

文章编号: 1001-1498(1999) 06-0662-07

食用昆虫营养价值评述

冯颖, 陈晓鸣

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南昆明 650216)

摘要: 昆虫作为一种重要的生物资源, 尚未被充分地开发利用。在人类进化过程中, 食用昆虫利用有十分悠久的历史。本文在分析研究昆虫的营养价值的基础上, 对食用昆虫的营养价值作了较全面的评述。分析研究表明: 昆虫含有丰富的蛋白质(20% ~ 70%)、氨基酸(30% ~ 60%)、脂肪(10% ~ 50%)及脂肪酸, 一定量的糖类(2% ~ 10%)、矿物元素、维生素, 以及其它对人体有很好保健作用的活性物质。作为蛋白质资源, 昆虫的营养价值可以与其它动植物资源相媲美, 可作为食品资源开发利用。昆虫具有物种丰富、种群数量大等特征, 作为营养资源具有广阔的应用前景和巨大的开发潜力。

关键词: 食用昆虫; 营养价值; 蛋白质资源

中图分类号: Q969.97 文献标识码: A

昆虫是自然界中种类最多、数量最大的生物类群。据估计, 全世界的昆虫种类在1 000万种以上^[1]。种类繁多的昆虫与人类生活密切相关, 在公众的印象中, 昆虫是危害农作物和森林、传播疾病的害虫。事实上, 昆虫同时还是一种未被充分开发利用的资源, 昆虫及昆虫产品可以作为天敌、工业原料、药品、食品和饲料等资源加以利用。昆虫作为食品, 有着十分悠久的历史, 据考证, 早在3 000多年前, 中国就有食用昆虫的习俗^[2]。在国外, 美国、墨西哥、意大利、日本、东南亚各国以及非洲的许多国家都有食用昆虫的习惯^[3], 且这种习俗一直延续至今。据统计, 可以食用的昆虫有数百种, 中国已知的食用昆虫有170多种^[4]。早在1885年, 英国昆虫学家 Vincent M. Holt 在《为什么不食用昆虫》一书中就提出了昆虫作为食品的设想。随着人类对自然和健康的认识, 可以预见, 源于自然、营养丰富、味道鲜美的昆虫高蛋白食品在21世纪将有着广阔的利用前景。本文拟就昆虫作为食品的营养价值进行探讨, 为开发利用食用昆虫这一宝贵的生物资源提供有益的参考。

1 食用昆虫的蛋白及氨基酸

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。蛋白质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。蛋白质还是体内抗体的重要组成部分, 参与免疫系统作用。蛋白质是人体 N 的唯一来源, 能够维持体内酸碱平衡, 并和遗传信息传递、体内重要物质的转运有关。作为一种产热营养素, 蛋白质还能提供能量^[5]。昆虫体内的蛋白质含量十分丰富, 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、

收稿日期: 1999-07-10

基金项目: 中国林业科学研究院科学发展基金资助项目(1997 ~ 1999年)。

第一作者简介: 冯颖(1960-), 女, 云南昆明人, 副研究员。

蛹或成虫, 其蛋白质含量均十分丰富, 粗蛋白质含量一般在蛋白质含量的20% ~ 70% 之间^[6~34] (见表1)。蜉蝣目(Ephemeroptera) 幼虫粗蛋白含量在40% ~ 65% 之间; 蜻蜓目(Odonata) 幼虫的含量在40% ~ 65% 之间; 同翅目(Hemiptera) 中供食用的昆虫幼虫和卵蛋白含量在40% ~ 57% 之间; 半翅目(Hemiptera) 的食用昆虫的蛋白含量在42% ~ 73% 之间, 鞘翅目(Coleoptera) 的几种幼虫粗蛋白含量在23% ~ 66% 之间; 鳞翅目(Lepidoptera) 中的食用昆虫粗蛋白含量在20% ~ 70% 之间; 双翅目(Diptera) 蜜蜂科(Apidae) 和胡蜂科(Vespidae) 的蜂类以及蚁科(Formicidae) 的蚂蚁(*Formica* spp.) 蛋白含量也十分丰富, 蜂类的蛋白含量15% ~ 70% 不等, 蚂蚁蛋白含量在38% ~ 76% 之间。分析数据表明, 昆虫体内富含蛋白, 其蛋白明显高于一般植物性食品, 与动物性食品比较, 含量也较高, 一些种类如景洪小蜉(*Ephemerella jianghongensis* Xu et al.) 幼虫66.26%, 负子蝻(*Sphaerodema rustica* Fabricius) 73.52%, 显著高于肉类、禽蛋类的粗蛋白。

