

海蓬子正丁醇萃取物的体外抗氧化性研究

余晓红^{1,2}, 尹永祺², 顾振新^{2,*}

(1. 盐城工学院化学与生物工程学院, 江苏盐城 224003;

2. 南京农业大学食品科学技术学院, 江苏南京 210095)

摘要: 对海蓬子的正丁醇萃取物, 通过硅胶柱层析、葡聚糖凝胶 LH-20 柱层析、高效液相色谱分离进行纯化, 得到一种活性成分 SBF; 通过 LC-MS 检测, 确定其分子量为 802。并对 SBF 的还原能力、对羟自由基、DPPH 自由基的清除能力和对脂质过氧化的抑制能力进行检测, 研究其体外抗氧化活性。研究表明, SBF 具有一定还原能力, 对羟自由基、DPPH 自由基都有一定的清除能力, 但均小于阳性对照 V_c ; SBF 对脂质过氧化也具有一定抑制作用, 在浓度小于 1.2mg/mL 时, 抑制作用大于 V_c , 在浓度大于 1.2mg/mL 时, 抑制作用小于 V_c 。

关键词: 海蓬子, 脂溶性, 抗氧化, 萃取

Antioxidant activity of butylalcohol extracts in *Salicornia herbacea* in vitro

YU Xiao-hong^{1,2}, YIN Yong-qi², GU Zhen-xin^{2,*}

(1. College of Chemistry and Biological Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China;

2. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Separation and purification of *Salicornia herbacea* butylalcohol fractions (SBF) were investigated. One active ingredient could be obtained by silica gel column chromatography, Sephadex LH-20 gel filtration chromatography and high performance liquid chromatography. The molecular weight of this active ingredient was 802, detected by LC-MS. In vitro, antioxidant activity of *Salicornia herbacea* butylalcohol fractions (SBF) were studied by assaying reducing power, scavenging ability of SBF on the hydroxyl radical, DPPH and inhibition of lipid peroxidation. There was scavenging ability of SBF on the hydroxyl radical, DPPH and reducing power, but less than the positive control V_c . SBF had a certain inhibition of lipid peroxidation, in the concentration of less than 1.2mg/mL, the inhibition was greater than V_c , the concentration of more than 1.2mg/mL, the inhibition was less than V_c .

Key words: *Salicornia herbacea* L.; fat-soluble; antioxidant; isolation and purification

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)12-0118-05

海蓬子 (*Salicornia herbacea* L.), 又称海芦笋、海豆等, 为藜科 (Chenopodiaceae) 盐角草属 (*Salicornia*), 该属在全世界大约有 50 个种; 海蓬子是一种生长在盐泽和泥质海岸的盐土植物^[1-2], 其含有丰富的盐分和矿物质, 如镁、钙、钾和铁, 是沿海地区的季节性蔬菜^[3]。海蓬子含有多种营养物质和活性成分, 具有抗氧化、抗癌、抑菌、抗炎、抑制酪氨酸酶等活性, 对于癌症、糖尿病、肝炎等多种疾病具有防治作用^[4-5]。目前我国海蓬子的研究主要集中于对海蓬子的引种、栽培及耐盐机理等方面的探讨, 对其成分的研究尚不深入, 尤其是生理活性的研究^[6]。

最近, 一些研究表明^[5,7], 海蓬子能产生包括抗氧化、抗癌活动的生物学效应。此外, 海蓬子多糖显示出单核/巨噬细胞谱系的细胞免疫调节活性^[8]。海蓬子中存在一些如固醇、绿原酸衍生物的化学成分^[9]。然而海蓬子的脂溶性提取物的分离纯化及相关活性研究还未深入进行。对海蓬子正丁醇萃取物抗氧化活性成分进行分离纯化, 拟通过正丁醇萃取、硅胶柱层析、葡聚糖凝胶 LH-20, 高效液相色谱分离进行, 通过 LC-MS 检测确定其分子量; 并对得到的活性成分进行体外抗氧化研究, 包括其还原能力、对羟自由基、DPPH 自由基的清除作用和对脂质过氧化的抑制作用。旨在对海蓬子中正丁醇萃取物进行抗氧化活性的研究, 从而提供一种可能的天然生物活性物质的来源, 为海蓬子进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

