

青岛农业大学

毕业论文（设计）

题 目：____食用菌胞外多糖研究现状____

姓 名：____王昊汶____

学 院：____生命科学学院____

专 业：____生物技术（食用菌）____

班 级：____2016 级 01 班____

学 号：____20165181____

指导教师：____于浩____

2020 年 6 月 1 日

青岛农业大学

毕业论文（设计）诚信声明

本人郑重声明：所呈交的本科毕业论文（设计）是本人在指导老师的指导下，进行研究工作所取得的成果，成果不存在知识产权争议。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体在文中均作了明确的说明并表示了谢意。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

毕业论文（设计）作者签名：王昊汶
2020年6月1日

目 录

摘要.....	I
Abstract.....	II
前言.....	1
一、食用菌胞外多糖的简介.....	2
（一）食用菌胞外多糖的分类及成分组成.....	2
1.食用菌胞外多糖的分类.....	2
2.食用菌胞外多糖的组成成分.....	2
（二）食用菌胞外多糖的生理活性特点.....	2
二、食用菌胞外多糖提取纯化的工艺技法.....	2
（一）食用菌胞外多糖的提取.....	3
1.水提醇法.....	3
2.液态发酵法.....	3
（二）食用菌胞外多糖的纯化.....	4
三、食用菌胞外多糖的应用.....	4
（一）食用菌胞外多糖在医学领域的应用.....	5
（二）食用菌胞外多糖在食品生产中的应用.....	5
（三）食用菌胞外多糖应用的工业生产联系.....	5
四、食用菌胞外多糖未来的研究发展趋势.....	6
展望.....	6
参考文献.....	8
致谢.....	10

食用菌胞外多糖研究现状

生物技术（食用菌）专业 2016 级 1 班 王昊汶

指导教师：于浩

摘要：目前人类鉴定的食药真菌有 2000 多种，并且有很多品种作为食品和药物被人类使用，大部分食用菌都具有很好的保健效果。胞外多糖是食用菌中最重要的一种生物活性物质，具有很多的功效，如抗肿瘤、抗氧化、增强免疫力等，因此近几年来受到了广泛的关注。本文对食用菌胞外多糖的结构，化学组成，食用菌胞外多糖生理学功能进行了介绍，对食用菌胞外多糖的提取、纯化方法进行了描述，另外对食用菌胞外多糖的功效及其应用以及外来发展前景进行了展望。本文将有助于加深我们对于食用菌保外多糖的了解。

关键词：食用菌；胞外多糖；功能食品；活性物质

Current review of edible mushroom extracellular polysaccharides

Student majoring in Biotechnology (edible fungi) Wang Haowen

Tutor: Yu Hao

Abstract: More than 2000 edible/medicinal mushrooms species have been identified to date and many of them have been widely consumed. Most mushrooms have health-promoting properties, which was associated with the bioactive compounds produced by these mushrooms. Extracellular polysaccharide is considered as the major bioactive compounds in mushrooms and they have many health-promoting activities such as antitumor, antioxidation and Immunity enhancement. Therefore, extracellular polysaccharides are attracting our attention. Here we survey the structure and chemical composition of extracellular polysaccharides as well as the multiple health-promoting potentials. The extraction and purification methods of extracellular polysaccharides were also described. In addition, the food and medical applications of extracellular polysaccharides and the future research of extracellular polysaccharides were also reviewed. This review will deep our understanding of mushroom extracellular polysaccharides.

Key words: Edible fungus; Extracellular polysaccharide; functional food bioactivity

前 言

近年来随着国家扶贫政策的普遍实施，食用菌开始作为一个热词出现在公众的视线中。除了各式各样的菌类农产品，利用食用菌多糖通过发酵技术生产出的各类保健药品也开始被公众所熟知。作为一个朝阳产业，有很多人对其的前世今生还充满疑惑和好奇，并对其的未来存在忧虑与不解。但不管怎样，未来世界将更加注重生命科学的生物技术的发展，而食用菌多糖及其相关产业作为生物技术广袤领域中的一个分支，将会拥有非常巨大发展空间和和发展潜力，为此我们现在就需要通过大量的研究来掌握食用菌多糖的发展动向和前景，做到未雨绸缪。

在研究食用菌胞外多糖的早期，人们主要是从各种食用菌的子实体中提取这些具有生理活性的物质。然而天然珍稀菌的资源及其有限，而获得其人工栽培的食用菌子实体又必须要经过及其漫长的培养周期，这样做不但耗费了人力物力，还更加浪费宝贵的再生产时间。但是如果我们运用食用菌菌丝体的液体深层发酵来获得食用菌的胞外多糖的话，虽然仍然存在缺陷，但是却可以有效的避免以上的各项缺点，我们可以扩大原先的生产规模，减少人力物力消耗，减少成产成本以获得更大的商业利润。最主要的是利用液体发酵工艺可以使得我们在很短的时间内获得某些目前还没有具体和有效的法来进行人工培育的珍贵食用菌的胞外多糖^[1]。

涉及到食用菌多糖的应用领域多以工业和医药业为主，例如工业中凝胶物质的制备、作为面膜及其他化妆品中的重要活性等，还有医药领域保健品和抗癌药物的制备均离不开食用菌多糖的参与。但是，就综合世界的整个商品制造产业系统而言，关于食用菌多糖的运用还是远未能达到我们所预想的水平^[2]。

一、食用菌胞外多糖的简介

（一）食用菌胞外多糖的分类及成分组成

1. 食用菌胞外多糖的分类

关于食用菌胞外多糖的分类有很多种，但是我们日常生活中所常见食用菌其胞外多糖的种类大致分为四类，分别为杂多糖类、葡聚糖类、糖蛋白类、甘露聚糖类等。而目前所知其胞外多糖已经得到一定开发和利用的食用菌种类并不多，一般包括灵芝菇、虫草菌、裂褶菌、银耳、平菇及香菇等^[3]。

