

云南保山地区两种胡蜂食用虫态营养成分分析及评价

艾薇,尹海辽,陈海燕,陈自宏,刘安波,柳青*

(保山学院高黎贡山研究院,云南省高校滇西昆虫资源保护与利用重点实验室,云南 保山 678000)

摘要:为明确云南保山地区广泛分布和普遍食用的凹纹胡蜂(*Vespa velutina auraria* Smith)和金环胡蜂(*Vespa mandarinia* Smith)的营养成分及差异,以野外采集的两种胡蜂为材料,采用常压直接干燥法、高温灼烧法、分光光度法等方法测定了凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个食用虫态及金环胡蜂初蛹虫态的水分、灰分、粗蛋白、氨基酸和总糖等营养成分含量,并对其进行分析和评价。结果表明,凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个虫态的水分含量分别为67.44%~75.71%、72.76%~73.28%、73.06%~74.20%;灰分含量分别为2.93%~3.77%、1.09%~2.38%、1.06%~2.57%;蛋白质含量分别为15.833%~17.326%、17.918%~18.471%、18.509%~19.529%;总糖含量分别为22.34%~25.44%、19.56%~21.19%、12.89%~19.43%;各食用虫态的营养成分含量与样品采样地和虫态关系密切,不同采样地的同一食用虫态或同一采样地的不同食用虫态的营养成分含量均具有显著差异。金环胡蜂初蛹的水分、灰分、蛋白质和总糖含量分别为75.47%、1.65%、23.269%和13.71%,其中水分和蛋白质含量高于同虫态凹纹胡蜂的含量。氨基酸分析结果表明,龙陵碧寨乡凹纹胡蜂3个食用虫态含16种氨基酸,必需氨基酸种类齐全,含量充足;E/N的比值依次为0.32、0.40和0.47,必需氨基酸占总氨基酸含量(E%)分别为24.19%、28.57%和31.99%,E%/T必需氨基酸(g)/总氮(g)(T=15)值分别为1.61、1.91和2.13。总体上,凹纹胡蜂3个虫态中以初蛹的蛋白质含量最高,水分含量适中,总糖含量和灰分含量最低,必需氨基酸种类齐全且含量充足,是最理想的食用虫态。金环胡蜂个体较大,营养价值较高,具有很高的食用价值。

关键词:凹纹胡蜂;金环胡蜂;食用虫态;营养成分;氨基酸含量

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)04-0382-08

Nutritional component analysis and evaluation of the edible stages of two *Vespa* species from Baoshan area, Yunnan Province

AI Wei, YIN Hailiao, CHEN Haiyan, CHEN Zihong, LIU Anbo, LIU Qing*

(Research Institute of Gaoligong Mountains, Baoshan University, Key Laboratory of Conservation and Utilization of Insect Resources in Western Yunnan, Baoshan 678000, Yunnan, China)

Abstract: In order to understand the nutritional components and differences of *Vespa velutina auraria* Smith and *Vespa mandarinia* Smith, which are widely distributed and commonly consumed in Baoshan area, the nutritional components including contents of water, ash, crude protein, amino acid and total sugar in three edible stages of *V. velutina auraria* and the early pupae of *V. mandarinia* collected in field were analyzed and evaluated by direct drying under normal pressure, high temperature burning and spectrophotometry methods. The results showed that the water contents of larvae, prepupae and early pupae of *V. velutina auraria* were 67.44%-75.71%, 72.76%-73.28% and 73.06%-74.20%, ash contents were 2.93%-3.77%, 1.09%-2.38% and 1.06%-2.57%, protein contents were 15.833%-17.326%, 17.918%-18.471% and 18.509%-19.529%, the total sugar contents were 22.34%-25.44%, 19.56%-21.19% and

收稿日期: 2023-02-06 修回日期: 2023-03-22 接受日期: 2023-04-29

作者简介: 艾薇(1979-),女,教授,硕士,从事地方特色食品开发与应用研究。E-mail: fwaiwei@aliyun.com

*通讯联系人: 柳青(1981-),男,教授,博士,从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail: liuqinggc065@126.com

基金项目: 云南省高校滇西昆虫资源保护与利用重点实验室建设项目(云教发[2019]57号);保山学院博士科研启动基金项目(17BS002)

引用格式: 艾薇,尹海辽,陈海燕,等. 云南保山地区两种胡蜂食用虫态营养成分分析及评价[J]. 生物资源, 2023, 45(4): 382-389.

Ai W, Yin H L, Chen H Y, et al. Nutritional component analysis and evaluation of the edible stages of two *Vespa* species from Baoshan area, Yunnan Province [J]. Biotic Resources, 2023, 45(4): 382-389.

