

# 蝉花菌质的营养及脂质成分分析

昆都孜·斯坎达尔<sup>1</sup>, 热娜古丽·木沙<sup>1</sup>, 孙长胜<sup>2</sup>, 闫文娟<sup>2</sup>, 艾比布拉·伊马木<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052) (2. 浙江泛亚生物医药股份有限公司, 浙江嘉兴 510070) (3. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本研究以蝉花菌质为试材, 采用常规分析法测定一般营养成分; 氯仿-甲醇改良法提取总脂肪, 硅胶柱层析法分离总脂肪中的极性、中性脂质, TLC 分析鉴定其功能性脂质成分; 高效液相色谱法和气相色谱法分别测定氨基酸及脂肪酸组成。结果表明: 蝉花菌质干物质中的粗蛋白、总脂肪、灰分和粗纤维含量分别为 15.22%、1.47%、1.33%和 5.54%。钙和磷以及维生素 A 和维生素 E 含量分别为 0.27%、0.13%、266.59 mg/100 g、62.98 mg/100 g。TLC 分析表明脂肪成分中含有鞘磷脂 (SM)、卵磷脂 (PC)、脑磷脂 (PE) 和甘油三酯 (TG) 等功能性脂肪。蝉花菌质富含多不饱和脂肪酸, 占脂肪酸总量的 48.06%, 其中亚油酸含量高达 47.94%。蝉花菌质含 17 种氨基酸, 总量为 88.27mg/g, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的 53.11%。综上结果, 蝉花菌质富含各类营养素, 可作为食品或动物饲料添加剂开发利用。

**关键词:** 蝉花, 菌质; 营养成分; 脂肪酸; 脂质; 氨基酸

文章编号: 1673-9078(2019)04-258-263

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.035

## Nutritional and Lipid Components of Substrate from *Isaria cicadae*

KUNDUZI·Sikan-daer<sup>1</sup>, RENAGULI·Mu-sha<sup>1</sup>, SUN Chang-sheng<sup>2</sup>, YAN Wen-juan<sup>2</sup>, AIBIBULA·Yima-mu<sup>3</sup>

(1.College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Zhejiang Panasia Bio-pharmaceuticai Co. Ltd., Jiaxing 510070, China)

(3.College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In this research, the waste substrate matrix of *Isaria cicadae* was used as the test material, and its common nutrients were determined using the routine analysis methods. The total lipid content was extracted using an improved chloroform-methanol method, while the polar and neutral lipids in the total fat were separated by silica gel column chromatography. The functional lipid components and fatty acid composition were determined by TLC and gas chromatography. The results showed that the crude protein, total lipid, ash and crude fiber content in the waste substrate matrix of *I. cicadae* were 15.22, 1.47, 1.33 and 5.54% (on dry mass basis), respectively. The contents of calcium, phosphorus, vitamin A and vitamin E were 0.27%, 0.13% and 266.59 mg/100 g, 62.98 mg/100 g, respectively. TLC analysis revealed that the lipid component contained functional lipids such as sphingomyelin (SM), phosphatidylcholine (PC), phosphatidyl ethanolamine (PE) and triglycerides (TG). The waste substrate matrix of *I. cicadae* was rich in polyunsaturated fatty acids (accounting for 48.06% of the total fatty acids), with the content of linoleic acid as high as 47.94%. *I. cicadae* contained 17 types of amino acids with the total amount being 88.27 mg/g (out of which essential amino acids accounting for 53.11%). In summary, the waste substrate matrix of *I. cicadae* is rich in various nutrients and can be used for food or animal feed applications.

