

# 野生虎掌菌食药价值研究进展

苗笑雨<sup>1,2</sup>, 谷大海<sup>1,2</sup>, 程志斌<sup>2</sup>, 徐志强<sup>1,2</sup>, 王桂瑛<sup>1,2\*</sup>, 廖国周<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 昆明 650201;

2. 云南农业大学云南省畜产品加工工程技术研究中心, 昆明 650201)

**摘要:** 虎掌菌是一种珍稀名贵的野生食用菌, 该菌性平味甘, 有追风散寒、舒筋活血之功效。现代医学认为, 它能提高人体免疫力, 具有抗肿瘤、抗氧化、抑菌等活性。野生虎掌菌中含有多糖、蛋白质、氨基酸以及一些挥发性香味成分, 其还含丰富的矿质元素, 是镁、铁、锰、锌等元素的良好食物来源。野生虎掌菌作为一种高蛋白、低脂肪、高碳水化合物的真菌, 其食药价值正不断地被研究认识和开发利用。本文旨在概述野生虎掌菌的营养价值和药用价值, 为虎掌菌开发成为新的功能食品和药材资源提供参考。

**关键词:** 虎掌菌; 营养成分; 药用作用

## Research advances on nutritional and medicinal value of *Sarcodon imbricatus*

MIAO Xiao-Yu<sup>1,2</sup>, GU Da-Hai<sup>1,2</sup>, CHENG Zhi-Bin<sup>1,2</sup>, XU Zhi-Qiang<sup>1,2</sup>, WANG Gui-Ying<sup>1,2\*</sup>,  
LIAO Guo-Zhou<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Livestock Product Processing Engineering and Technology Research Center of Yunnan Province, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**ABSTRACT:** *Sarcodon imbricatus* is valuable for both pharmacopoeia and edibility. *Sarcodon aspratus* is natured and sweet, and it can expel miasma and lower blood lipid. The modern medical science think *Sarcodon aspratus* can improve body's immunity, and it has anti-tumor, anti-oxidation, and antibacterial activities, etc. *Sarcodon aspratus* consists of multiple components, such as polysaccharides, amino acids, proteins and other volatile components. *Sarcodon aspratus* is abundant in mineral elements, it is a good source of trace elements such as Mg, Fe, Mn, and Zn. *Sarcodon aspratus* is a kind of fungus, which contains high protein, low fat and high carbohydrate. Its edible and medicinal values are constantly being studied, developed and utilized. This paper reviewed the edible and medicinal values of *Sarcodon aspratus*, in order to provide reference basis for *Sarcodon aspratus* further development and utilization as new functional food and medicine resources.

**KEY WORDS:** *Sarcodon imbricatus*; nutritional ingredient; medicinal function

基金项目: 云南省科技计划项目重大科技专项(2016ZA008)、云南省科技计划项目省院省校科技合作专项(2013IB010)

**Fund:** Supported by the Key Projects of Science and Technology Programs Plan of Yunnan Province Project (2016ZA008) and the Key Projects of Science and Technology Programs Plan with Provincial Colleges and Universities of Science and Technology Cooperation of Yunnan Province (2013IB010)

\*通讯作者: 王桂瑛, 副教授, 主要研究方向为食品安全与质量控制。E-mail: kmwgy@126.com

廖国周, 副教授, 主要研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: liaoguozhou@ynau.edu.cn

\*Corresponding author: WANG Gui-Ying, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Agricultural University of Yunnan, Kunming 650201, China. E-mail: kmwgy@126.com

LIAO Guo-Zhou, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Agricultural University of Yunnan, Kunming 650201, China. E-mail: liaoguozhou@ynau.edu.cn

