

白带锯蛱蝶幼虫和蛹的营养成分比较分析

蒲正宇¹, 史军义^{1*}, 姚俊¹, 周德群², 朱牧³

¹中国林业科学研究院资源昆虫研究所蝴蝶研究与发展中心, 昆明 650224;

²昆明理工大学环境科学与工程学院, 昆明 650093; ³云南国祯环保科技有限责任公司, 昆明 650000

摘要: 探寻白带锯蛱蝶幼虫和蛹的主要营养成分, 为它们的食用开发提供理论基础。运用营养分析方法分析表明白带锯蛱蝶幼虫和蛹的矿质元素含量丰富, 粗脂肪含量分别占其干重的 7.74% 和 12.1%, 蛋白质含量分别占其干重的 70.2% 和 67.8%, 总氨基酸的含量分别为 478.0 mg/g 干重和 519.4 mg/g 干重, 必需氨基酸分别占总氨基酸的比例为 36.4% 和 33.7%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 0.57 和 0.51, 它们的第一限制氨基酸都为苏氨酸, 第二限制氨基酸都为缬氨酸, 必需氨基酸指数分别为 0.86 和 0.93。白带锯蛱蝶幼虫和蛹除了各种矿质元素含量差异显著外, 其余各营养成分含量相近, 具有高蛋白、低脂肪、矿质元素含量丰富、蛋白质质量较好、必需氨基酸含量较高以及氨基酸结构较不平衡等特点。综上, 白带锯蛱蝶幼虫和蛹具有较高的营养价值, 它的食用开发具有巨大的潜力和广阔的市场前景。

关键词: 白带锯蛱蝶; 营养成分; 氨基酸; 矿质元素

中图分类号: Q501

文献标识码: A

Comparative Analysis of Nutritional Components of *Cethosia cyane* Larva and Pupa

PU Zheng-yu¹, SHI Jun-yi^{1*}, YAO Jun¹, ZHOU De-qun², ZHU Mu³

¹The Center of Butterfly Research and Development, Research Institute of Resource Insects, China Academy of Forestry, Yunnan Kunming 650224, China; ²Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Yunnan Kunming 650093, China; ³Yunnan Guozhen Environmental Protection Technology CO., LTD, Yunnan Kunming 650000, China

Abstract: The objective of this study was to explore the main nutritional ingredients of the Larva and Pupa of *Cethosia cyane*, and to provide a theoretical basis for the edible development of the Larva and Pupa of *C. cyane*. By using nutritional analysis method, the larva and pupa of *C. cyane* was proved to have abundant content of mineral elements as well as 7.74% and 12.1% of fat, 70.2% and 67.8% of protein. The total amino acid contents were 478.0 mg/g and 519.4 mg/g of the respective dry weights, which included 36.4% and 33.7% of essential amino acids. The element ratio of essential amino acids and nonessential amino acids were 0.57 and 0.51, respectively. Threonine was determined to be the first limiting amino acid, and Valine was the second limiting amino acid for *C. cyane* larva and pupa. Nutritional analysis showed that *C. cyane* larva and pupa had many same characters, *i. e.* rich protein, low fat, rich mineral elements, rich contents of essential amino acids. These results showed that *C. cyane* larva and pupa were insects with high nutritional value and had important economic value and broad market prospect.

Key words: *Cethosia cyane*; nutritional components; amino acid; mineral

白带锯蛱蝶 [*Cethosia cyane* (Drury)] 属于昆虫纲 Insecta 鳞翅目 Lepidoptera 蛱蝶科 Nymphalidae 锯蛱蝶属 *Cethosia* 一种中型蝶种, 国内分布于四川、云

