DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2021.15.033

槟榔化学成分及生物活性研究进展

尹明松[1],潘飞兵[2],郭建行[1],冀晓龙[1*],刘延奇[1*]
(1.郑州轻工业大学 食品与生物工程学院,河南 郑州 450001;2.海南华创槟榔研究院,海南 海口 571600)

摘 要:槟榔是我国亚热带及南部热带地区广泛食用的佳果,槟榔中含有多种化学成分和生物活性成分。该文结合国内外相关文献,对槟榔中生物碱、黄酮、单宁、三萜和甾体类、多糖、脂肪酸、氨基酸等化学成分及主要功能活性进行总结,以期为槟榔精深加工产品的研发提供科学依据。

关键词:槟榔;化学成分;生物碱;多糖;生物活性

Research into Chemical Constituents and Pharmacological Activities in *Areca catechu* L.

YIN Ming-song[1], PAN Fei-bing[2], GUO Jian-hang[1], JI Xiao-long[1*], LIU Yan-qi[1*]
(1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. Huachuang Institute of Areca Research-Hainan, Haikou 571600, Hainan, China)

Abstract: *Areca catechu* L. produces a type of edible great fruit in subtropical and tropical provinces of southern China. Many secondary metabolites with many biological activities have been identified in *A. catechu* L. using modern research methods. Based on literature describing domestic and foreign studies, chemical constituents including alkaloids, flavonoids, tannins, triterpenoids, steroids, polysaccharides, fatty acids and amino acids, and their physiological activities are summarized. This review could provide a scientific basis for development of novel *A. catechu* L. deep processing products.

Key words: *Areca catechu* L.; chemical composition; alkaloid; polysaccharide; biological activity

引文格式:
尹明松,潘飞兵,郭建行,等. 槟榔化学成分及生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发,2021,42(15):219-224.
YIN Mingsong, PAN Feibing, GUO Jianhang, et al. Research into Chemical Constituents and Pharmacological Activities in *Areca catechu* L.[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 219-224.

槟榔(*Areca catechu* L.)为棕榈科(Palmaceae)槟榔属(*Areca*)常绿乔木,其干燥成熟种子称为槟榔(*Semen arecae*),又名仁频、宾门、橄榄子、大腹子、青仔、榔玉等,广泛分布于我国南部热带、亚热带地区以及其他南亚、东南亚等国家[1-2]。槟榔是中国热带亚热带地区仅次于橡胶的第二大产业,农业产业结构调整中主要的栽培作物之一[3]。据国家统计局统计表明2018年我国槟榔种植面积达14万公顷,产量已达到160万吨左右,槟榔行业市场规模估计已经达到155亿元[4]。

《本草纲目》中记载,槟榔具有"下水肿、通关节、健脾调中、治心痛积聚"等功效;其味辛、苦,性温,归胃、大肠经,具有消积杀虫、行水降气等功效,是常用的驱虫消积的药物,主治人体肠道寄生虫、食积腹痛、水肿胀满等[5-6]。槟榔为我国四大南药之首,含有生物碱、黄酮、单宁、三萜和甾体类、多糖、脂肪酸、氨基酸等多种活性成分,具有促消化、降血糖、抗抑郁、抗氧化、抗炎、抗寄生虫、抑菌等活性[7-8]。本文对槟榔化学成分和生物功能活性等进行了系统地概述与总结,为槟榔产品开发以及在食品、保健品上的应用研究提供理论参考。

基金项目:海南华创槟榔研究院院长基金(HCBL2020YZ-010);郑州轻工业大学博士科研启动基金(2020BSJJ015)

作者简介:尹明松(1995—),男(汉),在读硕士研究生,研究方向:食品功能性成分。
* 通信作者:冀晓龙(1989—),男(汉),讲师,博士,研究方向:植物多糖结构与活性;刘延奇(1964—),男(汉),教授,博士,研究方向:淀粉及功能性食品。

