

黄瓜多糖的体外抗氧化活性

何念武¹, 杨兴斌¹, 田灵敏¹, 赵燕^{2,*}

(1. 教育部药用资源与天然药物化学重点实验室, 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062; 2. 第四军医大学药学院化学教研室, 陕西 西安 710032)

摘要: 目的: 测定黄瓜中总糖含量, 分离制备黄瓜多糖并测定其糖醛酸含量、单糖组成以及评价其体外抗氧化活性。方法: 采用苯酚-硫酸法测定黄瓜提取物中的总糖含量; 用硫酸-吡啶法测定黄瓜多糖中的糖醛酸含量; 采用 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)柱前衍生化高效液相色谱(HPLC)分析单糖组成; 并在体外抗氧化评价体系研究黄瓜多糖对 DPPH 自由基、超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot -}$)和羟自由基($\cdot OH$)的清除活性以及总还原力(TRP)。结果表明: 黄瓜多糖的总糖含量为 63.5%, 糖醛酸含量为 10.6%。HPLC 分析表明: 黄瓜多糖由 D-甘露糖、L-鼠李糖、D-葡萄糖醛酸、D-半乳糖醛酸、D-葡萄糖、D-木糖、D-半乳糖、L-阿拉伯糖等 8 种单糖组成, 物质的量比为 4.08:2.78:1.00:5.82:6.07:2.78:8.48:6.58。黄瓜多糖有明显的抗氧化活性, 在质量浓度为 20mg/mL 时, 对 DPPH 自由基、 $O_2^{\cdot -}$ 、 $\cdot OH$ 的清除率分别为 92.31%、83.57% 和 77.59%, 并发现其有明显的还原能力。结论: 黄瓜多糖是一种典型的杂多糖, 具有较强的抗氧化活性。

关键词: 黄瓜; 多糖; 单糖组成; 自由基; 体外抗氧化活性

in vitro Antioxidant Activity of Cucumber Polysaccharides

HE Nian-wu¹, YANG Xing-bin¹, TIAN Ling-min¹, ZHAO Yan^{2,*}

(1. Key Laboratory for Medicinal Resource and Natural Pharmaceutical Chemistry, Ministry of Education, College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. Department of Chemistry, School of Pharmacy, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China)

Abstract: Objective: To determine total carbohydrate content in cucumber, isolate polysaccharides from it and analyze uronic acid content, monosaccharide composition and *in vitro* antioxidant activity of extracts obtained. Methods: Phenol-sulfuric acid and sulfuric acid-carbazole methods were employed to evaluate total carbohydrate content and uronic acid content, respectively. In addition, high performance liquid chromatography (HPLC) based on pre-column derivatization with 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone (PMP) was employed to analyze the monosaccharide composition of cucumber polysaccharides. Moreover, the scavenging activity of cucumber polysaccharides against 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), superoxide anion ($O_2^{\cdot -}$) and hydroxyl ($\cdot OH$) free radicals and total reducing power (TRP) of cucumber polysaccharides were evaluated *in vitro*. Results: The total carbohydrate and uronic acid contents in cucumber polysaccharides were 63.5% and 10.6%, respectively. The monosaccharide composition of cucumber polysaccharides was made up of D-mannose (Man), L-rhamnose (Rha), D-glucuronic acid (GlcUA), D-galacturonic acid (GalUA), D-glucose (Glc), D-xylose (Xyl), D-galactose (Gal), L-arabinose (Ara) with a molar ratio of 4.08:2.78:1.00:5.82:6.07:2.78:8.48:6.58. Cucumber polysaccharides revealed high antioxidant activity, and the scavenging rates at the concentration of 20 mg/mL against DPPH, superoxide anion and hydroxyl free radicals were 92.31%, 83.57% and 77.59%, respectively. Moreover, cucumber polysaccharides also exhibited strong reducing power. Conclusion: Cucumber polysaccharides are typically heteropolysaccharides with stronger antioxidant activity.

