

不同柞蚕品种鲜蛹营养组分检测及分析

柯皓天¹, 吕银¹, 陈祥平², 范小敏³, 刘玲³, 程明^{1*}

(1. 四川省丝绸工程技术研究中心, 四川成都 610031; 2. 四川省丝绸科学研究院, 四川成都 610031; 3. 四川省丝绸协会, 四川成都 610031)

摘要 [目的]选育适合在一化性柞蚕产区放养的优质、高产、蛹丝兼用的柞蚕新品种。[方法]对川柞1号、川柞2号、河33、贵101及通江这5个柞蚕品种鲜蛹的主要营养成分、氨基酸、维生素及微量元素锌、硒的含量进行检测分析。[结果]川柞2号鲜蛹营养组分综合表现最优,其中蛋白质质量分数为12.45%;粗脂肪质量分数为5.77%;氨基酸质量分数为9.71%,EAA/TAA为40.37%,EAA/NEAA为67.6%,药效氨基酸和支链氨基酸含量略高于其他品种,鲜味氨基酸仅次于贵101;维生素A、B₁、B₂、C、E及微量元素锌、硒含量较为丰富。[结论]川柞2号属优质蛋白质资源,适合在一化性柞蚕产区作为蛹丝兼用品种示范推广。

关键词 柞蚕品种;鲜蛹;营养组分;氨基酸

中图分类号 S885.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)21-0201-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.21.060



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Detection and Analysis of Nutritional Components in Fresh Pupae of Different *Antheraea pernyi* Varieties

KE Hao-tian¹, LÜ Yin¹, CHEN Xiang-ping² et al (1. Silk Engineering Research Center of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610031; 2. Sichuan Academy of Silk Sciences, Chengdu, Sichuan 610031)

Abstract [Objective] The research aimed to breed a new *Antheraea pernyi* variety with high quality, high yield and pupa and silk dual-purposes in the univoltine *Antheraea pernyi* production area. [Method] The main nutrients, amino acids, vitamins and trace elements zinc and selenium in fresh pupae of five tussah varieties (Chuanzuo 1, Chuanzuo 2, He 33, Gui 101 and Tongjiang) were detected and analyzed. [Result] The nutritional composition of fresh pupae of Chuanxiong No. 2 was the best, with protein content of 12.45%; crude fat mass fraction of 5.77%; amino acid mass fraction of 9.71%, EAA/TAA of 40.37%, and EAA/NEAA of 67.6%; the content of amino acid with medicinal function and branched-chain amino acid was slightly higher than other varieties, and the content of amino acid with flavor enhancement effect was only next to gui 101; vitamin A, B₁, B₂, C, E and trace elements zinc and selenium were relatively abundant. [Conclusion] Chuanxiong 2 is a high-quality protein resource, which is suitable for demonstration and promotion as a pupa and silk dual-purposes in the univoltine *Antheraea pernyi* production area.

Key words *Antheraea pernyi* varieties; Fresh pupae; Nutritional composition; Amino acid

柞蚕(*Antheraea pernyi*)属鳞翅目大蚕蛾科柞蚕属的泌丝昆虫,是我国特有的昆虫资源,过去几千年的发展始终以单一的缫丝织绸为主^[1]。随着社会的发展、科技的进步以及人们对昆虫资源综合利用研究的不断深入,柞蚕幼虫、蛹、蛾因其蛋白质含量高、营养结构合理、繁育周期短、资源丰富等特点被营养学家所关注,成为市场上广受青睐的昆虫食品^[2]。随着对柞蚕各个发育时期进行食用、保健、药用等应用开发研究,传统柞蚕生产的副产物以及废弃物被充分利用,目前柞蚕食用与生物开发所创造的产值远远高于传统茧丝产值^[3],对柞蚕产业的持续、稳定、高效发展起到了有效促进作用。

柞蚕发育的蛹期营养组分及含量十分丰富,是柞蚕一个世代营养物质积累的高峰期^[4-6]。柞蚕鲜茧茧层量13%左右、蛹茧比为87%左右,目前全国各地鲜蛹的收购价普遍高于鲜茧收购价,某些地区已发展为以削茧食蛹为主、蚕茧利用为辅的新格局。笔者为适应市场发展需求,以蛹丝兼用为育种目标,育成了柞蚕新品种川柞1号、川柞2号,分别于2016、2018年通过四川省蚕品种审定委员会审定。该试验对四川省选育的2个柞蚕新品种的主要营养组分进行检测,并与目前主推的柞蚕品种进行比较分析,旨在科学评价不同品

