

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.

食用昆虫蛋白的研究与开发利用进展

冉文波¹,赵晨霞²

(1.新疆农业大学食品与药学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2.北京农业职业学院园艺系,北京 102442)

摘要:本文综述了食用昆虫蛋白的最新研究进展,包括食用昆虫蛋白的营养价值、保健价值、食用安全性、昆虫蛋白的提取和含量的测定及食用昆虫蛋白的主要开发方向,指出制约食用昆虫蛋白产业开发利用的瓶颈,并展望食用昆虫蛋白研究与开发利用的前景。

关键词:食用昆虫;蛋白质;研究进展;开发利用

中图分类号:TS201.2⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)11-0013-03

我国人均蛋白摄入量为 75 g/(人·d),低于世界人均水平。随着生态环境日趋恶化、人口持续膨胀和农业资源日益紧张等问题的不断升级,寻求新的蛋白资源已迫在眉睫。昆虫是地球上最大的生物类群,已有约 100 万种,是迄今为止尚未被充分利用的最大生物资源。有研究证明,昆虫体内纤维含量少,微量元素丰富,油脂营养价值高,富含蛋白质。其蛋白质来源广泛、产量大、易加工,营养成分十分均衡,是真正的纯天然蛋白^[1]。法国人孔比曾说:“广泛繁殖昆虫可能最终

解决地球上的饥饿问题。”

1 食用昆虫蛋白的营养价值

在已分析了营养成分的近百种食用昆虫中,无论供食用的虫态是卵、幼虫、蛹还是成虫,其蛋白质含量均十分丰富,Ramos-Elorduy 曾报道昆虫蛋白质含量在 30%~81%^[2],很多昆虫粗蛋白含量大于 60%^[3],明显高于猪肉、大豆和牛肉干,与鱼粉蛋白含量相当(表 1)。

表 1 部分常规蛋白源和食用昆虫粗蛋白含量^[4-11]

常规蛋白源	干物蛋白含量(%)	昆虫蛋白源	干物蛋白含量(%)	昆虫蛋白源	干物蛋白含量(%)	昆虫蛋白源	干物蛋白含量(%)	昆虫蛋白源	干物蛋白含量(%)
猪肉	35.2	蝉	72.0	蚯蚓粉	56.0~63.0	蛴螬	71.3	黄蜂	81.0
大豆	40.4	棉蚜虫	48.0	黄粉虫幼虫	54.3	蚕蛹	69.7~71.7	大麦虫幼虫	51.0
鱼粉	60.4	家蝇幼虫	59.4	黄粉虫蛹	58.7	蟋蟀	66.7	中华稻蝗	63.1~68.6
牛肉干	45.6	蝇蛆粉	59.4~63.0	黄粉虫成虫	64.3	蚂蚁	42.0~67.0	东亚飞蝗	58.5

1.1 食用昆虫蛋白的氨基酸成分

蛋白质无论分子量大小,都是由 20 多种氨基酸组成,昆虫蛋白必需氨基酸占氨基酸总量的 35%~50%,多数接近 WHO/FAO 提出的氨基酸模式。氨基酸配比合理,其含有的赖氨酸和含硫氨基酸弥补了主食供给的不足,与粮食和肉类具有很强的互补性;同时昆虫中的氨基酸非常容易被人体消化吸收,其消化利用率在 70%~98.93%,接近或超过肉、鱼的消化率^[4],高于植物性蛋白的消化利用率^[5]。

Finke 等用家蟋蟀(*Acheta domesticus*)饲喂小鼠,试验表明,在各个吸收水平上,昆虫作为氨基酸来源其质量胜过大豆,摩尼螽斯(*Anabrus simplex*)则与大豆蛋白相当^[12]。Dreyer 等认为,食用毛虫(*Gonimbrasin belina*)可以为主要的谷物食品补充很多保护性营养成分^[13]。

收稿日期:2013-04-30

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:200904025);北京市自然科学基金(编号:6122024);北京市教育委员会科技发展计划面上项目(编号:KM200900005002);北京市农业科技项目(编号:20110115)。

