

五味子废渣中多糖的分离及体外抗氧化活性

汪艳群, 孟宪军*, 刘丽, 李斌, 张琦, 孙希云

(沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 为了充分利用提取木脂素后的五味子废渣,提高其附加值,采用水提醇沉法提取五味子粗多糖,经聚酰胺柱层析及 Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析对其进行纯化,将得到的级分 SCP-0 采用 Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析法及凝胶渗透色谱法进行纯度鉴定;然后对 SCP-0 进行体外清除自由基活性测定。结果显示,其对 $\cdot\text{OH}$ 具有较好的清除效果, IC_{50} 为 14.5 mg/mL;对 DPPH $\cdot$ 具有较好的清除效果, IC_{50} 为 2.1 mg/mL;但对 $\cdot\text{O}_2^-$ 无明显清除效果;具有一定的抗油脂氧化能力,在低自由基浓度水平下效果更明显。

关键词: 五味子;多糖;分离;自由基;抗氧化

中图分类号: TS 201.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)02—0163—06

Separation and Antioxidant Properties in Vitro of Polysaccharide from *Schisandra chinensis* Fruits Wastes

WANG Yan-qun, MENG Xian-jun*, LIU Li, LI Bin, ZHANG Qi, SUN Xi-yun

(College of Food Sciences, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: The aim of this study is to find a way to reuse *Schisandra chinensis* fruits wastes after lignans extraction. Polysaccharide tabled as SCP-0 was separated by hot-water extraction and ethanol precipitation, and then purified by polyamide column chromatography and Sephacryl S-300 HR column chromatography. After purity identification, the antioxidant activities of SCP-0 were investigated and the results showed a noticeable scavenging activity against hydroxyl radical and DPPH with IC_{50} of 14.5 mg/mL and 2.1 mg/mL respectively. However, superoxide anion scavenging activity of SCP-0 was hardly observed and certain ability of restraint on lard oxidation was observed.

Keywords: *Schisandra chinensis*, polysaccharide, separation, radicals, antioxidant

氧化是一个重要的生化过程,正常的细胞功能需要一定浓度的自由基,但过量的自由基会损坏细

胞中的脂质、蛋白质和 DNA;自由基与许多疾病有关,如癌症、风湿性关节炎、动脉粥样硬化,并导致

收稿日期: 2012-04-05

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科技专项经费资助项目(201103037)。

作者简介: 汪艳群(1980—),女,湖南新宁人,工学博士,讲师,主要从事小浆果及天然产物方面研究。E-mail: syauwyq@163.com

* 通讯作者: 孟宪军(1961—),男,内蒙古赤峰人,工学博士,教授,博士研究生导师,主要从事小浆果及天然产物方面研究。

E-mail: mengxjsy@126.com

衰老^[1-3]。虽然机体有对抗氧化损伤的防御和修复系统,但却不能彻底阻止氧化损伤^[4]。由于人工合成的抗氧化剂,如 BHA、BHT、PG、TBHQ 等会造成肝损伤并有致癌作用^[5],因此开发天然有效的抗氧化剂变得很有必要。五味子 (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.), 木兰科多年生落叶藤本。五味子可食用也可药用,常作为方剂用于治疗 and 预防各种疾病,可用于生产药品、保健品、化妆美容品和多种饮品、食品添加剂等。早期对五味子的研究大多集中在其脂溶性成分上,20 世纪 90 年代以来,许多学者从五味子水提液中分离得到了多糖,发现其具有保肝、抗疲劳、增强免疫系统功能、降血糖、降血脂等多种生理功能^[6-10]。作者利用提取过五味子脂溶性成分后的残渣提取多糖,不仅可对副产物进行综合利用,并在多糖分离纯化中还可省去脱脂步骤;分离纯化后对多糖抗油脂氧化能力及对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和超氧阴离子自由基($\cdot\text{O}_2^-$)、DPPH $\cdot$ 自由基的清除能力进行了测试,以评价其抗氧化活性。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

五味子残渣:实验室提取五味子木脂素后残渣;猪油:市售新鲜猪板油,文火熬制,过滤后备用;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH $\cdot$):分析纯, Sigma 公司;Sephacryl S-300 HR:瑞典 Pharmacia 公司;聚酰胺(100~130 目)、抗坏血酸、邻苯三酚、三羟甲基氨基甲烷、邻二氮菲、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)等:均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司。