12.89%-19.43%, respectively. There was a close relationship between the nutrient contents, sampling sites and the insect edible stages. The nutrient contents of the same edible stages in different sampling site or different edible stage from the same sampling site were different. The nutritional contents of water, ash, protein and total sugar of *V. mandarinia* in the early pupae were 75.47%, 1.65%, 23.269% and 13.71%, respectively, and the contents of water and protein were higher than those of *V. velutina auraria* at the same stage. The results of amino acid analysis showed that there were 16 essential amino acids in 3 edible stages of *V. velutina auraria* from Bizhai Town, Longling County. The ratios of E/N were 0.32, 0.4 and 0.47, the ratios of essential amino acids to total amino acids (E %) were 24.19 %, 28.57 % and 31.99 %, and the ratios of essential amino acids (g) to total nitrogen (g) (T=15) were 1.61, 1.91 and 2.13, respectively. In general, the early pupae of *V. velutina auraria* have the highest protein content, moderate water content, the lowest total sugar content and ash content, as well as a complete and sufficient variety of essential amino acids, making them the most ideal edible stage. The *V. mandarinia* is larger and has high nutritional value, and high edible value.

Key words: *Vespa velutina auraria* Smith; *Vespa mandarinia* Smith; edible stage; nutritional ingredient; amino acid content

0 引言

昆虫是地球上生物量最大的生物类群,也是目前最大的尚未被充分利用的宝贵资源^[1]。昆虫虫体蛋白质含量高、营养丰富^[2,3],可以作为高蛋白食品的重要来源而被全世界尤其是发展中国家广泛食用^[4,5]。

胡蜂俗称马蜂或黄蜂,是膜翅目(Hymenoptera)胡蜂总科(Vespoidea)昆虫的总称^[6],目前全球已知约258属6 000种,我国记载57属约200种^[7~9]。胡蜂具有较高的营养价值,许多胡蜂的幼虫和蛹可供人类食用^[5],如在墨西哥常见的食用胡蜂有10多种,食用方法主要有生吃和烤吃等^[10];亚洲的日本、泰国等地区常将胡蜂加调料煮吃或制作成罐头出售^[11];在我国云南等地胡蜂是最常见的食用昆虫种类,在夏秋季,许多地方的农贸市场有带巢出售的胡蜂幼虫及蛹,各种餐厅、饭店也有胡蜂菜肴出售,价格昂贵^[10]。凹纹胡蜂(*Vespa velutina auraria* Smith)与金环胡蜂(*Vespa mandarinia* Smith)是云南保山地区十分常见的两种食用昆虫,备受人们的追捧^[11~13]。近年来,随着这两种胡蜂市场需求量的不断增加^[14],人们对其营养成分和食用安全等方面的关注度也越来越高^[15]。已有学者对凹纹胡蜂食用虫态的营养成分^[16]、重金属、微量元素^[17]及蛋白氨基酸含量^[18,19]等

进行了报道。比较而言,金环胡蜂的相关研究报道则较少^[7]。尽管上述研究已经对两种胡蜂的营养成分进行了初步研究,但都只局限于对一个地区样本的分析,尚未涉及不同地区的比较研究,而且这些研究对食用虫态的划分不够明确。因此,本文以云南保山地区分布的凹纹胡蜂与金环胡蜂为研究材料,测定两种胡蜂适口性较好的幼虫、预蛹和初蛹3个食用虫态的营养成分,并对其含量进行分析评价,旨在为进一步促进该地区胡蜂食用产品的开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究材料

两种胡蜂样本均采自云南保山地区,其中金环胡蜂野外分布的巢穴仅在腾冲五合乡发现,且因其攻击性较强,采样难度大,获得的样本量较少。具体采集信息如表1。

1.2 营养成分测定

1.2.1 样品前处理

采集到新鲜胡蜂样品后,将胡蜂个体与蜂巢分离,然后将胡蜂个体按照幼虫、预蛹和初蛹3个食用虫态进行分类^[7](图1);其中凹纹胡蜂样品3个食用虫态的虫体数量较多,金环胡蜂样品多数已化蛹,幼虫和预蛹2个食用虫态的虫体数量极少,因此本研

表1 两种胡蜂的采样地信息

Table 1 Information on sampling sites of two *Vespa* species

物种名	采集地点	经纬度	海拔/m
凹纹胡蜂 (<i>Vespa velutina auraria</i> Smith)	龙陵碧寨乡	N:24°33'41", E:98°02'05"	706
	腾冲五合乡	N:24°53'42", E:98°42'36"	1 570
	蒲缥镇双河村	N:24°58'44", E:99°02'29"	1 336
金环胡蜂(<i>Vespa mandarinia</i> Smith)	腾冲五合乡	N:24°53'42", E:98°42'36"	1 570

究中的金环胡蜂样品仅为初蛹虫态。除了水分含量立即测定外,其余样品分类标号后移入真空冷冻干燥机中真空干燥至恒重(前后两次称量相差不超过0.5 mg),取出用粉碎机粉碎装入密封袋后进行冷藏,备用。

