

不同品种砂梨多酚氧化酶改善夏暑宜红茶的理化品质

叶飞^{1,2}, 高士伟², 龚自明², 桂安辉², 罗军武¹, 黄建安¹

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 湖南长沙 410128)

(2. 湖北省农业科学院果树茶叶研究所, 湖北武汉 430064)

摘要: 为了提高夏暑宜红茶品质, 采用金水1号、丰水、黄花和鄂梨2号砂梨品种的多酚氧化酶促进红茶发酵, 并比较分析不同处理所制样品的感官得分、色泽品质、理化成分和香气组分, 结果表明: 不同来源的PPO的动力学曲线差异较大, 丰水和金水1号砂梨品种的PPO活力较强, 分别在3 min和5 min时达到了最大反应速率, 可以与红茶发酵初期PPO活性较低形成互补, 促进了夏暑宜红茶发酵。金水1号砂梨多酚氧化酶处理所制的夏暑宜红茶感官得分最高(84.05), 与对照相比, 干茶亮度显著上升($p < 0.01$), 茶汤色相值提高了12.00%, 理化成分中的茶黄素、茶红素和可溶性糖含量也明显升高($p < 0.01$), 香气组分中的苯乙醛、反-反-2,4-庚二烯醛、藏红花醛、橙花醇、顺氧芳樟醇、 β -紫罗酮、反-香叶基丙酮、 α -古巴烯等组分也有所增加, 综上试验结果, 采用金水1号砂梨的多酚氧化酶促进红茶发酵, 可以作为一种提高夏暑宜红茶品质的有效技术手段。

关键词: 夏暑宜红茶; 多酚氧化酶; 色泽; 理化品质; 香气组分

文章编号: 1673-9078(2020)05-231-237

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.5.031

Improvement of Yihong Black Tea in Summer by Polyphenol Oxidase from Different *Pyrus pyrifolia* Nakai

YE Fei^{1,2}, GAO Shi-wei², GONG Zi-ming², Gui An-hui², LUO Jun-wu¹, HUANG Jian-an¹

(1. Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

(2. Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to improve the Yihong black tea quality in summer, different polyphenol oxidases from Jinshui NO1, Fengshui, Huanghua and E'li NO2 *Pyrus pyrifolia* Nakai were utilized to ameliorate the fermentation, and the sensory quality, chemical components and aroma of Yihong black tea in summer were compared in present paper. Results indicated the notable differences in oxidation kinetics curves of polyphenol oxidase from different *Pyrus pyrifolia* Nakai. The Jinshui NO1 and Fengshui had high enzyme activities, the maximum reaction rate achieved the highest at 3 minutes and 5 minutes respectively, it could complement the low enzyme activities of tea at the initial stage of fermentation and promote the Yihong black tea permentation in summer. Meanwhile, the PPO in Jinshui NO1 could obviously improve the sensory quality(84.05), compared with the control, the brightness of tea increased significantly ($p < 0.01$), the tea brew hue also increased by 12.00% ($p < 0.01$), the contents of theaflavins, the thearubigins and soluble sugar in black tea increased significantly ($p < 0.01$), and the contents of aroma components also increased, such as phenylacetaldehyde, (E,E)-2,4-heptadienal, safranal, nerol, cis-linalool oxide, β -Ionone, trans-geranylacetone, α -Copaene etc. All the results indicated that the application of polyphenol oxidase in Jinshui NO1 provided a useful way on quality improvement of Yihon black tea in summer.

Key words: Yihong black tea in summer; polyphenol oxidase; physical and chemical quality; color; aroma components

引文格式:

叶飞,高士伟,龚自明,等.不同品种砂梨多酚氧化酶改善夏暑宜红茶的理化品质[J].现代食品科技,2020,36(5):231-237

YE Fei, GAO Shi-wei, GONG Zi-ming, et al. Improvement of Yihong black tea in summer by polyphenol oxidase from different *Pyrus pyrifolia* Nakai [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 231-237

收稿日期: 2019-12-04

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-19); 中央引导地方科技发展专项(2018ZYD009); 湖北省农业科学院青年基金(2016NKYJJ22)

作者简介: 叶飞(1983-), 男, 博士研究生, 助理研究员, 研究方向: 茶叶加工研究

通讯作者: 龚自明(1966-), 男, 研究员, 研究方向: 茶叶加工研究; 共同通讯作者: 罗军武(1957-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 茶树种质资源与育种研究

