

薇菜干氨基酸组成分析与营养价值评价

Analysis of amino acids composition and nutritional value evaluation of dried osmund

李雪影¹ 陆 宁¹ 张 晶¹ 徐 辉¹ 郭秉政²

LI Xue-ying¹ LU Ning¹ ZHANG Jing¹ XU Hui¹ GUO Bing-zheng²

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036; 2. 合肥元政农林生态科技有限公司, 安徽 合肥 231251)

(1. School of Tea and Food Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2. Hefei Yuanzheng Agricultural Forestry Ecological Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui 231251, China)

摘要:为了对薇菜干中氨基酸进行综合分析评价,以 6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚氨基甲酸酯作为衍生剂,采用超高效液相色谱法对薇菜干中 17 种氨基酸进行分析测定,采用分光光度法对其色氨酸进行定量分析,再结合氨基酸比值系数法、模糊识别法,对薇菜干蛋白质的营养价值进行综合评价。结果表明:薇菜干中含 18 种氨基酸,总氨基酸含量达 697.93 mg/g·蛋白质,必需氨基酸总量/氨基酸总量为 0.45,必需氨基酸总量/非必需氨基酸总量为 0.83,高于 FAO/WHO 所推荐的理想蛋白标准。薇菜干中粗蛋白含量为 12.09%。鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸及药效氨基酸分别占氨基酸总量的 23.99%, 22.16%, 12.46%, 63.97%。8 种必需氨基酸均衡性良好,与 FAO/WHO 标准氨基酸模式贴近。在各种必需氨基酸中,第一限制性氨基酸为异亮氨酸。

关键词:薇菜;超高效液相色谱法;氨基酸;营养评价

Abstract: To systematically analyze and evaluate amino acids of dried osmund, 17 kinds of amino acids were derivatized with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and then were analyzed by ultra performance liquid chromatography. L-tryptophan was quantitatively analyzed by ultraviolet spectrophotometric. Nutritional value evaluation of dried osmund protein was synthetically studied by methods of ratio coefficient of amino acid and fuzzy discernment. The results showed that the sample had 18 kinds of amino acids. The content of the total amino acids was up to 697.93 mg/g protein. The proportion of essential amino acids in total amino acids was 0.45, and the proportion of essential amino acids in non-essential amino acids was 0.83, which was higher than that of FAO/WHO pattern recom-

mended. The content of crude protein was 12.09%. The contents of flavor amino acids, sweet amino acids, aromatic amino acids and medicinal amino acids were 23.99%, 22.16%, 12.46% and 63.97% respectively. All kinds of human essential amino acids kept such a balanced proportion that they were close to the FAO/WHO standard pattern. Among all human essential amino acids, the first limited amino acid was isoleucine.

Keywords: dried osmund; ultra performance liquid chromatography; amino acids; nutritional evaluation

薇菜,学名紫萁(*Osmunda Japonica Thunb*),为紫萁科(*Osmundaceae*)紫萁属(*Osmunda*)多年生蕨类草本植物。薇菜以幼嫩拳卷叶供食用,质细味鲜、清香怡人,是兼具营养及食疗保健功效的天然珍品,素有“野菜之王”之美称^[1]。有研究^[2-3]表明:薇菜中富含蛋白质、膳食纤维、维生素、矿物质、多糖类和黄酮类等,具有安神清热、减肥降压、增强免疫力、抗癌抑菌等功效。

氨基酸不仅是机体重要的营养素之一,也是生物体免疫系统不可或缺的结构物质之一,是近几年营养免疫学研究的重点^[4]。目前关于薇菜氨基酸的研究较少,只是简单地对薇菜氨基酸进行了定量分析^[5-7],尚未见更深入的报道。对薇菜氨基酸进行评价研究,不仅可进一步剖析薇菜的营养价值,同时对于探究氨基酸与薇菜(及其物种)药理价值间的联系也具有重要意义。

柱前衍生高效液相色谱(HPLC)法,因分离度性能好、灵敏度高、适用性广等优势,已成为氨基酸测定强有力的工具^[8]。而超高效液相色谱(UPLC),在 HPLC 的基础上,把分离科学推向一个新高度:增加了分析通量、提高了测试灵敏度,缩短了分析时间,同时可减少溶剂损耗^[9]。6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚氨基甲酸酯(6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate, AQC),作为一种经典的氨基

