

葛的功能营养特性与开发应用现状

Research and development of functional properties in Pueraria

梁 洁¹ 李 琳² 唐汉军^{1,2,3}

LIANG Jie¹ LI Lin² TANG Han-jun^{1,2,3}

(1. 中南大学隆平分院, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南省农业科学院作物淀粉化学与代谢组学创新团队, 湖南 长沙 410125; 3. 湖南省农业科学院农产品加工研究所, 湖南 长沙 410125)

(1. Longping Branch Graduate School, Central South University, Changsha, Hunan 410125, China; 2. Research Team of Crop Starch Chemistry and Metabonomics, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China; 3. Product Processing Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China)

摘要:文章概述了近 30 年来国内外葛属植物功能营养特性及其在食品领域开发应用的主要成果,对旱粮作物资源开发利用过程中存在的问题进行分析,为葛的进一步高效开发,提升其科技与产业发展水平提供参考建议。

关键词:葛属植物;功能成分;生理功能;营养成分;安全性;开发应用

Abstract: Summarized the functional properties and application of pueraria in the food industry, and analyzed the exploitation, research and problems of the kudzu as a dry crop resource. It was helpful for high efficiency development and level improvement in technology and industry development of pueraria application.

Keywords: pueraria; functional components; physiological function; nutrients; security; application

葛是一种多年生豆科藤本药食两用植物,主要分布在热带和温带地区,在中国、日本、美国(19 世纪从日本引进)、澳大利亚、马来西亚、印度、泰国等国均有分布,在中国的华南、华东、华中、西南、华北、东北等地区广泛分布,已有 35 种被确认^{[1]221-229}[2]。葛在中国有悠久的药用历史,最早记载于《神农本草经》^[3-4]。葛根和葛花供药用,列为药品中的中品,历代本草也均有记载。葛根的传统功效主要为清热解肌、生津止渴、醒脾解酒、透疹和升阳止泻等,而现代葛根利用则跨越了传统清热解表的功效。近年,随着国内外对葛属植物功能营养成分及食品开发研究的不断深入,表明其在医

药、食品、工业中有广泛的应用价值和开发潜力,受到世界各国关注。目前葛属植物的根是主要利用部位,中国野生及栽培总面积初步统计有 40 hm² 以上,葛根年产量 150 万 t 以上^[5],不论作为药材应用,还是作为食品应用,生产和销售均居世界第一位。本研究概述近 30 年来中国葛属植物功能营养特性及其在食品领域开发应用的主要成果,对作为旱粮作物资源开发利用过程中存在的问题进行分析,旨在为葛属植物的进一步高效开发,提升科技与产业发展水平提供参考。

1 中国葛属植物资源与分布

中国是葛属植物的种质资源中心,约有 9 个种,2 个变种^[3-6],分为野葛、粉葛(变种)、食用葛、苦葛、峨眉葛、越南葛、三裂叶葛、黄毛葛、密花葛、葛麻姆(变种)等^[7-11]。野葛和粉葛是中国开发利用最广泛的种类,其次是苦葛与食用葛。野葛在中国分布最广,粉葛次之,是中国葛粉和中药材的主要来源。目前,粉葛是主要栽培种类,且规模化栽培年年扩大,其他种类只是个别地方开发利用,产品少、产量低,有的种类尚未被利用。中国葛属植物的种类、分布情况、资源情况和利用状况见表 1。

2 葛属植物的主要功能营养成分

葛属植物主要功能成分有异黄酮类、芳香类、三萜类、氯化胆碱、二氯化乙酰胆碱、长塞因、D-甘露醇、L-(+)-乳酸镁、谷固醇、胡萝卜苷、6,7-二甲氧基香豆素、5-甲基海因、胆碱和乙酰胆碱等^[14],其中以异黄酮类化合物应用最多。葛属植物主要营养成分是淀粉、膳食纤维、蛋白质和脂肪等^[15],其应用最广泛的是葛根淀粉。

2.1 异黄酮类化合物

2.1.1 异黄酮的种类与分子结构 葛植物的主要功能成分是异黄酮类化合物,葛根素、羟基葛根素、甲氧基葛根素是葛

基金项目:湖南省农业科学院作物淀粉化学与代谢组学创新团队平台建设项目(编号:2014TD06);中南大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号:2016zzts586)

作者简介:梁洁,女,中南大学在读硕士研究生。

通信作者:唐汉军(1964—),男,湖南省农业科学院副研究员。

E-mail: tanghanjun@yeah.net

收稿日期:2016-06-05

表 1 中国葛属资源的种类与分布
Table 1 Species and distributions of pueraria in China

中名	学名	分布范围	资源情况	利用状况
野葛 ^{[1]224[10-11]}	<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	除西藏、新疆外的全国大部分省区	丰富,有少量栽培	药用、偶食用
粉葛 ^{[1]227}	<i>P.thomsonii</i> Benth.	云南、四川、贵州、海南、广东、广西、西藏	丰富,有栽培	药用、食用
食用葛 ^{[1]228-229}	<i>P.edulis</i> Pamp	云南、四川、广西	较丰富	根药用、食用
苦葛 ^{[1]222[12]}	<i>P. peduncularis</i> (Grah. Ex Benth.) Benth	云南、四川、西藏、贵州、广西	丰富	根杀虫、毒鱼
峨眉葛 ^[10,13]	<i>P. omeiensis</i> Wang et Tang	四川、贵州、云南	较丰富	偶药用及食用
越南葛 ^{[1]226[10,13]}	<i>P. montana</i>	广西、广东、福建、云南、台湾	较丰富	—
三裂叶葛 ^{[1]221[10,13]}	<i>P. phaseoloides</i> (Roxb.) Benth	海南、广东、广西、浙江	较丰富	偶药用
黄毛萼葛 ^{[1]227-228[10,13]}	<i>P.calycine</i> Franch	云南	区域性分布	—
狐尾葛 ^{[1]227-228[10,13]}	<i>P. alopecuroides</i> Craib	云南	区域性分布	偶食用
思茅葛 ^{[1]222-224[10,13]}	<i>P.wallichii</i> DC	云南	区域性分布	—
小花野葛 ^{[1]221-222[10,13]}	<i>P. stricta</i> Kurz	云南	区域性分布	—

