

5 种长白山野生食用菌的抗肿瘤活性研究

Study on antitumor activities of five kinds of wild
edible mushrooms in Changbai Mountain

李 雪¹ 李鹏飞¹ 李晓东¹

LI Xue¹ LI Peng-fei¹ LI Xiao-dong¹

于 婷¹ 金乾坤¹ 崔承弼²

YU Ting¹ JIN Qian-kun¹ CUI Cheng-bi²

(1. 延边大学医学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002)

((1. School of Basic Medical Sciens, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China;

2. Dept. of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

摘要:为研究长白山野生食用菌的抗肿瘤活性,选取灵芝、桦褐孔菌、桑黄、猴头蘑、香菇 5 种长白山野生食用菌为试验材料,分别进行体外、体内抗肿瘤试验。体外抗肿瘤试验采用 MTT 法研究野生食用菌提取物对肿瘤细胞的抑制作用;体内试验测定对小鼠 S-180 肉瘤细胞株的生长抑制率。结果显示:体外试验中,在最高浓度 1 mg/mL 时,灵芝对 HeLa 及 HepG2 两种细胞株的抑制效果最好,桑黄对 MCF-7 细胞株的抑制率最高,而猴头菇对 A549 细胞显示了最强的抑制效果。并且除灵芝外其余 4 种食用菌的抑制作用与药物浓度存在依赖关系。体内试验中,5 种食用菌对小鼠 S-180 肉瘤细胞株均显示了明显的抑瘤效果,其中猴头蘑高剂量组达到最大值,为 75.92%,且香菇提取物在低剂量时就已显示了很高的肿瘤抑制率(为 69.39%)。

关键词:长白山;野生;食用菌;提取物;抗肿瘤活性

Abstract: To study the anti-tumor activities of wild edible mushrooms of the Changbai Mountain, the experiment selected *Ganoderma Lucidum*, *Inonotus Obliquus*, *Phellinus*, *Hericium Erinaceus*, *Lentinula Edodes* five kinds of Changbai Mountain wild edible mushrooms as materials, the experiment was divided into in vitro and in vivo study. The inhibition effect of tumor cells was tested by MTT method, and the inhibition ratio of mouse sarcoma S-180 was calculated in vivo study. The results showed that *Ganoderma Lucidum* has the highest inhibition ratio on the HeLa and HepG2 cell lines. *Phellinus* has the highest inhibition rate on MCF-7 cell line, *Hericium Erinaceus* showed the strongest inhibitory effect on the A549 cell lines in vitro study. And the other kinds of wild edible mushrooms displayed obvi-

ously dose-dependent inhibitory effect but except *Ganoderma Lucidum*. In vivo study, all the wild edible mushrooms showed the tumor suppression effect in mouse sarcoma S-180 cell line, which the maximum, high dose group of *Hericium Erinaceus* was 75.92%, but the lowest doses of *Lentinula Edodes* extract has showed high tumor inhibition rate (69.39%).

Keywords: Changbai Mountain; wild; edible mushrooms; extracts; anti-tumor effect

中国东北部长白山地区的野生食用菌共有 28 科 82 属 297 种^[1],不但为该地区的人民提供了丰富的食材、药材资源,还成为了该地区的主要经济作物之一。常见的主要有猴头蘑、灵芝、元蘑、黑木耳、桦褐孔菌、榛蘑等 17 种食用菌。其中元蘑、榛蘑、猴头蘑被称作东北“三大蘑”^[2]。长白山野生食用菌不但具有很好的食用品质和营养价值,而且还具有一些生理活性功能,如抗氧化、抗衰老和增强免疫力等功能^[3-7]。许多研究^[8-16]还表明食用菌不仅含有很高的营养价值而且还可以作为药物预防和治疗许多疾病。

随着时代的发展,人们生活水平提高,生活的压力变大以及严重的环境污染使癌症人群迅速增加^[17]。在全世界范围内,恶性肿瘤被公认为是仅次于心脑血管疾病的第二大致命性疾病,对于癌症的预防与治疗已经引起了国际上的普遍关注^[18]。常规的手术、化疗在杀伤肿瘤细胞的同时也严重损害宿主的免疫系统,而合成的抗癌药对人体正常细胞可能产生毒副作用。流行病学与预防医学研究^[19]显示,植物中存在多种天然抗癌活性成分,它们因较低的毒副作用和广泛的来源,受到了世界范围内的高度重视。本试验在单一食用菌生理活性研究的基础上,聚焦长白山 5 种野生食用菌,通

