

双孢蘑菇新菌株蛋白质的营养评价与分析

韩彦飞¹, 刘苗苗², 徐丽丽¹, 郭立忠¹

(1. 青岛农业大学生命科学院/山东省应用真菌重点实验室, 山东 青岛 266019;

2. 青岛市饲料兽药检测站, 山东 青岛 266000)

摘要: 本研究测定了双孢蘑菇亲本 FA15 与突变株 FA15-5、FA15-6 子实体的氨基酸含量, 并利用非生物学指标, 以鸡蛋蛋白为标准蛋白, 以 WHO/FAO 必需氨基酸参考模式为评价标准, 对双孢蘑菇子实体的蛋白质营养价值进行了全面评价。结果表明: 亲本与两个突变株的氨基酸种类齐全, 必需氨基酸占氨基酸总量的百分比分别为 36.99%、39.31%、36.53%。亲本和突变株的限制性氨基酸均为异亮氨酸。氨基酸评分(AAS)显示, FA15-5、FA15-6 比 FA15 分别低 31.71% 高 25.00%。突变株 FA15-6 的必需氨基酸指数(EAAI)值较 FA15 高 39.97%, 生物价(BV)较 FA15 高 54.73%, 营养指数(NI)值较 FA15 高 40.00%。因此, 在营养价值方面, FA15-6 是优于亲本的良好突变菌株。

关键词: 双孢蘑菇; 突变株; 氨基酸; 蛋白质; 营养评价

中图分类号: S646.1⁺10.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-4942(2017)08-0059-04

Assessment and Analysis of Protein Nutrition in New Strains of *Agaricus bisporus*

Han Yanfei¹, Liu Miaomiao², Xu Lili¹, Guo Lizhong¹

(1. College of Life Sciences Qingdao Agricultural University/Shandong Key Laboratory of Applied Mycology Qingdao 266109, China;

2. Qingdao Feed Veterinary Drug Testing Station, Qingdao 266000, China)

Abstract Through the determination of amino acid content in sporocarps, the parent *Agaricus bisporus* strain FA15 and its mutant strains FA15-5 and FA15-6 were comprehensively assessed in protein nutritive values using the non-biological indicators with the egg protein as standard protein and the essential amino acid reference pattern of WHO/FAO as evaluation criterion. The results showed that the kinds of amino acids in the parent and the two mutant strains were complete, and their essential amino acids accounted for 36.99%, 39.31% and 36.53% of the total amino acids, respectively. Their restrictive amino acid was isoleucine. The amino acid scores of FA15-5 and FA15-6 were 31.71% lower and 25.00% higher than that of FA15 respectively. The EAAI value, biological value and nutrition index of mutant strain FA15-6 were 39.97%, 54.73% and 40.00% higher than those of the parent strain FA15 respectively. In conclusion, FA15-6 was a better mutant strain with better nutritional value than the parent strain FA15.

Keywords *Agaricus bisporus*; Mutant strain; Amino acid; Protein; Nutritional assessment

双孢蘑菇味道鲜美, 食疗价值较高, 国内外市场大, 特别受发达国家青睐, 生产前景十分广阔^[1], 其子实体含有丰富的蛋白质、甘露糖、海藻糖及各种氨基酸类物质^[2], 营养价值高于其他植

物类食物, 享有“植物肉”的美誉, 是现代绿色健康饮食的首选食物。林忠宁^[3]、姜萍萍^[4]等的研究均表明双孢蘑菇具有较高的营养价值。本试验以双孢蘑菇亲本和突变株子实体为试验材料, 对其

收稿日期: 2016-12-30

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系食用菌创新团队遗传育种岗位课题(SDAIT-11-011-02)

作者简介: 韩彦飞(1990—), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为食药菌遗传育种。E-mail: 1429611200@qq.com

通讯作者: 郭立忠(1964—), 男, 硕士, 教授, 研究方向为应用真菌发酵工程和应用真菌品种改良与工厂化生产。E-mail: glz119@126.com

进行氨基酸含量的测定^[5],并通过化学评分、氨基酸评分、必需氨基酸指数、生物价等评价指标,对样品进行营养价值的分析评价。

1 材料与方 法

1.1 材 料

双孢蘑菇亲本 FA15 和突变株 FA15-5、FA15-6 均由山东省应用真菌重点实验室提供。

1.2 氨基酸含量的测定

1.2.1 样品处理 供试样品经 60℃ 烘干至恒重后,用台湾鑫田 6202 高速粉碎机粉碎,过 180 μm 孔径筛子,放入干燥器内待分析。

1.2.2 含量测定 将待测样品置于 6 mol/L 盐酸溶液中,于 110℃ 水解 24 h,用日立 8900 型高速氨基酸分析仪测定氨基酸组成及含量(色氨酸未测),参照 GB/T18246—2000、凯氏定氮法^[6]等,于青岛农业大学中心实验室完成。

