

# 昆虫蛋白的开发应用现状与展望

杨紫薇<sup>1</sup> 刘庆华<sup>1</sup> 熊海容<sup>1</sup> 任广旭<sup>2</sup> 王靖<sup>2</sup> 赵平<sup>1\*</sup>  
(<sup>1</sup>中南民族大学生命科学院,湖北武汉 430074; <sup>2</sup>农业部食品与营养发展研究所)

**摘要** 本文介绍了昆虫蛋白的价值及开发应用现状,对昆虫营养组成(包括蛋白、氨基酸、脂肪等各项含量)到蛋白功能成分的特点及应用进行了概括,并且列举了目前在食品工业、农业、疾病和药物等方面的开发应用。最后,提出了目前昆虫蛋白生产方面的不足,并展望了昆虫蛋白的发展前景。

**关键词** 昆虫蛋白;成分功能;开发应用

**中图分类号** TS201.2 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)12-0206-03

## Status and Prospects of Development and Application of Insect Proteins

YANG Zi-wei<sup>1</sup> LIU Qing-hua<sup>1</sup> XIONG Hai-rong<sup>1</sup> REN Guang-xu<sup>2</sup> WANG Jing<sup>2</sup> ZHAO Ping<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> College of Life Sciences, South-Central University for Nationalities, Wuhan Hubei 430074;

<sup>2</sup> Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture)

**Abstract** This paper introduced the value of insect protein and its development and application status. The characteristics and applications of insect nutrient composition (including the content of protein, amino acid, fat etc.) and protein functional components were summarized. It also listed the current development and application in the food industry, agriculture, disease and drugs. Finally, the shortcomings of insect protein production were put forward and the development prospect of insect protein was prospected.

**Key words** insect protein; component function; development and application

进入 21 世纪以来,随着世界经济的高速发展,人类面临的生存问题也越来越多,其中蛋白质资源短缺已经成为当今世界尤其是发展中国家一个普遍存在的问题<sup>[1]</sup>。同时,人口的快速增长以及生活水平的不断提高,也让人类对优质蛋白的需求量激增。因此,寻找一种新的蛋白资源迫在眉睫。昆虫是地球上最大的生物类群,已经发现的约有 100 万种,是迄今为止尚未被充分开发利用的最大生物类资源<sup>[2]</sup>。昆虫的来源广泛、生长速度快、蛋白质含量高特点使其也十分适用于工业化生产,被认为是目前最具开发潜力的动物蛋白源之一。

## 1 昆虫蛋白的价值

### 1.1 营养价值

昆虫体内蛋白质种类丰富、含量高、氨基酸比例均衡、营养价值高,是一种十分优质的蛋白资源。柞蚕蛹中蛋白含量约为 52.14%,属于高质量蛋白,其中含有必需氨基酸,所以为全价蛋白,脂肪含量约为 31.25%<sup>[3]</sup>;蝗虫粗蛋白质量占干物质质量的 62.42%~78.13%,远高于猪肉(13.4%)、羊肉(26.9%)与鸡蛋(50.7%)<sup>[4]</sup>等人们日常使用的动物蛋白源,含有 18 种氨基酸,属于完全蛋白质;黄粉虫幼虫粉中总蛋白含量约为 42.6%,蛹粉中约为 48.3%,蛹粉中脂肪含量约为 33.1%,高于幼虫粉;中华稻蝗中蛋白含量约为 73.5%,脂肪含量约为 4.83%<sup>[4]</sup>;暗翅剑角蝗蛋白含量约为 64.46%,脂肪含量约为 7.07%。

据 FAO/WHO(联合国粮农组织和世界卫生组织)推荐,质量较好的蛋白质,其必需氨基酸与总氨基酸的比值(必需氨基酸/总氨基酸)在 40%左右。蝗虫的必需氨基酸与总氨基酸的比值为 36%,木薯蚕蛹为 37.46%<sup>[5]</sup>,黄粉虫幼虫及蛹

