

枯叶蛱蝶幼虫和蛹的营养成分分析

蒲正宇¹, 史军义^{1*}, 姚俊¹, 周德群², 杨志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, 云南 昆明 650224; 2. 昆明理工大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650500; 3. 云南民族大学化学与生物技术学院, 云南 昆明 650504)

摘 要: 为探寻枯叶蛱蝶幼虫和蛹中所含的主要营养成分, 评价其营养价值水平, 运用国家标准检测方法测定其水分、脂肪、蛋白质、矿质元素和氨基酸的含量, 分析其氨基酸分和必需氨基酸指数, 并与猪肉、牛肉、鸡肉、竹虫幼虫的蛋白质、脂肪、矿质元素含量进行比较。结果表明: 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质含量分别为 68.4% 和 57.8%, 脂肪含量分别为 8.6% 和 3.8%, 碳水化合物含量分别为 17.2% 和 27.0%, 灰分含量分别为 5.8% 和 11.4%, 幼虫和蛹的矿质元素含量高, 能量值低; 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的 17 种氨基酸总含量分别为 430.6、306.0 mg/g, 必需氨基酸总含量分别为 169.7、120.5 mg/g; 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸总含量占 17 种氨基酸总含量的比均约为 39.4%, 必需氨基酸总含量占非必需氨基酸总含量的比均为 0.65, 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸指数分别为 0.952 和 0.733, 表明枯叶蛱蝶幼虫可作为优质蛋白源, 而蛹为不适蛋白源。综合分析结果表明, 枯叶蛱蝶幼虫具有较高的营养价值和食用开发价值, 而蛹的营养价值略低。

关 键 词: 枯叶蛱蝶; 幼虫; 蛹; 营养成分; 氨基酸; 矿质元素

中图分类号: Q969.439.2

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)04-0440-05

Analysis of nutritional components in larva and pupa of *Kallima inachus*

PU Zheng-yu¹, SHI Jun-yi^{1*}, YAO Jun¹, ZHOU De-qun², YANG Zhi³

(1.Center of Butterfly Research and Development, Research institute of Resource Insects, China Academy of Forestry, Kunming 650224, China; 2.Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China; 3.School of Chemistry and Biotechnology, Yunnan University of Nationalities, Kunming 650504, China)

Abstract: To explore the main nutritional ingredients in larva and pupa of *Kallima inachus*, and to provide a theoretical basis for their edibility, the content of water, fat, protein, mineral elements and amino acids were determined using the national standard methods. Amino acid score and essential amino acid index were also analyzed, and the nutritional content of protein, fat and mineral elements in larva and pupa of *Kallima inachus* were compared with those in common foods. The results showed that there contained 8.6% and 3.8% of fat, 68.4% and 57.8% of protein, 5.8% and 11.4% of ash, 17.2% and 27.0% of carbohydrate in larva and pupa of *K. inachus* respectively. Total amino acid content in larva and pupa of *Kallima inachus* were 430.6 mg/g and 306.0 mg/g respectively, both of them included 39.4% of the essential amino acids. The element ratio of essential amino acids and nonessential amino acids was 0.65. Their essential amino acid index was 0.952 and 0.733 respectively. Therefore, larva of *K. inachus* had higher nutritional value and edible value than that in pupa.

Key words: *Kallima inachus*; larva; pupa; nutritional components; amino acid; mineral

枯叶蛱蝶(*Kallima inachus* Doubleday)是蛱蝶科 (Nymphalidae) 蛱蝶亚科 (Nymphalinae) 斑蛱蝶族

收稿日期: 2013-11-20

基金项目: 中央财政项目国家林业局动植物保护专项(2130211-2-1-000); 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(CAFYBB2012027)

作者简介: 蒲正宇(1987—), 男, 四川省广元人, 硕士, 主要从事资源昆虫研究, puzhengyu@qq.com; *通信作者, esjy@163.com

