

细香葱提取物对人胃癌细胞SGC7901抑制作用

尤亚林, 李 慧, 潘思轶, 徐晓云*

(华中农业大学食品科学技术学院, 环境食品学教育部重点实验室, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 通过四甲基偶氮唑蓝比色法和流式细胞术研究不同细香葱提取物对人胃癌细胞SGC7901增殖的抑制作用及其对细胞周期、凋亡率的影响。结果显示, 细香葱抗胃癌活性成分主要集中在75%乙醇提取部位, 同一区域不同品种细香葱抑制胃癌细胞增殖作用存在显著性差异 ($P < 0.05$), 其中3号细香葱75%乙醇提取物的抑制作用最强, 其24、48、72 h时 IC_{50} 值分别为 (0.88 ± 0.07) 、 (0.45 ± 0.08) 、 (0.21 ± 0.03) mg/mL; SGC7901细胞经1.0、2.0 mg/mL的细香葱75%乙醇提取物处理48 h后, S期细胞所占比例显著增多 ($P < 0.05$), 细香葱75%乙醇提取物阻碍人胃癌细胞SGC7901由S期向G₂期的转化, 将细胞周期阻滞于S期; 同时, 实验组细胞相比对照组凋亡率显著上升 ($P < 0.05$), 存在量效关系。综上, 细香葱75%乙醇提取物能够阻滞人胃癌细胞SGC7901由S期向G₂期转化、促进其凋亡并抑制细胞增殖, 细香葱具有开发成为抗胃癌功能食品的潜力。

关键词: 细香葱; 抗胃癌; 人胃癌细胞SGC7901

Inhibitory Effect of Chive Extract on the Proliferation of Human Gastric Cancer Cell Line SGC7901

YOU Yalin, LI Hui, PAN Siyi, XU Xiaoyun*

(Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay and flow cytometry were used to analyze the proliferation, cell cycle and apoptosis of human gastric cancer SGC7901 cells in the presence of chive extract. Results showed that 75% ethanol extract from chive (CEE) had the highest antitumor activity among different solvent extracts. There was a significant difference in the antitumor activities of chive extracts from different cultivars of the same geographic origin ($P < 0.05$). The 75% ethanol extract from chive cultivar No. 3 had the highest antitumor activity with IC_{50} values at 24, 48 and 72 h of (0.88 ± 0.07) , (0.45 ± 0.08) , and (0.21 ± 0.03) mg/mL, respectively. The proportion of S-phase cells significantly ($P < 0.05$) increased after treatment with this chive extract at 1.0 or 2.0 mg/mL for 48 h, indicating that CEE may inhibit cell transformation from S phase to G₂ phase. CEE could also induce S phase arrest. Meanwhile, the apoptosis rate in the experimental group increased significantly ($P < 0.05$) in a dose-dependent manner when compared to the control group. Taken collectively, it is concluded that CEE is a promising natural anti-gastric cancer compound with potential applications in functional food industry for its effective inhibition on cell proliferation and cell cycle, and its promotion on cell apoptosis.

Key words: chive; anticancer activity; human gastric cancer SGC7901 cells

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703029

中图分类号: TS255.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 03-0176-06

引文格式:

尤亚林, 李慧, 潘思轶, 等. 细香葱提取物对人胃癌细胞SGC7901抑制作用[J]. 食品科学, 2017, 38(3): 176-181.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703029. <http://www.spkx.net.cn>

YOU Yalin, LI Hui, PAN Siyi, et al. Inhibitory effect of chive extract on the proliferation of human gastric cancer cell line SGC7901[J]. Food Science, 2017, 38(3): 176-181. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703029. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-06-30

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303079)

作者简介: 尤亚林(1990—), 女, 硕士, 研究方向为天然产物化学。E-mail: 1090718797@qq.com

*通信作者: 徐晓云(1970—), 女, 教授, 博士, 研究方向为天然产物化学。E-mail: xuxiaoyun@mail.hzau.edu.cn

细香葱 (*Allium fistulosum* L. var. *caespitosum* Makino) 为葱属 (*Allium*) 植物, 是百合科 (Liliaceae) 多年生鳞茎植物^[1]。细香葱是人们熟悉且广泛使用的调味品, 在我国栽培历史悠久, 分布广泛, 山东、河北、河南、湖北等省是细香葱种植大省。