1 化学成分

1.1 生物碱

槟榔是棕榈科植物中唯一含有生物碱的植物，槟榔中含有多种生物碱类化合物，生物碱被认为是槟榔药理的主要活性成分，其总生物碱含量约为 0.3%~0.7%[9-10]。据文献报道，从槟榔中分离的生物碱主要包括：槟榔碱、甲基槟榔碱、去甲基槟榔次碱、ethyl N-methyl-l,2,5,6-tetrahydro-pyridine-3-carboxylate、烟酸甲酯、烟酸乙酯酸、methyl N-methy-lpiperidine-3-carboxylate、ethyl N-methylpiperidine-3-carboxylate、尼古丁、异去甲槟榔次碱[6,11]。

1.2 黄酮

近些年来槟榔中被发现的黄酮的种类和含量逐渐增加。槟榔中分离的黄酮类化合物主要包括：异鼠李素、金圣草黄素、木犀草素、槲皮素、(±)-5,4′-二羟基-7,3′,5′-三甲氧基二氢黄酮、5,7,4′-三羟基-3′,5′-二甲氧基二氢黄酮、甘草素、jacareubin[12-13]。

1.3 单宁

槟榔中单宁含量较高，主要类型是缩合单宁（原花青素），单宁是影响食物口感（涩味和苦味）的主要成分。从槟榔中分离得到单宁化合物，主要包括儿茶素、表儿茶素、原花青素 A1、原花青素 B1、原花青素 B2、arecatannin A1、arecatannin B1、arecatannin C1、arecatannin A2、arecatannin A3、arecatannin B2[14-16]。

1.4 三萜和甾体类

槟榔中的三萜类和甾体化合物均已被报道[17]。熊果酸、乙酰熊果酸和 β-谷甾醇均已被发现[18-19]；在槟榔果皮中分离得到三萜类和甾体类化合物包括乔木萜醇、乔木萜醇甲醚、羊齿烯醇和芦竹素等[20-21]。

1.5 多糖类

槟榔中的多糖仅涉及提取工艺的研究，而未对其一级和高级结构进行研究。Hu 等[22]进行响应面法优化槟榔多糖提取工艺及其抗氧化活性研究，发现最佳提取工艺为提取时间 1.5 h，料液比 1:30（g/mL），提取 2 次。槟榔多糖分子量范围约为 1.84×10^4 g/mol ~4.79×10^5 g/mol，由甘露糖、葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖组成；槟榔多糖可以通过抑制脂多糖诱导的巨噬细胞内一氧化氮的生成来发挥抗炎活性。唐敏敏等[23]进行响应面法优化超声波辅助提取槟榔多糖工艺研究，当提取功率为 630 W、提取液料比为 20.76:1（mL/g）、提取时间为 501 s 时，槟榔多糖实际提取率为 3.32%。

1.6 脂肪酸

脂肪酸在槟榔中含量相对丰富，主要通过气相色谱-质谱联用（gas chromatography-mass spectrometry，GC-MS）技术进行分析和测定。从槟榔中鉴定出的脂肪酸包括月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸和油酸等[24-25]。

1.7 氨基酸

槟榔中含有多种氨基酸，主要包括 14 种氨基酸，7 种必需氨基酸，其中含量较高的是谷氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和亮氨酸等[26]。

2 生物活性研究

现代药理学研究表明，槟榔的药理作用十分广泛，具有促消化、降血糖、抗抑郁、抗氧化、抗炎、抗寄生虫和抑菌作用，对人体的消化系统、神经系统、心血管系统、内分泌系统均有一定影响[27-28]。

2.1 促消化及抑制肝损伤

槟榔具有消积化食的功效，主要是嚼食槟榔能促进人体口腔内唾液的分泌，有助于消积化食[29]。尤其是槟榔中的槟榔碱能够促进唾液分泌和胃肠道蠕动，有助于消化。通过刺激 M 受体和 Ca^{2+}通道，槟榔水提物可显著增加小鼠胃肠动力，改善功能性消化不良的大鼠胃肠功能[30]。槟榔粗多糖可对四氯化碳（CCl_4）致大鼠肝损伤有明显的肝保护促消化作用，使血清中谷丙转氨酶（alanine aminotransferase, ALT）、谷草转氨酶（aspartate aminotransferase, AST）和丙二醛含量下降[31]。