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31160314)

作者简介:李雪(1990—),女,延边大学在读硕士研究生。

E-mail:2013010571@ybu.edu.cn

通讯作者:崔承弼

收稿日期:2014-07-25

过体外和体内试验来测定其提取物的抗肿瘤活性,并对这5种常见野生食用菌的抗肿瘤活性进行比较。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

长白山野生食用菌:灵芝、桦褐孔菌、桑黄、猴头蘑、香菇,均购置于吉林省安图县土特产市场;

DMEM 培养基干粉、胎牛血清:美国 GIBCO 公司;

MTT 粉剂、二甲基亚砷(DMSO):美国 Sigma 公司;

其他试剂:均为分析纯化学试剂。

1.2 仪器设备

电子天平:JA10003N 型,民桥精密科学仪器有限公司;

酶联免疫检测仪:DG5033A 型,南京华东电子集团医疗装备有限责任公司;

CO₂ 培养箱:MCO175 型,日本三洋公司;

荧光倒置显微镜:CKX-41 型,日本 OLYMPUS 公司;

立式压力蒸汽灭菌器:YXQ-LS-75S11 型,上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

1.3 试验动物

SPF 级 Balb/c,体重 18~22 g,雌雄各半,由延边大学实验动物中心提供。动物在 IVC 动物实验室适应性饲养 3 d,室温 20~24 °C,相对湿度 40%~65%,换气次数 10~20 次/h,压差 20~50 Pa。

1.4 试验用癌细胞株

子宫颈癌细胞(HeLa)、肺癌细胞(A549)、乳腺癌细胞(MCF-7)、肝癌细胞(HepG2)、小鼠 S-180 肉瘤细胞株、正常肾脏 293 细胞:特殊肿瘤细胞株公司。

1.5 试验方法

1.5.1 野生食用菌提取物的制备 称取 5 种野生食用菌各 1 kg,分别加 70%乙醇 10 L,加盖常温下浸泡 24 h,加热(90 °C)回流提取 2 次,每次 2 h,趁热过滤,合并 2 次滤液,浓缩沉淀,回收乙醇,热风 50 °C 烘干备用。

1.5.2 体外肿瘤抑制试验方法 将子宫颈癌细胞(HeLa)、肺癌细胞(A549)、乳腺癌细胞(MCF-7)、肝癌细胞(HepG2)在含有 10%胎牛血清的 DMEM 培养基上培养至对数期后,将细胞的浓度调整为 5×10^3 个/mL,96 孔板接种(100 μ L/孔),每个提取物 6 个复孔,并设对照孔(加 DMEM 培养基),在 37 °C、5% CO₂ 的条件下培养 24 h。然后,每孔加入 20 μ L MTT 溶液,继续培养 4 h。终止培养,吸去孔内培养液。每孔加入 150 μ L 二甲基亚砷,酶标仪振板 10 s,在波长为 492 nm 下测定其吸光度。

1.5.3 体内肿瘤抑制试验方法 选择培养 7~10 d 生长良好的 S-180 肉瘤瘤株,无菌取腹腔积液,用 0.9%无菌生理盐水按 1:3 稀释成瘤细胞悬液,并计数调整细胞浓度为 1×10^7 个/mL,用体重 18~20 g 的 Balb/c 小鼠 180 只,每只 0.2 mL 接种至小鼠右侧腋窝下方。24 h 后选择状态良好的小

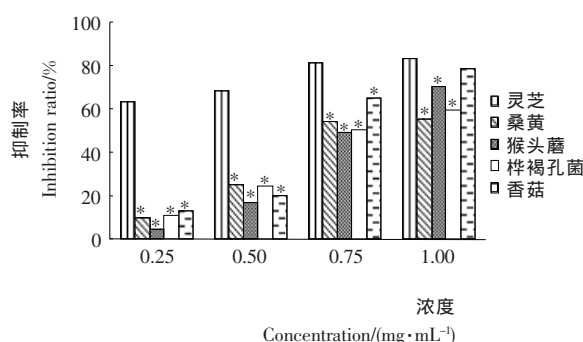
鼠,称重后随机分为 18 组:空白对照组和灵芝、桑黄、猴头蘑、桦褐孔菌香菇低、中、高剂量给药组。每组 10 只,各组灌胃给药,低、中、高剂量分别为 25,125,250 mg/mL,连续给药 20 d,空白对照组给予同体积的 0.9%氯化钠溶液,停药次日处死动物。解剖剥离瘤块,称瘤重,按式(1)计算肿瘤抑制率^[20-23]。

$$\text{抑制率} = \frac{\text{对照组瘤重} - \text{给药组瘤重}}{\text{对照组瘤重}} \times 100\% \quad (1)$$

