

鞭角华扁叶蜂幼虫的营养成分分析^{*}

黄琼^{1**} 周祖基¹ 周定刚² 胡杰³ 杨伟¹ 杨春平¹

(1. 四川农业大学森林保护学重点实验室 四川雅安 625014;
2. 四川农业大学动物科技学院 四川雅安 625014; 3. 四川农业大学经济管理学院 四川雅安 625014)

Nutritional components of *Chinolyda flagellicornis* larvae. HUANG Qiong^{1**}, ZHOU Zu-Ji¹, ZHOU Ding-Gang², Hu Jie³, YANG Wei¹, YANG Chun-Ping¹ (1. *Provincial Key Laboratory of Forest Protection, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China;* 2. *Animal Science and Technology College, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China;* 3. *College of Economics and Management, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China*)

Abstract The primary nutritional components of *Chinolyda flagellicornis* (F. Smith) larvae were determined by the modern techniques. The results showed the content of protein, amino acids, fat, sugar and ash of *C. flagellicornis* larvae respectively was 17.1%, 13.5%, 6.7%, 1.0% and 1.5% of the wet sample, and the content of cholesterol was 0.3 mg/g. Furthermore the test insect contained 7 human essential amino acids, and the essential amino acids occupied 43.0% of the total amino acids. The ratio of essential amino acids content to the nonessential amino acids was 75.3%. And the amino acid containing sulfur (Met+Cys) was the first limiting amino acid of *C. flagellicornis* larvae protein. Moreover, the content of unsaturated fatty acids and essential fatty acids of the test insect respectively occupied 61.3% and 24.3% of the rough fat. Especially the content of oleic acid and linolenic acid respectively reached 37.0% and 18.4%. In addition, *C. flagellicornis* larvae contained a lot of minerals and trace elements, such as K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn and so on. Based on the data the nutrition values, the potential development and utilization of *C. flagellicornis* larvae were evaluated.

Key words *Chinolyda flagellicornis*; larvae nutrition components; insect resources

摘 要 采用现代分析技术手段对鞭角华扁叶蜂 *Chinolyda flagellicornis*(F. Smith) 幼虫的主要营养成分进行分析, 结果表明: 其鲜虫浆的蛋白质、氨基酸、粗脂肪、糖类及灰分含量分别为 17.1%、13.5%、6.7%、1.0%和 1.5%, 胆固醇含量为 0.3 mg/g; 含有 7 种人体必需氨基酸, 其必需氨基酸占总氨基酸含量的 43.0%, 必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值为 75.3%, 第一限制性氨基酸为含硫氨基酸, 即蛋氨酸和胱氨酸; 同时, 其不饱和脂肪酸与必需脂肪酸分别占总脂肪的 61.3%和 24.3%, 特别是油酸和亚麻酸含量较高, 分别达 37.0%和 18.4%; 此外, 还含有 K、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn 等多种矿物质和微量元素。最后在分析其营养价值的基础上, 对鞭角华扁叶蜂幼虫的开发利用价值进行了评价。

关键词 鞭角华扁叶蜂; 幼虫; 营养成分; 昆虫资源

鞭角华扁叶蜂 *Chinolyda flagellicornis* (F. Smith) 属于膜翅目广腰亚目的扁叶蜂科 Pamphiliidae^[1], 是柳杉和柏木的重要害虫, 1 年 1 代, 主要危害柏木、柳杉的嫩枝与叶片, 引起枝梢枯死、脱落, 甚至整株枯死^[2]。多年来, 该虫在浙江、四川、重庆、湖北、福建等省市频繁发生, 导致四川、重庆、湖北境内的长江防护林, 浙江省台州、丽水、温州、宁波、杭州等地部分国有林场、风景名胜区及山区的大面积中幼林乃至

上百年的古树被害致死^[3]。由于鞭角华扁叶蜂危害性大, 有不少林业科技工作者相继对其生物学^[4]、危害发生特点^[5]、自然种群消长规律^[3]、幼虫空间分布格局^[6]、预测预报^[7]及综合防治技术^[8], 进行了系统研究, 而且还进一步对

^{*} 四川省林业厅重点科研项目(川林计 1999-389)。
^{**}E-mail: huangqiong201115@sina.com
收稿日期: 2006-02-17, 修回日期: 2006-03-10, 再修回: 2006-05-26