葱属植物中含有含硫化合物^[2-3]、黄酮类化合物^[4-6]、甾体化合物^[7]、多糖^[8-10]、含氮化合物^[11]等功能活性成分, 使得葱属植物具有抗血小板凝集^[12]、抑菌^[13-14]、抗氧化^[14]等功能活性。葱属植物还具有较好的抗癌活性^[15]。韩正高等^[16]通过体外实验发现, HeLa细胞株经大葱提取液作用后, 细胞核体积增大、细胞膜破损并死亡, 且呈现剂量效应, 初步证明葱属植物具有抑制肿瘤细胞增殖的作用。葱属植物可影响多种作用于细胞周期的蛋白的表达量, 阻碍DNA的合成, 减缓肿瘤细胞增殖速率。将大蒜素分别作用人胃癌细胞MGC803和SGC7901 24 h后, 两种细胞的细胞周期发生变化, G₀和G₁期细胞逐渐减少, G₂期和M期细胞逐渐增加, S期细胞无明显变化, 提示大蒜素将细胞周期阻滞于M期^[17]。

本实验以细香葱为研究对象, 探究细香葱不同提取物对人胃癌细胞SGC7901增殖的抑制作用, 确定了75%乙醇提取部分为细香葱抗胃癌活性部位, 对比该部位与其他部位提取物的化学成分差异, 分析了细香葱提取物中可能的活性组分, 探讨了同一区域下遗传因素对细香葱抗胃癌活性的影响, 还从细胞SGC7901周期、细胞凋亡两方面研究了细香葱醇提物抗胃癌作用方式。研究可为细香葱的精深加工利用积累基础数据和理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

湖北省不同品种细香葱由华中农业大学园艺林学学院提供, 被华中农业大学蔬菜教研室鉴定为百合科 (Liliaceae) 多年生鳞茎植物。

MEM培养基 美国Gibco公司; 青-链霉素混合液、无噬菌体胎牛血清 浙江天杭生物科技有限公司; 四甲基偶氮唑蓝 (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide, MTT)、胰蛋白酶 美国Genview公司; 细胞周期检测试剂盒、细胞凋亡检测试剂盒 南京凯基生物公司。

所有提取用有机溶剂均为分析纯 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

旋转蒸发器 瑞士Buchi公司; 全波长酶标仪 美国Thermo公司; TS100倒置显微镜 日本Nikon公司; HERA CELL 150i培养箱 武汉赤城生物技术有限公司; TG16W医用离心机 长沙平凡仪器仪表有限公司; FACS Calibur流式细胞仪 美国BD Biosciences公司。

1.3 方法

1.3.1 细香葱提取物的制备

新鲜细香葱, 去根须, 洗净, 50 ℃烘干, 粉碎, 干燥阴凉处贮存备用。准确称取10.00 g葱粉4份于圆底烧瓶, 分别加入200 mL蒸馏水、75%乙醇溶液、乙酸乙酯、丙酮, 进行回流提取, 提取温度70 ℃, 提取2次, 每次4 h, 合并2次提取液。提取液于4 000 r/min离心10 min, 取上清液过滤得细香葱提取液, 减压蒸发浓缩, 真空冷冻干燥, 得到细香葱水提物、75%乙醇提取物、乙酸乙酯提取物、丙酮提取物。以同样的方法制得不同品种细香葱乙醇提取物。

