

莲雾营养成分及利用价值研究进展

孙勇¹, 高乐¹, 张先¹, 甘霖¹, 邢宏宝², 何海林², 何鹏^{1*} (1. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 农业农村部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室, 海南海口 571101; 2. 海南宏鼎投资开发有限公司, 海南海口 571100)

摘要 莲雾因其具有较高的营养、药用、保健和观赏价值, 获得了国内外学者的广泛关注, 综述了莲雾营养成分的分析、代谢产物的分离鉴定及其利用价值等方面的研究进展, 为莲雾高营养特性的研究和产业的发展提供技术和理论支撑, 也为从事莲雾研究的科研工作者提供有效的信息服务。

关键词 莲雾; 营养成分; 代谢产物; 利用价值

中图分类号 S667.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)11-0023-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.11.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress of Nutrient Composition and Utilization Value on *Syzygium samarangense*

SUN Yong, GAO Le, ZHANG Xian et al (Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou, Hainan 571101)

Abstract Due to the high nutritional, medicinal, health-care and ornamental value, *Syzygium samarangense* has attracted wide attention from scholars at home and abroad. This review summarized the research progress in the analysis of the nutrient components of *Syzygium samarangense*, the separation and identification of metabolites and their utilization value, etc., and provided technical and theoretical support for the research of the high nutritional characteristics of *Syzygium samarangense* and the development of the industry, and also provided effective information services for researchers engaged in *Syzygium samarangense* research.

Key words *Syzygium samarangense*; Nutritional components; Metabolites; Utilization value

莲雾(*Syzygium samarangense* (Bl.) Merr. et Perry), 是桃金娘科蒲桃属热带常绿乔木果树, 原产马来半岛及安达曼群岛。我国台湾于 17 世纪开始引种, 并逐渐传入到祖国大地。目前, 台湾、广东、福建、海南、广西、云南、贵州和四川等地均有栽培。莲雾因其具有较高的营养、药用、保健和观赏价值, 逐渐受到国内外学者的重视, 近年来对莲雾营养成分进行了分析, 对代谢产物进行了分离鉴定, 并对其医疗价值和加工工艺方面开展了多方面的研究, 取得了很好的成果, 为莲雾产业的发展提供了技术和理论支撑。

1 莲雾营养成分分析

莲雾具有较高的营养价值, 营养成分含蛋白质、膳食纤维、糖类、维生素 B 和维生素 C 等, 而且莲雾果实水分含量高, 在食疗上有解热、利尿、宁心安神的作用。诸多学者对莲雾不同组织中营养成分含量进行了测定, 为合理有效地利用莲雾提供理论支撑。王晓红^[1]测定了深红色品种莲雾果肉组织的营养成分, 发现水分、总糖和蛋白质的含量分别为 90.75%、7.68% 和 0.69%, 而维生素 C、有机酸和果皮花青素含量分别为 7.807、0.205 和 0.073 mg/kg。邓博一等^[2]也测定了莲雾果实的营养成分, 结果与王晓红^[1]基本一致, 而且发现莲雾果含 17 种氨基酸, 含量高达 4.175 mg/g, 包括 7 种人体必需的氨基酸, 其中儿童生长发育所必需的组氨酸和精氨酸含量高; 莲雾果实中的矿物质元素含量丰富, 有较高的 Ca 和 Mg 含量, 有 Fe、Cu、Mn、Zn、Se 5 种人体必需的微量元素。任红等^[3]测定了黑珍珠莲雾花的营养成分, 发现莲雾花