滞育期间鞭角华扁叶蜂体内的一些重要生理生化变化(如体内脱皮激素与保幼激素的滴度变化及糖含量的动态变化)进行了深入研究^[9~11], 这些都为该虫的综合防治提供了科学的理论依据和技术保障。研究表明, 鞭角华扁叶蜂的防治, 需借助营林措施、人工防治、生物防治及化学防治等多种手段, 针对不同的防治区域, 因地制宜地采取不同的防治措施, 才能取得预期的防治效果^[8]。基于鞭角华扁叶蜂发生虫口密度大、且具有在林地土壤中群集越冬越夏的习性, 因此, 很多地区的林业部门常常适时地组织人力进行人工捕捉或深翻林地, 杀灭越冬越夏的老熟幼虫, 这不失为一种有效降低虫口基数、促进林分生长的好办法, 但人工捕捉的鞭角华扁叶蜂幼虫, 多是被白白地浪费掉, 未能进一步开发利用。有关鞭角华扁叶蜂的营养成分组成及开发利用价值, 也至今未见报道。作者从害虫的开发利用角度出发, 对鞭角华扁叶蜂幼虫的蛋白质、氨基酸、脂肪酸、矿物质等营养成分进行分析, 以期能为鞭角华扁叶蜂资源的开发利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

鞭角华扁叶蜂 *Chinolyda flagellicornis* (F. Smith) 老熟幼虫(采自四川省大英县柏木林区)。供试昆虫捕获后, 待其粪便排尽, 立即用沸水烫死, 匀浆, 备用。

1.2 测定方法

(1)水分: 105℃常压干燥至恒重, 活体样本重量与烘干恒重之差即为样品的水分含量^[12]。测定的样本重复数为 10。

(2)灰分: 高温灼烧氧化至样品完全灰化, 再称量即得样品的灰分含量^[12]。测定的样本重复数为 10。

(3)粗脂肪: 索氏抽提法^[12], 供抽提的样本

$$EAAI = \sqrt[n]{b_1/a_1 \times 100 \times b_2/a_2 \times 100 \times b_3/a_3 \times 100 \cdots \cdots \times b_n/a_n \times 100}。$$

式中 $b_1, b_2, b_3 \cdots \cdots b_n$ 为试验蛋白质中各种必需氨基酸的含量(mg/g); $a_1, a_2, a_3 \cdots \cdots a_n$ 为标

重复数为 10。

(4)粗蛋白: 凯氏定氮法^[12], 测定的样本重复数为 10。

(5)总糖: 蒽酮比色法^[13], 分析样本的重复数为 10。

(6)胆固醇: 邻苯二甲醛比色法^[13], 分析样本的重复数为 10。分析仪器: 721A 型分光光度计(无锡新龙科技有限公司)。

(7)氨基酸: PICO-TAG 氨基酸分析法^[14], 分析的样本重复数为 5。分析仪器: 美国 WATERS 公司 PICO-TAG 氨基酸分析仪。

(8)脂肪酸: 气相色谱法^[12], 分析的样本重复数为 5。仪器: 带有程序升温装置及氢火焰离子化检测器的 103 型气相色谱仪(上海分析仪器厂); 色谱柱: 填充有 10% 的丁二酸二乙二醇聚酯固定液(DEGS) 络姆沙伯 W 酸洗硅烷化担体 Chromosorb(AW)60~80 目的 3 mm×2 m 不锈钢柱, 使用前在 220℃下通载气老化 6 h; CDMC-1B 型色谱数据处理机(上海计算技术研究所生产)。分析条件: 柱温 190℃, 气化室温度 240℃, 检测器温度 200℃, 载气(N₂)流量 15 mL/min, 氢气流量 50 mL/min, 空气流量 250 mL/min, 进样 2 μL, 衰减 1/32。

(9)矿物质和微量元素: 原子吸收光谱法^[12], 分析的样本重复数为 5。分析仪器: AA-646 型原子吸收光谱仪(日本 Shimadzu 公司)。样品前处理采用干消化法。

1.3 数据处理

运用 SPSS 11.0 统计分析软件的 Compare Means 之 Means 过程, 对试验所得数据进行统计分析^[15], 求得供试样品中各种营养成分含量的统计平均值。

1.4 氨基酸质量评价

根据氨基酸分析结果, 计算氨基酸分(AAS)、化学分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[16]。

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。

2 结果与分析

2.1 主要营养成分含量

鞭角华扁叶蜂幼虫的主要营养成分含量见表 1。由表 1 可知, 鞭角华叶蜂幼虫的蛋白质含量(17.1%)丰富, 超过猪肉、鸭和鸡蛋等畜禽类食品, 而与鲑鱼接近; 其脂肪含量(6.7%)低于所有畜禽类食品; 其胆固醇含量(0.3 mg/g)远远低于其它所有动物性食品; 其矿物质含量(1.5%)非常丰富, 大大高于一般的动物性食

