

文章编号:2095-7386(2023)05-0011-08

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2023.05.002

葛根的活性成分及其在食品中的应用

蒋晓宇¹,李婉冰¹,刘颖¹,卢玥¹,邹爱军²,常超¹

(1. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 武汉慧康利兹食品有限公司, 武汉 432200)

摘要:葛根营养丰富,是我国传统的药食两用植物,可开发为多种药用和保健食品,市场前景广阔。葛根素是葛根的主要活性成分,具有保护心脑血管、降血压、降血糖、抗肿瘤、提高免疫力等作用。近年来随着研究的不断深入,葛根及葛根素的用途更加广泛。综述了葛根的活性成分,并对比了不同葛根种类之间的差异,总结了葛根素的功效和提取方法,阐述了葛根素在不同食品中的应用,为进一步提升葛根产品的药食两用价值提供了一定的技术参考。

关键词:葛根;活性成分;提取方法;食品开发

中图分类号:TS 213.3

文献标识码:A

The active ingredients of pueraria and its application in food

JIANG Xiaoyu¹, LI Wanbing¹, LIU Ying¹, LU Yue¹, ZOU Aijun², CHANG Chao¹

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Wuhan Huikang Leeds Food Co., Ltd., Wuhan 432200, China)

Abstract: Pueraria is rich in nutrition and is a traditional medicine and food plant in China. It can be developed into a variety of medicinal and health food, with a broad market prospect. Puerarin is the main active ingredient of pueraria, which has the functions of protecting cardiovascular and cerebrovascular vessels, lowering blood pressure, lowering blood sugar, anti-tumor, and improving immunity. In recent years, with the deepening of research, the use of pueraria and puerarin is more extensive. This paper summarizes the active ingredients of pueraria and points out the differences between different species, summarizes the physiological function and extraction methods of puerarin, focuses on the application prospect of puerarin in different foods, and provides some technical reference for further improving the dual-use value of puerarin products.

Key words: pueraria; active ingredient; extraction method; product development

1 引言

葛根(*Puerariae lobatae*, *Radix*)性甘、辛、凉,具有丰富的药理活性^[1],能改善心脑血管功能,具有

抗氧化、抗癌和解酒的功效,是传统的药食两用植物^[2]。《本草纲目》称,葛根乃阳明经药,兼入脾经,脾主肌肉。鉴于葛根的药食同源特性^[3],也随着对葛根活性成分、营养功能的深入认识,目前人们已逐

收稿日期:2023-09-26.

作者简介:蒋晓宇(2000-),女,硕士研究生,E-mail:1902915605@qq.com.

通信作者:常超(1976-),男,教授,博士,E-mail:changchao2000@163.com.

基金项目:大宗粮油精深加工教育部重点实验室开放课题(2020JYBQGDKFB17).

步意识到葛根在医药、保健、食品、化妆品等领域都具有重要的应用价值。葛根素(Puerarin, Pue)亦称葛根黄酮,是葛根的主要活性成分,化学名称为 8-β-D 葡萄糖吡喃糖-4',7-二羟基异黄酮^[4],外观呈白色至微黄色结晶性粉末,分子式为 C₂₁H₂₀O₉,存在于豆科植物葛和野葛中。由于葛根素含有酚羟基活性基团,提取时存在活性降低和不稳定等技术问题。

在葛根精深加工方面,日本是世界上较早提炼葛根黄酮的国家^[5],其全粉加工及葛根素提炼工艺较为完善,已形成了一系列涉及各种形式的葛根类产品,如葛根饮料、葛根面包、葛根果冻、葛根挂面、葛根酱、葛根冰淇淋、葛根粉丝、葛根酒等。而我国在精深加工方面与之存在较大差距,主要问题在于我国葛根活性成分提取效率不高、深加工方式比较粗糙、产品科技赋值比较低,产业化亟待升级。笔者综述了葛根的各种活性成分并对比了不同葛根种类中主要活性成分葛根素含量的差异,为开发葛根产品选择原料种类和来源提供数据参考。同时重点阐述了葛根素的提取方法和葛根在不同食品中的应用

