

姬松茸固体发酵制备麦麸膳食纤维的技术效果

汤葆莎, 陈君琛, 李怡彬, 吴 俐, 沈恒胜

(福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建 福州 350003)

摘 要: 以姬松茸 (*Agaricus blazei* Murill) 作为麦麸膳食纤维制备的降解菌, 采用固体发酵方式, 选择不同麦麸发酵基质的含水量与发酵时间的处理组合, 分析比较不同条件组合的膳食纤维得率。结果显示, 60%含水量符合固体发酵的菌丝降解代谢基本要求, 提高基质含水量, 有利于增加麦麸可溶性膳食纤维制备得率; 72 h 发酵周期, 麦麸不溶性膳食纤维制备得率>80%。

关键词: 姬松茸; 麦麸; 膳食纤维; 固体发酵

中图分类号: Q 935

文献标识码: A

Fermentation using *Agaricus blazei* on wheat bran medium for producing dietary fiber

TANG Bao-sha, CHEN Jun-chen, LI Yi-bin, WU Li, SHEN Heng-sheng

(Institute of Agricultural Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences,
Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: This study applied *Agaricus blazei* Murill on medium containing wheat bran for fermentation to obtain dietary fiber. Effects of medium moisture content and fermentation time on yield of soluble and insoluble dietary fibers were investigated. Results showed that 60% moisture content in the medium was essential for mycelial metabolism. Increased water content enhanced the soluble dietary fiber production. After 72h fermentation, the insoluble dietary fiber content reached more than 80%.

Key words: *Agaricus blazei* Murill; wheat bran; dietary fiber; fermentation

微生物, 尤其是食用真菌具有降解、转化利用植物细胞可溶性与不溶性营养组成的特殊生物代谢酶系统。在发酵过程中, 菌丝分泌胞外酶通过酶解作用, 可将各种膳食纤维制备原料中的淀粉、纤维素、半纤维素成分转化为以微生物多糖、纤维素等为主的更具生物活性的膳食纤维^[1]。将食用菌固体发酵技术用于制备麦麸膳食纤维, 可发挥食用菌生物降解的代谢转化优势, 提高制备麦麸膳食纤维的得率和品质。现已有利用裂褶菌 (*Schizophyllum commune*)^[1-2]、灵芝 (*Ganoderma lucidum*)^[2-4]、白腐菌 (white rot fungi)^[5]、白地霉 (*Geotrichum candidum*)^[6] 等真菌的生物发酵制备甘薯渣、葛渣、芹菜渣、蔗渣、马铃薯渣等膳食纤维的报道, 取得较好的纤维改性制备效果。

姬松茸 (*Agaricus blazei* Murill) 是一种食药两用真菌, 对基质营养物质 (碳水化合物、氮源营养及多种矿物盐类) 有较强的转换代谢能力。目

前, 对姬松茸的液体培养技术研究, 多在培养基营养、培养条件优化和姬松茸液体发酵的多糖提取与利用技术方面, 将姬松茸固体发酵应用于制备膳食纤维的研究试验尚未见报道。课题组的前期试验发现, 姬松茸菌丝体生长代谢过程, 具有较强的降解转化半纤维素、木质素大分子结构的能力^[7], 能有效降解转化利用稻草细胞壁中的硅质—木质化抗营养因子^[8], 并能有效降解利用麦麸中的水溶性阿拉伯木聚糖^[9]。前期研究为利用食用菌菌丝的降解转化优势, 合理控制菌丝体发育对麦麸营养成分的转化消耗, 制备食用菌—麦麸复合型膳食纤维的技术研究提供了可行性依据。

本研究以姬松茸为制备膳食纤维的生物降解菌, 选择小麦麸皮为原料; 以提高麦麸可溶性与不溶性膳食纤维制备效果为目标; 采用固体发酵方式, 研究不同麦麸基质含水量与不同发酵周期对姬松茸—麦麸复合型膳食纤维制备效果的影响。

