

不同陈化时间陈皮茶的品质比较分析

邓海丹¹, 单保军¹, 黄家瑛², 冯馨舒², 唐晓敏¹, 葛跃伟¹, 廖沛然¹, 孙小明^{2*}, 杨全^{1*}

(1. 广东药科大学中药学院, 国家中医药管理局岭南药材生产与开发重点实验室, 国家中药材产业技术体系广州综合试验站, 广东省南药规范化种植与综合开发工程技术研究中心, 广东广州 510006)

(2. 广东药科大学临床药学院, 广东广州 510006)

摘要:以广东新会地区不同陈化时间的陈皮茶为原料, 采用分光测色仪、电子舌、高效液相色谱、紫外分光光度计等仪器, 分别从颜色、滋味和主要化学成分三方面评价陈化时间对陈皮茶品质的影响及其相关性。结果表明: 颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 与陈化时间呈线性回归关系。基于滋味的 PCA 分析可见, 酸味、鲜味响应值变化最大 (分别为 -10.69~25.73、4.97~9.88), 能够显著区分陈化 1 年和多年的陈皮茶样品。随着陈化时间增加, 陈皮茶中总黄酮、总多糖、川陈皮素及橘皮素含量呈显著升高趋势, 而橙皮苷和总酚酸含量呈显著下降趋势。相关分析可见, 颜色、滋味与化学成分之间存在显著相关, 且该变化与陈皮茶中所含橙皮苷、总黄酮的变化显著相关。综上可知, 陈化时间影响陈皮茶的颜色、滋味和化学成分, 且呈显著相关, 为判定陈皮茶的陈化时间提供依据。

关键词: 色度分析; 电子舌; 陈皮茶; 化学成分; 陈化时间

文章编号: 1673-9078(2023)10-263-270

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.10.1315

The Quality of Tangerine Peel Tea with Different Aging Time was Compared and Analyzed

DENG Haidan¹, SHAN Baojun¹, HUANG Jiaying², FENG Xinshu², TANG Xiaomin¹, GE Yuewei¹, LIAO Peiran¹, SUN Xiaoming^{2*}, YANG Quan^{1*}

(1. Guangdong Provincial Research Center on Good Agricultural Practice and Comprehensive Agricultural Development Engineering Technology of Cantonese Medicinal Materials, Guangzhou Comprehensive Experimental Station of China Chinese Materia Medica Industry Technology System, Key Laboratory for Production and Development of Cantonese Medicinal Materials Under State Administration of Traditional Chinese Medicine (TCM), School of Chinese Materia Medica, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

(2. School of Clinical Pharmacy, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Dried Chen Pi teas aged for different times from the Xinhui area of Guangdong Province were used as the raw materials. The color, taste and major constituents of these Chen Pi teas were examined by the spectrophotometer, electronic tongue, high performance liquid chromatography and UV spectrophotometry to determine the effects of aging time on the quality of the teas and the correlations. The results show that the color values, L^* , a^* and b^* , had linear regression relationship with the aging time. Based on the PCA analysis of the taste, the changes in the response values of sourness and umami taste were the greatest (-10.69~25.73, 4.97~9.88), which allow distinguishing the tea aged for one year from the teas aged for years. With the increase of aging time, the contents of total flavonoids, total polysaccharides, nobiletin and tangeretin increased significantly, whilst the contents of hesperidin and total polyphenols decreased. The correlation analysis showed that

引文格式:

邓海丹, 单保军, 黄家瑛, 等. 不同陈化时间陈皮茶的品质比较分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(10): 263-270

DENG Haidan, SHAN Baojun, HUANG Jiaying, et al. The quality of tangerine peel tea with different aging time was compared and analyzed [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(10): 263-270

收稿日期: 2022-10-15

基金项目: 中央本级重大增减支项目 (2060302); 广东省医学科研基金 (A2020277)

作者简介: 邓海丹 (1995-), 女, 在读研究生, 研究方向: 道地药材道地性机制, E-mail: 1780204566@qq.com

通讯作者: 孙小明 (1982-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 中药物质基础及作用机制, E-mail: sunxm@gdpu.edu.cn; 共同通讯作者: 杨全 (1972-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 道地药材道地性机制, E-mail: yangquan7208@vip.163.com

there were significant correlation among the color, taste and chemical components, and such changes were significantly correlated to the changes of hesperidin and total flavonoids in the Chen Pi tea. Taken together, the color, taste and chemical components of Chen Pi tea were influenced by aging time (with a significant correlation), which provides a basis for determining the aging time of Chen Pi tea.

