

天麻蜜环提取物的抗炎活性

朱水玲¹, 耿燕^{*1}, 程鹏¹, 李望¹, 陆震鸣¹,
龚劲松¹, 许泓瑜¹, 史劲松¹, 许正宏^{1,2}

(1. 江南大学药学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室 江苏 无锡 214122)

摘要: 天麻蜜环是一种具有良好药用功效的传统药食用菌, 然而关于天麻蜜环抗炎活性的研究甚少。作者探索了天麻蜜环的抗炎活性, 为开发利用天麻蜜环的抗炎功效以及从中寻找新的天然抗炎化合物提供科学依据。采用 MTT 法检测提取物的细胞毒性, 实验结果显示, 仅天麻蜜环正己烷、氯仿高剂量提取物 (300 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 具有轻微细胞毒性 (对细胞活力的抑制率分别为 10.7% 和 17%), 其余各剂量提取物均无细胞毒性; 采用脂多糖 (LPS) 刺激小鼠单核巨噬细胞 RAW264.7, 分别用天麻蜜环正己烷、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇提取物 (0, 30, 100, 300 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 干预以检测其抗炎活性, 实验结果显示, 天麻蜜环正己烷、氯仿、乙酸乙酯提取物均能呈剂量依赖性地抑制 LPS 诱导的炎症介质一氧化氮 (NO) 和炎症因子肿瘤坏死因子 (TNF- α)、白介素 6 (IL-6)、白介素 1 β (IL-1 β) 的过量分泌, 其中乙酸乙酯提取物既具有良好的安全性又有显著的抗炎活性。

关键词: 天麻蜜环; 抗炎; 脂多糖

中图分类号: R 285 文章编号: 1673-1689(2019)03-0138-06 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.03.020

Anti-Inflammatory Activity of Mycelial Extracts from *Armillaria mellea*

ZHU Shuiling¹, GENG Yan^{*1}, CHENG Peng¹, LI Wang¹, LU Zhenming¹,
GONG Jingsong¹, XU Hongyu¹, SHI Jingsong¹, XU Zhenghong^{1,2}

(1. School of Pharmaceutical Science, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: *Armillaria mellea* is a well-known edible and medicinal mushroom, Whereas little information is available in regard to *A. mellea*'s anti-inflammatory activity. In this study we explored the anti-inflammatory activity of n-hexane, chloroform, ethyl acetate and n-butyl alcohol extracts from *Armillaria mellea*. Our work will provide a scientific basis for screening new natural anti-inflammatory substances and a new medical application of *Armillaria mellea*. MTT colorimetric assay was applied to measure the cytotoxic effects of different extracts. Their anti-inflammatory activities were evaluated via inhibition against production of lipopolysaccharide (LPS)-induced nitric oxide (NO), tumor necrosis factor alpha (TNF- α), interleukin-6 (IL-6) and interleukin-1beta (IL-1 β)

收稿日期: 2016-03-04

基金项目: 江苏省科技成果转化专项资金项目 (BA2015006); 江苏高校品牌专业建设工程资助项目。

* 通信作者: 耿燕 (1984—), 女, 博士, 副教授, 主要从事天然药物筛选及分子机制研究。E-mail: gengyanjnu@163.com

引用本文: 朱水玲, 耿燕, 程鹏, 等. 天麻蜜环提取物的抗炎活性[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(03): 138-143.

in murine macrophage-like cell line RAW264.7 cells. Cytotoxic assay showed that only n-hexane and chloroform extracts in a high concentration (300 $\mu\text{g/mL}$) have slight cytotoxic effects (inhibited 10.7% & 17% of cell viability) in RAW264.7 cells. As to the anti-inflammatory activity, except to the n-butyl alcohol extract, the other three extracts all can dose-dependently inhibited LPS-induced NO, TNF- α , IL-6 and IL-1 β production. Among them, the ethyl acetate extract own both safty and anti-inflammatory activity.

