

# 不同栽培原料及配方对 蛹虫草主要活性成分的影响

方 华 舟, 李 先 良

(荆楚理工学院 生物工程学院, 湖北 荆门 448000)

**摘 要:**以大米为主要栽培基质,以常见的碳源氮源进行单因素试验,探索了不同碳源氮源对蛹虫草主要活性成分的影响及规律。结果表明:葡萄糖等寡糖类碳源及蛋白胨、蚕蛹粉等蛋白类氮源促进合成蛋白质、虫草素作用显著,葡萄糖、蛋白胨能力最强;柠檬酸铵、蛋白胨及果糖、蔗糖、葡萄糖促进虫草多糖合成,且柠檬酸铵作用显著;可溶性淀粉、果糖、蔗糖及柠檬酸铵、硝酸铵、蚕蛹粉等促进虫草酸合成,且柠檬酸铵、可溶性淀粉作用显著。以葡萄糖等寡糖、可溶性淀粉、蛋白胨或蚕蛹粉、柠檬酸铵等配方组合,可有效提高蛹虫草主要物质合成及主要活性成分含量。

**关键词:**蛹虫草;碳源;氮源;活性成分含量;机制

**中图分类号:**S 567.3<sup>+</sup>5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0150-05

蛹虫草(*Cordyceps militaris* Link)属真菌界(Fungi)双核菌亚界(Bikarya)子囊菌门(Ascomycota)子囊菌纲(Ascomycetes)粪壳菌亚纲(Sordariomycetidae)肉座菌目(Hypocreales)麦角菌科(Clavicipitaceae)虫草属(*Cordyceps* Link)模式种,又名北冬虫夏草、北虫草,是我国宝贵的虫草资源<sup>[1]</sup>。大量研究证实蛹虫草主要活性成分及医疗保健功效与著名冬虫夏草类似,甚至虫草素等活性成分明显高于冬虫夏草,被认为是冬虫夏草的理想替代品及药用真菌的后起之秀<sup>[2-3]</sup>,因而引起人们的广泛重视。研究证实,蛹虫草含有充足的虫草类主要活性物质如虫草素、虫草酸、虫草多糖、蛋白质、必需氨基酸以及中微量元素、多种维生素等成分,具有滋补营养、增强免疫及抗肿瘤、抑制病毒、抵抗辐射、抗菌消炎等多种营养、保健及药用功能<sup>[3]</sup>,已在东亚地区被广泛用做进补滋养及药用保健佳品,我国也于2009年批准为新资源食品(现名新食品原料)<sup>[4]</sup>。自我国世界上第一个以昆虫蛹人工培育蛹虫草获得成功以来,我国蛹虫草人工种植技术快速发展,现已广泛实现人工栽培并已基本实现产业化,年产值可达100亿人民币以上<sup>[4]</sup>。近年来尽管人们对蛹虫草优良菌种制备、栽培原料选择及优化、

生长条件控制等取得重大成绩并实现高产稳产,但提高和保持其主要活性成分含量并实现优质高产是蛹虫草产业更进一步发展所面临的又一重大课题<sup>[4-6]</sup>。栽培培养基作为蛹虫草生长及代谢的主要源泉,无疑对蛹虫草生长及主要活性成分的代谢、合成和积累产生重要影响。目前,各地栽培实践及相关研究证明,尽管各地栽培原料及配方不尽相同,但与野生蛹虫草相比,均可有效提高蛹虫草有效成分含量,并推测与栽培原料选择及其代谢途径有关<sup>[6-7]</sup>。比较并系统研究、归纳不同原料及配方对蛹虫草主要活性物质的影响规律有重要理论及实践意义,但相关报道较少。现根据一般栽培实际,对不同碳源氮源对蛹虫草主要活性成分的影响进行深入系统的探讨,以期对蛹虫草规范种植、确保蛹虫草优良品质和质量提供一定的参考依据及技术参数,供栽培实践及进一步研究参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

蛹虫草菌种 D1 由荆楚理工学院生物工程学院食用菌实验室分离、保藏和提供,并经实际栽培证实具有良好生长及出草性能。

培养原料:大米(市场购买),葡萄糖、果糖、蔗糖(化学纯)及可溶性淀粉(分析纯);硝酸铵、柠檬酸铵(分析纯)、蛋白胨(生化试剂),蚕蛹粉(市场购买)、鸡蛋(市场购买,取其蛋清液)、黄豆粉(自制),磷酸二氢钾、硫酸镁(分析纯),维生素 B<sub>1</sub>(药店购买)等。

