

金银花尺蠖幼虫粪便营养成分分析

向玉勇, 陶 琴, 于士军, 张元昶

(滁州学院 生物与食品工程学院, 安徽 滁州 239000)

摘要: 【目的】了解金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* 幼虫粪便的主要营养成分, 评价其营养价值。【方法】采用国家标准检测方法, 测定金银花尺蠖幼虫粪便主要营养成分质量分数, 分析金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸分、必需氨基酸指数 (I_{EAA})、必需氨基酸与非必需氨基酸的比值、不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值, 并与常见虫茶进行比较分析。【结果】金银花尺蠖幼虫粪便的水分、总糖、粗脂肪及蛋白质质量分数分别为 10.08%、2.40%、2.73% 和 11.89%; 总氨基酸为 $4.326\ 9\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 必需氨基酸总量为 $1.666\ 2\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 必需氨基酸占总氨基酸的比例为 38.51%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 62.62%, I_{EAA} 为 1.20, 不饱和脂肪酸质量分数为 64.05%, 其不饱和脂肪酸 (P) 与饱和脂肪酸 (S) 的比值 (P/S) 为 1.78, 必需脂肪酸质量分数为 30.49%; 矿物元素钙、钾、镁的质量分数较高, 分别为 8.126 7、4.955 6 和 $3.257\ 3\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 铜质量分数最低, 为 $0.053\ 8\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 维生素 C 和维生素 E 的质量分数分别为 0.387 5 和 $0.158\ 3\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。【结论】金银花尺蠖幼虫粪便营养丰富, 适宜作为一种新的虫茶进行开发利用。表 5 参 22

关键词: 昆虫学; 金银花尺蠖; 幼虫粪便; 虫茶; 营养成分

中图分类号: Q964 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2020)05-0971-07

Analysis of nutrients in larva feces of *Heterolocha jinyinhuaphaga*

XIANG Yuyong, TAO Qin, YU Shijun, ZHANG Yuanchang

(School of Biology and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, Anhui, China)

Abstract: [Objective] This study aims to understand the nutritional content in larva feces of *Heterolocha jinyinhuaphaga*, and evaluate its nutritional value. [Method] By using national standard test method, the nutritional content in larva feces of *H. jinyinhuaphaga* were determined, and the amino acid content, index of essential amino acid (I_{EAA}), ratio of essential amino acid to nonessential amino acid, and ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid (P/S) in larva feces of *H. jinyinhuaphaga* were analyzed and compared with those of common insect tea. [Result] The contents of water, total sugar, crude fat, and protein in larva feces were 10.08%, 2.40%, 2.73%, and 11.89%, respectively. Total amino acid content was $4.326\ 9\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, and total content of essential amino acid was $1.666\ 2\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. The proportion of essential amino acid to total amino acid was 38.51%, and the ratio of essential amino acid to nonessential amino acid was 62.62%. I_{EAA} was 1.20. The mass fraction of unsaturated fatty acid was 64.05% and the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid was 1.78. The essential fatty content was 30.49%. The contents of Ca, K, and Mg were higher, 8.126 7, 4.955 6, and $3.257\ 3\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ respectively, while the content of Cu was the lowest, $0.053\ 8\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. The contents of Vitamin C and Vitamin E were 0.387 5 and $0.158\ 3\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. [Conclusion] The larva feces of *H. jinyinhua-phaga* are rich in nutrients and suitable for development and utilization as a new resource for insect tea. [Ch, 5 tab. 22 ref.]

收稿日期: 2019-10-23; 修回日期: 2020-05-27

基金项目: 安徽省高校优秀中青年骨干人才国内外访学研修重点项目 (gxfxZD2016249); 滁州学院科研启动基金项目 (2019qd02)

作者简介: 向玉勇, 教授, 博士, 从事资源昆虫学研究。E-mail: 2116764223@qq.com

Key words: entomology; *Heterolocha jinyinhuaphaga*; larva feces; insect tea; nutrients