Keywords: *Armillaria mellea*, anti-inflammatory, LPS

天麻蜜环 (*Armillaria mellea*) 是一种传统的药食用菌,民间主要用于头晕头痛、神经衰弱、手足发麻、小儿惊风等疾病的治疗^[1]。然而受其子实体资源限制,天麻蜜环难以被广泛应用^[2]。随着发酵工艺与技术的发展,天麻蜜环可以通过液态发酵法批量生产,其液态发酵产物具有与子实体相似的生物活性^[2-4]。现代药理及毒理实验已证明,天麻蜜环在抗肿瘤、抗氧化、抗细胞凋亡方面具有独特功效^[2-4],然而对于天麻蜜环的抗炎活性研究甚少^[5]。

炎症是机体对抗外来致炎因子刺激,发生过度防御反应而产生的一种病理过程^[6]。当炎症反应过激或紊乱时机体便会分泌大量促炎因子,包括炎症介质如一氧化氮(NO),炎症因子如肿瘤坏死因子(TNF- α),白介素 6(IL-6),白介素 1 β (IL-1 β) 等^[7]。这些促炎因子的过量分泌会造成机体炎性损伤,导致脓毒症^[8]、糖尿病^[9]、关节炎^[10]、动脉粥样硬化^[11]和肿瘤^[6]等炎症性疾病的发生。所以,抑制机体促炎因子的过量分泌对改善炎症反应、治疗炎症性疾病具有重要意义。

作者所在课题组前期研究对比了虫草、猴头、灵芝、天麻蜜环等菌粉提取物对脂多糖(LPS) 诱导的炎症介质 NO 过量分泌的抑制效果,发现天麻蜜环菌粉提取物能有效抑制 NO 的过量分泌^[12]。在前期研究的基础上,作者改良了提取工艺,进一步研究天麻蜜环提取物对 LPS 诱导细胞过量分泌 NO, TNF- α , IL-6 及 IL-1 β 的抑制效果,更全面地探索天麻蜜环的抗炎活性,以期开发天麻蜜环这一传统中药的新的药用价值,并为从中发现新的天然抗炎药物提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 材料 天麻蜜环菌粉:由江苏神华药业有限

公司提供(生产批号:20140812);小鼠单核巨噬 RAW264.7:由江南大学药学院金坚教授实验馈赠;10 cm 细胞培养皿、96 孔板、6 孔板:购自 Thermo 公司。

1.1.2 试剂 无水乙醇、正己烷、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇:购自国药集团化学试剂有限公司;DMEM 培养基、胎牛血清(FBS):购自美国 Gibco 公司;胰酶-EDTA 消化液、青霉素-链霉素(100 \times):购自碧云天生物技术有限公司;脂多糖(LPS)、噻唑蓝(MTT)、磷酸盐缓冲液(PBS)、格里斯(Griess)试剂、二甲亚砜(DMSO):购自美国 Sigma-Aldrich 公司;TNF- α 、IL-6、IL-1 β 检测 ELISA 试剂盒:购自 e-Bioscience 公司。

1.1.3 仪器 旋转蒸发仪:德国 Heidolph;CentriVap 型冷冻离心浓缩仪:购自美国 Labconco 公司;Multiskan MK3 型酶标仪:德国 Eppendorf 公司;CO₂ 细胞培养箱, Thermo 公司;倒置显微镜: Nikon 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 天麻蜜环提取物的制备 称取 10 kg 天麻蜜环菌粉并加入 100 L 75%乙醇,室温下搅拌 12 h,过滤,回收天麻蜜环菌粉滤渣至提取罐中,再加入 100 L 75%乙醇,继续提取 12 h,如此重复提取 3 次,收集并合并 3 次的乙醇提取液。将乙醇提取液用旋转蒸发仪减压浓缩至干,获得天麻蜜环乙醇提取物,称重并计算得率。将乙醇提取物复溶于 ddH₂O 并转移到分液漏斗中,依次分别加入等体积正己烷、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇萃取 3 次,合并萃取液旋蒸浓缩至干,分别获得天麻蜜环正己烷提取物、氯仿提取物、乙酸乙酯提取物和正丁醇提取物,称重并计算得率,提取流程见图 1。取少量 4 种有机溶剂提取物溶于二甲亚砜(DMSO)中,配制成 30、100、300 mg/mL 的储液,过无菌滤膜后保存于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 用于后续的活

