

不同花生品种白藜芦醇含量鉴定评价

陈海文¹, 徐思亮¹, 郭建斌¹, 陈伟刚¹, 罗怀勇¹, 刘念¹, 黄莉¹, 周小静¹, 吴贝¹, 姜成红², 任小平¹, 姜慧芳^{1*}

(1. 中国农业科学院油料作物研究所, 湖北 武汉, 430062;

2. 宜昌市农业科学研究院, 湖北 宜昌, 443004)

摘要:本研究选取59份花生品种,连续2年在武汉、石家庄、濮阳和周口4个地点共8个环境种植,成熟收获后检测花生籽仁白藜芦醇含量。结果表明,供试花生品种白藜芦醇含量在品种间、环境间均存在极显著差异。武汉环境下所有材料两年白藜芦醇含量均值相对较高。综合分析2年4点种植的检测结果,筛选出多个环境下白藜芦醇含量表现较高且稳定的材料2份(冀花2号和冀花13号)。结合前期对这些品种的含油量和脂肪酸检测结果的相关性分析表明,花生籽仁白藜芦醇含量与含油量和8种主要脂肪酸含量均不存在显著相关性。本结果为培育高白藜芦醇兼具高油和优良脂肪酸组成的花生品种提供了理论基础。

关键词:花生品种;白藜芦醇含量;含油量;脂肪酸

中图分类号:S565.2

文献标识码:A

文章编号:1007-9084(2021)05-0942-05

Identification and evaluation of resveratrol content in different peanut varieties

CHEN Hai-wen¹, XU Si-liang¹, GUO Jian-bin¹, CHEN Wei-gang¹, LUO Huai-yong¹, LIU Nian¹, HUANG Li¹, ZHOU Xiao-jing¹, WU Bei¹, JIANG Cheng-hong², REN Xiao-ping¹, JIANG Hui-fang^{1*}

(1. Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430062, China; 2. Yichang Academy of Agricultural Sciences, Yichang 443004, China)

Abstract: Fifty-nine peanut varieties were selected and planted in Wuhan, Shijiazhuang, Puyang and Zhoukou in 2016–2017. The content of resveratrol in peanut seeds was detected by high performance liquid chromatography (HPLC) after harvest. The results showed that the content of resveratrol in peanut varieties was significantly different between varieties and environment. The average content of resveratrol in Wuhan was relatively higher than that of other sites. Based on the comprehensive analysis of the detection results of planting in 4 areas in 2 years, two materials with high and stable resveratrol content under multiple environments were selected (Jihua 2 and Jihua 13). The correlation analysis of oil content and fatty acid test results of these varieties showed that there was no significant correlation between resveratrol content of peanut seed and oil content or 8 main fatty acids. The results provided a theoretical basis for cultivating peanut varieties with high resveratrol, high oil and excellent fatty acid composition.

Key words: peanut varieties; resveratrol content; oil content; fatty acid

花生不仅是植物油脂和蛋白质的重要来源^[1],同时还含有丰富的黄酮、多酚类等抗氧化成分^[2],具有一定的保健作用,因此被称为“长生果”。花生中的白藜芦醇是一种主要的抗氧化成分,有改善机体健康和延长寿命的作用^[3–5],其生物活性与生理作用

受到国内外学者的广泛关注。研究发现,白藜芦醇能有效控制糖尿病患者的血糖指数^[6],同时具有降低患心血管疾病、癌症的风险等多方面的保健功能^[7–9]。随着人们生活水平的提高和膳食结构的变化,对花生需求量增加的同时,花生功能成分(如白

收稿日期:2020-09-30

基金项目:农业部农作物种质资源保护项目(2020NWB033);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-13);花生种质资源平台项目(NC-GRC-2020-036)