南、广西、广东和海南等地, 国外主要分布于中南半岛和印度尼西亚^[1,2]。白带锯蛱蝶具很高的美学、生态和经济价值, 是工艺制作、生态观赏和喜庆放飞的优良蝶种。

昆虫具有繁殖快、营养价值高等特点, 其蛋白被国际公认为是最高品质的纯天然的、无毒无害的活性蛋白, 具有较高的食用价值, 食用昆虫已成为资源

收稿日期: 2013-06-09 接受日期: 2013-11-06
基金项目: 2012 年中央财政林业科技推广示范资金项目 (2012-XT04); 中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (CAFYBB2012027)

* 通讯作者 E-mail: esjy@163.com

昆虫的研究热点^[3]。蝴蝶作为昆虫的重要部分,现在对蝴蝶的研究主要集中在生物学特性、本底资源调查以及保护等,只有学者对黄斑蕉弄蝶 *Erionota torus* 蛹和菜粉蝶 *Pieris rapae* 幼虫的营养成分做了分析研究^[4-6]。在云南省普洱市、大理州、玉溪市、西双版纳州等多个地区进行了人工规模化饲养白带锯蛱蝶,年养殖量在 50 万只左右,而它现主要用于工艺制作和观赏,对它更深层次地开发利用显得较为迫切,其营养价值开发利用是一个重要方向。有人对白带锯蛱蝶生物学特性做了初步观察,但是其营养成分分析研究还没有进一步研究^[7]。另外,蝴蝶是完全变态昆虫,它的生活史是由 4 种虫态构成,不同虫态之间形态构造和生活习性差异较大,这也直接影响着其体内各营养成分的含量,对各虫态的营养成分进行分析比较,有利于对其进一步深度研究。加之,昆虫食用主要是利用幼虫和蛹,对其营养分析有重要意义。本研究旨在探寻白带锯蛱蝶幼虫和蛹的主要营养成分,并做出分析比较,找出各种虫态营养成分的含量规律,以及分析不同虫态的营养价值高低,为白带锯蛱蝶的食用开发提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源及前处理

样品特征:选择处于 4 龄中期的幼虫,因其相对成熟、生物量较大、体内物质含量相对固定;选择悬挂约 2 d 左右的新蛹,因其距离羽化时间较长、体内成分尚未发生变化。幼虫和蛹的数量各 200 只。

样品来源:测试样品在云南省普洱市景东县中国林科院资源昆虫研究所景东实验站蝴蝶养殖基地采集,采集地地处北纬 24°26'27",东经 100°50'14",海拔高度约 1210 m,属热带季风气候。

样品前处理:标本采集后,选择幼虫和蛹各 20 只样品在烘箱 105 ℃ 条件下烘 1 h,然后调至 80 ℃ 直至烘干,以检测粗脂肪;将剩下样品鲜样打成浆,存放在 4 ℃ 环境中,以检测氨基酸、蛋白质、矿质元素、灰分和水分。样品送至农业部农产品质量监督检验测试中心(昆明)测试。

1.2 测定方法

粗脂肪、氨基酸、粗蛋白以及水分分别采用 GB/T 5009.6-2008、GB/T 5009.124-2003、GB/T 5009.5-2010、GB 5009.3-2010 相关国家标准测定;矿质元素采用 NY/T1653-2008 农业行业标准测定。测定结果中除幼虫和蛹的鲜重、水分和矿质元素含量用鲜样计外,其余测定结果均以干样计。

1.3 营养分析方法

碳水化合物含量 = 1 - (粗脂肪含量 + 蛋白质含量 + 灰分含量 + 水分含量)

氨基酸质量评价:将分析的结果进行计算,得氨基酸分(AAS)及必需氨基酸指数(EAAI)^[6]。

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)

$$EAAI = \frac{\text{赖氨酸}^n / \text{赖氨酸}^s \times \text{色氨酸}^n / \text{色氨酸}^s \times \dots \times \text{组氨酸}^n / \text{组氨酸}^s}{\dots}$$