性检测。

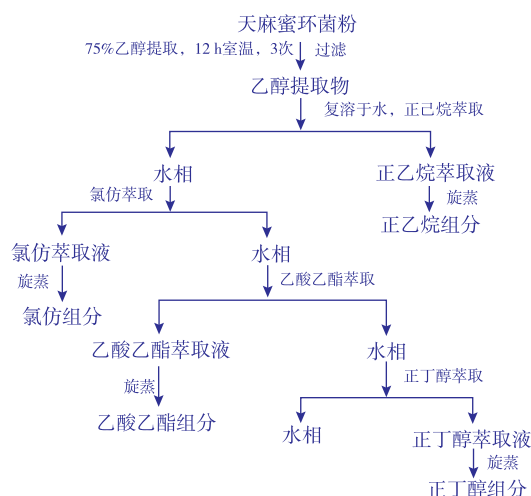


图1 天麻蜜环菌粉提取流程

Fig. 1 Extraction scheme for *Armillaria mellea*

1.2.2 试剂配制 DMEM完全培养基:由DMEM基础培养基、10%胎牛血清(FBS)和1%青霉素链霉素双抗溶液(青霉素100 U/mL,链霉素100 μg/mL)组成,将完全培养基封上封口膜置于4℃冰箱待用。

天麻蜜环提取物母液:分别称取天麻蜜环不同极性提取物约300 mg,反复吹氮气至3次称重质量无变化,以确保提取溶剂完全除尽。将提取物完全溶于细胞培养级二甲基亚砜(DMSO),配成300 mg/mL母液,将此母液过0.45 μm有机滤膜过滤除菌,再将母液用DMSO梯度稀释成30、100、300 mg/mL,最后将各萃取物不同质量浓度的母液封上封口膜后避光保存于4℃冰箱备用。

脂多糖(LPS)母液:将脂多糖粉末(美国sigma公司)用预装的PBS缓冲溶液配制成1 mg/mL母液,分装于不同的EP管中,留一管于4℃冰箱待用,其余保存于-20℃冰箱,避免反复冻融。

天麻蜜环提取物工作液(1 mL):取30、100、300 mg/mL天麻蜜环提取物母液各1 μL,分别加入到999 μL DMEM完全培养基中,配制成30、100、300 μg/mL工作液(溶剂DMSO被稀释1000倍),工作液现配现用。

脂多糖(LPS)工作液(1 mL):取LPS母液和DMSO溶液各1 μL至998 μL DMEM完全培养基中,配制成1 μg/mL LPS工作液(DMSO被稀释1000倍,与天麻蜜环提取物工作液中DMSO的质量

浓度一致,排除天麻蜜环提取物工作液中溶剂干扰),工作液现配现用。

1.2.3 RAW264.7细胞的培养 将适量细胞悬液吸入直径为10 cm的培养皿中,加入10 mL含有10%胎牛血清(FBS)及1%抗生素(100 U/mL青霉素;100 μg/mL链霉素)的DMEM完全培养基,将细胞放入培养箱培养过夜,培养箱条件为37℃、5% CO₂。

1.2.4 MTT法检测细胞活力 将RAW264.7细胞以2×10⁴个/孔的密度铺于96孔板孵育过夜,待细胞长至80%时换入150 μL含不同浓度天麻蜜环提取物(30、100、300 μg/mL)的培养基培养24 h(每组6个复孔),24 h后弃培养液,每孔加入含0.5 mg/mL MTT的培养基100 μL,孵育4 h,4 h后弃含MTT的培养基,每孔加150 μL DMSO,孵育15 min后用酶标仪检测在570 nm处测的OD值。

$$\text{细胞存活率} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

式中:A为药物组OD值-空白组OD值;B为对照组OD值-空白组OD值。

1.2.5 NO浓度标准曲线的绘制 根据试剂盒说明,用DMEM培养基配0~80 μmol/L的NaNO₂溶液,取上述不同浓度溶液100 μL于96孔酶标板中,再加入等体积Griess试剂,反应10~15 min后在酶标仪540 nm处读取吸光度值。以吸光度为横坐标,对应的NaNO₂的浓度为纵坐标绘制标准曲线。

