

中药复方提取物对槟榔所致大鼠急性炎症的影响

Effects of plant extract and betel nut on acute inflammation in rats

宋晓慧¹ 朱珺玎² 李 智² 马朝阳^{1,3} 王洪新^{1,3}

SONG Xiaohui¹ ZHU Junding² LI Zhi² MA Chaoyang^{1,3} WANG Hongxin^{1,3}

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 湖南伍子醉实业集团有限公司, 湖南 湘潭

411100; 3. 国家功能食品工程技术研究中心[江南大学], 江苏 无锡 214122)

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Hunan Wuzizui Industrial Group Co., Ltd., Xiangtan, Hunan 411100, China; 3. National Engineering

Research Center for Functional Food, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:目的: 减弱槟榔造成的炎症损伤, 降低食用风险。

方法: 选择甘草、桔梗、枇杷叶 3 种中药材, 以低、中、高剂量添加并与槟榔提取物共同灌胃大鼠 28 d 后, 在大鼠足跖注射致炎剂, 与空白对照组和阳性对照组大鼠比较体重、脏器系数、6 h 内足跖肿胀率及炎症因子和炎症介质水平。**结果:** 高剂量组相较于槟榔组可以显著 ($P < 0.05$) 降低炎症介质前列腺素 E_2 (PGE_2)、丙二醛 (MDA) 和一氧化氮 (NO) 的产生, 下调血清促炎因子肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素- 1β (IL- 1β)、白细胞介素-6 (IL-6) 水平以及促进白细胞介素-10 (IL-10) 的释放, 并减少肝脏中活性氧 (ROS) 的产生, 且大鼠足跖肿胀率明显 ($P < 0.05$) 低于空白对照组, 与阳性对照组相近。**结论:** 添加多种具有抗炎功效的天然植物提取物与槟榔共同使用可在一定程度上减轻因槟榔加剧的大鼠急性炎症。

关键词: 槟榔; 甘草; 桔梗; 枇杷叶; 急性炎症; 大鼠足跖肿胀; 炎症因子

Abstract: Objective: This study aimed to reduce inflammation effect caused by long-term and large amount of betel nut chewing.

Methods: Natural plant extracts with anti-inflammatory effects were added to betel nut in order to reduce the inflammatory damage. Glycyrrhiza uralensis fisch, radix platycodi and loquat leaf were used to treat rats with areca nut for 28 days. Body weight, organ coefficient, swelling rate of plantar in 6 hours, levels of inflammatory factors, and mediators were compared.

Results: The addition of high-dose natural plant extract

significantly reduced the production of prostaglandin E_2 (PGE_2), malondialdehyde (MDA), and nitric oxide (NO) compared to betel nut used group. Less pro-inflammatory tumor necrosis factor (TNF- α), interleukin- 1β (IL- 1β), interleukin-6 (IL-6) and more release of interleukin-10 (IL-10) were observed. It also reduced the production of reactive oxygen species (ROS) in the liver. The swelling rate of rats' feet ($P < 0.05$) was significantly lower than the control group, and similar to the positive control group. **Conclusion:** The addition of natural plant extracts with anti-inflammatory effect can reduce the acute inflammation in rats, and provide a new development idea for the further processing of areca catechu.

Keywords: areca catechu; licorice; platycodon; loquat leaves; acute inflammation; swelling of the plantar of the rats; inflammatory factors

作为世界上重要的日常嗜好品之一, 槟榔食用人数已超过 7 亿^[1]。但长期大量咀嚼槟榔会引起口腔黏膜的氧化损伤并引起强直性坏死^[2-3], 更重要的是槟榔纤维磨损口腔组织黏膜造成多次创伤形成炎症损伤, 同时其他添加物扩散进入黏膜下组织, 长时间持续刺激口腔黏膜导致纤维化和其他病变^[4-5], 炎症损伤是嚼食槟榔造成人体伤害的一个重要方面。目前针对槟榔的研究多集中于槟榔的毒副作用和机理, 以及对槟榔加工方式的改进, 对于利用添加其他天然产物用于减少槟榔的毒副作用鲜有报道。

