

滑子蘑多糖的抗肿瘤、抑菌活性及保湿特性

李 铭, 李文香, 孙亚男, 胡欣蕾, 于 戈, 张 欣

(青岛农业大学 食品科学与工程学院, 山东省应用真菌重点实验室, 山东 青岛 266109)

摘 要:以滑子蘑菌丝体为试材,利用热水浸提法提取多糖,采用体外细胞试验、琼脂凹环法,检测了滑子蘑多糖的抗肿瘤、抑菌活性,并研究了多糖的保湿特性,以期对滑子蘑多糖的开发利用提供参考依据。结果表明:与空白试验组相比,滑子蘑多糖对小鼠巨噬细胞 Ana-1 的促增长率为 48.65%,对胃癌细胞 HGC-27 的增殖抑制率为 58.21%,对乳腺癌细胞 BT-549 的增殖抑制率为 76.83%,对宫颈癌细胞 Hela-229 的增殖抑制率为 63.57%;滑子蘑多糖对革兰氏阴性菌大肠杆菌、沙门氏菌及革兰氏阳性菌金黄色葡萄球菌均有抑制作用,且随着浓度的升高,抑制性增强;在 30℃、RH 45% 的恒温恒湿条件下,保湿性大小顺序为壳聚糖>透明质酸>山梨醇>滑子蘑多糖>甘油,在 30℃、RH 80% 的恒温恒湿条件下,保湿性大小顺序为透明质酸>山梨醇>壳聚糖>滑子蘑多糖>甘油,2 种条件下滑子蘑多糖的保湿率都高于甘油,说明滑子蘑多糖有较好的保湿性。

关键词:滑子蘑多糖;抗肿瘤;抑菌性;保湿性

中图分类号:S 646.1⁺6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0131-05

滑子蘑(*Pholiota nameko*)属无隔担子菌亚纲伞菌目伞菌科丝膜菌科^[1],又名珍珠菇、滑菇、光帽鳞伞,日本叫“纳美菇”,台湾称为“珍珠菇”。滑子蘑是国际菇类交易市场上的十大菇类之一,也是联合国粮农组织(FAO)向发展中国家推荐栽培的食用菌之一^[2]。

多糖是自然界中含量最丰富的生物大分子物质,具有储存能量、构成生物体结构物质等功能^[3]。食用菌中的主要活性物质——真菌多糖^[4],具有抗氧化^[5]、抗肿瘤^[6-7]、调节免疫力^[8]、降血糖^[9]、抗炎^[10]等功效。于淑池等^[11]研究滑子蘑的抗氧化作用,结果表明滑子蘑多糖具有较强的还原力和较强的自由基清除作用;江洁^[12]测定了小鼠肝和肾系数,肝、肾组织和血清中超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量,结果表明滑子蘑多糖具有明显的抗氧化作用;曹蕾^[13]通过测

定小鼠的肝脏系数发现富锌滑子蘑有明显的抗氧化作用;李佳媚等^[14]通过体外抗氧化试验研究发现,滑子蘑多糖具有良好的抗氧化性活性;崔英俊等^[15]利用小鼠衰老模型研究发现滑子蘑多糖具有抗衰老的功效。对于滑子蘑多糖的研究主要集中在抗氧化活性的研究,而对其它生物活性研究较少,该研究提取液体发酵滑子蘑菌丝体多糖体,测定其抗肿瘤、抑菌活性及保湿特性,以期对滑子蘑多糖的进一步开发利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试滑子蘑菌种由青岛农业大学生命科学学院提供。

供试细胞与细菌:胃癌细胞(HGC-27)、乳腺癌细胞(BT-549)、宫颈癌细胞(Hela-229)、小鼠巨噬细胞(Ana-1)均购自中科院上海细胞库;大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌均由青岛农业大学微生物实验室提供。

供试试剂:四甲基噻唑蓝(MTT),美国 Sigma 公司;胎牛血清(FBS),美国 Gibco 公司;RPMI-1640 培养基、青链霉素混合液,美国 Thermo scientific 公司;氯化钠,二甲亚砜、氯化钠、甘油、透明质酸、山梨

第一作者简介:李铭(1986-),女,硕士研究生,研究方向为食品加工与安全。E-mail:liming_15@126.com.

责任作者:李文香(1963-),女,博士,教授,硕士生导师,研究方向为食品加工与安全。E-mail:xiang7332@126.com.