**第一作者简介:**方华舟(1965-),男,湖北罗田人,本科,教授,研究方向为食用菌与农业微生物学。E-mail:fanghuazhou2000@sina.com.

**基金项目:**湖北省教育厅重点科研资助项目(D20126101)。

**收稿日期:**2016-08-04

检测试剂及主要设备:虫草素标准品(纯度>98%,SIGMA)、葡萄糖标准品(纯度>98%,西安天丰生物科技有限公司)、甘露醇标准品(纯度>98%,上海永叶生物科技有限公司)及其它常规药品及试剂;LRH-250-GSII 微电脑人工气候培养箱(广东省医疗器械厂)、电子分析天平(良平仪器公司)、电热恒温干燥箱(上海浦东荣丰科学仪器有限公司)、Alpha-1900PC 紫外可见分光光度计(上海谱元仪器有限公司)、WATERS -LC 超高效液相色谱仪(美国 WATERS 公司)及其它常用栽培工具与分析检测仪器等。

## 1.2 试验方法

1.2.1 不同原料与栽培配方设计 栽培培养基配方:大米 30 g,营养液 45 mL,其中含磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B<sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0,并添加不同的碳源和氮源。以营养液中不添加碳源、氮源为对照组,以营养液中添加相当于 10 g 葡萄糖的碳元素量和 20 g 蛋白胨的氮元素量的不同碳源、氮源为试验组<sup>[8-9]</sup>。碳源分别为葡萄糖、果糖、蔗糖、可溶性淀粉,氮源分别为硝酸铵、柠檬酸铵、蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉。蛋白胨、蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉等天然物以分光光度法测定氮元素含量后进行等量换算。各处理的具体配方见表 1。其中,配方 1 经试验证实碳氮比适宜<sup>[8-10]</sup>(约 3.6:1),其它试验组碳氮比也较适宜,对照组(CK)碳氮

比约为 21:1。将栽培原料及其营养液等按配方配制后,分别装入 500 mL 普通罐头瓶,121 ℃ 高压蒸汽灭菌 20~30 min,备用。

1.2.2 菌种制备与栽培出草 将蛹虫草菌种 D1 经 PDA 培养基活化,无菌接入经高压灭菌的液体菌种培养基(可溶性淀粉 30 g,葡萄糖 10 g,蛋白胨 10 g,磷酸二氢钾 2 g,硫酸镁 2 g,维生素 B<sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5),20 ℃、150 r·min<sup>-1</sup> 摇床震荡培养至液体菌种成熟<sup>[10]</sup>。液体菌种成熟后,按 10% 体积量将液体菌种无菌接入栽培培养基(实际接种量约为 6 mL),按常规方法进行发菌、转色及出草管理,于子实体形成子囊壳时及时采收、处理<sup>[11]</sup>。

1.2.3 不同碳源的单因素试验 按照表 1 中处理 1~4 的配方配制栽培原料,探索不同碳源对蛹虫草子实体主要活性成分的影响及规律。

1.2.4 不同氮源的单因素试验 按照表 1 中处理 1 和处理 5~9 的配方配制栽培原料,探索不同氮源对蛹虫草子实体主要活性成分的影响及规律。

1.2.5 栽培培养基配方的优化 在充分分析不同碳源、氮源对蛹虫草子实体主要活性成分的影响规律基础上,对栽培培养基配方进行优化,并按前述方法栽培出草、测定主要活性成分含量,以进一步验证和深化不同原料及组合对蛹虫草主要活性成分的影响规律及机制。

表 1

营养液不同栽培原料及配方

Table 1

Different raw material and formula

组别 Group	原料种类及用量 Kinds and dosage of raw materials
CK	磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 7.5
1	葡萄糖 10 g,蛋白胨 20 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
2	果糖 10 g,蛋白胨 20 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
3	蔗糖 9.5 g,蛋白胨 20 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
4	可溶性淀粉 9.5 g,蛋白胨 20 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
5	葡萄糖 10 g,硝酸铵 7.8 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
6	葡萄糖 10 g,柠檬酸铵 15.6 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
7	葡萄糖 10 g,蚕蛹粉 34.6 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
8	葡萄糖 10 g,蛋清液 169.2 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0
9	葡萄糖 10 g,黄豆粉 59.2 g,磷酸二氢钾 1 g,硫酸镁 0.8 g,维生素 B <sub>1</sub> 10 mg,水 1 000 mL,pH 6.5~7.0