2.2 降血糖

槟榔乙醇提取物可使高脂肪饮食大鼠血浆胆固醇水平降低 25%，可显著降低小肠胰胆固醇酯酶和酰基辅酶 A 胆固醇酰基转移酶活性[32]。槟榔水提物显著降低甘油三酯（triglycerides，TG）的吸收和血脂含量。槟榔中丰富的原花青素可显著抑制环磷酸腺苷/地塞米松诱导的小鼠原代肝细胞糖异生作用[33]。持续 4 周喂养槟榔中醇提取的原花青素显著降低链脲佐菌素诱导高血糖小鼠中空腹的葡萄糖水平。槟榔水提物对四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠具有显著抗糖尿病作用，可降低血清中甘油三酯、总胆固醇的水平[31]。

2.3 抗抑郁

槟榔碱透过血脑屏障可以刺激神经细胞受体，从而促进机体兴奋，能达到抗抑郁的效果[34-35]。槟榔二氯甲烷提取物可缩短大鼠的兴奋时间，降低大鼠脑内单胺氧化酶水平，另可通过调节 5-羟色胺、多巴胺和去甲肾上腺素来发挥抗抑郁作用[36]。槟榔碱可显著增加清醒度并改善乙醇暴露小鼠的宿醉症状，增加小鼠游泳时间与肝糖原含量，降低血清中的氮和乳酸水平，从而发挥抗抑郁和抗疲劳的作用[37]。

2.4 抗氧化

槟榔具有一定的抗氧化作用，这与其含有的酚

酸、花青素、黄酮类和多糖含量呈正相关[38-39]。槟榔乙醇提取物对DPPH自由基、羟基自由基、超氧阴离子自由基都有较强的清除能力[40];槟榔多糖有良好的DPPH自由基清除能力、Fe^{3+}还原力和Fe^{2+}螯合能力，且对细胞氧化损伤有一定的抑制作用[41]。低剂量的槟榔水提物可使小鼠血清丙二醛(malondialdehyde,MDA)水平明显降低、超氧化物歧化酶水平显著升高[42]。

2.5 抗炎作用

槟榔的丙酮提取物含有丰富的原花青素,可有效缓解由角叉菜胶诱导大鼠的水肿性炎症和降低前列腺素E2水平[43]。槟榔乙醇提取物能显著抑制血浆蛋白-硝酸甘油静脉和局部模型的血管化,抑制诱导型一氧化氮表达[44]。槟榔水提物对卡拉胶诱导的小鼠和大鼠足跖肿胀具有明显的抗炎作用[45]。

2.6 抗寄生虫作用

槟榔碱是槟榔中有效的驱虫成分,可以使虫体的神经系统麻痹,致使虫体失去活动能力,而发挥抗寄生虫活性[46]。槟榔水提取物对绦虫有一定的杀灭作用,其机理可能与槟榔水提取物中的多糖组分对绦虫头节的麻痹作用有直接关系[47]。槟榔的丁醇提取组分对恶性疟原虫的抗疟疾活性最好,其IC_{50}值为18 μg/mL,具有较强的抗寄生虫作用[48]。

2.7 抑菌活性

槟榔乙酸乙酯、丁醇和水提取组分对金黄色葡萄球菌具有显著的抗菌活性[49];利用超临界CO_2萃取从槟榔中分离出的槟榔碱对变形杆菌、白色念珠菌、炭疽杆菌有一定抑制作用[50]。从槟榔中提取的巴西红厚壳素对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌和金黄色葡萄球菌均有明显抑制作用,抑菌圈直径均为9 mm[51]。

2.8 其他

槟榔乙醇提取物显著增加雄性大鼠的精子数量[52];并对大鼠烧伤创面愈合有促进作用,提高创面收缩率[53]。槟榔碱能有效改善小鼠冷应激刺激下导致的甲状腺机能亢进,对甲亢有一定缓解效果[54]。但槟榔碱会使食用槟榔的消费者产生成瘾性,长期咀嚼槟榔会导致口腔黏膜纤维化,有潜在致口腔癌、食道癌的风险[55]。