作者简介:陈海文(1992–),男,研究实习员,从事花生育种研究,E-mail: melonkevin@163.com

* 通讯作者:姜慧芳(1963–),女,研究员,博士,主要从事花生种质资源研究,E-mail: peanut@oilcrops.com

藜芦醇等)也日益引起消费者的重视。

提高花生白藜芦醇含量是花生品质育种的重要方向之一。张俊等^[10]研究表明,花生白藜芦醇含量受环境影响较大,同一品种在不同地区生长白藜芦醇含量差异显著,可能是由于不同地区土壤条件差异所致。房祥军等^[11]研究表明花生根中白藜芦醇的含量受产地和品种的影响较大。郝旭晨等^[12]对山东省210个花生样品进行白藜芦醇含量测定,发现白藜芦醇含量最高品种为含量最低的67倍。目前,对花生高白藜芦醇种质资源的筛选少有报道,许多潜在的高白藜芦醇花生种质资源尚未被发掘。因此,筛选高白藜芦醇种质资源,培育营养价值高、具备一定保健功能的花生新品种成为了花生育种工作的新方向。

本研究选取59份花生品种,连续2年在4个地区共8个环境种植,种子成熟后,利用GB/T24903-2010国标法提取籽仁白藜芦醇,并测定含量;同时结合品种的含油量以及脂肪酸检测结果,明确白藜芦醇含量在不同环境间变异情况,发掘其白藜芦醇含量受环境影响小的材料,鉴定并筛选高白藜芦醇、高油和优良脂肪酸组成的新种质;对地方品种的开发应用,以及培育高含量的白藜芦醇、高油和优良脂肪酸组成的新品种具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

从各单位征集的59份品种(表1),2016-2017年连续2年在河南濮阳、河南周口、河北石家庄和湖

北武汉4个地区种植,每份材料3行,行长2.00 m,株距0.15 m,行距0.33 m,完全随机区组设计,常规田间管理。

1.2 方法

1.2.1 花生种子白藜芦醇提取制备 收获晒干的成熟花生材料剥壳后,选取成熟饱满、无发芽、无病斑的籽仁,参照《花生中白藜芦醇的测定-高效液相色谱法》(GB/T24903-2010),选取成熟饱满、大小均一、无损伤的花生籽仁10 g左右,使用粉碎机将花生种子打成均匀的粉末。称取花生粉末3 g(精确至0.001 g),放入50 mL离心管,加入16 mL 85%乙醇,摇匀后放入80℃水浴锅中水浴1 h,而后进行超声处理30 min。将超声得到的粗提液12 000 r/min离心10 min,取8 mL上清液置于氮吹仪上氮吹至干,使用甲醇溶液定容至1 mL,充分溶解后,过0.22 μm微孔滤膜后得到供试品溶液,装入样品瓶进行HPLC检测。为降低误差,每组设置3次重复。

1.2.2 高效液相色谱条件 采用Agilent 1290 Infinity II 高效液相色谱仪,Chemstation Edition 色谱工作站;色谱柱:Agilent HC-C18 色谱柱(4.6 mm×5 mm);柱温:30℃;检测波长:306 nm;流动相:洗脱时间为0~12 min,乙腈:水(22:8);洗脱时间为12~14 min,乙腈:水(40:60);流速:0.9 mL/min;进样量:10 μL。