**Key words:** *Isaria cicadae*; waste substrate matrix; nutritional composition; fatty acid; lipid; amino acid

蝉花(*Isaria cicadae*)属虫生性药真菌, 是麦角菌科真菌寄生在山蝉(俗称“知了”)上的一种药食兼用虫草菌, 同无性型冬虫夏草均为干燥的虫菌复合体<sup>[1,2]</sup>。蝉花的药用价值在经典医药论著中均有记载, 蝉花虫草

收稿日期: 2018-10-16

基金项目: 企业横向资助课题项目

作者简介: 昆都孜·斯坎达尔(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品营养与安全

通讯作者: 热娜古丽·木沙(1964-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品营养与安全

具有较高的营养价值及特定的食用价值, 它与我国传统的虫草类滋补药冬虫夏草的医疗保健功效近似, 可作为名贵中药材冬虫夏草的替代品。其特有的药用活性作用被广泛应用于医药及食品保健业, 医学方面的主要药理功效包括治疗眼疾<sup>[3]</sup>、镇静镇痛降温<sup>[4]</sup>、抗氧化抗衰老<sup>[5]</sup>、改善肾功能<sup>[6]</sup>、免疫调节<sup>[7]</sup>和肿瘤抑制<sup>[8]</sup>等作用。蝉花在适宜的气候和生态环境条件下需要较长的自然生长周期, 又因为人们连年采集野生资源使出产率不断减少。为解决蝉花在市场中的供不应求现象, 相关研究人员利用生物发酵技术已成功培育出与

天然品种具有相似活性成分及药理作用的人工培养蝉花<sup>[9,10]</sup>,并对人工和天然蝉花的化学成分进行了较全面的分析,证明了人工培育蝉花子实体能够替代天然蝉花作为生药资源。

目前,人们对蝉花中氨基酸、无机元素、腺苷、甘露醇及糖类等营养成分的研究很多,但对蝉花虫草基质(即蝉花菌质)的营养成分研究仍是空白。蝉花菌质是指蝉花子实体收获后留下的副产物,其中可能含有菌丝体在发酵过程中残留下来的各种营养物质,具有极大的发展潜力和应用前景。本研究以蝉花菌质为试验材料,初步探究蝉花菌质的营养成分、分离鉴定菌质的脂肪成分、并对脂肪酸组成及含量进一步分析研究,开发利用蝉花菌质,提高废资源的附加值。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

供试材料为蝉花菌质,由浙江泛亚生物科技股份有限公司提供。原料粉碎后过40目筛,为防止变质,将质地均匀的粉状试样装于密封袋,置干燥处保存备用。

#### 1.1.1 主要仪器设备

RE-52AA 旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;ZDDN-II 自动型凯氏定氮仪,浙江托普仪器有限公司;LC98-II 高效液相色谱仪,北京温分分析仪器技术开发有限公司;Agilent 7890-5975 气相色谱质谱联用仪等。

#### 1.1.2 试剂

氯仿、甲醇、无水乙醚、无水乙醇、无水硫酸钠、正己烷、盐酸、硫酸铵等,均为分析纯;

配备溶液:50%浓硫酸、氯仿:甲醇(2:1, V/V)、1:1 氢氧化钾溶液、14%三氟化硼-甲醇溶液、10%抗坏血酸溶液(m/V)等;

标准样品:鞘磷脂、卵磷脂、脑磷脂、维生素A、E 标准液等。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 水分含量的测定

采用直接干燥法(食品中水分的测定 GB 5009.3-2016)<sup>[11]</sup>对样品的水分含量进行测定。

#### 1.2.2 粗蛋白的测定

采用凯氏定氮法(食用菌中粗蛋白含量的测定 GB 15673-2009)<sup>[12]</sup>对样品的粗蛋白含量进行测定。

#### 1.2.3 灰分含量的测定

采用干法灰化(食品中灰分的测定 GB/T 5009.4-2016)<sup>[13]</sup>对样品的灰分含量进行测定。

#### 1.2.4 粗纤维含量的测定

采用水解法(食品中粗纤维的测定 GB/T 5009.10-2003)<sup>[14]</sup>对样品的粗纤维含量进行测定。

#### 1.2.5 钙含量的测定

采用原子吸收光谱法测定钙含量<sup>[15]</sup>,精密称取试样1.0 g于干锅中(准确至0.0002 g),750 °C马弗炉中灼烧,灰化后冷却至室温。加入1:3 盐酸溶液10 mL、硝酸数滴。再用稀盐酸定容于250 mL容量瓶。分别取标准钙工作液(10 μg/mL)0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL于10 mL试管中,分别加双蒸水1.0、0.8、0.6、0.4、0.2、0 mL;再各加工作显色液5 mL摇匀后静置,同时做空白试验为对照,于570 nm处15 min比色,用钙含量(μg)为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

