

四种禾本科农作物的废弃物化学成分及药理作用

潘王芸^{1,2}, 邓家刚^{2,3}, 侯小涛^{1,2,3*}, 秦健峰^{2,3}, 郝二伟^{2,3},
杜正彩^{2,3}, 谢金玲^{2,3}, 韦玮^{2,3}, 陈玫伶^{1,2}

(1. 广西中医药大学药学院, 南宁 530200; 2. 广西中药药效研究重点实验室, 南宁 530200;
3. 广西农作物废弃物功能成分研究协同创新中心, 南宁 530200)

[摘要] 禾本科农作物占据了世界粮食作物的主要比重,小麦、水稻和玉米占世界粮食作物的 80% 以上。由此产生的农作物废弃物不仅给环境带来了巨大的压力,而且非有效的开发手段造成了巨大的资源浪费。现阶段对农作物废弃物研究主要集中在能源化、肥料化、饲料化、材料化这四方面,但仍然有大量资源未得到合理利用。笔者通过大量文献查阅发现,近年来对禾本科农作物废弃物的药用研究主要集中于水稻、玉米、小麦和甘蔗四个品种,对它们的废弃物米糠、稻壳、稻秆、玉米须、玉米苞叶、麦麸、甘蔗叶、甘蔗皮等开展了药用研究,从中分离鉴定出的化合物有苯丙素类、黄酮类、甾体及其苷类、有机酸及其酯类、挥发性化合物、糖类等。药理研究表明禾本科农作物废弃物具有抗氧化、降血脂、降血糖、抗炎、抗肿瘤、抗心血管疾病、抗肝肾损伤等药效活性。现对这四种主要的禾本科农作物废弃物的化学成分和药理作用研究进行综述,以期为该类物质的进一步研究和开发利用提供参考。

[关键词] 禾本科; 农作物废弃物; 化学成分; 药理作用

[中图分类号] R284.1;R285.5;R289;R22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)10-00-0

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20190323

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20181120.0957.001.html>

[网络出版时间] 2018-11-21 10:00

Chemical Constituents of Agricultural Residues Producing from 4 Kinds of Gramineous Crops and Their Pharmacological Effects

PAN Wang-yun^{1,2}, DENG Jia-gang^{2,3}, HOU Xiao-tao^{1,2,3*}, QIN Jian-feng^{2,3}, HAO Er-wei^{2,3},
DU Zheng-cai^{2,3}, XIE Jin-ling^{2,3}, WEI Wei^{2,3}, CHEN Mei-ling^{1,2}

(1. Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China;
2. Guangxi Key Laboratory of Efficacy Study on Chinese Materia Medica, Nanning 530200, China;
3. Guangxi Collaborative Innovation Center for Research on Functional Ingredients of
Agricultural Residues, Nanning 530200, China)

[Abstract] Gramineous crops occupy a remarkable proportion of grain crops in the world, and wheat, rice and corn account for more than 80% of the world's food crops. Agricultural residues bring tremendous pressure on the environment, and inefficient development of resources has caused huge waste of resources. At present, the research on agricultural residues mainly focuses on energy, fertilizer, feed and materialization. However, there are still a lot of resources that have not been rationally utilized. The author has found that in recent years, the medicinal research on gramineous crop waste has focused on four varieties-rice, corn, wheat and sugar cane, and

[收稿日期] 20180714(006)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81360655);广西科学研究与技术开发计划项目(2017AD17195025);广西科技计划基地和人才专项“广西中药药效研究重点实验室建设”项目(17-259-20)

[第一作者] 潘王芸,在读硕士,从事中药活性成分及质量控制研究,E-mail:1018838739@qq.com

[通信作者] *侯小涛,教授,博士生导师,从事中药活性成分及质量控制研究,E-mail:xthou@126.com

their waste rice bran, rice husk, rice straw, corn stigma, corn bract, wheat bran, sugar cane leaf, sugar cane skin. The compounds isolated and identified from agricultural residues include phenylpropanoids, flavonoids, steroids and their glycosides, organic acids and their esters, volatile oil and saccharides. Studies have shown that agricultural residues from gramineous crops have pharmacological activities, such as anti-oxidation, hypolipidemia, hypoglycemia, anti-inflammation, anti-tumor, anti-cardiovascular disease, anti-liver and kidney damage. This paper is a systematic review of the chemical composition and pharmacological effects of agricultural residues from the major gramineous crops, so as to provide useful information for further research and development of agricultural residues.

[**Key words**] Gramineae; agricultural residues; chemical constituents; pharmacological effects

禾本科农作物水稻 (*Oryza sativa*), 玉米 (*Zea mays*), 小麦 (*Triticum aestivum*) 是世界三大粮食作物, 约占世界粮食总产量的 80%^[1]。甘蔗 (*Saccharum officinarum*) 既是重要的经济作物, 也是重要的能源和糖类作物, 广泛种植于 100 多个国家和地区^[2]。“农作物废弃物”是指农民种植的作物中非主要经济目标产品的部分, 在传统的生产活动中, 该部分通常不以药物或其他有价值的商品加以利用^[3]。如蔗农种植甘蔗, 其主要的经济目标是甘蔗的茎秆, 而甘蔗叶、蔗梢等即为其农作物废弃物。水稻、玉米、小麦、甘蔗等禾本科农作物产量巨大, 其产生的相应废弃物数量亦然, 过去这些农作物废弃物例如稻秆可作为农村生活燃料, 但随着生活水平的提高, 煤和天然气逐渐取代了稻秆作为生活能源的地位。其余大量废弃物通常被焚烧还田, 造成资源浪费和环境污染。随着科技的进步和废弃物资源化逐渐受到重视, 近年来对禾本科农作物废弃物的研究主要集中在能源化、肥料化、饲料化、材料化四方面。例如通过热解多联产技术将废弃的农作物秸秆转化为燃气和生物炭等, 提供清洁能源^[4]; 把秸秆沤肥还田以提高土壤肥力质量^[5]; 将稻草的秸秆、稻壳、小麦的秸秆、麦麸、玉米秸秆、玉米芯等富含纤维素的农作物废弃物改性制备成高性能吸附材料处理工业废水^[6]。虽然以上途径解决了一部分问题, 但是仍有很大程度的农作物废弃物未得到有效利用, 综合利用研发水平较落后, 产业化利用进展缓慢。

另一方面, 随着应用中药人口的激增, 中药的需求量与日俱增, 而我国人口众多, 人均土地资源有限, 仅仅靠扩大中药种植面积来满足中药的需求量并不现实。邓家刚教授提出开展农作物废弃物的药用研究以解决中药资源短缺的现状、实现中药资源的可持续发展战略^[3]。此战略的提出为中药资源的开发及解决农作物废弃物带来的环境影响提供了

新思路。通过开展农作物废弃物的药用研究, 既可以缓解大量农作物废弃物带来的环境压力和减少资源浪费, 又可通过此种方式将农作物废弃物转变为新的中药资源。笔者通过大量文献查询, 发现近年来有学者对米糠、稻壳、稻秆、玉米须、玉米苞叶、麦麸、甘蔗叶等主要禾本科农作物的废弃物进行了药用研究, 现对以上农作物废弃物的化学成分和药理作用研究进行综述, 以期为该类药物药用价值的进一步开发利用提供参考。

1 禾本科主要农作物废弃物的化学成分

1.1 苯丙素类 苯丙素类化合物是禾本科农作物废弃物中一类主要化学成分, 现有报道中, 除 (2-{2-[2,3-二羟基-3-(3,4,5-三甲氧基苯基)丙氧基]-4,5-二羟基-6-(羟甲基)-四氢-2H-吡喃-3-氧-}-6-(羟甲基)-四氢-2H-吡喃-3,4,5-三醇) 为简单苯丙素类, 其余均为木脂素类, 结构类型包括二苄基丁内酯类、芳基四氢萘内酯类、单环氧木脂素类、新木脂素类的尤普麦特苯骈呋喃型、芳基苯并呋喃类, 详见表 1 和图 1。

