

不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸组成及总糖含量研究

郑艺梅^{1,2}, 许君波¹, 符稳群^{1,2}

(1. 闽南师范大学生物科学与技术学院, 福建漳州 363000;

2. 漳台休闲食品与茶饮料研究所, 福建漳州 363000)

摘 要:研究了不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸组成特性、营养价值及总糖含量。结果表明,不同粒度粉体蛋白质质量分数均约为 20%,且随粒度减小总体呈下降趋势($p < 0.01$),但 200 目与 300 目间差异不显著($p > 0.05$)。Glu 质量分数最高,Asp 其次,His 最低。呈味氨基酸、抗氧化氨基酸和支链氨基酸分别约占总氨基酸 50%、30% 和 16%,支/芳值在 2 左右,Val 是第一限制性氨基酸。与 FAO/WHO 模式比较,Trp 和 Cys + Met 质量分数均较高;EAA/TAA 和 EAA/NEAA 分别为 43%~45% 和 76%~81%,均超过模式标准。总糖质量分数随粒度减小而增加,但 80 目与 40 目、80 目与 120 目、250 目与 200 目、250 目与 300 目之间变化不明显($p > 0.05$)。不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸组成特性及营养价值相似,而总糖质量分数有差别。

关键词:杏鲍菇菌柄基部,粉碎粒度,氨基酸,组成特性,营养价值评价,总糖

Effects of grinding on composition properties of amino acids and total sugar content in stipe base of *Pleurotus Eryngii*

ZHENG Yi-mei^{1,2}, XU Jun-bo¹, FU Wen-qun^{1,2}

(1. College of Biological Science and Technology, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China;

2. Research Institute of Zhangzhou and Taiwan Leisure Food and Tea Beverage, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: The effects of different particle size on composition properties, nutrition of amino acids and total sugar content in stipe base of *Pleurotus eryngii* were studied. The results showed that crude protein mass fraction was all about 20% and decreased with the powder particle size became smaller for different particle sizes ($p < 0.01$), but no difference between 200 meshes and 300 meshes ($p > 0.05$). Amino acid mass fraction of Glu was the highest, followed by Asp, the lowest in His. Flavor amino acid, antioxidant amino acid and branched-chain amino acids accounted for about 50%, 30% and 16% of total amino acids (TAA), respectively. The ratio of branched-chain amino acids to aromatic amino acids was about 2. Val was the first limiting amino acid. Compared with FAO/WHO model, mass fraction of Trp and Cys + Met was higher. EAA (Essential amino acid)/TAA and EAA/NEAA (Non-essential amino acid) were 43%~45% and 76%~81%, exceeded the standard model. The mass fraction of total sugar increased with the powder particle size became smaller, but no difference between 120 meshes and 80 meshes ($p > 0.05$), 250 meshes and 200 meshes ($p > 0.05$), 300 meshes and 250 meshes ($p > 0.05$), respectively. It could conclude that amino acid composition properties and nutritional values of different particle size of *Pleurotus eryngii* stipe base powder were similar, while the mass fraction of total sugar were different.

Key words: Stipe base of *Pleurotus eryngii*; particle size; amino acid; composition properties; nutritional evaluation; total sugar

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)11-0332-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.11.065

杏鲍菇 (*Pleurotus eryngii*) 别名刺芹侧耳, 是近年

来开发栽培成功的集食用、药用、食疗于一体的珍稀食用菌新品种。其肉质肥厚, 味道鲜美, 质地脆嫩, 营养丰富, 兼具杏仁和鲍鱼风味, 备受人们青睐。据漳州市食用菌产业协会统计, 2012 年漳州市杏鲍菇工厂化生产的厂家达八十家, 日产量已达 200 多吨, 占全国的 30%, 成为全国杏鲍菇生产厂家最集中、杏鲍菇日产量最大的地区之一。现在漳州市每天有 200 吨以上的杏鲍菇发往全国各大城市, 占据了全国

收稿日期: 2013-11-13

作者简介: 郑艺梅 (1966-), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 食品营养与安全、农产品贮藏与加工等。

基金项目: 福建省教学团队 (闽教高 [2011] 69 号) 资助项目; 福建省本科高校“专业综合改革试点”项目资助 (闽教高 [2012] 41 号); 福建省大学生创新性实验计划项目 (闽教高 [2011] 69 号)。

