

# 云南松毛虫蛹和成虫化学成分及其比较研究\*

何剑中 卢南 牛建华 黄茵 崔永忠

**摘要** 本文对云南松毛虫蛹和成虫的化学成分组成进行分析比较。蛹的蛋白质和几丁质含量分别为 581.5 g/kg 和 74.7 g/kg, 明显低于成虫的 683.0 g/kg 和 178.3 g/kg, 而脂肪、总糖和灰分又远远高于成虫, 存在极大的差异。蛹和成虫两种虫态都含 15 种氨基酸, 总量分别是 359.8 g/kg 和 508.9 g/kg。蛹期的总糖含量是成虫期的 5.21 倍, 说明在蛹至羽化期间, 有大量的糖原参与以上所提到的生命活动而被消耗。蛹的脂肪含量为 225.2 g/kg, 是成虫的 3.42 倍。其中亚麻酸的变化尤为显著, 从蛹的 222.4 g/kg 减少至成虫的 87.9 g/kg, 表明亚麻酸在蛹的羽化过程中起着相当重要的作用。

**关键词** 云南松毛虫 蛹 成虫 化学成分

在我国少数民族地区, 特别是在气候较暖和的地区, 很多昆虫(1 000 种或更多) 被用作传统的食物。昆虫在人类的营养史上起着重要的作用, 因此很多在现代农业中被认为是农作物害虫的昆虫被作为重要的粮食来源是不足为奇的。蝗虫与蚱蜢就是极好的例子<sup>[1]</sup>。

50 年代末期, 彭建文等<sup>[2,3]</sup> 曾提出利用松毛虫作肥料、提炼油、虫茧缂丝等利用与防治有机结合的观点。1991~1995 年期间, 调查了云南民间食用松毛虫的状况, 发现很多少数民族(包括部分汉族) 食用松毛虫已有久远的历史; 在国外也有民间食用松毛虫的报道<sup>[4]</sup>。在此基础上, 提出了开发利用松毛虫作为对其进行综合管理的一个有机组成部分, 即通过利用松毛虫, 达到抑制其种群数量之目的。

本文主要对云南松毛虫蛹和成虫的化学成分进行分析比较, 可为综合利用松毛虫提供科学论据, 还有助于了解松毛虫从蛹期到蛾期生理变化的机理。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

云南松毛虫蛹和成虫分别于 1996 年 6 月上旬和下旬采集于云南省镇沅县。将样品在太阳之下晒干, 然后粉碎备用。

### 1.2 实 验 方 法

**蛋白质:** 采用微量凯氏法。

**氨基酸:** 采用瑞典 LKB4400 氨基酸自动分析仪, LKB2220 积分记录仪记录、计算。

**脂肪酸:** 气相色谱法, 样品经甲酯化处理, 分析柱: 石英弹性毛细管柱(FFAP), 柱温

1997—09—10 收稿。

何剑中副研究员, 黄茵, 崔永忠(中国林业科学研究院资源昆虫研究所 昆明 650216); 卢南, 牛建华(云南省森林病虫害防治检疫站)。

\* 1997~1998 年云南省科学基金资助项目“松毛虫综合价值利用研究”的部分研究内容。

220, 载气  $N_2$ , 柱前压力 2 kg, 分溶比: 20 : 1; 进样量 0.15  $\mu\text{L}$ ; 定量方法: 面积归一化法。水分用恒重法, 几丁质用酸碱消化法, 总糖用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 灰分用福福炉烧灼法。

## 2 结 果

### 2.1 基本成分组成

蛹的蛋白质和几丁质含量分别为 581.5 g/kg 和 74.7 g/kg, 明显低于成虫的 683.0 g/kg 和 178.3 g/kg, 而脂肪、总糖和灰分又远远高于成虫, 两者在基本成分组成上存在极大的差异 (表 1)。

表 1 云南松毛虫蛹和成虫基本成分及其比较

(单位: g/kg, 干物质计)

虫 态	蛋 白 质	脂 肪	总 糖	灰 分	几 丁 质
蛹	581.5	225.2	68.2	49.8	74.7
成虫	683.0	65.6	13.1	29.3	178.3
差值(以蛹为基准) <sup>①</sup>	- 101.5	+ 159.6	+ 55.1	+ 20.5	- 103.6