宜红茶是国内三大工夫茶之一, 主要产自湖北宜昌和恩施等地, 干茶紧结, 汤色红亮, 滋味甜醇, 香气馥郁, 其优异的感官品质和风味特征主要在加工过程中形成, 而发酵是最重要的加工工序, 茶叶多酚类中的儿茶素类化合物被多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO) 酶促氧化, 生成茶黄素(Theaflavins, TF)与茶红素(Thearubigins, TR)等物质, 与原料中的游离氨基酸类、可溶性糖类和糖苷类等底物, 共同奠定了红茶感官品质和风味特征的物质基础^[1-3]。近年来, 相关研究采用外源酶改善茶叶品质, 如在夏季绿茶的初制过程中分别添加木瓜蛋白酶、单宁酶和纤维素酶^[4], 改善了绿茶品质, 也有研究者^[5,6]以金观音茶树品种的鲜叶原料, 在红茶萎凋过程中添加木聚糖酶、纤维素酶和木瓜蛋白酶提高了香气品质和感官得分。也有研究者^[7,8]采用添加外源物等技术手段提高红茶品质, 如添加枇杷叶、蓝莓等天然产物促进红茶发酵, 提高了茶黄素 (TFs) 含量并改善了红茶的口感; 王坤波^[9]等利用砂梨多酚氧化酶 (PPO) 的粗酶液, 将茶多酚中的儿茶素酶促合成为茶黄素, 说明砂梨的 PPO 能以茶多酚为底物, 酶促合成茶黄素和茶红素等理化成分。湖北省作为宜红茶的主产区, 茶叶资源丰富, 2018 年茶园全省面积达到 482 万亩, 但湖北的主要茶区所处纬度高, 夏暑季日照时间长, 茶鲜叶中的茶多酚等苦涩味物质较多, 所制绿茶品质相对较低, 导致鲜叶资源浪费严重; 同时湖北省又是砂梨大省, 且砂梨中的 PPO 又能有效地将儿茶素类酶促合成茶黄素等物质, 本研究采用不同品种的砂梨 PPO 改善夏暑宜红茶理化品质, 并对所制干茶的感官得分、色泽、

理化品质和香气成分进行比较分析, 旨在为湖北宜红茶加工提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶鲜叶: 采摘于湖北省农业科学院果树茶叶研究所的茶园, 2016 年~2018 年 7~9 月, 福云 6 号品种的一芽二叶; 砂梨: 采摘于国家果树种质武昌砂梨圃, 2016 年~2018 年 7 月~9 月; 其他试剂按国标执行。

1.2 仪器与设备

6CR-40 茶叶揉捻机, 浙江上洋公司; UV-5100 分光光度计, 日本日立公司; CM-5 色差计, 日本美能达公司; TRACE GC 2000 联 TRACE DSQ 型 GC-MS, 美国热电公司。

1.3 方法

以同一批鲜叶为原料, 以鲜叶→萎凋→揉捻→添加砂梨的 PPO 的粗酶液→发酵→干燥为工艺路线, 其中鲜叶统一萎凋 (日光萎凋 20 min, 室内萎凋 16 h), 揉捻 1 h, 后续发酵 3 h, 后续干燥制成红茶 (初烘 120 °C, 20 min; 足干 75 °C, 1 h), 最后进行感官品质评审、色泽、理化成分和香气组分测定。PPO 的粗酶液提取: 选取不同品种的砂梨 (*Pyrus pyrifolia* Nakai), 果肉捣碎匀浆 5 min, 4 °C、8000 r/min 离心 30 min, 上清液为 PPO 粗酶液, 砂梨 PPO 粗酶液与揉捻叶的质量之比设定为 10%^[10], 具体见表 1。

表 1 砂梨多酚氧化酶促进夏暑宜红茶发酵处理设计

Table 1 Experimental design of Yihong black fermentation in summer

处理	萎凋	揉捻	发酵及干燥
对照			
金水 1 号			
丰水	统一萎凋	1 h	统一发酵 3 h; 初烘 120 °C, 20 min, 足干 75 °C, 1 h
黄花			
鄂梨 2 号			

