

·药膳研究·

本文引用:王曦璠,李家宇,汤婉婷,肖小芹.碱提法、酶解法提取香菇膳食纤维的工艺优化及差异性研究[J].湖南中医药大学学报,2019,39(12):1525-1528.

碱提法、酶解法提取香菇膳食纤维的工艺优化及差异性研究

王曦璠,李家宇,汤婉婷,肖小芹*
(湖南中医药大学,湖南长沙4102018)

[摘要] **目的** 对比研究碱提法、酶解法的提取工艺,比较不同提取方法的香菇膳食纤维(可溶性膳食纤维、不溶性膳食纤维)产率以及其理化性质差异。**方法** 优化碱提法温度、料液比、碱液浓度和酶解法加酶量、酶解温度、酶解时间等因素,完善香菇膳食纤维最优提取条件。**结果** 碱提法的最优工艺条件为碱液浓度1.25%,料水比约1:20,温度80℃;酶解法的最优工艺条件为蛋白酶添加量0.4%,淀粉酶添加量0.4%。**结论** 碱提取法的香菇膳食纤维平均产率高于酶解法。且两种提取方法得到的膳食纤维的理化性质无明显差异,故在生产中宜采用新建立的碱提取法进行香菇膳食纤维的提取。

[关键词] 香菇;水溶性膳食纤维;不溶膳食纤维;碱提法;酶解法

[中图分类号]R284.2 **[文献标志码]**A **[文章编号]**doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2019.12.023

Study on Technological Optimization and Difference of Extraction of *Lentinus edodes* Dietary Fiber by Alkali Extraction and Enzymatic Hydrolysis

WANG Xifan, LI Jiayu, TANG Wanting, XIAO Xiaoqin*
(Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

[Abstract] **Objective** To compare the extraction process of alkali extraction and enzymatic hydrolysis, and to compare the yield of dietary fiber (Soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber) and the physicochemical properties of different extraction methods. **Methods** The amount of enzyme, enzymatic hydrolysis temperature, enzymatic hydrolysis time, temperature, material-liquid ratio, alkali concentration and other factors were optimized, and the alkali extraction and enzymatic extraction of dietary fiber experiment was improved to find the optimal extraction conditions. **Results** The optimum technological conditions of alkali extraction were alkali concentration 1.25%, ratio of material to water 1:20 and temperature 80°C. The optimum technological conditions of enzymatic hydrolysis were 0.4% of protease and 0.4% of amylase. **Conclusion** The average yield of dietary fiber by alkali extraction was higher than that by enzymatic hydrolysis. The physical and chemical properties of dietary fiber obtained by the 2 extraction methods were not significantly different, so a new alkali extraction method should be used to extract dietary fiber from *Lentinus edodes*.

[Keywords] *lentinus edodes*; soluble dietary fiber; insoluble dietary fiber; alkaline collection; enzymolysis method

香菇(*Lentinus edodes*)属于口蘑科香菇属,是世界第二大食用菌,也是中国特产之一^[1],其味道鲜美、香气沁人、营养丰富,素有“植物皇后”的美誉^[2]。我

国香菇的出口贸易量也逐渐上升,年递增率约为2%。年出口量为3.6万吨,居世界之首,其次是日本,韩国居第3位^[3]。同时,香菇含有丰富的氨基酸、蛋白

[收稿日期]2019-05-28

[基金项目] 湖南中医药大学研究生科研创新项目(2018CX21);湖南中医药大学中西医结合一流学科开放基金项目(2018ZXYJH19)。

[作者简介] 王曦璠,女,在读硕士研究生,研究方向:生殖安全性及发育障碍。

[通讯作者] *肖小芹,男,教授,硕士研究生导师,E-mail:xqaxy99@163.com。

质、维生素、矿物元素等营养成分,以及香菇多糖、膳食纤维等功能性成分^[1]。

膳食纤维(dietary fiber, DF)是指能抗人体小肠消化吸收的植物存储或植物细胞壁结构多糖。根据溶解性不同,可分为水溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)和水不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)。膳食纤维的主要化学成分是抗人体内酶水解的非淀粉多糖、木质素以及其他植物细胞壁成分^[4]。根据美国谷物化学师协会(American association of cereal chemists, AACC)的定义,膳食纤维是指在人体小肠中不能消化吸收而在大肠中完全或部分发酵的植物性可食用部分或类似碳水化合物的总称;膳食纤维包括多糖、寡糖、木质素及相关植物成分,可通便、降血脂、降血糖^[1]。