作者简介:李雪影(1991—),女,安徽农业大学在读硕士研究生。

E-mail: xueyinglee1991@163.com

通讯作者:陆宁

收稿日期:2015-08-19

酸衍生试剂,具有操作简单、灵敏度高、反应速度快、稳定性好等特点^[10-11],广泛应用于食品、医学等研究领域^[12-13]。本研究选用 AQC 作为衍生剂,将初级和次级氨基酸,转化为高稳定性的氨基酸衍生物,所有氨基酸都采用结构相同的衍生化基团,添加有紫外吸收特征基团。在慢反应中,过量的试剂水解成 N-羧基丁二酰亚胺(NHS)、6-氨基喹啉(AMQ)和 CO₂^[14],并采用 UPLC 对薇菜干中的 17 种氨基酸进行分离分析。利用分光光度法对色氨酸进行定量后,结合氨基酸比值系数法、模糊识别法,对薇菜干中氨基酸组成进行分析和评价,从氨基酸的角度探讨薇菜的潜在功能,评价其营养价值,以期为薇菜作为药用和食用资源的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

薇菜干:合肥元政农林生态科技有限公司,60 ℃恒温烘干,粉碎,备用;

AccQ. Tag 化学试剂包:包括 17 种氨基酸水解标准液、AccQ. Tag Ultra Eluent A(醋酸盐缓冲溶液 pH = 5.2)、AccQ. Tag Ultra Eluent B(60%乙腈)、Waters AccQ-Fluor 试剂盒,美国 Waters 公司;

乙腈:色谱纯,美国 Fisher 公司;
浓盐酸:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
L-色氨酸:纯度>99%,美国 Sigma 公司;
超高效液相色谱系统:ACQUITY UPLC® H-Class 型,配备在线真空脱气机、四元梯度泵、自动进样器、恒温柱箱、TUV 检测器和 Empower3 色谱数据工作站,美国 Waters 公司;

氮吹仪:HGC-12A 型,天津市恒奥科技发展有限公司;
分析天平:BS-210S 型,北京 Sartorius 天平有限公司;
真空干燥箱:DZF-6050 型,上海博讯事业有限公司医疗设备厂;
漩涡混匀器:QL-901 型,江苏海门市麒麟医用仪器厂;
有机相针式过滤器:0.22 μm,上海安谱科学仪器有限公司;
紫外可见分光光度计:UV-3310 型,日本日立公司;
超纯水系统:Milli-Q 型,美国 Millipore 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 粗蛋白含量的测定 采用凯氏定氮法,按 GB/T 5009.5—2010 执行。

1.2.2 氨基酸的测定 取 100 mg 过 100 目筛均匀性好的薇菜干粉,置于干燥洁净的 15 mL 螺纹口水解管中,加 2 mg 苯酚(精制)、6 mol/L HCl 10 mL,充氮 5 min,充氮状态下迅速封盖,置于 110 ℃恒温烘箱中,水解 24 h,冷却,中速滤纸过滤后,取滤液,定容至 25 mL。取 1 mL 水解液,移入蒸发皿,后置于 40 ℃真空干燥箱中,蒸干,残渣用 1~2 mL 的纯水进行溶解,再蒸干,重复赶酸 2 次,最后蒸干,残留物用 2 mL 的纯水溶解,并移至 10 mL 的容量瓶中,定容,摇匀,过

0.22 μm 的微孔滤膜,滤液即为样品液^[15]。色氨酸采用分光光度法测定^[16]。

衍生化方法及色谱条件:采用 AQC 柱前衍生化方法^[15]。色谱柱:Waters ACQUITY UPLC® BEH C₁₈ 色谱柱(2.1 mm×100 mm,1.7 μm);流动相 A:100% AccQ. Tag Ultra 洗脱液 A 浓缩液;流动相 B:水/AccQ. Tag Ultra 洗脱液 B(90/10);流动相 C:100% HPLC 级水;流动相 D:100% AccQ. Tag Ultra 洗脱液 B;流动相程序洗脱(见表 1);流速:0.7 mL/min;紫外检测波长:260 nm;柱温 49 ℃;进样量 1 μL。