## 1.3 项目测定

各处理子实体采收后,于室内通风处阴干并置烘箱 50 ℃ 烘干至恒重,按照 GB5009.5-2010(分光光度法)、NY/T1676-2008(比色测定法)、NY/T2116-2012(高效液相色谱法)所述方法及高碘酸钠比色法,分别测定各处理蛹虫草子实体的蛋白质、多糖、虫草素、虫草酸等的含量,比较不同培养基原料及其配方对蛹虫草子实体主要活性成分的影响及规律。

## 1.4 数据分析

各处理及优化试验组均 100 瓶重复,采用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同碳源氮源对蛹虫草蛋白质含量的影响

从图 1、2 可以看出,各试验组蛹虫草蛋白质含量较对照组均有较明显上升。对照组栽培原料碳氮比过高,而各试验组碳氮比较为适宜,说明栽培基质适宜碳氮比是蛹虫草蛋白质良好合成和代谢的基本条件之一。

从图 1 可知,各碳源对子实体中蛋白质含量均有较强促进作用,依次为葡萄糖>果糖>蔗糖>可溶性淀粉,且均与对照组有显著性差异。说明添加的碳源易于被蛹虫草细胞吸收且较好参与了蛹虫草蛋白质的合成和代谢,为相关氨基酸及蛋白质提供了充足碳架或碳素

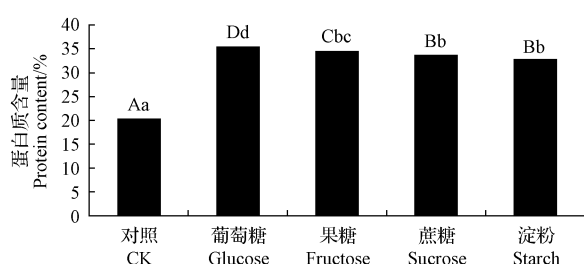


图1 不同碳源对虫草蛋白质含量的影响

Fig. 1 Effect of different carbon sources on protein content of *Cordyceps militaris*

来源,从而促进了蛹虫草蛋白质的积累和含量提高。

从图2可知,氮源中蛋白胨对促进子实体蛋白质合成能力最强,蚕蛹粉次之。蛋白胨主要为蛋白质、多肽及氨基酸类物质,易于被菌丝细胞吸收和转化;蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉等为天然蛋白质类物质,与蛹虫草天然寄主主要成分类似,亦易于吸收和代谢;硝酸铵为无机氮,需经过系列代谢和转化,合成氨基酸及蛋白质能力较弱。柠檬酸铵亦为铵态氮源而较硝酸铵具有较强蛋白质合成能力,可能与其可同时参加糖类等物质代谢、可进一步促进和加快蛋白质合成有关。

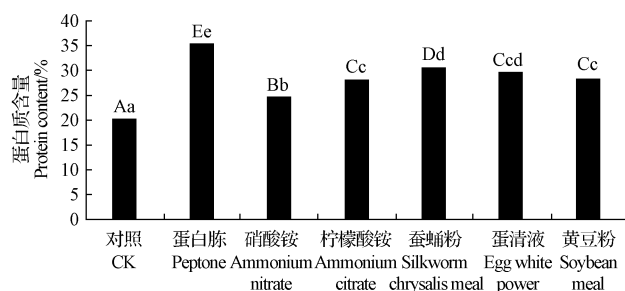


图2 不同氮源对虫草蛋白质含量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen sources on protein content of *Cordyceps militaris*

