

DOI:10.14188/j.ajsh.20240718001

5种胡蜂预蛹营养成分及部分生物活性物质分析

王迪¹, 李静¹, 解道豪¹, 李亚辉¹, 熊婷¹, 杨志月¹, 李志涛¹,
黄国忠², 李琦华^{1*}, 杨明华^{1*}

(1. 云南农业大学 动物科学技术学院, 云南 昆明 650201;

2. 龙陵县黄氏蜂业有限公司, 云南 龙陵 678300)

摘要: 胡蜂是云南常见的高蛋白低脂肪食用昆虫之一, 但不同种类胡蜂的营养成分和生物活性物质含量差异很大。从云南省保山市龙陵县收集了5种胡蜂预蛹时期的蜂蛹, 包括凹纹胡蜂(*Vespa velutina auraria* Smith)、黑盾胡蜂(*Vespa bicolor* Fabricius)、大胡蜂(*Vespa magnifica* Smith)、黑尾胡蜂(*Vespa ducalis* Smith)和特有的夜食胡蜂(*Provespa barthelemyi* Buysson), 测定蛋白质、氨基酸、脂肪酸等营养物质和部分生物活性物质。结果表明: 新鲜胡蜂预蛹初水分含量在72.65%~73.58%, 其中, 黑盾胡蜂初水分含量最高, 显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$); 干物质中, 脂肪含量范围为20.38%~25.45%, 凹纹胡蜂脂肪含量显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$); 蛋白质含量范围为48.18%~50.78%, 黑盾胡蜂蛋白质含量最高, 但5种胡蜂之间差异不显著($P>0.05$); 灰分含量范围为2.45%~2.83%, 夜食胡蜂预蛹灰分含量最高, 为2.83%, 显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$); 黄酮含量范围为15.99~24.34 mg/g, 黑盾胡蜂黄酮含量为24.34 mg/g, 显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$); 几丁质含量范围为4.27%~6.56%, 大胡蜂几丁质含量显著高于4种胡蜂($P<0.05$)。5种胡蜂预蛹中, 苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸含量和EAA/TAA值差异不显著($P>0.05$), 黑尾胡蜂和大胡蜂苯丙氨酸、赖氨酸、谷氨酸、EAA含量显著高于其余3种胡蜂($P<0.05$), 凹纹胡蜂TAA含量显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$), 黑盾胡蜂鲜味氨基酸占比显著高于黑尾胡蜂($P<0.05$)。脂肪酸中月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、棕榈油酸、油酸、亚油酸含量较高。脂肪酸含量黑尾胡蜂>凹纹胡蜂>大胡蜂>夜食胡蜂>黑盾胡蜂。含量较高的矿物质有K、P、Mg、Na、Ca, 矿物质含量夜食胡蜂>黑尾胡蜂>黑盾胡蜂>凹纹胡蜂>大胡蜂。总体来看, 黑尾胡蜂整体营养成分和部分生物活性物质含量相对较高。

关键词: 胡蜂; 营养成分; 活性成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)01-0090-08

Analysis of nutritional components and some bioactive substances of five species of wasp prepupae

WANG Di¹, LI Jing¹, XIE Daohao¹, LI Yahui¹, XIONG Ting¹, YANG Zhiyue¹, LI Zhitao¹,
HUANG Guozhong², LI Qihua^{1*}, YANG Minghua^{1*}

(1. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China;

2. Huang's Bee Industry Co., Ltd., Longling County, Longling 678300, Yunnan, China)

Abstract: To clarify the nutritional composition and some bioactive substances of prepupae of *Vespa velutina auraria* Smith, *Vespa bicolor* Fabricius, *Vespa magnifica* Smith, *Vespa ducalis* Smith and *Provespa barthelemyi* Buysson from Yunnan, we collected prepupae of five wasp species from Longling County, Baoshan City, Yunnan Province to measure the nutrients such as proteins, amino acids, fatty acids, and some bioactive substances, so as to know the nutrient composi-

收稿日期: 2024-07-18 修回日期: 2024-11-29 接受日期: 2024-12-05

作者简介: 王迪(1998-), 女, 硕士生, 研究方向为动物营养与饲料科学, E-mail: 903879667@qq.com

* 通讯联系人: 李琦华(1965-), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 从事动物营养与饲料领域的教学科研工作, E-mail: 2473170727@qq.com; 杨明华(1967-), 硕士, 高级实验师, 主要从事饲料资源开发利用领域的教学科研工作, E-mail: 1161205847@qq.com

基金项目: 云南省龙陵县胡蜂产业科技特派团(202204BI090013)项目

引用格式: 王迪, 李静, 解道豪, 等. 5种胡蜂预蛹营养成分及部分生物活性物质分析[J]. 生物资源, 2025, 47(1): 90-97.

