

## 凤丹籽蛋白氨基酸分析及营养评价

李梅青<sup>1,2</sup>, 周鑫<sup>1</sup>, 张大卫<sup>1</sup>, 钱明月<sup>1</sup>, 吴计划<sup>3</sup>, 王芬<sup>3</sup>

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036; 2. 安徽省农产品加工工程实验室, 安徽 合肥 230036;

3. 北京同仁堂安徽中药材有限公司, 安徽 铜陵 244000)

**摘要:**以凤丹籽为原料,采用氨基酸自动分析仪分析其氨基酸组成,并对比参照全鸡蛋蛋白、大豆分离蛋白和FAO/WHO推荐模式的氨基酸组分,对凤丹籽蛋白的氨基酸成分进行营养评价。结果表明:凤丹籽蛋白共检测出16种氨基酸(除色氨酸外),其中必需氨基酸为总氨基酸质量分数的38.9%,必需氨基酸指数EAAI值为72.3、生物价BV为67.1。采用模糊识别法计算出的与全鸡蛋蛋白的贴近度为0.90,氨基酸比值系数分SRC为81.6,以上均优于大豆分离蛋白,化学评分CS有多项优于或接近大豆分离蛋白。以上分析结果说明凤丹籽氨基酸组成的平衡性指标很好,是一种新型的优质氨基酸来源,有着良好的应用前景。

**关键词:**凤丹籽;凤丹籽蛋白;氨基酸分析;必需氨基酸;营养评价

**中图分类号:**TS 201.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1689(2017)05-0537-05

## Amino Acid Analysis and Nutritional Evaluation for *Paeonia ostii* Seed Protein

LI Meiqing<sup>1,2</sup>, ZHOU Xin<sup>1</sup>, ZHANG Dawei<sup>1</sup>, QIAN Mingyue<sup>1</sup>, WU Jihua<sup>3</sup>, WANG Fen<sup>3</sup>

(1. School of Tea and Food Science & Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. Anhui Agricultural Products Processing Engineering Laboratory, Hefei 230036, China; 3. Anhui Branch of Beijing Tongrentang TCM Co., Tongling 244000, China)

**Abstract:** *Paeonia ositii*, known as Tong Lin peony, belongs to the Jiang Nan group. In this experiment, amino acids of the *Paeonia ositii* seed protein were analyzed using an automatic amino acid analyzer (L-8900) and the nutrition of the amino acid composition was evaluated compared with the whole egg protein, isolated soy protein and the FAO/WHO recommended model. Sixteen amino acids were detected (except tryptophan) and the content of essential amino acids was 38.9%. Nutritional values including essential amino acid index (EAAI, 72.3), Biological Value (BV, 67.1), Amino Acid Ratio Coefficient (SRC, 81.6) and the close degree to whole egg protein (0.90) by the fuzzy recognition method were all higher than those for isolated soy protein. Most of the chemical scores (CS) of *Paeonia ostii* seed protein were superior or close to those for isolated soy protein. These indicated that *Paeonia ositii* seed had a good balance index of amino acid composition and could become a new source of high quality amino acids in the near future.

**Keywords:** *Paeonia ositii* seed, *Paeonia ositii* seed protein, amino acid analysis, essential amino acids, nutritional evaluation

收稿日期: 2015-04-24

基金项目: 安徽铜陵市科技局项目(2010-GY14)。

作者简介: 李梅青(1965—),女,福建南安人,理学硕士,副教授,硕士研究生导师,主要从事食品资源深度利用的研究与开发。

E-mail: lmq@ahau.edu.cn

引用本文: 李梅青,周鑫,张大卫,等. 凤丹籽蛋白质氨基酸分析及营养评价[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(05): 537-541.