研究结合传统中医药学及现代药食同源植物特性, 选择枇杷叶、桔梗、甘草 3 种天然植物作为原料, 研究三者复合提取物对于槟榔所致的炎症作用效果。枇杷叶含有丰富的三萜酸类、黄酮类化合物, 具有抗炎止咳、抗肺纤维化等药理作用^[6], 枇杷叶提取物通过减弱 JNK/AP-

基金项目: 国家食品科学与工程一流学科建设项目 (编号: JUFSTR20180204)

作者简介: 宋晓慧, 女, 江南大学在读硕士研究生。

通信作者: 王洪新 (1964—), 男, 江南大学教授, 博士。

E-mail: hxwang@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2023-01-31 **改回日期:** 2023-05-19

1 和 NF- κ B 信号通路的激活而具有抗炎作用^[7-9];甘草有助于伤口愈合^[10],甘草中的黄酮类化合物、多糖和甘草酸能够提高吞噬细胞功能、调节淋巴细胞数量及功能,可增强抗炎细胞因子的产生,特别是 IL-7 和 IL-10,并抑制促炎细胞因子的分泌,特别是 TNF- α 和 IL-6^[11-12],亦可增强免疫力、广谱抗病毒^[13];桔梗的主要活性成分桔梗皂苷对增强细胞免疫有一定作用^[14],临床上以甘草与桔梗配伍为主的药方桔梗汤被广泛应用于咽喉炎症治疗,有抗炎抗菌、润肺止咳的功效^[15]。研究拟将具有清咽抗炎等功效的传统药食同源的原料:枇杷叶、甘草和桔梗复合,通过大鼠足跖肿胀试验及致炎后炎症因子水平的检测,观察复合物对槟榔所致的炎症作用效果,以期通过在槟榔中添加天然植物提取物来减少嚼食槟榔产品对口腔、咽喉等的炎症伤害。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

1.1.1 动物及饲养条件

雄性 SD 大鼠:SPF 级,体重 180~220 g,斯贝福生物技术有限公司。饲养于江南大学实验动物中心屏障级动物房,合格证号 SCYK(苏)2021-0056。动物房内保持安静、清洁、通风和适宜光照状态,温度保持在(23 $\pm$ 3)℃,湿度为 40%~70%,压差 $\geq$ 10 Pa,换气 $\geq$ 15 次/h,噪声 $\leq$ 60 dB,明暗交替周期为 12 h,保证动物自由饮水和充分进食,饮水和饲料均经无菌处理。适应性喂养 7 d 后进行试验。

1.1.2 试剂与材料

枇杷叶:亳州市永刚饮片厂有限公司;
桔梗:安徽孚众药业有限公司;
食用槟榔:湖南伍子醉实业集团有限公司;
阿司匹林:沈阳奥吉娜药业有限公司;
葡聚糖 T-40(Dextran T-40):今品化学技术有限公司;
ELISA 检测试剂盒:肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素-1 β (IL-1 β)、活性氧 (ROS)、白细胞介素-10 (IL-10)、白细胞介素-6 (IL-6)、一氧化氮 (NO)、总超氧化物歧化酶 (T-SOD)、丙二醛 (MDA),厦门慧嘉生物科技有限公司;
甲醇:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司;
KOH:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.3 试验仪器

紫外可见分光光度计:UV-2100 型,海尤尼可仪器有限公司;
多功能酶标仪:SynergyH1 型,美国 BioTek Instruments 公司;
高速冷冻型离心机:D3024R 型,美国 Scilogex 公司;
电子分析天平:AR224CN 型,上海奥豪斯仪器有限公司;

公司;
真空干燥箱:BZF-30 型,上海博迅医疗生物仪器股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 分组及处理 根据《中国药典》2020 版中几种药材推荐使用量,按每日摄入量:枇杷叶 8 g、桔梗 6 g、甘草 6 g,复合后按照 60 kg 成人每日摄入生药量为 0.33 g/kg BW。按 $m_{\text{药材}}:V_{\text{水}}=1:18$ (g/mL),浸泡 60 min,水提 2 h 进行两次提取后合并提取液,减压浓缩后真空干燥制备为含生药 2.5 g/g 的粉末备用。