表1 不同粒度粉体蛋白质质量分数比较(%)
Table1 Comparison of protein content in different particle size(%)

样品	1	2	3	4	5	6	7
水分	10.38	9.63	8.85	7.91	8.39	8.85	9.36
蛋白质	20.65 ± 0.04 ^a (23.04)	20.19 ± 0.035 ^b (22.34)	20.05 ± 0.04 ^c (22.00)	19.64 ± 0.02 ^d (21.33)	19.39 ± 0.03 ^e (21.17)	19.92 ± 0.025 ^f (21.85)	19.39 ± 0.03 ^e (21.39)

注:上表中蛋白质数据以均值±标准差表示,其括号内为全干基础上的数据。同行肩标字母不同表示差异极显著($p < 0.01$),肩标字母相同表示差异不显著($p > 0.05$)。

各大批发市场。

新近研究发现,杏鲍菇具有抗氧化^[1-4]、降脂^[4]、免疫^[5-7]等功效。杏鲍菇收获后的菌柄基部(俗称菇根)由于含有大量的纤维,质地比较粗糙,口感较差,人们不喜欢食用,通常在鲜菇出售前将其剪下丢弃,造成资源的浪费,而且对环境也造成一定的污染。虽然部分学者开展了杏鲍菇营养成分的研究^[2,8-12],但对杏鲍菇菌柄基部营养价值的研究未见报道。基于此,笔者开展了粉碎粒度对杏鲍菇菌柄基部氨基酸含量、组成特性和总糖含量影响的研究,并对其蛋白质营养价值进行了系统的评价,以其为综合利用杏鲍菇菌柄基部资源,进一步提高其附加值提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

杏鲍菇菌柄基部 采于漳州九湖南盛菇业公司。将新鲜杏鲍菇菌柄基部清理干净后,烘干粉碎过筛,得到40、80、120、160、200、250和300目的粉体,依次用1~7号表示。密封、低温保藏,备用。

BS124S 电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DHG 型智能电热鼓风干燥箱 上海成顺仪器仪表有限公司;KDN-08 A 定氮仪 上海新嘉电子有限公司;MAPADA UV-1100 分光光度计 上海光谱仪器有限公司;日立 835-50 氨基酸自动分析仪等。

1.2 指标测定

水分 GB5009.3-2010;蛋白质 GB 50095-2010;色氨酸 GB 7650-1987;氨基酸 日立 835-50 型氨基酸自动分析仪;总糖 蒽酮-硫酸法^[13]。

1.3 营养价值评价

以FAO/WHO模式联合推荐的EAA模式和鸡蛋氨基酸模式做参比,计算出氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)。

AAS = 每1g样品蛋白质中EAA量/FAO/WHO评分模式中相应的EAA量。

CS = 每1g样品蛋白质中EAA量/鸡蛋评分模式中相应的EAA量。

1.4 数据分析

采用SPSS19.0对实验数据进行分析。

2 结果与讨论

2.1 不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体蛋白质质量分数的比较

由表1可以看出,粉碎粒度对杏鲍菇菌柄基部

粉体蛋白质质量分数有一定的影响。随着粉碎粒度变小,蛋白质质量分数总体呈下降趋势。统计分析发现,7种不同粒度粉体蛋白质质量分数除5号(200目)和7号(300目)之间差异不显著外($p > 0.05$),其余差异极显著($p < 0.01$)。

已有的研究表明,生姜^[14]、小麦麸^[15]、当归^[16]、小麦^[17]经超微粉碎后,蛋白质质量分数均有所增加,而早籼米随着粉碎粒径的减小,蛋白质质量分数降低^[18]。申瑞玲等报道^[19],燕麦麸皮粉碎过40、60、80、100、120目筛后,其蛋白质质量分数变化不大。推测粉碎粒度对蛋白质质量分数的影响可能与原料性质有关。

颜明娟等^[10]分析杏鲍菇营养成分发现,其蛋白质质量分数为20%,本研究杏鲍菇菌柄基部粉体蛋白质质量分数均在20%左右;谷延泽^[11]在比较白灵菇和杏鲍菇营养成分差异时发现,杏鲍菇蛋白质质量分数在12.4%;而七种食用菌营养成分分析比较结果显示,杏鲍菇蛋白质质量分数为15.4%^[12]。出现这种差别的原因可能由于栽培条件等不同^[8]。