凤丹 (*Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang), 俗称铜陵牡丹、铜陵凤丹, 属江南品种群。其根皮的主要化学成分为酚类、苷类、黄酮和有机酸等<sup>[1]</sup>, 具有抗凝血、降压、消炎等功效, 具有很高的药用价值<sup>[2]</sup>。2006年, 凤丹被列为“国家地理标志保护产品”<sup>[3]</sup>。

前期对凤丹的研究主要集中在对其根皮的利用上, 但凤丹花瓣、花籽也具有一定的利用价值<sup>[4-6]</sup>。孙强等<sup>[4]</sup>利用 HS/SPME/GC/MS 技术对两种凤丹花的挥发性成分进行研究, 得出 50 种挥发性成分, 两种凤丹花的共有挥发性成分有 27 种。吴悠等<sup>[5]</sup>以脱脂后的凤丹籽为原料, 应用 Box-Behnken 响应面设计分析方法优化凤丹籽总黄酮的提取工艺, 其得率达到 9.015 mg/g。钱明月等<sup>[6]</sup>利用索氏提取法提取凤丹籽油, 出油率为 34.86%。

本文中以凤丹籽为原料, 对凤丹籽蛋白质量分数进行测定, 应用氨基酸自动分析仪分析测定其氨基酸组成及质量分数, 并对比参照全鸡蛋蛋白、大豆分离蛋白和 FAO/WHO 推荐模式的氨基酸组分, 对凤丹籽蛋白的氨基酸成分进行营养评价, 为其在食品或其它领域的进一步研究和开发提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

凤丹籽: 由北京同仁堂安徽中药材公司提供; 盐酸(分析纯): 上海生化试剂所产品; H 型氨基酸混合标准样品, 特级茚三酮试剂反应液: 日本和光纯药工业株式会社产品; L-8500PH-KIT 缓冲液: 三菱化学株式会社产品; 优级纯盐酸: 北京市庆盛达化工技术有限公司产品。

### 1.2 仪器与设备

HITACHI L-8900 型氨基酸分析仪: 日本株式会社日立制作所产品; 海能 K9840 型自动凯氏定氮仪: 济南海能仪器有限公司产品。

### 1.3 凯氏定氮测定法

准确称取 0.2 g 样品共 3 组, 分别向消化管中加入 0.2 g CuSO<sub>4</sub>、6 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 及 20 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 置于消解仪消解 2 h, 待样品呈现淡蓝色液体时, 冷却后取下, 将消化管放入凯氏定氮仪, 仪器自动蒸馏冷却液, 以 0.05 mol/L 盐酸对蒸馏液进行滴定, 以空白管对照, 并记录结果。

### 1.4 氨基酸检测方法

**1.4.1 样品处理** 准确称取 0.1 g 样品, 放入 15 mL 水解管中, 注入 10 mL 6 mol/L 盐酸, 充入氮气, 于 110 °C 烘箱中水解 24 h, 冷却后, 取水解液定容至 50 mL, 过滤, 取 1 mL 滤液于 50 °C 真空干燥箱中蒸干, 加入 1 mL 0.1 mol/L 盐酸溶解, 过 0.22 μm 滤膜, 取 20 μL 滤液进样。

**1.4.2 测定条件** HITACHI 2622SC-PH 离子分离柱, 色谱柱尺寸 4.6 mm ID×60 mm, 日立专用阳离子交换树脂, 柱温 57 °C, 反应单元温度 135 °C; 泵压力 0~30 MPa, 流速范围 0.000~0.999 mL/min; 检测波长: 570 nm, 440 nm (700 nm 参比); 进样体积 20 μL; 分析时间: 30 min。

### 1.5 凤丹籽蛋白的营养评价方法

**1.5.1 蛋白质模糊识别法** 根据兰氏距离法<sup>[7]</sup>, 将凤丹籽蛋白  $u$  中的必需氨基酸与全鸡蛋蛋白  $a$  进行比较, 计算公式为:

$$\mu(a, u) = 1 - 0.09 \sum_{k=1}^7 \frac{|a_k - u_{ik}|}{a_k + u_{ik}} \quad (1)$$