1.4 指标测定

多酚氧化酶 (PPO) 活性: 测定方法按文献^[9]进行; 茶叶感官品质: 采用 GB/T 23776-2009 方法^[11]; 茶多酚含量检测方法采用 GB/T 8313-2008^[12]; 游离氨基酸总量的检测方法采用 GB/T 8314-2013^[13]; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[10]; 干茶和茶汤色泽: 色差法测定 (光源 D65, 角度 4°), 汤色采取 3 g 茶叶加 150 mL 沸水冲泡 4 min, 过滤后用专用比色皿测定^[14-16]; 茶黄

素、茶红素和茶褐素: 采用罗勃兹改进法^[10]; 香气成分: 采用 SPME-GC/MS 分析测定, GC-MS 按照相关方法^[10]进行。

1.5 数据处理

数据经 Excel 和 SPSS 22.0 处理, 大写字母和小写字母分别表示 Duncan's 新复极差 (SSR) 在 $p=0.01$ 和 0.05 水平下的差异显著性, 字母不同表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 比较砂梨和茶叶多酚氧化酶的活性

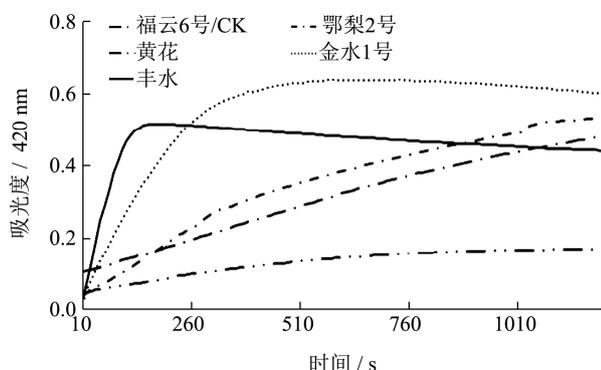


图1 茶叶与不同品种砂梨的多酚氧化酶活性比较

Fig.1 The comparement of polyphenol oxidase in *Pyrus pyrifolia* Nakai and *Camellia sinensis*

由图1可知,在pH 5.5和25℃条件下,不同来源的PPO的动力学曲线差异极大,丰水和金水1号品种砂梨的PPO分别在3 min和5 min左右时达到最大反应速率,福云6号的茶鲜叶PPO在20 min左右才

达到最大反应速率,计算得出丰水、金水1号品种的砂梨和福云6号茶鲜叶的酶活分别为254.72、117.78、23.90 U/mL,可见丰水和金水1号砂梨的PPO活力较强,远高于福云6号的酶活,可以与茶叶初期PPO活性较低形成互补,是促进夏暑宜红茶发酵较优的选择。

2.2 不同砂梨 PPO 处理对夏暑红茶感官得分的影响

由表2可知,相比对照处理,不同砂梨品种的PPO处理提高了干茶的外形得分(2分),汤色得分(1~2分)和叶底得分(1~3分),香气和滋味得分最高的是金水1号处理(84分、84分),其次是丰水处理(83分、83分),最后综合计算发现:金水1号处理的感官得分最高(83.85分),丰水次之(83.40分),对照最低(82.05分),可见不同砂梨品种的PPO都提高了感官品质得分,推测是因为不同的砂梨多酚氧化酶改善了夏暑宜红茶的理化品质,从而提高了茶叶的感官得分。

表2 不同品种砂梨 PPO 处理夏暑宜红茶的感官得分结果

Table 2 Results of different *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase on sensory quality of Yihong black tea in summer

处理	外形	汤色	香气	滋味	叶底	总分
CK	紧结有毫 83	尚红亮 80	甜香尚持久 82	尚醇厚 82	红尚亮 82	82.05
丰水	紧结乌润 85	红亮 82	甜香持久 83	醇厚 83	红亮 85	83.60
金水1号	紧结乌润 85	红亮 82	甜香持久 84	醇厚 84	红尚亮 84	84.05
黄花	紧结乌润 85	红亮 82	甜香尚持久 82	尚醇厚 82	红亮 86	83.15
鄂梨2号	紧结乌润 85	红亮 81	甜香 81	尚醇厚 82	红尚亮 83	82.50

表3 不同品种砂梨 PPO 处理的夏暑宜红茶的色泽结果

Table 3 Results of different *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase on sensory quality of Yihong black tea in summer

