

杜梨(*Pyrus betulifolia* Bge.)多糖提取工艺及其清除自由基活性

赵小亮¹, 吕友晶¹, 李苗苗¹, 李广生^{1,2}, 王玉峰^{1,2}, 于广利^{*1,2}

(1. 中国海洋大学 海洋药物教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 山东省糖科学与糖工程重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 通过 $L_9(3^3)$ 正交试验获得杜梨 (*Pyrus betulaefolia* Bge.) 多糖最佳提取工艺。在运用紫外光谱、红外光谱及高效液相色谱等方法研究杜梨多糖(PBP)理化性质的基础上,进一步评价了PBP对羟自由基($\cdot\text{OH}$)、超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$)和1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH)自由基的清除活性。结果表明,在料液比为1:15,90℃下提取5h的最优条件下,PBP提取率达到18.65%。多角激光光散射仪分析表明,PBP分子质量为392.9 kD。单糖组成分析表明,PBP是由阿拉伯糖、半乳糖醛酸、鼠李糖、半乳糖和葡萄糖组成,摩尔比为49.54:28.68:8.81:8.45:4.54。PBP不仅具有清除羟自由基和超氧阴离子自由基活性,对DPPH自由基的清除活性更强。

关键词: 杜梨;多糖;提取;理化特性;自由基清除活性

中图分类号: TQ 281;R 284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)03-0276-07

Extracting Technology and Free Radical Scavenging Activity of Polysaccharide from *Pyrus betulifolia* Bge. Fruits

ZHAO Xiao-liang¹, LU You-jing¹, LI Miao-miao¹, LI Guang-sheng^{1,2},
WANG Yu-feng^{1,2}, YU Guang-li^{*1,2}

(1. Key Laboratory of Marine Drugs, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Glycochemistry and Glycotechnology, Qingdao 266003, China)

Abstract: The optimum extraction technology of polysaccharides from *Pyrus betulaefolia* was acquired by $L_9(3^3)$ orthogonal experiment design method. Physicochemical properties of *Pyrus betulaefolia* polysaccharide (PBP) were analyzed by ultraviolet spectra, infrared spectroscopy, and high performance liquid chromatography. The scavenging activities of hydroxyl free radicals, superoxide anion free radicals and DPPH free radicals were further evaluated. The results showed that the best condition was acquired when the ratio of solid to liquid was 1:15 and extracting at 90℃ for 5 hours, and highest extraction yield of PBP was 18.65%. The molecular mass of PBP was 392.9 kD by multi-angle laser light scattering instrument. The monosaccharides of PBP were consisted of arabinose, galacturonic acid, rhamnose, galactose and glucose,

收稿日期: 2011-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31070724); 长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0944)。

*通信作者: 于广利(1964-), 男, 山东文莱人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事药物化学研究。E-mail: glyu@ouc.edu.cn

with a molar ratio of 49.54 : 28.68 : 8.81 : 8.45 : 4.54, respectively. PBP not only showed obvious scavenging effect on hydroxyl and super oxygen-anion free radical, but also showed higher scavenging activity for DPPH free radical.

Key words: *Pyrus betulaefolia* Bge, polysaccharides, extraction, physicochemical character, free radical scavenging activity

糖是重要的生物信息分子,各国学者均致力于从不同来源动植物、微生物以及海藻中寻找具有特殊结构与活性的糖类化合物,使其成为本世纪生化药物研究的热点领域^[1~3]。

杜梨(*Pyrus betulaefolia* Bge.)属蔷薇科、梨属乔木,主要分布在我国的北部、东北部和中部各省(区),以黄河流域分布较多。杜梨果实、枝叶可作为中药,常用于治疗久咳、久泻、久痢等^[4]。《本草纲目》记载,杜梨“味酸、甘、涩、寒、无毒,烧熟食用可治泄泻痢疾”^[5]。有关杜梨化学成分研究除了对其挥发油化学成分研究外^[6],杜梨多糖研究较少。本课题组人员曾对杜梨多糖的提取方法做过探索^[7],但未对杜梨多糖理化性质、提取工艺及其活性进行研究。作者采用正交试验优化杜梨多糖的提取工艺,在对杜梨多糖理化性质研究的基础上,进一步评价了其羟自由基、超氧阴离子自由基和DPPH自由基的清除活性,以期对杜梨的综合开发利用奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材料、仪器与试剂

