应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(5): 1103–1111. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2016.135

金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的营养成分分析*

向玉勇** 朱园美 丁雅娟

（滁州学院 生物与食品工程学院， 滁州 239000）

摘 要 【目的】 了解金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu 幼虫、蛹和成虫的主要营养成分，评价其营养价值，为金银花尺蠖的食用开发提供理论依据。**【方法】** 采用国家标准检测方法，测定金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的水分、蛋白质、脂肪、总糖、氨基酸、脂肪酸、微量元素和维生素的含量，分析金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸分、必需氨基酸指数、必需氨基酸与非必需氨基酸的比值、不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值，并与常见食物进行比较分析。**【结果】** 结果表明，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的水分含量分别为 72.93%、64.92%和 56.16%；蛋白质含量分别为 50.64%、60.12%和 48.38%；脂肪含量分别为 21.98%、23.84%和 20.60%； 总糖含量分别为 3.32%、5.35%和 2.79%；总氨基酸含量分别为 394.31、413.54 和 356.09 mg/g；必需氨基酸总含量分别为 158.80、166.83、132.67 mg/g；必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 40.27%、40.34%和 37.26%；必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 67.43%、67.62%和 59.38%； 必需氨基酸指数分别为 1.02、1.07 和 0.87； 不饱和脂肪酸的含量分别为 68.45%、69.09%和 66.29%，其 P/S 值分别为 2.17、2.24 和 1.95；必需脂肪酸含量分别为 34.35%、34.77%和 32.71%；微量元素 Zen 的含量分别为 11.29、98.42、66.98 mg/100 g，Fe 的含量分别为 32.31、19.84、13.04 mg/100 g，幼虫中 Cu 的含量为 18.54 mg/100 g，蛹和成虫中均不含 Cu；维生素以 B_6 的含量最高，分别为 7.93、25.82、26.21 mg/100 g。**【结论】** 金银花尺蠖具有较高的营养价值和食用价值，具有极大的开发潜力。

关键词 金银花尺蠖，营养成分，食用昆虫

Analysis of nutritional components of *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu larvae, pupae and adults

XIANG Yu-Yong** ZHU Yuan-Mei DING Ya-Juan

(School of Biology and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract [Objectives] To determine the nutritional content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu larvae, pupae and adults, in order to investigate the potential for the development of this species as a food resource. [**Methods]** The water, protein, fat, total sugar, amino acid, fatty acid, trace element and vitamin content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu larvae, pupae and adults were determined in a laboratory using national standard test methods. The amino acid score, essential amino acid index, ratio of essential to nonessential amino acids, and ratio of essential to nonessential fatty acids in *H. jinyinhuaphaga* larvae, pupae and adults were also analyzed and compared with other foods. **[Results]** The following results are for larvae, pupae and adults in that order. Water content was 72.93%, 64.92% and 56.16% and protein content was 50.64%, 60.12% and 48.38%. Fat content was 21.98%, 23.84% and 20.60% and total sugar content was 3.32%, 5.35% and 2.79%. Total amino acid content was 394.31, 413.54 and 356.09 mg/g, and total essential amino acid content was 158.80, 166.83 and 132.67 mg/g. The proportion of essential to total amino acids was 40.27%, 40.34% and 37.26% and the ratio of essential to nonessential amino acids was 67.43%, 67.62% and 59.38%. Essential amino acid indices were 1.02, 1.07 and 0.87. Unsaturated fatty acid content was 68.45%, 69.09% and 66.29% and P/S values were 2.17, 2.24 and 1.95. The essential fatty content was 34.35%, 34.77% and

*资助项目 Supported projects：安徽省高校优秀中青年骨干人才国内外访学研修重点项目（gxfxZD2016249）；安徽省高等学校优秀青年人才基金项目（2009SQRZ147）；国家级大学生创新创业训练计划项目（201210377006）

**第一作者 First author，E-mail：xyy10657@sohu.com

收稿日期 Received：2015-12-31，接受日期 Accepted：2016-01-15

32.71%. Zn content was 11.29, 98.42 and 66.98 mg/100 g, and Fe content was 32.31, 19.84 and 13.04 mg/ 100 g. Cu content of larvae was 18.54 mg/100 g (pupae and adults contained no Cu). B_6 had the highest concentration among the vitamins tested, which was 7.93, 25.82 and 26.21 mg/100 g. **[Conclusion]** The results suggest that *H. jinyinhuaphaga* has high nutritional value and has tremendous potential for development as a food resource.

