

亚麻籽油对小鼠免疫功能的影响

黄莉, 闫实, 孙晓璐, 曹昕汝, 殷永超, 董和亮, 王欢, 赵燕

(东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150028)

摘要: 分别以 0.15、0.05、0.025 g/mL 的亚麻籽油作为高、中、低剂量组, 按 10 mL/(kg·d) 给予小鼠 30 d 灌胃试验, 分析测定小鼠体重、脏器比(胸腺指数、脾指数)、细胞免疫功能(小鼠淋巴细胞转化试验, 迟发型变态反应试验)、体液免疫功能(抗体生成细胞试验, 血清溶血素测定试验)、单核-巨噬细胞功能(碳廓清试验, 腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验)和 NK 细胞活性, 以考察亚麻籽油对小鼠免疫功能的影响。结果表明: 亚麻籽油对小鼠的体重、脏器比、血清溶血素以及单核-巨噬细胞功能无显著影响($P > 0.05$); 与对照组比较, 中剂量组和高剂量组能够显著提高小鼠的细胞免疫功能(淋巴细胞转化, 迟发型变态反应)和 NK 细胞活性($P < 0.05$)。研究结果说明亚麻籽油对小鼠具有增强免疫力的功能。

关键词: 亚麻籽油; 免疫力; 小鼠; 细胞免疫功能; 体液免疫功能; 单核-巨噬细胞功能; NK 细胞活性

中图分类号: TS225.1; R151

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2020)12-0056-05

Effect of flaxseed oil on immune function of mice

HUANG Li, YAN Shi, SUN Xiaolu, CAO Xinru, YIN Yongchao,
DONG Heliang, WANG Huan, ZHAO Yan

(School of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150028, China)

Abstract: The flaxseed oil with the mass concentration of 0.15, 0.05, 0.025 g/mL was used as high, medium and low dose groups to give mice by intragastric administration with 10 mL/(kg·d) for 30 d, then the weight, ratio of organ weight to body weight (thymus index, spleen index), cellular immune function (mice lymphocyte transformation test, delayed type hypersensitivity test), humoral immune function (antibody-producing cell test, serum hemolysin determination test), monocytes-macrophages function (carbon clearance test, phagocytosis of peritoneal macrophages test) and NK cell activity were determined to investigate the effect of flaxseed oil on the immune function of mice. The results showed that flaxseed oil had no significant effect on the body weight, ratio of organ weight to body weight, serum hemolysin and monocytes-macrophages function of mice ($P > 0.05$). Compared with the control group, the medium dose group and high dose group could significantly increase the cellular immune function (lymphocyte transformation, delayed type hypersensitivity) and NK cell activity ($P < 0.05$). The results indicated that flaxseed oil had the function of enhancing immunity of mice.

Key words: flaxseed oil; immunity; mice; cellular immune function; humoral immune function; monocytes-macrophages function; NK cell activity

收稿日期: 2020-07-11; 修回日期: 2020-09-14

基金项目: 黑龙江省“百千万”工程科技重大专项(2019ZX08 B01)

作者简介: 黄莉(1988), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学与安全(E-mail)984104920@qq.com。

通信作者: 王欢, 讲师, 博士(E-mail)whname@neau.edu.cn。

亚麻籽油中 α -亚麻酸含量高达 40% 以上, 还含有丰富的营养成分如维生素 E、甾醇等^[1-3]。研究表明, 亚麻酸在治疗心血管疾病、糖尿病等多种疾病方面具有显著的疗效^[4]。动物试验表明, 膳食中亚麻酸在极度或长期缺乏情况下, 会出现视力障碍等一系列的症状, 因此富含亚麻酸的亚麻籽油被誉为植物界的“深海鱼油”, 具有很好的市场开发前

景^[5]。目前,一些发达国家已研制出以亚麻酸为主要原料的保健食品,我国尚处于对亚麻籽油制备工艺和营养成分研究的阶段^[6-7]。

本文以小鼠为研究对象,依据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部2003版),采用碳廓清试验、迟发型变态反应、抗体生成细胞试验、巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验、淋巴细胞转化试验和NK细胞活性测定等方法,研究分析亚麻籽油对小鼠免疫的影响,为全面利用和开发亚麻籽油提供科学依据,为开发功能保健食品提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料及动物

