

吉庆勇,刘 瑜,疏再发,等. 叶色红紫茶树种质资源生化成分分析与种质优选[J]. 江苏农业科学,2022,50(4):110-116.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.04.019

# 叶色红紫茶树种质资源生化成分分析与种质优选

吉庆勇,刘 瑜,疏再发,周慧娟,邵静娜,何卫中

(丽水市农林科学研究院,浙江丽水 323000)

**摘要:**红紫芽茶富含花青素,具有较好的开发前景。通过对芽叶呈红紫色的 60 份茶树资源春梢的理化分析和芽叶色差进行调查,可为叶色红紫茶树种质资源的利用和推广提供参考依据。结果表明,60 份茶树种质中春季的花青素含量为 1.60 ~ 15.56 mg/g,夏季的花青素含量为 3.21 ~ 35.57 mg/g,红紫色芽叶的花青素含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ );咖啡碱含量为 3.0% ~ 4.5% 的资源占 75.00%,氨基酸含量为 5% ~ 7% 的资源占 18.33%,酚氨比低于 8 的种质有 26 份,酚氨比高于 15 的种质有 6 份;其中 HZ-4 的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素含量最高;红紫芽茶树新品系中明亮度( $L$ )、测色值( $b$ )与花青素含量有密切关系,而花青素含量与叶绿素含量有密切关系,与各生化成分含量之间没有显著相关性。

**关键词:**茶树;红紫芽茶;生化成分;花青素;种质优选

**中图分类号:** S571.102 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)04-0110-07

红紫芽茶树是一种稀有的特异茶树种质资源,其芽叶呈现紫色、红色或红紫色,具有较高的花青素含量<sup>[1]</sup>。研究发现,花青素的高浓度积累是红紫色芽叶茶呈现红紫色的主要原因<sup>[2-3]</sup>,红紫芽茶树品种的芽叶深浅程度与花青素含量相关,不同品种的红紫芽茶树芽叶的红紫色程度不同,特别是在夏秋季节,88.7%的茶树芽叶会呈现微红紫色或红紫色。本研究对从浙江省内茶区收集、保存的 60 份红紫芽茶树种质资源开展主要生化成分、花青素含量、叶绿素含量及芽叶色差的分析和研究,旨在筛选出高产、优质高花青素含量的茶树种质资源,为今后研制新型高花青素茶叶加工和深加工产品奠定良好的资源和理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本研究所用材料为从 2016 年开始近 6 年来从

浙江省内等群体种茶园中收集的芽叶呈红紫色的种质资源,通过嫁接或扦插方法进行扩繁,再将扩繁材料定植于浙江省丽水市松阳县浙江省茶树种质资源圃内,种质资源命名为 HZ-1 ~ HY-60,对照品种为福鼎大白。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 样品制作及测定方法** 2017 年 3—4 月分别采摘各品种(系)一芽二叶新梢标准试验样品,用蒸锅固定,当蒸锅水沸腾(温度为 100 ℃)时,将鲜叶蒸 3 min,然后晾干表面的水分,在 80 ℃下烘干(含水量 < 6%)制成蒸青样,装入密封袋或相应容器内,在低温(约 4 ℃)干燥条件下制成生化样备用,参照 GB/T 8313—2008《茶叶中茶多酚和儿茶素含量的检测方法》测定茶样的茶多酚含量<sup>[4]</sup>,参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》测定茶样的游离氨基酸总量<sup>[5]</sup>,参照 GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》测定茶叶的咖啡碱含量<sup>[6]</sup>,参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》测定茶样的水浸出物含量<sup>[7]</sup>。

**1.2.2 叶绿素含量的测定** 叶绿素含量的测定采用 95% 乙醇直接浸提法,相关公式如下:

$$\text{叶绿素 a 含量} = 12.70 \times D_{663 \text{ nm}} - 2.69 \times D_{645 \text{ nm}};$$

$$\text{叶绿素 b 含量} = 22.90 \times D_{645 \text{ nm}} - 4.63 \times D_{663 \text{ nm}};$$

$$\text{叶绿素总量} = 20.20 \times D_{645 \text{ nm}} + 8.20 \times D_{663 \text{ nm}};$$

$$\text{类胡萝卜素含量} = (1\ 000 \times D_{450 \text{ nm}} - 2.05 - 14.80 \times C_b) / 245。$$

收稿日期:2021-06-12

基金项目:国家现代农业产业技术体系资助项目(编号:CARS-19);丽水市重点研发项目(编号:2020ZDYF05);茶树新品种选育(编号:2021C02067);2021 年第二批省农业农村高质量现代种业发展项目。

作者简介:吉庆勇(1979—),男,四川绵竹人,副研究员,研究方向为茶叶育种、栽培。E-mail:healthhome@126.com。

通信作者:何卫中,硕士,研究员,研究方向为茶叶育种、生产技术推广与应用研究。E-mail:jnhwz@126.com。

1.2.3 花青素含量的测定 使用高效液相色谱测定法(HPLC)测定花青素含量<sup>[8]</sup>。

1.2.4 芽片色泽的测定 采用 CR-5 电脑色差计(杭州市柯盛行仪器有限公司生产)测定 60 份红紫芽资源的  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值,其中  $L$  值表示明亮度,当  $L$  为 0~100 时,其值越大表示越明亮; $a$  值表示红绿相比的程度,当  $a$  为 -80~100 时,其值越大表示颜色越红,其值越小表示颜色越绿; $b$  值表示黄蓝相比的程度,当  $b$  为 -80~70 时,其值越大表示颜色越黄,其值越小表示颜色越蓝。采取供试茶树品种(系)一芽二叶生化样为材料,测定前用标准白板校对,随机各取 30 个品种(系)的材料进行测定,用平均值表征该色泽,记录  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值。