Key words *Heterolocha jinyinhuaphaga*, nutritional components, edible insect

由于环境条件的不断恶化，人们可以直接利用的食物资源越来越少，如何开发利用新食源已经成为摆在各国人们面前的共同问题。昆虫是自然界中广泛存在的一个生物类群，其种类多、繁殖快、生物量大，大多数种类含有人体需要的多种营养成分，是良好的潜在食物资源。据报道，全世界已明确可供食用的昆虫有 3 650 余种（文礼章，1998），我国的食用昆虫种类在 170 多种以上（陈晓鸣和冯颖，1999）。世界上有许多国家，如南美洲的墨西哥，亚洲的中国、泰国、韩国、马来西亚、老挝等国的居民有着历史悠久的食用昆虫的习俗（文礼章，1998）。由于昆虫具有有机物转化率高、饲养成本低廉、容易饲养等特点，在短期内可以获得大量昆虫产品，将昆虫作为食品或食品加工用原料正逐渐被人们所重视。 研究昆虫体内的营养成分及其含量可以为食用昆虫的开发利用提供科学依据，已成为近年来食用昆虫的研究热点。我国许多学者在这方面作了大量的研究，对一些昆虫的营养成分进行了分析和评价，如林育真等（2000）研究了中华剑角蝗 *Acrida cinerea* 的营养成分；郭良珍等（2003）研究了长须水龟虫 *Hydrous acuminatus* Motsch 的营养成分；赵福等（2006）研究了大头金蝇 *Chrysomya megacephala* (Fabricius)的营养成分；蒲正宇等（2014a，2014b）研究了白带锯蛱蝶 *Cethosia cyane* (Drury)、柑橘凤蝶 *Papilio xuthus* 幼虫和蛹的营养成分；李文义等（2014）研究了大帛斑蝶 *Idea leuconoe* (Erichson)幼虫和蛹的营养成分。这些研究结果表明，不同种类昆虫，同种昆虫不同虫态的营养成分存在一定的差异。昆虫种类繁多，是迄今尚未被充分开发利用的食物资源，还有很多种类未进行过相关研究，还需对自然界中更多种类昆虫不同虫态的营养成分进行系统分析，为更好地开发食用昆虫提供科学依据。

金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu 为鳞翅目尺蛾科昆虫，别名拱腰虫，是近年来新发现的金银花主要食叶害虫之一，该虫在安徽省 1 年发生 3 代（向玉勇等，2010），常将叶片咬成缺刻或孔洞，危害严重的地块金银花叶片被全部吃光，仅剩叶脉和叶柄，常造成金银花的大面积减产，甚至成片死亡，给金银花生产带来严重损失。目前，国内对金银花尺蠖的研究主要是关于其生物学特性及防治方面（姜敏等，2005；张文冉等，2007；向玉勇等，2010），而对营养成分分析及其利用的研究未见报道，如能对其进行开发利用，则可变害为宝，服务社会。

笔者对金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的水分、蛋白质、脂肪、总糖、氨基酸、脂肪酸、微量元素和维生素的含量进行系统分析和比较，评价它们的营养价值水平，以期为金银花尺蠖的食用及多途径开发利用提供必要的理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

从安徽省明光市三界镇采集金银花尺蠖幼虫，带回在人工气候箱（RXZ-288A 型，宁波江南仪器制造厂）中饲养。人工气候箱光周期为 L∶D=14∶10、温度为（25±1）℃、相对湿度为 70%±7%。采摘新鲜的金银花叶片，洗净、擦干后放入 600 mL 的罐头瓶内饲养幼虫，每瓶放 10 头幼虫，每天换新鲜叶片。待其化蛹后，用湿润纱布铺于瓶底，每天定期检查羽化情况，把同日羽化的雌雄成虫配对后放于同一养虫笼内，用 10%的蔗糖水补充营养，让其交配产卵。

1.2 仪器设备

精密烘箱（20011243 型，西班牙 Selecta 公

司）、高速万能粉碎机（FW80 型，天津市泰斯特仪器有限公司）、索氏提取器（天长市玻璃仪器厂）、凯氏定氮仪（Hanon K9840 型，济南海能仪器股份有限公司）、气相色谱仪（GC-7806II 型，北京华盛谱信仪器有限责任公司）、氨基酸自动分析仪（L-8900 型，日本 HITACHI 公司）、高效液相色谱仪（Agilent 1200 型，美国 Agilent 公司）、原子吸收分光光度计（wfx-130 型，北京瑞利分析仪器公司）、电子天平（CP224S 型，西班牙赛多利斯公司）。

1.3　方法

1.3.1　样品处理　将老熟幼虫和成虫先饥饿 24 h，让其排尽粪便，剪去成虫翅膀。将大量的蛹和排完粪便的幼虫、成虫分别放入冰箱中冻死，平铺在培养皿中，于精密烘箱中（105± 2）℃烘 3 h，然后在 80℃下烘干。将烘干的虫体磨成粉过 60 目筛，用于测定蛋白质、脂肪、总糖、微量元素、维生素的含量。

1.3.2　水分含量测定　参照国家标准 GB5009.3-2010，采用直接干燥法。取老熟幼虫、成虫各 50 头用乙醚麻醉至昏迷，放入培养皿中，称其鲜重，取同样数目的蛹直接称鲜重。然后置于 105℃烘箱中烘干 3 h，再在 80℃下烘干直至恒重。试验重复 3 次。按下列公式计算含水量：

含水量=（鲜重–干重）/鲜重×100%。

1.3.3　蛋白质含量测定　参照国家标准 GB/5009.5-2010，采用凯氏定氮法称取老熟幼虫、蛹和成虫样品各 2 g，在催化剂作用下，用硫酸破坏有机物，使含氮物转化成硫酸铵，加入强碱并蒸馏使氨逸出，用硼酸吸收后，用硫酸滴定测出总氮的含量，再乘以换算系数 6. 25，计算出粗蛋白含量。测定 3 次，求平均值。

