

液体培养杏鲍菇富集硒的条件与机理研究

王新风¹, 戴传超², 田林双², 洪媛², 周敏², 李丽²

(1. 淮阴师范学院生物系, 江苏 淮安 223300;

2. 南京师范大学生命科学学院南京师范大学微生物工程重点实验室, 江苏 南京 210097)

摘 要: 用发酵液中添加亚硒酸钠的方法, 对杏鲍菇富集硒条件与机理进行研究。添加硒对菌丝生长有抑制作用, 菌丝体中硒含量随着发酵培养基中硒浓度的上升而上升, 当浓度达 $40\mu\text{g/ml}$ 时达到最大, 为 $1253.55\mu\text{g/g}$; 在低硒浓度硒条件下, SOD、POD 酶活力随着硒浓度增加而增加, 当培养基硒浓度分别达到 $30\mu\text{g/ml}$ 和 $40\mu\text{g/ml}$ 时达最高。有机硒占富集总硒 98%, 菌丝体可溶性蛋白中硒含量为 $1360.66\mu\text{g/g}$ 。硒在菌丝内积累后, 氨基酸总量增加 19.68%。但胱氨酸仅仅占对照的 86%, 是唯一总量减少的氨基酸。这和硒代替硫形成含硒蛋白的机理一致。比较甘油、纤维素、淀粉、蛋氨酸、蛋白胨、柠檬酸六种添加剂对硒的影响表明, 添加甘油有利于富集硒。培养基的初始 pH 为 6.0, 20°C , 接种量为 18% 更有利于富集硒和菌丝生长。250ml 三角瓶装 80ml 液体最有利于富集硒。

关键词: 杏鲍菇; 富集; 硒; 硒蛋白; 有机硒

The Study of the Culturing Conditions and Mechanism of Accumulating Selenium by *Pleurotus eryngii* Cultured on Liquid Medium

WANG Xin-feng¹, DAI Chuan-chao², TIAN Lin-shuang², HONG Yuan², ZHOU Min², LI Li²

(1. Department of Biology, Huaiyin Normal College, Huai'an 223100, China 2. Life Science College, Key Lab for Microbial Engineering of Life Science College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The accumulating Selenium culturing conditions and mechanism by *Pleurotus eryngii* was studied by adding Sodium Selenite into the fermentation medium in this experiment. Selenium content in mycelia went up with the Se content in fermentation culture medium, stabilized at $40\mu\text{g/ml}$ Se, the biomass was suppressed by adding the Sodium Selenite. In this condition, the content of Se in the mycelium got $1253.55\mu\text{g/g}$. The SOD and POD activity increased with Se concentration. It got respective highest value at $30\mu\text{g/ml}$ and $40\mu\text{g/ml}$ Se. The organic Se was 98% to total Se in the mycelium. There was $1360.66\mu\text{g}$ Se in every gram soluble protein. The amino acid to total mycelium was increased 19.68% than CK's when adding Se in the culture medium. The Cystine was the only amino acid that decreased when adding Se to the culture medium. It just got 86.36% of CK's. This was in accordance with the mechanism that Se substituting S of the Cystine in the protein. The effects of six kinds of additive to the Se accumulating were compared which including cellulose, starch, Methionine, peptone, citric acid, and glycerin. It was found that glycerin was best for accumulating Se. The other conditions benefit to accumulating including: initial pH 6.0, 20°C , 18% inoculation and 80ml medium filled in a 250ml conical flask.

Key words: *Pleurotus eryngii*; accumulating Selenium; organic Se; Se-protein

中图分类号 Q939

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)11-0149-05

硒是人和哺乳动物体内必需的一种微量元素, 缺硒会引起一系列疾病, 如动脉硬化及冠心病, 还可损害机体免疫系统的发育和功能。近来在动物实验中研究发

现, 硒是谷胱甘肽过氧化物酶酶家族活性部位的辅基, 该类酶具有清除过氧化物, 防止细胞损伤, 延缓细胞衰老的作用^[1]。目前, 我国有 72% 的县(市)属于缺