亚麻籽油(为浅黄色至黄色液体),山西五台山沙棘制品有限公司;一级大豆油,嘉里粮油(中国)有限公司。

清洁级ICR雌性小鼠200只(体重18~22g,许可证号为SCXK(沪)2012-0002),上海莱斯克试验动物有限责任公司;饲料(许可证号为沪饲证(2014)04001),上海普路腾生物科技有限公司。

1.1.2 主要仪器

8 mm直径打孔器,微量血凝试验板,2-16K通用离心机,RT-6100酶标仪,96孔培养板,Co-150 CO₂培养箱,UV-1800紫外可见分光光度计,Olympus IX71倒置显微镜,电子天平,显微镜。

1.1.3 主要试剂

注射用印度墨汁(75%),北京索莱宝有限公司;刀豆蛋白A(ConA),美国Sigma公司;噻唑蓝(MTT)、二硝基氟(代)苯(DNFB)、鸡红细胞(CRBC)、绵羊红细胞(SRBC),北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司;吉姆萨染色液Giemsa(1:9),南京森贝伽生物科技有限公司;淋巴瘤细胞(YAC-1),上海研生实业有限公司;Hanks氏病毒保存液(pH 7.2~7.4),上海博生物技术有限公司;RPMI 1640完全培养液,上海子起生物科技有限公司;碘硝基氯化四氮唑(INT),上海源叶生物科技有限公司;烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NAD),上海麦克林生化科技有限公司;吩嗪二甲酯硫酸盐(PMS),上海乙基化工有限公司;1% NP40裂解液,上海泽叶生物有限公司;台酚兰,普润斯生物科技有限公司;Tris-HCl缓冲液(pH 8.2)、1 mol/L盐酸、酸性异丙醇、丙酮、生理盐水、甲醇、乳酸锂,北京化工厂。

1.2 试验方法

1.2.1 受试样品的配制

称取亚麻籽油15g,与大豆油混合均匀至100

mL,得到亚麻籽油质量浓度为0.15 g/mL的高剂量受试物;取高剂量受试物40 mL,与大豆油混合均匀至120 mL,得到亚麻籽油质量浓度为0.05 g/mL的中剂量受试物;取中剂量受试物40 mL,与大豆油混合均匀至80 mL,得到亚麻籽油质量浓度为0.025 g/mL的低剂量受试物。受试样品现用现配。

1.2.2 动物分组与给药

参照韩飞等^[8]的方法,将200只小鼠随机分成5大组,再分成4小组(对照组,受试物高、中、低剂量组),每组10只小鼠,分别进行抗体生成细胞、溶血素、脏器指数测定,NK细胞活性、淋巴细胞转化试验,迟发型变态反应(DTH)试验,小鼠碳廓清试验和小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验。将小鼠在受控温度(20±2)℃、湿度(50±5)%、12 h光照下适应7 d,7 d后小鼠自由摄食、饮水,每日上午10:00按10 mL/(kg·d)连续给小鼠灌胃大豆油(对照组)和受试样品(亚麻籽油高、中、低剂量组)30 d。

1.2.3 体重及脏体比测定

按1.2.2在最后一次给药6 h后,称量小鼠体重,并取脾脏及胸腺,称重,计算胸腺指数和脾指数^[9]。

1.2.4 细胞免疫功能测定

1.2.4.1 小鼠脾淋巴细胞转化试验

按1.2.2在最后一次给药6 h后,参照史顶聪等^[10]的方法,颈椎脱臼法处死小鼠,无菌取脾,置于无菌的适量Hanks氏病毒保存液的小平皿中,用镊子轻轻将脾撕碎,过200目筛网,得到单细胞悬液。将上述细胞悬液经离心调整浓度为 3×10^6 个/mL。分两孔加入24孔培养板中,每孔1 mL,一孔加75 μL ConA液,另一孔为对照,不添加ConA液,培养72 h。培养68 h时,每孔吸去0.7 mL上清液,并加入同体积不含小牛血清的RPMI 1640培养液与50 μL的MTT,继续培养。培养结束后,分装于96孔培养板,3个平行孔,于570 nm处测定光密度值(OD)。

1.2.4.2 迟发型变态反应(DTH)试验

按1.2.2在最后一次给药6 h后,对小鼠腹部皮肤约3 cm×3 cm进行脱毛处理,用50 μL 1%的DNFB溶液涂抹均匀致敏,5 d后再以10 μL 1%的DNFB溶液均匀涂抹小鼠右耳,24 h后颈椎脱臼处死小鼠,剪下左右耳,用打孔器取下直径8 mm的耳片称重^[11]。

