

不同有色稻品种资源花色苷含量分析

叶宁, 程朝平, 杨德卫, 叶新福, 郑向华*

(福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018)

摘要: 为筛选高花色苷含量水稻种质资源, 以124份有色稻为研究材料, 用pH示差法测定不同有色稻品种中花色苷的含量。结果表明: 不同品种有色稻中花色苷含量存在极显著差异。含量最高的3个材料都是黑米品种, 其中黑米品种HY023含量最高, 达到 $22.01 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$; 红米品种HY102含量最低, 为 $8.06 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$; 124个有色稻品种花色苷含量的平均值为 $12.90 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, 花色苷含量较高($>19 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$)的品种只有2个。

关键词: 有色稻; 花色苷; 品种资源; 含量

DOI: 10.13651/j.cnki.fjnykj.2019.06.001

Analysis of Anthocyanin Content in Different Variety Resources of Colored Rice

YE Ning, CHENG Chao-ping, YANG De-wei, YE Xin-fu, ZHENG Xiang-hua*

(Rice Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350018, China)

Abstract: In order to screen the germplasm resources of rice with high content of anthocyanins, 124 varieties of colored rice were used as research materials, and the content of anthocyanins in different varieties of colored rice was determined by pH-differential method. The results showed that there were very significant differences in the content of anthocyanins in different varieties of colored rice. The three materials with the highest content were all the varieties of black rice, among which the black rice HY023 had the highest content, reaching $22.01 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, while the red rice HY102 had the lowest content, reaching $8.06 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$. The mean content value of anthocyanins in 124 varieties of colored rice was $12.90 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$, and two varieties had higher content of anthocyanins ($>19 \text{ mg} \cdot \text{hg}^{-1}$).

Key words: Colored rice; Anthocyanins; Variety resources; Content

有色稻是指糙米呈现色泽的稻米, 主要是因为花青素在种皮内大量堆积而产生。花青素在种皮累积量越多, 颜色越深, 依次呈现绿色、黄褐色、褐色、咖啡色、红色、红褐色、紫红色、紫黑色、乌黑色等颜色^[1-2]。目前市场上的有色稻米主要有红米和紫(黑)米等, 以糙米形式食用。有色稻色素具有多种保健功效, 它对过氧化氢有消除作用, 具有清除羟基自由基以及超氧阴离子自由基的作用。花青素还具有与Ca、Mg、Fe、Al等金属元素络合的特性, 这可能是紫黑米Ca、Fe、Mn等矿质元素含量高于普通白糙米的原因^[1-3]。从有色稻中提取

的色素是一种安全的天然色素, 光、热稳定性均较好, 色价较高, 适合用于饮料、糖果、糕点和肉类等食品的着色^[4-5], 在食品工业领域显示出广阔的应用前景。本研究对不同品种有色稻糙米花色苷含量进行分析, 从中筛选出高花色苷含量的水稻品种, 以期在水稻遗传育种提供优异的种质资源。

1 材料与方法

1.1 供试品种

本试验供试的124份有色稻品种是从福建(品种代号YH001~YH072)、云南(品种代号

收稿日期: 2019-06-01

作者简介: 叶宁, 男, 1982年生, 研究实习员, 主要从事水稻遗传育种研究。

*通信作者: 郑向华, 女, 1970年生, 副研究员, 主要从事水稻遗传育种研究(E-mail: zxhua57@126.com)。

基金项目: 福建省农业科学院项目(AC2017-17); 福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项(2016R1020-7、2016R1020-13)。

YH073~YH085)、四川(品种代号 YH086~YH092)、贵州(品种代号 YH093~YH098)、广东(品种代号 YH099~YH103)和浙江(品种代号 YH104~YH124)等省份广泛收集与引进的有色稻特异种质资源(品种)。

1.2 试验方法

2018年6月将上述品种种植在福州市永泰县清凉镇水稻育种基地。田间栽植密度为20 cm×20 cm,每个小区10(行)×6(列),单株种植。每个材料设置3次重复。各小区单收后混合。收割晒干后的稻谷在室温下平衡水分3个月后用糙米机脱壳,将有色稻稻谷60℃烘至水分含量为(13±1)%,每个品种称取50 g粉碎后待用。

