

香乳菇多糖对 Hela 细胞凋亡及对 RAW264.7 细胞免疫活性的影响

Inhibitory effect on Hela cells and immune effects on RAW264.7 cells of a polysaccharide from *Lactarius camphoratum* (Bull.) Fr

赵大群 丁祥 刘露 钱叶 许婷

ZHAO Da-qun DING Xiang LIU Lu QIAN Ye XU Ting

苟凡铖 宋波 侯万儒 侯怡铃

GOU Fan-cheng SONG Bo HOU Wan-ru HOU Yi-ling

(1. 西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637009; 2. 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 四川 南充 637009)

(1. College of Life Science, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009, China; 2. Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation [Ministry of Education], Nanchong, Sichuan 637009, China)

摘要:为研究香乳菇多糖(LC-1)的抗肿瘤和免疫调控活性, 将人的宫颈癌 Hela 细胞和小鼠巨噬细胞 RAW264.7 体外培养, 分别通过 CCK-8 法、流式细胞术和 ELISA 技术检测不同浓度 LC-1 对 Hela 细胞增殖和凋亡周期的影响, 对 RAW264.7 细胞增殖、吞噬的影响, 及对 RAW264.7 细胞分泌 NO、IL-6 和 TNF- α 的影响。结果表明: 香乳菇多糖对体外培养的 Hela 细胞有明显的抑制作用, 且影响 Hela 细胞的形态及凋亡周期, 当 LC-1 浓度为 10 $\mu\text{g/mL}$ 时, Sub 峰含量可达 19.4%; 同时, LC-1 能调控巨噬细胞的免疫活性, 当 LC-1 浓度为 10 $\mu\text{g/mL}$ 时, 巨噬细胞增值率和吞噬活性分别为 67.48% 和 87.09%, 亦能促进巨噬细胞从 G0/G1 期向 G2 期和 S 期转化, 同时刺激巨噬细胞产生 IL-6 和 TNF- α , 且呈现出明显的剂量依赖性, 但对 NO 生成没有明显的促进作用。综上, 在体外试验中, 香乳菇多糖 LC-1 能抑制宫颈癌 Hela 细胞生长, 促进 RAW264.7 细胞增殖和吞噬活性, 刺激巨噬细胞产生免疫因子。

关键词: 香乳菇多糖; Hela 细胞; 凋亡; 巨噬细胞 RAW264.7; 增殖作用; 吞噬作用

Abstract: The antitumor and immunoregulatory activities of polysaccharide LC-1 from *Lactarius camphoratum* (Bull.) Fr. were studied by using the human cervical cancer Hela cells and the mouse macrophage RAW264.7 cells. The two kinds of cells were cultured in vitro, and the effects of different concentrations of LC-1 on the proliferation and cell cycle of Hela cells and the proliferation and phagocytosis of RAW264.7 cells were investigated. Moreover, the secretion of NO, IL-6 and TNF- α of RAW264.7 cells were tested using CCK-8 method, flow cytometry and ELISA technique, respectively. The results showed that polysaccharide LC-1 from *L. camphoratum* (Bull.) Fr. has obvious inhibitory effect on Hela cells in vitro, and could influence the apoptosis cell cycle of Hela cells. When the concentration of LC-1 was 10 $\mu\text{g/mL}$, the content of Sub peaks was 19.4%. It was further found that polysaccharide LC-1 could regulate the immune activity of macrophage. When the concentration of LC-1 was 10 $\mu\text{g/mL}$, the phagocytic activity and proliferation rate of macrophage were 67.48% and 87.09%, respectively. LC-1 could also promote the transformation of macrophages from G0/G1 phase to G2 phase and S phase and stimulate macrophages to produce IL-6 and TNF- α , showing a dose-dependent. However, no obvious effect on the production of NO was observed. In conclusion, in vitro, polysaccharide LC-1 from *L. camphoratum* (Bull.) Fr. could inhibit the growth of cervical carcinoma Hela cells and promote the proliferation and phagocytosis of macrophage, as well as stimulate macrophages to produce immune factors.

Keywords: *Lactarius camphoratum* (Bull.) Fr. polysaccharide; Hela cells; apoptosis; macrophage RAW264.7; proliferation; phagocytosis

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 31400016); 四川省生态安全与保护重点实验室开放基金资助项目(编号: ESP1408); 四川省教育厅重大培育项目(编号: 16CZ0018); 南充市科技局项目(编号: 16YFZJ0043)

作者简介: 赵大群, 女, 西华师范大学在读硕士研究生。

通信作者: 侯怡铃(1983—), 女, 西华师范大学教授, 博士。

E-mail: starthlh@126.com

收稿日期: 2017-03-06

近年来,掀起了开发新型有效、低毒性的抗肿瘤药物的热潮。其中,真菌多糖引起越来越多科学家的关注^[1-2]。由于多糖分离纯化困难及其本身结构的复杂性,能够纯化得到多糖纯品并阐明其结构的并不多,且大部分真菌多糖免疫调节活性的研究都集中在多糖粗提物的生物学活性方面^[3-4],而其混合物或复合物中具体是哪些成分起作用或者是起主要作用,尚不明确,导致其活性及相关分子生物学机制不清晰。