食用槟榔按照 60 kg 成人每日使用 50 g 计,人体每日摄入剂量 0.83 g/kg BW。食用槟榔成品按照料液比 1:10 (g/mL)加入蒸馏水 540 W 超声 30 min 后,于 60℃水浴加热 1 h,取出以 5 000 r/min 离心 10 min 取上清,减压浓缩至固形物质量浓度为 2 g/mL 的浓缩液备用。阿司匹林 60 kg 成人每日剂量为 100.2 mg/d,通过粉碎研磨后加入超纯水中超声助溶配制灌胃。

60 只 SD 大鼠随机分配为 10 只每组的 6 个小组,分别为空白对照组、阳性对照组、槟榔组、槟榔+低剂量复合提取物组、槟榔+中剂量复合提取物组、槟榔+高剂量复合提取物组。大鼠摄入槟榔的剂量取人体剂量的 6.25 倍;复合植物提取物的低、中、高剂量分别取人体摄入量的 5,10,30 倍。各组灌胃物及其剂量见表 1。以超纯水为溶剂,按照 10 mL/kg BW 剂量灌胃,连续灌胃 28 d。

表 1 各组灌胃物及其剂量

Table 1 Experimental grouping and processing method	
组别	灌胃物(以生药计)
空白对照组(NC)	蒸馏水 10 mL/kg BW
阳性对照组(AC)	阿司匹林 10.44 mg/kg BW
槟榔组(BN)	槟榔 5.19 g/kg BW
槟榔+低剂量复合物组(BN-NE-L)	槟榔 5.19 g/kg BW+复合物 1.65 g/kg BW
槟榔+中剂量复合物组(BN-NE-M)	槟榔 5.19 g/kg BW+复合物 3.30 g/kg BW
槟榔+高剂量复合物组(BN-NE-H)	槟榔 5.19 g/kg BW+复合物 9.90 g/kg BW

1.2.2 测定指标及方法

(1) 足趾肿胀率:夜间禁食 12 h 后用游标卡尺准确测定大鼠右后足足趾部位厚度,作为 0 h 足趾厚度。继而于右后足足趾皮下注射质量浓度为 1.0 mg/100 mL 的葡聚糖 T-40 水溶液 0.1 mL/只于注射后的第 1,2,4,6 h 分别测量足趾厚度。测量过程由同一人完成,3 次测量结果取平均值。按式(1)、式(2)计算大鼠足趾肿胀率。

$$T = T_1 - T_0,$$

$$R = T / T_0 \times 100\%,$$

式中:

T ——肿胀值,mm;

T_1 ——测定所得足跖厚度,mm;

T_0 ——0 h 足跖厚度,mm;

R ——肿胀值,%。

(2) 脏器系数:测定足跖厚度完毕后立刻对大鼠按 0.3 mL/100 g 注射 10% 水合氯醛,麻醉后心脏取血,取血后立即于大鼠右后足踝关节处剪下炎足称重,解剖分离大鼠肝、脾、肾等器官并称取器官湿重,按式(3)计算脏器系数^[16]。

$$R_v = W / W_0 \times 100\%,$$

式中:

R_v ——脏器值,%;

W ——脏器湿重,g;

W_0 ——大鼠体重,g。

(3) 血清中 TNF- α 、IL-1 β 、IL-10、IL-6、NO、T-SOD 含量及肝脏匀浆中 ROS 含量:采用 ELISA 检测试剂盒测定。

(4) 炎足渗出液前列腺素 E₂、MDA 含量:根据文献[17]。

1.2.3 数据处理 采用 SPSS 20.0 软件进行分析,数据均采用平均值 $\pm$ 标准差表示,采用单因素方差分析(ANOVA)比较多组间样本,若存在统计学差异($P <$

0.05),则进一步应用 LSD 法进行两两比较。

2 结果与分析

2.1 大鼠体重、脏器指数情况

2.1.1 大鼠体重 试验期间各组大鼠活动正常,均未观察到异常体征及死亡。动物体重情况如表 2 所示,各组大鼠的初始体重、中期体重、末期体重组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。说明各组灌胃物对大鼠正常生长发育影响不大,该槟榔摄入量下,3 种天然植物提取物复合使用与否均不会造成大鼠体征发育异常。

