

藜麦麸皮蛋白的氨基酸分析及营养价值评价

薛鹏^{1,2}, 赵雷¹, 荆金金¹, 王霞^{1,2}, 张丰香^{1,2,*}

(1. 潍坊医学院 公共卫生与管理学院, 山东 潍坊 261053; 2. “健康山东”重大社会风险预测与治理协同创新中心, 山东 潍坊 261053)

摘要: 采用全自动氨基酸分析仪对藜麦麸皮蛋白的氨基酸进行检测。藜麦麸皮蛋白中 Asp、Glu、Leu、Arg 的含量较高, Cys、Met 的含量相对较低。总蛋白和清蛋白的氨基酸构成无差异性; 醇溶蛋白富含疏水性氨基酸, 特别是 Pro, Tyr 相对缺乏; 球蛋白含有较高的 Lys; 谷蛋白含有较低的 Cys。藜麦麸皮总蛋白、清蛋白和谷蛋白的限制性氨基酸是 Lys, 球蛋白的是 Leu, 醇溶蛋白的为 Ile、Leu、Lys, 其中 Lys 为第一限制性氨基酸, 依据 FAO/WHO 推荐的 0.5 岁和 18 岁以上人体必需氨基酸评分模式计算氨基酸评分分别为: 63、68、73、83、66 和 80、86、93、93、82。藜麦麸皮总蛋白和清蛋白的氨基酸比值系数和氨基酸比值系数与鸡蛋蛋白接近, 与其氨基酸构成贴合度达到 0.99, 优于球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和大豆分离蛋白; 球蛋白与谷蛋白相当, 稍好于大豆分离蛋白, 醇溶蛋白的营养价值最低。

关键词: 藜麦麸皮; 蛋白; 氨基酸组成; 营养评价; 综合利用

Amino Acid Analysis and Nutritional Evaluation of Quinoa Bran Protein

XUE Peng^{1,2}, ZHAO Lei¹, JING Jin-jin¹, WANG Xia^{1,2}, ZHANG Feng-xiang^{1,2,*}

(1. College of Public Health and Management, Weifang Medical University, Weifang 261053, Shandong, China; 2. Major Social Risk Prediction and Governance Collaborative Innovation Center of "Healthy Shandong", Weifang 261053, Shandong, China)

Abstract: The amino acids in protein of quinoa bran were detected by Automatic amino acid analyzer. The content of Asp, Glu, Leu, Arg was higher, more than 50 mg/g pro, while the content of Cys and Met was relatively lower, and the lowest were 16.72 mg/g pro and 17.43 mg/g pro, respectively. There was no significant difference in amino acid composition between total protein and albumin of quinoa bran. Prolamin was rich in hydrophobic amino acids, especially Pro, but Tyr was relatively deficient. Globulin contained higher lysine, while glutelin contained lower Cys. Lys was the restrictive amino acid for total protein, albumin and glutelin of quinoa bran, Leu for globulin, and the restrictive amino acids of prolamin were Ile, Leu and Lys, while lys was the first limiting amino acid. According to the FAO/WHO recommended score model of essential amino acids for human body aged 0.5 years and over 18 years, the amino acid scores were 63, 68, 73, 83, 66 and 80, 86, 93, 93, 82, respectively. The ratio coefficient of amino acid (RC) and score of RC (SRC) of total protein and albumin were similar to egg protein, with the close degree of amino acid composition 0.99, which were better than globulin, prolamin, glutenin and soy protein isolate. Globulin was the same as glutenin, slightly better than soy protein isolate, and the nutritional value of prolamin was the lowest.