昆虫广泛分布于自然界中,繁殖迅速,是动物中数量最多的类群。很多昆虫体内含有多种营养成分和活性成分。不同种类昆虫所含有营养成分和活性成分有一定差异,是一类具有良好开发潜力的生物资源。目前,人们对昆虫资源利用的研究主要集中在昆虫营养成分及活性物质分析方面^[1-2],对其粪便研究却非常少。已有研究表明:一些鳞翅目 Lepidoptera 昆虫的幼虫啃食特种植物叶片后排泄的粪便中含有丰富的蛋白质、矿物元素、人体必需氨基酸和脂肪酸,具有清热解毒、健脾养胃、助消化、降血压、降血脂等功效^[3-4],已被加工成“虫茶”产品,如弓须亥夜蛾 *Hydrillodes morosa* 取食化香树 *Platycarya strobilacea* 叶产生的粪便称为化香虫茶,米缟螟 *Aglossa dimidilata* 幼虫取食三叶海棠 *Malus siebodii* 叶产生的粪便称为三叶虫茶^[4]。中国许多学者在这方面作了大量的研究,对一些虫茶如三叶虫茶、紫斑谷螟-白茶虫茶、米仓织蛾-豹皮樟虫茶的营养成分进行了分析和评价^[5-7]。这些研究结果表明:不同种类昆虫粪便(虫茶)的营养成分存在一定的差异。中国昆虫资源丰富,约占世界昆虫种类总量的10%,还有很多种类尚未进行相关研究;需要对自然界中更多种类昆虫粪便的营养成分进行系统分析,并进行必要的生物安全性检测、食品卫生指标控制,为更好地开发虫茶资源提供科学依据^[4]。金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* 为鳞翅目尺蠖科 Geometridae 昆虫,别名拱腰虫,是金银花主要食叶害虫之一。该虫在安徽省1a发生3代^[8],常将叶片咬成缺刻或孔洞,危害严重的地块金银花叶片被全部吃光,仅剩叶脉和叶柄,常造成金银花的大面积减产,甚至成片死亡,给金银花生产带来严重损失。目前,国内对金银花尺蠖的研究主要集中于其生物学特性及防治方面^[8-10],也有对金银花尺蠖蛹粗多糖体外抗氧化活性^[11]和金银花尺蠖幼虫消化酶活性^[12]的研究,还未见有关其粪便营养成分的研究。金银花尺蠖幼虫的取食量大,排泄的粪便多。笔者在前期研究中发现:金银花尺蠖幼虫粪便提取物具有一定的抑菌活性^[13]和抗氧化活性^[14],现对其幼虫粪便营养成分进行研究,以期开发虫茶提供科学依据,从而达到变害为宝的目的。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

金银花尺蠖幼虫采集于安徽省明光市三界镇,带回放在600 mL的罐头瓶内(10头·瓶⁻¹,龄期一致),在人工气候箱(RXZ-288A型,宁波江南仪器制造厂)中用新鲜的金银花叶片(清水洗干净,自然晾干)饲养。人工气候箱光周期昼(L):夜(D)为14 h:10 h、温度为(25±1)℃、相对湿度为70%±7%。

1.2 仪器设备

精密烘箱(20011243型,西班牙 Selecta 公司)、高速万能粉碎机(FW80型,天津市泰斯特仪器有限公司)、索氏提取器(天长市玻璃仪器厂)、气相色谱仪(GC-7806II型,北京华盛谱信仪器有限责任公司)、凯氏定氮仪(Hanon K9840型,济南海能仪器股份有限公司)、氨基酸自动分析仪(L-8900型,日本 HITACHI 公司)、原子吸收分光光度计(wfx-130型,北京瑞利分析仪器公司)、电子天平(CP224S型,西班牙赛多利斯公司)。

1.3 测定方法和数据处理

1.3.1 含水量测定 参照国家标准 GB 5009.3-2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》,采用直接干燥法。每天收集新鲜粪便,称量并记录。将收集的粪便在105℃烘箱中烘干4 h,再在60℃下烘干直至恒量。按下列公式计算含水量:含水量=(鲜质量-干质量)/鲜质量×100%。试验重复3次。

1.3.2 总糖质量分数测定 参照国家标准 GB/T 9695.31-2008《肉制品总糖含量测定》,采用硫酸苯酚法测定。重复3次,取平均值。

1.3.3 脂肪质量分数测定 参照国家标准 GB/T 14772-2008《食品中粗脂肪的测定》,采用索氏提取法。称取干燥粪便样品5 g,用干燥的滤纸包住,在索氏提取仪中用石油醚回流提取10 h,旋转蒸发回收溶剂,烘干提取物并称量,计算各样品中脂肪油的质量分数。重复3次,取平均值。

1.3.4 脂肪酸质量分数测定 参照国家标准 GB/T 9695.2-2008《肉与肉制品脂肪酸测定》,采用气相色谱仪进行测定。重复3次,取平均值。

1.3.5 蛋白质质量分数测定 参照国家标准 GB 5009.5-2010《食品中蛋白质的测定》, 采用凯氏定氮法测定。称取干燥粪便样品 2 g, 经浓硫酸消化, 消煮液用容量瓶 (100 mL) 定容。加入强碱蒸馏逸出, 硼酸吸收后, 用硫酸滴定, 将测得的总氮质量分数乘以 6.25, 即得粗蛋白质质量分数。每个样品测 3 份, 取平均值。试验重复 3 次。