情况,以期为进一步提升葛根产品的药食两用价值提供一定的技术参考。

2 葛根的活性成分

2.1 活性成分的组成

葛根活性成分主要有四大类,即异黄酮类、三萜类、香豆素类、生物碱类,其中异黄酮和三萜皂苷含量最高^[6]。除此之外还有多糖、淀粉以及人体必需氨基酸和矿物质^[7]。

2.1.1 异黄酮类

异黄酮类是葛根主要的生物活性成分^[8],在分子结构上是与人体自身分泌的雌激素最为相似的一种植物雌激素^[9],属于植物次生代谢产物。目前已知的葛根异黄酮类化合物有数十种^[10],如葛根素、大豆苷、3-羟基葛根素、大豆苷元、葛根素芹菜糖苷、3-甲氧基葛根素、染料木素、芒柄花素(表 1)^[11],其中葛根素是葛根异黄酮类化合物中最主要的成分^[12],结构式如图 1 所示。葛根素是评价葛根产品品质最重要的监测成分。

表 1 葛根中的异黄酮类化合物^[13]

Table 1 Iteroflavones in pueraria

名称	英文名称	化学式	含量(mg/g)
葛根素	Puerarin	C ₂₁ H ₂₀ O ₉	4.28~76.10
3-羟基葛根素	3'-hydroxy Puerarin	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	0.21~20.61
大豆苷	Daidzin	C ₂₁ H ₂₀ O ₉	0.05~6.74
大豆苷元	Daidzein	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	0.36~16.48
染料木素	Genistein	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	7.63~51.43
芒柄花素	Formononetin	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	—
3-甲氧基葛根素	3'-Methoxy Puerarin	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₀	—
葛根素芹菜糖苷	Puerarin apioside	C ₂₆ H ₂₈ O ₁₃	0.72~13.18

备注:“—”表示未报道,下同。

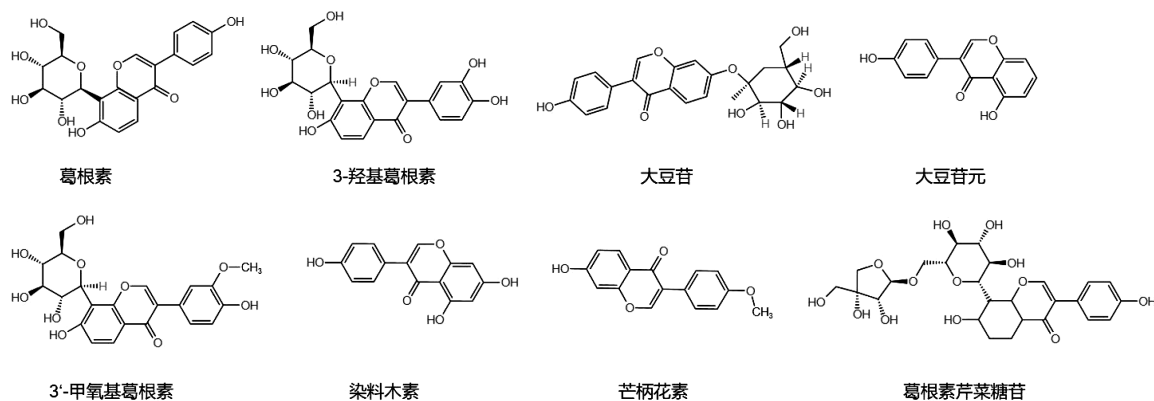


图 1 葛根异黄酮类化合物结构式

Fig. 1 Structural formula of pueraria isoflavones

2.1.2 三萜类化合物

三萜类化合物也是葛根重要的活性成分,目前已知葛根中的三萜类化合物有槐二醇、槐花二醇、葛根皂醇 B 甲酯、葛酚苷、大豆皂醇、大豆苷醇、刺槐皂苷Ⅲ等^[14]。三萜类化合物是由多个去掉氢氧基后的异戊二烯首尾相互连接而成的物质,其分子结构中含有部分氢氧基与羟基基团^[15],主要成苷部位在三萜类化合物的 C-3 位,少数在 C-21、C-22、C-29 位^[16]。三萜类化合物的组成架构相对复杂,药理活性并不固定,因结构的不同从而表现出不同的抗肿瘤、保肝、抗炎镇痛等功能。

