

真菌多糖水提及化学辅助提取方法研究进展

苏红 李青莲 魏磊 范黎*

(首都师范大学生命科学院 北京 100048)

摘要: 真菌多糖具有抗肿瘤、抗衰老、免疫调节等多种功效, 有较高的食、药用和商业价值。本文通过对实例的总结, 介绍热水浸提法、稀酸提取法、碱提取法、酶消化提取法等真菌多糖提取技术。通过比较阐述其优缺点、影响因素和适用范围, 为类似试验提供建议。

关键词: 多糖, 提取, 方法比较

Research Progress in Water Extraction Method And Chemical Assisted Extraction Method of Fungal Polysaccharides

SU Hong LI Qing-Lian WEI Lei FAN Li*

(College of Life Sciences, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Polysaccharides derived from mushrooms have attracted much attention of research in the past three to four decades because of their potent anti-tumor, anti-senility and immunomodulation properties. In this paper, some extraction methods for fungal polysaccharides, including water extraction, acid extraction, alkaline extraction and enzyme extraction etc., were discussed. The mechanism, application and influence of different factors in the extraction process about these methods were furthermore analyzed.

Keywords: Polysaccharides, Extraction, Comparison of method

1969年, 日本学者 Goro Chihara 首先利用热水从香菇子实体中浸提出 4 种多糖, 其中 2 种有明显抗肿瘤作用, 一种是含有 $\beta(1-3)$ 糖苷键的线性葡聚糖, 测试表明其分子量为 95–105 万, 并定名为 Lentinan^[1-2]。从此, 科学界掀起了食(药)用真菌多糖研究的热潮, 真菌多糖成为最具发展前途的医疗保健资源之一。目前对于真菌多糖的研究主要集中在多糖的组成和结构^[3-6], 以及多糖的生物活性和作用机理^[7-10]。真菌多糖包括细胞外多糖、细胞内多糖和菌丝壁多糖。细胞外多糖指液态培养条件下真菌细胞分泌到细胞外的多糖, 可以给发酵上清液直

接加入乙醇, 将其沉淀而获得。与细胞外多糖不同, 菌丝壁多糖存在于菌丝细胞壁内部, 细胞内多糖存在于菌丝细胞内部, 由于真菌细胞或组织外大多有脂质包围, 所以不易直接获得, 常需要通过一些物理或化学的方法破坏脂质或细胞壁, 从而进行提取和纯化^[11]。显然, 如何有效地从原材料中提取粗多糖, 是进行真菌多糖研究的关键^[3-9]。大多数真菌多糖在热水中溶出率较高, 遇乙醇沉淀, 因此通常用水作溶剂来提取真菌多糖, 用乙醇来沉淀得到粗多糖, 目前最常用的也是最基本的提取方法为热水浸提法。热水浸提法提取多糖时的主要问题是提取率

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30870008)

*通讯作者: Tel: 86-10-68902964; 信箱: fanli@mail.cnu.edu.cn

收稿日期: 2009-09-23; 接受日期: 2009-11-24

较低,为了提高提取率,研究人员对真菌多糖的提取方法进行了改良,包括提取前对原料进行如微波、超声波等物理辅助处理^[12-13]或加酶^[14-19]处理,在提取中进行适当加压处理^[20],对提取后残渣进行加酸加碱或加盐^[21-23]后再二次提取的处理等,形成了物理辅助提取法和化学辅助提取法。采用上述方法提取的多糖为粗多糖,其主要成分多糖的含量一般在60%以上。如果要得到精制的多糖,还需经过脱蛋白、脱色、透析等步骤去除其中的杂质。本文主要对简便有效的热水浸提法以及稀酸、稀碱和酶消化提取等化学辅助提取方法进行介绍。

1 热水浸提法

作为目前提取真菌多糖最常用的方法,热水浸提法有着反应条件温和、有机溶剂使用量少、对多糖活性破坏小、操作简便和实验成本低等优点,但同时具有所需提取温度较高、操作时间较长、提取率不高的缺点。