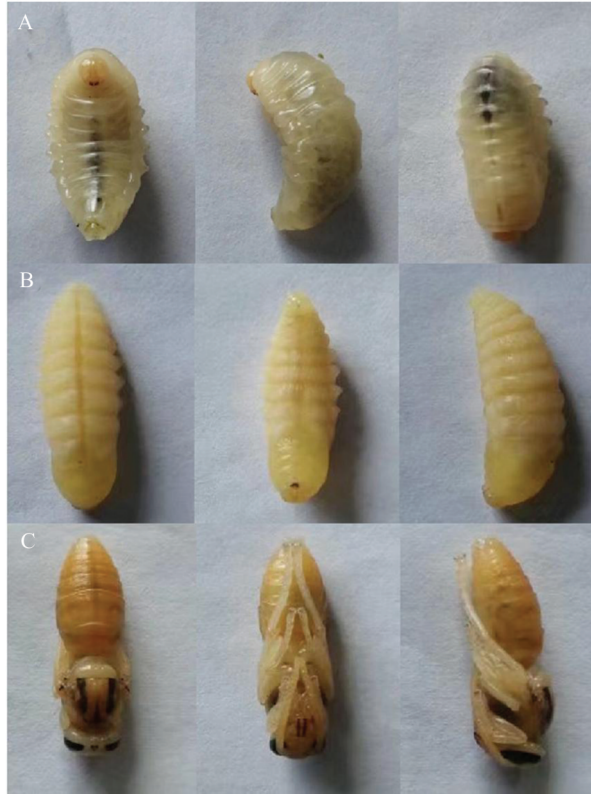


图1 凹纹胡蜂食用虫态的划分(A,幼虫;B,预蛹;C,初蛹)

Fig. 1 The edible stage classification of *V. velutina auraria* (A, larvae; B, prepupae; C, early pupae)

1.2.2 水分含量的测定

参照 GB 5009.3-2016《食品中水分的测定》中的常压直接干燥法进行测定^[20],用电热鼓风干燥箱对胡蜂样品进行直接烘干至恒重得到水分含量。计算公式如下:

$$x_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3}$$

式中: x_1 ,胡蜂样品水分含量(g/100 g); m_1 ,干燥前胡蜂样品和称量瓶的质量(g); m_2 ,干燥后胡蜂样品和称量瓶的质量(g); m_3 ,称量瓶的质量(g)。

1.2.3 灰分含量的测定

参照 GB 5009.4-2016《食品中灰分的测定》中的高温灼烧法进行测定^[21],用电阻炉对胡蜂样品进行高温灼烧后,称量至恒重,即得到灰分含量。计算公式如下:

$$x_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \times 100$$

式中: x_2 ,胡蜂样品灰分含量(g/100 g); m_1 ,坩埚和灰分的质量(g); m_2 ,坩埚的质量(g); m_3 ,坩埚和试样的质量(g);100,单位换算系数。

1.2.4 蛋白质含量的测定

参照 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》中的分光光度法进行测定^[22],用紫外可见分光光度计测定胡蜂样品测定液的吸光度,代入氨氮标准曲线中得到样品测定液中氮的含量后,再代入粗蛋白含量计算公式中测得蛋白质含量。计算公式如下:

$$x_3 = \frac{c - c_0}{m \times \frac{v_2}{v_1} \times \frac{v_4}{v_3} \times 10^6} \times 100 \times F$$

式中: x_3 ,胡蜂样品蛋白质含量(g/100 g); c ,胡蜂样品测定液中的氮含量(μg); c_0 ,胡蜂样品空白测定液中的氮含量(μg); v_1 ,胡蜂样品消化液的定容体积(mL); v_2 ,制备胡蜂样品溶液的消化液体积(mL); v_3 ,胡蜂样品溶液的总体积(mL); v_4 ,测定用胡蜂样品溶液的体积(mL); m ,胡蜂样品质量(g); F ,氮换算为蛋白系数,系数为6.25。蛋白质含量 ≥ 1 g/100 g时,结果保留三位有效数字;蛋白质含量 < 1 g/100 g时,结果保留两位有效数字。

1.2.5 总糖含量的测定

参照 GB/T 9695.31-2008《肉制品总糖含量测定》中的分光光度法,用可见分光光度计对胡蜂样品中的总糖含量进行测定^[23]。胡蜂样品中总糖含量(以葡萄糖计)的计算公式如下:

$$x_4 = \frac{m_1 \times V_0 \times 10^{-6}}{m_0 \times V_1} \times 100$$

式中: x_4 ,胡蜂样品总糖含量(g/100 g); m_1 ,从标准曲线查得葡萄糖含量(μg); V_0 ,胡蜂样品经前处理后定容的体积(mL); m_0 ,试样质量(g); V_1 ,测定时吸取滤液的体积(mL)。

1.2.6 氨基酸含量的测定

参照 GB/T 5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》中的测定方法,使用氨基酸自动分析仪对凹纹胡蜂样品中的氨基酸含量进行测定^[24]。因样本量不足,本研究仅对采自保山市龙陵县碧寨乡的凹纹胡蜂样品进行了氨基酸种类及含量的测定。

1.3 数据分析

采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)比较凹纹胡蜂不同采样地相同食用虫态及同一采样地不同食用虫态的营养成分含量差异,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较($\alpha=0.05$)。所有分析均在 SPSS 25.0 软件中完成。