## 2.2 不同碳源氮源对蛹虫草多糖含量的影响

虫草多糖是一种高度分支、主要由甘露糖及半乳糖、葡萄糖等重复或分支构成的半乳糖甘露聚糖,其合成过程显然与栽培原料成分、细胞内物质代谢及途径等有关。从图3可以看出,不同碳源试验组的多糖含量与对照组较为接近,说明对照组因碳源丰富已进行了较充足的多糖合成,亦说明碳源充足有利于多糖合成。果糖等寡糖对虫草多糖具有一定促进作用而淀粉对虫草多糖具有一定抑制作用,可能与代谢途径不同有关。从图4可以看出,氮源中柠檬酸铵对促进虫草多糖合成作用较明显,较对照组可提高多糖含量约15.70%,达到极显著水平( $P < 0.01$ ),蛋白胨仅略增加多糖含量,其它氮源均导致多糖含量不同程度下降,可能与氮源有利于氮素代谢、柠檬酸铵可同时参与糖类代谢有关。其中硝酸铵导致多糖含量明显下降,显然与其仅含有氮素物质、主要

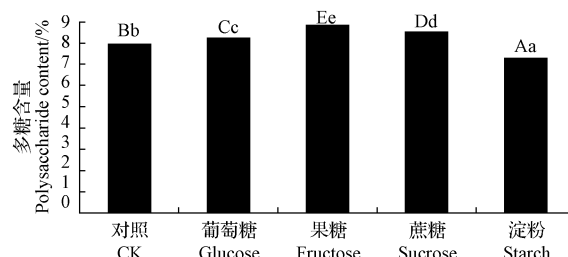


图3 不同碳源对虫草多糖含量的影响

Fig. 3 Effect of different carbon sources on polysaccharide content of *Cordyceps militaris*

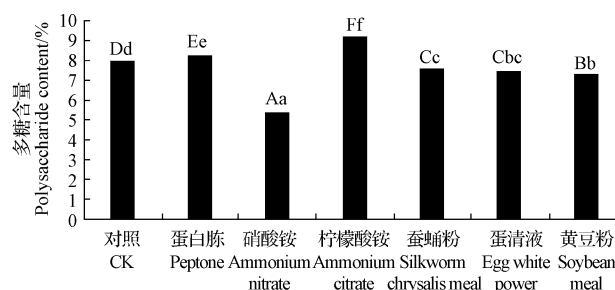


图4 不同氮源对虫草多糖含量的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen sources on polysaccharide content of *Cordyceps militaris*

进行氮素代谢有关。

## 2.3 不同碳源氮源对蛹虫草虫草素含量的影响

从图5、6可以看出,与对照组相比,各试验组虫草素含量上升明显,显然是试验组增加氮源、降低了碳氮比的结果。虫草素是核苷类物质,虫草素的合成与积累显然与碳素和氮素代谢有关,充足和良好的糖类和氮素代谢显然可显著增加虫草素的合成。由图5可以看出,各碳源对促进虫草素合成均有较强作用,其能力大小依次为葡萄糖>果糖>蔗糖>淀粉,其中葡萄糖、果糖试验组虫草素含量分别较对照组提高约101.14%、84.09%,达极显著水平( $P < 0.01$ )。一定量葡萄糖、果糖等小分子糖类,易于被蛹虫草菌丝细胞吸收和代谢,可有效促进虫草素的合成与积累。由图6可知,不同氮源对虫草素的作用则表现出明显差异,促进虫草素合成能

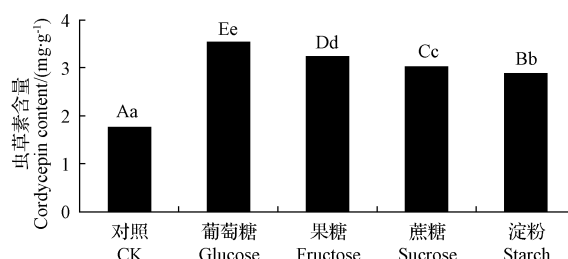


图5 不同碳源对虫草素含量的影响

Fig. 5 Effect of different carbon sources on cordycepin content of *Cordyceps militaris*



力的大小依次为蛋白胨>蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉>柠檬酸铵、硝酸铵,其中蛋白胨、蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉等试验组虫草素含量分别较对照组分别提高 100.14%、87.50%、82.96%、78.98%,均达到极显著水平( $P<0.01$ )。蛋白胨、蚕蛹粉、蛋清液、黄豆粉等为天然蛋白质类物质,不仅含有较充足的氮素养分,还含有较丰富碳素及其它物质,可推测其能较好弥补栽培基质中氮源乃至碳源在种类、数量等方面的不足,有利于虫草素的合成。说明小分子碳源及天然有机氮源较为有利于虫草素合成、积累和提高。