## 2 结果与分析

### 2.1 红紫芽茶树的生化成分分析

在茶叶加工前,茶芽所含生化物质是成茶品质的重要基础,因此,分析茶叶中的生化成分含量及其变化规律对今后推广茶叶优良品系、指导茶叶生产及进行品质鉴定具有重要意义<sup>[9-11]</sup>。本研究测定的主要生化成分包括水浸出物、茶多酚、咖啡碱、氨基酸和酚氨比。由表 1 可以看出,60 份红紫芽茶品种(系)的内含物都比较丰富,其中水浸出物含量最高的是 HZ-34,达到 49.97%,HZ-50 的水浸出物含量最低,为 35.36%,水浸出物含量超过 49% 的种质资源有 21 份,所占比例为 35.00%,说明红紫芽茶树芽叶内含物质丰富;茶多酚含量最高的是 HZ-22,达到 42.19%,HZ-16 的茶多酚含量最低,为 25.07%,76.70% 红紫芽茶树资源的茶多酚含量为 30%~40%;咖啡碱含量最高的是 HZ-5,达到 5.87%,其次是 HZ-45,为 5.61%,咖啡碱含量最低的是 HZ-21,为 2.59%,75.00% 红紫芽茶树资源的咖啡碱含量为 3.00%~4.50%;氨基酸含量最高的是 HZ-16,达到 7.98%,氨基酸含量最低的是 HZ-5,为 1.72%,18.33% 红紫芽茶树资源的氨基酸含量为 5.00%~7.00%。酚氨比是茶树资源适制性的重要指标,酚氨比<8 的种质一般适制绿茶,酚氨比>15 的种质一般适制红茶,酚氨比居中的种质可兼制红绿茶<sup>[12]</sup>。本研究结果显示,酚氨比为 3.31~21.07,变异幅度较大,60 份红紫芽茶树资源中,酚氨比低于 8 的种质资源有 26 份,酚氨比高于 15 的种质资源有 6 份。

### 2.2 红紫芽茶树花青素含量的测定与比较

花青素又称花色素,是紫化茶树中重要的多酚

类物质<sup>[13-14]</sup>,是一种可以清除自由基的天然产物,具有抗氧化<sup>[15-16]</sup>、抗肿瘤<sup>[17-18]</sup>、抑菌活性<sup>[19]</sup>等多种生物活性。大量研究发现,茶树芽叶产生红紫色的主要原因是富含花青素,并且花青素含量与芽叶红紫色呈线性正相关关系。一般茶叶中的花青素占干物质质量的 0.01% 左右,而在红紫芽茶中占比则达到 0.5%~1.0%,其中紫娟茶的花青素含量约为一般红芽茶的 3 倍。由表 2 可以看出,HZ-1~HZ-60 红紫芽茶树资源春季的花青素含量为 3.18~15.56 mg/g,夏季的花青素含量为 3.21~35.57 mg/g,夏季的花青素含量一般会增长到春季的 2 倍。HZ-1~HZ-60 红紫芽茶树资源春茶的花青素含量与芽叶色泽呈基本一致的规律,花青素含量越高,则颜色越深<sup>[20]</sup>,其中春季 HZ-1 的花青素含量最高,为 15.56 mg/g,比对照福鼎大白高约 7 倍,这与红紫芽品种(系)芽叶呈红紫色而绿芽品种(系)芽叶呈绿色或黄绿色的表型是一致的,说明红紫芽品系芽叶的红紫色是由其高含量的花青素组分引起的,而与茶多酚、儿茶素、咖啡碱和游离氨基酸含量无关。夏茶的花青素含量普遍偏高,春茶花青素含量高的茶树资源,其夏茶花青素含量不一定高,例如 HZ-50 的夏茶花青素含量最高,为 35.57 mg/g,约为对照福鼎大白的 11 倍。这与周琼琼等研究发现的芽叶紫化茶树在同一时期不同发育程度中,幼嫩紫色叶片的花青素含量显著高于成熟绿色叶片的结果<sup>[21-22]</sup>基本一致,这与红紫芽茶树资源春茶花青素含量与芽叶色泽显示的规律基本一致,即花青素含量越高,颜色越深,花青素含量与芽叶红紫色呈正相关的线性关系<sup>[23-25]</sup>。总体上看,红紫芽茶树的花青素含量表现为夏茶>春茶。

### 2.3 红紫芽茶树资源的叶绿素含量分析

由表 3 可以看出,60 份红紫芽茶树资源的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素含量各不相同,叶绿素 a、叶绿素 b 含量的变化与总叶绿素含量的变化具有同步性。其中叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素总和和类胡萝卜素含量最高的是 HZ-4,分别为 1.66、0.63、2.31、9.13 mg/g,分别比对照福鼎大白高 86.5%、110.0%、94.1%、66.3%。

### 2.4 红紫芽茶树资源芽叶色泽分析

利用色差计测定 60 份紫芽资源的明亮度( $L$ )、测色值  $a$  和色值  $b$ , $L$  值越大,表明越明亮,由表 4 可以看出,对照福鼎大白的  $L$  值最大,为 24.87, HZ-18 的  $L$  值最小,为 14.97; $L$  值越小,表明芽叶

