

锡金龙竹竹笋的营养成分分析与评价^{*}

林开文¹，苏光荣²，郭永杰³，王正良³，杨清³
(1. 西南林学院，云南 昆明 650224; 2. 景洪市林业局，云南 景洪 666100
3. 中国科学院西双版纳热带植物园，云南 勐腊 666303)

摘要：对锡金龙竹鲜笋的矿物质、微量元素、蛋白质、粗纤维、总糖和氨基酸的含量进行了分析测定，并与版纳甜龙竹、勃氏甜龙竹、马来甜龙竹和麻竹竹笋以及 6 种常用蔬菜的相应含量进行了比较。结果表明：锡金龙竹鲜笋的蛋白质、脂肪、粗纤维、总糖及二氧化硫含量分别为 227.7 g/kg、24.6 g/kg、82.7 g/kg、209.3 g/kg 和 2.65 g/kg。其蛋白质、粗脂肪含量与 4 种甜龙竹竹笋相当，蛋白质明显高于常用蔬菜，而粗脂肪含量略低于常用蔬菜。其每 kg 竹笋干物质中矿质元素和微量元素的含量为：P 9.33 g、Ca 42.33 g、K 367.67 g、Mg 14.33 g、Fe 5.0 g、Zn 4.6 g、Cu 1.0 g、Mn 3.8 g，略低或接近于 4 种甜龙竹竹笋，但明显高于所有参试的常用蔬菜。其锌铜比值为 4.60，锌铁比值为 0.92，说明锡金龙竹鲜笋所含的铜、铁、锌的比值是比较合理的。其蛋白质中含有 17 种氨基酸，包括 9 种人体必需氨基酸，总氨基酸（TAA）、人体必需氨基酸（EAA）和人体非必需氨基酸（NEAA）的含量分别为 182.17 g/kg、54.39 g/kg、78.67 g/kg，都高于所有参试的常用蔬菜，其氨基酸总量略高于 4 种甜龙竹的竹笋。其所含的人体必需氨基酸占总氨基酸（EAA/TAA）的 29.86%，人体必需氨基酸与非必需氨基酸的比值（EAA/NEAA）为 69.14，符合 FAO 推荐的理想蛋白模式，其第一限制性氨基酸为含硫氨基酸，即蛋氨酸和胱氨酸，第二限制性氨基酸为异亮氨酸。认为，锡金龙竹鲜笋中富含矿质元素、微量元素和氨基酸，其粗蛋白质与粗纤维含量明显高于粗脂肪含量，属高蛋白、高纤维、低脂型且营养丰富、具有很高开发潜力的野生食用竹笋。

关键词：锡金龙竹；竹笋营养成分；分析与评价

中图分类号：S 763 **文献标识码：**A **文章编号：**1672-8246 (2009) 01-0048-07

Nutritional Composition of Shoot of *Dendrocalamus sikkimensis*

LN Kaiwen¹, SU Guangrong², GUO Yongjie³, WANG Zhengliang³, YANG Qing³
(1. Southwest Forestry College, Kunming Yunnan 650224, P. R. China; 2. Forestry Bureau of Jinghong, Jinghong Yunnan 666100, P. R. China;
3. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla Yunnan 666303, P. R. China)

Abstract The contents of mineral elements, trace elements, proteins, coarse fiber, total sugar and amino acids were determined, and the nutritional composition of *Dendrocalamus sikkimensis* was compared with *D. hamiltonii*, *D. brandisii*, *D. asper*, *D. latiflorus* and six popular vegetables. The determination results showed that the contents of proteins, fats, coarse fiber, total sugar and SO₂ were 222.7 g/kg, 24.6 g/kg, 82.7 g/kg, 209.3 g/kg and 2.65 g/kg respectively. The contents of proteins and fats were similar to other four bamboo species, the content of protein was significantly higher than vegetables, whereas the content of fat was lower than vegetables. The amounts of mineral elements and trace elements in one kilogram of dry matter of *D. sikkimensis* bamboo shoot were P 3.33g, Ca 42.33g, K 367.67g, Mg 14.33g, Fe 5.0g, Zn 4.6g, Cu 1.0g, Mn 3.8g, the contents were similar to other tested four bamboo species, however significantly higher than the contents in vegetables. The ratio of Zn/Cu was