2.1.3 香豆素类化合物

香豆素是葛根中已经被报道的芳香族化合物。葛根中的香豆素类化合物主要为苯丙二氢呋喃衍生物,以异黄酮类化合物的最高氧化形式存在于葛属植物中,目前从葛根中分离得到的有 6,7-二甲氧基香豆素(6, 7-dimethoxycoumarin)、香豆雌酚

(coumestol)、槐香豆素 A、葛根酚等^[17]。

2.1.4 生物碱类

大多数生物碱具有复杂的环状结构,且环内多包含氮素^[18],存在明显的生物活性,同时它也是中草药中极为重要的有效成分之一。葛根中的生物碱主要包括氯化胆碱、乙酰胆碱、生物碱卡赛因、尿囊素、D-甘露醇、5-甲基海因等。

2.2 葛根素与产地的关联性

葛根是豆科葛属的干燥块根。全球现有葛属植物 15~20 种,我国有 9 种,主要分布在广东、广西、湖南、浙江、四川、河南等省份,其中广西为我国著名的葛根之乡。不同地区的葛根中所含主要活性成分葛根素的含量差异比较大^[19](表 2),其中野葛的葛根素含量比粉葛的高,这也决定了野葛主要用于葛根素产品的开发,而粉葛主要用于葛粉的制备。这些差异可以为开发葛根产品选择原料种类和来源提供数据参考。

表 2 不同葛根种类中葛根素含量的变化

Table 2 Changes of puerarin content in different pueraria species

名称	别名	分布	生长环境	葛根素的含量/%	参考文献
三裂叶野葛	三裂叶葛	广东、海南、广西、浙江	山地、丘陵的灌丛中	0.001~0.023	20
小花野葛	掸邦葛	云南	林中或草地上	0.001~0.023	22
苦葛	云南葛、白苦葛、 红苦葛	云南、西藏、 四川、贵州、广西	荒地、杂木林中	0.001~0.023	21、22
须弥葛	喜马拉雅山葛藤、 瓦氏葛藤	云南、西藏	海拔 1 700 m 的 山坡灌丛中	0.01 以下	22
密花葛	狐尾葛	云南	—	0.01 以下	22
黄毛萼葛	萼花葛、黄毛萼葛藤	云南	海拔 2 000~2 600 m 的山地灌丛中	0.01 以下	22
食用葛	食用葛藤、葛根、 葛藤、粉葛、	云南、四川、广西	海拔 1 000~3 200 m 的山沟林中	0.01 以下	22
峨眉葛	毛葛藤	云南、四川、贵州	海拔 1 500~1700 m	—	26
大花葛	—	云南、四川	山沟或森林中	0.01 以下	22
葛(原变种)	野葛、葛藤	除新疆、青海及 西藏外的全国各地	山地或密林中	2.4	23、26
葛麻姆(野葛变种)	越南葛	云南、四川、贵州、 湖北、浙江、江西、	旷野灌丛中 或山地疏林下	0.01~0.12	23、26
粉葛(野葛变种)	甘葛藤	云南、四川、江西、湖南、 湖北、广西、广东	山野灌丛或疏林中	0.05~2.90	23~26

3 葛根素的功效

葛根素能够提高人体免疫力,从而帮助人体对抗各种疾病^[27],如抗器官纤维化、防治心血管疾病、抗肿瘤、降血压、降血糖^[28]、加快新陈代谢、增强肝脏解毒功能等^[29]。笔者重点阐述抗器官纤维化、抗肿瘤、降血压三种功效。

3.1 抗器官纤维化

器官纤维化是指反复损伤和炎症反应引起纤维细胞持续活化、增殖,从而导致细胞外基质的进行性积累,组织器官功能减弱甚至衰竭^[30]的现象,会严重影响人类的身心健康,主要包括肾脏、肺脏、肝脏、心脏和其他器官的纤维化。研究发现,葛根素能够减轻压力负荷导致的心肌肥厚,其机制是通过增加 Sirt 1 活性、降低 FOXO 1 乙酰化水平和减轻心肌纤维化和炎症反应,以改善心脏功能发挥保护作用^[31]。张璋等^[32]运用体内外实验研究证明葛根素能够降低炎症因子表达、调节氧化应激、抑制胶原蛋白的表达以及阻断胶原纤维的异常沉积,具有抗心脏纤维化、肝纤维化、肺纤维化、肾纤维化、子宫纤维化等作用。