Key words: chromaticity analysis; electronic tongue; *Citrus reticulata* ‘Chachi’; chemical components; storage years

新鲜橘皮经晾晒和储存后得到陈皮，是一种药食同源食品。陈皮是中药“六大陈药”之一，亦可作为食品添加至煲汤和茶饮中^[1]。在我国南方地区广泛使用，且有悠久应用历史^[2]。“陈久者良”是中药的重要用法之一，在典籍中有大量记载^[3]。陈皮中尤以广东新会陈皮品质佳，形成了“新会陈皮”质量的道地性^[4]。广陈皮来源于芸香科柑橘属植物橘的栽培变种茶枝柑（*Citrus reticulata* ‘Chachi’）的干燥成熟果皮。具有理气健脾、燥湿祛痰的功效^[5]。经调研，陈化时间对陈皮茶的市售价格具有决定性的影响，陈化时间与价格成正比，市面上流通的高时间的陈皮茶往往容易掺假，质量品质参差不齐。然而，大量研究报道主要集中在陈皮茶化学成分的提取和功能活性方面，不同陈化时间影响陈皮茶口味和外观成色且具有显著性差异，尚无可量化的科学依据。因此，采集具有代表性的广陈皮道地药材为研究对象，开展不同陈化时间陈皮茶的外观成色和口味的数字化研究及化学成分的相关性研究，对科学阐述陈化时间与陈皮茶的口味和外观成色变化提供了可靠的理论依据支持。

广陈皮中主要药效物质包括黄酮、挥发油、生物碱、多糖等化合物^[6,7]。已有报道利用光谱或色谱对陈皮的产地进行判别，Zheng 等^[8]采用顶空固相微萃取（Headspace Solid Phase Microextraction, HS-SPME）结合气相质谱联用（Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS）法对不同采收时期陈皮及广陈皮进行分析，但该方法仅对挥发油进行含量测定，并未揭示挥发油与陈化时间的规律。Li 等^[9]利用近红外（Near Infrared Spectroscopy, NIRS）技术建立广陈皮的定性分析模型，使广陈皮与川陈皮得到有效的区分。此外，利用电子鼻技术可有效的区分广陈皮和陈皮的挥发性气味差异^[10]。同时，基于色度学原理的鉴别分析已有研究，该法常应用在中药饮片炮制前后颜色变化的鉴别，如防风^[11]、大黄^[12]、北豆根^[13]等。也有报道用于广陈皮陈化年份的判别^[14,15]，然而此类研究多采用粉末样品，不能直观表现陈皮茶的外观成色。因此，本实验采用多点测量陈皮茶果皮的颜色，实现外观成色数值的直观表达，以期提供更客观的数字化数据。电子舌是一种由味觉传感器阵列、信号采集和模式识别系统组成的一种检测技术，常用于食物的风味研究^[16,17]。电子舌技术近年来也应用于中药鉴别领

域，如研究了不同产地川芎辛味物质基础^[18]。

针对不同陈化时间导致陈皮茶口味和外观成色难以准确经验鉴别的问题，本研究基于色度分析方法对陈皮茶的果皮外观颜色进行无损化测定，同时利用电子舌技术，从味道角度探究不同陈化时间与陈皮茶的味道变化，并对陈皮茶颜色值与和陈化时间、化学成分开展相关性和线性关系分析，揭示陈皮茶外观成色、味道和物质基础的相关性。综上，采用智能化感官技术揭示了陈皮茶外观成色与味道差异与化学成分的关系。

1 材料与方法

1.1 样品信息

陈皮茶样品采集于广东省江门市新会地区，共计 16 批次，陈化时间依次为 1、3、5、7 年。经广东药科大学中药学院杨全教授鉴定为芸香科植物橘的栽培变种茶枝柑 *Citrus reticulata* ‘Chachi’的干燥成熟果皮，具体样品信息如表 1 所示。