蛋白质无论分子量大小, 都由20多种氨基酸组成, 它们是人体生长必不可少的。在已分析的近百种食用昆虫中^[6~34], 必需氨基酸含量在10% ~ 30% 之间, 必需氨基酸含量占氨基酸总量的35% ~ 50% (见表1), 必需氨基酸含量普遍较高, 多数种类的氨基酸比例接近 WHO/FAO 提出的氨基酸模式。氨基酸含量分析和价值评价中, 一些食用昆虫的氨基酸评分和氨基酸指数都较高, 接近或高于 WHO/FAO 氨基酸模式的评分。部分样品的蛋白质功效比值试验也接近优质植物蛋白^[33,36]。由此可见昆虫蛋白是一种很好的蛋白来源, 可与其它食物蛋白相互补充, 为人体提供丰富的蛋白质而满足人体对必需氨基酸的需求。

表1 部分目食用昆虫的蛋白质和氨基酸含量

%

种类	蛋白质			氨基酸			必需氨基酸			必需氨基酸占氨基酸总量		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
浮游目 Ephemeroptera			66.26			65.97			23.81			36.09
蜻蜓目 Odonata	65.45	46.37	58.83	51.70	36.10	46.03	19.08	13.04	16.41	36.91	34.05	35.69
等翅目 Isoptera				58.27	33.96	44.03	20.88	12.77	16.74	40.05	35.73	38.04
直翅目 Orthoptera	65.39	22.80	44.10	57.51	20.23	38.87	19.92	7.98	13.95	39.45	34.64	37.05
同翅目 Homoptera	57.14	44.67	51.13	53.19	32.59	42.45	21.92	12.38	16.34	41.21	35.42	38.21
半翅目 Hemiptera	73.52	42.49	55.14	59.68	38.09	48.72	22.18	14.73	18.65	42.72	34.77	38.41
鞘翅目 Coleoptera	66.20	23.20	50.41	62.97	13.27	39.74	28.17	4.45	17.13	50.49	26.65	42.79
广翅目 Megaloptera			56.56			53.31			19.51			36.60
鳞翅目 Lepidoptera	68.30	14.05	44.91	61.84	13.27	32.88	25.60	4.45	13.92	47.23	26.65	40.35
双翅目 Diptera			59.39									
膜翅目 Hymenoptera	76.69	12.65	47.81	81.27	21.0	45.18	33.62	8.42	16.23	46.41	30.56	35.78

2 食用昆虫的脂类物质

脂类是人的重要组成部分之一,是体内储存能量和供给能量的重要物质,并对机体起到隔热保温、支持和保护各种脏器的作用。脂类还可促进脂溶性维生素的吸收。类脂质中的磷脂、糖脂和胆固醇是多种组织和细胞的组成成分,与蛋白结合组成脂蛋白,构成细胞的各种膜,与细胞的正常生理和代谢活动密切相关。近年来的研究表明,由于磷脂能够在人体内参与脂肪代谢,因此具有健脑、降血脂、清除胆固醇、治疗脂肪肝、肝硬化、促进细胞再生及皮肤组织生长,防衰老等功效。构成甘油三脂的脂肪酸可分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸中的亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸等人体必需脂肪酸能促进生长发育,降低皮肤毛细血管的脆性和通透性,对皮肤具有保护作用,不饱和脂肪酸和脂肪酸是合成前列腺素的前体,因此具有降低血栓形成和血小板粘结的作用^[5]。

据已报道和作者分析的样品来看^[6~34](见表2),许多食用昆虫含有丰富的脂肪,一般食用虫态为幼虫和蛹的脂肪含量较高,食用虫态为成虫的脂肪含量较低。脂肪含量在10%~50%之间,直翅目的中华稻蝗(*Oxya chinensis* (Thunberg))脂肪含量较低,为2.2%,一些鳞翅目的幼虫和蛹脂肪含量较高,如麦蛾铃虫[*Pectinophora gossypiella* (Saunders)](49.48%),亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* (Gunnée))幼虫(46.08%)。食用昆虫的脂肪