2. 食用菌胞外多糖的组成成分

半纤维素、蛋白质以及果胶等是常见的多糖类物质，同时它们也是食用菌胞内外多糖重要组成成分。参考 TFP、AAP、PEP、FVP、HEP 等的多糖结构可知：TFP 和 AAP 主要由甘露糖（38.4%-44.4%）和葡萄糖（24.4%-28.2%）组成；PEP、FVP、HEP 主要由葡萄糖（51.5%-59.9%）和半乳糖（18.9%-28.4%）组成^[4]。

（二）食用菌胞外多糖的生理活性特点

目前科学界已经获得认可的食药两用菌足足有两千多种，其中有很多的食药两用菌已经能够得到大规模的工业化生产，如今社会生活中也已有相当多的研究报道是关于食用菌胞外多糖的保健功效的，食用菌其所含有的生物活性物质与它所具有这些医学保健功效都有着非常紧密的联系，这其中就包括了食药两用菌的胞外多糖。食用菌胞外活性多糖在对抗癌症、提高人体免疫力、抗击生物氧化、美肤养颜、增强记忆力等方面都具有非常大的药理性作用^[5]。

综合近年来的文献以及相关报道，经过系统的整理和对比过后，我们可以很直观的得出：食用菌多糖的功能多集中在能够抵抗肿瘤侵害人体、抵抗氧化防止衰老、清除人体自由基、降低人体血糖血脂，以及增强人体免疫力等方面，并逐渐在医疗保健品以及美容产品等领域崭露头角。

必须要承认的是，食用菌胞外多糖已经被非常广泛的应用到临床辅助治疗中去，并在治疗人体免疫类疾病以及肿瘤癌症等疾病等方面发挥出了极大的功效和作用。在一般的情况下，食用菌胞外多糖对于机体各项免疫效应都具有很大的影响，可以大量诱导免疫细胞的增殖。近几年来，食药两用菌胞外多糖也正由单独的应用研究向复合多糖的研究进行转变^[6]。

二、食用菌胞外多糖提取纯化的工艺技法

在人们研究食用菌胞外多糖最初的很长一段时间里，人们主要是从各种食用菌的子实

体中提取这些具有生理活性的物质。然而天然珍稀菌的资源及其有限，而获得其人工栽培的食用菌子实体又必须要经过及其漫长的培养周期，这样做不但耗费了人力物力，还更加浪费宝贵的再生产时间。但是如果我们运用食用菌菌丝体的液体深层发酵或者水下发酵等方法来获得食用菌的胞外多糖的话，虽然仍然具有一点弊端，但是却可以有效的避免以上的各项缺点，我们可以扩大原先的生产规模，减少人力物力消耗，减少生产成本以获得更大的商业利润。最主要的是利用液体发酵工艺可以使得我们在很短的时间内获得某些目前还没有办法进行人工培育的天然珍贵菇种的胞外多糖^[1]。目前，我国工业上提取纯化食用菌胞外多糖的方法有很多，但是最主要、最传统的还是间歇式单级罐。因为其时间久远、更新换代不及时，因此自身存在有很多的缺点，例如：高耗能、低产量、费时费力、设备老旧、管理落后等^[7]。

（一）食用菌胞外多糖的提取

1.水提醇法

通常，食用菌胞外多糖的提取步骤如下：首先，将食用菌子实体进行粉碎后浸泡于沸水之中，水煮至少一个半小时；其次，经过四到八层纱布过滤后经旋转蒸发仪浓缩，再醇沉后便可以进行脱除蛋白质的处理；然后，经过静置沉淀后进行离心，吸取三层滤液的表面一层烘干，以获得多糖的粗品；最后，对获得的多糖粗产品通过因离子交换柱，再进行透析操作，这样便可获取多糖精品。

其中，水煮的时间、提取的温度、离心机的转速、酒精的含量等均可影响食用菌多糖粗品和精品的提取率。

对于最初菌种的活化、提纯以及扩大培养，不同的文献中记载不同，但都是以马铃薯琼脂（PDA）培养基为基础框架向外延伸拓展，例如加入复合维生素 B₂₀ 等。

不同的菌种对营养的要求各不相同，珍稀菇则更为刁钻，为了确定一个最适合目的菌多糖提取的工艺标准，几乎所有的研究人员都偏向于采用单因素实验法^[8-10]来优化培养基配方，装液量、发酵时间、摇床转速、浸提温度、水料比、浸提时间、提取次数等都将作为其需要考虑的优化项目。

多糖的粗提传统的方法是热水浸提法^[11]，但是近年来越来越多的研究表明都更偏向于利用超声波进行辅助提取^[12-13]，因为通过这个方法来提取多糖更加高效。利用酶来提取多糖的方法^[14-16]也较为常见，但因成本较高，很少在工业生产应用类的文献中有所报导。

2.液态发酵法

食用菌液态发酵法培养的基本工艺流程包括：先进行目标菌种的分离纯化，在得到第一批母种之后即可对获得的母种进行摇瓶处理（注意控制好摇床转速、温度和时间），再对摇瓶之后的菌丝球进行种子罐发酵，最后再对其进行深层发酵罐式发酵处理^[20-22]。在提

取食用菌胞外多糖的过程中，需要从外界引入适量的酶或其他辅助调节剂，这样便可以将细胞的结构和成分进行分解，不但可以提高多糖在提取过程中的溶解速度，而且可以为后续的多糖提纯工序做好极为充足的准备工作。

（二）食用菌胞外多糖的纯化

关于多糖提纯过程中所涉及的蛋白质和色素等干扰的物质的去除，大多数的文献都选择醇沉法以及 **Sevage** 法^[17]综合去蛋白。活性炭吸附法、过氧化氢法、透析法等均被广泛应用于色素分子的去除。但大量研究结果表明，活性炭的除色效果不佳，透析法也一般运用于后期的除色工作。而过氧化氢的浓度、处理时间、溶液 **pH** 等都会对实验结果造成明显影响。

