

蝉花虫草酒延寿及抗氧化作用的研究

徐振栋, 沈佳奇, 孙长胜*

浙江泛亚生命科学研究院, 浙江 平湖

收稿日期: 2023年10月8日; 录用日期: 2024年1月28日; 发布日期: 2024年2月5日

摘要

通过果蝇寿命实验及果蝇体内SOD活性、MDA含量的测定, 研究蝉花虫草酒的延寿及抗氧化作用。结果显示, 白酒对果蝇寿命及抗氧化有负面作用, 而蝉花的加入能抵消白酒的负面影响, 并能一定程度上提高雌雄果蝇的平均寿命, 半数死亡时间及最高寿命, 提高果蝇体内的SOD活性, 降低其MDA含量。综合所有实验结果, 发现1.0%剂量的蝉花虫草酒延寿及抗氧化效果最为显著($p < 0.05$)。

关键词

蝉花虫草酒, 延寿, 抗氧化

Life Prolonging and Antioxidant Effects of *Cordyceps chanhua* Wine

Zhendong Xu, Jiaqi Shen, Changsheng Sun*

Zhejiang Bioasia Life Science Institute, Pinghu Zhejiang

Received: Oct. 8th, 2023; accepted: Jan. 28th, 2024; published: Feb. 5th, 2024

Abstract

Study the life prolonging and antioxidant effects of *Cordyceps chanhua* wine through the lifespan experiments of *Drosophila melanogaster* and the determination of SOD activity and MDA content in the *Drosophila melanogaster*. The results showed that the liquor had a negative effect on the life span and antioxidant capacity of *Drosophila melanogaster*, while the addition of *Cordyceps chanhua* could offset the negative impact of liquor, and to a certain extent, it could improve the average life span, half death time and the maximum life span of male or female *drosophila melanogaster*, increase the SOD activity in *drosophila melanogaster*, and reduce its MDA content. Based on all

*通讯作者。

experimental results, it was found that the 1.0% dose of *Cordyceps chanhua* wine had the most significant life prolonging and antioxidant effects ($p < 0.05$).

Keywords

Cordyceps chanhua Wine, Prolong Life, Antioxidant

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

蝉花(*Cordyceps chanhua*), 又名“金蝉花”, 是一种在我国具有广泛食药历史 的虫草类食用真菌[1][2]。2020年12月, 国家卫生健康委发布第9号公告正式批准蝉花子实体(人工培植)为新食品原料, 是蛹虫草、广东虫草后的第三种虫草类新食品原料。目前的研究发现其具有免疫调节[3]、镇痛[4]、抗疲劳[5], 改善睡眠[6], 抗氧化[7], 抗肿瘤[8], 降血糖[9][10], 改善肾功能[11]等作用。蝉花含有多种生理活性物质, 如虫草多糖、虫草酸、麦角甾醇及腺苷等多种核苷类成分[12]。多糖是一种高分子碳水化合物, 是蝉花中最主要的活性成分和质控指标之一, 具有广泛的药理作用, 如抗氧化、抗肿瘤、免疫调节等[13][14]。虫草酸成分为D-甘露醇, 是虫草类真菌的主要有效成分之一, 具有平喘祛痰、利尿、提高血浆渗透压、抗氧化等作用[14]。麦角甾醇是真菌细胞膜上一种重要甾醇, 在虫草中含量相对稳定的同时具有多种药理作用, 是维生素D2的前体物质[15], 具有抗肿瘤生物活性[16]。蝉花核苷类成分主要包括腺苷、虫草素、N6-(2-羟乙基)腺苷(HEA)等, 虫草素是虫草中分离出来的第一个核苷类物质, 具有抗炎抗肿瘤等显著生物活性[17]; 腺苷是一种嘌呤核苷, 能抑制中枢神经的兴奋[18], 常作为蝉花质量控制指标之一; HEA是蝉花中主要活性成分之一, 具有降糖降压[19][20]、抗炎镇痛[21]、改善肾功能作用[22]。

有研究发现, 蝉花具有良好的延寿抗氧化作用[9], 但其在酒体中能否发挥原有作用还未可知。因此, 以添加不同剂量蝉花虫草酒的培养基喂养果蝇, 观察其对果蝇平均寿命、半数死亡时间、最高寿命的影响, 并对果蝇体内超氧化物歧化酶(SOD)的活性及丙二醛(MDA)的含量进行测定, 确定其抗氧化作用[23], 以了解蝉花虫草酒的功效情况。