7200 型可见分光光度计:尤尼柯(上海)有限公司;BSZ-100 自动部分收集器:上海沪西分析仪器厂;紫外可见分光光度计:上海分析仪器厂;LC-10A 型高效液相色谱仪:日本岛津公司。

1.2 方法

1.2.1 提取方法 干燥后的五味子残渣,过 40 目筛,以料液比 1:40,90 ℃水浴浸提 5 h,离心后收集上清液,采用酶法与三氯乙酸-正丁醇法结合除蛋白,蛋白酶用量为 1%、酶解温度为 50 ℃、酶解时间为 140 min、pH 值 5,酶解后离心得上清液,再用三氯乙酸-正丁醇法处理 4 次,每次处理均离心去除沉淀,最后将上清液透析,旋转蒸发浓缩,用 4 倍体积的无水乙醇(乙醇终体积分数为 80%)醇析 5 h,

收集沉淀即为五味子粗多糖。

1.2.2 五味子多糖的纯化 五味子粗多糖用聚酰胺柱层析进行脱色和分离,再经 Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析得到均一组分 SCP-0。将 SCP-0 经紫外光谱、Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析法及凝胶渗透色谱法(GPC)进行纯度鉴定。

1.2.3 抗氧化活性研究

1) 对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力的测定:以 VC 为参照物,试验参考 Liu 等人^[11]的方法,略作调整。取 1.5 mmol/L 邻二氮菲溶液 1.0 mL,加 0.2 mol/L 磷酸盐缓冲溶液 (pH 7.4) 2.0 mL,充分混匀后,加 1.5 mmol/L 硫酸亚铁溶液 1.0 mL,加入样品溶液 1.0 mL,每加一管立即混匀,加 0.01% H_2O_2 溶液 1.0 mL。整个反应体系共 6 mL 体积。反应在 37 ℃恒温水浴中进行,准确反应 1 h 后,在 536 nm 波长处测定吸光度。损伤组(A_1)中用 1.0 mL 去离子水代替样品溶液;未损伤组(A_0)中用 2.0 mL 去离子水代替样品溶液和 H_2O_2 溶液。按下式计算样品对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率。

$$\text{清除率} = \frac{A_0 - A_1}{A_0 - A_1}$$

式中: A_x 为样品组吸光度; A_0 为未损伤组吸光度; A_1 为损伤组吸光度。

2) 对超氧阴离子自由基($\cdot\text{O}_2^-$)清除能力的测定:采用改良的邻苯三酚自氧化法^[12],用 10 mmol/L 盐酸溶解邻苯三酚,制得 30 mmol/L 的溶液。取 50 mmol/mL 的 Tris-盐酸缓冲溶液 (pH 8.0) 2.99 mL 于试管中,加入 0.01 mL 上述邻苯三酚溶液(同时按秒计时),立即搅拌混匀,倒入 1 cm 光径比色杯中,在 325 nm 处测吸光度,1 min 后开始计数据,每隔 30 s 记一次,一直记到 4 min。按照下式计算邻苯三酚自氧化速率(I_0),要求 I_0 达到 0.07 min^{-1} ,若达不到此速率可通过调整邻苯三酚的浓度来达到。空白管以 10 mmol/mL 盐酸 0.01 mL 代替邻苯三酚。

$$I_0 = \frac{A_4 - A_1}{3}$$

式中: A_1 为第 1 分钟吸光度; A_4 为第 4 min 吸光度。

样品活性测定:样品管代替自氧化管,取 50 mmol/mL 的 Tris-盐酸缓冲溶液 (pH 8.0) 2.98 mL,加入 0.01 mL 的样品溶液,再加入 0.01 mL、30 mmol/mL 的邻苯三酚,其余步骤同邻苯三酚自氧化速率的测定。为消除色素影响,在空白管中加入和样品管等量样品液,邻苯三酚用 10 mmol/mL 盐酸 0.01 mL