2.2 不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸分析

蛋白质的营养价值主要由氨基酸尤其是必需氨基酸的质量分数和比例所决定。从表2可知,杏鲍菇菌柄基部中氨基酸种类比较齐全,7种不同粒度的杏鲍菇菌柄基部粉体总氨基酸(TAA)质量分数在11%左右;总必需氨基酸(EAA)质量分数在5%左右。所测定的氨基酸中,质量分数最高的是Glu,其次是Asp,接下来依次为Met、Leu、Lys、Arg;Trp也比较高;质量分数最低的是His,其次是Tyr。

根据FAO/WHO提出的理想蛋白质模式,优质蛋白质的EAA/TAA在40%左右,EAA/NEAA在60%以上^[20]。7种不同粒度的杏鲍菇菌柄基部粉体EAA/TAA在43%~45%,EAA/NEAA在75%~81%,均超过FAO/WHO模式的标准。

氨基酸对滋味的形成产生重要影响,Glu和Asp是呈鲜的特征氨基酸,其中Glu的鲜味最强,它不仅是鲜味氨基酸,还参与许多生理活性物质的合成^[21]。Glu脱羧基后转变为γ-氨基丁酸,其在哺乳动物中枢神经系统中作为抑制性神经递质发挥重要的生理功能^[22]。Met、Lys、Arg和Trp具有抗氧化活性,这可能是杏鲍菇具有抗氧化作用的原因之一。Arg则是儿童生长发育过程中所不可缺少的一种重要氨基酸,与人的长寿关系密切。此外,Lys含量较高,可以弥补谷物中的Lys不足,对以谷物为主的膳食者来说,起到营养互补的作用。

表2 不同粒度粉体氨基酸质量分数比较(%)

Table 2 Comparison of amino acid content in different particle size(%)

氨基酸	1	2	3	4	5	6	7
Asp	0.98	1.06	1.05	1.04	1.03	1.06	1.06
Thr	0.50	0.53	0.54	0.54	0.55	0.54	0.52
Ser	0.48	0.53	0.52	0.53	0.53	0.54	0.53
Glu	1.66	1.75	1.80	1.80	1.76	1.79	1.80
Gly	0.55	0.55	0.56	0.60	0.58	0.57	0.55
Ala	0.58	0.59	0.60	0.66	0.60	0.62	0.62
Cys	-	-	-	-	-	-	-
Val	0.51	0.52	0.54	0.60	0.53	0.53	0.53
Met	0.87	0.89	0.89	0.94	0.87	0.86	0.88
Ile	0.44	0.48	0.48	0.49	0.49	0.47	0.47
Leu	0.78	0.80	0.79	0.82	0.78	0.79	0.79
Tyr	0.33	0.32	0.33	0.36	0.33	0.37	0.33
Phe	0.48	0.50	0.50	0.53	0.50	0.51	0.52
Lys	0.65	0.66	0.67	0.67	0.65	0.68	0.63
His	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.26	0.26
Arg	0.57	0.62	0.63	0.63	0.59	0.64	0.66
Pro	0.51	0.55	0.57	0.53	0.52	0.56	0.63
Trp	0.51	0.54	0.58	0.62	0.59	0.56	0.54
总氨基酸(TAA)	10.66	11.15	11.31	11.62	11.13	11.35	11.32
总必需氨基酸(EAA)	4.74	4.92	4.99	5.21	4.96	4.94	4.88
总非必需氨基酸(NEAA)	5.92	6.23	6.32	6.41	6.17	6.41	6.44
EAA/TAA	44.47	44.13	43.32	44.84	44.56	43.52	43.11
EAA/NEAA	80.07	78.97	78.96	77.85	80.39	77.07	75.78

注:上表中“-”表示未测出。

表3 氨基酸组成模式评价 (mg/g CP)

Table 3 Assessment of essential amino acids pattern of different particle size(mg/g CP)