鲜样中粗蛋白、膳食纤维和 18 种氨基酸含量分别为 2.45%、14.1% 和 1.35%, 维生素 C 和维生素 E 的含量分别为 2 590 和 52.3 mg/kg, 常量元素中 K、P、Mg、Ca 的含量较高, Na 含量 < 50 mg/kg, 具有典型的高钾低钠特征。莲雾花还具有一定的保健功效, 其干样中具有药用和保健作用的多酚和黄酮的含量分别为 138.0 和 9.72 g/kg。因其花香浓郁, 且酸度适中, 适宜开发成具有保健功能的代用茶, 在海南就有泡莲雾花饮用的习惯。高贤玉等^[4]研究发现莲雾果实中的糖类主要是果糖(3.64%~3.91%)、葡萄糖(2.52%~2.74%)和蔗糖(0.23%~0.68%), 而且不同品种间的含量和比例存在差异, 这可能是莲雾甜度差异的原因之一。Wang 等^[5]分离得到了一个主要的莲雾果多糖组分, 该组分的总糖含量为 89.22%, 糖醛酸含量为 31.38%, 该组分主要由鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖残基组成。段云飞等^[6-7]采用反相高效液相色谱法分别测定了莲雾果实采收贮藏期间 7 种有机酸和木质素代谢途径的 5 种酚酸的含量变化, 为研究莲雾果实采收后营养品质的变化提供了技术与理论支撑; 其中丙酮酸、苹果酸、抗坏血酸、乳酸、乙酸、柠檬酸和富马酸含量分别为 0.395~0.975、6.951~10.059、0.013~0.172、0.030~0.735、0.263~0.702、1.658~5.370 和 0.269~0.518 mg/g^[6], 肉桂酸、对香豆酸、咖啡酸、阿魏酸和芥子酸的含量分别为 11.46~24.69、0.92~1.45、2.31~5.32、8.86~20.58 和 9.48~22.62 mg/kg^[7]。

2 莲雾不同组织中代谢产物的分离鉴定

莲雾的茎、叶、花和果实都具有浓郁的香气, 是果实品质的重要特征之一, 对其主要成分和含量进行分析可为其深入研究和开发利用提供理论参考。国内外学者针对不同莲雾品种的不同组织, 采用不同的有机溶剂、不同分析方法, 在不

基金项目 2020 年社会公益类科研机构改革专项“土壤改良团队青年骨干培养”。

作者简介 孙勇(1987—), 男, 湖南邵阳人, 助理研究员, 硕士, 从事热带经济林木重要性状形成及调控研究。* 通信作者, 副研究员, 博士, 硕士生导师, 从事植物营养研究。

收稿日期 2020-09-30; **修回日期** 2020-11-06

同的试验条件下对莲雾的代谢产物进行了分离测定。Srivastava等^[8]首次从莲雾地上部分分离得到了具有生物活性的3-*epi*-桦木酸甲酯、4',6'-二羟基-2'-甲氧基-3',5'-二甲基查尔酮、熊果酸、高加蓝花楸三萜酸和阿江榄仁酸。余炼等^[9]利用蒸馏萃取法从台湾产大红莲雾成熟果中检测出21种挥发物,其中3-萜烯、2-乙基(-1-)己醇、石竹烯、异松油烯、松油醇等为主要成分。张丽梅等^[10-11]应用固相微萃取(SPME)和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术,从“农科一号”莲雾果实中检测出14种香气物质,主要为萜品烯、反式石竹烯和顺-3-壬烯-1-醇;而“农科二号”只有12种香气成分,主要为顺-3-壬烯-1-醇、(-)- α -萜烯- β -荜澄茄油萜和反式石竹烯,其中6个为2份资源共有成分,烯类在2份资源果实香味中都起重要作用。阮赞誉等^[12]利用SPME和GC-MS技术对黑珍珠莲雾果实5个不同发育阶段的挥发物进行分析,共检测出44种物质,其中仅有8种物质是各阶段所共有的,它们是(-)- α -萜烯、 β -石竹烯、 α -芹子烯、 β -芹子烯、 α -依兰油烯、 δ -杜松烯、2,4',5-三甲基二苯基甲烷、邻苯二甲酸二异丁酯;在果实的不同发育阶段,挥发物成分与含量差异很大,萜烯类的相对含量随着果实的成熟而减少,蒽酮和邻苯二甲酸二异丁酯的含量随着果实的成熟逐渐升高,反式- β -紫罗酮-5,6-环氧化物和乙酸异丁酯仅在成熟期才大量出现。李娟等^[13]利用水蒸气蒸馏法结合GC-MS鉴定了莲雾花挥发性成分,共鉴定出33种化合物,主要有间异丙基甲苯(13.38%)、石竹烯氧化物(11.33%)、(1S-Z)-4,7-二甲基-1-[1-甲基乙基]-1,2,3,5,6,8a-六氢化萘(9.73%)、表双环倍半水芹烯(8.27%)、(-)-异丁香烯(7.81%)和绿花白千层醇(6.68%)。任红等^[14]在李娟等的基础上改进了气相色谱条件,分析了黑珍珠莲雾花挥发性成分,最终鉴定出57种化合物,主要成分为香橙烯(16.60%)、石竹烯(10.20%)、 β -榄香烯(10.00%)、4a,8-二甲基-2-异丙烯基-1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢萘(5.87%)和 α -芹子烯(4.65%)等。李海泉等^[15]用超临界CO₂萃取结合GC-MS鉴定了莲雾叶片精油的化学成分,鉴定出36种化合物,主要有 β -石竹烯、 δ -杜松烯、 τ -杜松醇、 γ -杜松烯、 α -杜松醇和石竹烯氧化物等。Sobeh等^[16]利用气相色谱-质谱联用技术鉴定了莲雾叶片精油的成分,共鉴定出91种化合物,主要有萜烷D、桔铭醛、 β -石竹烯和 δ -卡地宁。综上所述,莲雾挥发物成分和含量在不同品种和不同组织上存在差异,但是主要成分的种类差异不大,而同一组织的差异可能是试验条件不同导致。因此,在开发利用时要考虑到品种和组织的特性。这些研究结果可为莲雾的开发和利用提供基础数据。