表 1 不同陈化时间陈皮茶样品信息
Table 1 Information about Chen Pi tea samples

采集地	No.	陈化时间/年
天马 (TM)	TM-1Y	1
	TM-3Y	3
	TM-5Y	5
	TM-7Y	7
东甲 (DJ)	DJ-1Y	1
	DJ-3Y	3
	DJ-5Y	5
	DJ-7Y	7
梅江 (MJ)	MJ-1Y	1
	MJ-3Y	3
	MJ-5Y	5
	MJ-7Y	7
三江 (SJ)	SJ-1Y	1
	SJ-3Y	3
	SJ-5Y	5
	SJ-7Y	7

1.2 仪器设备与试剂

CM-700d 分光测色计，日本柯尼卡美能达有限公

司; TS-5000Z 型电子舌, 日本 INSENT 公司; DFY-400C 型摇摆式高速粉碎机, 温岭市林大机械有限公司; AX224ZH 型分析天平、EX125ZH 十万分之一天平, 奥豪斯仪器(常州)有限公司; DHG-9246A 型电热恒温干燥箱, 上海精宏实验设备有限公司; KQ-500E 超声, 昆山洁力美超声仪器有限公司; L550 台式低速离心机, 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; Muliskan MK3 酶标仪, 赛默飞世尔科技公司; LC-2030C 高效液相色谱仪, 日本岛津公司。橙皮苷(PS000224)、川陈皮素(PS011588)、橘皮素(PS010637)、没食子酸(PS012548), 纯度均 $\geq 98\%$, 购自成都普思生物科技有限公司; D-无水葡萄糖对照品(AF20110804, 98%), 购自成都埃法生物科技有限公司; 芦丁对照品(RES-L00111804026, 纯度 $\geq 98\%$), 购自成都瑞芬思生物科技有限公司; 乙腈、甲醇、甲酸, 均为色谱纯, 其他试剂均为分析纯, 娃哈哈纯净水。

1.3 方法

1.3.1 陈皮茶果皮的颜色测定方法

测量系统为排除镜面反射光 (Specular Component Excluded, SCE) 反射, 测试光源为 D65, 观察角度为 10° , 测量口径 8 mm, 起止波长 360~740 nm, 采用 Spectra Magic NX 软件记录颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 。

1.3.2 电子舌分析方法

精密称取 2 g 陈皮茶粉末样品置于烧杯中, 加入 40 $^\circ\text{C}$ 纯净水 100 mL, 搅拌混匀, 超声 10 min, 3 000 r/min 离心 5 min, 取上清液用于测试。以 500 mL 的 30 mmol/L 氯化钾和 0.3 mmol/L 酒石酸混合液为参比溶液。参比溶液的电势 (V_r) 为基准电势, 样品电势 (V_s), 作为先味参数。再次测定参比溶液电势 (V_r'), 作为回味参数。参数计算方法如下: $V_s - V_r = \text{先味}$; $V_r' - V_r = \text{回味}$ 。检测指标为酸味、苦味、鲜味、咸味、甜味、涩味、苦味回味、涩味回味、丰富性这 9 种味道。

1.3.3 化学成分含量测定方法

1.3.3.1 橙皮苷、川陈皮素、橘皮素含量测定

供试品溶液制备: 精密称取陈皮茶粉末 0.2 g, 置具塞锥形瓶中, 加 75% 甲醇溶液 (V/V) 10 mL, 称重, 超声提取 45 min, 加 75% 甲醇溶液 (V/V) 补足失重, 5 500 r/min 离心 10 min, 取上清液作供试品。

对照品溶液制备: 取橙皮苷、川陈皮素和橘皮素对照品适量, 精密称定, 加 75% 甲醇 (V/V) 制成含橙皮苷 1.04 mg/mL、川陈皮素 0.50 mg/mL 和橘皮素 0.51 mg/mL 的混合对照品溶液, 备用。