## 1 引言

野生虎掌菌, 也称为翘鳞肉齿菌, 属于菌物界, 担子菌门, 伞菌纲, 革菌目, 坂氏菌科<sup>[1]</sup>。野生虎掌菌因其外观独特、无盖无柄、菌体表面有纤细的绒毛及黑色的花纹, 酷似虎掌因而得名。虎掌菌大体可分为黑虎掌菌(*Sarcodon aspratun* (Berk) Ito.)、黄鳞多孔菌(黄虎掌菌)(*Polyporus ellisii* Berk)、虎掌菌(*Sarcodon imbricatus*)<sup>[2]</sup>。虎掌菌菌丝体作为其营养器官, 呈白色至浅黄色、绒毛状、有分枝。虎掌菌子实体菌盖呈扁平, 后期稍下凹, 也有些地区的品种菌盖中凸, 味微苦。新鲜虎掌菌呈灰白色或灰褐色, 其干品为灰褐色。虎掌菌生长于夏秋季针叶和针、阔叶等混交林中, 大多为单生, 很少有群生<sup>[3,4]</sup>。在我国主要分布在四川、云南、甘肃等地。云南主要产地有楚雄、丽江等。因其采摘困难, 且产量少, 故较为珍贵<sup>[5]</sup>。我国中医认为虎掌菌是一味很好的中药材, 其性平味甘, 有驱寒除湿、活血化瘀、益气养阴、润肠通便等功效<sup>[6]</sup>。虎掌菌还可降低血液中胆固醇、防癌保健等<sup>[7]</sup>。研究表明野生虎掌菌对小白鼠肉瘤 180 抑制率高达 96.8%<sup>[8]</sup>。同时现代医学认为它可以提高人体免疫功能, 低脂肪、低胆固醇、低热值等优点使其成为天然减肥食品以及理想的保健食品之一<sup>[9]</sup>。近年来野生虎掌菌受到国内外学者的广泛关注, 本文就野生虎掌菌的营养价值及药用价值进行综述, 旨在为虎掌菌的综合开发利用提供理论依据。

## 2 虎掌菌的营养价值

虎掌菌菌体粗壮肥大、肉质鲜嫩可口, 胞外多糖含量高且不易破烂。蛋白质作为衡量虎掌菌营养等级的重要指标之一, 冯颖等<sup>[10]</sup>对虎掌菌蛋白质含量进行了研究, 结果分析表明虎掌菌子实体是一种典型的高蛋白低脂肪的野生珍稀菌, 其蛋白质含量除低于鸡蛋和豆类外, 显著高于其他蔬菜及肉制品。与其他菌类横向比较, 蛋白质含量高于香菇、黑木耳等, 且脂肪含量低, 是一种健康的食品。同时虎掌菌干制品中人体必需氨基酸种类丰富<sup>[11]</sup>, 且必需氨基酸之间的比例适宜, 有利于人体的吸收。虎掌菌是一种有很高研究价值的食用菌。

### 2.1 多糖

菌类多糖是一种天然大分子化合物, 由多个单糖分子通过糖苷键连接而成, 从子实体、发酵液中分离出来的一类活性多糖, 具有丰富的生物活性且无毒副作用, 在国际上被称为“生物反应调节剂”(biological response modifier, BRM)。菌类多糖可以控制细胞分裂分化, 调节细胞生长衰老等。是否为高级结构、直链以及侧链的链接位点等化学结构的变化也会影响多糖的生物活性。卯小岚<sup>[12]</sup>指出虎掌菌子实体中多糖类物质含量较为丰富。冯颖等<sup>[13]</sup>测定出虎

掌菌子实体多糖含量为 11%, Mizuno<sup>[14]</sup>和 Sukowsa-siaja 等<sup>[15]</sup>研究发现虎掌菌子实体中多糖的单糖组成为岩藻糖、半乳糖和葡萄糖, 糖的衍生物为糖醛酸。而王雪冰等<sup>[16]</sup>也对虎掌菌多糖结构进行研究, 通过对比气相色谱(gas chromatography, GC)图谱出峰时间, 发现虎掌菌多糖的单糖组成为阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖, 摩尔比为 0.8:4:13.4:3.4, 认为虎掌菌多糖的单糖组成成分主要为葡萄糖。Han<sup>[17]</sup>等将黑虎掌菌作为实验原料, 通过提取、分离纯化等技术得到了一种水溶性多糖, 即 HCP, 分子量为  $6.7 \times 10^5$  Da, 该糖是一种单链葡聚糖,  $\alpha$  键连接骨架结构为(1→6), 且连有 D-吡喃式葡萄糖残基。该水溶性多糖通过小鼠脾脏淋巴细胞增殖试验, 被证明可以明显提升免疫抑制小鼠的胸腺指数和脾脏指数, 增强单核巨噬细胞的吞噬功能, 提高免疫球蛋白水平以及增强机体分泌抗体细胞, 可以开发成保健品或药品。黄悦等<sup>[18]</sup>利用黑虎掌菌的新鲜子实体通过分离纯化等技术发现该菌中含有对神经生长因子的合成具有诱导作用的生物活性二萜。陈健等<sup>[19]</sup>通过对黑虎掌菌子实体进行分离纯化, 得到了两种多糖分别为 SIPa 和 SIPb, 并通过高效凝胶渗透色谱法和气相色谱法测定其相对分子质量和单糖组成, 结果表明 SIPa 是一种葡聚糖, SIPb 属于一种杂多糖, 其包括岩藻糖、葡萄糖和半乳糖。