表2 部分目食用昆虫的粗脂肪含量 %

种类	粗脂肪			种类	粗脂肪		
	最高	最低	平均		最高	最低	平均
蜻蜓目	41.28	14.23	25.38	鞘翅目	35.86	14.05	27.57
直翅目			2.2	鳞翅目	49.48	5.0	24.76
同翅目	30.60	24.85	27.73	双翅目			12.61
半翅目	44.30	9.73	30.43	膜翅目	55.10	7.99	21.42

表3 部分食用昆虫的脂肪酸含量 %

种类	饱和脂肪酸			不饱和脂肪酸	
	棕榈酸 (16:0)	硬脂酸 (18:0)	油酸 (18:1)	亚油酸 (18:2)	亚麻酸 (18:3)
土垅大白蚁 <i>Macrotermes amandalei</i> (Slivestri)	18.54	9.98	51.14	13.01	0.65
大白蚁 <i>Macrotermes subhyalinus</i>	33.0	1.4	9.5	43.1	3.0
中华稻蝗 <i>Oxya chinensis</i> (Thunberg)	25.0	26.1	27.1	2.3	
非洲飞蝗 <i>Locusta migratoria migratorioides</i> (R. et F.)	25.5	5.8	47.6	13.1	6.9
血黑蝗 <i>Melanoplus sanduinipes</i> (Fabricius)	11.0	4.0	19.0	20.2	43.0
沙漠蝗 <i>Schistocerca gregaria</i> (Forska) 雄成虫	40.3	6.7	31.7	7.5	3.6
沙漠蝗雌成虫	34.6	5.8	37.6	10.2	6.2
棕榈红隐喙象 <i>Rhynchophorus phoenicis</i> (F.)	36.0	0.3	30.0	26.0	2.0
黄粉甲 <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus	23.6	1.4	44.7	24.1	1.5
柞蚕 <i>Antheraea pernyi</i> Guerin-Meneville 蛹		2.37	27.81	24.74	24.87
云南松毛虫 <i>Dendrolimus houi</i> Lajonquiere 蛹	3.038	4.40	29.77	9.96	8.79
云南松毛虫成虫	36.64	7.84	32.82	6.0	22.24
蜡螟 <i>Galleria mellonella</i> Linnaeus	39.6	3.1	47.2	6.5	
家蝇 <i>Musca domestica</i> Linnaeus 幼虫	12.7	2.3	18.2	32.5	3.3
双齿多刺蚁 <i>Polyrhachis dives</i> Smith	21.14	2.29	62.44	1.39	1.21

酸组成特点,不同于一般动物脂肪,动物脂肪多以脂的形式存在,含有较高的饱和脂肪酸,人体所必需脂肪酸含量较少。而许多食用昆虫都含有丰富的不饱和脂肪酸,人体必需脂肪酸含量较高,如松毛虫(*Dendrolimus houi* Lajonquiere)的幼虫和蛹,家蝇(*Musca domestica* Linnaeus)幼

虫、竹虫(*Chilo fuscidentalis* Hampson)和一些蚂蚁^[21, 33, 35](见表3)。亚油酸是最重要的必需脂肪酸,在已分析的昆虫样品中,食用虫态为幼虫和蛹的食用昆虫的亚油酸含量在10%~40%之间,与必需脂肪酸的主要食物来源的植物油类似,有些种类甚至高于亚油酸含量较高的芝麻油(43.7%)、花生油(37.6%),如大白蚁(*Macrotermes subhyalinus*)(43.1%)^[35]。由此可见,食用昆虫的脂肪有很好的营养价值。食用昆虫还含有类脂物质,这方面的研究不多,但从已研究过的虫卵和蚁卵来看,昆虫卵含有较丰富的磷脂,具有很好的营养保健价值。

3 食用昆虫的碳水化合物

碳水化合物是重要的营养素之一,是人类食物中提供热能的主要来源,除提供热能外,还对机体内蛋白质的消耗起保护作用,并与机体的解毒作用有关。碳水化合物还是构成机体的重要物质之一,如核酸中的核糖。糖可与蛋白质结合为糖蛋白,可与脂类结合成糖脂,均具有重要的生理功能^[5]。

作为一种动物性食品,食用昆虫体内富含蛋白质和脂类,糖类含量较低,食用虫态不同糖类含量稍有差异,一般在1%~10%之间^[6~34](见表4),虫茶为昆虫排泄物,糖类含量较高,可达16.27%。近年来的研究表明,昆虫体内含有一些多糖类,具有增强机体免疫能力的作用,值得深入研究而加以利用。