1.2 黄酮类化合物 黄酮类化合物是一类重要的活性成分, 目前报道的禾本科农作物废弃物中的黄酮类化合物主要从玉米须、苞叶、甘蔗叶和小麦麸皮中获得。根据母核结构类型分为三类, 异黄酮类的刺芒柄花素, 黄酮醇类的 7,4'-二羟基-3'-甲氧基黄酮-2''-O- α -L-鼠李糖基-6-C-岩藻糖苷, 其余均为黄酮类。详见表 2 和图 2。

1.3 甾体及其苷类 甾体是天然广泛存在的一类化学成分, 从禾本科农作物废弃物中分离鉴定出的甾体及其苷类化合物见表 3 和图 3。

1.4 有机酸及其酯类 有机酸在植物的叶、根、果实中广泛分布。酚酸这种有机酸为植物中常见的次生代谢产物, 具有广泛活性, 在禾本科主要农作物废弃物的有机酸成分中占有较大比重, 文献报道的 31 种有机酸中, 酚酸就占了 14 种, 包括反式阿魏酸、

表 1 禾本科农作物废弃物中的苯丙素类化合物

Table 1 Phenylpropanoids in agricultural residues of Gramineae

化合物	名称	植物来源	文献
1	isohydroxymatairesinol	甘蔗叶	[7]
2	(8'R,7'S)-(-)-8-hydroxyl- α -conidendrin	甘蔗叶	[7]
3	3-羟基(3-羟基-4-甲氧基苯基)-5-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-4-(羟甲基)二羟吡喃-2(3H)-酮	甘蔗叶	[8]
4	3a,7-二羟基-4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-6-甲氧基-3a,4,9,9a-四氢化萘并[2,3-c]呋喃-1(3H)-酮	甘蔗叶	[8]
5	(2R,3R,4S,5S,6R)-2-[2-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-(羟甲基)-7-(甲氧基-2,3-二氢苯并呋喃-5-基)乙氧基]-6-(羟甲基)四氢-2H-吡喃-3,4,5-三醇	甘蔗叶	[8]
6	(2- 2-[2,3-二羟基-3-(3,4,5-三甲氧基苯基)丙氧基]-4,5-二羟基-6-(羟甲基)-四氢-2H-吡喃-3-氧- -6-(羟甲基)-四氢-2H-吡喃-3,4,5-三醇)	甘蔗叶	[8]
7	2-(3,4-二羟基苯基)-4,6-二羟基苯并呋喃-3-羧酸甲酯	米糠	[9]

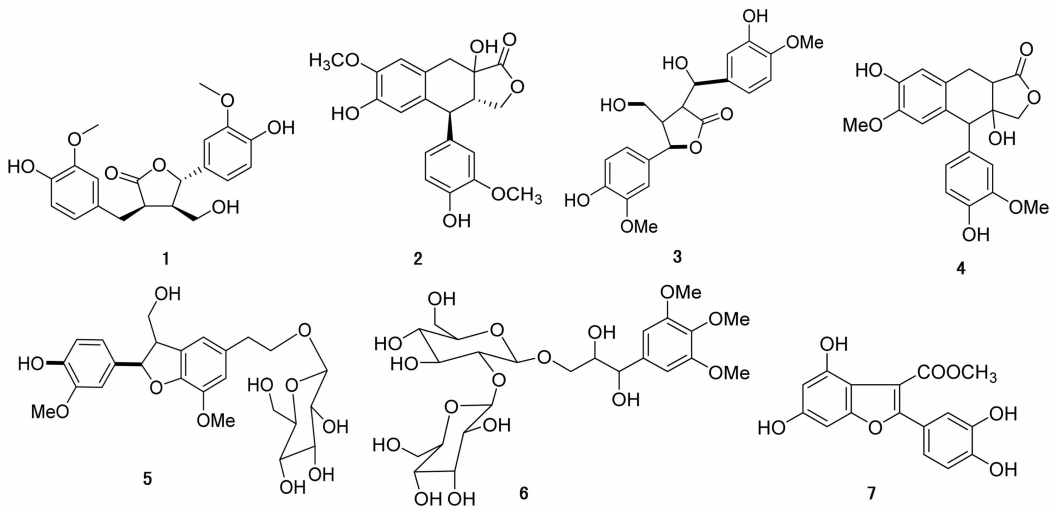


图 1 禾本科农作物废弃物中的苯丙素类化合物

Fig. 1 Phenylpropanoids in agricultural residues of Gramineae

顺式阿魏酸、丁香酸、尼泊金甲酯、对羟基肉桂酸甲酯、绿原酸、没食子酸、环桉烯醇顺式阿魏酸酯、环桉烯醇反式阿魏酸酯、反式阿魏酸甲酯、顺式阿魏酸甲酯、咖啡酸甲酯、环木菠萝烯醇阿魏酸酯、香草酸。有机酸及其酯类化合物见表 4。

1.5 挥发性化合物 从禾本科农作物废弃物中分离的得到的挥发性化合物香草醛^[23,25](**83**)来自麦麸和米糠;2-癸烯醛(**82**),2-戊基呋喃(**84**),甘菊环(**85**),壬醛(**86**),辛醛(**87**)均来自稻秆^[28];此外还有从甘蔗叶中分离得到的倍半萜类化合物去氢催吐萝芙叶醇^[7](**88**),催吐萝芙叶醇^[7](**89**);去甲倍半萜类化合物 schiffnerone B^[7](**90**);环烯醚萜类化合物地麦普内酯^[7](**91**)。挥发性萜类化合物结构见图 4。

1.6 糖类化合物 从禾本科主要农作物废弃物中分离鉴定出的糖类化合物包括 L-鼠李糖^[11](**92**),

丁基 β -D-吡喃木糖^[25](**93**),乙基 β -D-吡喃木糖^[25](**94**),甲基 β -D-吡喃木糖^[25](**95**),对羟基苯甲酸甲酯糖苷^[25](**96**)。

1.7 其他 从禾本科主要农作物废弃物还分离得到了简单酚类、醇类、含酚羟基的苯基庚酮类化合物、苯环取代的丁四醇类、苯乙酰类化合物、生物碱类等。值得注意的是,2015 年王伟^[25]从米糠中分离得到了一个骨架结构特殊的新螺旋内酰胺类化合物 oryzalactam(**111**),且首次从天然资源中分离得到新的寡糖衍生物 oryzasaccharideA(**112**)和 oryzasaccharideB(**113**)。详见表 5 和图 5。

2 禾本科主要农作物废弃物的药理作用

2.1 抗氧化作用 Yuwang 等^[31]采用阿拉伯糖基木聚糖酶提取脱脂米糠的抗氧化活性成分,发现阿魏酸是 60%~90%乙醇沉淀物的主要的酚酸,其次是香豆酸,其 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自