3.2 抗肿瘤

肿瘤是指在各种致癌因子作用下,机体细胞异常增生形成的一类疾病,是世界上死亡率最高的疾病之一^[33],而且发生率和死亡率逐年上升。研究表明,葛根素对于部分肿瘤细胞具有抑制和诱导细胞凋亡作用^[34],其机制是直接作用于多种肿瘤疾病,或间接作用于多条与肿瘤形成发展有关的通路。张莉华等^[35]通过类药性筛选、靶点预测和生物通路分析等方法对葛根抗肿瘤的潜在作用机制进行探讨,建立了葛根多成分-多靶点-多通路的网络,证明了葛根可以通过多种途径发挥抗肿瘤作用。

3.3 降血压

高血压是血液在血管中流动时对血管壁造成的压力值持续高于正常情况的现象,由多种复杂的神经体液和机械信号调节,是世界范围内主要的心血管危险因素和死亡原因。研究发现,葛根素可以降低收缩压和舒张压^[36],对高血压患者有一定的治疗作用,葛根素通过抑制血管平滑肌细胞 TRPCs 通道活性来改善血管重构,扩张血管、降低血管阻力,从而达到降低血压的作用。Shi 等^[37]采用 qPCR 阵列技术检测高血压相关基因的表达,并对差异表达的基因进行分析,证明了葛根素对自发性高血压大鼠具有降压作用。

4 葛根素的提取

传统的葛根素提取方法是浸提法,该方法的操作过程容易造成有效成分流失。近年来,提取葛根素的新技术不断涌现,主要包括物理、化学、生物等提取方法。

4.1 物理萃取

4.1.1 超声波提取法

超声波提取法的原理是利用高频振动的超声波使分子间产生强烈空化和扰动效应^[38],从而形成巨大的剪切力量,并把它施加在细胞壁上,使葛根黄酮这类化合物从被破坏的细胞壁中溶解出来。而且在超声波的作用下,能够提高溶剂的渗透性,使得目标提取物的提取效果更好。超声波提取法省时省力,在提取的纯度和利用率上都比传统方法更加出色^[39]。赵丽平等^[40]以河南省大别山区的野葛根为原料,采用超声波辅助提取葛根素,纯化后经 HPLC 法测定葛根素含量为 62.03%。

4.1.2 大孔吸附树脂法

大孔吸附树脂是离子交换树脂的一种,可通过氢键产生吸附力,吸附时溶液通过大孔树脂,大孔树脂吸附了溶液中所需要的成分,由于树脂内部具有不同的孔径,溶液进入后会留下不同的离子。将大孔树脂进行洗脱回收,提取、分离、提纯所需的离子。大孔吸附树脂法无污染、成本低、设备简单,适合大量生产。陶柏成等^[41]利用大孔树脂吸附提取葛根素,结果表明 1 g 葛根药材的提取液需要 2.71 g D-101 大孔树脂,且葛根提取物葛根素的含量在 40% 以上。吕述权等^[42]以葛根素粗品为原料,利用琼脂制备琼脂凝胶微球键合 β -环糊精分离介质,结合 AB-8 大孔树脂进行处理,得到高纯度、高回收率的葛根素。Guo 等^[43]比较了 6 种市售树脂的吸附性能,采用可用于设计大型固定床吸附的传质区运动模型,对 H103 树脂的动态吸附进行分析,然后进行酸水解,得到纯度为 90% 的葛根素。

4.1.3 亚临界水提法

亚临界水提法的原理是通过控制亚临界水的压力以及温度,进而改变水的极性和黏度,以增加水对目标物质的溶解性。亚临界水提技术是一种新型提取技术,与传统提取方法相比,此技术提取时间短、效率高、无污染。周丽等^[44]通过亚临界水提法优化葛根总异黄酮的提取工艺,结果表明当提取温度为 120 °C、提取时间为 30 min、料液比为 1:25、压力为 1.1 MPa 时,葛根素的提取率和质量分数分别为

