

文冠果油对雄性小鼠记忆能力的影响

陆 昕^{1,2,3}, 李显玉^{2,3}, 陶 超^{4,5}, 胡 奇^{4,5}, 杨素芝^{2,3}, 乌志颜³, 徐 嘉^{4,5}, 齐长永^{4,6}, 张静姝^{4,5}

(1. 东北林业大学 林学院, 哈尔滨 150040; 2. 赤峰市林业科学研究所, 内蒙古 赤峰 024005; 3. 国家林业草原文冠果工程技术研究中心, 内蒙古 赤峰 024005; 4. 南京医科大学 公共卫生学院, 南京 211166; 5. 江苏省医药农药兽药安全性评价与研究中心, 南京 211166; 6. 南京医科大学 医药实验动物中心, 南京 211166)

摘要: 为了对文冠果油相关产品的开发提供数据支撑, 将健康雄性小鼠分为 4 个组, 即对照组(玉米油)、文冠果油低剂量组[2.1 g/(kg·d)]、文冠果油中剂量组[4.2 g/(kg·d)]和文冠果油高剂量组[12.5 g/(kg·d)], 分别经口给予小鼠灌胃 1 个月后, 测定小鼠体质量, 并进行跳台试验、避暗试验、水迷宫试验以评价文冠果油对雄性小鼠记忆能力的影响, 试验结束后测定小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中多巴胺(DA)、5-羟色胺(5-HT)、去甲肾上腺素(NE)、乙酰胆碱(ACh)含量及乙酰胆碱酯酶(AChE)活性, 探讨文冠果油对小鼠记忆能力的影响机制。结果表明: 经过 1 个月的灌胃试验, 各组小鼠体质量及其增长率均无显著差异; 文冠果油组小鼠跳台试验、避暗试验、水迷宫试验均为阳性; 文冠果油高剂量组小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中 5-HT、ACh、NE、DA 含量明显升高, AChE 活性明显降低。综上, 文冠果油具有改善小鼠记忆的功能, 且是通过改善单胺类神经递质和胆碱能神经递质的代谢发挥作用的。

关键词: 文冠果油; 神经酸; 记忆能力; 跳台试验; 避暗试验; 水迷宫试验

中图分类号: TS225.1; TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2024)04-0028-05

Effect of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil on memory ability of male mice

LU Xin^{1,2,3}, LI Xianyu^{2,3}, TAO Chao^{4,5}, HU Qi^{4,5}, YANG Suzhi^{2,3},
WU Zhiyan³, XU Jia^{4,5}, QI Changyong^{4,6}, ZHANG Jingshu^{4,5}

(1. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Chifeng Forestry Research Institute, Chifeng 024005, Inner Mongolia, China; 3. National Forestry and Grassland Wenguan Fruit Engineering Technology Research Center, Chifeng 024005, Inner Mongolia, China; 4. School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China; 5. Safety Assessment and Research Center for Drug, Pesticide and Veterinary Drug of Jiangsu Province, Nanjing 211166, China; 6. Medical Laboratory Animal Center, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China)

Abstract: In order to provide data support for the development of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil related products, healthy male mice were divided into 4 groups, namely control group (corn oil), low-dose group [2.1 g/(kg·d)], medium-dose group [4.2 g/(kg·d)] and high-dose group [12.5 g/(kg·d)] of the *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil. After one month of intragastric administration, the body weight of mice was measured, and the step-down test, dark avoidance test and water maze test were carried out to evaluate the effects of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil on memory ability of male

mice. In addition, the contents of dopamine (DA), 5-hydroxytryptamine (5-HT), norepinephrine (NE), acetylcholine (ACh) and the activity of acetylcholinesterase (AChE) in the homogenates of hippocampus and cerebral cortex of mice were measured to explore the mechanism of the effect of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil

收稿日期: 2022-07-26; 修回日期: 2023-12-29

基金项目: 内蒙古自治区“草原英才”青年创新人才工程专项资金(2020); 内蒙古自治区林业科技支撑项目(内林科研[2021]12号)

作者简介: 陆 昕(1987), 男, 研究员, 博士, 研究方向为森林资源开发与保护(E-mail)182158789@qq.com。

通信作者: 齐长永, 硕士(E-mail)qichangyong@njmu.edu.cn。

on memory ability of mice. The results showed that there was no significant difference in body weight and growth rate among all groups after one month of intragastric administration test. The step-down test, dark avoidance test and water maze test were all positive. In high-dose group, the contents of 5-HT, ACh, NE and DA in homogenates of hippocampus and cerebral cortex of mice were significantly increased and the activity of AChE was significantly decreased. In summary, *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil has the function of improving memory of mice, and it plays the role by improving the metabolism of monoamine neurotransmitters and cholinergic neurotransmitters.