Wang D, Li J, Xie D H, et al. Analysis of nutritional components and some bioactive substances of five species of wasp prepupae [J]. Biotic Resources, 2025, 47(1): 90-97.

tion and the content of some bioactive substances of the prepupae of the wasp, then find their interspecific differences. The results showed that the initial moisture contents of fresh wasp prepupae range from 72.65% to 73.58%, among them, *Vespa bicolor* Fabricius has the highest initial moisture content, which is significantly higher than that of the other four wasp species ($P < 0.05$). In terms of dry matter, the fat contents range from 20.38% to 25.45%, and the fat content of *Vespa velutina auraria* Smith is significantly higher than that of the other four wasp species ($P < 0.05$). The protein contents range from 48.18% to 50.78%, with *Vespa bicolor* Fabricius having the highest protein content, but the differences among the five species are not significant ($P > 0.05$). The ash contents range from 2.45% to 2.83%, with *Provespa barthelemyi* Buysson having the highest value (2.83%), which is significantly higher than that of the other four species ($P < 0.05$). The flavonoid contents range from 15.99 mg/g to 24.34 mg/g, and the flavonoid content of *Vespa bicolor* Fabricius is 24.34 mg/g, significantly higher than that of the other four species ($P < 0.05$). The chitin contents range from 4.27% to 6.56%, and the chitin content of *Vespa magnifica* Smith is significantly higher than that of the other four species ($P < 0.05$). The contents of threonine, serine, glycine, alanine, isoleucine, valine, and arginine of the prepupae of the five wasp species are not significantly different ($P > 0.05$). The aspartic acid, valine and lysine contents of *Vespa ducalis* Smith are higher than those of the other four species, and its total amino acid content is significantly higher than that of *Vespa bicolor* Fabricius ($P < 0.05$). The value of EAA/TAA of *Vespa ducalis* Smith is significantly higher than that of *Vespa velutina auraria* Smith ($P < 0.05$), and the percentage of flavor amino acids of *Vespa bicolor* Fabricius is significantly higher than that of *Vespa ducalis* Smith. In terms of fatty acids, five species of wasps are rich in lauric, myristic, palmitic, stearic, palmitoleic, oleic and linoleic acids. The order of fatty acid content from high to low is *Vespa ducalis* Smith, *Vespa velutina auraria* Smith, *Vespa magnifica* Smith, *Provespa barthelemyi* Buysson, and *Vespa bicolor* Fabricius. The contents of K, P, Mg, Na and Ca are high in the five wasp species. The mineral contents from high to low are *Provespa barthelemyi* Buysson, *Vespa ducalis* Smith, *Vespa bicolor* Fabricius, *Vespa velutina auraria* Smith and *Vespa magnifica* Smith. Overall, *Vespa ducalis* Smith has relatively high nutrient and active ingredient contents.

Key words: wasp; nutrients; active ingredient; amino acid; fatty acid; mineral

0 引言

昆虫是地球上种类最多、生物量巨大的生物类群,昆虫资源多样性丰富,具有较高的研究与开发利用价值^[1]。在非常规蛋白质来源中,昆虫是一种独特而有效的蛋白质来源,有助于保障全球粮食安全^[2]。在全球范围内,有1 900多种不同的昆虫适合人类食用,其中鞘翅目和鳞翅目、膜翅目占比接近60%^[3]。其富含优质蛋白质、多种维生素、壳聚糖和矿物质等,可作为人类食物的主要来源。因此,可食用昆虫享有“上帝留给人类的最后一块蛋糕”之美誉。

目前,世界已知胡蜂科(Vespoidea)昆虫约6 000种,胡蜂属(*Vespa*)23种,其中,中国有胡蜂科昆虫200余种,胡蜂属昆虫17种^[4]。云南省山川众多,森林覆盖率达62.4%,气候条件温和,昆虫资源丰富,具有非常适合胡蜂生存的自然环境。截至2017年,云南胡蜂养殖注册团体384家,占全国胡蜂养殖规模的57%,其中又以保山市养殖规模最大^[5]。

胡蜂含丰富的蛋白质、氨基酸、脂肪酸、维生素等营养物质^[6],具有良好的保健作用和极高的药用价值^[7]。胡蜂幼虫、成虫、蜂房和蜂毒均可入药,是

传统药物,国内外早有应用。胡蜂蛹作为药食两用昆虫,其内富含人体必需氨基酸、脂肪酸等多种营养成分,被人们推崇为营养保健类食品,其营养价值更是得到了很多国家人民的认可^[8]。胡蜂蛹是云南常见的高蛋白低脂肪食用昆虫之一,含有多种氨基酸、矿物质和维生素^[9]。有学者对金环胡蜂(*Vespa mandarinia* Smith)、夜食胡蜂(*Provespa barthelemyi* Buysson)、黄脚胡蜂(*Vespa velutina* Lepeletier)进行营养成分分析,发现3种胡蜂预蛹的粗蛋白质均超过50%,含有多种氨基酸^[10]。此外,预蛹中还含有丰富的钙、镁、铁、锌、硒等矿物质,含有多种脂肪酸^[11]。本研究针对凹纹胡蜂(*Vespa velutina auraria* Smith)、黑盾胡蜂(*Vespa bicolor* Fabricius)、大胡蜂(*Vespa magnifica* Smith)、黑尾胡蜂(*Vespa affinis* (Linnaeus))、夜食胡蜂5种在云南具有代表性的胡蜂预蛹开展营养成分及部分生物活性物质含量检测比较分析,以期对胡蜂资源的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究材料