香乳菇[*Lactarius camphoratum* (Bull.) Fr.] 属伞菌目红菇科乳菇属的珍稀型食用真菌。因气香味美,常将干品研磨成粉作为调味品。抗癌试验^[5-6]显示,其提取物对肉瘤 S-180 和艾氏腹水癌抑制率可达 70% 以上。

在笔者^[7]前期的研究中,从香乳菇子实体中纯化得到了水溶性的香乳菇多糖(LC-1)。该多糖是由两种单糖组成的杂多糖,是一种结构新颖的真菌多糖,具有显著的抗氧化作用。本试验拟探讨香乳菇多糖(LC-1)对宫颈癌 Hela 细胞凋亡及对巨噬细胞 RAW264.7 免疫活性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

香乳菇:采自四川省小金县的野生真菌,由四川省重点实验室西华师范大学丁祥教授鉴定;

小鼠巨噬细胞系 RAW264.7、人类宫颈癌 Hela 细胞株:北纳创联生物技术有限公司;

RPMI 1640 培养基、胎牛血清、5% 胰酶和双抗:美国 Gibco 公司;

LPS(脂多糖):美国 Sigma 公司;
Griess 检测试剂盒:南京建成生物工程研究所;
CCK-8 试剂盒:日本同仁化学研究所;

细胞周期与凋亡试剂盒、细胞凋亡与坏死检测试剂盒:碧云天公司;

TNF-α ELISA 试剂盒、IL-6 ELISA 试剂盒:武汉博士德公司;

其它化学药品和试剂均为分析级。

1.1.2 主要仪器

细胞培养箱:311(气套式)型,美国 Thermo 公司;
酶标仪:Multiskan GO 型,美国 Thermo 公司;
流式细胞:BD Accuri C6 型,美国 BD 公司;
倒置荧光显微镜:DM3000 型,德国莱卡公司。

1.2 试验方法

1.2.1 多糖提取 按王芳等^[7]提供的方法,将香乳菇子实体烘干,粉碎,获得的子实体粉末于 95 ℃ 水浴 5 h,上清液浓缩,95% 乙醇与浓缩液以体积比 3 : 1 醇沉,收集沉淀烘干,获得粗多糖。粗多糖溶液经葡聚糖凝胶柱 G-200 纯化后,收集过柱液浓缩烘干,-4 ℃ 储存备用。

1.2.2 LC-1 对 HeLa 细胞生长的影响 将 Hela 细胞加入 96 孔板中培养 24 h,分别用 100 μL 不同浓度 LC-1 的细胞培养液(2,4,6,8,10 μg/mL,试验组)和 LPS(2 μg/mL,阳性对照组)刺激细胞,培养 24 h。加 CCK-8 试剂 5 μL,酶标仪检

查 450 nm 波长时的吸光度值。倒置荧光显微镜 400× 镜下拍照保存^[6]。按式(1)计算细胞抑制率。

$$I = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%,$$

(1)

式中:

I ——抑制率,%;

A_1 ——测试样品孔细胞的吸光度值;

A_0 ——空白对照孔细胞的吸光度值^[8]。

1.2.3 LC-1 对 Hela 细胞凋亡的影响 用 1 mL 含不同浓度 LC-1(2,4,6,8,10 μg/mL)和 RPMI1640 完全培养液(空白对照组)处理细胞,用细胞凋亡与坏死检测试剂盒中 1 mL 细胞染色缓冲液重悬细胞,加入 Hoechst 染色液 5 μL 与 PI 染色液 5 μL,混匀后,冰浴双染 30 min,用流式细胞仪检测凋亡率^[9]。

1.2.4 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 增殖的影响

(1) LC-1 浓度对巨噬细胞 RAW264.7 增殖的影响:用 100 μL 不同浓度(2,4,6,8,10 μg/mL)的 LC-1、LPS(2 μg/mL,阳性对照组)和空白培养液(阴性对照组)刺激细胞,培养 24 h。加入 5 μL CCK-8 试剂,用酶标仪测定在 450 nm 波长下的吸光度值^[10]。按式(2)计算细胞增殖活性。

$$P = \frac{A_2 - A_0}{A_1 - A_0} \times 100\%,$$

(2)

式中:

P ——细胞增殖率,%;

A_0 ——细胞培养基的平均吸光度值;

A_1 ——阴性对照组孔的平均吸光度值;

A_2 ——测试样品孔细胞的平均吸光度值^[11]。

(2) 刺激时间对巨噬细胞 RAW264.7 增殖的影响:将巨噬细胞 RAW264.7 培养在 10 μg/mL 的 LC-1 中,分别在 0,6,12,24,48,72 h 用 CCK-8 试剂盒检测巨噬细胞 RAW264.7 增殖活性。