氨基酸	1	2	3	4	5	6	7	FAO/WHO 模式
Cys + Met	42	44	44	48	45	43	45	35
Lys	32	33	33	34	34	34	33	55
Ile	21	24	24	25	25	24	24	40
Leu	38	40	39	42	40	40	41	70
Phe + Tyr	39	41	41	45	43	44	44	60
Thr	24	26	27	28	28	27	27	40
Trp	25	27	29	32	30	28	28	10
Val	25	26	27	31	27	27	27	50

2.3 不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体蛋白质营养价值评价

2.3.1 氨基酸组成模式评价 与 FAO/WHO 模式比较,表3中不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体 Trp 和 Cys + Met 质量分数均高,尤其 Trp 平均高近3倍,而其他几种氨基酸质量分数均低,其中相差最大的是 Leu,其次是 Lys 和 Val。

2.3.2 化学评分和氨基酸评分 表4中CS数据和表5中AAS数据显示,7种粒度的杏鲍菇菌柄基部粉体EAA中,除Cys + Met和Trp外,其他氨基酸分值不高,为限制性氨基酸,其中Val是第一限制性氨基酸。

2.3.3 特征氨基酸分析 表6是不同粒度杏鲍菇菌

柄基部粉体特征氨基酸分析的结果。由表中看出,7种不同粒度的杏鲍菇菌柄基部粉体特征氨基酸之间差异不大,质量分数最高的是呈味氨基酸,其占总氨基酸比例在50%左右;其次是抗氧化氨基酸,其占总氨基酸比例在30%左右;支链氨基酸占总氨基酸比例在16%左右;鲜味氨基酸占总氨基酸比例在25%左右。其中呈味氨基酸中有约50%是鲜味氨基酸,说明呈味氨基酸尤其是鲜味氨基酸对杏鲍菇的滋味贡献最大,这就不难解释为何杏鲍菇味道比较鲜美。

支链氨基酸具有特殊的营养生理功能,可消除或减轻肝性脑病症状,改善肝功能,提高免疫机能,缓解疲劳、延长寿命。此外还可通过产生ATP降低蛋白质的分解,并通过促进胰岛素分泌量加强蛋白质的合成。

表4 氨基酸化学评分(%)
Table 4 Chemical score of essential amino acids of different particle size(%)

氨基酸	1	2	3	4	5	6	7
Cys + Met	124	130	131	141	133	128	134
Lys	45	47	48	49	48	49	46
Ile	40	45	45	47	48	45	46
Leu	44	47	46	49	47	47	48
Phe + Tyr	44	45	46	51	48	49	49
Thr	52	57	58	59	61	58	58
Trp	157	170	184	200	193	179	177
Val	38	39	41	47	42	41	42

表5 氨基酸评分(%)
Table 5 Essential amino acids score of different particle size(%)

氨基酸	1	2	3	4	5	6	7
Cys + Met	120	126	127	137	128	123	130
Lys	57	59	61	62	61	62	59
Ile	53	59	60	62	63	59	61
Leu	54	57	56	60	58	57	58
Phe + Tyr	65	68	69	76	71	74	73
Thr	61	66	67	69	71	68	67
Trp	247	268	289	316	304	281	279
Val	49	52	54	61	55	53	55

表6 不同粒度粉体特征氨基酸分析(%)
Table 6 Analysis of characteristic amino acid in different particle size(%)

指标	1	2	3	4	5	6	7
总氨基酸(TAA)	10.66	11.15	11.31	11.62	11.13	11.35	11.32
支链氨基酸	1.73	1.80	1.81	1.91	1.80	1.79	1.79
呈味氨基酸	5.26	5.56	5.64	5.70	5.57	5.68	5.71
鲜味氨基酸	2.64	2.81	2.85	2.84	2.79	2.85	2.86
抗氧化氨基酸	3.19	3.29	3.36	3.48	3.26	3.37	3.30
支链氨基酸/TAA	16.23	16.14	16.00	16.44	16.17	15.77	15.81
呈味氨基酸/TAA	49.34	49.87	49.87	49.05	50.05	50.04	50.44
鲜味氨基酸/TAA	24.77	25.20	25.20	24.44	25.07	25.11	25.27
鲜味氨基酸/呈味氨基酸	50.19	50.54	50.53	49.83	50.09	50.18	50.09
抗氧化氨基酸/TAA	29.93	29.51	29.71	29.95	29.29	29.69	29.15
支/芳值	2.14	2.20	2.18	2.15	2.17	2.03	2.11