### 2.2 蛋白质和氨基酸

虎掌菌中蛋白质和氨基酸含量较丰富, 张丙青等<sup>[11]</sup>对野生虎掌菌的营养成分进行了系统的分析, 结果显示黑虎掌菌中粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分以及水分含量依次为 15.74%、2.57%、4.72%、9.56%、7.83%, 即虎掌菌中的蛋白质和水分含量丰富, 且含有少量的粗脂肪和粗纤维。同时黑虎掌菌中氨基酸种类齐全、含量丰富, 氨基酸总量(TAA)为 9888.83 mg/100 g<sup>[20]</sup>。黑虎掌菌<sup>[21,22]</sup>中胱氨酸和蛋氨酸为第 I 限制氨基酸, 亮氨酸被综合评定为第 II 限制氨基酸。黑虎掌菌中的鲜味氨基酸决定了虎掌菌呈现特殊的风味, 且含量较高, 占到氨基酸总含量比例 36.68%<sup>[23]</sup>。黑虎掌菌中的粗脂肪为不饱和脂肪酸, 比其他类食用菌粗脂肪含量偏低, 符合人们低脂肪高营养的健康食品的选择。

### 2.3 挥发性香味成分

虎掌菌独特的香味能刺激人们的嗅觉和味觉, 促进食欲及消化液的分泌。虎掌菌子实体中特殊的风味不是单一物质作用而成, 是多种物质相互作用的结果。主要与其中含有脂肪烃醇类, 烯炔类和芳香性杂环类物质有关<sup>[24]</sup>。杜萍等<sup>[25]</sup>对虎掌菌的风味进行了系统研究, 发现黑虎掌菌中挥发性芳香物质高达 42 种, 主要包括芳香性杂环类、脂肪烃醇类、烯炔类物质。其中检测出来的 6 个含八碳挥发性化合物, 是构成虎掌菌最重要的风味物质之一。如 2-辛

烯-1-醇是亚油酸在脂肪氧化酶的催化下转变而来的,使其具有浓郁的蘑菇风味。含硫化合物作为目前最令人感兴趣的呈香物质之一,能影响食用菌整体的芳香<sup>[26]</sup>。

氨基酸是控制人体生命活动新陈代谢的重要物质,同时也是重要的呈味物质<sup>[21]</sup>。虎掌菌中天冬氨酸和谷氨酸含量较高,占氨基酸总含量的27%以上,远高于其他食用菌(茶树菇(1.73%)、鸡腿菇(1.67%)、姬松茸(1.57%)、香菇(1.42%)等)<sup>[18]</sup>。氨基酸使虎掌菌呈现出很强的鲜味或甜味,有些则能够和糖类反应,呈现特殊的风味。徐盼菊等<sup>[27]</sup>以黑虎掌菌为原料,检测出20余种挥发性物质,包括酯类物质,占总峰面积的60.85%,并推测这些酯类物质来源于虎掌菌中的脂肪。虎掌菌香味是否浓郁和持久,是虎掌菌品质优劣的重要标志之一,也是虎掌菌价值的体现。不同的产地,虎掌菌香味也存在差异,价格也是天差地别。

## 2.4 矿物质和维生素

杜萍等<sup>[25]</sup>对虎掌菌的矿物质和维生素进行了检测,通过电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)分析发现虎掌菌中含有10种微量元素和9种稀土元素,其中K、Mg、Fe、Ca、Zn含量较高,Se、Ni含量次之,Co、V、Cr含量较少,这些微量元素既可以作为机体的营养素,也可以激活动力有益健康,应用于治疗疾病等方面。张丙青等<sup>[11]</sup>将黑虎掌菌中矿物质与维生素(Ca、Mg、Fe、Zn、Cu等)含量与谷物、鸡蛋、蔬菜、苹果等进行了比较,结果发现黑虎掌菌中Mg、Fe、Zn、Cu等含量均比稻米、鸡蛋中的含量高,同时虎掌菌子实体中含有丰富的维生素B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>和C,且维生素C含量高于一般果蔬。所以日常多食用虎掌菌有益身体健康。

## 3 虎掌菌的药用价值

虎掌菌性平味甘,在中医中有很多功效,如:祛风散寒、舒缓经脉、活血化瘀、消脂等。经常食用可以提高人体免疫力,预防疾病。但是虎掌菌与其他菌类一同食用曾出现过中毒现象,因此虎掌菌不能随便与菌类搭配食用<sup>[28]</sup>。

