

网络出版时间:2014-10-16 14:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.11.091

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.11.091.html

大帛斑蝶幼虫和蛹的营养成分分析

李文义¹, 杨志¹, 蒲正宇², 史军义², 姚俊²

(1 云南民族大学 化学与生物技术学院, 云南 昆明 650500; 2 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)

[摘要] 【目的】探寻大帛斑蝶幼虫和蛹的主要营养成分, 评价它们的营养水平, 为大帛斑蝶的食用开发提供理论基础。【方法】选择大帛斑蝶 4 龄中期幼虫和悬挂约 2 d 的新蛹为试验材料, 测定其水分、粗脂肪、灰分、蛋白质、矿质元素、氨基酸的含量, 分析大帛斑蝶幼虫和蛹的氨基酸分、必需氨基酸指数, 并与常见食物(猪肉、牛肉、鸡肉)进行比较分析。【结果】大帛斑蝶幼虫和蛹的蛋白质含量分别为 59.1% 和 66.4%, 脂肪含量分别为 8.30% 和 10.8%, 其无机物质含量丰富、矿质元素含量高、能量低; 大帛斑蝶幼虫和蛹的总氨基酸含量分别为 353.6 和 331.1 mg/g, 必需氨基酸总含量分别为 123.0 和 131.4 mg/g, 必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 34.8% 和 39.7%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 53% 和 66%, 必需氨基酸指数分别为 0.807 和 0.641。【结论】大帛斑蝶幼虫具有较高的营养价值和食用开发价值, 可作为蛋白质源, 但大帛斑蝶蛹氨基酸整体结构不够平衡。

[关键词] 大帛斑蝶; 营养成分; 氨基酸; 矿质元素

[中图分类号] Q969.432.1; Q501

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)11-0141-05

Nutritional components of *Idea leuconoe* larva and pupa

LI Wen-yi¹, YANG Zhi¹, PU Zheng-yu², SHI Jun-yi², YAO Jun²

(1 School of Chemistry and Biotechnology, Yunnan University of Nationalities, Kunming, Yunnan 650500, China;

2 The Center of Butterfly Research and Development, Research Institute of Resource Insects,

China Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650224, China)

Abstract: 【Objective】This study explored the main nutritional ingredients of *Idea leuconoe* larva and pupa to provide a theoretical basis for the edible development of *I. leuconoe* larva and pupa. 【Method】Selecting 4 instar larvae and new pupa pupated for about 2 d of *I. leuconoe* as materials, the contents of water, fat, protein, mineral elements and amino acids were determined. The amino acid scores and essential amino acid indexes were analyzed and the components were compared with those of pork, beef and chicken. 【Result】*I. leuconoe* larva and pupa had abundant mineral elements and low energy. The contents of fat, protein, total amino acids, total essential amino acids, ratios of essential amino acids, ratios of essential amino acids to non-essential amino acids, and essential amino acid indexes of larva and pupa were 8.30% and 10.8%, 59.1% and 66.4%, 353.6 and 331.1 mg/g, 123.0 and 131.4 mg/g, 34.8% and 39.7%, 53% and 66%, and 0.807 and 0.641, respectively. 【Conclusion】*I. leuconoe* larvae had high nutritional value and edible value as a protein source, while the amino acid structure of *I. leuconoe* pupa was unbalanced.

Key words: *Idea leuconoe*; nutritional components; amino acid; mineral

〔收稿日期〕 2013-08-15

〔基金项目〕 2012 年中央财政林业科技推广示范资金项目“蝴蝶养殖关键技术推广应用”(〔2012〕XT 04 号); 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“蝴蝶工艺品制作工艺研究及产品开发”(CAFYBB2012027)