3 总结与展望

槟榔作为被广泛食用的佳果，其具有促消化、降血糖、抗抑郁、抗氧化、抗炎、抗寄生虫、抑菌等活性,在我国有着较高的经济价值和药用价值,已成为海南农民脱贫致富的重要依托。虽然国内外有研究发现槟榔中有部分物质会对机体产生不利影响,但槟榔仍存在一定的药理效应。在以后的研究中应取其利去其害,加大对槟榔有利功能活性成分分析与研究,探讨槟榔活性成分结构与活性之间潜在的构效关系,不断拓宽槟榔精深加工产品种类,发挥槟榔的潜在价值。本文通过对槟榔化学成分及生物活性进行总结概括,为食用槟榔精深加工产品的开发与利用以及功能活性研究提供理论支撑。

参考文献:

[1] 孙娟, 曹立幸, 陈志强, 等. 中药槟榔及其主要成分的药理和毒理研究概述[J]. 广州中医药大学学报, 2018, 35(6): 1143-1146.
SUN Juan, CAO Lixing, CHEN Zhiqiang, et al. Review of pharmacological and toxicological studies on semen arecae and its main component[J]. Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 2018, 35(6): 1143-1146.

[2] 张春江, 吕飞杰, 陶海腾. 槟榔活性成分及其功能作用的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2008, 14(6): 50-53.
ZHANG Chunjiang, LÜ Feijie, TAO Haiteng. Research progress on active components and functions of betelnut[J]. Food and Nutrition in China, 2008, 14(6):50-53.

[3] 任军方, 王文泉, 唐龙祥. 槟榔的研究概况[J]. 中国农学通报, 2010, 26(19): 397-400.
REN Junfang, WANG Wenquan, TANG Longxiang. A survey of the studies on *Areca catechu* L.[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(19): 397-400.

[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 Jian, GUO Di, ZHOU Xiaofu. Advances of pharmacological research on carcinogenicity and toxicity of areca nut[J]. Food & Machinery, 2019, 35(2): 185-189, 236.

[5] 熊雄, 李珂, 易书瀚, 等. 食用槟榔中槟榔碱毒性及生理活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 328-335.
XIONG Xiong, LI Ke, YI Shuhan, et al. Progress on toxicity and physiological activity of arecoline in edible areca[J]. Science and Tezchnology of Food Industry, 2017, 38(20): 328-335.

[6] PENG W, LIU Y J, WU N, et al. *Areca catechu* L. (Arecaceae): a review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2015, 164: 340-356.

[7] 蒋志, 陈其城, 曹立幸, 等. 槟榔及其活性物质的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(11): 1684-1687.
JIANG Zhi, CHEN Qicheng, CAO Lixing, et al. Advance in studies on areca nuts and their active substances[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2013, 38(11): 1684-1687.

[8] 易攀, 汤嫣然, 周芳, 等. 槟榔的化学成分和药理活性研究进展[J]. 中草药, 2019, 50(10): 2498-2504.
YI Pan, TANG Yanran, ZHOU Fang, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Areca catechu*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(10): 2498-

2504.

[9] 曾琪, 李忠海, 袁列江, 等. 槟榔生物碱的研究现状及展望[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 158-161.
ZENG Qi, LI Zhonghai, YUAN Liejiang, et al. Review on the actuality and prospect of areca alkaloids[J]. Food & Machinery, 2006, 22(6): 158-161.

[10] 田莲超, 秦少荣, 易红, 等. 同源中药大腹皮与槟榔中 4 种生物碱的含量比较研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(14): 2850-2856.
TIAN Lianchao, QIN Shaorong, YI Hong, et al. Comparative study on contents of four alkaloids in homologous herbal medicines—Arecae Pericarpium and Arecae Semen[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(14): 2850-2856.

[11] 胡璇, 于福来, 元超, 等. 槟榔药材及其不同炮制品中 4 种生物碱成分 HPLC 定量分析[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(10): 172-176.
HU Xuan, YU Fulai, YUAN Chao, et al. Quantitative analysis of four alkaloid components in Binlang(Arecae Semen) and its different processed products by HPLC[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2020, 38(10): 172-176.

[12] ZHANG X, WU J, HAN Z, et al. Antioxidant and cytotoxic phenolic compounds of areca nut (*Areca catechu*) [J]. Chemical Research Chinese University, 2010, 26: 161-164.

[13] YANG W, WANG H, WANG W, et al. Chemical constituents from the fruits of *Areca catechu*[J]. Journal of Chinese Medical Materials, 2012, 35: 400-402.