† —表示信息不详。

植物所特有的异黄酮类化合物,目前已发现和确定的种类有 33 种,葛植物中主要异黄酮类化合物的骨架结构见图 1,种类见表 2。葛植物的根、茎、叶、花、籽实等器官中都有异黄酮类化合物分布。

2.1.2 葛根异黄酮的组成与含量 葛根素是葛属植物特有的异黄酮化合物,且是葛根异黄酮中含量最高的化合物。目前,中国、日本等国将葛根素、大豆苷与大豆苷元的含量与组成比作为葛根品质的评价指标。不同种类、产地、生长年限的葛根异黄酮含量差异显著,表 3 列出了中国不同产地葛根的主要异黄酮类化合物含量。但总体上看,一般野葛根中异黄酮含量远高于其它品种,葛根素含量最高达 6.021%,大豆苷达 1.084%,大豆苷元达 0.391%。

2.1.3 葛异黄酮的主要生理功能研究

(1) 抗氧化作用:张光成等^[30]研究表明,葛根异黄酮对降低脑水肿动物血、脑组织中的 LPO 含量有明显作用,而且对脑水肿动物血、脑组织中 SOD 活性有极显著的作用。Guerra M C 等^[31]通过辣根过氧化物酶化学发光分析技术,体外评估葛根素和葛根提取物的抗氧化活性的研究显示,葛根提取物含有高的抗氧化活性物质且葛根素和葛根提取物

能妨碍细胞色素 P450 催化的药物代谢过程。Jun M 等^[32]对葛根提取物中的葛根素、大豆苷、大豆苷元、鹰嘴豆芽素 A 和染料木苷 5 种化合物进行 DPPH 自由基清除试验、硫氰酸亚油酸模型试验和脂氧化酶抑制试验。结果显示,这 5 种化合物是自由基清除剂,能抑制亚油酸过氧化反应和脂氧化酶活性。在当鹰嘴豆芽素 A 浓度为 14.218 mg/L 时,对 HL-29 癌细胞产生的花生四烯酸表现出 70% 的抑制力。

(2) 护肝作用:Li R 等^[33]对慢性酒精性肝损伤大鼠进行葛根素护肝药试验,发现葛根素能够保护肝细胞。治疗组大鼠血清中丙氨酸转氨酶、天冬氨酸转氨酶、碱性磷酸酶和促炎症细胞因子水平显著降低,而白蛋白水平增加,同时,解剖治疗组大鼠肝脏发现肝内的乙醇脱氢酶和乙醛脱氢酶含量升高,表明葛根素在一定程度上能够治疗酒精性肝病。病理学检查结果^[34]显示葛根素护肝药治疗对的酒精造成的肝细胞损伤有所减轻。赵鹏等^[35]的研究显示,葛根黄酮具有提高酒精性肝损伤的大鼠肝组织中 GSH 含量的作用,还具有降低酒精性损伤的大鼠的肝组织甘油三脂(TG)含量的作用,表明葛根黄酮对酒精性肝损伤具有保护作用。

葛根提取物中的大豆苷和大豆苷元这两种异黄酮有助于治疗酒精依赖症^[36-37]。葛植物的花中提取的鸢尾苷可以调制干扰 PPAR-α 通道和改善线粒体功能,来治疗酒精诱导的肝硬化^[38]。

(3) 防治骨质疏松作用:葛植物中的葛根素、大豆苷和大豆苷元等功能成分,有助于延缓骨密度的下降,可提高骨组织内的硬度,改善骨质量,预防腰椎压缩性骨折,有助于降低骨折风险和绝经后骨质疏松的发生。Tanaka T 等^[39]通过用葛根醇提物对鼠进行连续喂养 8 周[20 mg/(kg·d)]试验发现,葛根提取物可以使鼠的股骨骨密度增加,可用于预防