#### 1.2.6 磷含量的测定

磷含量的测定在酸性溶液中用钒钼酸铵处理,生成黄色的磷钒-钼酸 $[(NH_4)_3PO_4 \cdot NH_4VO_3 \cdot 16MoO_3]$ <sup>[16]</sup>。准确移取磷标准溶液(50 μg/mL)0、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0、15.0 mL于50 mL容量瓶中,分别加入钒钼酸铵显色试剂双蒸水10 mL;用蒸馏水稀释至刻度,摇匀后静置,同时以空白溶液为对照,用10 mm比色池在420 nm波长下,用分光光度计测各溶液的吸光度。用磷含量(μg)为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

#### 1.2.7 脂溶性维生素V<sub>A</sub>和V<sub>E</sub>的测定

采用高效液相色谱法(HPLC)对试样中的脂溶性维生素V<sub>A</sub>和V<sub>E</sub>进行测定,根据食品中维生素A和维生素E的测定 GB/T 5009.82-2003<sup>[17]</sup>,将试样中的维生素A及维生素E经皂化提取后,将其不可皂化的部分提取到有机溶剂中,用HPLC法C<sub>18</sub>反相柱将维生素A和维生素E分离,经紫外检测器检测,并用内标法定量测定。

#### 1.2.8 总脂肪的提取及含量测定

采用氯仿-甲醇改良法及Folch法<sup>[18]</sup>提取蝉花菌质的总脂肪,精密称取10 g样品于250 mL锥形瓶中,加入100 mL氯仿-甲醇(2:1, V/V)混合溶剂,在恒温振荡器提取1 h(温度控制在45 °C以下),静置收集上清液,重复3次。将三次提取的上清液过滤合并,用氯仿:甲醇:蒸馏水(8:4:3, V/V/V)在分液漏斗内进行萃取,静置12 h,将分离出的脂肪层用旋转蒸发器浓缩,干燥至恒重,得到总脂肪。

#### 1.2.9 硅胶薄层层析法(TLC)分析脂肪成分

将硅胶薄层板置于120±2 °C烘箱活化2 h,去除

板上杂质,用 10  $\mu\text{L}$  毛细管分别取样品及标样,在硅胶板上进行平行点样。用氯仿:甲醇:蒸馏水 (65:25:4, V/V/V) 的混合溶液作为展开剂<sup>[19]</sup>,薄层层析后取出薄板,待其表面溶剂挥发后,用 50%浓硫酸喷雾硅胶板表面,120  $^{\circ}\text{C}$  烘箱干燥 10 min,显色鉴定。

### 1.2.10 脂肪酸含量的测定

参照食品中总脂肪、饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸的测定 水解提取-气相色谱法 GB/T 22223-2008<sup>[20]</sup>。

脂肪酸甲酯化:从上提取的总脂肪中精密称取 10 mg,加入 2 mL 14%三氟化硼-甲醇溶液,60  $^{\circ}\text{C}$  水浴 30 min 进行甲酯化,冷却至室温,加入 1 mL 蒸馏水和 2 mL 正己烷振荡,静置分层完全后吸取上层有机层, $\text{N}_2$  吹挥干溶剂后用 1 mL 正己烷溶解,样品上 GC/MS 分析。

气相色谱条件:色谱柱 HP-5MS (60 m $\times$ 0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$ );进样口温度:280  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量 1.0  $\mu\text{L}$ ,分流比 20:1;载气为高纯度氦气 (99.999%);恒线速度流速 1.5 mL/min。

质谱条件:离子源温度 200  $^{\circ}\text{C}$ ;四级杆 150  $^{\circ}\text{C}$ ;连接线温度 260  $^{\circ}\text{C}$ ;电子轰击能量 70 eV;质量扫描范围  $m/z$  40~550,溶剂切除时间为 4.4 min。

