and its distribution was more concentrated. Furthermore, the reduce power, and scavenging abilities of DPPH·, OH· and O₂·⁻ were studied. The reduce power, and scavenging abilities of DPPH·, OH· and O₂·⁻ has been increased by 1.6, 1.4, 1.5, 1.5 times, respectively, compared to those extracted solution (The concentration of extracted solution: 60 mg/mL). Ultramicro pulverization has changed the physical-chemical properties of *Dendrobium nobile*, destroyed its original structure, improved its antioxidant capacities, and had a certain potential in the application of medicine and food industries.

Key words: *Dendrobium nobile*; submicron powder; common powder; structure; SEM; antioxidant activity

石斛为兰科(*Orchidaceae*)石斛属(*Dendrobium* Sw.)多种药用植物新鲜或干燥茎的总称。《神农本草经》将石斛列为上品,2015年版中国药典规定其

收稿日期:2018-06-18 接受日期:2018-09-13

基金项目:重庆市应用开发计划(重点项目)(cstc2014yykfB10012);重庆市集成示范计划(cstc2015jcsf-kjfp80014);重庆市重点产业共性关键技术创新专项(csct2017zdcy-zdyfx0013)

*通信作者 Tel: 86-23-89029009; E-mail: hong198596@163.com, zyzhanyong@126.com

药材来源为金钗石斛、鼓槌石斛或流苏石斛及同属近似种的新鲜或干燥茎^[1];传统中医常将其用于滋阴清热、生津益胃、止咳润肺、清音明目,在临床中应用相当广泛^[2,3]。金钗石斛(*Dendrobium nobile* Lindl.)又名金钗石、扁金钗、扁黄草等;《本草纲目》称它有“强阴益精、厚肠胃、补内孢不足、轻身延年”之功效,历代本草都备加推崇,素有“千金草”之称^[4,5];其富含多糖、多酚、生物碱、菲类、联苄类、芴酮类、倍半萜类、香豆素、甾体、挥发油、色素及氨基

酸等^[3,4,6]。现代药理研究表明,金钗石斛具有抗氧化、抗衰老、改善肝功能、治疗白内障、调节机体免疫力、降血糖/血脂、抗血栓、抗肿瘤、抗诱变、抗菌、促消化、抗疲劳等生理活性^[7-12]。

近年来,由于消费者养生保健意识的提高,石斛的市场需求比较大,但其生长周期长,野生植株已经由于过度采摘已经处于一种濒临灭绝的状态。因此,近年来人工栽培金钗石斛在我国主要分布于长江以南的亚热带地区,云南和贵州种植量最大^[1-3]。目前,石斛主要用于开发保健食品(口服液、口含片、饮料等)、茶叶、化妆品、医药用品等^[13];福州市中医院研制的鲜草药膳品种如鲜铁皮石斛粥、鲜石斛人参茶已广泛用于肿瘤术后放化疗辅助治疗及提高免疫力;传统有直接咀嚼新鲜石斛用于清咽及消炎;在部分偏远地区,也有将石斛叶作为蔬菜食用或作为凉拌菜;目前,金钗石斛鲜条榨汁也颇为流行。近年来,国内外对金钗石斛组织培养、栽培、鉴别、质量控制、化学成分、生理作用、应用等方面进行了大量深入研究,已成为当前医药和保健食品领域研究与开发的热点^[13,14]。新鲜金钗石斛在加工过程中由于失去外层木质素及胶质层的保护而容易氧化变色,限制了新鲜金钗石斛的直接加工食用;并且常规粉碎无法破坏石斛的较厚外层纤维,加工利用程度低,同时其生物利用率更低;传统石斛类保健食品均采用石斛提取物或浸膏,但是我们实验室研究发现,石斛超微粉(全粉)对二甲苯致 KM 小鼠耳肿胀具有非常好的抗炎作用。本文通过对金钗石斛超微粉的结构和抗氧化能力进行分析,以期为石斛类保健食品的开发和深度开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜金钗石斛:重庆市妙坤生物科技有限责任公司提供。