5种胡蜂预蛹均采自云南省保山市龙陵县龙山

镇河头社区龙陵黄氏蜂业有限公司胡蜂养殖基地(24.604 706°E, 24.604 706°N, 海拔 1 361.17 m)。云南农业大学动物科学技术学院东方蜜蜂研究所胡蜂科研团队将5种胡蜂的预蛹挑选出来。

1.2 营养成分测定

1)样品前处理。从养殖基地获取凹纹胡蜂、黑尾胡蜂、大胡蜂各5箱,从中采集新鲜胡蜂巢脾若干片,将胡蜂预蛹和蛹与巢脾分离,并将胡蜂按照大预蛹、预蛹、黑眼蛹3个食用虫态进行分类。将测定水分含量的样品留下,其余样品分类编号后,放入真空冷冻干燥机中干燥到恒重(前后两次称重之差不超过0.5 g),后将其粉碎后密封冷藏,备用。

2)水分含量测定。参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[12],通过常压干燥测得鲜样的水分含量。

3)蛋白含量测定。参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[13]测定蛋白含量。

4)脂肪含量测定。参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[14]测定脂肪含量。

5)灰分含量测定。参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[15]测定灰分含量。

6)黄酮含量测定。参照T/GDFDTAEC 05—2022《蜂胶类保健食品中总黄酮的测定-分光光度法》^[16]测定蜂蛹黄酮含量。

7)几丁质含量检测。参照SC/T 3403—2018甲壳素、壳聚糖^[17]方法测定几丁质含量。

8)氨基酸含量测定。参照GB/T 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》^[18]测定氨基酸含量。

9)脂肪酸含量测定。参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》^[19]检测

脂肪酸含量。

10)矿物质含量测定。参照GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素测定》^[20]测定矿物质含量。

1.3 数据分析

用Excel整理数据,采用单因素方差分析比较5种胡蜂预蛹营养成分和部分活性成分含量差异,采用Duncan's新复极差法进行多重比较($P=0.05$),所有数据分析均在SPSS 27.0软件中完成。

2 结果分析

2.1 5种胡蜂预蛹常规营养成分比较分析

5种胡蜂预蛹初水分、脂肪、蛋白质、灰分含量见表1。5种胡蜂预蛹初水分含量在72.65%~73.58%,黑盾胡蜂初水分含量最高,显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$),凹纹胡蜂预蛹初水分含量显著低于其余4种胡蜂预蛹($P<0.05$)。在干物质中,5种胡蜂预蛹脂肪含量在20.38%~25.45%,凹纹胡蜂显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$),大胡蜂脂肪含量显著低于其余4种蜂($P<0.05$);5种胡蜂中蛋白质含量范围为48.18%~50.78%,黑盾胡蜂预蛹蛋白质含量最高,黑尾胡蜂预蛹蛋白质含量最低,但5种胡蜂预蛹之间蛋白质含量差异不显著($P>0.05$)。5种胡蜂干物质中灰分含量范围为2.45%~2.83%,夜食胡蜂灰分含量最高,显著高于其余4种蜂($P<0.05$),其余4种胡蜂灰分含量差异不显著($P>0.05$)。

2.2 5种胡蜂预蛹的黄酮、几丁质含量

5种胡蜂预蛹干物质中黄酮含量见图1。5种胡蜂预蛹干物质中黄酮含量为15.99~24.34 mg/g,黄酮含量最高的是黑盾胡蜂(24.34 mg/g),显著高于其余4种胡蜂($P<0.05$),夜食胡蜂(17.56 mg/g)、黑尾胡蜂(15.99 mg/g)、凹纹胡蜂(19.89 mg/g)、大胡蜂(18.76 mg/g)的黄酮含量差异不显

表1 5种胡蜂预蛹初水分、脂肪、蛋白质、灰分含量(平均值±标准差)

Table 1 Initial moisture, fat, protein, and ash content of five species of wasp prepupae (mean±std)