1.2.5 体液免疫功能测定

1.2.5.1 抗体生成细胞检测

按1.2.2在最后一次给药6 h后,腹腔注射

0.2 mL 2% 的 SRBC 悬液。5 d 后颈椎脱臼处死小鼠,取脾脏,经磨碎、过滤、离心、洗涤后悬浮于 8 mL Hanks 氏病毒保存液中。取 25 μ L 脾细胞悬液、50 μ L 10% SRBC、0.5 mL 0.5% 的琼脂糖 Hanks 氏病毒保存液混合培养基迅速混匀,倾倒入 6 cm 已刷琼脂薄层的平皿上,于 37 $^{\circ}$ C CO₂ 培养箱中温育 1.5 h,然后用 SA 缓冲液(1:8)稀释补体,温育 3 h 后,计数溶血空斑数^[12]。

1.2.5.2 血清溶血素测定

按 1.2.2 在最后一次给药 6 h 后,腹腔注射 0.2 mL 2% 的 SRBC 悬液。5 d 后,将小鼠摘除眼球采血,2 000 r/min 离心 10 min 分离血清,用生理盐水稀释不同倍数并置于微量血凝试验板内,每孔 100 μ L,加入同体积 0.5% 的 SRBC 悬液,混匀,37 $^{\circ}$ C 培养箱中温育 3 h,观察血球凝集程度^[13]。

1.2.6 单核-巨噬细胞功能测定

1.2.6.1 小鼠碳廓清试验

按 1.2.2 在最后一次给药 6 h 后,称小鼠体重,并静脉注入稀释的印度墨汁,2、10 min 后,取内眦静脉血 20 μ L,并立即加入 2 mL 0.1% Na₂CO₃ 溶液,以 Na₂CO₃ 溶液为空白对照,在 600 nm 处测定光密度值(OD),将小鼠处死后,取出肝脏、脾脏后称重,计算吞噬指数^[14]。

1.2.6.2 小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验(半体内法)

按 1.2.2 在最后一次给药 6 h 后,给小鼠腹腔注射 1 mL 20% 鸡红细胞(CRBC)悬液。30 min 后颈椎脱臼处死小鼠,固定在鼠板上剪开腹壁皮肤,经腹腔注入 2 mL 生理盐水,转动鼠板 1 min。吸出 1 mL 腹腔洗液,滴于 2 片载玻片上,移置 37 $^{\circ}$ C 培养箱中温育 30 min。生理盐水漂洗、晾干、固定、染色、蒸馏水漂洗、晾干,在油镜下阅片计数,计算吞噬率和吞噬指数。

1.2.7 NK 细胞活性测定

参照 Cao 等^[15]的方法测定。

1.2.8 数据处理

试验数据以 SPSS 软件进行单因素方差分析。经方差齐性检验,方差齐的试验数据采用 LSD 法进行统计分析,方差不齐的试验数据采用 Tamnane 法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 亚麻籽油对小鼠体重的影响(见表 1)

由表 1 可知,30 d 灌胃试验结束后,与对照组比较,高、中、低剂量组小鼠的体重均无显著差异($P > 0.05$),说明亚麻籽油对小鼠体重无影响。

表 1 亚麻籽油对小鼠体重的影响

组别	动物数(只)	初始体重/g	终期体重/g	P
对照组	10	18.3 \pm 0.5	32.7 \pm 3.0	-
低剂量组	10	18.2 \pm 0.4	33.2 \pm 2.6	0.695
中剂量组	10	18.0 \pm 0.1	32.4 \pm 2.9	0.814
高剂量组	10	18.2 \pm 0.4	32.1 \pm 2.8	0.639

2.2 亚麻籽油对小鼠脏体比的影响

脏体比是试验动物某脏器的质量与其体重的比值。正常时各脏器质量与体重的比值比较恒定,但当动物染毒后,受损脏器质量可能发生改变,从而引起脏体比的变化。表 2 为各剂量组胸腺指数、脾指数的测定结果。