表4 部分目食用昆虫的总糖含量 %

种类	总 糖			种类	总 糖		
	最高	最低	平均		最高	最低	平均
蜻蜓目	4.78	2.36	3.75	鞘翅目	2.82	2.79	2.81
直翅目			1.20	鳞翅目	16.27	3.65	8.20
同翅目	2.80	1.54	2.17	双翅目			12.04
半翅目	4.37	2.04	3.23	膜翅目	7.15	1.95	3.65

几丁质是一种天然高分子化合物,为乙酰氨基葡萄糖,又称为甲壳素,其中的可溶性甲壳素,称为壳聚糖或聚氨基葡萄糖,具有很高的营养保健价值。在食品工业上,作为一种低热量食物,几丁质可作为功能食品和保健食品(有减肥等功效);在医药上,几丁质有止血,抗血栓,促进伤口愈合等功效,可用于药物制剂和医用膜材料,还可用于化妆品等行业^[36]。几丁质在昆虫体内广泛分布,昆虫表皮中含有大量的几丁质,昆虫的不同虫态几丁质的含量不同,一般昆虫体含有5%~15%的几丁质。如家蚕(*Bombyx mori* Linnaeus)干蛹几丁质含量3.73%,脱脂蛹为5.55%^[24],云南松毛虫(*Dendrolimus houi* Lajonquiere)蛹含7.47%,成虫可高达17.83%^[33],但这方面的研究尚处于起步阶段,昆虫种类多,种群数量大,昆虫几丁质的研究很有价值,值得深入研究并开发利用。

4 食用昆虫的无机盐与微量元素

无机盐和微量元素是人体的重要组成成分,是维持正常生理机能不可缺少的物质。充分的钙可以促进骨骼和牙齿的生长,骨骼之外的钙存在于细胞外液和软组织,是细胞膜的成分,还参与血凝过程,对肌肉的收缩有重要的作用。钙还是许多酶的激活剂。铁在机体内参与氧的运输、交换和组织呼吸过程,铁的数量不足时,肌体可出现贫血。碘是甲状腺素的组成成分,是维持正常新陈代谢的重要物质。其它微量元素有些为激活酶的必要成分或者本身为酶的成分,有的参与蛋白合成过程等。总之,各种元素参与肌体的新陈代谢时,其营养意义非常重要^[5]。

从已分析的几十种食用昆虫来看^[11, 36](见表5),食用昆虫含有丰富的矿质元素,如K、Na、Ca、Cu、Fe、Zn、Mn、P等,而且许多食用昆虫含Ca量较高,其它含量较高的如Zn、Fe等。由此