种柞蚕鲜蛹的营养价值。

1 材料与方法

1.1 供试柞蚕品种 供试柞蚕品种川柞1号、川柞2号为四川省新选育柞蚕品种,通江为通江县柞蚕种场选育品系,河33为河南柞蚕品种,贵101为贵州蚕研所选育柞蚕品种。5个柞蚕品种的新鲜蚕蛹均在通江县柞蚕种场繁育基地自然条件下获取。

1.2 主要仪器 KDN-04 凯氏定氮仪,浙江托普仪器有限公司;CL-100液相色谱仪,上海伍丰科学仪器有限公司;L-8800氨基酸自动分析仪,日立公司;RE-52C旋转蒸发仪,陕西西安安泰仪器;PCDX-JB-10-G超纯水仪,成都业达伍丰科技有限公司;UV/VIS-2802S紫外分光光度仪,无锡科达仪器有限公司。

1.3 柞蚕鲜蛹基础营养组分检测方法 水分含量检测参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》,还原糖含量检测参照GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》,蛋白质含量检测参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》,脂肪含量检测参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》,灰分含量检测参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》。

1.4 柞蚕鲜蛹氨基酸、维生素及微量元素(锌、硒)含量检测方法 氨基酸含量检测参照GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》,维生素A、E含量检测参照

基金项目 四川省科技计划项目(2017NFP0011,2019YFN0138)。
作者简介 柯皓天(1977—),男,四川南充人,高级农艺师,从事蚕桑品种选育研究。*通信作者,高级农艺师,从事蚕桑研究。
收稿日期 2019-04-08;修回日期 2019-07-12

GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定》,维生素 B₁、B₂ 含量检测参照 GB 5009.83—2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B₁、B₂ 的测定》,维生素 C 含量的测算参照文献[7]的方法,微量元素(锌、硒)检测参照文献[8]的方法。

1.5 数据处理 每个样品均做 3 次平行重复,数据以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示。用 SPSS 软件(IBM SPSS Statistics 20.0)对检测数据进行统计分析。

表 1 柞蚕鲜蛹基础营养成分及其含量

Table 1 The basic nutrient components and content in fresh pupae of *Antheraea pernyi*

品种 Variety	水分 Moisture	蛋白质 Protein	碳水化合物 Carbohydrate	脂肪 Fat	灰分 Ash
川柞 2 号 Chuanzuo 1	79.41±0.12	12.45±0.19	1.14±0.08	5.77±0.17	1.24±0.11
川柞 1 号 Chuanzuo 1	79.27±0.13	12.35±0.09	1.63±0.14	5.70±0.13	1.14±0.09
通江 Tongjiang	79.71±0.08	10.56±0.16	1.43±0.12	7.11±0.15	1.19±0.12
贵 101 Gui 101	79.32±0.18	12.01±0.23	1.58±0.17	5.88±0.09	1.21±0.17
河 33 He33	78.64±0.09	11.56±0.18	1.47±0.12	7.23±0.35	1.10±0.15

2.2 氨基酸组成及分析 柞蚕蛹新鲜样品中氨基酸组分及含量见表 2。柞蚕鲜蛹中含有 18 种人体所需游离氨基酸,其中包括 8 种人体必需氨基酸,其氨基酸总量和必需氨基酸质量分数从高到低依次为川柞 2 号、贵 101、川柞 1 号、河 33、通江。其中天冬氨酸、谷氨酸、赖氨酸、亮氨酸含量较高,胱氨酸、色氨酸含量较低。5 个柞蚕品种川柞 2 号、川柞 1 号、通

2 结果与分析

2.1 基础营养成分含量 柞蚕鲜蛹基础营养成分及含量见表 1。5 个不同品种柞蚕蛹新鲜样品中水分含量为 78%~80%;蛋白质含量为 10%~13%,通江略低于其他 4 个品种;碳水化合物含量为 1.1%~1.7%,川柞 2 号含量略低于其他 4 个品种;川柞 1 号、川柞 2 号和贵 101 脂肪含量略低,占 5.8%左右,通江和河 33 含量较高,占 7.2%左右;灰分含量基本相当。

江、贵 101、河 33 鲜蛹中必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)依次为 40.37%、38.73%、40.35%、39.73%、40.14%,必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)依次为 67.70%、63.20%、67.67%、65.92%、67.05%,符合联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)推荐的较理想蛋白质要求,属优质蛋白质源^[9]。