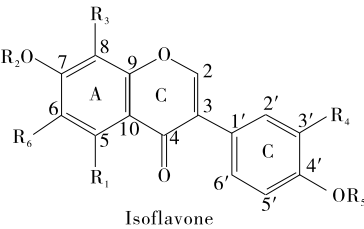


图 1 异黄酮类化合物的骨架结构

Figure 1 Framework structure of isoflavones

表 2 主要异黄酮类化合物及结构

Table 2 Structure of the main isoflavones

异黄酮类化合物	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
葛根素 ^[16]	H	H	glc	H	H	H
大豆苷 ^[16]	H	glc	H	H	H	H
大豆苷元 ^[16]	H	H	H	H	H	H
芒柄花苷 ^[16]	H	glc	H	H	CH ₃	H
染料木苷 ^[16]	OH	glc	H	H	H	H
鹰嘴豆芽素 A ^[16]	OH	H	H	H	CH ₃	H
芒柄花黄素 ^[16]	H	H	H	H	CH ₃	H
染料木素 ^[16]	OH	H	H	H	H	H
5-羟基葛根素 ^[17]	OH	H	glc	H	H	H
3'-羟基葛根素 ^[17]	H	H	glc	OH	H	H
3-甲氧基葛根素 ^[18]	H	H	glc	OCH ₃	H	H
3-羟基葛根素 4-O-脱氧己糖苷 ^[19]	H	H	glc	OH	deoxyhexosyl	H
3'-甲氧基-6"-木糖基葛根素 ^[19]	H	H	glc ⁶ -xyl	OMe	H	H
葛根素-4'-葡萄糖苷 ^[19]	H	H	Glc	H	Glc	H
6"-木糖基葛根素 ^[19]	H	H	glc ⁶ -xyl	H	H	H
3-甲氧基大豆苷 ^[19]	H	glc	H	OMe	H	H
3-甲氧基大豆苷元 ^[19]	H	H	H	OMe	H	H
大豆苷元-7-O-甲基醚 ^[19]	H	Me	H	H	H	H
3-甲氧基大豆苷元-7-O-甲基醚 ^[19]	H	Me	H	OMe	H	H
3-甲氧基芒柄花黄素 ^[19]	H	H	H	OMe	Me	H
8-C-芹菜糖(1-6)葡萄糖大豆苷元 ^[20]	H	H	api(1->6)glc	H	H	H
8-c-[α-D 吡喃葡萄糖基-(1-6)]-β-D 吡喃葡萄糖苷大豆苷元 ^[21]	H	H	glc ⁶ -glc	H	H	H
4',7-二甲氧基异黄酮 ^[21]	H	CH ₃	H	H	CH ₃	H
6-羟基染料木素-6,7-二-O-葡萄糖苷 ^[22]	OH	Glc	H	H	H	Oglc
黄豆黄苷 ^[22]	H	glc	H	H	H	OMe
6-羟基染料木素-7-O-葡萄糖苷 ^[22]	OH	glc	H	H	H	OH
鸢尾黄酮-7-O-木糖基葡萄糖苷 ^[22]	OH	glc-xyl	H	H	H	OMe
鸢尾苷 ^[22]	OH	glc	H	H	H	OMe
6-羟基鹰嘴豆芽素 A-6,7-二-O-葡萄糖苷 ^[22]	OH	glc	H	H	Me	Oglc
葛花因 ^[22]	H	glc-xyl	H	H	Me	OMe
黄豆黄素 ^[22]	H	H	H	H	H	OMe
葛花甙 ^[22]	OH	glc-xyl	H	H	Me	OMe
鸢尾黄酮 ^[22]	OH	H	H	H	H	OMe
尼泊尔鸢尾黄酮 ^[22]	OH	H	H	H	Me	OMe

或延缓骨质疏松症;并通过去卵巢大鼠模型给予葛根素,观察骨质疏松大鼠骨密度、骨生物力学指标和血脂的变化。发现经葛根素治疗 7 周后,大鼠腰椎弹性模量呈剂量依赖性增加,明显高于去卵巢组大鼠;葛根素治疗组大鼠腰椎和股骨的最大应力提高,股骨最大承载力呈剂量依赖性增加。

(4) 降血糖血脂作用:葛根素可以通过减少肾脏中糖基化终产物的含量和抑制特定细胞受体信使 RNA 的表达来保护肾组织免于高血糖和糖基化终产物的损伤^[40]。Peng N 等^[41]研究了葛根提取物对易感型自发性高血压大鼠血压、血糖和胆固醇循环的长期影响。发现长期补充葛根提取物

可以改善血糖、血脂,有助于维持血压正常。

陶树高等^[42]通过动物试验,研究了葛根素对代谢综合征-2 型糖尿(MS-T2DM)大鼠的胰岛素敏感性及血糖、血脂和氧化应激的影响。用腹腔注射小剂量链脲霉素 25 ~ 30 mg/(kg · d),并加饲高热量饮食(富含脂肪和蔗糖)42 d,造成糖耐量减退、胰岛素抵抗(IR)的 MS-T2DM 大鼠模型;葛根素 0.30,0.15 g/kg或二甲双胍 0.25 g/kg 灌胃给药,每日 1 次,给药 28 d,发现葛根素能显著降低胰岛素和胰岛素抵抗指数,提高胰岛素敏感指数,降低总胆固醇,低密度脂蛋白胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇,增强清除自由基能力,改善糖

表 3 葛根主要异黄酮的含量(干基)
Table 3 Content of the main isoflavones in the root of kudzu vine

种类	产地	葛根素/%	大豆苷/%	大豆苷元/%	提取方法	测定方法
野葛	云南大理 ^[23]	2.250	0.340	—	50%乙醇提取法	HPLC
	江苏茅山地区 ^[24]	3.980	0.360	0.039	70%乙醇提取法	HPLC
	台湾台北(根,带皮) ^[25]	0.520	0.062	0.007	80%甲醇提取法	HPLC
	台湾台北(根,去皮) ^[25]	0.250	0.064	0.003	80%甲醇提取法	HPLC
	台湾台北(皮) ^[25]	1.580	0.082	0.007	80%甲醇提取法	HPLC
	广西 ^[16]	3.948	0.305	0.056	甲醇提取法	CZE
	湖北 ^[16]	4.967	0.419	0.042	甲醇提取法	CZE
	贵州岑巩 ^[26]	3.297	0.246	0.017	水提法	HPLC
	江西南昌 ^[26]	1.012	0.103	0.028	水提法	HPLC
	安徽金寨 ^[26]	2.044	0.183	0.039	水提法	HPLC
	四川峨眉山 ^[26]	4.875	0.911	0.099	水提法	HPLC
	辽宁旅顺 ^[26]	6.021	0.588	0.088	水提法	HPLC
	山东泰安 ^[26]	1.879	0.058	0.117	水提法	HPLC
	天津蓟县 ^[26]	5.149	0.129	0.391	水提法	HPLC
	西安 ^[26]	2.472	0.102	0.208	水提法	HPLC
	河北井陉 ^[26]	2.885	0.123	0.128	水提法	HPLC
	浙江天目 ^[26]	2.501	0.123	0.128	水提法	HPLC
	湖南吉首矮寨 ^[27]	1.128	0.312	0.057	70%乙醇提取法	HPLC
	湖南吉首永顺山区 ^[27]	2.857	0.965	0.101	70%乙醇提取法	HPLC
	湖南怀化洪江 ^[27]	4.800	1.084	0.111	70%乙醇提取法	HPLC
	四川广元青川 ^[27]	3.035	0.507	0.066	70%乙醇提取法	HPLC
粉葛	广西 ^[16]	0.108	0.020	0.019	甲醇提取法	CZE
	广西 ^[28]	0.353~0.586	—	0.030 7~0.040 5	70%甲醇提取法	HPLC
	云南大理 ^[23]	2.130	0.500	—	50%乙醇提取	HPLC
	云南丽江 ^[26]	0.806	0.096	0.030	水提法	HPLC
食用葛	江西奉新 ^[26]	0.537	0.057	0.039	水提法	HPLC
	云南巍山 ^[26]	0.244	0.045	0.074	水提法	HPLC
	云南丽江 ^[26]	—	—	0.052	水提法	HPLC
苦葛	峨眉山 ^[26]	0.158	0.036	0.053	水提法	HPLC
	云南巍山 ^[26]	—	—	0.042	水提法	HPLC
越南葛	— ^[29]	2.090	0.469	0.048	80%甲醇提取法	HPLC
黄毛葛	云南永胜 ^[26]	0.140	—	0.030	水提法	HPLC
三裂叶葛	广州 ^[26]	0.373	—	0.090	水提法	HPLC

