

柞蚕雌蛹与雄蛹的营养组分及含量分析

吕银¹, 柯皓天², 陈祥平¹, 范小敏³, 周林⁴, 刘霞⁵, 程明^{1*}

(1. 四川省丝绸科学研究院, 四川成都 610031; 2. 四川省丝绸工程技术研究中心, 四川成都 610031; 3. 四川省丝绸协会, 四川成都 610031; 4. 四川省通江县柞蚕种场, 四川通江 636700; 5. 四川省巴中市农业局, 四川巴中 636600)

摘要 [目的]客观评价柞蚕蛹的营养价值,为其在食品及保健品领域的应用提供理论依据。[方法]对新选育的柞蚕品种川柞1号柞蚕蛹的营养价值作出科学评价,对该柞蚕雌蛹和雄蛹的主要营养成分进行测定分析。[结果]试验表明,新鲜雌蛹和雄蛹中蛋白质质量分数分别为12.11%和10.80%,氨基酸质量分数分别为10.48%和8.35%,均含有8种人体必需氨基酸,必需氨基酸分别占总氨基酸质量的38.49%和36.36%,必需氨基酸质量比分别为395.1、334.2 mg/g。新鲜雌蛹和雄蛹中的粗脂肪含量分别为4.22%和6.40%;均含有K、Ca、Na、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn、Se、Cr等多种矿物质元素,均未检测出Hg、Pb和As等重金属元素。此外,柞蚕雌蛹、雄蛹中还含有多种维生素,包括维生素A、维生素B₁、维生素B₂、维生素C、维生素E等,其中维生素B₂、维生素C、维生素E的含量较高。[结论]综合分析检测数据认为,柞蚕雌蛹和雄蛹均属于优质蛋白质食品,且雌蛹的营养价值略优于雄蛹。

关键词 柞蚕品种;柞蚕蛹;营养成分;氨基酸;矿物质;维生素

中图分类号 S885.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)27-0061-04

Nutritional Components and Content Determination in Female and Male Pupae of *Antheraea pernyi*

LU Yin¹, KE Hao-tian², CHEN Xiang-ping¹, CHENG Ming^{1*} et al (1. Sichuan Academy of Silk Sciences, Chengdu, Sichuan 610031; 2. Silk Engineering Research Center of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610031)

Abstract [Objective] The aim was to evaluate nutritional value of pupae of *Antheraea pernyi*, to provide theoretical basis for its application in food and health products. [Method] The nutritional value of Chuanzuo 1 was scientifically evaluated, the main nutritional ingredients in both male and female pupae of Chuanzuo 1 were determined. [Result] The result showed that the main ingredients and their contents in female and male pupae were as follows: mass fraction of proteins was 12.11% and 10.80% respectively, mass fraction of amino acids was 10.48% and 8.35% respectively, there were 8 kinds of essential amino acids for human in both female and male pupae, the ratio of essential amino acids to total amino acids was 38.49% and 36.36% respectively. The essential amino acid mass ratio of female and male pupae protein was 395.1, 334.2 mg/g respectively. The mass fraction of crude fat was 4.22% and 6.40% respectively. Pupae of both female and male had various mineral elements including K, Ca, Na, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Se and Cr. No heavy mineral elements, such as Pb, Hg and As, were detected. Besides *Antheraea pernyi* female and male pupae also contains a variety of vitamins, including vitamin A, vitamin B₁, vitamin B₂, vitamin C, vitamin E, the vitamin B₂, vitamin C, vitamin E content is high in pupae of *Antheraea pernyi*. [Conclusion] Based on these data, it was concluded that both female and male pupae of *Antheraea pernyi* are excellent protein food, and the nutritional value of female pupae was slightly higher than that of the male pupae.