Key words: quinoa bran; protein; amino acid composition; nutritional evaluation; comprehensive utilization

引文格式:

薛鹏, 赵雷, 荆金金, 等. 藜麦麸皮蛋白的氨基酸分析及营养价值评价[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 65-70

XUE Peng, ZHAO Lei, JING Jinjin, et al. Amino Acid Analysis and Nutritional Evaluation of Quinoa Bran Protein [J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 65-70

作者简介: 薛鹏(1989—), 男(汉), 讲师, 博士, 研究方向: 藜麦麸皮的综合加工利用。

* 通信作者: 张丰香(1982—), 女(汉), 副教授, 博士, 研究方向: 食源性蛋白及功能性多肽。

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd),原产于南美安第斯山区,是当地居民的主要粮食作物。藜麦籽富含优质的蛋白质、不饱和脂肪酸、丰富的矿物质和维生素等营养物质^[1-2],被联合国粮农组织(food and agriculture organization,FAO)认定为唯一可以满足人体基本营养需求的单体食物,且正式推荐藜麦为最适宜人类的完美“全营养食品”,将藜麦划为21世纪确保世界粮食安全的潜在农作物,将2013年作为“世界藜麦年”^[3]。目前藜麦的种植已遍布北美洲、欧洲、亚洲以及非洲地区,据FAO统计数据显示,世界藜麦收获产量2011年为 10.16×10^4 t,2016年达到 18.54×10^4 t,增长近83%^[4]。我国引入藜麦种植起步较晚,最近几年规模化种植呈加快增长的势头^[5]。

与小麦等禾本科植物不同,藜麦不属于谷类作物,它与菠菜、甜菜等同属藜科,属于藜科双子叶植物,但它的食用方式与谷类相同,主要是将籽粒磨成粉,加工成各种食物^[6]。在磨粉加工的过程中也会产生大量的加工下脚料—麸皮,本课题组采用凯氏定氮法对藜麦麸皮的蛋白含量进行了检测,发现粗蛋白含量高达30%。但目前对藜麦麸皮的利用仅是简单加工处理用作饲料,造成了资源浪费。因此本文通过分离提取藜麦麸皮蛋白,研究藜麦麸皮蛋白的氨基酸组成及其营养价值,为藜麦麸皮的深加工利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

藜麦麸皮:山西亿隆藜麦开发有限公司;试剂: $C_4H_{10}O$ 、NaOH、NaCl、HCl、 C_2H_6O 等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

FE28-Meter pH计:METTLER TOLEDO;85-2数显恒温磁力搅拌器:常州普天仪器制造有限公司;DFT-200手提式粉碎机:温岭市林大机械有限公司;3-18KS高速冷冻离心机:德国sigma公司;L-8900全自动氨基酸分析仪:日本Hitachi公司。

1.3 方法

1.3.1 藜麦麸皮总蛋白提取

藜麦麸皮总蛋白的提取参照Ruiz等^[7]的方法。藜麦麸皮经手提式粉碎机粉碎后,过40目筛,利用无水乙醚脱脂12 h。称取一定量的经脱脂处理的藜麦麸皮,以1:15(g/mL)的比例与去离子水混合,用1.0 mol/L的NaOH溶液调节pH值至10,搅拌提取2 h,在4℃条件下10 000 r/min离心20 min,取上清液,用1.0 mol/L HCl调pH值至4.5沉淀,离心(条件同上),沉淀用去离子水洗两次,将沉淀分散于去离子水,用NaOH调至

中性,冷冻干燥,备用。

1.3.2 Osborne 分级提取藜麦麸皮蛋白

不同藜麦麸皮蛋白的提取主要参考Osborne^[8]的方法。

清蛋白:脱脂藜麦麸皮与去离子水1:15(g/mL)混合,搅拌提取1.5 h,在4℃条件下10 000 r/min离心20 min,残渣用于下一步提取,上清液用1.0 mol/L HCl调pH值至4.5沉淀,离心(条件同上),沉淀用去离子水洗两次,冷冻干燥得清蛋白。

球蛋白:取上一步所得残渣与15倍的3 g/L的盐溶液混合,搅拌提取1.5 h,离心,残渣用于下一步提取,取上清液用盐酸调pH值至4.3沉淀,离心,水洗沉淀两次,冷冻干燥得谷蛋白。

