

猴头菌固体发酵降解玉米淀粉的初步研究

韩 建 荣

(山西大学生命科学系 太原 030006)

摘要 猴头菌在玉米粉培养基上进行固体发酵时能够产生活性较强的 α -淀粉酶降解玉米淀粉。添加5%~15% 黄豆粉和发酵时间从15d延长到25d能显著提高淀粉酶活力和淀粉降解率。在添加15% 黄豆粉,加水40%,25℃发酵25d的玉米粉发酵产物中,淀粉降解率达到65.20%;蛋白质含量达到16.83%;蛋白质中赖氨酸含量由35.96mg/g提高到56.12mg/g,色氨酸含量由9.05mg/g提高到13.25mg/g,从而明显提高了玉米粉的营养价值。

关键词 猴头菌,固体发酵,玉米粉,淀粉

分类号 Q93-335

猴头菌(*Hericium erinaceus*)是一种著名的药食两用真菌。现代医学证明,用该菌制成的猴菇菌片,对医治消化道溃疡,胃癌等症有显著效果。营养成分分析测定表明,猴头菌还具有很高的营养价值,子实体和菌丝体中都含有较高的蛋白质,且蛋白质中赖氨酸、色氨酸的含量很高^[1]。国内已经有人^[2]将猴头菌加入到饼干当中来防治学龄前儿童营养性贫血。玉米是我国的主要作物之一,但玉米粉由于蛋白质中赖氨酸、色氨酸含量较低^[3],因而具有营养上不足的缺点,再加上淀粉含量高、口味较差,大大影响了人们对玉米的直接食用,大量的玉米被用来生产淀粉或加工饲料。如果采用一种新的发酵工艺,使猴头菌在充分降解利用玉米粉中淀粉物质的同时,提高

玉米粉中赖氨酸、色氨酸的含量;并以猴头菌特有的风味改变玉米粉口味差的缺点,这将会大大提高玉米粉的营养价值和食用价值。主要探讨了猴头菌固体发酵降解玉米淀粉的工艺条件,并分析了发酵产物中一些主要营养成分和氨基酸的变化,取得了比较满意的结果。

1 材料与方法

1.1 菌种及培养基

猴头菌(*Hericium erinaceus*)H18从上海农科院食用菌研究所引进。

斜面菌种培养基(%):葡萄糖1,蛋白胨

1997-09-01收稿

0.5, 酵母粉 0.3, 麦芽粉 0.3, 琼脂 2, pH 自然。

液体种子培养基(g/l): 葡萄糖 3, 黄豆粉 2, 玉米粉 2, 酵母粉 0.5, KH_2PO_4 0.1, MgSO_4 0.05, CaCO_3 0.2, pH 自然。

固体发酵用培养基: 粗玉米粉中分别添加 5%、10%、15% 黄豆粉, 用于单因素对比实验, 加水使含水量达 40%, 适量加入 MgSO_4 、 FeSO_4 、 KH_2PO_4 等无机盐。

以上培养基均采用 $1 \times 10^5 \text{Pa}$, 灭菌 30min。

1.2 玉米粉的发酵及制备

将配好的固体发酵培养基准确称量后装入 500ml 三角瓶, 装瓶量 300g(湿重), 灭菌冷却后, 按 3% 接种量接入液体种子, 25°C 避光培养。最后将所得发酵产物在 70°C 下烘干并用植物试样粉碎机粉碎过 60 目筛, 过筛的玉米粉用于营养成分分析。以未接种的三角瓶为对照, 所有实验均设 3 次重复。

1.3 分析测定方法

α -淀粉酶活力测定: 按文献 [4] 方法进行。酶活单位定义: 一个淀粉酶单位相当于在规定的条件下于 25°C 和 pH6.9, 从可溶性淀粉中释放出 $1\mu\text{mol}$ 还原物质(以麦芽糖计)时所需的酶量。