7.83%和24.9%。

4.1.4 微波提取法

微波辅助提取法是对葛根提取物发射频率较高的电磁波,高频率的电磁波会使溶剂和物料产生热能,细胞内温度升高、压力增大,致使细胞壁膨胀破裂,有效成份被释放,再按照常规方法进行提纯和制备。微波辅助提取法效率高、成本低、污染小。李东等^[45]利用微波辅助萃取法提取干葛根和鲜葛根的葛根素,提取干葛根葛根素的最佳工艺为1:25(g/mL)的料液比、255 W的微波功率、2 min的微波处理时间、体积分数30%的乙醇;提取鲜葛根葛根素的最佳工艺为1:20(g/mL)的料液比、255 W的微波功率、2.5 min的微波处理时间、体积分数30%的乙醇。最佳工艺下干葛根和鲜葛根的葛根素分别为 (21.7 ± 0.2) mg/g和 (6.37 ± 0.05) mg/g。

4.1.5 回流提取法

回流提取法是用乙醇等易挥发的有机溶剂提取原料成分^[46],将浸出液加热蒸馏,其中挥发性溶剂馏出后又冷却,重复流回浸出容器中浸提原料,直至有效成分回流提取完全。回流法是在传统浸提法的基础上增加了一个回流装置,与浸提法相比,水浴回流法提取效率和纯度更高,并且操作风险小、无污染、设备简单、成本低。刘李婷等^[47]将葛根粉用干燥滤纸包紧后放入茄形烧瓶中,加入定量乙醇,然后用电热套恒温加热回流提取葛根素,结果表明,当回流时间为3 h、乙醇体积分数为90%、固液比为1:12时最优,此时葛根素提取率为181.87 μ g/100 g。

4.2 化学萃取

4.2.1 酸水解法

酸水解法的依据是葛根中的葛根素衍生物能水解生成葛根素。对葛根异黄酮提取物进行酸性水解,再将酸水解液用氯仿萃取、分离即得到葛根素。酸水解法操作简单,产物纯度较高,但该方法有一定的缺点,可能会破坏药材中的已知或未知成分。潘妮婕等^[48]在提取的葛根总黄酮中加入1 200 mL浓度为5%的HCl溶液,加热回流4 h水解,然后用乙酸乙酯萃取,最后放置析出葛根素粗品,葛根素提取率为1.36%。

4.2.2 盐析法

盐析法是指在葛根提取液中加入盐,使葛根黄酮从水溶液中析出,然后进行纯化。在粉碎后的葛根固体中加入蒸馏水,再进行超声波破壁,超声波提取后过滤,滤液用正丁醇溶液萃取,萃取后将正丁醇回收,向回收后的固体中加入浓度为95%的乙醇溶

液进行溶解,过滤后所得溶液即为待测葛根素溶液^[49],葛根素的提取率为0.11%。

4.3 生物技术提取

生物技术提取法是指利用合适的酶,通过酶促反应将植物组织分解,进而达到提取、纯化有效成分的目的。一般可选用纤维素酶、木质素酶等将植物组织分解,以达到加速释放有效成分的目的。虽然酶反应条件温和、反应迅速,但是商品酶价较高、耗时长、成本高^[50]。王星敏等^[51]以提取葛粉后的葛根废渣为研究对象,采用微生物和代谢物酶解提制葛根素,结果表明,在30 $^{\circ}$ C下酶解36 h后,经乙醇浸提3 h可提取葛根素33.54 mg。

5 葛根食品的开发

由于葛根具有多种功能性成分,其产品开发成为研究热点,被广泛应用在保健酒、饮料、奶制品和面制品之中。

5.1 葛根保健酒

葛根保健酒开发的关键技术在于原料的选择和发酵工艺的优化,以获得富含葛根素的保健酒。葛根保健酒通常以葛根、葛花为主要原料,采用传统或现代酿酒工艺均可开发保健酒。董琪等^[52]采用野葛全粉和野葛淀粉混合发酵,富含淀粉的葛根粉为乙醇的转化提供了物质基础,菌种的发酵能促进葛根素的释放,形成特有的口感风味,葛根素含量可达160.83 μ g/mL。

5.2 葛根饮料

葛根饮料通常以鲜榨葛根汁或酶解液为原料,其产品能够保留葛根清香微苦的独特风味,也可以在此基础上添加牛乳制成葛根牛奶,或添加其他水果提取物制成混合饮料。葛根饮料不仅具有解酒作用^[53],还能清热泻火。韩亚飞等^[54]对葛根采用浸提和酶解工艺,生产出具备生理保健功能的饮料,其葛根素含量为23.81 μ g/mL, DPPH 自由基清除率达到89.95%。