表 1 60 份红紫芽茶树资源的主要生化成分分析结果

种质名称	水浸出物含量(%)	茶多酚含量(%)	咖啡碱含量(%)	氨基酸含量(%)	酚氨比	种质名称	水浸出物含量(%)	茶多酚含量(%)	咖啡碱含量(%)	氨基酸含量(%)	酚氨比
HZ-1	49.13±0.01	31.43±0.07	3.12±0.01	3.48±0.02	9.02±0.03	HZ-31	43.14±0.01	31.4±0.01	3.79±0.05	4.46±0.03	7.04±0.02
HZ-2	48.23±0.01	29.25±0.01	2.95±0.01	5.06±0.01	5.78±0.01	HZ-32	46.23±0.02	38.19±0.01	3.75±0.01	5.27±0.01	7.24±0.02
HZ-3	46.07±0.02	28.09±0.01	3.80±0.01	5.08±0.02	5.53±0.01	HZ-33	49.44±0.06	35.69±0.01	2.88±0.04	4.02±0.01	8.88±0.02
HZ-4	38.89±0.01	39.58±0.02	3.42±0.04	3.40±0.01	11.64±0.04	HZ-34	49.97±0.02	35.01±0.01	3.04±0.01	2.67±0.01	13.10±0.01
HZ-5	40.51±0.01	35.12±0.01	5.87±0.01	1.72±0.01	21.07±0.01	HZ-35	48.42±0.01	30.99±0.01	3.08±0.01	5.15±0.01	6.01±0.01
HZ-6	49.52±0.03	30.46±0.01	4.13±0.01	2.62±0.01	11.63±0.01	HZ-36	47.26±0.03	35.26±0.01	3.36±0.01	3.61±0.05	9.76±0.01
HZ-7	47.17±0.01	33.72±0.05	2.98±0.03	5.32±0.01	6.34±0.02	HZ-37	47.79±0.02	34.91±0.04	3.95±0.01	3.96±0.01	8.81±0.01
HZ-8	46.18±0.04	34.75±0.01	3.18±0.01	3.24±0.01	10.71±0.01	HZ-38	48.35±0.01	31.30±0.01	3.37±0.01	3.80±0.01	8.24±0.01
HZ-9	49.18±0.01	30.75±0.01	2.76±0.01	6.55±0.03	4.70±0.03	HZ-39	47.60±0.02	28.37±0.01	3.47±0.01	6.49±0.01	4.37±0.01
HZ-10	49.42±0.02	36.01±0.02	3.35±0.01	3.31±0.01	10.89±0.01	HZ-40	49.17±0.01	33.52±0.03	3.69±0.01	2.35±0.03	14.28±0.03
HZ-11	49.68±0.01	33.24±0.02	3.49±0.01	1.88±0.01	17.70±0.01	HZ-41	49.51±0.03	37.32±0.01	3.30±0.01	1.99±0.01	18.75±0.01
HZ-12	49.20±0.01	33.78±0.02	3.77±0.02	2.08±0.01	16.26±0.01	HZ-42	49.94±0.01	29.56±0.01	3.39±0.01	3.85±0.02	7.68±0.01
HZ-13	47.90±0.05	28.88±0.01	4.20±0.01	4.69±0.01	6.15±0.05	HZ-43	49.15±0.01	28.59±0.05	4.34±0.01	3.47±0.01	8.25±0.04
HZ-14	49.30±0.01	32.88±0.03	3.39±0.02	4.61±0.01	7.14±0.01	HZ-44	45.24±0.01	28.82±0.01	2.65±0.01	4.33±0.01	6.66±0.01
HZ-15	47.95±0.01	27.09±0.01	3.71±0.01	5.00±0.01	5.41±0.01	HZ-45	48.98±0.01	32.95±0.01	5.61±0.01	4.13±0.01	7.97±0.01
HZ-16	45.67±0.02	25.07±0.02	3.53±0.01	7.98±0.02	3.31±0.03	HZ-46	48.24±0.01	32.33±0.01	4.34±0.01	5.05±0.06	6.41±0.01
HZ-17	48.97±0.01	28.90±0.01	3.29±0.03	3.34±0.01	8.60±0.01	HZ-47	49.04±0.02	32.95±0.03	3.40±0.01	3.38±0.01	9.76±0.02
HZ-18	45.08±0.01	32.49±0.01	5.22±0.01	3.45±0.01	9.42±0.01	HZ-48	47.94±0.01	30.25±0.01	4.45±0.01	3.60±0.01	8.39±0.01
HZ-19	48.51±0.03	31.26±0.01	4.39±0.03	4.89±0.01	6.40±0.01	HZ-49	48.88±0.01	35.96±0.01	3.60±0.03	5.27±0.01	6.82±0.01
HZ-20	49.59±0.01	37.57±0.05	3.32±0.01	3.53±0.01	10.66±0.01	HZ-50	35.36±0.01	28.42±0.01	3.77±0.01	3.83±0.06	7.43±0.03
HZ-21	49.22±0.01	30.46±0.01	2.59±0.01	4.25±0.03	7.16±0.02	HZ-51	48.12±0.01	33.16±0.04	3.53±0.03	3.93±0.01	8.45±0.01
HZ-22	48.76±0.04	42.19±0.01	3.36±0.01	4.29±0.01	9.61±0.01	HZ-52	46.75±0.01	31.04±0.01	3.37±0.01	3.98±0.01	7.81±0.01
HZ-23	47.85±0.01	32.83±0.01	3.40±0.01	4.58±0.01	7.16±0.01	HZ-53	48.78±0.01	32.79±0.01	3.18±0.04	5.28±0.02	6.20±0.01
HZ-24	47.57±0.01	32.64±0.01	3.45±0.05	3.45±0.01	9.45±0.01	HZ-54	49.80±0.03	33.06±0.01	2.88±0.01	3.83±0.01	8.62±0.01
HZ-25	42.30±0.02	38.03±0.01	4.63±0.01	1.90±0.04	20.00±0.01	HZ-55	48.05±0.01	31.44±0.01	4.53±0.01	2.95±0.01	10.64±0.01
HZ-26	48.25±0.01	37.12±0.01	2.72±0.01	2.14±0.01	17.33±0.01	HZ-56	48.92±0.02	29.81±0.03	3.53±0.01	4.23±0.01	7.05±0.01
HZ-27	49.77±0.01	33.73±0.03	3.94±0.01	3.31±0.01	10.18±0.01	HZ-57	47.33±0.03	30.84±0.01	2.95±0.01	3.30±0.01	9.35±0.01
HZ-28	47.88±0.02	33.55±0.01	3.55±0.01	4.75±0.01	7.06±0.01	HZ-58	48.00±0.01	36.01±0.02	3.73±0.02	3.48±0.01	10.35±0.05
HZ-29	49.13±0.01	32.82±0.01	3.07±0.07	3.60±0.07	8.98±0.01	HZ-59	49.72±0.01	34.21±0.01	3.60±0.01	3.19±0.01	10.72±0.01
HZ-30	47.90±0.03	26.34±0.02	2.94±0.01	4.24±0.01	6.22±0.01	HZ-60	49.24±0.02	34.24±0.01	3.30±0.02	3.61±0.01	9.49±0.01
						福鼎大白	46.76±0.03	19.48±0.01	4.11±0.04	4.74±0.01	4.11±0.01