表 2 亚麻籽油对小鼠胸腺指数、脾指数的影响

组别	动物数(只)	胸腺指数/%	P ₁	脾指数/%	P ₂
对照组	10	0.16 \pm 0.03	-	0.31 \pm 0.06	-
低剂量组	10	0.15 \pm 0.03	0.371	0.30 \pm 0.05	0.844
中剂量组	10	0.18 \pm 0.04	0.338	0.32 \pm 0.05	0.582
高剂量组	10	0.19 \pm 0.04	0.099	0.33 \pm 0.07	0.456

注: P₁ 为胸腺指数差异性分析值, P₂ 为脾指数差异性分析值。

由表 2 可知,与对照组比较,高、中、低各剂量组的胸腺指数和脾指数均无显著差异($P > 0.05$),且波动数值均在小鼠脏体比的正常值范围内。说明亚麻籽油对小鼠的脏体比无影响。

2.3 亚麻籽油对小鼠细胞免疫功能的影响

表 3 为 ConA 诱导的小鼠淋巴细胞转化试验结果,表 4 为 DTH 试验结果。

表 3 ConA 诱导的小鼠淋巴细胞转化试验结果

组别	动物数(只)	OD 值	P
对照组	10	0.130 \pm 0.025	-
低剂量组	10	0.124 \pm 0.030	0.695
中剂量组	10	0.155 \pm 0.035 *	0.044
高剂量组	10	0.159 \pm 0.034 *	0.043

注: * 与对照组相比, $P < 0.05$ 。下同。

由表 3 可知,与对照组比较,低剂量组 OD 值差异不显著($P > 0.05$),而中剂量组与高剂量组 OD 值明显高于对照组,差异显著($P < 0.05$)。根据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部 2003 版)可知,亚麻籽油具有增强细胞免疫的功能。

表 4 DTH 试验结果

组别	动物数(只)	左右耳质量差/mg	P
对照组	10	20.5 \pm 1.4	-
低剂量组	10	21.1 \pm 1.7	0.443
中剂量组	10	22.1 \pm 1.8 *	0.032
高剂量组	10	22.2 \pm 2.0 *	0.034

由表4可知,中剂量组与高剂量组小鼠左右耳质量差明显高于对照组,差异显著($P < 0.05$),而低剂量组与对照组相比差异不显著($P > 0.05$)。根据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部2003版)可知,亚麻籽油具有增强小鼠细胞免疫的功能。

2.4 亚麻籽油对小鼠体液免疫功能的影响

表5为血清溶血素试验结果,表6为抗体生成细胞试验结果。

表5 血清溶血素试验结果

组别	动物数(只)	抗体积数	P
对照组	10	67.4 ± 15.2	-
低剂量组	10	70.3 ± 7.8	0.996
中剂量组	10	67.8 ± 2.9	1.000
高剂量组	10	71.6 ± 10.4	0.980

由表5可知,各剂量组小鼠抗体积数与对照组比较,差异均不显著($P > 0.05$)。

表6 抗体生成细胞试验结果

组别	动物数(只)	溶血空斑数/ (10^3 个/全脾)	P
对照组	10	80.22 ± 16.80	-
低剂量组	10	81.70 ± 14.90	0.825
中剂量组	10	88.32 ± 16.27	0.229
高剂量组	10	94.21 ± 10.29 *	0.042

由表6可知,与对照组比较,高剂量组具有显著差异($P < 0.05$),中、低剂量组差异不显著($P > 0.05$)。根据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部2003版)可知,亚麻籽油不具有增强小鼠体液免疫的功能。

2.5 亚麻籽油对小鼠单核-巨噬细胞功能的影响

表7为碳廓清试验结果,表8为巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验结果。由表7可知,高、中、低各剂量组小鼠碳廓清吞噬指数与对照组比较,差异均不显著($P > 0.05$)。

表7 碳廓清试验结果

组别	动物数(只)	吞噬指数	P
对照组	10	4.79 ± 1.13	-
低剂量组	10	4.41 ± 1.03	0.414
中剂量组	10	4.62 ± 1.04	0.720
高剂量组	10	4.82 ± 0.83	0.944

表8 巨噬细胞吞噬鸡红细胞试验结果

组别	动物数 (只)	吞噬率	P_1	吞噬指数	P_2
对照组	10	8.10 ± 1.37	-	0.113 ± 0.008	-
低剂量组	10	8.15 ± 1.55	0.929	0.108 ± 0.010	0.258
中剂量组	10	8.45 ± 0.93	0.537	0.110 ± 0.013	0.535
高剂量组	10	8.50 ± 1.08	0.481	0.110 ± 0.010	0.535