的数值约为 40.2%和 44.1%,均符合 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模式指标<sup>[6]</sup>。同时,各种昆虫体内都含有不同种类的脂肪酸、维生素和矿物质元素等,其中蝗虫体内不饱和脂肪酸的含量远比饱和脂肪酸高,其他昆虫中一些微量元素的含量也比常规肉类或海鲜中含量高。

### 1.2 昆虫蛋白类功能成分

水冻结时体积会增大,如果这种情况发生在植物和动物体内,产生的冰晶会使细胞破裂。为了防止这种情况出现,许多生活在寒冷地区的植物和动物已经进化出“抗冻蛋白”。当一小粒冰首先开始形成时,抗冻蛋白与其结合并防止其周围的水冻结,从而阻止冰晶生长。与动植物蛋白相比,昆虫蛋白的结构较为独特。除了抗冻蛋白,昆虫蛋白还有许多类功能成分,包括储存蛋白、抗菌肽、干扰素、类免疫球蛋白等,结构特点及作用也有极大不同,应用领域也十分多样,具体见表 1。

## 2 昆虫蛋白的开发与应用

### 2.1 在食品工业中的应用

食用昆虫可作为食物来源,补充或代替其他蛋白质。稻米储备枯竭和收获期或食物价格上涨时,人们可通过昆虫蛋白补充蛋白质的摄入。中国将昆虫蛋白作为食物消费已超过 2 000 年,在过去的 20 年中对食用昆虫进行了大量深入的研究,人们直接食用昆虫以及昆虫制成的食品,尽管种类不同但所有昆虫都含有符合人类营养需求的蛋白质、脂肪、维生素和矿物质。目前,已有利用蚂蚁为原料制作醋,用水生甲虫制作汤,部分地区会制作昆虫茶;用蜜蜂作为原材料已开发出蜂王浆、蜂花粉等保健食品;蚕蛹蛋白的水解产物也已研制出蛋白饮料和氨基酸口服液;利用蚕蛾及蚂蚁制作出的保健酒等,都能对人体健康产生一定的积极效果。抗冻蛋白能够作为食品添加剂使用,能改善冰冻食品质量;昆虫抗菌肽由于其具有抗菌活性的特点,也可用于热加工食品,防止杂菌污染<sup>[8]</sup>。

**基金项目** 中南民族大学校级教学改革研究项目(JYX18048);“十二五”国家级中南民族大学民族药实验教学中心建设项目。

**作者简介** 杨紫薇(1997-),女,江西九江人,在读硕士研究生。研究方向:糖尿病药物筛选。

\* 通信作者

**收稿日期** 2019-03-19

表 1 昆虫蛋白类功能成分<sup>[7]</sup>

类功能蛋白	特点	作用
抗冻蛋白(AFPs)	亲水氨基酸多,起关键作用残基具有保守性	低温保护、低温储藏等
储存蛋白(SP)	特异性血淋巴蛋白	成虫变态发育、雌卵发育等
热休克蛋白(HSPs)	分子伴侣	昆虫发育过程、细胞代谢等
抗菌肽(AMP)	分子小、稳定性好、广谱抗菌、无毒副作用	可成为抗菌药物及抗肿瘤药来源
干扰素(IFN)	抑制病毒合成,杀灭癌细胞	预防治疗各类癌症
类免疫球蛋白(hemolin)	只存在于鳞翅目昆虫体内	免疫防御、延缓细胞黏着以及病毒和细菌入侵
甾体载体蛋白-2(SCP-2)	已在双翅目中发现和鉴定	介导昆虫吸收和运输胆固醇
信息素结合蛋白(PBP)	气味结合蛋白家族的一种	参与昆虫识别性信息素
滞育关联蛋白(DAP)	滞育期间产生	可作储存蛋白、抗冻蛋白、贮藏蛋白
昆虫几丁质酶(IC)	降解中肠壁和围食膜中的几丁质	消化、降解旧表皮等

