

7种苦味竹笋蛋白质营养品质差异分析

檀笑阳, 许畅, 高远, 王斯逸, 刘启凡, 郭杨, 余学军

(浙江农林大学 竹子研究院, 省部共建亚热带森林培育国家重点实验室, 浙江 杭州 311300)

摘要: 为了探究撑篙竹 *Bambusa pervariabilis* 笋、牛角竹 *Bambusa cornigera* 笋、大叶慈 *Dendrocalamus farinosus* 笋、硬头黄竹 *Bambusa rigida* 笋、料慈竹 *Bambusa distegia* 笋、慈竹 *Neosinocalamus affinis* 笋和佯黄竹 *Bambusa changningensis* 笋7种苦味竹笋之间蛋白质营养品质的差异, 对其蛋白质含量和16种游离氨基酸含量进行了测定, 并对反映其蛋白质营养价值的氨基酸评分(AAS)、氨基酸化学评分(CS)、比值系数(RC)和比值系数分(SRC)进行了比较。结果表明, 7种苦味竹笋的蛋白质含量在1.56~2.46 g·100 g⁻¹, 其中慈竹笋的蛋白质含量最高, 为2.46 g·100 g⁻¹; 7种苦味竹笋的氨基酸总量在1 164.33~1 722.67 mg·100 g⁻¹, 亮氨酸是7种苦味竹笋中含量最高的必需氨基酸, 天冬氨酸是7种苦味竹笋中含量最高的非必需氨基酸; 在蛋白质营养价值方面, 参考AAS和CS, 慈竹笋的营养价值相对其他几种竹笋要好, 具有很高的开发价值, 但是结合RC、SRC和EAA/TAA值分析, 硬头黄竹笋的必需氨基酸组成较其他几个品种更加合理, 可以对其充分利用。以上研究结果为苦味竹笋在食品工业中的科学开发和应用提供了理论基础。

关键词: 苦味竹笋; 蛋白质; 氨基酸组成; 营养价值

中图分类号: S795 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2023)04-0050-07

Analysis on Protein and Amino Acid Content in Bitter Bamboo Shoots

TAN Xiaoyang, XU Chang, GAO Yuan, WANG Siyi, LIU Qifan, GUO Yang, YU Xuejun

(State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: In July 2021, bitter shoots of *Bambusa pervariabilis*, *B. cornigera*, *Dendrocalamus farinosus*, *B. rigida*, *B. distegia*, *Neosinocalamus affinis* and *B. changningensis* were harvested from Century Bamboo Garden in Changning, Sichuan province. Determinations were carried out on content of protein and 16 free amino acids. Evaluation was made on amino acid score (AAS) and amino acid chemical score (CS) reflecting the protein nutritional value, and analysis was made on the ratio coefficient (RC) and ratio coefficient score (SRC) of amino acid. The results showed that the protein content in tested bitter bamboo shoots varied from 1.56 to 2.46 g·100 g⁻¹, and the highest was in *N. affinis*, 2.46 g·100 g⁻¹. The total amino acid content of the tested bitter bamboo shoot ranged from 1 164.33 to 1 722.67 mg/100 g. Leu content was the highest essential amino acid in the seven bamboo shoots, and Asp content was the highest non-essential amino acid. With reference to AAS and CS, the nutritional value of *N. affinis* was better than that of the left shoots. However, based on the analysis of RC, SRC and EAA/TAA values, the essential amino acid composition of *B. rigida* was more reasonable than other species.

Key words: bitter bamboo shoot; protein; amino acid composition; nutritive value

从食物中摄取的营养对人体健康起着至关重要的作用。食物的营养价值主要与其蛋白质含量和氨基酸组成

收稿日期: 2023-01-21; 修回日期: 2023-04-16

基金项目: 宜宾市竹产业发展资金项目(2020YLZ003)

作者简介: 檀笑阳, 硕士, 从事竹笋品质研究; E-mail:1207861358@qq.com。通信作者: 余学军, 教授级高级工程师, 从事竹子栽培与利用、竹食品研究; E-mail:yuxj@zafu.edu.cn。