收稿日期: 2009-07-15 初稿; 2009-10-23 修改稿

作者简介: 汤葆莎 (1971-), 女, 硕士, 农艺师, 主要从事农产品加工研究 (E-mail: tbsty@126.com)

通讯作者: 沈恒胜 (1955-), 女, 博士, 研究员, 主要从事农业资源循环利用与生物转化技术研究 (E-mail: hsh87@hotmail.com)

基金项目: 福建省财政专项 (STIF-Y05); 福建省农科院青年人才基金项目 (2009QB-16)

1 材料与amp;方法

1.1 降解菌种

用于降解小麦麸皮的食用菌菌种为姬松茸 (*Agaricus blazei* Murill), 由本研究室保存。

1.2 小麦麸皮

降解前小麦麸皮经粉碎机粉碎过 28 目筛, 保存备用。

1.3 姬松茸培养基组成 (质量/容量百分比)

姬松茸菌种扩大培养的各级培养基配方见表 1。

表 1 姬松茸菌丝生长培养基组成
Table 1 Composition of culture medium for growing *Agaricus blazei* Murill mycelia (单位: %)

项目	马铃薯	玉米粉	葡萄糖	蔗糖	磷酸二氢钾	硫酸镁	硫酸铵	麸皮	酵母粉	VB ₁	琼脂
固体母种	20	—	2	—	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.01	2
液体母种	—	3	—	2	0.1	0.1	0.1	1	0.3	0.01	—
发酵生产种	—	3	—	2	0.1	0.1	—	5	0.1	0.01	—

1.4 试验方法

1.4.1 液体母种培养方法 取斜面菌种, 通过平板菌种→液体母种→液体发酵生产种的三级扩大培养, 制备姬松茸发酵生产种。液体母种培养温度为 25±0.5℃、摇床转速为 170±2 r·min⁻¹。

1.4.2 固体发酵制备麦麸膳食纤维 (1) 固体发酵处理: 姬松茸固体发酵麦麸基质含水量设置 60% (W/V, G 组) 和 120% (W/V, Y 组) 两个处理水平; 发酵周期设置: 24 h、36 h、48 h、60 h 和 72 h 等 5 个发酵时间段; 每处理组合 6 个重复。于 100 mL 三角瓶中称取 20 g 小麦麸皮原料, 加入一半的基质所需水分含量, 于 121℃、0.1MPa 条件下高压灭菌; 将剩余所需加入的水分加入到应接入的液体生产菌种中, 混匀接入培养料中, 搅拌均匀; 液体生产种接种量为麦麸基质的 30% (W/V)。置封闭的麦麸接种发酵瓶于 28℃ 恒温培养箱中静止培养。在各培养周期时间段结束时, 分别取出各水分处理组的 6 个重复, 进行麦麸可溶性和不溶性膳食纤维的制备。

(2) 麦麸膳食纤维制备: 按体积比 1:2 的比例在发酵样品 (含水分和接入菌种量) 中加入蒸馏水, 搅拌均匀, 并于 80℃ 下水浴 30 min, 4 000 r·min⁻¹ 离心 5 min; 上清液用酒精沉淀法分离可溶性膳食纤维; 沉淀物包括姬松茸菌丝体和麦麸不溶性发酵产物, 即不溶性膳食纤维; 冷冻真空干燥法获得姬松茸固体发酵制备的可溶性和不可溶性麦麸膳食纤维。

取 20 g 小麦麸皮发酵原料制备空白对照 (CK)。用流动清水洗涤技术去除其所含淀粉, 用上述热水水浴方法制备空白对照的可溶性和不溶性膳食纤维。

1.4.3 分析指标与计算方法 可(不)溶性膳食纤维得率(%)=可(不)溶性膳食纤维干燥后的产品质量/处理前麦麸质量×100

1.4.4 统计方法 采用 DPS 数据统计软件和 Excel 统计程序进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 麦麸可溶性和不溶性膳食纤维的发酵制备动态变化