Key words: *Xanthoceras sorbifolium* Bunge. oil; nervonic acid; memory ability; step-down test; dark avoidance test; water maze test

文冠果(*Xanthoceras sorbifolium* Bunge.),又名文官果,属无患子科,为落叶灌木或小乔木,主要分布于我国北部,是我国特有的木本油料树种之一^[1]。文冠果油中包含一种特殊功能性成分——神经酸,是常见的神经酸植物来源之一,其神经酸含量为1.5%~3.0%^[2]。

神经酸作为一种神经营养因子,在治疗帕金森综合征、加快婴儿大脑与视觉神经发育、提升记忆力等方面有一定作用^[3-4],并且能够修复受损大脑神经纤维,促进神经细胞再生^[5]。作为生物膜的组成成分,神经酸在神经递质与受体结合过程中发挥着积极作用,可预防大脑老化和阿尔茨海默病^[6]。因此,含有神经酸的文冠果油可能具有极高的医用价值。本研究分析了文冠果油对雄性小鼠记忆能力的影响,以期通过构建小鼠模型,对文冠果油的辅助改善记忆功能进行试验验证,为进一步开发相关产品提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料、动物、试剂

文冠果油(生产日期为2021年6月),赤峰市林业科学研究院;96只健康雄性小鼠(清洁级BALB/c,体质量在19.0~21.9g之间,符合SCXK(沪)2017-0005生产许可证号,合格证为20170005058085),上海斯莱克实验动物有限责任公司;基础饲料,江苏省协同医药生物工程有限责任公司提供,生产许可证号为苏饲证(2019)01008。

小鼠乙酰胆碱(ACh)定量检测试剂盒,小鼠去甲肾上腺素(NE)定量检测试剂盒,小鼠乙酰胆碱酯酶(AChE)定量检测试剂盒,小鼠多巴胺(DA)定量检测试剂盒,小鼠5-羟色胺(5-HT)定量检测试剂盒。

1.1.2 仪器与设备

恒温水浴锅,分析天平(精度0.0001g),YLS-3TB跳台记录仪,YLS-17B避暗穿梭测试仪,

SMG-2型水迷宫仪,酶标仪。

1.2 试验方法

1.2.1 剂量设计与分组

将96只小鼠随机等分为3个大组(即I、II、III组),每组再分为4个小组,即对照组,文冠果油低、中、高剂量组。其中对照组为玉米油,文冠果油低、中、高剂量组灌胃剂量分别为2.1、4.2、12.5g/(kg·d)(灌胃样品分别为以玉米油为基质配制的文冠果油)。

1.2.2 动物灌胃试验

96只小鼠每日经口灌胃受试物14mL,灌胃1个月,饲养环境为屏障环境,温、湿度分别控制在20~26℃、40%~70%之间,试验期间动物自由饮水、摄食。

1.2.3 跳台试验

按1.2.2方法在最后一次灌胃样品后,提前3min将小鼠放入跳台记录仪的反应箱中,取出小鼠后放于铜栅上,之后通入交流电(36V),小鼠受到电击跳回平台。小鼠经过1次训练后重新回到反应箱,测试并记录小鼠的潜伏期(第一次从平台跳下所需的时间),以及5min内错误跳下平台的小鼠数量和次数。24h之后再重新测试,记录小鼠的潜伏期以及3min内错误跳下平台的小鼠数量和次数。停止训练5d后再重新测试,记录小鼠的潜伏期以及3min内错误跳下平台的小鼠数量和次数。

1.2.4 避暗试验

按1.2.2方法在最后一次灌胃样品后,次日进行避暗试验。先将小鼠放入避暗穿梭测试仪的反应箱中训练3min,小鼠受到电击后逃往明室。正式测试开始时,将小鼠背向洞口放到明室,穿过洞口的小鼠进入暗室则受到电击,记录小鼠潜伏期(第一次放入明室直至首次受到电击的时间),并记录5min内小鼠进入暗室的次数(错误次数)。24h之后再重新测试,记录相应指标。5d后再重新测试并记录相应指标。