Key words *Antheraea pernyi* variety; Pupae of *Antheraea pernyi*; Nutritive composition; Amino acid; Mineral element; Vitamin

柞蚕(*Antheraea pernyi*)属鳞翅目大蚕蛾科柞蚕属的泌尿昆虫,我国是世界柞蚕业的发源地,柞树、柞蚕资源丰富,范围广泛,我国柞蚕茧的产量约占全世界柞蚕茧总产量的90%,经济价值大^[1]。随着世界人口的急剧增长和生活水平的提升,人们对蛋白质食品的需求也越来越多。昆虫以其蛋白质含量高、纤维少、营养结构合理、营养成分易被人体吸收以及虫体繁殖周期短、资源丰富且适于工业化生产的特点,被世界各国营养学家所关注^[2]。

自20世纪80年代开始,我国开始对各个发育时期的柞蚕进行食用、药用、保健等应用开发研究,逐渐使柞蚕茧丝生产的副产物乃至废弃物得到充分利用^[2]。20世纪50年代末60年代初,四川省巴中市、广元市等秦巴山区市县在“三蚕(柞蚕、桑蚕、蓖麻蚕)并举”的方针指导下,从河南、山东、辽宁等地引进柞蚕品种发展柞蚕养殖业,且逐步形成了育种、保种、养殖、收购、加工等全套柞蚕生产技术和加工体系。由于当时柞蚕丝出口不及桑蚕丝,桑蚕的经济效益高于柞蚕,所以在桑蚕大力发展的前提下,柞蚕产业逐年萎缩,现在,四

川省仅剩通江县柞蚕种场唯一的柞蚕遗传资源保育种单位。近年来随着柞蚕蛹特殊的营养价值以及柞蚕丝特殊用途的研究与开发,柞蚕业经济效益迅速增加,且随着研究的深入、技术的创新,柞蚕业的成本投入、饲养难度和劳动力需求都有所下降,目前柞蚕食用与药用开发所创造的产值远远高于柞蚕茧丝产业,有效促进了柞蚕业的持续稳定发展^[3]。在柞蚕资源综合利用方面,柞蚕蛹的食用开发尤为突出,我国的柞蚕蛹资源十分丰富,仅辽宁省柞蚕蛹的年产量就有5万t左右^[4-5]。笔者以新选育柞蚕品种川柞1号为研究对象,分析其蛋白质、脂肪及氨基酸等营养成分的含量,并与北方青六号柞蚕蛹以及人们普遍食用的鸡肉、鸡蛋的营养成分进行比较,旨在客观评价柞蚕蛹的营养价值,为其在食品及保健品等领域的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试柞蚕蛹由四川省巴中市通江县柞蚕种场提供,品种为川柞1号;柞蚕蛹为秋柞蚕自然条件下化蛹获取。

主要仪器:UV/VIS-2802S分光光度计,无锡科达仪器;RE-52C旋转蒸发仪,西安安泰仪器;KDN-04凯氏定氮仪,浙江托普仪器;L-8800氨基酸自动分析仪,日立公司;CL-100高效液相色谱仪,上海伍丰仪器;其他仪器及其配套设备。

1.2 柞蚕蛹营养成分检测方法 水分测定参照国家标准

基金项目 四川省应用基础研究项目(2016JY0053);四川省科技支撑项目(2015NZ0031)。

作者简介 吕银(1988-),男,甘肃靖远人,工程师,硕士,从事生物、蚕桑研究。*通讯作者,高级农艺师,从事生物、蚕桑研究。

收稿日期 2016-07-15

GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》,糖分测定参照 GB/T 5009.7—2008《食品中还原糖的测定》,蛋白质、脂肪、灰分的测定参照文献[6]的方法,矿物质、脂肪酸、微量元素测定参照文献[7]的方法。

1.3 柞蚕蛹氨基酸质量评价 根据柞蚕蛹的氨基酸测定结果,计算其氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)^[8]。

AAS = 被测蛋白质氨基酸的质量分数/FAO 评分模式氨基酸的质量分数 × 100

CS = 被测蛋白质氨基酸的质量分数/鸡蛋蛋白质氨基酸的质量分数 × 100

1.4 数据处理 每个样品均做3次重复,采用SPSS软件对

检测数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 主要营养成分含量 柞蚕蛹水分、总糖、粗蛋白、粗脂肪、灰分含量测定结果见表1。柞蚕蛹鲜样中的水分含量较高,占79%~80%;蛋白质含量丰富,质量分数为10%~13%,与鸡蛋相近,低于鸡肉;脂肪的质量分数为4.0%~6.5%,低于鸡肉和鸡蛋;碳水化合物的含量差异较大,其中青六号黄色蛹和鸡肉、鸡蛋相当,质量分数1.4%左右,黑色蛹质量分数在0.4%左右,川柞1号雌蛹质量分数在3.2%左右,雄蛹质量分数2.2%左右;灰分含量与鸡肉、鸡蛋相当,质量分数在1.0%左右。