表 2 禾本科农作物废弃物中的黄酮类化合物

Table 2 Flavonoids in agricultural residues of Gramineae

化合物	名称	植物来源	文献
8	柯伊利素-6-C-β-波伊文糖-7-O-β-葡萄糖苷	玉米须	[10-11]
9	柯伊利素	玉米须	[10]
10	木犀草素	玉米须、麦麸	[10,12]
11	6-酰基木犀草素	玉米须	[13]
12	刺芒柄花素	玉米须	[12,14]
13	2''-O-α-L-鼠李糖基-6-C-(3-脱氧葡萄糖基)-3'-甲氧基木犀草素	玉米须	[14]
14	2''-O-α-L-鼠李糖基-6-C-(6-脱氧-ax-5-甲基-木-己-4-羰基)-3'-甲氧基木犀草素	玉米须	[14-15]
15	苜蓿素	玉米苞叶	[16]
16	苜蓿素-5-O-β-D-葡萄糖苷	玉米苞叶	[16]
17	苜蓿素-7-O-β-D-葡萄糖苷	玉米苞叶	[16]
18	苜蓿素-7-O-β-D-芹糖-(1→2)葡萄糖苷	玉米苞叶	[16]
19	7,4'-二羟基-3'-甲氧基黄酮-2''-O-α-L-鼠李糖基-6-C-岩藻糖苷	玉米苞叶	[17]
20	6,4'-二羟基-3',5'-二甲氧基黄酮-7-O-葡萄糖苷.	玉米苞叶	[17]
21	伞花耳草苷	麦麸	[18]
22	异伞花耳草苷	麦麸	[18]
23	芹菜素	麦麸、玉米须	[12,18]
24	4',5'-二甲氧基黄酮-7-O-葡萄糖基糖苷	甘蔗叶	[7]
25	7-[(2S,3R,4R)-3,4-二羟基-4-羟甲基-四氢呋喃-2-氧]-2-3',4'-二羟基黄酮	甘蔗叶	[8]
26	柯伊利素-7-O-β-D-葡萄糖苷	玉米须	[11]
27	柯伊利素-6-C-β-波伊文糖苷	玉米须	[11]
28	2''-O-α-L-鼠李糖基-6-C-岩藻糖基-3'-甲氧基木犀草素	玉米须	[15]
29	2''-O-α-L-rhamnosyl-6-C-fucosyl-luteolin	玉米须	[19]
30	2''-O-α-L-rhamnosyl-6-C-quinovosyl-luteolin	玉米须	[19]
31	3'-methoxymaysin	玉米须	[19]
32	maysin	玉米须	[19]
33	apimaysin	玉米须	[19]
34	矢车菊花素	米糠	[20]
35	矢车菊花素-3-葡萄糖	米糠	[20]
36	麦黄酮	米糠	[21-22]
37	麦黄酮 4'-O-(赤式-β-邻甲氧苯丙三基)醚	米糠	[21]
38	麦黄酮 4'-O-(苏式-β-邻甲氧苯丙三基)醚	米糠	[21]

由基清除能力,三价铁还原能力比 90% 沉淀部位强。从米糠中分离鉴定出的 2-(3,4-二羟基苯基)-4,6-二羟基苯并呋喃-3-羧酸甲酯^[9],矢车菊花素,矢车菊花素-3-葡萄糖^[20],麦黄酮^[18,22],麦黄酮 4'-O-(赤式-β-邻甲氧苯丙三基)醚,麦黄酮 4'-O-(苏式-β-邻甲氧苯丙三基)醚^[21],反式阿魏酸,顺式阿魏酸,环桉烯醇顺式阿魏酸酯^[25],环桉烯醇反式阿魏酸酯,反式阿魏酸甲酯,顺式阿魏酸甲酯、咖啡酸

甲酯,oryzalactam^[25],均具有很强的 DPPH 自由基清除能力。

研究发现,玉米须黄酮粗提物清除 DPPH 自由基,羟自由基(·OH)和超氧阴离子自由基(O₂⁻)的能力均比正丁醇萃取物、乙酸乙酯萃取物高,且效果均优于芦丁^[32-33]。玉米须乙酸乙酯部位总多酚和总黄酮含量最高,抗氧化活性的大小与其含量密切相关^[34]。

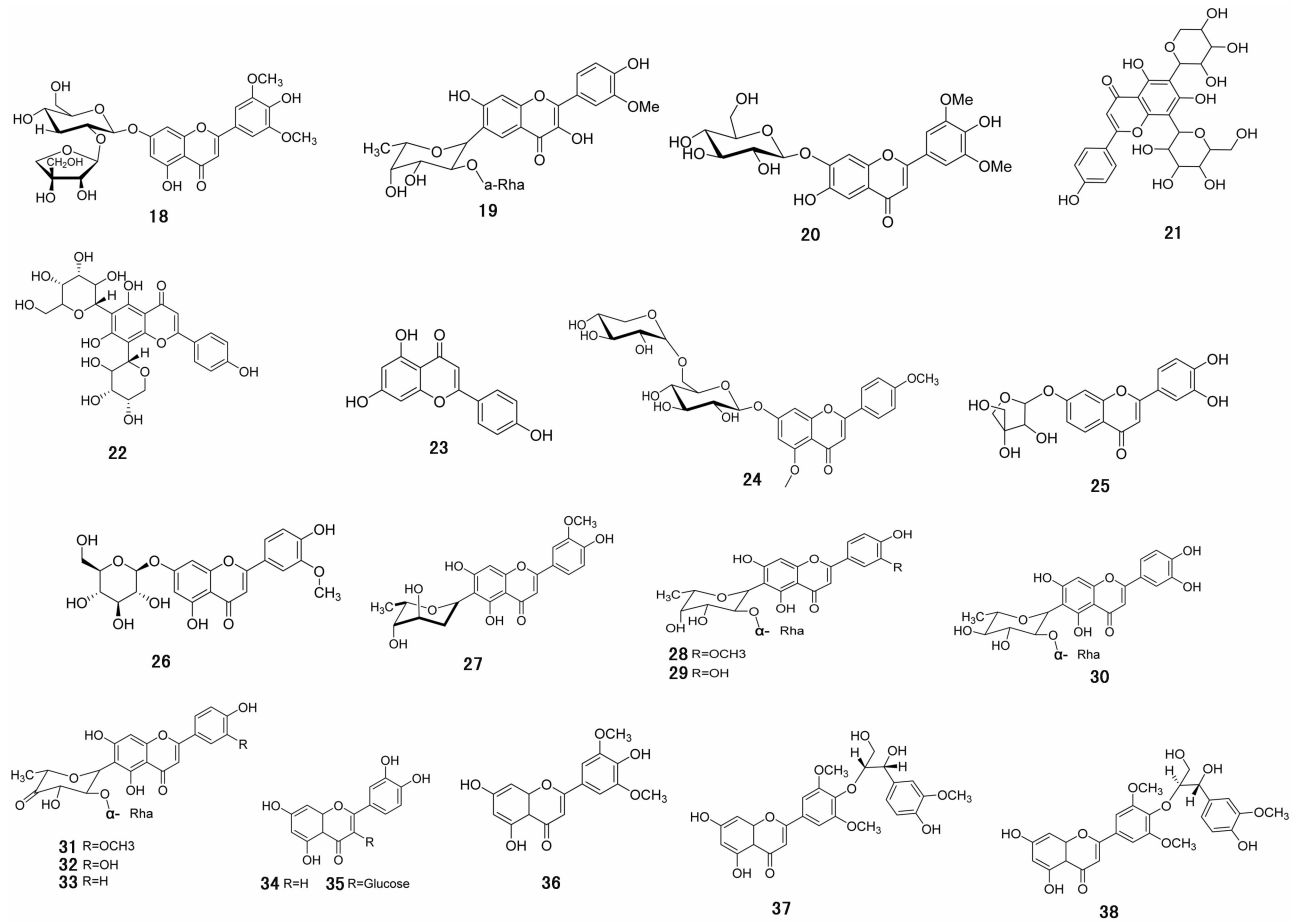


图 2 禾本科农作物废弃物中的黄酮类化合物

Fig. 2 Flavonoids in agricultural residues of Gramineae

表 3 禾本科农作物废弃物中的甾体及其苷类化合物

Table 3 Steroid saponin in agricultural residues of Gramineae

化合物	名称	植物来源	文献
39	胡萝卜苷	玉米须	[10-11]
40	β -谷甾醇	麦麸、玉米须	[11, 23]
41	1-羟基- β -谷甾醇-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷	麦麸	[23]
42	豆甾醇	麦麸	[18]
43	豆甾-4-烯-3 β ,6 β -二醇	玉米须	[11]
44	7 α -羟基谷甾醇	玉米须	[11]
45	7 β -羟基谷甾醇	玉米须	[11]
46	胡萝卜苷棕榈酸酯	玉米须	[11]
47	大豆脑苷 I	玉米须	[11]
48	7 α -羟基谷甾醇-3-O- β -D-葡萄糖苷	玉米须	[11]
49	麦角甾-7,22-二烯-3 β ,5 α ,6 β -三醇	玉米须	[11]
50	麦角甾醇	米糠	[24]