表 1 梯度洗脱程序
Table 1 Gradient elution procedures

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%	流动相 C/%	流动相 D/%
0.00	2.0	0.0	98.0	0.0
0.29	2.0	0.0	98.0	0.0
5.49	9.0	80.0	11.0	0.0
7.10	8.0	15.6	57.9	18.5
7.30	8.0	15.6	57.9	18.5
7.69	7.8	0.0	70.9	21.3
7.99	4.0	0.0	36.3	59.7
8.59	4.0	0.0	36.3	59.7
8.68	2.0	0.0	98.0	0.0
10.20	2.0	0.0	98.0	0.0

以标品的保留时间结合光谱扫描图定性,采用外标法定量。分别吸取经衍生化处理的 17 种氨基酸混标溶液和样品溶液 1 μL 注入 UPLC,分别记录保留时间和峰面积的积分值。

1.3 营养评价方法

现代营养学观点^[17]认为,蛋白质中必需氨基酸(essential amino acid,EAA)的种类、数量及组成比例越接近人体需要,营养价值越高。联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)推荐的氨基酸评分标准模式,为蛋白质营养价值评价提供了参照标准。本研究从氨基酸平衡理论出发,采用氨基酸比值系数法、模糊识别法,对薇菜干氨基酸进行综合评价^[18]。

1.3.1 氨基酸比值系数法 根据 FAO/WHO 推荐氨基酸评分标准模式^[19],计算薇菜蛋白 EAA 的氨基酸比值(ratio of amino acid,RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid,RCAA)和氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid,SRCAA)。样品蛋白中氨基酸含量、RAA、RCAA、SRCAA 依次按式(1)~(4)计算。

$$P_A = \frac{S_A}{S_P} \tag{1}$$

式中:
P_A——样品蛋白中某氨基酸含量,mg/g·蛋白质;
S_A——样品中某氨基酸的含量,mg/g 干重;
S_P——样品中粗蛋白含量,%。

$$RAA = \frac{P_{EA}}{P_S} \tag{2}$$

式中:
 P_{EA} ——待评蛋白中某 EAA 含量,mg/g · 蛋白质;
 P_S ——WHO/FAO 标准蛋白模式中对应 EAA 含量,mg/g · 蛋白质。

$$RCAA = \frac{RAA}{RAA} \tag{3}$$

$$SRCAA = 100 \times [1 - \frac{1}{RCAA} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (RCAA_i - \overline{RCAA})^2}{n-1}}] \tag{4}$$

其中 RAA 和 RCAA 越接近 1,表明该 EAA 与 WHO/FAO 推荐模式谱越接近。RCAA>1,表明该种 EAA 相对过剩;RCAA<1,表明该种 EAA 相对不足;RCAA 最小者则为第一限制性氨基酸 (first limited amino acid, FLAA)。SRCAA 值与 100 越接近,待评对象营养价值相对越高;反之,SRCAA 越小,待评对象营养价值相对越低^[20]。

1.3.2 模糊识别法 根据 Lance 距离法:假设待评价样品中有 p 项指标,若把每个待评价样品视作 p 维 Lance 空间的一个点,那么 n 个样品就可以构成 p 维 Lance 空间中的 n 个点,这时待评价样品间的贴近程度可用 Lance 距离进行直观地度量^[21]。

假设 U 为待评价蔬菜,则 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}\}$,其中 u_{1-12} 依次代表薇菜、蕹菜、香菜、苋菜、竹笋、卷心菜、茼蒿、芦笋、香椿、茼蒿、山药、洋葱。对于每一个待评对象 u_i 对应一个集合 $P(u_i) = (u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{i8})$, ($i=1,2,3, \dots, 12$)。集合中 8 元素分别表示对象 u_i 的 8 种 EAA 含量 (mg/g · 蛋白质)。以 FAO/WHO 推荐氨基酸模式^[22]为参考,即: $P(a) = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_8) = (40, 70, 55, 35, 60, 40, 50, 10)$, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_8$ 依次代表异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu)、赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸+胱氨酸 (Met+Cys)、苯丙氨酸+酪氨酸 (Phe+Tyr)、苏氨酸 (Thr)、缬氨酸 (Val) 和色氨酸 (Trp) 的含量 (mg/g · 蛋白质)。待评蔬菜 u_i 的 EAA 模式与 FAO/WHO 氨基酸标准模式 a 的贴近度 (close degree) $U(a, u_i)$ 按式 (5) 计算, U 值与 1 越贴近,表明待评蛋白与理想蛋白越相似,营养价值相对越高。

