

# 15 种坚果果仁氨基酸组成及含量差异分析

高桂琴, 赵雪娇, 仲昭欣, 王芳\*

(青岛科创质量检测有限公司, 青岛 266100)

**摘要: 目的** 分析 15 种市售坚果中氨基酸组成, 比较不同品种坚果间必需氨基酸、非必需氨基酸含量的差异。**方法** 使用氨基酸分析仪对样品中氨基酸的组成及含量进行分析, 用最小显著性差异法(least-significant difference, LSD)进行多重比较。**结果** 纸皮核桃中的必需氨基酸含量最高, 为 6.264 g/100 g, 花生中总氨基酸含量最高, 为 22.622 g/100 g。使用模糊辨识法对贴近度进行计算得出, FAO/WHO 模式蛋白质贴近度为 0.840~0.933。**结论** 坚果中必需氨基酸和总氨基酸含量的差异显著。限制氨基酸均为蛋氨酸和胱氨酸。东北松子的 FAO/WHO 模式蛋白质贴近度最高, 最贴近人体所需蛋白质的模式。

**关键词:** 坚果; 必需氨基酸; 非必需氨基酸

## Analysis on the difference of amino acid composition and concentrations in 15 kinds of nut

GAO Gui-Qin, ZHAO Xue-Jiao, ZHONG Zhao-Xin, WANG Fang\*

(Qingdao Sci-tech Innovation Quality Testing Co., Ltd., Qingdao 266100, China)

**ABSTRACT: Objective** To analyze the amino acid composition in 15 kinds of nuts and compare the differences of concentrations in essential amino acids and non-essential amino acids between different varieties of nuts. **Methods** Amino acids in nut were separated and quantified by amino acid analyzer, and were multiple compared by the least-significant difference (LSD) method. **Results** The content of essential amino acids in the paper walnut was the highest (6.264 g/100 g). The content of total amino acids in the peanut was the highest (22.622 g/100 g). The fuzzy identification method was used to calculate the closeness degree of FAO/WHO, which was 0.840–0.933. **Conclusion** The content of essential amino acids and total amino acids are significantly different between nut. The closeness degree of FAO/WHO of northeast pine is the highest, which is the most close to the protein model needed by human body.

**KEY WORDS:** nut; essential amino acids; non-essential amino acids

## 1 引言

氨基酸是生物体中蛋白质组成的基本单位, 与代谢活动密切相关。人类需要通过饮食摄入一定量的必需氨基酸, 膳食中蛋白质的营养价值取决于必需氨基酸的含量, 因此氨基酸组成是膳食中蛋白质质量评价的基础<sup>[1]</sup>。坚果是一种蛋白质和脂肪含量较高的休闲食品, 富含多种氨基酸。例如: 扁桃仁中氨基酸含量为 21.74~32.35 mg/g, 平均

为 26.78 mg/g; 必需氨基酸占总氨基酸比例为 24.86%~28.22%<sup>[2]</sup>。核桃中必需氨基酸占氨基酸总量的 30%~41%<sup>[3]</sup>。坚果的蛋白质营养价值与氨基酸组成有关, 不同坚果中蛋白质及氨基酸含量差异较大。本研究对大果榛子、东北榛子、瓜子、花生、黑皮花生、东北松子、巴西松子、开心果、扁桃仁、碧根果、纸皮核桃、山核桃、夏威夷果、腰果、诸暨香榧等 15 种坚果中的氨基酸组成及含量进行检测, 通过分析氨基酸评分(amino acid score,

\*通讯作者: 王芳, 硕士, 质量工程师, 主要研究方向为食品分析与检测。E-mail: leaf.amam@163.com

\*Corresponding author: WANG Fang, Master, Quality Engineer, Qingdao Sci-tech Innovation Quality Testing Co., Ltd., Huaye Building, Lanbei Zhizao workshop, No.1, Jinye Road, High Tech Zone, Qingdao 266100, China. E-mail: leaf.amam@163.com

AAS)和FAO/WHO模式蛋白质贴度,对坚果中蛋白质的营养价值进行评价,以期相关部门提供参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与仪器

实验所用坚果为 15 种市售生坚果,分别为大果榛子、东北榛子、葵花籽、花生、黑皮花生、东北松子、巴西松子、开心果、扁桃仁、碧根果、纸皮核桃、山核桃、夏威夷果、腰果和诸暨香榧。

标准品为 17 种氨基酸混标(2.5  $\mu\text{mol/mL}$ ,上海西宝生物科技有限公司);氨基酸分析仪专用流动相(B1-B6);茚三酮染液、茚三酮洗液(色谱纯,上海西宝生物科技有限公司);盐酸(优级纯,国药集团化学试剂有限公司)。

LA-8080 氨基酸分析仪(株式会社日立制作所);101-0AB 电热鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司);DZF-6051 真空干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 坚果中氨基酸分析方法

对 15 种坚果中 17 种氨基酸(Asp 天冬氨酸、Thr 苏氨酸、Ser 丝氨酸、Glu 谷氨酸、Pro 脯氨酸、Gly 甘氨酸、Ala 丙氨酸、Cys 胱氨酸、Val 缬氨酸、Met 蛋氨酸、Ile 异亮氨酸、Leu 亮氨酸、Tyr 酪氨酸、Phe 苯丙氨酸、Lys 赖氨酸、His 组氨酸、Arg 精氨酸)含量进行分析。