海蓬子 盐城市绿苑海蓬子开发有限公司; 七水合硫酸亚铁、抗坏血酸、甲醇、三氯乙酸、乙二胺四乙酸铁钠盐、三氯化铁、铁氰化钾 分析纯, 国药集团有限公司; 30% 过氧化氢 分析纯, 南京化学试剂一厂; 水杨酸 分析纯, 上海凌峰化学试剂有限公

收稿日期: 2011-09-28 * 通讯联系人

作者简介: 余晓红 (1976-), 女, 在职博士, 副教授, 研究方向: 食品微生物, 天然产物分离及应用。

基金项目: 江苏省社会发展科技支撑基金资助项目 (BE2011728); 江苏省高校自然科学基金计划基金资助项目 (11KJB550005); 江苏省农业科技支撑基金资助项目 (BE2010386); 江苏省新型环保重点实验室开放课题基金资助项目 (AE201041); 盐城市科技局工业支撑基金资助项目 (Yk2009047); 盐城市产学研联合创新资金资助项目 (YKA201102); 盐城工学院应用化学研究所开放基金资助项目 (XKY2009004)。

司;硫代巴比妥酸、卵磷脂 生化试剂, 国药集团有限公司;2,2-二苯基-1-苦基肼(DPPH) AifaAesar。

UV-2450 型紫外-可见分光光度计 日本岛津公司;HH-2 型数显恒温水浴锅 国华电器有限公司;LABOROTA 4001 型旋转蒸发仪 Heidolph 公司;centrifuge 5804R 型冷冻高速离心机 Eppendorf 公司;DH2-D 型冷冻恒温振荡器 江苏太仓市实验设备厂;Agilent1100 series 型高效液相色谱系统 美国安捷伦公司,配有全波长紫外检测器及数据处理系统;LC-ESIMS 型液相色谱-电喷雾质谱仪 LCQDECAPLUS Thermo Finnigan, Thermo Corporation, USA。

1.2 实验方法

1.2.1 海蓬子正丁醇萃取物的制备 将海蓬子于65℃烘干,粉碎过20目筛分,按料水比1:20加入蒸馏水,室温浸提24h,过滤,滤渣再用以上方法提取一次,取滤渣,65℃烘干,待用。

称取海蓬子水提取残渣500g,添加2.5L甲醇作为溶剂,65℃提取3h,抽滤,滤渣再重复提取两次,合并滤液,离心(10000r/min,20min),取上清液40℃旋转蒸发至恒重,为海蓬子正丁醇萃取物的粗提物;备用。

取50g海蓬子正丁醇萃取物的粗提物,加入400mL蒸馏水,气浴摇床150r/min,40℃振荡2h,使粗提取物分散于水中;再分三次加入正丁醇共300mL,磁力搅拌1h,于分液漏斗中静置约6h,合并三次上清液,于40℃旋转蒸发,除溶剂,得到正丁醇的萃取物。

1.2.2 海蓬子正丁醇萃取物的纯化 取40g 300目的硅胶,100℃烘2h,活化,加100mL氯仿混匀,脱气10min,装柱,氯仿平衡200mL,0.5mL/min,上样1mL,样品为海蓬子正丁醇萃取物的氯仿溶液,以氯仿:甲醇(8:2,80mL)为流动相进行洗脱,旋转蒸发除溶剂,得到海蓬子正丁醇萃取物的硅胶柱层析物^[10-11];取葡聚糖凝胶 LH-20 干粉,充分溶胀,超声30min脱气,装柱约200mL,洗脱剂甲醇先过膜,超声30min脱气,甲醇平衡400mL,0.6mL/min,上样1mL,甲醇溶解,甲醇为流动相进行洗脱,得到葡聚糖凝胶 LH-20 柱层析分离物^[12-13];采用检测波长:225nm,进样量:10μL,柱温:25℃,流速:0.6mL/min,流动相为水和甲醇,流动相体系为90%~94%甲醇10min,94%~100%甲醇20min,进行海蓬子正丁醇萃取物的高效液相色谱分离,收集相应峰所在的物质进行清除 DPPH 自由基的能力测定,验证活性物所在的峰,最后得到活性成分 SBF 所在的单一峰,确定活性成分 SBF 为较纯的物质,并通过后续 LC-MS 检测进一步验证。