1.3.4　脂肪含量测定　参照国家标准 GB/T14772-2008，采用索氏提取法。称取老熟幼虫、蛹和成虫样品各 5 g，用干燥的滤纸包住，在索氏提取仪中用石油醚回流提取 10 h，旋转蒸发回收溶剂，烘干提取物并称重，计算各样品中脂肪油的含量。重复 3 次，取平均值。

1.3.5　脂肪酸含量测定　参照国家标准 GB/T9695.2-2008，采用气相色谱仪进行测定，重复 3 次，取平均值。

1.3.6　总糖含量测定　参照国家标准 GB/T9695.31-2008，采用硫酸苯酚法测定，重复 3 次，取平均值。

1.3.7　氨基酸含量测定　参照国家标准 GB/T5009.124-2003，采用氨基酸自动分析仪测定，测定 1 次。

1.3.8　微量元素含量测定　铜含量测定参照国家标准 GB/T5009.13-2003，铁含量测定参照国家标准 GB/T 5009. 90-2003，锌含量测定参照国家标准 GB/T 5009. 14-2003，采用原子吸收分光光度计进行分析，重复 3 次，取平均值。

1.3.9　维生素含量测定　维生素 A 和维生素 E 的测定参照国家标准 GB/T5009.82-2003，维生素 B_1 的测定参照国家标准 GB/T5009.84-2003，维生素 B_6 的测定参照国家标准 GB/T17407-1998，维生素 C 的测定参照国家标准 GB/T9695.29-91，维生素 D_2 的测定参照国家标准 GB/T5413.9-2010。

1.3.10　营养分析方法　根据氨基酸的分析结果，计算氨基酸分（AAS）、化学分（SC）及必需氨基酸指数（EAAI）（郭良珍等，2003）

氨基酸分（AAS）=试验蛋白质氨基酸含量（mg/g 蛋白质）/FAO 评分模式氨基酸含量（mg/g 蛋白质），

化学分（SC)=试验蛋白质中某种必需氨基酸含量（mg/g 蛋白质）/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的含量（mg/g 蛋白质），

必需氨基酸指数（EAAI）=

$$\sqrt[n]{b_1/a_1\times100\times b_2/a_2\times100\times b_3/a_3\times100\cdots\times b_n/a_n\times100}$$。

式中 $b_1, b_2, b_3\cdots b_n$ 为试验蛋白质中各种必需氨基酸的含量（mg/g）；$a_1, a_2, a_3\cdots a_n$ 为标准蛋白质（FAO 评分模式）中相应必需氨基酸的含量（mg/g）；n 为参与计算的必需氨基酸的个数。

1.4　数据处理

所有数据采用 SPSS11.5 统计软件进行分析处理。

2　结果与分析

2.1　金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的水分、蛋白质、脂肪和总糖含量

从表 1 中可以看出，金银花尺蠖幼虫的水分

表 1 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫营养成分的比较

Table 1 Comparison of nutritional content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* larva, pupa and adults

名称 Name	含量（%）Content			
	水分 Water	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	总糖 Total sugar
幼虫 Larva	72.93±1.51	50.64±0.78	21.98±1.88	3.32±0.75
蛹 Pupa	64.92±1.17	60.12±0.67	23.84±0.30	5.35±0.99
成虫 Adult	56.16±0.69	48.38±0.69	20.60±0.98	2.79±0.65
鸡蛋* Egg	75.80	51.84	36.73	—
猪肉* Pork	46.80	24.81	69.54	—
鸡肉*Chicken	69.00	62.26	30.32	—
牛肉* Beef	68.10	56.74	15.40	—
羊肉* Mutton	66.90	57.40	42.59	—

标*的数据来源于《中国食物成分表》（2009 年版，2014 年版）。

* indicates data are from China Food Composition (2009, 2014).

含量最高，为 72.93%，比鸡蛋低（75.80%），高于猪肉（46.80%）、鸡肉（69.00%）、牛肉（68.10%）和羊肉（66.90%）等食品，蛹和成虫的水分含量分别为 64.92%和 56.16%，均比猪肉高，而低于鸡蛋、鸡肉、牛肉和羊肉；幼虫的蛋白含量为 50.64%，比猪肉高，低于鸡蛋、鸡肉、牛肉和羊肉，蛹的蛋白质含量为 60.12%，高于鸡蛋、猪肉、牛肉和羊肉，而低于鸡肉，成虫的蛋白质含量为 48.38%，高于猪肉，低于鸡蛋、鸡肉、牛肉和羊肉；幼虫、蛹和成虫的脂肪含量分别为 21.98%、23.84%和 20.60%，均比鸡蛋、猪肉、鸡肉和羊肉低，高于牛肉；总糖含量最低，分别为 3.32%、5.35%和 2.79%。3 个虫态相比，除了水分含量是幼虫最高外，其它几种成分均是蛹最高，幼虫次之，成虫最低，这可能是由于蛹期不再取食，必须有效储存大量营养物质以满足成虫结构重建等生理活动的需要。

2.2 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸含量

由表 2 可知，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫体内的氨基酸含量丰富，共含有 17 种氨基酸，其中包括 7 种人体必需的氨基酸（色氨酸未检测），它们的总氨基酸含量分别为 394.31、413.54、356.09 mg/g，除半胱氨酸和甲硫氨酸的含量是幼虫最高外，其余氨基酸的含量是蛹最高。各虫态的氨基酸含量以谷氨酸最高，分别为 50.10、