可见,食用昆虫作为食品供人类食用时,可提供人体必需的矿质元素。

表5 部分食用昆虫的矿质元素含量

mg·kg⁻¹

种 类	K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	P
角突箭蜒 <i>Gomphus aeneatus</i> Needham	2 620	590	4 180	880	64.3	124.8	728.9	74.8	1 470
舟尾丝螽 <i>Lestes paraemorsa</i> Selys	2 930	2 020	2 160	970	64.8	147.7	1 198.0	58.9	2 470
红蜻 <i>Crocothemis servilia</i> Drury	3 330	2 310	1 510	950	50.6	103.8	461.6	27.2	1 420
云管尾角蝉 <i>Darthula hardwicki</i> (Gray)	2 120	610	280	4 500	56.9	544.3	100	13.6	
白蜡虫 <i>Ericerus pela</i> Chavanness 卵	6 300	89.51	353.7	1 200	23.6	164.2	133.1	26.74	6 000
小皱蜻 <i>Cydpelta parva</i> Didant	4 720	1 680	480	1 530	2.4	155.8	119.7	19.9	8 200
暗绿巨蜻 <i>Eusthenes saevus</i> Stal	610	780	280	260	45.4	78.0	98.3	16.3	1 520
长足大竹象 <i>Cyrtorachedus bugueti</i> Guer	2 620	650	270	1 050	38.4	306.1	64.7	21.0	5 190
长足牡竹象 <i>C. longimanus</i> Fabricius	1 740	510	390	480	22.9	127.1	66.3	25.9	2 920
华北大黑鳃金龟 <i>Holotrichia obliqua</i> (Faldernann)			397.22	455.78	18.86	101.33	1 313.71	46.50	
铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i> Motschulsky			434.94	297.04	26.82	84.51	2 299.52	61.61	
凸星花金龟 <i>Protaetia aerata</i> (Erichson)			187.47	303.65	35.56	97.48	338.54	20.03	
桃红颈天牛 <i>Arania bungii</i> Faldernann			131.56	220.54	23.97	98.76	102.50	15.47	
黄斑星天牛 <i>Anoplophora nobilis</i> Ganglbauer			133.56	105.20	10.42	95.42	105.33	9.56	
粒肩天牛 <i>Apriona germari</i> (Hope)			150.68	254.36	25.46	102.34	96.56	20.47	
麦蛾蛉虫 <i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders)			113.40	163.21	33.40	87.01	36.78	0	
米蛾 <i>Coryca cephalonica</i> Staint			148.66	156.81	17.13	78.29	264.81	6.87	
亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i> (Gunnee)			140.53	184.06	14.84	91.78	70.26	4.56	
金凤蝶 <i>Papilio machaon</i> Linnaeus	1 250	90.5	384	279	1.5	3.5	18.0	0.9	457
竹虫 <i>Chilo fusidentalis</i> Hampson	2 620	740	880	1 060	11.1	109	57.1	418	1 690
柞蚕 <i>Antheraea pernyi</i> Guerin-Meneville	13 390	620	790	3 800	19.01	141.8	0.01	8.73	690
家蝇 <i>Musca domestica</i> Linnaeus	15 600	2 700	1 200	12 300	59	570	520	406	17 900
双齿多刺蚁 <i>Pdyrhachis dives</i> Smith 雌成虫			613.34	172.36	32.66	155.42	378.36	104.35	
双齿多刺蚁雄成虫			585.28	163.78	27.08	148.83	391.56	101.89	

5 食用昆虫的维生素

维生素是人体代谢中不可缺少的一类有机化合物,它们在肌体内既不提供能量,也不是构造成分,需要量极少,一般体内不能合成或合成数量很少,但都是肌体维持正常生理不可缺少的,必须经常不断由食物提供。维生素 A 为一切健康上皮组织所必需,维生素 A 缺乏时,引起上皮组织的改变,影响骨骼发育和正常生长。维生素 D 能促进 Ca、P 在肠道的吸收,促进骨组织钙化,维生素 E 具有抗衰老和增强免疫力作用。水溶性维生素大多是辅酶的组成部分,通过辅酶而发挥维持肌体正常代谢的作用。如维生素 B₁参与肌体内糖代谢,维生素 B₂参与肌体的生物氧化酶体系,维生素 B₆参与肌体的氨基酸代谢,维生素 C 是生物体内合成胶元和粘多糖等细胞间质所必需的物质,还具有解毒的功能^[5]。

食用昆虫的维生素研究不太多,但从已报道的几种昆虫来看,食用昆虫体内含有维生素 A,胡萝卜素,维生素 B₁、B₂、B₆,维生素 D、E、K、C 等,如土垅大白蚁[*Macrotermes annandalei* (Slivestri)] 维生素 A 含量可达 25 IU·g⁻¹,维生素 D 为 85.4 IU·g⁻¹,维生素 E 为 11.7 IU·g⁻¹,作为饮料饮用的虫茶维生素 C 含量可达 150.4 mg·kg⁻¹。因此食用昆虫作为食品可为人体提供丰富的维生素。

昆虫体内还含有其它多种成分的内含物,如:抗菌肽/抗菌蛋白,酶,非肽含氮类化合物(芳

胺类, 蝶啶类等), 激素类等物质, 对人体疾病有很好的疗效, 可对人体健康起到较好的保健作用^[24, 37]。

营养成分分析和研究表明, 作为食品, 食用昆虫含有丰富的蛋白质和氨基酸, 人体必需氨基酸含量较高, 是一种很好的蛋白资源。食用昆虫还可为人们提供一定量脂肪、脂肪酸、矿物质、维生素和糖类, 尤其是昆虫的不饱和脂肪酸含量较高, 有极高的营养价值。不少昆虫还有食疗作用, 是很难得的保健食品。作为蛋白资源, 食用昆虫是对昆虫蛋白的最直接的利用。在人类进化的历史长河中, 人类利用昆虫作为食品有十分悠久的历史, 中国古代对食用昆虫利用的记载至少有3 000年的历史, 迄今在我国许多地区, 尤其是云南等少数民族地区仍保留着食用昆虫的习俗。近年来, 昆虫蛋白进入高档消费, 已经不是新鲜事, 在云南、广东等地许多高档宾馆、饭店中虫草、蜂幼虫、蜂蛹、竹虫、龙虱(*Cybister limbatus* Fabricius)等已成为深受欢迎的美味佳肴。对于广大的农村, 昆虫蛋白资源离他们更近, 更容易接受和直接利用。随着人们对食用昆虫认识的不断加深和食用昆虫研究的不断深入, 食用昆虫将会被越来越多的人所接受。