1,1-二苯基-2-苦基苯肼(DPPH)美国 Sigma-Aldrich 公司;其它化学试剂均为国产分析纯;所用水为双蒸水,所用溶液均自行配制。

DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱、DK-8D 三孔电热恒温水槽 上海齐欣科学仪器有限公司;UV-2450 紫外可见分光光度计 日本岛津公司;GX-04 多功能粉碎机 上海远翔食品机械有限公司;WZJ6 型高频振动式超微粉碎机 济南倍力粉技术工程有限公司;Mastersizer 2000 激光粒度仪 英国马尔文

malvern 仪器有限公司;Spectrum GX 傅里叶变换红外光谱仪 Perkin Elmer 公司;ALPAAI-4LSC 中红外 DTGS 检测器 美国 Christ 公司;CP-224S 电子天平:德国赛多利斯。

1.2 方法

1.2.1 超微粉碎和普通粉碎金钗石斛

将原料清洗、去除杂质、分切至 5 cm;杀青后进行干燥(干燥时间 24 h,55 °C);中药粉碎机或超微粉碎,过 60 目筛。超微粉碎时间为 20 min。具体如图 1 所示。

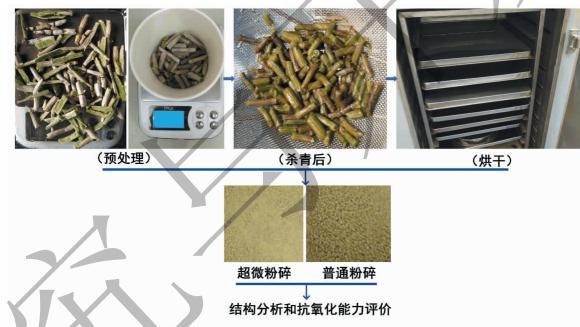


图 1 试验设计思路

Fig. 1 The design-test approach

1.2.2 金钗石斛粉末提取液的制备

准确称取金钗石斛超微粉(SP)、普通粗粉(CP)各 10.00 g,分别加入去离子水 50 mL,混合均匀后置于 50 °C 水浴中超声波提取 2 h,过滤,滤渣用同样的方法提取 1 h,混合 2 次滤液并蒸发浓缩,离心后定容至 100 mL,即得到 100 mg/mL 的样品提取液(分别定义为 SPEs 和 CPEs),放置冰箱备用。

1.2.3 金钗石斛超微粉和普通粗粉中还原糖含量的测定

按照高锰酸钾滴定法测定样品粉末中还原糖含量(GB 5009.7-2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定)。

1.2.4 FT-IR 分析方法

傅立叶变换中红外光谱(FT-IR)采用溴化钾压片法。准确取 0.30 g 溴化钾(色谱纯)和 0.03 g 样品粉末混匀后进行压片;条件为压力 27 MPa,时间 1 min。检测条件:DTGS 检测器,光谱分辨率 4 cm⁻¹,扫描范围 4 000 ~ 450 cm⁻¹。采用 Perkin Elmer 傅立叶变换中红外光谱仪自带的操作软件采集及处理红外图谱。

1.2.5 扫描电镜(SEM)分析方法

用戊二醛将待测样品进行固定,再用离子溅射仪对样品表面进行镀金,将其置于扫描电镜下观测

形态,加速电压为 10 kV。

1.2.6 粒径分析方法

采用 Mastersizer 2000 激光粒度仪分别对金钗石斛超微粉和普通粗粉样品进行粒度测定。

1.2.7 金钗石斛超微粉碎和普通粉碎对其抗氧化活性的影响分析方法

1.2.7.1 还原能力的测定

按照 Wu 等报道的方法^[15]并略有修改。在 10 mL 具塞比色管中分别加入以下溶液:磷酸盐缓冲溶液 2.50 mL(浓度 0.2 mol/L, pH6.6)、不同浓度的系列金钗石斛粉末样品提取物溶液(10, 20, 30, 40, 50 mg/mL, 均为金钗石斛的浓度, 下同)0.50 mL 和铁氰化钾溶液 2.0 mL(质量分数为 1.0%), 50 °C 处理 20 min 后迅速冷却, 加入三氯乙酸溶液 2.0 mL(质量分数为 10%), 将混合物 5 000 rpm 离心 10 min 后取上清液 2.0 mL, 加入 2.0 mL 蒸馏水三氯化铁 0.40 mL(质量分数为 0.1%), 混匀后室温放置 10 min, 于波长 700 nm 处测定吸光度 A_{700} 。