表1 柞蚕蛹与鸡肉、鸡蛋的营养成分比较($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 1 Comparison on nutritional composition of pupae of *Antheraea pernyi* and chicken, egg %

食物 Food	水分 Moisture	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	碳水化合物 Carbohydrate	灰分 Ash
雌蛹 Female pupae	79.25 ± 0.11	12.11 ± 0.05	4.22 ± 0.13	3.13 ± 0.06	1.29 ± 0.12
雄蛹 Male pupae	79.63 ± 0.08	10.80 ± 0.07	6.40 ± 0.09	2.18 ± 0.14	0.99 ± 0.14
黄色蛹 Yellow pupae	79.81 ± 0.08	12.42 ± 0.16	5.34 ± 0.15	1.42 ± 0.12	1.11 ± 0.12
黑色蛹 Black pupae	79.80 ± 0.09	12.83 ± 0.07	5.91 ± 0.15	0.44 ± 0.13	1.12 ± 0.11
鸡肉 Chicken	69.00	19.30	9.40	1.30	1.00
鸡蛋 Egg	75.80	12.70	9.00	1.50	1.00

注:黄色蛹、黑色蛹的营养成分数据来自参考文献[9],鸡肉、鸡蛋的营养成分数据来自参考文献[10]。

Note: Data of nutritional ingredients in yellow and black pupae were from reference [9], data of nutritional ingredients in chicken and egg were from reference [10].

2.2 氨基酸组成和质量评价 由表2可见,川柞1号雌蛹总氨基酸质量分数和必需氨基酸质量分数略高于青六号,川柞1号雄蛹总氨基酸质量分数和必需氨基酸质量分数较低。根据氨基酸测定结果分析柞蚕蛹的必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA),青六号黄色蛹和黑色蛹分别为34.34%和

34.15%,川柞1号雌蛹和雄蛹分别为38.49%和36.36%,显著高于青六号;必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)青六号黄色蛹和黑色蛹分别为61.64%和61.12%,川柞1号雌蛹和雄蛹分别为65.80%和57.14%。联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)推荐较理想的蛋白质其EAA/NEAA

表2 柞蚕蛹的氨基酸组成($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 2 Composition of amino acids in pupae of *Antheraea pernyi* %