有文献报道,小麦麸皮的乙醇提取物对 DPPH 自由基的清除能力最强,石油醚提取物和乙醇提取

物对羟自由基的清除效果较好,而水提取物对 O_2^- 的清除效果优于其他两种提取物^[35]。

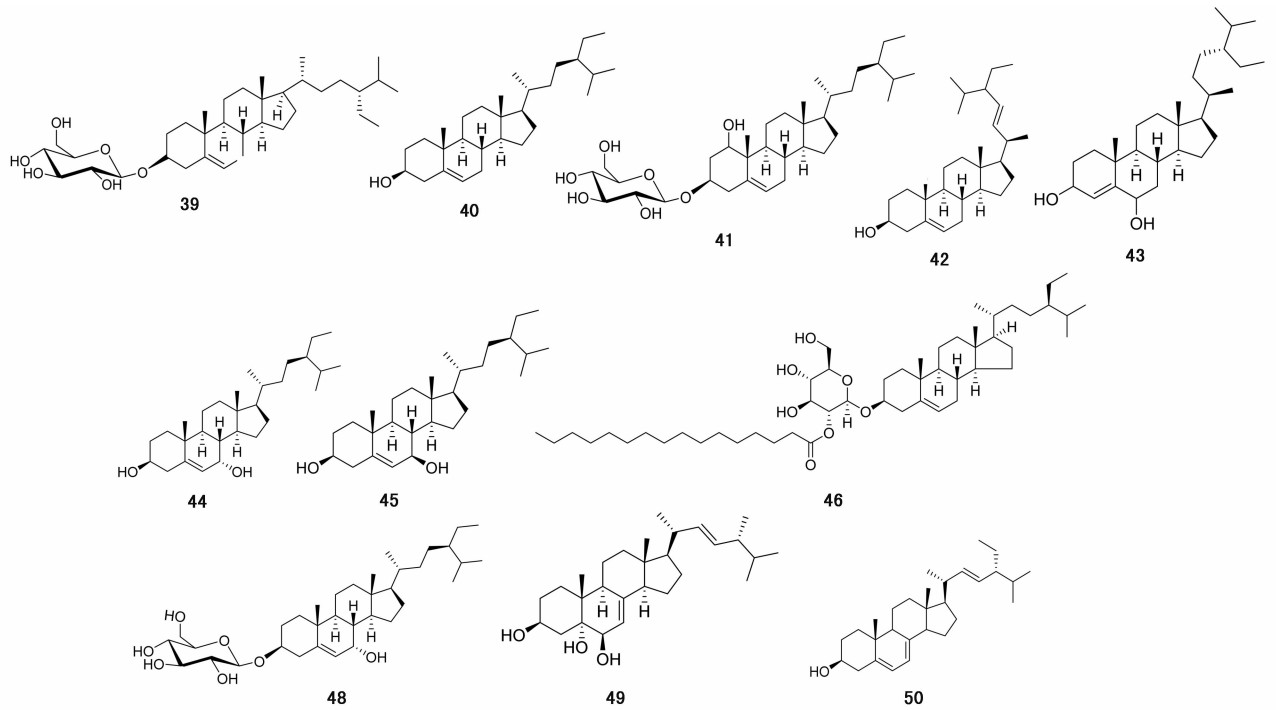


图 3 禾本科农作物废弃物中的甾体及其苷类化合物
Fig.3 Steroid saponin in agricultural residues of Gramineae

陈纯^[26]采用 DPPH 自由基清除法和铁离子抗氧化能力法 (FRAP 法) 检测从甘蔗皮中提取多酚, 发现其抗氧化性低于维生素 C (V_c); 李春海等^[36]从蔗梢中提取的多酚对花生油的抗氧化活性与维生素 E (V_E) 接近, 且 V_c 对其有增效作用。吴建中等^[37]发现甘蔗叶总黄酮具有显著的抗氧化作用。其清除 DPPH 自由基的能力略为茶多酚的二分之一至三分之一, 且抗氧化效果与浓度呈正相关。闫欲晓等^[38]发现甘蔗叶黄酮清除羟自由基的能力高于 V_c , 清除超氧自由基作用效果低于同浓度的 V_c 。而甘蔗叶多酚对羟自由基的清除能力较 V_c 强, 对 O_2^- 清除能力较 V_c 低^[39]。桂意云等^[40]发现在 11 ~ 12 月份甘蔗基本成熟时, 甘蔗叶多糖含量最高, 且叶片多糖对羟自由基的清除能力最强。

Salanti 等^[41]通过 DPPH 自由基清除实验发现稻壳水提取物的 IC_{50} 和芦丁的相似, 比乙醇提取物、丙酮提取物高。稻壳黄酮对 DPPH 自由基, O_2^- , $\cdot OH$ 都具有较强的清除能力, 对多不饱和脂肪酸 (PUFA) 过氧化体系有很强的抑制作用, 其作用随着溶液浓度的增大而增强^[42]。

2.2 降血脂作用 玉米苞叶水煎剂可以降低高脂血症大鼠总胆固醇 (TC), 甘油三酯 (TG), 极低密度脂蛋白 (VLDL), 阻断动脉粥样硬化 (AS) 早期的内皮-平滑肌效应^[43]; 可调节高脂大鼠血清一氧化氮

(NO) 和内皮素 (ET) 水平, 降低内皮凋亡率, 促进内皮修复^[44]; 还可以调控大鼠血管内皮及平滑肌细胞 p53 表达, 平衡两种细胞凋亡与增殖相关性的药用效应^[45]; 能降低高脂血症大鼠血清白细胞介素 (IL)-1, 保护内皮^[46]。

2.3 降血糖作用 玉米须提取物中的总皂苷能显著降低肾上腺素、四氧嘧啶所致糖尿病小鼠的高血糖^[47]。周鸿立等^[48]发现玉米须水提物, 60% 乙醇提物和水提醇沉物均有降低四氧嘧啶所致高血糖小鼠血糖的作用, 其中降血糖作用趋势最显著的是水提醇沉物的多糖成分。陈丽艳等^[49]发现玉米须水提物可使 2 型糖尿病模型大鼠脂肪组织重组人富含半胱氨酸酸性分泌蛋白 (SPARC) mRNA 和蛋白表达水平明显下调, 且对受损胰岛有修复作用, 减少胰腺脂肪异位沉积, 其机制可能与抑制脂肪组织 SPARC 的表达及减少脂肪异位沉积有关。玉米须提取物可通过非竞争性抑制和竞争性抑制两种途径抑制了 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷, 而减少淀粉的水解作用, 起到降血糖的作用^[50]。从玉米须中分离得到的柯伊利素-6-C- β -波伊文糖-7-O- β -葡萄糖苷能显著抑制前脂肪细胞 3T3-L1 的分化, 并可剂量依赖性抑制分化过程中的重要转录因子脂肪酸样化合物过氧化物酶增殖剂激活受体 γ (PPAR γ) 及 CCAAT 增强结合蛋白 α 的 mRNA 相对表达量, 显示出确切的体