1.2.7.2 清除 DPPH 自由基(DPPH·)的测定

按照 Liu 等^[16]方法并略有修改, 将不同浓度(10~50 mg/mL)的样品提取物溶液 3.0 mL 与 DPPH·溶液 1.0 mL(95% 乙醇中配置, 浓度为 10^{-4} mol/L)混匀后 30 s, 于波长 517 nm 处测定吸光度 A_i , 同时, 将 DPPH·溶液 1.0 mL 与样品空白 3.0 mL 混匀后测定吸光度 A_c , 将不同浓度的样品提取物溶液 3.0 mL 与 95% 乙醇溶液 1.0 mL 混匀后测定吸光度 A_j , 按式(1)计算 DPPH·自由基清除率:

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除率}(\%) = [1 - (A_i - A_j)/A_c] \times 100 \quad (1)$$

1.2.7.3 清除羟基自由基(OH·)的测定

按照 Wang 等^[17]方法并略有修改。取邻二氮菲的乙醇溶液($5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)0.6 mL、磷酸盐缓冲溶液(0.15 mol/L, pH7.4)0.4 mL 和硫酸亚铁($0.75 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)0.6 mL, 加入待测样品提取物溶液(10~50 mg/mL)2.0 mL 并混匀, 再加入双氧水(0.1%, v/v)0.4 mL 并混匀, 37 °C 条件下处理 60 min, 在波长为 536 nm 测其吸光度(A_i); 以蒸馏水代替样品和双氧水溶液重复上述试验, 测其吸光度(A_c); 以蒸馏水代替样品重复以上试验, 测得吸光度(A_j)。按式(2)计算 OH·清除率:

$$\text{OH} \cdot \text{清除率}(\%) = [(A_i - A_j)/(A_c - A_j)] \times 100 \quad (2)$$

1.2.7.4 清除超氧阴离子自由基(O_2^-)的测定

参照 Jiang 等^[18]的方法并略有修改, 在 10 mL 具塞比色管加入以下溶液并混匀: 磷酸盐缓冲溶液

(0.1 mol/L, pH8.2)2.5 mL、不同浓度的样品提取物溶液(10~50 mg/mL)4 mL, 在 25 °C 条件下加入邻苯三酚溶液(6.0 mmol/L, 25 °C 水浴预热)2.5 mL, 采用 0.5 mL 的浓盐酸终止反应, 迅速在波长为 299 nm 测定吸光度 A_i , 以蒸馏水代替邻苯三酚溶液测定吸光度 A_j , 以蒸馏水代替样品溶液测定吸光度 A_0 , 按下式计算 O_2^- 清除率:

$$\text{O}_2^- \text{ 清除率}(\%) = [(A_0 - (A_i - A_j)/A_0)] \times 100 \quad (3)$$

1.2.8 数据统计分析

采用 SPSS 15 数据处理软件, 各组数据结果均以平均值 $\pm \text{SD}$ ($n = 3$) 表示, 并进行方差分析, LSD 法多重比较, $P < 0.05$ 为差异具有显著性。

2 结果与分析

2.1 超微粉碎和普通粉碎对金钗石斛的颗粒结构、微观形态和还原糖含量的影响

从 FT-IR(图 2)可以看出, 超微粉与普通粗粉的 FT-IR 图谱非常相似, 表明超微粉碎对金钗石斛中各组分主要官能团及活性成分的结构影响不大; 但在 3400 cm^{-1} 处超微粉的羟基峰增强, 说明金钗石斛超微粉中羟基所形成的氢键作用增强。金钗石斛经过超微粉碎后, 样品的 2360 cm^{-1} 和 1029 cm^{-1} 的吸收峰明显增强, 说明某些多糖类特征吸收峰增强, 可能是由于纤维素、半纤维素、木质素等大分子受到剧烈机械力作用, 发生分子链断裂现象, 分子聚合度有减小趋势, 更多葡萄糖苷键、氢键等基团暴露。测定发现, 金钗石斛超微粉与普通粗粉的还原糖含量分别为 3.20% 和 5.11%, 这与以上分析一致。