菌丝生物量测定: 采用几丁质分析法^[5]。用将 Elson-Morgan 法改进的 Boas 法来测定样品中氨基葡萄糖含量, 最后将氨基葡萄糖含量换算成几丁质含量。

淀粉含量的测定: 多淀粉植物性样品测定法^[6]。

蛋白质含量的测定: 用水杨酸比色法^[6], 蛋白含量按(总氮-氮氮) $\times 6.25$ 计算。

氨基酸的测定: 采用日立 835-50 型氨基酸

自动分析仪测定。色氨酸采用荧光法测定^[6]。

2 结果与讨论

2.1 添加黄豆粉对猴头菌生长和降解淀粉的影响。

猴头菌在添加 5%、10%、15% 黄豆粉的玉米粉固体培养基中发酵 15d 后, 测定淀粉酶活力, 菌丝生物量, 淀粉含量。结果(表 1)表明, 随着培养基中黄豆粉添加量的提高, 淀粉酶活力相应提高。猴头菌在固体培养基中的菌丝生物量随黄豆粉添加量呈正相关增长, 这说明添加黄豆粉对猴头菌的营养生长是有利的。从表 1 还可以看出, 随着黄豆粉添加量的提高, 猴头菌对淀粉的降解率逐渐提高。但当黄豆粉添加量较大时, 淀粉降解率提高的幅度逐渐减少。这种情况与淀粉酶活力的变化规律正好吻合。

2.2 发酵时间对猴头菌生长和降解淀粉的影响

在添加 15% 黄豆粉的玉米粉固体培养基上接种猴头菌, 25°C 培养 15d、20d、25d、30d 后分别取样测定淀粉酶活力、菌丝生物量和淀粉含量, 结果(表 1)表明, 随着发酵时间的延长, 淀粉酶活力表现出先升后降的规律。在发酵 20d 后, 酶活达到最高。这说明, 当猴头菌降解淀粉的量达到一定水平后, 产物中不断增加的还原糖的量某种程度上抑制了淀粉酶。猴头菌菌丝生物量在发酵 25d 时达到最高。淀粉降解率虽然在不断提高, 但 20d 以后, 提高幅度有所下降。以上说明将发酵时间从 15d 延长到 25d, 对猴头菌的菌丝生长、降解淀粉均为有利。

表1 黄豆粉添加量、发酵时间对猴头菌生长、降解淀粉的影响

| 测定项目 | 黄豆粉添加量(%) | | | | 发酵时间(d) | | | |
|------------|-----------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 淀粉酶活力(u/g) | 43.99 | 79.52 | 121.80 | 152.30 | 152.30 | 178.61 | 164.20 | 130.92 |
| 菌丝生物量(%) | 0.136 | 0.148 | 0.162 | 0.177 | 0.177 | 0.195 | 0.252 | 0.199 |
| 淀粉降解率(%) | 52.32 | 56.40 | 59.52 | 61.73 | 61.73 | 64.56 | 65.72 | 66.35 |

注: 淀粉降解率(%) = $\frac{\text{淀粉含量(发酵前)} - \text{淀粉含量(发酵后)}}{\text{淀粉含量(发酵前)}} \times 100$