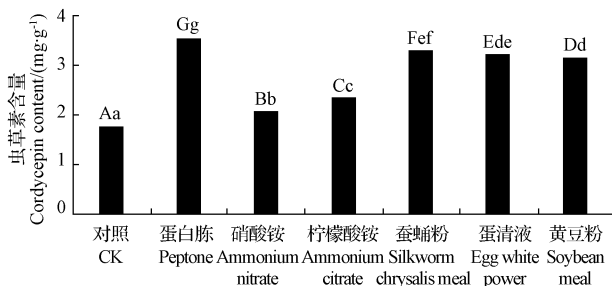


图 6 不同氮源对虫草素含量的影响

Fig. 6 Effect of different nitrogen sources on cordycepin content of *Cordyceps militaris*

#### 2.4 不同碳源氮源对蛹虫草虫草酸含量的影响

从图 7、8 可以看出,葡萄糖、蛋白胨试验组与对照组相比,虫草酸含量有一定下降,说明葡萄糖、蛋白胨对虫草酸的合成有一定抑制作用,但抑制作用微弱。而蔗糖、果糖、淀粉以及蛋清液、蚕蛹粉、黄豆粉、硝酸铵、柠檬酸铵等试验组虫草酸含量分别依次较高,说明相应碳源、氮源促进虫草酸合成能力依次较强。其中,淀粉、果糖及柠檬酸铵、硝酸铵等促进虫草酸合成能力显著,分别较对照组提高约 64.40%、52.10% 及 79.50%、59.90%,达极显著水平( $P<0.01$ )。虫草酸为 D-甘露醇类物质,不同碳源、氮源对蛹虫草子实体虫草酸含量的明显差异,尤其铵盐类物质具有明显较强的促进作用,可能与不同碳源、氮源的物质种类及虫草酸合成与代谢的特殊途径、相关的代谢调节有关。说明柠檬酸铵、可溶性淀粉具有显著较强的促进虫草酸合成能力和作用。

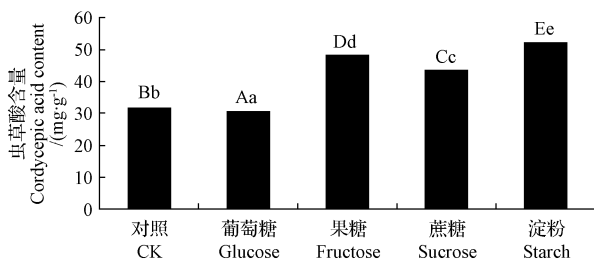


图 7 不同碳源对虫草酸含量的影响

Fig. 7 Effect of different carbon sources on cordycepic acid content of *Cordyceps militaris*

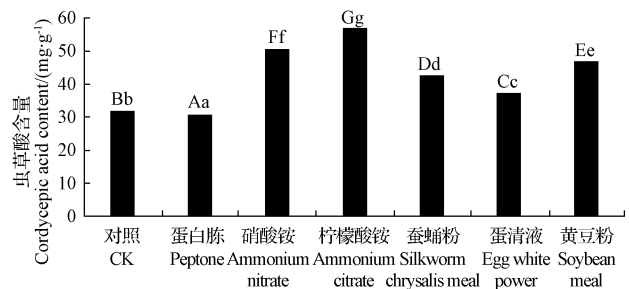


图 8 不同氮源对虫草酸含量的影响

Fig. 8 Effect of different nitrogen sources on cordycepic acid content of *Cordyceps militaris*

#### 2.5 不同碳源氮源对主要活性成分的影响分析与配方优化

鉴于不同碳源、氮源在蛹虫草主要活性成分的代谢、合成、积累等方面的差异,以及蛋白胨与蚕蛹粉作用类似且蚕蛹粉来源广泛、价格低廉等,该试验将蛹虫草栽培所需营养液中碳源氮源进行优化:葡萄糖 5 g、可溶性淀粉 4.25 g、柠檬酸铵 7.8 g、蚕蛹粉 17.3 g,并进行验证性试验,经农业部食用菌产品质量监督检验测试中心(上海)测定该蛹虫草产品主要有效成分含量,分别为蛋白质 32.60%、多糖 10.16%、虫草素 3.71 mg·g<sup>-1</sup>、虫草酸 51.6 mg·g<sup>-1</sup>,达到了较高水平。课题组的栽培实践中发现野生蛹虫草不仅产量显著偏低,虫草素等含量也显著低于人工种植蛹虫草,显然与蛹虫草所寄生的蛹体的蛋白质等氮源含量过高、糖类碳源含量过低有关。说明以适当碳源氮源进行适当组合及适当碳氮比可有效提高蛹虫草主要活性成分含量。