^{*} 收稿日期：2008-11-16
基金项目：国家科技部科技基础条件平台项目（2004DKA30400-05-01-02）。
第一作者简介：林开文（1969-），男，广东徐闻人，讲师，硕士，主要从事园林植物栽培与养护的教学与研究。
通讯作者简介：杨清（1969-），男，重庆忠县人，副研究员，博士研究生，主要从事生物能源方面的研究。

4.6 and the ratio of Zn/Fewas 0.82, were all desirable. The proteins in *D. sikkinensis* contained 17 kinds of amino acids, including 9 kinds of essential amino acids (EAA). The contents of total amino acid, EAA and nonessential amino acid (NEAA) were 182.17 g/kg, 54.39 g/kg and 78.67 g/kg respectively, all higher than the vegetables. The total contents of amino acids were higher than other four bamboo species. The percentage of EAA was 29.86%, the ratio of EAA/NEAA was 69.14, met the protein pattern recommended by FAO. The first limiting amino acid of the shoot protein was the amino acid containing sulfur (Met+ Cys), and the second limiting amino acid was Ile.

Key words *Dendrocalamus sikkinensis*; bamboo shoot; nutritional component; analysis and assessment

锡金龙竹 (*Dendrocalamus sikkinensis*), 别名: 大眼竹、野龙竹 (河口), 秆高达 18 m^[1-2]。在国内分布于云南省的西双版纳、金平、河口等地, 生于海拔高度 130~600 m 的山坡竹阔混交林中; 国外, 在锡金、印度等国也有分布。在锡金龙竹的分布地, 当地少数民族以其竹的秆作建筑用材, 而因此竹的竹笋洁白味甜, 常用作食用蔬菜。有关锡金龙竹竹笋的营养成分分析和评价的研究未见报道。本项研究从锡金龙竹竹笋资源利用的角度出发, 对锡金龙竹竹笋所含的蛋白质、粗纤维、微量元素和氨基酸等营养成分进行了测定、分析, 以期对锡金龙竹的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供本项研究测试用的锡金龙竹新鲜竹笋, 于 2006 年 8 月采自中国科学院西双版纳热带植物园百竹园试验基地。在实验室, 剥去所采新鲜竹笋的笋箨, 留下食用部分, 用蒸馏水洗净, 置于 60±5℃烘箱烘干, 备用。为便于比较, 把目前广为栽培食用的版纳甜龙竹 (*D. hamiltonii*)、勃氏甜龙竹 (*D. brandisii*)、马来甜龙竹 (*D. asper*) 和麻竹 (*D. latiflorus*) 等几种甜龙竹的竹笋也一同作分析比较, 它们均来源于同一地块。此外还与 6 种常用蔬菜的相应含量作了比较。

1.2 方法

(1) 一般营养成分测定^[3] 竹笋的一般营养成分测定内容及方法为: (a) 水分测定采用常压烘箱干燥法。(b) 总糖采用二硝基水杨酸比色法。(c) 粗纤维测定 (GB/T 5009.10-2003), 准确称取 5 000.0 mg 供试干竹笋, 加入最终浓度为 0.6 mol/L 的高氯酸溶液, 离心 (4 000 r/min, 15 min) 除去蛋白沉淀, 取上清液供测定用。(d) 蛋白质采用凯氏定氮法测定 (GB/T 14771-1993)。所用仪器为瑞士 BUCHI 公司的蛋白质分析仪。准确称

取 5 000.0 mg 供试干竹笋, 置于 500 mL 凯氏烧瓶中, 加入 0.2 g 硫酸铜、0.3 g 硫酸钾及 20 mL 浓硫酸, 放置过夜后小心加热, 待内容物全部炭化, 泡沫完全停止后加强火力, 以保持瓶内液体的微沸, 至液体呈蓝绿色透明, 冷却后, 用约 10 mL 蒸馏水冲洗瓶壁并混匀, 继续加热至液体呈蓝绿色透明, 放冷后, 加 20 mL 蒸馏水混匀, 待完全冷却后, 移入 100 mL 容量瓶中, 用少量水清洗定氮瓶, 洗液一并加入容量瓶中, 加水定容至刻度, 混匀后供定氮用。