目前,国内外提取膳食纤维的方法主要有化学提取法、酶提取法、化学—酶结合提取法、膜分离法、发酵法和超声波法等^[5-6]。现有的提取方法存在着操作复杂,产率不高等一系列问题。为了探索药食同源植物中膳食纤维的最佳提取方案,本研究通过优化已有的提取方式^[7-8],考察香菇水溶性膳食纤维和不溶膳食纤维碱提法、酶解法^[9-10]的最优提取条件,对比研究两种不同提取方法的膳食纤维产率,以及其水合能力和吸附性等理化特性差异,为香菇生产加工和其他研究工作者提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品及试剂 香菇由无限极有限责任公司提供,采于湖北省竹山县,经湖南中医药研究院湖南中药研究所刘浩副研究员鉴定为香菇 *Lentinus edodes* (Berk.)sing。

α -淀粉酶(邢台万达生物工程有限公司,活性:2000 U/g);中性蛋白酶(活性:50 U/mg);氢氧化钠、盐酸、无水乙醇均购自恒兴试剂公司。

1.1.2 主要仪器 TAISITE 恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司);101-2型电热鼓风恒温干燥箱(上海天缘试验仪器厂);TP-1200A 电子天平(湘仪天平仪器设备有限公司);黄城 HC-700 高速多功能粉碎机(永康市天祺盛世工贸有限公司);LXJ-II B

低速大容量多管离心机(上海安亭科学仪器厂)。

1.2 实验方法

1.2.1 碱提取法提取 DF 工艺流程 香菇干燥,粉碎,过 40 目筛。取一定量粉末,以一定浓度的氢氧化钠溶液按不同料液比在不同温度的水浴中浸泡 120 min,离心收集上清液,记为上清液 1 备用;滤渣 80 °C 水提,离心得上清液,记为上清液 2 备用,滤渣即为 IDF。合并备用上清液 1、2,真空浓缩至 50 mL,料液与乙醇按 1:4 沉淀 120 min,过滤取沉淀干燥后即得 SDF。

1.2.2 酶解法提取可溶性、不溶性膳食纤维工艺流程 香菇干燥,粉碎,过 40 目筛。取一定量粉末,以 10 倍体积水于室温漂洗、软化 60 min,离心后废弃上清液取滤渣,调节至合适 pH 后使用不同浓度淀粉酶于 55 °C 水浴锅中水解 60 min,离心收集上清液,记为上清液 1 备用,滤渣调合适 pH 后使用不同浓度淀粉酶于 50 °C 水浴锅中水解 60 min,离心收集上清液,记为上清液 2 备用,滤渣即为 IDF。合并备用上清液 1、2,真空浓缩至 50 mL,料液与乙醇按 1:4 沉淀 120 min,过滤取沉淀干燥后得到 SDF。

1.2.3 香菇 DF 得率计算 根据中华人民共和国食品安全国家标准:《GB 5009.88-2014 食品中膳食纤维的测定》^[11],对可溶性膳食纤维及不溶性膳食纤维的得率进行计算。

SDF 得率=(香菇干燥 SDF 质量/香菇粉末质量)×100%

IDF 得率=(香菇干燥 IDF 质量/香菇粉末质量)×100%

1.2.4 理化特性分析 溶胀度测定:准确称取 IDF 0.1 g 计为 m 于 10 mL 量筒中记录干品体积(V_1),用移液管准确吸取 5 mL 蒸馏水加入其中,振荡均匀后在室温下放置 24 h,读取液体中膨胀纤维的体积(V_2),计算溶胀度。

溶胀度(mL/g)=(V_2-V_1)/m

持水力测定:准确称取 IDF 1.0 g 计为 m_1 ,放入烧杯中,加入 20 mL 水浸泡 60 min,沥干后将其转移至表面皿上称重(m_2),计算持水力。