表 2 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸含量

Table 2 Amino acid content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* larva, pupa and adult

氨基酸 Amino acids	含量（mg/g 干重）Content (mg/g DW)		
	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult
天氧氨酸 Asp	38.22	40.06	35.59
苏氨酸* Thr	17.77	18.63	17.72
丝氨酸 Ser	20.11	21.16	20.28
谷氨酸 Glu	50.10	52.73	49.67
甘氨酸 Gly	19.14	19.91	19.69
丙氨酸 Ala	25.41	26.70	24.60
半胱氨酸 Cys	5.07	5.03	5.03
缬氨酸* Val	36.82	39.43	25.73
甲硫氨酸* Met	14.01	13.99	8.50
异亮氨酸* Ile	18.03	18.96	15.85
亮氨酸* Leu	30.58	32.24	26.84
酪氨酸 Tyr	22.79	23.78	21.77
苯丙氨酸* Phe	19.30	20.18	19.22
赖氨酸* Lys	22.29	23.4	18.81
组氨酸 His	12.45	13.12	8.29
精氨酸 Arg	23.46	24.71	21.33
脯氨酸 Pro	18.76	19.51	17.17
色氨酸* Trp	—	—	—
总氨基酸 Total	394.31	413.54	356.09
EAA	158.80	166.83	132.67
NEAA	235.51	246.71	223.42
EAA/(EAA+NEAA)(%)	40.27	40.34	37.26
EAA/NEAA (%)	67.43	67.62	59.38

*表示必需氨基酸；EAA 表示必需氨基酸总量；NEAA 表示非必需氨基酸总量；— 表示未检测。

* represents essential acid; EAA represents total content of essential amino acid; NEAA represents total content of nonessential amino acid; — represents not detected.

52.73、49.67 mg/g，其次是天氡氨酸，分别为 38.22、40.06、35.59 mg/g，半胱氨酸的含量最低，分别为 5.07、5.03、5.03 mg/g。除色氨酸未检测外，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫体内必需氨基酸总含量分别高达 158.80、166.83、132.67 mg/g，必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 40.27%、40.34%和 37.26%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 67.43%、67.62%和 59.38%。

将金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫氨基酸检测结果与 1973 年 FAO 模式的含量加以比较，分析其氨基酸分（AAS）、化学分（CS）和必需氨基酸指数（EAAI），结果见表 3。由表 3 可知，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的第一限制性氨基酸是赖氨酸，含量分别为 44.02、46.21、37.14 mg/g，氨基酸分（AAS）分别为 0.80、0.84 和 0.68，化学分（CS）分别为 0.63、0.66 和 0.53 mg/g，必需氨基酸指数（EAAI）分别为 1.02、1.07 和 0.87；各种氨基酸中，幼虫和蛹中的含硫氨基酸（即甲硫氨酸＋半胱氨酸）、缬氨酸、芳香氨基酸（即苯丙氨酸＋酪氨酸）高于 FAO 评分模式的氨基酸含量，成虫中的缬氨酸、芳香氨基酸（即苯丙氨酸＋酪氨酸）高于 FAO 评分模式的氨基酸含量，其余氨基酸的含量均略低于 FAO 评分模式的氨基酸含量。因此，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸组成不太平衡，有必要进一步强化。

2.3　金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫脂肪酸含量

由表 4 可知，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫油脂中含有 3 种饱和脂肪酸（硬脂酸、肉豆蔻酸和棕榈酸）和 4 种不饱和脂肪酸（棕榈油酸、油酸、亚油酸和亚麻酸），不饱和脂肪酸的含量高，分别为 68.45%、69.09%和 66.29%，其 P/S 值分别为 2.17、2.24 和 1.95，必需脂肪酸（亚油酸和亚麻酸）含量也很高，分别为 34.35%、34.77%和 32.71%。

2.4　金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫微量元素和维生素含量

由表 5 可知，金银花尺蠖幼虫含有人体必需的微量元素 Zen、Fe 和 Cu，含量分别为 11.29、32.31、18.54 mg/100 g；蛹中不含铜，Zen 和 Fe 的含量分别为 98.42 mg/100 g 和 19.84 mg/100 g；成虫中也不含铜，Zen 和 Fe 的含量分别为 66.98 mg/100 g 和 13.04 mg/100 g。

金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的维生素含量也很丰富（表 5），维生素 B_6 的含量最高，分别为 7.93、25.82、26.21 mg/100 g，维生素 D_2 的含量最低，分别为 0.01、0.02、0.03 mg/100 g。

表 3　金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸分和化学分

Table 3　AAS and CS of *Heterolocha jinyinhuaphaga* larva, pupa and adult

氨基酸 Amino acids	含量（mg/g）Content					氨基酸分 AAS			化学分 CS		
	FAO 模式* FAO pattern	全鸡蛋* Whole egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult
异亮氨酸 Ile	40	54	35.60	37.44	31.30	0.89	0.94	0.78	0.66	0.69	0.58
亮氨酸 Leu	70	86	60.39	63.67	53.00	0.86	0.91	0.76	0.70	0.74	0.62
赖氨酸 Lys	55	70	44.02	46.21	37.14	0.80	0.84	0.68	0.63	0.66	0.53
甲硫氨酸＋半胱氨酸 Met+Cys	35	57	37.68	37.56	26.72	1.08	1.07	0.76	0.66	0.66	0.47
苯丙氨酸＋酪氨酸 Phe+ Tyr	60	93	83.12	86.81	80.94	1.39	1.45	1.35	0.89	0.93	0.87
苏氨酸 Thr	40	47	35.09	36.79	34.99	0.88	0.92	0.87	0.75	0.78	0.74
色氨酸 Trp	10	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
缬氨酸 Val	50	66	72.71	77.83	50.81	1.45	1.56	1.02	1.10	1.18	0.77
总氨基酸 Total AA	360	489	368.61	386.31	314.90	–	–	–	–	–	–

*数据来自文献（陈炳卿，1994），－表示未检测。

* indicates data are from reference (Chen, 1994), －represents not detected.