Key words: cucumber; polysaccharide; monosaccharide composition; free radical; antioxidant activity *in vitro*

中图分类号: O636.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)19-0070-05

收稿日期: 2011-06-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972054; 20802091; 31171678)

作者简介: 何念武(1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事功能性食品多糖药理研究。E-mail: hnw721@126.com

* 通信作者: 赵燕(1974—), 女, 副教授, 博士, 主要从事药物食物质量控制与分析检测。E-mail: yanzhao@fmmu.edu.cn

糖类广泛存在于动、植物中,具有重要的生物功能和药用价值^[1-2]。人类对多糖的研究已有上百年的历史,早期的研究与蛋白、核酸同步。但由于人们早期只把糖类看作细胞结构成分与食物能源,导致对多糖的研究远远落后于蛋白与核酸。随着蛋白与核酸研究的深入,随着糖类参与组织细胞功能活动机制的阐明,随着多糖特殊生物价值的凸现,丰富了人们对糖类的认识^[3-4]。有人预测糖类可能与基因的遗传密码类似,以糖密码(糖码)的形式按照一定规则排列组合,构成信息分子,相互识别决定生物的多样性。此外,国内外目前已报道了200多种天然多糖^[1-2],其中95%以上为植物多糖,其生物活性除了具有膳食纤维(多糖)清除毒素、控制食量、平衡脂肪和稳定血糖的作用外,生物活性还涉及免疫调节、抗辐射、抗凝血、抗肿瘤、抗HIV病毒等。由于多糖具有毒副作用小、使用安全等突出优点,近年来多糖和寡糖类药物和功能食品得到迅速发展。研究表明,自由基^[5]是机体氧化反应中产生的有害物质,可以造成生物膜系统损伤以及细胞内氧化磷酸化障碍,进而引起慢性疾病及衰老效应。同时,也是人体疾病、衰老和死亡的直接参与者,对人体的健康和寿命危害非常大。因此,寻找强有效的自由基清除剂已成为当今十分活跃的研究领域。

黄瓜(*Cucumis sativus* Linn.)为葫芦科、黄瓜属一年生草本植物,广泛分布于世界各地。黄瓜是温室蔬菜产品之一,又叫青瓜、刺瓜、胡瓜,是蔓生或攀援草本,茎细长,有纵棱,被短刚毛。现代医学研究表明,黄瓜富含糖类、氨基酸、维生素等多种营养成分,具有抗肿瘤、抗衰老、预防酒精中毒、降血糖以及减肥等食疗功能,其种子有利尿作用^[6],黄瓜汁在多种食品配方中用作收敛剂,是重要的营养食品。本研究采用热水浸提、乙醇沉淀法从黄瓜果实中分离制备多糖,并分析其单糖组成特征以及对其体外清除自由基能力进行研究,为黄瓜营养物质基础阐明和功能食品开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

D-甘露糖(Man)、D-核糖(Rib)、L-鼠李糖(Rha)、D-葡萄糖醛酸(GlcUA)、D-半乳糖醛酸(GalUA)、D-葡萄糖(Glc)、D-木糖(Xyl)、D-半乳糖(Gal)、L-阿拉伯糖(Ara)、D-岩藻糖(Fuc)、氯化硝基四氮唑蓝(NBT)、吩噻硫酸甲酯(PMS)、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NADH)美国Sigma公司。

1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、三氟乙酸(TFA)、三氯乙酸(TCA) 德国Merck公司;1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)、铁氰化钾($K_3[Fe(CN)_6]$)、双氧

水(H_2O_2)、VC 北京化学试剂公司;甲醇、乙腈均为色谱纯 美国Honeywell公司;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

Shimadzu LC-2010A 高效液相色谱仪、Shimadzu Class-VP 6.1 色谱工作站 日本岛津公司;Milli-Q 超纯水仪 美国Millipore公司;RE-52AA 旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 黄瓜多糖的提取与精制