### 3.1 抗肿瘤作用

虎掌菌具有很强的抗肿瘤活性,陈健等<sup>[19]</sup>通过从虎掌菌子实体中分离纯化的两种多糖SIPa和SIPb发现,这两种多糖对Hep G2和HO-8910细胞的增殖都有抑制作用。且抑制作用与其浓度呈正相关,即随着浓度的增加,抑制作用越明显。其中以SIPb对HO-8910的抑制作用最为显著,抑制率高达28.51%。研究分析发现SIPb较强的抗肿瘤活性与其单糖组分中存在的甘露糖和葡萄糖有关。人体的巨噬细胞中含有一个多糖受体,该受体对甘露糖和葡萄糖具有高度专一性,故虎掌菌多糖具有抗癌活性。冯颖等<sup>[29]</sup>研究发现虎掌菌多糖即翘鳞肉齿菌粗多糖对小鼠肉瘤

S180有显著的抑瘤效应,以50 mg/kg剂量组抑瘤效应最为明显,抑瘤率高达45%。Sulkowska-Ziajak等<sup>[26]</sup>从黑虎掌菌中分离出FOI多糖和FKI多糖,发现该多糖对人乳腺癌MCV-7有50%以上的抑菌活性。因此菌类多糖的抗肿瘤作用机制是通过提高机体免疫能力来达到抑瘤效果,而不是直接作用于癌细胞<sup>[30-33]</sup>。但目前虎掌菌多糖在抗肿瘤试验中给药方式等方面尚不明确,所以有进一步研究的价值。

### 3.2 抗氧化作用

抗氧化是抗氧化自由基的简称,由于人体与外界的持续接触使得人体体内产生各种活性氧自由基。而当自由基过量或失去控制时就会引起一系列疾病如癌症、动脉粥样硬化、机体老化退化等<sup>[34,35]</sup>。王雪冰等<sup>[16]</sup>对虎掌菌多糖的抗氧化活性进行了研究,发现该多糖的确具有一定的还原能力以及清除羟基自由基的能力,试验表明浓度为3.6 mg/mL的虎掌菌多糖羟基自由基清除率最高,达到52.27%,同时虎掌菌多糖清除DPPH自由基效果较好,但抗脂质体氧化能力不太理想。郑义等<sup>[36]</sup>对黑虎掌菌多糖进行了提取分离获得了5个多糖组分,即SAP-1、SAP-2、SAP-3、SAP-4、SAP-5,发现这5个组分均随着浓度的增加自由基清除能力、还原力和螯合铁离子能力也逐渐提高,表现出一定的浓度依赖性;其中SAP-4对DPPH自由基的清除力最高,EC<sub>50</sub>值为0.029 g/L;同时SAP-4对铁离子的螯合能力也最高,EC<sub>50</sub>值为1.208 g/L。分析虎掌菌多糖的抗氧化活性,研究抗氧化可以有效克服氧化给机体带来的危害,所以抗氧化被保健品等企业列为主要的研发方向之一,可以开发利用虎掌菌多糖来满足市场的需求。

### 3.3 抗菌作用

云南当地人选择将虎掌菌放入煮熟的肉制品内以肉制品腐烂变质,延长保质期;虎掌菌特殊的香味有驱蚊避蝇的作用,被百姓当作防腐剂放于米面缸中驱虫<sup>[1]</sup>。目前国外已有研究将利用虎掌菌抑菌作用,将其添加到食品和饮料中以延长货架期<sup>[37-42]</sup>。李良生<sup>[43]</sup>选用虎掌菌子实体各有机层萃取物进行了抑菌试验,结果发现正丁醇层提取物和乙酸乙酯提取物具有明显抑菌效果,可以抑制枯草芽孢杆菌,而石油醚层提取物对其没有抑制效果。Barros等<sup>[44]</sup>通过研究发现,虎掌菌子实体的甲醇提取物不仅可以抑制革兰氏阳性菌和大肠杆菌,还可以不同程度地抑制白色念珠菌和新型隐球菌。陈龙等<sup>[45]</sup>通过实验发现黑虎掌菌子实体的粗提取物具有抑菌效果,同时发现采用不同的酶解方法如木瓜蛋白酶、纤维素酶获取粗提取物其抗菌效果也不同。通过正交试验得出了最优提取方案使其抑菌效果最佳,即料液比1:60、浸提温度70℃、浸提时间1h、纤维素酶1%、木瓜蛋白酶2%、酶解温度40℃、酶解时间2h,该工艺条件下对霉菌抑制效果最好,青霉菌、黑曲霉次之。Takei等<sup>[46]</sup>也对黑虎掌菌抑菌活性进行研究,分别分析了