1.2.3 海蓬子正丁醇萃取纯化物的 LC-MS 检测 检测波长为225nm,流速为0.2mL/min 进样量:4μL。电喷雾源操作电压为4.5kV,操作温度为300℃,操作压力为20bar。

1.3 分析方法

1.3.1 羟自由基清除能力的测定^[14-15] 试管中添加不同浓度的海蓬子正丁醇萃取物 1mL,依次加

6mmol/L FeSO₄ 溶液 1mL,6mmol/L H₂O₂ 溶液 1mL,摇匀,静止20min,再加入6mmol/L水杨酸溶液1mL,摇匀,37℃水浴45min,10000r/min离心15min,取上清液测定 OD_{510nm} 值,以 V_c 为阳性对照。

$$\text{清除率}(\%) = [1 - (A_i - A_j / A_0)] \times 100$$

其中,A₀为空白对照,A_j为反应液的吸光度值,A_i为不加水杨酸时提取液自身的吸光度值。

1.3.2 抑制脂质过氧化的测定^[16] 脂质体的制备:称取500mg卵磷脂溶于75mL的0.05mol/L(pH7.4)的磷酸缓冲液中,100r/min摇床过夜,超声处理40min,置于0℃条件下保存。

过氧化脂质的测定方法:在20mL试管中加入2mL的脂质体液体,磷酸缓冲液2mL,样品溶液或对照品溶液2mL,混匀,加入50mmol/L FeSO₄ 溶液2mL,模型管不加样品溶液,空白管不加 FeSO₄ 溶液,然后将对照管、模型管和样品管一同置于37℃水浴中温育40min,每5min振摇一次。温育完成后,各管加入28%三氯乙酸4mL,1%硫代巴比妥酸(TBA)2mL,混匀,置100℃水浴20min,冷却后10000r/min离心15min,取上清液在532nm波长处测定吸光度,计算样品对脂质体过氧化的抑制率。

$$\text{抑制率}(\%) = \{ [A_{\text{模}} - (A_{\text{样}} - A_{\text{空}})] / A_{\text{模}} \} \times 100$$

式中:A_模为模型管吸光度;A_样为样品管吸光度;A_空为空白管吸光度。

1.3.3 DPPH 自由基清除能力测定^[17] 4mL反应体系,依次加入不同提取物2mL,0.025mg/mL DPPH·2mL,室温避光反应60min,于517nm波长处测吸光度(A_x),空白对照吸光度(A₀),以乙醇代替供试液,样品本底吸光度(A_{so})用乙醇代替 DPPH,每个浓度组平行测定3次,取其平均值,测定结果以清除率表示。

$$\text{清除率}(\%) = [A_0 - (A_x - A_{so})] / A_0 \times 100$$

1.3.4 还原力测定^[18-19] 基本操作步骤为:于2mL样品溶液中添加4.0mL的0.2mol/L pH6.6的PBS缓冲液和2.0mL 0.1% K₃[Fe(CN)₆],混匀,50℃水浴中反应20min,速冷并加4mL 10% TCA,混匀后于5000r/min离心10min,取4mL上清液加0.8mL 0.1% FeCl₃混匀,再加入4.0mL双蒸水摇匀后,以双蒸水调零,用V_c代替样品作为阳性对照。在700nm处测吸光度,以表示还原能力的大小,吸光度越大还原能力越强。每个浓度测3个平行样,取其平均值。

2 结果与分析

2.1 SBF 的 LC-MS 分析

质谱是纯物质鉴定的最有力的工具之一,其中包括相对分子量测定,化学式确定及结构鉴定等。其中化学式的确定需要高分辨的质谱仪。活性成分 SBF 进行 LC-MS 检测分析,其正离子质谱图见图1。