①以下各表中的比较均以蛹为基准。

### 2.2 氨基酸

蛹和成虫的氨基酸成分组成是一致的, 均含有 15 种氨基酸(色氨酸未测), 但是两种虫态的各种氨基酸含量的总量差异也很大, 从蛹到成虫的羽化过程中, 除了蛋氨酸和苯丙氨酸外, 各种氨基酸和总量皆呈增加趋势 (见表 2)。

### 2.3 脂肪酸的组成

从蛹过渡到成虫, 脂肪含量显著减少。表 3 表明, 两者的脂肪酸组成和含量都产生了差异。从组成来看, 都含 14 种脂肪酸, 前者无月桂酸、花生酸和异油酸, 而后者不含癸酸、十碳一烯酸和十五碳一烯酸; 就含量而言, 总趋势是饱和脂肪酸增加, 不饱和脂肪酸减少。

## 3 讨 论

### 3.1 利用价值

3.1.1 对蛋白质和氨基酸的评价 很多分析化验证明昆虫是一种优质的蛋白资源, 这一观点已渐为人们所接受。云南松毛虫蛹和成虫的蛋白质含量分别为 581.5 g/kg 和 683.0 g/kg (表 1), 即使与其它很多昆虫如桑蚕蛹(526.7 g/kg)、柞蚕蛹(550.1 g/kg)、柞蚕蛾(459.3 g/kg)、蜂雄蛹(354.2 g/kg)相比较, 也是比较高的。蛹和成虫两种虫态都含 15 种氨基酸, 总和

表 2 蛹和成虫氨基酸含量分析

(单位: g/kg, 干物质计)

氨基酸	蛹	成虫	差值
天门冬氨酸	32.4	40.5	- 8.1
苏氨酸*	17.7	20.8	- 3.1
丝氨酸	17.5	26.5	- 9.0
谷氨酸	58.5	70.7	- 12.2
脯氨酸	15.7	21.4	- 5.7
甘氨酸	17.1	38.8	- 21.7
丙氨酸*	28.5	51.4	- 22.9
缬氨酸*	20.7	36.7	- 16.0
蛋氨酸*	15.3	8.7	+ 6.6
异亮氨酸*	18.6	28.7	- 10.1
亮氨酸*	22.2	42.1	- 19.9
酪氨酸	20.4	32.8	- 12.4
苯丙氨酸*	17.6	6.7	+ 10.9
组氨酸	11.5	19.5	- 8.0
赖氨酸*	21.1	29.0	- 7.9
氨	7.9	6.9	+ 1.0
精氨酸	17.1	27.7	- 10.6
色氨酸*	未测	未测	
总 和	359.8	508.9	- 149.1

注: 表中\* 为必需氨基酸。

蛹和成虫两种虫态都含 15 种氨基酸, 总和

分别是 359.8 g/kg 和 508.9 g/kg。食品蛋白质营养价值的高低,主要取决于蛋白质含量和必需氨基酸的组成。与 FAO/WHO 优质蛋白质标准模式相比,蛹和成虫的氨基酸总量都分别超过了标准模式(360 mg/g),从各种含量来比较,除色氨酸未测外,蛹和成虫分别只有一项未达到标准模式的指标(表 4)。从总体上讲,成虫的蛋白质含量和氨基酸总量高于蛹,但蛹的必需氨基酸含量又略高于成虫,仅此很难说哪一种蛋白质质量更好。

表 3 云南松毛虫蛹和成虫的脂肪酸组成

(单位: g/kg)