可能影响多糖提取率的因素包括:pH值、原料粉碎度、料液比、提取时间、提取次数和提取温度等。

热水浸提法是在pH为自然的条件下进行的,不对pH进行人为控制。所谓自然条件下的pH值,一般指热水浸提时使用的蒸馏水的pH值,常弱酸性。但pH值的不同确实会影响多糖提取率,且获得的多糖的种类也可能存在差别。我们实验室的研究表明,酸性(pH值4左右)或弱碱性(pH值7.2左右)条件下,真菌多糖的提取率高于弱酸性(pH值5.5左右)条件下的提取率(待发表),且pH值太高或太低多糖得率都会下降。白日霞^[24]在碱性条件下从鬼毛针(安络小皮伞, *Marasmius androsaceus*)中分离、提取出一种碱溶多糖R-1及其降解多糖R-2。R-2具有水溶性好、增强免疫功能和抗小鼠肉瘤S180的作用,R-1在自然pH条件下未提取到。

原料的粉碎度是指用粉碎机对原料进行粉碎的程度,一般用粒径来衡量,可通过对受试物反复粉碎过筛,根据所过筛子目数不同确定其粉碎度。对原料进行粉碎的目的在于增加原料与提取溶剂之间的接触面积,对于真菌子实体,干燥的菌丝球等这些可以粉碎的受试物,作适当的粉碎可提高提取率。李娜等^[25]对泰山美味牛肝菌不同粉碎度与多糖得率间的关系的研究结果表明,当原料的粉碎度达

到70目以上时,此因素对多糖得率的影响并不十分显著,且粉碎目数太高反而会降低多糖提取率。当原料粉碎度为30目时,粗多糖得率只有 $(0.79 \pm 0.0985)\%$;随着粉碎度的增大,粗多糖得率显著提高,当原料粉碎度为60目时,粗多糖得率达到 $(2.08 \pm 0.0889)\%$;80目时,粗多糖得率达到 $(2.89 \pm 0.1229)\%$,随着粉碎度进一步增大,多糖得率降低,100目时得率降为 $(2.33 \pm 0.0954)\%$ 。鉴于不同的食药用品真菌其粉碎的难易程度差别不大,而严格控制原料粉碎度,需要反复粉碎过筛非常耗费人力和能源。因此,我们认为对样品进行适当粉碎,大部分达到70目到80目即可,实验室研究中可以不对此因素进行正交优化。

提取次数、提取温度、料液比和提取时间是影响热水浸提时粗多糖提取率的主要因素,常常在进行多糖提取条件的正交优化时涉及。

根据文献记载,对提取次数和料液比这两个因素进行正交分析的研究仅在部分工作中有所体现,且所得结论矛盾或阐述不清。实验过程中,我们在进行正交分析时发现提取次数和料液比这两个因素可能存在相互作用。如果料液比取值适当,提取1-2次即可达到多糖最佳提取率。但在料液比较小,如1:1时,要达到最大提取率,就需要对受试真菌进行反复多次提取,这样不仅需要较长的时间,且真菌多糖的结构会被破坏。因此对于提取次数这一因素,一般在确定最佳料液比、浸提时间和提取温度后再进行单因素实验确定可能较为恰当,或根据经验直接提取2次即可。此外,为了减少提取次数、缩短提取时间、降低长时间高温对多糖的破坏,料液比各水平之间取值间隔要大一些,一般要成倍增大。如李浩飞等^[26]对桦褐孔菌多糖水提工艺的研究中,料液比各水平之间取值间隔较恰当,分别使用了1:5、1:10、1:20,最终实验结果为提取次数这一因素影响不显著,且提取1次即可。而张国华等^[27]在进行冬虫夏草多糖水提工艺的研究时对料液比3个水平的取值间隔较小,分别使用了1:8、1:10、1:12,使得最终实验结果为提取次数为最显著影响因素,且需反复提取3次。

真菌多糖的提取率常随着温度的升高而升高^[21,25-36],但由于温度过高会导致多糖结构的破坏,所以常直接根据经验和实验室条件在90°C到100°C间进行提取。如冬虫夏草、灵芝、桑黄^[27,29,32]等都

可在 100°C 进行多糖的提取。另外,有些真菌多糖在 90°C 以上提取时其成分即会被破坏,如许泓瑜等^[28]对桦褐孔菌菌粉多糖提取的最佳温度为 83°C。郑燕丹^[33]对羊肚菌菌丝体胞内多糖的研究表明,在 100°C 时多糖提取率降低,90°C 才是最佳提取温度,并且温度是影响多糖得率的最显著因素。因此,当以未被前人研究过的真菌为实验材料提取其多糖时,必须对提取温度进行优化试验。对于已报道过的真菌的多糖进行提取时,在条件允许的情况下也应该对提取温度进行优化,这样既能保证试验的准确性,也是对前人研究成果的一个验证。