代替。计算加样后邻苯三酚自氧化速率(I_X),算出对 $\cdot O^2$ 的清除率。试验以 VC 为参照物。

$$\text{清除率} = \frac{I_0 - I_X}{I_0}$$

3)对 DPPH 自由基(DPPH $\cdot$)清除能力的测定:参照 Lu 等人^[13]的方法,试验设样品组和 2 个对照组。在 2 mL 的 DPPH $\cdot$ 醇溶液中加入 2 mL 样品溶液,混匀后避光反应 30 min,立即在 517 nm 波长处测定吸光度 A_X 。对照组 A_1 中用 2 mL 去离子水代替样品溶液,对照组 A_2 中用 2 mL 无水乙醇代替 2 mL DPPH $\cdot$ 醇溶液。按下式计算样品对 DPPH $\cdot$ 自由基的清除率。试验以 VC 为参照物。

$$\text{清除率} = \frac{A_1 - (A_X - A_2)}{A_1}$$

式中: A_1 为无样品组吸光度; A_2 为无 DPPH $\cdot$ 组吸光度; A_X 为样品组吸光度。

4)抗猪油氧化能力的测定:参考李颖畅^[14]的方法,准确称取一定质量分数(0.25%、0.5%、1%)多糖及 0.25%叔丁基对苯二酚(TBHQ),分别加入到 50 g 猪油中,剧烈搅拌均匀。同时以不加添加物的油脂作空白。将所有样品放置于烘箱中,用烘箱高温诱导猪油发生过氧化反应,在 60~70 °C 下加速氧化。每隔 2 小时搅拌 1 次,并交换其在烘箱中的位置。每 2 天取出,按照 GB5538-2005 碘量法测定过氧化值(POV),以 POV 大小表示油脂的氧化进度,进而衡量抗氧化剂的活性。

2 结果与分析

2.1 纯化及纯度鉴定

2.1.1 聚酰胺柱层析 五味子多糖经过聚酰胺柱层析后得到 3 个组分,依次为 SCP-A、SCP-B 和 SCP-C,见图 1。分别称质量,并与上样量(1 g)比较,得到各组分所占比例见表 1。

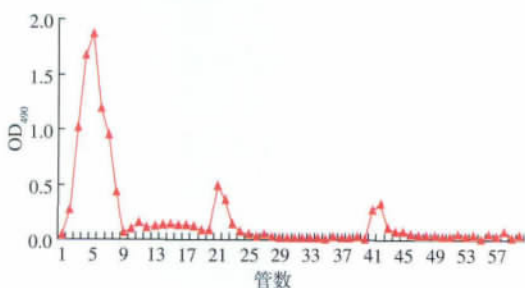


图 1 五味子多糖的聚酰胺柱层析洗脱曲线
Fig. 1 Elution curve of SCP on polyamide column

表 1 五味子多糖的聚酰胺柱层析结果

Table 1 Elution results of *Schisandra chinensis* polysaccharide on PV

指标	五味子多糖 SCP-A	五味子多糖 SCP-B	五味子多糖 SCP-C
质量/g	0.673 0	0.024 2	0.013 5
质量分数/%	67.3	2.42	1.35

由于 SCP-A 的质量分数较大,占总量的 67.3%,为五味子多糖的主要组成,SCP-B 和 SCP-C 的含量很少,不方便大量收集,所以本试验只收集 SCP-A,对其进行后续纯化处理,SCP-B 和 SCP-C 暂不研究。

2.1.2 Sephacryl S-300 HR 柱层析 SCP-A 经 Sephacryl S-300 柱层析后分离得到 1 个洗脱峰,见图 2。收集该峰组分,浓缩,自来水流动透析 3 d,蒸馏水透析 3 d(每 3~4 小时换一次蒸馏水),冷冻干燥,得白色蓬松粉末,命名为 SCP-0,进行纯度鉴定。

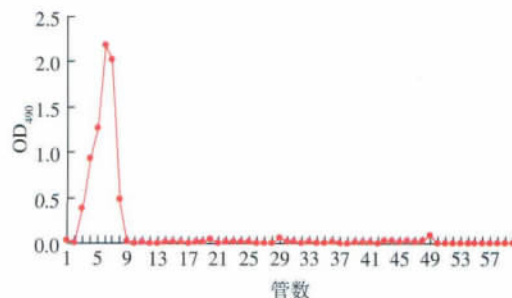


图 2 SCP-A 的 Sephacryl S-300 HR 柱层析洗脱曲线
Fig. 2 Elution curve of SCP-A on Sephacryl S-300 HR column