蜂种	初水分/%	脂肪/%	蛋白质/%	灰分/%
凹纹胡蜂	72.65±0.14 ^c	25.45±0.00 ^a	48.50±0.31	2.56±0.00 ^b
黑尾胡蜂	73.16±0.67 ^b	24.45±0.00 ^b	48.18±0.20	2.49±0.02 ^b
大胡蜂	73.01±0.04 ^b	20.38±0.20 ^d	48.85±0.00	2.45±0.02 ^b
夜食胡蜂	73.20±0.05 ^b	21.37±0.00 ^c	49.99±0.01	2.83±0.02 ^a
黑盾胡蜂	73.58±0.04 ^a	21.37±0.15 ^c	50.78±0.15	2.58±0.01 ^b

注:脂肪、蛋白、灰分为干物质基础;同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$)
Note: fat, protein, and ash are dry matter basis; different lowercase letters on the same column indicate significant differences ($P<0.05$), while the same letter or no letter indicates no significant difference ($P>0.05$)

著($P > 0.05$)。

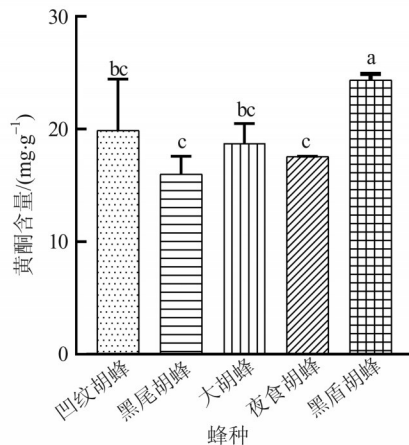


图1 5种胡蜂预蛹黄酮含量

Figure 1 Flavonoid content of five species of wasp prepupae

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)

Note: different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$), while the same letter indicates no significant differences ($P > 0.05$)

5种胡蜂预蛹干物质中几丁质含量见图2,大胡蜂的几丁质含量最高(6.56%),且显著高于其余4种胡蜂($P < 0.05$),凹纹胡蜂(5.16%)与黑尾胡蜂(5.06%)中几丁质含量次之,两者无显著差异($P > 0.05$),夜食胡蜂(4.94%)和黑盾胡蜂(4.27%)几丁质含量较低,两者差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 5种胡蜂预蛹氨基酸含量比较分析

5种胡蜂预蛹氨基酸含量与分析见表2,可以看

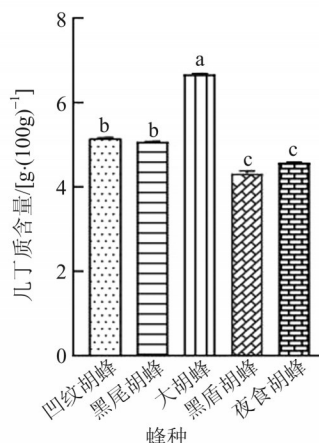


图2 5种胡蜂预蛹几丁质含量

Figure 2 Chitin content of five species of wasp prepupae

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)

Note: different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$), while the same letter indicates no significant difference ($P > 0.05$)

出,5种胡蜂预蛹中,苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸含量和EAA/TAA比值差异不显著($P > 0.05$),黑尾胡蜂和大胡蜂苯丙氨酸、赖氨酸、谷氨酸、EAA含量显著高于其余三种胡蜂($P < 0.05$)大胡蜂亮氨酸和组氨酸含量显著高于其余四种胡蜂($P < 0.05$)。凹纹胡蜂脯氨酸、TAA含量显著高于其余四种胡蜂($P < 0.05$)。

苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、亮氨酸、酪氨酸、精氨酸含量差异不显著($P > 0.05$),黑尾胡蜂天冬氨酸、缬氨酸、赖氨酸含量高于其余4种胡蜂,黑尾胡蜂和大胡蜂谷氨酸、苯丙氨酸含量显著高于凹纹胡蜂,凹纹胡蜂脯氨酸含量显著高于其余4种胡蜂($P < 0.05$),凹纹胡蜂和黑尾胡蜂异亮氨酸含量显著高于其余4种胡蜂($P < 0.05$)。黑尾胡蜂总氨基酸含量显著高于黑盾胡蜂($P < 0.05$),黑尾胡蜂必需氨基酸与总氨基酸之比(essential amino acids/total amino acids,EAA/TAA)显著高于凹纹胡蜂($P < 0.05$),黑盾胡蜂鲜味氨基酸占比最高,显著高于黑尾胡蜂($P < 0.05$)。

2.4 5种胡蜂预蛹脂肪酸含量比较分析

5种胡蜂预蛹脂肪酸含量见表3。在5种胡蜂中,月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、棕榈油酸、油酸、亚油酸含量较高。凹纹胡蜂油酸、单不饱和脂肪酸含量高于其余4种胡蜂,黑尾胡蜂月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、饱和脂肪酸含量高于其余4种胡蜂,大胡蜂亚油酸含量低于其余4种胡蜂。夜食胡蜂硬脂酸、亚油酸、亚麻酸、多不饱和脂肪酸含量高于其余4种蜂;月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、饱和脂肪酸、棕榈油酸、十七烯酸含量低于其余4种胡蜂。黑盾胡蜂硬脂酸、油酸、单不饱和脂肪酸、亚麻酸、多不饱和脂肪酸含量低于其余4种胡蜂。脂肪酸含量黑尾胡蜂>凹纹胡蜂>大胡蜂>夜食胡蜂>黑盾胡蜂。