由图1可以看出,在质谱图中,活性成分 SBF 主要离子峰为 m/z 803.34,由于该处为正离子得到的 m/z 峰值,故活性物质 SBF 的分子量为802。此外,质谱图中,除了最大离子峰外,其他的峰并不多,可见活性成分 SBF 较纯。与目前国内外海蓬子活性成分的研究相比较,目前从海蓬子提取的活性成分主

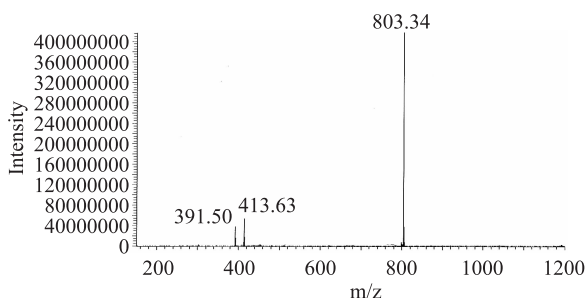


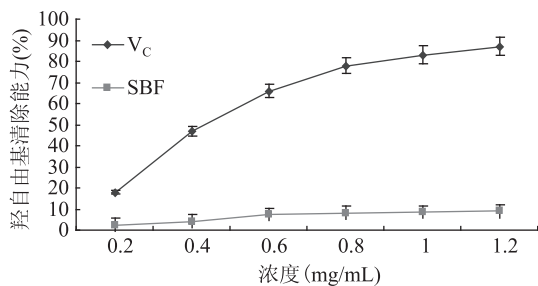
图1 SBF的正离子质谱图

Fig.1 MS spectrum of SBF

要为黄酮类和绿原酸类,分子量集中在400~600^[20],没有发现与分子量802相对应的成分,可能是一种新的从海蓬子中提取的抗氧化活性成分。其具体结构,还需进一步的鉴定。

2.2 SBF对·OH清除能力的研究

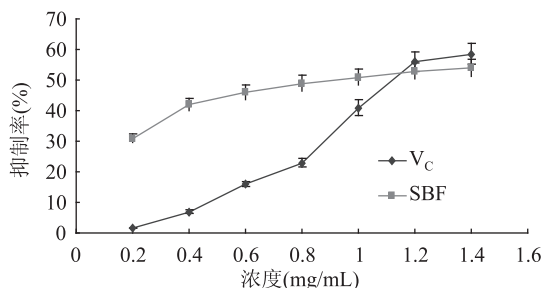
图2为阳性对照V_c与SBF对·OH清除能力的测定结果。由图2可见,海蓬子正丁醇萃取物对羟自由基的清除率随着样品浓度的增加而缓慢上升,最后趋于稳定;V_c对·OH清除能力随着浓度的增加,清除能力大幅度上升,在1mg/mL时,V_c对·OH清除率已经达到87.55%,SBF只达到8.6%。可见海蓬子正丁醇萃取物对·OH的清除能力远小于V_c。羟基自由基是已知的最强氧化剂,对细胞和组织的破坏作用最大。陈美珍^[6]通过测定海蓬子水提取物、醇提取物、海蓬子粗多糖和精多糖对羟自由基的清除能力,研究了海芦笋提取物的抗氧化活性。结果表明:海芦笋水提取物、醇提取物和多糖对·OH都有较强清除作用,但清除能力均低于对照物V_c;本研究结果表明,海蓬子的正丁醇萃取物对·OH的清除能力远低于对照物V_c,对·OH几乎没有清除作用。

图2 SBF与V_c对羟自由基的清除能力Fig.2 The scavenging activities of SBF and V_c on hydroxyl free radical