氨基酸 Amino acid	雌蛹 Female pupae	雄蛹 Male pupae	黄色蛹 Yellow pupae	黑色蛹 Black pupae
天冬氨酸 Asp	1.10 ± 0.08	0.86 ± 0.09	0.98 ± 0.07	0.87 ± 0.11
苏氨酸* Thr*	0.51 ± 0.04	0.42 ± 0.06	0.50 ± 0.06	0.46 ± 0.08
丝氨酸 Ser	0.52 ± 0.06	0.39 ± 0.02	0.48 ± 0.07	0.43 ± 0.09
谷氨酸 Glu	1.32 ± 0.09	1.01 ± 0.08	1.14 ± 0.05	1.00 ± 0.07
甘氨酸 Gly	0.49 ± 0.03	0.49 ± 0.05	0.39 ± 0.02	0.37 ± 0.03
丙氨酸 Ala	0.45 ± 0.04	0.37 ± 0.04	0.45 ± 0.08	0.40 ± 0.02
胱氨酸 Cys	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.01
缬氨酸* Val*	0.56 ± 0.06	0.43 ± 0.03	0.53 ± 0.05	0.50 ± 0.04
蛋氨酸* Met*	0.29 ± 0.05	0.20 ± 0.01	0.29 ± 0.03	0.24 ± 0.02
异亮氨酸* Ile*	0.42 ± 0.02	0.31 ± 0.03	0.39 ± 0.06	0.35 ± 0.04
亮氨酸* Leu*	0.75 ± 0.07	0.54 ± 0.05	0.72 ± 0.04	0.63 ± 0.07
酪氨酸 Tyr	0.64 ± 0.03	0.47 ± 0.05	0.65 ± 0.04	0.52 ± 0.04
苯丙氨酸* Phe*	0.50 ± 0.04	0.36 ± 0.03	0.61 ± 0.05	0.52 ± 0.09
赖氨酸* Lys*	0.83 ± 0.09	0.66 ± 0.06	0.82 ± 0.07	0.73 ± 0.08
组氨酸 His	0.55 ± 0.05	0.52 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.35 ± 0.02
精氨酸 Arg	0.64 ± 0.06	0.48 ± 0.05	0.58 ± 0.04	0.51 ± 0.07
脯氨酸 Pro	0.63 ± 0.03	0.60 ± 0.05	0.50 ± 0.04	0.50 ± 0.04
色氨酸* Trp*	0.17 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.13 ± 0.02
氨基酸总量 Total	10.48 ± 0.19	8.35 ± 0.22	9.64 ± 0.21	9.61 ± 0.23
必需氨基酸 EAA	4.03 ± 0.14	3.04 ± 0.15	3.31 ± 0.12	2.94 ± 0.10
非必需氨基酸 NEAA	6.45 ± 0.11	5.31 ± 0.13	5.37 ± 0.14	4.81 ± 0.12

注:黄色蛹、黑色蛹的营养成分数据来自参考文献[9],*为必需氨基酸。

Note: Data of nutritional ingredients in yellow and black pupae were from reference [9], * means essential amino acids.

超过 60%、EAA/TAA 约为 35%^[11],而川柞 1 号柞蚕雌蛹、雄蛹的 EAA/TAA 均 > 35%,雌蛹的 EAA/NEAA > 60%、雄蛹的 EAA/NEAA 接近 60%,均属优质蛋白质源。

柞蚕蛹蛋白质的氨基酸评分和化学评分见表 3。雌蛹的氨基酸评分和化学评分均高于雄蛹,与黄色蛹相当,雄蛹的氨基酸评分和化学评分与黑色蛹相当。其中,雌蛹和雄蛹的芳香族氨基酸(苯丙氨酸 + 酪氨酸)、赖氨酸、色氨酸的质量分数较高,超过 FAO/WHO 推荐模式蛋白质,与鸡蛋蛋白质相当。4 种柞蚕蛹的苏氨酸均较缺乏,是柞蚕蛹蛋白质第 1

限制性氨基酸,雌蛹的第 2 限制性氨基酸为异亮氨酸,第 3 限制性氨基酸为亮氨酸,雄蛹的第 2 限制性氨基酸为亮氨酸,第 3 限制性氨基酸为异亮氨酸;蛋氨酸 + 胱氨酸、缬氨酸分别为第 4、5 限制性氨基酸。雌蛹、雄蛹、黄色蛹和黑色蛹蛋白质中的必需氨基酸质量比分别为 395.1、334.2、383.4 和 327.5 mg/g。

2.3 矿物质元素 柞蚕雌蛹、雄蛹中均含有多种矿物质,包括 K、Ca、Na、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn、Se、Cr 等(表 4),这些元素是人体正常生长发育不可缺少的。川柞 1 号柞蚕蛹含有的

表 3 柞蚕蛹的蛋白质与 FAO/WHO 推荐模式蛋白质及鸡蛋蛋白质中的必需氨基酸比较

Table 3 Comparison on essential amino acids in proteins of pupae of *Antheraea pernyi* and FAO/WHO recommended pattern and proteins from chicken eggs