处理	干茶色泽		汤色色泽	
	亮度(L*)	色相(a*/b*)	亮度(L*)	色相(a*/b*)
CK	18.29±0.18 ^{Bb}	0.53±0.095 ^{Aa}	73.25±0.029 ^{Aa}	0.25±0.0037 ^{Cc}
丰水	18.91±0.25 ^{Aa}	0.51±0.098 ^{Aa}	72.20±0.035 ^{Bb}	0.26±0.0028 ^{Bb}
金水1号	18.92±0.20 ^{Aa}	0.52±0.085 ^{Aa}	72.22±0.029 ^{Bb}	0.28±0.0020 ^{Aa}
黄花	18.93±0.27 ^{Aa}	0.52±0.083 ^{Aa}	72.30±0.031 ^{Bb}	0.25±0.0027 ^{Cc}
鄂梨2号	18.96±0.16 ^{Aa}	0.51±0.087 ^{Aa}	72.25±0.028 ^{Bb}	0.25±0.0023 ^{Cc}

注:小写字母和大写字母不同分别表示 Duncan's 新复极差(SSR)在p=0.05和p=0.01水平下差异显著,下同。

2.3 不同砂梨 PPO 处理对夏暑宜红茶干茶和汤色色泽的影响

干茶油润,汤色红亮是红茶色泽的高品质特征,要求干茶亮度(L*)和茶汤色相(a*/b*)较高。由表3可知,与对照相比,PPO处理组的干茶亮度(L*)明显

升高(p<0.01),而干茶色相出现不同程度的下降,但变化都不显著,说明PPO处理的干茶的油润度明显升高,而干茶的色泽变化不明显;不同PPO处理组的茶汤亮度(L*)都显著降低(p<0.01),丰水和金水1号PPO处理茶汤的色相值(a*/b*)明显提高(p<0.01),其中金水1号处理的茶汤色相值提高了12.00%,说明不同PPO处理组的茶汤亮度明显降低,丰水和金水1

号 PPO 处理的茶汤更红, 推测不同品种砂梨的 PPO 提高了与茶汤色相值正相关的茶红素含量, 所以茶汤色泽明显改善, 印证了感官审评结果。

2.4 不同砂梨 PPO 处理对夏暑宜红茶理化成分的影响

由表 4 可知, 与对照相比, 不同砂梨品种的 PPO 处理组的水浸出物含量有所升高, 其中黄花品种的

PPO 处理相对较高 ($p<0.05$); 不同 PPO 处理的茶多酚含量下降 ($p<0.05$); 不同 PPO 处理的游离氨基酸含量有所升高, 其中金水 1 号和黄花处理相对较高 ($p<0.05$); 不同 PPO 处理的可溶性糖含量显著升高 ($p<0.01$), 其中丰水和鄂梨 2 号处理相对较高 ($p<0.01$); 不同 PPO 处理的茶黄素、茶红素和茶褐素含量有所升高, 其中丰水和金水 1 号处理相对较高 ($p<0.01$)。

表 4 不同品种砂梨 PPO 处理夏暑宜红茶的理化成分结果 (%)

Table 4 Results of different *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase on components of Yihong black tea in summer

处理	水浸出物	茶多酚	游离氨基酸	可溶性糖	茶黄素	茶红素	茶褐素
CK	31.11±0.85 ^b	6.22±0.32 ^{Aa}	3.40±0.0056 ^b	6.88±0.40 ^{Dd}	0.31±0.009 ^{Bb}	4.90±0.12 ^{Dd}	10.72±0.20 ^{Db}
丰水	32.64±0.55 ^{ab}	5.57±0.19 ^{Bb}	3.47±0.091 ^{ab}	8.20±0.34 ^{Aa}	0.37±0.082 ^{Aa}	5.75±0.10 ^{Aa}	11.54±0.19 ^{Aa}
金水 1 号	32.19±0.85 ^{ab}	5.52±0.22 ^{Bb}	3.81±0.18 ^a	7.77±0.16 ^{BCbc}	0.36±0.072 ^{Aa}	5.52±0.055 ^{Bb}	11.52±0.10 ^{Aa}
黄花	33.74±0.55 ^a	5.67±0.27 ^{Bb}	3.83±0.12 ^a	7.51±0.14 ^{Cc}	0.33±0.018 ^{ABab}	5.30±0.060 ^{Cc}	11.28±0.080 ^{Bb}
鄂梨 2 号	32.75±0.53 ^{ab}	5.66±0.14 ^{Bb}	3.61±0.080 ^{ab}	8.01±0.23 ^{ABab}	0.33±0.018 ^{ABab}	5.25±0.10 ^{Cc}	11.15±0.09 ^{Cc}