1.2.5 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 周期的影响 用 1 mL 不同浓度的 LC-1 的完全培养液(1,5,10 μg/mL)处理细胞,以不含 LC-1 的完全培养液作为空白对照,培养 24 h,收集细胞。按细胞周期与凋亡试剂盒操作说明进行固定与染色。用流式细胞仪检测细胞的 DNA 含量,并使用的 modifit LT 软件计算各时期细胞 DNA 含量。每个试验重复 3 次^[12]。

1.2.6 LC-1 对巨噬细胞 RAW 264.7 吞噬功能的影响 用不同浓度的 LC-1 溶液(2,4,6,8,10 μg/mL,试验组)、LPS(2 μg/mL,阳性对照组)和空白培养液(阴性对照组)刺激细胞,培养 24 h 后,取出上清液,加入 0.075% 中性红溶液 100 μL,继续培养 1 h,吸出上清液,PBS 洗 3 次,加 0.1 mol/L 的细胞裂解缓冲液(乙醇与乙酸体积比为 1 : 1) 100 μL,放置于 4 ℃ 冰箱中,2 h 后用酶标仪测定 540 nm 处的吸光度^[13]。

1.2.7 LC-1 对 RAW 264.7 细胞 IL-6 和 TNF-α 含量的影响 分别用 100 μL 含有不同浓度 LC-1 的细胞培养液(2,4,6,8,10,50,100,200 μg/mL,试验组)、LPS 细胞培养液(2 μg/mL,阳性对照组)和空白培养液(阴性对照组)刺激细

胞,培养 24 h 后,用 ELISA 试剂盒检测上清液中的 IL-6 和 TNF- α 含量^[13]。所有试验重复 3 次。

1.2.8 LC-1 对 RAW 264.7 细胞 NO 产生量的影响 分别用 100 μ L 含有不同浓度 LC-1 的细胞培养液(2,4,6,8,10,50,100,200 μ g/mL,试验组)、LPS 细胞培养液(2 μ g/mL,阳性对照组)和空白培养液(阴性对照组)刺激细胞,培养 24 h 后,在上清液中加入 Griess 试剂 50 μ L,于 540 nm 处测定吸光度值,用亚硝酸钠溶液绘制标准曲线计算 NO 生成量^[14]。

1.2.9 统计学分析 以 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析和 t 检验。

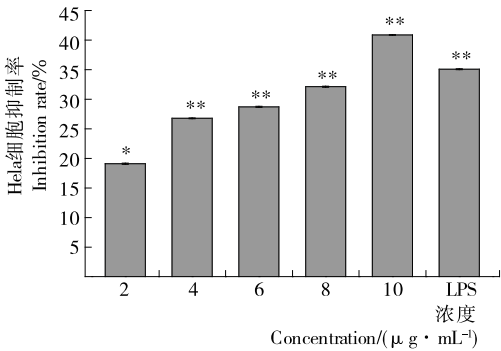
2 结果与分析

2.1 LC-1 对 HeLa 细胞生长抑制试验结果分析

LC-1 对宫颈癌 HeLa 细胞抑制作用异常迅速,结果显示(图 1),在试验组中,经不同浓度 LC-1 处理后 HeLa 细胞活细胞数量明显不同。当 LC-1 浓度为 2 μ g/mL 时较空白组抑制作用显著($P<0.05$);而 LC-1 浓度达 4~10 μ g/mL 时,均呈现极显著的抑制作用($P<0.01$)。当 LC-1 浓度为 10 μ g/mL 时,在试验浓度范围内对 HeLa 细胞的抑制率达最大,超过阳性对照组。经不同浓度 LC-1 刺激后的宫颈癌细胞生长形态见图 2,随香乳菇多糖 LC-1 浓度的增加,细胞的数量明显减少,细胞开始变圆,细胞间隙增大,与邻近细胞脱离,细胞核体积增大,出现悬浮细胞。结果表明,香乳菇多糖 LC-1 能够抑制 HeLa 细胞的生长。

2.2 LC-1 对 HeLa 细胞周期的影响

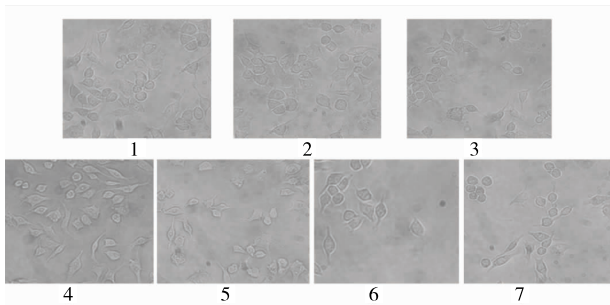
不同浓度 LC-1 对 HeLa 细胞凋亡的影响见图 3。Sub 峰表示凋亡细胞数量占所测细胞总数的百分比。结果显示,在



