

利用灰色系统分析姬松茸子实体中 氨基酸含量与镉含量的关系

江枝和¹, 翁伯琦², 王义祥², 林 勇¹, 涂杰凤³

(1. 福建省农科院食用菌开发应用研究中心, 福建 福州 350013; 2. 福建省农科院农业生态研究所, 福建 福州 350013; 3.福建省农科院中心化验室, 福建 福州 350013)

摘 要:运用灰色系统理论分析了姬松茸子实体中 17 种氨基酸含量与重金属镉含量的关系。结果表明:姬松茸子实体中 17 种氨基酸中胱氨酸含量与重金属镉含量两者关联系数最大;脯氨酸含量与重金属镉含量两者关联系数次之;谷氨酸含量与金属镉含量两者关联系数最小。

关键词:姬松茸; 氨基酸; 重金属镉; 灰色系统理论; 关联度

中图分类号:X835 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)06-1259-03

Greg-System-Theory Analysis of Relation Between Cd Contents and Amino Acids Contents in *Agaricus blazei* Murill’ s Fruitbodies

JIANG Zhi-he¹, WENG Bo-qi², WANG Yi-xiang², LIN Yong¹, TU Jie-feng³

(1.The Research Center of Edible Fungi Development and Application, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou 350013, China; 2. Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agriculture Science, Fuzhou 350013, China; 3. The Central Labortary of Fujian Academy of Agriculture Science, Fuzhou 350013, China)

Abstract: Agaricus blazei Murill as rare edible fungi was adored by more and more customers. However, Cd content in the food has been reported to be often overtop national hygeian standard, which badly limits its exports. Therefore, it was important to breed Agaricus blazei Murill with lower Cd content than national hygeian standard. The relationship between Cd and 17 kinds of amino acids of fruitbodies in Agaricus blazei Murill was studied by grey-system-theory analysis in the paper, which was expected to provide with theoretic guidance. Grey correlation theory used in the paper could integrated all indexes, and its analysis was all-sided and reasonable. Moreover, the relations between the content of Cd and that of 17 kinds of amino acids might be estimated according to the correlating magnitude. The result showed that the correlation coefficient between Cys content and Cd content are highest, secondly that of Pro content and Cd content, and that the correlation coefficient between Glu content and Cd content are lowest. It was also seen from the experimental results that there was the positive relation between the contents of Cys and Cd in Agaricus blazei Murill. It should be of guidance importance to breed Agaricus blazei Murill with lower Cd by realizing the relation between the contents of Cd and 17 kinds of amino acids for the future.

Keywords: Agaricus blazei Murill; amino acid; metal heavy Cd; Grey-system-theory; correlating

姬松茸(*Agaricus blazei* Murill)富含蛋白质、氨基酸、脂肪酸、微量元素及多糖和糖的复合体,不仅味道鲜美,有杏仁香味,而且具有医疗保健作用,对肿瘤,

特别是腹水癌、痔疮、糖尿病、高血压、神经痛均有功效^[1,2],由此受到国内外消费者的喜爱,尤其是美国和日本,已成为姬松茸制品的消费大国。但是目前姬松茸存在相当严重的问题——Cd 含量超标,抽样结果达到 16~35 mg·kg⁻¹。众所周知,Cd 是重金属中最危险的元素之一,它在人体和动物中的富集,不仅引起贫

收稿日期:2005-02-16

基金项目:福建省科技厅资助项目(2002N047, 2003N044)

作者简介:江枝和(1955—),副研究员,主要从事食药食用菌种和核农技术研究。E-mail: sd_wolong@163.com

血,高血压,肾损害,以及对生殖细胞的选择性毒害作用,还使骨骼的生长代谢受阻,从而造成骨质疏松、萎缩、变形等,直接影响人体健康^[3]。

本文首次研究并运用灰色系统理论分析探讨姬松茸子实体中 Cd 含量与 17 种氨基酸含量的关系,就其 Cd 含量与 17 种氨基酸含量进行灰色关联评判,为今后选育 Cd 含量低的姬松茸新菌株提供科学理论依据。