FID 条件:温度 250  $^{\circ}\text{C}$ ,氢气 30 mL/min,空气 300 mL/min。

利用 NIST 11 谱库数据库检索、参考脂肪酸标准谱图和各脂肪酸的保留时间,定性出所有的脂肪酸。按面积归一化法进行分析,求得各脂肪酸相对百分含量。

### 1.2.11 氨基酸测定

氨基酸含量的分析测定参照了 GB 5009.124-2016 《食品中氨基酸的测定》<sup>[21]</sup>方法。样品的前处理采用盐酸水解法 (色氨酸除外),称取 0.3 g 蝉花菌质样品置于密封瓶中,加入 10 mL 6 M HCl (含 1%苯酚),充氮气 1 min,封瓶,110  $^{\circ}\text{C}$  水解 22 h,冷却,定容,取一部分氮吹挥干,0.01 M HCl 溶解定容,过膜,测定氨基酸。

## 1.3 数据处理

本试验所得数据均采用 SPSS 21.0 和 Excel 2003 软件进行处理,每个实验至少重复 3 次,实验检测数据最后以平均值 $\pm$ 平均偏差 (SD) 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 一般营养成分分析

从表 1 可以看出,蝉花菌质的水分含量为 6.50%,

粗蛋白、总脂肪、灰分、粗纤维含量依次为 15.22%、1.47%、1.33%、5.54%。脂肪含量与蛋白含量的高低直接影响食物的风味。研究表明<sup>[22]</sup>,蝉拟青霉菌丝体与天然蝉花中粗蛋白含量分别为 25.38%、19.65%,蝉花菌质粗蛋白含量比天然蝉花低 4.43%;蝉花菌质总脂肪含量较低,为 1.47%,蝉拟青霉菌丝体和天然蝉花中的脂肪含量分别为 7.72%、8.41%,两者脂肪含量比较接近,均高于基质 (约 7%)。

表 1 蝉花菌质的一般营养成分含量 (%)

Table 1 Nutritional composition in waste substrate of *Isaria*

| cicadae (%) |                 |                  |                 |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 项目          | 水分              | 粗蛋白              | 总脂肪             |
| 含量          | 6.50 $\pm$ 0.01 | 15.22 $\pm$ 0.48 | 1.47 $\pm$ 0.17 |
| 项目          | 灰分              | 粗纤维              |                 |
| 含量          | 1.33 $\pm$ 0.03 | 5.54 $\pm$ 0.77  |                 |

### 2.2 钙和磷的测定

从表 2 可知,蝉花菌质无机元素中钙、磷含量分别为 0.27%、0.13%,钙含量高于磷。于世军<sup>[23]</sup>等对蝉花菌质矿物质元素进行了研究,其中钙和磷含量较为丰富,分别为 847.60 mg/kg、2296.67 mg/kg,相比较蝉花菌质中的钙和磷含量均未达到 1%,可知基质中的矿物质元素含量极少。

表 2 蝉花菌质的钙、磷含量 (%)

Table 2 Calcium, phosphorus in waste substrate of *Isaria*

| cicadae (%) |                 |                 |
|-------------|-----------------|-----------------|
| 项目          | 钙               | 磷               |
| 含量          | 0.27 $\pm$ 0.01 | 0.13 $\pm$ 0.01 |

### 2.3 脂溶性维生素 $V_A$ 、 $V_E$

蝉花菌质中含有脂溶性维生素,脂溶性维生素是肠外营养不可缺少组成部分之一。从表 3 可以看出,蝉花菌质的  $V_A$  含量为 266.59 mg/100 g;  $V_E$  含量为 62.98 mg/100 g,维生素 A 高于维生素 E 的含量,维生素 A 能够提高机体对蛋白质的利用率。

表 3 蝉花菌质维生素 A、维生素 E 含量 (mg/100 g)

Table 3 Vitamin A, Vitamin E in waste substrate of *Isaria*

| cicadae (mg/100 g) |                   |                  |
|--------------------|-------------------|------------------|
| 项目                 | 维生素 A             | 维生素 E            |
| 含量                 | 266.59 $\pm$ 4.98 | 62.98 $\pm$ 1.70 |