1.3 主要试剂和仪器

矢车菊素葡萄糖苷标准品(纯度≥99%,Sigma);无水乙醇、氯化钾、柠檬酸、柠檬酸钠、HCl、CH₃COONa、CH₃COOH(均为分析纯);pH 1.0的缓冲溶液(0.2 mol·L⁻¹ KCl:0.2 mol·L⁻¹ HCl=25:67, V/V);pH 4.5的缓冲溶液(0.2 mol·L⁻¹ CH₃COONa·3H₂O:0.2 mol·L⁻¹ CH₃COOH=1:1, V/V);pH 3.0的柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液(0.1 mol·L⁻¹柠檬酸钠:0.1 mol·L⁻¹柠檬酸=18:82, V/V)。

紫外-可见分光光度计(T6新世纪,北京普析通用仪器有限公司)、FA2004电子分析天平(上海恒平科学仪器有限公司)、SHZ-88A水浴恒温振荡器(江苏培英实验设备有限责任公司)、粉碎机(九阳小型研磨粉机JYS-M01)、电热恒温鼓风干燥箱(力辰科技股份有限公司101-3BS)、pH仪(上海仪电科学仪器有限公司PHS-3C)、糙米机(上海嘉定粮油仪器有限公司JGMJ8098)。

1.4 检测方法

1.4.1 样液制备方法 准确称取糙米粉2.0 g,加25 mL提取剂(30%乙醇,含0.5%盐酸)在60℃下水浴浸提60 min(摇床100 r·min⁻¹),用柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液调pH值至3.0,浸提完成后抽滤,用pH 3.0的柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液定容至50 mL备用。同一样品3次重复^[6]。

1.4.2 花色苷含量的测定 每个样品先吸取2 mL样液,在平衡温度30℃下平衡60 min,用pH 1.0的缓冲液稀释定容到10 mL容量瓶中;再吸取2 mL样液,在平衡温度30℃下平衡30 min,用pH

4.5的缓冲液稀释定容到10 mL容量瓶中。用蒸馏水作对照,在510 nm波长下,用分光光度计分别测定pH 1.0和pH 4.5时的吸光度值,计算花色苷含量^[6]。

$$\text{花色苷含量}(\text{mg} \cdot \text{hg}^{-1}) = [\Delta A / (\epsilon \times I)] \times MW \times DF \times V \times 1000 \times 100 / W_t$$

公式中:ΔA为吸光度差($A_{\text{pH}1.0} - A_{\text{pH}4.5}$),MW为矢车菊素葡萄糖苷的分子量(484.82 mg·mL⁻¹),DF为稀释因子,V为待测液体积(10 mL),ε为矢车菊素葡萄糖苷的消光系数(24825),I为光程(1 cm),W_t为糙米粉样品质量(g)。

1.5 数据统计分析

试验数据采用Excel软件进行原始数据整理,用DPS 7.05软件进行方差分析,用SPSS 17.0软件进行聚类分析。由于本试验检测的品种有124个,在进行方差分析标注显著性差异时,字母不够,故将检测品种按照花色苷含量从高到低,分表1和表2两个表格进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同有色稻品种花色苷含量的分析

表1为含量排名第1~62位的品种,考虑到表1和表2的可比性,将第61和62名的两个品种也一起加入表2比较,表2为含量第61~124名的品种。对124个品种进行方差分析,其F值为10.873,P值为0.001,品种间花色苷含量差异达到极显著水平。

从表1和表2可以看出,不同有色稻品种所含花色苷含量差异较大。含量最高的是HY023,达(22.01±2.41) mg·hg⁻¹;含量第2的是HY060,为(20.76±2.13) mg·hg⁻¹;含量第3的是HY027,为(19.00±1.83) mg·hg⁻¹,这3个材料都是黑米品种。含量最低的是HY102,为(8.06±0.74) mg·hg⁻¹,是红米品种。含量最高品种是含量最低的2.73倍,124个有色稻品种花青素苷含量平均值为12.90 mg·hg⁻¹。