2. 材料与方法

2.1. 材料

2.1.1. 供试材料

基酒(52°浓香型白酒)购自江苏宿迁金森酒业有限公司; 蝉花虫草酒: 在酒瓶中人工培养蝉花并灌入基酒浸泡获得, 蝉花菌种由浙江泛亚生物医药股份有限公司提供; w1118黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)由中科院上海植物生理生态研究所惠赠。

2.1.2. 仪器与试剂

仪器: 美的WKI102T电磁炉; 跃进SPX-300-ZB光照培养箱; 上海智城ZHJH-C1214B超净工作台; 上海花潮DTP-313电子天平; 上海佑科721型分光光度计; 湖南湘仪H2100R高速离心机。

试剂: 玉米粉、蔗糖、琼脂、酵母粉、冰醋酸、无水乙醚; 南京建成TP试剂盒、SOD试剂盒、MDA

试剂盒。

2.2. 方法

2.2.1. 果蝇培养基的配置

果蝇基础培养基配置方法：依次称取玉米粉 100 g，琼脂 8 g，蔗糖 80 g，酵母粉 9 g，放入锅中，加入 1000 ml 凉水，搅拌至无结块，开始加热，边加热边搅拌，直至成糊状，关火；再加冰醋酸 6 ml，搅拌均匀，使用一次性注射器吸取培养基加入培养管中，每管加入 4 ml 左右(培养基高约 1.5 cm)，置于超净台紫外照射 60 min，塞上棉花塞(121℃ 高压蒸汽灭菌)，放置 24~48 h 使培养管管壁水汽蒸发(管壁残存水汽使用无菌棉球吸干)，即可用于果蝇饲养的基础培养基。

加热成糊状后在培养基中加入实验设计剂量的样品，搅拌均匀装入培养管，后续步骤同基础培养基配置，最后所得为实验培养基。

2.2.2. 不同剂量蝉花虫草酒对果蝇寿命的影响

在果蝇培养基中分别添加 0.2%、1.0%、5.0% 的蝉花虫草酒作为实验组，以等量的基酒添加作为对照组，以基础培养基作为空白对照组，共设置 7 组。取 8 小时内羽化成虫的黑腹果蝇，用适量乙醚麻醉，倒于白瓷盘上，鉴别雌雄果蝇，分别转入培养管中，每管 10 只果蝇，每组雌雄各 3 管，25℃，60% 相对湿度恒温恒湿培养箱饲养，每 3 天更换一次培养管，每天记录各管果蝇死亡情况，最后统计果蝇寿命，计算果蝇平均寿命、最高寿命和半数死亡时间。

2.2.3. 不同剂量蝉花虫草酒对果蝇 SOD 活性及 MDA 含量的影响

果蝇 2% 组织匀浆的制备：以 2.2.2 分组再次取 8 小时内羽化成虫的果蝇饲养 28 天，随后将果蝇转移至空管内禁食 24 小时，-15℃ 低温麻醉，精确称量各组果蝇的质量(精确到 0.001 g)，按比例用 0.9% 浓度的生理盐水于冰水浴将果蝇制成 2% (w/V) 的果蝇组织匀浆，转移入离心管中以 4000 转/分钟速度离心 10 min，取上清液 4℃ 保存备用。

按试剂盒说明书分别测定匀浆中可溶性蛋白含量、SOD 酶活性和 MDA 含量。

2.2.4. 数据统计分析

实验数据使用 Excel 软件进行统计和处理，实验结果用“平均值 ± 标准差”表示。实验结果使用 SPSS Statistics17.0 软件进行显著性分析。

3. 结果与分析

3.1. 蝉花虫草酒对果蝇寿命的影响

按 2.2.2 分组，将不同剂量蝉花虫草酒和基酒添加到果蝇培养基中，考察其对雌雄果蝇寿命的影响。实验结果如表 1 和表 2 所示。

Table 1. The effect of *Cordyceps chanhua* wine on the lifespan of male *Drosophila melanogaster*

表 1. 蝉花虫草酒对雄果蝇寿命的影响

处理	雄果蝇					
	平均寿命/d	提高率%	半数死亡时间/d	提高率%	最高寿命/d	提高率%
空白对照	59.75 ± 5.83 ab		58.68 ± 1.53 abc		75.5 ± 2.60 a	
蝉花酒 0.2%	58.98 ± 11.09 ab	-1.29	55.33 ± 6.81 abc	-5.68	73.67 ± 6.03 a	-2.43
蝉花酒 1.0%	68.19 ± 5.19 b	14.12	69.5 ± 8.26 c	18.47	80.00 ± 2.00 a	5.96