基金项目:山东省现代农业产业技术体系建设经费资助项目(SDAIT-07-07)。

收稿日期:2017-02-28

醇均为分析纯。

供试仪器:CO₂培养箱(MCO-18AIC),日本 Sanyo 公司;倒置显微镜(CKX-41),日本 Olympus 公司;自动酶标仪(Elx808),美国 Bio-Tek 公司;超净工作台,苏州净化设备有限公司;摇床,上海福码实验设备有限公司;智能恒温恒湿箱,上海福码实验设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 滑子蘑菌丝体多糖的制备 通过液体发酵培养获得滑子蘑菌丝体,利用热水浸提法提取多糖,于 4℃过夜醇沉,离心,将沉淀用少量蒸馏水溶解,真空冷冻干燥得滑子蘑菌丝体多糖(PNP)。

1.2.2 滑子蘑菌丝体多糖抗肿瘤作用 将细胞的培养在 RPMI-1640 培养基中(含 10%胎牛血清、100 IU青霉素和 100 μg·mL⁻¹链霉素),在 37℃、5% CO₂ 的恒温培养箱中孵育,待细胞浓度达到 1×10⁷个·mL⁻¹时,对细胞进行传代培养,取处于生长对数期的细胞进行试验。滑子蘑菌丝体多糖对小鼠巨噬细胞细胞存活率的影响:参考谷鸿喜等^[16]的方法,取对数生长期的细胞,以 1×10⁵个·mL⁻¹细胞浓度接种于 96 孔细胞培养板中,每孔 100 μL,置于 CO₂ 恒温培养箱(37℃、5%),培养 24 h 后,试验组每孔加入不同浓度的 PNP 溶液 100 μL,使每孔的终浓度分别为 0.062 5、0.125、0.25、0.5、1、2 mg·mL⁻¹,空白对照组每孔加入等体积的无菌蒸馏水,每组做 6 个平行。将培养板置于培养箱中孵育 24 h 后,每孔加入 5 mg·mL⁻¹ MTT 溶液 20 μL,继续培养 4 h 后取出培养板弃掉上清液,每孔分别加入 DMSO 150 μL,振荡 10 min,使沉淀溶解,在酶标仪 490 nm 处检测各孔吸光度值,并计算细胞的抑制率和增殖率。细胞抑制率(%)=100%-存活率,细胞存活率(%)=A_{试验组}/A_{对照组}×100。

1.2.3 滑子蘑菌丝体多糖体外抑菌试验 采用琼脂凹环法^[17]:在超净工作台中,将高压灭菌后的固体培养基倒入平皿中,冷却凝固后,用微量加样器分别加入 100 μL 的浓度为 1×(10⁷~10⁸)cfu·mL⁻¹的 3 种菌悬液,均匀涂布于平板上,在平板上间隔一定的距离用打孔器均匀打 3 个孔,用微量加样器在每个孔中加入 150 μL 的 50 mg·mL⁻¹的多糖溶液,每种菌 2 次重复。然后将各平皿置于 37℃的恒温培养箱下培养 24 h,测定抑菌圈直径。

1.2.4 最低抑菌浓度(MIC)的测定 用 2 倍稀释法将滑子蘑菌丝体多糖溶液分别稀释成浓度为 25、12.5、6.25、3.125、1.562 5、0.781 3 mg·mL⁻¹的溶

液,将 100 μL 菌悬液均匀涂布于高压灭菌的平皿中,打孔器等距离打孔,用微量加样器在每个孔中加入 150 μL 配制好的系列多糖溶液,测定抑菌圈直径,每个菌种 2 次重复。

1.2.5 滑子蘑菌丝体多糖保湿特性的测定 参照董银卯等^[18]的方法。分别称取质量分数 1%滑子蘑多糖、1%透明质酸、1%壳聚糖、1%山梨醇、1%甘油溶液各 5 g,置于 Φ40 mm×25 mm 称量瓶中,不加盖,分别置于 30℃,相对湿度(RH)为 45%、80%的恒温恒湿箱中,每隔 2 h 取出称量,失水率(%)=(W₁-W₂)/(W₁-W)×100,式中:W₁为试验前试样和称量瓶质量,g;W₂为规定时间间隔后样品和称量瓶质量,g;W 为称量瓶质量,g;保湿率(%)=100%-失水率。