表 2 柞蚕鲜蛹的氨基酸组成及含量

Table 2 Amino acids and content in fresh pupae of *Antheraea pernyi*

品种 Variety	苏氨酸* Thr*	亮氨酸* Leu*	异亮氨酸* Ile*	赖氨酸* Lys*	色氨酸* Trp*	蛋氨酸* Met*	缬氨酸* Val*	苯丙氨酸* Phe*	胱氨酸 Cys	丙氨酸 Ala	精氨酸 Arg
川柞 2 号 Chuanzuo 2	0.52±0.08	0.71±0.09	0.41±0.06	0.78±0.07	0.16±0.03	0.28±0.03	0.47±0.05	0.59±0.05	0.13±0.03	0.51±0.09	0.54±0.04
川柞 1 号 Chuanzuo 1	0.50±0.10	0.63±0.05	0.35±0.04	0.79±0.08	0.15±0.02	0.25±0.05	0.48±0.03	0.44±0.08	0.11±0.02	0.44±0.05	0.55±0.10
通江 Tongjiang	0.46±0.06	0.53±0.04	0.37±0.07	0.68±0.03	0.14±0.01	0.23±0.06	0.51±0.03	0.55±0.04	0.09±0.01	0.40±0.08	0.51±0.03
贵 101 Gui 101	0.49±0.11	0.61±0.07	0.40±0.07	0.81±0.17	0.19±0.08	0.26±0.09	0.48±0.08	0.57±0.13	0.11±0.03	0.48±0.07	0.54±0.08
河 33 He33	0.43±0.08	0.55±0.10	0.38±0.09	0.72±0.13	0.14±0.05	0.24±0.08	0.50±0.04	0.52±0.07	0.10±0.02	0.37±0.07	0.52±0.05

品种 Variety	天冬氨酸 Asp	丝氨酸 Ser	酪氨酸 Tyr	甘氨酸 Gly	谷氨酸 Glu	脯氨酸 Pro	组氨酸 His	氨基酸(总量) Total	必需氨基酸 EAA	非必需氨基酸 NEAA
川柞 2 号 Chuanzuo 2	0.87±0.09	0.48±0.05	0.59±0.04	0.42±0.07	1.17±0.07	0.57±0.06	0.51±0.05	9.71±0.34	3.92±0.28	5.79±0.31
川柞 1 号 Chuanzuo 1	1.01±0.09	0.41±0.06	0.56±0.03	0.45±0.06	1.04±0.11	0.60±0.09	0.51±0.06	9.27±0.24	3.59±0.22	5.68±0.20
通江 Tongjiang	0.93±0.07	0.44±0.07	0.56±0.07	0.38±0.04	0.98±0.05	0.47±0.04	0.37±0.02	8.60±0.27	3.47±0.23	5.13±0.18
贵 101 Gui 101	0.98±0.14	0.44±0.06	0.58±0.06	0.41±0.09	1.20±0.14	0.55±0.03	0.49±0.03	9.59±0.28	3.81±0.27	5.78±0.25
河 33 He33	0.89±0.10	0.42±0.08	0.55±0.04	0.40±0.06	1.03±0.05	0.50±0.11	0.41±0.13	8.67±0.31	3.48±0.28	5.19±0.30

注: * 必需氨基酸

Note: * means essential amino acids

18 种氨基酸中包括各种类型氨基酸,其中主要有鲜味氨基酸、药效氨基酸和支链氨基酸,5 个不同柞蚕品种鲜蛹中这 3 类氨基酸含量见图 1。谷氨酸和天冬氨酸是食品中重要的鲜味物质,同属于鲜味氨基酸^[10-11]。5 个不同品种柞蚕鲜蛹的鲜味氨基酸含量从高到低依次是贵 101、川柞 1 号、川柞 2 号、河 33、通江。谷氨酸、亮氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、天冬氨酸和苯丙氨酸构成了氨基酸组分中的药效氨基酸,其含量可作为评价柞蚕鲜蛹保健功效的间接依据^[11],5 个不同

品种柞蚕鲜蛹的药效氨基酸含量从高到低依次为川柞 2 号、贵 101、川柞 1 号、河 33、通江。亮氨酸、缬氨酸和异亮氨酸构成的支链氨基酸参与人体骨骼肌代谢,约占到骨骼肌蛋白质必需氨基酸的 35%,与动物骨骼肌合成关系密切^[12-13],5 个不同品种柞蚕鲜蛹的支链氨基酸含量从高到低依次川柞 2 号、贵 101、川柞 1 号、河 33、通江。结果表明,5 个柞蚕品种鲜蛹中川柞 2 号的药效氨基酸和支链氨基酸含量最高,鲜味氨基酸次于川柞 1 号和贵 101。