2 结果与分析

2.1 不同花生品种白藜芦醇含量变异

利用国标法对59份花生品种连续两年在4个

表1 59份供试品种名称
Table 1 Information of 59 peanut varieties

编号 品种名称 No. Variety	编号 品种名称 No. Variety	编号 品种名称 No. Variety	编号 品种名称 No. Variety
1 山花7号Shanhua 7	16 开农60 Kainong 60	31 豫花9840 Yuhua 9840	46 濮花20号 Puhua 20
2 潍花10号 Weihua 10	17 花育19号 Huayu 19	32 豫花9327 Yuhua 9327	47 濮花22号 Puhua 22
3 潍花8号 Weihua 8	18 花育20号 Huayu 20	33 豫花15号 Yuhua 15	48 冀花3号 Jihua 3
4 冀花6号 Jihua 6	19 花育22号 Huayu 22	34 中花10号 Zhonghua 10	49 冀花5号 Jihua 5
5 冀花7号 Jihua 7	20 豫花10号 Yuhua 10	35 中花5号 Zhonghua 5	50 冀花2号 Jihua 2
6 潍花6号 Weihua 6	21 开农8598 Kainong 8598	36 中花8号 Zhonghua 8	51 冀花12号 Jihua 12
7 豫花9号 Yuhua 9	22 鲁花9号 Luhua 9	37 远杂9307 Yuanza 9307	52 冀花11号 Jihua 11
8 皖花6号 Wanhua 6	23 中花16 Zhonghua 16	38 豫花7号 Yuhua 7	53 冀花9号 Jihua 9
9 皖花7号 Wanhua 7	24 中花12 Zhonghua 12	39 濮花17号 Puhua 17	54 冀花10号 Jihua 10
10 皖花8号 Wanhua 8	25 中花15 Zhonghua 15	40 冀花4号 Jihua 4	55 冀花13号 Jihua 13
11 山花8号Shanhua 8	26 豫花9331Yuhua 9331	41 濮科花15号 Pukehua 15	56 冀花15号 Jihua 15
12 徐州68-4 Xuzhou 68-4	27 远杂9102 Yuanza 9102	42 濮花16号 Puhua 16	57 开农61 Kainong 61
13 开农H03-3 Kainong H03-3	28 豫花9326 Yuhua 9326	43 徐花13号 Xuhua 13	58 开农176 Kainong 176
14 开农49 Kainong 49	29 豫花9620 Yuhua 9620	44 潍花9号 Weihua 9	59 开农1715 Kainong 1715
15 开农53 Kainong 53	30 豫花9717 Yuhua 9717	45 开农33 Kainong 33	

环境下的白藜芦醇含量的检测结果列于表2。从表2可见,武汉2016年种植材料平均含量为102.48±50.76 μg/kg,变幅35.35~247.57 μg/kg,变异系数为50.76%;2017年平均含量为114.04±45.37 μg/kg,变幅29.86~247.59 μg/kg,变异系数为49.53%;2017年的平均含量显著高于2016年,两年的最高含量值差异不显著。濮阳2016年种植材料平均含量为81.90±15.44 μg/kg,变幅56.66~145.11 μg/kg,变异系数18.86%;2017年平均含量为129.49±42.23 μg/kg,变幅58.88~232.33 μg/kg,变异系数32.61%。2017年的平均含量显著高于2016年,两年的最高含量值差异显著。石家庄2016年种植材料平均含量为61.90±28.30 μg/kg,变异范围为25.14~169.98 μg/kg,变异系数为45.72%;2017年平均含量为95.99±37.61 μg/kg,变异范围为31.79~172.37 μg/kg,变异系数为39.18%。与武汉种植的结果趋势一致,2017年的平均含量显著高于2016年,两年的最高含量值差异不显著。周口2016年种植材料平均含量为78.43±12.03 μg/kg,变幅为60.60~123.22 μg/kg,变异系数为15.34%;2017年平均含量为109.89±37.49 μg/kg,变幅31.36~194.29 μg/kg,变异系数为34.12%。2017年的平均含量显著高于2016年,两年的最高含量值差异

显著。

综合分析2年4点种植材料的白藜芦醇检测结果,4个试验点2017年白藜芦醇平均含量分别显著高于2016年。在2016年的4个点中,武汉种植材料的白藜芦醇平均含量最高,其次为濮阳种植材料,石家庄种植材料的白藜芦醇平均含量最低。在2017年的4个点中,濮阳种植材料的白藜芦醇平均含量最高,其次为武汉种植材料,石家庄种植材料的白藜芦醇平均含量最低。

方差分析结果(表3)表明,品种间、环境间的差异均达到了极显著水平。可见,花生白藜芦醇含量受品种与环境共同作用影响很大。

2.2 不同环境下种植鉴定高白藜芦醇花生品种

通过上述鉴定,筛选出武汉种植环境下连续2年白藜芦醇含量相对高的品种9份,分别为冀花13号、冀花2号、冀花4号、山花7号、潍花9号、豫花9326、豫花9331、豫花9620、中花15,这些品种的白藜芦醇含量稳定在120 μg/kg以上。濮阳种植环境下白藜芦醇含量相对高的品种9份,分别为冀花10号、冀花13号、冀花2号、开农H03-3、豫花15号、豫花7号、豫花9327、豫花9620、豫花9717,这些品种的白藜芦醇含量稳定在95 μg/kg以上。石家庄种植环境下白藜芦醇含量相对高的品种8份,分别为冀