必需氨基酸 Essential amino acid	雌蛹 Female pupae			雄蛹 Male pupae			FAO/WHO 推荐模式* FAO/WHO recommended pattern* mg/g	鸡蛋模式* Chicken egg pattern* mg/g
	质量比 Mass ratio	氨基酸评分 Amino acid score	化学评价 Chemical score	质量比 Mass ratio	氨基酸评分 Amino acid score	化学评价 Chemical score		
	mg/g			mg/g				
苏氨酸 Thr	42.1	70.2 ¹⁾	78.1	38.9	64.8 ¹⁾	72.2		
缬氨酸 Val	46.3	92.6	80.4	39.8	79.6	69.1		
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	33.1	94.6	52.8	29.6	85.6	47.2		
异亮氨酸 Ile	34.7	86.8 ²⁾	66.2	28.7	71.8	54.8		
亮氨酸 Leu	62.0	88.6	73.7	50.0	71.4 ²⁾	59.5		
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	94.2	154.0	98.6	75.0	125.0	78.5		
赖氨酸 Lys	68.6	124.7	105.7	61.1	111.1	94.1		
色氨酸 Trp	14.1	141.0	87.0	11.1	111.0	68.5		
总和 Total	395.1	—	—	334.2	—	—		
必需氨基酸 Essential amino acid	黄色蛹 Yellow pupae			黑色蛹 Black pupae			FAO/WHO 推荐模式* FAO/WHO recommended pattern* mg/g	鸡蛋模式* Chicken egg pattern* mg/g
	质量比 Mass ratio	氨基酸评分 Amino acid score	化学评价 Chemical score	质量比 Mass ratio	氨基酸评分 Amino acid score	化学评价 Chemical score		
	mg/g			mg/g				
苏氨酸 Thr	40.5	67.5 ¹⁾	75.1	36.1	60.2 ¹⁾	67.0	60	53.9
缬氨酸 Val	42.9	85.8	74.5	39.2	78.4	68.1	50	57.6
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	30.0	85.7	47.8	26.7	76.3	42.6	35	62.7
异亮氨酸 Ile	31.6	79.0 ²⁾	60.3	27.5	68.8 ²⁾	52.5	40	52.4
亮氨酸 Leu	58.3	83.3	69.3	49.3	70.4	58.6	70	84.1
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	101.6	169.3	106.4	81.3	135.5	85.1	60	95.5
赖氨酸 Lys	66.2	120.4	102.0	57.1	103.8	88.0	55	64.9
色氨酸 Trp	12.3	123.0	75.9	10.3	103.0	63.6	10	16.2
总和 Total	383.4	—	—	327.5	—	—	380	487.3

注:黄色蛹、黑色蛹的营养成分数据来自参考文献[9],* 标示蛋白质模式的氨基酸数据源于参考文献[10],1)为第 1 限制性氨基酸,2)为第 2 限制性氨基酸。

Note:Data of nutritional ingredients in yellow and black pupae were from reference [9],* Amino acid data of the protein pattern were from reference [10], 1) The first limiting amino acid, 2) The second limiting amino acid.

表 4 柞蚕蛹与鸡肉、鸡蛋中的矿物质含量比较

Table 4 Comparison on mineral element content in pupae of *Antheraea pernyi* and chicken, egg

食品 Food	钾 K	钙 Ca	钠 Na	镁 Mg	铜 Cu
雌蛹 Female pupae	2 420.00 ± 0.32	217.00 ± 0.19	40.00 ± 0.51	809.00 ± 0.56	4.27 ± 0.42
雄蛹 Male pupae	3 020.00 ± 0.27	191.00 ± 0.35	38.00 ± 0.43	778.00 ± 0.71	3.97 ± 0.18
黄色蛹 Yellow pupae	319.00 ± 0.49	297.50 ± 0.44	—	4 940.1 ± 0.54	21.80 ± 0.28
黑色蛹 Black pupae	283.30 ± 0.21	252.40 ± 0.52	—	4 840.3 ± 0.94	19.60 ± 0.45
鸡肉 Chicken	2 510.00	90.00	72.40	190.00	0.70
鸡蛋 Egg	980.00	480.00	123.00	140.00	0.60
食品 Food	锌 Zn	铁 Fe	锰 Mn	硒 Se	铬 Cr
雌蛹 Female pupae	12.90 ± 0.36	6.93 ± 0.28	1.92 ± 0.34	0.015 9 ± 0.79	0.039 0 ± 0.94
雄蛹 Male pupae	11.80 ± 0.61	6.52 ± 0.45	1.73 ± 0.22	0.018 4 ± 0.88	0.039 0 ± 0.57
黄色蛹 Yellow pupae	183.20 ± 0.86	90.40 ± 0.77	96.70 ± 0.41	—	—
黑色蛹 Black pupae	141.20 ± 0.24	104.60 ± 0.19	102.50 ± 0.34	—	—
鸡肉 Chicken	10.90	14.00	0.30	0.018 0	—
鸡蛋 Egg	10.00	20.00	0.30	0.009 0	—