阴离子交换柱^[17]和葡聚糖凝胶柱层析法^[17]是多糖后期纯化过程中必不可少的操作步骤。在其之后便是以透析^[16]操作作为多糖纯化的收尾工作。

大部分的文献都偏向于使用苯酚硫酸法^[18]来测量所得多糖的含量，但也有多半人会选择以 **DNS** 测还原糖^[18-19]的方法来作为辅助测算，目的在于获得更为准确的实验数据。

三、食用菌胞外多糖的应用

涉及到食用菌多糖的应用领域多以工业和医药业为主，例如工业中凝胶物质的制备、作为面膜及其他化妆品中的重要活性等，还有医药领域保健品和抗癌药物的制备均离不开食用菌多糖的参与。近几年来，研究人员更多的把其研究焦点都聚焦在食用菌胞外多糖在医学研究领域的作用上来，如利用其抑制血糖和抗氧化的作用来研究其对酒精性肝损伤的改善作用，或者是研究其在抵抗糖尿病以及其他肾功能障碍疾病等方面的作用和疗效。随着这几年来人类肠道疾病的频繁发生，食用菌胞外多糖也越来越被广泛的应用到抑制人体肠道菌群生长、维护人体肠道健康上来。与此同时食用菌胞外多糖也开始在养殖业中发挥作用，作为一种添加剂加入到牲畜饲料中，这样可以大大提高产量，增加养殖收入。

但是，综合世界的整个商品制造产业系统而言，食用菌多糖的运用还是没有能达到理论上我们所预想的高度。以微生物胞外多糖（**EPS**）为例，如今，只有少数微生物 **EPS** 用作商品，主要是因为它们的生产和纯化费用。但是，特定 **EPS** 中稀有糖的存在可能赋予它们较高的附加值，可用于高度专业化的应用，例如生物医学，药品或化妆品。聚合物的物理和化学性质决定了它们在增稠剂，成膜剂，乳液稳定剂，絮凝剂或纳米材料等方面的潜在应用。除此之外，由于稀有糖的出现而增强了它们的生物活性，可能会提供新的市场机会。**EPS** 微生物的生产具有简单，耐用，可重现，易于受生长条件（例如碳源的类型和浓度，**pH** 或温度）控制的优势。然而，尽管事实上有可能生产出具有恒定特性（例如组成，纯度和均质性）的聚合物，但仍需要对 **EPS** 合成（尤其是具有高稀有糖含量的 **EPS**）

有更好的了解，以使产量最大化并获得经济可行的流程^[23、24]。

（一）食用菌胞外多糖在医学领域的应用

随着工业污染的不断排放，空气质量每况愈下，再加之不良的生活习惯，人类的免疫系统功能日益低下，各种疾病纷至沓来，许多曾经几乎从未在生活中听到的的疾病名称渐渐充斥了我们的眼帘，最可怕的是这些疾病的病发率也呈日益上升的恐怖势头。与大多数的保健药品不同，我们可以从食用菌中提取分离到一种活性多糖物质，这种多糖物质具有调节细胞的生长和抗氧化、延缓衰老的功效。即使是我们高剂量的摄入食用菌胞外多糖，其产生的毒副作用也是很小的，对于人体健康的危害可谓是微乎其微。我们必须承认的是，食用菌的胞外多糖可以称得上是一类非常重要的保健食品，同时它也将成为现在还有未来医药领域以及食品工业共同关注的焦点之一。不得不说食用菌多糖及其衍生产品已经成功走上历史舞台，日益成为生命科学诸多领域的研究热点之一^[3、29]。

食用菌胞外多糖抗肿瘤的作用表现有很多，但是最主要的表现是在其对于肿瘤细胞的识别、预防和清除上。食用菌胞外多糖抵抗肿瘤细胞的作用机理可以直接杀死机体内出现的肿瘤细胞，同时激活宿主机体的免疫应答，促进补体系统的打开，使得宿主体内免疫细胞尤其是白细胞数目的增多，从而可以使得宿主能够尽快恢复因肿瘤感染而引起的体内稳态失衡的状态^[25-28]。近些年随着食用菌生物技术的进步，已有少量研究可以表明香菇多糖再结合相应的药物从而对治疗艾滋病起到一定的疗效^[28]。

因此，相信在不久的将来，随着生物技术的不断进步和人们研究热情的与日俱增，利用食用菌胞外多糖来对各种人类疾病进行治疗将成为可能，其发展的前景可谓十分的广阔。

（二）食用菌胞外多糖在食品生产中的应用

除了其在医学领域所具有的作用外，在食品科技领域食用菌胞外多糖的作用也非常庞大，例如它可以像芹菜或者红薯一样，作为膳食纤维的一种来促进人体胃还有肠道的蠕动，使人体产生饱腹感，进而减少摄食，对于消化不良和减轻体脂等都具有很好的功效。另外，食用菌胞外多糖还具有延缓衰老、保护肝脏等的功能。

研究发现，食用菌胞外多糖其自身具有促进婴幼儿身体的正常发育等功能，因此在日常生活中，我们可将食用菌胞外多糖微量或适量的加入到婴幼儿饮品中或着作为食品添加剂加入到面点中，这样不仅可改变食品风味，而且还能起到改善婴幼儿的健康状况等作用，对婴幼儿的健康成长极其有利^[29]。