麦麸的姬松茸固体发酵过程对其可溶性和不溶性膳食纤维影响的动态变化见图 1。经 24 h 发酵, 麦麸中可溶性膳食纤维得率达最大值, 并在此后的 12 h 发酵中有较大的降低; 不溶性膳食纤维得率与未做发酵处理的空白对照组 (CK) 相比, 经 24 h 降解, 出现较大程度的下降。随着发酵时间的延长, 两个含水量处理组 (I 组和 II 组) 的可溶性膳食纤维得率均出现不同程度的下降, 不溶性膳食纤维得率的变化幅度明显减弱, 其中 II 组发酵产物中的可溶性膳食纤维得率相应增加, 而不溶性膳食纤维得率则相对降低。

动态变化显示: 姬松茸液体菌种接种后的 24h (测试起点时间), 主要完成了菌丝体对发酵基质的附着、萌发, 对麦麸不溶性膳食纤维成分的降解释放, 以及对可溶性营养成分与降解产物的营养转化利用。随着菌丝体营养生长代谢, 通过继续降解麦麸不溶性膳食纤维成分来补充菌丝体旺盛生长的营养需求, 并消耗代谢培养基质中释放的中间产物, 培养基质中的不溶性膳食纤维含量出现下降; 当可溶性营养成分的消耗代谢>降解释放时, 培养基质中的可溶性膳食纤维含量也呈下降趋势。因此, 不同基质含水量显示的可溶性与不溶性膳食纤维得率

动态变化趋势的差异，与姬松茸菌丝体的长势、生物量及其生长过程中对培养基质的营养消耗代谢动态平衡有关。

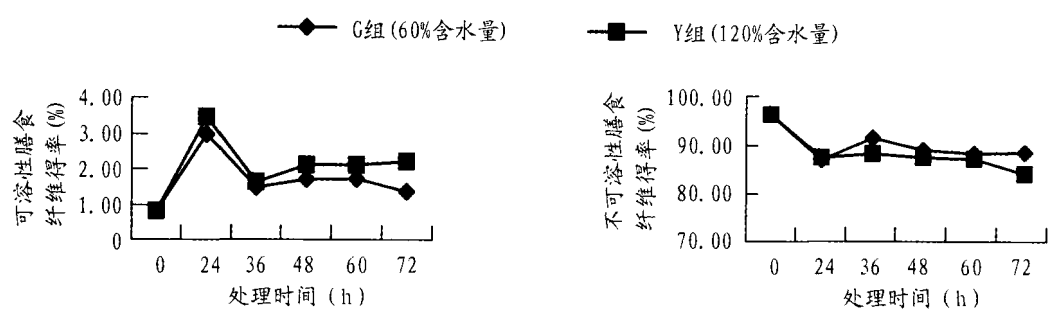


图 1 不同处理时间可溶性与不溶性膳食纤维得率的动态变化

Fig. 1 Yield of soluble and insoluble dietary fibers during course of fermentation