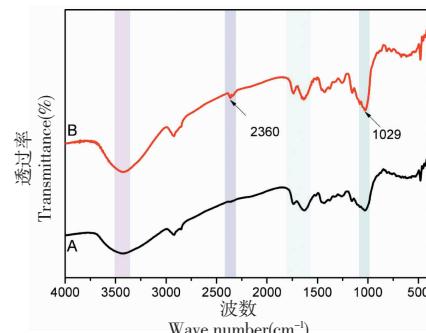


图 2 普通粉碎(A)与超微粉碎(B)金钗石斛粉末的 FT-IR 图谱

Fig. 2 The FT-IR of submicron powder and common powder of *Dendrobium nobile*

分别取超微粉、普通粗粉各少许于离子溅射装置中, 镀金后扫描电镜观察外观形状特征, 结果见图

3。金钗石斛粗粉形状各异,粒径较大,表面较粗糙,孔沟粗,形状为不规则长条形,清晰可见其结构组织。而金钗石斛超微粉粒径较小,形状多为圆锥形或束形,纤维单个散在或数个成束;经过超微粉碎后,其原长条形结构部分被切断。

由图4可知,经过普通粉碎的金钗石斛颗粒分布范围较广,粒径分布集中在0.5~10 000 nm,经过超微粉碎的金钗石斛颗粒粒径分布主要集中在100

~150 nm。可见,经过超微粉碎后,其粒径分布区域变窄。而对于颗粒粒径来说,分布区域越窄,则颗粒的理化性质越接近。国内外研究发现,超微粉碎通过剪切力改变了物料大小,未有效改变膳食纤维的结晶结构,只是改变纤维的颗粒大小^[19,20]。尽管如此,经超微粉碎后,粒径减小,同时粉碎过程中纤维等大分子长链发生断裂,使得羧基、羟基等基团充分暴露出来,从而极大改善其物化特性。

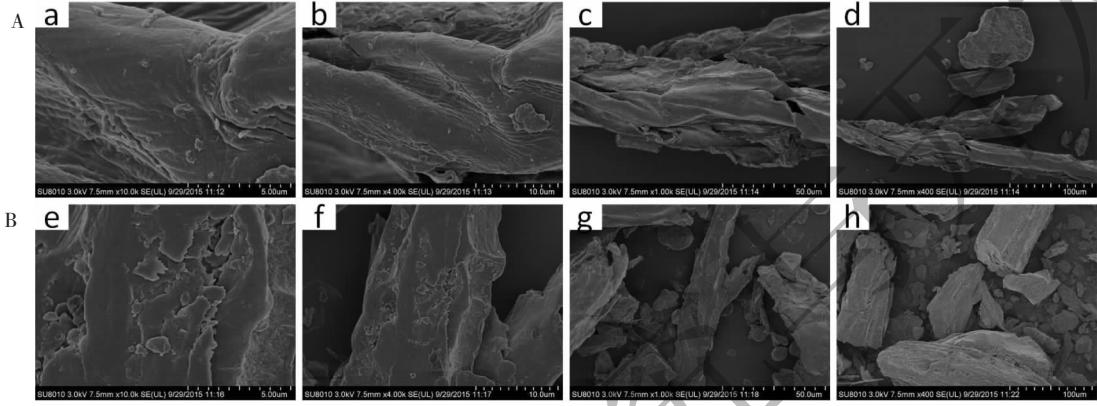


图3 普通粉碎(A)与超微粉碎(B)金钗石斛的SEM(a,e:5 μm;b,f:10 μm;c,g:50 μm;d,h:100 μm;)