1 材料与方法

供试姬松茸品种为“姬松茸 J₁ 号”,由 ⁶⁰Co γ 辐照诱变课题组提供。

以草菇料配方栽培试验于 2003 年 8 月 12 日接

种,培养,培养室湿度为 26℃~27℃。待菌丝走透后移入栽培室,栽培共设 4 个重复,每重复 30 袋,管理方法同蘑菇。最佳采收期为姬松茸菌膜未破时,采收后置于 60℃烘干箱内,烘干粉碎后作分析样品。

氨基酸的测定: 将样品置于 6 mol·L⁻¹ 盐酸浓液中于 110℃水解 24 h, 用日立 835-50 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量。

Cd 含量采用原子吸收法测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 试验处理结果

本试验通过测定, 得到 17 种氨基酸含量的原始数据见表 1。

表 1 各种氨基酸含量/%

Table 1 The contents of various amino-acids with different repeats

重复	天门冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	脯氨酸	甘氨酸	丙氨酸	胱氨酸	缬氨酸
1	2.263 3	1.306 8	1.026 1	4.142 3	0.635 5	1.181 9	1.902 8	0.229 3	1.2417
2	2.568 6	1.401 5	1.209 3	4.652 6	0.882 4	1.494 1	2.275 8	0.214 4	1.5145
3	2.589 6	1.343 8	1.236 1	4.292 7	0.714 9	1.504 9	2.124 9	0.147 8	1.4484
4	3.435 7	1.724 8	1.581 1	4.35	0.992 4	1.684 7	3.246 1	0.329 7	1.6398
重复	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	镉/mg·kg ⁻¹
1	0.324 5	0.777 5	1.689	0.646 6	1.248 4	1.318 8	0.561 1	1.319 6	17.83
2	0.396 1	1.641 5	2.090 2	0.701 3	1.268 5	1.673 4	0.674 9	1.537 6	10.75
3	0.396	1.68	2.096 8	0.771 1	1.257 8	1.684 8	0.607 6	1.666 4	11.77
4	0.462 5	3.271 1	3.123 7	1.123 2	1.332 5	2.078 2	0.742 8	2.160 1	21

2.2 灰色关联分析

2.2.1 灰色关联分析原理和方法^[5-7]

根据灰色关联分析原理,通过设立一标准参考数列列曲线,将各个参评的比较数据按一定的规则进行比较计算,用关联度表示相似度,曲线形状越相似,关联度越大,相似性越好。

灰色关联分析应用于姬茸子实体氨基酸含量与金属 Cd 含量的关系评价时,具体条件要求确定参考序列,参考函数 Cd 含量 $X_0(K)$;比较函数天门冬氨酸

$X_1(K)$ 、苏氨酸 $X_2(K)$ 、丝氨酸 $X_3(K)$ 、谷氨酸 $X_4(K)$ 、脯氨酸 $X_5(K)$ 、甘氨酸 $X_6(K)$ 、丙氨酸 $X_7(K)$ 、胱氨酸 $X_8(K)$ 、缬氨酸 $X_9(K)$ 、蛋氨酸 $X_{10}(K)$ 、异亮氨酸 $X_{11}(K)$ 、亮氨酸 $X_{12}(K)$ 、酪氨酸 $X_{13}(K)$ 、苯丙氨酸 $X_4(K)$ 、赖氨酸 $X_{15}(K)$ 、组氨酸 $X_{16}(K)$ 、精氨酸 $X_{17}(K)$ 。

2.2.2 无量纲化(标准化)