表 4 禾本科农作物废弃物中的有机酸及其酯类化合物

Table 4 Organic acid in agricultural residues of Gramineae

化合物	名称	植物来源	文献
51	反式阿魏酸	小麦麸皮、米糠	[23,25]
52	顺式阿魏酸	小麦麸皮、米糠	[23,25]
53	丁香酸	甘蔗叶	[7]
54	尼泊金甲酯	甘蔗叶	[7]
55	对羟基肉桂酸甲酯	甘蔗叶	[7]
56	绿原酸	甘蔗皮	[26]
57	没食子酸	甘蔗皮	[26]
58	环桉烯醇顺式阿魏酸酯	米糠	[25]
59	环桉烯醇反式阿魏酸酯	米糠	[25]
60	反式阿魏酸甲酯	米糠	[25]
61	顺式阿魏酸甲酯	米糠	[25]
62	咖啡酸甲酯	米糠	[25]
63	环木菠萝烯醇阿魏酸酯	米糠	[27]
64	香草酸	玉米须、甘蔗叶	[8,10]
65	1,3-二油酸-2-硬脂酸甘油酯	米糠	[24]
66	棕榈酸	玉米须、稻秆	[10-11,28]
67	土槿戊酸	玉米须	[10]
68	丁香酸	麦麸	[23]
69	顺式 3,4,5-三甲氧基肉桂酸甲酯	麦麸	[23]
70	反式 3,4,5-三甲氧基肉桂酸甲酯	麦麸	[23]
71	亚油酸甲酯	麦麸	[23]
72	反式-3,4-二甲氧基肉桂酸	麦麸	[18]
73	2,3,4,5-四羟基-5-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)戊酸	甘蔗叶	[8]
74	5-3,5-二甲氧基-4-[(2S,3R,5S,6R)-3,4,5-三羟基-6-(羟甲基)四氢-2H-吡喃-2-氧-苯基]-2,3,4,5-四羟基戊酸	甘蔗叶	[8]
75	油酸	稻秆	[28]
76	亚油酸	稻秆	[28]
77	α -亚麻酸	稻秆	[28]
78	2,3-二羟基硬脂酸丙酯	米糠	[24]
79	2,3-二羟基油酸丙酯	米糠	[24]
80	3-羟基 1,2-二油酸丙二酯	米糠	[24]
81	1,3-二油酸丙二酯	米糠	[24]

外抗糖尿病作用^[10]。玉米须多糖有显著的降血糖作用,可恢复人体肠道菌群平衡,肠道拟杆菌、乳酸菌的数量随着玉米须多糖剂量的增加而增加^[51],可降低糖尿病小鼠的小鼠空腹血糖(FPG),促进肝糖元的合成,并可减轻四氧嘧啶及高血糖引起的肝损害^[52]。

甘蔗叶水提物,30%醇提物,50%醇提物,乙酸乙酯提取物对链脲佐菌素 STZ 所致的高血糖小鼠

血糖有不同程度的抑制升高的作用,甘蔗叶多糖对 STZ 诱导的糖尿病小鼠有明显的降血糖作用^[8]。

2.4 抗炎作用 Ritchie 等^[53]采用右旋糖酐硫酸酯钠(DSS)诱导结肠炎的 SD 大鼠模型,发现高粱糠可上调修复机制和短链脂肪酸的转运表达,抑制结肠炎病变。林贺等^[54]发现玉米须黄酮提取物具有抗痛风性关节炎作用,能降低踝关节肿胀度,降低血浆

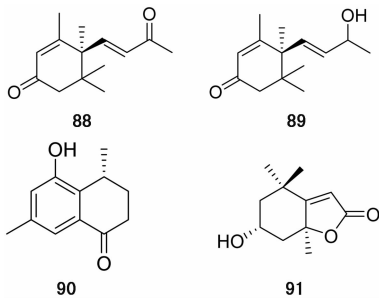


图 4 禾本科农作物废弃物中的挥发性萜类化合物

Fig. 4 Volatile steroids in agricultural residues of Gramineae

表 5 其他化合物

Table 5 Other compounds in agricultural residues of Gramineae

化合物	名称	植物来源	文献
97	momilactone A	米糠	[25]
98	3-酮松脂醇	麦麸	[23]
99	1,3 鼠李糖尿素苷	玉米须	[13]
100	1-己醇	稻秆	[28]
101	5-十七烷基间苯二酚	小麦麸皮	[18]
102	5-十九烷基间苯二酚	小麦麸皮	[18]
103	5-二十一烷基间苯二酚	小麦麸皮	[18]
104	5-二十三烷基间苯二酚	小麦麸皮	[18]
105	5-二十五烷基间苯二酚	小麦麸皮	[18]
106	对羟基-3-甲氧基苯基 1-庚酮	甘蔗叶	[8]
107	[1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)丁四醇]	甘蔗叶	[8]
108	1-(3,5-二甲氧基)-4-[(2 <i>S</i> ,3 <i>R</i> ,5 <i>S</i> ,6 <i>R</i>)-3,4,5-三羟基-6-羟甲基)四羟基-2 <i>H</i> -吡喃-氧-苯基]1,2,3,4-丁四醇	甘蔗叶	[8]
109	对羟基-3-甲氧基-苯乙酮	甘蔗叶	[8]
110	对羟基苯甲醛	米糠	[25]
111	oryzalactam	米糠	[25]
112	oryzasaccharideA	米糠	[25]
113	oryzasaccharideB	米糠	[25]
114	oryzadine	米糠	[29]
115	3-[6-(2,4-二羟基-6-氧-1,6-二氢吡啶-3-基)-苯丙[1,3]间二氧杂环戊烯-5-羰基]-2-羟基-2,3-苯丙二氢咪喃-5-羧酸甲酯	米糠	[30]
116	2-羟基-4-甲氧基吡啶	米糠	[30]
117	鼠李糖尿素苷	玉米须	[13]

2.5 抗肿瘤作用 邓家刚等^[56]发现对于胃癌细胞株 SGC7901, 宫颈癌细胞株 HeLa, 肝癌细胞株 BEL7404, 甘蔗叶乙酸乙酯提取物是抗癌活性部位。江恒等^[57]发现甘蔗叶多糖对人鼻咽癌细胞株 CNE2 细胞的增殖有不同程度的抑制作用。

Hudson 等^[22]发现糙米糠中的麦黄酮能够抑制人结肠癌细胞 SW480 和乳腺癌细胞 MDA MB 468 的增殖。朱丽丹等^[58]以小鼠黑色素瘤细胞 B16 为抗肿瘤模型, 小鼠巨噬细胞 RAW264.7 细胞系为免

IL-1 α , IL-6, 肿瘤坏死因子- α (TNF- α), 细胞间黏附分子 1 (ICAM-1) 及基质金属蛋白酶 1 (MMP-1) 水平, 改善造模大鼠关节滑膜组织的病理改变。

侯小涛^[8]发现甘蔗叶多糖对 BV2 小神经胶质细胞 NO 的产生抑制作用, 表现出一定的抗神经炎症活性。KANG 等^[55]发现经酶处理的麦麸可使炎症小鼠血清 TNF 和 IL-6 水平降低, IL-10 水平升高, 腹腔内脂多糖 (LPS) 的反应明显, 表明麦麸可增强巨噬细胞的吞噬能力, 产生抗炎作用。