收稿日期: 2004-12-02

基金项目: 江苏省教育厅自然基金项目(02KJD180008); 淮安市科技局资助项目(HAN222)

作者简介: 王新风(1964-), 男, 副教授, 主要从事微生物教学和真菌生理生化研究。

硒或低硒地区, 2/3 的人口存在不同程度的硒摄入不足, 且动物和人体缺硒情况正在加剧, 因此, 硒被作为添加剂广泛用于生产生活中, 大量富硒保健食品纷纷涌现^[2,3]。

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)又名刺芹侧耳, 是一种质地脆嫩、菌肉肥厚、营养丰富、具杏仁香味的珍稀食用菌, 深受国际市场的欢迎^[4]。本实验以杏鲍菇为研究对象, 采用液体发酵培养基, 添加亚硒酸钠的方法, 探讨富硒的条件与机理, 为生产富含有机硒的真菌菌丝提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌种 杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*) 华中农业大学菌种实验中心。

1.1.2 培养基

斜面培养基: 改良 PDA, PDA 加 20% 金针菇菌渣浸出液。液体种子培养基: 去皮马铃薯 20%, 金针菇菌渣 20%, 煮浸汁; 蔗糖 2%, 121℃ 灭菌 20 min。液体发酵培养基: 玉米粉 2%, 黄豆粉 2%, 蔗糖 2%, MgSO_4 0.05%, KH_2PO_4 0.05%, 酵母膏 0.08%^[5], 250 ml 的锥形瓶, 每瓶放 100 ml 液体。除特殊指明外, 液体培养基中硒添加量为 $40 \mu\text{g/ml}$ 。

1.2 培养方法

1.2.1 菌种的活化

将供试菌种接种到斜面培养基上, 置于 25℃ 培养箱中恒温培养 7 d。

1.2.2 液体种子的制备

在斜面中加入 10 ml 无菌水, 刮取菌丝后倒入种子培养基中, 置于摇床中, 25℃, 120 r/min 培养 9 d。

1.2.3 发酵培养: 取 18% (V/V) 培养后的种子液加入发酵培养基中, 25℃, 120 r/min 培养 12 d。

1.3 方法

1.3.1 菌丝体内硒含量测定

将烘干至恒重的菌丝小心刮下, 磨成均匀粉末状, 放入干燥器中干燥备用。硒测定方法参考文献^[6]。比色分析用 BIO-RAD SmartSpec™3000 型分光光度计; BIO-RAD LABS 700 μl 比色皿(9109252), 波长 335 nm。单位体积硒产量由硒含量和生物量计算获得。

1.3.2 生物量的测定

终止发酵后, 用烘至恒重的滤纸过滤菌丝, 用蒸馏水冲洗干净后放入烘箱, 60℃ 下烘干至恒重, 分析天平测定其干重。

1.3.3 其它生理指标测定

SOD 活力测定参考文献^[7]。POD 活力测定参考文献^[8]。脂肪酸测定方法参考文献^[9]。有机硒测定参考文献^[10]。硒蛋白提取参考文献^[11]。氨基酸测定: 样品烘干研磨均匀后送江苏省农业科学院检测中心按中华人民共和国国家标准 GB/T 14965—94 (食物中氨基酸的测定方法) 进行测定。

2 结果与分析

2.1 生长曲线的测定

对杏鲍菇的生长曲线进行测定, 结果见图 1。从图 1 可以看出, 该菌在此条件下第 12 d 生物量达到最大, 然后慢慢下降, 以后发酵均取 12 d 作为发酵终点。