表2 不同种植地区花生白藜芦醇含量

Table 2 Resveratrol contents of peanuts in different environments

	武汉 Wuhan		濮阳 Puyang		石家庄 Shijiazhuang		周口 Zhoukou	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
平均值 Mean /(μg/kg)	102.48±50.76	114.04±45.37	81.90±15.44	129.49±42.23	61.90±28.30	95.99±37.61	78.43±12.03	109.89±37.49
变异范围 Range /(μg/kg)	35.35~247.57	29.86~247.59	56.66~145.11	58.88~232.33	25.14~169.98	31.79~172.37	60.60~123.22	31.36~194.29
变异系数 CV/%	50.76	49.53	18.86	32.61	45.72	39.18	15.34	34.12

表3 白藜芦醇含量的方差分析

Table 3 ANOVA analysis of resveratrol content

变异来源 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F-value	P值
环境 Environment (E)	7	167588.900	23941.271	19.333	<0.001
品种 Genotype (G)	58	120640.747	2080.013	1.680	0.002
误差 Error	374	463158.675	1238.392		
总计 Total	440	4836059.014			

花13号、冀花2号、开农176、开农60、皖花7号、豫花9717、中花16、中花5号,这些品种的白藜芦醇含量稳定在80 μg/kg以上。周口种植环境下白藜芦醇含量相对高的品种10份,分别为花育19号、花育22号、开农53号、濮花16号、濮花22号、山花8号、淮花9号、豫花9326、豫花9327、豫花9331,这些品种的白藜芦醇含量稳定在80 μg/kg以上。对比分析不同环境下的高白藜芦醇品种,发现冀花2号和冀花13号在3个环境下(武汉、濮阳和石家庄)的白藜芦醇均较高,是所涉及材料中稳定性最好的高白藜芦醇品种。另外,淮花9号、豫花9326、豫花9327、豫花9331、豫花9620和豫花9717等6个品种在2个环境下的白藜芦醇相对较高。

2.3 所筛选的高白藜芦醇花生品种含油量与脂肪酸组成

结合前期对本研究涉及的26份高白藜芦醇材

料的含油量和脂肪酸的检测结果^[13](表4)进行相关性分析,发现花生籽仁白藜芦醇含量与含油量、8种主要脂肪酸含量的相关性均不显著。由此可见,筛选高白藜芦醇兼高油或优良脂肪酸组成的花生品种是可行的。对比分析不同环境下筛选出的高白藜芦醇种质,发现花生品种冀花13号在多个环境下不仅白藜芦醇含量高,其油酸含量和花生烯酸含量也高,亚油酸和棕榈酸含量低,是兼具多个优良品质性状的优良品种。

3 讨论

白藜芦醇是对人体健康有益的保健物质,花生是白藜芦醇含量较高的植物之一,而且高白藜芦醇也有利于植物抵御各种生物及非生物胁迫^[14-16]。本研究利用59份花生品种在濮阳、周口、石家庄和武汉4个地点连续两年内种植,收获后测定其白藜芦

表4 26份高白藜芦醇含量品种其他性状表现
Table 4 Other traits of twenty-six peanut varieties with relatively stable and high resveratrol content