† —表示信息不详;因各研究报告的提取方法和测量方法不同,生长年限不详,数据仅供参考。

脂代谢紊乱。葛根素能对 MS-T2DM 大鼠产生二甲双胍样的改善高胰岛素血症、提高胰岛素敏感性以及降糖和调节血脂等效应。

(5) 护脑作用:Chang Y 等^[43]研究了葛根素对大鼠大脑动脉阻塞导致的脑梗塞中的神经保护机制。用葛根素对脑梗塞大鼠(20,50 mg/kg)进行治疗,用 50 mg/kg 的葛根素治疗后,心肌梗死面积明显缩小,抑制了缺氧诱导因子-1 α 、胱天蛋白酶-3 活性蛋白、诱导型一氧化氮合酶和 mRNA 的表达。说明葛根素对大脑动脉阻塞引起的脑缺血有神经保护作用,可以改善缺血再灌注脑损伤。葛根素可以改善氧气/

220

葡萄糖匮乏引起的海马神经元死亡^[44],抑制谷氨酸递质、细胞内 Ca²⁺ 升高和神经细胞 NO 的合成;对创伤性脑损伤神经细胞具有保护作用^[45],且呈剂量依赖性,其机制可能与葛根素抗细胞凋亡,增加 Bcl-2 的表达有关;对 Glu、NMDA 或 KA 损伤的神经细胞有保护作用^[46]。

2.2 淀粉

淀粉是葛根的主要营养成分,因种类、产地,其含量差异显著。葛根淀粉是广泛作为食品利用的功能性高端原料,一般野葛的淀粉品质最佳,价格最高,但出粉率较粉葛低,目前市场流通的主要野葛产地与粉葛根的淀粉含量见表 4。

表 4 中国不同产地野葛与粉葛根的淀粉含量

Table 4 Content of starch in the root of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi and *Pueraria thomsonii* Benth from different habitats in China

种类/品种名	产地	淀粉含量 (干基)/%
矮寨野葛 ^[27]	湖南矮寨	37.87
永顺野葛 ^[27]	湖南永顺山区	37.31
洪江野葛 ^[27]	湖南怀化安江镇	32.24
青川野葛 ^[27]	四川广元青川	37.46
赣葛 81-3(粉葛) ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	66.43
九顶大粉葛 ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	56.78
地金 1 号(粉葛) ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	51.72
合川大粉葛 ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	57.19
葛博士 11 号(粉葛) ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	58.54
宋氏粉葛 ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	56.64
仙女葛王(粉葛) ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	47.55
合川苕葛 ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	55.19
细叶粉葛 ^[47]	四川省泸县福集镇玉蟾山	60.54
野生粉葛 ^[48]	—	53.32
栽培粉葛 ^[48]	—	50.36
合川大粉葛 ^[49]	合川高龙镇基地	35.96
葛博士 ^[49]	合川草街镇	38.27
合川大粉葛 ^[49]	合川合阳办事处	33.16
合川大粉葛 ^[49]	合川钱塘镇	44.46
苕葛、合川大粉葛 ^[49]	合川铜溪镇	37.59
苕葛、合川大粉葛 ^[49]	合川土场镇	47.14
苕葛 ^[49]	合川张桥镇	30.51
葛博士 ^[49]	合川双凤镇	31.37
粉葛 ^[49]	江津西湖罗来村	36.82
粉葛 ^[49]	秀山梅江	24.38

† —表示信息不详。

葛根淀粉提取的一般工艺流程是:葛根→清洗→打浆→漂洗→筛分→除杂→漂洗→脱水→干燥→淀粉产品。目前小型葛根淀粉提取生产线工程设备比较成熟,但葛根的各种功能与营养成分同步提取的生产工艺还处于研究试验阶段。葛根淀粉平均粒度为 9.90~24.08 μm^[50-51],葛根淀粉偏光十字接近颗粒中心但偏光十字不明显^[51],结晶结构为 C 型^[51],结晶度为 18.0%~19.3%^[50-51],直链淀粉含量为 22.2%~22.9%^[52],起始糊化温度范围 57.5~78.9℃,终止糊化温度范围 73.0~88.6℃^[50,52],凝胶强度较玉米淀粉强^[53-54]。葛根淀粉对酸碱较玉米、甘薯淀粉稳定,葛根淀粉对 α-淀粉酶的作用极为敏感,容易被淀粉酶等消解^[51,53]。但关于淀粉的组成和分子结构等深入研究的报告还很少。

3 葛植物的安全性评价

近年国内外研究者对主要器官根、多年生藤、花的提取物开展了一系列的毒理学试验。Bebrevska L 等^[55]通过动物试验评价了葛根的抗氧化活性和毒理学特性,用葛根乙醇提