〔作者简介〕 李文义(1986—), 女, 重庆永川人, 硕士, 主要从事农业资源与环境研究。E-mail: lwy86808@163.com

〔通信作者〕 史军义(1958—), 男, 河南南阳人, 研究员, 主要从事资源昆虫研究。E-mail: esjy@163.com

大帛斑蝶(*Idea leuconoe* (Erichson))是昆虫纲(Insecta)鳞翅目(Lepidoptera)斑蝶科(Danidae)帛斑蝶属(*Idea*)的一种大型蝶种,寄主植物为夹竹桃科(Apocynaceae)的同心结(*Parsonsia laevigata*)。大帛斑蝶在国外分布于日本南部、菲律宾、马来半岛和印度尼西亚^[1-2],在国内主要分布于台湾地区,现在云南省元江县、金平县等地区引进了该蝶种供人工养殖。大帛斑蝶飞行姿势优雅,停息时翅膀半张开,具有较高的观赏价值,同时亦常用于工艺制作和喜庆放飞^[3]。

昆虫机体营养结构合理、含量丰富,加之昆虫是地球上种类最多且数量巨大的生物类群,具有生长繁殖能力强、生命力旺盛、繁殖世代短、繁殖指数高、饲养成本低廉、有机物转化率高、容易饲养等特点,可在短期内获得大量昆虫产品,其蛋白也被国际公认为是最高品质的纯天然、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昆虫研究的热点之一^[4-5]。蝴蝶作为昆虫的重要组成部分,目前对其的研究主要集中在生物学特性、本底资源调查以及保护等方面^[6-7],也有学者对金凤蝶(*Papilio machaon*)幼虫^[8]、菜粉蝶(*Pieris rapae*)幼虫^[9]、黄斑蕉弄蝶(*Erionota torus*)幼虫和蛹^[10]的营养成分进行了分析,而对大帛斑蝶的研究主要是生物学特性观察^[11],有关其营养成分的研究尚未见报道。大帛斑蝶为优质养殖蝶种,可全年饲养,年养殖数量巨大,已在云南省元江县、金平县等多个地区实现人工规模化饲养,但由于大帛斑蝶主要应用于工艺制作和观赏,市场对其需求有限,部分季节存在着养殖蝶量过剩的情况,因此发掘大帛斑蝶新的、更深层次的利用途径显得较为迫切,其营养价值开发利用是一个重要方向^[12]。蝴蝶是完全变态昆虫,其生活史要历经 4 种虫态,不同虫态的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,有利于对其开展深度研究。本研究测定了大帛斑蝶幼虫和蛹的营养成分含量,并对其营养价值水平进行了评价,以期为大帛斑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

选择相对成熟、生物量较大、体内物质含量相对固定的 4 龄中期幼虫和距离羽化时间较长、体内成分尚未发生变化的悬挂约 2 d 的新蛹各 100 只用于试验。测试样品采集于中国林业科学研究院资源昆

虫研究所元江实验站蝴蝶养殖基地,该基地位于云南省玉溪市元江哈尼族彝族傣族自治县,地处北纬 23°36′8.06″~23°36′17.83″,东经 102°0′52.43″~102°0′41.90″,海拔约 400 m。

大帛斑蝶幼虫和蛹的样品采集后,用分析天平检测其鲜质量;然后在烘箱 105 ℃ 条件下烘 1 h,再调至 80 ℃ 直至烘干(幼虫烘干约需 6 h,蛹烘干约需 6.5 h)。将大帛斑蝶幼虫和蛹样品送至农业部农产品质量监督检验测试中心(昆明)进行测定。

1.2 测定指标及方法

水分采用国家标准 GB 5009.3—2010 的直接干燥法测定;粗脂肪采用国家标准 GB/T 14772—2008 的索氏提取法测定;矿质元素采用国家农业行业标准 NY/T 1653—2008 的电感耦合等离子体发射光谱法测定;灰分采用国家标准 GB/T 5009.4—2010 的灼烧称重法测定;蛋白质采用国家标准 GB/T 5009.5—2010 的凯氏定氮法测定;氨基酸采用国家标准 GB/T 5009.124—2003 的氨基酸自动分析仪法测定^[13]。