支/芳值是经典的判断肝病氨基酸代谢异常的指标。正常人和哺乳动物的支/芳值在3~3.5,当肝受损伤时则降为1.0~1.5^[23]。因此,高支、低芳氨基酸及混合物具有保肝作用。7种粉体的支/芳值在2左右,说明杏鲍菇菌柄基部同样具有一定的保肝和护肝作用。

2.4 不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体总糖含量分析

由图1可以看出,不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体总糖占粉体的50%及以上,且随粉碎粒度的减小,总糖质量分数不断增加,分析其原因可能是粉碎粒度越细,使其细胞中的糖类物质充分地暴露出来。经统计分析,7种粒度间的差异性见图1。

因杏鲍菇多糖具有抗疲劳^[24]、抑菌^[25]等生理功能,因此分析杏鲍菇菌柄基部粉体糖类的含量对利用其含有的多糖,从而开发出多糖系列产品具有科

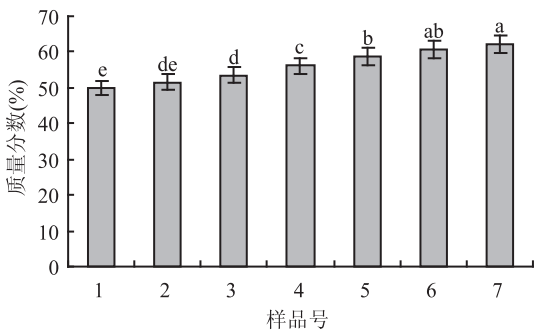


图1 粉碎粒度对总糖质量分数的影响
Fig.1 Effect of grinding particle size on the content of total sugar

注:标有不同字母的表示差异显著(p<0.05)。

学的指导作用。

3 结论

随粉碎粒度的减小,杏鲍菇菌柄基部粉体蛋白质质量分数总体呈下降趋势,总糖质量分数呈增加趋势。不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸组成特性及营养价值相似,而总糖质量分数有差别。氨基酸中以 Glu 质量分数最高;呈味氨基酸居于主要地位,其次是抗氧化氨基酸和支链氨基酸;EAA/TAA 和 EAA/NEAA 均超过模式标准。研究表明,杏鲍菇菌柄基部是一种值得开发和利用的资源。

参考文献

- [1] Mishra KK, Pal RS, Arunkumar R, *et al.* Antioxidant properties of different edible mushroom species and increased bioconversion efficiency of *Pleurotus eryngii* using locally available casing materials[J]. *Food Chem*, 2013, 138(2-3): 1557-1563.
- [2] Zeng X, Suwandi J, Fuller J, *et al.* Antioxidant capacity and mineral contents of edible wild Australian mushrooms[J]. *Food Sci Technol Int*, 2012, 18(4): 367-379.
- [3] Reis FS, Martins A, Barros L, *et al.* Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples[J]. *Food Chem Toxicol*, 2012, 50(5): 1201-1207.
- [4] Lee TT, Ciou JY, Chiang CJ, *et al.* Effect of *Pleurotus eryngii* stalk residue on the oxidative status and meat quality of broiler chickens[J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(44): 11157-11163.
- [5] Choi JH, Kim HG, Jin SW, *et al.* Topical application of *Pleurotus eryngii* extracts inhibits 2, 4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis in NC/Nga mice by the regulation of Th1/Th2 balance[J]. *Food Chem Toxicol*, 2013 Mar; 53: 38-45. doi:10.1016/j.fct.2012.11.025. Epub 2012 Nov 29.
- [6] Ike K, Kameyama N, Ito A, *et al.* Induction of a T-Helper 1 (Th1) immune response in mice by an extract from the *Pleurotus eryngii* (Eringi) mushroom[J]. *J Med Food*, 2012, 15(12): 1124-1128.
- [7] Han EH, Hwang YP, Kim HG, *et al.* Inhibitory effect of *Pleurotus eryngii* extracts on the activities of allergic mediators in antigen-stimulated mast cells[J]. *Food Chem Toxicol*, 2011, 49(6): 1416-1425.
- [8] Reis FS, Barros L, Martins A, *et al.* Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study[J]. *Food Chem*

Toxicol, 2012, 50(2): 191-197.