注:黄色蛹、黑色蛹的营养成分数据来自参考文献[9],鸡肉、鸡蛋的营养成分数据来自参考文献[10]。

Note:Data of nutritional ingredients in yellow and black pupae were from reference [9],data of nutritional ingredients in chicken and egg were from reference [10].

矿物质元素中 K 的质量分数远高于青六号柞蚕蛹,与鸡肉相近;Ca 的质量分数川柞 1 号与青六号柞蚕蛹相当,高于鸡肉低于鸡蛋;Mg、Cu、Zn、Mn 的质量分数低于青六号柞蚕蛹,高于鸡肉和鸡蛋;Zn 的质量分数川柞 1 号柞蚕蛹低于青六号,与鸡肉、鸡蛋相当。柞蚕蛹中未检测出 Hg、Pb 和 As 等重金属元素(低于 0.01 mg/kg)。

2.4 主要维生素含量 柞蚕雌蛹、雄蛹中均含有多种维生素

素,包括维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 C、维生素 E 等(表 5),在川柞 1 号柞蚕蛹中,维生素 B₂、维生素 C、维生素 E 的含量较高;维生素 B₂ 显著高于鸡肉、鸡蛋;维生素 E 的含量高于鸡肉,与鸡蛋相近。人体缺少维生素 B₂ 易患口腔溃疡、口腔溃疡等;维生素 C 也称抗坏血酸,人体缺少会导致夜盲症、角膜干燥症、皮肤干燥、脱屑等;人体缺乏维生素 E 会导致红血球被破坏、肌肉的变性、贫血症、生殖机能障碍等。

表 5 柞蚕蛹与鸡肉、鸡蛋中的维生素含量比较

Table 5 Comparison on vitamin content in pupae of *Antheraea pernyi* and chicken, egg

食品 Food	维生素 A Vitamin A	维生素 E Vitamin E	维生素 C Vitamin C	维生素 B ₁ Vitamin B ₁	维生素 B ₂ Vitamin B ₂
雌蛹 Female pupae	0.02 ± 0.47	5.81 ± 0.52	179.00 ± 0.35	0.019 2 ± 0.48	16.00 ± 0.42
雄蛹 Male pupae	0.01 ± 0.21	6.57 ± 0.43	183.00 ± 0.19	0.023 4 ± 0.31	17.20 ± 0.29
鸡肉 Chicken	0.04	0.46	—	0.09	0.08
鸡蛋 Egg	0.19	4.06	—	0.20	0.25

注:鸡肉、鸡蛋的营养成分数据来自参考文献[10]。

Note: Data of nutritional ingredients in chicken and egg were from reference [10].

3 结论与讨论

该试验对四川省通江县柞蚕种场新选育的柞蚕品种川柞 1 号的雌蛹和雄蛹营养成分进行检测,将检测结果与辽宁省青六号柞蚕蛹以及鸡蛋、鸡肉的营养成分进行比较分析,从而对川柞 1 号柞蚕蛹的营养成分作出客观评价。结果表明,该柞蚕蛹含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等营养成分,其蛋白质氨基酸种类齐全,比例合理。