注:表中数值为 3 次重复的平均值±标准差。

颜色越偏紫,反之表明芽叶颜色越偏绿色,与吴华玲的研究结果<sup>[20]</sup>一致。*a*、*b* 值表示红绿值相比的程度,*a* 值越大,表明颜色越偏红紫色,*a* 值越小,表明颜色越偏绿色,HZ-60 的 *a* 值最大,为 1.32,其次为 HZ-38,*a* 值为 0.97;*b* 值表示黄紫相比的程度,其值越大,表明颜色越黄,其值越小,表明颜色越紫,HZ-15 的 *b* 值最小,HZ-53 的 *b* 值最大。

2.5 红紫芽茶树资源相关性分析

朱政等研究发现,红紫色芽叶比绿色芽叶含有更多的茶多酚,而氨基酸含量偏少<sup>[12]</sup>。萧力争等的

研究表明,茶树红紫化芽叶紫色深浅程度与茶多酚、儿茶素、咖啡碱和游离氨基酸没有直接相关性<sup>[26-28]</sup>。表 5 结果显示,氨基酸含量与茶多酚含量呈极显著负相关,花青素含量(春)与叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量呈显著正相关,类胡萝卜素含量与可溶性总糖、叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量有显著或极显著关系,*L* 值与春茶花青素和夏茶花青素含量呈显著或极显著负相关,*a* 值与水浸出物含量、茶多酚含量、氨基酸含量、酚氨比间有显著相关性,*b* 值与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、总叶绿

表 2 60 份红紫芽茶树资源的花青素含量

种质名称	花青素含量(mg/g)		种质名称	花青素含量(mg/g)	
	春季	夏季		春季	夏季
HZ-1	15.56±0.01a	28.76±0.02a	HZ-31	7.60±0.01b	8.49±0.01e
HZ-2	14.06±0.01a	23.05±0.01b	HZ-32	7.24±0.01b	12.46±0.02c
HZ-3	14.06±0.02a	16.51±0.01c	HZ-33	7.11±0.03b	17.26±0.01c
HZ-4	13.85±0.01b	16.53±0.03c	HZ-34	7.07±0.01b	16.85±0.01c
HZ-5	13.17±0.01b	22.68±0.01b	HZ-35	7.04±0.01b	15.76±0.03b
HZ-6	13.08±0.02b	24.01±0.01b	HZ-36	7.02±0.03b	18.07±0.01b
HZ-7	12.43±0.01b	10.39±0.03e	HZ-37	6.85±0.01b	23.60±0.01b
HZ-8	11.74±0.03c	13.24±0.01e	HZ-38	6.71±0.01b	18.16±0.01b
HZ-9	11.60±0.01c	31.33±0.01a	HZ-39	6.42±0.01b	11.28±0.02c
HZ-10	11.49±0.01c	18.40±0.01c	HZ-40	6.15±0.01b	14.16±0.01c
HZ-11	11.29±0.02c	12.59±0.01e	HZ-41	5.69±0.01c	13.75±0.01c
HZ-12	11.19±0.01c	21.13±0.01b	HZ-42	5.40±0.02c	9.29±0.01e
HZ-13	10.80±0.01c	14.07±0.01e	HZ-43	5.16±0.01c	8.24±0.04e
HZ-14	10.78±0.01c	20.09±0.02b	HZ-44	4.90±0.01c	12.72±0.01c
HZ-15	10.55±0.01c	26.15±0.01a	HZ-45	4.67±0.01c	8.45±0.01d
HZ-16	10.18±0.02c	27.52±0.01a	HZ-46	4.59±0.01c	9.27±0.01d
HZ-17	10.16±0.01c	19.47±0.01b	HZ-47	4.38±0.02c	9.40±0.03d
HZ-18	9.95±0.01a	15.30±0.01b	HZ-48	4.23±0.01c	12.11±0.01c
HZ-19	9.45±0.01a	14.79±0.04c	HZ-49	4.16±0.01c	14.87±0.01c
HZ-20	9.37±0.01a	14.28±0.01c	HZ-50	4.11±0.01c	35.57±0.01a
HZ-21	9.14±0.00a	21.36±0.01b	HZ-51	4.09±0.05c	11.01±0.01d
HZ-22	9.01±0.01a	31.03±0.01a	HZ-52	4.04±0.01c	21.54±0.02b
HZ-23	8.85±0.01a	5.24±0.02f	HZ-53	3.59±0.01d	12.24±0.01d
HZ-24	8.81±0.01d	16.24±0.01c	HZ-54	3.58±0.04d	16.93±0.01c
HZ-25	8.76±0.01a	14.33±0.01c	HZ-55	3.49±0.01d	9.02±0.01e
HZ-26	8.56±0.02a	15.89±0.01c	HZ-56	3.48±0.01d	12.43±0.01d
HZ-27	7.93±0.01b	19.10±0.01c	HZ-57	3.32±0.01d	9.38±0.02e
HZ-28	7.86±0.01b	11.27±0.01c	HZ-58	3.29±0.01d	12.98±0.01c
HZ-29	7.78±0.02b	13.26±0.02c	HZ-59	3.25±0.01d	21.93±0.01b
HZ-30	7.60±0.01b	12.58±0.01c	HZ-60	3.18±0.02d	14.29±0.03c
			福鼎大白	2.01±0.01d	3.21±0.01e