疫模型, 发现米糠粗多糖 (RBP) 纯化组分 (RBP2a) 主要通过增强机体的免疫功能而间接抑制肿瘤细胞。而硫酸酯化米糠多糖 (SRBP-B, SRBP-D, SRBP2a-B) 可直接抑制 B16 增殖, 也可通过免疫途径提高 NO 和 TNF- α 等细胞因子释放, 进一步提高抗肿瘤活性。KONG 等^[27]发现从米糠中提取的环木波萝烯醇阿魏酸酯具有显著的体外抑制结肠恶性肿瘤细胞 SW480 生长的能力, 且对正常结肠 CCD-18-Co 细胞毒性很低。通过 SW480 移植裸鼠

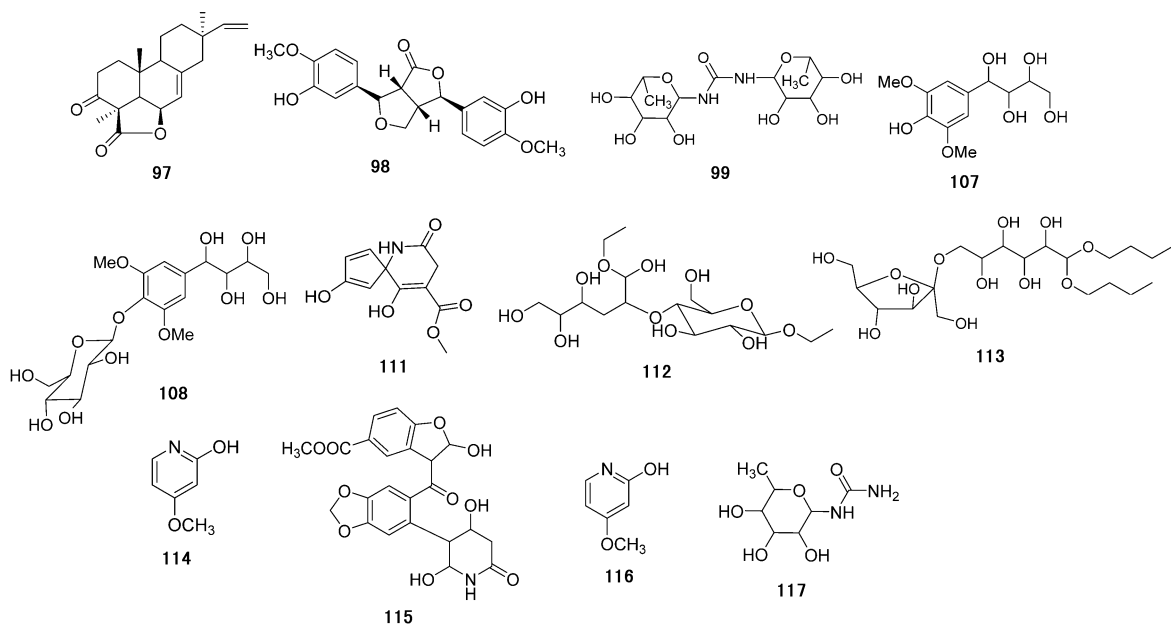


图 5 禾本科农作物废弃物中的其他化合物
Fig. 5 Other compounds in agricultural residues of Gramineae

实验,发现它能激活癌细胞变体 SW620,提高半胱天冬酶 8(Caspase-8)和 Caspase-3 的活性。

体内实验发现小麦麸皮总黄酮苷可以减轻小鼠 S180 肉瘤模型瘤重;体外实验表明它对人结肠癌细胞株细胞有抑制作用,可使细胞周期出现阻滞,显著减少 S 期细胞比例^[59]。从小麦麸皮中分离得到的 5-十七烷基间苯二酚可将肿瘤细胞阻断于 G₂/M 期,对人结肠癌细胞株、人肝癌细胞株 HepG2 和人乳腺癌细胞株 MDA-MB-231 的增殖均有较强的抑制作用,其活性可能与侧链长短相关^[60]。

2.6 抗心血管疾病 国内学者在家兔实验中发现玉米苞叶不仅可以通过影响 p53 和 Fas 蛋白的表达而影响平滑肌细胞的凋亡,从而达到抗动脉粥样硬化(AS)的作用^[61],还可以在改善 AS 病变的同时对血管外器官、组织的损伤发生影响,改善其损伤程度^[62]。玉米苞叶煎剂可以降低白细胞凋亡率和黏附分子 CD44 表达^[63],上调死亡因子(Fas),死亡因子受体(Fas-L),Caspase-3 基因表达,促进过度增殖的血管平滑肌细胞(VSMC)凋亡,延缓病变进程^[64]。

甘蔗叶多糖可促进血管内皮生长因子(VEGF)的表达及微血管的生成,改善心肌梗死大鼠心电图表现,对大鼠心肌梗死具有一定保护作用^[65];能抑制大鼠心肌梗死后心肌细胞凋亡,其机制可能与增加抑制凋亡基因 B 淋巴细胞瘤-2(Bcl-2)的表达,减少促凋亡基因 Bcl-2 相关 X 蛋白(Bax),Caspase3 的

表达,上调磷酸化蛋白激酶 B(p-Akt)/蛋白激酶 B(Akt),p-PI3K/PI3K 蛋白的表达有关^[66];可改善大鼠心肌梗死 24 h 内的心电图表现及其心功能,其机制可能与提高心肌组织超氧化物歧化酶(SOD)活性、清除氧自由基、提高机体的抗氧化能力有关^[67]。

2.7 抗肝肾损伤 玉米须可以预防和减轻对乙酰氨基酚引起的肝毒性^[68];对乙酰氨基酚引起的小鼠肾毒性具有解毒作用和膜稳定作用^[69];水提取物能显著降低 γ 射线辐射引起的丙二醛升高,在维持肝脏谷胱甘肽比率和改善血液异常这两个方面呈剂量依赖作用^[70];总黄酮提取物能促进尿酸在肾脏中的排泄,改善尿酸对肾脏的损害^[71];醇提取物可下调肝组织内信号转导蛋白 Smad3 mRNA 表达,降低肝脏细胞外基质(ECM)的分泌而有效地抑制肝纤维化的发展^[72]。

富 γ -氨基丁酸(GABA)米糠能显著降低大鼠肝指数及肝损伤,并显著增加总抗氧化能力(T-AOC)和谷胱甘肽水平(GSH-Px),能有效改善肥胖大鼠肝损伤及氧化应激水平^[73]。

2.8 其他 玉米须具有抗肥胖作用,其机制可能与其对脂肪细胞生存周期的多级干扰有关^[74];玉米须水提取物有降低高血压患者眼内压的作用^[75]。麦麸热水提取物可以减少白质损伤和星形细胞活化,预防血管性痴呆^[76]。玉米须乙醇提取物对克雷伯菌和大肠埃希菌抑制作用显著,且呈剂量依赖型,与花青素联合使用可扩大了抗菌谱,且有协同抑制

作用^[77]。

3 结语与展望

禾本科农作物废弃物产量巨大,具有广阔的利用和开发前景。目前对禾本科农作物废弃物药用研究报道主要集中在米糠、稻壳、稻秆、玉米须、玉米苞叶、麦麸、甘蔗叶等品种,研究表明,禾本科农作物废弃物中含有苯丙素类、黄酮类、甾体及其苷类、有机酸及其酯类、挥发性化合物、糖类等化合物,其中脂肪酸和糖类是一级代谢产物,其他类型的化合物均为二级代谢产物,且产生活性的均为二级代谢产物。禾本科农作物废弃物在药理活性方面表现为抗氧化、降血脂、降血糖、抗炎、抗肿瘤、抗心血管疾病、抗肝肾损伤。但截至目前,对它们的化学成分研究还不够深入,药理活性研究也多停留在药效层面,仅有少量论文涉及初步机制研究,未见对作用机制全面深入研究的报道。且这一领域的研究还未能引起广泛关注,只有少数课题组和科研单位从事该领域研究。因此,亟待系统进行禾本科农作物废弃物的药用研究,为开发中药新资源、解决农作物废弃物造成的资源浪费及环境污染提供研究基础。

[参考文献]

[1] 姚丽,刘家勇,吴转娣,等. 禾本科主要农作物抗虫转基因研究进展[J]. 甘蔗糖业,2013(2):37-42.