有关, 这是促进人体健康的必要组成部分^[1]。了解食品的氨基酸结构和蛋白质质量是评估其营养价值的一个关键标准, 也是营养、食品和健康相关领域政策制定的重要依据^[2]。蛋白质作为三大营养物质之一, 其营养价值取决于两个方面, 一个是总蛋白质含量, 一个是蛋白质中必需氨基酸组成的平衡程度^[3]。氨基酸是构成蛋白质的基本单位, 通过代谢途径, 在人体内可以发挥重要作用^[4]。氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸。

竹笋作为蔬菜, 其必需氨基酸含量与蘑菇相当, 高于普通蔬菜, 且竹笋中含有物质的许多功能成分已被证明, 具有抗氧化、降血脂、益生元活性、抗糖尿病、抗肥胖、抗炎和抗高血压的作用^[5-7]。前人在竹笋蛋白质方面也做了许多研究, Tang 等^[8]发现发酵和高温杀菌是产品质量的决定性因素。在 25 °C 下发酵 3 d, 竹笋蛋白质和总氨基酸含量显著增加; 竹笋浸泡液经杀菌处理后氨基酸总量增加约 8 倍, 而经过干燥加工后, 竹笋的可溶性蛋白质的含量会降低^[9]。李东林等^[10]发现竹笋的采收期不同会影响到竹笋中蛋白质的含量, 但不同竹种竹笋中蛋白质的含量变化有所不同。伍明理等^[11]发现不同竹笋中的氨基酸总量差异较大。

苦味竹笋是指在食用感觉上呈苦味的竹笋。近几年, 随着绿色食品概念的引入, 苦味竹笋逐渐进入大众的视野, 研究发现苦味竹笋具有良好的抗氧化能力及抑制亚硝化活性功能, 是开发防癌抗衰老产品的潜在材料^[5]。苦味竹笋因其较高的药用价值和开发利用前景而受到广泛关注, 但是关于苦味竹笋中蛋白质和氨基酸的研究较少, 也没有与苦味竹笋蛋白质营养价值比较分析相关的文章。因此, 本试验可以为竹笋在食品工业中的科学开发和应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于在四川长宁县世纪竹园, 园区总面积 200 hm², 地理坐标为 104.56°455' E, 28.30°874' N; 属亚热带湿润季风气候, 年均气温为 17.5 °C, 年平均降水量为 1 070.4 mm; 土壤类型为紫色土; 地带性植被类型为亚热带常绿阔叶林。

世纪竹园是目前世界上面积最大、品种最多的竹类植物园和竹种基因库。竹园内有世界各地的竹类品种 427 种^[12], 拥有众多苦笋类竹种, 如慈竹 *Neosinocalamus affinis*、硬头黄竹 *Bambusa rigida* 等。

1.2 试验方法

2021 年 7 月中旬, 在试验地完整地挖取露土 30 cm 左右高度的撑篙竹 *B. pervariabilis* 笋、牛角竹 *B. cornigera* 笋、大叶慈 *Dendrocalamus farinosus* 笋、硬头黄竹笋、料慈竹 *B. distegia* 笋、慈竹笋、佯黄竹 *B. changningensis* 笋 7 种竹笋, 要求挖取的每种竹笋笋体完整, 采集完成后用冰袋和泡沫箱保存, 冷藏运输至实验室。对采挖的竹笋在 10 h 内剥去笋衣, 用不锈钢刀切去不可食部分, 然后将其切成 3 cm × 0.5 cm × 0.2 cm (长 × 宽 × 厚) 的小笋条。置于烘箱中, 在 100 °C 下烘 30 min, 然后在 75 °C 下烘干至恒质量, 取出并粉碎至全部通过 40 目筛, 混合均匀后保存于干燥罐中备用。

参照《GB5009.5—2016 食品中蛋白质的测定》对 7 种苦味竹笋中的蛋白质含量进行测定; 采用氨基酸分析仪测定游离氨基酸的含量, 本试验测定了 7 种苦味竹笋中的 16 种游离氨基酸含量——7 种必需氨基酸(苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸)和 9 种非必需氨基酸(天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸)。所有实验均重复三次。

1.3 数据处理与统计分析

试验的所有数据在 Excel 2016 统计软件中进行整理和图表制作, 用 SPSS 22.0 进行单因素方差分析, 并根据所得信息对 7 种竹笋的蛋白质营养价值进行综合评价。

参照钱爱萍^[13]等的方法, 以联合国粮农组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 提出的必需氨基酸模式以及全蛋理想氨基酸模式^[14]分别计算竹笋中的氨基酸评分以及氨基酸化学评分, 各标准模式必需氨基酸含量见表 1。