杜梨于2008年11月采自新疆塔里木盆地,经鉴定为蔷薇科植物杜梨(*Pyrus betulaefolia* Bge.)。杜梨果经自然风干、去除种子及果柄,粉碎后过40目筛、备用。

Sartorius BS210S 电子天平(北京塞多利斯天平有限公司);TU-1801 紫外可见分光光度计(北京普析通用有限公司);DZF-6021 型真空干燥箱(上海精宏实验仪器设备有限公司);SK3200LH 超声波清洗器(上海科导超声波仪器有限公司);Rotavapor R-3 型旋转蒸发器(瑞士步琪有限公司);DL-5 低速大容量离心机(上海安亭科学仪器厂);高效液相色谱仪(LC-20AD,日本岛津公司);Eclipse XDB-C18 色谱柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm, 美国 Agilent 公司);OHpak SB-806M HQ 凝胶色谱柱(8.0 mm×300 mm, 13 μm, 日本 Shodex 公司);多角激

光光散射仪(DAWN HELE05 II 型,美国 Wyatt 公司);红外光谱仪(Nicolet Nexus 470 型, Thermo Electron 公司)。

半乳糖(Gal)、甘露糖(Man)、木糖(Xyl)、葡萄糖(Glc)、阿拉伯糖(Ara)、半乳糖醛酸(GalA)、葡萄糖醛酸(GlcA)、岩藻糖(Fuc)、鼠李糖(Rha)、氨基葡萄糖(GlcN)、苹果果胶、柑橘果胶及1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH);均为美国 Sigma 公司产品;其它试剂均为国产分析纯。

1.2 方 法

1.2.1 多糖的提取 称取一定量杜梨果实,置于三口烧瓶中,加入10倍体积95%乙醇,85℃搅拌回流提取2h,重复2次,去除色素及脂溶性成分,离心收集残渣,40℃减压干燥、备用。

在单因素实验中,分别称取脱脂杜梨果实粉10g,分别按料液比1:5、1:10、1:15、1:20、1:25、1:30;提取温度50、60、70、80、90℃;提取时间0.5、1、2、3、4、5、6h,提取两次,合并滤液,苯酚-硫酸法测定多糖含量^[8],计算提取率(提取率=多糖质量/材料质量×100%)。

根据单因素实验结果,以影响多糖提取率的料液比、提取时间和温度为主要影响因素,进行正交试验设计,提取因素水平见表1。

表1 多糖提取所设因子及水平

Tab. 1 Designed polysaccharide extraction factors and levels

水平	因 素		
	时间/h	料液比/(g/dL)	温度/℃
1	3.0	1:15	70
2	4.0	1:20	80
3	5.0	1:25	90

1.2.2 多糖的纯化 将杜梨多糖用水溶解成2g/dL溶液,加入2mol/L盐酸至pH1.2,离心收集沉淀,将沉淀用水悬浮并用2mol/L NaOH调节到中性,加入5倍乙醇,离心收集沉淀,减压干燥,得纯化的杜梨多糖(PBP)。

1.2.3 紫外与红外光谱分析 将适量 PBP 溶于蒸馏水中,用紫外可见分光光度计在 200~800 nm 波长下扫描分析。将适量 PBP 用 P_2O_5 干燥 48 h 后,取 1~2 mg 经 KBr 压片,进行红外光谱(IR)分析^[9-10],扫描范围为 400~4000 cm^{-1} 。