2.3 SBF抑制脂质过氧化的研究

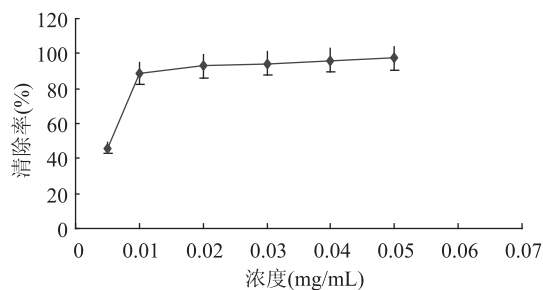
以V_c为阳性对照,海蓬子正丁醇萃取物对脂质过氧化的抑制作用见图3。由图3可以看出,海蓬子正丁醇萃取物对脂质过氧化具有一定抑制作用,在0.2~1.2mg/mL范围内,对脂质过氧化的抑制率随着样品浓度的增加而增加,但是在1.2mg/mL以后,随着样品浓度增加抑制率变化不大,最大清除率约为54%。而对照V_c,在0.2~1.2mg/mL范围内,抑制率随着样品浓度的增加而大幅增加。两条曲线相交于约1.2mg/mL处,可见在1.2mg/mL之前,海蓬子正丁醇萃取物对脂质过氧化的抑制作用是大于V_c,而大

于1.2mg/mL时,海蓬子正丁醇萃取物对脂质过氧化的抑制作用是小于V_c。Hyun-Seo Jang^[21]研究结果显示,酶处理海蓬子的水提取物具有比较显著的抗氧化作用,约为V_e的1.08倍,是一种天然的抗氧化剂,酶处理海蓬子的甲醇提取物具有比较显著的抗血栓作用。而本研究结果表明,海蓬子的正丁醇萃取物同样也通过对脂质的过氧化抑制作用表现出了较好的抗氧化作用。

图3 SBF与V_c抑制脂质过氧化作用Fig.3 The inhibiting activity of SBF and V_c on lipid peroxidation

2.4 SBF对DPPH自由基清除能力的研究

图4~图5为阳性对照V_c与SBF对DPPH自由基的清除能力结果,由图5可以看出,海蓬子正丁醇萃取物对DPPH自由基具有较强的清除能力,并且清除率随着浓度的增加而增加,到达0.2mg/mL时,清除率趋于稳定,最大清除率在90%左右;由图4可知,对照V_c在添加浓度达到0.04mg/mL时,对DPPH自由基的清除率达到了96%。因而,尽管海蓬子正丁醇萃取物对DPPH自由基具有较好的清除能力,但仍小于对照V_c对DPPH自由基的清除能力。Man Hee Rhee^[22]对海蓬子的正己烷、氯仿、正丁醇、乙酸乙酯、甲醇、水萃取的自由基清除能力进行了研究,结果发现海蓬子正丁醇和乙酸乙酯萃取物的清除能力比较大,与本研究结果一致。

图4 V_c对DPPH自由基的清除率Fig.4 The scavenging activity of V_c on DPPH free radical

2.5 SBF的还原力研究

图6~图7为对照V_c和SBF的还原能力测定结果,从图7可以看出,海蓬子正丁醇萃取物具有一定的还原能力,其还原能力随着海蓬子正丁醇萃取物浓度的增大而增强。但是明显小于阳性对照V_c的还原能力。海蓬子提取物具有还原能力,因而对羟自由基、DPPH自由基都有一定的清除能力,为其发挥抗氧化作用奠定了基础。陈美珍^[6]通过测定海蓬

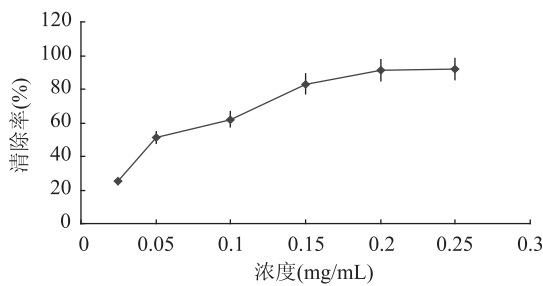


图5 V_c对DPPH自由基的清除率

Fig.5 The scavenging cativity of V_c on DPPH free radical

子水提取物、醇提取物、海蓬子粗多糖和精多糖的还原能力,研究了海芦笋提取物的抗氧化活性。结果表明:在相同浓度下,各提取物的还原能力呈相同趋势,均是海蓬子水提取物较醇提取物强,粗多糖较精多糖强。但海芦笋水提取物和多糖在实验所选浓度范围内,对邻苯三酚自氧化没有抑制作用,而醇提取物显示出一定的抑制活性。