分别用以下公式计算氨基酸评分 (AAS)、氨基酸化学评分 (CS)、比值系数 (RC) 和比值系数分 (SRC)

$$AAS = \frac{\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO 模式中相应必需氨基酸含量}} \times 100$$

$$CS = \frac{\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸含量}}{\text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}} \times 100$$

$$RC = \frac{AAS}{AAS \text{ 均值}}$$

$$SRC = 100 - 100 \times CV$$

式中, CV 为 RC 的变异系数。

表 1 FAO/WHO 以及全蛋标准模式必需氨基酸含量
Tab. 1 Essential amino acid pattern of FAO/WHO and whole egg model

模式	含量/(g·100 g ⁻¹)							
	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸+胱氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	苏氨酸	色氨酸	缬氨酸
FAO/WHO 模式	4.0	7.0	5.5	3.5	6.5	4.1	1.0	5.0
全蛋标准模式	5.4	8.6	7.0	5.7	9.3	4.7	1.7	6.6

2 结果与分析

2.1 7 种苦味竹笋的蛋白质含量

蛋白质是人类食物中最重要的大量营养素之一, 参与各种生理功能。7 种苦味竹笋中的蛋白质含量如表 2。由表 2 可知, 不同的苦味竹笋中的蛋白质含量不同, 7 种苦味竹笋的蛋白质含量为 1.56 ~ 2.46 g·100 g⁻¹, 除了牛角竹笋和大叶慈笋之间无显著差异, 其余竹笋间的蛋白质含量均差异极显著 ($P < 0.01$), 其中含量最高的为慈竹笋 (2.46 g·100 g⁻¹), 其次为撑篙竹笋 (2.24 g·100 g⁻¹), 含量最低的为伴黄竹笋 (1.57 g·100 g⁻¹)。

表 2 7 种苦味竹笋蛋白质含量比较
Tab. 2 Protein content in 7 species of bitter bamboo shoots

竹种	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	伴黄竹
蛋白质/(g·100 g ⁻¹)	2.24±0.01C	1.84±0.02D	1.86±0.03D	1.71±0.01E	2.33±0.01B	2.46±0.06A	1.57±0.01F

注: 同一行不同大写字母表示组间的差异性极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 7 种苦味竹笋的氨基酸含量

7 种苦味竹笋中的 16 种游离氨基酸含量 (7 种必需氨基酸和 9 种非必需氨基酸) 如表 3。由表 3 可知, 7 种苦味竹笋中的氨基酸总量在 1 164.33 ~ 1 722.67 mg·100 g⁻¹。总氨基酸含量在不同竹笋间均有显著差异 ($P < 0.05$)。考虑到食物蛋白质的氨基酸组成不仅与遗传背景有关, 而且与土壤类型等生长环境有关, 本研究所分析的竹笋是在同一时间、同一经营水平采收的。由此可见, 这 7 种竹笋间的遗传特征对氨基酸含量有决定性的影响。

2.2.1 必需氨基酸含量比较 人体不能自行合成或者合成速度远不能满足机体的需要, 必须从外界通过食物获取的氨基酸, 称为必需氨基酸。由表 3 可知, 7 种苦味竹笋中的必需氨基酸含量在 433.00 ~ 539.00 mg·100 g⁻¹, 其中, 慈竹笋中的总必需氨基酸含量最高 (539.00 mg·100 g⁻¹), 硬头黄竹笋中的总必需氨基酸含量最低 (433.00 mg·100 g⁻¹)。在所有必需氨基酸中, 参与蛋白合成的亮氨酸是 7 种苦味竹笋中含量最高的必需氨基酸。EAA/TAA 值往往可以更准确地表现不同食品的营养价值, 一般必需氨基酸占总氨基酸含量 40%左右的蛋白质为优质蛋白质。本试验中所有苦味竹笋的必需氨基酸含量均超过其氨基酸总量的 30%以上, 其中牛角竹笋和硬头黄竹笋中的必需氨基酸含量占总氨基酸含量的比值较高, 最接近优质蛋白, 此外竹笋中每种必需氨基酸的含量都存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.2.2 非必需氨基酸含量比较 非必需氨基酸是那些可以在动物和人类体内合成的氨基酸。有研究表明, 非必