取物对糖尿病大鼠模型进行体内试验,口服给药 3 周[50 mg/(kg·d)],发现糖尿病大鼠血浆中的丙二醛水平与健康对照组的大鼠相同,并且没有明显的毒性。马建芳等^[56]研究了葛根素(布瑞宁)治疗急性脑梗死的治疗作用及其用药的安全性影响,采用随机对照的方法将诊断明确的急性脑梗死病人分为两组,治疗组 26 例,用布瑞宁 500 mg 加入生理盐水 250 mL 中静脉输注,每日 1 次;对照组 30 例,用曲克芦丁(维脑路通)400 mg 加入生理盐水 250 mL 中静脉输注。两组均以 14 d 为 1 个疗程,应用两个疗程,发现葛根素(布瑞宁)不良反应小,安全性高,可临床推广。

Takano A 等^[57]通过动物试验评价了葛花的毒理学特性。用葛花热水提取物(PFE),对小白鼠进行急性(PFE 5 g/kg 体重)与亚慢性(0.0%,0.5%,1.5%,5.0%)毒性试验,发现在试验期间,没有观察到不良反应,PFE 安全性较高。

李琳等^[58]通过动物、微生物试验评价了栽培粉葛藤蔓的毒理学特性。用藤蔓乙醇粗提物(PVEE),对幼年、成年、老年小白鼠进行慢性(PVEE 40 mg/kg 体重)与急性(PVEE 4 g/kg 体重)毒性试验,并对鼠伤寒沙门氏菌等 5 种菌株进行致突变性试验(PVEE 312.5~5 000.0 mg/Plate),发现 PVEE 安全性较高,栽培粉葛藤蔓可以作为一种高品质的食物资源。陈琴等^[59]采用常压耐缺氧、低浓度醋酸致小鼠腹腔毛细管通透性增高试验法,初步探讨葛藤抗炎、耐缺氧作用,并对葛藤的安全性进行评价,发现葛藤毒性较小,在抗炎与耐缺氧方面与葛根作用近似。这些研究表明葛植物的根、藤和花毒副作用小,具有较高的安全性,可以作为一种高品质的食物和药物资源。

4 葛植物的综合开发应用

葛根黄酮已成为世界各国认可的保健营养品,葛根全粉和提取物远销美国、英国和澳大利亚,其中葛根中制备的葛粉外销出口价格为 3.1 万元/t^[3]。葛藤中含有大量纤维,可提葛麻,其弹性好、拉力强、耐潮湿耐腐蚀,具有抗菌、消炎等保健功能^[60],可加工高档麻织品,作为轻工业原料。已有多 种葛根药品被列入国家基本医疗保险药品名单中,被医院作为主要用药。特别是葛根素是各大医院心脑血管治疗用药的前三位首选药物之一。2004 年,全球约有 0.171 亿人死于心血管疾病,预计到 2030 年,这个数字将显著增加至 0.236 亿^[61]。此外,全球代谢综合征-2 型糖尿患者在 2010 年已达 2.85 亿,预计 2030 年将上升至 4.38 亿^[62],葛植物资源可开拓的市场空间不可估量。中国对葛属植物资源的利用主要有以下几方面:中药材;鲜食(根条、根片、幼茎和幼叶等);粗加工食品(葛根口香糖、炸葛根片等);深加工食品(高纯度葛根异黄酮、速溶葛根提取物、菜肴佐料、葛根淀粉及衍生产品等);饲料(葛藤嫩枝和叶);园林绿化和荒山绿化,水土保持;葛藤纤维的织物与造纸等。中国以葛根、葛根提取物或葛粉为原料开发的系列食品与保健食品有:葛根片、葛酒、葛茶、葛饮料、葛口服液、速溶葛粉、果冻、葛面条、葛面包、葛粉丝、葛冰淇淋、葛红肠、葛根莲子、葛根绿豆粉、葛根木瓜胶原粉,

以及葛根淀粉基可食性包装膜等。葛植物的综合开发应用详见表 5。

表 5 葛植物的综合开发应用		
Table 5 Comprehensive development of pueraria		
分类	粗级产品或原料产品	延伸产品(业)
淀粉 ^[63-65]	纯葛粉、功能性葛粉	深加工产品(淀粉糖类、糊精、加工淀粉等),保健食品(葛面、葛饼、葛糕、葛汤、葛粥、速溶冲剂、油炸食品等)
黄酮 ^[66-68]	葛根、茎异黄酮组成物	保健食品(冲剂、片剂、胶囊、饮料、酒类等),化妆品(洗发剂、沐浴剂、泡浴剂、面摩膏、护面纸、按摩油等)
纤维 ^[69-70]		过滤装置
	过滤材料	功能性食品、饮料、冲剂、片剂
	食品纤维 纺织纤维	功能性纺织品(工艺纺织品、功能性内衣、功能性内裤、功能性胸罩、功能性袜子等)
发酵 ^[71-72]	保健酒 生物能源	泡制酒、酿造酒、蒸馏酒 燃料乙醇、沼气
药品 ^[73-75]	中药原料葛根 提炼制品	葛根汤、含葛根处方中药等 纯葛根素、纯大豆苷、纯大豆苷元等
饲料 ^[76]	茎叶营养饲料	
	葛根饲料添加剂	生态养殖业
	残渣饲料添加剂	
其它 ^[77-83]	食用叶粉末	保健食品
	葛花或葛花提取物	饮料等
	有机肥料	土壤改良、有机栽培