1.3 营养分析方法

测定结果中除幼虫和蛹的鲜质量、水分以鲜样计外,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—水分含量。

能量(kJ/g)=蛋白质含量×17+脂肪含量×37+碳水化合物含量×17^[14]。

氨基酸质量评价:对测定结果进行计算,得氨基酸分(AAS)及必需氨基酸指数(EAAI)^[10]。

AAS=测定蛋白质氨基酸含量/标准氨基酸含量。

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{t_{\text{赖氨酸}}}{s_{\text{赖氨酸}}} \times \frac{t_{\text{色氨酸}}}{s_{\text{色氨酸}}} \times \dots \times \frac{t_{\text{组氨酸}}}{s_{\text{组氨酸}}}}$$

式中: n 为比较的氨基酸数; t 为测定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 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的营养成分

由表 1 可以看出,大帛斑蝶 4 龄幼虫鲜质量为 0.74 g/只,其中水分为 0.64 g/只(占 86.5%),干质量为 0.10 g/只(占 13.5%);大帛斑蝶新蛹鲜质量为 1.41 g/只,其中水分为 1.14 g/只(占 80.8%),干质量为 0.27 g/只(占 19.2%)。

表 1 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的鲜质量、干质量和水分含量

Table 1 Fresh weight,dry weight,and water content of *Idea leuconoe* 4th instar larva and new pupa

大帛斑蝶 <i>Idea leuconoe</i>	鲜质量/(g·只 ⁻¹) Fresh weight	干质量 Dry weight		水分 Water	
		测定结果/(g·只 ⁻¹) Measurement data	占鲜质量比例/% Ratio	测定结果/(g·只 ⁻¹) Measurement data	占鲜质量比例/% Ratio
4 龄幼虫 The 4th instar larva	0.74	0.10	13.5	0.64	86.5
新蛹 New pupa	1.41	0.27	19.2	1.14	80.8

大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的蛋白质、粗脂肪、灰分、碳水化合物含量、能量,以及用于比较分析的 3 种常见食物的对应营养成分含量见表 2。

表 2 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹营养成分含量与其他食物的对比

Table 2 Nutritional ingredients of *Idea leuconoe* 4th instar larva and new pupa and comparison with other foods

名称 Name	蛋白质/% Protein	粗脂肪/% Fat	灰分/% Ash	碳水化合物/% CHO	能量/(kJ·g ⁻¹) Energy
4 龄幼虫 The 4th instar larva	59.1	8.30	7.90	24.70	17.32
新蛹 New pupa	66.4	10.80	5.50	17.30	18.23
猪肉 * Pork	24.8	69.50	1.13	4.51	30.72
牛肉 * Beef	73.2	15.40	4.04	7.35	19.40
鸡肉 * Chicken	62.30	30.30	3.23	4.19	22.51

注: * 数据来源于参考文献[14]。表 3 同。
Note: * Data are from reference [14]. The same as table 3.

由表 2 可知,大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的粗脂肪含量分别为 8.30%和 10.8%,远低于猪肉、鸡肉以及牛肉的脂肪含量;蛋白质含量分别为 59.1%和 66.4%,远远高于猪肉的含量,与鸡肉蛋白质含量相当,但低于牛肉蛋白质含量,也略高于部分其他昆虫如油葫芦(*Gryllus testaceus* Walke)的蛋白质含量(58.3%)^[15];灰分、碳水化合物含量均高于猪肉、牛肉和鸡肉;能量值低于猪肉、牛肉和鸡肉;大帛斑蝶 4 龄幼虫的蛋白质、粗脂肪、灰分、碳水化合物含量和能量均与新蛹比较接近,4 龄幼虫的蛋白质、粗脂肪含量和能量值略低于新蛹,而灰分和碳水化合物含量略高于新蛹。说明大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的各常规营养成分含量接近,具有蛋白质含量高、脂肪