需氨基酸不仅对食物的味道, 而且对动物和人类的生长和健康都至关重要。由表 3 可知, 7 种苦味竹笋中的总非必需氨基酸含量在 $731.33 \sim 1\,183.67 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 其中, 慈竹笋中的总非必需氨基酸含量最高, 硬头黄竹笋中的总非必需氨基酸含量最低; 所有苦味竹笋中的非必需氨基酸含量均有明显差异。7 种苦味竹笋中均含有丰富的天冬氨酸, 含量高达 $140.67 \sim 255.33 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 天冬氨酸是一种鲜味成分^[15], 另一种鲜味成分谷氨酸含量排名第二, 含量为 $190.00 \sim 245.00 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 丙氨酸次之, 含量为 $89.00 \sim 123.00 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。慈竹笋与其他竹种的竹笋相比, 含有丰富的精氨酸, 含量为 $104.33 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。

表 3 7 种苦味竹笋氨基酸含量比较
Tab. 3 Amino acid content in 7 species of bitter bamboo shoot

氨基酸	含量/($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)						
	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	佯黄竹
苏氨酸*	67.00±1.00bc	65.00±2.00bc	64.00±2.00c	55.33±0.58d	68.00±0.00b	83.00±0.00a	66.67±2.52bc
缬氨酸*	79.33±0.58b	77.00±0.00c	77.67±0.58bc	67.00±0.00e	75.00±1.00d	86.33±1.53a	79.33±1.53b
蛋氨酸*	26.00±1.00b	23.67±0.58c	26.67±0.58b	21.67±0.58d	20.67±0.58d	26.00±1.00b	29.00±1.00a
异亮氨酸*	58.67±0.58b	55.00±0.00c	55.00±0.00c	51.00±2.00d	52.00±0.00d	60.33±0.58a	59.00±0.00ab
亮氨酸*	112.33±0.58a	103.67±2.52b	101.00±1.00c	98.33±0.58d	99.00±0.00cd	114.33±0.58a	114.70±1.53a
苯丙氨酸*	62.33±0.58b	54.00±1.00de	54.00±1.00de	55.00±0.00cd	52.33±2.52e	57.00±1.00c	65.00±0.00a
赖氨酸*	104.33±0.58b	100.33±0.58c	97.33±1.53d	84.67±0.58e	96.67±0.58d	112.00±1.00a	103.30±2.52b
天冬氨酸	234.00±2.00b	191.00±2.00c	233.00±4.00b	140.67±0.58e	256.00±0.00a	255.33±3.51a	165.00±5.00d
丝氨酸	80.00±0.00bc	75.33±3.51d	77.00±4.00cd	63.00±1.00e	83.00±1.00b	104.00±2.00a	73.30±1.53d
谷氨酸	206.00±3.00d	190.33±1.53e	213.67±3.51c	173.67±0.58f	221.00±0.00b	245.33±1.53a	208.00±5.00d
甘氨酸	73.00±0.00b	71.67±0.58bc	72.33±0.58b	62.67±0.58d	69.67±1.53c	78.00±1.00a	73.33±2.52b
丙氨酸	102.67±0.58c	97.33±1.53d	101.00±2.00cd	89.00±1.00e	111.00±2.00b	123.67±2.52a	113.00±3.00b
酪氨酸	58.33±2.52c	48.67±1.53d	50.00±1.00d	49.00±2.00d	97.00±1.00b	154.00±0.00a	61.33±1.53c
组氨酸	32.00±0.00c	32.00±1.00c	34.33±0.58b	27.67±0.58d	39.00±1.00a	39.67±1.53a	34.33±0.58b
精氨酸	91.00±1.00b	82.00±2.00cd	84.00±0.00c	65.67±2.52e	91.00±3.00b	104.33±0.58a	79.70±1.53d
脯氨酸	77.33±1.53a	72.00±1.00b	69.00±1.00c	60.00±1.00d	71.67±0.58b	79.33±1.53a	78.00±2.00a
EAA	510.00±1.73b	478.67±6.51c	475.67±4.51c	433.00±2.00e	463.67±2.52d	539.00±4.58a	517.00±9.00b
NEAA	954.33±8.50c	860.33±12.50e	934.33±13.50c	731.33±4.73f	1\,039.33±4.04b	1\,183.67±11.02a	886.00±19.52d
TAA	1464.33±10.07c	1\,339.00±19.00e	1\,410.00±18.00d	1\,164.33±6.66f	1\,503.00±1.73b	1\,722.67±15.57a	1\,403.00±28.53d
EAA/TAA	0.35	0.36	0.34	0.37	0.31	0.31	0.36