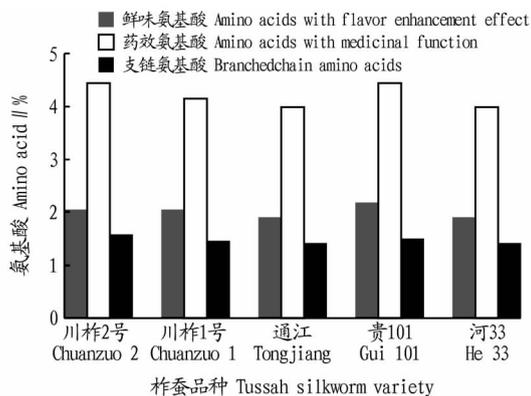


图1 柞蚕鲜蛹的不同种类氨基酸比较

Fig. 1 Comparison of different kinds of amino acids in fresh pupae of *Antheraea pernyi*

2.3 主要维生素含量 柞蚕蛹新鲜样品中维生素含量见表3。柞蚕鲜蛹中含有维生素A、维生素B₁、维生素B₂、维生素

表3 柞蚕鲜蛹中的维生素含量

Table 3 Comparison on vitamin content in fresh pupae of *Antheraea pernyi*

品种 (Variety)	维生素A (Vitamin A)	维生素B ₁ (Vitamin B ₁)	维生素B ₂ (Vitamin B ₂)	维生素C (Vitamin C)	维生素E (Vitamin E)
川柞2号 (Chuanzuo 1)	0.011±0.250	0.023±0.170	17.20±0.09	183.00±0.13	6.57±0.23
川柞1号 (Chuanzuo 1)	0.014±0.290	0.017±0.360	17.10±0.14	181.00±0.15	6.22±0.53
通江 (Tongjiang)	0.019±0.340	0.019±0.190	16.00±0.29	179.00±0.07	5.81±0.21
贵101 (Gui 101)	0.013±0.190	0.020±0.310	15.90±0.34	158.00±0.18	6.08±0.41
河33 (He 33)	0.012±0.270	0.016±0.290	17.40±0.20	172.00±0.15	5.93±0.09

表4 柞蚕鲜蛹中的锌硒含量

Table 4 Comparison on Zn and Se content in fresh pupae of *Antheraea pernyi*

品种 (Variety)	锌 (Zn)	硒 (Se)
川柞2号 (Chuanzuo 1)	97.4	0.065
川柞1号 (Chuanzuo 1)	83.6	0.051
通江 (Tongjiang)	75.7	0.050
贵101 (Gui 101)	96.7	0.044
河33 (He33)	100.0	0.038

3 讨论与结论

该试验对四川省新选育的柞蚕品种川柞1号、川柞2号以及3个生产上主要推广的柞蚕品种的鲜蛹进行了营养成分检测,通过对5个供试样品检测结果的比较分析,选择适合一化性柞蚕区生产优质柞蚕蛹的柞蚕品种。

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,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^[15]。检测表明,柞蚕蛹的氨基酸种类齐全,含有人体所需的18种氨基酸,其中包括8种人体必需氨基酸, EAA/TAA、EAA/NEAA符合联合国粮农组织/世界卫生组织 (FAO/WHO) 推荐的较理想蛋白质要求,属优质蛋白质源^[9]。

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,少量的维生素既可满足人类需要,参与新陈代谢,维持体内某些特殊的功能,参与酶的组成等。但人体自

C、维生素E等多种人体需要的维生素。5个不同柞蚕品种鲜蛹中维生素C含量较高,维生素B₂次之,之后从高到低依次为维生素E、维生素B₁、维生素A;其中新品种川柞2号鲜蛹维生素C、维生素E含量相比其他4个品种略高。与中国预防医院科学研究院营养与食品卫生研究所出版的《食物成分表(全国代表值)》中的人们日常主要食物牛肉、猪肉、鸡肉、鸡蛋等相比,柞蚕鲜蛹中维生素C、维生素B₁、维生素E含量较高^[8,14]。