2.5 5种胡蜂预蛹矿物质元素分析

5种胡蜂矿物质含量见表4,可以看出,在5种胡蜂中,含量较高的矿物质有K、P、Mg、Na、Ca,黑尾胡蜂Mg、Al、P、Fe、Zn含量高于其余4种胡蜂,夜食胡蜂K、Ca、Cu含量高于其余4种胡蜂,大胡蜂Mg、Al、Ca、Fe、Cu、Zn、Ba含量低于其余4种胡蜂。在矿物质总量中夜食胡蜂>黑尾胡蜂>黑盾胡蜂>凹纹胡蜂>大胡蜂。

3 讨论

云南有食用昆虫的风俗,具有浓厚的昆虫食用文化,包括蚂蚱、蜂蛹、竹虫、知了、蚕蛹等,其中蜂蛹

表 2 5种胡蜂预蛹氨基酸含量与分析(平均值±标准差)
Table 2 Amino acid content and analysis of five species of wasp prepupae (mean±std)

氨基酸	凹纹胡蜂	黑尾胡蜂	大胡蜂	夜食胡蜂	黑盾胡蜂
苏氨酸/(g/100g)	1.54±0.05	1.58±0.04	1.59±0.16	1.51±0.02	1.45±0.09
缬氨酸/(g/100g)	2.15±0.34	2.24±0.16	2.33±0.02	2.15±0.12	2.02±0.07
异亮氨酸/(g/100g)	1.72±0.32	1.84±0.14	1.83±0.04	1.67±0.11	1.58±0.15
亮氨酸/(g/100g)	2.83±0.13 ^b	2.56±0.53 ^b	3.14±0.28 ^a	2.80±0.10 ^b	2.7±0.09 ^b
苯丙氨酸/(g/100g)	1.33±0.07 ^c	1.52±0.03 ^a	1.60±0.04 ^a	1.48±0.05 ^b	1.32±0.05 ^c
赖氨酸/(g/100g)	2.23±0.07 ^b	2.41±0.01 ^a	2.39±0.13 ^a	2.29±0.01 ^b	2.17±0.07 ^b
天冬氨酸/(g/100g)	3.37±0.06 ^{ab}	3.76±0.16 ^a	2.90±0.51 ^b	3.54±0.23 ^a	3.00±0.17 ^b
丝氨酸/(g/100g)	1.73±0.05	1.67±0.17	1.73±0.33	1.55±0.11	1.58±0.16
谷氨酸/(g/100g)	6.50±0.18 ^c	7.93±0.15 ^a	8.26±0.24 ^a	7.50±0.94 ^b	6.91±0.35 ^b
甘氨酸	2.48±0.15	1.76±0.68	2.26±0.46	1.94±0.08	1.93±0.05
丙氨酸	2.24±0.05	1.82±0.51	1.98±0.54	1.65±0.31	1.71±0.09
组氨酸	1.34±0.09 ^b	1.33±0.01 ^b	1.55±0.04 ^a	1.26±0.00 ^b	1.29±0.14 ^b
精氨酸	1.74±0.02	1.58±0.24	1.62±0.23	1.53±0.04	1.47±0.08
脯氨酸	2.67±0.17 ^a	1.77±0.06 ^b	1.82±0.32 ^b	1.70±0.27 ^b	1.39±0.045 ^c
酪氨酸	2.02±0.00 ^b	2.52±0.35 ^a	2.61±0.43 ^a	2.15±0.37 ^b	1.89±0.22 ^c
TAA/%	36.04±1.22 ^a	36.39±2.05 ^a	37.69±2.62 ^a	34.78±0.98 ^{ab}	32.49±1.09 ^b
EAA/%	11.8±1.01 ^b	12.16±0.31 ^a	12.90±0.52 ^a	11.92±0.07 ^b	11.25±0.09 ^b
EAA/TAA/%	32.68±1.68	33.48±1.02	34.31±1.00	34.31±1.17	34.65±0.89
鲜味氨基酸占比/%	57.37±0.00 ^c	58.95±0.01 ^b	60.03±0.00 ^{ab}	58.65±0.01 ^{bc}	60.77±0.01 ^a

注:同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$)
Note: different lowercase letters on the same row indicate significant differences ($P<0.05$), while the same letter or no letter indicates no significant difference ($P>0.05$)