2 结果与分析

2.1 两种胡蜂食用虫态水分含量

凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个虫态的水分含量分别为67.44%~75.71%、72.76%~73.28%、73.06%~74.20%;各食用虫态的水分含量较高,但因采样地不同而表现出一定差异,其中幼虫的水分含量在3个采样地具有显著差异($P<0.05$)。以蒲缥双河村的最高为75.71%,腾冲五合乡的最低为67.44%;预蛹和初蛹的水分含量在3个采样地差异不显著($P>0.05$),其中预蛹以腾冲五合乡的水分含量最高,其次是龙陵碧寨乡,蒲缥双河村的水分含量最低;初蛹同样以蒲缥双河村的水分含量最高,腾冲五合乡的最低(表2)。同一采样地不同食用虫态的水分含量也具有显著差异($P<0.05$),其中龙陵碧寨乡的表现出随虫体生长发育而增加的趋势,腾冲五合乡的表现预蛹>初蛹>幼虫,蒲缥双河村的大小关系为幼虫>初蛹>预蛹(表2)。金环胡蜂初蛹的水分含量为75.47%,高于同虫态凹纹胡蜂3个采样地水分含量(表2)。

表2 两种胡蜂各食用虫态的水分含量
Table 2 Moisture content of the edible stages of two *Vespa* species

虫态	凹纹胡蜂			金环胡蜂
	龙陵碧寨乡	腾冲五合乡	蒲缥双河村	腾冲五合乡
幼虫	69.78±0.06 ^{bb}	67.44±0.54 ^{bb}	75.71±0.06 ^{aa}	—
预蛹	72.91±0.05 ^{aa}	73.28±0.14 ^{aa}	72.76±0.25 ^{ab}	—
初蛹	73.95±0.12 ^{aa}	73.06±0.04 ^{aa}	74.20±0.05 ^{aa}	75.47±0.04

注:表格中数据为均值±标准误,同行不同小写字母表示同一食用虫态不同采样地之间差异显著,同列中不同大写字母表示相同采样地不同食用虫态之间差异显著(Duncan's 检验, $P<0.05$);符号“—”表示样本数量不足,未检测

Note: the data in the table are mean±SE; different lowercase letters in the same row represent significant differences among the same edible stage of different sampling sites, different capital letters in the same column indicate significant differences among different edible stages of the same sampling sites (Duncan's test, $P<0.05$); the symbol “—” indicates that the sample size is insufficient and untested

2.2 两种胡蜂食用虫态灰分含量

凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个虫态的灰分含量分别为2.93%~3.77%、1.09%~2.38%、1.06%~2.57%;各虫态灰分含量因采样地不同而表现出显著差异($P<0.05$),其中幼虫的灰分含量以蒲缥双河村的最高为3.77%,龙陵碧寨乡的最低

为2.93%,腾冲五合乡的略高于龙陵碧寨乡,但两者差异不显著($P>0.05$);预蛹和初蛹则以腾冲五合乡的最高,龙陵碧寨乡的最低(表3)。同一采样地不同食用虫态的灰分含量也具有显著差异($P<0.05$),其中龙陵碧寨乡的灰分含量随虫体的生长发育而降低,腾冲五合乡和蒲缥双河村的灰分含量大小关系相同,均为幼虫>初蛹>预蛹;3个采样地都以幼虫的灰分含量最高,表现出随虫体的生长发育而减少的趋势(表3)。金环胡蜂初蛹的灰分含量为1.65 g/100 g,略高于同虫态凹纹胡蜂龙陵碧寨乡的灰分含量(表3)。

表3 两种胡蜂各食用虫态的灰分含量
Table 3 Ash content of the edible stages of two *Vespa* species

虫态	凹纹胡蜂			金环胡蜂
	龙陵碧寨乡	腾冲五合乡	蒲缥双河村	腾冲五合乡
幼虫	2.93±0.26 ^{ba}	3.11±0.08 ^{ba}	3.77±0.26 ^{aa}	—
预蛹	1.09±0.12 ^{bb}	2.38±0.29 ^{ab}	2.23±0.17 ^{ab}	—
初蛹	1.06±0.03 ^{bb}	2.57±0.06 ^{ab}	2.34±0.54 ^{ab}	1.65±0.14

注:表格中数据为均值±标准误,同行不同小写字母表示同一食用虫态不同采样地之间差异显著,同列中不同大写字母表示相同采样地不同食用虫态之间差异显著(Duncan's 检验, $P<0.05$);符号“—”表示样本数量不足,未检测

Note: the data in the table are mean±SE; different lowercase letters in the same row represent significant differences among the same edible stage of different sampling sites, different capital letters in the same column indicate significant differences among different edible stages of the same sampling sites (Duncan's test, $P<0.05$); the symbol “—” indicates that the sample size is insufficient and untested

2.3 两种胡蜂食用虫态蛋白质含量

凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个虫态的蛋白质含量分别为15.833%~17.326%、17.918%~18.471%、18.509%~19.529%;各食用虫态的蛋白质含量在3个采样地具有显著差异($P<0.05$),其中幼虫以蒲缥双河村的蛋白质含量最高,龙陵碧寨乡的最低;预蛹和初蛹则都以蒲缥双河村的蛋白质含量最高,腾冲五合乡的最低(表4)。同一采样地不同食用虫态的蛋白质含量也具有显著差异($P<0.05$),同样呈现出随虫体的生长发育而增加的趋势,以初蛹的蛋白质含量最高(表4)。金环胡蜂初蛹的蛋白质含量为23.27%,远高于同虫态凹纹胡蜂3个采样地的蛋白质含量(表4)。