2.1.2 脏器系数 脏器系数常用于毒理性评价试验,当动物某一脏器系数变化过大往往预示着该器官病变的发生^[16]。由表 3 可知,槟榔组大鼠的肝脏、脾脏、肾脏脏器系数均显著低于空白对照组($P < 0.05$)、肺脏器系数显著高于空白对照组($P < 0.05$),且试验组中,槟榔组大鼠各脏器系数偏离空白对照组最明显,长期食用槟榔可能对大鼠肾脏、脾脏、肺、肝脏有不良影响,由此推测大鼠有产生病变的可能。而高剂量组大鼠,肝、脾、肺、肾脏器指数均与对照组无显著差异,高剂量添加具有抗炎作用的天然植物提取物与槟榔复合使用,或能减轻槟榔对这些器官的不良影响。

2.2 大鼠足跖肿胀情况

由表 4 可知,槟榔组大鼠的肿胀率在注射后的 6 h 内持续高于其他组,而高剂量组大鼠在注射致炎剂后的 2,

表 2 大鼠体重变化

Table 2 Changes of body weight in rats g

组别	初始体重	中期体重	最终体重	体重增量
NC	236.42 $\pm$ 6.55	362.24 $\pm$ 8.97	451.73 $\pm$ 15.70	215.31 $\pm$ 14.10
AC	234.32 $\pm$ 8.06	351.57 $\pm$ 19.63	437.88 $\pm$ 32.51	203.56 $\pm$ 26.13
BN	236.01 $\pm$ 8.61	353.70 $\pm$ 23.36	434.10 $\pm$ 36.17	198.09 $\pm$ 30.68
BN-NE-L	236.99 $\pm$ 9.05	347.85 $\pm$ 21.46	425.77 $\pm$ 34.71	188.78 $\pm$ 29.13
BN-NE-M	235.38 $\pm$ 8.65	355.62 $\pm$ 18.26	440.74 $\pm$ 30.14	205.36 $\pm$ 27.00
BN-NE-H	238.04 $\pm$ 9.11	354.13 $\pm$ 18.17	436.94 $\pm$ 27.37	198.90 $\pm$ 21.72

表 3 大鼠脏器系数[†]

Table 3 Organ coefficient of rats %

组别	脏器			
	肝	脾	肺	肾
NC	3.62 $\pm$ 0.22 ^a	0.25 $\pm$ 0.02 ^a	1.69 $\pm$ 0.04 ^c	3.38 $\pm$ 0.11 ^b
AC	3.49 $\pm$ 0.17 ^a	0.22 $\pm$ 0.02 ^{bc}	1.77 $\pm$ 0.07 ^b	3.66 $\pm$ 0.26 ^a
BN	3.26 $\pm$ 0.12 ^b	0.19 $\pm$ 0.01 ^d	1.83 $\pm$ 0.02 ^a	3.08 $\pm$ 0.17 ^c
BN-NE-L	3.43 $\pm$ 0.10 ^{ab}	0.21 $\pm$ 0.02 ^c	1.54 $\pm$ 0.03 ^d	3.16 $\pm$ 0.19 ^{bc}
BN-NE-M	3.64 $\pm$ 0.05 ^a	0.22 $\pm$ 0.01 ^{bc}	1.58 $\pm$ 0.05 ^d	3.28 $\pm$ 0.19 ^{bc}
BN-NE-H	3.59 $\pm$ 0.19 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^{ab}	1.64 $\pm$ 0.04 ^c	3.37 $\pm$ 0.09 ^{bc}

[†] 同列字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

4,6 h 足跖肿胀率显著低于空白对照组 ($P<0.05$),与阳性对照组处于同一水平。由此看出,槟榔会加剧大鼠的炎症反应,而复合提取物具有抗炎作用,可以减轻大鼠的足跖部位由于注射致炎剂后产生的急性炎症反应,高剂量添加到槟榔中时甚至可以与阿司匹林药效作用相近。

2.3 大鼠炎症因子测定

PGE₂ 是一种反应炎性疼痛的重要炎症介质,炎症发生时,PGE₂ 的产生还会伴随着脂质过氧化,过氧化产物

MDA 大量产生^[18]。由表 5 可知,槟榔组大鼠足渗出液中的 PEG₂ 含量显著高于其他组 ($P<0.05$),MDA 含量也处于高水平;高剂量组大鼠足部开始大量分泌炎性疼痛介质,摄入槟榔后炎性疼痛加重,若高剂量具有抗炎作用的天然植物提取物与槟榔共同使用则可减轻炎性疼痛,而且效果明显。