3 莲雾代谢产物在疾病治疗方面的应用

从莲雾代谢产物的分离鉴定结果可知,莲雾富含萜烯类、醇类、酮类和酯类化合物。国内外学者采用不同的有机溶剂对莲雾不同组织的代谢产物进行了提取,并分析了其生物学活性,发现其在疾病治疗方面具有一定的疗效。

3.1 在治疗异常糖代谢疾病方面的应用 Resurreccion-Magno等^[17]研究发现莲雾中黄烷酮5-o-甲基-4-脱氧甲

基-五醇和2'4'-二羟基-3',5'-二甲基-6'-甲氧基查尔酮具有降血糖的作用,二者均能降低患有四氧嘧啶糖尿病小鼠在口服葡萄糖15 min的血糖水平。莲雾泡腾苷^[18]、泡腾素^[19]、维卡灵^[20]、果多糖^[21]及不同有机溶剂提取物^[22-25]也被发现有降血糖或改善异常血糖代谢的作用。

3.2 在抗炎镇痛和保护内脏细胞损伤方面的应用 硬脂酸环萜酯、硬脂酸羽扇豆烯酯、硬脂酸谷甾醇酯和硬脂酸24-亚乙基十二烷基酯^[26]和2'-羟基-4',6'-二甲氧基-3'-甲基查尔酮^[27]在有效剂量下表现出一定的镇痛和抗炎能力。Folorunso等^[28]研究发现莲雾挥发油能够抑制鼠伤寒沙门氏菌的细菌生长和胞外蛋白酶的活性,具有一定的消炎作用,可以作为抗菌剂。Kim等^[29]研究发现2'4'-二羟基-6'-甲氧基-3'-甲基查尔酮是通过抑制转化生长因子- β 激活的激酶1(TAK1)和转化生长因子- β 激活激酶1结合蛋白(TAB1)形成复合物(TAK1-TAB1)来调节依赖于核因子- κ B(NF- κ B)的炎症途径。Sobeh等^[30]研究发现莲雾叶甲醇提取物中多酚类化合物对四氯化碳肝损伤大鼠有保护作用。Zhang等^[31-32]研究发现食用莲雾果实能降低血液中乙醇浓度,可以保护肝脏免受乙醇的伤害。Khamchan等^[33]研究发现食用莲雾对链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠胰腺 β 细胞损伤也有保护作用。