2.2 基质含水量和发酵时间对麦麸中可溶性膳食纤维降解效果的影响

不同基质含水量处理和不同发酵时间的可溶性膳食纤维得率差异比较见表 2。发酵 24 h，两个含水量处理组（G 组和 Y 组）的可溶性膳食纤维得率差异显著（ $P<0.05$ ），但随着发酵时间的延长，两个含水量处理组（G 组和 Y 组）的可溶性膳食纤维得率差异逐渐消失；而不同的发酵时间，G 组和 Y 组发酵 24 h 处理的结果与其他处理时间的呈极显著差异（ $P<0.01$ ），其他处理时间的结果相互间差异不显著（ $P>0.05$ ），与未做发酵处理的空白对照组（CK）的可溶性膳食纤维得率相比，仍有显著差异（ $P<0.05$ ）。可知，姬松茸液体菌接种后的 24 h 内，液体菌种对不同含水量处理发酵载体的附着和对麦麸膳食纤维成分的降解释放能力存在差异，而提高基质含水量，有利于促进菌丝体对麦麸纤维成分的降解与营养代谢。进入菌丝体营养生长阶段，受菌丝生长量和生长过程中降解与消耗代谢培养基质动态平衡的制约，不同含水量处理所得的可溶性膳食纤维差异不显著，说明含水量处理对可溶性膳食纤维得率无明显影响。试验结果说明，与姬松茸子实体栽培的生产技术条件相似，60%的基质含水量能满足姬松茸菌丝生长与降解代谢固体培养基质营养成分的需求；麦麸可溶性膳食纤维得率以 24 h 处理最佳，随发酵时间的延长，麦麸可溶性膳食纤维含量处在相对稳定的动态平衡状态；不同基质含水量对麦麸可溶性膳食纤维得率的动态趋势没有产生显著性差异影响；所需的最佳发酵时间的确定，还应考虑姬松茸对麦麸不溶性膳食纤维的降解情况和菌丝体的生长趋势等。

表 2 不同发酵时间的可溶性膳食纤维得率

Table 2 Yield of soluble dietary fiber at various fermentation stages

处理时间 (h)	G 组 (60%含水量)		Y 组 (120%含水量)	
	平均得率 (%)	差异显著 性比较	平均得率 (%)	差异显著 性比较
0(CK)	0.83±0.29	cC	0.83±0.29	dC
24	2.99±0.26	aA	3.48±0.34*	aA
36	1.50±0.27	bB	1.65±0.25	cBC
48	1.73±0.21	bB	2.13±0.39	cBb
60	1.74±0.15	bB	2.13±0.55	bcB
72	1.38±0.53	bBC	2.23±0.77	bB

注：(1)表中数据为平均值±标准误。(2)不同基质同一发酵时间膳食纤维得率的差异显著性比较用 LSD 法，*、*、* 分别表示 0.01 和 0.05 水平的显著差异性。(3)同一基质不同发酵时间膳食纤维得率的差异显著性比较采用 LSD 法，不同大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 水平的显著差异性；表 3 同。

2.3 基质含水量和发酵时间对麦麸中不溶性膳食纤维降解效果的影响

表 3 显示了不同含水量处理和不同发酵时间处理的不溶性膳食纤维得率差异比较。接种后的 36 h 内，不同含水量处理组（G 组和 Y 组）的不溶性膳食纤维得率无显著差异（ $P>0.05$ ），随着发酵时间的延长，受菌丝生长的营养需求和菌丝体生长过程中对培养基质营养成分的降解与消耗代谢影响，两个含水量处理组（G 组和 Y 组）的不溶性膳食纤维得率出现差异，G 组略大于 Y 组，48 h 时差异显著（ $P<0.05$ ），72 h 时差异极显著（ $P<0.01$ ）；两个含水量处理组（G 组和 Y 组）的不溶性膳食纤维得率与未做发酵处理的空白对照组（CK）相比，出现极显著下降（ $P<0.01$ ）。比较表明，基质含水量影响了

姬松茸液体菌丝体对麦麸基质的降解利用,其不溶性膳食纤维得率极显著下降,并随发酵时间的延长而变动,G 组发酵 24 h 时的降解最多,而 Y 组则在发酵 72 h 时降解最多,这与菌丝生长量和其生长过程中的降解和消耗代谢培养基质的动态平衡有关。因此,姬松茸液体菌丝体对麦麸中不溶性膳食纤维成分的降解效率随时间的变化,与姬松茸对可溶性营养的转换利用效率有关,尤其受菌丝体生长趋势和营养代谢需求的影响。

表 3 不同发酵时间的不溶性膳食纤维得率
Table 3 Yield of insoluble dietary fiber at various fermentation stages