表 1 鞭角华扁叶蜂幼虫的主要营养成分含量(%)
(n=10)

营养成分	含量(%)
水分	72.0±0.8
蛋白质	17.1±0.5
脂肪	6.7±0.2
糖	1.0±0.1
胆固醇(mg/g)	0.3±0.0
灰分	1.5±0.1

注: 表中数据表示平均值±标准差(下表同)。

品^[17]。由此可见, 鞭角华扁叶蜂属于高蛋白、低脂肪、低胆固醇、矿物质含量丰富的一类生物, 具有广阔的开发利用前景。

2.2 氨基酸含量

采用氨基酸自动分析仪, 进一步对鞭角华扁叶蜂幼虫的氨基酸进行分析, 结果见表 2。表 2 表明, 鞭角华叶蜂幼虫的氨基酸种类及含量丰富, 含有 17 种氨基酸(其中包括 7 种人体必需氨基酸), 并且总氨基酸和必需氨基酸分别约占虫体鲜重的 13.5%和 5.8%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 75.3%, 必需氨基酸与总氨基酸的比值为 43.0%。必需氨基酸与非必需氨基酸在总氨基酸中所占的比例, 通常是初步评价一种蛋白质质量的重要指标之一。据 FAO/WHO 推荐, 质量较好的蛋白质, 其必需氨基酸与总氨基酸的比值(EAA/TAA)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^[14]。由此可初步推知, 鞭角华扁叶蜂幼虫是一种质量较好的蛋白质, 可用于开发蛋白质饲料或食品。

表 2 鞭角华扁叶蜂幼虫的氨基酸含量 (mg/g 鲜质量) (n=5)

氨基酸	含量	氨基酸	含量
* 赖氨酸 Lys	8.9±0.2	* 缬氨酸 Val	7.8±0.0
天冬氨酸 Asp	12.6±0.1	* 蛋氨酸 Met	2.6±0.1
谷氨酸 Glu	19.2±0.3	** 胱氨酸 Cys	微量
丝氨酸 Ser	7.9±0.1	* 异亮氨酸 Ile	6.8±0.1
甘氨酸 Gly	8.7±0.1	* 亮氨酸 Leu	9.6±0.0
组氨酸 His	5.3±0.0	* 苯丙氨酸 Phe	7.0±0.1
精氨酸 Arg	8.3±0.1	▼必需氨基酸 EAA (%)	5.8±0.1
* 苏氨酸 Thr	6.3±0.1	非必需氨基酸 NEAA (%)	7.7±0.1
丙氨酸 Ala	7.5±0.0	总氨基酸 TAA (%)	13.5±0.2
脯氨酸 Pro	8.0±0.2	▼必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA (%)	75.3±0.5
** 酪氨酸 Tyr	8.8±0.1	▼必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA (%)	43.0±0.2

注: 色氨酸未测; 带 * 者为必需氨基酸, 带 ** 者为半必需氨基酸; ▼包括酪氨酸和胱氨酸在内。

2.3 氨基酸质量

一种蛋白质的必需氨基酸评分, 包括其氨基酸分(AAS)、化学分(CS)和必需氨基酸指数, 是进一步评价其氨基酸质量优劣的重要指标。鞭角华扁叶蜂幼虫蛋白的氨基酸分和化学分详见表 3。由表 3 可知, 鞭角华扁叶蜂幼虫蛋白中芳香族氨基酸(苯丙氨酸+酪氨酸)的评分最

高, 而含硫氨基酸(蛋氨酸+胱氨酸)的评分最低, 是该幼虫蛋白的第一限制性氨基酸, 其氨基酸分(AAS)和化学分(CS)分别为 43 和 26。另外, 通过计算求得鞭角华扁叶蜂幼虫蛋白的必需氨基酸指数(EAAI)为 88。这进一步表明, 虽然鞭角华扁叶蜂幼虫的必需氨基酸含量较高, 但其氨基酸组成不太平衡, 有必要进一步强化,

特别是针对第一限制性氨基酸进行强化, 才能 提高其氨基酸的利用率。

表 3 鞭角华扁叶蜂幼虫蛋白与 FAO 推荐模式蛋白及全鸡蛋蛋白含量的比较 (mg/g 蛋白质)