2.2 不同有色稻品种花色苷含量的聚类分布

利用SPSS软件对不同有色稻品种资源花色苷含量进行快速聚类分析,结果如图1,含量的聚类中心值在18.16~22.01 mg·hg⁻¹的品种有9个,仅占总品种数的7.23%;含量的聚类中心值在

表 1 不同有色稻品种 (含量排名第 1~62 的品种) 花色苷的含量

排名	品种代号	花色苷含量 (mg · hg ⁻¹)	差异显著性		排名	品种代号	花色苷含量 (mg · hg ⁻¹)	差异显著性	
			5%	1%				5%	1%
1	HY023	22.01±2.41	a	A	32	HY105	14.44±0.88	ijklmnopqrstuvw	GHIJKLMN
2	HY060	20.76±2.13	ab	AB	33	HY080	14.39±0.70	ijklmnopqrstuvw	GHIJKLMN
3	HY027	19.00±1.83	bc	ABC	34	HY077	14.37±1.43	ijklmnopqrstuvw	GHIJKLMN
4	HY021	18.43±2.83	bcd	BCD	35	HY006	14.27±0.05	ijklmnopqrstuvw	GHIJKLMN
5	HY031	18.23±1.84	cde	BCDE	36	HY088	14.27±1.60	ijklmnopqrstuvw	GHIJKLMN
6	HY026	18.18±0.75	cde	BCDE	37	HY056	14.21±1.42	klmnopqrstuvw	GHIJKLMN
7	HY024	18.15±1.62	cde	BCDE	38	HY044	13.83±0.56	lmnopqrstuvw	HIJKLMN
8	HY025	18.01±2.46	cdef	BCDEF	39	HY099	13.82±1.52	lmnopqrstuvw	HIJKLMN
9	HY104	17.96±1.07	cdef	BCDEF	40	HY041	13.69±0.20	mnopqrstuvw	HIJKLMN
10	HY022	17.76±0.97	cdefg	BCDEF	41	HY089	13.52±0.26	mnopqrstuvw	IJKLMN
11	HY019	17.17±2.51	cdefgh	CDEFG	42	HY054	13.47±1.78	mnopqrstuvw	JKLMN
12	HY046	16.78±1.88	cdefghi	CDEFGH	43	HY069	13.35±1.26	nopqrstuvw	KLMN
13	HY118	16.71±2.06	cdefghij	CDEFGHI	44	HY040	13.29±1.32	nopqrstuvw	LMN
14	HY112	16.68±1.59	cdefghij	CDEFGHIJ	45	HY121	13.24±2.53	opqrstuvw	LMN
15	HY043	16.57±0.56	cdefghijk	CDEFGHIJK	46	HY004	13.17±0.08	opqrstuvw	LMN
16	HY008	16.29±1.26	defghijk	CDEFGHIJKL	47	HY094	13.17±1.33	opqrstuvw	LMN
17	HY107	16.22±0.95	defghijkl	CDEFGHIJKL	48	HY093	12.94±1.98	pqrstuvw	MN
18	HY111	16.19±0.89	defghijkl	CDEFGHIJKL	49	HY062	12.89±1.02	qrstuvw	MN
19	HY119	16.18±1.62	defghijkl	CDEFGHIJKL	50	HY012	12.74±0.90	rstuvw	MN
20	HY063	15.90±3.56	efghijklm	CDEFGHIJKLM	51	HY123	12.69±0.39	stuvw	MN
21	HY016	15.70±1.90	fghijklmn	DEFGHIJKLMN	52	HY068	12.67±0.64	stuvw	N
22	HY061	15.46±0.66	ghijklmno	DEFGHIJKLMNO	53	HY114	12.67±1.84	stuvw	N
23	HY095	15.46±1.51	ghijklmno	DEFGHIJKLMNO	54	HY010	12.62±1.28	tuvw	N
24	HY039	15.37±0.83	ghijklmnop	DEFGHIJKLMNO	55	HY113	12.61±1.64	tuvw	N
25	HY014	15.30±1.26	hijklmnopq	DEFGHIJKLMNO	56	HY073	12.60±0.35	tuvw	N
26	HY020	15.14±0.91	hijklmnopqr	EFGHIJKLMN	57	HY047	12.54±0.59	uvw	N
27	HY033	15.11±1.34	hijklmnopqrs	EFGHIJKLMN	58	HY122	12.54±1.75	uvw	N
28	HY097	15.08±1.63	hijklmnopqrs	EFGHIJKLMN	59	HY001	12.53±0.79	uvw	N
29	HY002	15.04±1.74	hijklmnopqrst	EFGHIJKLMN	60	HY015	12.50±3.12	uvw	N
30	HY018	14.79±0.31	hijklmnopqrstu	FGHIJKLMN	61	HY092	12.49±1.88	uvw	N
31	HY079	14.50±0.21	ijklmnopqrstuv	GHIJKLMN	62	HY096	12.48±0.20	uvw	N