分别称取粉碎后的坚果样品 1 g 于水解管中,加入 6 mol/L 的盐酸 10 mL,充入高纯氮气,封口。将水解管放在 105  $^{\circ}\text{C}$  的恒温干燥箱内,水解 22 h,取出冷却。打开水解管,将水解液过滤后用去离子水定容到 50 mL。吸取滤液 0.5 mL 于蒸发皿上,在 55  $^{\circ}\text{C}$  真空干燥箱内干燥。残留物用 1 mL 0.02 mol/L 的盐酸溶解,过滤。供氨基酸分析仪分析<sup>[4-6]</sup>。每个样品做 2 个平行样。

#### 2.2.2 模糊识别法

使用模糊识别法对坚果中蛋白质营养价值进行评价<sup>[7]</sup>,计算坚果蛋白与模式蛋白营养价值的接近程度,即贴度。根据兰氏距离法计算出被评价氨基酸含量( $u$ )和氨基酸标准模式值( $a$ )的贴度  $U(a,u)$ <sup>[8]</sup>,其计算公式为: $U(a,u) = 1 - 0.09 \sum_{k=1}^7 \frac{|a_k - u_{ik}|}{a_k + u_{ik}}$ 。其中: $a_k$  为标准蛋白模式的第  $k$  种氨基酸含量/(mg/g pro), $u_{ik}$  为第  $i$  个坚果的第  $k$  种氨基酸含量(mg/g pro)。本实验采用 FAO/WHO 模式和全鸡蛋蛋白模式计算贴度,表 1 为 2 种模式蛋白 7 种氨基酸

含量<sup>[9]</sup>。

#### 2.2.3 氨基酸分值评价法

氨基酸评分是根据公式计算被检测蛋白质中每种必需氨基酸的评分值<sup>[10]</sup>。计算公式为:

$$\text{AAS} = \frac{\text{坚果中氨基酸的含量 (mg/g pro)}}{\text{模式蛋白质中氨基酸含量 (mg/g pro)}}$$

### 2.3 数据处理

采用 SPSS(11.5)软件进行统计分析,并用最小显著差数法(least significant difference method, LSD)法进行多重比较,结果表示为平均值 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm SD$ )。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同坚果中必需氨基酸的含量

表 2 为 15 种坚果中必需氨基酸的含量。通过分析坚果中各个必需氨基酸含量的平均值,得出坚果的必需氨基酸中亮氨酸和苯丙氨酸的含量高于其他氨基酸,而蛋氨酸的含量低于其他氨基酸。必需氨基酸含量从高到低分别为:亮氨酸 > 苯丙氨酸 > 缬氨酸 > 赖氨酸 > 异亮氨酸 > 蛋氨酸 > 苏氨酸。

亮氨酸是机体蛋白质周转的重要氨基酸,为合成组织蛋白和血浆蛋白所必需的氨基酸,可参与骨骼肌蛋白质合成,并能抑制骨骼肌蛋白质降解<sup>[11,12]</sup>。花生的亮氨酸的含量最高,为(1.730 $\pm$ 0.005) g/100 g。其次是纸皮核桃,含量为(1.621 $\pm$ 0.103) g/100 g,纸皮核桃中亮氨酸的含量与苏彦莘等<sup>[13]</sup>的结果相似。苯丙氨酸为芳香族氨基酸,花生中苯丙氨酸的含量最高。赖氨酸为碱性氨基酸,为脑神经细胞、血红蛋白等蛋白质的合成的重要原料<sup>[12]</sup>。坚果中纸皮核桃中赖氨酸含量最高,为(1.038 $\pm$ 0.062) g/100 g,山核桃中含量最低,为(0.204 $\pm$ 0.001) g/100 g,苏彦莘等<sup>[13]</sup>的研究结果表明:新疆早实核桃中赖氨酸含量为 0.14~0.34 g/100 g,由此可见不同种类的核桃中赖氨酸含量差异较大。

苏氨酸是中性氨基酸,是多种蛋白质的组成成分,具有促进生长发育的生理作用<sup>[12]</sup>。坚果中东北松子中苏氨酸的含量最高。缬氨酸为中性氨基酸,纸皮核桃中缬氨酸含量最高。异亮氨酸为中性氨基酸,其生理功能和亮氨酸相似。东北松子中异亮氨酸含量最高。蛋氨酸为含硫氨基酸,能促进生长,在代谢中可以转化为胱氨酸。东北松子中含量最高。

表 1 FAO/WHO 模式和全鸡蛋蛋白模式中氨基酸含量(mg/g pro)  
Table 1 Amino acids contents in FAO/WHO pattern and whole egg protein (mg/g pro)

|            | Ile | Leu | Lys | Met+Cys | Phe+Tyr | Thr | Val |
|------------|-----|-----|-----|---------|---------|-----|-----|
| FAO/WHO 模式 | 40  | 70  | 55  | 35      | 60      | 40  | 50  |
| 全鸡蛋蛋白模式    | 54  | 86  | 70  | 57      | 93      | 47  | 66  |

由表 2 可以看出, 坚果中必需氨基酸总含量为 (1.568±0.061)~(6.264±0.384) g/100 g。不同坚果间必需氨基酸含量差异显著, 按必需氨基酸总含量排序, 由高到低的顺序为纸皮核桃 > 东北松子 > 花生 > 开心果 > 大果榛子 > 腰果 > 黑皮花生 > 葵花籽 > 夏威夷果 > 扁桃仁 > 东北榛子 > 碧根果 > 诸暨香榧 > 山核桃 > 巴西松子。

### 3.2 坚果中非必需氨基酸含量的比较

对坚果中各种非必需氨基酸含量的平均值进行分析, 得出坚果的非必需氨基酸中谷氨酸的含量高于其他氨基酸, 而胱氨酸的含量低于其他氨基酸。非必需氨基酸含量从高到低分别为: 谷氨酸 > 精氨酸 > 天冬氨酸 > 甘氨酸 > 丝氨酸 > 丙氨酸 > 脯氨酸 > 酪氨酸 > 组氨酸 > 胱氨酸。