脂 肪 酸	碳链长度及 饱和度	蛹	成 虫	差 值
饱和脂肪酸				
月桂酸	C 12 0	—	2.256	- 2.256
肉豆蔻酸	C 14 0	7.417	6.365	+ 1.052
十五烷酸	C 15 0	3.132	1.796	+ 1.136
棕榈酸	C 16 0	303.821	366.424	- 62.603
十七烷酸	C 17 0	3.465	5.47	- 2.005
硬脂酸	C 18 0	43.986	78.435	- 34.449
花生酸	C 20 0	—	41.409	- 41.409
癸酸	C 10 0	0.725	—	+ 0.725
合计		360.821	509.436	- 148.615
不饱和脂肪酸				
油酸	C 18 1	297.706	328.179	- 30.473
亚油酸*	C 18 2	99.585	59.895	+ 39.690
异亚油酸	C 18 2	—	1.859	- 1.859
十碳一烯酸	C 10 1	0.347	—	+ 0.347
十五碳一烯酸	C 15 1	1.000	—	+ 1.000
棕榈油酸	C 16 1	14.878	8.790	+ 6.088
亚麻酸*	C 18 3	222.443	87.883	+ 134.560
合计		635.959	486.606	+ 149.353

注: \* 示必需脂肪酸。

表 4 蛹和成虫必需氨基酸含量与 FAO 标准模式比较

(单位: mg/g 蛋白质)

氨 基 酸	FAO 建议标准	蛹	成 虫
苏氨酸	40	49	41
缬氨酸	50	58	52
蛋氨酸+ 胱氨酸	35	43	17
异亮氨酸	40	52	57
亮氨酸	70	62	77
苯丙氨酸+ 酪氨酸	60	106	78
赖氨酸	55	59	57
色氨酸	10	未测	未测
合 计	360	427	400

蛋白质效率比 PER 是国内外普遍推荐的评价食物蛋白质营养价值的重要指标<sup>[5]</sup>。小白鼠饲养实验表明(表 5、6),蛾粉组适口性差,蛋白质含量虽然较高,但其 PER 低于蛹粉组;蛹粉组饲料的 PER 与大豆浓缩的 PER(47)接近,口感也好,可作为蛋白质添加成分。两组饲料的

蛋白质真消化率都比标准饲料的 74% 低,可能是由于几丁质较多,影响消化吸收所致。

表 5 各组动物 28 d 饲养实验

项 目	平均增重 (g)	平均蛋白质消 耗结果(g)	蛋白质效 率比(PER%)
蛹粉组	14.60	34.13	43.00
成虫粉组	10.03	34.28	29.00

表 6 各组动物 3 d 氮代谢实验

项 目	摄入 N (g)	粪 N (g)	吸收 N (I-F)(g)	真消化率 (%)
蛹粉组	3.76	1.64	2.12	56.00
成虫粉组	4.16	1.46	2.70	65.00

3.1.2 脂肪及脂肪酸的评价 蛹脂肪含量是成虫的 3.43 倍(表 1),不饱和脂肪酸比成虫高 149.3 g/kg,必需脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)比蛾高 174.250 g/kg(表 3)。因此,无论是从脂肪含量来讲,还是从脂肪酸的组成以及必需脂肪酸含量来看,蛹脂肪的利用价值都远远大于蛾。

蛹脂肪的特点是必需脂肪酸含量高,接近花生油(亚油酸 168~382 g/kg)、油菜油(亚油酸 120~240 g/kg、亚麻酸 10~100 g/kg),因此可以称为“动物性植物油”。营养必需脂肪酸是皮肤正常代谢所必需的,如食物中缺乏时,可发生皮肤鳞屑增多、变薄,毛发稀疏等症状;此外,又是体内合成前列腺素的原料,能降低血清胆固醇浓度,还可通过合成磷脂而维护生物膜的完整和功能<sup>[6]</sup>。由此可见,蛹油的营养价值极高。

3.1.3 总体评价 虽然成虫的蛋白质含量和氨基酸总量高于蛹,但蛹蛋白的必需氨基酸含量和 PER 大于成虫,从食用的角度看,蛹的食用价值高于成虫。

### 3.2 从昆虫生理、生化角度探讨

蛹是全变态昆虫由幼虫转变为成虫过程中必须经过的一个虫期,是成虫的准备阶段。从幼虫转变为成虫时,虽然蛹期表面看来是静止不变的,但内部器官却发生着剧烈的新旧更替变化,包括旧组织的解离和新组织的发生,两者同时并进,互助衔接。