1.3.6 氨基酸质量分数测定 参照国家标准 GB/T 5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》, 采用氨基酸自动分析仪测定, 测定 1 次。

1.3.7 维生素质量分数测定 维生素 C 的测定参照国家标准 GB/T 9695.29-1991《肉制品维生素 C 含量测定》; 维生素 E 的测定参照国家标准 GB/T 5009.82-2003《食品中维生素 A 和维生素 E 的测定》。

1.3.8 矿物元素质量分数测定 矿物元素 (钾、钠、钙、铁、镁、锰、磷、锌、铜) 的测定参照国家标准 GB/T 5009.91-2003《食品中钾、钠的测定》、GB/T 5009.92-2003《食品中钙的测定》、GB/T 5009.90-2003《食品中铁、镁、锰的测定》、GB/T 5009.87-2003《食品中磷的测定》、GB/T 5009.14-2003《食品中锌的测定》、GB/T 5009.13-2003《食品中铜的测定》, 采用原子吸收分光光度计进行分析。重复 3 次, 取平均值。

1.3.9 营养品质分析方法 根据氨基酸的分析结果, 计算氨基酸分 (AAS)、化学分 (SC) 及必需氨基酸指数 (I_{EAA})^[15-16]。氨基酸分 (AAS)=试验蛋白质氨基酸质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)/联合国粮农组织 (FAO) 评分模式氨基酸质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)。化学分 (SC)=试验蛋白质中某种必需氨基酸质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)。 $I_{EAA} = \sqrt[n]{[(b_1/a_1)\times 100]\times[(b_2/a_2)\times 100]\times[(b_3/a_3)\times 100]\times\dots\times[(b_n/a_n)\times 100]}$ 。其中: $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 为试验蛋白质中各种必需氨基酸质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 为标准蛋白质 (FAO 评分模式) 中相应必需氨基酸的质量分数 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); n 为参与计算的必需氨基酸的个数。

1.3.10 数据处理 所有数据采用 SPSS 11.5 统计软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 金银花尺蠖幼虫粪便水分、总糖、粗脂肪和蛋白质质量分数

从表 1 可以看出: 金银花尺蠖幼虫粪便中蛋白质质量分数最高, 为 11.89%; 其次是含水量, 为 10.08%; 粗脂肪为 2.73%; 总糖最低, 为 2.40%。方差分析表明: 金银花尺蠖幼虫粪便中的蛋白质、总糖质量分数和含水量均与三叶虫茶、老鹰茶虫酿茶、紫白虫茶、仓樟虫茶、米白虫茶、老鹰茶和贵州名优茶的平均值差异不显著 ($d_f=9, F=1.80, P>0.05$; $d_f=9, F=0.377, P>0.05$; $d_f=7, F=0.262, P>0.05$), 粗脂肪质量分数与上述几种茶的平均值差异显著 ($d_f=9, F=8.742, P<0.05$)。

2.2 金银花尺蠖幼虫粪便氨基酸组成

由表 2 可知: 金银花尺蠖幼虫粪便中氨基酸丰富, 共含有 17 种氨基酸, 其中包括 8 种人体必需的氨基酸, 总氨基酸质量分数为 $4.3269 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其中谷氨酸质量分数最高, 为 $0.4884 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其次是甘氨酸和天冬氨酸, 分别为 0.4281 和 $0.4152 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 甲硫氨酸最低, 为 $0.0441 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。必需氨基酸总质量分数为 $1.6662 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 必需氨基酸占总氨基酸的比例为 38.51%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 62.62%。方差分析表明: 金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸平均质量分数与三叶虫茶、紫白虫茶、仓樟虫茶、米白虫茶之间差异显著 ($d_f=87, F=20.547, P<0.05$); 必需氨基酸的平均质量分数与三叶虫茶、紫白虫茶、仓樟虫茶、米白虫茶之间也差异显著 ($d_f=39, F=12.265, P<0.05$)。

表 1 金银花尺蠖幼虫粪便与常见 (虫) 茶水、总糖、粗脂肪和蛋白质质量分数比较

Table 1 Comparison and analysis of water, total sugar, crude fat and protein contents between larvae feces of *H. jinyinhuaphaga* and common (insect) tea