表 3 为 15 种坚果中非必需氨基酸的含量。从表 3 可以看出, 谷氨酸可参加机体内多种代谢活动, 参与谷氨酰胺、瓜氨酸和精氨酸的合成, 调节机体的免疫功能<sup>[12,13]</sup>。坚果中开心果的谷氨酸含量最高, 为(6.233±0.001) g/100 g。

甘氨酸可以促进体内肝糖元和葡萄糖的合成, 在代谢过程中可以合成丝氨酸、胆汁酸、血红蛋白、肌酸和核糖等物质。15 种坚果中开心果中甘氨酸含量最高, 为

(1.309±0.017) g/100 g。精氨酸是碱性氨基酸, 可以在人体内合成, 但是合成速度有限, 所以也需要从食物中摄取<sup>[12]</sup>。坚果中花生的精氨酸含量最高, 为(3.018±0.032) g/100 g。脯氨酸是胶原蛋白的重要组成原料, 花生中脯氨酸含量最高, 为(0.770±0.012) g/100 g。酪氨酸是芳香族氨基酸, 与肾上腺素和甲状腺素的合生有关, 在酶的作用下可以被氧化成黑色素<sup>[12]</sup>。花生中酪氨酸的含量最高, 为(0.845±0.010) g/100 g。胱氨酸是含硫氨基酸, 具有抗氧化功能, 东北榛子中胱氨酸含量显著高于其他坚果, 含量为(0.574±0.018) g/100 g。

### 3.3 坚果中氨基酸含量的比较

表 4 为坚果中蛋白质营养价值分析参数。由表 4 可以看出, 坚果中氨基酸总含量的范围为 6.183~22.622 g/100 g, 花生中总氨基酸含量最高, 为 22.622 g/100 g, 其次是开心果, 含量为 21.516 g/100 g。总氨基酸含量由大到小排序为: 花生 > 开心果 > 东北松子 > 纸皮核桃 > 腰果 > 黑皮花生 > 大果榛子 > 扁桃仁 > 夏威夷果 > 东北榛子 > 葵花籽 > 碧根果 > 诸暨香榧 > 山核桃 > 巴西松子。

表 2 坚果中必需氨基酸的含量( $\bar{x} \pm sd, n=2$ )

Table 2 The content of essential amino acids in nut ( $\bar{x} \pm sd, n=2$ )