在上述 4 个因素中,料液比和浸提时间一般在正交分析时常会考虑。这两个因素对于大多数真菌都是显著的影响因素,如泰山美味牛肝菌、灵芝、冬虫夏草等,料液比是影响其多糖得率的最显著因素^[25,27,29]。桦褐孔菌、桑黄等提取时间是影响其多糖得率的最显著因素^[26,28,30-31,36]。此外,针对不同的真菌,或者同一种真菌其产地不同、形态(子实体或菌丝体)不同,这两个因素的取值也可能不同。如李艳等(灵芝多糖提取工艺研究)对灵芝多糖提取的最佳料液比为 1:30、时间为 3 h,贾薇等^[34]对姬松茸多糖提取的最佳料液比为 1:30、时间为 2 h。许泓瑜等^[28]将江南大学医药学院制药工程研究室保藏的桦褐孔菌制成发酵菌粉,对其多糖提取,最佳条件为提取时间 2.2 h、料液比 1:33.3。李浩飞等^[26]取吉林省长白山地区的桦褐孔菌干燥子实体粉碎,用 95% 乙醇回流提取过滤,滤渣自然晾干后对其进行热水浸提,最佳提取条件为提取时间 3 h、料液比 1:10。戈延茹等^[30]对吉林省延边特产研究所提供的桑黄进行多糖提取,其最佳条件为料液比 1:14,提取时间 3 h。周勇^[36]对吉林农业大学中药材学院药用菌研究室提供的桑黄进行多糖提取,其最佳条件为料液比 1:50、提取时间 3 h。窦茜茜等^[32]对中科院微生物研究所提供的桑黄进行多糖提取其最佳料液比 1:15、提取时间 8 h。

对于提取时间这一因素,虽然不同的真菌在多糖提取时其取值不同^[21,25-36],但提取时间的选择存在一定规律性,如桦褐孔菌、灵芝、桑黄^[26,29,36]等木质真菌其最佳提取时间一般在 3 h 以上,而姬松茸、金针菇、块菌^[34-35]等肉质真菌其最佳提取时间一般在 1-3 h 之间。但由于菌种之间差异性的存在,试验

研究时仍应对此因素进行优化确定其取值。

2 化学辅助提取法

2.1 稀酸提取法:稀酸提取法简称酸法,主要用于提取酸溶性多糖,值得关注的是采用这一方法,有时还可以提取到热水浸提法无法获得的水溶性多糖。董洪新等^[21]在对阿魏侧耳酸提水溶性多糖的研究中成功提取出对 RNase 有抑制作用的水溶性多糖 PF3。PF3 的这一特性可用于防止外源性核糖核酸(RNA)被体内核糖核酸酶(RNase)的降解,从而在癌症患者的核糖核酸治疗中发挥作用。酸法的缺点是,在酸性条件下,多糖可能发生酸水解使得其结构改变,从而影响对多糖结构的进一步研究。

目前,稀酸提取法较常用于提取植物多糖,因为酸提植物多糖也具有较高的生物活性^[37],而由于稀酸提取法对真菌多糖的破坏较大,单从提高提取率一点来说又不如稀碱提取法有效^[38],所以在提取真菌多糖的研究中酸法并不常用,一般在尝试提取新的未被发现过的多糖时可能被采用。

传统的酸法提取真菌多糖的操作步骤为^[38-41]:先对受试真菌进行一定温度下稀酸浸提,然后经稀碱中和后再热水浸提,这一操作步骤使受试真菌中能够提取出的多糖都与稀酸接触,使得发生酸解的多糖量增多。建议稀酸提取法的步骤为:先对受试真菌进行热水浸提,再对水提后的残渣在一定温度做一定时间的稀酸处理,处理后用碱中和,取上清液,以便提取出酸溶性多糖和更多的水溶性多糖。这在一定程度上也避免了酸对水溶性多糖结构的影响。

为防止糖苷键断裂,酸法提取真菌水溶性多糖时时间宜短,温度不超过 50°C^[21,39-42]。针对具体的实验原料,需通过试验选择不同的提取温度和提取时间。通常用 3% 的三氯乙酸进行低温浸泡,用量约为受试真菌的 5-8 倍(质量体积比)。