1.3 数据分析

使用统计学分析软件 SPSS 17.0 对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 滑子蘑多糖抗肿瘤活性

肿瘤的发生及发展是非常复杂的过程,尽管目前关于肿瘤的发生机制还不是十分清楚,但多数研究认为,肿瘤的发生、进展与机体免疫状况有密切关系,通常肿瘤患者普遍免疫功能低下^[19]。因此,对多糖的抗肿瘤活性当前存在 2 种观点:一种观点认为,多糖可通过激活巨噬细胞,增强巨噬细胞的吞噬能力,促进合成和释放单核因子,活化淋巴细胞,激活肿瘤细胞的免疫应答,从而提高宿主免疫功能,间接起到抑制肿瘤细胞的作用;另一种观点则认为,多糖可通过诱导肿瘤细胞分化或凋亡,甚至是影响癌细胞的基因表达等,而发挥直接抗肿瘤作用^[20]。

由表 1 可以看出,与空白对照组相比,滑子蘑菌丝体多糖对小鼠巨噬细胞作用 24 h 后,在设定浓度

表 1 不同浓度的滑子蘑菌丝体多糖对小鼠巨噬细胞(Ana-1)增殖率的影响

Table 1 Effect of PNP on proliferation rate of Ana-1

多糖浓度 Polysaccharide concentration	OD ₄₉₀	平均相对增殖率 Average relative proliferation rate/%
2 mg·mL ⁻¹	0.828±0.018	148.65a
1 mg·mL ⁻¹	0.769±0.024	138.06b
500 μg·mL ⁻¹	0.703±0.014	126.21c
250 μg·mL ⁻¹	0.636±0.030	114.18d
125 μg·mL ⁻¹	0.593±0.047	106.46e
0	0.557±0.010	100.00

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

范围内,滑子蘑菌丝体多糖对小鼠巨噬细胞 Ana-1 促增殖率显著高于空白对照组($P<0.05$),且随着多糖浓度的增加,促增殖率呈增加趋势;5 种不同浓度的多糖,其促增殖率差异均达显著水平($P<0.05$)。表明随滑子蘑多糖浓度的升高,促增殖率增强,呈浓度依赖型,具有量效关系。

由表 2 可以看出,在试验浓度范围内,滑子蘑多糖对 3 株肿瘤细胞增殖均有抑制作用,且随着浓度的

增大,抑制作用增强,呈一定的量效关系。在质量浓度 $2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,对 3 株肿瘤细胞 BT-549、Hela-229、HGC-27 的抑制率分别达到 76.83%、63.57%、58.21%,而 BT-549 与 HGC-27、Hela-229 相比,抑制率存在显著性差异($P<0.05$)。表明不同浓度的滑子蘑菌丝体多糖,对不同肿瘤细胞的抗肿瘤活性存在差异。

表 2 PNP 对 BT-549、Hela-229 和 HGC-27 的抑制效果

Table 2 Inhibitory effect of PNP on BT-549, Hela-229 and HGC-27 cell						
多糖浓度 Polysaccharide concentration	BT-549		Hela-229		HGC-27	
	OD ₄₉₀	抑制率 Inhibition rate/%	OD ₄₉₀	抑制率 Inhibition rate/%	OD ₄₉₀	抑制率 Inhibition rate/%
$2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	0.076 ± 0.008	76.83a	0.192 ± 0.027	63.57b	0.118 ± 0.014	58.21c
$1\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	0.113 ± 0.014	65.55a	0.233 ± 0.024	55.79b	0.176 ± 0.010	37.10c
$500\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	0.163 ± 0.016	50.30a	0.315 ± 0.007	40.23b	0.204 ± 0.014	27.10c
$250\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	0.205 ± 0.017	37.50a	0.374 ± 0.020	29.03b	0.241 ± 0.021	13.90c
$125\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	0.254 ± 0.026	22.56a	0.465 ± 0.021	11.76b	0.266 ± 0.027	5.00c
0	0.328 ± 0.013	—	0.527 ± 0.019	—	0.280 ± 0.038	—

2.2 滑子蘑菌丝体多糖体外抑菌活性

2.2.1 滑子蘑菌丝体多糖对 3 株病原菌的抑菌效果

由表 3 可知,滑子蘑多糖质量浓度 $50\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌均具有一定的抑制作用。其中,该质量浓度条件下对大肠杆菌的抑制最强,抑菌圈直径为 18.5 mm;对沙门氏菌次之,抑菌圈直径为 18.0 mm;金黄色葡萄球菌的抑制