处理时间 (h)	G 组(60%含水量)		Y 组(120%含水量)	
	平均得率 (%)	差异显著 性比较	平均得率 (%)	差异显著 性比较
0(CK)	96.33±0.38	a	96.33±0.38	aA
24	86.65±0.46	d	87.15±0.84	bB
36	91.33±2.33	b	87.98±4.71	bB
48	88.76±0.99*	c	87.17±0.88	bB
60	88.01±0.88	cd	86.88±1.20	bB
72	88.26±1.34**	cd	83.60±1.51	cB

3 讨 论

姬松茸固体发酵对麦麸培养基质中不溶性和可溶性膳食纤维的降解代谢,能有效提高降解麦麸中的可溶性膳食纤维得率和降低不溶性膳食纤维得率,这与已报道的真菌生物发酵制备膳食纤维的结论一致^[3,5-6]。在固体培养基质含水量>60%的条件下,可满足菌丝体降解麦麸细胞壁结构组分与生长代谢的水分含量需求。

综合分析基质含水量与发酵时间对姬松茸固体发酵制备麦麸膳食纤维的影响,姬松茸发酵麦麸制备

的不溶性与可溶性膳食纤维的得率,与姬松茸菌丝体的生长趋势以及对发酵基质营养物质的降解转换利用的代谢程度有关。60%的基质含水量能基本满足姬松茸菌丝体的降解代谢生理要求,而在此条件下,提高基质含水量,有利于促进菌丝体胞外酶的分泌与对不溶性膳食纤维多聚体分子结构的降解;而 24 h 的固体发酵时间,能满足姬松茸菌丝体在固体发酵基质上的附着、萌发、胞外酶的分泌及对基质的降解,促进对麦麸不溶性纤维的降解,并显著提高制备麦麸产物中的可溶性膳食纤维含量;通过制备麦麸膳食纤维中的菌体蛋白和菌体生物活性代谢的中间产物,提高其营养品质。试验证明,利用姬松茸固体发酵来提高麦麸膳食纤维得率的方法是可行的。

参考文献:

[1] 邹建国,周帅,张晓昱,等. 采用药用真菌液态发酵甘薯渣获得膳食纤维的发酵工艺研究 [J]. 食品与发酵工业, 2005, 31 (7): 42-44.

[2] 王岩岩,王宏勋,张晓昱. 药用真菌降解葛渣生产活性膳食纤维的初步研究 [J]. 食品科技, 2005 (3): 93-95.

[3] 周帅,王宏勋,吴疆鄂,等. 玉米皮药用真菌发酵综合利用初步研究 [J]. 食品工业科技, 2006, 27 (4): 52-54.

[4] 孟秀梅,王宏勋,张晓昱. 灵芝发酵芹菜条件优化研究 [J]. 食品与药品, 2006, 8 (7A): 54-56.

[5] 韦小英. 利用白腐菌生产蔗渣膳食纤维得率及性质的影响[J]. 广西大学学报:自然科学版, 2001, 26(2): 120-124.

[6] 袁惠君,赵萍,巩慧玲. 微生物发酵对马铃薯渣膳食纤维得率及性质的影响[J]. 兰州理工大学学报, 2005, 31(5): 75-77.

[7] 邓露芳,沈恒胜,汤葆莎,等. 食用菌 (*Agaricus blazei* 和 *Valvariella volvac*) 微贮稻草纤维瘤胃降解效果的研究 [J]. 福建农业学报, 2006, 21 (2): 113-117.

[8] 沈恒胜,陈君琛,汤葆莎,等. 生物去硅化作用对提高稻草降解率的处理效果探讨 [J]. 中国农业科学, 2006, 39 (2): 406-411.

[9] 张本光,沈恒胜. 小麦麸皮阿拉伯木聚糖的抗营养作用及其降解 [J]. 中国食物与营养, 2008 (7): 12-15.

(责任编辑: 翁志辉)