综合以上结果发现: 不同砂梨品种的 PPO 处理组的水浸出物、氨基酸、可溶性糖、TF、TR 和 TB 相对较高, 茶多酚降低 ($p<0.01$), 其中丰水和金水 1 号 PPO 处理的茶多酚相对较低, TF、TR 相对较高, 印证了感官审评结果。

2.5 不同砂梨 PPO 处理对夏暑宜红茶香气组分的影响

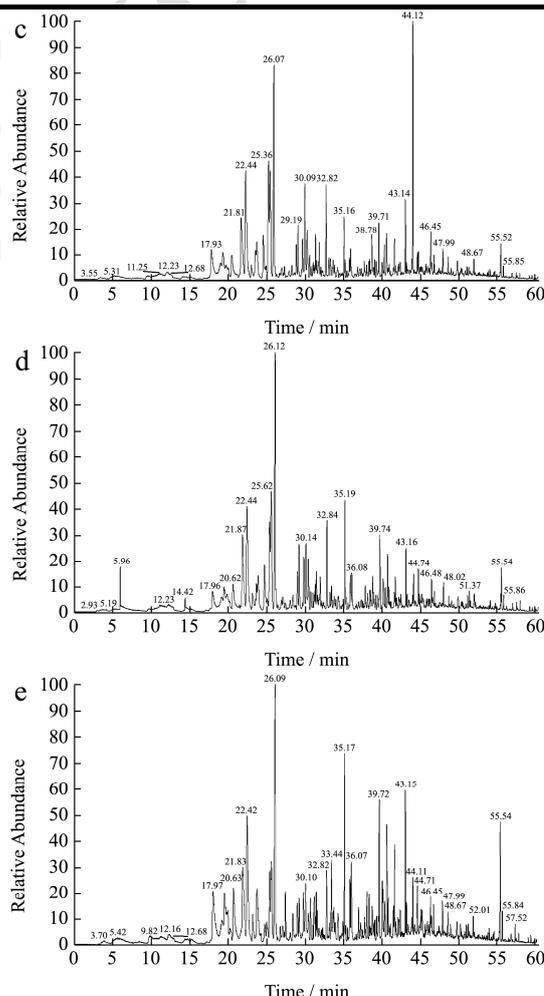
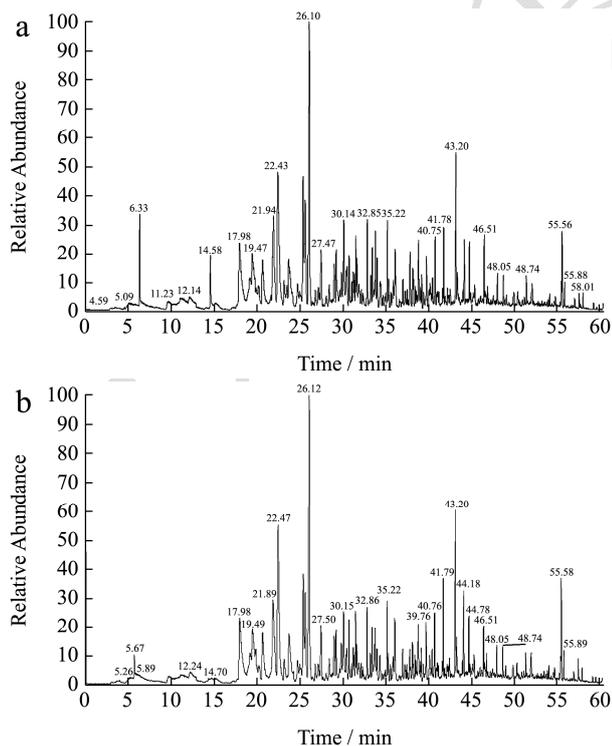


图 2 夏暑宜红茶不同处理样品的香气离子图

Fig.2 Total ion flow chart of aroma components from samples by different treatments

注: a 对照; b 丰水; c 金水 1 号; d 黄花; e 鳄梨 2 号。

表 5 不同 PPO 处理的夏暑红茶香气组分的影响 (%)

Table 5 Results of different polyphenol oxidase on composition and content of Yihong black tea in summer