* 表示与空白对照组相比具有显著性差异, $P<0.05$; * * 表示与空白对照组相比具有极显著性差异, $P<0.01$

图 1 LC-1 对 HeLa 细胞体外抑制作用

Figure 1 Inhibitory effect of LC-1 on HeLa cells in vitro



1. 未加多糖 LC-1 的空白组 2~6. 分别为 2,4,6,8,10 μ g/mL 的 LC-1 的试验组 7. 2 μ g/mL 的 LPS 阳性对照组

图 2 LC-1 对 HeLa 细胞形态的影响(400 $\times$)

Figure 2 Effect of LC-1 on the morphology of HeLa cells (400 $\times$)

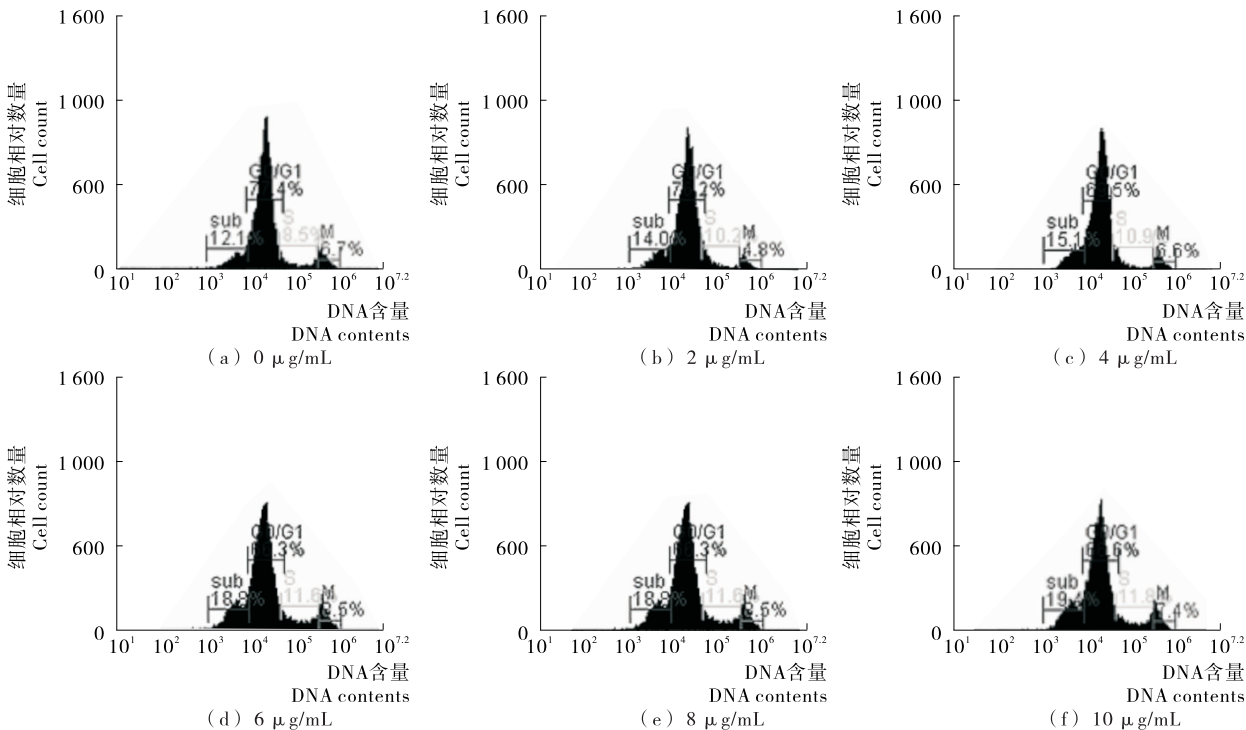


图 3 LC-1 对 HeLa 细胞周期的影响

Figure 3 Effect of LC-1 on cell cycle of HeLa cells

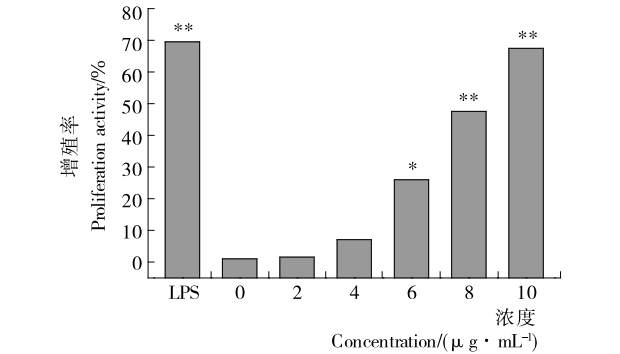
空白对照组中,Hela 细胞凋亡率为12.1%,经2~10 $\mu\text{g/mL}$ LC-1 处理后的 Hela 细胞的凋亡率分别达 14.0%,15.1%,15.9%,18.9%,19.4%,较空白对照组均有所升高,并且随着多糖浓度的升高,凋亡率升高越明显。