## 2.2 在农业方面的应用

昆虫蛋白中富含的多种有益物质作为饲料来源能够促进动物生长,与豆粕和鱼粉相比,可提供更高效和可持续的饲料蛋白,且成本较低。在肉鸡、鹌鹑、仔猪、牛等畜禽饲料中加入黄粉虫粉或蝇蛆粉等昆虫干粉,能有效地增加畜禽重量,不同比例与种类的加入同样也能增强畜禽的品质,包括肉质的改善和产蛋率的上升<sup>[9]</sup>;昆虫体内的抗冻蛋白能应用于蔬菜的冷冻储藏;通过基因工程技术改造能使抗冻性

差的植物体提高抗冻耐寒能力,起到低温保护和储藏的作用;多种来自昆虫的抗菌肽可用于培育具有抗病菌特性的作物,用于解决作物生长过程中农药使用造成的食品安全问题;昆虫增效蛋白也可用于相关害虫防治。

## 2.3 在医药方面的应用

**2.3.1 癌症治疗。**部分昆虫蛋白的抗癌作用见表 2。

**2.3.2 抗菌、抗病毒。**昆虫抗菌肽分子量低、热稳定性好,具有广谱的抗菌活性,基本不对真核细胞起作用,能抑制革兰

表 2 部分昆虫蛋白的抗癌作用<sup>[10-17]</sup>

名称	来源	应用
蜘蛛肽(gomesin)	蜘蛛血细胞	皮内和上表皮皮肤癌、黑色素瘤
HaA4	Harmoniasin	白血病
d-9-肽(d-9-mer peptides)	2种甲虫 43-mer insect defensins	骨髓瘤
蜂毒肽(mastoparan)	黄蜂毒液	黑色素瘤、白血病、骨髓瘤、乳腺癌
抗菌肽(cecropin)	家蝇	肝癌
	巨型丝蛾	结肠癌
	家蚕幼虫	胃癌、食管癌

氏阳性、阴性球菌和杆菌,同时也对高度耐药的伤寒杆菌、耐药性金黄色葡萄球菌敏感,有抑菌作用。抗菌肽还能通过直接与病毒粒子相结合来抑制病毒的繁殖而起到抗病毒的作用,蜜蜂体内的蜂毒肽就具有抗菌和抗病毒的效果,同时蜂毒肽 melittin 也是迄今为止人类已发现的抗炎活性最强的物质之一,具有类激素的作用,但却无激素的毒副作用等<sup>[8]</sup>;还能够抑制人免疫缺陷病毒(HIV)基因的表达,可作用于单纯疱疹病毒的衍生病毒 HSV-1,而且还能干扰烟草花叶病毒粒子的组合<sup>[9]</sup>;从家蝇(*Musca domestica* L.)幼虫中分离的富含蛋白质的部分(PEF),可抑制禽流感病毒 H9N2 的感染,并对苜蓿(*Autographa californica* Speyer)的多囊核多角体病毒具有杀伤作用<sup>[20]</sup>。

**2.3.3 在药物及其他方面的应用。**冬虫夏草具有抗炎、抑菌、提高免疫机能、润肺止咳、抗肿瘤、抗衰老及治疗肝病等作用;蚂蚁提取物可用于治疗类风湿关节炎、风湿性关节炎、慢性肝炎,并能起到保护肝脏的作用;蜂毒不仅有抗菌、消炎的疗效,还在降血压、治疗风湿、类风湿、溶血、免疫抑制、抗辐射等方面起作用;九香虫可参与治疗肝胃气痛、腰肌劳损、支气管炎等疾病;抗菌肽还能杀灭一些引起人类寄生虫病的寄生虫,如疟疾、丝虫、锥虫等<sup>[21]</sup>;蟑螂对原发性肝癌也有一定的治疗作用;抗冻蛋白可用于人和动物的卵、精子、胚胎、心脏或肝脏等器官的超低温保存,改善其冷冻质量。