2 结果分析

2.1 食用菌提取物体外肿瘤抑制试验结果

2.1.1 提取物对 HeLa 细胞的生长抑制作用 由图 1 可知:随浓度的增加,各提取物的抑制效果不断增强。在提取物浓度为 1.0 mg/mL 时,灵芝、猴头蘑和香菇对 HeLa 有 70%以上的生长抑制效果,其中以灵芝的效果最为显著,浓度在 0.75 mg/mL 时能达到 81.0%的抑制效果。在李梦媛等^[24]的研究中所采用的灵芝多糖浓度在 5 mg/mL 时,对 HeLa 细胞的抑制率为 22.9%。T. C. Finimundy 等^[25]测定了巴西香菇提取物对 HeLa 细胞的抑制作用,结果显示,22 °C 条件下提取的香菇提取物有最高的抑制效果,其 IC₅₀ 值为 0.57%。与以上两项研究的结果相比,本研究所采用的长白山地区的食用菌在抑制 HeLa 细胞的生长方面更具优势,且抑制效果依次为:灵芝>香菇>猴头蘑>桦褐孔菌>桑黄。

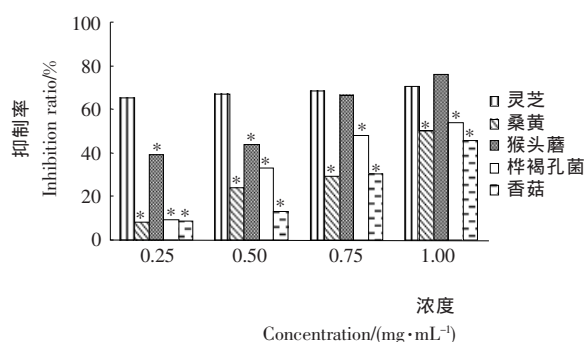


* 同一浓度下,与灵芝给药组相比, $P < 0.05$ 。

图 1 野生食用菌提取物对人体子宫颈癌细胞(HeLa)的抑制

Figure 1 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to HeLa cells

2.1.2 提取物对 HepG2 细胞的生长抑制作用 由图 2 可知:随着 5 种食用菌提取物浓度的增加,其对 HepG2 细胞的抑制效果逐渐增强,并且在该试验中,以灵芝和猴头蘑对 HepG2 细胞的抑制作用最为明显,桑黄与桦褐孔菌次之,而香菇的作用最小。在浓度为 1.0 mg/mL 时,灵芝和猴头蘑对肝癌细胞 HepG2 的抑制率分别为 71%和 76.3%。Jong Seok Lee 等^[26]也做了与本试验相似的研究,他们研究了韩国猴头蘑对 HepG2 细胞的抑制作用,结果显示猴头蘑提取物浓度在 1 000 μ g/mL 时对 HepG2 细胞的抑制作用还不到



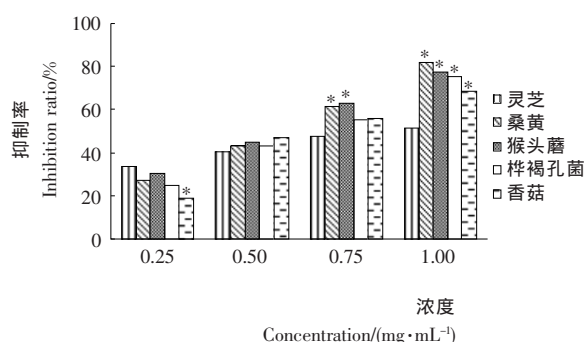
* 同一浓度下,与灵芝给药组相比, $P < 0.05$ 。

图 2 野生食用菌提取物对人体肝癌细胞(HepG2)的抑制

Figure 2 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to HepG2 cells

40%,与本研究的结果有较大差异,推测其可能是由于采用了不同的提取方法得到了不同的活性组分导致的。在章慧等^[27]的研究中,分别使用乙醇浸提与超临界 CO_2 萃取的方法制作了灵芝提取物,这两种提取物浓度在 100 $\mu\text{g/mL}$ 时,对 HepG2 的生长抑制率分别为 66.15% 和 78.85%,效果明显高于本研究结果。究其原因,应该是该试验选用的灵芝对 HepG2 细胞的抑制作用优于本研究所采用的灵芝,另一方面可能超临界 CO_2 的方法使灵芝浓缩物具有更高的抗肿瘤活性。