多糖制剂作为抗肿瘤药物,一般不会直接杀伤肿瘤细胞,而是通过刺激机体的特异性免疫功能达到抗肿瘤效果^[15],但 LC-1 可以在体外直接抑制 Hela 细胞的生长。当 LC-1 浓度为 10 $\mu\text{g/mL}$ 时,LC-1 对 HeLa 细胞的直接抑制率可达为 40.87%,超过阳性对照组,且影响 Hela 细胞的凋亡周期与细胞形态。

2.3 LC-1 对 RAW264.7 细胞体外增殖活性的影响

由图 4 可知,随着 LC-1 浓度的增加,细胞增殖活性呈剂量依赖性增加。当 LC-1 浓度为 6 $\mu\text{g/mL}$ 时,RAW264.7 细胞增殖率达 25.99%(与空白对照组相比, $P<0.05$);当 LC-1 浓度为 8,10 $\mu\text{g/mL}$ 时,增值率分别为 47.55%,67.48%(与空白对照组相比, $P<0.01$);当 LC-1 浓度为 10 $\mu\text{g/mL}$ 时,RAW264.7 细胞增殖活性接近阳性对照组。

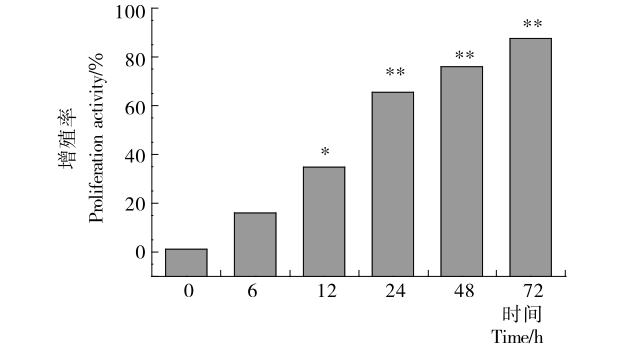
由图 5 可知,经 10 $\mu\text{g/mL}$ LC-1 处理了 6 h 的细胞与 0 h 比较,其增殖活性达15.98%;当处理时间达12 h,增殖活性



* 表示与空白对照组相比具有显著性差异, $P<0.05$; * * 表示与空白对照组相比具有极显著性差异, $P<0.01$

图 4 不同浓度 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 增殖作用的影响

Figure 4 Effect of different concentrations of LC-1 on the proliferation of macrophage RAW264.7



* 表示与空白对照组相比具有显著性差异, $P<0.05$; * * 表示与空白对照组相比具有极显著性差异, $P<0.01$

图 5 10 $\mu\text{g/mL}$ LC-1 刺激不同时间对巨噬细胞 RAW264.7 增殖作用的影响

Figure 5 Stimulation effect of 10 $\mu\text{g/mL}$ LC-1 on proliferation of RAW264.7 in different time

达 34.79%(与空白对照组相比, $P<0.05$);当多糖刺激达到 24 h,增殖活性为65.48%(与空白对照组相比, $P<0.01$);值得注意的是,当刺激时间达 48,72 h 时,增殖活性虽然依旧在增加,但是增加速率较前 12 h 有所减慢。

2.4 LC-1 对 RAW264.7 细胞周期分布的影响

LC-1 对 RAW264.7 细胞周期进程的影响见图 6,LC-1 对 RAW264.7 细胞周期各个阶段分布都有一定程度的影响。用 LC-1 刺激细胞 24 h 后,G0/G1 期细胞数相比对照组有明显降低的现象,且呈浓度依赖性关系。当 LC-1 浓度达 1,5,10 $\mu\text{g/mL}$ 时,其 G0/G1 期细胞比例分别减少到58.3%,