表 3 PNP 对 3 株病原菌的抑制作用

Table 3 Inhibitory effect of PNP on three kinds of bacteria	
病原菌 Pathogenic bacteria	抑菌圈直径 Bacteriostatic circle diameter/mm
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	18.5
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	15.5
沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	18.0

表 4 PNP 最小抑制质量浓度

Table 4 Minimum inhibitory concentration of PNP			
PNP 质量浓度 PNP mass concentration/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	抑菌圈直径 Bacteriostatic circle diameter/mm		
	大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	沙门氏菌 <i>Salmonella</i>
25	15.7	13.0	14.6
12.5	13.3	11.6	12.1
6.25	11.0	10.4	10.9
3.125	10.3	—	10.1
1.5625	—	—	—
0.7813	—	—	—
0	—	—	—

2.3 滑子蘑菌丝体多糖保湿特性

利用恒温恒湿箱控制环境的温度和湿度,测定 10 h 内滑子蘑菌丝体多糖溶液的水分含量变化,由

作用最小,对抑菌圈直径为 15.5 mm。表明滑子蘑多糖对革兰阳性菌、革兰氏阴性菌均有抑菌作用。

2.2.2 滑子蘑菌丝体多糖对 3 株病原菌的最小抑菌浓度 由表 4 可以看出,滑子蘑多糖对 3 株病原菌的抑菌效果随着滑子蘑多糖浓度的提高,抑菌圈直径增大。滑子蘑多糖对大肠杆菌、沙门氏菌的最小抑菌浓度(MIC) $\leq 3.125\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$;对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度(MIC) $\leq 6.25\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。滑子蘑多糖可作为天然的抗菌组分选择性的应用到相关的药品、食品中,作抑菌防腐添加剂、保鲜剂,但其自身的结构、有效成分及添加量还有待进一步研究。

表 5 可知,在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、RH 为 45%,即环境较干燥的条件下,10 h 后不同保湿剂的保湿率顺序为壳聚糖>透明质酸>山梨醇>滑子蘑菌丝体多糖>甘油,滑

子蘑菇丝体多糖与其它 4 种保湿剂的保湿率差异显著($P<0.05$),滑子蘑菇丝体多糖的对水分子的作用力大于甘油,但不及山梨醇、壳聚糖、透明质酸;不同

时间段保湿剂的保湿率呈差异性显著($P<0.05$),随着时间的延续,保湿剂的保湿率不断下降,说明保湿剂的保湿率是有时间性的。

表 5 30 ℃、RH 45% 条件下样品的保湿率

Table 5 Relative humidity rate of samples at 30 ℃ and RH 45%

样品名称 Sample name	时间 Time/h				
	2	4	6	8	10
山梨醇 Sorbitol	87.5±0.10c	77.3±0.10b	62.7±0.19c	51.6±0.26c	39.3±0.30c
壳聚糖 Chitosan	88.5±0.30a	77.7±0.10a	64.3±0.10a	53.6±0.06a	41.8±0.08a
透明质酸 Hyaluronic acid	88.1±0.07b	77.4±0.12b	63.7±0.15b	52.6±0.18b	40.8±0.16b
甘油 Glycerol	84.4±0.20e	72.0±0.10d	58.8±0.17e	46.6±0.36e	34.8±0.19e
滑子蘑菇丝体多糖 PNP	86.4±0.09d	74.6±0.27c	59.2±0.18d	47.8±0.06d	35.2±0.14d

由表 6 可以看出,在 30 ℃、RH 为 80%,即较为湿润的环境中,10 h 后保湿剂的保湿率顺序为透明质酸>山梨醇>壳聚糖>滑子蘑菇丝体多糖>甘

油,滑子蘑菇丝体多糖与其它 4 种保湿剂的保湿率差异显著($P<0.05$)。

表 6 30 ℃、RH 80% 条件下样品的保湿率

Table 6 Relative humidity rate of samples at 30 ℃ and RH 80%

样品名称 Sample name	时间 Time/h				
	2	4	6	8	10
山梨醇 Sorbitol	88.8±0.08c	82.6±0.00c	77.6±0.20b	72.8±0.20b	68.1±0.08b
壳聚糖 Chitosan	90.6±0.04b	83.2±0.06b	77.3±0.10b	72.1±0.08c	67.6±0.10c
透明质酸 Hyaluronic acid	92.8±0.04a	86.8±0.05a	81.4±0.00a	76.6±0.10a	71.0±0.21a
甘油 Glycerol	88.6±0.04c	82.3±0.05d	76.0±0.12d	70.8±0.06e	65.9±0.09e
滑子蘑菇丝体多糖 PNP	88.0±0.00c	80.5±0.30e	76.5±0.10c	71.3±0.10d	66.8±0.16d