1.2.5 水迷宫试验

按 1.2.2 方法在最后一次灌胃样品后,次日进行水迷宫试验,水迷宫仪器如图 1 所示。迷宫泳道水深 9 cm,水温 20 ℃,设定测试时间 2 min。测试前将小鼠放置在靠近梯子的地方,使小鼠背朝梯子,并自动爬上楼梯。测试起点为 A 处,具体记录小鼠从 A 处到达终点 Es 的情况,包括到达终点时间,期间发生错误次数等。第二次以 B 处为起点,先后测试 3 次,记录期间小鼠到达终点的时间、错误次数。最后一次从起点 S 开始,将小鼠放在起点(背向终点),同样记录上述参数,5 d 后再重新测试。

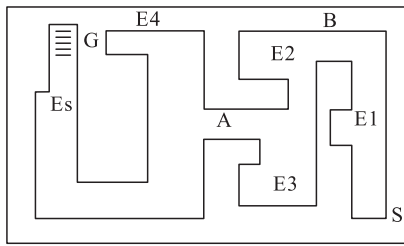


图 1 水迷宫仪器

1.2.6 DA、5-HT、NE、ACh 含量以及 AChE 活性测定

跳台试验、避暗试验、水迷宫试验均结束后,每个剂量组随机选取 10 只小鼠,按文献[7]的方法取海马和大脑皮质后用 ELISA 法测定海马和大脑皮质组织匀浆中 DA、5-HT、NE、ACh 含量以及 AChE 活性。

1.2.7 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 22 软件统计原始试验数据,检验各原始试验数据的方差齐性,以方差分析方法统计处理符合方差齐性要求的数据,对方差不齐的数据采用 Mann-Whitney 秩和检验进行统计处理。计数资料:用 χ^2 检验,如总例数达到 40 例以上或者四格表总例数在 40 例以内,而形成 1 个或者小于 1 个的理论数,则用确切概率法。

2 结果与分析

2.1 文冠果油对小鼠体质量的影响

试验过程中小鼠饮水、摄食正常,外观无异常。小鼠体质量的变化如表 1 所示。

表 1 文冠果油对小鼠体质量的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	I 组体质量/g			II 组体质量/g			III 组体质量/g		
	初始值	终末值	增长值	初始值	终末值	增长值	初始值	终末值	增长值
对照组	20.45 ± 0.77	23.65 ± 1.22	3.20 ± 0.83	20.44 ± 0.73	23.66 ± 0.92	3.23 ± 0.66	20.45 ± 0.74	23.66 ± 0.75	3.21 ± 0.48
低剂量组	20.50 ± 0.91	23.50 ± 0.71	3.00 ± 0.54	20.49 ± 0.96	23.41 ± 0.81	2.93 ± 0.43	20.45 ± 1.03	23.61 ± 0.67	3.16 ± 0.82
中剂量组	20.53 ± 0.79	23.34 ± 0.64	2.81 ± 0.59	20.50 ± 0.88	23.90 ± 0.67	3.40 ± 0.51	20.51 ± 0.90	23.81 ± 0.81	3.30 ± 0.95
高剂量组	20.45 ± 0.73	23.26 ± 0.74	2.81 ± 0.73	20.46 ± 0.73	23.40 ± 1.07	2.94 ± 0.85	20.53 ± 0.76	24.24 ± 0.50	3.71 ± 0.80