| 坚果种类 | 必需氨基酸的含量(g/100 g)         |                          |                           |                           |                           |                          |                          |                          |
|------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | Thr 苏氨酸                   | Val 缬氨酸                  | Met 蛋氨酸                   | Ile 异亮氨酸                  | Leu 亮氨酸                   | Phe 苯丙氨酸                 | Lys 赖氨酸                  | 总含量                      |
| 扁桃仁  | 0.432±0.009 <sup>e</sup>  | 0.677±0.005 <sup>e</sup> | 0.009±0.002 <sup>e</sup>  | 0.509±0.005 <sup>f</sup>  | 1.189±0.006 <sup>b</sup>  | 0.718±0.009 <sup>c</sup> | 0.431±0.000 <sup>c</sup> | 3.964±0.019 <sup>e</sup> |
| 碧根果  | 0.324±0.003 <sup>f</sup>  | 0.486±0.006 <sup>i</sup> | 0.021±0.008 <sup>f</sup>  | 0.364±0.003 <sup>h</sup>  | 0.833±0.009 <sup>d</sup>  | 0.425±0.006 <sup>d</sup> | 0.411±0.003 <sup>c</sup> | 2.864±0.025 <sup>i</sup> |
| 纸皮核桃 | 0.549±0.032 <sup>b</sup>  | 1.124±0.074 <sup>a</sup> | 0.057±0.012 <sup>e</sup>  | 0.771±0.050 <sup>b</sup>  | 1.621±0.103 <sup>a</sup>  | 1.105±0.075 <sup>b</sup> | 1.038±0.062 <sup>a</sup> | 6.264±0.384 <sup>a</sup> |
| 山核桃  | 0.216±0.002 <sup>g</sup>  | 0.353±0.002 <sup>j</sup> | 0.003±0.001 <sup>h</sup>  | 0.274±0.002 <sup>i</sup>  | 0.579±0.005 <sup>b</sup>  | 0.442±0.003 <sup>b</sup> | 0.204±0.001 <sup>f</sup> | 2.071±0.010 <sup>k</sup> |
| 大果榛子 | 0.547±0.007 <sup>b</sup>  | 0.890±0.026 <sup>d</sup> | 0.100±0.051 <sup>b</sup>  | 0.611±0.018 <sup>cd</sup> | 1.389±0.029 <sup>a</sup>  | 0.839±0.014 <sup>c</sup> | 0.775±0.012 <sup>c</sup> | 5.152±0.056 <sup>d</sup> |
| 东北榛子 | 0.339±0.002 <sup>f</sup>  | 0.574±0.012 <sup>h</sup> | 0.004±0.000 <sup>h</sup>  | 0.432±0.002 <sup>g</sup>  | 0.975±0.025 <sup>cd</sup> | 0.498±0.011 <sup>d</sup> | 0.458±0.015 <sup>c</sup> | 3.280±0.033 <sup>h</sup> |
| 瓜子   | 0.473±0.005 <sup>d</sup>  | 0.805±0.028 <sup>c</sup> | 0.097±0.023 <sup>b</sup>  | 0.604±0.020 <sup>d</sup>  | 0.928±0.026 <sup>cd</sup> | 0.666±0.020 <sup>c</sup> | 0.720±0.031 <sup>c</sup> | 4.293±0.038 <sup>c</sup> |
| 花生   | 0.487±0.007 <sup>cd</sup> | 0.944±0.001 <sup>c</sup> | 0.025±0.001 <sup>f</sup>  | 0.747±0.003 <sup>b</sup>  | 1.730±0.005 <sup>a</sup>  | 1.346±0.003 <sup>a</sup> | 0.859±0.002 <sup>b</sup> | 6.138±0.017 <sup>b</sup> |
| 黑皮花生 | 0.465±0.006 <sup>de</sup> | 0.775±0.020 <sup>f</sup> | 0.067±0.036 <sup>c</sup>  | 0.592±0.018 <sup>de</sup> | 1.385±0.034 <sup>ab</sup> | 0.845±0.021 <sup>c</sup> | 0.486±0.021 <sup>c</sup> | 4.615±0.154 <sup>c</sup> |
| 东北松子 | 0.706±0.005 <sup>a</sup>  | 1.036±0.022 <sup>b</sup> | 0.283±0.149 <sup>a</sup>  | 0.840±0.014 <sup>a</sup>  | 1.549±0.026 <sup>a</sup>  | 1.116±0.023 <sup>b</sup> | 0.732±0.012 <sup>c</sup> | 6.262±0.071 <sup>a</sup> |
| 巴西松子 | 0.190±0.006 <sup>h</sup>  | 0.254±0.011 <sup>k</sup> | 0.008±0.001 <sup>gh</sup> | 0.184±0.008 <sup>j</sup>  | 0.434±0.016 <sup>e</sup>  | 0.235±0.008 <sup>c</sup> | 0.262±0.011 <sup>f</sup> | 1.568±0.061 <sup>l</sup> |
| 开心果  | 0.503±0.000 <sup>c</sup>  | 0.917±0.004 <sup>d</sup> | 0.020±0.012 <sup>f</sup>  | 0.724±0.001 <sup>b</sup>  | 1.670±0.010 <sup>a</sup>  | 1.226±0.001 <sup>a</sup> | 0.545±0.007 <sup>d</sup> | 5.604±0.017 <sup>c</sup> |
| 夏威夷果 | 0.465±0.009 <sup>de</sup> | 0.673±0.007 <sup>e</sup> | 0.006±0.003 <sup>h</sup>  | 0.537±0.006 <sup>c</sup>  | 1.257±0.012 <sup>ab</sup> | 0.754±0.006 <sup>c</sup> | 0.422±0.005 <sup>c</sup> | 4.114±0.048 <sup>f</sup> |
| 腰果   | 0.463±0.011 <sup>de</sup> | 0.803±0.006 <sup>c</sup> | 0.009±0.002 <sup>g</sup>  | 0.656±0.006 <sup>c</sup>  | 1.442±0.043 <sup>a</sup>  | 1.109±0.025 <sup>b</sup> | 0.548±0.008 <sup>d</sup> | 5.030±0.049 <sup>d</sup> |
| 诸暨香榧 | 0.225±0.004 <sup>g</sup>  | 0.372±0.010 <sup>j</sup> | 0.034±0.003 <sup>e</sup>  | 0.288±0.018 <sup>i</sup>  | 0.618±0.012 <sup>c</sup>  | 0.434±0.013 <sup>d</sup> | 0.229±0.001 <sup>f</sup> | 2.201±0.041 <sup>j</sup> |

注: 数据右上角的字母表示同一列数值的差异显著性, 字母相同表示差异不显著( $P>0.05$ ), 字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 3 坚果中非必需氨基酸的含量 ( $\bar{x} \pm sd, n=2$ )  
Table 3 The content of non-essential amino acids in nut ( $\bar{x} \pm sd, n=2$ )