醇溶蛋白:取上一步所得残渣与15倍的体积分数为70%的乙醇溶液混合,搅拌提取1.0 h,离心,残渣用于下一步提取,上清液处理同上,沉淀冷冻干燥得醇溶蛋白。

谷蛋白:取上一步所得残渣与15倍的去离子水混合,用1.0 mol/L的NaOH溶液调节pH值至10,搅拌提取1.5 h。离心取上清液,处理同上,冷冻干燥得谷蛋白。

1.3.3 藜麦麸皮蛋白质氨基酸组成测定

准确称取200 mg左右冻干样品于水解管中,加入6 mol/L HCl,抽真空,封口,110℃水解22 h,过滤定容。取一定量溶液蒸干,用0.02 mol/L盐酸溶液稀释,采用日立L-8900全自动氨基酸分析仪进行测定。检测条件:4.6 mm×60 mm阳离子树脂填充色谱柱,分离柱温57℃,反应柱温135℃,上样20 μL,仪器配套洗脱液,流速0.1 mL/min,检测波长570 nm和440 nm。每个样品均进行平行检测,采用外标法定性和定量分析氨基酸的种类和含量。

1.3.4 藜麦麸皮蛋白质营养评价方法

对于藜麦麸皮蛋白的营养价值评价,主要从其必需氨基酸的构成、氨基酸评分(amino acid score,AAS)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid,RC)和氨基酸比值系数分(score of RC, SRC)^[9],以及与鸡蛋蛋白氨基酸构成的贴进度等几个方面来分析。其中贴进度的计算引用杨永涛等^[10]的模糊识别法进行计算,其他数值具体计算公式如下。

$$AAS = \frac{\text{待测蛋白质中某种氨基酸含量}(\text{mg/g})}{\text{FAO/WHO 评分模式同种氨基酸含量}(\text{mg/g})} \times 100 \quad (1)$$

$$RC_i = \frac{\text{被测蛋白质中某种必需氨基酸的评分值}}{\text{被测食品中必需氨基酸评分值得平均值}} \quad (2)$$

$$SRC = 100 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (RC_i - \overline{RC})^2}}{\overline{RC}} \times 100 \quad (3)$$

式中: RC_i 为被测食物蛋白质中的第*i*种必需氨基酸的氨基酸比值系数; $\overline{RC}$ 是各氨基酸比值系数的平均值;*n*为食品中必需氨基酸的数量。

1.4 数据处理

利用 Excel 和 Spss17.0 软件对测定数据进行处理, $p<0.05$ 表示有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 藜麦麸皮蛋白的氨基酸组成分析

为方便不同蛋白质的氨基酸组成进行比较,将氨基酸含量换算为单位重量蛋白质中的含量,具体结果见表 1。从表 1 中可见藜麦麸皮总蛋白中 17 种氨基酸的含量都很丰富,其中 Asp、Glu、Leu、Arg 的含量较高,超过 50 mg/g pro, Cys、Met 的含量相对较低,分别为 16.72 mg/g pro 和 17.43 mg/g pro,藜麦麸皮总蛋白的氨基酸的构成与从藜麦粉中提取的总蛋白相接近^[1]。

藜麦麸皮总蛋白和清蛋白的氨基酸构成相近,两者之间不存在显著差异性;与总蛋白和清蛋白相比,球蛋白含有较高的 Cys、Lys、His 和 Pro, 较低的 Ile、Leu、Tyr 含量;醇溶蛋白的 Thr、Ala、Cys、Val、Pro 含量要高于总蛋白和清蛋白,而 Glu、Met、Ile、Leu、Tyr、His、

Arg 的含量较其低;谷蛋白的 His 和 Pro 含量与总蛋白和清蛋白相比较较高,而 Cys、Tyr 和 Arg 含量较低。总体来看,总蛋白和清蛋白 Tyr 的含量最高,约为 26 mg/g pro, His 的含量最低,约 24 mg/g pro;球蛋白的 Lys 含量最高,52.38 mg/g pro, Ser、Gly 的含量最低;醇溶蛋白中 Thr、Ala、Cys、Val、Pro 的含量都显著高于其它蛋白,其中 Pro 约为其它蛋白的 3 倍,为 121.06 mg/g pro, 而 Glu、Met、Ile、Leu、Tyr、Arg 的含量较其它蛋白低,其中 Met 含量约为其它蛋白的 1/3, 为 6.52 mg/g pro, Tyr 含量约为其它蛋白的 1/5, 为 5.86 mg/g pro;谷蛋白的 Cys 含量最低,12.99 mg/g pro。