2.1.3 五味子多糖 SCP-0 的纯度鉴定

1)全波段光谱扫描:由全波段扫描光谱图 3 可见,SCP-0 在 260、280 nm 处无吸收,表明它不含蛋白质、多肽及核酸。

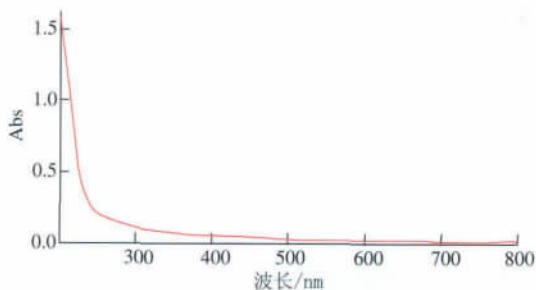


图 3 SCP-0 的全波段扫描光谱
Fig. 3 Full wavelength scanning spectrum of SCP-0

2)Sephacryl S-300 HR 凝胶过滤法: 由图 4 可见,SCP-0 的 Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析的洗脱曲线为单一洗脱峰,且峰形较为对称,结合紫外吸收光谱的结果,判断其可能为均一组分。

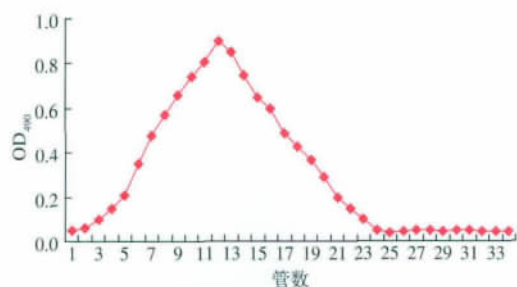


图 4 SCP-0 的 Sephacryl S-300 HR 凝胶层析洗脱曲线
Fig. 4 Elution pattern of SCP-0 on Sephacryl S-300 HR

3)凝胶渗透色谱法(GPC):SCP-0 的凝胶色谱检验结果见图 5。有两个组分峰,第一个峰为其主要组分,占 SCP-0 样品的 94.1%,该组分峰形陡峭尖锐,对称性好,说明其分子均一性好,纯度高。对于多糖这样的高分子聚合物而言,通常所说的多糖纯品实质上是一定相对分子质量范围内的均一组分;纯度只代表某一相似链长的平均配布,即均一组分所占比例。SCP-0 中另一杂峰面积很小,说明 SCP-0 为纯度较高的多糖,该纯度已可满足活性分析测定的要求,可用于抗氧化活性的测定分析。

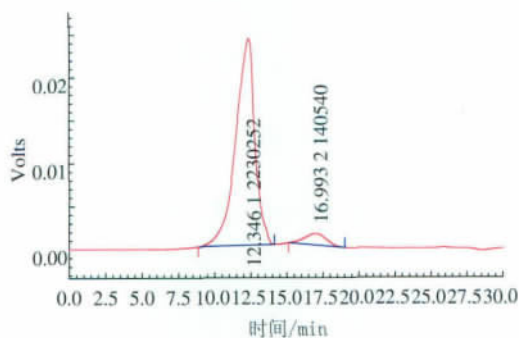


图 5 五味子多糖 SCP-0 的 GPC 色谱图

Fig. 5 Gel permeation chromatogram of sample SCP-0

2.2 抗氧化活性测定

2.2.1 对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力的测定 羟自由基可以轻易穿过细胞膜,与碳水化合物、蛋白质、脂质和 DNA 等细胞内的生物大分子起化学反应,造成组织损伤或细胞死亡^[15]。因此,清除羟自由基对生物系统很重要。从图 6 可以看出,在试验浓度范围内,五味子多糖 SCP-0 表现出明显的羟自由基清