又称为蜂儿、蜂子,可以用来泡酒、油炸等,是一味不可多得的美味佳肴。蜂蛹中初水分含量在72.65%~73.58%,蛋白质含量在48.18%~50.78%,脂肪含量在20.38%~25.45%,与文献[9]基胡蜂(*Vespa basalis* Smith)、金环胡蜂、黄裙马蜂(*Polistes sagittarius*)、哇马蜂(*Polistes sulcatus* Smith)等胡蜂幼虫的营养成分含量基本一致,凹纹胡蜂和黑尾胡蜂的脂肪高于其他3种蜂,大胡蜂灰分含量最低,夜食胡蜂灰分含量最高。5种胡蜂蛋白高脂肪低,是优质的高蛋白低脂肪食物。

黄酮类化合物具有抗氧化、抗动脉硬化、抗炎、抗病毒、抗癌作用和提高机体免疫功能、降血压等多种生理活性功能^[21],本研究发现,5种胡蜂黄酮含量在15.99~24.34 mg/g。几丁质通过增强动物的免疫活性直接或间接地显示出抗菌和抗寄生虫作用,能降低降血脂和降胆固醇^[22]。在5种蜂预蛹干物质中,几丁质的含量在4.27%~6.56%,郭宝华^[23]报道的成年昆虫表皮含甲壳素18%~64%,幼虫为5%~15%,胡蜂预蛹几丁质含量与之相比较低的原因可能是分析对象组分存在差异。

评价一种虫体蛋白质食用品质的优劣,除了测

定蛋白质含量外,其氨基酸的组成是否合理也是一个重要指标。根据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)提出的参考蛋白模式,EAA%应达到40%左右,EAA/NEAA要在60%以上,EAA/TAA应达30%^[24]。5种胡蜂TAA含量在32.49%~37.69%,EAA含量在11.25%~12.90%,EAA/TAA比值在32.68%~34.65%,是较为理想的参考蛋白模式。有研究发现,基胡蜂成虫、蛹、幼虫含有18种氨基酸,属完全蛋白质,氨基酸含量十分丰富,谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸能呈现特殊的味道,被称为鲜味氨基酸^[11]。在5种胡蜂中,这几种氨基酸含量较高,尤其是大胡蜂与黑盾胡蜂。大胡蜂和黑盾胡蜂的鲜味氨基酸含量占比最高,高于其余3种胡蜂。5种胡蜂鲜味氨基酸的占比在57.37%~60.77%,这也是胡蜂蛹查起来味道鲜美,深受欢迎的原因。黑尾胡蜂EAA/TAA值高,TAA含量也比较高。因此,胡蜂预蛹是一种优质的蛋白质资源。

通过分析发现5种胡蜂预蛹中脂肪酸种类丰

表3 5种胡蜂预蛹脂肪酸含量(干物质中游离脂肪酸的含量)
Table 3 Fatty acid content of five species of wasp prepupae (content of free fatty acids in dry matter)

		/mg/kg				
脂肪酸类型	名称	凹纹胡蜂	黑尾胡蜂	大胡蜂	夜食胡蜂	黑盾胡蜂
饱和脂肪酸	癸酸	2.70	4.62	3.78	2.75	3.35
	月桂酸	245.38	276.37	217.87	161.53	213.54
	肉豆蔻酸	738.77	892.85	719.28	371.22	616.61
	十五烷酸	2.59	6.66	3.55	1.82	2.48
	棕榈酸	1 932.88	2 448.99	2 134.91	1 561.12	1 644.67
	十七烷酸	18.64	17.79	12.23	16.26	13.56
	硬脂酸	883.62	777.17	778.15	893.62	739.67
	花生酸	48.64	43.61	43.98	60.15	48.57
	山嵛酸	26.44	28.85	24.60	24.25	25.35
单不饱和脂肪酸	二十三酸甲酯	4.64	1.04	1.42	5.25	7.47
	合计	3 904.30	4 497.95	3 939.77	3 097.97	3 315.27
	肉豆蔻脑酸	27.73	8.79	5.35	3.37	27.68
	棕榈油酸	454.49	374.87	186.85	96.08	513.05
	十七烯酸	15.40	16.89	10.34	8.29	14.51
	油酸	4 940.60	4 782.07	4 775.46	4 600.98	3 970.27
	11-二十烯酸	5.28	4.19	5.01	25.15	4.47
	芥酸甲酯	4.11	6.04	4.65	4.00	4.72
	合计	5 447.61	5 192.85	4 987.66	4 737.87	4 534.70
多不饱和脂肪酸	亚油酸	646.97	664.48	358.23	672.40	482.33
	r-亚麻酸	5.61	3.32	2.32	4.48	5.44
	亚麻酸	647.40	950.16	888.60	1 326.72	320.80
	花生四烯酸	23.73	8.93	7.30	24.21	37.84
	二十碳五烯酸	25.01	9.73	14.63	31.37	30.06
	合计	1 348.72	1 636.62	1 271.08	2 059.18	876.47