石油醚相、乙酸乙酯相、正丁醇相、水相等对微生物的抑制作用发现黑虎掌菌提取液正丁醇层萃取物对金黄色葡萄球菌和谷草芽孢杆菌具有一定的抑菌作用, 抑菌活性 >30%, 抑菌圈明显; 乙酸乙酯提取物可以抑制谷草芽孢杆菌; 而石油醚相和水相对这些微生物均没有明显的抑制作用。Thulasi<sup>[47]</sup>通过对菌类多糖进行体外试验后发现, 菌类多糖有明显抑制病原菌作用, 且随着多糖浓度增大, 抑菌作用越明显。

### 3.4 免疫调节作用

菌类多糖作为一种免疫增强剂, 可以激发细胞活性, 并促进一些抗体的形成, 增强机体预防疾病的免疫能力。Thulas 等<sup>[48]</sup>通过在人体外血红白细胞中进行彗星试验, 证实了虎掌菌多糖具有能够增强 DNA 的修复功能; 并对小鼠的免疫功能进行了研究, 结果表明黑虎掌菌多糖的浓度与抗免疫效果呈浓度依赖性, 且不同剂量均可以不同程度的提高正常小鼠或免疫抑制小鼠的免疫器官指数, 增加小鼠单核—巨噬细胞的吞噬功能, 诱导脾淋巴细胞的增殖。同时还进行了小鼠创伤愈合实验发现与正常组(模型组)相比, 通过观察炎症细胞、成纤维细胞以及表皮结构发现不同的给药途径(内服和外敷), 可不同程度提高小鼠皮肤的伤口愈合率。即黑虎掌菌多糖具有很强的抗免疫作用, 可以提高细胞免疫活性及刺激抗体生成, 使正常小鼠的身体状况更佳, 使免疫抑制小鼠的免疫功能趋于正常水平。因此虎掌菌多糖能够提高巨噬细胞免疫力, 防止其变性, 具有免疫调节的功能<sup>[49-51]</sup>。是一种天然的免疫调节剂, 可作为保健食品或者治疗病原体 and 肿瘤的药物进行开发利用。

## 4 展 望

虎掌菌作为云南特有的珍贵菌种, 是一种高蛋白、低脂肪、高碳水化合物的真菌, 备受人们的喜爱。但目前人们对于虎掌菌的生态特性和自然环境下的生长条件了解甚少, 且虎掌菌加工形式单一, 仅限于鲜食和干食等初级加工, 残次品和边角料也存在浪费的情况, 针对目前野生菌种资源不断减少的问题, 需要进一步研究人工驯化及大面积栽培。同时关于野生虎掌菌营养成分的研究大多集中在多糖、蛋白质等物质, 少有发现新物质, 应继续加深对虎掌菌营养成分的研究。为了更加全面地了解野生虎掌菌对机体的有效作用, 其药理活性的深入研究也是新的虎掌菌研究侧重点之一。因此, 研究野生虎掌菌的食药价值, 开发一系列保健产品以提高其附加值, 对野生食用菌产业的发展具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 李健儿. 菌中之王: 黑虎掌菌[J]. 家庭中医药, 2013, 1(1): 75.  
Li JE. *Sarcodon aspratum* is the king of all fungi [J]. Family Tradit Chin Med, 2013, 1(1): 75.
- [2] 刘培贵, 杨祝良, 杨崇林, 等. 云南哀牢、无量山区的虎掌菌类[J]. 中国食用菌, 1992, 11(3): 28-29.  
Liu PG, Yang ZL, Yang CL, et al. *Sarcodon aspratus* in Ai Lao and Wu Liang mountain of Yunnan province [J]. Edible Fungi China, 1992, 11(3): 28-29.
- [3] 王有智, 马超, 蒋思萍. 西藏微生物研究的若干领域[J]. 西藏科技, 2011, 8: 75-77.  
Wang YZh, Ma C, Jiang SP. Several field of microbial research in Tibet [J]. Tibet's Sci Technol, 2011, 8: 75-77.
- [4] 李传华, 曲明清, 曹晖. 中国食用菌普通名录[J]. 食用菌学报, 2013, 20(3): 50-72.  
Li CH, Qu MQ, Cao H. China's edible fungus normal list [J]. Acta Edulis Fungi, 2013, 20(3): 50-72.
- [5] 赵骥民, 张丽辉, 辛树权. 虎掌菌及其人工驯化初报[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20: 177.  
Zhao JM, Zhang LH, Xin SQ. Preliminary report on *Sarcodon aspratus* and artificial domestication [J]. J Jilin Agric Univ, 1998, 20: 177.
- [6] 邹盛勤, 陈武. 食用菌的营养成分药理作用及开发利用[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(3): 502-503.  
Zou SQ, Chen W. The nutritional contents, pharmacological effects and exploitation and utilization of edible Fungi [J]. J Anhui Agric Sci, 2005, 33(3): 502-503.
- [7] 刘宏. 食用菌营养价值及开发利用[J]. 中国食物与营养, 2007, 12(4): 26-27.  
Liu H. The nutritional value and development use of edible Fungi [J]. China Food Nutr, 2007, 12(4): 26-27.
- [8] 韦丁. 黑虎掌菌多糖结构和抑制肿瘤活性的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.  
Wei D. The research on polysaccharide structures and anti-tumor activity of *Sarcodon aspratum* [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [9] 董淮海, 毛传福. 十一种食用菌的营养评价[J]. 食药菌, 2011, 19(3): 15-16.  
Dong HH, Mao ChF. The nutrition evaluation of eleven edible fungi [J]. Edible Med Fungi, 2011, 19(3): 15-16.
- [10] 冯颖, 陈晓鸣, 周德群, 等. 翘鳞肉齿菌主要生物学特征研究[J]. 林业科学研究, 1995, 4(9): 395-396.  
Feng Y, Chen XOu, Zhou DQ, et al. The research of main biology characteristic on *Sarcodon imbricatus* [J]. Forest Res, 1995, 4(9): 395-396.
- [11] 张丙青, 陈健. 黑虎掌菌营养成分的测定与评价[J]. 食品科学, 2011, 32(90): 299-302.  
Zhang BQ, Chen J. The assay and evaluation of nutrient composition on *Sarcodon imbricatus* [J]. Food Sci, 2011, 32(90): 299-302.
- [12] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1998.  
Mao XL. China's economic fungi [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [13] 冯颖, 赵丽芳, 陈晓鸣, 等. 翘鳞肉齿菌营养成分分析及价值评价[J]. 林业科学研究, 1998, 11(5): 498-501.  
Feng Y, Zhao LF, Chen XM, et al. The analysis and value evaluation of *Sarcodon imbricatus* [J]. Forest Res, 1998, 11(5): 498-501.
- [14] Mizuno M, Shiomi Y, Minato K, et al. Fucogalactan isolated from *Sarcodon aspratus* elicits release of tumor necrosis factor and nitric oxide from murine macrophages [J]. Immunopharmacol, 2000, 46(2): 113-121.