(2) 蛋白质的氨基酸组成成分测定^[4] 竹笋蛋白质的氨基酸组成成分采用日本日立公司 H I T A C H I 835-50 型氨基酸专用分析仪直接测定。所测项目为: 总氨基酸 (AA)、异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu)、赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸 (Met)、胱氨酸 (Cys)、苯丙氨酸 (Phe)、酪氨酸 (Tyr)、苏氨酸 (Thr)、缬氨酸 (Val)、精氨酸 (Arg)、组氨酸 (His)、丙氨酸 (Ala)、天冬氨酸 (Asp)、谷氨酸 (Glu)、甘氨酸 (Gly)、脯氨酸 (Pro)、丝氨酸 (Ser)。测定方法均按 GB/T 5009-124-2003 的规定进行。其氨基酸的分析条件: 分析柱 2.6 mm×50 mm, 缓冲液流速 0.225 mL/min, 茚三酮溶液流速 0.300 mL/min, 样品经标准蛋白水解法处理, 每份样品重复 3 次测定, 取平均值。

(3) 矿质元素含量的测定^[5] 竹笋矿质元素含量的测定采用电感耦合等离子体发射光谱法。所测项目为钙 (GB/T 5009-92-2003)、磷 (GB/T 12293-1990)、钾 (GB/T 5009.91-2003)、镁 (GB/T 5009.90-2003)、铁 (GB/T 5009.90-2003)、锌 (GB/T 5009.14-2003)、硒 (GB/T 5009.93-2003)、铜 (GB/T 5009.13-2003) 等。所用仪器设备为: 美国 B A R D P S-4 型真空直读型 35+1 道电感耦合等离子体原子发射光谱仪, 石英同心雾化器, 旋流雾化室。光谱仪分析条件: 冷却气 11.0 L/min, 等离子气 0.5 L/min, 试

液提升量 1 mL/min, 积分次数为 4 次/5s。矿质元素测定样品的前处理: 准确称取鲜样 1 g, 置于微波消解罐中, 加入 5 mL 硝酸和 1 mL 高氯酸, 轻轻摇动后, 放入微波消解仪。消解完成后, 转移至 25 mL 的容量瓶内, 用去离子水定容后摇匀待测, 每个样品重复 3 次, 同时作样品空白处理。

1.3 蛋白质、氨基酸质量评价

根据氨基酸分析结果, 计算氨基酸分 (AAS)、化学分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI)^[6], 用以评价供试竹笋所含的蛋白质及其氨基酸的质量。

AAS= 试验蛋白质中氨基酸含量 (g/kg) / FAO 蛋白模式氨基酸含量 (g/kg) × 100

CS= 试验蛋白质中氨基酸含量 (g/kg) / 鸡蛋蛋白质氨基酸含量 (g/kg) × 100 EAAI =

$$\sqrt[n]{(b_1/a_1) \times 100 \times (b_2/a_2) \times 100 \times \dots \times (b_n/a_n) \times 100}$$
式中: $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 为试验蛋白质中各种必需氨基酸的含量 (g/kg); $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 为标准蛋白质 (FAO 评分模式) 中相应必需氨基酸含量 (g/kg); n 为参与计算的必需氨基酸个数。

运用 SPSS13.0 统计分析软件的 Compare Means 之 Means 过程, 对所得的测试数据进行统计分析, 求得供试竹笋样品中各种营养成分含量的统计平均值。其他 6 种常见蔬菜营养成分数据, 均摘自于由中国疾病预防控制中心营养与食品安全所编著的《中国食物成分表 2002》^[7]。

2 结果与分析

2.1 锡金龙竹鲜竹笋的主要营养成分含量

由表 1 可见, 锡金龙竹鲜竹笋含水率为 94.86%,

略高于其他 4 种甜龙竹的鲜竹笋。4 种竹种鲜竹笋的含水率都在 90% 以上。锡金龙竹竹笋可食用部位的比例为 66.14%, 低于版纳甜龙竹竹笋, 与马来甜龙竹竹笋相当, 而略高于麻竹和勃氏甜龙竹竹笋。