$$U(a, u_i) = 1 - C \sum_{k=1}^8 \frac{|a_k - u_{ik}|}{a_k + u_{ik}} \tag{5}$$

式中:
 C ——常数,常取 0.09,使结果在 [0,1] 区间内;
 a_k ——FAO/WHO 理想蛋白模式中 EAA 含量,mg/g · 蛋白质, $1 \leq k \leq 8$;
 u_{ik} ——第 i 个待评蔬菜的第 k 种 EAA 的含量,mg/g · 蛋白质, $1 \leq k \leq 8$ 。

2 结果与分析

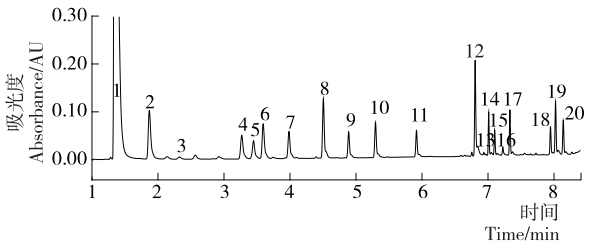
2.1 薇菜干氨基酸组成与含量

17 种氨基酸混标与薇菜干中各对应氨基酸的 UPLC 谱图分别见图 1、2。薇菜干中氨基酸的组成及含量见表 2。



1. AMQ 2. NH₃ 3. His 4. Ser 5. Arg 6. Gly 7. Asp 8. Glu
9. Thr 10. Ala 11. Pro 12. Deriv Peak 13. Cys 14. Lys
15. Tyr 16. Met 17. Val 18. Ile 19. Leu 20. Phe

图 1 17 种氨基酸混合标准品的 UPLC 分析谱图
Figure 1 Chromatographic separation of the 17 amino acid solution



1. AMQ 2. NH₃ 3. His 4. Ser 5. Arg 6. Gly 7. Asp 8. Glu
9. Thr 10. Ala 11. Pro 12. Deriv Peak 13. Cys 14. Lys
15. Tyr 16. Met 17. Val 18. Ile 19. Leu 20. Phe

图 2 薇菜干中 17 种氨基酸的 UPLC 分析谱图
Figure 2 Chromatogram of 17 kinds of amino acids in dried osmund

由图 1、2 可知,17 种氨基酸在 8.20 min 内均能得到很好的分离,且氨基酸混合标液与供试品溶液的重现稳定性较好。

表 2 显示:薇菜干中粗蛋白含量为 (12.09±0.18)%,是一些鲜食蔬菜的几倍至十几倍 (表 6)。薇菜干中含 18 种氨基酸,且 EAA 种类齐全,总氨基酸含量达 697.93 mg/g · 蛋白质。 Σ EAA/TAA 为 0.45, Σ EAA/ Σ NEAA 为 0.83。高于 FAO/WHO 推荐理想蛋白质的标准^[19]: Σ EAA/TAA 为 0.4, Σ EAA/ Σ NEAA 为 0.6。

药效氨基酸^[23]是指维持机体氮平衡所必需的氨基酸,有些在人体内不能自行合成,且在一般植物性食物中含量少,包括 Arg、Gly、Asp、Glu、Lys、Tyr、Met、Leu、Phe 9 种氨基酸。薇菜干中 9 种药效氨基酸齐全,含量为 53.98 mg/g 干重,占总氨基酸含量的 63.97%。芳香族氨基酸,指含芳香环的氨基酸,包括 Phe、Tyr、Trp 3 种,薇菜干芳香族氨基酸为 10.51 mg/g 干重,占氨基酸总量的 12.46%。

2.2 味觉氨基酸分析

氨基酸是较重要的呈香、呈味物质,在食品风味中发挥着极其重要的作用。根据氨基酸呈味特性的不同,将其分为鲜、甜、苦和无味 4 组。其中,谷氨酸、天门冬氨酸是形成鲜味物质的重要前提物质,呈现出鲜美可口的味道,与味精相似^[24]。苦味氨基酸,通常不具味觉活性,原因主要是少量的

表 2 薇菜干中氨基酸的组成及含量[†]