1.2.4 单糖组成与相对分子质量分析 将 PBP(1 mg)置于 5 mL 安瓿瓶中,加入 2 mol/L 的三氟乙酸(TFA)1 mL,封口,110 °C 水解 4 h。氮吹仪除去 TFA,用 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)柱前衍生化高效液相色谱法测定单糖组成。色谱柱为 Eclipse XDB-C18,流动相为含体积分数 17% 乙腈的 100 mmol/L 磷酸盐缓冲液(pH 6.7),柱温 25 °C,流速 1.0 mL/min,245 nm 检测。根据出峰时间及峰面积,确定和计算样品的单糖组成及其摩尔比^[11-12]。

将各样品以 0.1 mol/L Na_2SO_4 溶液配制成 5 mg/mL,采用 OHpak SB-806M HQ 凝胶色谱柱分离,流动相为 0.1 mol/L Na_2SO_4 溶液,柱温 35 °C,流速 0.5 mL/min,进样 100 μ L,多角激光光散射仪(MALLS)检测,用 Astra 5.3.4.20 软件进行数据处理,计算相对分子质量。

1.2.5 糖醛酸含量测定 以半乳糖醛酸为标准品,采用硫酸-咔唑法测定^[13]。

1.2.6 体外抗氧化活性

1) 羟自由基($\cdot OH$)清除活性:在 10 mL 试管中依次加入 9 mmol/L $FeSO_4$ 溶液 1 mL,不同浓度的 PBP 水溶液 1 mL,8.8 mmol/L H_2O_2 1 mL,摇匀,静置 10 min 后加入 9 mmol/L 水杨酸溶液 1 mL,摇匀,静置 30 min 后于 510 nm 波长测定吸光值^[14-15]。以不同浓度的维生素 C(V_C)作为阳性对照,按公式:清除率(%) = $[1 - (A_i - A_j)/A_0] \times 100\%$ 计算清除率。式中 A_0 为空白对照的吸光值; A_i 为某质量浓度多糖或 V_C 的吸光值; A_j 为本底吸光值。

2) 超氧阴离子($O_2^{\cdot -}$)清除活性:采用邻苯三酚自氧化法。取 50 mmol/L Tris-HCl (pH 8.2) 缓冲液 2 mL,加入不同浓度 PBP 水溶液 1 mL,37 °C 水浴放置 20 min 后,加入 37 °C 预热的 10 mmol/L 邻苯三酚 1 mL,混匀后准确反应 4 min,加入 1 滴浓盐酸终止反应,于 420 nm 波长下测定吸光值^[16-17]。以不同浓度的 V_C 作为阳性对照,清除率计算方法同上。

3) DPPH 自由基清除活性:分别取不同浓度 PBP 水溶液 2 mL,加入 2×10^{-4} mmol/L DPPH 乙

醇溶液 2 mL,摇匀,避光放置 30 min 后,517 nm 波长测定吸光值,以不同浓度的 V_C 作为阳性对照,清除率计算方法同上^[18-19]。

2 结果与分析

2.1 多糖提取工艺条件的优化

2.1.1 单因素实验结果 杜梨多糖提取过程中,有关料液比、提取温度及时间对提取率的影响见图 1~3。

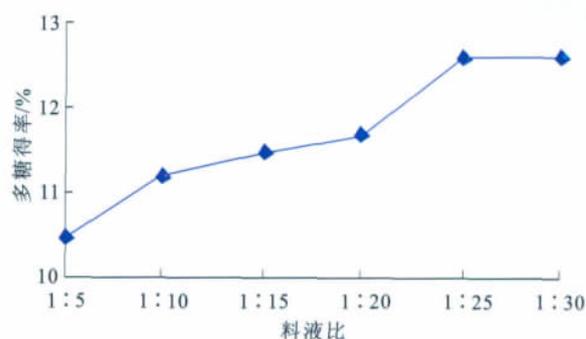


图 1 料液比对多糖得率的影响

Fig. 1 Effect of material to solution ratio on polysaccharide yield

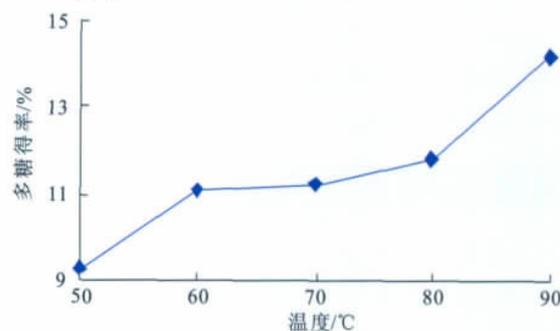


图 2 温度对多糖得率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on polysaccharide yield