[14] 张春江, 吕飞杰, 台建祥, 等. 槟榔果及其制品中总酚和单宁含量的测定[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(6): 119-121.
ZHANG Chunjiang, LV Feijie, TAI Jianxiang, et al. Quantitative determination of total phenolics and tannin in areca nut and its products[J]. Food Research and Development, 2008, 29(6): 119-121.

[15] MA Y T, HSU F L, LAN S J J, et al. Tannins from betel nuts[J]. Journal of the Chinese Chemical Society, 1996, 43(1): 77-81.

[16] NONAKA G I, HSU F L, NISHIOKA I. Structures of dimeric, trimeric, and tetrameric procyanidins from *Areca catechu* L.[J]. Journal of the Chemical Society, Chemical Communications, 1981(15): 781.

[17] 何细新, 李亚军, 胡小鹏, 等. 槟榔壳中三萜及蒽醌类成分的分离与结构鉴定[J]. 中药新药与临床药理, 2010, 21(6): 634-636.
HE Xixin, LI Yajun, HU Xiaopeng, et al. Isolation and structural identification of triterpenoids and anthraquinones from pericarpium arecae[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2010, 21(6): 634-636.

[18] YENJIT P, ISSARAKRAISILA M, INTANA W, et al. Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of *Areca catechu* against *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* and in mango fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 55(2): 129-132.

[19] 杨文强, 王红程, 王文婧, 等. 槟榔化学成分研究[J]. 中药材, 2012, 35(3): 400-403.
YANG Wenqiang, WANG Hongcheng, WANG Wenjing, et al. Chemical constituents from the fruits of *Areca catechu*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2012, 35(3): 400-403.

[20] 牟肖男, 杨文强, 王文婧, 等. 槟榔的化学成分[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2014, 35(1): 56-60.
MU Xiaonan, YANG Wenqiang, WANG Wenjing, et al. Chemical constituents from the fruits of *Areca catechu*[J]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medicine Edition), 2014, 35(1): 56-60.

[21] 张渝渝, 杨大坚, 张毅. 槟榔的化学及药理研究概况 [J]. 重庆中草药研究, 2014(1): 37-41.
ZHANG Yuyu, YANG Dashu, ZHANG Yi. Chemistry and pharmacological research on betel nut[J]. Chongqing Chinese Herbal Medicine, 2014 (1): 37-41.

[22] HU M B, PENG W, LIU Y J, et al. Optimum extraction of polysaccharide from *Areca catechu* using response surface methodology and its antioxidant activity[J]. Journal of Food Processing and Prese-rvation, 2017, 41(1): e12798.

[23] 唐敏敏, 陈华, 李瑞. 响应面法优化超声波提取槟榔多糖工艺及其抗炎活性[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(9): 21-24.
TANG Minmin, CHEN Hua, LI Rui. Optimization of ultrasound-assisted extraction of areca nut polysaccharides based on response surface methodology and anti-inflammatory activity[J]. Auhui Agricultural Science Bulletin, 2019, 25(9): 21-24.

[24] 周文化, 李忠海, 张海德, 等. 槟榔果仁油提取及其脂肪酸分析[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(8): 38-41.
ZHOU Wenhua, LI Zhonghai, ZHANG Haide, et al. GC-MS analysis of fatty acids of areca nut seed oil [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(8): 38-41.

[25] 张伟敏, 魏静, 朱晓芳, 等. 槟榔籽油提取工艺优化与脂肪酸成分分析[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 21-25.
ZHANG Weimin, WEI Jing, ZHU Xiaofang, et al. Optimal extraction and fatty acid analysis of seed oil from *Areca catechu* L[J]. Food Science, 2011, 32(24): 21-25.

[26] 尤仲杰, 余辉, 施泓冰. 槟榔果肉、皮、花、梗、根的氨基酸成份及含量分析与研究[J]. 福建分析测试, 1996, 5(4): 581-583.
YOU Zhongjie, YU Hui, SHI Hongbing. Analysis and study of amino acid ingredients and content of betel nut, skin, infarction, root[J]. Fujian Analysis & Testing, 1996, 5(4): 581-583.

[27] 李连闯, 赵玺, 代立梅, 等. 槟榔的研究进展[J]. 科技创新与应用, 2016(24): 64.
LI Lianchuang, ZHAO Xi, DAI Limei, et al. Research progress of betel nut[J]. Science and Technology Innovation and Application, 2016(24): 64.