2.4 两种胡蜂食用虫态总糖含量

凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个虫态的总糖含量

表4 两种胡蜂各食用虫态的蛋白质含量
Table 4 Protein content of the edible stages of two *Vespa* species

虫态	凹纹胡蜂			金环胡蜂
	龙陵碧寨乡	腾冲五合乡	蒲缥双河村	腾冲五合乡
幼虫	15.833±0.109 ^{bc}	16.703±0.497 ^{ab}	17.326±0.403 ^{ac}	—
预蛹	18.383±0.214 ^{ab}	17.918±0.111 ^{ba}	18.471±0.304 ^{ab}	—
初蛹	19.192±0.118 ^{aA}	18.509±0.495 ^{ba}	19.529±0.219 ^{aA}	23.269±0.416

注:表格中数据为均值±标准误,同行不同小写字母表示同一食用虫态不同采样地之间差异显著,同列中不同大写字母表示相同采样地不同食用虫态之间差异显著(Duncan's 检验, $P<0.05$);符号“—”表示样本数量不足,未检测
Note: the data in the table are mean±SE; different lowercase letters in the same row represent significant differences among the same edible stage of different sampling sites, different capital letters in the same column indicate significant differences among different edible stages of the same sampling sites (Duncan's test, $P<0.05$); the symbol “—” indicates that the sample size is insufficient and untested

分别为 22.34%~25.44%、19.56%~21.19%、12.89%~19.43%;各食用虫态的总糖含量在 3 个采样地均具有显著差异($P<0.05$),其中幼虫的总糖含量以龙陵碧寨乡的最高达 25.44%,蒲缥双河村的最低为 22.34%;预蛹和初蛹都以蒲缥双河村的总糖含量最高,腾冲五合乡的最低(表 5)。同一采样地不同食用虫态的总糖含量也具有显著差异($P<0.05$),呈现出与蛋白质含量相反的规律,即 3 个采样地的总糖含量均随虫体的生长发育而降低(表 5)。金环胡蜂初蛹的总糖含量为 13.71%,略高于同虫态凹纹胡蜂腾冲五合乡的总糖含量(表 5,图 2)。

2.5 凹纹胡蜂食用虫态氨基酸含量

龙陵碧寨乡凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹 3 个虫态含 16 种氨基酸,必需氨基酸种类齐全,含量充足,相互比例适中;天冬氨酸、苏氨酸、谷氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和精氨酸等 10 种氨基酸含量均表现为随虫体的生长发育而增加。3 个虫态必需氨基酸总量(E)分别为 4.48%、

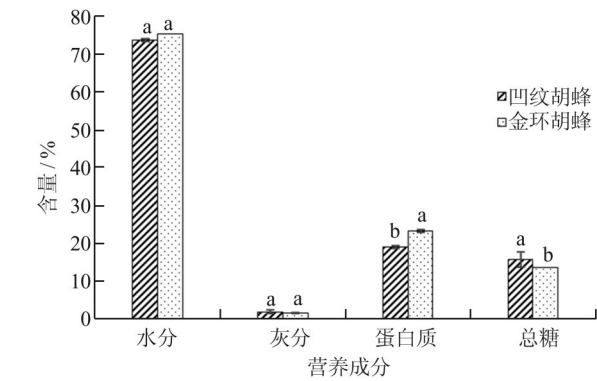


图2 保山地区两种胡蜂初蛹阶段营养成分对比
Fig. 2 Comparison on the nutritional components of early pupae of two *Vespa* species from Baoshan area
注:同一种营养成分中不同小写字母表示两种胡蜂含有的该营养成分差异显著($P<0.05$)

Note: different lowercase letters in the same nutritional component indicate significant differences in the nutrient content of two *Vespa* species ($P<0.05$)

5.44% 和 9.42%,非必需氨基酸总量(N)分别为 14.04%、13.6% 和 20.03%,E/N 的比值依次为

表5 两种胡蜂各食用虫态的总糖含量
Table 5 Total sugar content of the edible stages of two *Vespa* species

虫态	凹纹胡蜂			金环胡蜂
	龙陵碧寨乡	腾冲五合乡	蒲缥双河村	腾冲五合乡
幼虫	25.44±0.05 ^{aA}	24.35±0.04 ^{aA}	22.34±0.03 ^{bA}	—
预蛹	21.03±0.04 ^{ab}	19.56±0.04 ^{bb}	21.19±0.04 ^{aA}	—
初蛹	15.03±0.04 ^{bc}	12.89±0.05 ^{cC}	19.43±0.04 ^{ab}	13.71±0.05

注:表格中数据为均值±标准误,同行不同小写字母表示同一食用虫态不同采样地之间差异显著,同列中不同大写字母表示相同采样地不同食用虫态之间差异显著(Duncan's 检验, $P<0.05$);符号“—”表示样本数量不足,未检测
Note: the data in the table are mean±SE; different lowercase letters in the same row represent significant differences among the same edible stage of different sampling sites, different capital letters in the same column indicate significant differences among different edible stages of the same sampling sites (Duncan's test, $P<0.05$); the symbol “—” indicates that the sample size is insufficient and untested