Fig. 3 SEM of submicron powder and common powder of *Dendrobium nobile*

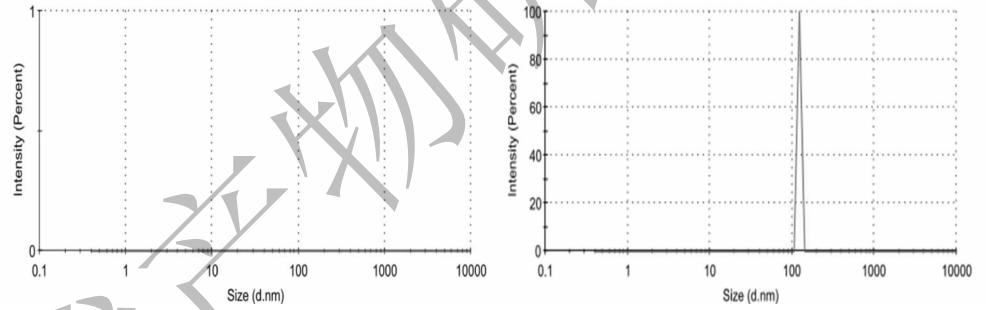


图4 普通粗碎(A)与超微粉碎(B)对金钗石斛粉末粒径的影响

Fig. 4 The influence of submicron powder and common powder of *Dendrobium nobile* on size

2.2 超微粉碎和普通粉碎对金钗石斛的抗氧化活性的影响

金钗石斛超微粉和普通粗粉的体外还原力、清除DPPH·、OH·和O₂^{·-}的能力对比如图5所示。还原能力是抗氧化活力的一个重要指标,A₇₀₀越大还原力越大,抗氧化能力越强^[21]。超微粉A₇₀₀大于普通粗粉,并且随着浓度增加,超微粉A₇₀₀增加更快。金钗石斛超微粉清除DPPH·、OH·和O₂^{·-}的能力大于普通粗粉,并呈现剂量效应关系。此外,与清除DPPH·和OH·的能力相比,金钗石斛超微粉清除O₂^{·-}的能力略低。

本研究发现,金钗石斛两种粉碎方式所的粉末提取液均具有较好的抗氧化活性,但超微粉作用效果显著高于直接粉碎,原因可能是超微粉碎破坏了金钗石斛外保护层(即由角质层、木质素、细胞壁等所形成的多维网状结构),造成更多的可溶性成分溶出;同时在超微粉碎过程中,强作用力使得纤维、淀粉以及多糖等生物大分子物质长链断裂,细小的粉体对水分束缚变小,进而暴露更多的功能基团;此外,提高了可溶性的抗氧化成分,具有较高的生物利用率。这基本与SEM和粒径试验结果一致,SEM和粒径试验也证实了超微粉碎对金钗石斛颗粒结构的破坏作用。研究发现,加工方式(如温度、不同干燥

方式、粉碎方式等)均对石斛的理化特性及其应用价值产生巨大影响^[22-24]。通过对比超微粉碎和普通粉碎对金钗石斛颗粒结构和提取液抗氧化活性,揭示了金钗石斛超微粉直接作为一种保健食品原料的优势。传统采用浸膏或者高温处理均对金钗石斛