- [15] Sulkowska-ziajka K, Karczewka E, Wojtas I, *et al.* Isolation and biological activities of polysaccharide fractions from mycelium of *Sarcodon imbricatus* L. P. Karst. (Basidiomycota) cultured *in vitro* [J]. Polish Pharm Soc, 2011, 68(1): 143–145.
- [16] 王雪冰, 赵天瑞, 樊建. 云南野生虎掌菌多糖的提取及其抗氧化研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(7): 146–151.  
Wang XB, Zhao TR, Fan J. Studies on the Extraction and Antioxidant Characters of *Sarcodon aspratus*(Berk)S.Ito [J]. J Southwest Univ (Nat Sci Ed), 2011, 33(7): 146–151.
- [17] Han XQ, Wu XM, Chai XY, *et al.* Isolation, characterization and immunological activity of a polysaccharide from the fruit bodies of an edible mushroom, *Sarcodon aspratus*(Berk)S.Ito [J]. Food Res Int, 2010, 06: 009.
- [18] 黄悦, 董泽军, 刘吉开高, 等. 真菌黑虎掌菌子实体的化学成分[J]. 云南植物研究, 2001, 23(4): 125–128.  
Huang Y, Dong ZJ, Liu JKG, *et al.* The chemical composition of *Sarcodon aspratus* [J]. Acta Botan Yunnanica, 2001, 23(4): 125–128.
- [19] 陈健, 张灵芝, 韦丁, 等. 黑虎掌菌多糖的组成和抗肿瘤活性[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2011, 39(12): 110–114 .  
Chen J, Zhang LZ, Wei D, *et al.* The composition of polysaccharides and antitumor activity in *Sarcodon aspratus* (Berk)S.Ito [J]. J South China Univ Technol (Nat Sci Ed), 2011, 39(12): 110–114.
- [20] 刘源, 杨刚, 杨学武. 微波预处理水提法提取甘汝虎掌菌多糖的工艺优化[J]. 贵州农业科技, 2016, 44(4): 127–129.  
Liu Y, Yang G, Yang XW. The process optimization by microwave-assisted extraction polysaccharides on *Sarcodon aspratus* [J]. Guizhou Agric Sci Technol, 2016, 44(4): 127–129.
- [21] Su kowska- Ziaja K, Muszyńska B, Ekiert H. Chemical composition and cytotoxic activity of the polysaccharide fractions in *Sarcodon imbricatus*(basidiomycota)[J]. Acta Mycol, 2012, 47(1): 49–56 .
- [22] 赵雨霖, 王琦. 翘鳞肉齿菌化学成分和药理活性研究概况[J]. 食用菌学报, 2014, 21(3): 77–82.  
Zhao YQ, Wang Q. The study of general situation of chemical constituents and pharmacological activities on *Sarcodon imbricatus* [J]. Acta Edulis Fungi, 2014, 21(3): 77–82.
- [23] 姜萍萍, 韩焯, 顾赛红. 五种食用菌氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2009, 31(2): 67–71.  
Jiang PP, Han Y, Gu SH. The measure and nutritional assessment of amino acid contents on five kinds of edible fungi [J]. Amino Acids Biotic Resour, 2009, 31(2): 67–71.
- [24] 才媛, 徐菁鹤, 王琦. 采用顶空固相微萃取-气质联用技术分析翘鳞肉齿菌中挥发性成分[J]. 食用菌学报, 2013, 20(1): 93–95.  
Cai Y, Xu QH, Wang Q. The analysis of volatile composition of *Sarcodon imbricatus* by using headspace solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry technique [J]. Acta Edulis Fungi, 2013, 20(1): 93–95.
- [25] 杜萍, 张先俊, 何素芳, 等. 云南野生黑虎掌菌元素分析和风味研究[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(3): 97–102.  
Du P, Zhang XJ, He SF, *et al.* The elemental analysis and research of *Sarcodon imbricatus* in Yunnan province [J]. Chem Ind Forest Prod, 2010, 30(3): 97–102.