必需氨基酸	* 1973FAO/WHO 推荐蛋白模式	* 全鸡蛋	幼虫		
			必需氨基酸	氨基酸分(AAS)	化学分(CS)
异亮氨酸 Ile	40	54	40	100	74
亮氨酸 Leu	70	86	56	80 ^b	65
赖氨酸 Lys	55	70	52	95	74
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	35	57	15	43 ^a	26
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	60	93	92	153	99
苏氨酸 Thr	40	47	37	93	79
缬氨酸 Val	50	66	46	92	70
总氨基酸 TAA	350	473	338	—	—

注: 带 * 蛋白质模式的氨基酸含量来源于参考文献 [18]; a 表示第一限制性氨基酸; b 表示第二限制性氨基酸。

2.4 脂肪酸

脂肪酸组成是评价一种脂肪营养价值的重要依据。本试验采用气相色谱法, 对鞭角华扁叶蜂幼虫油脂的脂肪酸组成进行分析, 结果见表 4。如表 4 所示, 鞭角华扁叶蜂幼虫油脂中, 饱和脂肪酸含量较低 (38.7%), 而不饱和脂肪酸和必需脂肪酸含量丰富, 分别为 61.3% 和 24.3%。与其它食用油或其它食品中的油脂相比, 鞭角华扁叶蜂幼虫油脂中的不饱和脂肪酸含量超过一般的动物油、芝麻油和大多数畜禽类食品及部分鱼类; 并且, 其必需脂肪酸含量也超过除菜籽油、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^[17]。研究表明, 膳食脂肪与人体健康关系非常紧密, 饱和脂肪酸摄入量过高会直接导致血胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇升高, 进而可诱发心血管类疾病; 而不饱和脂肪酸却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; 而且必需脂肪酸对维持人体正常的生理功能与生长发育也起着非常重要的作用, 若必需脂肪酸缺乏, 会影响细胞膜的正常结构与功能, 影响胆固醇的代谢, 并可导致体内一些具有重要生理功能的多不饱和脂肪酸合成不足, 进而可引起生长迟缓、生殖障碍、皮肤损伤以及肾脏、肝脏、神经和视觉等方面的多种疾病^[9]。供试的鞭角华扁叶蜂脂肪, 其不饱和脂肪酸和必需脂肪酸含量均较高, 是一种较为理想的食用脂肪。还值得一提的是, 鞭角华扁叶

蜂幼虫油脂中亚麻酸含量 (18.4%) 高于大多数植物及动物性食品^[17], 而亚麻酸具有多种生物活性, 如降血脂、抗癌, 在体内转化成二十碳五烯酸 (EPA) 和二十碳六烯酸 (DHA), 维持视网膜中视紫红质的正常功能等^[19]。这也进一步表明, 鞭角华扁叶蜂幼虫是比较理想的膳食脂肪来源, 具有重要的开发利用价值。

表 4 鞭角华扁叶蜂幼虫粗脂肪的脂肪酸种类及其相对含量 (n=5)

脂肪酸	含量 (%)	脂肪酸	含量 (%)
月桂酸 C _{12:0}	0.2±0.0	亚麻酸 (C _{18:3n-3})	18.4±0.1
肉豆蔻酸 C _{14:0}	1.4±0.0	饱和脂肪酸	38.8±0.3
棕榈酸 C _{16:0}	35.3±0.3	不饱和脂肪	61.3±0.2
棕榈油酸 (C _{16:1n-7})	微量	单不饱和脂肪	37.0±0.0
硬脂酸 C _{18:0}	1.9±0.0	P/S	1.6±0.1
油酸 (C _{18:1n-9})	37.0±0.0	必需脂肪酸	24.3±0.1
亚油酸 (C _{18:2n-6})	5.9±0.0		

注: 表中脂肪酸含量为相应粗脂肪中的各种脂肪酸的相对百分含量; P/S 表示不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸含量的比值。

2.5 矿物质和微量元素

更为全面地评价鞭角华扁叶蜂幼虫的营养价值, 本试验采用原子吸收光谱法对其部分无机矿物质及微量元素含量进行了分析, 结果见表 5。由表 5 可知, 鞭角华扁叶蜂幼虫含有的矿物质和微量元素种类丰富, 如 K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co 等。从常量元素含量比较, 鞭角华扁叶蜂幼虫样品的 Mg 含量较丰富, 超过大多数畜禽类食品及部分鱼类^[17], 而 K 和 Ca

的含量相对偏低, 低于一般的动物性食品^[17]; 从人体必需微量元素的含量比较, 鞭角华扁叶蜂幼虫的 Fe、Zn、Cu 含量较高, 尤其是 Fe 和 Cu 的含量超过大多数动物性食品^[17]。而且所分析的鞭角华扁叶蜂幼虫的常量及微量元素均符合中国营养学会推荐的中国居民膳食矿物质营养素的需要量^[19]。由此表明, 鞭角华扁叶蜂幼虫的矿物质营养价值总体较高。