色谱条件: 流动相 A 为乙腈, 流动相 B 为 0.1% 的甲酸水溶液 (V/V), 梯度洗脱, 0~6 min 10%~28% A,

6~14 min 28%~30% A, 14~17 min 30%~53% A, 17~22 min 53%~60% A; 22~27 min 60%~95% A 流速为 1 mL/min; 柱温为 30 $^\circ\text{C}$; 检测波长为 283 nm; 进样量 10 μL 。

1.3.3.2 总黄酮含量测定

按 1.3.3.1 项制备得到供试品, 采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al(NO}_3)_3$ 法测总黄酮含量^[19]。

1.3.3.3 总酚酸含量测定

按 1.3.3.1 项制备得到供试品, 依照福林酚法测总酚酸含量^[19]。

1.3.3.4 总多糖含量测定

采用水提醇沉法制备得到多糖供试品, 依照苯酚-浓硫酸法测定总多糖含量^[20]。

1.4 数据统计分析

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行正态分布、方差齐性、秩相关分析、线性回归分析。主成分分析采用 SIMCA 14.1 软件分析, GraphPad prism 7.0 软件绘图。

2 结果与讨论

2.1 陈化时间对陈皮茶果皮颜色的影响

表 2 不同陈化时间的陈皮茶外果皮样品颜色值

Table 2 Chromaticity values of outer pericarp of Chen Pi tea

samples with different storage years			
No.	L^*	a^*	b^*
TM-1Y	37.91 $\pm$ 0.01	16.25 $\pm$ 0.02	27.48 $\pm$ 0.03
TM-3Y	36.08 $\pm$ 0.02	14.88 $\pm$ 0.01	22.36 $\pm$ 0.01
TM-5Y	25.87 $\pm$ 0.01	10.11 $\pm$ 0.02	10.59 $\pm$ 0.02
TM-7Y	22.31 $\pm$ 0.02	8.31 $\pm$ 0.00	8.51 $\pm$ 0.00
MJ-1Y	36.73 $\pm$ 0.01	18.61 $\pm$ 0.00	27.09 $\pm$ 0.03
MJ-3Y	32.15 $\pm$ 0.01	11.68 $\pm$ 0.00	16.60 $\pm$ 0.02
MJ-5Y	26.45 $\pm$ 0.00	10.68 $\pm$ 0.02	10.60 $\pm$ 0.00
MJ-7Y	21.12 $\pm$ 0.03	3.74 $\pm$ 0.03	2.75 $\pm$ 0.01
DJ-1Y	44.68 $\pm$ 0.04	17.82 $\pm$ 0.00	37.32 $\pm$ 0.04
DJ-3Y	25.13 $\pm$ 0.00	13.72 $\pm$ 0.01	13.09 $\pm$ 0.02
DJ-5Y	24.93 $\pm$ 0.01	8.21 $\pm$ 0.01	9.43 $\pm$ 0.02
DJ-7Y	23.03 $\pm$ 0.02	5.23 $\pm$ 0.02	6.81 $\pm$ 0.02
SJ-1Y	44.55 $\pm$ 0.02	26.58 $\pm$ 0.00	39.72 $\pm$ 0.00
SJ-3Y	38.93 $\pm$ 0.01	20.45 $\pm$ 0.01	30.46 $\pm$ 0.04
SJ-5Y	28.3 $\pm$ 0.01	10.73 $\pm$ 0.01	13.00 $\pm$ 0.04
SJ-7Y	24.92 $\pm$ 0.06	7.08 $\pm$ 0.01	7.66 $\pm$ 0.01

按照“1.3.1”项下方法, 分别对不同产地和陈化时间的陈皮茶样品内、外果皮颜色值进行测定。结果如表 2 和表 3 所示, 随着陈化时间增加, 外果皮的 L^* 、

a^* 、 b^* 有减小趋势,外果皮颜色值分布范围分别为 L^* (21.12~44.68)、 a^* (3.74~26.58)、 b^* (3.74~26.58),颜色亮度逐渐变暗,向蓝绿色方向移动,与前人报道一致^[14,15];而内果皮的颜色值 L^* 逐渐减小,而 a^* 有增加趋势, b^* 值变化规律不显著,外果皮颜色值分布范围分别为 L^* (62.88~82.64)、 a^* (2.16~11.52)、 b^* (2.75~39.72),颜色亮度逐渐变暗,颜色往蓝色方向移动。