注: *为必需氨基酸; EAA 表示总必需氨基酸; NEAA 表示总非必需氨基酸; TAA 表示总氨基酸。同一行中不同大写字母表示组间的差异性显著 ($P < 0.05$)。

2.3 7 种苦味竹笋蛋白质营养价值

2.3.1 氨基酸评分 (AAS) 7 种苦味竹笋氨基酸评分的结果见表 4。

表 4 7 种苦味竹笋氨基酸的评分
Tab. 4 Amino acid scores of 7 species of bitter bamboo shoot

氨基酸	AAS 值						
	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	佯黄竹
异亮氨酸	1.47	1.38	1.38	1.28	1.30	1.51	1.48
亮氨酸	1.60	1.48	1.44	1.40	1.41	1.63	1.64
赖氨酸	1.90	1.82	1.77	1.54	1.76	2.04	1.88
缬氨酸	1.59	1.54	1.55	1.34	1.50	1.73	1.63
苯丙氨酸+酪氨酸	1.86	1.58	1.60	1.60	2.30	3.25	1.94
苏氨酸	1.63	1.59	1.56	1.35	1.66	2.02	1.67

注: 竹笋中的 16 种游离氨基酸不包含胱氨酸和色氨酸, 故必需氨基酸评分不包含蛋氨酸+胱氨酸和色氨酸的评分; 下同。

由表 4 可知, 7 种苦味竹笋的 16 种游离氨基酸中 AAS 值分布在 1.28 ~ 3.25 之间, 通过对 AAS 值的分析可知, 在 FAO/WHO 必需氨基酸模式下, 7 种苦味竹笋的第一限制性氨基酸均为异亮氨酸; 撑篙竹、硬头黄竹、佯黄竹笋的第二限制性氨基酸为缬氨酸, 其余竹笋的第二限制性氨基酸为亮氨酸。AAS 值越大, 表明其营养价

值越高, 慈竹笋的苯丙氨酸+酪氨酸 AAS 值最高, 达到了 3.25, 赖氨酸和苏氨酸 AAS 值次之, 分别为 2.04 和 2.02; 料慈竹笋的苯丙氨酸+酪氨酸 AAS 值为 2.30, 其余氨基酸的 AAS 值都小于 2。综合来看, 慈竹笋的营养价值最高, 其次是料慈竹、佯黄竹和撑篙竹笋。

2.3.2 氨基酸化学评分 (CS) 由表 5 可知, 在苦味竹笋的 16 种游离氨基酸中 CS 值分布在 2.27 ~ 0.94 之间。通过对 CS 值的分析, 在全蛋模式下, 7 种竹笋的第一限制性氨基酸均为异亮氨酸; 牛角竹、大叶慈笋的第二限制性氨基酸为苯丙氨酸+酪氨酸, 其余竹笋的第二限制性氨基酸为缬氨酸。从评分结果可知, 慈竹笋的苯丙氨酸+酪氨酸 CS 值最高, 达到了 2.27, 硬头黄竹笋和料慈竹笋的异亮氨酸 CS 值最低, 分别为 0.94 和 0.96。综合来看, 慈竹笋的营养价值最高, 其次是佯黄竹笋和撑篙竹笋。

表 5 7 种苦味竹笋氨基酸的化学评分
Tab. 5 Chemical score of essential amino acids in 7 species of bitter bamboo shoot

氨基酸	CS 值						
	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	佯黄竹
异亮氨酸	1.09	1.02	1.02	0.94	0.96	1.12	1.09
亮氨酸	1.31	1.21	1.17	1.14	1.15	1.33	1.33
赖氨酸	1.49	1.43	1.39	1.21	1.38	1.60	1.48
缬氨酸	1.20	1.17	1.18	1.02	1.14	1.31	1.24
苯丙氨酸+酪氨酸	1.30	1.10	1.12	1.12	1.61	2.27	1.36
苏氨酸	1.43	1.38	1.36	1.18	1.45	1.77	1.46