黄瓜经匀浆均匀、称取200g匀浆置于圆底烧瓶中,加入1000mL石油醚脱脂。取脱脂后的黄瓜组织100g于烧瓶中,加入10倍体积蒸馏水,80℃水浴,回流提取4h,过滤。重复提取一次,合并滤液并浓缩至300mL,加4倍体积无水乙醇,放置冰箱过夜,重复两次。离心,弃去乙醇,沉淀加水溶解,采用Sevag法并结合反复冻融10次除蛋白,而后透析2d,每天换3次水,冷冻干燥,即得黄瓜多糖样品。

1.3.2 总糖、糖醛酸及蛋白质含量的测定

总糖含量测定采用苯酚-硫酸法^[7-8],糖醛酸含量测定采用硫酸-咔唑法^[7,9],蛋白含量测定采用考马斯亮蓝G-250染色法^[7]。

1.3.3 黄瓜多糖的单糖组成分析^[7,10-11]

1.3.3.1 对照品溶液的制备

精密称取一定量的10种单糖,分别用10%甲醇溶液配成0.1mol/L的母液。取适量母液稀释为5个不同质量浓度的系列单糖溶液,参照本实验衍生化方法并作适当的改进:取单糖混合溶液100μL,依次加入0.5mol/L PMP 甲醇溶液200μL和0.3mol/L NaOH溶液300μL。混匀后在70℃水浴反应60min,冷至室温,用0.3mol/L HCl溶液300μL中和。加入氯仿1.0mL萃取,振荡、离心,用细针头吸弃下层,重复3次。取上层水相加蒸馏水稀释至适当浓度,0.45μm微孔滤膜过滤,取滤液备用。

1.3.3.2 供试品溶液的制备

取黄瓜多糖20mg按1.3.3.1节方法制备PMP标记物。

1.3.3.3 HPLC 色谱条件

采用梯度洗脱方式。流动相A为纯乙腈;B由0.45g KH_2PO_4 、0.5mL TEA、100mL乙腈和900mL超纯水组成(pH 7.5)。色谱柱:Venusil C₁₈柱(250mm × 4.6mm, 5μm);梯度洗脱:0min, 94%B;4min, 94%B;5min, 88%B;30min, 88%B。进样量10μL,流速1.0mL/min,检测波长为250nm,柱温为35℃。

1.3.4 黄瓜多糖抗氧化活性测定

1.3.4.1 总还原力测定

参照吕喜茹等^[12]、Tian 等^[7]和 Li 等^[13]报道的方法进行,取 1mL 不同质量浓度的样品溶液依次加入 2.5mL PBS (pH6.6)、2.5mL 1% $K_3[Fe(CN)_6]$,混匀后于 50℃ 水浴中孵育 20min,再加 2.5mL 10% 的 TCA 终止反应,离心 10min,取上清 2.5mL,依次加入 2.5mL 无水乙醇和 0.5mL 0.1% $FeCl_3$,混匀后于 700nm 波长处测定吸光度,以蒸馏水为阴性对照,VC 作阳性对照。

1.3.4.2 清除 $O_2^{\cdot-}$ 活性测定

参照吕喜茹等^[12]、Tian 等^[7]和 Lin 等^[14]报道的方法进行,取 1mL 不同质量浓度样品溶液于试管中,依次加入 1mL 0.078mol/L NBT、1mL 0.468mol/L NADH,最后加入 0.4mL 0.06mol/L PMS 溶液,室温摇匀,后静置 5min,于 560nm 波长处测定吸光度(A_i),调零孔用不同质量浓度样品液 1mL、0.4mL 蒸馏水代替 PMS 溶液调零,用蒸馏水作阴性对照(A_j),VC 和 BHT 作阳性对照。