由表 1 可见,各组小鼠的初始体质量没有显著差异,以文冠果油经口给予小鼠(剂量各不同)灌胃后,体质量增长值也无统计学意义($p > 0.05$)。

2.2 文冠果油对小鼠跳台试验结果的影响

按 1.2.3 方法,考察文冠果油对小鼠跳台试验结果的影响,结果如表 2 所示。

表 2 文冠果油对小鼠跳台试验结果的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数(只)	训练测试		24 h 后测试			5 d 后测试		
		潜伏期/s	错误次数	潜伏期/s	错误次数	跳下平台动物数(只)	潜伏期/s	错误次数	跳下平台动物数(只)
对照组	8	59 ± 99	3.6 ± 3.5	51 ± 45	2.3 ± 1.2	8	51 ± 55	2.3 ± 1.9	7
低剂量组	8	59 ± 98	3.6 ± 3.0	51 ± 49	2.6 ± 1.6	8	99 ± 68	2.4 ± 2.8	5
中剂量组	8	64 ± 58	2.9 ± 2.7	66 ± 55	2.5 ± 1.8	7	82 ± 29	2.8 ± 0.9	8
高剂量组	8	55 ± 53	3.6 ± 1.8	91 ± 53	2.1 ± 1.5	7	158 ± 44*	0.5 ± 0.9	2*

注: * 表示与对照组比较具有显著差异($p < 0.05$)。下同

根据《保健食品功能检验与评价方法(2023 年版)》规定,在跳台试验中,相较于对照组,受试样品组中潜伏期、跳下平台动物数和错误次数 3 个指标中有 1 个指标为阳性,则说明试验为阳性。由表 2 可见,高剂量组 5 d 后测试时潜伏期长于对照组,跳下平台动物数少于对照组,且差异均有统计学意义($p < 0.05$),说明试验结果为阳性。

2.3 文冠果油对小鼠避暗试验结果的影响

按 1.2.4 方法,考察文冠果油对小鼠避暗试验结果的影响,结果如表 3 所示。

根据《保健食品功能检验与评价方法(2023 年版)》规定,在避暗试验中,相较于对照组,受试样品组中潜伏期、进入暗箱动物数、错误次数 3 个指标中有 1 个指标为阳性,则说明该试验为阳性。由表 3

可知,高剂量组小鼠24 h后测试时和5 d后测试时的潜伏期显著长于对照组($p < 0.05$),说明避暗的小鼠数量显著少于对照组($p < 0.05$),说明避暗试验为阳性。

表3 文冠果油对小鼠避暗试验结果的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数(只)	训练测试		24 h后测试			5 d后测试		
		潜伏期/s	错误次数	潜伏期/s	错误次数	进入暗箱动物数(只)	潜伏期/s	错误次数	进入暗箱动物数(只)
对照组	8	108 ± 89	2.1 ± 1.6	116 ± 116	2.5 ± 2.3	6	149 ± 137	1.4 ± 1.2	6
低剂量组	8	108 ± 98	2.6 ± 1.7	174 ± 142	1.5 ± 1.9	4	201 ± 110	1.3 ± 1.6	4
中剂量组	8	103 ± 88	3.0 ± 2.3	182 ± 131	0.9 ± 1.0	4	207 ± 107	1.1 ± 1.7	4
高剂量组	8	122 ± 91	2.1 ± 1.8	248 ± 73*	0.8 ± 1.2	3	290 ± 29*	0.3 ± 0.7	1*

2.4 文冠果油对小鼠水迷宫试验结果的影响 验结果的影响,结果如表4所示。

按1.2.5方法,考察文冠果油对小鼠水迷宫试

表4 文冠果油对小鼠水迷宫试验5次总成绩的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数(只)	初始测试			5 d后测试		
		到达终点时间/s	错误次数	2 min内到达终点动物数(只)	到达终点时间/s	错误次数	2 min内到达终点动物数(只)
对照组	8	494.4 ± 70.2	33.8 ± 3.8	20	102.3 ± 29.4	6.4 ± 2.4	3
低剂量组	8	462.0 ± 59.9	33.3 ± 7.4	23	94.4 ± 36.3	5.9 ± 2.8	3
中剂量组	8	467.8 ± 78.4	32.6 ± 11.3	23	96.3 ± 28.7	6.0 ± 2.3	4
高剂量组	8	431.5 ± 85.7	27.6 ± 6.0*	27	85.6 ± 34.3	4.0 ± 1.9	5

根据《保健食品功能检验与评价方法(2023年版)》规定,在水迷宫试验中,相较于对照组,受试样品组中到达终点时间、错误次数以及2 min内到达终点动物数3个指标中只要有1个指标为阳性,则认为该试验为阳性。由表4可知,初始测试时高剂量组小鼠5次试验的错误次数与对照组相比具有显著差异($p < 0.05$),说明试验结果为阳性。

2.5 文冠果油对小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中DA、5-HT、NE、ACh含量以及AChE活性的影响

