

湖南产地 4 种豆类蔬菜中氨基酸组成及营养评价

左家信, 冯家力, 周丽平, 袁春晖

湖南省疾病预防控制中心, 湖南 长沙 410008

摘要: **目的** 对湖南产地 4 种豆类蔬菜的氨基酸组成及含量进行分析评价, 为豆类蔬菜合理利用提供依据。 **方法** 采用 Kjeltree 2300 自动凯氏定氮仪对湖南产地 4 种豆类蔬菜的蛋白质进行测定, 采用曼默博尔 A300 全自动氨基酸分析仪进行氨基酸成分分析; 采用氨基酸评分法对豆类营养价值进行了评价。 **结果** 豆类中氨基酸除了黑豆不含蛋氨酸外, 其余均含 17 种氨基酸; 黑豆中的蛋白质含量、氨基酸含量以及必需氨基酸含量均最高, 分别为 35.60 g/100 g、31.75 g/100 g、9.20 g/100 g; 3 种豆类蔬菜的必需氨基酸中赖氨酸含量最高, 分别为花豆 (1.39 g/100 g)、芸豆 (0.92 g/100 g)、豇豆 (1.07 g/100 g), 黑豆的必需氨基酸中赖氨酸含量居第二 (1.91 g/100 g), 略低于亮氨酸; 芸豆中赖氨酸含量 (44.88 mg/g 蛋白) 低于 WHO/FAO 模式 (55 mg/g 蛋白), 其余 3 种豆类蔬菜的赖氨酸含量均高于或者接近 WHO/FAO 模式 (55 mg/g 蛋白) 和卵清蛋白模式 (55 mg/g 蛋白), 分别为花豆 (72.40 mg/g 蛋白)、豇豆 (53.77 mg/g 蛋白)、黑豆 (53.65 mg/g 蛋白); 4 种豆类蔬菜的限制氨基酸均为异亮氨酸或缬氨酸或色氨酸。 **结论** 豆类蔬菜中赖氨酸含量优异, 具有较高的营养价值; 可以通过与富含异亮氨酸、缬氨酸、色氨酸的食物等进行结合食用, 构建合理膳食, 提高食用价值。

关键词: 湖南; 产地; 豆类蔬菜; 氨基酸; 营养评价

中图分类号: R151.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)02-0174-05 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.02.012

Amino acid composition and nutritional value evaluation of four kinds of legume vegetables produced in Hunan

ZUO Jia-xin, FENG Jia-li, ZHOU Li-ping, YUAN Chun-hui

Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha, Hunan 410008, China

Corresponding author: YUAN Chun-hui, E-mail: 13617316266@139.com

Abstract: **Objective** To analyze and evaluate amino acid composition and contents of four kinds of legume vegetables produced in Hunan so as to provide a basis for rational utilization of bean products. **Methods** Kjeltree 2300 Automatic Nitrogen Determinator Kjeldahl Apparatus was used to determine the proteins in four kinds of legume vegetables produced in Hunan Province. Amino acid composition was measured using membra Pure GmbH A300 automatic amino acid analyzer. The nutritional value of legume vegetables was evaluated by the amino acid score method. **Results** There were 17 kinds of amino acids in legume vegetables except black soya bean without methionine. The contents of protein, amino acids and essential amino acids in black soya bean were the highest, which were 35.60 g/100 g, 31.75 g/100 g, and 9.20 g/100 g, respectively. The content of lysine in essential amino acids in three kinds of legume vegetables was the highest, which were flower bean (1.39 g/100 g), kidney bean (0.92 g/100 g) and cowpea (dry, seed) (1.07 g/100g), respectively. The content of lysine in essential amino acids in black soya bean was the second (1.91 g/100 g), which was slightly lower than that of leucine. The contents of lysine in legume vegetables, including flower bean (72.40 mg/g protein), cowpea (dry, seed) (53.77 mg/g protein), and black soya bean (53.65 mg/g protein), were all higher than or approached the WHO/FAO model value (55 mg/g protein) and ovalbumin pattern value (55 mg/g protein) except that the content of lysine in kidney bean (44.88 mg/g protein) was lower than the WHO/FAO model value (55 mg/g protein). The limited amino acid in four kinds of legume vegetables was isoleucine/valineor/tryptophane. **Conclusion** Legume vegetables have high lysine content and high nutritional value. We can adopt a mode of eating combined food with high contents of isoleucine, valineor and tryptophane to construct a reasonable diet, and improve the edible value of legume vegetables.