研究发现蛋白质中疏水氨基酸的含量与其水解后形成的多肽的活性密切相关。如具有抗氧化活性的多肽,其 N-端多为疏水性氨基酸^[2],且疏水性氨基酸的存在与其抗氧化活性呈正相关^[3];而具有较强血管紧张素转化酶(angiotensin-converting enzyme, ACE)抑制活性的多肽,其一级氨基酸序列中一般都含有大量疏水性氨基酸,且 Pro、Leu 等带正电荷的氨基酸残基如果在多肽的 C 端存在,多肽会具有更高的 ACE 抑制活性^[4]。藜麦麸皮蛋白质的氨基酸组成见表 1。

表 1 藜麦麸皮蛋白质的氨基酸组成($\bar{x}\pm s$)
Table 1 Amino acid composition of quinoa bran protein($\bar{x}\pm s$)

氨基酸名称及单位	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白
天门冬氨酸(Asp)/(mg/g pro)	81.08±0.49 ^a	81.24±0.08 ^a	73.58±2.24 ^a	76.73±4.71 ^a	78.84±1.64 ^a
苏氨酸(Thr)/(mg/g pro)	35.26±0.17 ^a	33.32±0.13 ^a	31.62±1.13 ^a	41.06±2.58 ^b	34.5±0.94 ^a
丝氨酸(Ser)/(mg/g pro)	44.48±0.57 ^a	43.72±0.12 ^a	37.64±1.24 ^b	48.56±2.58 ^a	46.98±1.15 ^a
谷氨酸(Glu)/(mg/g pro)	162.45±0.93 ^a	168.20±0.41 ^a	167.47±3.68 ^a	141.06±2.38 ^b	151.46±3.26 ^{ab}
甘氨酸(Gly)/(mg/g pro)	46.44±0.24 ^{ab}	45.64±0.19 ^{ab}	38.86±1.26 ^c	48.08±2.18 ^b	43.50±0.78 ^a
丙氨酸(Ala)/(mg/g pro)	40.53±0.18 ^a	38.51±0.14 ^a	37.14±1.08 ^a	46.64±2.85 ^b	37.40±0.71 ^a
胱氨酸(Cys)/(mg/g pro)	16.72±0.04 ^a	18.61±0.28 ^a	22.53±0.60 ^b	23.65±2.17 ^b	12.99±0.06 ^c
缬氨酸(Val)/(mg/g pro)	42.22±0.25 ^a	40.34±0.23 ^a	39.38±1.28 ^a	46.83±2.86 ^b	41.70±0.37 ^a
蛋氨酸(Met)/(mg/g pro)	17.43±0.10 ^{ab}	16.21±0.53 ^a	18.63±0.83 ^b	6.52±0.30 ^c	17.63±0.57 ^{ab}
异亮氨酸(Ile)/(mg/g pro)	35.77±0.57 ^a	34.30±0.06 ^a	30.15±0.95 ^b	27.11±2.18 ^c	36.51±0.03 ^a
亮氨酸(Leu)/(mg/g pro)	63.00±0.73 ^a	60.86±0.11 ^a	55.02±1.66 ^b	48.37±2.58 ^c	62.08±1.01 ^a
酪氨酸(Tyr)/(mg/g pro)	26.82±0.66 ^a	26.31±0.53 ^a	22.24±0.61 ^b	5.86±0.14 ^c	22.75±0.29 ^b
苯丙氨酸(Phe)/(mg/g pro)	39.52±2.68 ^{ab}	38.25±0.06 ^a	43.08±1.68 ^{ab}	42.6±2.86 ^{ab}	46.29±0.96 ^b
赖氨酸(Lys)/(mg/g pro)	36.12±1.70 ^a	38.88±0.06 ^a	52.38±1.97 ^b	37.79±2.86 ^a	41.63±1.31 ^a
组氨酸(His)/(mg/g pro)	24.04±0.86 ^a	24.43±0.30 ^a	36.69±1.81 ^b	40.19±1.63 ^b	38.52±1.20 ^b
精氨酸(Arg)/(mg/g pro)	85.04±4.79 ^a	88.34±1.03 ^a	86.30±3.78 ^a	40.48±2.31 ^b	76.31±1.36 ^c
脯氨酸(Pro)/(mg/g pro)	41.02±0.55 ^a	40.51±0.41 ^a	46.60±2.39 ^b	121.06±1.22 ^c	49.13±0.49 ^b
疏水性氨基酸占总氨基酸的百分含量/%	33.71±0.06 ^a	32.88±0.07 ^a	33.08±0.13 ^a	38.7±0.50 ^b	34.49±0.30 ^c
必需氨基酸占总氨基酸的百分含量/%	35.01±0.22 ^a	34.21±0.02 ^b	36.57±0.09 ^c	34.40±0.42 ^b	38.04±0.06 ^d