1.3.2 总糖含量的测定

采用苯酚-硫酸法^[18]测定提取物中总糖含量。

1.3.3 总黄酮含量的测定

采用亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠比色法^[19]测定总黄酮类化合物含量。

1.3.4 含硫化合物含量的测定

采用定硫法^[20]测定细香葱提取物含硫化合物含量。

1.3.5 细香葱提取物对胃癌细胞抑制作用的测定

采用MTT比色法^[21]评价细香葱提取物对胃癌细胞的抑制作用。取对数生长期人胃癌细胞SGC7901, 以质量分数0.25%胰蛋白酶消化, 倒置显微镜下计数, 用MEM培养基稀释调整细胞密度约 5×10^4 个/mL, 配制成细胞悬浮液, 接种于96孔板, 每孔100 μL, 边缘孔用磷酸盐缓冲液 (phosphate buffered saline, PBS) 填充, 同时设只加培养液不接种细胞的空白对照, 37 ℃、5% CO₂孵育15 h。弃掉孔内培养基, 加入由培养基配制的不同质量浓度样品溶液 (0.5、1.0、1.5、2.0 mg/mL), 每孔200 μL, 并分别设置阴性对照, 每种处理设6个重复, 37 ℃、5% CO₂培养24、48、72 h。然后吸出培养基, 每孔加入200 μL 0.5 mg/mL MTT溶液, 37 ℃、5% CO₂培养箱继续孵育4 h。取出96孔板, 终止培养, 弃除孔内培养基, 每孔加入150 μL二甲亚砜 (dimethyl sulfoxide, DMSO), 37 ℃水平振荡摇动10 min, 用酶标仪测定490 nm波长处的吸光度, 按下式计算抑制率。对细胞增殖的抑制率达到50%时细香葱提取物质量浓度为其IC₅₀值。

$$\text{抑制率}/\% = \frac{A_1 - A_2}{A_1 - A_0} \times 100$$

式中: A₀为空白对照组吸光度; A₁为阴性对照组吸光度; A₂为实验组吸光度。

1.3.6 细香葱提取物对细胞周期影响作用的测定

取对数生长期人胃癌细胞SGC7901, 0.25%胰蛋白酶消化, 倒置显微镜下计数, 用MEM培养基稀释调整细胞密度约 5×10^5 个/mL, 配制成细胞悬浮液, 接种于6孔板, 每孔2 mL, 37 ℃、5% CO₂培养24 h, 弃掉孔内旧培养基, 加入含有不同质量浓度样品的新鲜培养基溶液 (0.0、0.5、1.0、1.5、2.0 mg/mL), 每孔2 mL, 37 ℃、5% CO₂培养48 h。

用不含乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)的0.25%胰蛋白酶消化细胞,终止消化后收集细胞,1 500 r/min离心5 min,去上清液,加PBS重悬润洗2次,1 000 r/min离心5 min,去上清液,加入100 μ L PBS重悬细胞,缓慢加入700 μ L预冷的80%乙醇,使乙醇终体积分数为70%,4 $^{\circ}$ C固定4 h以上。1 000 r/min离心5 min,预冷PBS润洗2次,加入100 μ L RNAase (50 μ g/mL),37 $^{\circ}$ C水浴30 min加入400 μ L碘化丙啶(propidium iodide, PI) (50 μ g/mL),4 $^{\circ}$ C避光染色30 min,流式细胞仪检测。

1.3.7 细香葱提取物诱导细胞凋亡作用的测定

药物作用同1.3.6节,用不含EDTA的0.25%胰酶消化细胞,终止消化后收集细胞,1 500 r/min,离心5 min,弃上清液,加PBS重悬;用PBS将细胞润洗2次,1 500 r/min,离心5 min后,弃上清液,加入500 μ L Binding Buffer重悬细胞,加入5 μ L AnnexinV-EITC混匀后再加入5 μ L PI,轻摇混匀,室温避光反应5~15 min(同时设阴性对照,即阴性空白组细胞不加Annexin和PI;阳性对照1,以凋亡效果最明显的溶剂组作为阳性对照,只加5 μ L AnnexinV单标;阳性对照2,以凋亡效果最明显的溶剂组作为阳性对照,只加5 μ L PI单标),流式细胞仪上机检测。

1.4 数据统计分析

所有实验重复3次,取平均值进行统计分析,数据以 $\bar{x} \pm s$ 的形式记录。数据的统计学分析采用SPSS数据处理软件进行配对样本 t 检验。

2 结果与分析

2.1 细香葱提取物成分分析

表1 细香葱提取物化学成分含量
Table 1 Chemical composition of chive extracts

细香葱提取物	总糖含量	总黄酮类化合物含量	含硫化化合物含量
水提取物	539.26 \pm 6.18 ^a	1.32 \pm 0.03 ^b	1.71 \pm 0.05 ^b
醇提取物	331.53 \pm 9.88 ^b	2.54 \pm 0.05 ^a	3.52 \pm 0.07 ^a
丙酮提取物	65.08 \pm 7.21 ^c	0.87 \pm 0.02 ^c	—
乙酸乙酯提取物	50.74 \pm 3.62 ^d	0.19 \pm 0.02 ^d	—

注:—,未检出;同列肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

由表1可知,细香葱提取物中含有多种化学成分,水提取物、醇提取物两种极性溶剂提取物中,糖类为主要组分,所占比例较高,醇提取物中总黄酮类化合物、含硫化化合物含量显著高于其他3种提取物;丙酮、乙酸乙酯两种非极性溶剂提取物中总糖类、总黄酮类化合物含量较低,未检出含硫化化合物。