表 1 5 种食用竹供试材料基本情况
Tab 1 Basic information of tested five bamboo species

种类	代码	竹笋食用比例 %	竹笋含水率 %
锡金龙竹 <i>Dendrocymus sikkimensis</i>	DS	66.14	94.86
版纳甜龙竹 <i>D. hamiltonii</i>	DH	74.87	92.18
马来甜龙竹 <i>D. asper</i>	DA	66.15	91.43
麻竹 <i>D. latifolius</i>	DL	64.65	92.77
勃氏甜龙竹 <i>D. brandisii</i>	DB	64.19	92.23

由表 2 可知, 锡金龙竹鲜竹笋的蛋白质含量为 227.7 g/kg, 略低于版纳甜龙竹竹笋, 高于其他 3 种甜龙竹竹笋, 是其他 6 种常用蔬菜的 1.5~7.5 倍。锡金龙竹鲜竹笋的脂肪含量为 24.6 g/kg, 低于其他 4 种甜龙竹竹笋和茄子、胡萝卜和番茄, 但略高于小白菜、生菜和黄瓜。锡金龙竹鲜竹笋的粗纤维含量为 82.7 g/kg, 低于版纳甜龙竹竹笋, 和麻竹竹笋相当, 而高于马来甜龙竹和勃氏甜龙竹竹笋。和其他 6 种常用蔬菜相比, 其粗纤维含量除低于小白菜外, 都明显高于其他 5 种常用蔬菜。锡金龙竹鲜竹笋的总糖含量为 209.3 g/kg, 比其他 4 种甜龙竹竹笋都低, 但比其他常用蔬菜高得多。锡金龙竹鲜竹笋的二氧化硫含量为 2.653 g/kg, 明显低于勃氏甜龙竹竹笋, 与版纳甜龙竹、麻竹竹笋接近, 但比马来甜龙竹竹笋高。

表 2 锡金龙竹鲜笋与其他 4 种竹笋及常见蔬菜主要营养成分含量的比较
Tab 2 Comparison of nutrients between *D. sikkimensis* and usual vegetables

种类	蛋白质	粗脂肪	粗纤维	总糖	二氧化硫
锡金龙竹 DS	227.7	24.6	82.7	209.3	2.653
版纳甜龙竹 DH	237.7	26.7	92.5	293.2	2.625
马来甜龙竹 DA	207.7	25.4	67.1	305.7	1.988
麻竹 DL	204.3	28.6	83.5	225.5	2.653
勃氏甜龙竹 DB	185.3	28.1	77.5	279.7	3.973
小白菜	150	30	110	27 ^a	-
生菜	13	30	7	20 ^a	-
黄瓜	80	20	50	29 ^a	-
茄子	110	20	130	54 ^a	-
胡萝卜	100	20	110	88 ^a	-
番茄	90	20	50	40 ^a	-

注: 测定单位为 1000g 可食鲜重, * 为碳水化合物含量。

2.2 锡金龙竹鲜竹笋的矿物质和微量元素含量

由表 3 可知，锡金龙竹鲜竹笋含有多多种矿物质和微量元素，如含 K、Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn、P 和 K 等。其 Ca 的含量为 9.33 g/kg，低于版纳甜龙竹和麻竹竹笋，与马来甜龙竹竹笋相当，而高于勃氏甜龙竹的竹笋；与常用蔬菜相比，除高于番茄外，明显低于其他 5 种常用蔬菜。其 P 的含量为 42.339.33 g/kg，低于版纳甜龙竹、马来甜龙竹和勃氏甜龙竹竹笋，比麻竹竹笋高 3.0 g/kg，是 6 种常用蔬菜的 1.18 ~ 1.84 倍。其 K 的含量为 367.7 g/kg，都低于其他 4 种甜龙竹的竹笋，但明显高于所有参试的常用蔬菜，是 6 种常用蔬菜的 1.93~ 3.60 倍。其 Mg 的含量为 14.33 g/kg，低于版纳甜龙竹和马来甜龙竹竹笋，与勃氏甜龙竹竹笋