（三）食用菌胞外多糖应用的工业生产联系

现代工业生产已经初步掌握大规模提取纯化食用菌多糖的工艺，因此在此基础上再结合食品化工、生物制药等，便可以充分利用食用菌多糖其自身的各种医学功效，生产出许

多诸如食用菌多糖凝胶等工业产品。又因为食用菌多糖自身具有一定良好的抗氧化功能，所以近些年来我们可以在诸多的美容化妆产品的产品成分表中发现食用菌多糖的身影，甚至还有直接以食用菌多糖为主要原料而生产的面部洗护用品。另外，不断地对食用菌多糖的提取纯化工艺进行优化，获得更加可靠高效的工艺技法之后再反过来影响科学研究等也是食用菌胞外多糖工业应用方向之一。

虽然现在有关于食用菌多糖在工业领域的应用还没有普及和拥有明确的分类，但是相信随着食用菌多糖研究的不断发展，终会有一天食用菌多糖会被广泛应用于工业，被大规模生产，并且拥有自己独特的生产方向和领域划分。

四、食用菌胞外多糖未来的研究发展趋势

随着人们的认知逐渐成熟，食用菌多糖将会以全新的姿态登上历史舞台。工业生产的广泛开展定会使得食用菌多糖及其产品成为人们日常生活中最为常见的产品之一。而随着食用菌多糖提取以及纯化工艺的不断发展、完善还有探索，野生珍稀食用菌多糖的提取纯化工艺将取得极大的进展，同时也会变得更加简便。

目前，全球环境的恶化以及工业添加剂的滥用，使得越来越多我们之前未曾见到的疾病接连出现，再综合对比食用菌胞外多糖所具有的种种功效，未来关于食用菌多糖的发展将会结合分子生物学、生物化学以及生物医药等学科的知识，这将会在医学领域产生极其巨大的影响。

展 望

食用菌胞外多糖目前的研究现状已从最初的理论研究阶段转向生产实践。关于其所含有生物活性物质的成分以及结构的研究探索也已经成熟，不过随着现代科技的向前发展，已然还存在许许多多我们现在还不曾知晓的生物活性物质有待我们去进行进一步的求知和探索。目前关于食用菌胞外多糖的提取纯化工艺虽然相比较以往有很大提升，但是关于部分珍稀野生食用菌的多糖提取纯化工艺还存在着科研空缺。以美味扇菇（*Panellus edulis*）为例，目前关于其胞外多糖的液体发酵工艺还鲜有报道，但是关于其的人工栽培技术已经有了突破^[30]，相信在不久的将来以美味扇菇为例的众多野生珍稀食用菌的多糖提取纯化工艺均可以达到炉火纯青，并在人们的日常生活中发挥极其重要的作用。

综上所述，现阶段乃至未来很长的一段时间内食用菌胞外多糖的研究都将围绕食用菌胞外多糖提取纯化工艺技法的优化、筛选和利用微生物分解多糖产生具有活性的寡糖以及多糖类产品种类和功能的丰富等方面进行。

食用菌胞外多糖的研究发展空间广阔，对提高人体各项免疫活力、降低人体中癌症的

病发率、延长人类寿命等都具有重大的意义。

参考文献

- [1] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).
- [2] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.
- [3] 商佳琦, 滕翔宇, 范荣, 付玲, 李雪晴, 刘宁, 邵美丽. 5 种食用菌多糖的结构特征及抗氧化活性对比[J/OL]. 食品工业科技:1-13[2020-05-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200224.1134.009.html>.
- [4] 高绍璞, 周礼元. 食用菌多糖功效的最新研究进展[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(03):102-108.
- [5] 卞冬萍, 陈耀, 郎田田. 食用菌多糖生物活性研究进展[J]. 南方农业, 2018, 12(20):117-119.
- [6] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017, 46(13):49-51.
- [7] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究[J]. 中国食用菌, 2019(4):5-7.
- [8] 陈晓宁. 滑菇子实体胞内外多糖的提取纯化及抗氧化功能研究[D]. 2018.
- [9] 郭富金. 松乳菇多糖的分离纯化及其抗氧化活性的研究[D]. 山东农业大学, 2019.
- [10] 韩丹. 滑子菇多糖提取、结构及体外抗氧化活性研究[D]. 2018.
- [11] 孟蕾. 冬虫夏草 *Hirsutella sinensis* G67 的高通量发酵与多糖的构效研究[D]. 中国海洋大学, 2015.
- [12] 钱礼顺. 超声辅助提取草菇子实体多糖及其结构表征与免疫活性评价[D]. 2019.
- [13] 梁琰, 赵志国, 张敏敏, et al. 超声辅助提取苯酚-硫酸法测定野生平盖灵芝多糖含量[J]. 食品研究与开发, 2018, v.39; No.341(16):133-137.
- [14] 林杉, 江洁, 谭皎敏, et al. 基于抗氧化活性的复合酶法 提取香菇菌糠多糖的工艺优化[J]. 饲料工业, 2019(6).
- [15] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究[J]. 中国食用菌, 2019(4):5-7.
- [16] 杨淑萍. 紫外分光光度法检测黄芪多糖含量[J]. 现代畜牧科技, 2019(8).
- [17] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.
- [18] 杜萍, 何双辉, 钱玺, et al. 落叶松锈迷孔菌产多糖液体培养基的优化及其体外抗氧化活性[J]. 菌物学报, 2019, 38(6).
- [19] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).
- [20] 郑晓雅, 殷伟伟, 张松. 两种食用菌液体培养产胞外多糖条件的研究[C]// 中国菌物学会 2018 年学术年会论文汇编. 2018.
- [21] 吴林秀, 胡荣康, 雷雅婷, et al. 灰树花液态发酵菌丝体工艺优化及其体外抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2018(13):187-191.
- [22] 高坤, 冯杰, 颜梦秋, et al. 灵芝液态发酵高产胞外多糖菌株筛选及多糖特性分析[J]. 菌物学报,

2019, 38(6).

[23] Roca Christophe,Alves Vitor D,Freitas Filomena,Reis Maria A M. Exopolysaccharides enriched in rare sugars: bacterial sources, production, and applications.[J]. Frontiers in microbiology,2015,6.