式中:n:比较的氨基酸数;t:为试验蛋白质中各种必需氨基酸的含量(mg/g);s:为标准蛋白质(FAO 评分模式)中相应必需氨基酸的含量(mg/g)。

2 结果与分析

2.1 常规项分析

经测量,白带锯蛱蝶每只 4 龄幼虫鲜重为 0.45 g,其中水分占 87.6% 为 0.39 g,干重占 12.4% 为 0.06 g;每只蛹鲜重为 0.73 g,其中水分占 82.6% 为 0.60 g,干重占 17.4% 为 0.13 g。

由表 1 可知,白带锯蛱蝶幼虫和蛹粗脂肪含量分别为 7.74% 和 12.1%,远远低于猪肉、鸡肉以及牛肉的脂肪含量;白带锯蛱蝶幼虫和蛹蛋白质含量分别为 70.2% 和 67.8%,远远高于猪肉和鸡肉的含量,和牛肉蛋白质含量相近;白带锯蛱蝶幼虫和蛹的灰分、碳水化合物含量也都高于猪肉、鸡肉以及牛肉;白带锯蛱蝶蛹的脂肪含量明显高于幼虫,这可能与蛹期特殊的生理活动有关,蛹期它不再取食,但还需消耗能量完成如成虫结构重建等活动,而脂肪则能有效地储存大量能量。数据表明白带锯蛱蝶幼虫和蛹具有高蛋白低脂肪且矿质元素含量丰富的特点。

表 1 白带锯蛱蝶幼虫和蛹常规项含量比较分析(以干样计)

Table 1 Protein, fat, ash and carbohydrate contents of *C. cyane* larva, pupa and 3 normally edible meats

名称 Name	幼虫 Larva	蛹 Pupa	猪肉* Pork	牛肉* Beef	鸡肉* Chicken
蛋白质 Protein	70.2%	67.8%	24.8%	73.2%	62.3%

粗脂肪 Fat	7.74%	12.1%	69.5%	15.4%	30.3%
灰分 Ash	8.06%	5.52%	1.13%	4.04%	3.23%
碳水化合物 Carbohydrate	14.0%	14.5%	4.51%	7.35%	4.19%

注: * 数据来源于参考文献^[8]。

Note: * data from reference^[8].

2.2 矿质元素分析

白带锯蛱蝶幼虫和蛹含有多种矿质元素,对常

量元素 K、Ca、Mg、P、Na,微量元素 Fe、Mn、Zn、Cu 进行检测,检测结果见表 2。

表 2 白带锯蛱蝶幼虫、蛹和其它食物矿物质和微量元素含量对比 (mg/kg 鲜重)

Table 2 Contents of inorganic elements of *C. cyane* larva, pupa and 3 normally edible meats (mg/kg · m_f)

名称 Name	磷 P	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	钠 Na	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn
幼虫 Larva	3650	5250	259	419	54.0	31.6	25.5	5.22	4.99
蛹 Pupa	2640	3200	2520	3270	32.4	42.6	33.2	7.56	4.69
猪肉 Pork *	1620	2040	60	160	594	16	20.6	0.60	0.30
牛肉 Beef *	1680	2160	230	200	842	33	47.3	1.8	0.4
鸡肉 Chicken *	1560	2510	90	190	633	14.0	10.9	0.7	0.3

注: * 数据来源于参考文献^[8]。

Note: * data from reference^[8].

由表 2 可以看出,白带锯蛱蝶幼虫的常量元素钾 > 磷 > 镁 > 钙 > 钠,而微量元素含量则是铁 > 锌 > 铜 > 锰,而蛹的各常量元素含量与幼虫相差显著,含量最高的是镁,然后依次钾、磷、钙、钠,其微量元素和幼虫的含量相差不大。从含量数据可以看出,蛹的钙和镁元素含量明显高于幼虫,而磷和钾的含量则低于幼虫的含量,这与各虫态的形态、结构相关联,蛹壳含有较多的钙和镁元素。与猪肉、牛肉和鸡肉各种元素含量对比而言,白带锯蛱蝶的磷、钾、钙、镁、铜、锰都明显高于猪肉、牛肉和鸡肉,而幼虫和蛹的铁、锌含量也远高于猪肉和鸡肉,略低于牛肉,对于钠元素而言,白带锯蛱蝶两种虫态的含量都远远