Table 2 Contents and composition of amino acids in dried osmund				
氨基酸种类	保留时间/min		样品氨基酸含量/ (mg·g ⁻¹ ·DW)	样品蛋白氨基酸含量/ (mg·g ⁻¹ ·Protein)
	标样	样品		
His	2.327	2.329	1.74	14.39
Ser	3.270	3.265	4.97	41.11
Arg [#]	3.444	3.443	6.33	52.36
Gly [#]	3.593	3.589	4.68	38.71
Asp [#]	3.982	3.979	6.66	55.09
Glu [#]	4.505	4.499	13.58	112.32
Thr [*]	4.885	4.882	4.77	39.45
Ala	5.290	5.288	4.28	35.40
Pro	5.906	5.907	3.94	32.59
Cys [▲]	6.918	6.920	1.93	15.96
Lys ^{*#}	6.989	7.000	4.99	41.27
Tyr ^{▲##}	7.082	7.090	3.97	32.84
Met ^{*#}	7.204	7.209	1.57	12.99
Val [*]	7.311	7.320	4.43	36.64
Ile [*]	7.920	7.934	3.45	28.54
Leu ^{*#}	7.996	8.010	6.55	54.18
Phe ^{*##}	8.112	8.127	5.65	46.73
Trp ^{**}	—	—	0.89	7.36
TAA			84.38	697.93
ΣEAA			38.20	315.96
ΣNEAA			46.18	381.97
ΣEAA/TAA			0.45	
ΣEAA/ΣNEAA			0.83	

[†] * . 必需氨基酸;▲. 条件必需氨基酸;#. 药效氨基酸;※. 芳香族氨基酸;TAA. 总氨基酸;NEAA. 非必需氨基酸;粗蛋白含量(12.09±0.18)%。

表 4 薇菜干 EAA 模式与 FAO/WHO 标准模式的比较

Table 4 Respective ratios of essential amino acids of dried osmund relative to FAO/WHO pattern

必需氨基酸	薇菜(干)	FAO/WHO 标准模式			
	/(mg·g ⁻¹ ·Protein)	/(mg·g ⁻¹ ·Protein)	RAA	RCAA	SRCAA
Ile	28.54	40	0.71	0.83	
Leu	54.18	70	0.77	0.90	
Thr	39.45	40	0.99	1.15	
Val	36.64	50	0.73	0.86	75.54
Met+Cys	28.95	35	0.83	0.97	
Phe+Tyr	79.57	60	1.33	1.55	
Lys	41.27	55	0.75	0.88	
Trp	7.36	10	0.74	0.86	

苦味氨基酸,能够被含量较高的可溶性糖展现的甜味所掩盖。甜味氨基酸具有特殊的甜味,不仅能掩盖苦涩味,同时能与鲜味氨基酸协同作用,起到增香增鲜的效果^[25]。薇菜干中鲜甜味氨基酸含量占氨基酸总量的 46.15%,远高于苦味氨基酸含量(见表 3),而鲜甜味氨基酸的组成比例决定了食物的鲜美与可口程度,因此薇菜的口感鲜美,清香怡人。

表 3 薇菜干中主要味觉氨基酸的含量

Table 3 Contents of main taste amino acids in dried osmund		
风味氨基酸类别	含量/(mg·g ⁻¹ ·DW)	质量分数/%
鲜味氨基酸 (Asp+Glu)	20.24	23.99
甜味氨基酸 (Gly+Ser+Thr+Ala)	18.70	22.16
苦味氨基酸 (His+Trp+Phe+Ile+Leu)	18.28	21.66

2.3 以氨基酸比值系数法评价

根据式(2)~(4)计算薇菜蛋白中各 EAA 的 RAA、RCAA 和 SRCAA 值,并与 11 种蔬菜蛋白的 SRCAA 进行比较,结果如表 4、5 所示:薇菜蛋白各种人体 EAA 种类齐全,且比例均衡,RCAA 值均在 1 左右,SRCAA 为 75.54,与 WHO/FAO 模式谱(100)较接近,说明 EAA 在氨基酸生理平衡方面的贡献较大,是优质植物蛋白源。在各种 EAA 中,第一限制氨基酸(FLAA)为异亮氨酸。薇菜的 SRCAA 与茼蒿和芦笋接近,高于其他对照蔬菜。