相当，而高于麻竹竹笋，与常用蔬菜相比，除高于番茄外，比其他 5 种常用蔬菜都低。锡金龙竹竹笋中的人体必需微量元素（如 Fe、Zn、Cu 等）的含量介于 4 种甜龙竹竹笋之间，但都高于 6 种常用蔬菜。根据 Hill 和 Matron 提出的“理化性质相似的元素，其生物学功能是相互拮抗的”，且这种拮抗作用通常发生在锌铜比大于 10 及锌铁比大于 1 时的观点。以此认为锡金龙竹鲜笋中的铜、铁、锌的含量比是比较合理的，其锌铜比为 4.6，远远小于 10，锌铁比为 0.92，小于 1。而麻竹、勃氏甜龙竹竹笋的锌铁含量比都大于 1，其锌、铁的含量比值并不合理。说明锡金龙竹竹笋的常量及微量元素含量比较丰富且合理，均符合中国营养学会推荐的中国居民膳食矿物质营养素的需要量^[8]。

表 3 锡金龙竹鲜笋与其他 4 种竹笋及常见蔬菜矿质元素含量的比较

Tab. 3 Comparison of mineral elements between *D. skkinensis* and usual vegetables

种类	钙 Ca	磷 P	钾 K	镁 Mg	锰 Mn	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	Zn/Cu	Zn/Fe
锡金龙竹 DS	9.33	42.33	367.67	14.33	3.8	5.0	4.6	1.0	4.60	0.92
版纳甜龙竹 DH	15.67	49.33	417.67	20.33	10.37	11.47	6.42	1.56	4.12	0.56
马来甜龙竹 DA	9.33	47.33	465.33	16.33	2.85	5.84	4.46	1.11	4.02	0.76
麻竹 DL	10.33	39.33	403.33	11.33	3.71	5.18	6.07	1.51	4.02	1.17
勃氏甜龙竹 DB	7.33	44.33	440.33	14.33	4.01	4.85	5.45	1.35	4.04	1.12
小白菜	90	36	178	18	0.27	1.90	0.51	0.08	6.38	0.27
生菜	34	27	170	18	0.13	0.9	0.27	0.03	9.00	0.30
黄瓜	24	24	102	15	0.06	0.50	0.18	0.05	3.60	0.36
茄子	55	28	136	15	0.14	0.40	0.16	0.07	2.29	0.40
胡萝卜	32	27	190	14	0.24	1.00	0.23	0.08	2.88	0.23
番茄	10	23	163	9	0.08	0.40	0.13	0.06	2.17	0.33

2.3 锡金龙竹鲜竹笋的氨基酸含量

由表 4 可知，锡金龙竹鲜笋中含有 17 种氨基酸，包括 9 种人体必需的氨基酸，其总氨基酸（TAA）、人体必需氨基酸（EAA）、人体半必需氨基酸（SEAA）和非必需氨基酸的含量（NEAA）分别为 18.217 g/100g、5.439 g/100g、1.1 g/100g 和 7.867 g/100g。所含人体必需氨基酸与其总氨基酸含量的比值（EAA/TAA）为 29.86%，所含人体必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值（EAA/NEAA）为 69.14%，其各项指标都高于所参试的常用蔬菜。与其他 4 种甜龙竹竹笋的氨基酸含量相比，锡金龙竹竹笋所含的氨基酸总量与版纳甜龙竹竹笋相当，高于其他 3 种竹笋，其人体必需氨基酸的含量低于其他 4 种甜龙竹的竹笋。据 FAO/WHO

标准，蛋白质比较理想的 EAA/TAA 为 40 左右，EAA/NEAA 在 60 以上^[6]。锡金龙竹鲜笋 EAA/TAA 为 29.86%，指标偏低，低于其他 4 种甜龙竹的竹笋，但比其他所有参试的常用蔬菜要高得多；其 EAA/NEAA 指标接近 70%，除比版纳甜龙竹竹笋低外，都高于其他 3 种甜龙竹的竹笋。从总体来看，锡金龙竹鲜笋和其他 4 种甜龙竹的竹笋一样，是比较理想的蛋白源。

锡金龙竹鲜笋中各种氨基酸含量有一定的差异，其中天门冬氨酸 Asp（2.303 g/100g）、谷氨酸 Glu（2.237 g/100g）和丙氨酸 Ala（1.307 g/100g）含量最高，其次是亮氨酸 Leu（1.087 g/100g）、赖氨酸 Lys（0.923 g/100g）、缬氨酸 Val（0.873 g/100g）和精氨酸 Arg（0.803 g/100g），这 7 种氨基酸含量之