其中  $a_k$  ( $k=1, 2, \dots, 7$ ) 为全鸡蛋蛋白中 7 种必需氨基酸(色氨酸未参比)的质量分数;  $u_{ik}$  为第  $i$  个评价对象的第  $k$  种必需氨基酸质量分数。 $\mu$  的值越接近于 1, 表明其蛋白质营养价值相对较高。

**1.5.2 化学评价法** 化学评分 (CS) 采用 FAO (1970) 确定的方法<sup>[8]</sup>, 氨基酸评分 (AAS)、必需氨基酸指数 (EAAI)、生物价 BV 分别采用 Bano (1982)<sup>[9]</sup> 的方法来计算确定。

**1.5.3 氨基酸比值系数法**<sup>[10]</sup> 以世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 提出的氨基酸模式, 计算必需氨基酸比值 (RAA)、氨基酸比值系数 (RC) 和氨基酸比值系数分 (SRC), 分别按下式 (2) (3) (4) 计算,

$$RAA_i = \frac{\omega EAA_{ui}}{\omega EAA_{yi}} \quad (2)$$

$$RC_i = \frac{RAA_i}{\overline{RAA}} \quad (3)$$

$$SRC = 100 - CV \times 100 \quad (4)$$

其中,  $i=(1, 2 \dots 7)$ ,  $\omega EAA_{ui}$  表示待评价蛋白质的某种必需氨基酸的质量分数,  $\omega EAA_{yi}$  表示 FAO/WHO 推荐模式中对应的该种氨基酸的质量分数,  $\overline{RAA}$  表示  $RAA_i$  ( $i=1, 2 \dots 7$ ) 的平均值,  $CV$  为  $RC$  的变异系数。

2 结果与讨论

2.1 凤丹籽蛋白的凯氏定氮测定及氨基酸分析

经凯氏定氮法测定得到凤丹籽蛋白质质量分数为23.3%。

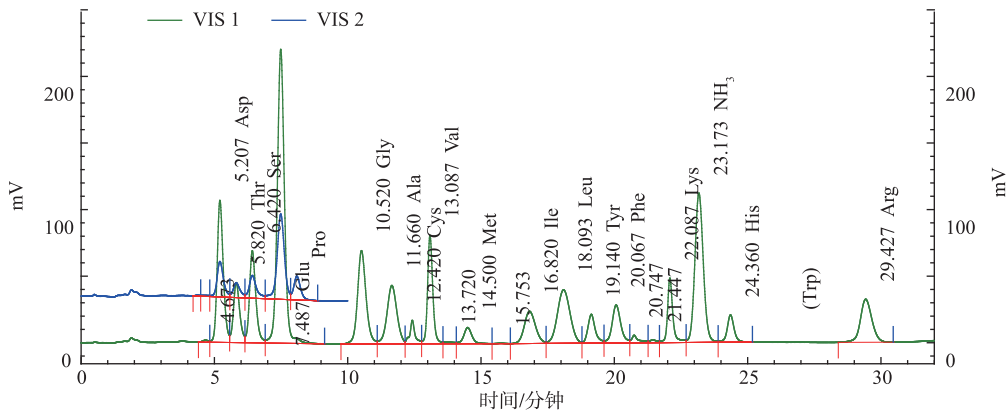


图 1 凤丹籽蛋白质的氨基酸分析色谱图

Fig. 1 Chromatogram of amino acids for *Paeonia ostii* seed protein

2.2 凤丹籽蛋白的氨基酸组成分析

凤丹籽蛋白的氨基酸组成如表 1 所示,其必需氨基酸质量分数如表 2 所示,并与大豆分离蛋白、全鸡蛋蛋白、FAO/WHO 推荐模式的质量分数进行了对比。由表 1 可知,共分离检测出 16 种氨基酸(除色氨酸外)。其中分离得到的氨基酸中,以谷氨酸的质量分数最高,其次是亮氨酸、精氨酸、天冬氨酸,谷氨酸和天冬氨酸占总氨基酸质量分数的 34%,具有许多生理功能<sup>[1]</sup>。