除能力,并且随着质量浓度的增加,自由基清除率提高,表现出明显的剂量依赖性;SCP-0 比对照样品 VC 的羟自由基清除能力强($p < 0.05$),其 IC_{50} 为 14.5 mg/mL。以上结果说明:五味子多糖 SCP-0 具有较好的羟自由基清除能力。

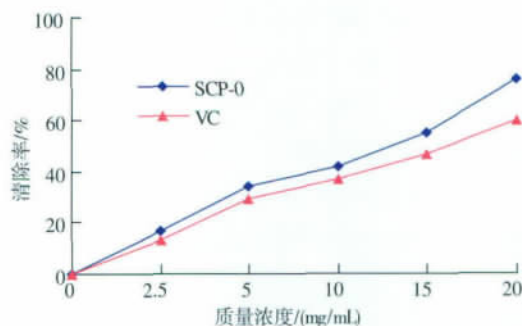


图 6 五味子多糖 SCP-0 对羟自由基的清除能力

Fig. 6 Hydroxyl radical scavenging activity of SCP-0

2.2.2 对超氧阴离子自由基($\cdot\text{O}_2^-$)清除能力的测定 试验中,超氧阴离子由邻苯三酚自氧化产生,VC 为对照品。样品对超氧阴离子的清除作用见图 7。从图 7 可看出,五味子多糖 SCP-0 对超氧阴离子几乎没有清除作用。这个结果与对蓝莓多糖^[12]和地木耳多糖^[16]抗氧化活性研究的结果相似。

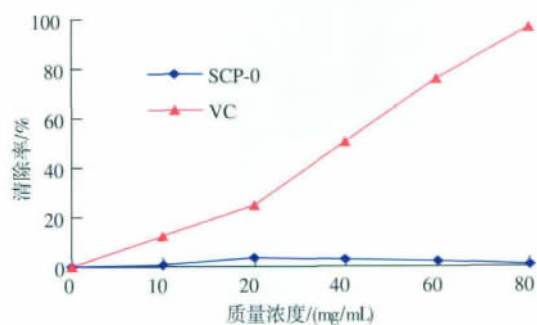


图 7 五味子多糖 SCP-0 对超氧阴离子自由基的清除能力

Fig. 7 Superoxide radical scavenging activity of SCP-0

2.2.3 对 DPPH 自由基($\text{DPPH}\cdot$)清除能力的测定 抗氧化剂通过转移传递电子或氢原子给 DPPH 来中和其自由基,因此,对 DPPH 自由基的清除效果可以反映抗氧化剂的供氢能力。从图 8 可以看出,SCP-0 对 DPPH 自由基的清除效果与其质量浓度紧密相关。SCP-0 表现出了很强的 DPPH 自由基清除能力,其 IC_{50} 为 2.1 mg/mL,但仍不如对照样品 VC 强。抗氧化剂对 DPPH 自由基的清除作用被认为与其供氢能力有关,因此,以上结果提示五味子多糖

SCP-0 可能具有较强的供氢能力。

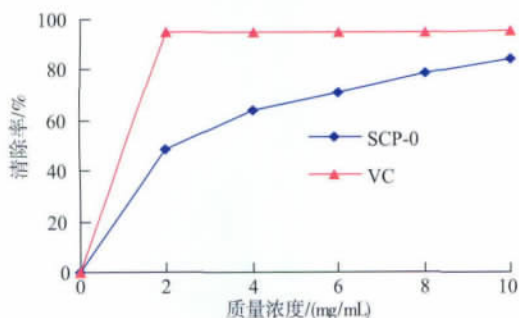


图 8 五味子多糖 SCP-0 对 DPPH 自由基的清除能力

Fig. 8 DPPH radical scavenging activity of SCP-0

2.2.4 抗猪油氧化能力的测定 从图 9 可以看出,多糖组的 POV 在前 6 天增长较为缓慢,在这个阶段产生的自由基会被五味子多糖有效地清除掉,各样品组的 POV 都明显低于空白组,并且随多糖添加量的增大,对 POV 上升的抑制越明显($p < 0.05$)。之后进入一个快速增长的阶段,各多糖组均表现出对氧化速度的难以抑制。从第 14 天开始,随着一些自由基碰撞结合生成双聚物,体系中的自由基数量有所减少,多糖组的自由基清除效果开始显现,使氧化的进程放缓,而空白组的 POV 曲线保持着传播期(6~14 d)陡峭上升的势头。TBHQ,作为一个已知的强效抗氧化剂,在整个试验时期都表现出非常强的抑制油脂氧化的能力。从以上结果可知,五味子多