表 4 注射致炎剂后大鼠足跖肿胀率[†]

Table 4 The swelling rate of rats' feet after injection of inflammatory agent %

组别	测量时间/h			
	1	2	4	6
NC	63.90±6.21 ^{bc}	68.14±6.92 ^b	63.37±6.48 ^b	54.15±9.57 ^c
AC	45.73±2.29 ^d	55.64±2.44 ^c	44.40±8.65 ^c	38.57±6.78 ^d
BN	79.45±1.34 ^a	86.21±6.24 ^a	88.68±10.41 ^a	69.30±8.23 ^a
BN-NE-L	66.79±9.24 ^b	74.78±4.41 ^b	68.12±6.71 ^b	65.54±9.10 ^{ab}
BN-NE-M	59.20±13.47 ^{bc}	68.58±5.54 ^b	64.74±5.83 ^b	57.63±4.96 ^{bc}
BN-NE-H	54.41±7.56 ^{cd}	60.29±3.85 ^c	53.23±4.37 ^c	42.03±7.02 ^d

† 同列字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。

表 5 大鼠炎症因子及氧化指标测定[†]

Table 5 Determination of inflammatory factors and oxidative indexes in rats

组别	肝 ROS/ (IU · mL ⁻¹)	炎症渗出		血清					
		PEG ₂ (OD 值)	MDA/ (nmol · mL ⁻¹)	TNF- α / (ng · L ⁻¹)	IL-1 β / (ng · L ⁻¹)	IL-10/ (ng · L ⁻¹)	IL-6/ (ng · L ⁻¹)	NO/ (μ mol · L ⁻¹)	T-SOD/ (ng · L ⁻¹)
NC	142.55±3.17 ^{bc}	0.17±0.02 ^b	0.31±0.02 ^c	25.25±0.58 ^b	4.53±0.26 ^c	4.90±0.31 ^b	22.49±0.66 ^{cd}	1.71±0.09 ^a	11.60±0.98 ^a
AC	142.87±4.07 ^{bc}	0.16±0.02 ^{bc}	0.29±0.01 ^c	24.62±0.75 ^b	4.37±0.29 ^c	4.98±0.24 ^b	21.54±0.75 ^d	1.58±0.11 ^b	13.91±2.87 ^a
BN	153.45±6.42 ^a	0.24±0.02 ^a	0.43±0.04 ^{ab}	29.19±2.13 ^a	4.83±0.10 ^{ab}	4.09±0.22 ^c	26.14±0.82 ^a	1.72±0.06 ^a	12.23±2.29 ^a
BN-NE-L	149.26±5.04 ^{ab}	0.16±0.02 ^b	0.45±0.04 ^a	25.65±1.00 ^b	4.95±0.22 ^a	5.17±0.08 ^{ab}	24.34±0.39 ^b	1.59±0.04 ^b	14.81±4.03 ^a
BN-NE-M	127.97±10.65 ^d	0.15±0.01 ^c	0.40±0.04 ^b	24.62±1.14 ^b	4.97±0.17 ^a	5.44±0.22 ^a	23.45±1.24 ^{bc}	1.54±0.07 ^b	13.11±3.35 ^a
BN-NE-H	138.03±8.37 ^c	0.11±0.01 ^d	0.40±0.05 ^b	28.12±3.63 ^a	4.60±0.15 ^{bc}	5.43±0.28 ^a	22.23±2.24 ^{cd}	1.53±0.09 ^b	12.28±2.22 ^a

† 同列字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。

TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 是炎症通路中由免疫细胞产生的可介导炎症发生的促炎细胞因子,IL-10 属于抗炎因子^[19]。由表 5 可知,槟榔组大鼠 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 水平高于其他组,IL-10 含量在所有组中最低;添加高剂量提取物与槟榔共同作用时大鼠血清 IL-1 β 、IL-6 水平与空白对照及阳性对照组相当,IL-10 含量高于阳性对照组。急性炎症发生过程中,机体分泌炎性因子促进炎症进程,长期灌胃槟榔的大鼠由于槟榔对机体的毒副作用影响,炎症反应相较于正常组更激烈,高剂量具有抗炎作用的天然植物提取物与槟榔共同使用不仅可以减轻机体的炎症反应,甚至可以达到抗炎药物的效果。