### 2.4 脂肪成分的鉴定

图 1 为蝉花菌质脂肪成分的 TLC 分析结果,条带 1、2 分别为标准样品,条带 3 和 4 为蝉花菌质的极性脂质 (PL) 和总脂肪 (TL);在硅胶板上依次平行点

样进行薄硅胶板层析 (TLC), 从图中显示出的斑点可知, 蝉花菌质的功能性脂肪成分主要集中在极性脂质中, 可初步鉴定其中含有鞘磷脂 (SM)、卵磷脂 (PC)、脑磷脂 (PE) 和甘油三酯 (TG), 除上述几种功能性脂肪成分外, 图 1 中还可看出有未确定的斑点, 在后续研究中可进一步深入研究。

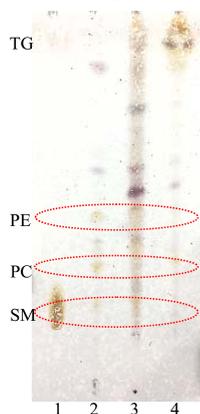


图 1 蝉花菌质脂肪成分的 TLC 分析

Fig.1 TLC in waste substrate of *Isaria cicadae*

注: 展开剂: 氯仿:甲醇:蒸馏水 (65:25:4, V/V/V); 显色剂: 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 条带 1 是鞘磷脂标样; 条带 2 是卵磷脂标样; 条带 3 是甲醇洗脱的极性脂质样品 (PL); 条带 4 是总脂肪 (TL); SM 为鞘磷脂、PC 为卵磷脂、PE 为磷脂酰乙醇胺 (脑磷脂)、TG 为甘油三酯。

### 2.5 脂肪酸组成分析

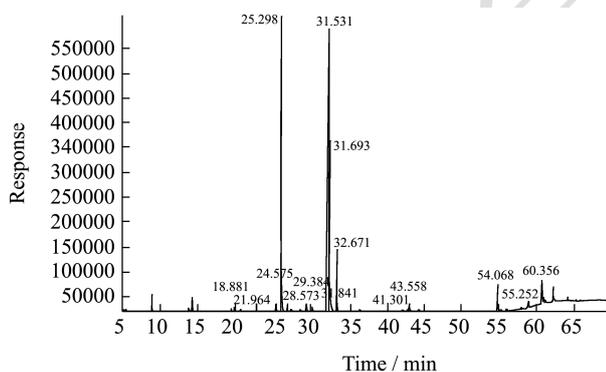


图 2 蝉花菌质的脂肪酸气相色谱图

Fig.2 Chromatogram of fatty acids in waste substrate of *Isaria cicadae*

图 2 为蝉花菌质的脂肪酸图谱, 共检测出 16 种脂肪酸, 横坐标为保留时间, 可根据面积归一化法分析出各脂肪酸相对百分含量。从表 4 可以看出, 蝉花菌质脂肪酸中含有饱和脂肪酸 (SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA)。亚油酸的相对百分含量最高 (47.94%)。其中有 9 种脂肪酸均属于饱和脂肪酸, 占脂肪酸总量的 31.14%, 相对含量最高的是棕榈酸, 为 25.18%。不饱和脂肪酸中有 5 种脂

肪酸是单不饱和脂肪酸, 单不饱和脂肪中相对含量最高的是油酸, 为 15.92%。亚油酸和二十碳二烯酸属于多不饱和脂肪酸, 正是因为亚油酸相对含量较丰富, 使多不饱和脂肪酸比例高于单不饱和脂肪酸, 不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的一半以上, 达 68.86%。有研究表明, 不饱和脂肪酸特别是多不饱和脂肪酸在保护大脑和神经系统、降低血液胆固醇和血脂、预防心血管疾病方面起重要作用<sup>[24]</sup>。

表 4 蝉花菌质中脂肪酸含量 (%)