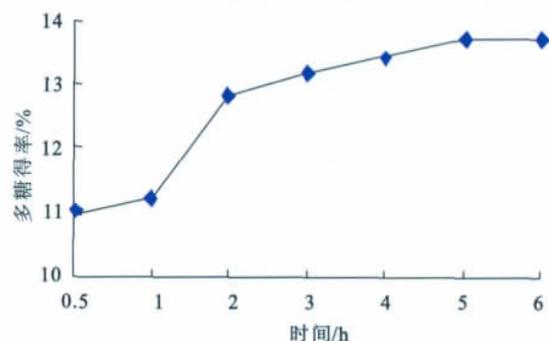


图 3 提取时间对多糖得率的影响

Fig. 3 Effect of extraction time on polysaccharide yield

从图 1~3 可以看出,多糖提取过程中的料液比、温度和提取时间均对多糖提取率有影响,多糖得率随着溶剂量的增加、温度的升高和提取时间的延长而明显提高。当液料比 20 倍以上、提取时间大于 3 h 后,提取温度高于 80 °C 时,多糖提取率显著提高。这些单因素参数,为正交试验因素的确定提供了有利前提。

2.1.2 正交试验结果 根据单因素实验结果,选取影响 PBP 提取率的料液比、温度、时间 3 因素,选用标准 $L_9(3^3)$ 正交试验设计进行工艺优化,结果见表 2。

表 2 $L_9(3^3)$ 正交实验及结果

Tab. 2 $L_9(3^3)$ orthogonal design and experimental results

实验号	因素			多糖提取率/%
	A	B	C	
1		14.00		1
2		15.82		2
3		17.31		3
2		14.61		1
3		18.48		2
1		11.79		3
3		18.52		1
1		14.97		2
2		15.95		3
K_1	47.13	47.13	40.76	$T=141.45$ $C=2\ 223.122\ 5$
K_2	44.88	49.27	46.38	
K_3	49.44	45.05	54.31	
R	1.52	1.40	4.51	
SS	3.465 8	2.968 3	30.650 5	

从表 2 极差分析结果可以看出,各因素影响多糖提取率高低的顺序为 $C>A>B$,即温度对多糖提取影响最大,其次是提取时间和料液比。最佳提取条件为 $A_3B_1C_3$,即料液比为 1:15,在 90 °C 下提取 5 h。

2.1.3 工艺验证 在最佳工艺条件下,重复 3 次进行多糖提取验证实验,提取率分别为 18.58%、18.66% 和 18.71%,平均为 18.65%。本优化工艺与本课题组前期的工艺相比^[7],多糖的提取率明显提高,操作工艺简单且易工业化放大。