1.2.6 Griess法检测LPS诱导RAW264.7细胞产生NO水平 将处于对数生长期的细胞接种于96孔板(2×10⁴个/孔),37℃、5% CO₂环境的培养箱中培养12 h。设空白对照组、模型组和药物作用组。空白对照组为正常状态下的细胞,模型组每孔加入150 μL、1 μg/mL LPS,药物作用组每孔加入150 μL不同质量浓度天麻蜜环提取物(30、100、300 μg/mL)预作用2 h,2 h后再以1 μg/mL LPS与对应质量浓度药物共作用细胞。24 h后取100 μL细胞上清液,并加入等体积Griess试剂,室温下反应10~15 min,酶标仪测其在540 nm处的OD值。

1.2.7 TNF-α, IL-6和IL-1β质量浓度标准曲线的绘制 根据ELISA试剂盒产品说明书将TNF-α、IL-6和IL-1β的标准品稀释至以下各质量浓度(7.8、15.6、31.3、62.5、125、250、500、1000 pg/mL),再根据产品说明书步骤进行实验。以炎症因子

(TNF- α , IL-6 和 IL-1 β) 的质量浓度为纵坐标,所读取的 OD 值为横坐标绘制标准曲线。

1.2.8 ELISA 法检测 LPS 诱导 RAW264.7 细胞产生 TNF- α , IL-6 和 IL-1 β 水平 将处于对数生长期的细胞接种于 6 孔板(2×10^5 个/mL), 37 $^{\circ}\text{C}$ 、5% CO_2 环境的培养箱中培养 12 h。设空白组、模型组和药物作用组。空白组为正常状态下的细胞,模型组每孔加入 2 mL 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS,药物作用组每孔加入 2 mL 不同质量浓度 (30, 100, 300 $\mu\text{g/mL}$) 天麻蜜环提取物预作用 2 h, 2 h 后再以 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS 与对应质量浓度药物共作用细胞。24 h 后收集细胞上清液,根据 ELISA 试剂盒说明书检测在 450 nm 处的 OD 值。

1.2.9 数据处理 采用 One-Way ANOVA 统计学分析实验结果,显著性差异表示为:与对照组相比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$; 与 LPS 诱导组相比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$, ### $P < 0.001$ 。数据采用 GraphPad Prism 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 天麻蜜环不同极性提取物的得率

按照 1.2.1 中的方法对天麻蜜环菌粉进行提取,各提取物的质量及得率见表 1。得率分别为:正己烷 1.90%, 氯仿 1.10%, 乙酸乙酯 1.28%, 正丁醇 8.11%。

表 1 天麻蜜环不同极性溶剂萃取物得率

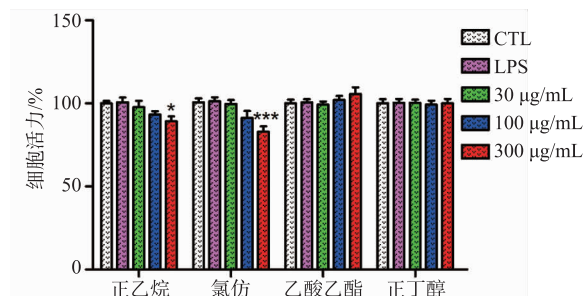
Table 1 Extraction rate of organic extracts of *Armillaria mellea*