1.3 评价方法

食用菌中含有氨基酸的种类较多^[7],其营养价值的高低取决于必需氨基酸的种类、数量及相应的百分含量。本研究通过化学评分(CS)、氨基酸评分(AAS)、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)等对样品进行评价^[8]。化学评分、氨基酸评分、氨基酸比值系数(RCAA)、氨基酸比值系数分(SRCAA)、必需氨基酸指数、生物价和营养指数(NI)根据彭智华等^[9]的方法计算。

(1) 化学评分(CS): $CS = A_x / A_e$ 。式中, A_x : 双孢蘑菇中某一必需氨基酸的含量; A_e : 双孢蘑菇中必需氨基酸的总含量。

(2) 氨基酸评分(AAS): $AAS = A_x / A_s$ 。式中: A_x 为双孢蘑菇中某一必需氨基酸的含量; A_s 为 WHO/FAO 评分模式氨基酸含量。

(3) 必需氨基酸指数(EAAI): $EAAI = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times \dots \times (100I/IE)]^{1/n}$ 。式中: $AE \sim IE$ 为标准蛋白中某必需氨基酸的总含量; n 为比较的氨基酸数; $A \sim I$ 为双孢蘑菇中某必需氨基酸的总量。

(4) 生物价(BV): $BV = 1.09 \times EAAI - 11.7$ 。

(5) 营养指数(NI): $NI = (EAAI \times PP) / 100$ 。式中: PP 为双孢蘑菇蛋白质的百分含量。

(6) 氨基酸比值系数(RCAA): 氨基酸比值 = 双孢蘑菇氨基酸含量 / 模式氨基酸含量;

$RCAA = \text{氨基酸比值} / \text{氨基酸比值之均数}$ 。

(7) 氨基酸比值系数分(SRCAA): $CV(\text{变异系数}) = \text{标准差} / \text{氨基酸比值之均数}$;

$SRCAA = 100 - CV \times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 样品氨基酸的组成和含量

由表 1 可知,亲本与突变株的氨基酸种类相同,均含有 17 种氨基酸,包括 8 种必需氨基酸(色氨酸未进行定量分析)。亲本与突变株 FA15-5、FA15-6 的氨基酸含量分别为: 179.8、137.1 mg/g 和 211.6 mg/g,其中突变株 FA15-6 比亲本高 17.69%,三个菌株的必需氨基酸含量分别为 66.5、53.9 mg/g 和 77.3 mg/g,其中突变株 FA15-6 较亲本高 16.24%。不同菌株的必需氨基酸占总氨基酸比值也表现出差异,亲本与突变株 FA15-5、FA15-6 分别为 36.99%、39.31%、36.53%,其中 FA15-5 较亲本高 6.27%。

表 1 双孢蘑菇子实体氨基酸的组成和含量

氨基酸	氨基酸含量(mg/g 干样品)		
	FA15	FA15-5	FA15-6
天门冬氨酸	18.6	15.1	22.3
苏氨酸	10.1	8.7	12.0
丝氨酸	8.8	7.4	10.0
谷氨酸	42.0	31.8	54.2
甘氨酸	8.6	6.0	9.4
丙氨酸	12.3	9.9	14.8
半胱氨酸	3.0	2.4	3.1
缬氨酸	7.3	4.3	7.6
蛋氨酸	9.6	7.2	9.2
异亮氨酸	5.4	4.1	6.3
亮氨酸	10.2	9.6	3.7
酪氨酸	5.9	3.5	6.7
苯丙氨酸	6.2	3.6	6.9
赖氨酸	8.8	7.0	1.8
组氨酸	4.6	4.0	5.2
精氨酸	10.1	7.3	11.3
脯氨酸	8.3	5.1	7.2
必需氨基酸总量 T	66.5	53.9	77.3
氨基酸总和 E	179.8	137.1	211.6
T/E(%)	36.99	39.31	36.53

2.2 样品中必需氨基酸的组成与含量

FA15-5 仅亮氨酸含量较 FA15 有所提高,而 FA15-6 的苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸 + 半胱氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸、赖氨酸均有所提高。说明,FA15-6 突变株在必需氨基酸含量上提高较大。