2.2 多糖理化性质

所得多糖为无定型白色粉末,易溶于水,不溶于甲醇、乙醇、丙酮、氯仿、石油醚及乙醚等有机溶剂中。淀粉 KI 试纸检测呈阴性。

2.2.1 PBP 紫外和红外光谱分析 PBP 紫外可见扫描图和傅里叶变换红外光谱图分别见图 4~5。

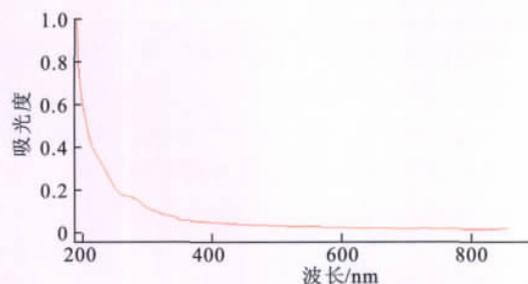


图 4 PBP 紫外可见扫描图
Fig. 4 UV-Vis scanning spectrum of PBP

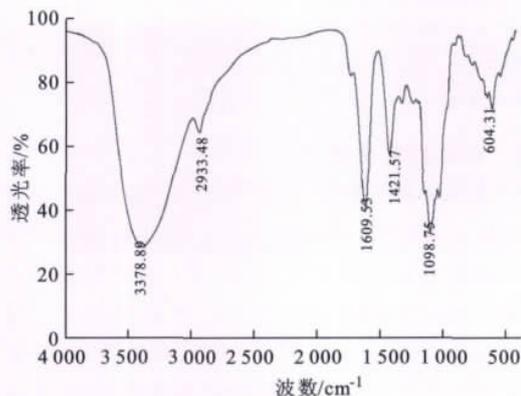


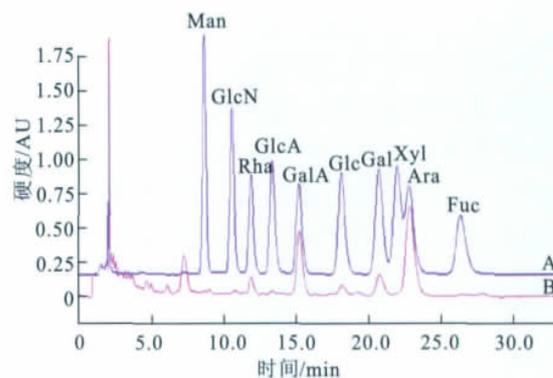
图 5 PBP 红外光谱图
Fig. 5 IR spectrum of PBP

从图 4 可以看出,杜梨多糖在 200~400 nm 之间有非特异性吸收,在 260 nm 和 280 nm 处没有明显的吸收峰,说明没有蛋白质、多肽和核酸的残留。

从图 5 看出,PBP 表现出一般多糖类物质的特征吸收峰,在 3 400 cm^{-1} 左右的强吸收为糖环中 O—H 伸缩振动吸收峰,2 900 cm^{-1} 左右为糖环中 C—H 键伸缩振动吸收峰,1 143~1 021 cm^{-1} 为吡喃糖残基糖环 C—O—C 和 C—O—H 中 C—O 伸缩振动,1 609~1 400 cm^{-1} 为糖醛酸中 C=O 和 O—H 特征吸收峰,表明 PBP 是一类含有糖醛酸的糖类化合物。

2.2.2 单糖组成及相对分子质量分析 PMP 柱前

衍生 HPLC 法是目前多糖中单糖组成分析的理想方法。作者运用此方法对 PBP 进行了单糖组成分析,结果见图 6 和表 3。由表 3 知,PBP 含有 Ara、GalA、Rha、Gal 和 Glc,其中 Ara 和 GalA 含量最高,属于果胶类物质,但其单糖种类及摩尔比与柑橘果胶和苹果果胶不同,其中柑橘果胶 GalA 最多,苹果果胶以 Ara、GalA 和 Glc 为主,杜梨则以 Ara 和 GalA 为主。经多角激光光散射仪分析表明,PBP 相对分子质量为 392 900,相对分子质量也显著高于从柑橘和果胶中提取的果胶。从单糖组成及其比例以及相对分子质量分析结果可知,杜梨多糖属于新型果胶分子。



A: 标准品; B: PBP

图 6 PBP 单糖组成 HPLC 分析

Fig. 6 Monosaccharide composition analysis of PBP by HPLC

表 3 杜梨多糖单糖组成及其相对分子质量

Tab. 3 Monosaccharide composition and molecular mass of PBP

来源	相对分子质量	单糖组成及其相对摩尔比						
		Xyl	Arb	GalA	Gal	Rha	Glc	Man
杜梨	392.9	49.54	28.68	8.81	8.45	4.54	—	—
苹果	172.4	30.93	27.84	13.31	5.71	20.18	—	2.03
柑橘	114.6	8.93	57.24	23.87	6.07	2.98	0.92	—