5 中国葛属植物资源开发应用存在的主要问题

虽然中国的葛植物资源丰富,药用与食用历史悠久,但在现代科学研究与产业开发应用方面起步较晚,存在的主要问题有:① 对于葛资源的开发利用尚处于初级阶段,资源浪费严重;② 产业缺乏强有力的技术支撑,加工设备落后,产品技术含量低,以出售初级产品为主,质量问题多,同质产品相互竞争,经济效益较低;③ 产业模式落后,区域优势不明显,行业信誉度不高,没有形成在国内外有影响力的知名品牌,产业竞争力弱;④ 国家政策的关注度不高,政策缺位,缺乏产业系统规划,导致外资对中国葛产品市场价格形成垄断局面;⑤ 对科研投入严重不足,缺乏相关的科技人才,在种质资源收集整理、功能营养成分分析与鉴定、生理功能与作用机理研究、产品开发的深度与广度等方面与先进国家比较存在较大差距;⑥ 相关研究成果的应用转化率较低。

6 展望

作为旱粮作物的葛植物具有卓越的生理功效活性和营养价值,以及广阔的国内外市场需求,是 21 世纪必须抢占、开发和利用的重要资源。鉴于中国的现状,必需增加科研投

222

入,吸引更多的优秀人才,致力于葛植物的营养功能特性与加工适应性等基础与应用研究,加速前处理、深加工、副产物多层次综合利用等技术积累和高附加值新产品开发。同时大力开展产后前处理设备、精深加工设备研发,积极开展生产技术、加工技术、质量安全、企业管理、营销策略、市场行情培训,提高产业体系人员整体素质水平,促进产业人才队伍的成长与壮大,为产业提供系统的强有力的技术支撑。

中国葛植物资源种类多、分布广,相关产业主要集中在山区和贫困地域,引导和支持适宜区域实行适度规模生产,推动种植、加工和营销一条龙的现代化产业模式发展,推动葛植物产业成为现代山区农业的支柱产业、扶贫的重要手段。同时,根据市场需求,以资源综合利用为前提,以高质量高附加值产品为着力点,打造高水准的供给侧格局,创建具有国内外影响力的知名品牌,将大力推动产业走出困境、持续健康发展。

参考文献

[1] 李树刚,杨衔晋,黄普华,等. 中国植物志:第 41 卷[M]. 北京:科学出版社,1995.

[2] 李红宁,孙爱群,林长松,等. 六盘水葛资源及其药用价值研究[J]. 种子,2013,32(12): 51-54.

[3] 彭靖里,马敏象,安华轩,等. 论葛属植物的开发及综合利用前景[J]. 资源开发与市场,2000,16(2): 80-82.

[4] 蒋金和,张云梅,张昱,等. 蓬莱葛属植物的化学成分研究进展[J]. 云南化工,2012,39(1): 32-35.

[5] 马海乐,王超,刘伟民. 葛根总黄酮微波辅助萃取技术[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2005,26(2): 98-101.

[6] 陈元生,柳雪芳. 我国葛种质资源的研究与利用[J]. 长江蔬菜,2008(5b): 6-9.

[7] WONG K H, LI G Q, LI K M, et al. Kudzu root: traditional uses and potential medicinal benefits in diabetes and cardiovascular diseases [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 134(3): 584-607.

[8] JEWETT D K, JIANG C J, BRITTON K O, et al. Characterizing specimens of kudzu and related taxa with RAPDs[J]. Castanea, 2003, 68(3): 254-260.

[9] 李玉山. 葛根的综合开发与利用[J]. 林产化学与工业,2009,29(6): 109-126.

[10] 曾明,叶熙亭. 国产葛属药用植物叶表面的扫描电镜观察[J]. 第二军医大学学报,2000,21(10): 996-998.

[11] 刘建林,夏明忠,罗支铁,等. 中国葛属种质资源及在园林绿化中的应用[J]. 林业科技,2004,29(4): 60-62.

[12] 黄燕,王军民,华燕. 植物源农药及苦葛研究综述[J]. 安徽农业科学,2011,39(3): 1 417-1 418.

[13] 顾志平,陈碧珠. 中药葛根及其同属植物的资源利用的评价[J]. 药学学报,1996,31(5): 387-393.

[14] 陈嘉炬,陈树和,刘焱文. 葛根资源,化学成分和药理作用研究概况[J]. 时珍国医国药,2006,17(11): 2 305-2 306.

[15] 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.

[16] XIAO Wen, WANG Feng-qin, LI Chun-hong, et al. Determi-

nation of eight isoflavones in *Radix Puerariae* by capillary zone electrophoresis with an ionic liquid as an additive[J]. *Analytical Methods*, 2015, 7(3): 1 098-1 103.

[17] JIANG Ren-wang, LAU K M, LAM H M, et al. A comparative study on aqueous root extracts of *Pueraria thomsonii* and *Pueraria lobata* by antioxidant assay and HPLC fingerprint analysis[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2005, 96 (1): 133-138.

[18] KIM J M, LEE Y M, LEE G Y, et al. Constituents of the roots of *Pueraria lobata* inhibit formation of advanced glycation end products (AGEs)[J]. *Archives of Pharmacal Research*, 2006, 29(10): 821-825.

[19] RONG Hao-jiang, STEVENS J F, DEINZER M L, et al. Identification of isoflavones in the roots of *Pueraria lobata* [J]. *Planta Medica*, 1998, 64(7): 620-627.

[20] JIM S E, SON Y K, MIN B S, et al. Anti-inflammatory and antioxidant activities of constituents isolated from *Pueraria lobata* roots[J]. *Archives of Pharmacal Research*, 2012, 35 (5): 823-837.

[21] KAYANO S, MATSUMURA Y, KITAGAWA Y, et al. Isoflavone C-glycosides isolated from the root of kudzu (*Pueraria lobata*) and their estrogenic activities [J]. *Food Chemistry*, 2012, 134(1): 282-287.

[22] LU Jing, XIE Yuan-yuan, TAN Yao, et al. Simultaneous determination of isoflavones, saponins and flavones in *Flos Puerariae* by ultra performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry[J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 2013, 61(9): 941-951.