作者简介:冉文波(1987—),女,硕士研究生,主要从事昆虫蛋白研究。E-mail:763463164@qq.com。

通信作者:赵晨霞,硕士,教授,主要从事昆虫蛋白研究。E-mail:chenxiazha@sina.com。

1.2 食用昆虫蛋白的保健价值

蛋白质是生物体主要组成物质之一,是一切生命活动的基础。同时,蛋白质也构成生物体内许多有重要生理作用的物质,如酶、激素、血红蛋白和胶原蛋白等。作为新的蛋白来源,它具有丰富的保健功能。

1.2.1 增强免疫力 食用昆虫蛋白中的抗菌蛋白、抗菌肽、溶菌蛋白等可平衡机体正常菌群,是宿主防御系统的重要成分^[14]。科学家从蚕蛹血淋巴和蝇、蛾、蝎等体内成功提取了抗菌肽、抗菌蛋白、昆虫凝集素,并应用于抗病毒、抗菌的生物制剂的生产中^[15-21]。蜂王幼虫肽具有调节免疫和延缓衰老的生物活性。

1.2.2 抗肿瘤 贾红武等研究发现,家蚕抗菌肽具有抗肿瘤活性,具有杀伤癌细胞作用^[15]。等翅目的白蚁科、鼻白蚁科和膜翅目的蚁科昆虫体内含有一种特殊的蛋白质——干扰素,具有抑制肿瘤的功效^[22]。蟑螂是世界上从不患癌症的 3 种动物之一,其提取物能提高机体免疫力,促进肉芽生长,具有抗癌功能。

1.2.3 抗疲劳 中华稻蝗富含蛋白质,可以迅速补充赖氨酸和蛋氨酸来合成肉碱,其成虫醇提液都能显著提高小鼠的抗疲劳能力。张鹭等提出家蚕雄蛾活性肽可使小鼠抗疲劳能力增强^[23]。

1.2.4 抗氧化 郭倩等研究了大麦虫的水溶蛋白、酸溶蛋

白、醇溶蛋白及碱溶蛋白 4 组蛋白的抗氧化活性,指出水溶蛋白具有最强的还原力和清除超氧阴离子能力,酸溶蛋白清除羟基自由基能力最强^[24]。

1.2.5 预防感冒 在无条件注射流感疫苗的地区,儿童和年老体弱者服用蚂蚁制品预防感冒效果明显。北京地区有许多长期服用蚂蚁制品的老人在周围人群都患流感的同时,他们就避免了流感的发生。

1.2.6 改善睡眠 蚂蚁具有镇静、催眠的作用,科研人员发现,蚂蚁可引起深睡眠过程,长期患神经衰弱失眠的人,服用蚂蚁制品睡眠会得到很好的改善。

1.2.7 改善生长发育 邵有全等进行了雄蜂幼虫对幼小动物增长、增重方面的动物试验,结果表明雄峰可促进幼小动物体长的增长,对人有增高的作用^[25]。

1.2.8 辅助降糖 蚂蚁可调节体内内分泌功能紊乱,增强糖、蛋白质、脂肪的代谢。目前我国使用“蚁皇神粉”胶囊保健品预防糖尿病综合征的发生。它的配方中有蚂蚁、山药、黑芝麻、炒枣仁,能稳定血糖。

1.3 食用昆虫蛋白安全性

食用昆虫的习惯古已有之,据研究,白蜡虫、蝉、蟋蟀、蝗虫、蜂类等对人体无急性毒性,无致突变、致畸毒性,食用安全可靠。微毒昆虫则需适当处理后方可食用,剧毒昆虫如斑蚕、豆芫脊、青胺虫等不能直接食用。由此可见,为保证食用昆虫蛋白的食用安全,加强昆虫蛋白毒理学和卫生学研究是关键,可为昆虫蛋白食品的开发与利用奠定基础。

2 食用昆虫蛋白质的提取与分析

2.1 食用昆虫蛋白质的提取

昆虫蛋白的提取主要参考动物蛋白提取方法,包括碱提取法、Tris-HCl 提取法、盐提取法、蛋白酶提取法等四大类。

2.1.1 碱提取法 蛋白质可溶于偏离其等电点的稀碱中,在 pH 值接近其等电点时又可析出。李淑萍等对蚂蚁蛋白质^[26]、金会鑫等对蛱蝶若虫蛋白质^[27]的提取工艺研究结果表明,碱提蛋白法明显优于盐提取法和 Tris-HCl 缓冲液提蛋白法,但碱提取法容易使蛋白质变性,对产品的风味和口感会产生不良影响,只能用于蛋白质产量分析方面的研究。