续表

蝉花酒 5.0%	66.77 ± 8.09 b	11.75	67.67 ± 7.37 bc	15.32	79.17 ± 12.27 a	4.86
基酒 0.2%	57.91 ± 15.13 ab	-3.09	57.00 ± 16.46 abc	-2.84	70.33 ± 11.5 a	-6.84
基酒 1.0%	51.27 ± 4.06 a	-14.20	48.17 ± 3.33 a	-17.90	73.33 ± 11.85 a	-2.87
基酒 5.0%	53.86 ± 8.41 ab	-9.86	53.5 ± 3.5 ab	-8.81	73.33 ± 5.77 a	-2.87

注：表中 a、b、c 后标字母不同表示组间具有显著性差异(P < 0.05)。

从表 1 结果可以发现，基酒组对雄果蝇寿命具有负面作用，1.0%基酒组对雄果蝇平均寿命和半数死亡时间的影响最大，0.2%基酒组对最高寿命影响最大。而中、高剂量蝉花酒对雄果蝇寿命有正面作用，其中 1.0%蝉花酒组对比等量基酒组，显著提高了雄果蝇的平均寿命和半数死亡时间(P < 0.05)。在最高寿命方面，各组对果蝇的影响有限，组间差异不显著。与空白对照组比较，各组均无显著差异。

Table 2. The effect of *Cordyceps chanhua* wine on the lifespan of female *Drosophila melanogaster*
表 2. 蝉花虫草酒对雌果蝇寿命的影响

处理	雌果蝇					
	平均寿命/d	提高率%	半数死亡时间/d	提高率%	最高寿命/d	提高率%
空白对照	62.30 ± 7.58 ab		62.00 ± 11.14 a		75.33 ± 3.21 a	
蝉花酒 0.2%	61.67 ± 2.52 ab	-1.01	65.33 ± 5.03 a	5.38	73.33 ± 4.93 a	-2.65
蝉花酒 1.0%	68.67 ± 3.34 b	10.22	69.67 ± 3.06 a	12.37	86.33 ± 5.51 b	14.60
蝉花酒 5.0%	61.41 ± 0.91 ab	1.43	63.67 ± 4.04 a	2.69	72.33 ± 2.08 a	-3.98
基酒 0.2%	55.95 ± 9.67 a	-10.20	61.67 ± 9.07 a	-0.54	75.33 ± 5.13 a	0.00
基酒 1.0%	51.84 ± 3.99 a	-16.79	59.67 ± 3.51 a	-3.76	69.67 ± 4.04 a	-7.52
基酒 5.0%	51.66 ± 9.12 a	-17.08	62.33 ± 3.06 a	-0.54	72.67 ± 2.31 a	-3.54

注：表中 a、b 后标字母不同表示组间具有显著性差异(P < 0.05)。

从表 2 来看，与雄果蝇结果类似，培养基加入基酒对雌果蝇也有负面作用，对平均寿命的影响最大，对半数死亡时间和最高寿命影响小。而各剂量蝉花酒组对比等量基酒组，均能提高雌果蝇平均寿命、半数死亡时间。其中，1.0%蝉花酒组对比 1.0%基酒组，显著提高了雌果蝇平均寿命和最高寿命(P < 0.05)，对半数死亡时间的提升也很大。与空白对照组相比，仅 1.0%剂量蝉花酒组对雌果蝇最高寿命有显著影响。

综合上述两表的实验结果可以得出，对比基酒，蝉花虫草酒对果蝇寿命有提升作用，且无论雌雄，1.0%剂量的作用均为最好。当蝉花酒添加量为 5.0%时，雄果蝇寿命也有较大提升，但对雌果蝇寿命影响很小，不及雄果蝇。

3.2. 蝉花虫草酒对果蝇 SOD 活性和 MDA 含量的影响

按 2.2.3 方法饲养果蝇并制备果蝇匀浆，参考试剂盒说明书操作步骤测定果蝇组织匀浆的 SOD 活力和 MDA 含量。测定结果如表 3 及表 4 所示。

从表 3 结果来看，基酒组对雌雄果蝇的 SOD 活力均有负面作用，且 1.0%剂量组负面作用最大。而与基酒组相比较，蝉花酒组均能一定程度上提高雌雄果蝇 SOD 活力。其中，1.0%和 5.0%剂量蝉花虫草酒组对比等剂量基酒组，对雄果蝇 SOD 活力有显著提升(P < 0.05)，0.2%和 1.0%剂量蝉花虫草酒组对比