3.3 在抗氧化、抗癌和其他疾病方面的应用 6种槲皮素糖苷^[34]、2种酚酸^[34]、杨梅素^[35]和3,5-二氧甲基棉酚素^[35]被发现具有抗氧化活性。3种C-甲基化查尔酮^[34]、4种黄酮类化合物^[36]、二甲基小豆蔻明^[37]、栗木鞣花素与泡腾素^[38]、9种酰基间苯三酚衍生物^[39]和2'4'-二羟基-6'-甲氧基-3',5'-二甲基查尔酮^[40]等能抑制不同癌细胞或肿瘤细胞的增殖,可能有一定的抗癌能力。Amor等^[41]研究发现7种莲雾叶的己烷提取物能够抑制脯氨酰内肽酶的活性,而脯氨酰内肽酶的抑制剂可能通过阻断内源性神经肽的代谢来改善记忆,因此这7种代谢产物可以作为改善记忆和学习的药物进行开发利用。Amor等^[42]研究还发现己烷提取物中有查尔酮和黄烷酮骨架的C-甲基化黄酮类化合物能够缓解肌肉痉挛。

4 莲雾加工工艺研究

莲雾果实收成期短,且不易贮藏,在市场消耗能力一定的情况下,开发莲雾副产品是提升莲雾产业的必由之路。近些年,已有莲雾果实的饮品加工工艺的报道。黎晓霞等^[43-44]研发了以莲雾鲜果为原料进行饮料加工的工艺,并针对加工过程中饮料的出汁率、稳定性及饮料的风味问题进行了改良。朱萍等^[45]以葡萄活性干酵母进行莲雾汁发酵,酿制了莲雾果酒,最适发酵条件为葡萄酒活性干酵母的添加量0.077%、初始pH 3.2、发酵时间12 d、发酵温度23℃。李宏杨等^[46]也研究了莲雾果酒的发酵工艺,但是其最佳工艺条件与朱萍等的条件略有差异:酵母接种量0.6 g/L,初始pH 3.5,发酵温度21~25℃,发酵时间14 d。陈赶林等^[47]比较了7种果酒活性干酵母对发酵莲雾果汁的影响,最终发现拉曼得系列Lalvin 71B降酸干酵母发酵的莲雾果酒色、香、味俱佳,可用于莲雾果酒的工厂化生产。任红等^[48]则利用

Lalvin 71B 降酸干酵母研发了低醇莲雾果酒的工艺,最佳工艺参数为发酵温度 18 ℃,酵母菌添加量为 0.12 g/L。李西腾等^[49]对莲雾果醋醋酸发酵条件进行了优化,发现最佳条件为接种量 9%、发酵温度 32 ℃、转速 200 r/min。黄俊生^[50]探索了低糖莲雾果脯的加工工艺,并研究了护色、硬化、烫漂、渗糖等过程对低糖莲雾果脯品质的影响。除了饮品及果脯加工工艺之外,张福平等^[51]对莲雾叶片黄酮类化合物的提取工艺进行了研究,并且发现其具有强的抗氧化能力,可能在抗氧化类化妆品上有较好的应用前景。

5 存在的问题及展望

莲雾全身是宝,营养成分高,其代谢产物有非常高的生物活性,因此其具有非常高的经济价值和医用价值。虽然已经就莲雾代谢产物的利用价值和莲雾副产品的研发上有了一定的成果,但是依然有很多方面需要加大科技力量的投入:①加强具有生物活性代谢产物的鉴定及其功能的研究。莲雾的代谢产物种类繁多,可以完善现有的技术手段,提升鉴定能力和准确性,鉴定更多具有生物活性的产物。虽然测定了莲雾不同组织挥发性成分的组成及其含量,但是并没有对这些主要成分的功能进行研究,对其有效利用还缺乏技术支持,在后续的研究中在这个方面需要加强。试验结果表明,某些莲雾有机溶剂提取物具有明显的医学生物学活性,但是它是混合物,并没有确定是某个或某些代谢产物在起作用,因此需要更精确的研究来确定其功能。金桔霉素等已经被证明具有一定的抗氧化和抗炎镇痛作用的代谢产物,可以根据其作用制备能外敷的药物。一些代谢产物具有降血糖或抗癌的能力,但是都只是在小鼠或细胞系中的初步试验,只能为这些疾病的治疗药物的研发提供线索和理论支撑,还需要对其药代动力学、副作用以及临床反应进行多方面的研究才能真正地投入使用。②加强加工工艺研究,推进产业技术升级。虽然莲雾花能制药、制茶,莲雾果能制备饮品、果脯等,但是加工企业数量少,规模小,大多停留在试验阶段,产品缺乏市场竞争力。因此,应加大科技投入,加强工艺技术尤其是中试生产工艺方面的科技攻关。丰富加工产品的种类,提升产品的质量,满足不同消费者的需要,尽早走上产业化之路。