2.1.2 Tris-HCl 提取法 蛋白质可溶于 Tris-HCl 缓冲溶液中,缓冲溶液可以抗衡蛋白质溶液中的 pH 值的改变,对蛋白质的溶解度大,破坏作用小,对杂质溶解度很小。此法虽能较好地保持蛋白质的活性,但由于其蛋白质得率太低,以往文献报道较少,潘怡欧提取黄粉虫和黄褐油葫芦蛋白中曾有报道^[28],因此,今后需要进一步研究。

2.1.3 盐提法 蛋白质可溶于盐溶液中,称为盐溶作用。离子强度较低的中性盐溶液有促进蛋白质溶解、保护蛋白质活性的作用,离子强度高则会引起蛋白质发生盐析作用。鲁晓翔等采用低盐溶液法提取蚂蚁蛋白质。在蛋白质功能性质和品质方面的研究中,盐提蛋白法虽得率较碱提蛋白法低,但它的浸提温度较低,浸提时间较短,能使蛋白质较好地保持天然状态。

2.1.4 胰蛋白酶提取法 酶溶法就是用生物酶将细胞膜消化溶解的方法,利用此方法处理细胞必须根据细胞的结构和化学组成选择适当的酶。胰蛋白酶可在低浓度下溶解蛋白质,但胰蛋白酶浓度过高会使提取的蛋白质失活变性。仲义

等以黄粉虫为试验材料对 4 种不同提取方法提取黄粉虫蛋白质的效果进行了比较,结果显示胰蛋白酶提蛋白法得率最高,盐提蛋白法得率最低^[29]。

2.2 昆虫蛋白含量的测定

测量昆虫蛋白质含量的方法很多。莫姣娇等经综合比较指出,自动凯氏定氮仪器法和纳氏比色法为最佳方法;双缩脲法和考马斯亮蓝染色法操作简单、迅速,但其准确度不高,这 2 种方法适用于对蛋白质含量的准确性要求不高的情况^[30]。

3 食用昆虫蛋白的开发现状

人类利用食用昆虫的习惯古已有之。随着科学技术的进步,人类对昆虫蛋白质的含量和组成有了深入了解,对可食用昆虫蛋白的利用已由原来的整形食用和简单加工的传统食用方法向保健食品和食用添加剂方向发展。

3.1 提纯蛋白粉

工艺流程:虫体→预检→杀灭→脱脂→酸沉淀→脱色→脱臭→烘干→研磨→水沉淀→洗涤→过滤→除糖→沉淀→过滤→浓缩干燥→虫蛋白成品。现代食品工艺过程中,提纯蛋白粉常作为食品营养强化剂或特殊营养素加入到普通食品中以均衡营养、提高品质。根据昆虫蛋白粉的添加量,将蛋白制品分为 3 类:昆虫蛋白含量在 20% 以上为高蛋白制品,一般用于制造糕点、面包、饼干、蜜饯等;含量在 10% ~ 15% 为常蛋白制品,用作大宗食品;含量在 10% 以下为低蛋白制品,一般给消化不良或肠胃不好的人食用,常见的此类食品有饼干、面包、面条、奶粉、糖果及婴幼儿食品等。墨西哥已建有 Clemente Jacques 等昆虫公司,把 60 余种可食昆虫加工成食品出口到美国、法国、日本和比利时等国家。

3.2 复合氨基酸口服液

工艺流程:鲜黄粉虫→挑选→洗涤→微波烘烤→磨粉→酶解→灭酶→粗滤→离心→脱色→脱臭→调配→防腐→装罐→封口→灭菌→包装→成品。

白虹等用蛋白酶水解蚕蛹蛋白并利用其水解产物研制蛋白饮料和氨基酸口服液。由于组成昆虫蛋白的氨基酸含量高、组成合理、易吸收,其制成的复合氨基酸口服液适宜人群逐渐从病人、孕妇向儿童、老年人等方向发展。

3.3 蛋白肽及其运动饮料

工艺流程:蚕蛹蛋白粉→酶解→蚕蛹蛋白肽→精制→调配→灌装→灭菌→成品。陈静等采用碱性蛋白酶水解脱脂蛋白粉制备蚕蛹蛋白肽,并研制出蚕蛹蛋白肽运动饮料的最佳工艺,具有缓解体力疲劳的功能^[31]。