| 坚果种类 | 非必需氨基酸的含量(g/100 g)        |                           |                          |                          |                          |                           |                          |                          |                          |                          |
|------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | Asp<br>天冬氨酸               | Ser<br>丝氨酸                | Glu<br>谷氨酸               | Pro<br>脯氨酸               | Gly<br>甘氨酸               | Ala<br>丙氨酸                | Cys<br>胱氨酸               | His<br>组氨酸               | Arg<br>精氨酸               | Tyr<br>酪氨酸               |
| 扁桃仁  | 1.589±0.006 <sup>e</sup>  | 0.824±0.055 <sup>e</sup>  | 3.888±0.006 <sup>d</sup> | 0.398±0.011 <sup>b</sup> | 0.758±0.020 <sup>g</sup> | 0.717±0.020 <sup>f</sup>  | 0.097±0.011 <sup>d</sup> | 0.362±0.003 <sup>f</sup> | 2.276±0.001 <sup>e</sup> | 0.362±0.013 <sup>b</sup> |
| 碧根果  | 0.949±0.005 <sup>f</sup>  | 0.628±0.006 <sup>g</sup>  | 1.960±0.040 <sup>f</sup> | 0.395±0.003 <sup>b</sup> | 0.533±0.003 <sup>i</sup> | 0.540±0.001 <sup>h</sup>  | 0.054±0.004 <sup>f</sup> | 0.226±0.002 <sup>i</sup> | 1.629±0.038 <sup>f</sup> | 0.333±0.017 <sup>h</sup> |
| 纸皮核桃 | 1.793±0.130 <sup>d</sup>  | 1.208±0.098 <sup>b</sup>  | 4.676±0.371 <sup>e</sup> | 0.543±0.034              | 0.882±0.062 <sup>d</sup> | 0.793±0.040 <sup>e</sup>  | 0.120±0.022 <sup>e</sup> | 0.436±0.031 <sup>d</sup> | 2.007±0.195 <sup>f</sup> | 0.439±0.038 <sup>f</sup> |
| 山核桃  | 0.677±0.007 <sup>h</sup>  | 0.372±0.003 <sup>f</sup>  | 1.574±0.017 <sup>h</sup> | 0.235±0.001 <sup>a</sup> | 0.343±0.005 <sup>k</sup> | 0.308±0.000 <sup>i</sup>  | 0.021±0.001 <sup>g</sup> | 0.165±0.002 <sup>k</sup> | 0.956±0.008 <sup>k</sup> | 0.139±0.001 <sup>k</sup> |
| 大果榛子 | 1.521±0.035 <sup>e</sup>  | 0.887±0.021 <sup>de</sup> | 3.864±0.062 <sup>d</sup> | 0.469±0.004 <sup>d</sup> | 0.738±0.014 <sup>g</sup> | 0.643±0.009 <sup>f</sup>  | 0.119±0.005 <sup>e</sup> | 0.370±0.008 <sup>f</sup> | 1.858±0.042 <sup>h</sup> | 0.447±0.000 <sup>e</sup> |
| 东北榛子 | 1.138±0.011 <sup>g</sup>  | 0.738±0.010 <sup>f</sup>  | 2.715±0.021 <sup>e</sup> | 0.472±0.022 <sup>d</sup> | 0.576±0.012 <sup>h</sup> | 0.559±0.012 <sup>g</sup>  | 0.574±0.018 <sup>h</sup> | 0.286±0.007 <sup>h</sup> | 2.285±0.036 <sup>e</sup> | 0.428±0.001 <sup>g</sup> |
| 葵花籽  | 1.245±0.027 <sup>f</sup>  | 0.744±0.001 <sup>f</sup>  | 1.574±0.042 <sup>h</sup> | 0.578±0.004 <sup>f</sup> | 0.532±0.006 <sup>i</sup> | 0.559±0.008 <sup>g</sup>  | 0.076±0.004 <sup>e</sup> | 0.265±0.006 <sup>h</sup> | 0.950±0.043 <sup>k</sup> | 0.441±0.026 <sup>e</sup> |
| 花生   | 2.836±0.012 <sup>a</sup>  | 1.189±0.008 <sup>b</sup>  | 5.096±0.038 <sup>b</sup> | 0.770±0.012 <sup>i</sup> | 1.273±0.016 <sup>b</sup> | 0.827±0.007 <sup>b</sup>  | 0.113±0.006 <sup>e</sup> | 0.516±0.007 <sup>h</sup> | 3.018±0.032 <sup>a</sup> | 0.845±0.010 <sup>a</sup> |
| 黑皮花生 | 1.823±0.057 <sup>cd</sup> | 0.824±0.020 <sup>e</sup>  | 4.679±0.106 <sup>e</sup> | 0.424±0.004 <sup>e</sup> | 0.811±0.018 <sup>c</sup> | 0.775±0.018 <sup>d</sup>  | 0.124±0.003 <sup>e</sup> | 0.415±0.013 <sup>e</sup> | 2.705±0.126 <sup>b</sup> | 0.459±0.020 <sup>d</sup> |
| 东北松子 | 1.998±0.020 <sup>e</sup>  | 0.941±0.009 <sup>e</sup>  | 5.002±0.079 <sup>b</sup> | 0.720±0.007 <sup>h</sup> | 1.176±0.010 <sup>e</sup> | 0.847±0.008 <sup>b</sup>  | 0.138±0.006 <sup>b</sup> | 0.509±0.012 <sup>a</sup> | 1.999±0.018 <sup>h</sup> | 0.482±0.012 <sup>e</sup> |
| 巴西松子 | 0.582±0.023 <sup>k</sup>  | 0.282±0.011 <sup>i</sup>  | 1.577±0.057 <sup>h</sup> | 0.229±0.015 <sup>a</sup> | 0.315±0.014 <sup>k</sup> | 0.230±0.012 <sup>j</sup>  | 0.084±0.004 <sup>d</sup> | 0.142±0.007 <sup>i</sup> | 0.891±0.043 <sup>i</sup> | 0.283±0.021 <sup>i</sup> |
| 开心果  | 2.436±0.001 <sup>b</sup>  | 0.874±0.002 <sup>de</sup> | 6.233±0.001 <sup>a</sup> | 0.638±0.001 <sup>g</sup> | 1.309±0.017 <sup>a</sup> | 0.879±0.002 <sup>a</sup>  | 0.078±0.005 <sup>e</sup> | 0.476±0.004 <sup>b</sup> | 2.435±0.003 <sup>d</sup> | 0.553±0.004 <sup>b</sup> |
| 夏威夷果 | 1.571±0.007 <sup>e</sup>  | 0.843±0.002 <sup>e</sup>  | 3.305±0.039 <sup>d</sup> | 0.428±0.013 <sup>e</sup> | 0.794±0.001 <sup>f</sup> | 0.616±0.004 <sup>f</sup>  | 0.076±0.002 <sup>e</sup> | 0.376±0.004 <sup>f</sup> | 2.535±0.048 <sup>e</sup> | 0.446±0.001 <sup>e</sup> |
| 腰果   | 1.981±0.023 <sup>e</sup>  | 0.765±0.012 <sup>f</sup>  | 5.652±0.013 <sup>a</sup> | 0.524±0.031 <sup>e</sup> | 1.240±0.008 <sup>b</sup> | 0.740±0.002 <sup>de</sup> | 0.078±0.006 <sup>e</sup> | 0.451±0.003 <sup>e</sup> | 2.110±0.018 <sup>g</sup> | 0.457±0.005 <sup>d</sup> |
| 诸暨香榧 | 0.741±0.010 <sup>i</sup>  | 0.403±0.011 <sup>h</sup>  | 1.667±0.032 <sup>g</sup> | 0.254±0.010 <sup>a</sup> | 0.396±0.002 <sup>j</sup> | 0.336±0.017 <sup>h</sup>  | 0.043±0.001 <sup>f</sup> | 0.206±0.002 <sup>j</sup> | 1.106±0.019 <sup>j</sup> | 0.196±0.002 <sup>j</sup> |