参考文献

[1] 王晓红. 莲雾的营养成分分析[J]. 中国食物与营养, 2006(4): 53-54.
 [2] 邓博一, 申铨日, 邓用川. 海南百香果、莲雾、青枣营养成分的比较分析[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 335-338, 343.
 [3] 任红, 王作龙, 白大娟, 等. 莲雾花营养成分的测定分析[J]. 中国热带农业, 2018(3): 24-27.
 [4] 高贤玉, 张发明, 柏天琦, 等. 莲雾果实糖酸含量分析[J]. 热带农业科学, 2019, 39(3): 75-79, 90.
 [5] WANG B H, CAO J J, ZHANG B, et al. Structural characterization, physicochemical properties and α -glucosidase inhibitory activity of polysaccharide from the fruits of wax apple[J]. Carbohydrate polymers, 2019, 211: 227-236.
 [6] 段云飞, 吴光斌, 叶洪, 等. HPLC 法同时测定采后莲雾果实 7 种有机酸的含量[J]. 食品科学, 2021, 42(4): 175-180.
 [7] 匡凤元, 吴光斌, 张珅, 等. HPLC 法同时测定采后莲雾果实木质素代谢途径中 5 种酚酸的含量[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 165-170.
 [8] SRIVASTAVA R, SHAW A K, KULSHRESHTHA D K. Triterpenoids and chalcone from *Syzygium samarangense* [J]. Phytochemistry, 1995, 38(3): 687-689.