[23] 楚纪明, 马树运, 李海峰, 等. HPLC 同时测定不同种葛根中 3 种异黄酮成分的含量[J]. *食品与药品*, 2015, 17(1): 50-53.

[24] 吴向阳, 仰玲玲, 仰榴青, 等. RP-HPLC 法同时测定野葛的根, 茎和叶中葛根素, 大豆苷和大豆苷元的含量[J]. *食品科学*, 2009(14): 248-252.

[25] CHEN Tong-rong, SHIH Shu-cheng, PING Hsieh-ping, et al. Antioxidant activity and isoflavonoid components in different sections of *Pueraria lobata* root[J]. *JFDA*, 2012, 20: 681-685.

[26] 宋洪杰, 曾明. 葛属植物中 3 种异黄酮成分分析[J]. *药物分析杂志*, 2000, 20(4): 223-226.

[27] 傅舒, 李甜甜, 刘晓风, 等. 几种葛根主要化学成分的测定与比较分析[J]. *西南农业学报*, 2014, 27(3): 1 054-1 057.

[28] LIU Ying-kun, YAN E, ZHAN Han-ying, et al. Response surface optimization of microwave-assisted extraction for HPLC-fluorescence determination of puerarin and daidzein in *Radix Puerariae thomsonii* [J]. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2011, 1(1): 13-19.

[29] KIRAKOSYAN A, KAUFMAN P B, WARBER S, et al. Quantification of major isoflavonoids and L-canavanine in several organs of kudzu vine (*Pueraria montana*) and in starch samples derived from kudzu roots[J]. *Plant Science*, 2003, 164 (5): 883-888.

[30] 张光成, 方思鸣. 葛根异黄酮的抗氧化作用[J]. *同济医科大学学报*, 1997, 26(5): 340-343.

[31] GUERRA M C, SPERONI E, BROCCOLI M, et al. Comparison between Chinese medical herb *Pueraria lobata* crude extract and its main isoflavone puerarin: antioxidant properties and effects on rat liver CYP-catalysed drug metabolism[J]. *Life Sciences*, 2000, 67(24): 2 997-3 006.

[32] JUN M, FU H Y, HONG J, et al. Comparison of antioxidant activities of isoflavones from kudzu root (*Pueraria lobata* Ohwi) [J]. *Journal of food science*, 2003, 68(6): 2 117-2 122.

[33] LI Rong, LIANG Tao, HE Qiao-ling, et al. Puerarin, isolated from Kudzu root (Willd.), attenuates hepatocellular cytotoxicity and regulates the GSK-3 β /NF- κ B pathway for exerting the hepatoprotection against chronic alcohol-induced liver injury in rats[J]. *International Immunopharmacology*, 2013, 17(1): 71-78.

[34] PENETAR D M, TETER C J, MA Zhong-ze, et al. Pharmacokinetic profile of the isoflavone puerarin after acute and repeated administration of a novel kudzu extract to human volunteers [J]. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 2006, 12(6): 543-548.

[35] 赵鹏, 姚思宇, 李凤文, 等. 葛根黄酮对乙醇性肝损伤的保护作用[J]. *中国热带医学*, 2009, 9(3): 444-445.

[36] KEUNG W M, VALLEE B L. Kudzu root: an ancient Chinese source of modern antidipsotropic agents[J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(4): 499-506.

[37] LUKAS S E, PENETAR D, BERKO J, et al. An extract of the Chinese herbal root kudzu reduces alcohol drinking by heavy drinkers in a naturalistic setting[J]. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 2005, 29(5): 756-762.

[38] XIONG Yu, YANG Yu-qing, YANG Jin, et al. Tectoridin, an isoflavone glycoside from the flower of *Pueraria lobata*, prevents acute ethanol-induced liver steatosis in mice[J]. *Toxicology*, 2010, 276(1): 64-72.

[39] TANAKA T, TANG Han-jun, YU Feng-nian, et al. Kudzu (*Pueraria lobata*) vine ethanol extracts improve ovariectomy-induced bone loss in female mice[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(24): 13 230-13 237.

[40] SHEN Jian-guo, YAO Mei-fen, CHEN Xiao-chan, et al. Effects of puerarin on receptor for advanced glycation end products in nephridial tissue of streptozotocin-induced diabetic rats [J]. *Molecular Biology Reports*, 2009, 36(8): 2 229-2 233.

[41] PENG Ning, PRASAIN J K, DAI Yan-ying, et al. Chronic dietary kudzu isoflavones improve components of metabolic syndrome in stroke-prone spontaneously hypertensive rats [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(16): 7 268-7 273.

[42] 陶树高, 潘竞铨, 邝少松, 等. 葛根素对代谢综合征-2 型糖尿病大鼠胰岛素, 血糖, 血脂的影响[J]. *中国药业*, 2008, 17 (7): 10-12.

[43] CHANG Yi, HSIEH Cheng-yin, PENG Zi-Aa, et al. Neuroprotective mechanisms of puerarin in middle cerebral artery occlusion-induced brain infarction in rats [J]. *J. Biomed Sci.*, 2009, 16(9): 1-13.

[44] XU Xiao-hong, ZHENG Xiao-xiang. Potential involvement of calcium and nitric oxide in protective effects of puerarin on oxy-

gen-glucose deprivation in cultured hippocampal neurons[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2007, 113(3): 421-426.

[45] 张相彤, 尚振德, 谢春成, 等. 葛根素对成年大鼠创伤性脑损伤神经细胞的保护作用[J]. 创伤外科杂志, 2007, 9(3): 241-244.

[46] DONG Li-ping, WANG Tian-you. Effects of puerarin against glutamate excitotoxicity on cultured mouse cerebral cortical neurons[J]. Acta Pharmacologica Sinica, 1998, 19(4): 339-342.

[47] 鄢武先, 闵安民, 刘光华, 等. 葛根不同品种林下栽培性状调查和评价研究[J]. 四川林业科技, 2012, 33(4): 43-46.