Keywords: Hunan; place of production; legume vegetable; amino acid; nutritional evaluation

基金项目: 国家卫生健康委员会食物成分监测项目

作者简介: 左家信 (1986-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 主管技师, 主要从事理化检验技术研究工作。

通信作者: 袁春晖, E-mail: 13617316266@139.com。

豆类的营养价值非常高,我国传统饮食讲究“五谷宜为养,失豆则不良”^[1]。豆类中的蛋白质含量高,质量优,营养价值大,可被人体充分利用,是平常膳食补充蛋白质可首选考虑,在日常饮食中,如果光吃谷类,失去豆类的补充,营养就会失衡^[2-3]。因此,在日常生活中豆类蔬菜是不可或缺的饮食成分。而氨基酸作为蛋白质的分解产物是评价食品营养价值的重要指标^[4-5]。目前关于豆类营养评价的文献并不多见^[6-9],而对豆类氨基酸营养价值进行全面评价的文献非常少。本研究对湖南产地 4 种豆类蔬菜的氨基酸组成及含量进行分析评价,为合理膳食提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 根据中国疾病预防控制中心营养与健康所编制的《中国食物营养成分监测 2014—2016 年技术方案》的工作安排,为及时完成湖南食物营养成分监测工作,选择湖南消费频率大、食用量大的 30 种杂粮、杂豆、蔬菜等原型食物。其中,4 种豆类蔬菜分别为花豆、芸豆、豇豆和黑豆,均采集自湖南省长沙市、岳阳市、常德市的超市或农贸市场。采样方式为:每座城市随机选取 3 处采样点,每个采样点采集全部 4 种豆类蔬菜,每个采样点每种样各采 1 kg,每类样品共 9 kg,常温运输,来自 9 个采样点的豆类蔬菜按照种类分别混合、缩分并打碎匀浆混匀,所制得的每类样品均被分为 3 份,每份 200 g,置于 4 ℃ 冰箱冷藏保存,备用。

1.2 主要仪器 A300 全自动氨基酸分析仪(德国曼默博尔公司);Kjeltec2300 自动凯氏定氮仪(丹麦福斯公司);GZX-GF101-1-BS 电热鼓风恒温干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司);AJ100 电子天平[瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司]。

1.3 检测方法 蛋白质含量依据《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5-2016)中凯氏定氮法测定^[10];氨基酸含量依据《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》(GB 5009.124-2016)中茚三酮柱后衍生法测定^[11];其中,色氨酸的样品前处理参照《中华人民共和国国家标准 饲料中氨基酸的测定》(GB/T 18246-2000)^[12]。

1.4 营养评价方法 本研究通过使用凯氏定氮仪和氨基酸自动分析仪,测定湖南产地 4 中常见豆类蔬菜中的蛋白质和 16 种氨基酸的含量,分析必需氨基酸的含量,采用氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分法(chemistry score, CS)、氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RCAA)以及氨基酸比值系数分(score of

ratio coefficient of amino acid, SRCAA) 等营养学方法对豆类氨基酸进行全面营养价值评价。

AAS 根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)提出的方法计算^[13];CS 采用 FAO 推荐的方法计算^[14-15];RAA 和 SRCAA 根据朱圣陶等提出的方法计算^[16-17]。计算公式如下:

$$AAS = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{WHO/FAO 评价标准模式中相应必需氨基酸含量 (mg/g)}} \times 100$$

$$CS = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{卵清蛋白模式中相应必需氨基酸含量 (mg/g)}} \times 100$$

$$RAA = \frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg/g 蛋白质)}}{\text{WHO/FAO 评价标准模式中相应必需氨基酸含量 (mg/g 蛋白质)}} \times 100$$

$$RCAA = \frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸的 RAA}}{\text{各种氨基酸 RAA 的平均值}}$$

$$SRCAA = 100 \times (1 - CV)$$

$$CV = \frac{RCAA \text{ 的标准差}}{RCAA \text{ 的均值}}$$

氨基酸平衡理论认为待测蛋白的氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式或卵清蛋白模式越接近,表明其蛋白质质量越好。由于酪氨酸由苯丙氨酸转变而来,所以将酪氨酸与苯丙氨酸合并计算^[17]。

AAS 是指待测蛋白质中的某一必需氨基酸含量与 WHO/FAO 提出的理想模式中的相应氨基酸含量作比较,二者的比值越接近 100,说明蛋白质的营养价值就越高。AAS 值低于 100 的为限制性氨基酸,其中最小的为第一限制氨基酸^[17]。