将表 1 的数据按照参考函数 Cd 含量 $X_0(K)$ 标准化,见表 2。

2.2.3 求关联系数

表 2 数据标准化后结果

Table2 The results of standardized data

重复	天门冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	脯氨酸	甘氨酸	丙氨酸	胱氨酸	缬氨酸
1	-0.895 69	-0.719 25	-1.023 53	-1.013 57	-1.059 59	-1.362 28	-0.817 74	-0.013 31	-1.318 38
2	-0.289 36	-0.223 61	-0.232 51	1.368 86	0.472 10	0.132 64	-0.188 32	-0.211 59	0.320 88
3	-0.247 66	-0.525 60	-0.116 84	-0.311 40	-0.567 02	0.184 35	-0.442 95	-1.097 87	-0.076 31
4	1.432 71	1.468 47	1.372 84	-0.043 89	1.154 51	1.045 29	1.449 01	1.322 77	1.073 81
重复	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	镉/mg·kg ⁻¹
1	-1.246 95	-1.024 52	-0.915 14	-0.764 08	-0.746 77	-1.192 54	-1.077 58	-0.986 47	0.508 61
2	0.023 51	-0.193 38	-0.260 59	-0.509 16	-0.218 25	-0.049 64	0.356 67	-0.374 36	-0.936 10
3	0.021 74	-0.156 34	-0.249 82	-0.183 86	-0.499 60	-0.012 89	-0.491 53	-0.012 71	-0.727 97
4	1.201 70	1.374 24	1.425 55	1.457 10	1.464 62	1.255 07	1.212 44	1.373 53	1.155 46

(1)按公式 $\Delta_{0i}(K)=X_i(K)-X_0(K)$ 列出绝对差数($i=1,2,\cdots,17$),见表 3。

表 3 不同重复数据绝对差数

Table 3 The absolute margins with various different repeats					
I	指标	重复			
		1	2	3	4
1	天门冬氨酸	1.404 3	0.646 7	0.480 3	0.277 3
2	苏氨酸	1.227 9	0.712 5	0.202 4	0.313
3	丝氨酸	1.532 1	0.703 6	0.611 2	0.217 4
4	谷氨酸	1.522 2	2.305	0.416 6	1.199 3
5	脯氨酸	1.568 2	1.408 2	0.161	0.001
6	甘氨酸	1.870 9	1.068 7	0.912 3	0.110 2
7	丙氨酸	1.326 3	0.747 8	0.285	0.293 5
8	胱氨酸	0.521 9	0.724 5	0.369 9	0.167 3
9	缬氨酸	1.827	1.257	0.651 7	0.081 6
10	蛋氨酸	1.755 6	0.959 6	0.749 7	0.046 2
11	异亮氨酸	1.533 1	0.742 7	0.571 6	0.218 8
12	亮氨酸	1.423 7	0.675 5	0.478 1	0.270 1
13	酪氨酸	1.272 7	0.426 9	0.544 1	0.301 6
14	苯丙氨酸	1.255 4	0.717 9	0.228 4	0.309 2
15	赖氨酸	1.701 2	0.886 5	0.715 1	0.099 6
16	组氨酸	1.586 2	1.292 8	0.236 4	0.057
17	精氨酸	1.495 1	0.561 7	0.715 3	0.218 1

(2)决定分辨系数:取 $P=0.5$
(3)计算关联系数:
$$\varepsilon_{0i}=\frac{\Delta_{\min}+P\cdot\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(K)+P\cdot\Delta_{\max}}$$
将表 3 中的数据代入上式分别求出相应的关联系数,见表 4。
(4)求关联度:
$$r_{0i}=1/N\sum_{K=1}^N\varepsilon_{0i}(K)$$
利用上式求得关联度,见表 4。

从表 4 可知,17 种氨基酸含量与镉含量的关联度的排序为 $r_{08}>r_{05}>r_{02}>r_{014}>r_{013}>r_{016}>r_{07}>r_{01}>r_{012}>r_{017}>r_{03}>r_{011}>r_{015}>r_{09}>r_{06}>r_{010}>r_{04}$; 其中胱氨酸的含量与重金属 Cd 含量关联度最大,为 0.733 1,关联度越大,相似程度就越高,说明姬松茸子实体中 17 种氨基酸中胱氨酸含量与重金属 Cd 含量的关系最为密切,其次是脯氨酸,关联度最小的是谷氨酸。