## 3 展望

为提高昆虫蛋白资源的开发利用水平,应该逐步建立系统的加工体系,使生产出的蛋白制品具有较高品质。因此,

要进一步合理开发昆虫蛋白质饲料资源,并提高各类昆虫蛋白制品的安全性,加强管理昆虫养殖的规范性,使养殖昆虫的条例更加完善,避免一些养殖公司的条件不合格,要在更加优化的条件下生产出更多的优质昆虫蛋白。

从昆虫的营养保健价值等方面来看,它是一种具有开发利用价值的资源,但是目前人们对昆虫制品的接受率较低,要从多角度去制造更容易被大众接受的昆虫蛋白制品,或是将昆虫蛋白作为添加剂加入到各类食品或保健品中。同时,作为化妆品原料可以成为将来的一个新发展途径,目前已有用昆虫抗菌蛋白制作的防腐剂,可以避免化学防腐剂带来的副作用;昆虫内富含具有弹性的表皮弹性蛋白、丝蛋白等,在化妆品中添加这类物质,可以在一定范围内增加其弹性。因此,不仅是传统工业中可以利用昆虫蛋白,开发以昆虫原料为主的新型化妆品也将带来许多机遇,是具有巨大潜力的新行业。

## 4 参考文献

- [1] 陈惠娟,廖森泰,刘吉平.昆虫蛋白资源的利用研究概况[J].广东农业科学,2011,38(19):105-108.
- [2] 冉文波,赵晨霞.食用昆虫蛋白的研究与开发利用进展[J].江苏农业科学,2013,41(11):13-15.
- [3] 任建军,肖坤.蚕蛹的营养价值及其在食品工业中的应用[J].食品工业科技,2002(2):79-80.
- [4] 秦丽萍,刘志云,孙涛.草地蝗虫的营养价值[J].草业科学,2013,30(1):141-147.
- [5] LONGVAH T, MANGTHYA K, RAMULU P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae[J]. Food Chem, 2011, 128(2): 400-403.
- [6] 代春华,马海乐,沈晓昆,等.黄粉虫幼虫及蛹中营养成分分析[J].食