[24] Xirui He,Xiaoxiao Wang, Jiacheng Fang, Yu Chang, Ning Ning, Hao Guo, Linhong Huang, Xiaoqiang Huang, Zefeng Zhao. Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Hericium erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review[J]. International Journal of Biological Macromolecules,2017,97.

[25] 高绍璞,周礼元.食用菌多糖功效的最新研究进展[J].安徽大学学报(自然科学版),2019,43(03):102-108.

[26] 卞冬萍,陈耀,郎田田.食用菌多糖生物活性研究进展[J].南方农业,2018,12(20):117-119.

[27] 周艳,张聪,赵丹丹.食用菌多糖的结构修饰及其修饰后的抗肿瘤活性研究进展[J].中国农学通报,2020,36(06):89-92.

[28] 李志涛,赵娟娟,王敏,郭继平,朱冰清.复合食用菌多糖的免疫活性研究[J].食品研究与开发,2017,38(05):39-42.

[29] 王訢.探讨食用菌多糖的研究前景[J].中外企业家,2019(23):145.

[30] 酒连娣, 姚方杰, 张友民, et al. 美味扇菇担孢子萌发及菌丝生长特性研究%Study on the Basidiospore Germination Characteristics and Mycelia Growth Characteristics of *Panellus edulis*[J]. 中国食用菌, 2015, 034(002):10-12.

致 谢

今年，我经历了近四个月的寒假；今年，我错过校园盛开的牡丹；今年，我还没有把食堂里喜爱的饭菜都吃上一遍；今年，我和老师同学只有不到一个月的相处时间；今年，我毕业了。

未曾想自二零一六年八月十二号我收到青岛农业大学的录取通知书，至今已有四年。这四年里，我看过鸟语花香，也看过风卷残云；我曾在图书馆畅游知识海洋，也曾实验室追溯事物本源；我试过操场上的肆意奔跑，也试过考场上的奋笔疾书。这四年，过的快，却也美好而难忘，让我实在不想在今天为他画上句号.....

在此，我要感谢我的导师——于浩老师，感谢他这四年来在我学术之路上的引导，也是在他的指导下我才顺利完成我的毕业论文；另外还要感谢我的班主任——田雪梅老师，感谢她这四年来在学习还有生活中对我的无微不至的关怀，让我在异乡拥有了一种归属感；感谢我的班级，正是它的团结和友善才让我这四年来无论喜悦还是悲伤都于欢声笑语中度过；感谢我的舍友，给了我第二个家；更要感谢我自己，感谢我的坚强乐观，感谢我曾经愿意为了梦想而去努力拼搏。

最后，感谢这个春天，是它让我懂得敬畏自然、热爱生命，崇尚科学、勇于探索，忠于国家、不负人民；感谢这个初夏，是它让我懂得师恩难忘、友情无价，青春无畏、梦想绚烂，人生漫长、未来可期！

青島农业大学
毕业论文(设计)任务书

学生姓名	王昊汶	学 号	20165181
专业年级及班级	生技（食用菌）1601	指导教师及职称	于浩（副教授）
毕业论文（设计）题目	食用菌胞外多糖研究现状		
选题来源	☐ 结合科研课题 课题名称：_____ ☒ 生产实际或社会实际 ☐ 其他		
选题性质	☒ 基础研究 ☐ 应用研究 ☐ 其他		
主要内容和要求（明确设计具体任务、主要技术指标；明确对学生试验数据、试验手段和技术水平等的要求） 具体任务、主要技术指标： 论文的设计的具体任务为通过大量阅读中外文文献，了解并熟练掌握到目前为止国内外关于食用菌胞外多糖的研究进展和所取得的实际性成果，并以科学的思维对其进行综述和评价，分析总结出食用菌胞外多糖这一研究项目的发展前景并就其在日常生产实践所能带来的巨大福音进行展望。 学生试验数据、试验手段和技术水平要求： 要求操作学生能够通过图书馆、计算机网络及其他信息检索手段，独立查找、收集关于食用菌胞外多糖研究等方面的相关资料，根据研究目的写出综述，完成研究方案初步设计和开题报告，并开展研究，能够解决研究过程中遇到的一般性问题。拥有扎实的生物学实验操作基础，有高度自觉的实验室安全意识，并且要保持对科研工作的正确态度。实验过程中要做到实事求是、吃苦耐劳，对于所有实验所得数据都必须真是可靠，不得作假不得抄袭。实验过程中所采取的所有操作手段既要符合科研活动标准，又要符合实验室安全守则中的相关要求。若操作者未掌握扎实的生物学实验操作相关技术能力，则在其接受培训并合格前严禁其私自进入实验室进行试验。			

主要中文参考资料与外文资料（在确定了毕业论文（设计）题目和明确了要求后，指导教师应给学生提供一些相关资料和相关信息，或划定参考资料的范围，指导学生收集反映当前研究进展的近1—3年参考资料和文献。外文资料是指导老师根据选题情况明确学生需要阅读或翻译成中文的外文文献。）