作为一类特殊的营养资源, 昆虫与其它生物资源相比, 有种类多、资源数量大、种群繁殖力强、可培育等特点。已描述过的昆虫种类有100多万种, 占已知动物种类的60%~80%, 每年还不断有众多的新种发现。据估计, 地球上的昆虫种类有1 000万种以上。昆虫不仅种类多, 而且种群数量巨大, 繁殖力很强, 有的种类的昆虫每头雌虫一次的产卵数量可达10 000粒以上, 有的昆虫1 a可以繁殖多代, 繁殖速度极快。昆虫物种丰富、资源数量大的特征为食用昆虫资源利用奠定了丰富的物质基础。昆虫分布范围广泛, 几乎地球上所有的生态系统中都有昆虫生存, 昆虫的食性多种多样, 有植食性、腐食性、寄生性等多种取食方式, 广阔的生存地域性和多样化的取食方式为食用昆虫资源的培育和利用提供了十分便利的条件和可能性。人类社会在生存、发展、进化的过程中, 将野生动物驯化成为家禽和家畜, 以满足人类对蛋白质的需求, 同样人类也可以培育昆虫作为一种新的蛋白质资源。随着人工饲养繁育昆虫技术的发展和改进, 将会有更多的食用昆虫被人类培育和利用, 以满足人类日益增长的食品和营养需求。

参考文献:

- [1] 昆虫利用推进委员会. 昆虫利用技术开发总会的推进に 关する 报告[C]. 东京: 农林水产技术情报协会, 1993. 3~4.
- [2] 邹树文. 中国昆虫史[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 180~186.
- [3] 三桥 淳. 世界の 食用昆虫[M]. 东京: 古今书院, 1992. 18~51.
- [4] 冯颖, 陈晓鸣, 王绍云. 中国常见食用昆虫名录及利用状况[M]. 资源昆虫学研究进展. 昆明: 云南科技出版社, 1999. 93~102.
- [5] 金园. 食品营养卫生学[M]. 北京: 中国商业出版社, 1987. 11~62.
- [6] 陈即惠. 蚂蚁的药用研究——蛋白质和氨基酸的分析[J]. 广西中医药, 1983, 6(2): 42.
- [7] 李松林, 任延军, 崔熙. 血红林蚁与鼎突多刺蚁营养成分的比较研究[J]. 中国药学杂志, 1994, 29(9): 521~523.
- [8] 甘绍虞, 容碧娴, 陈建华. 蚂蚁酒及其浸膏的氨基酸分析[J]. 广西中医药, 1984, 7(6): 43.
- [9] 谈增毅, 高蓉, 高杨. 凉山虫草和冬虫夏草化学成分的比较[J]. 中草药, 1985, 16(5): 4~5.
- [10] 杨宏度, 马紫亮, 孙同钦. 香棒虫草和冬虫夏草化学成分比较[J]. 中草药, 1985, 16(5): 2~3.
- [11] 容碧娴, 甘绍虞, 陈建华. 蚂蚁及其制剂的微量元素分析[J]. 中草药, 1987, 18(7): 47.
- [12] 黄亮文, 林琼芳. 家白蚁体内氨基酸的研究[J]. 昆虫知识, 1989, 26(3): 158~159.
- [13] 邵有钱, 祁海萍. 蜂尸体营养成分分析[J]. 蜜蜂杂志, 1989, (4): 3~5.
- [14] 钟裕容, 崔淑莲, 杨智. 蛹虫草菌丝与冬虫夏草中氨基酸、甘露醇的含量[J]. 中国中药杂志, 1990, 15(4): 39~40.