Table 4 Fatty acid content in waste substrate of *Isaria cicadae*

| (% )                 |       |
|----------------------|-------|
| 脂肪酸                  | 相对含量  |
| 肉豆蔻酸(C14:0)          | 0.19  |
| 十五烷酸(C15:0)          | 0.42  |
| 棕榈酸(C16:0)           | 25.18 |
| 十七烷酸(C17:0)          | 0.32  |
| 2-羟基十六烷酸(C16:0 2-OH) | 0.30  |
| 硬脂酸(C18:0)           | 4.28  |
| 花生酸(C20:0)           | 0.14  |
| 山萘酸(C22:0)           | 0.12  |
| 二十四烷酸(C24:0)         | 0.18  |
| 棕榈油酸(C16:1 w7c)      | 0.37  |
| 油酸(C18:1 w9c)        | 15.92 |
| 反油酸(C18:1 w9t)       | 1.46  |
| 二十碳烯酸(C20:1w9c)      | 0.43  |
| 芥酸(C22:1 w9c)        | 2.62  |
| 亚油酸(C18:2 w6c)       | 47.94 |
| 二十碳二烯酸(C20:2 w6c)    | 0.12  |
| SFA                  | 31.14 |
| MUFA                 | 20.80 |
| PUFA                 | 48.06 |

注: SFA 为饱和脂肪酸; MUFA 为单不饱和脂肪酸, 如棕榈油酸、油酸、反油酸、二十碳烯酸、芥酸; PUFA 为多不饱和脂肪酸, 亚油酸和二十碳二烯酸。

### 2.6 氨基酸组成分析

从表 5 可知, 蝉花菌质样品共检测到 17 种氨基酸, 氨基酸总量为 88.27 mg/g, 必需氨基酸含量为 46.88 mg/g, 必需氨基酸与总氨基酸的比值 (EAA/TAA) 为 53.11%, 满足 FAO/WHO 的评价标准<sup>[25]</sup>。蝉花菌质中谷氨酸含量最高, 达 10.89 mg/g, 其不仅是鲜味氨基酸, 还参与肌体生命代谢, 是参与信息传递的重要神经递质, 且参与脑中许多重要生理功能。其次为精氨酸, 含量为 8.78 mg/g, 精氨酸可作为营养支持物, 促进蛋白质合成, 改善机体氮平衡, 从而提高免疫功能。

表5 蝉花菌质氨基酸含量 (mg/g)

Table 5 Amino acid content in waste substrate of *Isaria cicadae*

| (mg/g)             |           |
|--------------------|-----------|
| 氨基酸种类              | 含量/(mg/g) |
| 精氨酸 arg            | 8.78      |
| 组氨酸 his            | 1.91      |
| 异亮氨酸 ile           | 4.18      |
| 亮氨酸 leu            | 6.70      |
| 必需氨基酸 赖氨酸 lys      | 6.40      |
| 蛋氨酸 met            | 1.80      |
| 苯丙氨酸 phe           | 4.20      |
| 酪氨酸 tyr            | 7.14      |
| 缬氨酸 val            | 5.77      |
| -----              |           |
| 丙氨酸 ala*           | 5.49      |
| 天冬氨酸 asp*          | 2.70      |
| 谷氨酸 glu*           | 10.89     |
| 必需氨基酸 甘氨酸 gly*     | 6.26      |
| 脯氨酸 pro            | 5.37      |
| 丝氨酸 ser            | 3.97      |
| 苏氨酸 thr            | 4.97      |
| 半胱氨酸 cys           | 1.74      |
| -----              |           |
| 氨基酸总量              | 88.27     |
| 必需氨基酸              | 46.88     |
| 非必需氨基酸             | 41.39     |
| 鲜味氨基酸              | 20.29     |
| 必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA | 53.11%    |

注: \*为鲜味氨基酸。

### 3 结论

3.1 蝉花菌质的主成分以蛋白质和非纤维性碳水化合物等营养素为主, 蛋白含量达 15%以上, 而脂肪、纤维素含量较低。富含维生素 A, 含量为 266.59±4.98 mg/100 g, 具有一定的营养价值。