注:标注字母不同表示同行间不同种蛋白中同种氨基酸含量两者之间差异显著, $p<0.05$; * 表示人体必需氨基酸; # 表示具有较高疏水性的氨基酸。

从表1中可知,藜麦麸皮蛋白中疏水性氨基酸的比例较高,约占氨基酸总量的1/3,其中醇溶蛋白的最高,达到38.17%,其次为谷蛋白34.49%,而总蛋白、清蛋白和球蛋白三者之间的疏水性氨基酸含量的差异不显著。蛋白质的营养价值评价主要依赖于其必需氨基酸的组成及含量,藜麦麸皮蛋白中必需氨基酸的含量都高于34%,其中谷蛋白含量最高达到了38%。

2.2 藜麦麸皮蛋白质的营养评价

2.2.1 藜麦麸皮蛋白的AAS

为进一步对藜麦麸皮蛋白进行营养评价,将藜麦麸皮各类蛋白的必需氨基酸组成与目前公认的作为优质氨基酸来源的植物蛋白-大豆分离蛋白^[15]、鸡蛋蛋白^[16]以及FAO/WHO推荐人体必需氨基酸模式^[17]进行比较分析,具体数据见表2。

表2 必需氨基酸和氨基酸评分模式

Table 2 Essential amino acids and amino acid scoring patterns

mg/g pro									
氨基酸名称	藜麦麸皮提取蛋白					大豆分离蛋白 ^[15]	鸡蛋蛋白 ^[16]	FAO/WHO 推荐人体必需氨基酸评分模式 ^[17]	
	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白			0.5 岁	18 岁以上
His	24.04	24.43	36.69	40.19	38.52	29.0	22	20	15
Ile	35.77	34.30	30.15	27.11	36.51	44.8	54	32	30
Leu	63.00	60.86	55.02	48.37	62.08	70.0	86	66	59
lys	36.12	38.88	52.38	37.79	41.63	53.9	70	57	45
Met+Cys	34.15	34.82	41.16	30.17	30.62	9.9	57	28	22
Phe+Tyr	66.34	64.56	65.32	48.46	69.04	90.1	93	52	38
Val	42.22	40.34	39.38	46.83	41.70	60	66	43	39
Thr	35.26	33.32	31.62	41.06	34.5	37	47	31	23
总量	336.9	331.51	351.72	319.98	354.6	394.7	495	329	271

与大豆分离蛋白相比,藜麦麸皮各类蛋白中含硫必需氨基酸(Met+Cys)要远远大于大豆分离蛋白中的9.9 mg/g pro。此外,除球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白中的His和醇溶蛋白中的Thr略高,其他氨基酸含量都低于大豆分离蛋白;与鸡蛋蛋白相比,球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白中含有较高的His,其余氨基酸含量都明显低于鸡蛋蛋白;与FAO/WHO推荐的0.5岁幼儿必需氨基酸模式相比,除Lys、球蛋白中的Leu、醇溶蛋白中的Ile和Leu,藜麦麸皮蛋白其他氨基酸水平都要接近或