等剂量基酒组对雌果蝇 SOD 活力有显著提升($P < 0.05$)。与空白对照组相比较, 1.0%基酒组对雌果蝇 SOD 活力有显著降低($P < 0.05$), 其余不显著。

Table 3. The effect of *Cordyceps chanhua* wine on SOD activity of *Drosophila melanogaster*

表 3. 蝉花虫草酒对果蝇 SOD 活力的影响

处理	雄果蝇		雌果蝇	
	SOD 活力/(U/mgprot)	提高率%	SOD 活力/(U/mgprot)	提高率%
空白对照	177.21 ± 6.04 abc		127.27 ± 12.55 bc	
蝉花酒 0.2%	181.02 ± 7.27 bc	2.15	130.27 ± 5.76 c	2.36
蝉花酒 1.0%	195.01 ± 7.89 c	10.04	136.03 ± 8.51 c	6.89
蝉花酒 5.0%	190.57 ± 8.79 bc	7.54	127.43 ± 7.38 bc	0.13
基酒 0.2%	168.75 ± 18.69 ab	-4.78	112.68 ± 7.3 ab	-11.46
基酒 1.0%	156.21 ± 9.53 a	-11.85	103.58 ± 8.07 a	-18.61
基酒 5.0%	156.68 ± 19.88 a	-11.58	111.85 ± 11.99 ab	-12.11

注: 表中 a、b、c 后标字母不同表示组间具有显著性差异($P < 0.05$)。

Table 4. The effect of *Cordyceps chanhua* wine on MDA content of *Drosophila melanogaster*

表 4. 蝉花虫草酒对果蝇 MDA 含量的影响

处理	雄果蝇		雌果蝇	
	MDA 含量/(nmol/mgprot)	降低率%	MDA 含量/(nmol/mgprot)	降低率%
空白对照	1.13 ± 0.09 bc		1.23 ± 0.09 bc	
蝉花酒 0.2%	1.12 ± 0.06 bc	0.59	1.16 ± 0.14 abc	5.68
蝉花酒 1.0%	1.00 ± 0.02 a	11.39	1.09 ± 0.06 ab	11.62
蝉花酒 5.0%	1.03 ± 0.03 a	8.58	1.05 ± 0.1 a	14.59
基酒 0.2%	1.20 ± 0.05 cd	-6.80	1.26 ± 0.04 bc	-1.89
基酒 1.0%	1.25 ± 0.03 d	-10.95	1.29 ± 0.12 c	-4.76
基酒 5.0%	1.27 ± 0.07 d	-12.43	1.32 ± 0.07 c	-6.76

注: 表中 a、b、c、d 后标字母不同表示组间具有显著性差异($P < 0.05$)。

从表 4 结果来看, 1.0%和 5.0%基酒组显著升高了雄果蝇 MDA 含量($P < 0.05$), 1.0%和 5.0%蝉花酒组比相应基酒组对雌雄果蝇 MDA 含量有显著降低($P < 0.05$)。与空白对照组相比, 5.0%蝉花酒组显著降低了雌雄果蝇 MDA 含量, 1.0%蝉花酒组对雄果蝇 MDA 含量降低显著($P < 0.05$), 对雌果蝇效果不显著。

对于雄果蝇, 1.0%, 5.0%基酒组比空白对照组 MDA 含量有显著提升, 但在雌果蝇上无显著性。说明相比于雌果蝇, 基酒对雄果蝇的副作用较大, 且基酒加入越多, MDA 含量越高。

综合表 3 和表 4 的结果来看, 各基酒组对雌雄果蝇 SOD 活力和 MDA 含量均有负面作用, 而蝉花酒组对该两项指标均有正面作用, 其中 1.0%蝉花虫草酒组综合效果最优, 其次是 5.0%剂量组。