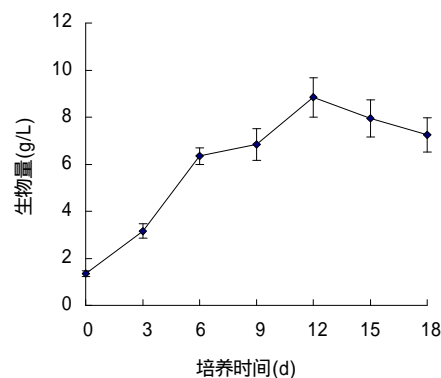


图1 杏鲍菇的生长曲线

Fig.1 The culture curve of *Pleurotus eryngii*

2.2 发酵培养基中硒浓度对杏鲍菇富集硒的影响

制备硒浓度分别为 0(CK)、10、20、30、40、50 $\mu\text{g/ml}$ 的浓度梯度发酵培养基, 发酵完成后测定其菌丝体干重及各项生理指标, 结果见表 1。表 1 结果表明, 添加硒后, 杏鲍菇菌丝生长受到抑制, 其抑制程度随着添加量的增加而增加。这说明杏鲍菇对硒的耐受性不强。菌丝体中硒含量随着发酵培养基中硒浓度的上升而上升, 当浓度达到 $40 \mu\text{g/ml}$ 时趋于稳定, $50 \mu\text{g/ml}$ 后开始下降。空白对照组也检测到少量的硒, 可能和培养基原料中含有硒有关。对富集硒过程中的 SOD 酶、POD 酶进行跟踪检测表明, 酶活力变化很好的体现了硒对菌丝的伤害作用。和抗逆境相关的 SOD 酶、POD 变化趋势和积累硒的规律一致。在低浓度的硒, SOD 酶活力随着硒浓度增加而增加, 当浓度达到 $30 \mu\text{g/ml}$ 时, 酶活力不再持续上升, 表现为下降。说明当硒浓度增加到一定程度, 菌丝体已经不能靠增加酶活力来进一步适应, 因此生物量下降。对有机硒含量检测表明, 有机硒占富集的总硒大约在 98% 以上, 这和文献报道硒主要结合在抗氧化和逆境的酶或肽类成分中一致^[12], 有机硒比例和培养基中硒含量关系不大。

表1 培养基中硒浓度对杏鲍菇富集硒的影响

Table 1 The effect of Se accumulating by adding different content of Se to the culture medium

| 硒浓度(μg/ml) | ck | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 生长量(g/L) | 9.61±1.0 | 8.24±0.27 | 7.99±1.20 | 7.22±1.49 | 6.94±1.07 | 6.96±1.10 |
| 硒含量(μg/g) | 118.04±5.20 | 364.30±11.70 | 758.80±43.48 | 1161.03±51.42 | 1253.55±53.66 | 1078.66±29.42 |
| 硒产量(μg/L) | 1134.67±118.04 | 3000.74±98.36 | 6062.81±910.56 | 8382.64±1729.93 | 8693.37±1341.29 | 7573.38±1186.53 |
| 硒富集率(%) | — | 30.30 | 30.31 | 27.94 | 21.73 | 15.15 |
| 有机硒比例(%) | 95.38 | 97.05 | 98.62 | 98.52 | 98.61 | 98.55 |
| 无机硒比例(%) | 4.62 | 2.95 | 1.38 | 1.48 | 1.39 | 1.45 |
| SOD(IU) | 4010.6 | 5811.81 | 5724.74 | 6004.63 | 4277.80 | 4376.18 |
| POD(IU) | 14.45 | 15.06 | 22.28 | 21.25 | 15.20 | 9.44 |

表2 添加剂对硒富集的影响

Table 2 The effect of additive to the Se accumulating

| 添加剂 | 淀粉 | 甘油 | 蛋氨酸 | 蛋白胨 | 柠檬酸 | 纤维素 | 对照 |
|-----------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 生物量(g/L) | 9.92±0.44 | 8.61±1.85 | 4.38±1.09 | 9.44±1.83 | 10.15±1.53 | 9.78±1.23 | 6.74±0.091 |
| 硒含量(μg/g) | 1333.55±102.83 | 1920.49±10.4 | 2103.36±23.97 | 1356.95±107.32 | 1157.57±86.96 | 1419.87±58.84 | 1183.46±7.47 |
| 硒产量(μg/L) | 13228.82±586.76 | 16535.42±3552.90 | 9212.72±2292.11 | 12809.61±2482.22 | 11749.33±1771.08 | 13886.33±1745.37 | 7976.52±1076.95 |