含量低、无机物质含量丰富、能量低等特点。

2.2 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的矿质元素含量

大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹含有多种矿质元素,对常量元素 K、Ca、Mg、P、Na 和微量元素 Fe、Mn、Zn、Cu 进行检测,结果见表 3。由表 3 可以看出,大帛斑蝶 4 龄幼虫的常量元素含量依次为钾>磷>钠>镁>钙,而微量元素含量则是铁>锌>锰>铜;新蛹的常量元素含量依次为钾>磷>镁>钙>钠,微量元素则是锌>铁>锰>铜。4 龄幼虫的钠、铁、锰元素含量明显高于新蛹,分别为新蛹的 3.6、2.8 和 2.6 倍,钾、钙、镁、铜含量也稍高于新蛹,只有磷和锌的含量略低于新蛹。由此可知,大帛斑蝶 4 龄幼虫的矿质元素含量比新蛹丰富。

表 3 大帛斑蝶 4 龄幼虫、新蛹和其他食物矿质元素的对比

Table 3 Comparison of mineral elements of *Idea leuconoe* 4th instar larva and new pupa with other foods mg/kg

类型 Type	磷 P	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	钠 Na	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn
4 龄幼虫 The 4th instar larva	6 720	28 200	2 320	2 910	4 790	67.0	66.4	8.62	25.6
新蛹 Pupa	7 860	19 900	1 480	2 290	1 320	23.7	69.0	7.90	9.74
猪肉 * Pork	3 045	3 835	113	301	1 117	30.1	38.7	1.13	0.56
牛肉 * Beef	6 176	7 941	846	735	3 096	121.0	174.0	6.62	1.47
鸡肉 * Chicken	5 032	8 097	290	613	2 042	45.2	35.2	2.26	0.97

机体内的钾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;镁是钙、维生素 C、磷、钠、钾等代谢的必要物质,在神经肌肉机能的正常运作、血糖转化等过程中扮演着重要角色;铜元素在机体组织发生癌变的过程中起着抑制作用,对人体骨架的

形成有十分重要的作用,而且还是 10 余种氧化酶的组成元素;锰在体内可作为金属酶的组成成分及酶的激活剂,能促进氨的代谢解毒,促进糖代谢和软骨的有机质合成,改善脂肪代谢,并有利于胆固醇的合成。由表 3 还可以看出,大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的磷、钾、钙、镁、铜、锰的含量以及 4 龄幼虫的钠含

量都明显高于猪肉、牛肉和鸡肉;4 龄幼虫的铁、锌含量和新蛹的锌含量也远高于猪肉和鸡肉,略低于牛肉;新蛹的钠元素含量略高于猪肉,远低于牛肉和鸡肉;新蛹的铁含量低于猪肉、鸡肉和牛肉。由此可以看出,大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹含有非常丰富的对人体有益的矿质元素。

2.3 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的氨基酸含量

大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹各种氨基酸含量、氨基酸总量、必需氨基酸总量、非必需氨基酸总量、必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量比值、必需氨基酸总量占氨基酸总量的比值见表 4。由表 4 可知,大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的总氨基酸含量比较接近,分别为 353.6 和 331.1 mg/g(色氨酸未检测),其中谷氨酸含量最高,分别为 42.9 和 51.3 mg/g,4 龄幼虫含量最低的氨基酸是蛋氨酸(5.2 mg/g),新蛹含量最低的是胱氨酸(4.0 mg/g)。与其他几种动物营养源相比较,大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的氨

基酸总量高于猪肉(119.1 mg/g),但远低于鸡肉(530.5 mg/g)^[14];与部分植物营养成分相比,高于小麦粉(130.79 mg/g)和金针菇(141.22 mg/g)的氨基酸总量,但低于大豆的氨基酸总量(393.70 mg/g)^[14]。

由表 4 可知,大帛斑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 123.0 和 131.4 mg/g。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好蛋白质的氨基酸组成为 EAA/(EAA + NEAA)在 40% 左右,EAA/NEAA 在 60% 以上。从分析结果可以看出,大帛斑蝶幼虫和蛹的必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 34.8% 和 39.7%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 53% 和 66%,幼虫的 EAA/(EAA + NEAA)和 EAA/NEAA 均低于 FAO/WHO 理想模式的要求,而蛹的 EAA/(EAA + NEAA)和 EAA/NEAA 均接近或高于 FAO/WHO 理想模式的要求。