高于推荐模式;FAO/WHO推荐的18岁以上必需氨基酸模式相比,除总蛋白、清蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白Lys略低外,其它都接近或高于推荐模式。每克藜麦麸皮蛋白中必需氨基酸的总含量低于大豆分离蛋白和鸡蛋蛋白,除醇溶蛋白外,且都高于FAO/WHO推荐人体必需氨基酸评分模式中的氨基酸总含量。

利用FAO/WHO推荐0.5岁和18岁以上人体必需氨基酸评分模式对各种蛋白质的必需氨基酸进行评分,结果见表3。

表3 藜麦麸皮蛋白、大豆分离蛋白和鸡蛋蛋白的氨基酸评分

Table 3 The AASs of quinoa bran protein, soy protein isolate and egg protein

氨基酸名称	以0.5岁人体氨基酸评分模式计算各蛋白质氨基酸评分							以18~岁人体氨基酸评分模式计算各蛋白质氨基酸评分						
	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	大豆分离蛋白	鸡蛋蛋白	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	大豆分离蛋白	鸡蛋蛋白
His	120	122	183	201	193	145	110	160	163	245	268	257	193	147
Ile	112	107	94	85	114	140	169	119	114	101	90	122	149	180
Leu	95	92	83	73	94	106	130	107	103	93	82	105	119	146
Lys	63	68	92	66	73	95	123	80	86	116	84	93	120	156
Met+Cys	122	124	147	108	109	35	204	155	158	187	137	139	45	259
Phe+Tyr	128	124	126	93	133	173	179	175	170	172	128	182	237	245
Val	98	94	92	109	97	140	153	108	103	101	120	107	154	169
Thr	114	107	102	132	111	119	152	153	145	137	179	150	161	204

对于0.5岁的幼儿,藜麦麸皮总蛋白、清蛋白和谷蛋白的限制性氨基酸只有一种是Lys,球蛋白的限制

性氨基酸是一种Leu,醇溶蛋白的限制性氨基酸为Ile、Leu、Lys,其中Lys为第一限制性氨基酸,而传统的

谷物蛋白,如小麦、玉米的限制性氨基酸一般是 Lys 和 Thr^[18];大豆分离蛋白的限制性氨基酸是含硫必需氨基酸(Met+Cys)。对于年满 18 岁的成人,藜麦麸皮各类蛋白和大豆分离蛋白的限制性氨基酸种类没变,但 AAS 有所提高,分别由 63、68、83、66、73 和 35 提升为 80、86、93、84、93 和 45,但大豆分离蛋白的 AAS 远远低于藜麦麸皮蛋白,这也充分说明藜麦麸皮蛋白的必需氨基酸组成更能满足人体需求,蛋白利用更充分。鸡蛋蛋白的必需氨基酸含量丰富,对于幼儿或是成人的氨基酸评分模式,其 AAS 值都大于 100。

2.2.2 藜麦麸皮蛋白的 RC 和 SRC

氨基酸评分主要反应的是食物蛋白中氨基酸含

量与氨基酸评分模式中对应氨基酸需要量相比的满足程度,现代营养学理论认为,影响蛋白质营养价值的除了其必需氨基酸含量,还包括其必需氨基酸构成比例,及氨基酸平衡理论。而 RC 的计算依据就是氨基酸平衡理论,如果食物中氨基酸组成与推荐模式一致,则各 RC 值都应该是 1,RC 值大于 1 和小于 1 都表示偏离氨基酸模式,氨基酸不足和氨基酸过剩同样也限制蛋白质营养价值。各种氨基酸偏离推荐氨基酸模式的离散度用 SRC 表示,依据 SRC 计算公式,SRC 值越大,表示氨基酸组成与推荐模式越接近,偏离度越小,蛋白质的营养价值越高^[9]。藜麦麸皮各类蛋白、大豆分离蛋白以及鸡蛋蛋白的 RC 和 SRC 值见表 4。