2.3 添加剂对硒富集的影响

比较甘油、纤维素、淀粉、蛋氨酸、蛋白胨、柠檬酸六种添加剂在40μg/ml的添加浓度下对硒的影响表明,添加甘油最有利于菌丝中积累硒。添加蛋氨酸虽然有利于提高硒含量,但是由于生物量小,并不很利于最终富集硒。淀粉、柠檬酸、纤维素和蛋白胨虽然作为额外增加的碳源或氮源增加了生物量,但是由于硒含量并未显著增加,所以并不是最佳的富集硒的方法。具体结果见表2。

2.4 富硒菌丝的营养学分析

对添加甘油组的菌丝氨基酸、脂肪酸组分进行检测,以不加硒和甘油的作为对照,结果见表3、4。表3表明,富集硒后,菌丝脂肪酸组分基本没有改变,说明硒的富集对脂肪酸影响很小。对菌丝中蛋白提取,检测可溶性蛋白中的含硒量表明,对照组可溶性蛋白中硒含量为237.71μg/g,实验组中,菌丝蛋白中硒含量为1360.66μg/g。检测菌丝氨基酸组成(表4)表明,富集硒后氨基酸含量增加,占菌丝干重9.35%增加到11.19%。甜味氨基酸(Ser+Gly+Ala)占氨基酸总量从13.27%增加到14.04%;鲜味氨基酸(Glu+Asp)从15.94%增加到16.07%。胱氨酸总量减少,仅仅占对照的86%,是唯一总量减少的氨基酸,这和硒代替硫形成含硒蛋白的机理一致。

表3 杏鲍菇富集硒对菌丝脂肪酸组分的影响

Table 3 The effect of fatty acid composition by Se accumulated

| 脂肪酸组分 | 16:0 | 18:0 | 18:1 | 18:2 | 其它 |
|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 对照 | 24.02 | 2.25 | 30.15 | 43.57 | 0.01 |
| 处理 | 29.42 | — | 27.11 | 43.46 | 0.01 |

2.5 培养基不同初始pH值对硒富集的影响

发酵培养基灭菌前调节其pH值,制成pH分别为

表4 杏鲍菇富集硒对菌丝氨基酸组分的影响

Table 4 The effect of amino acid composition by Se accumulated

| 氨基酸 | 占菌丝干重百分比(%) | | 处理/对照 (%) | 占总氨基酸百分比(%) | |
|-------|-------------|-------|-----------|-------------|-------|
| | 对照 | 处理 | | 对照 | 处理 |
| 天门冬氨酸 | 0.63 | 0.80 | 126.98 | 6.74 | 7.15 |
| 苏氨酸 | 0.29 | 0.37 | 127.58 | 3.10 | 3.30 |
| 丝氨酸 | 0.34 | 0.41 | 120.59 | 3.64 | 3.67 |
| 谷氨酸 | 0.86 | 1.11 | 129.07 | 9.20 | 9.92 |
| 甘氨酸 | 0.37 | 0.47 | 127.03 | 3.96 | 4.20 |
| 丙氨酸 | 0.53 | 0.69 | 130.19 | 5.67 | 6.17 |
| 胱氨酸 | 0.22 | 0.19 | 86.36 | 2.35 | 1.70 |
| 缬氨酸 | 0.61 | 0.77 | 126.23 | 6.52 | 6.88 |
| 蛋氨酸 | 1.29 | 1.40 | 108.53 | 13.79 | 12.50 |
| 异亮氨酸 | 0.51 | 0.61 | 119.61 | 5.45 | 5.45 |
| 亮氨酸 | 0.80 | 0.90 | 112.50 | 8.56 | 8.04 |
| 酪氨酸 | 0.63 | 0.64 | 101.59 | 6.74 | 5.72 |
| 苯丙氨酸 | 0.75 | 0.87 | 116.00 | 8.02 | 7.78 |
| 赖氨酸 | 0.29 | 0.39 | 134.48 | 3.10 | 3.49 |
| 氨 | 0.37 | 0.47 | 127.03 | 3.96 | 4.20 |
| 组氨酸 | 0.13 | 0.17 | 130.77 | 1.39 | 1.52 |
| 精氨酸 | 0.40 | 0.50 | 125.00 | 4.28 | 4.47 |
| 脯氨酸 | 0.33 | 0.43 | 130.30 | 3.53 | 3.84 |
| 总和 | 9.35 | 11.19 | 119.68 | 100 | 100 |