3 结论与讨论

LIU 等^[21]研究灵芝多糖可以激活小鼠巨噬细胞 RAW264.7,在浓度 5~50 mg·mL⁻¹内,随浓度的升高,增殖率增强,呈浓度依赖型,具有量效关系,并且灵芝多糖对人乳腺癌细胞 MDA-MB-231 的生长具有抑制作用;张媛媛等^[22]进行了体外增殖抑制试验,结果表明灰树花多糖在一定浓度范围内能明显抑制肝癌细胞株 HepG2 的生长。该研究利用体外细胞试验,与空白对照组对比,滑子蘑菇丝体多糖对小鼠巨噬细胞具有促进增长的作用,且随着浓度的增大作用增强。在多糖浓度为 2 mg·mL⁻¹时,对 Ana-1 的促增长率为 48.65%,对 BT 的抑制率为 76.83%,Hela 的抑制率为 63.57%,HGC 的抑制率为 58.21%,表明滑子蘑菇丝体多糖不仅可以直接抑制肿瘤细胞的生长,同时可以通过促进自身免疫系统发挥抗肿瘤作用。韦保耀等^[23]研究双胞蘑菇多糖的抑菌活性,并用于食品防腐处理取得明显效果,该试验得出滑子蘑菇丝体多糖对革兰氏阴性菌均有抑制作用,对大肠杆菌、沙门氏菌的最小抑菌浓度(MIC)≤3.125 mg·mL⁻¹;对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度(MIC)≤6.25 mg·mL⁻¹。该试验只对滑子蘑菇丝体多糖的抑菌性做了初步的研

究,但是对细菌生长的抑制作用分子机理方面的了解需要更加深入的研究。

保湿剂保湿率的测定有体内和体外 2 种方法,王昌涛等^[24]研究保湿剂体内和体外评价方法,结果表明,体内法和体外法结果的测定基本一致;体外试验快速简单且成本低廉,可以排除测试群体体内不同特征的影响,且测定结果质量复性好^[25],所以该试验采用体外测定法,在 30 ℃、RH 45%、10 h 后,保湿性大小顺序壳聚糖>透明质酸>山梨醇>滑子蘑菇丝体多糖>甘油;在 30 ℃、RH 80%、10 h 后,保湿性大小顺序透明质酸>山梨醇>壳聚糖>滑子蘑菇丝体多糖>甘油。在 2 种条件下,滑子蘑菇丝体多糖的保湿性均高于甘油,表明滑子蘑菇丝体多糖具有较好的保湿性。该试验对滑子蘑菇丝体多糖的生物活性进行了基础的研究,为滑子蘑菇丝体多糖的开发利用提供参考依据,但是对于具体的作用机理还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 向莹,陈健.滑子菇营养成分分析与评价[J].食品科学,2013,34(6):238-242.
- [2] 林佩华,张坚,廖美德.滑子菇提取物的抗真菌活性相关研究[J].中国食用菌,2014,33(4):48-49.
- [3] 杜庆.食(药)用真菌多糖的研究进展[J].中国食物与营养,2011,17(5):75-77.