2.2 细香葱提取物对胃癌细胞增殖的抑制作用

采用MTT法测定细香葱不同极性溶剂提取物对人胃癌细胞SGC7901增殖的抑制作用,并通过其对肿瘤细

胞半数抑制浓度(IC_{50})比较活性大小。细香葱4种不同极性溶剂提取物中水提取物几乎无细胞增殖抑制作用,在样品质量浓度达到2.0 mg/mL时对人胃癌细胞SGC7901的抑制率仅为13.89%;丙酮提取物和乙酸乙酯提取物以DMSO作为助溶剂,当溶剂中DMSO体积分数低于0.1%时对细胞无损伤作用,在DMSO体积分数为0.1%时,细香葱丙酮、乙酸乙酯提取物作用最高质量浓度为0.1 mg/mL时,无细胞增殖抑制作用;75%乙醇提取物对人胃癌细胞SGC7901的增殖具有较好的抑制作用,乙醇提取物中总黄酮类化合物和含硫化化合物含量显著高于水提取物,而黄酮类化合物和含硫化化合物是葱属植物的主要活性成分^[22],这可能促使细香葱乙醇提取物具有较好的抗胃癌活性,推测75%乙醇提取部分是细香葱抗胃癌活性部位。

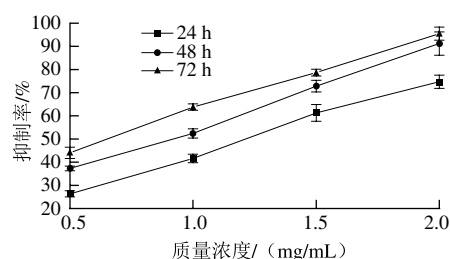


图1 细香葱醇提取物质量浓度对人胃癌细胞SGC7901的增殖抑制率

Fig. 1 Inhibitory rates of human gastric cancer SGC7901 cells treated with ethanol extract from chive

如图1所示,当细香葱醇提取物作用于对人胃癌细胞SGC7901 24、48、72 h时,其 IC_{50} 值分别为(1.28 \pm 0.59)、(0.84 \pm 0.39)、(0.63 \pm 0.44) mg/mL,随着乙醇提取物质量浓度的增加,其对胃癌细胞的增殖抑制率增大,随着乙醇提取物作用时间的延长,其对胃癌细胞的增殖抑制率增大,乙醇提取物对胃癌细胞的抑制作用具有较好的剂量-效应和时间-效应关系。

2.3 不同细香葱提取物对胃癌细胞增殖抑制作用的比较

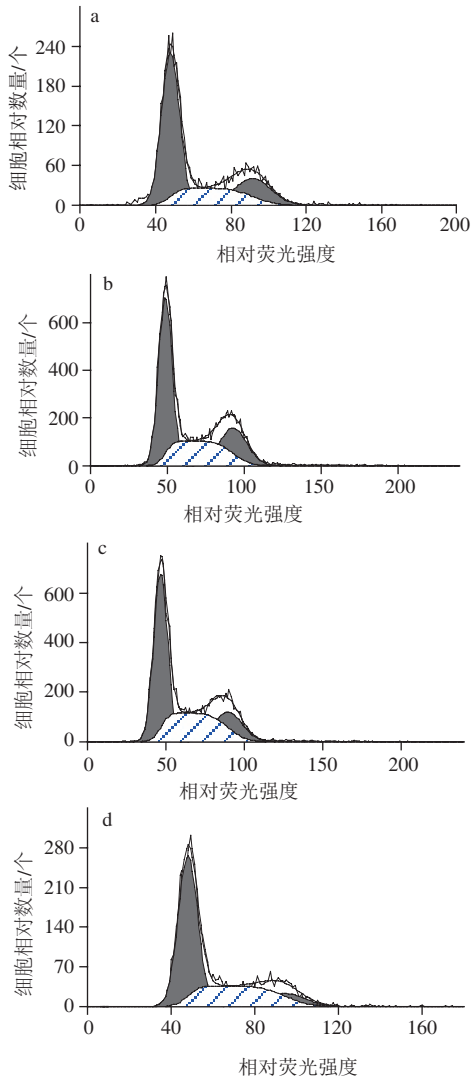
选用细香葱抗癌活性部位75%乙醇提取物进行不同品种细香葱抗胃癌活性差异比较。不同品种细香葱乙醇提取物对人胃癌细胞SGC7901增殖抑制作用见表2,随着作用时间的延长, IC_{50} 逐渐降低,对胃癌细胞的增殖抑制作用增强,均具有时间-效应关系。