2.2 碱提取法:碱提取法是一种应用比较广泛的提取真菌多糖的方法^[22,24,43-47],用此法提取的多糖也具有一定的生物活性。如体外灵芝菌丝体碱提多糖对脾细胞增殖反应和巨噬细胞的吞噬能力均有促进作用,显示出低剂量增强、高剂量抑制的双向调节能力^[47]。刘培勋等^[43]在银耳孢子发酵物中用碱液提取得到的 4 个多糖组分,它们均具有一定的清除

羟基自由基、清除超氧阴离子自由基和抑制红细胞溶血的活性。碱提取法与热水浸提法相比多糖得率有明显的提高。丁重阳^[46]等在姬松茸胞内多糖碱提取工艺的研究中发现在最佳提取条件下姬松茸菌丝体胞内多糖碱提取得率为 (273.49 ± 1.59) mg/g 干菌体,而在相同的发酵培养条件下,采用水提取法所得到的姬松茸胞内多糖得率仅为 16.15 mg/g 干菌体,提取率提高了约 16 倍。同样与热水浸提法相比多糖得率有明显提高的提取方法还有现在比较新兴的物理波提取方法,但此方法需要使用微波炉^[12]或超声波破碎仪^[13]等较贵的仪器且一次性提取量较少,碱提法不受仪器的限制,一次性可进行大量提取,更适于工业生产。碱提法存在与酸提法相同的缺点,碱的用量一旦控制不好,就会影响多糖的结构。

传统碱提取法的操作步骤为:直接在受试菌中加入一定浓度的碱液,在一定温度下浸提,之后用酸中和,取上清液,浓缩乙醇沉淀获得多糖。它与传统的酸提法一样浸提条件剧烈,使受试真菌中能够提取出的多糖都与稀碱接触,容易破坏多糖的结构。随着实验技术的发展,稀碱提取法的操作步骤发展为:先对受试真菌进行热水浸提,再对水提后残渣进行稀碱浸提,然后离心弃沉淀,取上清液用稀酸中和,之后浓缩乙醇沉淀。

碱提多糖得率的影响因素包括碱液浓度、料液比、提取时间、提取温度等。通常情况下所使用的碱选择氢氧化钠(NaOH),提取温度一般控制在 50°C – 70°C 。因为随着温度的增高,多糖得率会增高,但在碱性溶液中的糖也更易发生分解和碳骨架断裂。针对不同的受试物应通过试验找出最适提取条件。丁重阳^[46]等从姬松茸中提取胞内多糖的提取条件为:料液比 1:85.85,浸提时间 4.63 h,碱液浓度 1.03 mol/L,提取温度 60.90°C 。王志刚等^[22]从木耳渣中提取多糖的最佳工艺条件为:料液比 1:50,浸提时间 150 min,浸提碱液浓度 0.750 mol/L,提取温度 85°C 。

2.3 酶消化提取法:近年来,随着酶工程技术的发展和普遍应用,这一技术也应用于真菌多糖的提取。与传统的热水浸提法相比,酶法有着多糖得率高的优点。如刘青娥^[14]分别利用果胶酶、纤维素酶和木瓜蛋白酶对袖珍菇多糖进行提取,并在工艺条件与酶法完全一致的条件以下热水浸提法为对照,

发现木瓜蛋白酶酶解法使多糖提取率提高 95%、果胶酶提高 79%左右、纤维素酶提高 42%。与稀酸(碱)提取法相比,酶法反应条件温和,对多糖结构破坏小^[15]。与新兴的物理波(超声波和微波)辅助提取法相比,酶法又具有对多糖的组成和活性影响较小的优点。酶提取法最大的缺点是成本相对较高,由于酶的价格较贵,酶提取法不适合应用于大批量的工业生产,但在实验室的研究中尤其是在提取多糖后进一步研究其结构和生物活性的试验中是一种最佳的提取方法。

酶消化提取法在热水浸提的同时加入一定量的酶液,并在一定温度和 pH 条件下浸提。酶的主要作用是破坏细胞壁的致密构造,减少细胞壁、细胞间质等对胞内多糖从细胞内向提取介质扩散的传质阻力,从而有利于其溶出。常用的酶有纤维素酶、果胶酶、蛋白酶。纤维素酶是一种多组分的复合生物催化剂,能催化纤维素的水解生成短纤维、纤维二糖、葡萄糖等。果胶酶是指分解果胶质的多种酶的总称,主要含有聚甲基半乳糖醛酸分解酶(PMGL)、聚半乳糖醛酸酶(PG)、聚半乳糖醛酸裂解酶(PGL)和果胶酯酶(PE)。果胶酶能将大分子粘多糖分解成可溶性小分子物质,从而降低粘度。蛋白酶对细胞中游离的蛋白质具有水解作用,使其结构变得松散,还可使糖蛋白和蛋白聚糖中游离的蛋白质水解,降低他们对原料的结合力,有利于多糖的浸出。