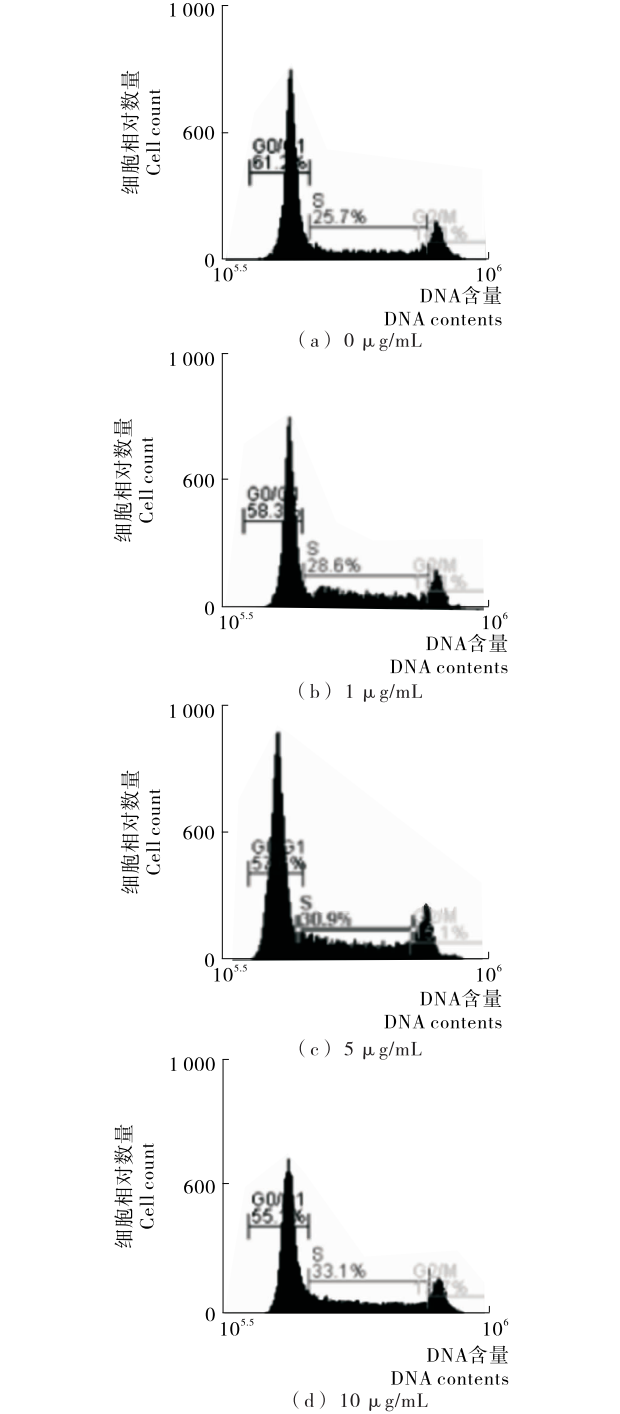
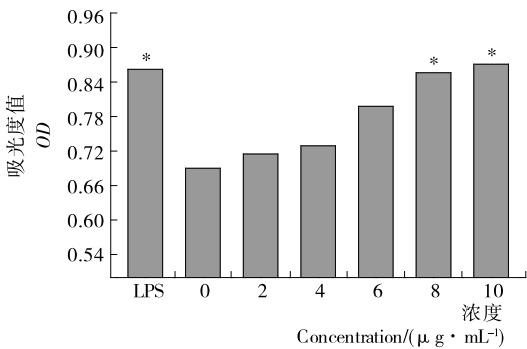


图 6 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 细胞周期的影响
Figure 6 Effects of LC-1 on cell cycle of RAW264.7 cells

57.6%,55.1%。同时,发现改变 LC-1 浓度,G2/M 期的细胞数也发生变化。分别由空白组的 14.1%,增加到 14.7%,15.1%,19.7%。在细胞周期中,G1 期主要合成 RNA 和核糖体,S 期主要是 DNA 复制、组蛋白和酶的合成;G2 期为有丝分裂的准备期。G0 期细胞大量存在,则不利于细胞进行有丝分裂。结果提示,LC-1 可以促进巨噬细胞在 G1 期向 G2 期和 S 期转化,减少 G0 期细胞产生,导致巨噬细胞增殖。

2.5 LC-1 对巨噬细胞吞噬功能的影响

巨噬细胞活力增加的重要指标之一是吞噬能力增强。用 0.075%中性红检测 LC-1 刺激后巨噬细胞的吞噬能力,结果见图 7,与空白对照组相比,不同浓度的 LC-1 培养液中孵育 24 h 后的 RAW264.7 细胞,其吞噬能力增强,在试验剂量范围内,活性与剂量呈依赖性关系。当 LC-1 浓度在 8,10 $\mu\text{g/mL}$ 时,RAW264.7 细胞的吞噬能力分别为 85.60%,87.09%(与空白对照组相比, $P<0.05$),且 LC-1 浓度在 10 $\mu\text{g/mL}$ 时 LC-1 刺激 RAW264.7 细胞的吞噬能力高于阳性对照。



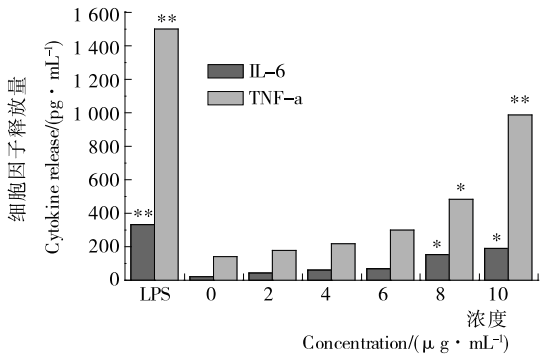
* 表示与空白对照组相比具有显著性差异, $P<0.05$; * * 表示与空白对照组相比具有极显著性差异, $P<0.01$

图 7 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 吞噬功能的影响
Figure 7 Effect of LC-1 on phagocytosis of macrophage RAW264.7