单胺类神经递质DA、5-HT和NE影响正常突触神经传递和可塑性,其含量减少将导致神经信息传导异常,使大鼠学习记忆能力受损^[8]。ACh是中

枢胆碱能系统中重要的神经递质之一,广泛分布于中枢神经系统的海马、纹状体等大脑缺血缺氧易损区,适当提高ACh含量可促进脑神经传导功能激活,提高信息传递速度,增强大脑记忆能力^[9]。AChE是降解ACh的关键酶,其活性与脑内ACh的含量密切相关^[10],研究表明,与对照组比较,阿尔茨海默病模型大鼠海马组织AChE活性明显增加^[11]。因此,通过测定小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中DA、5-HT、NE、ACh含量以及AChE活性变化,可以分析小鼠学习记忆功能的变化。文冠果油对小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中DA、5-HT、NE、ACh含量以及AChE活性的影响如表5所示。

表5 文冠果油对小鼠海马组织、大脑皮质组织匀浆中DA、5-HT、NE、ACh含量及AChE活性的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数(只)	5-HT/(ng/g)		ACh/(μg/g)		NE/(ng/g)		AChE/(U/g)		DA/(pg/g)	
		海马组织	大脑皮质组织	海马组织	大脑皮质组织	海马组织	大脑皮质组织	海马组织	大脑皮质组织	海马组织	大脑皮质组织
对照组	8	170.3 ± 24.7	161.8 ± 17.2	335.1 ± 44.0	260.8 ± 52.4	6.8 ± 0.9	5.3 ± 1.1	0.20 ± 0.04	0.16 ± 0.05	74.8 ± 16.0	92.1 ± 17.7
低剂量组	8	171.0 ± 34.1	158.5 ± 47.7	364.3 ± 68.3	266.1 ± 35.9	6.3 ± 0.9	5.4 ± 1.1	0.16 ± 0.07	0.15 ± 0.03	71.1 ± 23.7	101.1 ± 11.6
中剂量组	8	204.2 ± 47.6*	194.6 ± 30.3	384.4 ± 54.5	403.4 ± 70.4*	7.6 ± 0.9	6.3 ± 0.6	0.11 ± 0.02*	0.11 ± 0.09	87.7 ± 10.5	106.0 ± 12.9
高剂量组	8	236.0 ± 62.2*	214.7 ± 14.7*	423.3 ± 36.7*	439.2 ± 29.1*	8.1 ± 0.6*	7.8 ± 0.9*	0.09 ± 0.02*	0.08 ± 0.01*	94.5 ± 12.5*	113.1 ± 11.3*

由表5可见:中剂量组小鼠海马组织匀浆中5-HT含量、AChE活性分别显著高于和低于对照组($p < 0.05$),而中剂量组小鼠大脑皮质组织匀浆中ACh含量显著高于对照组($p < 0.05$);高剂量组小鼠海马和大脑皮质组织匀浆中5-HT、ACh、NE、DA

含量显著高于对照组($p < 0.05$),而AChE活性则显著低于对照组($p < 0.05$),说明文冠果油可以改善单胺类神经递质和胆碱能神经递质的代谢,在改善学习记忆功能方面发挥一定的作用^[12]。

(下转第39页)