表4 5种胡蜂预蛹的部分矿物质含量
Table 4 Some mineral contents of five species of wasp prepupae

						/mg/kg
元素	凹纹胡蜂	黑尾胡蜂	大胡蜂	夜食胡蜂	黑盾胡蜂	
Na	340.78	306.80	271.60	125.81	364.97	
Mg	426.32	530.82	381.87	524.78	445.76	
Al	197.18	307.91	158.02	168.44	162.38	
P	2 551.68	3 159.70	2 605.77	3 044.17	2 835.26	
K	3 781.55	4 057.65	3 863.73	4 530.02	3 697.66	
Ca	254.75	308.22	228.19	313.54	282.62	
Mn	19.14	18.09	0.86	2.48	13.67	
Fe	42.68	57.45	41.88	51.94	56.03	
Cu	11.08	10.03	7.42	11.39	10.66	
Zn	33.43	37.03	29.88	30.06	31.50	
Ba	6.63	4.23	1.52	5.19	6.90	
合计	7 665.22	8 797.93	7 590.74	8 807.86	7 907.48	

富,测出饱和脂肪酸10种,不饱和脂肪酸11种,肉豆蔻酸、亚油酸、硬脂酸、棕榈酸和花生酸等脂肪酸含

量较高,与文献[25]对蚜虫的研究结果一致。
在云南的5种胡蜂蛹中,重金属元素有Ca、Mg、Na、Fe、Mn、Zn、Al、Se,有研究测得,工蜂体内金属元素大致有Fe、Mg、Se、Co、Ca、Zn、Mn等^[26],结论有差异的原因可能是环境和蜂种的不同。本研究中5种胡蜂预蛹重金属含量低于文献[27]中的云南省德宏州凹纹胡蜂的重金属总量6.887 0 μg/g,在国家药材标准的管理范围之内。有学者研究了金环胡蜂,发现胡蜂幼虫、初化蛹、老熟蛹和成虫矿质元素含量丰富,其中Fe和Se含量较高,具有补铁预防贫血和延缓衰老等作用^[28-29]。5种胡蜂预蛹的Fe含量在41.88~57.45 mg/kg,大胡蜂中Se含量为5 mg/kg,含量存在差异的原因可能是类群不同。凹纹胡蜂个体小,喜爱捕食个体小的菜青虫,黑盾胡蜂和夜食胡蜂主要依靠树汁和花蜜为食,大胡蜂个体最大捕食性最强^[8]。5种胡蜂有着不同的食物喜好,这可能是5种胡蜂营养成分存在差异的主要原因。

4 结 论

凹纹胡蜂活性成分含量高于其他蜂种,在偏向于活性成分时可优先选择凹纹胡蜂;黑盾胡蜂鲜味氨基酸含量高,食用更加鲜美;黑尾胡蜂脂肪酸含量较高,夜食胡蜂矿物质含量较为丰富。5种胡蜂各有优势,消费者可根据不同的需求选择不同的蜂种;养蜂人也可以根据自己的优势养殖不同的胡蜂。

参考文献

- [1] Lisboa H M, Nascimento A, Arruda A, et al. Unlocking the potential of insect-based proteins: sustainable solutions for global food security and nutrition [J]. Foods, 2024, 13(12): 1846.
- [2] Sharma B, Yadav D K, Malakar S, et al. Insect proteins - production technologies, bio-functional, and food applications: a perspective [J]. Food Bioscience, 2024, 61: 104560.
- [3] Lin X Y, Wang F F, Lu Y T, et al. A review on edible insects in China: nutritional supply, environmental benefits, and potential applications [J]. Current Research Food Science, 2023, 7: 100596.
- [4] 谭江丽, van Achterberg C, 陈学新. 致命的胡蜂: 中国胡蜂亚科[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 67-68.
Tan J L, van Achterberg C, Chen X X. Deadly wasps: the subfamily of Chinese hornets[M]. Beijing: Science Press, 2015: 67-68.
- [5] 黄新球, 杨有仙, 胡宗文, 等. 云南省胡蜂养殖发展情况分析[J]. 中国蜂业, 2018, 69(11): 52-55.
Huang X Q, Yang Y X, Hu Z W, et al. Analysis on the development of wasp breeding in Yunnan Province [J]. Apiculture of China, 2018, 69(11): 52-55.
- [6] 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.
- [7] 张艳, 杨勇, 张姣, 等. 浅析胡蜂的资源价值及养殖现状[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(14): 49-53.
Zhang Y, Yang Y, Zhang J, et al. Analysis of resource value and breeding status of wasps [J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2023, 32(14): 49-53.
- [8] 夏雪芬, 刘惠娟, 张晓梅, 等. 胡蜂的种类、食用方法及其功能性作用分析概述[J]. 中国食品工业, 2023(20): 41-42.
Xia X F, Liu H J, Zhang X M, et al. An overview of the species of wasps, methods of consumption and analysis of their functional roles [J]. China Food Industry, 2023(20): 41-42.
- [9] 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.
- [10] 陈晓明. 三种胡蜂幼虫的营养成分、褐变机理及其抑制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2020.
Chen X M. Study on nutrient profiles, browning mechanism and inhibition of three wasp larvae [D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2020.
- [11] 邓忠彬, 杨伟, 杨春平, 等. 基胡蜂营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2013, 35(5): 514-515, 518.
Deng Z B, Yang W, Yang C P, et al. Nutritional analysis and evaluation of *Vespa basalis* Smith [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35(5): 514-515, 518.
- [12] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009. 3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee. National standards for food safety determination of moisture in foods: GB 5009.3—2016 [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [13] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009. 5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee, National Food and Medical Products Administration. National standards for food safety determination of protein in foods: GB 5009.5—2016 [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [14] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009. 6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee, National Food and Medical Products Administration. National standards for food safety determination of fat in foods: GB 5009.6—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [15] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB 5009. 4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Committee. National standards for food safety determination of ash in foods: GB 5009.4—2016 [S]. Beijing: Standards