品种 Cultivar	含油量 Oil content /%	棕榈酸 Palmitic acid /%	硬脂酸 Stearic acid /%	油酸 Oleic acid /%	亚油酸 Linoleic acid /%	花生酸 Arachidic acid /%	花生烯酸 Arachidonic acid /%	山嵛酸 Behenic acid /%	二十四碳烷酸 Tetracosenic acid /%	白藜芦醇 Resveratrol /(μg/kg)
山花7号 Shanhua 7	50.43	11.60	4.50	44.13	33.73	1.78	0.76	2.21	1.29	95.84
皖花7号 Wanhua 7	51.27	11.08	4.25	46.19	32.44	1.77	0.77	2.30	1.20	80.72
山花8号 Shanhua 8	48.75	10.70	3.39	45.42	33.58	1.60	1.08	2.66	1.57	87.02
开农 H03-3 Kainong H03-3	50.91	7.24	3.53	71.35	10.39	1.64	1.48	2.68	1.70	110.06
开农 53 Kainong 53	48.62	10.59	3.70	51.76	27.66	1.64	0.92	2.37	1.37	96.90
开农 60 Kainong 60	48.45	10.35	3.73	51.68	28.01	1.62	0.90	2.33	1.38	100.76
花育 19号 Huayu 19	49.14	9.36	3.91	54.65	25.01	1.80	1.02	2.58	1.67	119.19
花育 22号 Huayu 22	49.85	9.86	3.72	54.57	25.43	1.68	0.95	2.34	1.44	118.44
中花 16号 Zhonghua 16	52.35	10.74	5.10	43.14	34.27	2.11	0.73	2.63	1.27	100.74
中花 15 Zhonghua 15	53.58	11.52	4.53	41.79	35.26	1.98	0.79	2.84	1.28	105.48
豫花 9331 Yuhua 9331	50.12	9.93	4.10	54.15	25.50	1.72	0.89	2.34	1.36	117.81
豫花 9326 Yuhua 9326	51.63	11.45	4.72	43.04	33.93	2.03	0.77	2.85	1.21	120.23
豫花 9620 Yuhua 9620	47.93	9.80	4.25	52.54	26.57	1.90	0.86	2.66	1.41	117.26
豫花 9717 Yuhua 9717	45.80	11.27	4.07	46.65	31.72	1.71	0.87	2.35	1.36	133.76
豫花 9327 Yuhua 9327	50.88	11.15	4.68	45.59	31.90	1.98	0.75	2.70	1.26	112.53
豫花 15号 Yuhua 15	50.02	11.16	4.20	42.11	35.67	1.87	0.84	2.70	1.44	116.73
中花 5号 Zhonghua 5	50.93	11.01	4.55	41.93	36.07	1.91	0.74	2.42	1.37	91.75
豫花 7号 Yuhua 7	49.30	10.90	4.22	43.59	34.56	1.88	0.83	2.61	1.41	99.02
冀花 4号 Jihua 4	50.21	10.77	3.34	51.03	28.20	1.55	1.02	2.51	1.58	117.22
濮花 16号 Puhua 16	47.02	12.34	3.04	41.57	37.30	1.37	0.90	2.17	1.32	100.16
淮花 9号 Weihua 9	52.05	10.36	5.39	44.01	33.58	2.12	0.70	2.60	1.26	108.05
濮花 22号 Puhua 22	51.20	10.88	4.42	44.52	34.36	1.81	0.71	2.18	1.12	83.04
冀花 2号 Jihua 2	49.03	12.60	3.59	41.42	36.11	1.61	0.83	2.42	1.43	111.10
冀花 10号 Jihua 10	51.25	9.55	4.64	54.94	23.72	2.01	0.92	2.73	1.49	103.08
冀花 13号 Jihua 13	51.45	5.95	3.96	79.57	2.67	1.86	1.41	2.96	1.62	113.75
开农 176 Kainong 176	50.10	6.35	4.77	77.14	4.82	1.94	1.13	2.46	1.38	111.04

醇含量,结果表明,59份花生品种间白藜芦醇变异范围为25.14~247.59 $\mu\text{g/kg}$ 之间。不同品种之间差异较大。侯名语等^[17]选用16个花生品种,在多个试验点进行两年种植,鉴定其总黄酮和总多酚含量,结果也表明不同品种的含量差异较大,与本研究结果一致。

不同地区、不同年份间种植的花生,其白藜芦醇含量差异较大。在本研究所涉及的4个生态区中,2017年种植花生的白藜芦醇均显著高于2016年种植的结果。在4个试验点之间,武汉地区2016年种植材料的白藜芦醇显著高于其他3个地区;2017年濮阳地区种植材料的白藜芦醇显著高于其他3个地区;从2016年与2017年的平均值看,武汉地区种植材料的白藜芦醇相对较高,石家庄地区种植材料的白藜芦醇相对较低。

尽管花生品种白藜芦醇含量受环境影响较大,本研究通过多年多点的重复鉴定,仍然鉴定出了多个环境下白藜芦醇相对较高而且较稳定的种质材料,如冀花2号和冀花13号在3个环境下(武汉、濮阳和石家庄)的白藜芦醇均较高。结合前期对这些花生品种脂肪酸检测结果的相关性分析,白藜芦醇与8种脂肪酸和含油量的相关性均不显著,表明选育高白藜芦醇兼具优良脂肪酸组成等的花生新品种是可行的,冀花13号就是兼具高白藜芦醇、高油酸、低棕榈酸的优良品种。