2.4 以模糊识别法评价

根据表 4、5 数据,按式(5)计算可得各待评蔬菜蛋白相对于 FAO/WHO 推荐理想蛋白的贴近度,结果见表 6。由表 6 可知:薇菜蛋白相对于标准蛋白的贴近度值为 0.911 3,接近于 1,与芦笋和茼蒿相当,高于其他蔬菜;且薇菜干粗蛋白含量最高,说明薇菜干蛋白的营养价值相对较高。

表 5 对照蔬菜蛋白的氨基酸比值系数分[†]

Table 5 The score of ratio coefficient of amino acid of contrast species

对照蔬菜	必需氨基酸含量/(mg·g ⁻¹ ·Protein)								SRCAA
	Ile	Leu	Thr	Val	Met+Cys	Phe+Tyr	Lys	Trp	
薤菜	20.45	64.09	30.91	38.64	7.73	53.18	43.18	21.82	34.94
香菜	45.56	73.33	47.22	58.33	9.44	68.33	57.78	13.33	68.87
苋菜	55.71	93.93	43.93	81.43	14.29	116.79	68.93	12.50	65.63
竹笋	30.00	48.46	29.23	40.77	11.15	149.23	43.46	13.85	32.85
卷心菜	24.67	34.00	34.67	35.33	12.67	46.00	35.33	13.33	59.50
茼蒿	22.00	30.00	25.00	36.00	18.00	38.00	25.00	14.00	53.11
芦笋	20.00	36.43	25.71	29.29	23.57	34.29	34.29	10.00	75.46
香椿	34.71	65.88	37.65	42.94	28.24	88.24	55.88	0.00	52.96
茼蒿	38.95	66.32	42.63	53.68	25.79	75.26	58.42	12.63	83.76
山药	38.95	60.00	28.42	33.68	24.21	52.11	32.11	14.74	67.14
洋葱	29.09	44.55	25.45	40.00	26.36	58.18	40.91	13.64	71.00

† 表中对照蔬菜数据由文献[26]和[27]的源数据经式(1)~(4)算得。

表 6 待评蔬菜蛋白相对于理想蛋白的贴近度[†]

Table 6 Close degree of proteins between dried osmund and contrast species

待评蔬菜	蛋白质 含量/%	贴近度	待评蔬菜	蛋白质 含量/%	贴近度
薇菜(干)	12.09	0.911 3	茼蒿	1.00	0.804 6
薤菜	2.20	0.836 7	香椿	1.70	0.863 8
香菜	1.80	0.905 0	茼蒿	1.90	0.953 4
苋菜	2.80	0.859 5	山药	1.90	0.895 5
竹笋	2.60	0.837 7	洋葱	1.10	0.894 6
卷心菜	1.50	0.839 1	芦笋	1.40	0.924 2

† 对照蔬菜蛋白质含量来自文献[26]。

3 结论

薇菜干中含 18 种氨基酸,EAA 种类齐全,总氨基酸含量为 697.93 mg/g·蛋白质。Σ EAA/TAA 为 0.45,Σ EAA/Σ NEAA 为 0.83,高于 FAO/WHO 推荐理想蛋白质的标准。薇菜干中粗蛋白含量为 12.09%,相当于一些鲜食蔬菜蛋白质含量的几至十几倍。鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸及药效氨基酸分别占氨基酸总量的 23.99%,22.16%,12.46%,63.97%。薇菜干中各 EAA 平衡性良好,与 FAO/WHO 标准模式贴近。在各种 EAA 中,FLAA 为异亮氨酸。本研究弥补了薇菜干氨基酸营养综合评价的空缺,为薇菜干氨基酸的开发利用提供了一些理论依据。在此基础上,可根据蛋白质的互补作用,科学膳食、营养搭配,亦或研发一些功能性添加剂,充分提高与利用薇菜氨基酸的营养价值;另外,也可进一步探究氨基酸与薇菜(及其物种)药用价值之间的关系,以提高薇菜资源的综合利用价值。

参考文献

1 陆宁,龙海荣,柴洪迪.即食薇菜加工工艺的研究[J].食品研究与开发,2007,28(10):116~119.
2 周文倩,李纯,胡瑞,等.β-环状糊精用于复水薇菜尖脱苦工艺的优化[J].食品与机械,2013,29(6):216~219.