$$\text{清除率}/\% = (1 - A_i/A_j) \times 100 \quad (1)$$

1.3.4.3 $\cdot OH$ 清除作用的测定

利用 Fenton 体系法测定^[15-17]并稍作改进,该物质在波长 510nm 处有吸收峰,如果在反应体系中加入有清除 $\cdot OH$ 能力的物质,与水杨酸竞争 $\cdot OH$,使有色物质生成量减少。在 510nm 波长处测定吸光度。取不同质量浓度的样品溶液各 1mL,先后加入 1.5mL 反应液(含 0.1mmol/L EDTA、0.1mmol/L $FeCl_3$ 和 2.8mmol/L 的磷酸盐缓冲液(pH 7.4))、0.35mL 20mmol/L H_2O_2 ,37℃ 恒温水浴作用 40min 后,终止反应,于 532nm 波长处测定吸光度(A_i),蒸馏水为阴性对照(A_j),VC 作阳性对照。

$$\text{清除率}/\% = (1 - A_i/A_j) \times 100 \quad (2)$$

1.3.4.4 DPPH 自由基清除作用的测定

参照吕喜茹等^[12]、Tian 等^[7]报道的方法并加以改进,取不同质量浓度样品 1mL 于试管中,然后依次加入 3mL 0.004% DPPH 甲醇溶液,充分混匀,避光静置 20min 后,以甲醇作空白对照,517nm 波长测吸光度(A_i),以蒸馏水代替样品液作阴性对照(A_j),VC 作阳性对照。

$$\text{清除率}/\% = (1 - A_i/A_j) \times 100 \quad (3)$$

2 结果与分析

2.1 黄瓜中的总糖及残留蛋白含量

黄瓜多糖得率为 3.57%。实验中制得的黄瓜提取物对双缩脲试剂和茚三酮均无颜色反应,说明无残留蛋白。采用苯酚-硫酸比色法测定总糖含量,回归方程如下: $y = 0.0327x + 0.0936$ ($R^2 = 0.9987$, y 为吸光度, x 为质量浓度),标准葡萄糖的吸光度在质量浓度 10 ~ 70mg/mL 范围内呈现良好的线性关系。根据回归方程计算出提取物中总糖含量为 63.5%。

2.2 糖醛酸含量测定

根据实验结果绘制标准曲线,求得回归方程为: $y = 0.0261x + 0.052$ ($R^2 = 0.9953$, y 为吸光度, x 为质量浓度),计算得出黄瓜多糖样品中糖醛酸的含量为 10.6%。

2.3 单糖组成的 HPLC 分析

2.3.1 方法学考察结果

2.3.1.1 线性关系

将 0.1mol/L 的母液梯度稀释为 5 个不同浓度的单糖供试溶液。经 PMP 标记后进行 HPLC 分析,获得各 PMP 标记单糖的峰面积。以样品浓度(X)为横坐标,待测 PMP 标记单糖与 PMP 标记内标岩藻糖(Fuc)的峰面积比值(Y)为纵坐标,绘制标准曲线,见表 1,结果表明,线性回归相关系数(R^2)均高于 0.9989。

表 1 测定 10 种标准单糖的 HPLC 分析方法的性能特点

Table 1 Performance characteristics of the proposed HPLC method for the assay of 10 standard monosaccharides

名称	保留 时间/min	回归方程	R^2	日内精密度		日间精密度	
				t_R	A	t_R	A
Man	12.191	$Y=16.8575X - 0.0019$	0.9997	0.39	0.55	0.45	1.23
Rib	12.769	$Y=12.6645X - 0.002$	0.9989	0.37	1.31	0.69	1.53
Rha	13.314	$Y=13.442X - 0.0204$	0.9997	0.41	1.09	0.71	1.44
GlcUA	16.358	$Y=14.639X - 0.0323$	0.9991	0.71	0.83	0.83	1.89
GalUA	18.405	$Y=11.812X - 0.0228$	0.9993	0.82	0.69	0.95	1.79
Glc	21.442	$Y=14.372X - 0.0458$	0.9994	0.59	1.56	0.79	1.37
Xyl	23.972	$Y=13.647X - 0.04$	0.9990	0.87	1.61	1.08	2.61
Gal	25.62	$Y=17.178X - 0.0491$	0.9992	1.36	0.57	1.54	2.49
Ara	26.931	$Y=12.6645X - 0.002$	0.9993	1.24	0.98	1.73	3.51