0.32、0.40 和 0.47,必需氨基酸占总氨基酸含量(E%)分别为 24.19%、28.57% 和 31.99%,E%/T 必需氨基酸(g)/总氮(g)(T=15)值分别为 1.61、1.91 和 2.13。可见,凹纹胡蜂 3 个虫态的必需氨基酸占总氨基酸含量均未达到 40%,E/N 值未超过 0.6,E%/T 值未接近 3。相比幼虫和预蛹,初蛹的 3 个指标值最高,最符合 FAO/WHO 提出的参考蛋白模式,表明初蛹是最理想的食用虫态(表 6)。

表 6 龙陵碧寨乡凹纹胡蜂氨基酸含量
Table 6 Amino acid content of *V. velutina auraria* from Bizhai town, Longling county

氨基酸种类	凹纹胡蜂			%
	幼虫	预蛹	初蛹	
天冬氨酸(Asp)	1.74	2.09	3.16	
苏氨酸(Thr)	0.43	0.46	0.82	
丝氨酸(Ser)	0.97	0.92	1.49	
谷氨酸(Glu)	2.77	4.05	5.90	
甘氨酸(Gly)	2.10	1.58	2.35	
丙氨酸(Ala)	1.33	0.90	1.76	
缬氨酸(Val)	0.54	0.66	1.03	
蛋氨酸(Met)	0.47	0.58	0.68	
异亮氨酸(Ile)	0.39	0.39	0.71	
亮氨酸(Leu)	0.95	1.00	1.80	
酪氨酸(Tyr)	0.70	0.84	1.84	
苯丙氨酸(Phe)	0.39	0.50	0.87	
组氨酸(His)	2.79	2.12	2.49	
赖氨酸(Lys)	0.97	1.01	1.67	
精氨酸(Arg)	0.67	0.75	1.15	
脯氨酸(Pro)	1.67	1.19	1.73	

3 结论与讨论

食用昆虫营养丰富,可以为人类提供优质的蛋白质资源^[25]。云南保山是少数民族聚居地区,具有浓厚的食虫文化和习俗^[26],胡蜂就是该地区深受人们喜爱的食用昆虫之一,多以幼虫、蛹或成虫为食用虫态通过油炸或蒸煮方式做成各种美味佳肴^[27]。本研究采用常规测定法对该地区两种常见的食用昆虫凹纹胡蜂和金环胡蜂幼虫、预蛹和初蛹 3 种食用虫态的水分、灰分、蛋白质、总糖和氨基酸等营养成分进行了测定,结果表明,凹纹胡蜂各食用虫态的水分含量与样品采样地和虫态本身有密切关系,不同采样地的同一食用虫态或相同采样地的不同食用虫态其水分含量均存在差异;金环胡蜂初蛹的水分含量高于同虫态凹纹胡蜂 3 个采样地的水分含量。与陈玉惠

等^[16]对采自昆明的凹纹胡蜂食用虫态的营养成分分析结果相比,本研究中幼虫的水分含量与其基本相似,但蛹的水分含量较高,这可能与样品的采集地、储藏和前处理等多种因素有关,有待进一步验证。

灰分含量方面,前人研究发现凹纹胡蜂各食用虫态的灰分含量与虫体发育阶段成正相关^[16]。本研究中,凹纹胡蜂各食用虫态在 3 个采样地的灰分含量差异显著;同一采样地不同食用虫态的灰分含量也具有显著差异,均以幼虫的灰分含量最高,表现出随虫体的生长发育而减少的趋势,即灰分含量与虫体发育阶段成负相关关系,推测可能是由于不同地区凹纹胡蜂所取食的食物来源与种类不同而导致的。胡蜂幼虫依靠成虫饲喂获取各种食物和养分,食物中的各种无机物大量残存于幼虫体内,停止进食后的预蛹和初蛹体内无机物可能随排泄物排出体外而降低^[28]。

昆虫具有很高的蛋白质含量,且远超过人们最常食用的鱼肉、猪肉、牛肉和鸡蛋等数倍至数十倍^[29]。本研究表明,凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹 3 个食用虫态的蛋白质含量分别为 15.833%~17.326%、17.918%~18.471%、18.509%~19.529%。各虫态的蛋白质含量在 3 个采样地具有显著差异;同一采样地不同虫态的蛋白质含量也存在显著差异,呈现出随虫体的生长发育而增加的趋势。金环胡蜂初蛹的蛋白质含量为 23.27%,远高于同虫态凹纹胡蜂 3 个采样地的蛋白质含量。这一结果与陈玉惠等^[16]报道的凹纹胡蜂幼虫和蛹的蛋白质含量相似,但与冯颖等^[10]报道的基胡蜂(*V. basalis* Smith)、金环胡蜂(*V. mandarinia* Smith)、黄裙马蜂(*Polistes sagittarius* Saussure)和哇马蜂(*P. sulcatus* Smith)等 4 种胡蜂的蛋白质含量相差较大,这可能与两个研究涉及的胡蜂种类和蛋白质测定方法不同有关,本研究采用分光光度法测定蛋白质含量,相对传统的凯氏定氮法具有灵敏度高、操作简便等优点,但其准确度相对不高。

凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹 3 个食用虫态的总糖含量分别为 22.34%~25.44%、19.56%~21.19%、12.89%~19.43%。各虫态的总糖含量在 3 个采样地具有显著差异;同一采样地不同虫态的总糖含量也存在显著差异,且随虫体的生长发育而降低。这与前人研究报道的凹纹胡蜂幼虫和蛹的总糖含量有较大差别^[16],但两个研究均发现总糖含量随虫体的生长发育而降低,以幼虫最高,说明凹纹胡蜂各食用虫态的总糖含量与虫体发育成负相关,这可能也是导致凹纹胡蜂随虫龄增长而食用适口性变

差的一个原因。

氨基酸组成及其含量是评价一种蛋白质资源优劣的重要指标^[16]。根据FAO/WHO提出的参考蛋白模式,必需氨基酸总量(E%)应达到40%左右,E/N比值要在0.6以上,E%/T值应达3。本研究发现,龙陵碧寨乡凹纹胡蜂3个食用虫态含16种氨基酸,必需氨基酸种类齐全,但3个虫态的必需氨基酸占总氨基酸含量均未达到40%,E/N值未超过0.6,E%/T值未接近3。当然,这一结果仅反映出龙陵碧寨乡的情况,其他2个采样地凹纹胡蜂氨基酸含量尚不清楚,因此其原因有待进一步研究。实际上,在云南保山地区,人们喜欢食用胡蜂却并未过于关注其营养价值的高低,更多是对该种美食的一种体验。

调查发现,在保山地区,凹纹胡蜂和金环胡蜂的幼虫、蛹和成虫都可以被收集烹食,但成虫阶段往往虫体体壳坚硬,相较于幼虫和蛹适口性较差。本研究通过测定凹纹胡蜂幼虫、预蛹和初蛹3个食用虫态及金环胡蜂初蛹虫态的营养成分,分析发现各食用虫态的营养成分含量与样品采样地和虫态关系密切,不同采样地的同一食用虫态或同一采样地的不同食用虫态的营养成分含量均具有显著差异,表明产地对两种胡蜂的营养成分具有重要影响;凹纹胡蜂3个虫态以初蛹蛋白质含量最高,水分含量适中,总糖含量和灰分含量最低,必需氨基酸种类齐全,含量充足,是最理想的食用虫态。金环胡蜂个体较大,营养价值较高,具有很高的食用价值。

参考文献

- [1] 刘高强,魏美才,王晓玲. 昆虫资源利用及其产业化进展[J]. 生命科学研究, 2002, 6(4): 169-172.
Liu G Q, Wei M C, Wang X L. Progress on utilization and industrialization of insects resources [J]. Life Science Research, 2002, 6(4): 169-172.
- [2] Nowak V, Persijn D, Rittenschober D, *et al.* Review of food composition data for edible insects [J]. Food Chemistry, 2016, 193(15): 39-46.
- [3] 蒲正宇,史军义,周德群,等. 金斑蝶幼虫和蛹的营养成分分析[J]. 山东农业科学, 2014, 46(6): 131-134.
Pu Z Y, Shi J Y, Zhou D Q, *et al.* Analysis on nutritional components of larva and pupa of *Danaus chrysippus* [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2014, 46(6): 131-134.
- [4] van Huis A. Potential of insects as food and feed in assuring food security [J]. Annual Review of Entomology, 2013, 58(1): 563-583.
- [5] Looy H, Dunkel F V, Wood J R. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways [J]. Agriculture and Human Values, 2014, 31(1): 131-141.
- [6] 池成林,李强,马丽. 黄脚胡蜂生物学特性研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(6): 933-941.
Chi C L, Li Q, Ma L. Bionomics of *Vespa velutina* Lepelletier (Hymenoptera: Vespidae) [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2019, 34(6): 933-941.
- [7] 张佑祥,易浪波,李艳丽,等. 金环胡蜂食用虫态矿物质元素含量分析[J]. 湖南农业科学, 2012(11): 98-100.
Zhang Y X, Yi L B, Li Y L, *et al.* Analysis of mineral elements content in the edible stages of *Vespa mandarinia* Smith [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2012(11): 98-100.
- [8] Sauvard D, Imbault V, Darrouzet É. Flight capacities of yellow-legged hornet (*Vespa velutina nigrithorax*, Hymenoptera: Vespidae) workers from an invasive population in Europe [J]. Plos One, 2018, 13(6): e0198597.
- [9] Rome Q, Perrard A, Muller F, *et al.* Not just honeybees: predatory habits of *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in France [J]. Annales de la Société entomologique de France (N. S.), 2021, 57(1): 1-11.
- [10] 冯颖,陈晓鸣,叶寿德,等. 云南常见食用胡蜂种类及其食用价值[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 578-581.
Feng Y, Chen X M, Ye S D, *et al.* The common edible species of wasps in Yunnan and their value as food [J]. Forest Research, 2001, 14(5): 578-581.
- [11] Wen P, Cheng Y N, Dong S H, *et al.* The sex pheromone of a globally invasive honey bee predator, the Asian eusocial hornet, *Vespa velutina* [J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 12956.
- [12] 许凯歌,陈壮志,杨自忠,等. 药用昆虫金环胡蜂及其混伪品DNA条形码鉴别研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(2): 313-318.
Xu K G, Chen Z Z, Yang Z Z, *et al.* Identification of medicinal insect *Vespa mandarinia* from its adulterants using DNA barcode [J]. World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2017, 19(2): 313-318.
- [13] 董大志,王云珍. 凹纹胡蜂与黑尾胡蜂生物学初步研究(膜翅目: 胡蜂科)[J]. 动物学研究, 1989, 10(2): 155-162.
Dong D Z, Wang Y Z. A preliminary study on the biology of wasps *Vespa velutina auraria* Smith and *Vespa tropica ducalis* Smith [J]. Zoological Research, 1989, 10(2): 155-162.
- [14] 王兴旺,李涛,卓志航,等. 浅析胡蜂的资源价值及危害[J]. 四川林业科技, 2015, 36(2): 42-47.
Wang X W, Li T, Zhuo Z H, *et al.* Analysis of resource value and harm of wasps [J]. Journal of Sichuan