注: P_1 为吞噬率差异性分析值, P_2 为吞噬指数差异性分析值。

由表8可知,高、中、低各剂量组小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞的吞噬率、吞噬指数与对照组比较,差异均不显著($P > 0.05$)。说明亚麻籽油不能增强小鼠的单核-巨噬细胞功能。

2.6 亚麻籽油对小鼠NK细胞活性的影响(见表9)

表9 NK细胞活性测定结果

组别	动物数(只)	NK细胞活性/%	P
对照组	10	14.78 ± 1.42	-
低剂量组	10	14.38 ± 1.55	0.587
中剂量组	10	16.32 ± 1.68 *	0.036
高剂量组	10	16.44 ± 1.87 *	0.030

由表9可知,中剂量组与高剂量组小鼠NK细胞活性显著高于对照组($P < 0.05$),而低剂量组与对照组比较差异不显著($P > 0.05$)。根据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部2003版)可知,亚麻籽油具有增强小鼠NK细胞活性的功能。

3 结论

经30 d灌胃试验后,与对照组比较,亚麻籽油高、中、低各剂量组小鼠体重、胸腺指数、脾指数、小鼠血清溶血素水平、碳廓清能力、小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞的吞噬率和吞噬指数均无统计学意义($P > 0.05$),而亚麻籽油中剂量组与高剂量组能够明显增强ConA诱导的小鼠脾淋巴细胞增殖能力和DNFB诱导的小鼠迟发型变态反应,能显著提升小鼠NK细胞活性。根据《保健食品检验与评价技术规范》(卫生部2003)的规定,说明亚麻籽油可增强小鼠的免疫功能,亚麻籽油可用于食品、保健食品提高免疫力等功能产品的开发和应用。

参考文献:

- [1] 利嘉祥,连莹君,张参,等.乙醇萃取-HPLC法快速分析亚麻籽油中四种环肽研究[J].粮食与食品工业,2016,23(2):8-12,18.
- [2] KAZEMI - BONCHENARI M, DEHFAN - BANADAKY M, FATTAHIA F, et al. Effects of linseed oil and rumen undegradable protein: rumen degradable protein ratio on performance of Holstein dairy calves[J]. Br J Nutr, 2020, 123(11):1247-1257.
- [3] ZAHRA R, HADI H G, SARA E. Oxidative stability of linseed oil nano-emulsions filled in calcium alginate hydrogels[J/OL]. LWT - Food Sci Technol, 2020, 127: 109392[2020-06-20]. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109392>.
- [4] ALEKSADRA S C, ALICJA T, MONIKA M. Optimization of the microwave treatment of linseed for cold-pressing linseed oil—changes in its chemical and sensory qualities[J]. LWT - Food Sci Technol, 2020, 126:109-117.

(下转第99页)