表 4 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的氨基酸含量

Table 4 Contents of amino acids of <i>Idea leuconoe</i> 4th instar larva and new pupa					
氨基酸 Amino acids	含量 Content		氨基酸 Amino acids	含量 Content	
	幼虫/(mg·g ⁻¹) The 4th instar larva	新蛹/(mg·g ⁻¹) New pupa		幼虫/(mg·g ⁻¹) The 4th instar larva	新蛹/(mg·g ⁻¹) New pupa
天门冬氨酸 ASP	40.1	31.8	异亮氨酸* ILE	13.3	13.6
苏氨酸* THR	17.7	10.8	亮氨酸* LEU	23.2	20.0
丝氨酸 SER	17.3	12.2	酪氨酸 TYR	23.5	30.2
谷氨酸 GLU	42.9	51.3	苯丙氨酸* PHE	12.7	19.7
甘氨酸 GLY	15.0	12.3	赖氨酸* LYS	24.4	17.2
丙氨酸 ALA	17.4	18.6	组氨酸 HIS	13.6	8.2
胱氨酸 CYS	23.2	4.0	精氨酸 ARG	25.7	17.1
缬氨酸* VAL	26.5	17.6	EAA	123.0	131.4
蛋氨酸* MET	5.2	32.5	NEAA	230.6	199.7
脯氨酸 PRO	11.9	14.0	EAA/(EAA+NEAA)/%	34.8	39.7
色氨酸* TRY	—	—	EAA/NEAA/%	53	66

注:*,必需氨基酸;EAA,必需氨基酸总量;NEAA,非必需氨基酸总量;—,未检测。
Note:*. Essential amino acids;EAA, Total content of essential amino acids;NEAA, Total content of nonessential amino acids;—, Not detected.

将大帛斑蝶幼虫和蛹的氨基酸检测结果与 1973 年 FAO 模式的含量^[16]加以比较,分析大帛斑蝶幼虫和蛹的氨基酸分(AAS),结果见表 5。由表 5 可知,大帛斑蝶 4 龄幼虫的第一限制性氨基酸为亮氨酸,含量为 39.3 mg/g,新蛹的第一限制性氨基酸为苏氨酸,含量为 16.3 mg/g;大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的含硫氨基酸(蛋氨酸、胱氨酸)和芳香族氨基酸(苯丙氨酸、酪氨酸)高于 FAO 评分模式的氨基酸含量;4 龄幼虫除异亮氨酸和亮氨酸分别占 FAO 评分模式氨基酸含量的 56.3% 和 56.15% 外,其余氨基酸只略低于 FAO 评分模式的氨基酸含量;新

蛹的氨基酸含量都只占 FAO 评分模式氨基酸含量的 50% 左右。因此,大帛斑蝶 4 龄幼虫的氨基酸结构较为合理,而新蛹的氨基酸结构不够平衡,氨基酸整体质量较差。

根据相关 EAAI 的实用评价标准: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^[17]。经 FAO/WHO 评分模式计算,大帛斑蝶幼虫和蛹的 EAAI 分别为 0.807 和 0.641,表明大帛斑蝶 4 龄幼虫为可用蛋白源,而新蛹为不适蛋白源。

表 5 大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的氨基酸分
Table 5 AAS of Idea leuconoe 4th instar larva and new pupa