注: 数据右上角的字母表示同一列数值的差异显著性, 字母相同表示差异不显著 ( $P>0.05$ ), 字母不同表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

模糊识别法可以对蛋白质营养价值进行评价,依据必需氨基酸的组成和比例分析样品中蛋白质与模式蛋白营养价值的接近程度,即贴适度<sup>[8]</sup>。本研究用贴适度对坚果中蛋白质营养价值进行评价。贴适度的数值越接近1,表明贴近程度越高。由表4可以看出,15种坚果的贴适度较高,均大于0.8,FAO/WHO模式贴适度为0.840~0.933,全鸡蛋白模式贴适度为0.801~0.931。因此坚果中必需氨基酸的组成和比例与FAO/WHO推荐模式的更加接近;东北松子的FAO/WHO模式贴适度最高,为0.933,其次是巴西松子,贴适度为0.903。由此可以得出东北松子的蛋白质营养价值最高,最贴近人体所需蛋白质的模式。按照全鸡蛋白模式贴适度进行评价时,贴适度最高的为葵花籽,为0.931。2种蛋白模式对坚果中蛋白质营养价值评价的结果有差异。

氨基酸评分是根据公式计算被检测蛋白质中必需氨基酸的评分值。含量最低的必需氨基酸为限制氨基酸。限制性氨基酸会降低氨基酸被人体吸收利用的概率,造成氨基酸的浪费。由表4可以看出,不同品种坚果的氨基酸评分相差较大,但15种坚果中限制氨基酸均为蛋氨酸和胱

氨酸。

### 3.4 坚果中呈味氨基酸含量的比较

表5为坚果中的呈味氨基酸含量,从表5可以看出,15种坚果中呈味氨基酸含量为:甜味氨基酸>酸味氨基酸>鲜味氨基酸。开心果中鲜味氨基酸含量最高,为8.670 g/100 g,其次是葵花籽,含量为7.932 g/100 g。品种相近的2种坚果中呈味氨基酸也有较大差异,例如东北松子中鲜味氨基酸总含量为7.001 g/100 g,显著高于巴西松子中的含量2.159 g/100 g( $P<0.05$ )。谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸,与谷氨酸钠的作用一致,是鲜味的主要来源,可以提高坚果的鲜味和香味,有良好的加工特性和营养价值<sup>[14]</sup>。甜味氨基酸有:甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸、苏氨酸、丝氨酸、赖氨酸和谷氨酸。坚果中开心果的甜味氨基酸含量最高,为10.981 g/100 g,其次是花生,含量为10.501 g/100 g。酸味氨基酸有:组氨酸、天冬氨酸和谷氨酸<sup>[15]</sup>。开心果中酸味氨基酸含量最高,为9.146 g/100 g,其次是葵花籽,含量为8.448 g/100 g。巴西松子中酸味氨基酸含量均为坚果中最低的。

表4 坚果中蛋白质营养价值分析参数  
Table 4 Analysis parameters of protein nutritional value in nut

| 坚果种类 | 氨基酸总含量<br>(g/100 g)       | 贴适度        |        | 氨基酸评分 |       |       |         |         |       |
|------|---------------------------|------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|
|      |                           | FAO/WHO 模式 | 全鸡蛋白模式 | Ile   | Leu   | Lys   | Met+Cys | Phe+Tyr | Thr   |
| 扁桃仁  | 15.235±0.122 <sup>g</sup> | 0.870      | 0.814  | 0.835 | 1.114 | 0.514 | 0.198   | 1.182   | 0.709 |
| 碧根果  | 10.109±0.142 <sup>j</sup> | 0.894      | 0.846  | 0.900 | 1.178 | 0.739 | 0.209   | 1.249   | 0.800 |
| 纸皮核桃 | 19.160±1.414 <sup>d</sup> | 0.903      | 0.876  | 1.006 | 1.208 | 0.985 | 0.263   | 1.343   | 0.716 |
| 山核桃  | 6.861±0.054 <sup>l</sup>  | 0.864      | 0.836  | 0.999 | 1.206 | 0.540 | 0.099   | 1.411   | 0.786 |
| 大果榛子 | 16.068±0.246 <sup>f</sup> | 0.918      | 0.883  | 0.950 | 1.235 | 0.877 | 0.389   | 1.334   | 0.851 |
| 东北榛子 | 12.566±0.086 <sup>h</sup> | 0.881      | 0.827  | 0.859 | 1.109 | 0.662 | 0.213   | 1.228   | 0.675 |
| 葵花籽  | 11.266±0.204 <sup>i</sup> | 0.898      | 0.931  | 1.340 | 1.177 | 1.163 | 0.438   | 1.638   | 1.050 |
| 花生   | 22.622±0.067 <sup>a</sup> | 0.851      | 0.818  | 0.826 | 1.093 | 0.690 | 0.175   | 1.614   | 0.538 |
| 黑皮花生 | 17.653±0.540 <sup>c</sup> | 0.876      | 0.821  | 0.839 | 1.121 | 0.500 | 0.309   | 1.231   | 0.659 |
| 东北松子 | 20.075±0.073 <sup>c</sup> | 0.933      | 0.883  | 1.046 | 1.102 | 0.663 | 0.600   | 1.327   | 0.879 |
| 巴西松子 | 6.183±0.268 <sup>m</sup>  | 0.903      | 0.846  | 0.745 | 1.004 | 0.771 | 0.423   | 1.396   | 0.770 |
| 开心果  | 21.516±0.027 <sup>b</sup> | 0.840      | 0.801  | 0.841 | 1.109 | 0.460 | 0.130   | 1.378   | 0.584 |
| 夏威夷果 | 15.194±0.085 <sup>e</sup> | 0.862      | 0.822  | 0.884 | 1.182 | 0.505 | 0.155   | 1.317   | 0.765 |
| 腰果   | 19.029±0.102 <sup>d</sup> | 0.849      | 0.806  | 0.862 | 1.083 | 0.523 | 0.131   | 1.372   | 0.609 |
| 诸暨香榧 | 7.548±0.098 <sup>k</sup>  | 0.887      | 0.846  | 0.953 | 1.170 | 0.552 | 0.292   | 1.391   | 0.746 |