3 Atsushi N. Plant constituents biologically active to insects. VI. antifeedants for larvae of the yellow butterfly, eurekaheca mandarina in osmunda japonica[J]. Chem. Pharm Bull, 1990, 38(10): 2 862~2 865.
4 王晓芳.氨基酸与免疫功能的关系[J].国际儿科学杂志,2013,40(1):28~31.
5 宋卫江,屈小英.薇菜干的制作及营养成分分析[J].适用技术市场,1998(8):16~17.
6 王谋强,励志腾.薇菜干的营养品质分析[J].植物资源与环境,1995,4(2):63~64.
7 田瑞,程超,汪兴平.野生与栽培薇菜的营养成分分析与评价[J].食品科学,2011,32(23):297~300.
8 瞿其曙,汤晓庆,胡效亚,等.柱前衍生法在氨基酸分析测定中的应用[J].化学进展,2006,18(6):789~793.
9 龙顺荣,李炜正,王力清.超高效液相—串联质谱法测定动物组织中硝基喹啉类代谢物残留量[J].食品与机械,2007,23(6):90~92.
10 Shimbo K, Oonuki T, Yahashi A, et al. Pre-column derivatization reagents for high-speed analysis of amines and amino acids in biological fluid using liquid chromatography/electro spray ionization tandem mass spectrometry [J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 2009, 23(10): 1 483~1 492.
11 Shimbo K, Yahashi A, Hirayama K, et al. Multifunctional and highly sensitive precolumn reagents for amino acids in liquid chromatography/tandem mass spectrometry[J]. Anal. Chem., 2009, 81(13): 5 172~5 179.
12 Steven A Cohen. Amino acid analysis using pre-column derivatization with 6-amino quinolyl-N-hydroxy succinimidyl carbamate [J]. Methods in Molecular Biology, 2003(211): 143~154.
13 Wang Xian-huo, Chen Xiang, Chen Li-juan, et al. Optimizing high-performance liquid chromatography method for quantification of glucosamine using 6-amino quinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate derivatization in rat plasma: application to a pharmacokinetic study [J]. Biomed Chromatogr, 2008, 22(11): 1 265~1 271.

(下转第 41 页)

2.6 粘红酵母 SOD 活性

SOD 活性在红光培养下活性升高最为明显,和黑暗中培养相比增加 25%,在培养第 6~8 天时表现最为明显(图 6)。SOD 的提取相对是一个复杂的过程,提取中的各种因素都会影响到 SOD 的活性,可能因为蓝光作为短波长高能量的光对酵母菌超氧化物歧化酶刺激较强,其活性没有红光那样提高明显。

3 结论

本试验研究了光质对粘红酵母菌生长及重要产物产量的

影响。结果表明,在增加菌种产量方面红光效果最好,但在增加油脂、类胡萝卜素、麦角固醇产量方面则是蓝光效果明显,可能与蓝光大幅增加酵母菌细胞质膜通透性有关。综合生物量等因素考虑,在利用粘红酵母生产麦角固醇、类胡萝卜素等代谢产物时,完全可以在培养时引入红光这一参数,可以预见与黑暗中培养相比能起到良好的增产作用。

红光最大吸收体是线粒体。在红光照射下会导致 ATP 产量增加,细胞形态变大,繁殖速度变快。目前红光治疗仪已广泛应用于临床治疗,可以促进伤口和溃疡的愈合^[9],促进毛发的生长^[9],但现有资料中,光质对真菌的影响研究甚少。本研究的研究填补了酵母菌方面的空白,但相关的作用机理和具体作用机制尚需进一步地研究,同时光质对单细胞酵母和多细胞假丝酵母表现出的作用是不同的,因此有关多细胞酵母的试验在以后也会陆续展开,后期的研究会更着重于光应答相关的基因调控和表达。

参考文献

1 邓江明,蔡群英,潘瑞炽. 光质对水稻幼苗蛋白质,氨基酸含量的影响[J]. 植物学通报,2000,17(5):419~423.

2 朱俊晨,王小菁. 蓝光促进黑曲霉分生孢子发育和产糖化酶的研究[J]. 微生物学报,2005,45(2): 275~278.

3 沈萍,陈向东. 微生物学实验[M]. 北京:高等教育出版社,2008.