表 5 鞭角华扁叶蜂幼虫的矿物质含量
(mg/100 g)(n=5)

微量元素	含量	微量元素	含量
Cu	0.54±0.01	Co	0.01±0.00
Mn	0.44±0.01	Ca	4.37±0.02
Zn	1.30±0.01	K	8.97±0.02
Fe	5.28±0.04	Mg	40.67±2.00

3 结论与讨论

通过对鞭角华扁叶蜂幼虫营养成分进行系统分析表明, 鞭角华扁叶蜂幼虫蛋白质含量高、氨基酸全面, 脂肪含量低、脂肪中不饱和脂肪酸及必需脂肪酸(尤其是亚麻酸)含量高, 胆固醇含量极低, 矿物质丰富, 具有较高的营养价值和良好的开发利用前景。

根据鞭角华叶蜂幼虫营养价值的分析, 可考虑从以下几方面, 对其加以开发利用: (1) 直接用作禽畜类的饵料或加工成动物的蛋白质饲料和饲料的蛋白质添加剂; (2) 进一步深入研究, 开发成一系列的高蛋白保健食品或饮品(如蛋白粉、蛋白乳、氨基酸口服液等); (3) 用于开发一些低脂肪、低胆固醇的功能性或保健型食品; (4) 用于开发富含不饱和脂肪酸和必需脂肪酸的高档油脂(保健食用油或药用油); (5) 用于提取具有多种生物活性的亚麻酸; (6) 因地制宜地综合开发利用, 化害为利, 变废为宝。

综上所述, 若能在鞭角华扁叶蜂的集中发生区, 组织人力, 实施人工捕捉, 并进一步加以开发利用, 不仅可以达到无污染防治的目的, 无

疑也会推动山区经济的发展, 增加山区农民的收入。但为更好地开发利用鞭角华扁叶蜂, 还有很多基础性的研究工作有待进一步开展, 如鞭角华扁叶蜂用作开发饲料和食品的安全性如何, 又如何简便高效地分离提纯鞭角华扁叶蜂幼虫中的有效营养成分等。

参 考 文 献

1 萧刚柔. 森林病虫通讯, 2000, 19(6): 3~5

2 徐华潮, 吴鸿, 李克恩, 杨淑贞, 赵明水. 浙江林业科技, 2001, 21(4): 77~81

3 崔相富, 郑永祥, 陈绘画, 杨胜利. 林业科学研究, 1999, 12(6): 645~649.

4 林青兰, 李克恩, 徐文成, 蔡一敏. 浙江林学院学报, 2001, 18(4): 420~423.

5 刘朝奎, 王桂珍, 唐治诚. 林业科技开发, 1999, 13(1): 36~38.

6 陈绘画, 张建薇, 杨胜利. 林业科学研究, 2002, 15(5): 593~598.

7 郑永祥, 吴道圣, 蒋明田, 吴勇志, 崔相富. 浙江林业科技, 1992, 12(6): 32~35

8 郑永祥, 张小平, 陈绘画, 王照恩. 浙江林业科技, 2003, 23(2): 29~32

9 王满坤, 李周直. 昆虫学报, 2002, 45(5): 593~596.

10 王满坤, 李周直. 林业科学, 2002, 38(5): 83~86.

11 王满坤, 李周直. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(2): 21~23.

12 宁正祥主编. 食品成分分析手册, 第1版. 北京: 中国轻工业出版社, 1998, 72~74, 145~147, 186~188, 518~519, 571~579, 590~599, 610~612, 623~627.

13 冯慧. 昆虫生物化学分析法, 第1版. 北京: 农业出版社, 1989, 8~10, 52~54.

14 叶兴乾, 胡萃, 王向. 营养学报, 1998, 20(2): 224~228.

15 张文彤.SPSS11 统计分析教程(基础篇). 北京: 北京希望电子出版社, 2002, 218~223

16 郭良珍, 王润莲, 梁爱萍, 潘颂民, 陈绍红. 昆虫知识, 2003, 40(4): 366~368

17 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), 第1版. 北京: 人民卫生出版社, 1991, 28~45, 74~113.

18 陈炳卿. 营养与食品卫生学, 第3版. 北京: 人民卫生出版社, 1994, 6~9.

19 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量. 第1版. 北京: 中国轻工业出版社, 2000, 86~102, 129~252