[28] 陈峰, 刘涛, 李建军, 等. 槟榔的药用价值[J]. 中国热带医学, 2014, 14(2): 243-245.
CHEN Feng, LIU Tao, LI Jianjun, et al. The medical value of betel nut[J]. China Tropical Medicine, 2014, 14(2): 243-245.

[29] 邹百仓. 槟榔对正常大鼠和功能性消化不良模型大鼠胃运动及胃肠激素的影响[D]. 南京: 南京医科大学, 2003.
ZOU Baicang. The study of effect areac nut on gastric motility and gastrointestinal peptide of normal rats and rats with functinal dyspepsia[D]. Nanjing :Nanjing Medical University, 2003.

[30] 李晨, 胡兵, 吕涛, 等. 槟榔对豚鼠胃平滑肌的作用及机制探讨[J]. 中医学报, 2011, 26(12): 1477-1479.
LI Chen, HU Bing, LÜ Tao, et al. Exploration of the effect and mechanism of areca seed on the gastric smooth muscle of Guinea pig [J]. China Journal of Chinese Medicine, 2011, 26 (12): 1477-1479.

[31] PITHAYANUKUL P, NITHITANAKOOL S, BAVOVADA R. Hepatoprotective potential of extracts from seeds of *Areca catechu* and nutgalls of *Quercus infectoria*[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2009, 14(12): 4987-5000.

[32] PARK Y B, JEON S M, BYUN S J, et al. Absorption of intestinal free cholesterol is lowered by supplementation of *Areca catechu* L. extract in rats[J]. Life Sciences, 2002, 70(16): 1849-1859.

[33] BYUN S J, KIM H S, JEON S M, et al. Supplementation of *Areca catechu* L. extract alters triglyceride absorption and cholesterol metabolism in rats[J]. Annals of Nutrition & Metabolism, 2001, 45 (6): 279-284.

[34] 黄玉林, 王铭, 张欣英, 等. 槟榔果中活性物质的研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2007(7): 16-18
HUANG Yulin, WANG Ming, ZHANG Xinying, et al. Advances of research on bioactivity substances of areca fruit[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2007(7): 16-18.

[35] DAR A, KHATOON S. Behavioral and biochemical studies of dichloromethane fraction from the *Areca catechu* nut[J]. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 2000, 65(1): 1-6.

[36] 陈洪, 罗光远, 陈夏雨, 等. 槟榔中槟榔碱的药理研究进展[J]. 桂林师范高等专科学校学报, 2017, 31(2): 116-120.
CHEN Hong, LUO Guangyuan, CHEN Xiayu, et al. Pharmacological research progress of arecoline in *Areca catechu*[J]. Journal of Guilin Normal College, 2017, 31(2): 116-120.

[37] 孙艳萍, 韩容, 罗娟, 等. 槟榔碱对小鼠酒精急性中枢抑制作用的影响[J]. 中国药物依赖性杂志, 2005, 14(5): 333-337.
SUN Yanping, HAN Rong, LUO Juan, et al. Effects of arecoline on central suppression in mice treated acutely with ethanol[J]. Chinese Journal of Drug Dependence, 2005, 14(5): 333-337.

[38] 易书瀚, 李珂, 杨靖, 等. 槟榔提取物的生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(7): 207-212.
YI Shuhan, LI Ke, YANG Jing, et al. Present status of research on biological activity of areca nut extract [J]. Food Research and Development, 2019, 40(7): 207-212

[39] 韩林. 槟榔中抗氧化成分的提取及分离研究[D]. 海口: 海南大学, 2010.
HAN Lin.Extraction and separation and separation of antioxidant composition in betel nut[D]. Haikou :Hainan Univeristy, 2010.

[40] 张丹, 李丹, 许启泰, 等. 槟榔提取物不同部位的抗氧化性比较及成分研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 102-104,109.
ZHANG Dan, LI Dan, XU Qitai, et al. Comparative study of antioxidant activity and ingredient in different parts of *Areca catechu* L. extract[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(2): 102-104,109.