糖具有一定的抗油脂氧化能力,且抗氧化能力随用量的增加而提高,但与人工合成的抗氧化剂 TBHQ 相比仍有差距。

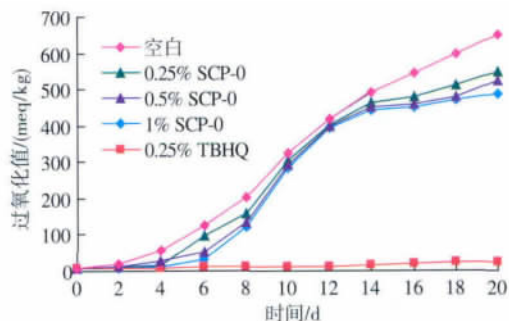


图 9 五味子多糖 SCP-0 抗猪油氧化能力

Fig. 9 Antioxidative activity of SCP-0 on lard oxidation

3 结 语

作者从五味子残渣中通过水提醇沉法提取得到五味子粗多糖,通过聚酰胺柱层析及 Sephacryl S-300 HR 凝胶柱层析对五味子多糖进行纯化,得到纯度为 94.6%的均一组分 SCP-0,对其体外抗氧化活性研究表明:SCP-0 对 $\cdot\text{OH}$ 具有较好的清除效果, IC_{50} 为 14.5 mg/mL;对 DPPH $\cdot$ 具有较好的清除效果, IC_{50} 为 2.1 mg/mL;但对 $\cdot\text{O}_2^-$ 无明显清除效果;具有一定的抗油脂氧化能力,在低自由基浓度水平下效果更明显。SCP-0 具有开发为天然抗氧化剂的潜力。

参考文献:

- [1] Zhang Z F, Jin J, Shi L G. Antioxidant activity of the derivatives of polysaccharide extracted from a Chinese medical herb (*Ramulus mori*) [J]. *Food Science and Technology Research*, 2008, 14: 160-168.
- [2] Salvemini D, Wang Z Q, Zweier J L, et al. A nonpeptidyl mimic of superoxide dismutase with therapeutic activity in rats [J]. *Science*, 1999, 286: 304-306.
- [3] Melov S, Ravenscroft J, Malik S, et al. Extension of life-span with superoxide dismutase/catalase mimetics [J]. *Science*, 2000, 289: 1567-1569.
- [4] Zhao L, Zhao G H, Du M, et al. Effect of selenium on increasing free radical scavenging activities of polysaccharide extracts from a Se-enriched mushroom species of the genus *Ganoderma* [J]. *Europe Food Research Technology*, 2008, 226: 499-505.
- [5] Grice H C. Safety evaluation of butylated hydroxyanisole from the perspective of effects on forestomach and oesophageal squamous epithelium [J]. *Food Chemistry and Toxicology*, 1988, 26: 717-723.
- [6] 李晓光. 五味子多糖的研究概况 [J]. *时珍国医国药*, 2006(6): 67-69.
LI Xiao-guang. Review of research on *Schisandra chinensis* polysaccharide [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2006(6): 67-69. (in Chinese)
- [7] 陈文静, 季宇彬. 五味子多糖药理作用的研究进展 [J]. *食品与药品*, 2007, 9(12): 66-67.
CHEN Wen-jing, JI Yu-bin. Progress on pharmacological action of *Fructus schisandrae* polysaccharide [J]. *Food and Drug*, 2006(6): 67-69. (in Chinese)