表 4 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫脂肪酸的含量
Table 4 Fatty acid content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* larva, pupa and adult

脂肪酸 Fatty acid	含量（%）Content		
	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult
硬脂酸(C18:0) Stearic acid	3.18±0.23	2.43±0.09	4.71±0.11
肉豆蔻酸(C14:0) Myristic acid	1.92±0.12	1.37±0.14	3.47±0.13
棕榈酸(C16:0) Palmitic acid	26.45±0.25	27.11±0.07	25.73±0.21
棕榈油酸(C16:1) Palmitoleic acid	3.83±0.28	2.89±0.21	4.12±0.06
油酸(C18:1) Oleic acid	30.27±0.16	31.43±0.24	29.46±0.08
亚油酸(C18:2) Linoleic acid	6.71±0.14	5.62±0.08	6.39±0.12
亚麻酸(C18:3) Linolenic acid	27.64±0.31	29.15±0.13	26.32±0.11
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid	31.55±0.24	30.91±0.22	33.91±0.21
不饱和脂肪酸 Usaturated fatty acid	68.45±0.17	69.09±0.06	66.29±0.17
必须脂肪酸 Essential fatty acid	34.35±0.21	34.77±0.17	32.71±0.09
P/S	2.17±0.13	2.24±0.15	1.95±0.11

P/S 表示不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值。
P/S indicates ration of unsaturated fatty acid and saturated.

表 5 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫微量元素和维生素含量
Table 5 Trace element and vitamin content of *Heterolocha jinyinhuaphaga* larva, pupa and adult

名称 Name	微量元素（mg/100 g）Trace element			维生素（mg/100 g）Vitamin					
	Zen	Fe	Cu	A	B_1	B_6	D_2	E	C
幼虫 Larva	11.29±0.01	32.31±0.03	18.54±0.04	0.03±0.01	3.72±0.01	7.93±0.03	0.01±0.01	0.79±0.01	0.12±0.02
蛹 Pupa	98.42±0.02	19.84±0.01	0.00±0.00	0.05±0.02	4.01±0.01	25.82±1.15	0.02±0.01	1.04±0.03	0.09±0.01
成虫 Adult	66.98±0.01	13.04±0.04	0.00±0.00	0.04±0.01	4.06±0.02	26.21±2.31	0.03±0.01	2.53±0.11	0.07±0.01

3 讨论

我国昆虫资源极为丰富，许多昆虫体内含蛋白质、氨基酸、脂肪酸、矿物元素及维生素等多种营养成分，开发这些昆虫对解决食物资源具有重要意义。笔者对金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的营养成分进行系统分析，发现金银花尺蠖幼虫水分含量最高，为 72.93%，蛹次之，为 64.92%，成虫最低，为 56.16%，这与大帛斑蝶 *I. leuconoe* (Erichson)、白带锯蛱蝶 *C. cyane* (Drury)、柑橘凤蝶 *P. xuthus* 等其它几种鳞翅目昆虫相似（李文义等，2014；蒲正宇等，2014a，2014b）。但金银花尺蠖幼虫和蛹的水分含量低于大帛斑蝶和白带锯蛱蝶，比柑橘凤蝶的幼虫低，比其蛹高。与其它食用昆虫相比，金银花尺蠖幼虫和蛹的水分含量低于意大利蜂 *Apis mellifera ligustica* Spinola 工蜂，高于中华剑角蝗 *A. cinerea*、黄粉虫 *Tenebrio molitor* Linne、龙虱和蚕 *Bombyx mori* Linnaeus 蛹等，成虫的水分含量比中华剑角蝗 *A. cinerea* 和龙虱低（胡福良等，1999；林育真等，2000；赵大军，2000；丛建民，2007；王彦平等，2009）；金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的蛋白含量分别为 50.64%、60.12%和 48.38%，低于大帛斑蝶、白带锯蛱蝶和柑橘凤蝶等昆虫幼虫和蛹的蛋白含量(李文义等，2014；蒲正宇等，2014a，2014b)，高于意大利蜂工蜂和中华剑角蝗（胡福良等，1999；林育真等，2000），低于蚕 *B. mori* Linnaeus 蛹（王彦平等，2009），幼虫和成虫比黄粉虫 *T. molitor* Linne 和龙虱低，蛹比黄粉虫 *T. molitor* Linne 和龙虱高