多糖的主链结构、支链的组成和分子量决定多糖的高级结构,也是其抗肿瘤活性的重要因素。一般来说,具有中等分枝程度和分子量的多糖活性较高。分子量太大或太小,都难以达到理想的活性,各个多糖都有自己的最适分子量^[16]。同时,多糖发挥抗生物活性的前提是能溶于水。多糖的水溶性增加,其药理活性也相应提高^[17]。LC-1 分子量为 9 279 Da,在最适相对分子质量范围内,且具有良好的水溶性^[7],可能是导致香乳菇多糖具有诱导宫颈癌 Hela 细胞凋亡及对巨噬细胞 RAW264.7 具有免疫调控活性的关键。

2.6 LC-1 对细胞因子分泌的影响

细胞因子在免疫应答机制中起着举足轻重的作用。由图 8、9 可知,加入 LC-1 刺激后的 RAW264.7 细胞中 IL-6 和 TNF- α 的含量较阴性对照组有增高趋势,且在试验范围内呈现出明显的剂量依赖性。当 LC-1 的剂量为 8 $\mu\text{g/mL}$ 时,IL-6 和 TNF- α 的含量分别为 153.02,483.74 pg/mL ,与阴性对照组相比,均显著上调,但 LC-1 的作用效果仍低于阳性对照组。



* 表示与空白对照组相比具有显著性差异, $P<0.05$; * * 表示与空白对照组相比具有极显著性差异, $P<0.01$

图 8 LC-1 对巨噬细胞分泌白介素 6(IL-6)与肿瘤坏死因子 α (TNF- α)的影响
Figure 8 Effect of LC-1 on IL-6 and TNF- α production in macrophage RAW264.7

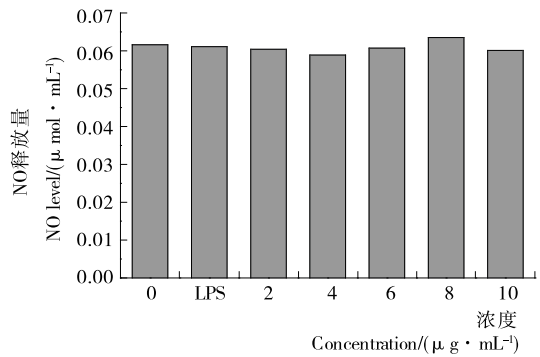


图 9 低浓度 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 产生 NO 的影响
Figure 9 Effect of low concentration LC-1 on NO production

巨噬细胞在机体的特异性免疫过程中最重要的是吞噬作用,在吞噬过程中同时会释放出大量的细胞因子,调节其他免疫细胞进行免疫应答^[18-19]。10 $\mu\text{g/mL}$ LC-1 促使巨噬细胞增值率和吞噬活性分别可达 67.48%,87.09%(与空白对照组相比, $P<0.01$),亦能促进巨噬细胞从 G1 期向 G2、S 期转化,减少 G0 期细胞产生,同时刺激巨噬细胞产生 IL-6 和 TNF- α ,且呈现出明显的剂量依赖性。

2.7 LC-1 刺激巨噬细胞生成 NO 效应的影响

用上清液中亚硝酸盐量作为检测巨噬细胞 RAW264.7 生成 NO 量标准,其测定结果见图 9、10。与随性对照组和空白培养液比较,低浓度 LC-1 对小鼠巨噬细胞 RAW264.7 产生 NO 没有明显的促进作用。高浓度 LC-1 对 NO 的生成量有一定的促进作用,但促进效果亦不显著。

巨噬细胞在干扰素 IFN- γ 或者肿瘤坏死因子(TNF)激活下,能产生一氧化氮合酶(iNOS),诱导 NO 的产生,调控巨噬细胞参与炎症反应和免疫反应。同时,IL-6 作为一种抗炎细胞因子,在 TNF- α ,IL-1 的协同作用下以及 IL-10 等的激活下发挥免疫作用^[20]。本试验结果表明,LC-1 可以促进 IL-6 和 TNF- α 的生成,不促进 NO 的生成,提示可能的分子