- [26] Sulkowska-Ziajak, Muszynaka B, Ekiert H. Chemical composition and cytotoxic activity of the polysaccharide fractions in *Sarcodon imbricatus*(basidiomycota) [J]. Acta, Mycol, 2012, 47(1): 49–56.
- [27] 徐盼菊, 杨东生, 滕利荣, 等. 黑虎掌菌化学成分及药理作用研究进展[J]. 山东医药, 2015, 55(23): 99–101.  
Xu PJ, Yang DS, Teng LR, *et al.* The progress of constituents and their pharmacological effect in *Sarcodon imbricatus* [J]. Shandong Med J, 2015, 55(23): 99–101.
- [28] 殷伟伟, 张松. 食药真菌降血脂作用的研究及作用[J]. 菌物研究, 2006, 4(4): 82–86.  
YinWW, Zhang S. The research of hematic fat and self-reaction on Eating medicinal fungi [J]. J Fungal Res, 2006, 4(4): 82–86.
- [29] 冯颖, 赵丽芳, 陈晓鸣, 等. 翘鳞肉齿菌粗多糖提取和抗肿瘤试验研究[J]. 西南林学院学报, 2000, 20(2): 117–120 .  
Feng Y, Zhao LF, Chen XM, *et al.* The research of polysaccharide extraction and bioassay on *Sarcodon imbricatus* [J]. J Southwest Forest Coll, 2000, 20(2): 117–120.
- [30] 周永. 多糖类抗肿瘤作用的研究进展[J]. 国外医学卫生学分册, 2001, 28(3): 129–132.  
Zhou Y. The research progress of polysaccharide antitumor effect [J]. Foreign Med Hyg Booklet, 2001, 28(3): 129–132.
- [31] 黄步汉. 食用菌菇类抗肿瘤和降低胆固醇的作用[J]. 药学通报, 1982, 17(5): 26–29.  
Huang BH. The role of edible mushrooms is to antitumor and lower cholesterol [J]. Chin Pharm Bull, 1982, 17(5): 26–29.
- [32] 曾庆田, 赵军宁, 邓治文. 金针菇多糖的抗肿瘤作用[J]. 中国食用菌, 1991, 10(2): 11–13.  
Zeng QT, Zhao JN, Deng ZW. The antitumor function of the needle mushroom polysaccharide [J]. Edible Fungi Chin, 1991, 10(2): 11–13.
- [33] Chen Y, Hu M, Wang C, *et al.* Characterization and *in vitro* antitumor activity of polysaccharides from the mycelium of *Sarcodon aspratus* [J]. Int J Biol Macromol, 2013, (52): 52– 58.
- [34] 王宗军, 廖丹葵. 茶树菇多糖抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(1): 50–54.  
Wang ZJ, Liao DK. The research of polysaccharide antioxidant activity on *Agrocybe cylindracea* [J]. Food Res Dev, 2010, 31(1): 50–54.
- [35] 王振宇, 张宁, 赵鑫. 酸溶性黑木耳多糖抗氧化性研究[J]. 中国农副特产研究, 2011, 6(3): 4–6.  
Wang ZY, Zhang N, Zhao X. The research of polysaccharide oxidation resistance on acid soluble black fungus [J]. Res Inst Chin Agric Sideline Prod, 2011, 6(3): 4–6.
- [36] 郑义, 王卫东, 孙月娥, 等. 翘鳞肉齿菌多糖的抗氧化活性分析[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(11): 1582–1586.  
Zheng Y, Wang WD, Sun YE, *et al.* The analysis of antioxidant activity on *Sarcodon aspratus* polysaccharides [J]. Nat Prod Res Dev, 2013, 25(11): 1582–1586.
- [37] Hwang GJ, Na JH. Method for manufacturing porridge comprising *Sarcodon aspratus*: KR, 2009059262 A 20090611 [P]. 2009.
- [38] Hwang GJ, Na JH. Method for manufacturing flour foods with rich nutrients: KR, 2009059239 A 20090611 [P]. 2009.
- [39] Kim BC, Kim HG, Shin HG, *et al.* Method for softening beef by using sarcodon aspratus extract: KR, 2008098764 A 20081112 [P]. 2008.
- [40] Kim BC, Kim HG, Shin HG, *et al.* Method for manufacturing tenderizer containing sarcodon aspratus extract and kini: KR, 2009013491 A 20090205 [P]. 2009.