2.1.3 提取物对 MCF-7 细胞的生长抑制作用 由图 3 可知,5 种食用菌提取物对人乳腺癌细胞均有一定的抑制作用,并且同样存在一定的浓度依赖关系。与对宫颈癌细胞和肝癌细胞抑制效果不同的是,对乳腺癌细胞的抑制效果最好的食用菌并不一致。同样浓度为 1 mg/mL 时,桑黄的抑制率最高为 81.5%,猴头蘑和枞褐孔菌的抑制率分别为 76.6% 和 75.1%,并且桑黄、猴头蘑、枞褐孔菌和香菇提取物对 MCF-7 的抑制作用显著高于灵芝提取物,其顺序依次为:桑黄>猴头蘑>枞褐孔菌>香菇>灵芝。李宜明等^[28]测定的桑黄提取物对 MCF-7 的抑制作用结果是在 400 $\mu\text{g/mL}$ 时,



* 同一浓度下,与灵芝给药组相比, $P < 0.05$ 。

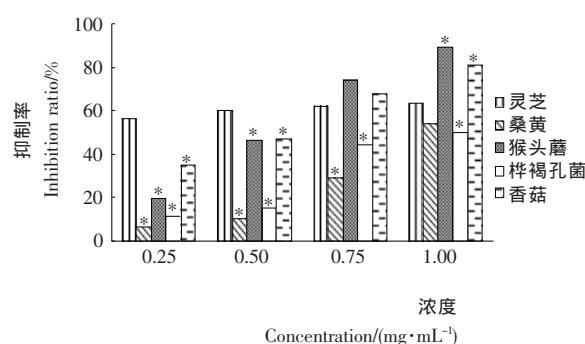
图 3 野生食用菌提取物对人体乳腺癌细胞(MCF-7)的抑制

Figure 3 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to MCF-7 cells

抑制率达到最高的 55.39%,浓度上升到 800 $\mu\text{g/mL}$ 时,抑制率下降到了 51.55%。与本研究的有一定的差别,推测当浓度达到 800 $\mu\text{g/mL}$ 时,其提取物的溶解已达到饱和,和本研究的情况有所不同。

2.1.4 提取物对 A549 细胞的生长抑制作用 由图 4 可知:5 种提取物均随着浓度的增加抑制作用不断增强。在浓度为 1 mg/mL 时,猴头蘑和香菇表现出较强的抑制作用,抑制率分别为 89% 和 81%,其他提取物的抑制率也均在 50% 以上,顺序为猴头蘑>香菇>灵芝>桑黄>枞褐孔菌。其中灵芝提取物浓度对抑制率的影响较小,而猴头蘑和香菇提取物浓度对抑制率的影响较大,并且在浓度为 0.75 mg/mL 时,猴头蘑和香菇提取物对 A549 细胞的抑制率已经超过灵芝。刘奔等^[29]的研究也采用了香菇作为试验材料,研究了其对 A549 细胞的抑制作用,但其研究主要是提取了香菇中的凋亡相关蛋白,并测定了其对 A549 细胞的抑制作用,结果显示,该蛋白的浓度在 30 $\mu\text{g/mL}$ 时,A549 细胞的凋亡率为 30.95%。也证实了香菇对 A549 细胞具有促凋亡作用,与本研究的结果具有相似性,但由于其与本研究所采用的香菇提取物不同,所以结果也存在一定的差异。