2.3 体外抗氧化活性

课题组人员曾于 1998 年利用卵磷脂过氧化物评价体系,研究了不同结构和不同相对分子质量多糖的抗酯过氧自由基活性,发现含有糖醛酸的褐藻多糖及其衍生物具有明显的抗氧化活性^[20]。果胶类物质均含有半乳糖醛酸,马惠玲等^[21]曾于 2008 年研究和评价了苹果渣果胶的抗 DPPH 自由基活性,发现其 IC₅₀ 可达到 0.6 mg/mL。作者通过和 VC 比较,研究了不同质量浓度下 PBP 对 3 种自由基的清除作用,结果分别见图 7~9。

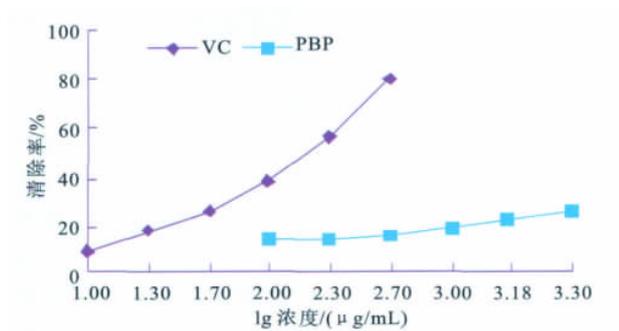


图 7 PBP 清除羟自由基活性

Fig. 7 Scavenging hydroxyl free radicals activity of PBP

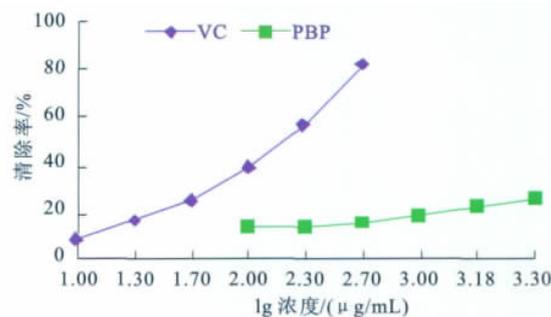


图 8 PBP 清除超氧阴离子自由基活性

Fig. 8 Scavenging superoxide anion free radicals activity of PBP

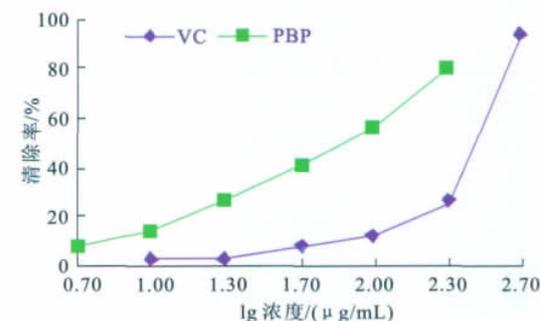


图 9 PBP 清除 DPPH 自由基活性

Fig. 9 Scavenging DPPH free radicals activity of PBP

从图7、图8和图9可以看出,PBP和VC对3种自由基都具有一定抑制活性,并且随着PBP及VC浓度的增加,抑制活性也在不断增强,抑制活性与浓度呈正相关。经计算PBP对 $\cdot\text{OH}$ 和DPPH自由基的 IC_{50} 分别为 $1278.31\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $61.37\ \mu\text{g}/\text{mL}$,而对于 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 自由基的抑制活性较低。VC对 $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 和DPPH自由基的 IC_{50} 分别为 $88.02\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $141.41\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $197.60\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 。与VC相比,PBP对 $\cdot\text{OH}$ 和 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 自由基的抑制活性较弱,而对于DPPH自由基的抑制活性较强。