低于三种比较的禽畜含量。较高的钾含量有利于维持机体的酸碱平衡及正常血压,对防治高血压病症有益;钙则是构成动物机体骨骼、牙齿的主要成分,较高的锌含量能促进蛋白质合成、激素分泌及细胞分裂,由此可以得出,白带锯蛱蝶幼虫和蛹对人体有益的矿质元素含量非常高,而且高钾低钠对人体的心血管疾病等有较好地预防和改善作用。

2.3 氨基酸分析

白带锯蛱蝶幼虫和蛹各种氨基酸含量、总氨基酸含量、必需氨基酸含量、必需氨基酸与非必需氨基酸含量比值见表 3。

表 3 白带锯蛱蝶幼虫和蛹氨基酸含量 (mg/g 干重)

Table 3 Content of amino acids of *C. cyane* larva and pupa (mg/g DW)

氨基酸 Amino acids	幼虫含量 Larva contents	蛹含量 Pupa contents	氨基酸 Amino acids	幼虫含量 Larva contents	蛹含量 Pupa contents
天门冬氨酸 ASP	44.4	53.4	异亮氨酸 ILE *	26.6	27.6
苏氨酸 THR *	13.0	13.2	亮氨酸 LEU *	41.1	44.3
丝氨酸 SER	18.5	32.2	酪氨酸 TYR	15.3	36.2
谷氨酸 GLU	74.2	74.1	苯丙氨酸 PHE *	30.7	28.2
甘氨酸 GLY	18.5	20.1	赖氨酸 LYS *	31.5	33.9
丙氨酸 ALA	49.2	58.0	组氨酸 HIS	8.0	13.2
胱氨酸 CYS	30.6	29.3	精氨酸 AGR	17.7	22.4
缬氨酸 VAL *	26.6	18.4	(E + N)	478.0	519.4
蛋氨酸 MET *	4.7	9.2	E(N)	174.2/303.8	174.8/344.6

脯氨酸 PRO	27.4	5.5	E/(E+N)/%	36.4%	33.7%
色氨酸 TRY*	-	-	E/N	0.57	0.51

注: * 必需氨基酸;E:必需氨基酸总量;N:非必需氨基酸总量;-:未检测。

Note: * essential amino acid;E:total content of essential amino acid;N:total content of essential amino acid;-:not detected.

由表3可知,通过对白带锯蛭蝶幼虫和蛹的17种氨基酸含量的检测,它们的总氨基酸含量和各种氨基酸都较接近。它们总氨基酸的含量分别为478.0 mg/g和519.4 mg/g(以干样计,色氨酸未检测),都以谷氨酸含量最高分别为74.2 mg/g和74.1 mg/g,其次都是丙氨酸分别为49.2 mg/g和58.0 mg/g,幼虫最低的是蛋氨酸含量为4.7 mg/g,蛹对最低的是脯氨酸含量为5.5 mg/g。与其它几种动物营养源相比较,白带锯蛭蝶幼虫和蛹总氨基酸含量远远高于猪肉(119.1 mg/g),略低于鸡肉(530.5 mg/g)的总氨基酸含量。而与部分植物营养成分相比,远远高于小麦粉(130.79 mg/g)、大豆(393.70 mg/g)和金针菇(141.22 mg/g)的总氨基酸含量^[8]。

由表3可知,白带锯蛭蝶幼虫和蛹必需氨基酸中除色氨酸未检测外,其余必需氨基酸总含量分别高达174.2 mg/g和174.8 mg/g,远远高于人体每日基本需要量。根据FAO/WHO的理想模式,质量较好的蛋白质其氨基酸组成为EAA/TAA在40%左右,EAA/NEAA在0.6以上^[5]。从分析结果可以看出,白带锯蛭蝶幼虫和蛹的必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为36.4%和33.7%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为0.57和0.51,均接近于这一要求。