酶消化提取法分为单一酶法和复合酶法。单一酶法与复合酶法相比应用不是很广,因为一种酶往往仅对几种真菌的细胞壁作用明显,从而限制了其在食药用真菌多糖提取中的应用范围,如纤维素酶对金针菇细胞壁的作用明显^[48],而木瓜蛋白酶则适用于提取袖珍菇多糖,如刘青娥^[14]使用木瓜蛋白酶提取袖珍菇多糖的提取率比同等工艺条件下热水浸提法多糖提取率提高 95%。

复合酶法常选用两种以上的酶用于多糖提取,对各种食药用真菌的细胞壁都有作用,与单一酶法相比提取率更高。余冬生等^[18]在对酶法提取香菇多糖的研究中通过对单一酶的单因素试验和复合酶提取优化的比较研究表明,多种酶共同作用于香菇的细胞壁,使其破裂,多糖易从胞内释放,比单一酶作用提高了香菇多糖的提取率。

表 1 不同酶的反应温度和反应 pH 值
Table 1 Reaction temperature and pH of different enzymes

酶 Enzyme	反应温度 Reaction temperature (°C)	最适反应温度 Optimum reaction temperature (°C)	反应 pH 值 Reaction pH	最适反应 pH 值 Optimum reaction pH
木瓜蛋白酶 Papain	10-85	45-70	3-9.5	5.7
纤维素酶 Cellulase		55-60		4.8-5.2
果胶酶 Pectase	25-55	50	3.5-6	3.5-4

复合酶法常用的酶包括纤维素酶、果胶酶、蛋白酶^[17,19,49]，其中蛋白酶通常选用木瓜蛋白酶，中性蛋白酶^[49]等的使用也有报道。木瓜蛋白酶之所以较常用，是因为它与其他两种酶的作用 pH 值及温度相重叠(表 1)。根据所用酶的不同可选择对应的作用 pH 值和作用温度作为试验参考值。如，3 种酶同时使用时，作用 pH 值可选择 4.8-5.2，作用温度可选择 55°C。事实上，在实际的试验中，针对不同的受试真菌，对于 3 种酶的作用条件都需进行试验研究，酶的用量、作用温度、作用 pH 值、作用时间等都是影响多糖提取率的因素。如马春等^[50]认为姬松茸多糖提取中最佳条件为木瓜蛋白酶 1.0%、纤维素酶 0.5%、果胶酶 1.0%、温度 45°C、pH 4.5、时间 1.5 h。余冬生等^[18]对香菇多糖的最佳提取条件为：木瓜蛋白酶 2.0%、纤维素酶 0.5%、果胶酶 1.0%、温度 50°C、pH 4.0、时间 80 min。

应该指出的是，在受试真菌的多糖提取方法已积累了大量数据的情况下，若单一酶法有较好的提取效果，则应优先选用，既可降低成本，还可节约时间，加快试验进度。

3 展望

综上所述，提取真菌多糖时，将热水浸提法与各种不同的辅助提取方法结合可显著提高多糖得率。如前面提到的稀酸提取法和稀碱提取法，就是传统的酸、碱提取法与热水浸提法相结合形成的方法。

酶法与热水浸提法结合也有很好的效果，如沈爱英等^[17]对热水浸提法与稀酸提取法、稀碱提取法、复合酶法、复合酶-热水浸提结合法进行了比较研究。多糖得率分别为：热水浸提法 34.95 mg/g 干粉，传统酸提取法 54.35 mg/g 干粉，传统碱提取

法 86.79 mg/g 干粉，复合酶法 61.43 mg/g 干粉，复合酶-热水浸提结合法 156.01 mg/g 干粉。5 种提取方法中酶解与水提相结合的提取方法能显著提高多糖的得率。酸、碱提取法均能提高多糖的得率，但浸提条件剧烈，易造成多糖结构的破坏，且酸处理后，糖含量虽然高。但由于酸破坏了多糖的糖苷键而形成较多的单糖和低聚糖，使还原糖含量也同时升高，多糖的含量反而降低，影响后续研究工作的进行。而酶解与水提相结合，不仅使可溶性糖的提取率大大增加，而且条件温和，能保持产物的天然构象。陈丽等^[49]在茯苓多糖的提取中采用复合酶法与热水浸提法相结合，多糖的浸出率是热水浸提法的 2.32 倍，并且具有浸提时间缩短、提取条件温和，所得茯苓多糖立体结构不易被破坏、生物活性高的优点。