表 3 不同陈化时间的陈皮茶内果皮样品颜色值

Table 3 Chromaticity values of inner pericarp of Chen Pi tea samples with different storage years

No.	L^*	a^*	b^*
TM-1Y	71.92±0.04	5.28±0.00	26.60±0.00
TM-3Y	71.10±0.01	8.00±0.00	26.66±0.00
TM-5Y	66.62±0.00	8.80±0.00	27.39±0.00
TM-7Y	62.88±0.00	11.52±0.00	28.75±0.01
MJ-1Y	78.78±0.00	3.21±0.00	22.86±0.00
MJ-3Y	70.65±0.01	4.65±0.00	21.36±0.00
MJ-5Y	67.30±0.01	11.30±0.00	27.75±0.00
MJ-7Y	66.84±0.01	8.31±0.01	26.37±0.01
DJ-1Y	82.64±0.00	4.06±0.04	19.28±0.00
DJ-3Y	73.74±0.01	7.39±0.01	26.03±0.01
DJ-5Y	66.90±0.01	8.74±0.00	25.63±0.01
DJ-7Y	60.76±0.01	10.40±0.00	28.07±0.01
SJ-1Y	80.74±0.01	2.18±0.00	22.69±0.00
SJ-3Y	76.73±0.02	3.06±0.01	23.45±0.01
SJ-5Y	71.86±0.02	8.09±0.00	26.55±0.00
SJ-7Y	70.59±0.01	8.04±0.00	27.12±0.00

表 4 陈皮茶内外果皮颜色值与陈化时间相关分析

Table 4 The correlation between chromaticity values of inner and outer pericarp with different storage years

项目	参数	L^*	a^*	b^*
外果皮	R	-0.89**	-0.88**	-0.90**
	Pearson P	0.00	0.00	0.00
内果皮	R	-0.84**	0.82**	0.72**
	Pearson P	0.00	0.00	0.00

注: **代表 $P<0.01$ 。

对颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 开展正态分布检验,由于三个参数均符合正态分布 ($P>0.05$),故选择 Pearson 相关检验,开展陈化时间与颜色值间的相关性分析。由表 4 可见,不同陈化时间的陈皮茶外果皮颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 相关系数分别为-0.89、-0.88、-0.90 ($P<0.01$),呈显著负相关性;不同陈化时间的陈皮茶内果皮颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 关系数分别为-0.84、0.82、0.72 ($P<0.01$), L^* 呈显著负相关,与 a^* 和 b^* 呈显著正相关。

分别以 L^* 和 a^* 、 b^* 为自变量,陈化时间 (Y) 为

因变量,建立陈皮茶的陈化时间与三个颜色参数 L^* 、 a^* 、 b^* 线性回归方程,在陈皮茶内、外果皮与 L^* 、 a^* 、 b^* 的回归分析中 R^2 分别为 0.73 和 0.82,且内外果皮与颜色参数拟合所得直线回归方程的 F 值分别为 11.02 ($P<0.01$)、18.59 ($P<0.01$),即认为由自变量 L^* 、 a^* 、 b^* 和因变量“陈化时间 Y”建立起来的线性关系具有显著的统计学意义。拟合所得回归方程分别为:

$$Y_{\text{(内果皮)}}=16.36-0.19L^*+0.31a^*-0.03b^*$$

$$Y_{\text{(内果皮)}}=11.70-0.20L^*-0.18a^*+0.05b^*$$

这对陈皮茶陈化时间的判别具有指导意义。

2.2 陈化时间对陈皮茶味道和影响

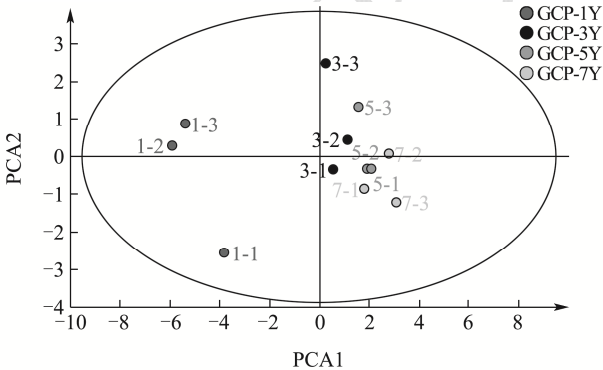


图 1 陈皮茶样品味觉的 PCA 主成分分析图

Fig.1 Principal component analysis of the taste of Chen Pi tea samples

注: GCP-1Y 表示陈化 1 年陈皮茶样品,以此类推。下同。

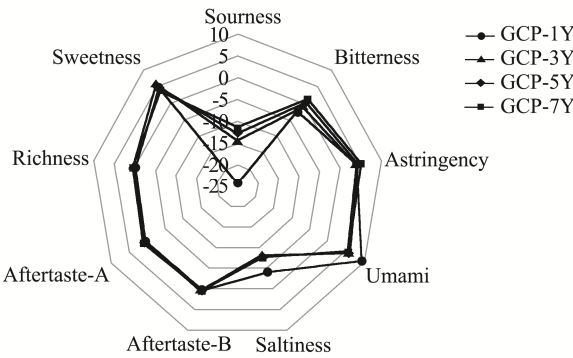


图 2 以 RefSol 参比溶液为基准的陈皮茶样品味觉雷达图

Fig.2 The flavor radar map of Chen Pi tea based on RefSol reference solution

Zhang 等^[21]研究不同提取方法对广陈皮味觉影响中发现用电子舌分析技术能够将不同提取方法的广陈皮样品区分开,即不同提取方法对广陈皮的味觉差异具有一定的影响。不同陈化时间陈皮茶的口感味道差异较大,然而目前仍没有评判标准为不同陈化时间的判别提供可靠数据。因此,本研究采用电子舌技术测定考察不同陈化时间陈皮茶的味道差异。主成分分析 (Principal Components Analysis, PCA) 结果显示陈皮

茶的各味觉主成分 PCA1 和 PCA2 的方差贡献率分别为 93.77% 和 4.74%，则能反映样本所有主要味觉信息。由图 1 可见，陈化 1 年与 3 年以上的陈皮茶在味道上