类别	香气组分	香型 ^[17-21]	对照	丰水	金水 1 号	黄花	鄂梨 2 号
醛类	苯乙醛	花香	7.77	8.11	8.45	8.76	8.18
	苯甲醛	甜香、苦杏仁味	3.77	4.74	4.44	4.01	5.24
	反-反-2,4-庚二烯醛	清香	2.07	2.53	2.62	2.87	5.52
	壬醛	玫瑰花香	6.51	5.27	5.37	7.46	5.81
	β -环柠檬醛	柠檬香	1.69	2.28	2.00	2.12	2.03
	2,4-二甲基苯甲醛	-	2.38	2.27	2.41	2.13	2.09
	2-苯基丁烯-2-醛	花香、蜜香	0.57	0.79	0.66	0.77	0.68
	反-2-癸烯醛	-	0.64	0.8	0.69	1.24	0.89
	癸醛	花果香	0.8	1.01	0.98	1.06	1.13
	2-十一烯醛	-	0.4	0.49	0.45	0.8	0.73
	5-甲基-2-苯基己烯-2-醛	蜜糖香	0.65	0.28	0.44	0.42	0.4
	藏红花醛	木香、药香	0.7	0.78	0.75	0.83	0.79
	4-甲基-2-苯基戊烯-2-醛	可可香	0.85	0.68	0.53	0.59	0.51
	醇类	苯乙醇	花香, 香气弱	9.36	10.26	10.28	10.4
苯甲醇		芳香味	5.46	7.21	7.85	6.86	6.83
β -芳樟醇		玉兰花香	8.55	9.67	9.32	9.29	9.08
橙花醇		玫瑰香	2.09	2.95	3.02	2.92	2.21
香叶醇		清甜香、玫瑰香、柠檬香	0.77	0.8	0.82	0.89	0.9
α -雪松醇		杉木芳香	0.98	0.76	0.66	0.57	0.67
反-橙花叔醇		花香	1.29	1.47	0.86	0.86	1.04
顺-氧化芳樟醇		木香、花香	1.17	2.4	2.27	2.4	2.31
酮类		β -紫罗酮	木香、果香	1.67	2.38	3.83	2.6
	反-香叶基丙酮	果香、木香	0.96	1.2	1.9	1.07	1.08
	2, 3-环氧- β -紫罗酮		0.59	0.61	0.45	0.62	1.19
烯类	α -古巴烯	蒿草味	1.51	1.97	2.05	2.19	2.24
	桉烯	-	0.89	0.97	0.81	0.71	0.8
	β -愈创烯		0.99	0.86	0.55	0.51	0.43
酯类	水杨酸甲酯	草药香	2.41	4.04	4.45	3.08	2.99
	顺-己酸-3-己烯酯	果香	1.12	1.16	0.69	1.01	0.83
	乙酸苯甲酯	茉莉花香	0.72	0.73	0.81	0.86	1.07
	二氢猕猴桃内酯	香豆素气味	0.85	0.5	0.44	0.5	0.84
	十六酸甲酯	-	0.1	0.11	0.05	0.08	0.09
	反-2-己烯己酸酯	青草香	0.62	0.55	0.38	0.49	0.69
芳香族类	2-甲基萜	温和芳香气味	2.56	2.41	1.82	2.25	3.18
	萜	温和芳香气味	2	2.17	1.6	2.55	1.44
	十四烷	-	1.85	1.22	1.02	1.58	1.92
	1-甲基萜	温和芳香气味	0.93	0.74	0.7	1.37	1.26
	2,6,10-三甲基十四烷	-	7.5	4.5	3.7	4.51	4.49
	十六烷	-	1.06	0.81	0.64	0.85	0.89

转下页

接上页

	二丁基四氢噻吩	-	0.52	0.68	0.66	0.89	0.59
	2-乙酰吡咯	-	2.19	2.7	2.49	2.06	1.61
其他	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚	-	8.83	2.14	4.17	1.2	1.05
	β -羟基-十二烷酸	-	1.39	1.69	1.74	1.55	1.4
	N-乙基琥珀酰亚胺	-	0.27	0.31	0.18	0.22	0.64