- 品工业科技, 2009(4): 315-318.
- [7] 田华, 王莉. 昆虫蛋白类功能成分研究进展[J]. 河南农业科学, 2011, 40(4): 22-26.
- [8] 杨金兰, 阎杰. 昆虫蛋白开发利用的研究进展[J]. 广东农业科学, 2011, 38(2): 114-116.
- [9] 姬玉娇, 孔祥峰, 印遇龙. 昆虫营养价值及其在畜禽养殖中的应用[J]. 天然产物研究与开发, 2012(增刊1): 220-223.
- [10] WU Y L, XIA L J, LI J Y, et al. CecropinXJ inhibits the proliferation of human gastric cancer BGC823 cells and induces cell death in vitro and in vivo[J]. International Journal of Oncology, 2015, 46(5): 2181-2193.
- [11] JIN X, MEI H, LI X, et al. Apoptosis-inducing activity of the antimicrobial peptide cecropin of *Musca domestica* in human hepatocellular carcinoma cell line BEL-7402 and the possible mechanism[J]. Acta Biochim Biophys Sin(Shanghai), 2010, 42(4): 259-265.
- [12] XIA L, WU Y, KANG S, et al. CecropinXJ, a silkworm antimicrobial peptide, induces cytoskeleton disruption in esophageal carcinoma cells[J]. Acta Biochim Biophys Sin(Shanghai), 2014, 46(10): 867-876.
- [13] IWASAKI T, ISHIBASHI J, TANAKA H, et al. Selective cancer cell cytotoxicity of enantiomeric 9-mer peptides derived from beetle defensins depends on negatively charged phosphatidylserine on the cell surface[J]. Peptides, 2009, 30(4): 660-668.
- [14] RODRIGUES E G, DOBROFF A S, CAVARSAN C F, et al. Effective topical treatment of subcutaneous murine B16F10-Nex2 melanoma by the antimicrobial peptide gomesin[J]. Neoplasia, 2008, 10(1): 61-68.
- [15] KIM I W, LEE J H, KWON Y N, et al. Anticancer activity of a synthetic peptide derived from harmoniasin, an antibacterial peptide from the ladybug *Harmonia axyridis*[J]. International Journal of Oncology, 2013, 43(2): 622-628.
- [16] HILCHIE A L, SHARON A J, HANEY E F, et al. Mastoparan is a membrane-active anti-cancer peptide that works synergistically with gemcitabine in a mouse model of mammary carcinoma[J]. Biochim Biophys Acta, 2016, 1858(12): 3195-3204.
- [17] DE AZEVEDO R A, FIGUEIREDO C R, FERREIRA A K, et al. Mastoparan induces apoptosis in B16F10-Nex2 melanoma cells via the intrinsic mitochondrial pathway and displays antitumor activity in vivo[J]. Peptides, 2015, 68: 113-119.
- [18] RAGHURAMAN H, CHATTOPADHYAY A. Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions[J]. Biosci Rep, 2007, 27(4/5): 189-223.
- [19] 王龙, 冯群, 高嘉敏, 等. 昆虫抗菌肽分类及在医学中应用[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(6): 1387-1396.
- [20] AI H, WANG F, ZHANG N, et al. Antiviral, immunomodulatory, and free radical scavenging activities of a protein-enriched fraction from the larvae of the housefly, *Musca domestica*[J]. Journal of Insect Science (Online), 2013, 13: 112.
- [21] AMIR G, RUBINSKY B, HOROWITZ L, et al. Prolonged 24-hour subzero preservation of heterotopically transplanted rat hearts using antifreeze proteins derived from arctic fish[J]. The Annals of thoracic surgery, 2004, 77(5): 1648-1655.

(上接第201页)

- [7] MOHANTA U K, ICHIKAWA-SEKI M, HAYASHI K, et al. Morphological and molecular characterization of *Eurytrema cladorchis* parasitizing cattle (*Bos indicus*) in Bangladesh [J]. Parasitol Res, 2015, 114(6): 2099-2105.
- [8] SAMBROOK J, RUSSEL D W. Molecular cloning. A laboratory manual [M]. 3rd ed. New York, USA. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001: 463-470.
- [9] CHANG Q C, LIU G H, GAO J F, et al. Sequencing and characterization of the complete mitochondrial genome from the pancreatic fluke *Eurytrema pancreaticum* (Trematoda: Dicrocoeliidae) [J]. Gene, 2016, 576(1): 160-165.
- [10] LIU G H, YAN H B, OTRANTO D, et al. *Dicrocoelium chinensis* and *Dicrocoelium dendriticum* (Trematoda: Digenea) are distinct lancet fluke species based on mitochondrial and nuclear ribosomal DNA sequences [J]. Mol Phylogenet Evol, 2014, 79(1): 325-331.
- [11] CAI X Q, LIU G H, SONG H Q, et al. Sequences and gene organization of the mitochondrial genomes of the liver flukes *Opisthorchis viverrini* and *Clonorchis sinensis* (Trematoda) [J]. Parasitol Res, 110(1): 235-243.
- [12] LIU G H, GASSER R B, YOUNG N D, et al. Complete mitochondrial genomes of the 'intermediate form' of *Fasciola* and *Fasciola gigantica*, and their comparison with *F. hepatica* [J]. Parasit Vectors, 2014, 7(1): 150.
- [13] 郑亚东, 骆学农, 施程洪, 等. 腔阔盘吸虫 18S rRNA 及亲缘关系分析 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2006, 24(5): 345-358.
- [14] ZHENG Y, LUO X, JING Z, et al. Comparison of 18S ribosomal RNA gene sequences of *Eurytrema coelmaticum* and *Eurytrema pancreaticum* [J]. Parasitol Res, 2007, 100(3): 645-646.
- [15] 常巧呈, 郑旭, 段红, 等. 基于核糖体 18S 和 ITS2 序列探讨胰阔盘吸虫的分子进化地位 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2015, 27(4): 50-53.