- [9] Doğan HH, Sanda MA, Uyanöz R, *et al.* Contents of metals in some wild mushrooms: its impact in human health[J]. *Biol Trace Elem Res*, 2006, 110(1): 79-94.
- [10] 颜明娟, 江枝和, 蔡顺香. 杏鲍菇营养成分的分析[J]. *食用菌*, 2002(2): 11-12.
- [11] 谷延泽. 白灵菇和杏鲍菇的营养分析与比较[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(21): 9931-9932.
- [12] 况丹. 七种食用菌营养成分分析比较[J]. *食用菌*, 2011, (4): 57-59.
- [13] 张水华. 食品分析实验[M]. 北京: 化工工业出版社, 2006: 25-47.
- [14] Xiaoyan Zhao, Zaibin Yang, Guosheng Gai, *et al.* Effect of superfine grinding on properties of ginger powder[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 91(2): 217-222.
- [15] 申瑞玲, 程珊珊, 张勇. 微粉碎对小麦麸皮营养组分和特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2008, 37(6): 128-131.
- [16] 赵晓燕, 杨连成, 杨玉芬, 等. 超微粉碎对当归物理化学特性影响的研究[J]. *世界科学技术(中医药现代化)*, 2010, 12(3): 418-422.
- [17] 盛勇, 涂铭旌, 张世年, 等. 超微粉碎小麦的蛋白质变化探讨[J]. *四川大学学报: 工程科学版*, 2003, 35(2): 84-86.
- [18] 潘思轶, 王可兴, 刘强. 不同粒度超微粉碎米粉理化特性研究[J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(5): 1-4.
- [19] 申瑞玲, 程珊珊, 张勇. 微粉碎对燕麦麸皮营养成分及物理特性的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2008, (3): 17-18.
- [20] 李晓, 张士颖, 李玉. 灰离褶伞子实体营养成分测定与评价[J]. *北方园艺*, 2010, (6): 198-201.
- [21] 刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊, 等. 两种不同营养类型水库鲢、鳙肌肉营养成分的比较[J]. *水产学报*, 2011, 35(7): 1098-1104.
- [22] Mamiya T, Kise M, Morikawa K, *et al.* Effects of polished and pregerminated brown rice[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78(7): 556-560.
- [23] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(2): 57-64.
- [24] 郑素珍, 郭立英, 范永山. 杏鲍菇多糖对老龄小鼠抗疲劳能力的影响[J]. *食品科学*, 2010, 31(7): 269-271.
- [25] Shang X, Tan Q, Liu R, *et al.* *In Vitro* Anti-Helicobacter pylori Effects of Medicinal Mushroom Extracts, with Special Emphasis on the Lion's Mane Mushroom, *Hericium erinaceus* (Higher Basidiomycetes) [J]. *Int J Med Mushrooms*, 2013, 15(2): 165-174.

(上接第 327 页)

实成熟过程汁胞粒化的关系[J]. *热带亚热带植物学报*, 2008, 16(6): 545-550.

- [19] 宋肖琴, 张波, 徐昌杰, 等. 采后枇杷果实的质变变化研究[J]. *果树学报*, 2010, 27(3): 379-384.
- [20] 陈青, 励建荣. 杨梅果实储存过程中质地变化规律的研究[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(1): 66-71.
- [21] 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(3): 166-170.
- [22] Seymour G B, Colquhoun I J, Du Pont M S, *et al.* Composition and structural features of cell wall polysaccharides from tomato fruits[J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(3): 725-731.

[23] Dawson D M, Melyon L D, Watkin C B. Cell wall changes in nectarines: Solubilization and depolymerization of pectic and neutral polymers during ripening and in mealy fruit[J]. *Plant Physiology*, 1992, 100(3): 1203-1210.

- [24] Shomer I, Chaluta Z, Vasiliver R, *et al.* Scierification of juice sacs in pummelo (*Citrus grandis*) fruit[J]. *Can J Bot*, 1989, 67(3): 625-632.
- [25] 张振珏, 谢志南, 许文宝. 琯溪蜜柚汁囊分化和粒化过程中的解剖学观察[J]. *植物学报*, 1999, 41(1): 16-19.
- [26] 胡亚云, 傅红飞, 寇莉萍. 模拟超市销售期间圣女果质构特性变化的研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(4): 383-386.