(Hypolimmi)枯叶蛱蝶属(*Kallima Doubleday*)的一类大型种类,国内主要分布于秦岭—淮河以南,主要产于长江流域,其他各地数量稀少;国外主要分布于日本、越南、缅甸、泰国、印度等国家^[1]。枯叶蛱蝶是工艺制作和生态观赏两用蝶种,在科普教育上也有其独特价值^[2]。枯叶蛱蝶是国家林业局 7 号令《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》中列入的蝴蝶种类。昆虫体内的营养结构合理,营养含量丰富,含有的蛋白质是国际公认的高品质、纯天然的活性蛋白。昆虫是地球上种类最多且生物量巨大的生物类群,具有高效的生长繁殖能力和顽强的生命力。食用昆虫已成为资源昆虫研究的热点^[3]。蝴蝶是昆虫的重要组成部分。目前对蝴蝶的研究主要是针对其生物学特性、本底资源调查及保护等方面^[4-6],对枯叶蛱蝶的研究主要是针对其生物学特性和人工养殖技术^[7-9]等方面。枯叶蛱蝶为优质养殖蝶种,年养殖数量较大,现主要用于工艺制作和生态观赏,市场需求有限,发掘枯叶蛱蝶更深层次的利用途径已备受关注,其营养价值开发是重要的研究方向。另外,食用昆虫主要是利用其幼虫和蛹^[10]。笔者分析枯叶蛱蝶幼虫和蛹的主要营养成分,评价其营养价值水平,旨在对枯叶蛱蝶的营养价值开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 样本采集地概况及样本采集

中国林业科学研究院资源昆虫研究所景东实验站蝴蝶养殖基地位于云南省普洱市景东彝族自治县,样本采集地地处北纬 24°26'27",东经 100°50'14",海拔高度约 1 210 m,属亚热带季风型气候,具有冬无严寒、夏无酷暑、雨量集中、干湿分明、雨热同季、干凉同步的特点,年均气温 18.3℃,年均相对湿度 77%,年均降水量 1 086.7 mm,年均日照时间 2 131.6 h,无霜期 355 d。

于养殖基地选取 5 龄中期的枯叶蛱蝶幼虫(因其相对成熟,生物量较大,体内物质含量相对固定)和悬挂约 2 d 的新蛹(因其离羽化的时间较长,体内成分尚未发生变化)各 100 只为试验样本。

1.2 主要仪器

主要仪器有美国 METTLER TOLEDO 牌 XS104 型电子分析天平和 AE100 型电子分析天平、上海雷韵牌 DHG-9203A 型电热鼓风干燥箱、美国贝尔德 PS-4 型电感耦合等离子体发射光谱仪、SX2-8-10 箱式电阻炉、瑞士 BUCHI 牌 K-360 型半自动定氮仪以及日立牌 L-8800 型氨基酸分析仪。

1.3 预处理方法及营养成分评价

枯叶蛱蝶幼虫和蛹样本采集后,用分析天平称取鲜重,然后进行预处理,最后检测样本的灰分、粗脂肪、氨基酸、矿质元素、蛋白质和水分含量,并以猪肉、牛肉、鸡肉、竹虫幼虫的相应指标(猪肉、牛肉、鸡肉的指标值引自文献^[11],竹虫幼虫的指标值引自文献^[12])为比较对象,评价枯叶蛱蝶幼虫和蛹的营养价值水平。方法:用烘箱 105℃烘 1 h,然后调到 80℃烘干。

1.4 测定指标及数据处理方法

水分含量采用 GB 5009.3—2010 中的直接干燥法测定;粗脂肪含量采用 GB/T 14772—2008 中的索氏提取法^[13]测定;矿质元素含量采用农业行业标准 NY/T1653—2008 中的电感耦合等离子体发射光谱法^[13]测定;灰分含量采用 GB/T5009.4—2010 中的灼烧称重法^[13]测定;蛋白质含量采用 GB/T 5009.5—2010 中的凯氏定氮法^[13]测定;氨基酸含量按 GB/T 5009.124—2003 中的方法^[13]用氨基酸自动分析仪测定。除幼虫和蛹的鲜重、水分用鲜样计外,其余测定结果均以干样计。

碳水化合物含量=1 - 粗脂肪含量 - 蛋白质含量 - 灰分含量。

能量为计算值,采用各供能营养素含量乘以相应的能量折算系数求和得到,其中,蛋白质、脂肪、碳水化合物能量折算系数分别为 17、37、17 kJ/g^[11]。

参照文献^[14]中的 FAO/WHO 评分模式计算氨基酸分(amino acid score, AAS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)。根据 EAAI 实用评价标准(EAAI < 0.75 为不适蛋白源,0.75 ~ EAAI 0.86 为可用蛋白源,0.86 < EAAI 0.95 为良好蛋白源, EAAI > 0.95 为优质蛋白源^[15])对枯叶蛱蝶幼虫和

蛹是否为优质蛋白源进行评价。将枯叶蛱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,分析枯叶蛱蝶幼虫和蛹的氨基酸分。