名称	质量分数/%			
	水分	总糖	粗脂肪	蛋白质
幼虫粪便	10.08±0.05	2.40±0.02	2.73±0.22	11.89±0.43
三叶虫茶 ^[5]	15.47	-	1.23	12.63
老鹰茶虫酿茶 ^[17]	15.95	-	1.02	14.26
紫白虫茶 ^[6]	10.08	0.44	1.41	9.30
仓樟虫茶 ^[7]	9.80	2.80	2.80	23.80
米白虫茶 ^[18]	10.04	0.31	0.87	22.34
老鹰茶 ^[17]	9.57	3.46	1.92	12.49
贵州名优茶(平均) ^[19]	7.76	2.75	0.67	27.70

说明: -表示未检测到

表2 金银花尺蠖幼虫粪便与常见虫茶的氨基酸质量分数比较

Table 2 Comparison and analysis of amino acid content between larvae feces of *H. jinyinhuaphaga* and common insect tea

氨基酸	氨基酸质量分数/(mg·g ⁻¹)				
	幼虫粪便	三叶虫茶 ^[5]	紫白虫茶 ^[6]	仓樟虫茶 ^[7]	米白虫茶 ^[18]
天氨酸	0.415 2	0.427 8	5.35	4.43	5.77
苏氨酸*	0.283 3	0.251 3	4.05	0.91	2.97
丝氨酸	0.207 1	0.513 8	4.36	0.18	4.37
谷氨酸	0.488 4	0.748 7	8.19	—	6.65
甘氨酸	0.428 1	0.859 2	4.38	2.92	5.23
丙氨酸	0.358 2	0.697 8	4.43	1.55	3.51
半胱氨酸	—	0.479 7	0.09	0.46	0.13
缬氨酸*	0.261 1	0.887 2	4.26	1.13	3.68
甲硫氨酸*	0.044 1	0.206 1	0.20	0.14	0.48
异亮氨酸*	0.274 2	0.699 3	3.39	0.97	3.26
亮氨酸*	0.327 3	1.238 1	4.45	1.57	3.54
酪氨酸	0.191 5	0.782 6	1.34	0.34	2.12
苯丙氨酸*	0.279 3	0.747 5	3.12	0.70	2.82
赖氨酸*	0.071 4	1.382 0	3.12	0.46	3.33
组氨酸	0.065 2	0.932 1	1.81	2.76	2.61
精氨酸	0.141 2	1.782 9	2.96	1.13	2.05
脯氨酸	0.365 8	0.368 3	5.49	1.09	4.95
色氨酸*	0.125 5	0.873 2	0.58	1.07	0.67
总氨基酸	4.326 9	13.877 6	61.57	21.81	58.14
EAA	1.666 2	6.284 7	23.17	6.95	20.75
NEAA	2.660 7	7.592 9	38.40	14.86	37.39
EAA/(EAA+NEAA)/%	38.510 0	45.29	37.63	31.87	35.69
EAA/NEAA /%	62.620 0	82.78	60.34	46.77	55.50

说明：*表示必需氨基酸，—表示未检测到，EAA为必需氨基酸，NEAA为非必需氨基酸，EAA/(EAA+NEAA)为必需氨基酸占总氨基酸的比例，EAA/NEAA为必需氨基酸与非必需氨基酸的比值

根据测得的氨基酸质量分数与1973年联合国粮农组织模式的质量分数加以比较，分析金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸分(AAS)、化学分(CS)和必需氨基酸指数(I_{EAA})。由表3可知：金银花尺蠖幼虫粪便的第一限制性氨基酸是赖氨酸和含硫氨基酸(即甲硫氨酸+半胱氨酸)，质量分数分别为0.60和0.37 mg·g⁻¹，AAS均为0.01，CS均为0.01，I_{EAA}为1.20；各种氨基酸质量分数均略低于FAO评分模式的氨基酸质量分数。因此，金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸组成不太平衡，有必要进一步强化。

2.3 金银花尺蠖幼虫粪便脂肪酸质量分数

由表4可知：金银花尺蠖幼虫粪便中共含有7种脂肪酸，其中3种(肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸)为饱和脂肪酸，4种(棕榈油酸、油酸、亚油酸和亚麻酸)为不饱和脂肪酸，不饱和脂肪酸的质量分数高，为64.05%，不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值(P/S)为1.78，必需脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)质量分数也很高，为30.49%。