表 1 凤丹籽蛋白各氨基酸(色氨酸未测)质量分数

Table 1 Components of *Paeonia ostii* seed protein

| 氨基酸名称     | 质量分数/<br>(mg/g<br>蛋白质) | 氨基酸名称       | 质量分数/<br>(mg/g<br>蛋白质) |
|-----------|------------------------|-------------|------------------------|
| 苏氨酸 Thr*  | 33.8                   | 丝氨酸 Ser     | 44.3                   |
| 缬氨酸 Val*  | 52.5                   | 谷氨酸 Glu     | 243.0                  |
| 蛋氨酸 Met*  | 15.7                   | 甘氨酸 Gly     | 52.1                   |
| 异亮氨酸 Ile* | 41.2                   | 丙氨酸 Ala     | 51.6                   |
| 亮氨酸 Leu*  | 81.1                   | 酪氨酸 Tyr     | 29.6                   |
| 苯丙氨酸 Phe* | 42.9                   | 组氨酸 His     | 22.6                   |
| 赖氨酸 Lys*  | 34.7                   | 精氨酸 Arg     | 73.3                   |
| 天冬氨酸 Asp  | 67.8                   | 胱氨酸 Cys     | 21.1                   |
| 必需氨基酸 EAA | 352.7                  | 非必需氨基酸 NEAA | 554.6                  |
| 总氨基酸 TAA  | 907.3                  |             |                        |

注:“\*”为必需氨基酸。

以氨基酸标样为参照,将经过水解后的待测样品经氨基酸自动分析仪检测,结果如图 1 所示。可以看出,各种氨基酸(除色氨酸)分离效果较好,由于盐酸水解过程中色氨酸破坏较大,因此使用氨基酸自动分析仪未能检测到其质量分数。

由表 2 可知,凤丹籽蛋白质的氨基酸含量(以 mg/g 计)较大豆分离蛋白、全鸡蛋蛋白、FAO/WHO 推荐模式的含量要低,但其必需氨基酸所占总氨基酸的质量分数却达到了 38.9%,高于大豆分离蛋白的 38.5%和 FAO/WHO 推荐模式 36%<sup>[12]</sup>。

表 2 必需氨基酸组成比较

Table 2 Comparison of essential amino acids

| 必需氨基酸        | 凤丹籽<br>蛋白 | 大豆分离<br>蛋白 | 全鸡蛋<br>蛋白 | FAO/WHO<br>推荐模式 |
|--------------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| 苏氨酸          | 33.8      | 30.1       | 47.0      | 40.0            |
| 缬氨酸          | 52.5      | 42.7       | 66.0      | 50.0            |
| 异亮氨酸         | 41.2      | 40.9       | 54.0      | 40.0            |
| 亮氨酸          | 81.2      | 67.6       | 86.0      | 70.0            |
| 苯丙氨酸+<br>酪氨酸 | 72.4      | 70.6       | 93.0      | 60.0            |
| 赖氨酸          | 34.7      | 47.9       | 70.0      | 55.0            |
| 蛋氨酸+<br>胱氨酸  | 36.9      | 16.9       | 57.0      | 35.0            |
| 总量           | 352.7     | 316.7      | 473.0     | 350.0           |

2.3 凤丹籽蛋白的营养评价

凤丹籽蛋白的 RC、CS 值如表 3 所示,凤丹籽蛋白的 EAAI、BV、SRC、贴适度如表 4 所示。通过 RC 值和 CS 值的比较,可以确定该蛋白质氨基酸组成中第一限制氨基酸的种类。其中凤丹籽蛋白中有 4