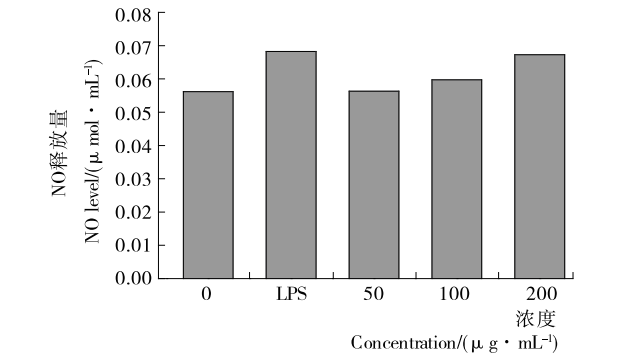


图 10 高浓度 LC-1 对巨噬细胞 RAW264.7 NO 产生的影响

Figure 10 Effect of high concentration of LC-1 on NO production

机制不涉及一氧化氮合酶(iNOS)的参与。

3 结论

多糖制剂作为抗肿瘤药物,一般不会直接杀伤肿瘤细胞,而是通过刺激机体的特异性免疫功能达到抗肿瘤效果。LC-1 的主链和侧链具有中等分枝程度,分子量在最适相对分子质量范围内,且具有良好的水溶性,是导致香乳菇多糖具有诱导宫颈癌 Hela 细胞凋亡及对巨噬细胞 RAW264.7 具有免疫调控活性的关键。在体外试验中,LC-1 能抑制宫颈癌 Hela 细胞生长,促进巨噬细胞增殖和吞噬活性,影响宫颈癌 Hela 细胞和巨噬细胞的周期,刺激巨噬细胞产生免疫因子,但涉及的相关信号转导通路与分子机制还有待验证。

参考文献

[1] 王斌,连宾. 食药用真菌多糖的研究与应用[J]. 食品与机械, 2005, 21(6): 96-100.

[2] 贾林,陆金健,周文雅,等. 桔梗多糖对环磷酰胺诱导的免疫抑制小鼠的免疫调节[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 112-114.

[3] 翁梁,温鲁术. 药用真菌多糖研究进展[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 748-751.

[4] 李六文,赵刚. 药用真菌多糖抗肿瘤免疫生物活性研究进展[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2015, 22(14): 1 156-1 160.

[5] 黄年来. 中国食用菌百科[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 146-147.

[6] 应建浙,卯晓岚,马启明. 中国药用真菌图谱[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 283.

[7] WANG Fang, HOU Yi-ling, DING Xiang, et al. Structure elucidation and antioxidant effect of a polysaccharide from Lactarius camphoratum (Bull.) Fr[J]. Int J Biol Macromol, 2013, 62: 131-136.

[8] 张华,王振宇,杨鑫,等. 黑木耳多糖的羧甲基化及其对肝癌细胞 HePG2 的抑制作用[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 42-44, 67.

[9] 李雪,李鹏飞,李晓东,等. 5 种长白山野生食用菌的抗肿瘤活性研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 151-154.

[10] 杨艳,刘东波,康信聪,等. H₂O₂ 诱导胰岛 RIN-m5F 细胞构建氧化应激模型[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 40-43.

[11] 王雯,王东,方明明,等. 糖皮质激素对脂多糖诱导小鼠巨噬细胞增殖和细胞因子的影响[J]. 国际呼吸杂志, 2015(12): 911-913

[12] 孙震,郑婕,张莉,等. 芹菜素对甲状腺癌 BCPAP 细胞生长及细胞周期的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 3-7.

[13] 徐明生,林日新,汤群,等. 卵转铁蛋白体外免疫活性研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 115-118, 169.

[14] 李艳红,高志玲,马金姝. 藜芦酸抑制 LPS 刺激的 RAW264.7 细胞中 NO 表达的研究[J]. 中国免疫学杂志, 2014, 30(3): 326-329.

[15] HORI S, NOMURA T, SAKAGUCHI S. Control of Regulatory T Cell Development by the Transcription Factor Foxp3[J]. Science, 2003, 299(5 609): 1 057-1 061.

[16] SURENJAV U, ZHANG Li-na, XU Xiao-juan, et al. Effects of molecular structure on antitumor activities of (1→3)- β -D glucans from different Lentinus Edodes[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 63: 97-104.

[17] BOHN J A, BEMILLER J N. (1→3)- β -D Glucans as biological response modifiers: a review of structure-fuctional activity relationships[J]. Carbohydrate Polymers, 1995, 28: 3-14.

[18] KIM S S, OH O J, MIN H Y, et al. Eugenol suppresses cyclooxygenase-2 expression in lipopolysaccharide-stimulated mouse macrophage RAW264.7 cells[J]. Life Sciences, 2003, 73(3): 337-348.

[19] WANG Shi-yao, TAI Gui-xiang, ZHANG Peng-yu, et al. Inhibitory effect of activin A on activation of lipopolysaccharide-stimulated mouse macrophage RAW264.7 cells[J]. Cytokine, 2008, 42(1): 85-91.

[20] ANESTAKIS D, PETANIDIS S, KALYVAS S, et al. Mechanisms and applications of interleukins in cancer immunotherapy [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2015, 16(1): 1 691-1 710.

信息窗

刘永乐教授出任《食品与机械》杂志社社长

为进一步加强《食品与机械》杂志社的办刊力量,提高刊物的学术水平,经中国食品科学技术学会同意,黄寿恩同志辞去《食品与机械》杂志社社长职务,继续担任《食品与机械》杂志主编;由刘永乐同志担任《食品与机械》杂志社社长。

刘永乐同志简历:刘永乐,男,1962 年 12 月出生于湖南永州,瑶族。现为长沙理工大学科学部部长、二级教授,中国食品科学技术学会理事,湖南省食品科学技术学会副理事长。

《食品与机械》杂志社
2017 年 6 月 9 日