2 结果与分析

2.1 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的鲜重、干重和水分含量

经测定,枯叶蛱蝶每只 4 龄幼虫平均鲜重约为 0.916 g,其中水分占 89.2%,干重占 10.8%;蛹的平均鲜重为 0.950 g,其中水分占 83.4%,干重占 16.6%(表 1)。

表 1 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的鲜重、干重和水分含量
Table 1 Fresh weight, dry weight, water content in larva and pupa of *K. inachus*

虫态	鲜重/g	干重/g	水分含量/%
幼虫	0.916	0.099	89.2
蛹	0.950	0.158	83.4

表2 枯叶蛱蝶幼虫和蛹及其比较食物的蛋白质、粗脂肪、灰分、碳水化合物含量和能量值

Table 2 Content of protein, fat, ash, carbohydrate and energy in larva, pupa of *K. inachus* and in other foods

名称	蛋白质含量/%	粗脂肪含量/%	灰分含量/%	碳水化合物含量/%	单位质量能量值/(kJ·g ⁻¹)
幼虫	68.40	8.60	5.80	17.20	17.73
蝶蛹	57.80	3.80	11.40	27.00	15.82
猪肉	24.80	69.50	1.13	4.51	30.72
牛肉	73.20	15.40	4.04	7.35	19.40
鸡肉	62.30	30.30	3.23	4.19	22.51
竹虫幼虫	29.89	60.42	1.39		

2.3 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的矿质元素含量

由表 3 可见,枯叶蛱蝶幼虫和蛹含有多多种矿质元素,枯叶蛱蝶幼虫常量元素含量从大到小排列依次为钾、磷、镁、钙、钠,其微量元素含量从大到小排列依次为锌、铜、铁、锰;蛹的常量元素含量从大到小排列依次为钾、钙、磷、镁、钠,其微量元素含量从大到小排列依次为锌、铁、锰、铜。幼虫的磷、钾、钠、锌、铜元素含量比蛹的高,幼虫的钙、镁、铁、锰含量比蛹的低。

表3 枯叶蛱蝶幼虫、蛹及其比较食物的矿质元素含量

Table 3 Content of inorganic elements in larva, pupa of *K. inachus* and in other foods

名称	磷含量	钾含量	钙含量	镁含量	钠含量	铁含量	锌含量	铜含量	锰含量
幼虫	12 800	18 300	2 440	3 260	56.6	36.4	266.0	58.60	4.440
蛹	7 380	11 200	9 820	5 340	49.6	164.0	178.0	22.40	96.100
猪肉	3 045	3 835	113	301	1 117.0	30.1	38.7	1.13	0.564
牛肉	6 176	7 941	846	735	3 096.0	121.0	174.0	6.62	1.470
鸡肉	5 032	8 097	290	613	2 042.0	45.2	35.2	2.26	0.967
竹虫幼虫	1 690	2 620	880	1 060	740.0	57.1	109.0	11.10	41.800

2.2 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质、粗脂肪、灰分、碳水化合物含量及单位质量能量值

由表 2 可见,枯叶蛱蝶幼虫和蛹的粗脂肪含量分别为 8.6%和 3.8%,远远低于猪肉、鸡肉和牛肉的脂肪含量;枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质含量分别为 68.4%和 57.8%,远高于猪肉和鸡肉的含量,但低于牛肉的含量;枯叶蛱蝶幼虫和蛹的灰分、碳水化合物含量均高于猪肉、鸡肉和牛肉的含量;幼虫和蛹单位质量能量值均比猪肉、鸡肉和牛肉的低。枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质和灰分含量均比竹虫幼虫的高,而其粗脂肪含量远比竹虫幼虫的低;枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质含量也比油葫芦(*Gryllus testaceus* Walke)的(58.3%)^[16]略高。枯叶蛱蝶幼虫的蛋白质和脂肪含量均比蛹的含量高,幼虫的灰分和碳水化合物含量均比蛹的含量低。以上结果表明,枯叶蛱蝶幼虫和蛹具有蛋白质含量高、脂肪含量低、无机物质含量丰富、能量值低的特点。

枯叶蛱蝶幼虫和蛹的磷、钾、钙、镁、锌、铜、锰含量以及蛹的铁含量都明显比猪肉、牛肉和鸡肉的高;幼虫的铁含量比猪肉的高,比牛肉和鸡肉的低;幼虫和蛹的钠含量远低于猪肉、鸡肉以及牛肉的含量。枯叶蛱蝶幼虫的钠、铁、锰含量和蛹的钠含量比竹虫幼虫的低,其余矿质元素含量均比竹虫幼虫的高,因此,枯叶蛱蝶幼虫和蛹含有非常丰富的对人体有益的矿质元素。