种氨基酸的比值系数接近或者超过 1，最低的为赖氨酸，因此第一限制氨基酸为赖氨酸，这也符合赖氨酸为大多数谷物食品中的第一限制氨基酸的事实。大豆分离蛋白的第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸，可与凤丹籽蛋白起到互补的作用。在凤丹籽蛋白化学评分中，达到或超过 100 的也有 4 种，其数值的整体分布与大豆分离蛋白类似，其中在化学评分 CS 的比较中，凤丹籽蛋白有 4 种氨基酸高于大豆分离蛋白，分别为苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、蛋氨酸+半胱氨酸，而苯丙氨酸+酪氨酸与大豆分离蛋白接近。

表 3 氨基酸比值系数 RC 值、化学评分 CS 值  
Table 3 Amino acid ratio coefficients (RC) and chemical scores (CS)

| 比较项目     | 凤丹籽蛋白 |       | 大豆分离蛋白 |      |
|----------|-------|-------|--------|------|
|          | RC    | CS    | RC     | CS   |
| 苏氨酸      | 0.85  | 96.6  | 0.84   | 95.6 |
| 缬氨酸      | 1.05  | 106.7 | 0.96   | 96.7 |
| 异亮氨酸     | 1.03  | 102.4 | 1.14   | 131  |
| 亮氨酸      | 1.16  | 126.5 | 1.09   | 117  |
| 苯丙氨酸+酪氨酸 | 1.21  | 104.5 | 1.31   | 114  |
| 赖氨酸      | 0.633 | 66.5* | 0.97   | 102  |
| 蛋氨酸+胱氨酸  | 1.06  | 86.7  | 0.54   | 44*  |

注：“\*”为第一限制氨基酸。

由表 4 可知，凤丹籽蛋白质在 EAAI、BV、SRC

和贴适度四个指标上都优于大豆分离蛋白。其中，凤丹籽蛋白与全鸡蛋蛋白的贴适度达到 0.90，高于大豆分离蛋白的 0.84，说明其氨基酸的组成和营养价值更接近人体所需要的模式。凤丹籽蛋白的 SRC 值为 81.6，高于大豆分离蛋白的 76.6，SRC 所反映的是原料氨基酸的组成与人体需要氨基酸比例的接近程度，现代营养学提倡氨基酸的平衡，缺乏或者过剩都会影响其营养价值<sup>[13]</sup>，数值越高说明其蛋白质的质量越好。

表 4 EAAI、BV、SRC 和贴适度  
Table 4 EAAI, BV, SRC and the close degree

| 名称     | EAAI | BV   | SRC  | 贴适度  |
|--------|------|------|------|------|
| 凤丹籽蛋白  | 72.3 | 67.1 | 81.6 | 0.90 |
| 大豆分离蛋白 | 62.3 | 56.2 | 76.6 | 0.84 |

3 结 语

采用氨基酸自动分析仪分析凤丹籽蛋白的氨基酸组成，共分离鉴定出 16 种氨基酸（除色氨酸外）组分，其中必需氨基酸 7 种，占总氨基酸质量分数的 38.9%。凤丹籽蛋白与全鸡蛋蛋白的贴适度达到 0.90，高于大豆分离蛋白的 0.84，在氨基酸含量上与大豆分离蛋白相当，但其在 EAAI、BV、化学评分 CS 和氨基酸比值系数分上均优于大豆分离蛋白，说明其氨基酸组成的平衡性指标很好，是一种新型的优质氨基酸来源。

参考文献：

[ 1 ] CAO Chunquan. Advances on chemical component analysis of Chinese Moutan Cortex [J]. **Guangzhou Chemical Industry**, 2013, 41 (13) : 35-36. (in Chinese)

[ 2 ] ZHANG Bucang, ZHAO Zhiping, XING Jun, et al. Study on extraction, purification and blood-sugar lowering of a polysaccharide from danp[J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 1995, 23 (4) : 373-374. (in Chinese)

[ 3 ] SUN Zhiguo, CHEN Zhi, LIU Chengwu, et al. Protection situation and countermeasures of national geographical indication products of genuine medicinal materials in Anhui province[J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 2010, 38 (14) : 7353-7355. (in Chinese)