将白带锯蛭蝶幼虫和蛹的氨基酸检测结果与1973年FAO模式的含量加以比较,分析白带锯蛭蝶的氨基酸分(AAS),其结果见表4。

表4 白带锯蛭蝶幼虫和蛹的氨基酸分(mg/g蛋白质)

Table 4 AAS of *C. cyane* larva and pupa (mg/g Protein)

氨基酸 Amino acids	FAO Pattern*	幼虫 Larva	蛹 Pupa	幼虫氨基酸分 AAS of Larva	蛹氨基酸分 AAS of Pupa
异亮氨酸 ILE	40	37.9	40.7	0.95	1.02
亮氨酸 LEU	70	58.5	65.3	0.84	0.93
赖氨酸 LYS	55	44.9	50	0.82	0.91
蛋氨酸+胱氨酸 MET+CYS	35	50.3	56.8	1.44	1.62
苯丙氨酸+酪氨酸 PHE+TYR	60	65.5	95.9	1.09	1.60
苏氨酸 THR	40	18.5	19.5	0.46	0.49
色氨酸 TRY	10	-	-	-	-
缬氨酸 VAL	50	37.9	27.1	0.76	0.54

注: * 数据来源于文献^[9]; - :未检测。

Note: * data from reference^[9]; - :not detected.

根据表4中AAS分析白带锯蛭蝶幼虫和蛹的限制氨基酸,它们的第一限制氨基酸都为苏氨酸,含量分别为18.5 mg/g蛋白质和19.5 mg/g蛋白质,分别占FAO模式给出的参考值的46%和49%,第二限制氨基酸都为缬氨酸,含量分别为37.9 mg/g蛋白质和27.1 mg/g蛋白质,分别占FAO模式给出的参考值的76%和54%。而其余氨基酸含量都接近或是超过了FAO/WHO评分模式中同种氨基酸的含量。因此,白带锯蛭蝶幼虫和蛹苏氨酸和缬氨酸影响了它们蛋白质的整体质量,其氨基酸含量结构较不平衡。

根据相关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^[10]。FAO/WHO评分模式计算的必需氨基酸指数,白带锯蛭蝶幼虫和蛹的必需氨基酸指数分别为0.864和0.928,表明白带锯蛭蝶幼虫和蛹均为良好蛋白源。

3 讨论

白带锯蛭蝶幼虫和蛹的矿物质元素含量丰富,粗脂肪含量分别为7.74%和12.1%,蛋白质含量分别

为 70.2% 和 67.8%, 总氨基酸的含量分别为 478.0 mg/g 干重和 519.4 mg/g 干重, 必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 36.4% 和 33.7%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 0.57 和 0.51, 它们的第一限制氨基酸都为苏氨酸, 第二限制氨基酸都为缬氨酸, 必需氨基酸指数分别为 0.86 和 0.93。

因此, 白带锯蛱蝶幼虫和蛹除了各种矿质元素含量差异显著外, 其余各营养成分含量相近, 都具有高蛋白、低脂肪、矿质元素含量丰富、蛋白质质量较好、必需氨基酸含量较高以及氨基酸结构较不平衡等特点。综上, 白带锯蛱蝶幼虫和蛹具有较高的营养价值。