4.0、5.0、6.0、6.3(自然pH)、7.0、8.0的梯度发酵培养基,每瓶中硒含量均为40μg/ml。发酵完成后,测定其菌丝干重,结果见表2。由表2可以看出,菌丝干重以接近自然pH(6.0~6.3)时较大,菌丝硒含量在接近的值波动,趋势不明显,说明发酵液中的初始pH值对菌丝含硒量影响不大,初始pH值的升高与菌丝硒的变化似乎没有必然联系。

2.6 不同培养温度对硒富集的影响

比较20、25、30℃三种不同培养温度表明,20℃生长,生物量、硒含量都达到最大,而硒产量也达到最大,30℃培养菌丝基本不能生长。

表5 不同初始 pH 值对杏鲍菇富集硒的影响
Table 5 The effect of different initial culture medium pH to Se accumulating

| pH | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 6.3 | 7.0 | 8.0 |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 生物量(g/L) | 6.92±0.13 | 6.96±1.73 | 7.88±2.17 | 7.32±2.31 | 6.54±1.42 | 6.74±0.66 |
| 硒含量(μg/g) | 1208.69±4.86 | 1107.76±113.92 | 1230.37±32.78 | 1204.77±29.65 | 1197.10±76.60 | 1200.90±4.32 |
| 硒产量(μg/L) | 8361.73±153.84 | 7912.41±681.58 | 9143.67±2901.38 | 8646.93±1567.38 | 7921.34±326.32 | 8094.06±792.59 |

表6 不同装液量对富集硒的影响
Table 6 The effect of different culture medium volume in the flask to the Se accumulating

| 装液量(ml) | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-----------|-----------------|------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 生物量(g/L) | 3.94±0.54 | 4.20±0.61 | 8.62±1.10 | 6.02±0.05 | 5.58±0.12 |
| 硒含量(μg/g) | 2122.98±8.21 | 2929.83±9.45 | 1252.62±8.41 | 1591.05±7.14 | 1140.46±6.54 |
| 硒产量(μg/L) | 8347.50±1146.41 | 122293.6±1787.19 | 10785.0±1377.88 | 9590.8±79.55 | 6357.0±136.86 |

表7 不同接种量对硒富集的影响
Table 7 The effect of different inoculate to the Se accumulating

| 接种量(%) | 6 | 12 | 18 | 24 |
|-----------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|
| 生物量(g/L) | 2.45±0.49 | 4.51±0.77 | 5.51±0.08 | 1.37±0.02 |
| 硒含量(μg/g) | 2423.61±15.90 | 2330.16±8.63 | 2507.26±11.87 | 1644.80±9.41 |
| 硒产量(μg/L) | 5937.84±1187.56 | 10509.02±1794.22 | 13815.01±200.58 | 2253.38±32.90 |

2.7 不同装液量对硒富集的影响

用 250ml 三角瓶装不同体积的液体, 考察溶解氧的影响, 结果表明, 80ml 装液量硒在菌丝中积累最多, 菌丝生物量以 100ml 装液量最大。

2.8 不同接种量对硒富集的影响

比较 6%~24% 的不同接种量表明, 18% 的接种量, 生物量和硒含量都达到最高, 分别达到 5.51g/L 和 13815.01μg/L。

2.9 保持菌种活性的尝试

食用菌菌种在发酵传代时往往容易退化, 使发酵研究难以进行。研究时也发现, 活化菌种时, 菌种第二次转接到 PDA 培养基后生长微弱。因此尝试在 PDA 培养基中加入煮沸了的金针菇菌渣浸出液, 结果发现在加了菌渣浸出液的斜面里菌丝生长旺盛, 推测菌渣浸出液中含有杏鲍菇生长所需要的营养元素。用该方法进行多次传代, 未见菌种退化。