氨基酸 Amino acids	含量/(mg·g ⁻¹) Content			氨基酸分 AA Score	
	FAO 模式* FAO pattern	4 龄幼虫 The 4th instar Larva	新蛹 New pupa	4 龄幼虫 The 4th instar larva	新蛹 New pupa
异亮氨酸 ILE	40	22.5	20.5	0.563	0.513
亮氨酸 LEU	70	39.3	30.1	0.561	0.430
赖氨酸 LYS	55	41.3	25.9	0.751	0.471
蛋氨酸+胱氨酸 MET+CYS	35	48.1	55.0	1.374	1.571
苯丙氨酸+酪氨酸 PHE+TYR	60	61.3	75.2	1.022	1.253
苏氨酸 THR	40	29.9	16.3	0.748	0.408
色氨酸 TRY	10	—	—	—	—
缬氨酸 VAL	50	44.8	26.5	0.896	0.530

注：*. 数据来源于文献[16]；—. 未检测。
Note: *. Data are from reference [16]；—. Not detected.

3 讨 论

大帛斑蝶 4 龄幼虫和新蛹的蛋白质含量分别为 59.1% 和 66.4%，粗脂肪含量分别为 8.30% 和 10.8%，具有无机物质含量丰富、矿质元素含量高、能量低等特点；氨基酸总量较接近，分别为 353.6 和 331.1 mg/g，必需氨基酸总量分别为 123.0 和 131.4 mg/g，必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 34.8% 和 39.7%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 53% 和 66%，必需氨基酸指数分别为 0.807 和 0.641。大帛斑蝶新蛹的氨基酸结构不够平衡，为不适蛋白源，而 4 龄幼虫的氨基酸结构较合理，为可用蛋白源。综上可知，大帛斑蝶 4 龄幼虫具有较高的营养价值，加之大帛斑蝶人工养殖技术成熟，能实现规模化饲养，因此可用于蛋白质源以及食品、蛋白饲料等相关产品的开发。大帛斑蝶新蛹虽氨基酸整体结构不够平衡，但其蛋白质、矿质元素等含量非常丰富，也具有一定的营养开发价值。

另外，大帛斑蝶的药用成分、毒理试验、工艺制作等需进一步研究，可考虑其他方面的深度开发，如具有知识产权的高级艺术品等。

[参考文献]

[1] 周尧. 中国蝶类志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994.
Zhou Y. Monographia Rhopalocerorum Sinensium [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1994. (in Chinese)

[2] 陈明勇, 邹兴淮, 邓敏, 等. 中国蝴蝶养殖 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
Chen M Y, Zou X H, Deng M, et al. Butterfly farming in China [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2002. (in Chinese)

[3] 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: 214-215.

Chen X M, Zhou C L, Shi J Y, et al. Ornamental butterflies in China [M]. Beijing: China Forestry Publish House, 2008: 214-215. (in Chinese)

[4] 王敦, 张强, 翟少伟. 昆虫源蛋白质、壳聚糖、脂肪酸在动物营养和饲料中的应用研究与前景 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 135-138.

Wang D, Zhang Q, Zhai S W. Advances in the application of insect protein, chitosan and fatty acids to animal nutrition and feed [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(4): 135-138. (in Chinese)

[5] 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.

Mu L X, Liao S T, Xiao G S, et al. Research status of development and utilization for insect protein [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(12): 1507-1512. (in Chinese)

[6] 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.

Pu Z Y, Zhou D Q, Yao J, et al. The living situation of biodiversity resource of China butterfly and a new conservation mode exploration [J]. Ecological Economy, 2011(11): 148-151, 165. (in Chinese)

[7] 周成理, 陈晓鸣, 史军义, 等. 美凤蝶和玉斑凤蝶幼期形态记述及生物学初步观察 [J]. 林业科学研究, 2009, 22(5): 683-690.

Zhou C L, Chen X M, Shi J Y, et al. Morphological records of immature stages and biology of *Papilio memnon* and *P. helenus* (Lepidoptera: Papilionidae) [J]. Forestry Research, 2009, 22(5): 683-690. (in Chinese)

[8] 陈彤, 王克. 金凤蝶的营养成分分析 [J]. 昆虫知识, 1997, 34(6): 350.

Chen T, Wang K. Analysis of nutritional components of *Papilio machaon* [J]. Entomological Knowledge, 1997, 34(6): 350. (in Chinese)

[9] 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.