5.3 葛根酸奶

葛根酸奶是在牛奶中添加适量的葛根浆后进行发酵,是一种集营养与保健一体的新型乳制品,具有促进消化、降低胆固醇、改善乳糖不耐和调节肠胃不耐等功效,具有较高的推广价值。亢灵涛等^[55]以葛根粉、紫薯粉和鲜牛奶为主要原料,采用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌混合进行发酵制备葛根紫薯复合酸奶,增加了功能性酸奶的种类,丰富了手工酸奶市场。

5.4 葛根面包

葛根面包是以葛根粉和面粉为原料经发酵制备而成。向面粉中加入葛根粉,既可降低传统面包的糖分,又含有葛根的活性成分,能增加葛根面包的保健效果。张首玉等^[56]以传统的面包配方为基础,加入适量葛根山药粉,改进了传统工艺,研制出适合于糖尿病人、脾胃失调、心悸失眠等人士的葛根山药面包。

5.5 葛根挂面

葛根挂面以小麦粉为主料,加入适量比例的葛根粉制成。葛根粉的添加增强了面条的可食性和功能性,既能有效地抑制老化,又改善了我国挂面种类相对单一、微量营养素缺乏等问题。陈林等^[57]通过改进传统工艺制备出葛根面条,葛根粉的添加使得葛根面条对 DPPH 自由基和 ABTS 自由基具有显著的清除作用,表明葛根面条具有一定抗氧化功能,且葛根素含量在 10.0~120.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 范围内。

6 总结与展望

我国葛根的产地资源丰富,品种多样,具有很大的发展潜力。目前在葛根化学成分和生物活性领域已取得了比较好的进展,其产品的多样性也逐渐丰富。但是国内葛根产品的精加工能力较差,葛根产业普遍规模较小,商品附加值较低,并且这些产品主要以葛根粉、葛根淀粉为主,缺乏对生物活性成分的利用及功能产品的开发。后续的研究应该加强以下几个方面:(1)结合新技术,不断提高葛根素的提取效率,弥补已有技术的不足;(2)加强对葛根生物活性成分的结构鉴定,丰富葛根活性成分的基础数据;(3)葛根作为药食两用植物,可加大对其活性成分功效的研究,提高其在医疗、保健等方面的作用;(4)充分利用葛根资源,提高葛根高附加值产品的开发和规模化生产。

参考文献:

- [1] Yang Y, Zhao H, Zhu F R, et al. Analysis of Isoflavones in Pueraria by UHPLC-Q-Orbitrap HRMS and Study on α -Glucosidase Inhibitory Activity[J]. Foods, 2022, 11(21): 3523.
- [2] Lu Z X, Jiang H T, Chen Z Q, et al. Characteristics and upregulation of antioxidant capacity of fermented pueraria starch production wastewater with kombucha consortium[J]. E3S Web of Conferences, 2021, 251: 02054.
- [3] Yang Y F, Li M X, Wang Q, et al. Pueraria lobata starch regulates gut microbiota and alleviates high-fat high-cholesterol diet induced non-alcoholic fatty liver disease in mice[J]. Food Research International, 2022, 157(1): 111401.
- [4] 王东红,王春爱,薛建军. 葛根素的研究进展[J]. 西部中医药, 2017, 30(1): 139-142.
- [5] 龙紫媛,尚小红,曹升,等. 药食同源中药葛根产区质量考证与产品研发现状[J]. 中国现代中药, 2022, 24(09): 1784-1796.
- [6] He H, Peng S W, Song X, et al. Protective effect of isoflavones and triterpenoid saponins from pueraria lobata on liver diseases: A review[J]. Food Science & Nutrition, 2021, 10(1): 272-285.
- [7] 李臻,赖富饶,吴晖. 葛根的营养成分分析[J]. 现代食品科技, 2011, 27(8): 1010-1011.
- [8] Wang S G, Zhang S M, Wang S P, et al. A comprehensive review on Pueraria: Insights on its chemistry and medicinal value[J]. Bio-medicine & Pharmacotherapy, 2020, 131: 110734.
- [9] Mocan A, Carradori S, Locatelli M, et al. Bioactive isoflavones from Pueraria lobata root and starch: Different extraction techniques and carbonic anhydrase inhibition[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 112: 441-447.
- [10] Chen X, Yu J, Shi J. Management of diabetes mellitus with puerarin, a natural isoflavone from Pueraria lobata[J]. The American journal of Chinese medicine, 2018, 46(08): 1771-1789.
- [11] 史晨旭,杜佳蓉,吴威,等. 葛根化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国现代中药, 2021, 23(12): 2177-2195.
- [12] Cheng H, Huang X H, Wu S, et al. Chromosome-Level Genome Assembly and Multi-Omics Dataset Provide Insights into Isoflavone and Puerarin Biosynthesis in Pueraria lobata (Wild.) Ohwi[J]. Biomolecules, 2022, 12(12): 1731.
- [13] 曾文荣,黄达荣,谢斯威,等. 葛根异黄酮组