CS 是指待测蛋白质的某一必需氨基酸含量与人体需要最接近的卵清蛋白模式中相应氨基酸含量作比较。CS 值越接近 100,与标准蛋白的组成越接近。CS 值小于 100 的为限制氨基酸,最小的为第一限制氨基酸^[17]。

根据豆类蔬菜的必需氨基酸含量及比例计算 RAA、RCAA 和 SRCAA,可以直观评价其营养价值。当氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式蛋白氨基酸越接近时,则 RCAA 越接近 1;当必需氨基酸相对过剩时,则 RCAA 值大于 1;当必需氨基酸含量不足时,则 RCAA 小于 1,其中,含量最低的为该蛋白第一限制氨基酸。SRCAA 越接近 100,则 RCAA 就越集中,营养价值就越高。

1.5 数据处理 所有试验均平行测定 2 次,取平均值。用样本加标准作回收率试验,对全程进行质量控制,回收率在 95% 以上为试验质量达标。用 Excel 2010 对所有数据进行分析。

2 结 果

2.1 4 种豆类蔬菜氨基酸组成分析 氨基酸的种类和含量直接决定了食物蛋白质的优良程度。4 种豆类蔬菜蛋白质含量介于 19.2~35.6 g/100 g 之间,蛋白质含量均较高;氨基酸含量介于 13.27~31.75 g/100 g 之间,氨基酸含量也均较高,其中,芸豆氨基酸含量最低,而黑豆氨基酸含量最高。所测 17 种氨基酸种类基本齐全,4 种豆类蔬菜中氨基酸含量中以谷氨酸、天冬氨酸、丝氨酸、赖氨酸、亮氨酸、精氨酸含量较高,这 6 种氨基酸总量分别占氨基酸总量的 60.29%~62.98%。见表 1。4 种豆类蔬菜中必需氨基酸含量在 4.07~9.20 g/100 g 之间,其中,芸豆最低,为 4.07 g/100 g,含量最高为黑豆,为 9.20 g/100 g;4 种豆类蔬菜中必需氨基酸含量由高到低顺序依次为黑豆、花豆、豇豆、芸豆;在必需氨基酸中,花豆、豇豆和芸豆中以赖氨酸含量最高,占氨基酸总量介于 6.76%~7.03%之间;而黑豆中以亮氨酸含量最高,占氨基酸总量为 6.87%,赖氨酸含量居于第二位,占 6.02%。

2.2 4 种豆类蔬菜氨基酸营养价值评价

2.2.1 必需氨基酸组成成分分析 花豆中必需氨基酸含量为 365.10 mg/g 蛋白,高于 WHO/FAO 模式(325 mg/g 蛋白),但低于卵清蛋白模式(425 mg/g 蛋白),其余三种均低于这两种模式;从单个必需氨基酸看,苯丙氨酸+酪氨酸含量最高,介于 52.20~78.13 mg/g蛋白之间,其中黑豆、花豆、豇豆中的苯丙氨酸+酪氨酸含量(78.09 mg/g 蛋白、78.13 mg/g、

67.34 mg/g 蛋白)高于 WHO/FAO 模式(60 mg/g 蛋白);除了芸豆以外,另外 3 种豆类的赖氨酸含量(72.40 mg/g 蛋白、53.77 mg/g 蛋白、53.65 mg/g 蛋白)均高于或者接近 WHO/FAO 模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白),说明赖氨酸含量优异,具有较高的食用价值,见表 2。

表 1 湖南产地 4 种豆类蔬菜的蛋白质和氨基酸组成及含量(g/100 g)

成分	花豆	芸豆	豇豆	黑豆
蛋白质	19.20	20.50	19.90	35.60
赖氨酸 ^a	1.39	0.92	1.07	1.91
缬氨酸 ^a	0.54	0.36	0.42	0.94
苏氨酸 ^a	0.99	0.64	0.64	1.44
异亮氨酸 ^a	0.42	0.23	0.30	0.76
苯丙氨酸 ^a	1.02	0.68	0.89	1.59
蛋氨酸 ^a	0.06	0.05	0.10	0.00
亮氨酸 ^a	1.28	0.85	1.05	2.18
色氨酸 ^a	0.89	0.34	0.03	0.38
谷氨酸 ^b	3.47	2.50	3.29	6.47
丙氨酸 ^b	0.96	0.74	0.85	1.56
甘氨酸 ^b	0.89	0.67	0.78	1.55
脯氨酸 ^b	0.71	0.54	0.63	1.42
丝氨酸 ^b	1.59	1.06	1.12	2.19
酪氨酸 ^b	0.48	0.39	0.45	1.19
组氨酸 ^b	0.78	0.63	0.77	1.15
天冬氨酸 ^b	3.04	1.83	2.26	4.50
精氨酸 ^b	1.26	0.84	1.18	2.52
TAA	19.77	13.27	15.83	31.75
EAA	6.59	4.07	4.50	9.20
NEAA	13.18	9.20	11.33	22.55
EAA/TAA(%)	33.33	30.67	28.43	28.98
EAA/NEAA(%)	50.00	44.24	39.72	40.80