- from virgin olive oil by deep eutectic solvents (DESs) [J]. *Food Chem*, 2016, 197: 554 – 561.
- [12] NAM M W, ZHAO J, LEE M S, et al. Enhanced extraction of bioactive natural products using tailor – made deep eutectic solvents: application to flavonoid extraction from *Flos sophorae* [J]. *Green Chem*, 2015, 17 (3): 1718 – 1727.
- [13] DAI Y, ROZEMA E, VERPOORTE R, et al. Application of natural deep eutectic solvents to the extraction of anthocyanins from *Catharanthus roseus* with high extractability and stability replacing conventional organic solvents[J]. *J Chromatogr A*, 2016, 1434: 50 – 56.
- [14] FERREIRA G B, EVANGELISTA A F, JUNIOR S, et al. Partitioning optimization of proteins from *Zea mays* malt in APTS PEG 6000/CaCl₂ [J]. *Braz Arch Biol Technol*, 2007, 50(3): 557 – 564.
- [15] CHEN J P, LEE M S. Enhanced production of *Serratia marcescens* Chitinase in PEG/dextran aqueous two – phase systems[J]. *Enzyme Microb Technol*, 1995, 17(11): 1021 – 1027.
- [16] OOI C W, TEY B T, HII S L, et al. Purification of lipase derived from *Burkholderia pseudomallei* with alcohol/salt – based aqueous two – phase systems [J]. *Process Biochem*, 2009, 44(10): 1083 – 1087.
- [17] JIANG B, FENG Z, LIU C, et al. Extraction and purification of wheat – esterase using aqueous two – phase systems of ionic liquid and salt[J]. *J Food Sci Technol*, 2015, 52(5): 2878 – 2885.
- [18] 王良, 荆雨众, 逯洋, 等. 温敏性聚合物 EOPO – K₂HPO₄ 双水相浮选高效液相色谱分离/富集食品中痕量的环丙沙星[J]. *分析化学*, 2015, 43(6): 886 – 892.
- [19] 霍清, 周平. 利用 EOPO/盐温度诱导双水相体系分离纯化苦参碱的研究[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(6): 2339 – 2340.
- [20] 范勇. 辣椒精中辣椒碱的提取纯化工艺研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2016.
- [21] GARCÍA G, APARICIO S, ULLAH R, et al. Deep eutectic solvents: physicochemical properties and gas separation applications[J]. *Energ Fuel*, 2015, 29(4): 2616 – 2644.
- [22] LI C, LI X, YOU L, et al. Fractionation, preliminary structural characterization and bioactivities of polysaccharides from *Sargassum pallidum* [J]. *Carbohydr Polym*, 2017, 155: 261 – 270.
- [23] 秦春青, 阮家耀, 王瑞宇, 等. 枇杷叶多糖分离纯化及其单糖组成研究[J]. *中草药*, 2018 (14): 3240 – 3244.
- [24] BUBALO M C, ĆURKO N, TOMAŠEVIĆ M, et al. Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents[J]. *Food Chem*, 2016, 200: 159 – 166.
- [25] DUAN L, DOU L, GUO L, et al. Comprehensive evaluation of deep eutectic solvents in extraction of bioactive natural products [J]. *ACS Sustain Chem Eng*, 2016, 4(4): 2405 – 2411.
- [26] DEMBCZYSKI R, BIALAS W, JANKOWSKI T. Recycling of phase components during lysozyme extraction from hen egg white in the EO50PO50/K₂HPO₄ aqueous two – phase system[J]. *Biochem Eng J*, 2010, 51(1/2): 24 – 31.
-
- (上接第 59 页)
- [5] VARGAS – RAMELLA M, MUNEKATA P E S, PATEIRO M, et al. Physicochemical composition and nutritional properties of deer burger enhanced with healthier oils[J]. *Foods*, 2020, 9(5): 119 – 223.
- [6] 李媛媛, 吴雪辉, 段卓. 微波处理对亚麻籽油品质的影响[J]. *中国油脂*, 2015, 40(1): 55 – 58.
- [7] 任海伟, 李雪, 唐学慧. 亚麻籽粒及其油脂的特性分析与营养评价[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(6): 143 – 145.
- [8] 韩飞, 马广强, 熊魏, 等. 牛至油增强小鼠免疫功能的实验[J]. *中国医院药学杂志*, 2020, 40(10): 1106 – 1110.
- [9] 王晓林, 戴鹏莹, 邸松, 等. 刺苳参胶囊对小鼠免疫功能的影响[J]. *现代食品*, 2020(5): 162 – 166.
- [10] 史顶聪, 赵宏宇, 佟晓乐, 等. 红景天当归不同配伍对免疫低下小鼠免疫功能的影响[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(5): 28 – 33.
- [11] 喻建辉, 周明良, 余春涛, 等. 蜂胶对调节小鼠免疫功能的影响[J]. *农产品加工*, 2020(10): 22 – 26.
- [12] 陈小英, 曾晏萍, 刘汉儒, 等. 太子参须多糖粗提物对小鼠免疫功能的调节作用[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2020, 42(4): 56 – 64.
- [13] 杨迪, 李丽杰, 张曾亮, 等. 南极磷虾油灵芝孢子油纳米乳复合物提高小鼠的免疫功能[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(5): 14 – 21, 50.
- [14] 刘威良, 吴白芬, 黄艾祥. 两种提取工艺的辣木籽油对小鼠免疫活性的影响[J]. *中国油脂*, 2020, 45(6): 92 – 96.
- [15] CAO J, ZHANG H H, YANG Z M, et al. Effect of dehydroepiandrosterone on the immune response and gut microbiota in dextran sulfate sodium – induced colitis mice [J]. *Mol Immunol*, 2020, 118: 60 – 72.