Ye X Q, Hu C, Wang X. Analysis of nutritional component of six species of insects of Lepidoptera [J]. Acta Nutrition Sinica, 1998, 20(2): 224-228. (in Chinese)

an immobilization matrix for a recombinant xylanase from the rumen fungus *Neocallimastix patriciarum* [J]. Molecular Breeding, 1997, 6: 463-470.

[11] 杨 晶,李海燕,李校堃,等. 红花遗传转化受体系统的建立及转 aFGF 基因的初步研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(4): 411-414.

Yang J, Li H Y, Li X K, et al. Development of genetic transformation system and transformation of active fibroblast growth factor (aFGF) in *Carthamus tinctorius* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2010, 35(4): 411-414. (in Chinese)

[12] 付宏岐. 利用转基因烟草和红花表达纤维细胞生长因子 21 (FGF21) 的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2010: 1-91.

Fu H Q. Expression of fibroblast growth factor 21 in transgenic tobacco and safflower [D]. Changchun: Jilin Agriculture University, 2010: 1-91. (in Chinese)

[13] 周婷婷,王沥浩,王文慧,等. 转人表皮生长因子基因红花研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(12): 162-166.

Zhou T T, Wang L H, Wang W H, et al. The study on transformation of human epidermal growth factor in safflower [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2013, 41(12): 162-166. (in Chinese)

[14] 赵 钢,王安虎. 红花的资源及药用价值 [J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(3): 24-25.

Zhao G, Wang A H. The safflower resources and medicinal value [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2004, 23(3): 24-25. (in Chinese)

[15] 杨 晶,李天航,李校堃,等. 外界条件的改变对红花离体培养的影响 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(3): 708-710.

Yang J, Li T H, Li X K, et al. Effect of changed cultivation condition on safflower culture *in vitro* [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2010, 21(3): 708-710. (in Chinese)

[16] 杨 晶,邵明龙,李天航,等. 新疆红花组织培养与快速繁殖的研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3439-3440.

Yang J, Shao M L, Li T H, et al. Study on the tissue culture and rapid propagation of *Carthamus tinctorius* [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2009, 37(8): 3439-3440. (in Chinese)

[17] Yang J, Shao M L, Li T H, et al. The effect of safflower regeneration plant by phytohormore [J]. 中药材, 2009, 32(9): 1335-1338.

Yang J, Shao M L, Li T H, et al. The effect of safflower regeneration plant by phytohormore [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2009, 32(9): 1335-1338. (in Chinese)

(上接第 145 页)

[10] 蒲正宇,史军义,姚 俊,等. 黄斑蕉弄蝶蛹营养成分分析 [J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(3): 379-382.

Pu Z Y, Shi J Y, Yao J, et al. Analysis of nutritional components of *Erionota torus* pupa [J]. Nature Production Research Development, 2013, 25(3): 379-382. (in Chinese)

[11] 余震加. 厦门岛蝴蝶种类调查与大帛斑蝶生物学特性研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2008.

She Z J. Butterfly species investigation on Xiamen island and biological characteristics research of *Idea leuconoe* [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2008. (in Chinese)

[12] 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.

Wen L Z. Edible Entomology principle and application [M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1998. (in Chinese)

[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.

The Policies and Regulations Department of the Ministry of Health. The national food safety standards of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Standard Press, 2010. (in Chinese)

[14] 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.

Yang Y X, Wang G Y, Pan X C. China food composition [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009. (in Chinese)

[15] Dun W, Bai Y Y, Li J H, et al. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walke) [J]. Entomologia Sinica, 2004, 11(4): 275-283.

[16] 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.

Guo L Z, Wang R L, Liang A P, et al. Analysis of nutritional components of *Cybister japonicas* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2003, 38(5): 80-82. (in Chinese)

[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.

Feng D X. EAAI application in feed [J]. Feed Industry, 1997, 18(3): 21-22. (in Chinese)