- Forestry Science and Technology, 2015, 36(2): 42-47.
- [15] 赵敏, 冯颖, 何钊, 等. 我国昆虫食用安全的研究进展[J]. 中国蚕业, 2018, 39(2): 35-41.
Zhao M, Feng Y, He Z, *et al.* Research progress on insect food safety of China [J]. China Sericulture, 2018, 39(2): 35-41.
- [16] 陈玉惠, 欧晓红, 张红玉. 凹纹胡蜂食用虫态营养成分分析及其利用价值评价[J]. 西南林学院学报, 1997, 17(1): 39-42.
Chen Y H, Ou X H, Zhang H Y. An analysis of nutrient compositions of *Vespa velutina auraris* and evaluation of their utilization [J]. Journal of Southwest Forestry College, 1997, 17(1): 39-42.
- [17] 杨红, 陈丹, 肖培云, 等. 凹纹胡蜂成虫的重金属及常量、微量元素分析[J]. 广州化工, 2016, 44(10): 141-143.
Yang H, Chen D, Xiao P Y, *et al.* Heavy metals, constant and trace elements analysis of *Vespa velutina auraria* Smith adults [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2016, 44(10): 141-143.
- [18] 杨志斌, 翟宝祺, 杨红, 等. 改良 Lowry 法测定不同产地凹纹胡蜂药材蛋白质含量[J]. 中国民族民间医药, 2017, 26(18): 26-28.
Yang Z B, Zhai B Q, Yang H, *et al.* Study on an improved Lowry method for detecting the content of protein in *Vespa velutina auraria* Smith [J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2017, 26(18): 26-28.
- [19] 王云珍, 董大志, 陆源, 等. 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): 140-141.
Wang Y Z, Dong D Z, Lu Y, *et al.* Study on the quantitative analyses of amino acids of wasps *Vespa velutina auraria* Smith and *Vespa tropica ducalis* Smith [J]. Zoological Research, 1988, 9(2): 140-141.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee of the People's Republic of China. GB 5009.3-2016 National standards for food safety Determination of moisture in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee of the People's Republic of China. GB 5009.4-2016 National standards for food safety Determination of ash in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee of the People's Republic of China, National Food and Medical Products Administration. GB 5009.5-2016 National standards for food safety Determination of protein in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.31-2008 肉制品 总糖含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. GB/T 9695.31-2008 Meat products Determination of total sugars content [S]. Beijing: China Standard Press, 2009.
- [24] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
Chinese Ministry of Health, China National Standardization Management Committee. GB/T 5009.124-2003 Determination of amino acid in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2003.
- [25] 陈晓鸣. 中国资源昆虫利用现状及前景[J]. 世界林业研究, 1999, 12(1): 46-52.
Chen X M. The present situation and prospects of utilization of resource insects in China [J]. World Forestry Research, 1999, 12(1): 46-52.
- [26] 杨大荣. 云南食用昆虫资源与民族食虫文化[J]. 昆虫知识, 1999, 36(2): 122-125.
Yang D R. The edible insect resources and national insectivorous culture in Yunnan [J]. Entomological Knowledge, 1999, 36(2): 122-125.
- [27] 熊仁次, 李修炼, 成卫宁. 我国食用昆虫研究、开发现状与发展前景[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学), 2003, 31(增刊): 179-182.
Xiong R C, Li X L, Cheng W N. Edible insects in China [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2003, 31(Suppl.): 179-182.
- [28] Bertolino S, Lioy S, Laurino D, *et al.* Spread of the invasive yellow-legged hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in Italy [J]. Applied Entomology and Zoology, 2016, 51(4): 589-597.
- [29] Stull V J. Impacts of insects consumption on human health [J]. Journal of Insects as Food and Feed, 2021, 7(5): 695-713.

□

(编辑: 张丽红)