3 结 语

作者以杜梨果为研究对象,在单因素试验的基

础上,通过正交试验,获得了杜梨多糖最佳提取工艺,在料液比为1:15,提取温度为 $90\ ^\circ\text{C}$ 下连续提取5 h,杜梨多糖总提取率可达18.65%,相对分子质量为392 900。根据单糖组成分析表明,杜梨多糖属于富含阿拉伯和半乳糖醛酸的新型果胶类物质,其结构不同于苹果和柑橘来源的果胶。通过化学比色法,以天然抗氧化剂VC作为阳性对照,分别测定了杜梨多糖对不同种类自由基的清除活性,表明其具有良好的抗氧化活性,尤其对DPPH自由基的清除活性较强,其 IC_{50} 为 $61.37\ \mu\text{g}/\text{mL}$,远远小于VC($197.60\ \mu\text{g}/\text{mL}$),该结果为将杜梨多糖开发为具有抗氧化功能的新型食品添加剂提供了基础。

参考文献(References):

- [1] 方积年,丁侃.天然药物-多糖的主要生物活性及分离纯化[J].中国天然药物,2007,5(5):338-347.
FANG Ji-nian, DING Kan. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharide [J]. *Chin J Nat Med*, 2007, 5(5): 338-347. (in Chinese)
- [2] d'Ayala GG, Malinconico M, Laurienzo P. Marine derived polysaccharides for biomedical applications: chemical modification approaches [J]. *Molecules*, 2008, 13(9): 2069-2106.
- [3] Guangling Jiao, Guangli Yu, Junzeng Zhang, et al. Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae[J]. *Mar Drugs*, 2011, 9(2): 196-223.
- [4] 刘孟军.中国野生果树[M].北京:中国农业出版社,1999:216-217.
- [5] 李时珍.本草纲目(校实本·下册)[M].北京:人民卫生出版社,2003:1766-1767.
- [6] 吴瑛,赵小亮.杜梨果实挥发油化学成分的GC-MS分析[J].安徽农业科学,2007,35(19):5659-5660.
WU Ying, ZHAO Xiao-liang. GC-MS analysis of chemical components in volatile oils from fruits of *Pyrus betulaefolia* Bunge. [J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35(19): 5659-5660. (in Chinese)
- [7] 赵小亮,白红进,汪河滨,等.杜梨果实多糖提取方法及含量测定的研究[J].西北农业学报,2007,16(4):279-281.
ZHAO Xiao-liang, BAI Hong-jin, WANG He-bin, et al. Study on the extraction methods and content measurement of polysaccharide from *Pyrus betulaefolia* Bunge fruit [J]. *Acta Agriculturae Boreal-Occidentalis Sinica*, 2007, 16(4): 279-281. (in Chinese)
- [8] Dubois M, Gilles K A, Hamilton J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances [J]. *Anal Chem*, 1956, 28(3): 350-356.
- [9] 王强,李盛钰,杨帆,等.玉竹中性多糖的分离纯化及单糖组成分析[J].食品科学,2010,31(15):100-102.
WANG Qiang, LI Sheng-yu, YANG Fan, et al. Isolation, purification and monosaccharide analysis of a neutral polysaccharide from *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce [J]. *Food Science*, 2010, 31(15): 100-102. (in Chinese)
- [10] YU Guang li, YANG Bo, ZHAO Xia, et al. A comparative analysis of four kinds of polysaccharides purified from *Furcellaria lumbricalis*[J]. *Journal of Ocean University of China*, 2007, 6(1): 16-20.
- [11] 付海宁,赵峡,于广利,等.岩藻多糖单糖组成分析的四种色谱方法比较[J].中国海洋药物,2008,27(4):30-34.
FU Hai-ning, ZHAO Xia, YU Guang-li, et al. Comparison of four chromatographic methods for monosaccharide composition analysis of *Dunaliella salina* polysaccharide [J]. *Chin J Mar Drugs*, 2008, 27(4): 30-34. (in Chinese)
- [12] 任玲玲,祁欣,莫洪波.凝胶色谱-光散射联用法对壳聚糖及其产品的分子质量及分布的测量[J].分析测试学报,2010,29(1):35-38.