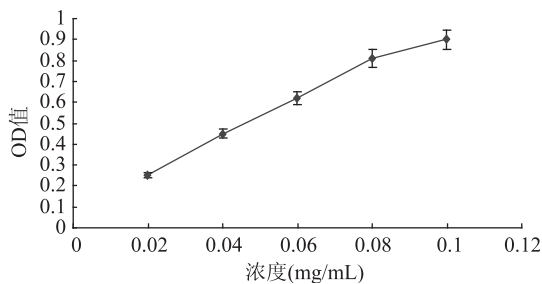


图6 V_c还原力

Fig.6 Reducing power of V_c

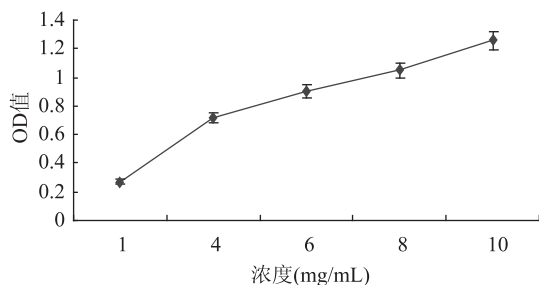


图7 SBF还原力

Fig.7 Reducing power of ethyl acetate extracts

3 结论

对海蓬子正丁醇萃取物(SBF)的纯化及体外抗氧化活性进行研究。结果表明:SBF分子量为802,具有一定还原能力,对羟自由基、DPPH自由基都有一定的清除能力,但均明显小于阳性对照V_c。同时,对脂质过氧化有一定抑制作用,在浓度小于1.2mg/mL时,抑制作用大于V_c,在浓度大于1.2mg/mL时,抑制作用小于V_c。为海蓬子正丁醇萃取物应用于抗氧化剂开发奠定基础。

参考文献

[1]洪立洲,丁海荣,杨智青,等.盐生植物海蓬子的研究进展与前景展望[J].江西农业学报,2008,20(7):46-48.
 [2]蔡金龙,骆江兰,周祥,等.海芦笋的开发应用初探[J].现

代农业科技,2007(20):66.

[3] Chinnusamy V, Zhu J, Zhu J K. Salt stress signaling and mechanisms of plant salt tolerance [J]. Genet Eng, 2006, 27: 141-147.
 [4]余晓红,申玉香,陈洪兴,等.海蓬子提取物抑制酪氨酸合成酶活性的研究[J].食品科学,2010,31(21):131-133.
 [5] Chung Y C, Chun H K, Yang J Y, et al. Tungtungmadic acid a novel antioxidant from *Salicornia herbacea* [J]. Arch Pharm Res, 2005, 28: 1122-1126.
 [6]陈美珍,宋彩霞,陈伟洲,等.海芦笋提取物体外抗氧化活性的研究[J].食品科学,2009,30(21):71-74.
 [7]Cohen M, Meisser A, Haeggeli L, et al. Involvement of MAPK pathway in TNF- α -induced MMP-9 expression in human trophoblastic cells [J]. Mol Hum Reprod, 2006(12):225-232.
 [8] Han S K, Kim S M, Pyo B S. Antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the lipid oxidation of pork [J]. Kor J Food Sci Anim Resour, 2003(23):46-49.
 [9] Chang Suk Kong, Jung Ae Kim, Zhong Ji Qian, et al. Protective effect of isorhamnetin 3-O- β -D-glucopyranoside from *Salicornia herbacea* against oxidation-induced cell damage [J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47: 1914-1920.
 [10] J L Guil-Guerrero, P Campra-Madrid, EI-Hassan Belarbi, et al. γ -Linolenic acid purification seed oil sources by argentated silica gel chromatography column [J]. Process Biochemistry, 2000, 36(1):341-354.
 [11] Setiyo Gunawan, Suryadi Ismadji, Yi-Hsu Ju, et al. Design and operation of modified silica column chromatography [J]. Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers, 2008, 39: 625-633.
 [12] Mirko Bunzel, John Ralph, Carola Funk, et al. Isolation and identification of a ferulic dehydrot-rimer from saponified maize bran insoluble fiber [J]. Eur Food Res Technol, 2003, 217: 128-133.
 [13] Young-Keun Lee M, Senthilkumar, Jung-Hun Kim, et al. Purification and partial characterization of antifungal metabolite from *Paenibacillus lentimorbus* WJ5 [J]. World J Microbiol Biotechnol, 2008, 24(12):3057-3062.
 [14]陈留勇,孟宪军,贾薇,等.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(2):167-171.
 [15] SMIRNOFF N, CUMBES Q J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes [J]. Phytochemistry, 1989, 28(4): 1057-1060.
 [16]展锐,库尔班,苜萍.火绒草提取物抗氧化活性的研究[J].食品科学,2010,31(3):153-159.
 [17]周文化,张海玲,李瑶.大蒜酒体外抗氧化研究[J].食品科技,2009,34(11):97-100.
 [18] OBAIDY H M, SIDDIQI A M. Properties of broad bean lipoxygenase [J]. Journal of Food Science, 1981, 46: 622-629.
 [19]吴艳兵,谢荔岩,谢联辉,等.毛头鬼伞(*Coprinus comatus*)多糖的理化性质及体外抗氧化活性[J].激光生物学报,2007,16(4):438-442.