[9] 余炼, 颜栋美, 白洋. 莲雾香气成分分析[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2007, 32(S1): 65-68.
 [10] 张丽梅, 许玲, 陈志峰, 等. 莲雾果实香气成分的 GC-MS 分析[J]. 福建农业学报, 2012, 27(1): 109-112.
 [11] 张丽梅, 余东, 许玲, 等. 2 份特色莲雾资源果实香气成分的差异性分析[J]. 东南园艺, 2018(5): 7-11.
 [12] 阮赞誉, 金菊, 范晓凌, 黑珍珠莲雾果实不同发育阶段挥发物成分分析[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(2): 182-186.
 [13] 李娟, 孔杜林, 张万科, 等. 莲雾花挥发油的 GC-MS 分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(16): 4031-4032, 4037.
 [14] 任红, 宋鑫明, 邢军, 等. 莲雾花挥发性成分研究[J]. 食品工业, 2016, 37(4): 181-184.
 [15] 李海泉, 郭刚军, 徐荣, 等. 超临界 CO₂ 萃取莲雾叶精油的化学组成分析[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(8): 95-97, 106.
 [16] SOBEH M, BRAUN M S, KRSTIN S, et al. Chemical profiling of the essential oils of *Syzygium aqueum*, *Syzygium samarangense* and *Eugenia uniflora* and their discrimination using chemometric analysis[J]. Chemistry & biodiversity, 2016, 13(11): 1537-1550.
 [17] RESURRECCION-MAGNO M H, VILLASEÑOR I M, HARADA N, et al. Antihyperglycaemic flavonoids from *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. and Perry[J]. Phytotherapy research, 2005, 19(3): 246-251.
 [18] SHEN S C, CHANG W C. Hypotriglyceridemic and hypoglycemic effects of vescalagin from Pink wax apple [*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill and Perry cv. Pink] in high-fructose diet-induced diabetic rats[J]. Food chemistry, 2013, 136(2): 858-863.
 [19] HUANG D W, CHANG W C, WU J S, et al. Vescalagin from pink wax apple [*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill and Perry] alleviates hepatic insulin resistance and ameliorates glycemic metabolism abnormality in rats fed a high-fructose diet[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2016, 64(5): 1122-1129.
 [20] CHANG W C, SHEN S C, WU J S. Protective effects of vescalagin from pink wax apple [*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill and Perry] fruit against methylglyoxal-induced inflammation and carbohydrate metabolic disorder in rats[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2013, 61(29): 7102-7109.
 [21] 汪彬慧. 莲雾果多糖的结构表征、理化性质及降血糖活性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018: 20-30.
 [22] SHEN S C, CHANG W C, CHANG C L. Fraction from wax apple [*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill and Perry] fruit extract ameliorates insulin resistance via modulating insulin signaling and inflammation pathway in tumor necrosis factor α -treated FL83B mouse hepatocytes[J]. International journal of molecular sciences, 2012, 13(7): 8562-8577.
 [23] CHANG W C, SHEN S C. Effect of water extracts from edible myrtaceae plants on uptake of 2-(N-(7-nitrobenz-2-oxa-1,3-diazol-4-yl) amino)-2-deoxyglucose in TNF- α -treated FL83B mouse hepatocytes[J]. Phytotherapy research, 2013, 27(2): 236-243.
 [24] SHAHREEN S, BANIK J, HAFIZ A, et al. Antihyperglycemic activities of leaves of three edible fruit plants (*Azerrhoa carambola*, *Ficus hispida* and *Syzygium samarangense*) of bangladesh[J]. African journal of traditional complementary & alternative medicines, 2012, 9(2): 287-291.
 [25] SHEN S C, CHANG W C, CHANG C L. An extract from wax apple (*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill and Perry) effects glycogenesis and glycolysis pathways in tumor necrosis factor- α -treated FL83B mouse hepatocytes[J]. Nutrients, 2013, 5(2): 455-467.
 [26] RAGA D D, CHENG C L C, LEE K C I C, et al. Bioactivities of triterpenes and a sterol from *Syzygium samarangense* [J]. Zeitschrift fur naturforschung, 2011, 66(5/6): 235-244.
 [27] KIM Y J, KIM H C, KO H, et al. Inhibitory effects of aurentiacin from *Syzygium samarangense* on lipopolysaccharide-induced inflammatory response in mouse macrophages[J]. Food and chemical toxicology, 2012, 50(3/4): 1027-1035.
 [28] FOLORUNSO O S, ADEOLA S, GIWA AJENIYA A O. *Syzygium samarangense* volatile oil inhibited bacteria growth and extracellular protease of *Salmonella typhimurium* [J]. Pakistan journal of biological sciences, 2020, 23(5): 628-637.
 [29] KIM Y J, KIM H C, KO H, et al. Stercurensin inhibits nuclear factor- κ B-dependent inflammatory signals through attenuation of TAK1 - TAB1 complex formation [J]. Journal of cellular biochemistry, 2011, 112(2): 548-558.

植的机械化收获高产酿造高粱品种,为当地高粱机械化生产和集约化经营^[24-26]提供更高效的技术支撑。

该试验设置在甘肃省东部半干旱地区,其种植环境、土壤状况、栽培措施、管理水平^[27-30]等在陇东地区具有代表性,其研究结果可为相同或相近地区的酿造高粱生产提供依据。

参考文献

- [1] 卢伏善. 高粱学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:466-491.
- [2] 郝丰园. 小作物酿出大产业——高粱岗位体系专家张福耀访谈录[J]. 农业技术与装备,2010(17):28-31.
- [3] 焦少杰,王黎明,苏德峰,等. 优质酿造高粱龙杂5号的选育及推广应用[J]. 黑龙江农业科学,2006(2):11-12.
- [4] 石晓瑛. 7个粒用高粱品种在陇东地区适应性评价[J]. 种子,2020,39(6):135-138.
- [5] 张福耀,平俊爱. 高粱的根本出路在于机械化[J]. 农业技术与装备,2012(20):19-21.
- [6] 张建勋,刘利珍,高庭耀,等. 高粱机械化收获试验分析与收获机选型[J]. 农业技术与装备,2020(4):49-51.
- [7] 杜志宏,平俊爱,吕鑫,等. 高粱机械化种植品种选择及优质高产栽培技术[J]. 农业工程技术,2017,37(23):52-54.
- [8] 黄瑞冬,高悦,周宇飞,等. 矮秆高粱辽杂35光合特性与产量构成因素[J]. 中国农业科学,2017,50(5):822-829.
- [9] 焦少杰. 机械化栽培高粱龙杂7号的选育[J]. 中国农学通报,2006,22(2):140-141.
- [10] 王黎明. 早熟机械化栽培高粱品种龙杂7号[J]. 中国种业,2006(3):44.
- [11] 姜艳喜,焦少杰,王黎明,等. 极早熟机械化栽培高粱新品种龙杂18号[J]. 种子,2018,37(2):111-112.
- [12] 李慧明,李霞,平俊爱,等. 我国高粱机械化发展前景及配套栽培技术研究[J]. 现代农业科技,2015(14):45-46,48.
- [13] 孔凡信,刘志,肖继兵. 辽西地区适宜机械化生产酿造高粱品种综合评价[J]. 农学学报,2019,9(6):4-11.
- [14] 杜志宏,张福耀,平俊爱,等. 高粱产业机械化发展探讨[J]. 现代农业