中的活性成分有一定的损坏作用,而金钗石斛超微全过程均采用低温处理,有效保持了热敏性成分及易氧化多酚的含量。金钗石斛超微粉具有广泛的药用价值、食用价值。

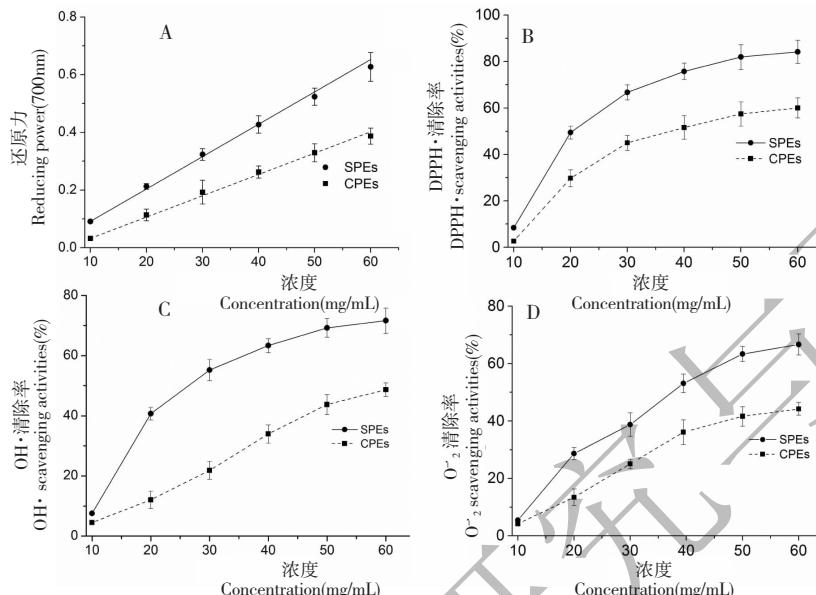


图 5 超微粉碎和普通粉碎对金钗石斛的还原力(A)和清除 DPPH·(B)、OH·(C)、O₂^{·-}(D)的影响

Fig. 5 The influence of submicron powder and common powder of *Dendrobium nobile* on its reducing power (A), DPPH· (B), OH· (C) and O₂^{·-} (D) scavenging activities

3 结论

本研究采用 FT-IR、SEM 和粒径分析等方法分析了超微粉碎对金钗石斛的颗粒特性的影响,揭示了超微粉碎对金钗石斛全粉的影响;同时采用体外还原力、清除 DPPH·、OH· 和 O₂^{·-} 的能力,综合评价了金钗石斛全粉的抗氧化效果,对于金钗石斛的综合利用和产品开发具有指导意义。目前金钗石斛的研究仍侧重于化学成分与药理作用的研究,将来研究的重点可能为作用机制的明确和一些保健品的研发。因此,金钗石斛直接超微粉碎作为一种营养补充剂,具有较好的应用前景。

参考文献

- 1 Han RC(韩荣春), Zhao J(赵晶), Zhang W(张威), et al. Advances in molecular biology of *Dendrobium* [J]. *Chin Med Mat* (中药材), 2017, 40: 997-1001.
- 2 Song GQ(宋广青), Liu XM(刘新民), Wang Q(王琼), et al. Research progress on pharmacological activities of medicinal plants from *Dendrobium* Sw. [J]. *Chin Herb Med* (中草药), 2014, 45: 2576-2580.

药), 2014, 45: 2576-2580.

- 3 Jiang YL(蒋玉兰), Luo JP(罗建平). Advances on pharmacological activities and chemical structures of polysaccharides from medicinal *Dendrobium* species [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res* (时珍国医国药), 2011, 22: 2986-2988.
- 4 Zhang XM(张晓敏), Sun ZR(孙志蓉), Chen L(陈龙), et al. Advances of studies on chemical constituents and pharmacological effect of *Dendrobium Nobile* [J]. *Chin J Modern App Pharm* (中国现代应用药学), 2014, 31: 895-899.
- 5 Liu L(刘莉), Li ZM(李智敏), Li WY(李晚谊). Current status in studies of *Dendrobium nobile* Lindl [J]. *J Yunnan Univ; Nat Sci Ed* (云南大学学报: 自科版), 2009, 31 (S1): 509-513.
- 6 Zhou XM, Zheng CJ, Wu JT, et al. Five new lactone derivatives from the stems of *Dendrobium nobile* [J]. *Fitoterapia*, 2016, 115: 96-100.
- 7 Chen JW(陈建伟), Ma H(马虎), Huang XN(黄燮南), et al. Improvement of *Dendrobium nobile* Lindl. alkaloids on cognitive deficit in rats induced by lipopolysaccharides [J]. *Chin J Pharm Toxicol* (中国药理学与毒理学杂志), 2008, 22: 406-411.