溶剂	质量/g	得率/%
正己烷	190.4	1.90
氯仿	110.2	1.10
乙酸乙酯	128.0	1.28
正丁醇	811.0	8.11

2.2 天麻蜜环提取物对细胞活力的影响

不同质量浓度 (30, 100, 300 $\mu\text{g/mL}$) 的天麻蜜环提取物与 LPS 共作用于 RAW264.7 细胞 24 h 后, MTT 法检测各组细胞活力, 结果见图 2。单独加入 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS 对 RAW264.7 细胞的活力没有影响。加入不同剂量的天麻蜜环提取物与 LPS 共作用 RAW264.7 细胞 24 h 后, 仅 300 $\mu\text{g/mL}$ 的正己烷提取物对细胞活力有 10.7% 的抑制率, 300 $\mu\text{g/mL}$ 氯仿提取物对 RAW264.7 的细胞活力有 17% 的抑制

率。其余各浓度提取物对细胞活力均无明显影响, 可进行进一步的抗炎活性检测。



CTL: 对照组; 与对照组相比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

图 2 不同极性提取物对 RAW264.7 细胞活力的影响

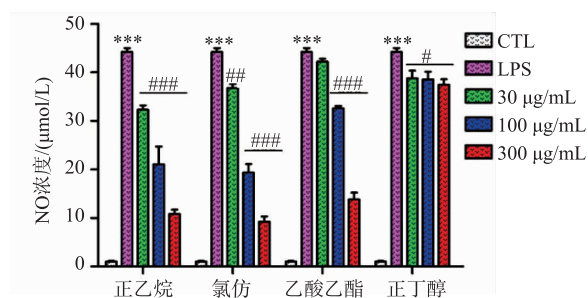
Fig. 2 Cell viability of RAW264.7 cells exposed with or without LPS and extractions

2.3 天麻蜜环提取物降低 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞 NO 的分泌

根据 1.2.4 的方法绘制了 NO 标准曲线, 按照 1.2.5 的方法检测了天麻蜜环不同极性提取物抑制 LPS 诱导 RAW264.7 细胞产生 NO 的水平, 结果见图 3。结果表明, 天麻蜜环正己烷、氯仿、乙酸乙酯提取物均能良好的抑制 LPS 诱导 RAW264.7 细胞产生 NO 的功效, 并具有显著的剂量依赖性。天麻蜜环正丁醇提取物能微弱地抑制 LPS 诱导细胞产生 NO, 但其没有剂量依赖性。正己烷、氯仿、乙酸乙酯提取物对 LPS 诱导细胞产生 NO 的半抑制浓度 IC₅₀ 见表 2, 分别为: (90.2 \pm 15.8)、(91.6 \pm 10.2)、(187.6 \pm 6.8) $\mu\text{g/mL}$ 。由此可见, 正己烷、氯仿、乙酸乙酯提取物在安全质量浓度范围内均能有效抑制 LPS 诱导细胞产生 NO。

2.4 天麻蜜环提取物降低 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞 TNF- α , IL-6 和 IL-1 β 的分泌

根据 1.2.6 和 1.2.7 的方法检测了天麻蜜环不同极性提取物对 LPS 诱导细胞产生的炎症因子的抑制作用, 结果见图 4(a)-(c)。可知天麻蜜环氯仿、乙酸乙酯提取物中高剂量 (100, 300 $\mu\text{g/mL}$) 均能显著抑制 LPS 诱导产生的 TNF- α , IL-6 和 IL-1 β 分泌, 并呈明显的剂量依赖性。高剂量的天麻蜜环正己烷提取物能有效抑制炎症因子分泌, 中低剂量效果相对不明显。而天麻蜜环正丁醇提取物没有明显效果。其中天麻蜜环乙酸乙酯提取物既具有良好的安全性又有显著的抗炎活性。



CTL: 对照组; 与对照组相比, *** $P < 0.001$; 与 LPS 诱导组相比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$, ### $P < 0.001$

图 3 天麻蜜环提取物对 LPS 诱导的 NO 的抑制效果
Fig. 3 Effect of extracts of *Armillaria mellea* on LPS induced NO production in RAW264.7 cells