内翅类和外翅类昆虫的变态过程通常伴随着体内碳水化合物贮备的耗尽。在这一时期糖原和海藻糖供给葡萄糖,以提供蛹、成虫组织特别是体壁合成所需要的能源和基质。在初羽化的成虫阶段,体内在消耗糖原的情况下合成几丁质<sup>[7]</sup>。由表 1 可知,蛹期的总糖含量是成虫期的 5.21 倍,而几丁质含量则由蛹期的 74.7 g/kg 增加至成虫期的 178.3 g/kg,说明在蛹的羽化期间有大量的糖原参与有关的生命活动而被消耗。

在昆虫进化的历史过程中,脂类具有重要的意义。脂类是细胞膜和表皮的结构要素,在昆虫持续需要能量期间,脂类是提供代谢能的源泉。无论是由于形成了不渗透的表皮的屏障,还是非由于氧化代谢产生水,脂类都有利于水的保存。蛹的脂肪含量高,是蛾的 3.42 倍,说明在羽化过程中有大量的脂肪被消耗,以保障过渡期所需的能量和水分。在许多研究过的昆虫中,已证实昆虫不能合成多聚不饱和脂肪酸;从脂肪酸的变化来看,饱和脂肪酸增加,不饱和脂肪酸呈减少趋势,其中,亚麻酸的变化最大,从蛹的 222.443 g/kg 减少至蛾的 87.883 g/kg,表明亚麻酸在蛹的羽化过程中起着相当的作用。

成虫的蛋白质含量明显高于蛹,据笔者推测这和从蛹期到成虫期的性成熟有关,即雌虫体内卵巢逐渐形成,到成虫期则产生了大量的卵,使成虫的蛋白质含量明显高于蛹。当然,三大物质代谢的过程在生物体内是相当复杂的,在此只是根据一些表观变化,进行粗浅的探讨,很多问题都值得进一步的研究。

## 参 考 文 献

- 1 Defoliart G R. Edible insects as minilivestock, biodiversity and conservation. 1995, (4): 306 ~ 321.
- 2 湖南省林业科学研究所森林保护室. 松毛虫综合利用研究初步报告. 昆虫学报, 1960, 10(3): 315 ~ 320.
- 3 彭建文, 林希春, 邓献忠. 松毛虫利用初步研究. 昆虫知识, 1956, 5(3): 104 ~ 105.
- 4 蒋国芳. 可食用的昆虫. 大自然, 1992, (2): 35 ~ 36.
- 5 周瑞华, 唐永梅, 周小芸. 蜂王幼虫蛋白质的营养评价. 食品科学, 1991, (5): 12 ~ 15.
- 6 上海第一医学院主编. 医用生物化学. 北京: 人民卫生出版社, 1979. 1088 ~ 1112.
- 7 M. 罗克斯坦编(李绍文, 王孟淑, 曾耀辉, 等译). 昆虫生物化学. 北京: 科学出版社, 1988. 1 ~ 137.

On Compositions of Both Pupa and Moth of *Dendrolimus houi*

He Jianzhong Lu Nan Niu Jianhua Huang Ying Cui Yongzhong

**Abstract** This paper deals with compositions of both the pupa and moth of *Dendrolimus houi*. The contents of protein and chitin of pupa are 581.8 g/kg and 74.7 g/kg respectively, being lower than those of the moth 683.0 g/kg and 178.3 g/kg; while the pupa's fat and carbohydrate are obviously higher than those of the moth. Both the pupa and moth have 15 amino acids (tryptophan not attempted). The carbohydrate in pupa is 5.21 times as much as that of the moth, demonstrating that a quantity of carbohydrate is used up in the process of molting; and fat content of pupa is 225.2 g/kg, being 3.42 times of that of the moth; of all the fat acids, the change of linolenic acid from pupa to moth is noticeable.

**Key words** *Dendrolimus houi* pupa moth composition

---

He Jianzhong, Associate Professor, Huang Ying, Cui Yongzhong (Research Institute of Resource Insects, CAF Kunming 650216); Lu Nan, Niu Jianhua (Control and Quarantine Station of Forest Pest and Disease of Yunnan Province).