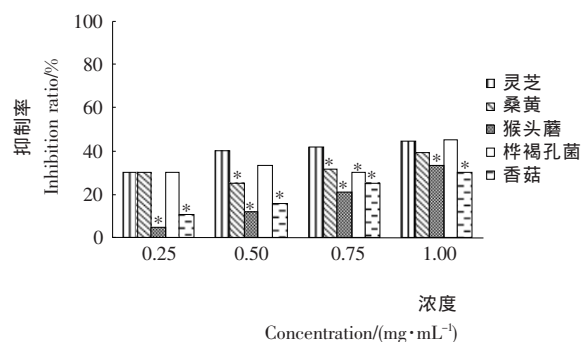
2.1.5 提取物对 293 细胞的生长抑制作用 由图 5 可知,



* 同一浓度下,与灵芝给药组相比, $P < 0.05$ 。

图 4 野生食用菌提取物对人体肺癌细胞(A549)的抑制

Figure 4 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to A549 cells



* 同一浓度下,与灵芝给药组相比, $P < 0.05$ 。

图 5 野生食用菌提取物对正常肾脏细胞(293)的抑制

Figure 5 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to 293 cells

5 种食用菌提取物在不同浓度下对正常肾脏细胞的抑制作用均在 50% 以下,说明本研究所用的 5 种食用菌提取物对正常细胞的毒性作用较小。

2.2 体内抗癌效果

对 5 种野生食用菌提取物的体内抗癌效果利用 Sarcoma-180 肿瘤细胞进行验证,结果见表 1。由表 1 可知,低剂量的桑黄提取物对 S-180 肉瘤的抑制率最低,为 4.49%;而高剂量的猴头蘑的抑制率最高,达到 75.92%。但是由于香菇的低浓度组就已经显示出了较高的抑制率(为 69.39%),并且香菇高浓度组抑制率(为 72.24%)与猴头蘑高浓度组抑制率(为 75.92%)差别不大,因此可以认为香菇提取物对 S-180 肉瘤的抑制效果最好。

表 1 野生食用菌提取物对体内 S-180 肿瘤的生长抑制效果[†]

Table 1 The inhibition effect of wild edible mushrooms extract to S-180 sarcoma in vivo (n=10)

分组	剂量	浓度/ (mg · kg ⁻¹ · BW)	瘤重/ g	抑制率/ %
灵芝	低剂量	25	1.89±0.25*	22.85
	中剂量	125	1.28±0.16*	47.76
	高剂量	250	1.15±0.19*	53.06
桑黄	低剂量	25	2.34±0.65	4.49
	中剂量	125	1.48±0.64*	39.59
	高剂量	250	1.11±0.75*	54.69
猴头蘑	低剂量	25	1.71±0.72*	30.21
	中剂量	125	1.40±0.84*	42.86
	高剂量	250	0.59±0.42*	75.92
桦褐孔菌	低剂量	25	1.75±0.68*	28.57
	中剂量	125	1.38±0.72*	43.67
	高剂量	250	0.92±0.18*	62.45
香菇	低剂量	25	0.75±0.11*	69.39
	中剂量	125	0.72±0.18*	70.61
	高剂量	250	0.68±0.14*	72.24
空白	—	—	2.45±0.27	—

† * 与空白对照组相比, P<0.05。

3 结论与讨论

本试验以子宫宫颈癌细胞(HeLa)、肝癌细胞(HepG2)、乳腺癌细胞(MCF-7)、肺癌细胞(A549)、以及正常肾脏细胞 293 为研究对象,对 5 种野生食用菌提取物的体外抗肿瘤作用效果进行研究。结果发现,不同的食用菌提取物具有不同的抗肿瘤效果,并且不同肿瘤细胞均有其对应的抑制效果最好的食用菌提取物。整体看来,灵芝对 HeLa 及 HepG2 两种细胞株的抑制效果最好,对 MCF-7 细胞株桑黄的抑制率最高,而猴头菇对 A549 细胞显示了最强的抑制效果。这说明不同食用菌的不同功能成分具有不同的靶向作用。并且,

除灵芝外,其余 4 种食用菌提取物均呈现了良好的剂量-效应关系。

进一步研究食用菌经过机体的消化吸收后的抗肿瘤作用,体内抗癌结果表明:猴头蘑高剂量组的抑瘤率最高,达到 75.92%,但香菇低剂量组抑制率就达到了 69.39%,高剂量时为 72.24%。其他 3 种同样有抑制效果,并均呈现良好的剂量-效应关系。说明 5 种野生食用菌提取物对 S-180 小鼠肿瘤细胞均有一定的抑制作用。

体内和体外试验发现,长白山野生食用菌对体外培养的人源癌细胞具有较为明显的抑制作用,而对人的正常肾脏细胞无明显毒副作用,此外其对小鼠体内移植瘤同样有明显的抑制生长作用。与国内外相关研究的对比可以看出,本试验的结果与国内外的研究具有相似性,均能证明野生食用菌具有一定的抗肿瘤作用,但本试验所采用的长白山地区的野生食用菌对某些肿瘤细胞株具有更好的抑制生长效果。另外本试验对体内生长的人源肿瘤还未进行试验检测,也未对其机制做更为深入的探讨,在后续研究中,将会对人源肿瘤的抑制作用、临床试验以及其机理进行更为深入的探讨。

参考文献

1 宋玉清, 陈维斌. 国际食用菌产业发展动态及对开展食用菌研究的建议[J]. 辽宁农业科学, 2004(5): 39~40.