（赵大军，2000；丛建民，2007）。与其它动物性食品相比，金银花尺蠖幼虫和成虫的蛋白含量比猪肉高，蛹比鸡蛋、猪肉、牛肉和羊肉高（中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所，1995）；金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的脂肪含量分别为 21.98%、23.84%和 20.60%，比大帛斑蝶、白带锯蛱蝶、柑橘凤蝶等昆虫幼虫和蛹的含量高（李文义等，2014；蒲正宇等，2014a，2014b），比牛肉高，但比鸡蛋、猪肉、鸡肉和羊肉低（杨月欣等，2009），比中华剑角蝗和龙虱高（林育真等，2000；丛建民，2007），幼虫和蛹比蚕蛹高，成虫比蚕蛹低（王彦平等，2009）；总糖含量分别为 3.32%、5.35%和 2.79%，高于中华剑角蝗（林育真等，2000），低于龙虱（丛建民，2007）。

金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫含有 17 种氨基酸，总氨基酸含量分别为 394.31、413.54、356.09 mg/g，比猪肉高（199.1 mg /g），但低于鸡肉（530.5 mg/g）（杨月欣等，2009），比蚕蛹低（王彦平等，2009），幼虫和蛹的含量高于龙虱，成虫的含量低于龙虱（丛建民，2007），幼虫的含量高于大帛斑蝶和柑橘凤蝶，低于白带锯蛱蝶 *C. cyane* (Drury)，蛹的含量高于大帛斑蝶，低于白带锯蛱蝶和柑橘凤蝶 (李文义等，2014；蒲正宇等，2014a，2014b)。学者们通常是根据必需氨基酸与非必需氨基酸在总氨基酸中所占的比例来初步评价一种蛋白质的质量，按照 FAO / WHO 的理想模式，质量较好的蛋白质，其必需氨基酸占总氨基酸的比值［EAA/(EAA+NEAA)］在 40%左右，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值（EAA / NEAA）在 60%以上（叶兴乾等，1998）。笔者的分析结果显示，金银花尺蠖幼虫和蛹必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 40.27%和 40.34%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 67.43%和 67.62%，符合 FAO / WHO 理想模式的要求，但低于黄粉虫、龙虱和蚕蛹（赵大军，2000；丛建民，2007；王彦平等，2009），成虫必需氨基酸占总氨基酸的比例为 37.26%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 59.38%，接近 FAO/WHO 理想模式的要求，但也低于黄粉虫、龙虱和蚕蛹（赵大军，2000；丛建民，2007；王彦平等，2009）。根据相关必需氨基酸指数（EAAI）实用评价标准：EAAI＞0.95 为优质蛋白源，0.86＜EAAI≤0.95 为良好蛋白源，0.75≤ EAAI≤0.86 为可用蛋白源，EAAI＜0.75 为不适蛋白源（冯东勋，1997）。金银花尺蠖幼虫和蛹的必需氨基酸指数（EAAI）分别为 1.02 和 1.07，比大帛斑蝶、白带锯蛱蝶和柑橘凤蝶等其它几种鳞翅目昆虫高（李文义等，2014；蒲正宇等，2014a，2014b），也高于龙虱（丛建民，2007），成虫的必需氨基酸指数（EAAI）是 0.87，表明金银花尺蠖幼虫和蛹为优质蛋白源，成虫为良好蛋白源，可用于开发蛋白质饲料或食品。但是，金银花尺蠖成虫的必需氨基酸指数（EAAI）低于龙虱（丛建民，2007），幼虫、蛹和成虫均低于蚕蛹（王彦平等，2009）。并且，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的氨基酸组成不太平衡，赖氨酸为其第一限制性氨基酸，在进行蛋白质饲料或食品开发时可以加入一定量的赖氨酸，以优化其氨基酸结构，从而提高其营养质量和效果。

脂肪酸组成是评价一种脂肪营养价值的重要依据，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫不饱和脂肪酸的含量高，分别为 68.45%、69.09%和 66.29%，其 P/S 值分别为 2.17、2.24 和 1.95，比鞭角华扁叶蜂 *Chinolyda flagellicornis*（F. Smith）幼虫高（黄琼等，2007），也高于一般的芝麻油，以及鸡蛋、猪肉、牛肉、羊肉等大多数畜禽类食品和部分鱼类（中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所，1995），但比黄粉虫和中华剑角蝗低（赵大军，2000；林育真等，2000）；必需脂肪酸（亚油酸和亚麻酸）含量分别为 34.35%、34.77%和 32.71%，高于鞭角华扁叶蜂幼虫（黄琼等，2007），也高于除菜籽油、花生油和玉米油以外的所有植物油、动物油和大部分畜禽类及鱼类食品（中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所，1995），但比臭椿皮蛾 *Eligma narcissus* Gramer 的幼虫和蛹低（李生梅等，2006）。研究表明，膳食中的脂肪酸成分与人体健康有非常紧密的关系，不饱和脂肪酸具有降低血清胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇的作用，从而可以减少心血管类疾病的发生（陈炳卿，1994）；必需脂肪酸是合

成细胞膜的必要成分，也是合成前列腺的基础物质，对维持人体正常的生理功能与生长发育起着非常重要的作用，可以预防动脉硬化、血脂升高等血栓疾病的发生（陈炳卿，1994）。金银尺蠖幼虫、蛹和成虫含有较高的不饱和脂肪酸和必需脂肪酸，是一种较为理想的食用脂肪，在医疗、保健品等领域有广阔的开发应用前景。