工夫红茶中香气成分物质主要包括醛类、醇类、烯类、酮类和酯类，其中醛类和醇类所占香气物质含量最高^[17-19]。比较不同砂梨品种的PPO处理组的香气成分（表5）和离子图谱（图2）可见，夏暑宜红茶经过砂梨PPO处理后，不同样品的香气类别上存在差异，其中金水1号和丰水PPO处理样品醛类、醇类、酮类成分的含量明显高于对照处理，在醛类香气成分中，红茶普遍含有的醛类香气物质^[17]，如苯乙醛、苯甲醛、反-2-反-4-庚二烯醛和藏红花醛等，砂梨PPO处理样品中上述醛类的相对含量高于对照处理；在醇类香气成分中，芳樟醇和橙花叔醇是小叶种红茶的特征香气成分^[21-23]，砂梨PPO处理样品的 β -芳樟醇、橙花醇、十五醇和顺-橙花叔醇等香气组分含量也明显高于其他对照处理；比较不同样品的烯类、酯类、酮类、芳香族类和其他香气成分，砂梨PPO处理样品中的水杨酸甲酯、 α -古巴烯、紫罗酮和反-香叶基丙酮等^[21]的含量也相对较高，印证了感官审评结果。

3 结论

3.1 红茶发酵是以多酚化合物为底物，被多酚氧化酶氧化为核心的过程，其中儿茶素类转化为茶黄素、茶红素及茶褐素，同时多酚氧化酶广泛存在于自然界中，研究^[4-10]证实不同的外源酶可以作用同一底物，但不同来源多酚氧化酶的酶活相差较大，本实验在以往研究的基础上^[10]发现，丰水和金水1号砂梨品种的多酚氧化酶酶活远高于福云6号，是促进夏暑宜红茶发酵较优的选择。

3.2 水浸出物、游离氨基酸、茶黄素和茶红素等是红茶滋味品质的物质基础^[24-26]，其中茶黄素（TF）是茶汤亮度、鲜爽度和浓烈度的重要因素，茶红素（TR）是茶汤浓度为主体，收敛性较弱，刺激性小。不同砂梨品种的多酚氧化酶都可以提高夏暑红茶的感官品质，其中金水1号砂梨品种PPO处理后的夏暑红茶品质相对最优，感官得分最高（84.05），高于对照和其他处理（0.45~2分），说明酶活最大的多酚氧化酶（丰水）并非改善夏暑宜红茶的最优选择，分析是金水1号砂梨品种的多酚氧化酶更适合夏暑宜红茶发酵。

3.3 夏暑宜红茶经过金水1号砂梨品种的多酚氧化酶处理后，干茶亮度和茶汤色相值明显改善，茶黄素和

茶红素含量相对较高，分析添加外源多酚氧化酶后，促进了夏暑宜红茶的酶促合成，同时夏暑宜红茶的香气成分的含量也得到了提高，如苯乙醛、反-反-2,4-庚二烯醛、藏红花醛、橙花醇、顺-氧化芳樟醇、 β -紫罗酮、反-香叶基丙酮、 α -古巴烯等。综上所述，金水1号砂梨的PPO可以作为一种改善夏暑宜红茶品质的有效方法。

参考文献

- [1] 程焕,贺玮,赵镭,等.红茶与绿茶感官品质与其化学组分的相关性[J].农业工程学报,2012,28(S1):375-380
CHENG Huan, HE Wei, ZHAO Lei, et al. Correlation between sensory attributes and chemical components of black and green tea [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(S1): 375-380
- [2] 王秋霜,吴华玲,姜晓辉,等.基于多元统计分析方法的广东罗坑红茶香气品质研究[J].现代食品科技,2016,32(2):309-316
WANG Qiu-shuang, WU Hua-ling, JIANG Xiao-hui, et al. Multivariate statistical analysis of the aroma qualities of black tea from Luokeng Guangdong [J]. Modern Food Science & Technology, 2016, 32(2): 309-316
- [3] 徐元骏,何靓,贾玲燕,等.不同地区及特殊品种红茶香气的差异性[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(3):323-330
XU Yuan-jun, HE Liang, JIA Ling-yan, et al. Differentiation of aroma compositions in different regions and special varieties of black tea [J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Sciences), 2015, 41(3): 323-330
- [4] 苏祝成,钱利生,冯云,等.利用单宁酶改善绿茶滋味品质的研究[J].食品科学,2008,29(12):305-307
SU Zhu-cheng, QIAN Li-sheng, FENG Yun, et al. Improvement effects of tannase on flavor quality of green tea [J]. Food Science, 2008, 29(12): 305-307
- [5] 罗晶晶,王登良,魏青.不同外源酶对金观音红茶香气组分的影响[J].食品安全质量检测学报,2015,6(4):1257-1264
LUO Jing-jing, WANG Deng-liang, WEI Qing. Effects of enzymatic treatments on the aromatic components of