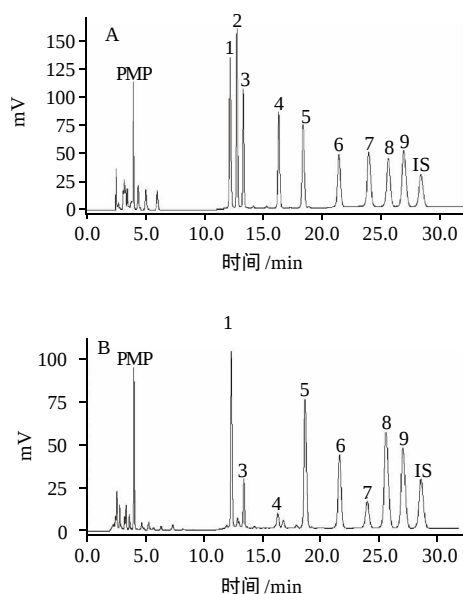
2.3.1.2 方法精密度

取上述单糖样品混合母液,分别在同一天(日内精密度)及不同天(6 日,日间精密度)按前述色谱条件进行重复进样分析($n = 5$),测得其峰面积(A)和保留时间(t_R),并计算方法精密度,表示为标准偏差(RSD)。由表 1 可知, t_R 和峰面积 A 的日内 RSD 分别在 0.37% ~ 1.36% 和 0.55% ~ 1.61% 范围内,而日间 RSD 分别低于 1.73% 和 3.51%。该结果表明,本方法的精密度良好。

2.3.2 黄瓜多糖单糖组成 HPLC 分析结果

由图 1 可知,黄瓜多糖样品中各组成单糖仍然能够保持很好的基线分离(图 1B)。黄瓜多糖是一种典型的天然杂多糖,单糖组成分别为 Man、Rha、GlcUA、GalUA、Glc、Xyl、Gal、Ara,其在黄瓜多糖水解液中的浓度分别为 3.74、2.54、0.92、5.33、5.56、2.55、7.76mmol/L 和 6.02mmol/L。物质的量比为 4.08:2.78:1.00:5.82:6.07:2.78:8.48:6.58 (物质的量分数分别为 10.86%、7.39%、2.66%、15.48%、16.16%、7.40%、

22.56%和 17.49%)。Gal、Ara、Glc 和 GalUA 被确定为该多糖的主要组成单糖,其物质的量分数达到 71.69%。此外,酸性单糖 GlcUA 和 GalUA 的物质的量分数约为 18.14%,表明黄瓜多糖是一种酸性杂多糖。



A. PMP 标记的 10 种单糖的 HPLC 色谱图; B. PMP 标记的黄瓜多糖的单糖组成色谱图; 1. *D*-甘露糖(Man); 2. *D*-核糖(Rib); 3. *L*-鼠李糖(Rha); 4. *D*-葡萄糖醛酸(GlcUA); 5. *D*-半乳糖醛酸(GalUA); 6. *D*-葡萄糖(Glc); 7. *D*-木糖(Xyl); 8. *D*-半乳糖(Gal); 9. *L*-阿拉伯糖(Ara); IS. *D*-岩藻糖(Fuc)。