注：表中数值为 3 次重复的平均值±标准差；同列数据后标有不同小写字母表示具有显著差异( $P<0.05$ )。

素含量、类胡萝卜素含量、春茶花青素含量、夏茶花青素含量、 $L$  值和  $a$  值均有显著或极显著相关性(表 1、表 5)。

3 结论与讨论

近年来,茶叶育种专家从自然变异的红紫芽群体中通过人工选育出一批性状稳定、春夏季或者全年新梢都呈红紫色的特异性茶树种质资源,以面对多样化的市场需求,红紫色芽叶因其成茶制品的高花青素含量而逐渐受到重视。

游小妹等研究发现,红紫芽芽叶中的花青素含量与芽叶色泽深浅程度有密切关系,与各生化成分之间没有显著关系,且红紫芽茶花青素含量与叶绿

素含量有密切关系,与各生化成分之间没有显著相关性,茶芽的花青素含量增加,芽叶的紫化程度也越高<sup>[27]</sup>,与本研究结果一致。有研究报道,深红紫品种(系)的花青素含量约为浅红紫品种(系)的 5 倍,常规品种(系)紫色芽叶中的花青素含量为其正常黄绿色芽叶的 2.46 倍<sup>[29-30]</sup>。本研究结果显示,紫芽茶树品种(系)HZ-1 花青素含量是绿芽对照品种的 7.7 倍。刘富知等的研究表明,紫色芽叶的茶多酚含量比绿色芽叶高,氨基酸含量偏低<sup>[29]</sup>,而萧力争等的研究表明,茶树紫化芽叶紫色深浅程度与茶多酚、咖啡碱和游离氨基酸含量没有直接相关性<sup>[31]</sup>,这与本研究结果一致。