3 小结与讨论

从关联度分析结果看出,姬松茸子实体中 17 种氨基酸含量中胱氨酸含量与 Cd 含量两者关联最大;脯氨酸含量与 Cd 含量二者关联其次;谷氨酸含量与

表 4 关联系数和关联度及排序

Table 4 Coefficient of correlation and correlation degree and their

指标	taxis				关联度	排序
	重复					
	1	2	3	4		
天门冬氨酸	0.450 8	0.640 6	0.705 8	0.806 1	0.650 8	8
苏氨酸	0.484 2	0.618 0	0.850 6	0.786 4	0.684 8	3
丝氨酸	0.429 3	0.620 9	0.653 5	0.841 3	0.636 2	11
谷氨酸	0.430 9	0.333 3	0.734 5	0.490 0	0.497 2	17
脯氨酸	0.423 6	0.450 1	0.877 4	0.999 1	0.687 6	2
甘氨酸	0.381 2	0.518 9	0.558 2	0.912 7	0.592 7	15
丙氨酸	0.464 9	0.606 5	0.801 7	0.797 0	0.667 5	7
胱氨酸	0.688 3	0.614 0	0.757 0	0.873 2	0.733 1	1
缬氨酸	0.386 8	0.478 3	0.638 8	0.933 9	0.609 4	14
蛋氨酸	0.396 3	0.545 7	0.605 9	0.961 5	2.509 3	16
异亮氨酸	0.429 1	0.608 1	0.668 5	0.840 4	0.636 5	12
亮氨酸	0.447 4	0.630 5	0.706 8	0.810 1	0.648 7	9
酪氨酸	0.475 2	0.729 7	0.679 3	0.792 6	0.669 2	5
苯丙氨酸	0.478 6	0.616 2	0.834 6	0.788 5	0.679 5	4
赖氨酸	0.403 9	0.565 2	0.617 1	0.920 5	0.626 7	13
组氨酸	0.420 8	0.471 3	0.829 8	0.952 9	0.668 7	6
精氨酸	0.435 3	0.672 3	0.617 0	0.840 9	0.641 4	10

Cd 含量两者关联最小。结合测定结果可以看出,胱氨酸含量对镉含量的增加呈正相关,通过了解 17 种氨基酸含量与镉含量的关系,为今后培育低镉含量菌种具有重要的指导意义。

根据试验结果灰色关联分析,综合所有指标表现,分析全面合理,并按照关联度大小排序,反应了 17 种氨基酸含量与 Cd 含量优劣,表明在进行综合灰色关联分析时,灰色关联系数分析具有科学性和实用性。至于 17 种氨基酸含量与其他重金属(Hs、As、Pb)含量的关系还待进一步研究。

参考文献:

[1] 张 卉,等.姬松茸生理活性物质的研究进展[J].沈阳农业大学学报, 2003, 34(1): 59-62.
[2] 史刚荣.姬松茸研究的现状与展望[J].江苏食用菌, 1955, 16(4): 21-22.
[3] 徐承水.环境中有害微量元素对人体健康的影响[J].广东微量元素科学, 1999, 6(10): 1-3.
[4] 刘文涵,胡 伟,周执明,等.原子吸收法测定甘薯中的微量铜镁[J].浙江工业大学学报, 2001, 29(3): 264-267.
[5] 傅 立.灰色系统理论及应用[M].北京:科学技术文献出版社, 1992.
[6] 易德生.灰色理论与方法—提要,题解,程序,应用[M].北京:石油工业出版社, 1992.
[7] 汪堆云,等.草莓品种经济性状的综合评判[J].生物数学学报, 1996, 11(3): 21-24.