11个细香葱品种中3号细香葱抑制胃癌细胞增殖作用最强,24、48、72 h IC_{50} 分别为(0.88 \pm 0.07)、(0.45 \pm 0.08)、(0.21 \pm 0.03) mg/mL,与其他品种之间差异显著($P < 0.05$)。其余细香葱部分品种间无显著差异,如1、2、7号和8号,4、5号和6号,可能是由于提取物成分较为复杂,具有抗肿瘤活性的有效成分并非单一成分,各化合物共同作用,使得部分细香葱品种醇提取物抗胃癌活性强弱相当。实验结果表明同一区域中细香葱的品种对其抗胃癌活性产生了影响。

表2 不同品种细香葱乙醇提取物对人胃癌细胞SGC7901的IC₅₀
Table 2 Anti-proliferation effect of ethanol extracts from different chive cultivars on human gastric cancer SGC7901 cells

细香葱品种	IC ₅₀ / (mg/mL)		
	24 h	48 h	72 h
1号	1.22±0.05 ^e	0.92±0.06 ^{de}	0.72±0.05 ^c
2号	1.21±0.11 ^e	0.87±0.05 ^e	0.75±0.10 ^c
3号	0.88±0.07 ^f	0.45±0.08 ^f	0.21±0.03 ^f
4号	1.83±0.09 ^a	0.88±0.09 ^e	0.65±0.04 ^d
5号	1.87±0.05 ^a	1.51±0.04 ^a	0.89±0.08 ^b
6号	1.88±0.07 ^a	1.09±0.08 ^c	0.56±0.04 ^e
7号	1.21±0.04 ^e	0.81±0.08 ^e	0.77±0.04 ^c
8号	1.22±0.07 ^e	1.07±0.09 ^c	0.70±0.08 ^{cd}
9号	1.58±0.09 ^b	1.17±0.08 ^b	1.07±0.04 ^a
10号	1.44±0.06 ^c	0.99±0.05 ^d	0.74±0.08 ^c
11号	1.38±0.11 ^d	1.07±0.05 ^c	0.83±0.04 ^b

2.4 细香葱醇提物对细胞周期影响



a~d. 细香葱醇提物质量浓度分别为0.0、0.5、1.0、2.0 mg/mL。

图2 细香葱醇提物作用人胃癌细胞SGC7901后PI单染流式图

Fig. 2 Flow cytometry analysis of human gastric cancer SGC7901 cells treated with ethanol extracts from chive through PI staining

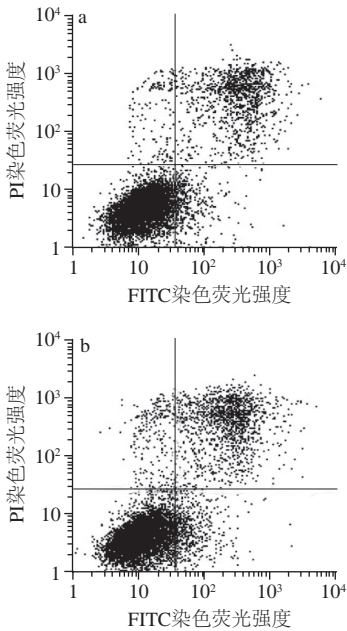
细胞周期分为间期（DNA合成前期G₁期、DNA合成期S期与DNA合成后期G₂期）与分裂期（M期）两个阶段。G₁期合成RNA和蛋白质，S进行DNA的复制，在G₂期检查修复DNA复制的准确性。细胞在M期后，有的可继续分裂进行周期循环，有的转入G₀期，G₀期细胞处于静息状态^[23]。