- [8] 苗明三,方晓艳. 五味子多糖对正常小鼠免疫功能的影响[J]. 中国中医药科技, 2003, 10(2): 100.
MIAO Ming-san, FANG Xiao-yan. Effect of *Schisandra chinensis* (Turcz) baill polysaccharide on Mice's immunological functions[J]. *Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology*, 2003, 10(2): 100. (in Chinese)
- [9] 高晓旭,孟宪军,李继海. 北五味子活性多糖降脂减肥作用的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(11): 248-250.
GAO Xiao-xu, MENG Xian-jun, LI Ji-hai. Study on hypoglycemic activity and ultrasonic wave extraction of polysaccharides from fruit of *Schisandra chinensis* (Turcz) baill [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29 (11): 248-250. (in Chinese)
- [10] Gao X X, Meng X J, Li J H, et al. Hypoglycemic effects of a water-soluble polysaccharide isolated from *Schisandra chinensis* (Turcz.) baill in alloxan-induced diabetic mice[J]. *Journal of Biotechnology*, 2008(1365): 5725.
- [11] Liu X P, Luan J J, Christopher E P. Comparison of the antioxidant activity amongst *Ginkgo biloba* extract and its main components[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2009, 32: 736-740.
- [12] 孟宪军,孙希云,朱金艳,等. 蓝莓多糖的优化提取及抗氧化性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010(1): 56-60.
MENG Xian-jun, SUN Xi-yun, ZHU Jin-yan, et al. Extraction and antioxidant capability of blueberry polysaccharides [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2010(1): 56-60. (in Chinese)
- [13] Lu Y R, Yeap Foo L. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace [J]. *Food Chemistry*, 2000, 68: 81-85.
- [14] 李颖畅,马春颖,孟宪军,等. 蓝莓花色苷提取物抗油脂氧化能力的研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(2): 92-95.
LI Ying-chang, MA Chun-ying, MENG Xian-jun, et al. Antioxidation of anthocyanins from blueberry fruits [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2010, 25(2): 92-95. (in Chinese)
- [15] Yuan J F, Zhang Z Q, Fan Z C, et al. Antioxidant effects and cytotoxicity of three purified polysaccharides from *Ligusticum chuanxiong* Hort[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2008, 74: 822-827.
- [16] 张唐伟,杨乐,柳青海,等. 地木耳多糖的抗氧化性与抑菌作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(6): 868-873.
ZHANG Tang-wei, YANG Le, LIU Qing-hai, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Nostoc commune* polysaccharides [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2011, 30(6): 868-873. (in Chinese)

科 技 信 息

卫生部关于征求调整硫酸铝钾等 12 种含铝食品添加剂使用规定意见的函

根据《食品添加剂新品种管理办法》规定,卫生部拟调整《食品添加剂使用标准》(GB2760-2011)中硫酸铝钾等 9 种含铝食品添加剂的使用范围、用量,撤销酸性磷酸铝钠、硅铝酸钠和辛烯基琥珀酸铝淀粉 3 种食品添加剂。具体调整情况如下:

一、调整硫酸铝钾和硫酸铝铵使用范围、用量。将硫酸铝钾和硫酸铝铵的使用范围“06.03 小麦粉及其制品”减少为“06.03.02.05 油炸面制品”和“06.03.02.04 面糊(如用于鱼和禽肉的拖面糊)、裹粉、煎炸粉”,用量不变。将使用范围“09.0 水产及其制品”减少为“09.03.02 腌制水产品(仅限海藻)”,用量为 100mg/kg(干样品,以 Al 计)。

二、撤销硫酸铝钾、硫酸铝铵、赤藓红铝色淀、靛蓝铝色淀、亮蓝铝色淀、柠檬黄铝色淀、日落黄铝色淀、胭脂红铝色淀、诱惑红铝色淀等所有含铝食品添加剂(合成着色剂铝色淀)在膨化食品中的使用。

三、撤销酸性磷酸铝钠、硅铝酸钠和辛烯基琥珀酸铝淀粉 3 种食品添加剂。

现向社会公开征求意见(征求意见稿可从卫生部网站 <http://www.moh.gov.cn> 下载),请于 2013 年 3 月 7 日前按以下形式反馈。传真:010-52165428 电子信箱:zqyj@cfsa.net.cn

[信息来源]中华人民共和国卫生部. 关于征求调整硫酸铝钾等 12 种含铝食品添加剂使用规定意见的函(卫办监督函〔2012〕1185 号) [EB/OL]. (2012-12-31). <http://www.moh.gov.cn/mohwsjdj/s10602/201301/d4c99133b2f843fa966eb4661a8ca65e.shtml>.