### 3 结论与讨论

该试验表明,不同碳源、氮源及配方对蛹虫草主要活性成分的作用及影响显著。在氮源较充足及碳氮比较为适宜情况下,碳源大多均可促进蛹虫草各主要活性成分较明显增加,其中葡萄糖、果糖等小分子寡糖对促进蛹虫草蛋白质、多糖、虫草素等活性成分作用显著,可溶性淀粉、果糖等对促进虫草酸合成能力较强;氮源亦大多可较明显促进各主要活性成分合成和含量的增加,其中蛋白胨、蚕蛹粉等蛋白质类氮源对促进蛹虫草蛋白质、虫草素等含氮物质合成作用显著,柠檬酸铵促进虫草多糖合成作用较强,柠檬酸铵、硝酸铵促进虫草酸合成能力明显较强。葡萄糖、可溶性淀粉、柠檬酸铵、蛋白胨分别作为碳源、氮源可较对照组分别提高虫草素、虫草酸、多糖、蛋白质含量约 101.14%、64.35%、15.70%、74.38%,达到极显著水平,其它成分含量亦可较大幅度提高或未明显下降。试验也证明蚕蛹粉与蛋白胨作用类似。秦俊哲等<sup>[10]</sup>、张虹等<sup>[12]</sup>、罗群等<sup>[13]</sup>、叶晶晶等<sup>[14]</sup>等证实蛋白胨、蚕蛹等有利蛹虫草生长及虫草素的合成,乐昕等<sup>[15]</sup>、方尚瑜等<sup>[16]</sup>、顾冬艳等<sup>[17]</sup>、秦俊哲等<sup>[10]</sup>等

证实葡萄糖、蔗糖等寡糖为虫草多糖、虫草素合成的最佳碳源,与该研究基本一致;简利茹等<sup>[18]</sup>认为淀粉可显著提高虫草素含量,与该研究不一致,可能与不同菌株性能差异有关<sup>[19]</sup>。葡萄糖等寡糖、可溶性淀粉、柠檬酸铵、蛋白胨或蚕蛹粉等蛋白质类氮源不仅可显著促进相应蛹虫草主要活性成分的合成和含量提高,还可良好协同促进其它主要物质的合成和积累,有效促进蛹虫草主要物质的合成和主要活性成分的提高。

栽培实践中,常以大米为主要栽培基质。因大米碳氮比过高、氮素营养较少,以营养液形式添加易于被蛹虫草菌丝细胞吸收和代谢的碳源和氮源等物质,调节碳氮比并作为重要的碳源和氮源,已成为促进蛹虫草生长和提高蛹虫草产量质量的通常做法<sup>[20]</sup>。该试验葡萄糖、蚕蛹粉等为生产实际中常见碳源氮源,不仅可以营养液原料的形式添加于主要栽培基质中,还可根据栽培实际及相应主要活性成分的需求,将葡萄糖、蚕蛹粉、柠檬酸铵、可溶性淀粉或其它物质等进行组合协同,充分利用不同代谢途径之间的相互作用,促进或直接参与蛹虫草相关主要物质的合成与代谢,确保相应主要活性成分具有较高含量,提高蛹虫草产量和质量,以促进蛹虫草产业的深入发展及深加工,对栽培实践具有较大指导意义。同时,以蛹虫草深层发酵形式快速生产和提取蛹虫草主要活性成分,将逐步成为蛹虫草产业发展的重要方向,该研究结果可供其进一步研究借鉴、参考。