和占其氨基酸总量的 50 % 以上。在 9 种人体必需的氨基酸中, 其芳香族氨基酸 (苯丙氨酸 Phe+ 酪氨酸 Tyr) 的含量达到 1.24 g/100g 其次是亮氨酸 Leu (1.087 g/100g)、赖氨酸 Lys (0.923 g/100g) 和缬氨酸 Val (0.873 g/100g) 的含量都较高, 而其余的人体必需氨基酸的含量偏低, 特别是含硫氨基酸

(蛋氨酸 Met+ 胱氨酸 Cys) 较低, 不足 0.2 g/100g 这些氨基酸成分在提升锡金龙竹鲜笋的营养价值和风味方面有极大的作用, 如谷氨酸可转化为有调味剂作用的谷氨酸钠盐, 虽然只有微弱的特殊香味, 却可以增强其他成分的特殊香味, 这也是该竹笋具有特殊香味的重要原因。

表 4 锡金龙竹鲜笋与其他 4 种竹笋及常见蔬菜中氨基酸含量的比较
Tab. 4 Comparison of amino acids between *D. sikkimensis* and usual vegetables

项目	DS	DH	DA	DL	DB	小白菜	生菜	黄瓜	茄子	胡萝卜	蕃茄
Cys ¹⁾	0.123	0.217	0.117	0.093	0.147	0.014	0.010	0.013	0.017	0.022	0.011
Val ¹⁾	0.873	1.007	1.027	0.873	0.913	0.075	0.042	0.023	0.046	0.054	0.015
Met ¹⁾	0.163	0.327	0.163	0.133	0.263	0.009	0.000	0.011	0.007	0.019	0.006
Ile ¹⁾	0.603	0.677	0.707	0.603	0.607	0.051	0.031	0.019	0.032	0.038	0.013
Leu ¹⁾	1.087	1.437	1.247	1.027	1.113	0.970	0.490	0.330	0.470	0.500	0.200
Tyr ¹⁾	0.407	0.687	0.627	0.427	0.437	0.041	0.019	0.015	0.030	0.019	0.014
Phe ¹⁾	0.617	0.807	0.707	0.577	0.637	0.055	0.032	0.019	0.046	0.029	0.020
Lys ¹⁾	0.923	1.327	1.073	0.997	1.023	0.790	0.430	0.330	0.550	0.470	0.230
Thr ¹⁾	0.643	0.887	0.803	0.723	0.673	0.057	0.036	0.020	0.029	0.034	0.020
His ²⁾	0.297	0.407	0.397	0.377	0.313	0.026	0.016	0.010	0.020	0.014	0.012
Arg ²⁾	0.803	1.167	1.037	0.863	0.853	0.065	0.050	0.020	0.051	0.042	0.018
Ala [*]	1.307	1.173	1.407	1.303	1.243	0.081	0.044	0.023	0.039	0.057	0.017
Glu [*]	2.237	2.503	2.673	2.313	2.677	0.226	0.117	0.205	0.145	0.230	0.311
Gly [*]	0.737	0.883	0.873	0.777	0.777	0.067	0.038	0.027	0.034	0.031	0.014
Asp [*]	2.303	2.883	3.223	3.857	3.123	0.130	0.085	0.033	0.118	0.126	0.084
Ser	0.603	1.067	0.827	0.627	0.613	0.054	0.032	0.026	0.031	0.039	0.023
Pro	0.680	0.743	0.707	0.403	0.363	0.078	0.029	0.022	0.028	0.031	0.017
TAA	18.217	18.217	17.427	15.927	15.723	17.427	14.073	15.723	14.073	14.073	14.073
EAA	5.439	7.373	6.471	5.453	5.813	2.062	1.090	0.780	1.227	1.185	0.529
SEAA	1.100	1.574	1.434	1.240	1.166	0.091	1.066	0.030	0.071	0.056	0.030
NEAA	7.867	9.252	9.710	9.280	8.796	0.636	0.345	0.336	0.395	0.514	0.466
EAA/TAA	29.860	40.470	37.130	34.240	36.970	11.830	7.750	4.960	8.720	8.420	3.760
EAA/NEAA	69.140	79.690	66.640	58.760	66.090	324.210	315.940	232.140	310.630	230.540	113.520