茶树鲜叶内含成分、芽叶色泽与适制性与茶叶

表 3 60 份红紫芽茶树资源的叶绿素含量

种质名称	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	总叶绿素含量 (mg/g)	类胡萝卜素含量 (mg/g)	种质名称	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	总叶绿素含量 (mg/g)	类胡萝卜素含量 (mg/g)
HZ-1	0.82±0.01	0.27±0.01	1.10±0.01	4.93±0.01	HZ-31	0.55±0.01	0.17±0.01	0.73±0.01	3.50±0.01
HZ-2	1.17±0.01	0.42±0.02	1.60±0.01	6.72±0.01	HZ-32	1.18±0.01	0.28±0.04	1.46±0.02	4.29±0.01
HZ-3	0.97±0.01	0.36±0.01	1.33±0.04	5.48±0.01	HZ-33	0.73±0.02	0.19±0.01	0.93±0.01	4.24±0.01
HZ-4	1.66±0.04	0.63±0.01	2.31±0.01	9.13±0.01	HZ-34	1.14±0.01	0.40±0.01	1.55±0.01	6.53±0.04
HZ-5	0.61±0.01	0.20±0.02	0.82±0.05	3.60±0.01	HZ-35	0.93±0.03	0.31±0.01	1.25±0.01	5.49±0.01
HZ-6	0.85±0.01	0.29±0.01	1.14±0.01	5.59±0.02	HZ-36	0.56±0.01	0.19±0.02	0.75±0.02	3.93±0.01
HZ-7	0.94±0.05	0.35±0.01	1.30±0.01	5.46±0.01	HZ-37	0.97±0.01	0.32±0.01	1.30±0.01	5.58±0.01
HZ-8	0.63±0.01	0.20±0.01	0.83±0.01	3.62±0.03	HZ-38	0.79±0.02	0.26±0.01	1.07±0.01	4.96±0.01
HZ-9	0.69±0.01	0.23±0.01	0.92±0.02	4.29±0.01	HZ-39	0.87±0.01	0.31±0.01	1.18±0.01	5.15±0.01
HZ-10	0.89±0.04	0.32±0.02	1.22±0.01	5.43±0.01	HZ-40	0.85±0.01	0.34±0.01	1.19±0.01	5.09±0.03
HZ-11	0.96±0.01	0.34±0.01	1.32±0.01	6.49±0.01	HZ-41	1.08±0.01	0.33±0.01	1.42±0.01	6.18±0.01
HZ-12	0.72±0.01	0.23±0.01	0.95±0.02	4.20±0.02	HZ-42	0.84±0.01	0.28±0.01	1.12±0.01	5.48±0.01
HZ-13	1.13±0.01	0.41±0.03	1.54±0.01	7.02±0.01	HZ-43	0.59±0.01	0.20±0.01	0.79±0.02	3.74±0.02
HZ-14	1.11±0.01	0.47±0.01	1.58±0.01	6.49±0.01	HZ-44	0.87±0.05	0.27±0.01	1.15±0.01	4.99±0.01
HZ-15	0.73±0.01	0.24±0.01	0.98±0.01	4.49±0.02	HZ-45	0.94±0.01	0.33±0.01	1.28±0.01	6.04±0.01
HZ-16	0.92±0.02	0.32±0.01	1.26±0.03	5.38±0.01	HZ-46	0.87±0.01	0.36±0.02	1.23±0.01	5.89±0.03
HZ-17	0.96±0.01	0.38±0.02	1.34±0.01	5.29±0.01	HZ-47	0.75±0.02	0.29±0.01	1.04±0.01	4.52±0.01
HZ-18	0.84±0.03	0.24±0.01	1.08±0.02	4.86±0.02	HZ-48	0.99±0.01	0.43±0.03	1.42±0.01	6.47±0.01
HZ-19	0.85±0.01	0.28±0.01	1.14±0.01	5.29±0.01	HZ-49	1.12±0.01	0.36±0.01	1.49±0.03	6.36±0.01
HZ-20	1.21±0.01	0.42±0.04	1.60±0.01	6.81±0.01	HZ-50	0.98±0.01	0.34±0.01	1.33±0.01	6.46±0.01
HZ-21	0.72±0.01	0.24±0.01	0.97±0.03	4.40±0.02	HZ-51	0.63±0.03	0.21±0.01	0.85±0.01	3.73±0.02
HZ-22	1.06±0.01	0.37±0.01	1.45±0.01	6.41±0.01	HZ-52	0.86±0.01	0.28±0.01	1.15±0.01	4.96±0.01
HZ-23	1.26±0.01	0.45±0.02	1.73±0.01	7.10±0.01	HZ-53	0.87±0.01	0.30±0.01	1.18±0.01	4.93±0.01
HZ-24	1.07±0.01	0.41±0.01	1.49±0.01	7.97±0.02	HZ-54	0.55±0.02	0.17±0.01	0.73±0.01	3.52±0.01
HZ-25	0.60±0.02	0.20±0.01	0.80±0.01	4.11±0.01	HZ-55	0.72±0.01	0.23±0.01	0.96±0.01	5.91±0.01
HZ-26	0.87±0.01	0.42±0.01	1.29±0.01	6.88±0.01	HZ-56	0.86±0.01	0.27±0.01	1.14±0.01	4.91±0.03
HZ-27	0.79±0.01	0.27±0.01	1.07±0.02	4.60±0.01	HZ-57	0.86±0.01	0.26±0.01	1.13±0.01	5.54±0.01
HZ-28	0.76±0.04	0.27±0.01	1.03±0.01	4.44±0.01	HZ-58	0.77±0.01	0.25±0.01	1.03±0.03	5.01±0.01
HZ-29	0.96±0.01	0.33±0.02	1.29±0.01	5.02±0.01	HZ-59	0.89±0.01	0.29±0.01	1.19±0.01	5.39±0.04
HZ-30	0.82±0.01	0.22±0.01	1.04±0.03	5.15±0.01	HZ-60	0.84±0.01	0.30±0.01	1.14±0.01	4.88±0.01
					福鼎大白	0.89±0.01	0.30±0.01	1.19±0.04	5.49±0.01

的品质有密切关系<sup>[31]</sup>,除了直观的颜色差异外,红紫化茶树资源的内含生化成分具有特殊性,叶色红紫化的深浅与芽叶化学组成各不相同,叶色红紫化茶树对叶绿素 a 和类胡萝卜素含量的影响较大,且春季的花青素含量与叶绿素 a、类胡萝卜素含量均有相关性。本研究发现的氨基酸(含量≥5.0%)种质有 14 个,可作为特异种质资源<sup>[32]</sup>;茶多酚含量(≥35.0%)的种质有 14 个,可作为优异种质资源。已有研究发现,紫芽茶鲜叶的酚氨比在 8~15 之间,属于红绿兼制的品种<sup>[23]</sup>。程启坤研究发现,酚氨比低的(<8)一般适制绿茶,酚氨比高的(>15)一般适制红茶,酚氨比居中的为红绿兼制型<sup>[33]</sup>,与陈岱卉等的研究结果<sup>[34]</sup>一致。本研究选育的 60 份紫芽

资源中,酚氨比低于 8 的资源有 26 份,酚氨比高于 15 的有 6 份。本研究结果显示,春茶和夏茶花青素含量分别较高的 HZ-1 和 HZ-50 品系同时具有较强的分枝能力,茶芽持嫩性也较强,且百芽质量也较大,应作为今后高产优质高花青素茶树新品种的重点选育对象。

本研究对收集的 60 份芽叶呈红紫色的茶树品系的新梢芽叶进行了系统生化组分的测定与分析,旨在为今后筛选出农艺、加工性状优良,品质优异且功能成分独具特色的高花青素茶树种质资源,开发符合市场需求的高花青素茶叶加工和深加工产品提供物质和理论基础。