表 4 藜麦麸皮蛋白、大豆分离蛋白和鸡蛋蛋白的 RC 和 SRC

Table 4 The RC and SRC values of quinoa bran protein, soy protein isolate and egg protein

氨基酸名称	以 0.5 岁人体氨基酸评分模式计算的 RC 值							以 18 岁以上人体氨基酸评分模式计算各氨基酸的 RC 值						
	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	大豆分离蛋白	鸡蛋蛋白	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	大豆分离蛋白	鸡蛋蛋白
His	1.12	1.16	1.60	1.86	1.66	1.22	0.72	1.21	1.25	1.70	1.97	1.78	1.32	0.78
Ile	1.04	1.02	0.82	0.78	0.98	1.18	1.11	0.90	0.88	0.70	0.66	0.85	1.02	0.96
Leu	0.89	0.88	0.72	0.68	0.81	0.89	0.86	0.81	0.79	0.65	0.60	0.73	0.81	0.78
Lys	0.59	0.65	0.80	0.61	0.63	0.79	0.81	0.61	0.66	0.81	0.62	0.64	0.81	0.83
Met+Cys	1.14	1.18	1.28	1.00	0.94	0.30	1.34	1.18	1.22	1.30	1.01	0.97	0.31	1.38
Phe+Tyr	1.19	1.18	1.09	0.86	1.14	1.46	1.18	1.32	1.31	1.19	0.94	1.26	1.61	1.30
Val	0.92	0.89	0.80	1.01	0.84	1.17	1.01	0.82	0.80	0.70	0.88	0.74	1.05	0.90
Thr	1.06	1.02	0.89	1.23	0.96	1.00	1.00	1.16	1.11	0.95	1.31	1.04	1.09	1.09
SCR 值	80	82.68	70	60	70	65.35	79.57	75.5	75.5	62.58	54.17	62.58	61.27	76.64

对于 FAO/WHO 推荐 0.5 岁人体必需氨基酸模式来说,藜麦麸皮总蛋白和清蛋白的 RC 值除其限制性氨基酸赖氨酸以外,都与 1 接近,因此两者的 SRC 值最高,与鸡蛋蛋白的 80 相接近;而藜麦球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和大豆分离蛋白的 RC 值偏离较大,所以 SRC 值较低,处于 60~70 之间。对于 FAO/WHO 推荐 18 岁以上人体必需氨基酸模式来说,藜麦麸皮总蛋白、清蛋白和鸡蛋蛋白的 RC 值较集中,SRC 值较高,75 左右,高于藜麦球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和大豆分离蛋白,其中醇溶蛋白的最低,仅为 54.17。而且从分析结果来看,幼儿对各类蛋白的利用率要优于成人。

2.2.3 藜麦麸皮蛋白氨基酸组成与鸡蛋蛋白氨基酸组成的贴适度

鸡蛋蛋白是优质的蛋白来源,无论从必需氨基酸的种类、数量、以及构成比例方面,都与人体需求相接近,上述评价也验证了这一点,因此,以鸡蛋蛋白的氨基酸构成为模式,采用模糊识别法,计算藜麦麸皮蛋白以及大豆分离蛋白的氨基酸构成与鸡蛋蛋白的贴

近度,比较各类蛋白与模式蛋白之间的差异,结果见表 5。

表 5 藜麦麸皮蛋白、大豆分离蛋白氨基酸组成的贴适度

Table 5 The close degrees of quinoa bran protein and soy protein isolate

蛋白名称	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	谷蛋白	大豆分离蛋白
贴适度	0.996	0.995	0.977	0.974	0.975	0.988

藜麦麸皮总蛋白和清蛋白与鸡蛋蛋白的贴适度达到了 0.995 以上,其次是大豆分离蛋白为 0.988,剩余球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白的相接近,0.975 左右。