白带锯蛱蝶幼虫和蛹具有较高的营养价值, 加之其幼虫取食西番莲科 Passifloraceae 蒴莲属 *Adenia* 的三开瓢 *A. cardiophylla* 和滇南蒴莲 *A. penangiana*、西番莲属 *Passiflora* 的西番莲 *P. cochinchinensis*, 其寄主植物多元且生物量较大, 对其人工规模化养殖效率高, 可开发白带锯蛱蝶幼虫和蛹作为高档食品、保健品等, 具有巨大的食用开发潜力, 能使白带锯蛱蝶的开发利用不再单一简单, 而更具多元化与科技含量, 同时能带动整个白带锯蛱蝶人工养殖业健康发展壮大。但是白带锯蛱蝶幼虫和蛹的有害物质含量和去除方法还需要进一步分析研究。另外, 如果开发白带锯蛱蝶幼虫和蛹相关的蛋白质营养品, 可添加其限制性氨基酸 - 苏氨酸和缬氨酸, 从而可以大大提高营养品的质量和效果。

因此, 白带锯蛱蝶幼虫和蛹的深度开发(如食用、保健等)具有重要的经济价值和广阔的市场前景。

参考文献

- Zhou Y(周尧). Monographia Rhopalocerorum Sinensium(中国蝶类志). Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1994. 736-736.
- Chen XM(陈晓鸣), Zhou CL(周成理), Shi JY(史军义), et al. Ornamental Butterflies in China(中国观赏蝴蝶). Beijing: China Forestry Publish House, 2008. 214-215.
- Feng Y(冯颖), Chen XM(陈晓鸣). Resource value of edible insects and utilizable ways. *Forest Res* (林业科学研究), 2002, 15(1): 105-110.
- Pu ZY(蒲正宇), Zhou DQ(周得群), Yao J(姚俊), et al. The living situation of biodiversity resource of China butterfly and a new conservation mode exploration. *Ecol Econ*(生态经济), 2011, 11: 148-151.
- Ye XQ(叶兴乾), Hu C(胡萃), Wang X(王向). Analysis of nutritional component of six species of insects of Lepidoptera. *Acta Nutr Sin* (营养学报), 1998, 20: 224-228.
- Pu ZY(蒲正宇), Shi JY(史军义), Yao J(姚俊), et al. Analysis of nutritional components of *Erionota torus* Pupa. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2013, 25: 379-382.
- Zhou CL(周成理), Chen XM(陈晓鸣), Shi JY(史军义), et al. Records of morphological characteristics and biology of *Cethosia biblis* and *C. cyane* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Forest Res* (林业科学研究), 2009, 22: 506-511.
- Yang YX(杨月欣), Wang GY(王光亚), Pan XC(潘兴昌). China Food Composition(中国食物成分表). Beijing: Peking University Medical Press, 2009.
- Guo LZ(郭良珍), Wang RL(王润莲), Liang AP(梁爱萍), et al. Analysis of nutritional components of *Cybister japonicus*. *Chin J Zool*(动物学杂志), 2003, 38(5): 80-82.
- Feng DX(冯东勋). EAAI application in feed. *Feed Ind*(饲料工业), 1997, 18(3): 21-22.
- Zhou Y(周尧). Monographia Rhopalocerorum Sinensium(中国蝶类志). Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1994. 736-736.
- Hu JP(胡君萍), Zhang N(张囡), Mao YQ(毛一脚), et al. Antitussive activity comparison of three kinds of *Stemona* Radix in Chinese pharmacopoeia. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), 2009, 23: 10-18.
- Liu SW(刘世旺), Fu HZ(付宏征), Lin WH(林文翰). Alkaloids from the roots of *Stemona tuberosa*. *Acta Pharm Sin* (药学学报), 1999, 34: 372-375.
- Greger H. Structural relationships, distribution and biological activities of stemona alkaloids. *Planta Med*, 2006, 72: 99-113.
- Wang D(王丹), Wang ZY(王振月), Wang ZQ(王宗权), et al. Brief on the progress of productive ways of the secondary metabolites in medicinal plants. *Inf Tradit Chin Med*(中医药信息), 2008, 25: 29-32.
- Yang ZZ(杨新洲), Lin LG(林理根), Tang CP(唐春萍), et al. Non-alkaloid constituents from *Stemona sessilifolia*. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2008, 20: 56-59.

(上接第 1243 页)