炎症反应会使血清 NO 含量快速升高,同时氧自由

基大量产生,SOD 可调控炎症过程产生的氧自由基水平^[20]。肝脏是机体主要代谢器官,易受外界影响出现氧化应激^[21],因而测定肝脏匀浆上清中 ROS 水平也可指示大鼠炎症情况。由表 5 可知,添加复合提取物与槟榔共同使用可以显著降低大鼠血清 NO 和肝脏 ROS 的水平 ($P<0.05$),而各组的 T-SOD 含量无显著差异。可见复合天然植物提取物降低槟榔所致的急性炎症主要表现在降低发生阶段的炎症介质及活性氧水平。

3 结论

研究结果显示,槟榔可能致使大鼠脏器发生病变并加重炎症反应,而添加复合提取物与槟榔共同使用能够在一定程度上减轻大鼠在槟榔作用下加剧的急性炎症反

应,主要机制可能是降低炎症介质 PGE_2 、MDA、NO 的产生,下调促炎因子 $\text{TNF-}\alpha$ 、 $\text{IL-1}\beta$ 、 IL-6 水平以及促进 IL-10 的释放,高剂量时效果甚至可与阿司匹林作用相近。因此可以推测,组合的中药提取物与槟榔共同使用对槟榔加剧的急性炎症有一定的缓解作用,在后续研究中将这几种中药复合提取物用于减轻槟榔所致的炎症反应进而提高槟榔的食用安全性或许是槟榔行业健康可持续发展的有效途径。