此外，新兴的物理波辅助提取法也已经被引入到真菌多糖的提取研究中。刘安军等^[51]研究桑黄水溶性多糖提取技术时发现，采用单一水提法或超声波预处理提取桑黄多糖，得率不高，分别仅为 1.02% 和 2.70%，而采用超声波 + 酶法双重预处理提取多糖，得率有很大提高，达 16.70%，且这 3 种提取方法所得产品的成分变化不大。显然，将物理波法与酶法相结合用于真菌多糖的提取可能更有效。化学辅助法间的结合、物理辅助法与化学辅助法间的结合是值得进一步研究的领域。

目前用于衡量一种多糖提取方法的优劣主要依据多糖得率的高低。因为一般来讲，多糖得率较高，从中获得活性成分的几率也相对提高，但需要指出的是多糖得率与活性之间并不存在一致性。因此，应选择对活性破坏小、多糖得率相对较高的方法进行提取，如，酶提取法或酶法与水提结合法。对于要研究已知活性的、特定的真菌多糖进行提取时，建

议查阅相关文献选用适当的方法。

参 考 文 献

- [1] Chihara G, Maeda Y, Hamuro G, *et al.* Inhibition of mouse sarcoma 180 by polysaccharides from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. *Nature*, 1969(222): 687-688.
- [2] Chihara G, Hamuro J, Maeda Y, *et al.* Antitumor polysaccharide derived chemically from natural glucan (pachyman). *Nature*, 1970(225): 943-944.
- [3] Wang J, Zheng X, Xu H, *et al.* Structural characterization, chain conformation, and morphology of a β -(1 \rightarrow 3)-D-glucan isolated from the fruiting body of dictyophora indusiata. *Agricultural and food chemistry*, 2009, **57**(13): 5918-5924.
- [4] Wang X, Xu X, Zhang L, *et al.* Thermally induced conformation transition of triple-helical lentinan in NaCl aqueous solution. *J Phys Chem*, 2008, **112**(33): 10343-10351.
- [5] Wang X, Zhang Y, Zhang L, *et al.* Multiple conformation transitions of triple helical lentinan in DMSO/Water by microcalorimetry. *J Phys Chem*, 2009, **113**(29): 9915-9923.
- [6] Gutiérrez A, Prieto A, Martínez AT. Structural characterization of extracellular polysaccharides produced by fungi from the genus *Pleurotus*. *Carbohydrate Research*, 1996, **281**(1): 143-154.
- [7] Gern RMM, Wisbeck E, Rampinelli JR, *et al.* Alternative medium for production of *Pleurotus ostreatus* biomass and potential antitumor polysaccharides. *Bioresource Technology*, 2008, **99**(1): 76-82.
- [8] Zhang L, Cao L, Ding W, *et al.* In vitro effect of lentinan on the activation of immunological cells in *Cyprinus carpio*. *Chinese Journal of Agricultural Biotechnology*, 2009, **6**(1): 69-74.