表 2 双孢蘑菇子实体蛋白质的必需氨基酸组成与含量

氨基酸	氨基酸含量(mg/g 干样品)			
	FA15	FA15-5	FA15-6	鸡蛋
苏氨酸	303.1	285.4	433.9	510.0
缬氨酸	219.1	141.0	274.8	730.0
蛋氨酸 + 半胱氨酸	378.1	314.9	444.8	660.0
异亮氨酸	162.1	134.5	227.8	880.0
亮氨酸	306.1	314.9	495.4	640.0
苯丙氨酸 + 酪氨酸	363.1	347.7	491.8	550.0
赖氨酸	264.1	229.6	426.7	1000.0

2.3 双孢蘑菇蛋白质的化学评分和氨基酸评分

双孢蘑菇 FA15 与突变株 FA15-5、FA15-6 的化学评分(CS) 和氨基酸评分(AAS) 分别见表 3 和表 4。依化学评分显示, FA15-5 比 FA15 低 11.47%, 而 FA15-6 与 FA15 持平。氨基酸评分显示, FA15-5 比 FA15 低 31.71%, 而 FA15-6 比 FA15 高 34.15%。

表 3 双孢蘑菇子实体的化学评分

氨基酸	化学评分		
	FA15	FA15-5	FA15-6
苏氨酸	1.48	1.57	1.51
缬氨酸	0.75	0.54	0.67
蛋氨酸 + 半胱氨酸	1.71	1.61	1.44
异亮氨酸	0.61	0.57	0.61
亮氨酸	0.87	1.01	1.00
苯丙氨酸 + 酪氨酸	0.90	0.98	0.87
赖氨酸	1.03	1.01	1.19
化学评分(CS)	0.61	0.54	0.61

表 4 双孢蘑菇子实体蛋白质的氨基酸评分

氨基酸	氨基酸评分		
	FA15	FA15-5	FA15-6
苏氨酸	0.76	0.71	1.08
缬氨酸	0.44	0.28	0.55
蛋氨酸 + 半胱氨酸	1.08	0.90	1.27
异亮氨酸	0.41	0.34	0.57
亮氨酸	0.44	0.45	0.71
苯丙氨酸 + 酪氨酸	0.61	0.58	0.82
赖氨酸	0.48	0.42	0.78
氨基酸评分(AAS)	0.41	0.28	0.55

2.4 双孢蘑菇的必需氨基酸指数、生物价和营养指数

必需氨基酸指数(EAAI) 是评价蛋白质质量的参数, EAAI 值越接近 100, 食物蛋白与标准蛋白的必需氨基酸组成越接近, 营养价值越高。由表 5 可见, 突变株 FA15-6 的 EAAI 值较亲本高 39.97%。

蛋白质的生物价(BV) 值越高, 该种蛋白质消化吸收后的利用程度越高。由表 5 可见, FA15-6 的生物价较亲本高 54.73%。

营养指数(NI) 值越高, 营养价值就越高。表 5 数据显示, FA15-6 的 NI 值较亲本高 40.00%。

表 5 必需氨基酸指数、生物价和营养指数的评价

评价指标	指标评价价值		
	FA15	FA15-5	FA15-6
EAAI	39.75	34.34	55.64
BV	31.63	25.73	48.94
NI	11.90	10.28	16.66

2.5 氨基酸比值系数及氨基酸比值系数分

氨基酸比值系数分(SRCAA) 越小, 蛋白质的营养价值就越差, SRCAA 越接近 100, 其营养价值相对越高。表 6 数据显示, FA15-6 的氨基酸比值系数分较亲本提高了 12.84%。

表 6 双孢蘑菇子实体氨基酸比值系数分

氨基酸	氨基酸比值系数		
	FA15	FA15-5	FA15-6
苏氨酸	1.26	1.36	1.31
缬氨酸	0.73	0.54	0.67
蛋氨酸 + 半胱氨酸	1.80	1.71	1.54
异亮氨酸	0.67	0.64	0.69
亮氨酸	0.73	0.86	0.86
苯丙氨酸 + 酪氨酸	1.01	1.10	0.99
赖氨酸	0.80	0.79	0.94
氨基酸比值系数分(SRCAA)	62.21	61.22	70.20

综合各项指标(表 7) 突变株 FA15-6 的蛋白质营养价值较高, 亮氨酸是其优势氨基酸, 而异亮氨酸为其限制性氨基酸。

表 7 亲本与突变株子实体的营养价值比较

评价指标	FA15	FA15-5	FA15-6
限制性氨基酸	异亮氨酸	异亮氨酸	异亮氨酸
优势氨基酸	蛋氨酸 + 半胱氨酸	苯丙氨酸 + 酪氨酸	亮氨酸
化学评分	0.61	0.54	0.61
氨基酸评分	0.41	0.28	0.55
必需氨基酸指数	39.75	34.34	55.64
生物价	31.63	25.73	48.94
营养指数	11.90	10.28	16.66
氨基酸比值系数分	62.21	61.22	70.20