持水力(g/g)=(m_2-m_1)/ m_1

持油力测定:分别取 1.0 g 计为 m_1 ,可溶性与不

溶性膳食纤维于 50 mL 离心管中,加入 20 g 食用调和油,搅拌均匀后 37 ℃静置 60 min,3 000 r/min 离心 20 min,废弃上层油液,残渣使用滤纸吸干游离的调和油,称重(m_2)。

$$\text{持油力}(\text{g/g})=(m_2-m_1)/m_1$$

1.2.5 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件对各项数据进行统计学分析与比较。计量资料以“ $\bar{x}\pm s$ ”表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。统计结果以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同提取方法提取 DF 的最优条件

2.1.1 碱提法提取 DF 最优条件的确定 通过考察碱液浓度、料液比和提取温度,寻找最优提取工艺,不同提取条件下得到 SDF 和 IDF 产率。如表 1 所示。

表 1 不同条件下 IDF 产率($\bar{x}\pm s, n=6$)

膳食纤维种类	序号	碱液浓度/%	料液比	提取温度/℃	产率/%
SDF	1	1.25	1:20	80	21.54±0.55
	2	1.25	1:10	80	14.03±0.36
	3	1.50	1:20	80	22.32±0.83
	4	1.25	1:20	70	21.54±0.29
IDF	1	1.25	1:20	80	44.08±0.82
	2	1.25	1:10	80	49.32±0.13
	3	1.50	1:20	80	52.01±0.16
	4	1.25	1:20	70	44.08±0.13

对不同提取方法中 SDF 和 IDF 产率相互对比,如序号所示,第一种提取条件相较第二种,提取的 SDF 及 IDF 平均产率有显著性差异($P<0.05$),可确定料液比采用 1:20 为宜。第一种提取条件相较第三种,提取的 IDF 产率有显著性差异($P<0.05$),在考虑到节能环保的因素上,选择的碱液浓度为 1.25% 的 NaOH 溶液。第一种提取条件相较第四种,提取的 SDF 及 IDF 平均产率有显著性差异($P<0.05$),可确定提取温度采用 80 ℃为宜。最终确定碱提法提取 DF 的最优工艺条件为碱液浓度 1.25%、料水比约为 1:20、温度约为 80 ℃。

2.1.2 酶提法提取 DF 最优条件的确定 实验通过考察 α -淀粉酶加入量和中性蛋白酶加入量,寻找最优提取工艺,不同提取条件下得到 SDF 和 IDF 产率。如表 2 所示。

表 2 不同条件 SDF 和 IDF 产率($\bar{x}\pm s$)

膳食纤维种类	序号	样品数	α -淀粉酶	中性蛋白酶	产率/%
			加入量/%	加入量/%	
SDF	1	6	0.3	0.4	9.30±0.06
	2	6	0.4	0.4	13.09±0.28
	3	6	0.4	0.3	12.09±0.10
IDF	1	6	0.3	0.4	43.41±0.48
	2	6	0.4	0.4	47.47±0.24
	3	6	0.4	0.3	46.47±0.03

对不同提取方法中 SDF 和 IDF 产率相互对比,采用 SPSS 22.0 进行数据处理。第一种提取条件相较第二种,提取的 SDF 及 IDF 的平均产率均有显著性差异($P<0.05$),从而确定 α -淀粉酶的加入量为 0.4%。第二种提取条件相较第三,提取的 SDF 及 IDF 的平均产率均有显著性差异($P<0.05$),可以确定中性蛋白酶的加入量为 0.4%。

最终确定酶解法的最优工艺条件为中性蛋白酶的酶解温度为 50 ℃,pH 7.0,酶解时间 60 min,酶添加量为 0.4%; α -淀粉酶采用的酶解温度为 55 ℃,pH 6.0,酶解时间 90 min,酶添加量为 0.4%。

2.2 碱提法与酶解法提取 DF 的差异比较

2.2.1 碱提法与酶解法最优条件提取 DF 得率的差异性分析 碱提法与酶解法提取的 SDF 具有明显差异,有统计学意义($P<0.01$)。采用优化后碱提法及酶解法提取的 SDF 及 IDF 产率见表 3。