#### 参考文献

- [1] 中国科学院中国孢子植物志编辑委员会(梁宗琦主编). 中国真菌志(第三十二卷·虫草属)[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 曾宏彬,宋斌,李泰辉. 蛹虫草研究进展及其产业化前景[J]. 食用菌学报,2011,18(2):70-74.
- [3] 蒋志涛,戴国梁,潘金火,等. 蛹虫草化学成分及药理作用研究进展[J]. 现代中药研究与实践,2015,29(5):80-83.
- [4] 董彩红,李文佳,李增智,等. 我国虫草产业发展现状、问题与展望:虫草产业金湖宣言[J]. 菌物学报,2016,35(1):1-15.
- [5] 周思静,刘桂君,尚宏忠,等. 蛹虫草人工培养技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):13-17.
- [6] 廉家盛,田娇,高日. 蛹虫草栽培研究进展及发展前景展望[J]. 安徽农业科学,2014,42(8):2309-2310.
- [7] 孟泽彬,陈林会,韩近雨,等. 蛹虫草化学活性成分的研究进展[J]. 分子植物育种,2015,13(9):2147-2154.
- [8] 方华舟,向会耀,王小艳. 不同碳源对蛹虫草菌丝及子实体生长状况的影响[J]. 荆楚理工学院学报,2010,25(2):5-8.
- [9] 方华舟,王小艳,向会耀. 不同氮源对蛹虫草菌丝及子实体生长状况的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(11):2734-2737.
- [10] 秦俊哲,殷红,任金玫. 添加不同碳氮源对蛹虫草子实体生长的影响[J]. 陕西科技大学学报,2014,32(5):115-118.
- [11] 李菲. 蛹虫草人工高产栽培技术[J]. 福建农业科技,2015(6):54-56.
- [12] 张虹,柳叶飞,张林,等. 不同培养基对蛹虫草子实体中虫草素和腺苷含量的影响[J]. 北京农业,2013(10):2-3.
- [13] 罗群,莫现会,杨其保,等. 木薯蚕蛹虫草有效成分含量分析初报[J]. 广西蚕业,2016,53(1):22-25.
- [14] 叶晶晶,张剑飞,曹宁宁,等. 添加蚕蛹粉和改变营养液 pH 对人工培养蛹虫草子实体产量及虫草素含量的影响[J]. 蚕业科学,2013,39(3):624-627.
- [15] 乐昕,袁蜜,支月娥,等. 栽培基质及碳源对蛹虫草子实体中主要有效成份的影响[J]. 食品科技,2014,39(2):2-7.
- [16] 方尚瑜,贾志华,张霞,等. 碳氮源对液体培养蛹虫草生物合成虫草多糖的影响[J]. 食品科学,2013,34(13):165-169.
- [17] 顾冬艳,尹永祺,杨润强,等. 北虫草固态发酵产虫草素培养基优化[J]. 食品科学,2013,34(21):254-258.
- [18] 简利茹,杜双田. 不同碳源下蛹虫草的产量及虫草素和腺苷含量[J]. 贵州农业科学,2015,43(12):110-112.
- [19] 段鸿斌,乔新荣,殷东林,等. 提高蛹虫草中的虫草素产量的研究综述[J]. 北方园艺,2015(2):178-181.
- [20] 施新琴,顾寅钰,李化秀,等. 不同蛹虫草菌株栽培蛹虫草的形态性状及活性成分含量比较[J]. 蚕业科学,2015,41(1):134-139.

## Effects of Different Culture Raw Material and Formula on the Key Active Ingredients of *Cordyceps militaris*

FANG Huazhou, LI Xianliang

(Bioengineering College, Jingchu University of Technology, Jingmen, Hubei 448000)

**Abstract:** Different carbon sources and nitrogen sources were added to the rice medium to study their effect on the active ingredients of *Cordyceps militaris*. The results showed that such oligosaccharide carbon source as glucose, and nitrogen source as peptone and silkworm pupa protein powder could markedly increase the content of protein and cordycepin of *Cordyceps militaris*. Glucose and peptone were the best for increasing the content. Ammonium citrate peptone, sucrose and glucose could promote the formation of the cordyceps polysaccharide, and ammonium citrate was the best. Starch, fructose, ammonium citrate ammonium nitrate and silkworm pupa protein powder could prominently accelerate the synthesis of cordycepic acid, the effects of ammonium citrate and starch were the most remarkable. These results indicated that good proportional addition of carbon source, such as oligosaccharide and starch, and nitrogen source such as peptone, ammonium citrate, silkworm pupa protein powder could effectively co-increase the content of the key active ingredients of *Cordyceps militaris*.

**Keywords:** *Cordyceps militaris*; carbon source; nitrogen source; the content of the active ingredients; mechanism