2.3.3 比值系数 (RC) 和比值系数分 (SRC) RC 和 SRC 基于氨基酸平衡理论, 用于评价各种必需氨基酸偏离氨基酸模式的离散程度^[16]。RC > 1, 则样品中的必需氨基酸过剩, 否则为不足。由表 6 可知, 7 种苦味竹笋的 RC 值在 0.74 ~ 1.60。其中, 慈竹笋的赖氨酸和苏氨酸的 RC 值均为 1, 表明这两种氨基酸相对均衡, 酪氨酸相对过剩, 异亮氨酸、亮氨酸和缬氨酸的 RC 值均小于 1, 表明这 3 种氨基酸相对不足; 硬头黄竹笋的 RC 值在 0.90 ~ 1.13, 离散程度不大, 说明硬头黄竹笋的氨基酸组成较为均衡; 大叶慈笋缬氨酸的 RC 值为 1, 且其他 5 种氨基酸除了异亮氨酸, RC 值都接近 1, 所以大叶慈笋的氨基酸组成较为均衡。综合来看, 虽然慈竹笋的必需氨基酸含量最高, 但是氨基酸组成不及硬头黄竹笋和大叶慈笋的氨基酸组成均衡。

表 6 7 种苦味竹笋比值系数
Tab. 6 Ratio coefficient of amino acid of 7 species of bitter bamboo shoot

氨基酸	RC 值						
	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	佯黄竹
异亮氨酸	0.88	0.88	0.89	0.90	0.79	0.74	0.86
亮氨酸	0.96	0.95	0.93	0.99	0.85	0.80	0.96
赖氨酸	1.13	1.17	1.14	1.09	1.06	1.00	1.10
缬氨酸	0.95	0.98	1.00	0.94	0.91	0.85	0.96
苯丙氨酸+酪氨酸	1.11	1.01	1.03	1.13	1.39	1.60	1.14
苏氨酸 T	0.98	1.01	1.01	0.95	1.00	1.00	0.98

SRC 值越接近 100, 说明蛋白质营养价值越高^[17]。由表 7 可知, 7 种苦味竹笋的 SRC 值在 71.54 ~ 91.90 之间。其中, 慈竹笋的 SRC 值最低, 为 71.54, 硬头黄竹笋的 SRC 值最高, 为 91.90, 并且撑篙竹、牛角竹、大叶慈、硬头黄竹、佯黄竹笋的 SRC 值均到达了 90 以上, 说明这 5 种苦味竹笋的营养价值都较高。有研究表明方竹 *Chimonobambusa quadrangularis* 笋和麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* 笋等常见竹笋的 SRC 值在 50 ~ 60 之间^[18], 将其与本研究的 7 种苦味竹笋的 SRC 值比较可知, 这 7 种苦味竹笋均可被认为是营养价值较高的植物蛋白。

表 7 7 种苦味竹笋比值系数分
Tab. 7 Ratio coefficient score of amino acid of 7 species of bitter bamboo shoot

竹笋	撑篙竹	牛角竹	大叶慈	硬头黄竹	料慈竹	慈竹	佯黄竹
SRC 值	90.88	91.28	91.97	91.90	80.40	71.54	90.73

3 结论与讨论

3.1 结论

本研究以 7 种苦味竹笋为研究对象, 测定了竹笋中蛋白质和 16 种游离氨基酸的含量, 采用必需氨基酸评分、氨基酸化学评分、必需氨基酸比值系数和比值系数分的营养学方法来评价竹笋的蛋白质营养价值。试验结果表明, 这 7 种可食用苦笋类竹种含有丰富的蛋白质和氨基酸, 且种类齐全, 与其他食物相比, 氨基酸、必需氨基酸含量及必需氨基酸指数均高于大多数蔬菜。其中, 慈竹笋中的蛋白质含量、必需氨基酸含量、非必需氨基酸含量最高, 为优质植物蛋白质来源。亮氨酸是 7 种竹笋中含量最高的必需氨基酸, 天冬氨酸是 7 种竹笋中含量最高的非必需氨基酸。从氨基酸评分来看, 慈竹笋的营养价值最高, 其次是料慈竹笋、佯黄竹笋。从氨基酸的化学评分来看, 慈竹笋的营养价值最高, 其次是佯黄竹笋和撑篙竹笋。从比值系数和比值系数分来看, 大叶慈和硬头黄竹笋中的氨基酸组成较为均衡。