- Press of China, 2017.
- [16] 广东省食品药品审评认证技术协会. 蜂胶类保健食品中总黄酮的测定-分光光度法: T/GDFDTAEC 05—2022[S]. 广州: 中国标准出版社, 2022.
- Guangdong Food and Drug Review and Certification Technology Association. Determination of total flavonoids in propolis-based health foods-Spectrophotometric method: T/GDFDTAEC 05—2022 [S]. Guangzhou: China Standard Press, 2022.
- [17] 中华人民共和国农业农村部. 甲壳素、壳聚糖: SC/T 3403—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. chitin, chitosan: SC/T 3403-2018[S]. Beijing: China Standard Press, 2019.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Committee, National Food and Medical Products Administration. National standard for food safety determination of amino acids in foods: GB 5009.124—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Committee, National Food and Medical Products Administration. National standard for food safety determination of fatty acids in foods: GB 5009.168—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [20] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中多元素测定: GB5009.268—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Committee. National standard for food safety determination of multi-elements in food: GB 5009.268—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [21] 马耀岚, 张海生. 蜂蛹黄酮对四氧嘧啶致亚急性衰老小鼠体内几种抗氧化酶活性的影响[J]. 农产品加工(学刊), 2007(10): 81-83.
- Ma Y L, Zhang H S. Influence of honeybee pupae flavonoids on the activities of several anti-oxidative enzymes in the subacute aging mice induced by alloxanate [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2007(10): 81-83.
- [22] 杨怀宇, 武婷茹, 刘俊希, 等. 甲壳素-壳聚糖的生理功能及应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 24-25.
- Yang H Y, Wu T R, Liu J X, et al. Research progress on physiological function and application of chitin-chitosan [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(18): 24-25.
- [23] 郭宝华. 四种昆虫甲壳素的提取及昆虫壳聚糖和羧甲基壳聚糖的制备[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- Guo B H. Chitin extraction from four species of insects and purification of insect chitosan and carboxymethyl chitosan[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2005.
- [24] 葵政, 陈静芳, 葵跃旋. 药用昆虫独角仙的养殖[J]. 中草药, 2000, 31(8): 633-634.
- Kui Z, Chen J F, Kui Y X. Cultivation of medicinal insect *Andromeda gigantea* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2000, 31(8): 633-634.
- [25] 王兴高, 夏长剑, 陈德鑫, 等. 烟蚜(*Myzus persicae*)若蚜的营养成分分析[J]. 烟草科技, 2024, 57(7): 75-83.
- Wang X G, Xia C J, Chen D X, et al. Analyzing nutritional components of *Myzus persicae* nymphs [J]. Tobacco Science & Technology, 2024, 57(7): 75-83.
- [26] 吴小波, 姚明印, 林永增, 等. 激光诱导击穿光谱技术对工蜂体质微量元素的初步分析[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(12): 219-221.
- Wu X B, Yao M Y, Lin Y Z, et al. Analysis of microelements on worker bees in *Apis* by laser induced breakdown spectroscopy [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2012, 39(12): 219-221.
- [27] 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, 168.
- 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, 168.
- [28] 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 Science, 2012(11): 98-100.
- [29] 邱勇, 郭云胶, 杨琦, 等. 金环胡蜂无机金属元素分析研究[J]. 中国民族民间医药, 2021, 30(4): 31-35.
- Qiu Y, Guo Y J, Yang Q, et al. Analytic research on inorganic elements in *Vespa mandarinia* Smith [J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2021, 30(4): 31-35.

□

(编辑: 杨晓翠)