- REN Ling-ling, QI Xin, MO Hong-bo. Accurate measurement of molecular mass and molecular mass distribution of chitosan and its products by GPC-Laser light scatter method[J]. **Journal of Instrumental Analysis**, 2010, 29(1): 35-38. (in Chinese)
- [13] Bitter T, Muir H M. A modified uronic acid carbazole reaction[J]. **Analytical Biochemistry**, 1962, 4(4): 330-334.
- [14] 冯慧萍, 李亦聪. 羟自由基与水杨酸反应机理的初探[J]. 光谱实验室, 2009, 26(4): 931-938.
- FENG Hui-ping, LI Yi-cong. Investigation on reaction kinetics of salicylic acid and hydroxyl radical [J]. **Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory**, 2009, 26(4): 931-938. (in Chinese)
- [15] 聂凌鸿, 宁正祥. 广东淮山水溶性多糖的分离纯化及体外抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(11): 129-133.
- NIE Ling-hong, NING Zheng-xiang. Study on the isolation, purification and antioxidative activity of water soluble polysaccharide of *D. fordii Prainet Burkill*[J]. **Food Science**, 2003, 24(11): 129-133. (in Chinese)
- [16] 张海容. 沙棘果皮多糖清除氧自由基的活性研究[J]. 植物学通报, 2005, 22(6): 703-707.
- ZHANG Hai-rong. Study of the scavenging radical activities of polysaccharide of hippophae rhamnoides fruit peel [J]. **Chinese Bulletin of Botany**, 2005, 22(6): 703-707. (in Chinese)
- [17] 郭憬憬, 职润, 张娜, 等. 关白附多糖体外抗氧化性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(1): 43-45.
- GUO Jing-jing, ZHI Run, ZHANG Na, et al. Study on the antioxidative effect of *Aconitum coreanum* polysaccharides [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2007, 26(1): 43-45. (in Chinese)
- [18] Dumitru condrat, Maria-Raluca szabo, Florin crisan, et al. Antioxidant activity of some phanerogam plant extracts [J]. **Food Science and Technology Research**, 2009, 15(1): 95-98.
- [19] Zhao Jing, Cui Lina, Sun Jiaming, et al. Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from *Tricholoma matsutake* Sing with ultrafiltration[J]. **Journal of Life Sciences**, 2010, 4(3): 17-20.
- [20] Changhu Xue, Guangli Yu, Takashi Hirata, et al. Antioxidative activity of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents [J]. **Biosci Biotechnol Biochem**, 1998, 62(2): 206-209.
- [21] 马惠玲, 盛义保, 张丽萍, 等. 苹果渣果胶多糖的分离纯化与抗氧化活性研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 1): 218-222.
- MA Hui-ling, SHENG Yi-bao, ZHANG Li-ping, et al. Purification and antioxidative activity of apple pectin from apple pomace[J]. **Transactions of the CSAE**, 2008, 24(Supp. 1): 218-222. (in Chinese)

熟制的番茄减慢癌细胞的生长

据英国《每日电讯报》报道,《英国营养杂志》日前刊登一项研究显示,多吃番茄有助预防前列腺癌,经烹饪熟制的西红柿产生的番茄红素可以减慢前列腺癌细胞的生长速度,甚至能把癌细胞杀死。

癌细胞通过“劫持”人体健康细胞所需的血液来生长和扩散,而番茄红素可以干扰癌细胞的“吸血”功能。英国朴茨茅斯大学的研究人员现在希望测试这一抗癌过程能否在人体内复制。

研究发现,所有红色的蔬果都含番茄红素,但番茄的番茄红素含量最高;用少许食用油烹制的熟番茄,其中所含番茄红素更易于吸收,它的生物活性也最高。所有癌细胞的生存机制都涉及吸收人体内的血液供应,但番茄红素的抗癌功能在前列腺癌案例中尤其显著,因为番茄红素容易在前列腺细胞中积聚。研究结果显示,连续两周每天吃 400 克熟番茄,会使血液中番茄红素的含量明显增多。

[消息来源]the Telegraph. Cancer 'slowed by cooked tomatoes' [EB/OL]. (2012-1-31). <http://www.telegraph.co.uk/health/healthnews/9051215/Cancer-slowed-by-cooked-tomatoes.html>.