表 4 60 份红紫芽茶树资源芽叶色泽分析

种质名称	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	种质名称	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
HZ-1	15.39±0.01	0.12±0.01	2.98±0.01	HZ-31	16.08±0.03	0.00±0.01	3.29±0.01
HZ-2	16.48±0.01	0.34±0.01	3.33±0.01	HZ-32	18.50±0.01	0.29±0.02	3.19±0.01
HZ-3	16.77±0.03	0.35±0.01	4.02±0.03	HZ-33	16.14±0.01	0.79±0.01	3.89±0.01
HZ-4	17.00±0.01	0.22±0.01	3.47±0.01	HZ-34	18.32±0.01	0.93±0.01	5.20±0.01
HZ-5	18.45±0.01	0.87±0.01	5.02±0.01	HZ-35	16.88±0.01	0.40±0.02	3.04±0.01
HZ-6	17.92±0.01	-0.50±0.01	3.78±0.01	HZ-36	18.04±0.01	0.53±0.01	4.58±0.01
HZ-7	16.25±0.01	0.51±0.02	3.90±0.02	HZ-37	16.99±0.02	0.40±0.01	3.58±0.02
HZ-8	16.97±0.02	0.43±0.01	3.92±0.01	HZ-38	17.91±0.01	0.97±0.01	4.38±0.01
HZ-9	16.18±0.01	-0.15±0.01	4.61±0.01	HZ-39	16.09±0.01	-0.17±0.01	3.79±0.01
HZ-10	16.71±0.01	0.57±0.01	3.14±0.01	HZ-40	17.05±0.01	0.38±0.02	3.69±0.01
HZ-11	17.66±0.05	0.47±0.01	4.26±0.01	HZ-41	16.89±0.01	0.42±0.01	4.21±0.02
HZ-12	17.37±0.01	0.43±0.01	3.97±0.04	HZ-42	18.78±0.01	0.59±0.01	4.24±0.01
HZ-13	16.35±0.01	0.01±0.01	3.02±0.01	HZ-43	17.27±0.01	-0.38±0.01	6.48±0.01
HZ-14	16.66±0.01	0.31±0.01	3.59±0.01	HZ-44	16.85±0.02	-0.01±0.01	4.95±0.01
HZ-15	15.74±0.01	0.04±0.01	2.00±0.02	HZ-45	19.22±0.01	0.41±0.01	4.57±0.01
HZ-16	19.27±0.01	0.11±0.01	3.17±0.01	HZ-46	18.69±0.01	0.56±0.03	5.14±0.01
HZ-17	18.55±0.03	0.23±0.01	4.32±0.01	HZ-47	19.52±0.01	0.78±0.01	5.71±0.01
HZ-18	14.97±0.01	0.31±0.01	4.05±0.01	HZ-48	20.42±0.01	0.33±0.01	3.99±0.01
HZ-19	17.57±0.01	0.42±0.02	4.41±0.01	HZ-49	20.07±0.01	-0.17±0.01	6.16±0.03
HZ-20	16.80±0.04	0.85±0.01	3.73±0.02	HZ-50	18.62±0.01	-0.81±0.01	6.28±0.01
HZ-21	17.09±0.01	0.60±0.01	3.79±0.01	HZ-51	20.67±0.01	0.41±0.01	5.96±0.01
HZ-22	19.73±0.01	-0.19±0.01	3.06±0.01	HZ-52	19.54±0.01	0.50±0.02	5.24±0.01
HZ-23	17.76±0.01	0.26±0.01	3.25±0.01	HZ-53	19.31±0.01	0.72±0.01	8.56±0.01
HZ-24	19.56±0.01	0.37±0.01	3.61±0.02	HZ-54	20.51±0.01	0.85±0.01	6.05±0.01
HZ-25	18.99±0.01	0.26±0.01	3.94±0.01	HZ-55	19.86±0.03	0.38±0.01	6.56±0.01
HZ-26	19.34±0.01	0.29±0.02	3.59±0.01	HZ-56	19.17±0.01	0.74±0.01	5.75±0.01
HZ-27	23.49±0.02	0.64±0.01	6.74±0.01	HZ-57	20.44±0.01	0.69±0.01	6.86±0.01
HZ-28	22.39±0.01	0.14±0.01	4.46±0.01	HZ-58	19.44±0.01	0.45±0.01	4.63±0.03
HZ-29	18.11±0.01	0.24±0.01	4.58±0.03	HZ-59	19.23±0.01	0.50±0.01	5.05±0.01
HZ-30	18.55±0.01	0.29±0.01	4.69±0.01	HZ-60	17.44±0.02	1.32±0.01	6.99±0.01
				福鼎大白	24.87±0.01	-0.34±0.01	7.16±0.01

参考文献:

[1] 刘富知, 黄建安, 付冬和, 等. 茶树上红紫色芽叶部分生化特性的研究[J]. 湖南农业大学学报, 2000, 26(1): 55-57.

[2] 王子浩. 云南勐海群体种红紫色芽叶与紫娟茶春梢生化成分分析[J]. 食品科技, 2016, 41(6): 51-55.

[3] 潘亚燕, 吴华玲, 李家贤, 等. 红紫芽茶利用研究进展[J]. 广东农业科学, 2015, 42(1): 8-12, 17.

[4] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[5] 中华全国供销合作总社. 茶 游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[6] 华全国供销合作总社. 茶 咖啡碱测定: GB/T 8312—2013[S].

北京: 中国标准出版社, 2014.

[7] 中华全国供销合作总社. 茶 水浸出物测定: GB/T 8305—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[8] 于晓南. 植物叶片中花青素的分析与研究[J]. 现代仪器, 2000(4): 37-38.

[9] 宛晓春, 黄继轸, 张正竹, 等. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 18-19.