- [15] 赵锐,何德硕,刘隽彦. 柞蚕蛹油研究报告[J]. 蚕业科学, 1991, 17(4): 227 ~ 229.
- [16] 沈平锐,罗光华. 蜂王胚食用开发价值的研究[J]. 食品科技, 1991, (2): 21 ~ 26.
- [17] 丘翠嫦,戴斌,王少衍. 新疆虫草的生药鉴定及氨基酸分析[J]. 中药材, 1991, 14(12): 20 ~ 22.
- [18] 沈发荣,董大志,杨大荣. 虫草蝙蝠蛾幼虫、预蛹和冬虫夏草氨基酸分析[J]. 云南农业大学学报, 1991, 6(2): 122 ~ 123.
- [19] 陈仕江,曾纬,黄天福. 贡嘎蝠蛾幼虫血淋巴中游离氨基酸、海藻糖的初步研究[J]. 四川动物, 1992, 11(3): 11 ~ 12.
- [20] 乔太生,唐华澄,刘景①. 中华稻蝗的营养成分分析及其蛋白质评价[J]. 昆虫知识, 1992, 29(2): 113 ~ 117.
- [21] 陆源,王达瑞,韩灯保. 大白蚁机体的蛋白质、氨基酸及脂肪酸分析[J]. 营养学报, 1992, 14(1): 103 ~ 106.
- [22] 詹松,李海棠. 冬虫夏草与蔗蛾虫草菌丝体化学成分的比较研究[J]. 中药材, 1993, 16(4): 30 ~ 32.
- [23] 周从熙,杨铁. 蚕蛹的综合开发利用[J]. 生物学通报, 1993, 28(10): 44 ~ 47.
- [24] 朱昌烈,新津胜. 冬虫夏草多胺类成分的分析[J]. 中草药, 1993, 24(2): 71 ~ 72.
- [25] 马冰如,何玲,张甲生. 蚕蛹虫草与冬虫夏草化学成分的比较[J]. 中国食用菌, 1994, 13(1): 34 ~ 37.
- [26] 朱珠,包雁梅. 利用柞蚕鲜蛹制高蛋白营养液[J]. 食品科学, 1995, 16(7): 45 ~ 47.
- [27] 王云珍,董大志,陆源. 凹纹胡蜂与黑尾胡蜂蛋白氨基酸分析研究[J]. 动物学研究, 1988, 9(2): 140 ~ 170.
- [28] 张泽生,姚国雄. 家蝇幼虫作为人类潜在食物蛋白质资源的探索[J]. 食品工业科技, 1997, (2): 67 ~ 69.
- [29] 刘红,袁兴中,陈鹏. 吉林省蚂蚁资源及其实用价值的研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(3): 276 ~ 281.
- [30] 李广宏,钟昌珍,宗量炳. 蝇蛆蛋白粉的营养评价[J]. 昆虫知识, 1997, 34(6): 347 ~ 349.
- [31] 陈彤,王克. 金凤蝶的营养成分分析[J]. 昆虫知识, 1997, 34(6): 350.
- [32] 张泽生,姚国雄. 家蝇幼虫蛋白质营养价值的生物评价——兼论中国儿童保健食品八珍糕中蝇蛆的作用[J]. 食品工业科技, 1998, (2): 12 ~ 14.
- [33] 何剑中,卢南,牛建华. 云南松毛虫蛹和成虫化学成分及其比较研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(2): 130 ~ 134.
- [34] 冯颖,陈晓鸣,叶寿德. 同翅目几种食用昆虫记述及营养分析[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 515 ~ 518.
- [35] Gene R. DeFoliart. Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates[J]. The food insects newletter, 1991, 4(1): 1 ~ 4.
- [36] 胡萃. 资源昆虫及其利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 219 ~ 228.
- [37] 张豁中,温玉麟. 动物活性成分化学[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1995. 1127 ~ 1136.

Review on Nutritive Value of Edible Insects

FENG Ying, CHEN Xiao-ming

(The Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650216, Yunnan, China)

Abstract: As an important biological resource, insect resources have not been fully used and developed. Based on analysis and study, the nutritive value of edible insects was reviewed. The results showed that insects have rich protein (20% ~ 70%), amino acid (30% ~ 60%), fat (10% ~ 50%), fatty acid, carbohydrate (2% ~ 10%), mineral elements, vitamins and other activated elements which are good for human's health. As protein resources, the nutritive value of edible insects is as good as animal and plant resources. Insects have feature of rich species and great population amount, therefore as nutritive resources, edible insects can be widely used and have a great development potentiality.

Key words: edible insects; nutritive value; protein resources