4 王岁楼. 利用红酵母发酵生产类胡萝卜素的研究进展[J]. 微生物学杂志,2000,20(2):41~43.

5 惠丰立,魏明卉,褚学英. 粘红酵母麦角固醇含量测定[J]. 生物技术,2003,13(6):28~30.

6 徐华顺,罗玉萍. 微生物发酵产油脂的研究进展[J]. 中国油脂,1999,24(2):34~36.

7 刘晓艳,丘泰球,黄卓烈. 不同方法对酵母细胞膜通透性的影响[J]. 华南农业大学学报,2004(1):51~56.

8 李宏,单振秀. 红酵母提取 SOD 的研究[J]. 食品科学,2003,24(12):81~84.

9 种康,王台,钱前,等. 2014 年中国植物科学若干领域重要研究进展[J]. 植物学报,2015,8(4):85~90.

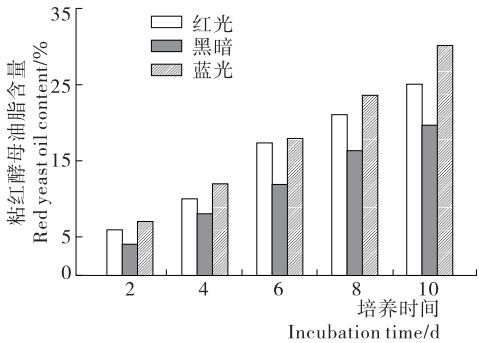


图 5 光质对粘红酵母菌油脂含量的影响

Figure 5 Effect of light quality on the oil content in red yeast strain

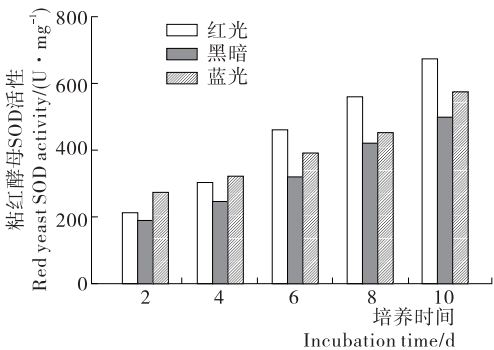


图 6 光质对粘红酵母 SOD 活性的影响

Figure 6 Effect of light quality on r. glutinis SOD activity

(上接第 32 页)

14 Waters. ACQUITY UPLC H-Class 和 H-Class Bio 氨基酸分析系统指南(修订 B)[Z]. USA: Waters Corporation, 2012.

15 杨俊,王文辉,李翼,等. 柱前衍生超高效液相色谱法测定核桃仁中的氨基酸含量[J]. 食品与发酵工业, 2011, 32(2): 182~185.

16 孙昕. 分光光度法测定豆类及其粗蛋白质中的色氨酸[J]. 生物学杂志, 2000, 17(5): 33~34.

17 杨慧敏,周文华,李维敏,等. 椰子水及其饮料中氨基酸组分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 63~66.

18 陈巧玲,李忠海,陈素琼. 5 种产地食用菌氨基酸组成比较及营养评价[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 43~46.

19 FAO/WHO. Protein quality evaluation in human diets[R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1991.

20 Germain K, Dominique C M, Alain B S, et al. Nutrient content

of some mushroom species of the genus termitomyces consumed in Cameroon[J]. Nahrung-Food, 2003, 47(3): 213~216.

21 钱爱萍,颜孙安,林香信,等. 家禽肉中氨基酸组成及营养评价[J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 94~97.

22 赵凤敏,李树军,张晓燕,等. 不同品种马铃薯的氨基酸营养价值评价[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(9): 13~18.

23 严孙安,林香信,钱爱萍,等. 闽产柑橘果实氨基酸含量及组成分析[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(6): 66~70.

24 谷镇,杨焱. 食用菌呈香呈味物质研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(5): 363~367.

25 张婷,杨波,罗瑞明,等. 苦苦菜发酵过程中主要发酵菌种及滋味物质的变化[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 23~27.

26 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 中国食物成分表 2002[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2002: 234~239.

27 彭惠蓉,黄丽华,陈训. 顶坛花椒幼嫩茎叶必需氨基酸质量评价[J]. 贵州科学, 2011, 29(4): 33~35.