[10] Neill S O, Gould K S, Kilmartin P A, et al. Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*[J]. Plant Cell & Environment, 2002, 25(4): 539-547.

[11] 杨秀娟, 赵晓燕, 马 越, 等. 花青素研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2005(4): 40-42.

[12] 朱 政, 蒋家月, 江昌俊, 等. 低温胁迫对茶树叶片 SOD、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38

表 5 60 份红紫芽茶树资源的相关性分析

指标	相关系数									
	水浸出物含量	茶多酚含量	咖啡碱含量	氨基酸含量	酚氨比	可溶性总糖含量	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	叶绿素总量	类胡萝卜素含量
水浸出物含量	1.000									
茶多酚含量	0.567	1.000								
咖啡碱含量	-0.200	-0.053	1.000							
氨基酸含量	0.037	-0.388**	-0.126	1.000						
酚氨比	-0.098	0.541**	0.090	-0.885**	1.000					
可溶性总糖含量	0.241	0.220	-0.226	-0.213	0.178	1.000				
叶绿素 a 含量	-0.103	0.203	-0.035	0.125	-0.097	-0.121	1.000			
叶绿素 b 含量	0.077	0.169	-0.021	0.064	-0.040	-0.135	0.911**	1.000		
叶绿素总量	-0.097	0.200	-0.036	0.109	-0.080	-0.131	0.992**	0.954**	1.000	
类胡萝卜素含量	-0.088	0.127	0.041	-0.017	0.003	0.246*	0.874**	0.909**	0.902**	1.000
花青素含量(春)	-0.119	0.129	-0.060	-0.029	0.144	0.087	0.270*	0.302*	0.283*	0.220
花青素含量(夏)	-0.169	0.086	-0.168	0.047	0.037	-0.028	0.084	0.085	0.089	0.083
L	0.017	-0.103	0.113	-0.009	-0.050	-0.185	-0.141	-0.103	-0.132	-0.063
a	0.275*	0.295*	-0.196	-0.300*	0.250*	0.163	-0.137	0.140	-0.136	-0.148
b	-0.002	-0.187	0.035	-0.092	-0.010	-0.115	-0.290*	-0.289*	-0.294*	-0.251*

注：\* 表示在 0.05 水平(双侧)显著相关,\*\* 表示在 0.01 水平(双侧)显著相关。

(1);24-26.

[13] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

[14] Clifford M N. Anthocyanins - nature, occurrence and dietary burden [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2000,80(7): 1063-1072.

[15] 胥立峰,包海鹰,李丹花,等. “桑黄”类真菌中多酚物质及其生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2016,28:147-155.

[16] 陈智力,王秋红,匡海学,等. 蓝靛果不同提取部位花青素、多酚类的含量测定及体外抗氧化活性[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(1):48-52.

[17] 罗丽萍,韩 彬,彭晓莉,等. 花青素防治乳腺癌研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2012,24:229-232.

[18] 崔 建,李晓岩. 花青素抗肿瘤作用机制研究进展[J]. 食品科学,2014,35(13):310-315.

[19] 陈 燕,孙晓红,曹 奕,等. 蓝莓抑菌活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2013,25(5):716-721.

[20] 吴华玲,乔小燕,李家贤,等. “红紫芽”茶树新品系的生物学特性研究[J]. 热带作物学报,2011,32(6):1009-1015.

[21] 周琼琼,孙威江. 茶树芽叶紫化的生理生化分析及其关键酶基因的表达式[J]. 生物技术通报,2015(1):86-91.

[22] 陈 伟,吕晓杰,宋晓敏,等. ‘紫鹃’茶树紫叶和绿叶差异表达蛋白分析[J]. 福建农业学报,2016,31(3):230-235.

[23] 吴华玲,何玉媚,李家贤,等. 11 个红紫芽茶树新品系的芽叶特性和生化成分研究[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(1):42-47.

[24] 杨兴荣,矣 兵,李友勇,等. 紫芽茶树种质资源主要生化成分差异性分析[J]. 山东农业科学,2015,47(12):14-19.

[25] 贾赵东,马佩勇,边小峰,等. 植物花青素合成代谢途径及其分子调控[J]. 西北植物学报,2014,34(7):1496-1506.

[26] 萧力争,苏晓倩,李 勤,等. 紫芽品种茶树春梢芽叶生化成分分析[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2009,38(1):30-33.

[27] 游小妹,钟秋生,林郑和,等. 18 个紫芽新品系芽叶特性及生化成分分析[J]. 茶叶学报,2018,59(1):43-46.

[28] 杨兴荣,矣 兵,李友勇,等. 紫芽茶树种质资源主要生化成分差异性分析[J]. 山东农业科学,2015,47(12):14-19.

[29] 刘富红,黄建安,付冬和,等. 茶树上红紫色芽叶部分生化特性的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2000,26(1):41-43.

[30] 蔡 丽,梁名志,夏丽飞,等. “紫娟”茶外观表象差异研究[J]. 西南农业学报,2010,23(3):700-703.

[31] 萧力争,李 勤,谭正初,等. 茶树紫色芽叶分级标准研究[J]. 云南农业大学学报,2008,23(5):668-672.

[32] Murray J R, Hackett W P. Dihydroflavonol reductase activity in relation to differential anthocyanin accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. [J]. Plant Physiology,1991,97(1):343-351.

[33] 程启坤. 茶叶品种适制性的生化指标——酚氨比[J]. 中国茶叶,1983,5(1):38-39.

[34] 陈岱开,叶乃兴,邹长如,等. 茶树品种的适制性与茶叶品质[J]. 福建茶叶,2008,1(3):2-5.