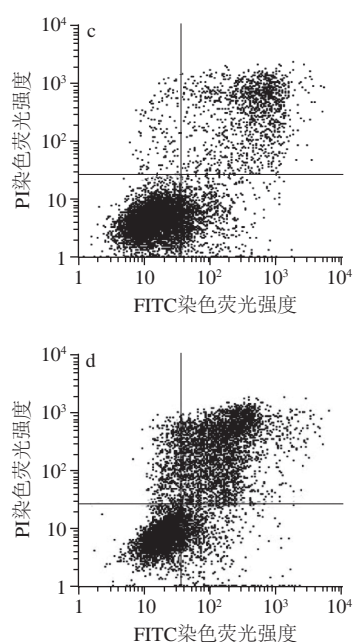
表3 细香葱醇提物作用人胃癌细胞SGC7901后细胞周期分布结果
Table 3 Cell cycle phase distribution of human gastric cancer SGC7901 cells treated with ethanol extracts from chive

细香葱醇提物质量浓度/ (mg/mL)	G ₀ /G ₁ 期细胞占比/%	S期细胞占比/%	G ₂ /M期细胞占比/%
0.0	54.37±3.63 ^a	25.07±2.57 ^d	20.57±1.07 ^a
0.5	51.23±2.84 ^b	29.18±0.49 ^e	19.61±3.32 ^a
1.0	50.65±0.93 ^b	33.06±0.79 ^b	16.29±1.73 ^b
2.0	53.05±1.85 ^a	35.89±0.37 ^a	11.07±1.47 ^c

从图2、表3可以看出，与SGC7901细胞空白对照组相比，细香葱醇提物质量浓度为0.5 mg/mL时，SGC7901细胞的G₀/G₁（表示从G₀到G₁状态的细胞，下同）期细胞减少，S期细胞增多，G₂/M期细胞不变，表明0.5 mg/mL细香葱醇提物有一定的推进细胞周期进程作用，并将细胞周期阻滞在S期；细香葱醇提物质量浓度为1.0 mg/mL时，SGC7901细胞的G₀/G₁期细胞减少，S期细胞增多，G₂/M期细胞减少，表明1.0 mg/mL细香葱醇提物能够引起S期阻滞；细香葱醇提物质量浓度为2.0 mg/mL时，SGC7901细胞的G₀/G₁期细胞不变，S期细胞增多，G₂/M期细胞骤减，表明2.0 mg/mL细香葱醇提物能够将SGC7901细胞周期阻滞在S期。实验质量浓度条件下的细香葱醇提物阻碍了人胃癌细胞SGC7901由S期向G₂期的转化，将细胞阻滞于S期，DNA合成受到抑制，细胞复制周期变得紊乱失控，胃癌细胞增殖速率减缓。

2.5 细香葱醇提物诱导细胞凋亡作用





a~d. 细香葱醇提物质量浓度分别为0.0、0.5、1.0、2.0 mg/mL。

图3 细香葱醇提物作用人胃癌细胞SGC7901后Annexin V-FITC/PI双染流式图

Fig. 3 Flow cytometry analysis of human gastric cancer SGC7901 cells treated with ethanol extracts of chive through Annexin V-FITC/PI double staining

表4 细香葱醇提物作用人胃癌细胞SGC7901后凋亡率

Table 4 Effect of ethanol extracts from chive on the apoptotic rate of human gastric cancer SGC7901 cells

细香葱醇提物质量浓度/(mg/mL)	早期凋亡率/%	晚期凋亡率/%	总凋亡率/%
0.0	4.77	12.84	17.61
0.5	5.55	15.36	20.91
1.0	11.50	13.90	25.40
2.0	11.30	41.54	52.84

采用Annexin V-FITC/PI双染法检测细胞凋亡率,结果如图3、表4所示。空白对照组SGC7901细胞的总凋亡率是17.61%,由此看出其本身生长过程中具有一定的自然凋亡率。添加细香葱醇提物诱导后,与空白对照组相比,各组早期凋亡率和晚期凋亡率均有增加,特别是当质量浓度为2.0 mg/mL时,晚期凋亡率升高到41.54%。凋亡率随细香葱醇提物质量浓度升高逐渐增大,表明细香葱醇提物可以促进SGC7901细胞的凋亡,且具有剂量-效应关系。

3 讨论

已有文献报道,葱属植物具有抑制肿瘤生长的作用^[15-16,24-26]。通过MTT法筛选细香葱活性部位,发现细香葱75%乙醇提取部分对人胃癌细胞SGC7901增殖具有抑制作用,远远强于槐耳浸膏^[27]、黑加仑提取物^[28]等天然产物,具有剂量-效应和时间-效应关系,是细香葱抗胃