表3 金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸分和化学分

Table 3 AAS and CS of larvae feces of *H. jinyinhuaphaga*

氨基酸	FAO模式*/ (mg·g ⁻¹)	全鸡蛋*/ (mg·g ⁻¹)	质量分数/ (mg·g ⁻¹)	氨基酸分	化学分
异亮氨酸	40	54	2.31	0.06	0.04
亮氨酸	70	86	2.75	0.04	0.03
赖氨酸	55	70	0.60	0.01	0.01
甲硫氨酸+ 半胱氨酸	35	57	0.37	0.01	0.01
苯丙氨 酸+酪氨酸	60	93	3.96	0.07	0.04
苏氨酸	40	47	2.38	0.06	0.05
色氨酸	10	16	1.06	0.11	0.07
缬氨酸	50	66	2.20	0.04	0.03
总氨基酸	360	489	15.63	—	—

说明：*数据来自文献[20]，—表示未检测，质量分数是根据表2粪便各氨基酸除以蛋白质质量分数(11.89%)计算而得

2.4 金银花尺蠖幼虫粪便矿物元素和维生素 C、维生素 E 的质量分数

从表 5 可以看出：金银花尺蠖幼虫粪便中含有多种矿物元素，其中：钙、钾、镁的质量分数较高，分别为 8.126 7、4.955 6 和 3.257 3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，铜的质量分数最低，为 0.053 8 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。金银花尺蠖幼虫粪便中还含有维生素 C 和维生素 E，质量分数分别为 0.387 5 和 0.158 3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

3 讨论

研究昆虫粪便营养成分对开发虫茶资源具有

表 4 金银花尺蠖幼虫粪便脂肪酸的质量分数

脂肪酸	质量分数/%	脂肪酸	质量分数/%
肉豆蔻酸(C14:0)	1.71±0.07	亚麻酸(C18:3)	10.86±0.12
棕榈酸(C16:0)	30.35±0.23	饱和脂肪酸	35.95±0.33
硬脂酸(C18:0)	3.89±0.15	不饱和脂肪酸	64.05±0.25
棕榈油酸(C16:1)	4.84±0.21	必需脂肪酸	30.49±0.14
油酸(C18:1)	28.72±0.18	P/S	1.78±0.11
亚油酸(C18:2)	19.63±0.16		

说明：P/S表示不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值，括号中比号前的数字表示含碳原子个数，比号后的数字表示碳碳双键个数

表 5 金银花尺蠖幼虫粪便矿物元素和维生素 C、维生素 E 质量分数

质量分数/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)					
钾	钠	镁	钙	磷	铁
4.955 6±0.004 6	0.972 1±0.000 5	3.257 3±0.003 2	8.126 7±0.006 3	1.173 2±0.002 1	1.667 3±0.001 1
质量分数/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)					
锰	锌	铜	维生素C	维生素E	
0.782 5±0.007 2	0.478 9±0.000 3	0.053 8±0.000 1	0.387 5±0.000 2	0.158 3±0.000 1	

重要意义。笔者对金银花尺蠖幼虫粪便进行分析，发现金银花尺蠖幼虫粪便中含有水分、糖、蛋白质、氨基酸、脂肪酸、矿物元素及维生素等多种营养成分。其中含水量为 10.08%，与紫白虫茶相等^[6]，略高于仓樟虫茶 (9.8%)^[7]、米白虫茶 (10.04%)^[17]、老鹰茶 (9.57%)^[18] 和贵州名优茶 (7.76%)^[19]，低于三叶虫茶 (15.47%)^[5] 和老鹰茶虫酿茶 (15.95%)^[18]；总糖质量分数为 2.40%，高于紫白虫茶 (0.44%)^[6] 和米白虫茶 (0.31%)^[17]，低于仓樟虫茶 (2.8%)^[7]、老鹰茶 (3.46%)^[18] 和贵州名优茶 (2.75%)^[19]，三叶虫茶和老鹰茶虫酿茶均未检出总糖^[5,18]；粗脂肪质量分数为 2.73%，略低于仓樟虫茶 (2.8%)^[7]，高于三叶虫茶 (1.23%)^[5]、老鹰茶虫酿茶 (1.02%)^[18]、紫白虫茶 (1.41%)^[6]、米白虫茶 (0.87%)^[17]、老鹰茶 (1.92%)^[18] 和贵州名优茶 (0.67%)^[19]；蛋白质质量分数为 11.89%，高于紫白虫茶 (9.3%)^[6]，低于三叶虫茶 (12.63%)^[5]、老鹰茶虫酿茶 (14.26%)^[18]、仓樟虫茶 (23.8%)^[7]、米白虫茶 (22.34%)^[17]、老鹰茶 (14.26%)^[18] 和贵州名优茶 (27.7%)^[19]。