表 2 天麻蜜环提取物对细胞活力及促炎因子的半抑制质量浓度

Table 2 IC₅₀ of Extracts on the viability and proinflammatory factor

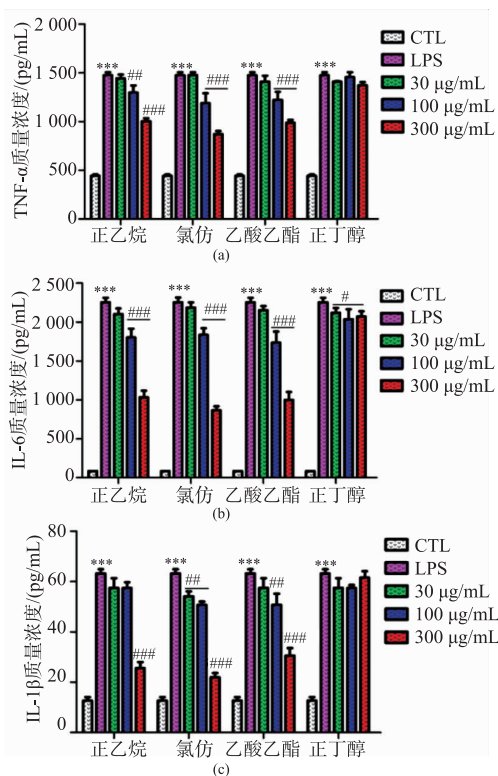
提取物	细胞活力	半抑制质量浓度/($\mu\text{g/mL}$)			
		NO	TNF- α	IL-6	IL-1 β
正己烷	>300	90.2 \pm 15.8	>300	269.7 \pm 20.3	255.4 \pm 23.4
氯仿	>300	91.6 \pm 10.2	>300	230.5 \pm 14.9	210.0 \pm 19.8
乙酸乙酯	>300	187.6 \pm 6.8	>300	252.0 \pm 21.8	293.7 \pm 22.1
正丁醇	>300	>300	>300	>300	>300

3 结语

炎症是糖尿病、肿瘤、动脉粥样硬化等众多疾病的病理过程,安全有效地抑制炎症反应对于治疗各种重大疾病具有积极意义。研究发现,天麻蜜环液态发酵菌粉提取物能够抑制炎症过程中促炎因子 NO、TNF- α 、IL-6 和 IL-1 β 的过量分泌,其正己烷、氯仿、乙酸乙酯提取物均具有潜在的抗炎效果,其中天麻蜜环乙酸乙酯提取物既能保证良好的安全性,又具有显著的抗炎活性,而对于天麻蜜环菌的抗炎作用机制以及抗炎活性成分尚未涉及。张红

参考文献:

[1] ZHANG X M, JUAN X. Gastrodia elata culture and its clinical application[J]. *Agricultural Science and Technology*, 2006, 7 (4): 19-23.
[2] WU J, ZHOU J X, LANG Y G, et al. A polysaccharide from *Armillaria mellea* exhibits strong in vitro anticancer activity via



CTL: 对照组; 与对照组相比, *** $P < 0.001$; 与 LPS 诱导组相比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$, ### $P < 0.001$

图 4 天麻蜜环提取物对 LPS 诱导的 TNF- α 、IL-6 和 IL-1 β 的抑制效果

Fig. 4 Effect of extracts of *Armillaria mellea* on LPS induced TNF- α , IL-6 and IL-1 β production in RAW264.7 cells

霞等人发现抑制炎症过程中 NF- κ B 和 MAPK 信号通路的激活有助于减少炎症介质和细胞因子的分泌^[13]。目前已从天麻蜜环中分离出 40 多种化合物^[14],其中天麻蜜环水提取具有抗氧化和 DNA 保护作用^[15],蜜环菌菌索多糖 AMP-1 对大鼠糖尿病型白内障具有预防和治疗作用^[16],蜜环菌庚素能够通过线粒体衰亡机制诱导人白血病细胞凋亡,具有潜在的治疗作用^[17]。这提示我们进一步加强天麻蜜环提取物抗炎作用机制及其药效组成的研究对开发天麻蜜环这一传统药食用菌的抗炎应用具有更加深远而广泛的意义。