金银花尺蠖幼虫含有较高的微量元素，Zen、Fe 和 Cu 的含量分别为 11.29、32.31、18.54 mg/100 g，超过大多数动物性食品，分别是猪肉的 3.89 倍、23.07 倍和 142.61 倍，羊肉的 5.11 倍、19.01 倍和 168.55 倍，牛肉的 6.38 倍、14.69 倍和 185.40 倍，鲤鱼的 3.15 倍、26.93 倍和 309 倍（中国防预医学科学院营养与食品卫生研究所，1995），高于鞭角华扁叶蜂幼虫（黄琼等，2007），也高于意大利蜂工蜂的幼虫和蛹（胡福良等，1999），但 Zen 的含量低于黄粉虫，Fe 和 Cu 的含量高于黄粉虫（赵大军，2000），Zen 和 Fe 的含量低于蚕蛹，Cu 的含量高于蚕蛹（王彦平等，2009）；蛹中 Zen 和 Fe 的含量分别为 98.42 mg/100 g 和 19.84 mg/100 g，分别是猪肉的 6.84 倍和 9.31 倍，羊肉的 8.98 倍和 7.67 倍，牛肉的 11.21 倍和 5.93 倍，鲤鱼的 5.54 倍和 10.87 倍（中国防预医学科学院营养与食品卫生研究所，1995），高于黄粉虫的蛹（赵大军，2000），Zen 的含量高于蚕蛹，Fe 的含量低于蚕蛹（王彦平等，2009）；成虫中 Zen 和 Fe 的含量分别为 66.98 mg/100 g 和 13.04 mg/100 g，分别是猪肉的 23.09 倍和 9.31 倍，羊肉的 30.31 倍和 7.67 倍，牛肉的 37.84 倍和 5.93 倍，鲤鱼的 18.71 倍和 10.87 倍（中国防预医学科学院营养与食品卫生研究所，1995)，高于黄粉虫的蛹（赵大军，2000），Zen 的含量高于蚕蛹，Fe 的含量低于蚕蛹（王彦平等，2009）。与其它动物性食品相比，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫维生素 A、B_1、B_6、C、D_2 的含量均高于猪肉、羊肉、鲤鱼等，但维生素 E 的含量只有成虫高于猪肉、羊肉、鲤鱼，幼虫和蛹高于猪肉和羊肉，低于鲤鱼（中国防预医学科学院营养与食品卫生研究所，1995）。

总之，金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫属于高蛋白、低脂肪，必需氨基酸、不饱和脂肪酸、必需脂肪酸、微量元素和维生素含量高的营养源，对人类健康有利，可作为食品为人体提供丰富的蛋白质、必需氨基酸、必需脂肪酸、维生素和必需的微量元素，也可作为饲料及饲料添加剂，为畜牧业提供高蛋白质的动物性饲料。因此，在食用、饲用、药用保健等方面具有极大的开发价值和利用前景。金银花尺蠖是一种食叶害虫，严重危害金银花的生产，对其进行开发利用，变害为益，将产生较大的经济效益、社会效益和生态效益。但为更好地开发利用金银花尺蠖，还需进一步开展许多基础性的研究工作，如该虫作开发饲料和食品的安全性如何，如何简便高效地分离提纯其中的有效营养成分等。

参考文献 (References)

Chen BQ, 1994. Nutrition and Food Hygiene (Third Edition) . Beijing: People's Medical Press. 6–9.[陈炳卿, 1994. 营养与食品卫生学(第 3 版). 北京: 人民卫生出版社. 6–9.]

Chen XM, Feng Y, 1999. Chinese Edible Insects. Beijing: China Science and Technology Press. 1–144.[陈晓鸣, 冯颖. 1999. 中国食用昆虫. 北京: 中国科学技术出版社. 1–144.]

Cong JM, 2007. Nutritional value appraisal of predacidiving beetle. *Food Research and Development*, 28(9): 118–120. [丛建民, 2007. 龙虱的营养成分分析. 食品研究与开发, 28(9): 118–120.]

Feng DX, 1997. EAAI application in feed. *Feed Industry*, 18(3): 21–22.[冯东勋, 1997. 必需氨基酸指数 EAAI 在饲料中的应用. 饲料工业, 18(3): 21–22.]

Guo ZL, Wang RL, Liang AP, Pan SM, Chen SH, 2003. Analysis and evaluation of nutritional components of *Hydrous acuminateus*. *Entomological Knowledge*, 40(4): 366–368. [郭良珍, 王润莲, 梁爱萍, 潘颂民, 陈绍红, 2003. 长须水龟虫的营养成分分析与评价. 昆虫知识, 40(4): 366–368.]

Hu FL, Chen SL, Lin XZ, Su SK, 1999. Studies of nutritional values of *Apis mellifera* Ligustica Spinola worker larva and pupa. *Apiculture of China*, 50(2): 3–4. [胡福良, 陈盛禄, 林雪珍, 苏松坤, 1999. 意大利蜂工蜂幼虫、蛹的营养价值研究. 中国养蜂, 50(2): 3–4.]

Huang Q, Zhou ZJ, Zhou DG, Hu J, Yang W, Yang CP, 2007. Nutritional components of *Chinolyda flagellicornis* larvae. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(1): 105–109. [黄琼, 周祖基, 周定刚, 胡杰, 杨伟, 杨春平, 2007. 鞭角华扁叶蜂幼虫的营养成分分析. 昆虫知识, 44(1): 105–109.]