3.2 蝉花菌质中多不饱和脂肪酸的相对含量约占脂肪总量的一半, 其中亚油酸比例高达 47.94%。9 种人体必需氨基酸总量为 46.88 mg/g, 必需氨基酸占总氨基酸的比值为 53.11%。

3.3 通过对蝉花虫草基质的一般营养成分、功能性脂肪成分、脂肪酸以及氨基酸成分分析, 以上结果表明, 蝉花菌基质是一种高蛋白、低脂肪、低热能, 且富含维生素、必需脂肪酸和必需氨基酸的优质食品原料, 可作为食品或动物饲料添加剂开发利用。

### 参考文献

[1] 王琼,王春雷,何福根,等.地方药材金蝉花的研究进展[J].中

瘤学杂志,2013,19(3):227-229

WANG Qiong, WANG Chun-lei, HE Fu-gen, et al. Research progress on native drug *Isaria cicadae* Miq [J]. Journal of Chinese Oncology, 2013, 19(3): 227-229

[2] 王永红,蔡开明,韦曙.蝉花的本草考证与生物学研究[J].江苏林业科技,2013,40(3):50-53

WAN Yong-hong, CAI Kai-ming, WEI Shu. Herbal research and biological research of *Cordyceps cicadae* [J]. Journal of Jiangsu Forestry Science and Technology, 2013, 40(3): 50-53

[3] 徐大梅.万应蝉花散治疗春季结膜炎 100 例临床观察[J].中国中医眼科杂志,2010,20(3):52-53

XU Da-mei. Clinical study on Wanying *Cordyceps sobolifera* powder for the treatment of 100 cases with vernal conjunctivitis [J]. China Journal of Chinese Ophthalmology, 2010, 20(3): 52-53

[4] 刘广玉,胡菽英.天然蝉花和人工培养品镇静镇痛作用的比较[J].现代应用药学,1991,8(2):5-8,4

LIU Guang-yu, HU Su-ying. Comparison of sedative and analgesic effects between *Cordyceps cicadidae* and its cultured product [J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 1991, 8(2): 5-8, 4

[5] 杨介钻,金丽琴,吕建新,等.蝉拟青霉多糖抗衰老作用的实验研究[J].中国老年学杂志,2004,24(4):343-344

YANG Jie-zuan, JIN Li-qin, LYU Jian-xin, et al. The experimental study of *Paecilomyces cicadicae* polysaccharides on anti-aging [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2004, 24(4): 343-344

[6] 朱戎,陈以平,邓跃毅.液体培养蝉花菌丝对 5/6 肾切除大鼠肾小球硬化的干预作用[J].上海中医药杂志,2010,44(5):4-8

ZHU Rong, CHEN Yi-ping, DENG Yue-yi. Intervention of glomerulosclerosis following 5/6 nephrectomy by artificial cultured *Cordyceps sobolifera* mycelium in rats [J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2010, 44(5): 4-8

[7] 宋捷民,陈玲,陈玮,等.蝉花对免疫功能影响的实验研究[J].中国中医药杂志,2007,14(1):37-38

SONG Jie-min, CHEN Ling, CHEN Wei, et al. Experimental study of the effect of *Cordyceps sobolifera* on the immunity [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2007, 14(1): 37-38

[8] 金丽琴,熊中奎,吕建新.蝉拟青霉多糖免疫调节和抗肿瘤活性的实验研究[J].中国病理生理杂志,2008,24(3):494-497

JIN Li-qin, XIONG Zhong-kui, LYU Jian-xin. Experimental studies on immunomodulatory and antitumor activity of polysaccharide from *Paecilomyces cicadidae* [J]. Chinese Journal of Pathophysiology, 2008, 24(3): 494-497