注:数据右上角的字母表示同一列数值的差异显著性,字母相同表示差异不显著( $P>0.05$ ),字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 5 坚果中呈味氨基酸的含量的比较  
Table 5 Tasteful amino acids in nuts

| 坚果种类 | 呈味氨基酸含量/(g/100 g)         |                          |                          |
|------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | 甜味氨基酸                     | 酸味氨基酸                    | 鲜味氨基酸                    |
| 扁桃仁  | 7.448±0.120 <sup>e</sup>  | 5.839±0.008 <sup>f</sup> | 5.477±0.012 <sup>f</sup> |
| 碧根果  | 4.789±0.045               | 3.134±0.047 <sup>i</sup> | 2.909±0.045 <sup>i</sup> |
| 纸皮核桃 | 9.688±0.699 <sup>d</sup>  | 6.905±0.532 <sup>c</sup> | 6.469±0.501 <sup>c</sup> |
| 山核桃  | 3.252±0.024 <sup>l</sup>  | 2.417±0.025 <sup>k</sup> | 2.252±0.023 <sup>k</sup> |
| 大果榛子 | 7.924±0.130 <sup>f</sup>  | 5.755±0.106 <sup>f</sup> | 5.385±0.098 <sup>f</sup> |
| 东北榛子 | 5.857±0.025 <sup>i</sup>  | 4.138±0.023 <sup>h</sup> | 3.852±0.007 <sup>h</sup> |
| 葵花籽  | 5.180±0.097 <sup>j</sup>  | 8.448±0.075 <sup>b</sup> | 7.932±0.069 <sup>b</sup> |
| 花生   | 10.501±0.085 <sup>b</sup> | 3.094±0.056 <sup>i</sup> | 2.828±0.050 <sup>i</sup> |
| 黑皮花生 | 8.463±0.193 <sup>e</sup>  | 6.917±0.176 <sup>c</sup> | 6.502±0.163 <sup>c</sup> |
| 东北松子 | 10.124±0.106 <sup>c</sup> | 7.510±0.110 <sup>d</sup> | 7.001±0.098 <sup>d</sup> |
| 巴西松子 | 3.085±0.126 <sup>l</sup>  | 2.301±0.088 <sup>j</sup> | 2.159±0.080 <sup>k</sup> |
| 开心果  | 10.981±0.013 <sup>a</sup> | 9.146±0.004 <sup>a</sup> | 8.670±0.000 <sup>a</sup> |
| 夏威夷果 | 6.963±0.005 <sup>h</sup>  | 5.342±0.028 <sup>g</sup> | 4.966±0.032 <sup>g</sup> |
| 腰果   | 9.932±0.051 <sup>d</sup>  | 8.084±0.056 <sup>c</sup> | 7.633±0.047 <sup>c</sup> |
| 诸暨香榧 | 3.510±0.013 <sup>k</sup>  | 2.614±0.016 <sup>j</sup> | 2.408±0.018 <sup>j</sup> |

注: 数据右上角的字母表示同一列数值的差异显著性, 字母相同表示差异不显著( $P>0.05$ ), 字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 4 结 论

对 15 种坚果中的氨基酸组成及含量进行分析, 花生中总氨基酸含量最高。纸皮核桃中的必需氨基酸含量最高。使用模糊辨识法对蛋白质贴适度进行计算得出, FAO/WHO 模式贴适度为 0.840~0.933, 东北松子的贴适度最高, 最贴近人体所需蛋白质的模式。按照全鸡蛋白模式贴适度进行评价时, 葵花籽的贴适度最高。通过对 15 种坚果中氨基酸评分进行分析得出, 限制氨基酸均为蛋氨酸和胱氨酸。且不同品种坚果的氨基酸评分相差较大。通过对呈味氨基酸含量的分析得出, 甜味氨基酸含量最高, 其次是酸味氨基酸, 鲜味氨基酸含量最小。

## 参考文献

- [1] Zhou MY, Hua TT, Ma XF, *et al.* Protein content and amino acids profile in 10 cultivars of ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) nut from China [J]. *Royal Soc Open Sci*, 2019, 6(3): 42–48.
- [2] 姜仲茂, 乌云塔娜, 王森, 等. 不同产地野生长柄扁桃仁氨基酸组成及营养价值评价[J]. *食品科学*, 2016, 37(4): 77–82.  
Jiang ZM, Wuyun TN, Wang S, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of wild almond kernels from different habitats [J]. *Food Sci*, 2016, 37(4): 77–82.