- [1] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).
- [2] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.
- [3] 商佳琦, 滕翔宇, 范荣, 付玲, 李雪晴, 刘宁, 邵美丽. 5种食用菌多糖的结构特征及抗氧化活性对比 [J/OL]. 食品工业科技:1-13[2020-05-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200224.1134.009.html>.
- [4] 高绍璞, 周礼元. 食用菌多糖功效的最新研究进展[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(03):102-108.
- [5] 卞冬萍, 陈耀, 郎田田. 食用菌多糖生物活性研究进展[J]. 南方农业, 2018, 12(20):117-119.
- [6] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017, 46(13):49-51.
- [7] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究[J]. 中国食用菌, 2019(4):5-7.
- [8] 陈晓宁. 滑菇子实体胞内外多糖的提取纯化及抗氧化功能研究[D]. 2018.
- [9] 郭富金. 松乳菇多糖的分离纯化及其抗氧化活性的研究[D]. 山东农业大学, 2019.
- [10] 韩丹. 滑子菇多糖提取、结构及体外抗氧化活性研究[D]. 2018.
- [11] 孟蕾. 冬虫夏草 *Hirsutella sinensis* G67 的高通量发酵与多糖的构效研究[D]. 中国海洋大学, 2015.
- [12] 钱礼顺. 超声辅助提取草菇子实体多糖及其结构表征与免疫活性评价[D]. 2019.
- [13] 梁琰, 赵志国, 张敏敏, et al. 超声辅助提取苯酚-硫酸法测定野生平盖灵芝多糖含量[J]. 食品研究与开发, 2018, v.39; No.341(16):133-137.
- [14] 林杉, 江洁, 谭皎敏, et al. 基于抗氧化活性的复合酶法 提取香菇菌糠多糖的工艺优化[J]. 饲料工业, 2019(6).
- [15] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究[J]. 中国食用菌, 2019(4):5-7.
- [16] 杨淑萍. 紫外分光光度法检测黄芪多糖含量[J]. 现代畜牧科技, 2019(8).
- [17] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.
- [18] 杜萍, 何双辉, 钱玺, et al. 落叶松锈迷孔菌产多糖液体培养基的优化及其体外抗氧化活性[J]. 菌物学报, 2019, 38(6).
- [19] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).

- [20] 郑晓雅, 殷伟伟, 张松. 两种食用菌液体培养产胞外多糖条件的研究[C]// 中国菌物学会 2018 年学术年会论文汇编. 2018.
- [21] 吴林秀, 胡荣康, 雷雅婷, et al. 灰树花液态发酵菌丝体工艺优化及其体外抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2018(13):187-191.
- [22] 高坤, 冯杰, 颜梦秋, et al. 灵芝液态发酵高产胞外多糖菌株筛选及多糖特性分析[J]. 菌物学报, 2019, 38(6).
- [23] Roca Christophe, Alves Vitor D, Freitas Filomena, Reis Maria A M. Exopolysaccharides enriched in rare sugars: bacterial sources, production, and applications.[J]. Frontiers in microbiology, 2015, 6.
- [24] Xirui He, Xiaoxiao Wang, Jiacheng Fang, Yu Chang, Ning Ning, Hao Guo, Linhong Huang, Xiaoqiang Huang, Zefeng Zhao. Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Hericium erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 97.
- [25] 高绍璞, 周礼元. 食用菌多糖功效的最新研究进展[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(03):102-108.
- [26] 卞冬萍, 陈耀, 郎田田. 食用菌多糖生物活性研究进展[J]. 南方农业, 2018, 12(20):117-119.
- [27] 周艳, 张聪, 赵丹丹. 食用菌多糖的结构修饰及其修饰后的抗肿瘤活性研究进展[J]. 中国农学通报, 2020, 36(06):89-92.
- [28] 李志涛, 赵娟娟, 王敏, 郭继平, 朱冰清. 复合食用菌多糖的免疫活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(05):39-42.
- [29] 王訢. 探讨食用菌多糖的研究前景[J]. 中外企业家, 2019(23):145.
- [30] 酒连娣, 姚方杰, 张友民, et al. 美味扇菇担孢子萌发及菌丝生长特性研究%Study on the Basidiospore Germination Characteristics and Mycelia Growth Characteristics of *Panellus edulis*[J]. 中国食用菌, 2015, 034(002):10-12.

要求完成日期: 2020年5月31日

指导教师签名: _____

接受任务日期: 2020年3月20日

学生本人签名: 王昊汶

青岛农业大学

毕业论文(设计)开题报告

学生姓名	王昊汶	学 号	20165181
专业年级及班级	生技（食用菌）1601	指导教师及职称	于浩（副教授）
毕业论文（设计）题目	食用菌胞外多糖研究现状		

文献综述（选题研究意义、国内外研究现状、主要参考文献等，不少于 1000 字）

随着对食用菌的营养与保健作用的进一步认识,食用菌生产和开发已成为国内外广泛开展的研究课题之一。食用菌所含有的多糖等生理活性物质对提高人体免疫功能防治多种慢性病、增进健康有显著的效果,正日益受到人们的重视和利用。以往人们获取这些生理活性物质的途径主要是从子实体提取而得,但是野生资源极为有限,而获得人工栽培子实体的周期长,费工费时,随着人们对食用菌活性物质需求量的日益增大,这种供需矛盾会更加突出。通过利用液体深层发酵培养菌丝体获取生理活性物质,不但具有培养周期短、能大规模生产、发酵过程易于控制和标准化等特点,而且可以解决某些不能通过人工培育获得子实体的珍稀菌种的菌丝体和生理活性物质的生产问题。为人们进一步研究和利用丰富的食用菌资源提供了新的可能。

一般说来,获得食用菌多糖有两种途径,一是从固体子实体中提取;二是通过深层发酵生产。深层发酵法不但弥补了前一种方法生产周期长,不易大规模工业化生产的不足,而且还可以通过发酵过程的优化控制来定向多糖产品,使得率提高,更重要的是多糖产品质量稳定性好,不受原料来源的影响。因此,通过液态发酵的途径来研究食用菌多糖已经日益成为食用菌多糖的重要手段。

对食用菌液态发酵法培养,其基本的工艺流程是:菌种分离纯化→母种→摇瓶菌种→种子罐发酵→发酵罐深层发酵。

食用菌主要是半纤维素、蛋白质及果胶等复杂的多糖种类共同结构。在提取过程中,需加入适量的酶以分解细胞组织结构。不仅可以提高溶解速度,还可以为后续提纯做好充足的铺垫。目前,从食用菌中提取的多糖的方式主要有单一酶法、热水浸提法、微波法与超临界流体法等。