图 1 HPLC 色谱图

Fig.1 HPLC chromatograms

2.4 抗氧化结果及分析

2.4.1 黄瓜多糖总还原力的测定

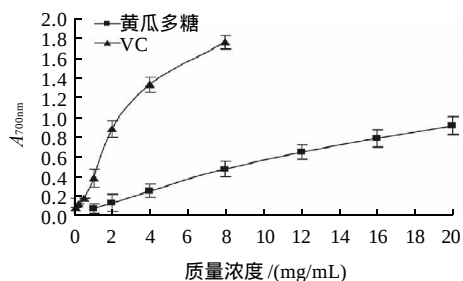


图 2 黄瓜多糖总还原能力

Fig.2 Reducing power of cucumber polysaccharides

由图 2 可知,在实验质量浓度范围内,黄瓜多糖还原力测试混合液的吸光度随着质量浓度的增加而增大,当质量浓度增至 20mg/mL 时,测试混合液的吸光度为 0.923,说明黄瓜多糖具有显著的还原能力,在该实验所测定的质量浓度范围内,黄瓜多糖具有较好的还原能力。

2.4.2 黄瓜多糖对 $O_2^{\cdot -}$ 的清除活性

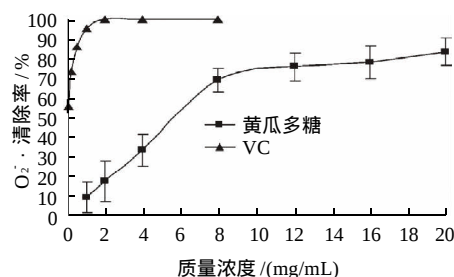


图 3 黄瓜多糖对 $O_2^{\cdot -}$ 的清除率

Fig.3 Concentration-dependent scavenging activity of cucumber polysaccharides against superoxide anion free radicals

由图 3 可知,黄瓜多糖能有效地清除 $O_2^{\cdot -}$,清除能力随着质量浓度增大而增强。尽管在 1~20mg/mL 质量浓度范围内,黄瓜多糖清除 $O_2^{\cdot -}$ 能力弱于 VC,但在高质量浓度时,其清除能力接近于 VC。在 20mg/mL 时,黄瓜多糖对 $O_2^{\cdot -}$ 的清除率高达 83.57%,且与 VC 无显著性差异,表明黄瓜多糖有很好的 $O_2^{\cdot -}$ 清除能力。

2.4.3 黄瓜多糖对 $\cdot OH$ 的清除

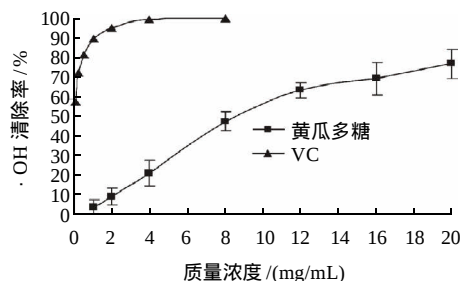


图 4 黄瓜多糖对 $\cdot OH$ 的清除率

Fig.4 Concentration-dependent scavenging activity of cucumber polysaccharides against hydroxyl free radicals

由图 4 可知,黄瓜多糖清除 $\cdot OH$ 的能力随着质量浓度增强而增强,尽管在相同质量浓度下,黄瓜多糖对 $\cdot OH$ 清除活性低于同质量浓度的 VC,但其清除能力处于逐步接近 VC 的水平。在 20mg/mL 时,清除率为 77.59%,与 VC 无显著性差异。

2.4.4 黄瓜多糖对 DPPH 自由基的清除功效

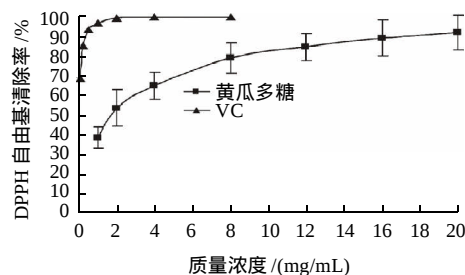


图 5 黄瓜多糖对 DPPH 自由基的清除率

Fig.5 Concentration-dependent scavenging activity of cucumber polysaccharides against DPPH free radicals