- apoptosis-involved mechanisms[J]. **Int J Biol Macromol**,2012,51(4):663-667.
- [3] ZHANG S,LIU X,YAN L,et al. Chemical compositions and antioxidant activities of polysaccharides from the sporophores and cultured products of *Armillaria mellea*[J]. **Molecules**,2015,20(4):5680-5697.
- [4] GAO L W,WANG J W. Antioxidant potential and DNA damage protecting activity of aqueous extract from *Armillaria Mellea*[J]. **Journal of Food Biochemistry**,2012,36(2):139-148.
- [5] CHANG C W,LUR H S,LU M K,et al. Sulfated polysaccharides of *Armillariella mellea* and their anti-inflammatory activities via NF- κ B suppression[J]. **Food Research International**,2013,54(1):239-245.
- [6] LISA M C,ZENA W. Review article Inflammation and cancer[J]. **Nature**,2002,420:860-867.
- [7] SAMUELSSON B. Leukotrienes:mediators of immediate hypersensitivity reactions and inflammation[J]. **Science**,1983,220:568-643.
- [8] CRUNKHORN S. Inflammation:siglec-targeting nanoparticle treats sepsis[J]. **Nat Rev Drug Discov**,2013,14(11):750.
- [9] YOUNG M P,LEE J E,KIM C D,et al. Genes related with apoptosis by inflammation in diabetic keratocytes[J]. **Genes & Genomics**,2015,37:607-614.
- [10] MAYUKO Y,KIMIKO N,MIKIRO T,et al. Psoriatic inflammation facilitates the onset of arthritis in a mouse model[J]. **Journal of Investigative Dermatology**,2015,135:445-453.
- [11] JOANA V,OLIVER S. Atherosclerosis - A matter of unresolved inflammation[J]. **Semin Immunol**,2015,27(3):184-193.
- [12] GENG Y,ZHU S L,LU Z M,et al. Anti-inflammatory activity of mycelial extracts from medicinal mushrooms[J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**,2014,16:319-325.
- [13] ZHANG Hongxia,ZHAO Juan,YU Xizhong,et al. Effect of combination of berberine and ginsenosides Rb1 on inflammatory adipocytokines and inflammatory signaling pathways in adipocytes[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2013,33(6):597-630.
- [14] GAO L W,WANG J W. Antioxidant potential and DNA damage protecting activity of aqueous extract from *Armillaria mellea*[J]. **Journal of Food Biochemistry**,2012,36(2):139-148.
- [15] XU B K,ZHANG Y. The prevention and treatment of polysaccharide from the rhizomorph of *Armillaria mellea* on diabetic cataract in rat[J]. **Agricultural Science & Technology**,2014,1086(7):28-30.
- [16] CHEN Y J,WU S Y,CHEN C C,et al. *Armillaria mellea* component armillarikin induces apoptosis in human leukemia cells[J]. **Journal of Functional Foods**,2014,6:196-204.

科技信息

欧盟评估谷氨酸棒杆菌发酵产生的L-苏氨酸作为添加剂的安全性和有效性

2019年2月28日,据欧盟食品安全局(EFSA)消息,应欧盟委员会要求,欧盟动物饲料添加剂和产品(FEEDAP)研究小组被要求就谷氨酸棒杆菌(*Corynebacterium glutamicum*)发酵产生的L-苏氨酸(L-threonine)作为饲料和水中营养添加剂用于所有动物物种的安全性和有效性发布科学意见。

经过评估,FEEDAP研究小组认为,当添加适量时,谷氨酸棒状杆菌产生的L-苏氨酸作为添加剂对目标物种是安全的。

[信息来源] 食品伙伴网. 欧盟评估谷氨酸棒杆菌发酵产生的L-苏氨酸作为添加剂的安全性和有效性 [EB/OL]. (2019-3-4). <http://news.foodmate.net/2019/03/508549.html>