[41] 唐敏敏, 宋菲, 王辉, 等. 槟榔多糖的抗氧化活性及其对细胞内氧化损伤抑制作用的研究[J]. 热带作物学报, 2015, 36(6): 1136-1141.
TANG Minmin, SONG Fei, WANG Hui, et al. *In vitro* antioxidant activities and protective effects of polysaccharides from *Areca catechu* L. seed[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(6): 1136-1141.

[42] 袁列江, 李忠海, 郑锦星. 槟榔提取物对小白鼠体内抗氧化作用的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(7): 225-228.
YUAN Liejiang, LI Zhonghai, ZHENG Jinxing. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activities of varous areca nut extracts[J]. Food Science, 2009, 30(7): 225-228.

[43] KHAN S, MEHMOOD M H, ALI A N A, et al. Studies on anti-inflammatory and analgesic activities of betel nut in rodents[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 135(3): 654-661.

[44] BHANDARE A, KSHIRSAGAR A, VYAWAHARE N, et al. Evaluation of anti-migraine potential of *Areca catechu* to prevent nitroglycerin-induced delayed inflammation in rat meninges: Possible involvement of NOS inhibition[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 136(1): 267-270.

[45] SAEED S A, FARNAZ S, SIMJEE R U, et al. Triterpenes and B-sitosterol from *Piper betle*: isolation, antiplatelet and anti-inflammatory effects[J]. Biochemical Society Transactions, 1993, 21(4): 462S.

[46] 吴江涛. 槟榔碱的抗炎活性及其对 NF-κB 信号通路的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
WU Jiangtao. A study of the anti-inflam matory activity of and influence on the NF -κB signaling pathways by arecoline [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.

[47] FENG L. Study on the therapic effect of decoction of areca and pumpkin seeds on tapeworms[J]. National Medical Journal of China, 1956, 42: 138-139.

[48] BONIFACE P, VERMA S K, CHEEMA H S, et al. Evaluation of antimalarial and antimicrobial activites of extract and fractions from *Areca catechu*[J]. International Journal of Infectious Diseases, 2014, 21: 228-229.

[49] 李想. 槟榔生物碱的结构改造及体外抗菌活性研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2017.
LI Xiang. Study on structural modifications of areca alkaloids and antibacterial activity of areca alkaloids derivatives *in vitro*[D]. Chengdu:Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, ,2017.

[50] 罗士数, 张海德, 刘小玲, 等. 槟榔中槟榔碱体外抑菌活性的研究[J]. 农产品加工(创新版), 2010(9): 47-50.
LUO Shishu, ZHANG Haide, LIU Xiaoling, et al. Study on antimicrobial activity of arecoline from betel nut *in vitro*[J]. Innovational Edition of Farm Products Processing, 2010(9): 47-50.

[51] 刘文杰, 孙爱东. RSM 法优化提取槟榔碱及其抑菌活性研究[J]. 浙江农业科学, 2012, 53(6): 847-852.
LIU Weijie, SUN Aidong. Optimization of arecoline extraction from *Areca catechu* by RSM and its antibacterial activity[J]. Journal of

Zhejiang Agricultural Sciences, 2012, 53(6): 847–852.

[52] ANTHIKAT R R N, MICHEAL A, IGNACIMUTHU S. Aphrodisiac effect of *Areca catechu L.* and *Pedalium murex* in rats [J]. Journal of Men′s Health, 2013, 10:65–70.

[53] BHARAT M, VERMA D K, SHANBHAG V, et al. Ethanolic extract of oral *Areca catechu* promotes burn wound healing in rats[J]. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 2014, 25(2): 145–148.

[54] 杨靖涌. 槟榔碱对 SD 大鼠急性酒精中毒后血清 SOD 含量及心肌损伤的影响[D]. 衡阳: 南华大学, 2020.
YANG Jingyong. Effects of arecolin on serum superoxide dismutase (SOD) contene ont and myocardial injury in SD rats after acute alcoholism[D]. Hengyang: University of South China, 2020.

[55] 李习雄, 胡冠英, 张三印. 槟榔毒性机制的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(19): 212–216.
LI Xixiong, HU Guanying, ZHANG Sanyin. Research progress of toxicity mechanism of Arecae Semen[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2015, 21(19): 212–216.

加工编辑:冯娜
收稿日期:2020–12–04