- 成、结构及功效机制研究进展[J]. 食品科学, 2023,44(01):353-361.
- [14] 刘亚美,陈琼,吴菲菲,等. 葛根异黄酮的现代研究进展[J]. 福建茶叶,2020,42(1):18-19.
- [15] 赖建有,李兴波. 葛根的化学成分和药理作用和用途[J]. 农业与技术,2018,38(20):36-36.
- [16] 董英,徐斌,林琳,等. 葛根的化学成分研究[J]. 食品与机械,2005,21(6):85-88,100.
- [17] 李昕,潘俊娟,陈士国,等. 葛根化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国食品学报,2017,17(09):189-195.
- [18] 陈艳,文佳玉,谢晓芳,等. 葛根的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药与临床,2021,12(1):53-60.
- [19] 董刁倩,梅瑜,王继华,等. 药食同源植物葛根的研究进展[J]. 长江蔬菜,2020,2:43-47.
- [20] 温海成,杨颖欣,叶信,等. 正交试验优选壮药三裂叶葛藤中葛根素的提取工艺研究[J]. 中国民族医药杂志,2016,22(09):57-59.
- [21] 侯鑫鑫. 苦葛皂苷 A 提取工艺及其微乳剂的研制[D]. 四川:四川农业大学,2018.
- [22] 顾志平,陈碧珠,冯瑞芝,等. 中药葛根及其同属植物的资源利用和评价[J]. 药学学报,1996(05):387-393.
- [23] 尚小红,曹升,肖亮,等. 广西葛种质资源调查与收集[J]. 植物遗传资源学报,2020,21(5):1301-1307.
- [24] 王伟宁,张波. 葛根与粉葛的异同[J]. 解放军药学学报,2018(3):289-289.
- [25] 尚小红,曹升,严华兵,等. 广西粉葛产业现状分析及其发展建议[J]. 南方农业学报,2021,52(6):1510-1519.
- [26] 陈平,蒋世翠,雷燕,等. 药用植物葛的研究进展及综合开发利用[J]. 海峡药学,2012,24(09):25-27.
- [27] Sun Y J, Cao S J, Liang F N, et al. Puerol and pueroside derivatives from *Pueraria lobata* and their anti-inflammatory activity. [J]. *Phytochemistry*, 2022,205:113507.
- [28] Prasain J K, Barnes S, Wyss J M. Kudzu isoflavone C-glycosides: Analysis, biological activities, and metabolism[J]. *Food Frontiers*, 2021,2(3):1-7.
- [29] Wang Q, Shen Z N, Zhang S J, et al. Protective effects and mechanism of puerarin targeting PI3K/Akt signal pathway on neurological diseases[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2022,13:1022053.
- [30] 李娜,郑雁,李萍,等. 上皮间质转化在器官纤维化中作用及中药干预机制的研究进展[J]. 中成药,2022,44(8):2573-2579.
- [31] 王子宽,李菁华,李炜,等. 葛根素激活 Sirt1 抑制炎症和纤维化减轻压力负荷诱导小鼠心肌肥厚的研究[J]. 解放军医药杂志,2020,32(10):12-18.
- [32] 张璋,陈卫民,毛舜,等. 葛根素抗器官纤维化作用机制的研究进展[J]. 湖南中医药大学学报,2022,42(12):2128-2133.
- [33] Chen Y, Zhu Z P, Chen J, et al. Terpenoids from *Curcuma Rhizoma*: Their anticancer effects and clinical uses on combination and versus drug therapies[J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021,138:111350.
- [34] Fang X X, Zhang Y G, Cao Y M, et al. Studies on Chemical Composition of *Pueraria lobata* and Its Anti-Tumor Mechanism [J]. *Molecules*, 2022,27(21):7253.
- [35] 张莉华,崔明超,陈少军. 基于网络药理学的葛根抗肿瘤潜在机制探讨[J]. 天然产物研究与开发,2018,30(4):547-553,615.
- [36] Fang X X, Dong S, Wu Y, et al. Ameliorated biomechanical properties of carotid arteries by puerarin in spontaneously hypertensive rats[J]. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 2021,21(1):2-12.
- [37] Shi W L, Yuan R, Chen X, et al. Puerarin Reduces Blood Pressure in Spontaneously Hypertensive Rats by Targeting eNOS. [J]. *The American journal of Chinese medicine*, 2019,47(01):1-20.
- [38] 刘亚美,陈琼,吴菲菲,等. 葛根异黄酮的现代研究进展[J]. 福建茶叶,2020,42(01):18-19.
- [39] 陈成,吕清清,李海蓉,等. 葛花中葛根素的提取与应用[J]. 江苏调味副食品,2022,(01):3-5.
- [40] 赵丽平,张雯雯,汪金萍,等. 葛根素的提取及