必需氨基酸的种类和含量以及各种氨基酸的比例是否均衡是评价蛋白质营养价值的 2 个重要指标,蛋白质食品中必需氨基酸的模式与人体蛋白质的组成越接近,其营养价值就越高^[12]。另外,评价氨基酸质量优劣的一个重要指标是蛋白质中的必需氨基酸评分^[13],包括 AAS 和 CS 评分。柞蚕蛹的氨基酸种类齐全,含有人体所需的 18 种氨基酸,属于完全蛋白质^[14]。在柞蚕鲜蛹的蛋白质中,川柞 1 号雌蛹和雄蛹必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)分别为 38.49% 和 36.36%,略高于青六号黄色蛹和黑色蛹的 34.34% 和 34.15%,限制性氨基酸依次为苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸+胱氨酸和缬氨酸。川柞 1 号柞蚕雌蛹、雄蛹的 EAA/TAA 均 > 35%,雌蛹的 EAA/NEAA > 60%、雄蛹的 EAA/NEAA 接近 60%,表明柞蚕蛹蛋白质的总氨基酸含量丰富,并且雌蛹的蛋白质评分高于雄蛹。

矿物质元素在人体组织中参与食物的消化、能量的转换并构成人体组织,并且一些元素是机体对包括病原体感染在内的各种抗原刺激进行正常免疫应答必不可少的物质,如 Zn、Cu、Mn、Fe 等都显示出对免疫功能有重要影响^[15],所以人体每天都必需摄食一定量的矿物质营养元素来满足自身的需求。雌雄柞蚕蛹中都含有 K、Ca、Na、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn、Se、Cr 等矿物质元素,其中 Mg、Cu、Zn、Mn、Ca、Zn 矿物质元素含量较丰富,可作为补充人体必需微量元素的食物来源。同时,柞蚕雌蛹和雄蛹的常量及微量元素的含量均符合中国营养学会推荐的中国居民膳食矿物质营养的需要量标准^[16],且食用后不会引发矿物质元素中毒。

维生素是人类生命活动必不可少的一类微量的低分子有机化合物,少量的维生素即可满足人体需要,参与新陈代谢,维持体内某些特殊的生理功能,参与酶的组成等。人体自身一般无法合成维生素或合成量不足,必需通过日常饮食从食物中摄取,人体长期缺乏某种维生素可导致相应的病症,损害人体健康。柞蚕蛹中含有维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 C、维生素 E,其中维生素 B₂、C、E 含量较丰富,可作为补充人体维生素的食物来源。

参考文献

- [1] 石淑萍. 柞蚕放养的经济效益分析[J]. 农村百事通, 2006(12): 9-10.
- [2] 孔凡真. 21 世纪的新食品: 昆虫食品[1]. 云南林业, 2001(4): 26-27.
- [3] 杨彪, 潘荣, 杨远萍. 四川柞蚕产业发展情况调研[J]. 四川蚕业, 2014, 42(3): 1-4.
- [4] LIU Y, LI Y, PAN M, et al. The complete mitochondrial genome of the Chinese oak silkworm, *Antheraea pernyi*[J]. Acta Biochim Biophys Sin(Shanghai), 2008, 40(8): 693-703.
- [5] KIM B Y, PARK N S, JIN B R, et al. Molecular cloning and characterization of a cDNA encoding a novel cuticle protein from the Chinese oak Silkworm, *Antheraea pernyi*[J]. Mitochondrial DNA, 2005, 16(5): 379-401.
- [6] 宁正祥. 食物成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 72-590.
- [7] QIANG C K, DU Y Z, YU L Y, et al. Effect of rapid cold hardening on the cold tolerance of the larvae of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker)[J]. Agric Sci Chin, 2008, 7(3): 321-328.
- [8] 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(3): 366-368.
- [9] 王林美, 李树英, 岳冬梅. 柞蚕黄色蛹和黑色蛹的营养成分检测分析[J]. 蚕业科学, 2013, 39(3): 771-777.
- [10] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食品成分表(全国代表值)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 28-118.
- [11] FAO/WHO. Ad hoc expert committee: Energy and protein requirement [M]. Rome: FAO and WHO, 1973: 40-73.
- [12] 文礼章. 食用昆虫学原理与应用[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1998: 80-100.
- [13] 刘超. 可利用氨基酸饲料新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 150-177.
- [14] 何德硕, 吕继业, 李建男, 等. 柞蚕营养成分研究初报[J]. 蚕业科学, 1985, 33(4): 55-57.
- [15] 祁嘉义. 临床元素化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 8-43.
- [16] 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, 2001: 86-252.