Jiang M, Shao MG, Zhao BL, 2005. Biology characteristic of

Heterolocha jinyinhuaphaga Chu and the control metholds. *Shandong Forestry Science and Technology*, 35(1): 62–63 [姜敏, 邵明果, 赵伯林, 2005. 金银花尺蠖的生物学特性及防治技术. 山东林业科技, 35(1): 62–63]

Li WY, Yang Z, Pu ZY, Shi JY, Yao J, 2014. Nutritional components of *Idea leuconoe* larva and pupa. *Journal of Northwest A & F University* (*Natural Science Edition*), 42(11): 141–145, 150. [李文义, 杨志, 蒲正宇, 史军义, 姚俊, 2014. 大帛斑蝶幼虫和蛹的营养成分分析. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 42(11): 141–145, 150.]

Li SM, Li ML, Wang FH, 2006. Comparative analysis of fatty acids in larva and pupa of *Eligma narcissus*. *Journal of Northwest Forestry University*, 21(3): 105–106. [李生梅, 李孟楼, 王福海, 2006. 臭椿皮蛾幼虫和蛹脂肪酸组成研究. 西北林学院学报, 21(3): 105–106.]

Lin YZ, Xu SG, Zhan XM, 2000. Nutrition components of *Acrida cinerea* and the evaluation of its utilization. *Entomological Knowledge*, 37(4): 218–220. [林育真, 许士国, 战新梅, 2000. 中华剑角蝗的营养成分与利用评价. 昆虫知识, 37(4): 218–220.]

Nutrition and Food Hygiene Institute of Chinese Preventive Medicine Academy, 1995. China Food Composition. Beijing: People's Medical Press. 1–50. [中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所, 1995. 食物成分表. 北京: 人民卫生出版社. 1–50]

Pu ZY, Shi JY, Yao J, Zhou DQ, Zhu M, 2014. Comparative analysis of nutritional components of *Cethosia cyane* larva and pupa. *Natural Product Research and Development*, 26(8): 1252–1256. [蒲正宇, 史军义, 姚俊, 周德群, 朱牧, 2014. 白带锯蛱蝶幼虫和蛹的营养成分比较分析. 天然产物研究与开发, 26(8): 1252–1256.]

Pu ZY, Shi JY, Yao J, Zhou DQ, Yang Z, 2014. Analysis of nutritional components of *Palilio xuthus* larva and pupa. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 45(6): 736–740. [蒲正宇, 史军义, 姚俊, 周德群, 杨志, 2014. 柑橘凤蝶幼虫和蛹的营养成分分析. 沈阳农业大学学报, 45(6): 736–740.]

Wang YP, Liu J, Wu YM, Liu LE, Lv QJ, Wu YJ, 2009. Analysis of nutrition composition on silkworm pupa. *Journal of Zhengzhou University* (*Medical Sciences*), 44(3): 638–641. [王彦平, 刘洁, 吴予明, 刘利娥, 吕全军, 吴拥军, 2009. 蚕蛹的营养成分分析. 郑州大学学报(医学版), 44(3): 638–641.]

Wen LZ, 1998. Edible Entomology Principle and Application. Changsha: Hunan Science and Technology Press. 35–66. [文礼章, 1998. 食用昆虫学原理与应用. 长沙: 湖南科学技术出版社. 35–66.]

Xiang YY, Liu KZ, Yin PF, Wang MY, Shi HR, 2010. The biological characteristics of honeysuckle geometrid in Anhui province. *Journal of Chuzhou University*, 12(5): 35–37. [向玉勇, 刘克忠, 殷培峰, 汪美英, 师海荣, 2010. 安徽金银花尺蠖的生物学特性. 滁州学院学报, 12(5): 35–37.]

Yang YX, Wang GY, Pan XC, 2009. China Food Composition. Beijing: Peking University Medical Press.1–384. [杨月欣, 王光亚, 潘兴昌, 2009. 中国食物成分表. 北京: 北京大学医学出版社. 1–384.]

Ye XQ, Hu C, Wang X, 1998. Analysis of nutritional component of six species of insects of Lepidoptera. *Acta Nutrimenta Sinica*, 20(2): 224–228. [叶兴乾, 胡萃, 王向, 1998. 六种鳞翅目昆虫的食用营养成分分析. 营养学报, 20(2): 224–228.]

Zhang WR, Gao DH, Liu AH, 2007. Relationships between honeysuckle geometrid occurrence and meteorological condition. *Meteorological and Environmental Sciences*, 30(4): 60–62. [张文冉, 高殿滑, 刘爱华, 2007. 金银花尺蠖的发生与气象条件的关系. 气象与环境科学, 30(4): 60–62.]

Zhao DJ, 2000. Nutrition component and edible value of *Tenebrio molitor* Linne. *Grain and Oil food Science and Technology*, 8(2): 41–42. [赵大军, 2000. 黄粉虫的营养成分及食用价值. 粮油食品科技, 8(2): 41–42.]

Zhao F, Wang JG, Tian JP, Lei CL, 2006. Determination of nutritional components in *Chrysomy megacephala*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(5): 688–690. [赵福, 王俊刚, 田军鹏, 雷朝亮, 2006. 大头金蝇营养成分分析. 昆虫知识, 43(5): 688–690.]