2.3 固体发酵工艺条件正交实验

前面实验表明,添加黄豆粉,延长发酵时间均能不同程度地提高淀粉降解率。为考察其协同

作用并选择最适工艺条件,以黄豆粉添加量、发酵时间和加水量为因素,各取 3 个水平,以淀粉降解率为指标进行了正交实验^[7],结果如表 2 所示。

表2 L₉ (3⁴)正交实验结果及其分析

| 试验号 | 黄豆粉添加量 (%) | 发酵时间 (d) | 加水量 (%) | 淀粉降解率 (%) | 蛋白质含量 (%) |
|----------------|---------------|-------------|------------|--------------|--------------|
| 1 | 15 | 15 | 35 | 62.05 | 15.03 |
| 2 | 15 | 20 | 37.5 | 64.19 | 16.41 |
| 3 | 15 | 25 | 40 | 65.20 | 16.83 |
| 4 | 10 | 15 | 37.5 | 59.64 | 13.78 |
| 5 | 10 | 20 | 40 | 60.55 | 14.22 |
| 6 | 10 | 25 | 35 | 61.41 | 14.93 |
| 7 | 5 | 15 | 40 | 57.04 | 12.62 |
| 8 | 5 | 20 | 35 | 58.96 | 12.70 |
| 9 | 5 | 25 | 37.5 | 60.25 | 13.35 |
| k ₁ | 63.81 | 59.58 | 60.81 | | |
| k ₂ | 60.53 | 61.23 | 61.36 | | |
| k ₃ | 58.75 | 62.29 | 60.93 | | |
| R | 5.06 | 2.71 | 0.55 | | |
| F | 164.9** | 46.7* | 2.1 | | |

注: F_{0.01}(2,2)=99; F_{0.025}(2,2)=39 蛋白质含量不作数据处理

由极差分析的 R 值和方差分析的 F 值(表 2)可知,各因素对淀粉降解的影响程度为:黄豆粉添加量 > 发酵时间 > 加水量。在 $\alpha = 0.01$ (即 99% 置信区间)的水平下,黄豆粉添加量是影响淀粉降解率的极显著性因子,而发酵时间是在 $\alpha = 0.025$ 水平下的显著性因子,加水量的影响作用很小。其理论最佳工艺条件为:黄豆粉添加量 15%,发酵时间 25d,加水量 37.5%。正交实验中的第 3 试验号的工艺条件组合与理论最佳工艺条件最为接近,故淀粉降解率也最高。

2.4 发酵对玉米粉蛋白质中赖氨酸、色氨酸含量的影响

选择上述正交实验中蛋白质含量最高的第 3 试验号的发酵产物进行了氨基酸含量分析,结果表明,经过猴头菌固体发酵的玉米粉每 g 蛋白质中的赖氨酸含量从 35.96mg 提高到 56.12mg,色氨酸含量从 9.05mg 提高到

13.25mg。其它必需氨基酸的含量也接近或超过 1973 年 FAO/WHO 规定的必需氨基酸均衡模式,这就证明了经过猴头菌发酵的玉米粉中的蛋白质是一种氨基酸构成比例更合理、质量更高的蛋白质,因而玉米粉的营养价值得到了较大提高。

参 考 文 献

- [1] 马国瑞,陈美慈. 营养学报,1994,16(3):345~348.
- [2] 刘喜文,卢曜环,许效群等. 营养学报,1992,14(1):109~111.
- [3] 李家瑞. 食品化学,北京:轻工业出版社,1987,297.
- [4] 钱嘉洲. 酶的测定方法. 北京:中国轻工业出版社,1992,37~40.
- [5] 韩建荣. 中国食用菌,1992,11(2):11~12.
- [6] 黄伟坤. 食品检验与分析,北京:中国轻工业出版社,1989,39~40,54~55,66.
- [7] 杜荣蓉. 生物统计学. 北京:高等教育出版社,1985,419~429.

A PRELIMINARY STUDY ON CORN STARCH DEGRADATION BY SOLID FERMENTATION OF *HERICIUM ERINACEUS*

Han. Jianrong

(Department of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006)

Abstract The corn starch could be degraded by solid fermentation of *Hericium erinaceus* which amylase activity were fairly strong in corn meal medium. Both the addition of 5%—15% soybean meal in medium and prolongation of fermentation time from 15d to 25d could raise the amylase activity and degradation rate of starch. After 25d fermentation at 25℃ in the corn meal medium that was added 15% soybean meal, the degradation rate of starch reached 65.20%; the protein content reached 16.83%. In the protein, lysine content increased from 35.96mg / g to 56.12mg / g; tryptophan from 9.05mg / g to 13.25mg / g. Therefore, after fermentation, the nutritional value of corn meal were raised.

Key words *Hericium erinaceus*, Solid fermentation, Corn meal, Starch