- [4] 李月梅. 食用菌的功能成分与保健功效[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 517-521.
- [5] YEN G C, WU J Y. Antioxidant and radical scavenging properties of extracts from *Ganoderma tsugae* [J]. Food Chemistry, 1999, 65(3): 375-379.
- [6] WASSER S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2002, 60(3): 258-274.
- [7] ZHANG Y, GU M, WU K P, et al. Structure, chain conformation and antitumor activity of a novel polysaccharide from *Lentinus edodes* [J]. Fitoterapia, 2010, 81(8): 1163-1170.
- [8] KOH J H, YU K W, SUH H J, et al. Activation of macrophages and the intestinal immune system by an orally administered decoction from cultured mycelia of *Cordyceps sinensis* [J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2002, 66(2): 407-411.
- [9] 王峰, 陶明焯, 程光宇, 等. 4 种食用菌提取物自由基清除作用及降血糖作用的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 343-347.
- [10] WU D, DUAN W, LIU Y, et al. Anti-inflammatory effect of the polysaccharides of golden needle mushroom in burned rats[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2010, 46(1): 100-103.
- [11] 于淑池, 侯金义, 李明艳, 等. 滑子蘑多糖的超声波辅助提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(4): 59-62.
- [12] 江洁. 滑菇多糖体内抗氧化作用的研究[A]. 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第十一届年会论文摘要集[C]. 中国食品科学技术学会, 2014: 2.
- [13] 曹蕾. 富锌滑菇多糖在小鼠体内的抗氧化作用研究[A]. 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第十三届年会论文摘要集[C]. 中国食品科学技术学会, 2016: 2.
- [14] 李佳媚, 孙润广, 郭国赞, 等. 滑子菇多糖的体外生物活性初步研究[J]. 生物加工过程, 2014(2): 44-50.
- [15] 崔英俊, 李庆章. 滑菇多糖对衰老模型鼠不同时期免疫功能的影响[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(2): 159-161.
- [16] 谷鸿喜, 张凤民, 凌虹. 细胞培养技术[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2012: 139-140.
- [17] 魏婷婷, 黄雅钦. 明胶铈配合物的制备及其抑菌性[J]. 北京化工大学学报, 2008, 35(1): 42-44.
- [18] 董银卯, 刘宇红, 王云霞. 芦荟保湿性能的研究[J]. 日用化学工业, 2001, 6(12): 56-58.
- [19] 余燕玲, 何彦丽, 杜标炎, 等. 枸杞多糖联合趋化因子对肝癌小鼠 T 辅助淋巴细胞分化的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(7): 208.
- [20] 林俊, 李萍, 陈章山. 近 5 年多糖抗肿瘤活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(4): 1116-1125.
- [21] LIU Y H, LIU C H, TAN H N, et al. Sulfation of a polysaccharide obtained from *Phellinus ribis* and potential biological activities of the sulfated derivatives[J]. Carbohydr Res, 2009, 77(2): 370.
- [22] 张媛媛, 孟梦, 王明飞, 等. 灰树花多糖的分离纯化及体外抗肝癌作用研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(15): 1-5.
- [23] 韦保耀, 余小影, 黄丽, 等. 双孢蘑菇多糖抗菌活性及对食品腐败抑制的研究[J]. 食品科技, 2007, 32(4): 93-95.
- [24] 王昌涛, 王双, 潘妍, 等. 保湿功效评价研究[J]. 日用化学工业, 2010, 33(10): 43-47.
- [25] 王学民, 江以宏. 化妆品皮肤保湿功能评价方法[J]. 日用化学工业, 2002, 24(2): 33-36.

Antitumor and Antibacterial Activity, Moisturizing of *Pholiota nameko* Polysaccharides

LI Ming, LI Wenxiang, SUN Yanan, HU Xinlei, Yu Ge, ZHANG Xin

(Food Science and Engineering College, Qingdao Agricultural University/Shandong Provincial Laboratory of Applied Mycology, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: *Pholiota nameko* was used as material, polysaccharides (PNP) was obtained by hot water extraction method. Antitumor and antibacterial activities were tested by cell experiment *in vitro* and agar concave ring method, respectively. Moisturizing capacity was also tested in order to provide a theoretical basis for the development and utilization of PNP. The results showed that PNP promoted the growth of Ana-1 cells *in vitro*, reproduction rate was 48.65%, inhibited the growth of HGC-27, BT-549, Hela-229 cells *in vitro*, inhibiting rate was 58.21%, 76.83%, 63.57% respectively comparing with the blank group. The PNP had inhibited effect on Gram-positive bacteria such as *Staphylococcus aureus* and gram-negative bacteria such as *Escherichia coli* and *Salmonella*, the high concentration of PNP had the significant effect. Under the condition of 30 °C and RH 45%, moisturizing effect was chitosan > hyaluronic acid > sorbol > PNP > glycerol, under the condition of 30 °C and RH 80%, moisturizing effect was hyaluronic acid > sorbol > chitosan > PNP > glycerol. The moisturizing effect of PNP was better than glycerol under the two conditions, PNP had well moisturizing effect.

Keywords: *Pholiota nameko* polysaccharides; antitumor activity; antibacterial activity; moisturizing