4. 结论与讨论

蝉花的活性成分与冬虫夏草相似, 具备丰富的生理功效和药用价值[24]。研究发现蝉花子实体, 蝉花

孢子粉及蝉花多糖均能显著提高果蝇平均寿命, 提高果蝇体内 SOD 活力并降低 MDA 含量[8] [25] [26]。

氧自由基攻击生物膜中的多不饱和脂肪酸, 发生脂质过氧化作用, 会形成丙二醛(MDA)等脂质过氧化物[27]。而超氧化物歧化酶(SOD)能清除超氧阴离子自由基(O_2^-), 保护细胞免受损伤[28]。果蝇体内 SOD 活力在进入老龄期后下降, MDA 含量则随日龄增加而增加, 当 SOD 活力和 MDA 含量开始反向变化, 果蝇存活率显著降低[29]。因此提高 SOD 活力, 降低 MDA 含量能延缓果蝇衰老。测定果蝇 SOD 活力与 MDA 含量, 前者能反应机体清除氧自由基的能力, 后者能反应细胞受氧自由基攻击的损伤情况[30], 以此来表明样品对果蝇的抗氧化作用, 许多研究结果证实, 当果蝇 SOD 活力越高, MDA 含量越低, 则果蝇平均寿命越高, 说明样品抗氧化作用越好[23] [26]。果蝇是一种世代周期短、繁殖速度快、数量多的优秀的模式动物, 本研究采用 w1118 野生型黑腹果蝇作为实验动物, 研究了蝉花虫草酒不同添加量对果蝇寿命的影响, 并以超氧化物歧化酶(SOD)和丙二醛(MDA)含量为指标探究了其抗氧化活性。

果蝇寿命实验结果显示, 与基酒组相比, 1.0%添加量的蝉花虫草酒显著提高了雌雄果蝇的平均寿命($P < 0.05$), 显著提高了雄果蝇的半数死亡时间以及雌果蝇的最高寿命。表明蝉花虫草酒具有延长果蝇寿命的作用, 且蝉花虫草酒的添加量为 1.0%时延寿效果显著。

同时, SOD 酶活力和 MDA 含量测定结果显示, 与相应基酒组比较, 1.0%添加量的蝉花虫草酒显著提高了雌雄果蝇体内 SOD 活力($P < 0.05$), 1.0%和 5.0%添加量的蝉花虫草酒显著降低了雌雄果蝇 MDA 含量($P < 0.05$)。这表明蝉花虫草酒对雌雄果蝇均表现出抗氧化作用, 添加量为 1.0%时效果更好。

综合果蝇寿命和抗氧化结果, 发现培养基添加基酒对果蝇寿命及抗氧化有负面影响, 而蝉花虫草酒则有正面作用, 其中 1.0%的蝉花酒对雌雄果蝇的延寿和抗氧化作用最好, 这说明蝉花中的有效成分溶解在了酒中, 抵消了酒体本身对果蝇的负面影响, 其抗衰老抗氧化的有效成分可能为虫草多糖和核苷类化合物[25] [26] [31]。

参考文献

- [1] 李增智, HYWEL-JONES Nigel Leslie, 栾丰刚, 等. 与蝉花有关的虫草菌生物多样性的研究 I: 文献考证[J]. 菌物学报, 2020, 39(12): 2191-2201.
- [2] 李增智, 栾丰刚, HYWEL-JONES Nigel L, 等. 与蝉花有关的虫草菌生物多样性的研究 II: 重要药用真菌蝉花有性型的发现及命名[J]. 菌物学报, 2021, 40(1): 95-107.
- [3] 李思迪, 盛益华, 张忠亮, 等. 蝉花水提物及蝉花复方对小鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 中文科技资料目录-中草药, 2020, 43(4): 636-641.
- [4] 陈波利, 谭艾娟, 吕世明, 等. 蝉拟青霉提取液对小鼠的镇痛作用[J]. 动物医学进展, 2019, 40(11): 63-67.
- [5] 孙长胜, 陈桃宝, 龙文君, 等. 蝉花子实体抗疲劳作用研究[J]. 药物评价研究, 2020, 43(4): 642-647.
- [6] 张忠亮, 王玉芹, 樊美珍. 培育蝉花改善小鼠睡眠功能的试验研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2016, 32(6): 663-667.
- [7] 孙长胜, 徐振栋, 沈佳奇. 蝉花延寿及抗氧化作用[J]. 食品工业, 2022, 43(10): 4.
- [8] 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.
- [9] Chen, C.C., Wong, T.C., Huang, C.L., et al. (2017) Clinical Evaluation of Blood Glucose Regulation and Safety of *Cordyceps cicadae* Mycelium. Science and Education Publishing Co. Ltd, Delaware.
- [10] 孙长胜, 王玉芹, 兰小燕, 等. 复方蝉花片对 2 型糖尿病患者的临床疗效及安全性评价[J]. 药物评价研究, 2020, 43(4): 655-659.
- [11] 解思友, 李春如, 龙文君, 等. 蝉花肾损伤保护作用的药理及临床研究进展[J]. 药物评价研究, 2020, 43(4): 630-635.
- [12] 贾国军, 王小英, 贡建民, 等. 蝉花多糖的提取和生物活性及产品研发进展[J]. 食品与机械, 2023, 39(5): 217-223, 240.
- [13] 徐红娟, 莫志宏, 余佳文, 等. 蝉花生物活性物质研究进展[J]. 中国药业, 2009, 18(4): 19-21.