参考文献

- [1] GUPTA P C, RAY C S. Epidemiology of betel quid usage[J]. Annals of the Academy of Medicine Singapore, 2004, 33: 31-36.
- [2] CHEN P H, TSAI C C, LIN Y C, et al. Ingredients contribute to variation in production of reactive oxygen species by areca quid[J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 2006, 69 (11): 1 055-1 069.
- [3] JI W T, LEE C I, CHEN J Y F, et al. Areca nut extract induces pyknotic necrosis in serum-starved oral cells via increasing reactive oxygen species and inhibiting $\text{GSK3}\beta$: An implication for cytopathic effects in betel quid chewers[J]. PLoS One, 2013, 8 (5): e63295.
- [4] 栾剑, 郭迪, 周晓馥. 槟榔致癌性和毒性的药理学研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 185-189, 236.
LUAN J, GUO D, ZHOU X F. Progress in pharmacological research on carcinogenicity and toxicity of betel nut[J]. Food & Machinery, 2019, 35(2): 185-189, 236.
- [5] LIU S Y, FENG I J, WU Y W, et al. Implication for second primary cancer from visible oral and oropharyngeal premalignant lesions in betel-nut chewing related oral cancer[J]. Head & Neck, 2017, 39(7): 1 428-1 435.
- [6] 肖旭坤, 王翰华, 阮洪生. 枇杷叶化学成分和药理活性研究进展[J]. 中医药导报, 2019, 25(21): 60-66.
XIAO X K, WANG H H, RUAN H S. Research progress on chemical composition and pharmacological activity of loquat leaf[J]. Herald of Traditional Chinese Medicine, 2019, 25(21): 60-66.
- [7] DOS S M D, ALMEIDA M C, LOPES N P, et al. Evaluation of the anti-inflammatory, analgesic and antipyretic activities of the natural polyphenol chlorogenic acid [J]. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2006, 29(11): 2 236-2 240.
- [8] GONTHIER M P, VERNY M A, BESSON C, et al. Chlorogenic acid bioavailability largely depends on its metabolism by the gut microflora in rats[J]. The Journal of Nutrition, 2003, 133(6): 1 853-1 859.
- [9] SHAN J H, FU J, ZHAO Z H, et al. Chlorogenic acid inhibits lipopolysaccharide-induced cyclooxygenase-2 expression in RAW264.7 cells through suppressing $\text{NF-}\kappa\text{B}$ and JNK/AP-1 activation [J]. International Immunopharmacology, 2009, 9 (9): 1 042-1 048.
- [10] ASSAR D H, ELHABASHI N, MOKHBATLY A A, et al. Wound healing potential of licorice extract in rat model: Antioxidants, histopathological, immunohistochemical and gene expression evidences[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2021, 143: 112151.
- [11] AYEKA P A, BIAN Y, MWITARI P G, et al. Immunomodulatory and anticancer potential of Gan cao (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.) polysaccharides by CT-26 colon carcinoma cell growth inhibition and cytokine IL-7 upregulation in vitro[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2016, 16(1): 1-8.
- [12] AYEKA P A, BIAN Y, GITHAIGA P M, et al. The immunomodulatory activities of licorice polysaccharides (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.) in CT 26 tumor-bearing mice[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2017, 17(1): 1-9.
- [13] 李泽宇, 郝二伟, 李卉, 等. 甘草配伍应用的药理作用及机制分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(14): 270-282.
LI Z Y, HAO E W, LI H, et al. Pharmacological action and mechanism analysis of licorice in combination[J]. Chinese Journal of Experimental Medical Formulae, 2022, 28(14): 270-282.
- [14] 王萌, 韩嘉祺, 张凤, 等. 桔梗皂苷 D 对小鼠脾淋巴细胞免疫调节活性的研究[J]. 中国兽医科学, 2018, 48(1): 93-100.
WANG M, HAN J Q, ZHANG F, et al. Study on immunomodulatory activity of bellflower saponin D on splenic lymphocytes in mice[J]. China Veterinary Science, 2018, 48(1): 93-100.
- [15] 范文京, 任娟宁, 战秀俊, 等. 桔梗汤及其活性成分治疗急性肺损伤的作用机制研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(4): 1 230-1 239.
FAN W J, REN J N, ZHAN X J, et al. Research progress on the mechanism of action of campanula soup and its active ingredients in the treatment of acute lung injury[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(4): 1 230-1 239.
- [16] 杨慧, 戴铭睿, 于洋, 等. 基于转录组数据分析地下水污染对 ICR 小鼠肝脏遗传损伤的分子机制[J]. 动物医学进展, 2022, 43(10): 44-49.
YANG H, DAI M R, YU Y, et al. Molecular mechanism of groundwater pollution on liver genetic damage in ICR mice based on transcriptome data analysis[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2022, 43(10): 44-49.
- [17] 李晓萌, 钟伟, 潘香香, 等. 两种川贝复方制剂抗炎作用及其机制研究[J]. 现代预防医学, 2018, 45(7): 1 288-1 291, 1 300.
LI X M, ZHONG W, PAN X X, et al. Anti-inflammatory effect and mechanism of two Chuanbei compound preparations [J]. Modern Prevent Medicine, 2018, 45(7): 1 288-1 291, 1 300.
- [18] 阮洪生, 刘树民. 身痛逐瘀胶囊对醋酸致痛小鼠血清中 NO 、 SOD 、MDA、 PGE_2 的影响[J]. 中药药理与临床, 2013, 29(5): 6-8.
RUAN H S, LIU S M. Effects of body pain capsule on NO , SOD , MDA , PGE_2 in serum of mice with acetic acid pain[J]. Journal of Traditional Chinese Materia Medica, 2013, 29(5): 6-8.

(下转第 226 页)