科技,2014(24):87-88.

- [15] 李霞,杜志宏,平俊爱,等. 机械化高粱发展前景及高产栽培技术[J]. 科学种养,2015(Z1):224.
- [16] 史红梅,宋旭东,李爱军,等. 高粱产业化生产如何与现代农业机械相结合[J]. 山西农业科学,2012,40(4):307-309,356.
- [17] 郭梁,ANDREAS WILKES,于海英,等. 中国主要农作物产量波动影响因素分析[J]. 植物分类与资源学报,2013,35(4):513-521.
- [18] 辜胜前. 谈谈作物优良品种的选择与利用[J]. 农民致富之友,2015(6):101-102.
- [19] 高士杰,刘晓辉,李继洪. 高粱高产育种应重视株型和穗结构性状的改良[J]. 种子,2007,26(3):83-84.
- [20] 隋虹杰,成慧娟,张修,等. 28个高粱新品种在赤峰地区的筛选及应用[J]. 种子,2015,34(9):108-110.
- [21] 赵建武,王磊,崔金胜. 高粱穗部主要性状与产量的关系[J]. 山西农业科学,2016,44(1):9-10,44.
- [22] 张桂香,翟世宏,李爱军. 高粱穗部主要性状与产量的相关分析[J]. 杂粮作物,2005,25(2):77-79.
- [23] 王国山,顾恒琴,侯忠. 对作物品种资源工作的认识与思考[J]. 国外农学—杂粮作物,1997(3):34-36.
- [24] 周作昂,赵绍阳,何庆红. 劳动力老龄化对农业土地流转和规模经营的影响[J]. 财经科学,2020(2):120-132.
- [25] 徐学光. 推动农村土地流转是加快现代农业发展的重要途径[J]. 农民致富之友,2018(8):20.
- [26] 陈宁. 推进农业结构调整促进农民增收的重要途径[J]. 农民致富之友,2015(5):134.
- [27] 詹鹏杰,平俊爱,楚建强,等. 不同种植环境和密度对机械化栽培高粱农艺性状及产量的影响[J]. 山西农业科学,2019,47(10):1783-1788,1814.
- [28] 于澎湃,白晓倩,卢华雨,等. 高粱品种(系)耐密性分析及其对主要产量性状的影响[J]. 江西农业,2020(2):107-108.
- [29] 高士杰,王方. 气候因素与高粱主要性状的相关分析[J]. 中国农业气象,1991,12(2):19-22.
- [30] 许宁,张冰,宗凌红,等. 辽宁海城市高粱生产气候资源评价[J]. 安徽农业科学,2009,37(6):2432-2433.