由图5可知,黄瓜多糖有明显的清除DPPH自由基的能力,且表现出良好的剂量效应关系。随着质量浓度的增加,活性越强。在质量浓度为20mg/mL时,黄瓜多糖对DPPH自由基的清除能力达到92.31%,与VC的清除能力相当,且无显著性差异。由此可见,在一定条件下,黄瓜多糖具有较明显的清除DPPH自由基的能力。

3 结 论

对黄瓜中提取的多糖的研究表明,黄瓜多糖有较好的还原能力以及清除 $O_2^{\cdot -}$ 、 $\cdot OH$ 、DPPH自由基的能力,并且在一定质量浓度时,样品溶液的部分抗氧化指标接近于VC的自由基清除能力,且无显著性差异,说明黄瓜多糖具有良好的抗氧化活性,可以作为一种天然的抗氧化剂。

参 考 文 献 :

- [1] 倪福太, 庄妍. 植物多糖的研究进展(综述)[J]. 牡丹江师范学院学报, 2010(4): 34-36.
- [2] 石雪萍. 植物多糖的研究进展(综述)[J]. 粮食与油脂, 2005(8): 8-10.
- [3] YANG Xingbin, ZHAO Yan, ZHOU Yanjuan, et al. Component and antioxidant properties of polysaccharide fractions isolated from *Angelica sinensis* (OLIV.) DIELS[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2007, 30(10): 1884-1890.
- [4] YANG Xingbin, ZHAO Yan, LÜ You. Chemical composition and antioxidant activity of an acidic polysaccharide extracted from *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55: 4684-4690.
- [5] 宛恩伯. 自由基与健康[J]. 中国水电医学, 2010(2): 84-104.
- [6] 汪峰. 黄瓜把儿别扔可排毒养颜[J]. 中华养生保健, 2007(9): 9.
- [7] TIAN Lingmin, ZHAO Yan, GUO Chao, et al. A comparative study on the antioxidant activities of an acidic polysaccharide and various solvent extracts derived from herbal *Houttuynia cordata*[J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 83: 537-544.
- [8] 董群, 郑丽伊, 方积年. 改良的苯酚-硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究[J]. 中国药学杂志, 1996, 31(2): 550-553.
- [9] 王文平, 郭祚远, 李琳, 等. 野木瓜多糖中糖醛酸含量测定[J]. 工艺技术, 2007, 32(10): 85-86.
- [10] YANG Xingbin, ZHAO Yan, WANG Qingwei, et al. Analysis of the monosaccharide components in *Angelica* polysaccharides by high performance liquid chromatography[J]. Anal Sci, 2005, 21: 1177-1180.
- [11] LÜ You, YANG Xingbin, ZHAO Yan. Separation and quantification of component monosaccharides of the tea polysaccharides from *Gynostemma pentaphyllum* by HPLC with indirect UV detection[J]. Food Chemistry, 2009, 112: 742-746.
- [12] 吕喜茹, 郭亮, 常明昌, 等. 姬松茸多糖抗氧化作用[J]. 食用菌学报, 2010, 17(1): 69-71.
- [13] LI X M, LI X L, ZHOU A G. Evaluation of antioxidant activity of the polysaccharides extracted from *Lycium barbarum* fruits *in vitro* [J]. European Polymer Journal, 2007, 43: 488-497.
- [14] LIN C L, WANG C C, CHANG S C, et al. Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from *Lycium barbarum* Linnaeus[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2009, 45: 146-151.
- [15] 陈留勇, 孟宪军. 黄桃水溶性多糖的抗肿瘤作用及清除自由基、提高免疫活性研究[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 167-170.
- [16] 张泽生, 王玉本, 黄闯, 等. 囊荷乙醇提取物的体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 282-286.
- [17] WANG C C, CHANG S C, STEPHEN INBARAJ B, et al. Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2010, 120: 184-192.