3 结论

藜麦麸皮各类蛋白的氨基酸种类和含量丰富,疏水性氨基酸和必需氨基酸含量都达到 30 %以上,不同蛋白之间的氨基酸组成也存在差异。其中清蛋白与总蛋白的氨基酸组成相近,酪氨酸含量最高,组胺酸含量最低;球蛋白的赖氨酸含量最高,丝氨酸、甘氨酸的

含量最低;醇溶蛋白富含疏水性氨基酸,特别是脯氨酸,而蛋氨酸含量最低;谷蛋白含有最低的胱氨酸。

现代营养学理论认为,蛋白质的营养价值与蛋白质的氨基酸组成密切相关。目前常用的比较方便的评价方法就是化学分析法,包括AAS、RC、SCR等,AAS主要评价必需氨基酸的全面性和丰富程度,RC和SCR主要用于评价氨基酸的均衡型,相比于AAS,其与生物价有更好的相关性。将AAS和SCR相结合,就会对蛋白的营养价值有较为客观合理的评价。氨基酸评分结果显示藜麦麸皮总蛋白、清蛋白和谷蛋白的限制性氨基酸是Lys,球蛋白的限制性氨基酸是Leu,醇溶蛋白的限制性氨基酸为Ile、Leu、Lys,其中Lys为第一限制性氨基酸。RC、SCR和贴合度分析结果显示,藜麦麸皮总蛋白和球蛋白的营养价值与鸡蛋蛋白相近,要优于球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和大豆分离蛋白;球蛋白与谷蛋白相当,稍好于大豆分离蛋白,醇溶蛋白的营养价值最低。因此,藜麦麸皮当中的蛋白质有较高的营养价值,特别是总蛋白和球蛋白,属于优质蛋白;醇溶蛋白富含疏水性氨基酸,是潜在的活性肽来源,藜麦麸皮可以作为优质植物蛋白及活性多肽的提取来源进行深加工。

参考文献:

- [1] NAVRUZ-VARLI S, SANLIER N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 69: 371-376
- [2] NOWAK V, DU J, CHARRONDIÈRE U R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Food Chemistry, 2016, 193: 7-54
- [3] FAO. Home-international year of quinoa 2013[OL]. (2014-2-21) [2018-7-21]. <http://www.fao.org/quinoa-2013/en/>
- [4] FAO. FAOSTAT- Data [OL]. (2018-5-28) [2018-7-21]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- [5] 任贵兴,杨修仕,么杨.中国藜麦产业现状[J].作物杂志,2015(5): 1-5
- [6] VEGA-GALVEA A, MIRANDA M, VERGARA J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 90(15): 2541-2547
- [7] RUIZ G A, XIAO W K, BOEKEL M V, et al. Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Food Chemistry, 2016, 209: 203-210
- [8] OSBORNE T B. The vegetable proteins[M]. 2 ed. London: Longmans Green and Company, 1924: 667-674
- [9] 朱圣陶,吴坤.蛋白质营养价值评价——比值系数法[J].营养学报,1988,10(2): 187-190
- [10] 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
- [11] ABUGOCH L E, ROMERO N, TAPIA C A, et al. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (12): 4745-4750
- [12] ELIAS R J, KELLERBY S S, DECKER E A. Antioxidant activity of proteins and peptides[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2008, 48(5): 430-441
- [13] UDENIGWE C C, ALUKO R E. Chemometric analysis of the amino acid requirements of antioxidant food protein hydrolysates[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(5): 3148-3161
- [14] 王晓丹,薛璐,胡志和,等.ACE抑制肽构效关系研究进展[J].食品科学,2017,38(5): 305-310
- [15] TANG C H, ZI T, WANG X S, et al. Physicochemical and functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(23): 8945-8950
- [16] 孙长颢.营养与食品卫生学[M]. 6版.北京:人民卫生出版社,2011: 22-23
- [17] WHO/FAO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation[R]. Geneva: World Health Organization, 2007
- [18] DINI I, TENORE G C, DINI A. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: An interesting and underexploited andine food plant[J]. Food Chemistry, 2005, 92(1): 125-132

收稿日期:2018-07-23

进行伟大斗争、建设伟大工程、
推进伟大事业、实现伟大梦想。