注: EAA 为人体必需氨基酸, SEAA 为人体半必需氨基酸, NEAA 为人体非必需氨基酸, TAA 为总氨基酸, 其单位为 g·100g⁻¹。* 为呈味氨基酸。

2.4 锡金龙竹鲜竹笋蛋白质的氨基酸质量

对膳食蛋白质的营养评价最关注的是人体必需氨基酸的种类、含量及其相互的比例, 此中, 尤以赖氨酸和含硫氨酸为重。分别以 FAO 蛋白模式和全鸡蛋蛋白为标准蛋白, 对锡金龙竹和其他 4 种甜龙竹鲜笋蛋白质所含的人体必需氨基酸进行评分, 结果见表 5。表 5 表明, 锡金龙竹鲜笋蛋白质中的人体必需氨基酸分值为 239, 均低于其他 4 种甜龙竹竹笋, 但其含硫氨基酸 (蛋氨酸 Met+ 胱氨酸

Cys) 的氨基酸分和化学分高于麻竹竹笋。其含硫氨基酸 (蛋氨酸 Met+ 胱氨酸 Cys) 都是 5 种竹笋蛋白的第一限制性氨基酸, 而第二限制性氨基酸, 除麻竹竹笋是亮氨酸外, 其余 4 种竹笋都是异亮氨酸。另外, 通过计算求得锡金龙竹鲜笋蛋白的必需氨基酸指数 (EAAI) 为 65.5。由此可见, 锡金龙竹鲜笋蛋白质中的人体必需氨基酸总含量不是太高, 且各种人体必需氨基酸的组成也不太合理。

表 5 5 种甜龙竹鲜笋蛋白质中的人体必需氨基酸含量，氨基酸分和化学分比较

Tab. 5 Comparison of contents of EAA in five bamboo species

人体必需氨基酸种类	Ile	Leu	Lys	Met+ Cys	Phe+ Tyr	Thr	Val	合计
FAO 蛋白模式含量 /g• kg ⁻¹	40	70	55	35	60	40	50	350
全鸡蛋白含量 /g• kg ⁻¹	54	86	70	57	93	47	66	473
必需氨基酸 /g• kg ⁻¹	26	48	41	13	45	28	38	239
DS 氨基酸分	65 b	69	75	37 a	75	70	76	—
化学分	48	56	59	23	48	60	58	—
必需氨基酸 /g• kg ⁻¹	28	60	56	23	63	37	42	309
DH 氨基酸分	70 b	86	102	66 a	105	93	84	—
化学分	52	70	80	40	68	79	64	—
必需氨基酸 /g• kg ⁻¹	34	60	52	13	64	39	49	311
DA 氨基酸分	85 b	86	95	37 a	107	98	98	—
化学分	63	70	74	23	69	83	74	—
必需氨基酸 /g• kg ⁻¹	30	50	49	11	49	35	43	267
DL 氨基酸分	75	71 b	89	31 a	82	88	86	—
化学分	56	58	70	19	53	74	65	—
必需氨基酸 /g• kg ⁻¹	33	60	55	22	58	36	49	313
DB 氨基酸分	83 b	86	100	63 a	97	90	98	—
化学分	61	70	79	39	62	77	74	—

注：氨基酸含量为 1kg 蛋白质中所含氨基酸的克数，FAO 蛋白质模式的氨基酸含量来源于参考文献 [10]，a 表示为第一限制性氨基酸，b 表示为第二限制性氨基酸。