通常,食用菌多糖的提取步骤如下:第一,将食用菌进行粉碎后浸泡于热水中;第二,过滤后脱蛋白处理;第三,经过沉淀后进行离心浓缩处理以获得多糖粗品;第四,对制成的多糖粗品进行柱层析分离获取多糖精品。

其中,提取时间、温度、pH 值、含水量与其提取频率均可影响食用菌多糖的提取率。

对于最初菌种的活化、提纯以及扩大培养,不同的文献中记载不同,但都是以马铃薯琼脂(PDA)培养基为基础框架向外延伸拓展,例如加入复合维生素 B₂₀ 等。

不同的菌种对营养的要求各不相同,珍稀菇则更为刁钻,为了确定一个最适合目的菌多糖提取的工艺标准,几乎所有的研究人员都偏向于采用单因素实验法来优化培养基配方,装液量、发酵时间、摇床转速、浸提温度、水料比、浸提时间、提取次数等都将作为其需要考虑的优化项目。

多糖的粗提传统的方法是水提法,但是近年来越来越多的研究都表明超声波辅助提取法要更加高效。酶法的使用也较为常见,但因成本较高,很少在工业生产应用类的文献中有所报导。

关于多糖提纯过程中所涉及的蛋白质和色素等干扰的物质的去除,大多数的文献都选择醇

沉法以及 *Sevage* 法综合去蛋白。活性炭吸附法、过氧化氢法、透析法等均被广泛应用于色素分子的去除。但大量研究结果表明, 活性炭的除色效果不佳, 透析法也一般运用于后期的除色工作。而过氧化氢的浓度、处理时间、溶液 pH 等都会对实验结果造成明显影响。

DEAE-52 纤维素离子交换柱层析和 SephadexG-75 葡聚糖凝胶柱层析是多糖后期纯化过程中必不可少的操作步骤。在其之后便是以透析操作作为多糖纯化的收尾工作。

大部分的文献都偏向于使用苯酚硫酸法来测量所得多糖的含量, 但也有多半人会选择以 DNS 测还原糖的方法来作为辅助测算, 目的在于获得更为准确的实验数据。

涉及到食用菌多糖的应用领域多以工业和医药业为主, 例如工业中凝胶物质的制备、作为面膜及其他化妆品中的重要活性等, 还有医药领域保健品和抗癌药物的制备均离不开食用菌多糖的参与。但是, 综合世界的整个商品制造产业系统而言, 食用菌多糖的运用还是未能达到我们所预期的水平。

以微生物胞外多糖 (EPS) 为例, 如今, 只有少数微生物 EPS 用作商品, 主要是因为它们的生产和纯化费用。但是, 特定 EPS 中稀有糖的存在可能赋予它们较高的附加值, 可用于高度专业化的应用, 例如生物医学, 药品或化妆品。聚合物的物理和化学性质决定了它们在增稠剂, 成膜剂, 乳液稳定剂, 絮凝剂或纳米/微粒材料以及组织工程支架等方面的潜在应用。除此之外, 由于稀有糖的出现而增强了它们的生物活性, 可能会提供新的市场机会。EPS 微生物的生产具有简单, 耐用, 可重现, 易于受生长条件 (例如碳源的类型和浓度, pH 或温度) 控制的优势。然而, 尽管事实上有可能生产出具有恒定特性 (例如组成, 纯度和均质性) 的聚合物, 但仍需要对 EPS 合成 (尤其是具有高稀有糖含量的 EPS) 有更好的了解, 以使产量最大化并获得经济可行的流程。

主要参考文献:

- [1] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).
- [2] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.
- [3] 商佳琦, 滕翔宇, 范荣, 付玲, 李雪晴, 刘宁, 邵美丽. 5 种食用菌多糖的结构特征及抗氧化活性对比 [J/OL]. 食品工业科技: 1-13 [2020-05-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200224.1134.009.html>.
- [4] 高绍璞, 周礼元. 食用菌多糖功效的最新研究进展 [J]. 安徽大学学报 (自然科学版), 2019, 43(03): 102-108.
- [5] 卞冬萍, 陈耀, 郎田田. 食用菌多糖生物活性研究进展 [J]. 南方农业, 2018, 12(20): 117-119.
- [6] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展 [J]. 山东化工, 2017, 46(13): 49-51.
- [7] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究 [J]. 中国食用菌, 2019(4): 5-7.
- [8] 陈晓宁. 滑菇子实体胞内外多糖的提取纯化及抗氧化功能研究 [D]. 2018.
- [9] 郭富金. 松乳菇多糖的分离纯化及其抗氧化活性的研究 [D]. 山东农业大学, 2019.
- [10] 韩丹. 滑子菇多糖提取、结构及体外抗氧化活性研究 [D]. 2018.
- [11] 孟蕾. 冬虫夏草 *Hirsutella sinensis* G67 的高通量发酵与多糖的构效研究 [D]. 中国海洋大学, 2015.
- [12] 钱礼顺. 超声辅助提取草菇子实体多糖及其结构表征与免疫活性评价 [D]. 2019.
- [13] 梁琰, 赵志国, 张敏敏, et al. 超声辅助提取苯酚-硫酸法测定野生平盖灵芝多糖含量 [J]. 食品研究与开发, 2018, v.39; No.341(16): 133-137.
- [14] 林杉, 江洁, 谭皎敏, et al. 基于抗氧化活性的复合酶法 提取香菇菌糠多糖的工艺优化 [J]. 饲料工业, 2019(6).
- [15] 钟炼军, 王强, 张建斌. 天然食用菌多糖物质及提取开发应用研究 [J]. 中国食用菌, 2019(4): 5-7.

[16] 杨淑萍. 紫外分光光度法检测黄芪多糖含量[J]. 现代畜牧科技, 2019(8).

[17] 侯可宁, 李毅. 食用菌多糖的提取、检测及应用研究进展[J]. 山东化工, 2017(13):55-57.