[2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 第10卷[M]. 北京:科学出版社,1979:96.

[3] 邓家刚. 农作物废弃物药用研究的战略意义与基本思路[J]. 广西中医药,2010,33(1):1-3.

[4] 霍丽丽,赵立欣,姚宗路,等. 秸秆热解炭化多联产技术应用模式及效益分析[J]. 农业工程学报,2017,33(3):227-232.

[5] 成臣,汪建军,程慧煌,等. 秸秆还田与耕作方式对双季稻产量及土壤肥力质量的影响[J]. 土壤学报,2018,55(1):247-257.

[6] 邱会东,段传人. 农作物废弃物在工业废水处理方面的研究应用[J]. 工业水处理,2007,27(1):5-8.

[7] 张金玲,黄艳,刘布鸣,等. 甘蔗叶中化学成分的研究[J]. 华西药学杂志,2015,30(5):540-543.

[8] 侯小涛. 甘蔗叶化学成分及药效学研究[D]. 南宁:广西医科大学,2014.

[9] HAN S J, Ryu S N, KANG S S. A new 2-arylbenzofuran with antioxidant activity from the black colored rice (*Oryza sativa* L.) bran [J]. Chem Pharmaceut Bull, 2004,52(11):1365-1366.

[10] 陈琛,徐华影. 玉米须抗糖尿病活性成分的分离及其作用机制研究[J]. 中成药,2015,37(7):1492-1497.

[11] 刘传水,太志刚,李爱梅,等. 云南产玉米须的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2011,23(6):1041-1044.

[12] 余婷婷,鲁晓翔,连喜军,等. 玉米须黄酮类化合物的薄层层析及紫外光谱研究[J]. 食品科学,2008,29(11):477-481.

[13] 徐燕,梁敬钰,邹忠梅,等. 玉米须中的一个新黄酮和两个尿素苷[J]. 化学学报,2008,66(10):1235-1238.

[14] 张慧恩,徐德平. 玉米须黄酮类成分的研究[J]. 中药材,2007,30(2):164-166.

[15] 任顺成,丁霄霖. 玉米须黄酮类成分的提取分离与结构鉴定(I)[J]. 中草药,2004,35(8):21-22.

[16] 张沐新,刘银燕,孙薇,等. 玉米苞叶中新黄酮类化合物的分离和鉴定[J]. 高等学校化学学报,2011,32(11):2554-2557.

[17] 任顺成,丁霄霖. 玉米须黄酮类成分的提取分离与结构鉴定(II)[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2007,28(4):34-36,40.

[18] 冯煦,姜东,单宇,等. 小麦麸皮的化学成分[J]. 中草药,2009,40(1):27-29.

[19] Snook M E, Widstrom N W, Wiseman B R, et al. New C-4'-hydroxy derivatives of maysin and 3'-methoxymaysin isolated from corn silks (*Zea mays*) [J]. J Agr Food Chem, 1995,43(10):2740-2745.

[20] Kaneda I, Kubo F, Sakurai H. Antioxidative compounds in the extracts of black rice brans [J]. J Health Sci, 2006,52(5):495-511.

[21] Mohanlal S, Parvathy R, Shalini V, et al. Isolation, characterization and quantification of triclin and flavonolignans in the medicinal rice Njavara (*Oryza sativa* L.), as compared to staple varieties [J]. Plant Food Hum Nut, 2011,66(1):91-96.

[22] Hudson E, Dinh P, Kokubun T, et al. Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells [J]. Cancer Epidem Biom, 2000,9(11):1163-1170.

[23] 孙道勇. 结合型小麦麸皮化学成分及抗氧化活性研究[D]. 南京:南京农业大学,2015.

[24] 刘天行,王伟,郭佳,等. 米糠脂溶性单体化合物的分离与结构鉴定[J]. 食品科学,2014,35(9):57-62.

[25] 王伟. 米糠化学成分及其生物活性研究[D]. 南京:南京农业大学,2015.

[26] 陈纯. 甘蔗皮多酚的提取、分离鉴定及抗氧化活性研究[D]. 杭州:浙江大学,2013.

[27] KONG C K L, Lam W S, Chiu L C M, et al. A rice bran polyphenol, cycloartenyl ferulate, elicits apoptosis in human colorectal adenocarcinoma SW480 and sensitizes