[ 4 ] SUN Qiang, LI Meiqing, WU You, et al. Analysis of volatile components in two *Paeonia ostii* flowers by HS-SPME-GC/MS[J]. **Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory**, 2013, 30 (1) : 145-150. (in Chinese)

[ 5 ] WU You, LI Meiqing, SUN Qiang, et al. Ultrasonic-assisted extraction technology of total flavonoids from *Paeonia ostii* t. hong et j. x. zhang seed[J]. **Nat Prod Res Dev**, 2012, 24 (10) : 1454-1457. (in Chinese)

[ 6 ] QIAN Mingyue, LI Meiqing, WU You, et al. Analysis of physicochemical properties and fatty acids by GC/MS in *Paeonia ostii* seed oil[J]. **Nat Prod Res Dev**, 2014, 26 (3) : 380-383. (in Chinese)

[ 7 ] ANDREA P. Gathered wild food plants in the upper valley of the serchio river (Garfagnana) [J]. **Economic Botany**, 1999, 53 (3) : 327-341.

[ 8 ] FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins[J]. **Nutr Stud Food Policy and Food Sci Serv, Nutr, Div**,



- Rome:FAO,1970,24(5):5-6.
- [9] BANO Z,RAJRATHNAM S. Pleurotus mushroom as a nutritious food in tropical mushrooms-biological nature and cultivation methods[M]. Hong Kong:The Chinene University Press,1982:363-380.
- [10] ZHU Shengtao,WU Kun. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid[J]. *Acat Nutrimenta Sinica*,1988,2(10):187-190.(in Chinese)
- [11] ZHOU Kan,XIONG Hua,CHEN Shengjun,et al. The high protein of the rice protein peptide preparation and the product nutrition ingredient analysis[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*,2009,28(1):28-32.(in Chinese)
- [12] TAN Aihua,LIU Fazhi,ZHANG Shuguang. The nutritional assessment of Gomphus purpuraceus protein[J]. *Acta Edulis Fungi*,2003,10(4):24-28.(in Chinese)
- [13] ZHANG Zhesheng,LIU Suwen,GUO Baoqin,et al. Nutrition value evaluation of potato protein[J]. *Food Science and Technology*,2007,11:219-221.(in Chinese)

## 科技信息

### 加拿大拟批准乳酸克鲁维酵母提取的凝乳酶 B、以及糖精在某些特定食品中使用

2017 年 4 月 19 日,加拿大卫生部在其官方网站上发布消息称,收到一份食品添加剂的申请,要求批准由乳酸克鲁维酵母 CIN(yeast *Kluyveromyceslactis* CIN)提取的凝乳酶 B 的使用,乳酸克鲁维酵母 CIN 来自乳制品如奶酪、夸克(一种新鲜奶酪)和发酵乳制品如酸奶、开菲尔和酸奶油中。其他生物来源的凝乳酶 B,包括马克斯克鲁维酵母(*Kluyveromycesmarxianus*var),(DS1182)(pKS105)乳酸菌,已经在加拿大被允许用于各种乳制品生产中的食品酶。加拿大卫生部根据现有的科学数据对其进行安全性评估,结果表明,该乳酸乳球菌 CIN 的凝乳酶是安全的。因此加拿大卫生部从 2017 年 4 月 19 日起修改了许可食品酶清单。

同日,加拿大卫生部食品局完成了对糖精作为某些非标准化食品(包括非标准化饮料)中的甜味剂的安全性评估。“启用新的食品添加剂的建议通知-糖精作为特定非标准化食品包括特定饮料中的甜味剂”于 2016 年 10 月 27 日发布(提案参考号为 NOP / ADP-0022),评议期内无异议,故于 2017 年 4 月 19 日该新的“允许甜味剂清单”生效。

[信息来源] 厦门 WTO 工作站. 加拿大拟批准乳酸克鲁维酵母提取的凝乳酶 B、以及糖精在某些特定食品中使用[EB/OL]. (2017-4-21). <http://www.xmtbt-sps.gov.cn/detail.asp?id=54181>