(上接第202页)

能提高产量和质量, 小蚕期做好超前扩座和匀座, 选择优质桑叶饲养, 注意温度控制, 调节好蚕室内的温度, 保证小蚕发育一致、体质强健; 做好蚕室的消毒及防病工作, 小蚕出现感染后会在大蚕 5 龄期发病, 应加强小蚕的防感染措施, 要按季节选择抗病性和抗逆性强的品种, 给桑要均匀、新鲜, 坚持换鞋、洗手、踏灰后进入蚕室, 早晚进行蚕座消毒, 避免蚕病发生影响产量。三是做好大蚕管理。大蚕期的桑叶供应是关键, 为保其质量, 应做到稀松放养, 良桑饱食; 确保蚕室的通风换气, 做好蚕室及周围的消毒, 避免蚕病。四是实行多批次养蚕。积极开展分批次养蚕, 如春蚕 2 批、夏蚕 1 批、秋蚕 3 批的多批次模式。分批养蚕可以提高设备设施的利用率, 减轻劳动强度, 提高劳动效率, 实现养蚕的高效益。五是加强桑园管理。大规模养蚕需要大量桑叶支持, 应做好桑树的培植和管理, 以提供优质的桑叶, 保证蚕的质量。首先, 要做到桑园的沟系配套, 确保桑树能得到及时灌溉, 涝季能及时排水。其次, 合理施用有机复合肥, 注意氮、磷、钾合理搭配, 实行科学施肥, 切忌盲目增肥; 夏伐后可以利用秸秆还田, 改善土壤有机质含量, 提高桑树质量; 尽量进行人工除草, 慎用化学药剂除草, 防止土壤板结和影响桑

树质量。再次, 春蚕二眠前完成桑树摘心, 以提高桑叶成熟度, 保证其质量。最后, 做好桑树防虫治虫, 严格按照科学配药, 统一浓度、统一时间进行喷洒。

### 3 结语

综上所述, 实现山区的规模化和省力化养蚕, 要结合当地的养蚕生产现状, 制定适宜的养蚕技术标准, 同时加大小蚕共育的设施和养蚕机械机具的投入应用, 村委会应加大宣传力度, 推广及完善小蚕共育、条桑育等技术, 促进蚕业生产实现省力化及规模化。养蚕过程中要注意蚕病的预防和防治, 做好日常清洁及消毒工作, 切断病源, 防止相互感染, 降低其发病的损失率。另外, 可优选蚕种, 保证桑叶质量, 增强蚕体质, 提高其抵抗力, 以保证产量和质量, 实现经济效益最大化<sup>[4-9]</sup>。

### 4 参考文献

- [1] 杜占军, 陈凤林, 郭天凯, 等. 论开展炸蚕省力化放养新技术研究的必要性[J]. 北方蚕业, 2017, 38(2): 52-54.
- [2] 刘德馨. 沂蒙山区桑蚕业发展调研分析[J]. 乡村科技, 2017(24): 29-30.
- [3] 刘慧. 山区栽桑养蚕的技术措施分析[J]. 农技服务, 2017, 34(9): 146.
- [4] 王宗才. 浅析山区栽桑养蚕的技术措施[J]. 云南农业科技, 2016(5): 27-30.
- [5] 周咏梅. 农村养蚕常见问题及改进措施[J]. 农民致富之友, 2018(22): 39.