- metastatic SW620 cells to TRAIL-induced apoptosis. [J]. *Biochem Pharmacol*, 2009, 77(9):1487-1496.
- [28] 回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯, 等. 稻秆化学成分的分析 [J]. *鞍山师范学院学报*, 2009, 11(2):28-31.
- [29] KANG K A, Junghee L, ZHANG R, et al. Oryzadine, a new alkaloid of *Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo, attenuates oxidative stress-induced cell damage via a radical scavenging effect [J]. *Food Chem*, 2010, 119(3):1135-1142.
- [30] Kim E S, Hyun J W, Shin J C, et al. New alkaloids from *Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo Bran [J]. *Bkor Chem Soc*, 2009, 30(3):739-741.
- [31] Yuwang P, Sulaeva I, Henniges U, et al. Phenolic compounds and antioxidant properties of arabinoxylan hydrolyzates from defatted rice bran [J]. *J Sci Food Agr*, 2017, 98(1):140-160.
- [32] Moongngarm A, Daomukda N, Khumpika S. Chemical compositions, phytochemicals, and antioxidant capacity of rice bran, rice bran layer, and rice germ [J]. *Apcbee Procedia*, 2012, 2(5):73-79.
- [33] 吴亚楠, 鲁晓翔, 连喜军, 等. 玉米须黄酮清除自由基活性的研究 [J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(1):5-8.
- [34] 田京歌, 陈海霞, 陈书涵. 玉米须不同提取物抗氧化活性的研究 [C]//第十二届全国青年药理学工作者最新科研成果交流会论文集, 2014-06-10, 南京, 2014:354-356.
- [35] 江生, 吴向阳, 仰榴青, 等. 小麦麸皮不同提取物清除自由基的作用 [J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(6):27-30.
- [36] 李春海, 孙卫东. 蔗梢多酚提取工艺及抗氧化活性研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2012(4):181-185.
- [37] 吴建中, 欧仕益, 汪勇. 甘蔗叶中黄酮类物质的提取及其抗氧化性研究 [J]. *现代食品科技*, 2009, 25(2):165-167.
- [38] 阎欲晓, 黄玥. 甘蔗叶黄酮分离纯化工艺及生理活性研究 [J]. *食品工业科技*, 2011, 32(3):149-152.
- [39] 阎欲晓, 吴国燕, 杨龙, 等. 甘蔗叶多酚物质的超声提取及生理活性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(4):63-66.
- [40] 桂意云, 贤武, 梁强, 等. 甘蔗叶片多糖的提取及体外抗氧化作用 [J]. *西南农业学报*, 2012, 25(4):1218-1221.
- [41] Salanti A, Zoia L, Orlandi M, et al. Structural characterization and antioxidant activity evaluation of lignins from rice husk [J]. *Agric Food Chem*, 2010, 58(18):10049-10055.
- [42] 蔡碧琼, 蔡珠玉, 张福娣, 等. 稻壳中黄酮提取物的抗氧化性质研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2010, 32(4):813-818.
- [43] 姜秀娟, 甄艳军, 丁涛, 等. 玉米苞叶煎剂对高脂血症模型大鼠血管内皮及平滑肌增殖与凋亡的干预作用 [J]. *中国老年学杂志*, 2008, 28(16):1579-1580.
- [44] 甄艳军, 侯建明, 姜秀娟, 等. 玉米苞叶煎剂对高脂大鼠血清 NO, ET 水平及内皮凋亡的作用 [J]. *辽宁中医杂志*, 2009, 36(2):307-308.
- [45] 丁晓猛, 李国拉, 姜秀娟, 等. 玉米苞叶对大鼠血管内皮、平滑肌凋亡及 p53 表达的药用效应研究 [J]. *时珍国医国药*, 2010, 21(11):2878-2879.
- [46] 丁晓猛, 李国拉, 姜秀娟, 等. 玉米苞叶煎剂对高脂大鼠 IL-1、IL-8 及内皮细胞增殖的作用 [J]. *中国中医基础医学杂志*, 2010, 16(7):603-604.
- [47] 苗明三, 牛红辉, 孙艳红, 等. 玉米须降糖有效活性部位的筛选 [J]. *时珍国医国药*, 2009, 20(7):1657-1658.
- [48] 周鸿立, 张艳, 杨英杰, 等. 玉米须降血糖活性部位的筛选研究 [J]. *上海中医药杂志*, 2009, 43(10):75-78.
- [49] 陈丽艳, 陈鹏, 孙银玲, 等. 玉米须对 2 型糖尿病模型大鼠降糖机制研究 [J]. *中华中医药杂志*, 2016, 31(10):4253-4255.
- [50] Sabiu S, O'Neill F H, Ashafa A O T. Kinetics of α -amylase and α -glucosidase inhibitory potential of *Zea mays*, Linnaeus (Poaceae), *Stigma maydis*, aqueous extract: an *in vitro*, assessment [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 183:1-8.
- [51] WANG C, YIN Y, CAO X, et al. Effects of *Maydis stigma* polysaccharide on the intestinal microflora in type-2 diabetes [J]. *Pharm Biol*, 2016, 54(12):3086-3092.
- [52] 张众一, 张淇, 揭毅, 等. 玉米须多糖对糖尿病小鼠肝损伤及糖代谢的影响 [J]. *山东大学学报:医学版*, 2018, 56(5):52-57.
- [53] Ritchie L E, Taddeo S S, Weeks B R, et al. Impact of novel sorghum bran diets on DSS-induced colitis [J]. *Nutrients*, 2017, 9(4):330.
- [54] 林贺, 董金香, 邱智东, 等. 玉米须黄酮提取物对痛风性关节炎大鼠的影响 [J]. *现代食品科技*, 2015, 31(4):13-16, 7.
- [55] KANG H, Lee M G, Lee J K, et al. Enzymatically-processed wheat bran enhances macrophage activity and hasin vivo anti-inflammatory effects in mice [J]. *Nutrients*, 2016, 8(4):188.
- [56] 邓家刚, 郭宏伟, 侯小涛, 等. 甘蔗叶提取物的体外抗肿瘤活性研究 [J]. *辽宁中医杂志*, 2010, 37(1):32-34.
- [57] 江恒, 苏纪平, 方锋学, 等. 甘蔗叶多糖的提取分离及体外抗肿瘤作用研究 [J]. *临床合理用药杂志*, 2012, 5(15):28-29.

- [58] 朱丽丹,王莉,徐逸木,等. 米糠多糖及硫酸酯化米糠多糖的体外免疫应答和抗肿瘤活性研究[J]. 中国粮油学报,2015,30(3):35-40.
- [59] 师琪,管福琴,孙浩,等. 小麦麸皮总黄酮苷抗肿瘤作用及初步的机制研究[J]. 食品科技,2013,38(6):220-222,226.
- [60] 汤卫国,管福琴,赵友谊,等. 五种小麦麸皮烷基酚类化合物体外抗肿瘤作用及初步的机制研究[J]. 食品工业科技,2014,35(15):352-355.
- [61] 甄彦君,朱方,侯建明,等. 玉米苞叶对动脉粥样硬化家兔平滑肌细胞凋亡及 p53 和 Fas 蛋白表达的影响[J]. 中国老年学杂志,2003,23(2):121-122.
- [62] 曹华,甄艳军. 玉米苞叶煎剂对动脉粥样硬化家兔血管外器官病变的形态学影响[J]. 中国老年学杂志,2010,30(22):3329-3330.
- [63] 侯建明,甄彦君,王林,等. 玉米苞叶降低动脉硬化家兔白细胞凋亡及 CD44 表达[J]. 中国老年学杂志,2004,24(11):1036-1037.
- [64] 姜秀娟,王旭辉,李奕,等. 玉米苞叶对高血脂大鼠 VSMC 凋亡及 Fas, caspase-3 的调控[J]. 时珍国医国药,2012,23(5):1147-1148.
- [65] 何涛,胡姗,侯小涛,等. 甘蔗叶多糖对大鼠心肌梗死心电图及微血管生成的影响[J]. 广西医科大学学报,2016,33(2):229-231.
- [66] 刘丹,林锬,侯小涛,等. 甘蔗叶多糖对心肌梗死大鼠心肌细胞凋亡的抑制作用及其机制[J]. 山东医药,2018,58(17):5-8.
- [67] 林锬,刘丹,何涛,等. 甘蔗叶多糖对大鼠心肌梗死后动态心电图和心功能的影响及机制研究[J]. 广西医科大学学报,2018,35(5):640-643.
- [68] Saheed S, Hendrik O F, Tom A A O. prevents and extenuates acetaminophen-perturbed oxidative onslaughts in rat hepatocytes [J]. Pharm Biol, 2016, 54 (11): 2664-2673.
- [69] Sabiu S, O'Neill F H, Ashafa A O T. Membrane stabilization and detoxification of acetaminophen-mediated oxidative onslaughts in the kidneys of Wistar rats by standardized fraction of *Zea mays* L. (Poaceae), *Stigma maydis* [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2016, 2016(3):e2046298.
- [70] BAI H, HAI C X, XI M M, et al. Protective effect of maize silks (*Maydis stigma*) ethanol extract on radiation-induced oxidative stress in mice [J]. Plant Food Hum Nutr, 2010, 65(3):271-276.
- [71] 律广富,仇志凯,常诗卓,等. 玉米须总黄酮提取物对痛风性肾病大鼠肾脏尿酸排泄的影响[J]. 中成药, 2018, 40(6):1373-1376.
- [72] 陈艳军,高旭珍,关大勇,等. 玉米须醇提物对肝纤维化大鼠药效学研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(11):195-199.
- [73] 周中凯,张惠媛,刘志伦,等. 富 γ -氨基丁酸米糠对肥胖大鼠肝损伤保护效果评价[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(12):98-100.
- [74] Chaiitianan R, Sutthanut K, Rattanathongkom A. Purple corn silk: a potential anti-obesity agent with inhibition on adipogenesis and induction on lipolysis and apoptosis in adipocytes. [J]. J Ethnopharmacol, 2017, 201:9-16.
- [75] George G O, Idu F K. Corn silk aqueous extracts and intraocular pressure of systemic and non-systemic hypertensive subjects [J]. Clin Exp Optom, 2015, 98(2):138-149.
- [76] SUN H L, Lee J. Hot water extract of wheat bran attenuates white matter injury in a rat model of vascular dementia [J]. Prev Nutr Food Sci, 2014, 19(3):145-155.
- [77] 蔡洁娜,胡志明,惠宏襄. 玉米须和花青素联合抑制泌尿系感染的常见菌群生长[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(11):115-118.

[责任编辑 顾雪竹]