3 讨论与结论

3.1 本研究结果表明, FA15-6 在与标准蛋白的接近程度上高于亲本 39.97%, 在蛋白质消化吸

收后的利用程度上高于亲本 54.73% ,在营养价值方面高于亲本 40.00% 。

3.2 亲本与突变株 FA15-5、FA15-6 的限制性氨基酸均为异亮氨酸,优势氨基酸分别为蛋氨酸+半胱氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、亮氨酸。

3.3 通过测定和分析比较,突变株 FA15-5 仅在氨基酸评分上较亲本有优势,而突变株 FA15-6 在氨基酸评分、EAAI、BV、NI、SRCAA 均较亲本有明显优势。FA15-6 更符合人体摄入蛋白质的要求,更具有营养保健价值^[10,11]。

3.4 蛋白质营养价值评价方法很多,本文仅用其中 8 种指标进行评价,还需选用更多指标进行更全面的评估。

3.5 本研究仅从蛋白质的营养评价指标进行分析,今后通过对多糖、纤维素、脂肪等指标进行深入分析,可对突变株进行更全面的营养价值客观评价。

参 考 文 献:

[1] 吴成英. 双孢菇栽培技术[J]. 青海农林科技, 2008(4):

(上接第 58 页)

- [5] 杜红岩,胡文臻,王璐,等. 河南省杜仲橡胶资源产业发展现状及对策[J]. 经济林研究, 2015, 33(4): 157-162.
- [6] 佚名. 全省部署杜仲良种选育工作[J]. 林业与生态, 1994(12): 10.
- [7] 杜红岩,张再元,刘本端,等. 华仲 1 号等 5 个杜仲优良无性系的选育[J]. 西北林学院学报, 1994, 9(4): 27-31.
- [8] 刘慧,张盛,刘仲华. HPLC 法同时测定杜仲皮中京尼平苷酸、绿原酸、京尼平苷和松脂醇二葡萄糖苷[J]. 中草药, 2012, 43(8): 1547-1549.
- [9] 叶萌,邓辉洪,庄国庆. 厚朴活立木树皮产量测算方法: CN104316101A[P]. 2015.
- [10] 陈乃焮,汪洪武,刘艳清,等. 杜仲叶中绿原酸的提取与含量测定[J]. 经济林研究, 2001, 19(2): 59-61.

70-72.

- [2] 应建新. 中国药用真菌图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [3] 林忠宁,陈敏健,刘明香,等. 双孢蘑菇脚氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2011(4): 20-23.
- [4] 姜萍萍,韩焯,顾赛红,等. 五种食用菌氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2009(2): 67-71.
- [5] 章丽,刘松雁. 氨基酸测定方法的研究进展[J]. 河北化工, 2009(5): 27-29.
- [6] 董晓平,尚瑛达. 凯氏定氮法测定粮食粗蛋白浅探[J]. 粮食与油脂, 1995(2): 25-27.
- [7] 彭智华,龚敏方. 蛋白质的营养评价及其在食用菌营养评价上的应用[J]. 食用菌学报, 1996(3): 56-64.
- [8] 颜孙安,姚清华,林香信,等. 氨基酸营养价值评价方法的研究[J]. 食品科技, 2012(4): 286-290.
- [9] 彭智华,龚敏方. 蛋白质的营养评价及其在食用菌营养评价上的应用[J]. 食用菌学报, 1996(3): 56-64.
- [10] 韩亚兰,刘伟,邓海平. 食用菌的营养保健价值及功能食品的开发[J]. 江西食品工业, 2007(4): 29-31.
- [11] 刘宏. 食用菌营养价值及开发利用[J]. 中国食物与营养, 2007(12): 25-27.

- [11] 赵金娟,戴雪梅,曲永胜,等. 绿原酸药效学研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2013, 32(4): 1-5.
- [12] 马金花,黎晓敏,武焯. 重庆市不同产地杜仲叶中绿原酸量的研究[J]. 中草药, 2009, 40(S1): 268-270.
- [13] 苑子夜. 杜仲叶抗氧化性及主成分合成积累动态研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [14] 冯晗,周宏灏,欧阳冬生. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2015, 20(6): 713-720.
- [15] 顾亚亚,张世卿,李先勇,等. 濒危物种胡杨胸径与树龄关系研究[J]. 塔里木大学学报, 2013, 25(2): 66-69.
- [16] 布坎南. 植物生物化学与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.