- [9] 张红霞,高新华,陈伟,等.人工培育蝉花与天然蝉花中化学成分的比较[J].食用菌学报,2012,19(3):59-62  
ZHANG Hong-xia, GAO Xin-hua, CHEN Wei, et al. Levels of selected chemical components in *Cordyceps sobolifera* fruit bodies cultivated artificially and collected from the wild [J]. Journal of Edible Fungi, 2012, 19(3): 59-62
- [10] 陈安徽,邵颖,李继武,等.人工培育蝉花虫草的抗肿瘤活性[J].食品科学,2015,36(9):194-197  
CHEN An-hui, SHAO Ying, LI Ji-wu, et al. Antitumor activity of cultured fruiting bodies of *Cordyceps cicadae* [J]. Food Science, 2015, 36(9): 194-197
- [11] GB/T 5009.3-2016,食品中水分的测定 [S]  
GB/5009.3-2016, Determination of water in food [S]
- [12] GB/T 15673-2009,食用菌中粗蛋白含量的测定 [S]  
GB/T 15673-2009, Determination of crude protein content in edible fungi [S]
- [13] GB/T 5009.4-2016,食品中灰分的测定 [S]  
GB/T 5009.4-2016, Determination of ash in food [S]
- [14] GB/T 5009.10-2003,食品安全国家标准:食品中粗纤维的测定 [S]  
GB/T 5009.10-2003, Determination of crude fiber in food [S]
- [15] 郭利萍,周小刚.国标食品中钙含量滴定测定方法的优化[J].食品工业,2012,33(5):130-132  
GUO Li-ping, ZHOU Xiao-gang. Determination of calcium in foods GB method optimization [J]. The Food Industry, 2012, 33(5): 130-132
- [16] 向晓黎,王静,王国红.钒钼黄比色法测定食品中磷的研究[J].绿色科技,2015,4:328-329  
XIANG Xiao-li, WANG Jing, WANG Guo-hong. Study on the determination of phosphorus in food based on vanadium molybdenum yellow colorimetric method [J]. Journal of Green Science and Technology, 2015, 4: 328-329
- [17] GB/T 5009.82-2003,食品安全国家标准:食品中维生素A和维生素E的测定[S]  
GB/T 5009.82-2003, National standards for food safety: determination of vitamin A and vitamin E in food [S]
- [18] Folch J, Lees M, Stanley G H S. A simple method for the isolation and purification of total fats from animal tissue [J]. J. Biol. Chem., 1957, 226: 497-509
- [19] R. Van Kaam, I. Rodríguez-donis, V. Gerbaud. Heterogeneous extractive batch distillation of chloroform-methanol-water: Feasibility and experiments [J]. Chemical Engineering Science, 2007, 63(1): 78-94
- [20] GB/T 22223-2008,食品安全国家标准:食品中总脂肪、饱和脂肪(酸)、不饱和脂肪(酸)的测定[S]  
GB/T 22223-2008, National standards for food safety: determination of total fat, saturated fat (acid) and unsaturated fat (acid) in food [S]
- [21] GB 5009.124-2016,食品中氨基酸的测定[S]  
GB/T 5009.4-2016, Determination of amino acid in food [S]
- [22] 葛飞,夏成润,李春如,等.蝉拟青霉菌丝体与天然蝉花中化学成分的比较分析[J].菌物学报,2007,1:68-75  
GE Fei, XIA Cheng-run, LI Chun-ru, et al. Analysis of the chemical compositions of *Paecilomyces cicadae* fermented mycelia and *Cordyceps cicadae* fruit body [J]. Mycosystema, 2007, 1: 68-75
- [23] 于士军,柴新义,樊美珍.蝉花菌质主要营养成分和活性成分分析[J].食品与机械,2015,31(1):155-158  
YU Shi-jun, CHAI Xin-yi, FAN Mei-zhen. Analysis of nutritional and bioactive components of solid-state fermented substrate of *Isaria cicadae* [J]. Food & Machinery, 2015, 31(1): 155-158
- [24] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].食品工业科技,2012,7:418-423  
SUN Xiang-yu, GAO Gui-tian, DUAN Ai-li, et al. Research progress in polyunsaturated fatty acids [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 7: 418-423
- [25] FAO/WHO. Energy and protein requirements [R]. Geneva: World Health Organization, 1973

---

(上接第 208 页)

- [36] Surveswaran S, Cai Y Z, Corke H, et al. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants [J]. Food Chemistry, 2007, 102(3): 938-953