- [3] 杨永涛, 潘思源, 靳欣欣, 等. 不同品种核桃的氨基酸营养价值评价[J]. *食品科学*, 2017, 38(13): 207–212.  
Yang YT, Pan SY, Jin XX, *et al.* Amino acid composition and nutritional evaluation of different varieties of walnut [J]. *Food Sci*, 2017, 38(13): 207–212.
- [4] Sabahelkheir MK, Faten MM, Hassan AA. Amino acid composition of human and animal's milk (Camel, Cow, Sheep and Goat) [J]. *ARPN J Sci Technol*, 2012, 2(2): 32–34.
- [5] 张航, 宋卿, 林信, 等. 氨基酸自动分析仪法测定云南新鲜羊肚菌中 16 种氨基酸的含量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(22): 7564–7569.  
Zhang H, Song Q, Lin J. Determination of 16 amino acids in fresh *Marcellaesculent* of Yunnan province by amino acid automatic analyzer [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(22): 7564–7569.
- [6] 王芳. 低温酸奶储存过程中氨基酸含量变化研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(11): 4445–4451.  
Wang F. Changes of concentrations of amino acids in cool yoghurt during storage [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(11): 4445–4451.
- [7] 宋海云, 张涛, 贺鹏, 等. 不同日期采摘的不同品种澳洲坚果的氨基酸分析[J]. *经济林研究*, 2019, 37(2): 82–88, 113.  
Song HY, Zhang T, He P, *et al.* Amino acid analysis on different cultivars of Macadamianuts on different dates [J]. *Non-wood Forest Res*, 2019, 37(2): 82–88, 113.
- [8] 周红, 张萍. 新疆野核桃坚果氨基酸含量及营养评价[J]. *西北林学院学报*, 2019, 34(2): 148–153.  
Zhou H, Zhang P. Amino acid content and nutritional evaluation of Xinjiang wild walnut nut [J]. *J Northwest Forestry Univ*, 2019, 34(2): 148–153.
- [9] 耿树香, 宁德鲁, 贺娜, 等. 云南及北方主栽核桃蛋白氨基酸综合评价[J]. *西部林业科学*, 2018, 47(3): 78–85.  
Geng SX, Ning DL, He N, *et al.* Comprehensive evaluation of protein amino acids of main walnut in Yunnan and north China [J]. *J West China Forestry Sci*, 2018, 47(3): 78–85.
- [10] 刘成梅, 王芳, 钟俊楨, 等. 腰果蛋白的功能特性研究及其氨基酸组成分析[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(2): 88–92.  
Liu CM, Wang F, Zhong JZ, *et al.* Functional characteristics of cashew protein and analysis of its amino acid composition [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(2): 88–92.
- [11] 王蜀金, 陈惠娜, 方思敏, 等. 功能性氨基酸在动物机体内的代谢利用与生理功能[J]. *家畜生态学报*, 2014, 35(8): 6–12.  
Wang SJ, Chen HN, Fang SM, *et al.* Metabolism and physiological function of functional amino acids in animal [J]. *Acta Ecol Animalis Domast*, 2014, 35(8): 6–12.
- [12] 胡振声, 李俊岩, 韩宇民, 等. 氨基酸的生理功能[J]. *饲料工业*, 1990, (11): 28–30.  
Hu ZS, Li JY, Han YM, *et al.* Physiological function of amino acids [J]. *Feed Ind*, 1990, (11): 28–30.
- [13] 苏彦苹, 赵爽, 王明, 等. 8 个新疆早实核桃优良坚果品质变异分析及综合评价[J]. *河北农业大学学报*, 2016, 39(3): 31–36.  
Su YP, Zhao S, Wang M, *et al.* Variation analysis and comprehensive evaluation on nut quality of precocious walnut strains in Xinjiang [J]. *J*

Agric Univ Hebei, 2016, 39(3): 31–36.

- [14] 耿瑞蝶, 王金水. 呈味氨基酸和肽对发酵食品中风味的作用[J]. 中国调味品, 2019, 44(7): 176–178, 183.

Geng RD, Wang JS. Effect of flavored amino acids and peptides on the flavor of fermented food [J]. China Cond, 2019, 44(7): 176–178, 183.

- [15] 林香信, 颜孙安, 钱爱萍, 等. 花鳗鲡鱼体肌肉的氨基酸分析研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(29): 131–136.

Lin XX, Yan SA, Qian AP, et al. Amino acid analysis of *Anguilla marmoratamuscle* [J]. Chin Agric Sci Bull, 2012, 28(29): 131–136.

(责任编辑: 王欣)

## 作者简介



高桂琴, 助理工程师, 主要研究方向为食品分析与检测。

E-mail: 731120059@qq.com



王芳, 硕士, 质量工程师, 主要研究方向为食品分析与检测。

E-mail: leaf.amam@163.com

## “食品保鲜与贮藏”专题征稿函

食品保鲜与贮藏对保障食品的品质具有重要意义, 越来越得到国内外学者的广泛关注。

鉴于此, 近期刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 主要围绕(1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2020 年 7–8 月出版。

我们去年也组织过此专题, 由上海海洋大学的谢晶教授担任专题主编, 于 5 月见刊, 专题共收录文章 17 篇, 各方面反响都很不错。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 5 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**食品保鲜与贮藏**):

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: **食品保鲜与贮藏**”)

邮箱投稿: E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)(备注: **食品保鲜与贮藏**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部