2 于亚莉, 高峰, 于向荣, 等. 长白山食用菌资源研究开发与前景展望[J]. 食品科技, 2006(9): 151~154.

3 Yang Joan-Hwa, Lin Hsiu-Ching, Mau Jeng-Leun. Antioxidant properties of several commercial mushroom[J]. Food Chemistry, 2002, 77(2): 229~235.

4 Mau Jeng-Leun, Lin Hsiu-Ching, Song Si-Fu. Antioxidant properties of several specialty mushrooms[J]. Food Research International, 2002, 35(6): 519~526.

5 江德森, 牛佳牧, 姜贵全. 长白山森林食品资源产业化开发及模式研究[J]. 林业经济, 2003(9): 60~63.

6 Chen Huo-liang, Ju Ying, Li Jun-jie, et al. Antioxidant activities of polysaccharides from Lentinus edodes and their significance for disease prevention[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(1): 214~218.

7 Chen Jing-jing, Mao Dong, Yong Yang-yang, et al. Hepatoprotective and hypolipidemic effects of water-soluble polysaccharidic extract of Pleurotus eryngii[J]. Food Chemistry, 2012, 130(3): 687~694.

8 Huang Sheng-quan, Ding Shao-dong, Fan Liu-ping. Antioxidant activities of five polysaccharides from Inonotus obliquus[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(5): 1183~1187.

9 Li Hai-ping, Liu Xiao-juan, Li Yang, et al. Effects of the polysaccharide from Pholiota nameko on human cytokine network in serum[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(1): 164~170.

10 吴进菊, 陈红兵, 高金燕, 等. 多种食用菌中多酚氧化酶活性的初步比较[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 79~81.

(下转第 234 页)