3.4 抗冻蛋白食品添加剂

昆虫抗冻蛋白作为食品添加剂,可改善冰冻食品的品质,提高食品质量。美国的 DNAP 公司将昆虫抗冻蛋白添加于冰淇淋和冰奶中,消除了冰渣,改善了质量和口味。

3.5 防腐剂、保藏剂

昆虫抗菌肽抗菌谱广、活性强,基本不对真核细胞起作用,用其作食品保藏剂防止食品腐败安全可靠。抗菌肽具有良好的热稳定性,可以用于热加工食品,可防止巴氏杀菌后的再污染和食品发酵过程中的杂菌污染。

3.6 昆虫发酵饮品

3.6.1 虫酒工艺流程 新鲜虫体→预检→清洗→乙醇浸

泡→发酵→过滤→调配→装瓶→成品。黑龙江利用蚕蛾生产的蚕蛾酒,畅销海内外,云南、江苏等地利用蚂蚁作原料研制

成功的金刚酒在治疗类风湿和癌症等方面具有独特的效果。

3.6.2 发酵蛋白酸奶 工艺流程如图 1 所示。

蚂蚁蛋白、蔗糖

工作发酵剂←菌种

鲜乳→净化→标准化→调配→均质→杀菌→冷却→接种→过滤→发酵→冷却→灌装→后熟→成品

图 1 发酵蛋白酸奶的工艺流程

赵大军等以蚂蚁为原料,将经酶解制成的蚂蚁蛋白粉添加到酸奶加工配方中,研制出一种高蛋白、营养丰富、酸甜适口的凝固型蚂蚁蛋白酸奶产品,具有抑制肠道致病菌生长、促进益生菌生长、调整肠道的菌群平衡、增强消化与吸收功能等作用,对人体具有一定的保健功能^[32]。

3.6.3 发酵酱油、豆酱 生产酱油工艺:虫体→预检→脱脂→粉碎→配料→水解→接种→发酵→成品。婴幼儿食品营养研究开发中心以微生物发酵法研制出蚕蛹豆酱、营养酱油等。

4 展望

随着科学的发展,食用昆虫蛋白质的优势日益突出,但其资源实际开发利用还处于初级阶段,其原因有以下几点:(1)中国传统饮食观念,难以全方位接受其食用。(2)可供规模化养殖的食用昆虫种类较少。目前国内主要养殖黄粉虫、中华真地鳖、亮斑扁角水虻、白星花金龟四大类,且规模不大。(3)养殖技术比较落后,经济效率不高,并缺少统一的管理协调及行业标准。(4)国内食用昆虫资源研究技术投产较少,昆虫深加工产品种类单一。上述因素都严重制约食用昆虫蛋白产业的开发利用与发展。

食用昆虫蛋白作为新兴的蛋白质资源,是一个充满活力和具有诱人前景的巨大资源库,必将吸引更多的科研工作者为之努力,使用新技术、新方法使昆虫蛋白资源价值最大化,而此举必将促使昆虫养殖产业的兴盛和调动大批闲置劳动力,使其产业发展进入良性循环。随着生物技术和相关领域的不断发展,它必将为人类文明和繁荣作出巨大贡献。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Ramos E R. Insects: a sustainable source of food? [J]. Ecology of Food and Nutrition, 1997, 36(2/3/4): 247-276.
- [3] Defoliart G R. Insects as human food[J]. Poultry Science, 1989, 64(11): 708-712.
- [4] 李文宾, 吴敏丽, 廉振民, 等. 中国昆虫资源研究开发现状[J]. 氨基酸和生物资源, 2008, 30(4): 21-25.
- [5] Finke M D. Nutrient content of insects [M]//Capinera J L. Encyclopedia of entomology. Netherlands: Springer, 2008: 2623.
- [6] 王彦平, 刘洁, 吴予明, 等. 蚕蛹的营养成分分析[J]. 郑州大学学报: 医学版, 2009, 44(3): 638-641.
- [7] 赵云涛, 国兴明, 李付振. 中华稻蝗的营养保健功能与开发利用[J]. 经济动物学报, 2003, 7(1): 58-62.
- [8] 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.
- [9] 赵大军, 于小磊. 蚂蚁功能食品的加工技术研究[J]. 食品工业科技, 2008(9): 279-282.
- [10] 许慧卿, 夏启泉. 食用昆虫的营养价值及其开发利用[J]. 扬州

大学烹饪学报, 2004, 21(3): 20-23.