癌的活性部位。对比细香葱不同极性溶剂提取物化学成分含量差异,发现75%乙醇提取物中总黄酮类化合物和含硫化合物含量显著高于其他极性溶剂提取物,且黄酮化合物和含硫化合物均是葱属植物的生物活性组分^[22]。因此,推测细香葱中黄酮类化合物和含硫化合物是细香葱抗胃癌活性的物质基础。然而,本研究仅对细香葱活性部位(75%乙醇提取部分)进行了初步成分分析,后续还需要进一步对75%乙醇提取物进行结构鉴定、活性筛选及检验研究。

比较同一区域11个品种的细香葱75%乙醇提取物对人胃癌细胞SGC7901增殖IC₅₀值,11种提取物抗胃癌活性表现出品种差异。化学成分是生物活性的物质基础,细香葱抗胃癌活性差异可能是因为遗传物质的不同造成了细香葱醇提物中黄酮类化合物、含硫化合物等活性成分有所差异,而天然产物的生物活性往往是多组分共同作用的结果,物质基础的不同导致了细香葱抗胃癌活性的不同。

葱属植物可阻滞肿瘤细胞周期,诱导其凋亡,具有抗癌能力^[17]。细胞周期是一个复杂有序、严格调控的过程,细胞通过检查点(G₁/S期和G₂/M期及M期)进行复制调控,细胞周期调控机制的失控,尤其是检查点发生突变在细胞癌变过程中的作用至关重要^[29]。人胃癌细胞SGC7901经细香葱醇提物作用后,G₀/G₁期基本不变,S期细胞增多,G₂/M期细胞具有随样品质量浓度增加而减少的趋势,细香葱醇提物将细胞周期阻滞在S期,降低了细胞增殖率。细胞凋亡检测结果表明,在细香葱醇提物的刺激下,实验组凋亡率随样品质量浓度的增加而变大,呈现剂量增加效应。大葱与细香葱同属葱属植物,在化学组成上相似,有文献报道,大葱提取物能诱导人胃癌细胞分化与凋亡,明显抑制其增殖生长,进一步为本研究结果提供佐证^[26]。

细香葱75%乙醇提取部分是香葱抗胃癌的活性部位,通过使人胃癌细胞SGC7901细胞分裂周期紊乱,将细胞周期阻滞在S期,诱导细胞凋亡,发挥抑制人胃癌细胞增殖的作用。利用细香葱特有的生理活性开发天然抗癌功能食品,对我国细香葱资源的深度利用具有重要的经济价值和广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 邢立栋. 细香葱再生体系的建立[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 1.
- [2] 杨敏, 梅馨月, 廖静静, 等. 三种葱属作物挥发物和提取液对植物病原真菌和卵菌的抑菌活性[J]. 植物保护, 2013, 39(3): 36-44. DOI:10.3969/j.issn.0529-1542.2013.03.008.
- [3] 杨静美, 王强, 伍惠媚, 等. 葱属植物中的含硫化合物对香蕉枯萎病菌的毒力测定及微胶囊化[J]. 果蔬学报, 2013, 30(6): 1040-1046. DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.2013.06.007.
- [4] CAROTENUTO A, FATTORUSSO E, LANZOTTI V, et al. The flavonoids of leek, *Allium porrum*[J]. Phytochemistry, 2001, 57(4): 565-569. DOI:10.1016/S0031-9422(01)00039-5.