3.2 讨论

精氨酸是一氧化氮 (NO) 的前体, 一氧化氮可以参与免疫调节, 并具有抗氧化活性。有证据表明, 膳食食品中蛋白质和氨基酸对健康的益处多体现在它们对一氧化氮生成的调节上^[19]。慈竹笋的精氨酸含量较高且蛋白质含量最高, 因此, 慈竹笋可作为健康饮食的一部分加以利用。竹笋中天冬氨酸、谷氨酸以及赖氨酸的含量很高, 经常食用能补充谷物类食物的氨基酸不足, 提高蛋白质的互补作用^[20]。亮氨酸, 异亮氨酸和缬氨酸都是支链氨基酸, 有助于促进训练后的肌肉恢复, 其中亮氨酸是最有效的一种支链氨基酸^[21], 能够更快地分解转化为葡萄糖, 可以有效防止肌肉损失。7 种苦味竹笋中含量最高的必需氨基酸为亮氨酸, 因此日常饮食补充苦味竹笋, 有助于身体健康。

在蛋白质营养价值方面, 参考模式蛋白的 AAS 和 CS, 可以看出慈竹笋的营养价值相对其他几种苦味竹笋要好, 长期食用有益健康, 具有很高的开发价值。但是结合 RC、SRC 和 EAA/TAA 值分析, 慈竹笋的氨基酸组成不及其他几种竹种均衡, 硬头黄笋的必需氨基酸组成较其他几个品种更加合理, 可以对其充分利用。通过 7 种可食用苦笋类竹种蛋白质和氨基酸的测定及其营养价值评价, 为我们更深入地研究和开发竹食品产业提供了依据。

在食品蛋白质中, 按照人体的需要及其比例关系相对不足的氨基酸称为限制氨基酸, 氨基酸评分最低的称为第一限制氨基酸。7 种苦味竹笋的第一限制性氨基酸均为异亮氨酸, 限制性氨基酸限制了机体对蛋白质中其它氨基酸的利用, 使得植物性蛋白质的营养价值降低。所以, 建议在平时饮食中, 将竹笋与富含亮氨酸、缬氨酸和异亮氨酸的蛋白质食物搭配食用, 有利于提高竹笋蛋白质的生物效用, 以达到平衡营养, 合理膳食。

参考文献:

- [1] ZHOU M, HUA T, MA X, 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): 181–187.
- [2] SHAHEEN N, ISLAM S, MUNMUN S, et al. Amino acid profiles and digestible indispensable amino acid scores of proteins from the prioritized key foods in Bangladesh[J]. *Food Chem*, 2016, 213 (15): 83–89.
- [3] 时俊帅, 谷瑞, 陈双林, 等. 不同海拔的高节竹笋蛋白质营养品质差异分析[J]. *江西农业大学学报*, 2019, 41 (2): 308–315.
- [4] 任春春, 贾玉龙, 娄义龙, 等. 贵州金佛山方竹笋营养及功能成分剖析[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47 (10): 214–221.
- [5] 张超, 庄远杯, 魏爱红, 等. 苦竹笋提取物抗氧化及抑制亚硝化活性研究[J]. *食品科技*, 2020, 45 (10): 202–207.
- [6] 晏俊玲, 樊扬, 秦川, 等. 苦竹笋总黄酮大孔树脂纯化工艺及其体外抗炎活性研究[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46 (23): 184–192.
- [7] 卢辛甜, 邵莉, 赵碧清, 等. 苦竹化学成分及其抗炎活性 [J]. *中成药*, 2019, 41 (11): 2663–2667.
- [8] TANG J J, ZHANG Z X, ZHENG S L, et al. Changes of main nutrient components and volatile flavors substances in processing of canned bamboo shoots[J]. *Fermentation*, 2021, 7 (4): 263–271.
- [9] 耿想, 姚曦, 尤俊昊, 等. 不同干燥方式对竹笋品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 48 (16): 144–149.
- [10] 李冬林, 陈天国. 采收期对 3 种笋用竹竹笋营养及氨基酸含量的影响[J]. *江苏林业科技*, 2021, 48 (4): 11–15.
- [11] 伍明理, 代朝霞, 刘艳江, 等. 贵州 11 种竹笋营养成分分析及品质比较[J]. *分子植物育种*, 2022: 1–15.