(上接第25页)

- [30] SOBEH M, YOUSSEF F S, ESMAT A, et al. High resolution UPLC-MS/MS profiling of polyphenolics in the methanol extract of *Syzygium samarangense* leaves and its hepatoprotective activity in rats with CCl₄-induced hepatic damage[J]. Food and chemical toxicology, 2018, 113:145-153.
- [31] ZHANG Y J, ZHOU T, WANG F, et al. The effects of *Syzygium samarangense*, *Passiflora edulis* and *Solanum muricatum* on alcohol-induced liver injury[J]. International journal of molecular science, 2016, 17(10):1-11.
- [32] ZHANG Y J, WANG F, ZHOU Y, et al. Effects of 20 selected fruits on ethanol metabolism: Potential health benefits and harmful impacts[J]. International journal of environmental research and public health, 2016, 13:1-13.
- [33] KHAMCHAN A, PASEEPHOL T, HANCHANG W. Protective effect of wax apple (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L. M. Perry) against streptozotocin-induced pancreatic β -cell damage in diabetic rats[J]. Biomedicine & pharmacotherapy, 2018, 108:634-645.
- [34] SIMIRGIOTIS M J, ADACHI S, TO S, et al. Cytotoxic chalcones and antioxidants from the fruits of a *Syzygium samarangense* (Wax Jambu)[J]. Food chemistry, 2008, 107(2):813-819.
- [35] SOBEH M, PETRUK G, OSMAN S, et al. Isolation of myricitrin and 3,5-di-O-methyl gossypetin in *Syzygium samarangense* and evaluation of their involvement in protecting keratinocytes against oxidative stress via activation of the Nrf-2 pathway[J]. Molecules, 2019, 24(9):1-14.
- [36] KUO Y C, YANG L M, LIN L C. Isolation and immunomodulatory effect of flavonoids from *Syzygium samarangense*[J]. Planta medica, 2004, 70(12):1237-1239.
- [37] KO H, KIM Y J, AMOR E C, et al. Induction of autophagy by dimethyl cardamonin is associated with proliferative arrest in human colorectal carcinoma HCT116 and LOVO cells[J]. Journal of cellular biochemistry, 2011, 112(9):2471-2479.
- [38] KAMADA Y, YAKABU H, ICHIBA T, et al. Castalagin and vescalagin purified from leaves of *Syzygium samarangense* (Blume) Merrill & L. M. Per-

ry: Dual inhibitory activity against PARP1 and DNA topoisomerase II[J]. Fitoterapia, 2018, 129:94-101.

- [39] YANG J, SU J C, LEI X P, et al. Acylphloroglucinol derivatives from the leaves of *Syzygium samarangense* and their cytotoxic activities[J]. Fitoterapia, 2018, 129:1-6.
- [40] AMOR E C, VILLASEÑOR I M, ANTEMANO R, et al. Cytotoxic C-methylated chalcones from *Syzygium samarangense*[J]. Pharmaceutical biology, 2007, 45(10):777-783.
- [41] AMOR E C, VILLASEÑOR I M, YASIN A, et al. Prolyl endopeptidase inhibitors from *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L. M. Perry[J]. Z Naturforsch, 2004, 59(1/2):86-92.
- [42] AMOR E C, VILLASEÑOR I M, GHAYUR M N, et al. Spasmodic flavonoids from *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L. M. Perry[J]. Z Naturforsch, 2005, 60(1/2):67-71.
- [43] 黎晓霞. 莲雾清汁饮料的加工工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27):14948-14949.
- [44] 王作龙, 邢顺果, 马红梅. 莲雾发酵型乳饮料的加工工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(10):145-147, 209.
- [45] 朱萍, 梁大伟. 莲雾酒生产工艺的研究[J]. 江西食品工业, 2011(4):37-38, 41.
- [46] 李宏杨, 邢增通, 柯用春, 等. 莲雾果酒的发酵工艺研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(3):609-611, 530.
- [47] 陈赶林, 任红, 郑凤锦, 等. 不同干酵母对莲雾果酒酿造的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(4):704-709.
- [48] 任红, 郑凤锦, 方晓纯, 等. 低醇莲雾果酒发酵工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(1):50-54.
- [49] 李西腾, 李红涛. 莲雾果醋醋酸发酵条件的优化[J]. 食品工业, 2016, 37(1):140-142.
- [50] 黄俊生. 利用莲雾落果加工低糖果脯[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3):100-103.
- [51] 张福平, 马瑞君, 王季梅, 等. 莲雾叶黄酮类化合物微波提取工艺及其抗氧化性研究[J]. 广东农业科学, 2011, 38(22):91-94.