[18] 杜萍, 何双辉, 钱玺, et al. 落叶松锈迷孔菌产多糖液体培养基的优化及其体外抗氧化活性[J]. 菌物学报, 2019, 38(6).

[19] 任钰, 郭昊, 杨海波, et al. 樟芝产生三萜类化合物的液体培养条件的响应面法优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2019(5).

[20] 郑晓雅, 殷伟伟, 张松. 两种食用菌液体培养产胞外多糖条件的研究[C]// 中国菌物学会 2018 年学术年会论文汇编. 2018.

[21] 吴林秀, 胡荣康, 雷雅婷, et al. 灰树花液态发酵菌丝体工艺优化及其体外抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2018(13):187-191.

[22] 高坤, 冯杰, 颜梦秋, et al. 灵芝液态发酵高产胞外多糖菌株筛选及多糖特性分析[J]. 菌物学报, 2019, 38(6).

[23] Roca Christophe, Alves Vitor D, Freitas Filomena, Reis Maria A M. Exopolysaccharides enriched in rare sugars: bacterial sources, production, and applications.[J]. Frontiers in microbiology, 2015, 6.

[24] Xirui He, Xiaoxiao Wang, Jiacheng Fang, Yu Chang, Ning Ning, Hao Guo, Linhong Huang, Xiaoqiang Huang, Zefeng Zhao. Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Herichium erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 97.

[25] 高绍璞, 周礼元. 食用菌多糖功效的最新研究进展[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(03):102-108.

[26] 卞冬萍, 陈耀, 郎田田. 食用菌多糖生物活性研究进展[J]. 南方农业, 2018, 12(20):117-119.

[27] 周艳, 张聪, 赵丹丹. 食用菌多糖的结构修饰及其修饰后的抗肿瘤活性研究进展[J]. 中国农学通报, 2020, 36(06):89-92.

[28] 李志涛, 赵娟娟, 王敏, 郭继平, 朱冰清. 复合食用菌多糖的免疫活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(05):39-42.

[29] 王訢. 探讨食用菌多糖的研究前景[J]. 中外企业家, 2019(23):145.

[30] 酒连娣, 姚方杰, 张友民, et al. 美味扇菇担孢子萌发及菌丝生长特性研究%Study on the Basidiospore Germination Characteristics and Mycelia Growth Characteristics of *Panellus edulis*[J]. 中国食用菌, 2015, 034(002):10-12.

研究方案（研究目的、内容、方法、预期成果、条件保障等）

研究目的：

通过阅读大量文献，了解与食用菌胞外多糖相关科研项目研究背景，及其发展历程，并能就其研究现状做出综合性归纳，为日后从事与该科研项目相关的工作者们指明方向、做好引导，同时能够向公众展示该类研究的意义和价值所在，能够为其日后和发展提供具有建设性意见和方案。

研究内容：

关于食用菌胞外多糖的提取纯化、生产应用的国内外学术论文、报刊杂质，以及现生活中的相关实例。

研究方法：

在实验室前期实验基础上，利用实验室和学校图书馆现有的相关文献资料，借助云端数据库和实验人的实地考察，以科研类文献综述的方法进行归纳总结。

预期成果：

- (1) 掌握该方向科学研究的历史、现况, 还有未来的发展前景。
- (2) 整理出一篇具有综合参考价值的学术性文章。

条件保障:

实验人有过长期进行文献阅读和检索的训练经历，具有独立搜索整合数据的能力，且自身曾有过相关内容的实践经验，对研究内容有充分的基础性了解；且所在实验室长期从事大型食药真菌的培养和活性物质提取工作，包括槐耳多糖的提取，双孢菇的多糖及其有效成分的提取等工作，因此收藏有大量相关文献和报导可供实验人阅读参考，并且云端数据库完备，储存有大量数据信息和各项最新研究数据。

进程计划（各研究环节的时间安排、实施进度、完成程度等）

收集资料，查阅文献，确定论文主题 2020.3.1——2020.3.10

完成立题申请及实验设计 2020.3.11——2020.3.20

整理思路，确定大纲 2020.3.14——2020.3.24

实地（云端）考察，收集数据 2020.3.24——2020.4.24

整合信息，确定论文大体骨架 2020.4.25——2020.5.5

撰写毕业论文 2020.5.6——2020.5.16

搜索最新研究成果，整改丰富论文 2020.5.17——2020.5.31

准备论文答辩 2020.6.1——2020.6.3

指导教师意见

指导教师签字:

毕业论文（设计）工作组意见

毕业论文(设计)工作组
成员签名

论证地点:生科院资料室 C305

论证日期:2020 年 3 月 22 日

青岛农业大学

毕业论文(设计) 成绩评定表

学生姓名	王昊汶	学 号	20165181
专业年级及班级	生技（食用菌）1601	指导教师及职称	于浩（副教授）
毕业论文（设计）题目	食用菌胞外多糖研究现状		
毕业论文（设计）摘要： 目前人类鉴定的食药真菌有 2000 多种，并且有很多品种作为食品和药物被人类使用，大部分食用菌都具有很好的保健效果。胞外多糖是食用菌中最重要的一种生物活性物质，具有很多的功效，如抗肿瘤、抗氧化、增强免疫力等，因此近几年来受到了广泛的关注。本文对食用菌胞外多糖的结构，化学组成，食用菌胞外多糖生理学功能进行了介绍，对食用菌胞外多糖的提取、纯化方法进行了描述，另外对食用菌胞外多糖的功效及其应用以及外来发展前景进行了展望。本文将有助于加深我们对于食用菌保外多糖的了解。 关键词：食用菌 胞外多糖 功能食品 活性物质			
成 绩	指导教师成绩 ()	答辩成绩 ()	总评分 ()
签字	指导老师：	答辩小组成员：	计分人：

注：指导教师成绩：答辩成绩=2：8