- [9] Kubota E, Kataoka H, Hayashi K, *et al.* Advanced stomach and pancreas cancer successfully treated with combination chemotherapy with S-1/paclitaxel/lentinan. *Hepato Gastroenterology-Current Medical and Surgical Trends*, 2009, **56**(89): 106-110.
- [10] 徐亚军, 赵龙飞. 根瘤菌胞外多糖的结构与功能研究进展. *饮料工业*, 2008, **11**(12): 7-9.
- [11] 陶文沂, 敖宗华, 许泓瑜, 等. 药食用真菌生物技术. 北京: 化学工业出版社, 2007: 87.
- [12] 徐格非, 庞秀炳, 高向东. 微波辅助法提取灵芝多糖. *药学与临床研究*, 2007, **15**(4): 297-299.
- [13] 赖小玲, 郑秀玲, 郑浩文, 等. 超声波法提取茶薪菇粗多糖的工艺. *食品与发酵工业*, 2007, **33**(6): 145-148.
- [14] 刘青娥. 酶法提取袖珍菇多糖工艺的研究. *食品研究与开发*, 2008(2): 53-56.
- [15] 姜红, 孙宏鑫, 李晶, 等. 酶法提取黑木耳多糖. *食品与发酵工业*, 2005, **31**(6): 131-133.
- [16] 董彩霞, 黄建华, 祝勇, 等. 酶解法提取香菇多糖的探讨. *光谱实验室*, 2005, **22**(5): 947-950.
- [17] 沈爱英, 谷文英. 复合酶法提取姬松茸子实体多糖的研究. *食用菌*, 2001, **23**(3): 7-9.
- [18] 余冬生, 纪卫章. 酶法提取香菇多糖. *江苏食品与发酵*, 2001(4): 10-11.
- [19] 梁敏, 邬洪源. 复合酶法提取香菇多糖. *高师理科学刊*, 2008, **28**(6): 72-74.
- [20] Lo TCT, Tsao HH, Wang AY, *et al.* Pressurized water extraction of polysaccharides as secondary metabolites from *Lentinula edodes*. *Agricultural and food chemistry*, 2007, **55**(10): 4196-4201.
- [21] 董洪新, 吕作舟. 阿魏侧耳酸提水溶性多糖的研究. *微生物学报*, 2004, **44**(1): 101-103.
- [22] 王志刚, 姜红, 朱蓓薇. 碱法提取木耳渣中多糖的研究. *大连轻工业学院学报*, 2007, **26**(3): 206-209.
- [23] 胡稳奇, 张志光. 盐析法提取香菇, 草菇多糖的探讨. *中国食用菌*, 1995, **14**(3): 34-35.
- [24] 白日霞. 鬼毛针中碱溶多糖的结构和生物活性. *应用化学*, 2001, **18**(6): 387-389.
- [25] 李娜, 张培正. 泰山美味牛肝菌粗多糖热水提取工艺研究. *中国食物与营养*, 2008(5): 44-47.
- [26] 李浩飞, 邓丽颖, 杨灿宇. 正交设计优化桦褐孔菌多糖的水提取工艺. *医药论坛杂志*, 2008, **29**(2): 54-55.
- [27] 张国华, 李绍平, 季晖, 等. 正交设计优化冬虫夏草多糖的提取工艺. *安徽医药*, 2004, **8**(6): 404-405.
- [28] 许泓瑜, 孙军恩, 陆震鸣, 等. 桦褐孔菌菌粉多糖提取工艺的优化. *食品与发酵工业*, 2008, **34**(11): 175-179.
- [29] 李艳, 赵海燕, 吕建宁. 灵芝多糖提取工艺研究. *中成药*, 2006, **28**(7): 1052-1054.
- [30] 戈延茹, 张春燕, 姜树红. 桑黄提取精制工艺的研究. *时珍国医国药*, 2009, **20**(1): 218-219.
- [31] 杨全, 严寒静, 李艳辉, 等. 药用真菌桑黄菌丝体多糖提取工艺的研究. *广东药学院学报*, 2005, **21**(6): 697-698.
- [32] 窦茜茜, 丁建新, 张东娜, 等. 桑黄多糖提取工艺研究. *解放军药学学报*, 2007, **23**(6): 423-426.
- [33] 郑燕丹. 羊肚菌菌丝体胞内多糖提取工艺研究. *现代商贸工业*, 2009(4): 307-308.
- [34] 贾薇, 刘艳芳, 张劲松, 等. 姬松茸菌丝体多糖提取方法初探. *食用菌学报*, 2003, **10**(3): 41-44.
- [35] 傅樱花. 金针菇液体深层发酵多糖的提取与测定. *新疆大*