- during dried persimmon production by visible/near-infrared reflectance spectroscopy[J]. *Farm Products Processing*, 2021(17): 49-52, 56.
- [57] 刘振宇. 玉米水分含量测定中不确定度的分析与评定[J]. *现代畜牧科技*, 2019(10): 9-11.
- LIU Z Y. Analysis and evaluation of uncertainty in determination of maize moisture content [J]. *Technical Advisor for Animal Husbandry*, 2019(10): 9-11.
- [58] 吕都, 唐健波, 姜太玲, 等. 基于近红外光谱技术快速检测稻谷水分含量[J]. *食品与机械*, 2022, 38(2): 51-56, 63.
- LUD, TANG J B, JIANG T L, et al. Research on rapid prediction model of rice moisture content based on near infrared spectroscopy [J]. *Food & Machinery*, 2022, 38(2): 51-56, 63.
- [59] 鞠兴荣, 后其军, 袁建, 等. 基于近红外光谱技术测定稻谷含水量研究[J]. *中国粮油学报*, 2015, 30(11): 120-124.
- JU X R, HOU Q J, YUAN J, et al. Determination of moisture content of rice based on the near infrared spectroscopy. *Journal of the Chinese Cereals & Oils Association*, 2015, 30(11): 120-124.
- [60] 伟利国, 张小超, 胡小安, 等. 微波在线式粮食水分检测系统[J]. *农机化研究*, 2009, 31(6): 145-147.
- WEI L G, ZHANG X C, HU X A, et al. Microwave on-line grain moisture detection system [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2009, 31(6): 145-147.
- [61] 曹甜甜. 鹰嘴豆淀粉的提取及改性研究[D]. 新疆: 塔里木大学, 2022: 24-30.
- CAO T T. Study on extraction and modification of Chickpea starch [D]. Xinjiang: Tarim University, 2022: 24-30.
- [62] 金诚谦, 郭榛, 张静, 等. 大豆水分含量的高光谱无损检测及可视化研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2022, 42(10): 3 052-3 057.
- JIN C Q, GUO Z, ZHANG J, et al. Non-destructive detection and visualization of soybean moisture content using hyperspectral technique[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2022, 42(10): 3 052-3 057.
- [63] 赵阳, 成晨, 杨璐璐, 等. 高光谱的草本植物水分含量检测模型构建[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(3): 894-898.
- ZHAO Y, CHENG C, YANG L L, et al. Study of the establishment of herb water content detection model based on hyperspectral technology[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2019, 39(3): 894-898.
- [64] 张慧. 香菇热风干燥工艺优化及基于电子鼻检测其干燥阶段的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2020: 28-46.
- ZHANG H. Optimization of hot air drying process of shiitakes and drying stage detection based on electronic nose [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2020: 28-46.

(上接第 128 页)

- [15] AGGARWAL A, MITTAL M, BATTINENI G. Generative adversarial network: An overview of theory and applications[J]. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2021, 1(1): 100004.
- [16] 李钰, 杨道勇, 刘玲亚, 等. 利用生成对抗网络实现水下图像增强[J]. *上海交通大学学报*, 2022, 56(2): 134-142.
- LI Y, YANG D Y, LIU L Y, et al. Underwater image enhancement based on generative adversarial networks[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2022, 56(2): 134-142.
- [17] NIU M Y, ZLOKAPA A, BROUGHTON M, et al. Entangling quantum generative adversarial networks [J]. *Physical Review Letters*, 2022, 128(22): 220505.
- [18] SAXENA D, CAO J. Generative adversarial networks (GANs) challenges, solutions, and future directions[J]. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2021, 54(3): 1-42.
- [19] ALQHTANI H, KAVAKLI-THORNE M, KUMAR G. Applications of generative adversarial networks (gans): An updated review[J]. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2021, 28: 525-552.
- [20] RADFORD A, METZ L, CHINTALA S. Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks[J]. *arXiv preprint*, 2015: 1511.06434.

(上接第 146 页)

- [19] 李恒聪, 陈蔚, 于清泉, 等. 感觉/交感神经参与结肠炎模型大鼠敏化区域皮肤温度、血流灌注和皮肤组织炎性细胞因子变化[J]. *中国针灸*, 2022, 42(7): 785-793.
- LI H C, CHEN W, YU Q Q, et al. Changes in skin temperature, blood perfusion and inflammatory cytokines in skin tissue in rats with sensory/sympathetic involvement in colitis model rats [J]. *Chinese Journal of Acupuncture*, 2022, 42(7): 785-793.
- [20] 严皓哲, 汤璧嘉, 王勇兴. 复方猴头颗粒联合西药治疗老年胃溃疡临床疗效及对血清学指标的影响[J]. *新中医*, 2022, 54(7): 89-92.
- YAN H Z, TANG B J, WANG Y X. Clinical efficacy of compound monkey head granules combined with western medicine in the treatment of gastric ulcer in elderly elderly people and its effect on serological indexes[J]. *New Chinese Medicine*, 2022, 54(7): 89-92.
- [21] 任东根, 龚婷, 王丽娟, 等. 川麦冬多糖的结构特征及对过度运动引起小鼠肝损伤的改善作用[J/OL]. *食品与发酵工业*. (2022-11-27) [2023-04-28]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.033543>.
- REN D G, GONG T, WANG L J, et al. Structural characteristics of polysaccharides and their effect on liver injury caused by excessive exercise[J/OL]. *Food and Fermentation Industry*. (2022-11-27) [2023-04-28]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.033543>.