表 2 不同有色稻品种 (含量排名第 61~124 的品种) 花色苷的含量

排名	品种代号	花色苷含量 (mg · hg ⁻¹)	差异显著性		排名	品种代号	花色苷含量 (mg · hg ⁻¹)	差异显著性	
			5%	1%				5%	1%
61	HY092	12.49±1.88	a	A	93	HY053	10.92±0.39	abcdefghi	ABCDEFGH
62	HY096	12.48±0.20	a	A	94	HY003	10.83±1.92	abcdefghij	ABCDEFGH
63	HY045	12.47±0.54	a	A	95	HY082	10.79±1.09	abcdefghij	ABCDEFGH
64	HY066	12.40±1.50	ab	AB	96	HY086	10.72±1.27	abcdefghij	ABCDEFGH
65	HY034	12.36±0.94	ab	ABC	97	HY057	10.67±1.11	abcdefghij	ABCDEFGH
66	HY110	12.28±1.99	abc	ABC	98	HY098	10.65±0.50	abcdefghij	ABCDEFGH
67	HY120	12.25±1.79	abc	ABC	99	HY013	10.57±2.00	abcdefghij	ABCDEFGH
68	HY036	12.24±0.76	abc	ABC	100	HY048	10.56±1.22	abcdefghij	ABCDEFGH
69	HY065	12.05±1.40	abcd	ABCD	101	HY101	10.46±1.58	abcdefghij	ABCDEFGH
70	HY017	11.96±1.29	abcd	ABCD	102	HY051	10.40±0.10	abcdefghij	ABCDEFGH
71	HY108	11.89±1.78	abcde	ABCDE	103	HY115	10.40±2.28	abcdefghij	ABCDEFGH
72	HY007	11.88±1.18	abcde	ABCDE	104	HY117	10.37±0.69	abcdefghij	ABCDEFGH
73	HY038	11.88±2.16	abcde	ABCDE	105	HY083	10.35±0.79	abcdefghij	ABCDEFGH
74	HY042	11.87±3.37	abcde	ABCDE	106	HY005	10.34±0.23	abcdefghij	ABCDEFGH
75	HY011	11.80±1.93	abcde	ABCDE	107	HY064	10.34±0.78	abcdefghij	ABCDEFGH
76	HY076	11.80±0.79	abcde	ABCDE	108	HY091	10.31±2.11	bcdefghij	ABCDEFGH
77	HY085	11.77±0.75	abcde	ABCDE	109	HY075	10.17±1.06	cdefghijk	ABCDEFGH
78	HY037	11.75±1.46	abcdef	ABCDE	110	HY070	10.16±1.26	cdefghijk	ABCDEFGH
79	HY029	11.67±1.10	abcdefg	ABCDE	111	HY106	10.14±1.07	cdefghijk	ABCDEFGH
80	HY059	11.56±2.10	abcdefg	ABCDEF	112	HY100	10.13±0.70	cdefghijk	ABCDEFGH
81	HY078	11.55±1.14	abcdefg	ABCDEF	113	HY058	9.97±1.21	defghijk	ABCDEFGH
82	HY103	11.53±1.08	abcdefg	ABCDEF	114	HY087	9.74±1.94	efghijk	ABCDEFGH
83	HY116	11.36±1.97	abcdefgh	ABCDEF	115	HY109	9.74±0.47	efghijk	ABCDEFGH
84	HY071	11.33±1.45	abcdefgh	ABCDEF	116	HY067	9.61±0.76	fghijk	BCDEFGH
85	HY090	11.28±0.20	abcdefgh	ABCDEF	117	HY009	9.58±0.42	ghijk	BCDEFGH
86	HY074	11.20±0.84	abcdefghi	ABCDEF	118	HY049	9.53±0.53	ghijk	CDEFGH
87	HY030	11.19±1.70	abcdefghi	ABCDEF	119	HY124	9.36±1.24	hijk	DEFGH
88	HY028	11.16±0.32	abcdefghi	ABCDEF	120	HY052	9.09±1.73	ijk	EFGH
89	HY055	11.07±1.25	abcdefghi	ABCDEF	121	HY072	8.73±0.50	jk	FGH
90	HY050	10.97±0.76	abcdefghi	ABCDEF	122	HY081	8.12±0.55	k	GHI
91	HY084	10.95±1.56	abcdefghi	ABCDEF	123	HY035	8.09±1.48	k	HI
92	HY032	10.93±0.14	abcdefghi	ABCDEFGH	124	HY102	8.06±0.74	k	I