[48] 丁晓雯, 李洪军, 敬璞, 等. 不同品种鲜葛根化学成分分析[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(2): 92-93.

[49] 张应, 李隆云, 舒抒, 等. 不同产地, 品种及采收期粉葛可溶性糖和淀粉的含量测定[J]. 中药材, 2013(11): 1 751-1 754.

[50] ZHANG Bao, WU Chun-sen, LI Hong-yan, et al. Long-term annealing of C-type kudzu starch: Effect on crystalline type and other physicochemical properties[J]. Starch - Stärke, 2015, 67(7/8): 577-584.

[51] 钟耕, 李天真. 葛根淀粉颗粒性质的研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(5): 33-37.

[52] VAN HUNG P, MORITA N. Chemical compositions, fine structure and physicochemical properties of kudzu (Pueraria lobata) starches from different regions[J]. Food Chemistry, 2007, 105(2): 749-755.

[53] 徐明生, 吴磊燕, 吴少福. 葛根淀粉物理特性研究[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(4): 484-486.

[54] 谢定, 易翠平. 葛根淀粉力学性能的研究[J]. 食品与机械, 2001, 17(2): 25-26.

[55] BEBREVSKA L, FOUBERT K, HERMANS N, et al. In vivo antioxidative activity of a quantified Pueraria lobata root extract[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2010, 127(1): 112-117.

[56] 马建芳, 马晔, 陈宏, 等. 葛根素对急性脑梗死的治疗作用及安全性评价[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2007, 5(9): 887-888.

[57] TAKANO A, KAMIYA T, TSUBATA M, et al. Oral toxicological studies of pueraria flower extract: acute toxicity study in mice and subchronic toxicity study in rats[J]. Journal of Food Science, 2013, 78(11): T1 814-T1 821.

[58] 李琳, 唐汉军, 单杨. 栽培粉葛藤蔓的营养成分特性及其安全性评价[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 64-68.

[59] 陈琴, 卢先明, 朱敏凤, 等. 葛藤与葛根抗炎, 耐缺氧作用对比研究及其安全性评价[J]. 中药与临床, 2011(1): 33-35.

[60] 李慧皓, 齐鲁. 葛麻纤维成分分析及细化后结构性能的研究[J]. 针织工业, 2014(1): 29-31.

[61] WHO. Cardiovascular diseases[EB/OL]. [2016-9-18]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/index.html>.

[62] IDF. Diabetes and Impaired Glucose Tolerance: Global Burden [EB/OL]. [2016-9-18]. <http://www.diabetesatlas.org/content/diabetes-and-impaired-glucosetolerance>.

[63] 时军, 林婉婷, 廖华卫. Z-综合评分法优化葛粉速溶颗粒制备工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(19): 56-59.

[64] 何新益. 葛根淀粉及葛根深加工项目[J]. 中国粉体工业, 2005(1): 38-39.

[65] 王琦, 王弘. 即食营养葛根粉的生产工艺研究[J]. 昆明医学院学报, 1999, 20(3): 104-104.

[66] 张闯, 唐汉军, 李琳, 等. 复合型葛根保健茶的研制[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 238-241.

[67] 杨勇, 俞美香, 喜晶颖, 等. 有机葛根茶生产工艺及功能成分分析[J]. 食品科学, 2009(14): 314-317.

[68] 王蕾, 王刚, 饶箐, 等. 葛根茶加工工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(6): 96-99.

[69] ZHONG Yu, LI Yun-fei. Effects of glycerol and storage relative humidity on the properties of kudzu starch-based edible films[J]. Starch - Stärke, 2014, 66(5/6): 524-532.

[70] 河南省南召县城郊丝织地毯厂. 葛的纤维加工及应用于织毯的新工艺: 中国, CN 1033662 A[P]. 1989-07-05.

[71] 宋志刚, 王建华, 王汉忠, 等. 粉葛淀粉的理化特性[J]. 应用化学, 2006, 23(9): 974-977.

[72] TANNER R D, HUSSAIN S S, HAMILTON L A, et al. Kudzu (Pueraria lobata): potential agricultural and industrial resource[J]. Economic Botany, 1979, 33(4): 400-412.

[73] 浙江工业大学. 从葛藤提取物分离异黄酮的方法: 中国, CN 1769278 A[P]. 2006-05-10.

[74] 浙江大学. 一种从葛藤中提取、分离大豆苷元的方法: 中国, CN 1911923 A[P]. 2007-02-14.

[75] 山东省中医药研究院. 一种野葛藤提取物 HPLC 指纹图谱的构建方法: 中国, CN 101518565 A[P]. 2009-09-02.

[76] KOYAMA T, YOSHINAGA M, MAEDA K, et al. Room temperature reductions in relation to growth traits of kudzu vine (Pueraria lobata): Experimental quantification[J]. Ecological Engineering, 2014, 70: 217-226.

[77] 山东省中医药研究院. 葛藤提取物、制备方法及应用: 中国, CN 1723989 A[P]. 2006-01-25.

[78] 刘海燕. 一种葛藤淀粉的提取物方法: 中国, CN101701040 A[P]. 2009-11-20.

[79] 陈静. 一种葛藤防晒乳液: 中国, CN 101756830 A[P]. 2008-11-24.

[80] 西北农林科技大学. 一种具有解酒醒酒功效的葛根蓝莓凉茶及其制备方法: 中国, CN 102511590 A[P]. 2011-11-30.

[81] 程小榕. 野生甜茶叶和野生葛根处复方制成的灵茶: 中国, CN 102845577 A[P]. 2012-09-24.

[82] 张晓南, 陈芬, 符德欢, 等. 食用葛解酒作用及急性毒性初步研究[J]. 云南中医中药杂志, 2014, 35(8): 69-71.

[83] 王立梅, 龚吉军. 安化产野葛营养全粉的研制[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(1): 62-67.