不同花生品种白藜芦醇含量差异显著,而且受环境影响较大,但冀花2号和冀花13号在多个环境下白藜芦醇含量较高而且相对稳定。

参考文献

- [1] 孙大容. 花生育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2] 万书波, 封海胜, 王秀贞. 花生营养成分综合评价与产业化发展战略研究[J]. 花生学报, 2004, 33(2): 1-6. DOI:10.3969/j.issn.1002-4093.2004.02.001.
- [3] Wahl D, Bernier M, Simpson S J, et al. Future directions of resveratrol research[J]. Nutr Heal Aging, 2018, 4(4): 287-290. DOI:10.3233/nha-170035.
- [4] Pallauf K, Rimbach G, Maria Rupp P, et al. Resveratrol and lifespan in model organisms [J]. Curr Med Chem, 2016, 23 (41): 4639-4680. DOI: 10.2174/0929867323666161024151233.
- [5] 杨艳丽, 蔡昌兰, 顾苡铭. 白藜芦醇抗癌的生物学机制研究进展[J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28: 338-341.
- [6] Zhao X, Tao J, Zhang T, et al. Resveratrolside alleviates postprandial hyperglycemia in diabetic mice by competitively inhibiting α -glucosidase [J]. J Agric Food Chem, 2019, 67 (10): 2886-2893. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b00455.
- [7] Nguyen C, Savouret J F, Widerak M, et al. Resveratrol, potential therapeutic interest in joint disorders: a critical narrative review [J]. Nutrients, 2017, 9(1): 45. DOI: 10.3390/nu9010045.
- [8] 郜海燕, 于震宇, 陈杭君, 等. 白藜芦醇功能和作用机理研究进展[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 411-416. DOI:10.16429/j.1009-7848.2006.01.085.
- [9] Potter G A, Patterson L H, Wanogho E, et al. The cancer preventative agent resveratrol is converted to the anti-cancer agent piceatannol by the cytochrome P450 enzyme CYP1B1 [J]. Br J Cancer, 2002, 86 (5): 774-778. DOI:10.1038/sj.bjc.6600197.
- [10] 张俊, 郜海燕, 葛林梅, 等. 花生根、茎中白藜芦醇含量影响因素[J]. 农业工程学报, 2009, 25: 251-254.
- [11] 房祥军, 郜海燕, 张俊, 等. RP-HPLC法测定不同花生根中白藜芦醇的含量[J]. 浙江农业科学, 2009, 50(4): 793-795. DOI:10.3969/j.issn.0528-9017.2009.04.065.
- [12] 郝旭晨, 董燕婕, 范丽霞, 等. 花生中白藜芦醇和白藜芦醇苷的提取及含量测定[J]. 中国食物与营养, 2020, 26 (3): 27-30. DOI: 10.19870/j.cnki.11-3716/ts.2020.03.007.
- [13] 郭建斌, 吴贝, 陈伟刚, 等. 花生品种主要脂肪酸含量在不同生态区的稳定性[J]. 作物学报, 2019, 45 (05): 676-682.
- [14] Sales J M, Resurreccion A V A. Resveratrol in peanuts [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2014, 54 (6): 734-770. DOI:10.1080/10408398.2011.606928.
- [15] Chung I M, Park M R, Chun J C, et al. Resveratrol accumulation and resveratrol synthase gene expression in response to abiotic stresses and hormones in peanut plants [J]. Plant Sci, 2003, 164 (1): 103-109. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00341-2.
- [16] 王后苗, 黄家权, 雷永, 等. 花生种子白藜芦醇含量与黄曲霉产毒抗性的关系[J]. 作物学报, 2012, 38: 1875-1883.
- [17] 侯名语, 崔顺立, 穆国俊, 等. 花生种子黄酮及多酚含量的生态差异分析[J]. 华北农学报, 2017, 32(3): 155-160. DOI:10.7668/hbxb.2017.03.024.

(责任编辑:王丽芳)