- peptides from Antarctic Krill (*Euphausia superba*) improve fracture healing in mice with ovariectomy induced osteoporosis[J/OL]. *J Food Biochem*, 2017, 41(6): e12408[2023-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.004>.
- [51] 李媛媛, 毛相朝, 唐彭皓, 等. 南极磷虾油对骨质疏松模型小鼠骨折愈合的促进作用[J]. *食品科学*, 2019, 40(11): 159-166.
- [52] 郭红燕, 雷涛. 多不饱和脂肪酸与骨质疏松症的相关性[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2017, 10(1): 88-91.
- [53] ZADEH - ARDABILI P M, RAD S K. Anti - pain and anti - inflammation like effects of Neptune krill oil and fish oil against carrageenan induced inflammation in mice models: Current statues and pilot study [J/OL]. *Biotechnol Rep (Amst)*, 2019, 22: e00341[2023-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00341>.
- [54] QUARATO E R, SALAMA N A, LI A J, et al. Efferocytosis by bone marrow mesenchymal stromal cells disrupts osteoblastic differentiation via mitochondrial remodeling[J/OL]. *Cell Death Dis*, 2023, 14(7): 428 [2023-09-06]. <https://doi.org/10.1038/s41419-023-05931-9>.
- [55] XU T, HUA Y, MEI P, et al. Black phosphorus thermosensitive hydrogels loaded with bone marrow mesenchymal stem cell - derived exosomes synergistically promote bone tissue defect repair[J]. *J Mater Chem B*, 2023, 11(20): 4396 - 4407.
- [56] MAO L, WANG F, LI Y, et al. Oil from Antarctic krill (*Euphausia superba*) facilitates bone formation in dexamethasone - treated mice[J]. *Food Sci Biotechnol*, 2019, 28(2): 539 - 545.
- [57] ZHANG L, SU P, XU C, et al. Melatonin inhibits adipogenesis and enhances osteogenesis of human mesenchymal stem cells by suppressing PPAR γ expression and enhancing Runx2 expression [J]. *J Pineal Res*, 2010, 49(4): 364 - 372.
- [58] FARSANI Z H, BANITALEBI E, FARAMARZI M, et al. Effects of different intensities of strength and endurance training on some osteometabolic miRNAs, Runx2 and PPAR γ in bone marrow of old male wistar rats[J]. *Mol Biol Rep*, 2019, 46(2): 2513 - 2521.
- [59] ABSHIRINI M, ILESANMI - OYELERE B L, KRUGER M C. Potential modulatory mechanisms of action by long - chain polyunsaturated fatty acids on bone cell and chondrocyte metabolism[J/OL]. *Prog Lipid Res*, 2021, 83: 101113 [2023-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2021.101113>.

(上接第31页)

3 结论

在本试验条件下,文冠果油组小鼠跳台试验、避暗试验、水迷宫试验均为阳性,表明文冠果油有改善小鼠记忆功能。通过测试小鼠海马和大脑皮质组织中神经递质5-HT、ACh、NE、DA含量和AChE活性表明,文冠果油是通过改善单胺类神经递质和胆碱能神经递质的代谢而发挥其作用的。

参考文献:

- [1] 杨小慧, 石光波, 拜晓彬, 等. 文冠果落果黄酮成分分析及抑菌性评价[J]. *食品科学*, 2018, 39(10): 53-58.
- [2] LANG Y, SUN Y, FENG Y, et al. Recent progress in the molecular investigations of yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)[J]. *Bot Rev*, 2020, 86(2): 136-148.
- [3] LI Q, CHEN J, YU X, et al. A mini review of nervonic acid: Source, production, and biological functions [J/OL]. *Food Chem*, 2019, 301: 125286[2022-07-26]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125286>.
- [4] 韩锋, 王建民, 邓邵清, 等. 食品添加剂新品种: 神经酸对改善记忆的影响及在益智食品方面的应用研究进展[J]. *中国供销商情: 乳业导刊*, 2003(1): 18-20.
- [5] 蒲定福, 冯自伟, 郑仁健, 等. 神经酸来源新方向的探讨[J]. *中国油脂*, 2021, 46(8): 76-80, 86.
- [6] 赵立言, 于炎冰, 张黎. 神经酸研究现状及前景[J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2017, 16(3): 282-285.
- [7] 吴冰洁, 顾平, 王铭维, 等. 中汇川黄液对癫痫大鼠海马和大脑皮质糖皮质激素受体的影响[J]. *河北中医*, 2002(1): 68-70.
- [8] 朱林娜. 运动联合丰富环境干预对大鼠学习记忆及海马单胺类神经递质的影响[D]. 江苏扬州: 扬州大学, 2021.
- [9] 许玉珉, 沈晓明, 兰瑞, 等. 开心散对APP/PS1小鼠学习记忆能力和突触功能的机制[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2021, 27(20): 15-22.
- [10] 胡翠翠. 基于海马胆碱能神经元调控研究微波辐射致神经行为改变的机制[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2022.
- [11] 王爱梅, 耿若君, 李弋, 等. 早莲草对老年痴呆模型大鼠学习记忆及海马神经递质的影响[J]. *中国中医基础医学杂志*, 2016, 22(3): 332-335.
- [12] 王力华. 文冠果的食用和药用价值[J]. *中国医药指南*, 2006(10): 41-43.