- [5] CAROTENUTO A, FATTORUSSO E, LANZOTTI V, et al. The flavonoids of *Allium neapolitanum*[J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(5): 949-951. DOI:10.1016/S0031-9422(96)00663-2.
- [6] LY T N, HAZAMA C, SHIMOYAMADA M, et al. Antioxidative compounds from the outer scales of onion[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(21): 8183-8189. DOI:10.1021/jf051264d.
- [7] MIMAKI Y, KAWASHIMA K, KANMOTO T, et al. Steroidal glycosides from *Allium albopilosum* and *A. ostrowskianum*[J]. *Phytochemistry*, 1993, 34(3): 799-805. DOI:10.1016/0031-9422(93)85362-U.
- [8] 张英. 葱白多糖的提取纯化及生物活性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009: 37-44.
- [9] 张君萍. 沙葱籽油和多糖的提取及其降血脂作用[D]. 南京: 南京农业大学, 2011: 75-88.
- [10] 李璐, 姚美, 张华峰, 等. 3 种葱属蔬菜水提物、醇提物与多糖的抗氧化活性研究[J]. *陕西师范大学学报*, 2015, 43(3): 98-103. DOI:10.15983/j.cnki.jsnu.2015.03.136.
- [11] 刘建涛, 王杉, 张维民, 等. 葱属植物生物活性物质的研究进展[J]. *食品科学*, 2007, 28(4): 348-350.
- [12] BORDIA A. Effect of garlic on human platelet aggregation *in vitro*[J]. *Atherosclerosis*, 1978, 30(4): 355-360. DOI:10.1016/0021-9150(78)90129-6.
- [13] 马春景, 赵丽华, 杨帆, 等. 三种百合科葱属植物对五种食源性致病菌抑菌效果的比较[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(11): 52-56. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.11.002.
- [14] SANTAS J, ALMAJANO M P, CARBÓ R. Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa* L.) extracts[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010, 45(2): 403-409. DOI:10.1111/j.1365-2621.2009.02169.x.
- [15] 苟卓越, 邱晓红, 马满玲. 葱属植物抗肿瘤作用的研究进展[J]. *中国药房*, 201347: 4501-4502. DOI:10.6039/j.issn.1001-0408.2013.47.29.
- [16] 韩正高, 赵萍, 王丽君. 大葱在体外对HeLa细胞株的抗增殖作用[J]. *营养学报*, 1996, 18(2): 203-205. DOI:10.13325/j.cnki.acta.nuki.acta.nutr.sin.1996.02.016.
- [17] 哈敏文, 袁媛. 大蒜素诱导人胃癌细胞M期阻滞的研究[J]. *中华肿瘤杂志*, 2004, 26(10): 11-15.
- [18] 李涛, 刘晓璠, 杨小兰. 啤酒花总黄酮测定方法的比较研究[J]. *食品科学*, 2014, 35(18): 89-92. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201418017.
- [19] 马虎飞, 王思敏, 杨章民. 陕北野生枸杞多糖的体外抗氧化活性[J]. *食品科学*, 2011, 32(3): 60-63.
- [20] 刘莹. 大蒜素测定方法研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014: 16-17.
- [21] 王海波, 顾昊, 赵雪煜, 等. 南蛇藤提取物通过调控基质金属蛋白酶组及其抑制因子抑制人胃癌SGC-7901细胞侵袭转移的研究[J]. *中草药*, 2016, 47(8): 1345-1350. DOI:10.7501/j.issn.0253-2670.2016.08.016.
- [22] 刘健涛, 王杉, 张维民, 等. 葱属植物生物活性物质的研究进展[J]. *食品科学*, 2007, 28(4): 348-350.
- [23] KUROSE A, TANAKA T, HUANG X, et al. Synchronization in the cell cycle by inhibitors of DNA replication induces histone H2AX phosphorylation: an indication of DNA damage[J]. *Cell Proliferation*, 2006, 39(3): 231-240. DOI:10.1111/j.1365-2184.2006.00380.x.
- [24] SEKI T, TSUJI K, HAYATO Y, et al. Garlic and onion oils inhibit proliferation and induce differentiation of HL-60 cells[J]. *Cancer Letters*, 2000, 160(1): 29-35. DOI:10.1016/S0304-3835(00)00552-8.
- [25] 周晓娜, 郭争荣. 大葱提取物对人胃癌移植瘤生长的抑制作用[J]. *中国医疗前沿*, 2012, 7(4): 2-3. DOI:10.3969/j.issn.1673-5552.2012.04.0002.
- [26] 李晓军, 常丽丽, 任锡玲, 等. 大葱精提取物对人胃癌细胞MGC-803诱导分化和凋亡的实验研究[J]. *河北医药*, 2009, 31(14): 1744-1745.
- [27] 李晓文. 槐耳浸膏诱导人胃癌细胞系MKN28、SGC7901凋亡及抑制其MMPs表达的研究[D]. 贵州: 遵义医学院, 2012: 7-11.
- [28] 贾娜. 黑加仑提取物的抗氧化活性与应用及其对胃癌细胞增殖的抑制作用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012: 65-66.
- [29] REW D A, WILSON G D. Cell production rates in human tissues and tumours and their significance. Part II: clinical data[J]. *European Journal of Surgical Oncology*, 2000, 26(4): 405-417. DOI:10.1053/ejso.1999.0907.