- [14] 徐娇. 蚕蛹蝉花多糖的理化特性及抗氧化、抗肿瘤功能研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏科技大学, 2022.
- [15] Yuan, J.P., Wang, J.H., Liu, X., *et al.* (2007) Simultaneous Determination of Free Ergosterol and Ergosteryl Esters in *Cordyceps sinensis* by HPLC. *Food Chemistry*, **105**, 1755-1759. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.070>
- [16] He, L., Shi, W., Liu, X., *et al.* (2018) Anticancer Action and Mechanism of Ergosterol Peroxide from *Paecilomyces cicadae* Fermentation Broth. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article 3935. <https://doi.org/10.3390/ijms19123935>
- [17] 罗靖璠, 张晓雨, 许睿洁, 等. 不同食用方式下蝉花麦角甾醇、虫草素、腺苷和多糖的比较[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(3): 389-394.
- [18] Olatunji, J.O., Feng, Y., Olatunji, O.O., *et al.* (2016) Neuroprotective Effects of Adenosine Isolated from *Cordyceps cicadae* against Oxidative and ER Stress Damages Induced by Glutamate in PC12 Cells. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **44**, 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.02.009>
- [19] 张孟丽, 柴一秋, 方鸣, 等. 从蝉花虫草提取的 N-6-(2-羟乙基)腺苷的降压活性及其与人血清白蛋白的相互作用[J]. 菌物学报, 2019, 38(6): 907-916.
- [20] Li, I.C., Lin, S., Tsai, Y.T., *et al.* (2018) *Cordyceps cicadae* Mycelia and Its Active Compound HEA Exert Beneficial Effects on Blood Glucose in Type 2 Diabetic db/db Mice. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, **99**, 606-612. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9221>
- [21] 朱伟坚. N-6-(2-羟乙基)-腺苷对痛风大鼠抗炎镇痛作用机制的研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 中国计量大学, 2019.
- [22] Zheng, R., Zhu, R., Li, X.L., *et al.* (2018) N6-(2-Hydroxyethyl) Adenosine from *Cordyceps cicadae* Ameliorates Renal Interstitial Fibrosis and Prevents Inflammation via TGF- β 1/Smad and NF- κ B Signaling Pathway. *Frontiers in Physiology*, **9**, Article 72467. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01229>
- [23] 吴云, 徐振栋, 胡建峰, 等. 广东虫草酒延寿及抗氧化作用的研究[J]. 食品与营养科学, 2020, 9(2): 171-176.
- [24] 温鲁, 唐玉玲, 张平. 蝉花与有关虫草活性成分检测比较[J]. 江苏中医药, 2006, 27(1): 45-46.
- [25] 赵节昌, 邵颖, 任格, 等. 蝉花孢子粉与孢梗束的化学成分及其多糖对果蝇寿命的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 205-210, 219.
- [26] 邵颖, 陈安徽, 赵节昌, 等. 人工培育蝉花孢梗束分级多糖的抗氧化活性及对果蝇寿命的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 187-192.
- [27] 刘洋. 不同运动训练强度对小鼠血清 MDA 含量和 SOD 活性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(12): 231-233.
- [28] 贾秀英, 陈志伟. 铜、镉对鲫组织超氧化物歧化酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(3): 323-325.
- [29] 张欣文, 徐思红, 厉曙光. 果蝇体内 SOD 和 MDA 随增龄变化及其与寿命的关系[J]. 中国公共卫生, 2000, 16(3): 222-223.
- [30] 楼丹飞, 王骁, 曹敏, 等. 超微细粉小复方对冠脉结扎大鼠血清 SOD、MDA 的影响[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(1): 118-120.
- [31] 王吉标. 金蝉花抗衰老及抗氧化活性初步研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2014.