- 3 乔益民,王家民. 3D打印技术在包装容器成型中的应用[J]. 包装工程,2012,33(22):68~72.
- 4 陈妮. 3D打印技术在食品行业的研究应用和发展前景[J]. 农产品加工(学刊),2014(8):57~60.
- 5 Terry Wohlers. Wohlers Report 2012[C]//Additive manufacturing and 3D printing state of the industry. Annual worldwide progress report. Colorado: Wohlers Associates, Inc, 2012: 125~149.
- 6 Valero-Gomez A, Gonzalez-Gomez J, Almagro M, et al. Boosting mechanical design with the C++ OOML and open source 3D printers[C]. 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Marrakech, Morocco:[s. n.], 2012:1~7.
- 7 Warnke P H, Seitz H, Warnke F, et al. Ceramic scaffolds produced by computer assisted 3D printing and sintering; Characterization and biocompatibility investigations [J]. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 2010, 93(1):212~217.
- 8 Shivangi Kelkara, Scott Stellaa, Carol Bousheyb, et al. Developing novel 3D measurement techniques and prediction method for food density determination[C]// 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), ATHENS - GREECE. [S. l.]: [s. n.], 2011:483~491.
- 9 Gong Jin, Shitara Mariko, Serizawa Ryo, et al. 3D printing of meso-decorated gels and foods[J]. Materials Science Forum, 2014, 783~786:1 250~1 254.
- 10 翟振武,张现苓,靳永爱. 立即全面放开二胎政策的人口学后果分析[J]. 人口研究,2014,38(2):3~16.
- 11 杨恩泉. 3D打印技术对航空制造业发展的影响[J]. 航空科技技术,2013(1):13~17.
- 12 贺超良,汤朝晖,田华雨,等. 3D打印技术制备生物医用高分子材料的研究进展[J]. 高分子学报,2013(6):722~732.
- 13 王月圆,杨萍. 3D打印技术及其发展趋势[J]. 印刷杂志,2013(4):10~12.
- 14 Avelino S R, Silva L F O, Miosso C J. Use of 3D-printers to create Intensity-Modulated Radiotherapy Compensator Blocks [C]// 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). San Diego, California, USA: [s. n.], 2012:5 718~5 721.
- 15 Periard Dan, Schaal Noy, Schaal Maor, et al. Printing food[C]// 18th Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF 2007). Austin, TX, USA: [s. n.], 2007:564~574.
- 16 黄健,姜山. 3D打印技术将掀起“第三次工业革命”[J]. 新材料产业,2013(1):62~67.
- 17 (美)胡迪·利普森,梅尔芭·库曼. 3D打印——从理想到现实[M]. 赛迪研究院专家组,译. 北京:中信出版社,2013:88~93
- 18 王忠宏,李扬帆. 3D打印产业的实际态势、困境摆脱与可能走向[J]. 产业经济,2013(8):29~36.
- 19 Millen Caleb, Gupta Gourab Sen, Archer Richard, et al. Investigations into colour distribution for voxel deposition in 3D food formation[C]// International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS 2012). Ho Chi Minh City, Vietnam: [s. n.], 2012: 202~207.
- (上接第154页)
- 11 杨福馨,郭筱虹. 鲜菇的保鲜研究[J]. 食品与机械,2000(2):16~17.
- 12 李忠海,敖常伟,钟海雁. 松乳菇菌丝体固体平板培养的研究[J]. 食品与机械,2006,22(3):11~13.
- 13 彭凯文,宁正祥. 食用菌的深层发酵培养及其应用[J]. 食品与机械,1995(6):34~35.
- 14 Zhang An-qiang, Xiao Nan-nan, He Peng-fei, et al. Chemical analysis and antioxidant activity in vitro of polysaccharides extracted from Boletus edulis[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 49(5): 1 092~1 095.
- 15 Borchers Andrea, Keen Carl L, Gershwin M Eric. Mushrooms, tumors, and immunity: an update[J]. Experimental Biology and Medicine, 2004, 229(5): 393~406.
- 16 Ben-Zion Zaidman, Majed Yassin, Jamal Mahajna, et al. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2005, 67(4): 453~468.
- 17 金乾坤,李晓东,李树锦,等. 食用菌的抗突变研究现状[J]. 食品工业,2013,34(7):182~184.
- 18 谭卫东,金红,罗弟祥,等. 抗肿瘤药物筛选中MTT法和SRB法的比较[J]. 天然产物研究与开发,1999,11(3):17~22.
- 19 李霞,杨红. 食用菌在功能食品中的优势[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版),2004(4):70~71.
- 20 余传林,朱正光,雷林生,等. 灵杆菌多糖抗肿瘤及抗免疫抑制作用的研究[J]. 南方医科大学学报,2009,29(10):2 133~2 134.
- 21 罗崇彬. 消癌平片抗突变和抗肿瘤作用研究[J]. 现代医院,2007,7(9):31~32.
- 22 肖国丽,赵学军,刘卫海,等. 新藤黄酸对S180细胞株的体内外抗肿瘤作用[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(13):193~197.
- 23 李玉萍,曾宪伟,叶军,等. 马齿苋活性成分体内外抗癌作用的初步筛选[J]. 时珍国医国药,2009,20(11):2 726~2 728.
- 24 李梦媛,刘伟,吕岫华,等. 5种中药有效部位的抗肿瘤作用[J]. 中华中医药杂志,2012,27(1):2 830~2 834.
- 25 Finimundy T C, Gambato G, Fontana R, et al. Aqueous extracts of Lentinula edodes and Pleurotus sajor-caju exhibit high antioxidant capability and promising in vitro antitumor activity [J]. Nutrition Research, 2013, 33(1): 76~84.
- 26 Jong Seok Lee, Eock Kee Hong. *Hericium erinaceus* enhances doxorubicin-induced apoptosis in human hepatocellular carcinoma cells[J]. Cancer Letters, 2010, 297(2): 144~154.
- 27 章慧,冯娜,张劲松,等. 灵芝子实体超临界CO₂萃取物与醇提物生物活性的比较[J]. 食品工业科技,2013,34(5):76~79.
- 28 李宜明,沈业寿,季俊虬,等. 桑黄菌质多糖体外抑癌及抗环磷酰胺致突变的作用[J]. 中国科学技术大学学报,2006,36(7):700~703.
- 29 刘奔,钟民涛,王晓丽,等. 香菇菌C91-3凋亡相关蛋白24414对人肺癌细胞A549凋亡作用及其机制的研究[J]. 中华肿瘤防治杂志,2012,19(6):428~431.