表 3 不同提取方法中最优条件下 SDF/IDF 产率($\bar{x}\pm s, n=6$)

提取方法	SDF 产率/%	IDF 产率/%
碱提法	21.61±0.43	51.92±0.21
酶解法	14.11±0.28**	47.29±0.27

注:与酶解法比较,** $P<0.01$

2.2.2 碱提法与酶解法最优条件提取 DF 的理化性质的差异性分析 对碱提法与酶解法提取的 DF 理化性质采用独立样本 t 检验,分别检验其溶胀性、持水力和持油力差异,以 $\alpha=0.05$ 为置信区间。溶胀性无明显差异;持水力无明显差异,无统计学意义($P=0.471$);持油力无明显差异,无统计学意义($P=0.455$)。结果见表 4。

表 4 不同提取方法中最优条件下 DF 理化性质差异($\bar{x} \pm s, n=6$)

提取方法	溶胀性/(mL·g ⁻¹)	持水力/(g·g ⁻¹)	持油力/(g·g ⁻¹)
碱提法	3.68±0.14	3.25±0.15	0.24±0.21
酶解法	3.70±0.17	3.20±0.19	0.24±0.15

3 结语

香菇膳食纤维包括了 SDF 和 IDF, 本试验得到了香菇 DF 不同提取方法(碱提法、酶解法)的最优工艺条件。其中, 碱提法的最优工艺条件为碱液浓度 1.25%、料水比约为 1:20、温度约为 80 °C; 酶解法的最优工艺条件为首先以 50 °C 为酶解温度, 在 pH 7.0 的环境下采用浓度为 0.4% 的中性蛋白酶酶解 60 min; 再以 55 °C 为酶解温度, 在 pH 6.0 的环境下采用浓度为 0.4% 的 α -淀粉酶酶解 90 min。

其中碱提法的可溶性膳食纤维平均产率、不溶性膳食纤维平均产率均高于酶解法得到的平均产率。两种提取方法得到的膳食纤维的理化性质(持油力、持水力及溶胀性)相近, 无统计学上的差异。从生产效益角度从发, 故在生产中宜采用碱提法进行。香菇膳食纤维提取方法的优化确定可以作为香菇膳食纤维相关生理、药理研究的前期基础, 有助于推进

膳食纤维的进一步利用。

参考文献

- [1] 张 好, 陈 萍, 金 晖, 等. 香菇柄膳食纤维的理化特性研究[J]. 中国食用菌, 2012(5):33-35.
- [2] 吴学谦. 香菇生产全书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005:1-15.
- [3] 孙立梅. 平菇水不溶性膳食纤维提取工艺的研究[J]. 食用菌, 2008, 30(5):54-55.
- [4] 吴茂玉, 葛邦国, 和法涛, 等. 高活性苦瓜膳食纤维粉的研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(2):4-7.
- [5] 符 琼, 林亲录, 鲁娜, 等. 膳食纤维提取的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2010(3):32-35.
- [6] 王 谦, 高 俊, 王 莎, 等. 超声波法提取糙皮侧耳菇柄中水溶性膳食纤维工艺研究[J]. 食用菌学报, 2011, 18(4):69-72.
- [7] 吴丽樱, 方 蕤, 吴俊清, 等. 响应面法优化香菇柄可溶性膳食纤维的提取[J]. 广东农业科学, 2013, 40(2):79-81.
- [8] 葛邦国, 吴茂玉, 马 超, 等. 酶解法提取香菇水不溶性膳食纤维技术研究[J]. 食用菌, 2010, 32(3):64-66.
- [9] 张江萍, 刘靖宇. 猴头菇水不溶性膳食纤维的提取工艺研究[J]. 山西农业科学, 2018, 46(4):634-637.
- [10] 朱 博, 艾麦提·巴热提, 孙 睿. 维药槲寄生中可溶性膳食纤维提取方法及工艺研究[J]. 现代食品, 2018(8):151-153.
- [11] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准——食品中膳食纤维的测定: GB 5009.88-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

(本文编辑 苏 维)