氨基酸的组成和质量分数是评价一种膳食蛋白营养价值的重要依据。金银花尺蠖幼虫粪便中含有 17 种氨基酸，总氨基酸质量分数为 4.326 9 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，低于三叶虫茶^[5]、紫白虫茶^[6]、仓樟虫茶^[7] 和米白虫茶^[17]。按照 FAO 和世界卫生组织 (WHO) 的理想模式，质量较好的蛋白质，其必需氨基酸占总氨基酸的比值 [EAA/(EAA+NEAA)] 在 40% 左右，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 (EAA/NEAA) 在 60% 以上^[21]。金银花尺蠖幼虫粪便的必需氨基酸占总氨基酸的比例为 38.51%，接近 FAO 和 WHO 理想模式的要求，高于紫白虫茶 (37.63%)^[6]、仓樟虫茶 (31.87%)^[7] 和米白虫茶 (35.69%)^[17]，但低于三叶虫茶 (45.29%)^[5]，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 62.62%，符合 FAO 和 WHO 理想模式的要求，高于紫白虫茶 (60.34%)^[6]、仓樟虫茶 (46.77%)^[7] 和米白虫茶 (55.50%)^[17]，但低于三叶虫茶 (82.78%)^[5]。根据相关必需氨基酸指数 (I_{EAA}) 实用评价标准： $I_{\text{EAA}} > 0.95$ 为优质蛋白源， $0.86 < I_{\text{EAA}} \leq 0.95$ 为良好蛋白源， $0.75 \leq I_{\text{EAA}} \leq 0.86$ 为可用蛋白源， $I_{\text{EAA}} < 0.75$ 为不适蛋白源^[22]。金银花尺蠖幼虫粪便 I_{EAA} 为 1.20，为优质蛋白源，可用于开发虫茶，其 I_{EAA} 也高于仓樟虫茶 (0.763 0)^[7]、紫白虫茶 (0.655 9)^[6]、米白虫茶 (0.723 9)^[18]。但是，金银花尺蠖幼虫粪便的氨基酸组成不平衡，赖氨酸为其第一限制性氨基酸，在进行虫茶开发时可以加入一定量的赖氨酸，以优化其氨基酸结构，从而提高其营养质量。

脂肪酸组成是评价一种脂肪营养价值的重要依据^[20]。金银花尺蠖幼虫粪便中不饱和脂肪酸质量分数高，为 64.05%，P/S 值为 1.78，高于仓樟虫茶 (0.63)^[7]、紫白虫茶 (0.58)^[6]，低于三叶虫茶 (2.54)^[5]、老鹰

茶虫酿茶(4.54)^[18]和遵义毛峰(2.31)^[5],必需脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)也很高,为30.49%,高于仓樟虫茶(27.06%)^[7]、紫白虫茶(17.00%)^[6]、老鹰茶虫酿茶(13.76%)^[18],低于三叶虫茶(35.25%)^[5]和遵义毛峰(64.87%)^[5]。可见,金银花尺蠖幼虫粪便中脂肪酸组成合理,可以开发为虫茶,作为脂肪酸的来源之一。

矿物元素对维持生物机体正常生理代谢具有重要作用,金银花尺蠖幼虫粪便中含有多种矿物元素,除钾的质量分数低于仓樟虫茶(28.085 9 mg·g⁻¹),钠、镁、钙、磷、铁、锰、锌和铜的质量分数分别是仓樟虫茶的5.26、1.38、2.50、47.12、6.06、1.60、9.28和3.61倍^[7];除钾、镁、钙、铁的质量分数低于紫白虫茶(9.800 0、5.200 0、10.800 0、3.590 0 mg·g⁻¹),钠、磷、锰、锌的质量分数是紫白虫茶的1.52、1.14、1.04、2.28倍^[6];除钾、磷的质量分数低于三叶虫茶(20.378 0、1.990 0 mg·g⁻¹),钠、镁、钙、铁、锰、锌和铜的质量分数分别是三叶虫茶的2.76、1.61、1.10、3.69、1.57、3.31、3.16倍^[5];除钾、磷的质量分数低于老鹰茶虫酿茶(22.067 0、1.824 0 mg·g⁻¹),钠、镁、钙、铁、锰、锌和铜的质量分数分别是老鹰茶虫酿茶的2.69、1.77、10.45、4.17、1.22、4.45、3.40倍^[18];与其他茶叶相比,钾、磷的质量分数低于遵义毛峰(20.922 0、4.700 0 mg·g⁻¹)和都匀毛尖(19.700 0、4.900 0 mg·g⁻¹),钠、镁、钙、铁、锰、锌和铜的质量分数均高于遵义毛峰(0.087 9、1.900 0、2.900 0、0.162 1、0.735 6、0.032 4、0.022 5 mg·g⁻¹)和都匀毛尖(0.045 6、1.600 0、2.800 0、0.042 1、0.550 2、0.033 0、0.014 9 mg·g⁻¹)^[5]。