注:TAA 为氨基酸总量;EAA 为必需氨基酸;NEAA 为非必需氨基酸;a 为 EAA,b 为 NEAA。

表 2 湖南产地 4 种豆类蔬菜中必需氨基酸的组成及比较分析(mg/g 蛋白)

氨基酸	花豆	芸豆	豇豆	黑豆	WHO/FAO 模式值	卵清蛋白模式值
苏氨酸	51.56	31.22	32.16	40.45	40	51
缬氨酸	28.13	17.56	21.11	26.40	50	64
异亮氨酸	21.88	11.22	15.08	21.35	40	66
苯丙氨酸+酪氨酸	78.13	52.20	67.34	78.09	60	100
亮氨酸	66.67	41.46	52.76	61.24	70	73
赖氨酸	72.40	44.88	53.77	53.65	55	55
色氨酸	46.35	16.59	1.51	10.67	10	16
总含量	365.10	215.12	243.72	291.85	325	425

2.2.2 AAS 花豆和芸豆的异亮氨酸 AAS 均低于 100,且为其必需氨基酸评分中的最低值,因此第一限制氨基酸均为异亮氨酸,而豇豆中色氨酸的 AAS 最低,为 15.08,因此第一限制氨基酸为色氨酸,黑豆中缬氨酸的 AAS 最低,为 52.81,因此第一限制氨基酸为缬氨酸;花豆中的苏氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、赖氨酸、色氨酸,豇豆中的苯丙氨酸+酪氨酸,黑豆中的苏氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、色氨酸的 AAS 均大于 100,说明这几种氨基酸的模式为最优,有利于人体的吸收和利用,见表 3。

表 3 湖南产地 4 种豆类蔬菜 AAS

氨基酸	花豆	芸豆	豇豆	黑豆
苏氨酸	128.91	78.05	80.40	101.12
缬氨酸	56.25	35.12	42.21	52.81
异亮氨酸	54.69	28.05	37.69	53.37
苯丙氨酸+酪氨酸	130.21	86.99	112.23	130.15
亮氨酸	95.24	59.23	75.38	87.48
赖氨酸	131.63	81.60	97.76	97.55
色氨酸	463.54	165.85	15.08	106.74

2.2.3 CS 花豆、芸豆和黑豆中异亮氨酸 CS 为最低,其 CS 范围为 17.00~33.14,因此,第一限制氨基酸均

为异亮氨酸;而豇豆中色氨酸 CS 为最低,仅为 9.42,因此,第一限制氨基酸为色氨酸,见表 4。

表 4 湖南产地 4 种豆类蔬菜化学评分(CS)

氨基酸	花豆	芸豆	豇豆	黑豆
苏氨酸	101.10	61.21	63.06	79.31
缬氨酸	43.95	27.44	32.98	41.26
异亮氨酸	33.14	17.00	22.84	32.35
苯丙氨酸+酪氨酸	78.13	52.20	67.34	78.09
亮氨酸	91.32	56.80	72.28	83.88
赖氨酸	131.63	81.60	97.76	97.55
色氨酸	289.71	103.66	9.42	66.71

2.2.4 氨基酸比值系数法评价结果 花豆和芸豆中的异亮氨酸 RCAA 分别为 0.36 和 0.37,豇豆中的色氨

表 5 湖南产地 4 种豆类蔬菜必需氨基酸的 RAA、RCAA、SRCAA

名称	参数	苏氨酸	赖氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	色氨酸	平均值	SRCAA
花豆	RAA	1.29	1.32	0.56	0.55	0.95	1.30	4.64	1.52	
	RCAA	0.85	0.87	0.37	0.36	0.63	0.86	3.05	1.00	6.45
芸豆	RAA	0.78	0.82	0.35	0.28	0.59	0.87	1.66	0.76	
	RCAA	1.03	1.08	0.46	0.37	0.78	1.14	2.18	1.01	40.20
豇豆	RAA	0.80	0.98	0.42	0.38	0.75	1.12	0.15	0.66	
	RCAA	1.21	1.48	0.64	0.58	1.14	1.70	0.23	1.00	46.64
黑豆	RAA	1.01	0.98	0.53	0.53	0.87	1.30	1.07	0.90	
	RCAA	1.12	1.09	0.59	0.59	0.97	1.44	1.19	1.00	68.45