- 生物活性分析[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(17): 107-112.
- [41] 陶柏成, 顾燕. 葛根中葛根素的树脂纯化工艺研究[J]. 现代医药卫生, 2014, 30(23): 3556-3557, 3560.
- [42] 吕述权, 石国宗, 孙丽, 等. 琼脂凝胶微球纯化葛根素的工艺研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(6): 1059-1065.
- [43] Guo H D, Zhang Q F, Chen J G, et al. Large scale purification of puerarin from *Puerariae Lobatae Radix* through resins adsorption and acid hydrolysis[J]. Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences, 2015, 980: 8-15.
- [44] 周丽, 张博雅, 张永忠. 亚临界水提取葛根中总异黄酮的研究[J]. 中草药, 2012, 43(03): 492-495.
- [45] 李东, 姚氏丽, 张小勤, 等. 微波辅助萃取法提取葛根总黄酮工艺优化[J]. 食品工业, 2022, 43(10): 19-23.
- [46] Wang S Y, Gao J, Chen Y L, et al. Optimisation of the ethanol-based heat reflux extraction of isoflavones from *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi root[C]//Advanced Materials Research. Xi'an: Trans Tech Publications Ltd, 2014: 180-186.
- [47] 刘李婷, 马佩. 粉葛中葛根素的提取工艺研究[J]. 食品工程, 2022(2): 42-44, 80.
- [48] 潘妮婕, 刘谦光. 酸水解法从葛根中提取分离葛根素和大豆苷元[J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(6): 66-69.
- [49] 朱勇, 黄海, 蔡福欢, 等. 不同提取工艺对葛根素提取率的比较[J]. 农产品加工: 下, 2014(10): 55-56, 62.
- [50] 周婷. 生物法协同提取葛根素的研究[D]. 陕西: 西安理工大学, 2014.
- [51] 王星敏, 殷钟意, 李鑫, 等. 纤维素酶酶解醇葛根素研究[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 46-49.
- [52] 董琪, 张后才, 刘飞翔, 等. 浓醪发酵葛根酒的工艺研究[J]. 酿酒科技, 2020, 315(09): 87-92.
- [53] 李银花, 宋卉. 葛根酸奶解酒性能研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(04): 368-369, 372.
- [54] 韩亚飞, 董笑笑. 葛根饮料的开发及抗氧化研究[J]. 饮料工业, 2022, 25(04): 51-57.
- [55] 亢灵涛, 崔桂娟, 李高阳. 葛根、紫薯复合手工酸奶的工艺研究[J]. 食品工业, 2018(5): 78-82.
- [56] 张首玉, 司俊娜. 葛根山药保健面包的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(12): 74-78.
- [57] 陈林, 周浓, 韩林, 等. 葛根面条中总黄酮提取及抗氧化测定[J]. 食品科技, 2013, 38(09): 210-212, 217.