- 8 Liaing JS(梁钧淞), Deng YC(邓业成), Yu GC(玉桂成), et al. Anti-fatigue effects of polysaccharides derived from *Dendrobium nobile* Lindl. in mice [J]. *Food Sci*(食品科学), 2012, 33: 282-288.
- 9 Zhang Y, Wang H, Mei, N, et al. Protective effects of polysaccharide from *Dendrobium nobile* against ethanol-induced gastric damage in rats[J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 107: 230-235.
- 10 Wang JH(王军辉). Studies on structures and anti-cataract activities of polysaccharides of *Dendrobium nobile* Lindl[D]. Hefei: HeFei University of Technology(合肥工业大学), 2011.
- 11 He L(和磊), Luo J(罗婧), Wang YY(王亚芸), et al. Fat-soluble alkaloids extracted from *Dendrobium Nobile* Lindl induced apoptosis of human colorectal cancer HT-29 cells[J]. *Sci Techy Food Ind*(食品工业科技), 2017, 38: 170-174 + 191.
- 12 Luo A, He X, Zhou S, et al. In vitro antioxidant activities of a water-soluble polysaccharide derived from *Dendrobium nobile* Lindl. *Extracts*[J]. *Int J Biol Macromol*, 2009, 45: 359-363.
- 13 Gu FL(谷仿丽), Jiang XP(姜雪萍), Chen YJ(陈艳君), et al. Study on moisture-absorption_retention capacity and skin irritation of polysaccharide from *Dendrobium huoshanense*[J/OL]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2018.
- 14 Ng TB, Liu J, Wong JH, et al. Review of research on *Dendrobium*, a prized folk medicine[J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2012, 93: 1795-1803.
- 15 Wu HC, Chen HM, Shiau CY. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel(*Scomber austriasicus*) [J]. *Food Res Int*, 2003, 36: 949-957
- 16 Liu L, Sun Y, Laura T, et al. Determination of polyphenolic content and antioxidant activity of kudingcha made from *Ilex kudingcha* C. J. Tseng[J]. *Food Chem*, 2009, 112: 35-41.
- 17 Wang HY, Jiang XL, Mu HJ. Structure and protective effect of exopolysaccharide from *P. Agglomerans* strain KFS-9 against UV radiation[J]. *Microbioll Res*, 2007, 162: 124-129.
- 18 Jiang B, Zhang H, Liu C, et al. Extraction of water-soluble polysaccharide and the antioxidant activity from *Ginkgo biloba* leaves[J]. *Med Chem Res*, 2010, 19, 262-270.
- 19 Liu CM(刘成梅), Liu W(刘伟), Lin XY(林向阳), et al. Particle size distribution analysis of particle in microfluidizer treated dietary fiber[J]. *Food Sci*(食品科学), 2004, 25 (1): 52-55.
- 20 Huang S(黄晟), Zhu KX(朱科学), Qian HF(钱海峰), et al. Effects of ultrafine comminution and freeze-grinding on physico-chemical properties of dietary fiber prepared from wheat bran[J]. *Food Sci*(食品科学), 2009, 30 (15): 40-44.
- 21 Zhang DH(张德华), Deng H(邓辉), Qiao DL(乔德亮). Research progress on experimental methods on testing *in vitro* antioxidant activity of plant polysaccharides[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2015, 27 (04): 747-751.
- 22 Zhang EZ(张娥珍), Xing M(辛明), Su YZ(苏燕竹), et al. Antioxidant effect of *Dendrobium candidum* *in vitro* experiments[J]. *Food Sci Technol*(食品科技), 2014, 39 (1): 84-88.
- 23 Zhou W(周伟), Li BS(李汴生), Ruan Z(阮征), et al. Effects of different drying methods on drying properties and quality of *Dendrobium officinale*[J]. *Food Fermentation Ind*(食品与发酵工业), 2016, 42: 135-139.
- 24 Liu CL(刘春连). Research and product development of nutrition and health function of *Dendrobium candidum*[J]. *Food Eng*(食品工程), 2014, 2: 19.

(上接第 205 页)

- 16 Han WX(韩文霞), Li WZ(李伟泽), Wang XJ(汪兴军), et al. Preparation and characterization of sinomenine hydrochloride nanomaterials flexible liposomes [J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*(中草药), 2011, 42: 671-675.
- 17 Xu YY(徐艳艳), Yang JY(杨君燕), Hu JR(胡洁茹), et al. Preparation of flexible nano liposomes and its drug delivery efficiency in the brain[J]. *Chin J Mod Appl Pharm*(中

- 国现代应用药学), 2014, 31: 1082-1086.
- 18 Nihad C, Shen Y(沈雁), Tu JS(涂家生). Optimization of oxaliplatin long circulating liposomes by Taguchi orthogonal design[J]. *J Pharma Res*(药学研究), 2014, 33: 187-191 + 195.
- 19 Li SS(李莎莎). Preparation and in vitro release of tranexamatic acid flexible nanoscale liposome gel[D]. Xi'an: Northwestern University(西北大学), 2014.