2.4 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的氨基酸含量

由表 4 可见，枯叶蛱蝶幼虫含有的 17 种氨基酸中，酪氨酸的含量(49.3 mg/g)最高，脯氨酸的含量最低(4.2 mg/g)；蛹含有的 17 种氨基酸中，谷氨酸的含量(为 44.0 mg/g)最高，脯氨酸的含量(3.7 mg/g)最低。枯叶蛱蝶幼虫和蛹含有的 17 种氨基酸

总含量分别为 430.6、306.0 mg/g，远高于猪肉的(199.1 mg/g)和竹虫幼虫的(299.0 mg/g)，但低于鸡肉的(530.5 mg/g)^[11]。与部分植物营养成分相比，幼虫和蛹的 17 种氨基酸总含量都高于小麦粉的(130.8 mg/g)，但蛹的含量比大豆的(393.7 mg/g)^[11]低，而幼虫的含量比大豆的高。

表4 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的氨基酸含量

Table 4 Content of amino acids in larva and pupa of <i>K. inachus</i>										mg/g
虫态	天冬氨酸含量	苏氨酸含量	丝氨酸含量	谷氨酸含量	甘氨酸含量	丙氨酸含量	胱氨酸含量	缬氨酸含量	蛋氨酸含量	
幼虫	38.5	21.6	19.5	44.1	17.0	21.1	22.8	34.9	7.8	
蛹	30.6	15.2	15.1	44.0	15.9	20.6	13.7	25.1	4.2	
虫态	异亮氨酸含量	亮氨酸含量	苯丙氨酸含量	酪氨酸含量	赖氨酸含量	组氨酸含量	精氨酸含量	脯氨酸含量		
幼虫	18.4	31.7	21.7	49.3	33.6	17.5	26.9	4.2		
蛹	15.0	22.8	14.5	14.1	23.7	8.8	19.0	3.7		

枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸总含量分别为 169.7、120.5 mg/g，非必需氨基酸总含量分别为 260.9、185.5 mg/g，枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸总含量占 17 种氨基酸总含量的比均约为 39.4%，必需氨基酸总含量与非必需氨基酸总含量的比均约为 0.65。根据 FAO/WHO 的理想模式，质量较好蛋白质氨基酸的 EAA/NEAA 在 0.6 以上，EAA/TAA 在 40%左右。本研究结果表明，幼虫和蛹的两项必需氨基酸指标均接近或高于 FAO/WHO 理想模式的要求，因此，枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质质量较好。

由表 5 和表 6 可知，枯叶蛱蝶幼虫的含硫氨基

酸(蛋氨酸、胱氨酸)、芳香族氨基酸(苯丙氨酸、酪氨酸)以及缬氨酸含量比 FAO 评分模式氨基酸含量的高，其余氨基酸含量都比 FAO 评分模式氨基酸含量的低，它的第一限制性氨基酸为亮氨酸，含量为 46.3 mg/g，占 FAO 评分模式氨基酸含量的 66.1%；枯叶蛱蝶蛹的所有氨基酸含量都比 FAO 评分模式氨基酸含量的低，它的第一限制性氨基酸也为亮氨酸，含量为 39.4 mg/g，占 FAO 评分模式氨基酸含量的 56.3%，因此，枯叶蛱蝶幼虫氨基酸结构合理，蛹的必需氨基酸含量较低，氨基酸整体质量较差。

表5 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的氨基酸含量和蛋白质含量

Table 5 Ratio of amino acids to protein in larva and pupa of <i>K. inachus</i>								mg/g
项目	异亮氨酸含量	亮氨酸含量	赖氨酸含量	蛋氨酸+胱氨酸含量	苯丙氨酸+酪氨酸含量	苏氨酸含量	缬氨酸含量	
FAO模式	40.0	70.0	55.0	35.0	60.0	40.0	50.0	
幼虫	26.9	46.3	49.1	44.7	103.8	31.6	51.0	
蛹	26.0	39.4	41.0	31.0	49.5	26.3	43.4	

表6 枯叶蛱蝶幼虫和蛹的氨基酸分

Table 6 AAS in larva and pupa of <i>K. inachus</i>							
虫态	氨基酸分						
	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸+胱氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	苏氨酸	缬氨酸
幼虫	0.673	0.661	0.893	1.277	1.730	0.790	1.020
蛹	0.650	0.563	0.745	0.886	0.825	0.658	0.868

枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸指数分别为 0.952 和 0.733，幼虫的必需氨基酸指数比桑蚕 5 龄幼虫的必需氨基酸指数(0.789)高，与桑蚕 4 龄幼虫的必需氨基酸指数^[17]相比，蛹的必需氨基酸指数略低，表明枯叶蛱蝶幼虫为优质蛋白源，而

蛹为不适蛋白源。

3 结论与讨论

枯叶蛱蝶幼虫和蛹的蛋白质含量分别为 68.4%和 57.6%，脂肪含量分别为 8.6%和 3.8%，碳水化合

物含量分别为 17.2%和 27.0%,灰分含量分别为 5.8%和 11.4%,幼虫和蛹的矿质元素含量高,单位质量能量值低;枯叶蛱蝶幼虫和蛹的 17 种氨基酸总含量分别为 430.6、306.0 mg/g,必需氨基酸总含量分别为 169.7、120.5 mg/g,必需氨基酸总含量占 17 种氨基酸总含量的比均为 39.4%,必需氨基酸总含量与非必需氨基酸总含量的比都为 0.65,枯叶蛱蝶幼虫和蛹的必需氨基酸指数分别为 0.952 和 0.733,表明枯叶蛱蝶幼虫为优质蛋白源,而蛹为不适蛋白源,因此,枯叶蛱蝶幼虫具有较高的营养价值,而蛹的营养价值略低。

枯叶蛱蝶人工养殖技术已经成熟,其寄主植物主要为爵床科 Acanthaceae 马蓝亚族 Strobilanthinae 植物。该植物生长迅速,生物量较大,能为枯叶蛱蝶幼虫的规模化饲养提供有利条件^[18]。目前,在云南省大理州、玉溪市、普洱市等地区已实现了枯叶蛱蝶的大量规模化饲养,因此,可望将枯叶蛱蝶开发出蛋白质源食品和蛋白饲料等相关产品。

参考文献:

- [1] 周尧.中国蝶类志[M].郑州:河南科学技术出版,1994.
- [2] 陈晓鸣,周成理,史军义,等.中国观赏蝴蝶[M].北京:中国林业出版社,2008.
- [3] 穆利霞,廖森泰,肖更生,等.昆虫蛋白的综合利用研究进展[J].现代食品科技,2011,27(12):1507-1512.
- [4] 蒲正宇,周德群,姚俊,等.中国蝶类生物多样性生存现状及其新的保护模式探索[J].生态经济,2011(11):148-151,165.
- [5] 刘燕娟,李密,黄国华.石门台自然保护区蝶类资源规划刍议[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(增刊1):15-17.
- [6] 陈玉君,李贻耀,窦铁生,等.湖南省东安县舜皇山国家森林公园蝶类资源调查[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2006,32(4):398-401.
- [7] 杨萍,漆波,邓合黎,等.枯叶蛱蝶的生物学特性及饲养[J].西南农业大学学报:自然科学版,2005,27(1):44-49.
- [8] 周成理,史军义,陈晓鸣,等.枯叶蛱蝶规模化人工繁育研究[J].北京林业大学学报,2006,28(5):107-113.
- [9] 易传辉.美凤蝶与柑橘凤蝶和枯叶蛱蝶三种蝴蝶的滞育生态学研究[D].北京:中国林业科学研究院,2007.
- [10] 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.
- [11] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2009.
- [12] 陈晓鸣,冯颖.中国食用昆虫[M].北京:中国科学技术出版社,1998:96-97.
- [13] 卫生部政策法规司.中华人民共和国食品安全国家标准汇编[M].北京:中国标准出版社,2010.
- [14] 郭良珍,王润莲,梁爱萍,等.黄边大龙虱的营养分析[J].动物学杂志,2003,38(5):80-82.
- [15] 叶兴乾,胡萃,王向.六种鳞翅目昆虫的食用营养成分分析[J].营养学报,1998,20(2):224-228.
- [16] Wang Dun, Bai Yao-yu, Li Jiang-hong, et al. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walke)[J]. Entomologia Sinica, 2004, 11(4): 275-283.
- [17] 冯东勋.必需氨基酸指数(EAAI)在饲料中的应用[J].饲料工业,1997,18(3):21-22.
- [18] 陈明勇,邹兴淮,邓敏,等.中国蝴蝶养殖[M].昆明:云南科学技术出版社,2002.

责任编辑:王赛群

英文编辑:王 库