3 结论与讨论

(1) 本项研究结果表明，锡金龙竹鲜笋中蛋白质的含量为 227.7 g/kg 粗脂肪含量为 24.6 g/kg 粗纤维含量为 82.7 g/kg 总糖含量为 209.3 g/kg 与版纳甜龙竹、勃氏甜龙竹、马来甜龙竹、麻竹等 4 种甜龙竹的竹笋相当。锡金龙竹竹笋中含有多种对人体具有重要生理功能的矿物质和微量元素，其铜、铁、锌含量的比值比较合理。此外还含有 17 种氨基酸，其中有 9 种人体必需的氨基酸，其总氨基酸的含量为 18.217 g/kg 在其所含的人体必需氨基酸中，芳香族氨基酸（苯丙氨酸 Phe+ 酪氨酸 Tyr）的含量达到 1.24 g/100g 且亮氨酸 Leu（1.087 g/100g）、赖氨酸 Lys（0.923 g/100g）和缬氨酸 Val（0.873 g/100g）的含量都较高，这些所含的氨基酸成分在提升锡金龙竹鲜笋的营养价值和风味上有极大的作用。其 EAA/TAA 为 29.86 低于其他 4 种甜龙竹竹笋和 FAO/WHO 标准（蛋白质比较理想的 EAA/TAA 为 40 左右），但其 EAA/NEAA 为 69.14 高于 FAO/WHO 标准（蛋白质比较理想的 EAA/NEAA> 60），其笋蛋白质的第一和第二限制性氨基酸分别是含硫氨基酸（蛋氨酸+胱氨酸）和亮氨酸。综合以上分析表明，

锡金龙竹是一种营养价值较高的食用竹，其竹笋不仅蛋白质和氨基酸的含量高，而且所含的人体必需氨基酸占其总氨基酸含量的比例也高，其氨基酸组成合理，属高蛋白、低脂型的可食蔬菜资源。

(2) 蛋白质是由多种氨基酸结合而成的高分子化合物，是生物体的主要组成部分，是人体不可缺少的营养物质，同时也是竹笋干物质含量最高的组成部分。但竹笋富含蛋白质还未引起人们的注意。在高脂类膳食越来越普遍的今天，竹笋菜肴有利于防止此种膳食给人体带来的生理障碍。同时，其所含的常量和微量元素种类也很丰富，含量较高，其中所含铜、铁、锌的比值较为合理，可作为补充人体矿质营养的膳食来源，对由于缺乏锌、铜、铬和铁而引起身体多种功能紊乱的患者有一定的裨补作用。加之竹子具有生长速度快、竹笋产量高等特点，故在为人们提供高档的植物食用蛋白上，有着非常好的开发利用前景。

(3) 锡金龙竹是云南南方少数民族广为栽培的笋用竹种之一，也是当地人民最为常用的建筑用竹和编织用竹。因此，锡金龙竹作为优良的笋材两用大型丛生竹，在云南热区可作为退耕还林工程和荒山造林的造林竹种，也可在疏林中适当种植该竹种，以达到经济与生态效益的统一，实现可持续利用的目标。锡金龙竹和其他甜龙竹一样，笋期较晚

(一般是 7月下旬开始发笋)、较短(一般为 2个月),笋期集中,发笋量大,鲜笋在 7月份以前,价格较贵,一般都在 5.00元/kg 在发笋集中期,价格较低,一般在 1.00~1.50元/kg 且多在本地市场消化。为提高其竹笋的品质,充分利用锡金龙的竹笋资源,需要进一步研究其的鲜笋快速加工保鲜技术(如真空冻干技术),竹笋早发多发技术,以提高其的经济和社会效益。

致谢:在资源调查和竹笋采集过程中,得到了西双版纳州林业局及有关林业站的大力支持,在此一并致谢。

参考文献:

- [1]耿平介,王正平.中国植物志(第九卷第一分册)[M].北京:科学出版社,1996
- [2]李延辉.西双版纳高等植物名录[M].昆明:云南民族出版社,1996
- [3]宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998
- [4]穆文广.常用口服营养液中游离氨基酸的测定与分析[J].氨基酸和生物资源,1996(2):16-19
- [5]崔淑文,陈必芳.中华人民共和国国家标准[M].北京:中国标准出版社(第一版),1993
- [6]郭良珍,王润莲,梁爱萍,等.长须水龟虫的营养成分分析与评价[J].昆虫知识,2003,40(4):366-368
- [7]中国疾病预防控制中心营养与食品安全所.中国食物成分表[M].北京:中国轻工业出版社,2002
- [8]中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量[M].北京:中国轻工业出版社,2000
- [9]沙莎,王跃华,高超,等.野生植物树头菜的营养成分分析[J].西部林业科学,2008,37(1):100-102