(下转第124页)

起的疾病,具有十分广阔的应用前景。从本研究的结果可知,普洱茶的乙酸乙酯部分、正丁醇部分和水层部分对 α -葡萄糖苷酶活性有较强的抑制作用,其中以乙酸乙酯部分的抑制作用最高,这可能与乙酸乙酯部分主要是茶多酚,占总量的81.94%有关,与已有研究表明的富含茶多酚的绿茶提取物对 α -葡萄糖苷酶具有良好的抑制作用相吻合;三氯甲烷部分主要是咖啡碱,占了总含量的88.64%,茶多酚含量很低,仅为0.89%,该部分对 α -葡萄糖苷酶有轻微激活作用,咖啡碱是否对 α -葡萄糖苷酶的活性起促进作用有待研究。

3.2 内在化学成分差异决定了各部分对 α -葡萄糖苷酶活性存在不同的影响

通过对普洱茶各部分样品的已知主要有效成分进行检测,表明各部分样品中咖啡碱、没食子酸、儿茶素、茶多酚、茶多糖及蛋白质含量相差悬殊。并且各部分样品所得质量百分率以水层部分最多,分别是氯仿部分、乙酸乙酯部分和正丁醇部分的6.72、11.12和8.04倍。当各部分样品浓度为2.5mg/mL时,乙酸乙酯部分对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用比其它部分强,且明显优于阳性对照药(阿卡波糖)对该酶的抑制作用,因此该部分可能含有对 α -葡萄糖苷酶活性具有很强抑制作用的活性成分,值得进一步研究探明。但乙酸乙酯部分的质量远低于水层部分的质量,由此推测,乙酸乙酯部分对 α -葡萄糖苷酶活性的总抑制作用可能远不及水层部分,水层部分对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用可能起主导作用。笔者认为,以往采用动物、高通量筛选及抗氧化等实验来评价各部分样品相对普洱茶功效的贡献仅考虑了相同质量的作用效果,往往没有涉及到各部分样品的实际质量大小,以致认为水层部分对普洱茶发挥功效的作用很小,所得结论难免存在片面性。至于各部分样品对 α -葡萄糖苷酶活性影响的具体化学成分还有待借助现代化先进的分离和分析仪器进行深入研究。

3.3 普洱茶开发成 α -葡萄糖苷酶抑制剂的前景

随着当今经济的发展和人们饮食结构的改变,以及人口的老齡化,糖尿病的发病率呈明显上升趋势,已成为严重危害人类健康的疾病。当前已开发出少数 α -葡萄糖苷酶的抑制剂在临床上分别用于治疗糖尿病和高脂血症,但存在或大或小的副作用。因此,寻找高效、无毒副作用的 α -葡萄糖苷酶的天然抑制剂已成为当前的迫切需要。本研究阐明了普洱茶对 α -葡萄糖苷酶具有抑制作用,进一步完善了普洱茶降血糖机制;同时表明普洱茶具有开发成 α -葡萄糖苷酶的天然抑制剂的巨大潜力,从而有利于拓宽普洱茶深加工的领域及推动普洱茶区经济的