- Jingyuan black tea [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(4): 1257-1264
- [6] 罗晶晶,王登良,魏青.外源酶对英红九号红茶品质的影响研究[J].广东农业科学,2015,42(4):9-13
LUO Jing-jing, WANG Deng-liang, WEI Qing. Effects of exogenous enzymes on quality of Yinghong NO.9 black tea [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(4): 9-13
- [7] Takashi Tanaka, Yuji Miyata, Kei Tamaya, et al. Increase of theaflavin gallates and thearubigins by acceleration of catechin oxidation in a new fermented tea product obtained by the tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves [J]. Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57, 5816-5822
- [8] Tanaka T, Matsuo Y, Kouno I. Chemistry of secondary polyphenols produced during processing of tea and selected foods [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2010, 11: 14-40
- [9] 王坤波.茶黄素的酶促合成、分离鉴定及功能研究[D].长沙:湖南农业大学,2007:1-3
WANG Kun-bo. Enzymatic synthesis, purification, identification and bioactivity of theaflavins [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2007: 1-3
- [10] 叶飞,高士伟,龚自明.砂梨多酚氧化酶处理对夏秋红茶品质的影响[J].食品科学,2013,34(23):92-95
YE Fei, GAO Shi-wei, GONG Zi-ming. Effects of *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase treatment on the quality of black tea in summer and autumn [J]. Food Science, 2013, 34(23): 92-95
- [11] GB/T 23776-2009,茶叶感官审评方法[S]
GB/T 23776-2009, Methodology of Sensory Evaluation of Tea [S]
- [12] GB/T 8313-2008,茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]
GB/T 8313-2008, Determination of Total Polyphenols and Catechins Content in tea [S]
- [13] GB/T 8314-2013,茶 游离氨基酸总量的测定[S]
GB/T 8314-2013, Tea-Determination of Free Amino Acids Content [S]
- [14] 叶飞,龚自明,桂安辉,等.自动化加工生产线改善机采绿茶理化品质研究[J].农业工程学报,2019,35(3):281-286
YE Fei, GONG Zi-ming, GUI An-hui, et al. Physico-chemical characteristics and quality improvement of machine picking green tea by automatic production line [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(3): 281-286
- [15] 杨娟,袁林颖,钟应富,等.工夫红茶色泽与品质相关性研究[J].西南农业学报,2014,27(6):2605-2610
YANG Juan, YUAN Lin-ying, ZHONG Ying-fu, et al. Study on correlations between color and quality of congou made of different varieties of tea [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27(6): 2605-2610
- [16] Liang Y R, Lu J L, Zhang L Y, et al. Estimation of tea quality by infusion colour difference analysis [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85: 286-292
- [17] Schuh C, Schieberle P. Characterization of the key aroma compounds in the beverage prepared from Darjeeling black tea: Quantitative differences between tea leaves and infusion [J]. J. Agr. Food Chem., 2006, 54(3): 916-924
- [18] Alasalvar C, Topal B, Serpen A, et al. Flavor characteristics of seven grades of black tea produced in Turkey [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2012, 60(25): 6323-6332
- [19] 侯冬岩,回瑞华,李铁纯,等.正山小种红茶骏眉系列的香气成分研究[J].食品科学,2011,32(22):285-287
HOU Dong-yan, HUI Rui-hua, LI Tie-chun, et al. Analysis of aroma components in Junmei series of lapsang souchong black tea [J]. Food Science, 2011, 32(22): 285-287
- [20] 王秋霜,陈栋,许勇泉,等.中国名优红茶香气成分的比较研究[J].中国食品学报,2013,13(1):195-200
WANG Qiu-shuang, CHEN Dong, XU Yong-quan, et al. Study on the aroma components in Chinese famous black tea [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(1): 195-200
- [21] 王华夫,竹尾忠一,伊奈和夫,等.祁门红茶的香气特征[J].茶叶科学,1993,13(1):61-68
WANG Hua-Fu, Tadakazu T, Kazuo I, et al. Characteristic aroma components of Qimen black tea [J]. Journal of Tea Science, 1993, 13(1): 61-68
- [22] Ravichandran R. Carotenoid composition, distribution and degradation to flavour volatiles during black tea manufacture and the effect of carotenoid supplementation on tea quality and aroma [J]. Food Chemistry, 2002, 78(1): 23-28

(下转第 251 页)