3 讨论

硒作为人体重要的微量元素, 已经得到充分的重视。我国 2/3 地区人口存在不同程度的缺硒^[2], 为了补充硒的不足, 各种富硒谷物^[13]、富硒保健品^[14]、富硒酵母^[15]均纷纷出现。从富硒形式看, 在环境中施加大量硒, 使植物富集更多的硒成为富硒粮食, 很容易污染土壤环境。作为微量元素, 在食用时定量也十分重要。粮食中富集太多的硒对不缺硒地区有超出安全剂量的危险。而用微生物富硒, 可以制造局部高浓度的硒环境, 对自然环境没有影响。考虑到培养的难易程度,

最初是以酵母为载体^[16]。酵母菌直接使用有不良气味, 限制了它的应用。最近几年来, 食用菌富硒成为新的趋势^[3]。食用菌富硒有两种方法, 一是固体栽培, 二是液体发酵培养^{[3][17]}。固体栽培富集硒一般在 100μg/g, 富集量不够理想^[3]。液体发酵培养可以使富集量达到 1000μg/g 以上, 浓度较高^[17,18]。但是由于液体培养需要的设备成本高于固体培养, 因此只有进一步增加发酵产量, 才有可能应用。

研究硒在不同条件下对食用菌生长生理影响, 以及其在菌丝积累的规律有利于获得富含硒的产品。我们的研究, 探讨了温度、溶氧接种量、起始 pH 等因素, 还进一步考察了额外添加纤维素、淀粉、柠檬酸、甘油、蛋白胨、蛋氨酸等成分。研究发现, 纤维素、淀粉、柠檬酸、蛋白胨可以有效提高生物量, 但是并没有提高硒含量。蛋氨酸可以有效提高硒含量, 但是对生长不利。只有甘油可以提高生物量又可以提高硒含量, 因此极大的提高了产量。考虑到甘油的生理功能, 我们推测甘油可以增加富硒产量的原因可能三个: (1) 甘油代谢酶是硒结合蛋白。(2) 甘油保护细胞, 使其对硒耐受性提高。(3) 甘油可以作为额外的碳源。具体的原因有待于进一步探讨。由于添加甘油有利于硒的富集为首次发现, 因此研究清楚甘油的促进硒积累机理, 对富硒十分有价值。

硒在菌丝体内 98% 左右是以有机结合状态存在, 通过对菌丝中可溶性蛋白的测定, 我们得出以 30mg/ml 的量添加硒后, 富硒菌丝中可溶性蛋白的含硒量占总硒量的 12.19%, 而对照组中可溶性蛋白的含硒量占总硒量

的 18.53% , 因此, 我们认为, 在硒浓度较低的情况下, 菌丝体内的硒蛋白是硒的主要形式, 当硒富集量增大后, 硒多糖、硒核酸等硒化合物的含量也同时增加, 硒蛋白不再是硒存在的主要形式^{[1][19,20]}。

参考文献:

- [1] 赵镭, 胡小松. 富硒灵芝的研究进展[J]. 中国食用菌, 2003, 22(3):35-36.
- [2] 汪志君, 蒋士龙, 李式军. 麦芽富硒及其生化特性的研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2002, 23(2): 74-78.
- [3] 王新风. 富硒食用菌栽培技术[J]. 中国食用菌, 2002, 21(3):13-15.
- [4] 宫志远, 于淑芳, 曲玲. 营养和环境条件对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 食用菌学报, 2002, 9(3): 13-17.
- [5] 俞苓, 刘民胜, 陈有容. 杏鲍菇液体培养中胞外酶活性变化[J]. 食用菌, 2003, 25(1): 7-8.
- [6] 李富. 紫外分光光度法测定微量元素硒[J]. 微量元素与健康研究, 1998, 15(1): 56.
- [7] Stewert R C, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes[J]. Plant Physiol, 1980, 65, 245-248.
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导(实验49, 过氧化物酶活性的测定)[M]. 1990. 154-155.
- [9] 刘吉华, 袁生, 戴传超. 二十碳五烯酸等多不饱和脂肪酸产生菌的筛选[J]. 菌物系统(原“真菌学报”), 2000, 19(3):407-409.
- [10] 贺立东. 分光光度法测定富硒酵母中有机硒的含量[J]. 食品工业科技, 2000, 21(5): 67-68.
- [11] 孙中涛, 王汉中, 孙凤鸣, 等. 硒在香菇体内的生物转化及硒蛋白的生物活性[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(8): 57-60.
- [12] 李应生, 李亚南, 陈大清. 硒的生物学功能及植物的富硒机理[J]. 湖北农学院学报, 2003, 23(6): 476-480.
- [13] 陈历程, 杨方美, 张艳玲, 等. 我国部分大米含硒量的分析及生物硒肥对籽粒硒水平的影响[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1): 341-345.
- [14] 郑建仙. 富硒功能食品[J]. 粮食与油脂, 1995, 9(1): 1-7.
- [15] 郑建仙. 富硒酵母自溶物在调味料中的应用[J]. 食品工业, 1995, 16(5): 23-25.
- [16] 张耀东, 尹成华. 几种不同酵母富硒能力的比较研究[J]. 粮食与饲料工业, 1998, 21(7): 26-28.
- [17] 谢必峰, 林琳, 施巧琴, 等. 灵芝菌的深层培养及富硒特性[J]. 食品与发酵工业, 1996, 22(4): 54-57.
- [18] 尚德静, 王关林. 四种食用菌富硒能力的比较研究[J]. 食用菌学报, 1999, 6(3): 17-20.
- [19] 蒋守群. 有机硒的营养研究与应用[J]. 广东饲料, 2000, 9(4):32-33.
- [20] 黄峙, 郑文杰, 郭宝江. 含硒生物大分子化合物研究进展[J]. 海南大学学报自然科学版, 2001, 19(2): 169-175.

欢迎订阅 2006 年《粮食流通技术》杂志

把握行业脉搏 浓缩技术精华 满足读者需求 指导企业生产

邮发代号: 36-53

《粮食流通技术》是国家粮食局主管, 国家粮食储备局郑州科学研究设计院主办的涵盖粮食储存、加工、运输全过程的行业权威科学技术性期刊。旨在及时准确地宣传有关粮食流通的方针政策 and 法律法规; 广泛报道国内外粮食流通行业的新技术、新成果; 全面反映粮食流通行业的发展现状; 深入探讨粮食流通行业的发展趋势和发展动向; 是一本融可读性、实用性、技术性和服务性为一体的粮食流通行业的综合性期刊。本刊为《中国学术期刊检索与评价数据规范》执行优秀期刊; 是《中国学术期刊(光盘版)》, 《中国期刊网》和《万方数据—数字化期刊群数据库》全文收录期刊; 是《中国核心期刊(遴选)数据库》, 《中国学术期刊评价数据库》和《中文科技期刊数据库》的来源期刊。

《粮食流通技术》杂志面向全国各地的大中型粮库、油厂、面粉厂和饲料厂发行, 得到全国各地广大读者朋友的支持、认可和厚爱。杂志现辟有粮食流通专论、工程设计、工艺设备、粮食储藏、制粉工业、饲料工业和食品加工等栏目, 内容丰富详实、新颖实用, 是粮食、食品、油脂、饲料等行业研究、设计、生产、制造、管理和教育等有关人员及大中专院校学生的得力助手和理想读物, 是广大读者朋友学习、交流、收藏的理想媒体。

《粮食流通技术》杂志为大 16 开本, 双月刊, 内容丰富, 印刷精美。国内外公开发行, 国内统一刊号 CN41-1241/TS, 国际标准刊号 ISSN1007-3582, 邮发代号: 36-53, 每期定价 10 元, 全年定价 60 元(免邮费)。欢迎广大读者订阅, 来稿和联系刊登广告事宜。

联系地址: 河南省郑州市南阳路 153 号(450053)

电话: 0371-63731409, 63753609

传真: 0371-63721015

E-mail: ls1tjs@periodicals.net.cn