持续、健康、快速的发展。

参考文献

- [1] 龚加顺,周红杰,张新富,等.云南晒青绿毛茶的微生物固态发酵及成分变化研究[J].茶叶科学,2005,25(4):300-306.
- [2] 方祥,李斌,陈栋,等.普洱茶功效成分及其品质形成机理研究进展[J].食品工业科技,2008,29(6):313-316.
- [3] 陈娜,侯艳,徐昆龙,等.云南普洱茶急性毒性研究[J].云南农业大学学报,2008,23(2):233-237.
- [4] 刘勤晋,陈文品,白文祥,等.普洱茶急性毒性安全性评价研究报告[J].茶叶科学,2003,23(2):141-145.
- [5] 陈文品,刘勤晋,白文祥,等.普洱茶遗传毒性安全性评价研究[J].茶叶科学,2005,25(3):208-212.
- [6] 龚加顺,陈文品,周红杰,等.云南普洱茶特征成分的功能与毒理学评价[J].茶叶科学,2007,27(3):201-210.
- [7] 周红杰,秘鸣,韩俊,等.普洱茶的功效及品质形成机理研究进展[J].茶叶,2003,29(2):75-77.
- [8] 赵龙飞,周红杰,安文杰.云南普洱茶保健功效的研究[J].食品研究与开发,2005,26(2):114-118.
- [9] 张冬英,刘仲华.高通量筛选法对普洱茶降血糖血脂作用的研究[J].茶叶科学,2005,26(1):49-53.
- [10] 吴文华.晒青毛茶和普洱茶降血脂作用比较实验[J].中国茶叶,2005(1):15.
- [11] T T C YANG, M W L KOOU. Hypcholesterolemic effects of chinese tea [J]. Pharmacological Research, 1997, 35(6): 505-512.
- [12] KUAN - LI KUO, MENG - SHIH WENG, CHUN - TE CHIANG, et al. Comparative studies on the hypolipidemic and rowth suppressive effects of oolong, black, Pu-Erh, and green tea leaves in rats[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 480-489.
- [13] 屠幼英,须海荣,梁惠玲,等.紧压茶对胰酶活性和肠道有益菌的作用[J].食品科学,2002,23(10):113-116.
- [14] 陈文峰,屠幼英,吴媛媛,等.黑茶紧压茶浸提物对胰蛋白酶活性的影响[J].中国茶叶,2002,24(3):16-17.
- [15] 吴媛媛,屠幼英,陈文峰,等.紧压茶对 α -淀粉酶促活作用的研究[J].中国茶叶加工,2002(1):38-39.
- [16] 刘建文.药理实验方法学-新技术与新方法[M].第二版.北京:化学工业出版社,2007:254.
- [17] 王坤波,刘仲华,黄建安.儿茶素体外氧化制备茶黄素的研究[J].茶叶科学,2004,24(1):53-59.
- [18] 钟萝.茶叶品质理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1989.
- [19] 姚毓婧.毛头鬼伞子实体多糖的提取、分离纯化、结构鉴定及免疫活性研究[D].南京:南京农业大学,2007.
- [20] 袁玉荪,朱婉华,陈钧辉.生物化学实验[M].北京:高等教育出版社,1998.

(上接第121页)

- [20] Yong Pil Hwang, Hyo Jeong Yun, Jae Ho Choia, et al. 3-Caffeoyl, 4-dihydrocaffeoylquinic acid from *Salicornia herbacea* inhibits tumor cell invasion by regulating protein kinase C- δ -dependent matrix metalloproteinase-9 expression [J]. Toxicology Letters, 2010, 198: 200-209.
- [21] Hyun-Seo Jang, Kyung-Ran Kim, Sang-Won Choi, et al. Antioxidant and antithrombus activities of enzyme-treated

Salicornia herbacea extracts [J]. Annals of Nutrition and Metabolism, 2007, 51(2): 119-125.

- [22] Man Hee Rhee, Hwa-Jin Park, Jae Youl Cho. *Salicornia herbacea*: botanical, chemical and pharmacological review of halophyte marsh plant [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2009, 3(8): 548-555.