维生素对生物体的代谢起调节作用。金银花尺蠖幼虫粪便中维生素C的质量分数低于三叶虫茶(1.325 8 mg·g⁻¹)^[5],高于常规茶叶(0.027 0 mg·g⁻¹);维生素E的质量分数也低于三叶虫茶(0.520 6 mg·g⁻¹)^[5]。

总之,金银花尺蠖幼虫粪便含有多种营养成分,并且还具有一定的抑菌活性^[13]和抗氧化活性^[14],具备虫茶的一些生化特征,若开发为虫茶,可为人体提供丰富的蛋白质、必需氨基酸、必需脂肪酸、维生素和必需矿物元素,和普通茶叶混合使用,在营养价值上实现互补,对人类健康有利。因此,在食用、药用保健等方面具有一定的开发价值和利用前景。今后,还需结合食品科学、药理学等对金银花尺蠖幼虫粪便的生物安全性进行分析,以全面评价金银花尺蠖幼虫粪便作为虫茶资源开发利用的可行性。

4 参考文献

- [1] 蒲正宇,史军义,姚俊,等. 白带锯蛱蝶幼虫和蛹的营养成分比较分析[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(8): 1252-1256.
PU Zhengyu, SHI Junyi, YAO Jun, et al. Comparative analysis of nutritional components of *Cethosia cyane* larva and pupa [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2014, 26(8): 1252-1256.
- [2] 赵秋蓉,李建平,吴迪,等. 冬虫夏草中多糖提取、纯化及抗氧化性能的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(15): 238-242.
ZHAO Qiurong, LI Jianping, WU Di, et al. Studies on the extraction, purification of the polysaccharides in *Cordyceps sinensis* and its autoxidation [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2012, 28(15): 238-242.
- [3] 励建荣,周李婷. 中国虫茶现状及其研究开发思路[J]. 农产品加工(学刊), 2005(3): 4-7.
LI Jianrong, ZHOU Liting. Present situations of sandy tea in China and its research and development ideas [J]. *Acad Period Farm Prod Process*, 2005(3): 4-7.
- [4] 雷鸣,卢晓黎. 中国虫茶资源及研究现状[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 100-102.
LEI Ming, LU Xiaoli. Sandy tea resources and its research status in China [J]. *Food Sci*, 2001, 22(11): 100-102.
- [5] 郭时印,许伍霞,文礼章,等. 三叶虫茶营养成分的分析与评价[J]. 昆虫知识, 2008, 45(1): 128-132.
GUO Shiyin, XU Wuxia, WEN Lizhang, et al. The nutrient analysis and evaluation of sanye insect-fermented tea [J]. *Chin Entomol Bull*, 2008, 45(1): 128-132.
- [6] 尚小丽,杨茂发,白智江,等. 紫斑谷螟-白茶虫茶的营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2013, 35(5): 511-513.
SHANG Xiaoli, YANG Maofa, BAI Zhijiang, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of *Pyralis farinalis*-*Litsea coreana* insect tea [J]. *Acta Nutr Sin*, 2013, 35(5): 511-513.
- [7] 王芳,向丽萍,刘建锋,等. 米仓织蛾-豹皮樟虫茶主要营养成分分析[J]. 中国食物与营养, 2017, 23(10): 73-76.
WANG Fang, XIANG Liping, LIU Jianfeng, et al. Main nutritional components of *Martyringa xeraula* and *Litsea coreana* insect tea [J]. *Chin Food Nutr*, 2017, 23(10): 73-76.
- [8] 向玉勇,刘克忠,殷培峰,等. 安徽金银花尺蠖的生物学特性[J]. 滁州学院学报, 2010, 12(5): 35-37.