- [41] Jang NS. Method for manufacturing health beverage from sarcodon aspratus: KR, 859324 B1 20080919 [P]. 2008.
- [42] Wang Z, Wang W. Tonic alcoholic liquor containing ingredients of precious mushrooms and its preparation method: CN, 101113399 A 20080130 [P]. 2008.
- [43] 李良生. 云南农副土特产品概况[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1982: 216.  
Li LSh. Yunnan general situation of farm and sideline products [M]. Kunming: Yunnan People's Publishing House, 1982: 216.
- [44] Barros L, Pereira C, Ferreira ICFR. Optimized analysis of organic acids in edible mushrooms from Portugal by ultra fast liquid chromatography and photodiode array detection [J]. Food Anal Meth, 2013, 6(1): 309–316.
- [45] 陈龙, 郭永红, 曹建新, 等. 虎掌菌酶解提取物抑菌试验研究[J]. 中国食用菌, 2009, 28(1): 42–44.  
Chen L, Guo YH, Cao JX, *et al*. The research of bacteriostatic experiment on Enzyme extracts of *Sarcodon aspratus* [J]. Edible Fungi Chin, 2009, 28(1): 42–44.
- [46] Takei T, Yoshida M, Ohnishi-Kameyama M, *et al*. Ergosterol per-oxide, an apoptosis- inducing component isolated from *Sarcodon aspratus*(Berk) S.Ito [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2005, 69(1): 212–215 .
- [47] Pillai TG, Nair CKK, Janardhanan KK. Polysaccharides isolated from *Ganoderma lucidum*, occurring in Southern parts of India, protects radiation induced damages both in vitro, and in vivo[J]. Environmental Toxicology & Pharmacology, 2008, 26(1):80-85.. Polysaccharides isolated from *Ganoderma lucidum* occurring in Southern parts of India, protects radiation induced damages both in vitro and *in vivo* [J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2008, 26: 80–85.
- [48] Pillai TG, Nair CKK, Janardhanan KK. Enhancement of repair of radiation induced DNA strand breaks in human cells by *Ganoderma* mushroom polysaccharides [J]. Food Chem, 2010, 119: 1040–1043.
- [49] 刘长静. 菌物多糖免疫功能的研究[J]. 无锡工业大学学报, 2002, 21(2): 168–171.  
Liu ChJ. The research of immune function on Fungus polysaccharide [J]. Wuxi Ind Univ J, 2002, 21(2): 168–171.
- [50] 姜琛璐, 汤承, 骞宇. 黄芪多糖免疫调节作用研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 327–329.  
Jiang CL, Tang Ch, Qian Y. The research progress of immunomodulating effect on sarcodon aspratus[J]. Food Sci, 2013, 34(11): 327–329.
- [51] 邓文龙, 廖渝英. 银耳多糖的免疫药理研究[J]. 中草药, 1984, 15(9): 23–26.  
Deng WL, Liao YY. The research of immune pharmacological on tremella polysaccharide [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 1984, 15(9): 23–26.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



苗笑雨, 硕士研究生, 主要研究方向为肉品加工与质量控制。

E-mail: miaoxiaoyu1992@qq.com



王桂瑛, 副教授, 主要研究方向为食品安全与质量控制。

E-mail: kmwgy@126.com



廖国周, 副教授, 主要研究方向为畜产品加工与质量控制。

E-mail: liaoguozhou@ynau.edu.cn