2.4 锌和硒含量 锌和硒都是人体必需的微量元素,锌在人体生长发育、生殖遗传、免疫、内分泌等重要生理过程中起着极其重要的作用。由于巴中特殊的地理环境和气候条件,柞蚕蛹新鲜样品中锌硒含量较高(表4)。5个不同柞蚕品种鲜蛹中锌含量普遍较高,河33达100 mg/kg,其他4个品种在90 mg/kg左右;硒含量川柞2号最高,为0.065 mg/kg,其余的在0.038~0.051 mg/kg。

身一般无法合成维生素或合成量不足,必须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的产生,柞蚕蛹中含有丰富的维生素A、B₁、B₂、C、E等,可作为补充人体维生素的食物来源。

锌硒均是人体必需的微量元素之一,锌在人体生长发育、生殖遗传、免疫、内分泌等重要生理过程中起着极其重要的作用,被人们冠以“生命之花”“智力之源”“婚姻和谐素”的美称。锌存在于众多的酶系中,如碳酸酐酶、呼吸酶、乳酸脱氢酶、超氧化物歧化酶、碱性磷酸酶、DNA和RNA聚合酶等,是核酸、蛋白质、碳水化合物的合成和维生素A利用的必需物质,具有促进生长发育,改善味觉的作用。缺锌时易出现味觉嗅觉差、厌食、生长缓慢与智力发育低于正常等症状。硒是动物和人体中一些抗氧化酶(谷胱甘肽过氧化物酶)和硒-P蛋白的重要组成部分,在体内起着平衡氧化还原的作用,研究证明具有提高动物免疫力作用。目前,中国营养学会推荐的成人摄入量为50~250 μg/d,而中国2/3地区硒摄入量低于最低推荐值。

川柞2号柞蚕鲜蛹中蛋白质含量为12.45%,粗脂肪含量为5.77%,氨基酸含量为9.71%,其中必需氨基酸含量为3.92%,且含有多种维生素和微量元素锌、硒。综合该试验的结果认为,新品种川柞2号柞蚕鲜蛹营养丰富、氨基酸组成结构合理,且富含维生素和微量元素锌、硒,对调节人体生长发育、生殖遗传、免疫、内分泌等重要生理过程具有极

样品中存在大量还原性物质有关,对 B 样品按照“1.6”进行了氧化处理,加标量为 1.0 mg/L 的样品最终测得浓度分别为 0.820 3、0.857 7 mg/L,加标回收率分别为 82.0%、85.8%,达到了回收率要求。

土壤样品 B 中不含三价铬或六价铬(表 1),故氧化处理不会造成潜在的铬的氧化,在氧化处理后,去除了样品 B 的还原性。再次进行加标回收试验,六价铬的加标回收率由 20%提高至 80%以上,表明样品 B 的加标试验结果不佳的原

因是还原性物质将所加入的六价铬还原为三价,经碱消解处理后,三价铬不能被提取,导致回收率低。

2.3 质控结果分析 综上试验结果,现有质控手段仅仅根据样品加标回收率低判定试验失效,并不一定符合土壤六价铬检测的实际情况。应考虑土壤样品可能的还原性,根据表 2 综合判定。在空白及空白加标试验合格的情况下样品加标回收率低,应判定质控合格,所加入的六价铬标样是被样品还原。

表 2 土壤六价铬检测的质控判定

Table 2 Quality control determination of the detection of hexavalent chromium in soil

序号 No.	空白试验中铬含量 Chromium content in blank test	空白加标回收率 Blank plus standard recovery rate	样品加标回收率 Sample plus standard recovery rate	质控判定及分析 Quality control judgment and analysis
1	高于检出限	<80%或 80%~120%或>120%	<80%或 80%~120%或>120%	不合格,检查试剂及仪器污染、仪器状态
2	未检出或高于检出限	<80%或>120%	<80%或 80%~120%或>120%	不合格,检查试剂、标液及仪器污染、仪器状态
3	未检出	80%~120%	80%~120%	合格
4	未检出	80%~120%	>120%	不合格,检查仪器状态
5	未检出	80%~120%	<80%	合格,六价铬标样被样品还原,样品中不含有六价铬

3 结论

土壤样品基底复杂,氧化还原性质千差万别,故不能单纯以样品加标回收率低判定质控失效,还应综合空白试验、空白加标共同监测土壤样品的六价铬检测质量。若空白试验及空白加标回收率合格,样品加标回收率低,证明所加入的六价铬标样被还原,样品的试验数据依然可靠。并且很显然,对于该类还原性的样品,其本身不含六价铬。