- 学学报(自然科学版), 2005, **22**(1): 76-78.
- [36] 周勇. 桑黄水溶性多糖的分离纯化及结构的初步研究. 吉林农业大学硕士学位论文, 2007.
- [37] 任初杰, 姚华杰, 王承明, 等. 酸提花生粕多糖工艺研究. 食品科学, 2007, **28**(9): 128-132.
- [38] 詹道松. 不同的提取方法对喜热灵芝和树舌多糖提取率的影响. 海南大学学报(自然科学版), 1993, **11**(4): 41-44.
- [39] 林玉满, 陈日煌. 长裙竹荪子实体酸提水溶性多糖 DiA 的分离、纯化及组成单糖的鉴定. 食用菌学报, 1996, **3**(3): 37-40.
- [40] 林玉满, 鄢春生, 余萍. 短裙竹荪子实体酸提水溶性多糖的研究——Dd-2DE 的分离纯化和组成鉴定. 福建师范大学学报(自然科学版), 1998, **14**(2): 62-66.
- [41] 张丽萍, 李森, 黄丽萍. 金顶侧耳酸提水溶性多糖的研究——PC-3 的分离、纯化与结构确定. 菌物学报, 1993, **12**(2): 158-162.
- [42] 葛玉, 肖红, 张欣, 等. 真菌多糖的研究开发现状. 食品研究与开发, 2005, **26**(1): 23-25.
- [43] 刘培勋, 高小荣, 徐文清, 等. 银耳碱提多糖抗氧化活性的研究. 中药药理与临床, 2005, **21**(4): 35-37.
- [44] 张珏, 张志才, 王玉红, 等. 灵芝菌丝体碱提水溶性多糖工艺条件及对羟自由基的清除作用. 食品与生物技术学报, 2005, **24**(3): 98-100.
- [45] 刘培勋, 高小荣, 徐文清, 等. 银耳碱提多糖抗氧化活性的研究. 中药药理与临床, 2005, **21**(4): 35-37.
- [46] 丁重阳, 张笑然, 梁张, 等. 姬松茸胞内多糖碱提取工艺的研究. 生物加工过程, 2008, **6**(5): 21-26.
- [47] 张擎, 胡质毅, 王荃, 等. 灵芝菌丝体碱提多糖对小鼠细胞免疫的作用. 中山大学学报(自然科学版), 2005, **44**(5): 79-83.
- [48] 李世敏, 刘冬. 金针菇子实体多糖的提取新工艺的优化. 食品与发酵工业, 2002, **28**(10): 45-48.
- [49] 陈莉, 郁建平. 茯苓多糖提取工艺的优化. 食品科学, 2007, **28**(5): 136-139.
- [50] 马春, 董秀萍, 朱蓓薇. 复合酶法提取姬松茸胞内多糖. 大连轻工业学院学报, 2005, **24**(3): 195-198.
- [51] 刘安军, 陈伟伟, 王稳航, 等. 桑黄(*Phellinus linteus*)水溶性多糖提取技术研究. 食品研究与开发, 2006, **27**(10): 32-35.

征订启事

2010年部分生物、农林类学术期刊联合征订表(2-1)

刊物名称	邮发代号	刊期	年价(元)	网址	E-mail
大豆科学	14-95	双月刊	60	http://ddkx.periodicals.net.cn/gyjs.asp?ID=4606693	dadoukx@sina.com
动物学研究	64-20	双月刊	150	www.zoores.ac.cn	zoores@mail.kiz.ac.cn
动物学杂志	2-422	双月刊	210	http://dwxxz.ioz.ac.cn	journal@ioz.ac.cn
激光生物学报	42-194	双月刊	120	www.jgswxb.net	jgswxb@hunnu.edu.cn
菌物学报	2-499	双月刊	480	http://journals.im.ac.cn/jwxtcn	jwxt@im.ac.cn
昆虫学报	2-153	月刊	420	www.insect.org.cn	kxcb@ioz.ac.cn
昆虫知识	2-151	双月刊	150	www.ent-bull.com.cn	entom@ioz.ac.cn
林业科学	82-6	月刊	300	www.linyekexue.net	linyex@forestry.ac.cn
人类学学报	2-384	季刊	100	www.ivpp.ac.cn	acta@ivpp.ac.cn
山地农业生物学报	66-66	双月	100	http://web.gzu.edu.cn/jou/jou	Sd.xb@163.com
生命科学	4-628	月刊	360	www.lifescience.net.cn	cbbs@sibs.ac.cn
生物工程学报	82-13	月刊	780	http://journals.im.ac.cn/cjbcn	cjb@im.ac.cn
生物技术通报	18-92	月刊	300	http://swjstb.periodicals.net.cn/gyjs.asp?ID=4615630	biotech@mail.caas.net.cn
生物技术通讯	82-196	双月	150	http://swtx.chinajournal.net.cn	swtx@263.net
生物信息学	14-14	季刊	48	http://xxsw.chinajournal.net.cn	cjbioinformatics@yahoo.cn
微生物学报	2-504	月刊	660	http://journals.im.ac.cn/actamicrocn	actamicro@im.ac.cn