10.75~12.49 mg·hg⁻¹的品种有73个, 占总品种数的58.87%。表明有色稻品种的花色苷含量多数集中在10.75~12.49 mg·hg⁻¹。花色苷含量较高(>19 mg·hg⁻¹)的有色稻品种少, 但是这些品种资源可能在今后的生产中具有重要的应用价值和前景。

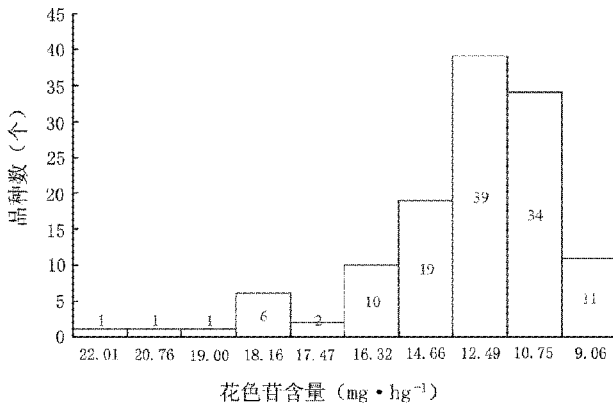


图1 不同有色稻品种资源花色苷含量的分布情况

3 结论

有色稻花色苷作为一种天然色素, 安全无毒, 又具抗氧化功效^[7], 因此高花色苷含量品种具有较

高的产业意义。对124个有色稻品种的花色苷含量进行检测分析, 得出不同有色稻品种之间花色苷的含量存在极显著差异, 含量最高的3个品种都是黑米品种, 种皮颜色很深, 这与人^[7]的研究结果相一致。124个有色稻品种花色苷含量的平均值为12.90 mg·hg⁻¹, 最高含量达到22.01 mg·hg⁻¹, 这些品种可为今后的开发利用提供宝贵的资源。

参考文献:

- [1] 闵军. 多吃有色稻米益处多 [J]. 湖南农业, 2013 (8): 37.
- [2] 孙明贺, 韩龙植. 水稻花色苷含量的遗传研究进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7 (2): 239-245.
- [3] 全刚, 刘志. 有色稻研究现状 [J]. 种子, 2017, 36 (4): 51-53.
- [4] 游晔. 紫黑米的色素和营养成分研究综述 [J]. 中国稻米, 2006 (5): 7-8.
- [5] 郭红辉, 凌文华. 黑米花色苷研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29 (3): 133-136.
- [6] 鲁明, 付欣, 迟吉捷, 等. pH示差法测定黑米发酵饮料中花色苷的含量 [J]. 黑龙江农业学报, 2017 (4): 100-102.
- [7] 张名位, 郭宝江, 池建伟, 等. 不同品种黑米的抗氧化作用及其与总黄酮和花色苷含量的关系 [J]. 中国农业科学, 2005, 38 (7): 1324-1331.

(责任编辑: 柯文辉、张磊)