3 结 论

本文使用多种方法从不同的角度对湖南产地 4 种豆类蔬菜的氨基酸组成及营养进行评价,AAS 是从蛋白质营养价值角度进行评价,AAS 值越高,说明蛋白质营养价值越高;CS 则是与人体需要最接近的卵清蛋白中的氨基酸模式做比较,CS 值越接近 100,则与标准蛋白的组成越接近,越利于人体吸收;氨基酸比值系数法,又是从另一个角度进行评价,一种蛋白质营养价值高,并不一定代表能够全部被人体吸收,当氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式蛋白氨基酸越接近时,则 RCAA 越接近 1,RCAA 等于 1 就说明能够全部被人体吸收,RCAA 小于 1,则说明不足,RCAA 大于 1,则说明营养过剩;因此用三种不同的评价方式,得出来的第一限制氨基酸不同,因为三者的第一限制氨基酸是从不同角度分析。

湖南产地 4 种豆类蔬菜除了黑豆不含蛋氨酸外,其余均含 17 种氨基酸;黑豆中的蛋白质含量和氨基酸含量最高,同时黑豆中的必需氨基酸含量也最高;4 种豆类蔬菜中有 3 种的必需氨基酸中赖氨酸含量最高,而黑豆中的赖氨酸含量也较高,略低于亮氨酸,排在第二位,因此可以为合理利用豆类蔬菜中的赖氨酸提供科学依据和数据支撑;赖氨酸在促进人体生长发育、增强机体免疫力、抗病毒、促进脂肪氧化、缓解焦虑情绪

酸 RCAA 为 0.23,黑豆中的缬氨酸和异亮氨酸 RCAA 均为 0.59,均为相应 RCAA 中的最小值,因此花豆和芸豆的第一限制氨基酸为异亮氨酸,豇豆的第一限制氨基酸为色氨酸,黑豆的第一限制氨基酸为异亮氨酸和缬氨酸。4 种豆类蔬菜中,黑豆的 SRCAA 为 68.45,超过薏苡仁(48.01),是营养价值较高的植物蛋白^[18];同时,SRCAA 超过 50,说明蛋白营养价值均衡,易被人体吸收^[19];芸豆和豇豆的 SRCAA 分别为 40.20 和 46.64,接近薏苡(48.01),而花豆的 SRCAA 为 6.45,远远低于薏苡(48.01),说明 4 种豆类蔬菜的营养价值顺序为黑豆、豇豆、芸豆、花豆,见表 5。

等方面都具有积极的营养学意义,同时也能促进某些营养素的吸收,能与一些营养素协同作用,更好地发挥各种营养素的生理功能^[20-23]。除了芸豆以外,另外 3 种豆类的赖氨酸含量均高于或者接近 WHO/FAO 模式和卵清蛋白模式,说明赖氨酸含量优异,具有较高的食用价值;在 4 种豆类蔬菜的氨基酸比值系数法中,黑豆的蛋白质是营养价值较高的植物蛋白;同时,该植物蛋白营养价值均衡,易被人体吸收,芸豆和豇豆的营养价值也较高,花豆营养价值最低。4 种豆类蔬菜的限制氨基酸均为异亮氨酸或缬氨酸或色氨酸,可以通过与富含异亮氨酸、缬氨酸或色氨酸的食物,比如各种蛋类、大豆及其制品、花生、黑米、黑麦、全麦、糙米、香菇、蘑菇、鱼类与奶制品等进行结合食用,发挥蛋白质互补作用,以提高其食用价值,具有一定的食用指导意义。

综上所述,该研究的创新性在于,通过食物成分的测定,运用科学的 AAS、CS、RAA、RCAA 以及 SRCAA 等营养学方法,可以为饮食搭配提供科学的建议,具有现实指导意义。

参考文献

[1] 于立梅,于新,曾晓房,等. 不同豆类发芽过程中营养成分的变化[J]. 食品与发酵工业, 2010,36(7):23-26.
[2] 李雪琴,苗笑亮,裴爱泳. 蚕豆分离蛋白的制备及其功能性质研究[J]. 粮食与饲料工业,2003,30(5):41-43.