- [11] 欧晓峰, 张建新, 郭倩, 等. 复合酶法水解大麦虫蛋白制备酸性多肽及其抗氧化活性[J]. 西北农业学报, 2010, 19(2): 189-193.
- [12] Finke M D, Sunde M L, Defoliart G R. An evaluation of the protein quality of mormon crickets (*Anakrus Simplex Haldeman*) when used as high protein feeds tuff for poultry[J]. Poultry Science, 1989, 64: 708-712.
- [13] 陆剑锋, 何剑中. 可食用昆虫资源的利用历史、现状及展望[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 830-837.
- [14] 许兵红, 陈正耀. 昆虫体液免疫中的抗菌物质[J]. 昆虫知识, 1999, 36(5): 316-319.
- [15] 贾红武, 张双全, 戴祝英. 家蚕抗菌肽对癌细胞的杀伤作用及其超微结构的观察[J]. 动物学研究, 1997, 18(3): 92-98.
- [16] 杨兆芬, 林跃鑫, 陈寅山, 等. 黄粉虫幼虫营养成分分析和保健功能的实验研究[J]. 昆虫知识, 1999, 36(2): 97-100+94.
- [17] 王巧云, 吴峰阶. 蝎毒纤溶活性肽减轻缺氧致人血管内皮细胞损伤[J]. 基础医学与临床, 2010, 30(1): 89-90.
- [18] Lin Q H, Li X. Effect of scorpion venom analgesic active peptide extracted from *Buthus martensii* Karsch on evoked potential in the thalamic posterior nucleus group in rats [J]. Neural Regeneration Research, 2008, 3(4): 453-455.
- [19] Yu X D, Li B. Bioactive peptide from bee venom for adjuvant - induced arthritis in rats [J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2005, 9(15): 242-243.
- [20] 陈明胜. 蜂王幼虫活性肽保健功能的研究 [C]//中国养蜂学会. 2008 年全国蜂产品市场信息交流会暨中国(郑州)蜂业博览会论文集. 北京: 中国养蜂学会, 2008: 81-82, 84.
- [21] 蓝江林. 美洲大蠊 (*Periplaneta americana* L.) 抗菌肽的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2003: 93.
- [22] 张传溪, 胡萃. 昆虫资源利用及其产业化的回顾与展望 [J]. 昆虫知识, 2000, 37(2): 89-96.
- [23] 张鹭, 唐道邦, 肖更生, 等. 家蚕雄蛾活性肽增强小鼠抗疲劳能力的试验 [J]. 蚕业科学, 2008, 34(3): 552-555.
- [24] 郭倩, 张建新, 何桂梅, 等. 大麦虫蛋白质的提取分离及抗氧化性研究 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(2): 188-192.
- [25] 邵有全, 祁海萍, 申晋山. 雄蜂幼虫虫粉促进动物生长试验 [J]. 中国养蜂, 2005, 56(10): 7.
- [26] 李淑萍, 徐心诚, 冯爱华. 蚂蚁蛋白质提取方法的比较研究 [J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2009, 22(4): 537-540.
- [27] 金会鑫, 谢寿安, 史睿杰, 等. 不同方法提取蝉若虫蛋白质效果比较 [J]. 西北林学院学报, 2012, 27(6): 128-130, 138.
- [28] 潘怡欧. 昆虫蛋白质提取工艺的比较研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2005: 1-58.
- [29] 仲义, 史树森, 梁焯赫, 等. 不同方法提取昆虫蛋白质效果比较 [J]. 吉林农业科学, 2009, 34(3): 58-60, 64.
- [30] 莫娇娇, 孙强. 昆虫蛋白质含量的测定方法 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(11): 40-41, 200.
- [31] 陈静, 郑明珠, 王浩. 蚕蛹蛋白肽的制备及其运动饮料研制 [J]. 食品科学, 2009, 30(14): 318-320.
- [32] 赵大军, 吕长鑫, 马勇, 等. 蚂蚁保健酸奶的加工工艺研究 [J]. 食品科学, 2007, 28(9): 661-663.