- XIANG Yuyong, LIU Kezhong, YIN Peifeng, *et al.* The biological characteristics of honeysuckle geometrid in Anhui Province [J]. *J Chuzhou Univ*, 2010, **12**(5): 35 – 37.
- [9] 姜敏, 邵明果, 赵伯林. 金银花尺蠖的生物学特性及防治技术[J]. *山东林业科技*, 2005, **35**(1): 62 – 63.
JIANG Min, SHAO Mingguo, ZHAO Bolin. Biology characteristic of *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu and the control methods [J]. *Shandong For Sci Technol*, 2005, **35**(1): 62 – 63.
- [10] 倪云霞, 刘新涛, 刘玉霞, 等. 金银花尺蠖的药剂防治[J]. *河南农业科学*, 2006(12): 78 – 79.
NI Yunxia, LIU Xintao, LIU Yuxia, *et al.* Pesticide control to *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu [J]. *J Henan Agric Sci*, 2006(12): 78 – 79.
- [11] 向玉勇, 章志坚, 殷培峰, 等. 金银花尺蠖蛹粗多糖体外抗氧化活性[J]. *浙江农林大学学报*, 2016, **33**(5): 862 – 868.
XIANG Yuyong, ZHANG Zhijian, YIN Peifeng, *et al.* Antioxidant activity of raw polysaccharides from *Heterolocha jinyinhuaphaga* pupae *in vitro* [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2016, **33**(5): 862 – 868.
- [12] 向玉勇, 孙星, 殷培峰. 寄主植物、温度对金银花尺蠖幼虫消化酶活性的影响[J]. *浙江农林大学学报*, 2020, **37**(2): 311 – 318.
XIANG Yuyong, SUN Xing, YIN Peifeng. Effects of host plants and temperatures on digestive enzyme activities in *Heterolocha jinyinhuaphaga* larvae [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2020, **37**(2): 311 – 318.
- [13] 向玉勇, 汤国平, 柴新义, 等. 金银花尺蠖幼虫粪便乙醇提取物抑菌活性研究[J]. *安徽农业科学*, 2012, **40**(35): 17121 – 17124.
XIANG Yuyong, TANG Guoping, CHAI Xinyi, *et al.* Antibacterial activity studies on alcohol extracts from larva feces of honeysuckle geometrid, *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2012, **40**(35): 17121 – 17124.
- [14] 向玉勇, 刘冲, 王宗炜. 金银花尺蠖幼虫粪便乙醇提取物体外抗氧化活性[J]. *天然产物研究与开发*, 2018, **30**(2): 280 – 285, 250.
XIANG Yuyong, LIU Chong, WANG Zhongwei. Antioxidant activity of alcohol extracts of larva feces of honeysuckle geometrid, *Heterolocha jinyinhuaphaga in vitro* [J]. *Nat Pro Res Dev*, 2018, **30**(2): 280 – 285, 250.
- [15] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1995: 1 – 50.
- [16] 郭良珍, 王润莲, 梁爱萍, 等. 长须水龟虫的营养成分分析与评价[J]. *昆虫知识*, 2003, **40**(4): 366 – 368.
GUO Liangzhen, WANG Runlian, LIANG Aiping, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components of *Hydrous acuminatus* [J]. *Entomol Know*, 2003, **40**(4): 366 – 368.
- [17] 尚小丽, 杨茂发, 白智江, 等. 米缟螟-白茶虫茶的营养成分分析与评价[J]. *广东农业科学*, 2013(8): 17 – 21.
SHANG Xiaoli, YANG Maofa, BAI Zhijiang, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components of *Aglossa dimidiata-Litsea coreana* insect tea [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2013(8): 17 – 21.
- [18] 许乾丽, 孙向彤, 李明炬, 等. 老鹰茶、虫茶的化学成分分析[J]. *贵州科学*, 2000, **18**(3): 191 – 195.
XU Qianli, SUN Xiangtong, LI Mingju, *et al.* Study on chemical constituents of hawk-tea and sandy-tea [J]. *Guizhou Sci*, 2000, **18**(3): 191 – 195.
- [19] 王昌伦, 朱昭阳, 许乾丽, 等. 贵州名优茶化学品质研究[J]. *贵州科学*, 1998, **16**(3): 187 – 194.
WANG Changlun, ZHU Zhaoyang, XU Qianli, *et al.* Studies on the chemical and physical characters of famous and good-quality tea of Guizhou Province [J]. *Guizhou Sci*, 1998, **16**(3): 187 – 194.
- [20] 陈炳卿. 营养与食品卫生学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 6 – 9.
- [21] 叶兴乾, 胡萃, 王向. 6 种鳞翅目昆虫的食用营养成分分析[J]. *营养学报*, 1998, **20**(2): 224 – 228.
YE Xingqian, HU Cui, WANG Xiang. Analysis of nutritional component of six species of insects of Lepidoptera [J]. *Acta Nutr Sin*, 1998, **20**(2): 224 – 228.
- [22] 冯东勋. 必需氨基酸指数 EAAI 在饲料中的应用[J]. *饲料工业*, 1997, **18**(3): 21 – 22.
FENG Dongxun. EAAI application in feed [J]. *Feed Ind*, 1997, **18**(3): 21 – 22.