参考文献

- [1] 考庆君. 三价铬和六价铬的毒性比较研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨医科大学,2004.
- [2] 贡晓飞,鄂尔丁夫,王琪,等. 不同价态铬在不同水分条件下的生物有效性及其对水稻的毒性[J]. 生态毒理学报,2015,10(4):170-176.
- [3] 杨芝华,考庆君. 三价铬和六价铬小鼠急性毒性及致突变性研究[J]. 浙江预防医学,2011,23(1):17-21.
- [4] 何俊昱. 土壤六价铬的污染特性、生物可给性及风险评估[D]. 杭州:浙江大学,2015.
- [5] 山鹰,张玮,王丽卿,等. 六价铬对水绵生长的毒性效应[J]. 生物学杂志,2014,31(1):24-27.
- [6] U. S. EPA. Method 7196A:Chromium,hexavalent(colorimetric)[S]. Wash-

- ington,DC:Update V. U. S. Government Printing Office,1992.
- [7] 季蕴佳,周勤,方爱红,等. 碱消解-火焰原子吸收分光光度法测定固体废物中的六价铬[J]. 环境管理与技术,2012,24(6):57-59.
- [8] U. S. EPA. Method 3060A:Alkaline digestion for hexavalent chromiumalkaline digestion for hexavalent chromium[S]. US EPA,1996.
- [9] 上海市环境监测中心. 固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法:HJ 687—2014[S]. 北京:中国环境出版社,2014.
- [10] 蔡晔,林怡雯,李月娥,等. 土壤和底泥中六价铬提取与检测方法[J]. 实验室研究与探索,2015,34(1):21-25.
- [11] 章永良. 土壤中六价铬的吸附与提取[J]. 环境化学,1990,9(4):43-48.
- [12] BARTLETT R J,KIMBLE J M. Behavior of chromium in soils:I. Trivalent forms[J]. J Environ Qual,1976,5(4):379-383.
- [13] BARTLETT R J,KIMBLE J M. Behavior of chromium in soils:II. Hexavalent forms[J]. J Environ Qual,1976,5(4):383-386.
- [14] BARTLETT R,JAMES B. Behavior of chromium in soils:III. Oxidation[J]. J Environ Qual,1979,8(1):31-34.
- [15] JAMES B,BARTLETT R. Behavior of chromium in soils. VI. Interactions between oxidation-reduction and organic complexation [J]. J Environ Qual,1983,12(2):173-176.
- [16] 张定一,林成谷,阎翠萍. 土壤有机质对六价铬的还原解毒作用[J]. 农业环境保护,1990,9(4):29-31.

(上接第 203 页)

其重要的作用,是不可多得的优质昆虫食品,可作为蛹丝兼用柞蚕品种在一化性柞蚕产区推广应用。

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[I]. 云南林业,2001(4):26-27.
- [3] 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(4):771-777.
- [4] 秦利,王学英,李建男,等. 中国柞蚕学[M]. 北京:中国科学文化出版社,2003:82-83.
- [5] 刘忠云,王东风,赵淑英,等. 柞蚕蛹的营养成份分析及评价[J]. 黑龙江农业科学,2001(4):31-32.
- [6] 何德硕,吕继业. 柞蚕蛹营养成分研究初报[J]. 蚕业科学,1985,11(1):55-57.
- [7] 乔海燕,李欢,郭兴辉,等. 高效液相色谱法测定功能性食品中维生素 C

- 的含量[J]. 食品安全质量检测学报,2016,7(4):1709-1714.
- [8] 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.
- [9] FAO/WHO. Ad hoc expert committee. Energy and protein requirement [M]. Rome:FAO and WHO, 1973:40-73.
- [10] 任冰如,汪洪江,梁呈元,等. 4 种野生蔬菜的氨基酸含量及其营养价值评价[J]. 植物资源与环境学报,2004,13(3):55-56.
- [11] 刘刚,王辉,周本宏. 云南产松口蘑 17 种氨基酸的含量测定及评价[J]. 中国医院药学杂志,2008,28(7):552-554.
- [12] 金宏,许志勤,王先远,等. 支链氨基酸提高大鼠游泳耐力作用探讨[J]. 营养学报,2001,23(1):48-51.
- [13] 徐玲. 支链氨基酸对大鼠运动力竭后血液中抗氧化系统的影响[J]. 解放军体育学院学报,2002,21(4):76-78.
- [14] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京:人民卫生出版社,1991:28-118.
- [15] 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.