的差异非常明显，体现在酸味、苦味、鲜味、咸味四个传感器的数值响应差异较大（图 2）。而陈化 3~7 年陈皮茶味觉指标上仍存在差异，但程度不大，不易区分。

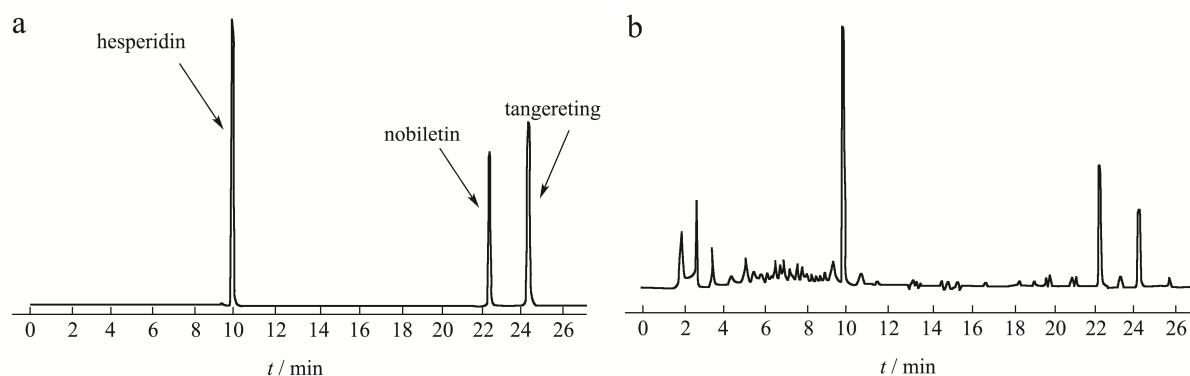


图 3 不同陈化时间陈皮茶样品及混合对照品色谱图

Fig.3 Chromatogram of Chen Pi tea samples with different storage and reference

注：a 陈皮茶提取物色谱图；b 橙皮苷，川陈皮素和橘皮素对照品色谱图。

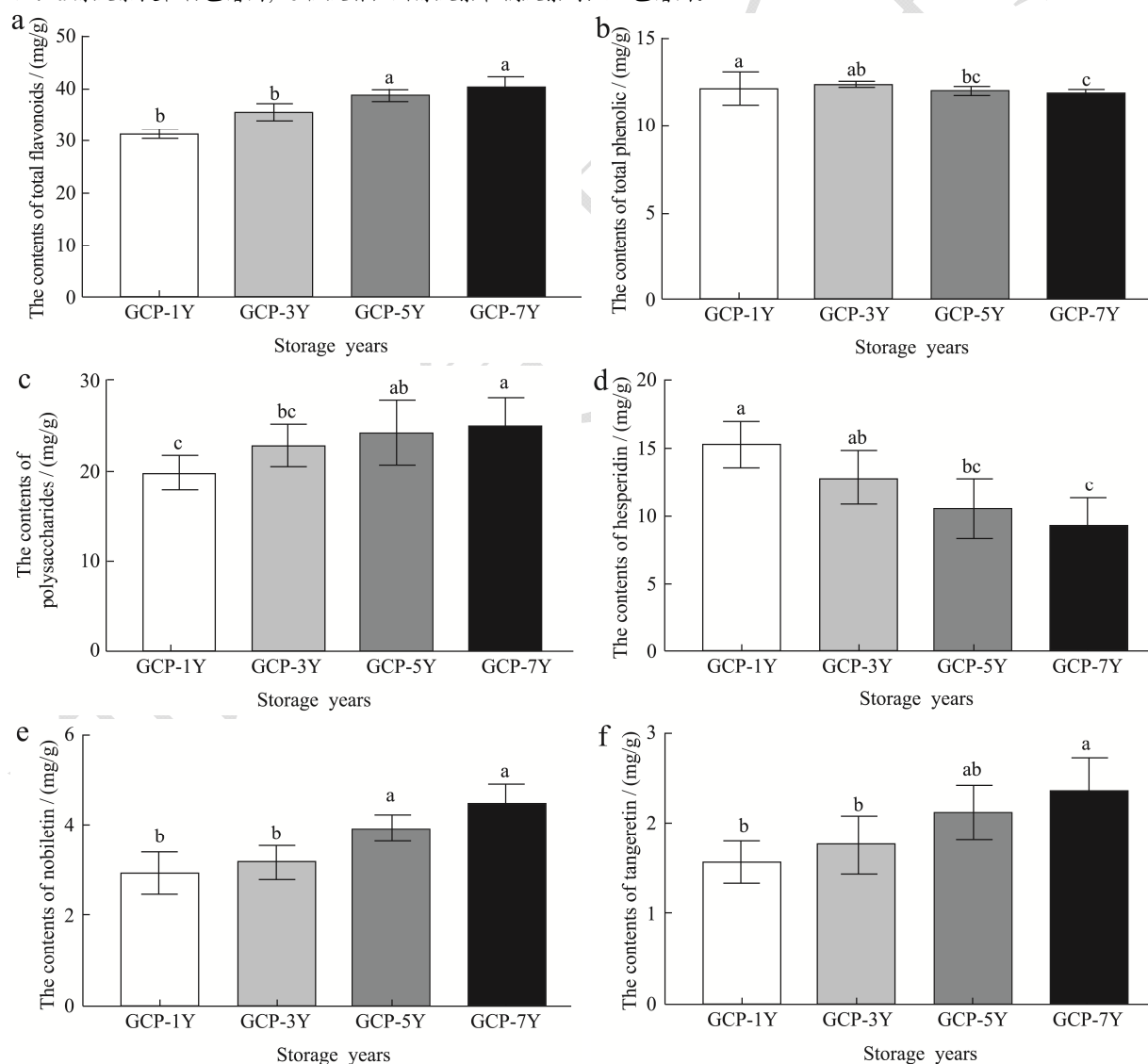


图 4 不同陈化时间的陈皮茶样品中主要化学成分含量变化

Fig.4 The components contents of Chen Pi tea samples with different storage years

注：不同小写字母表示组内差异显著 ($P < 0.05$)，相同小写字母表示组内差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 陈皮茶化学成分含量与果皮颜色值的相关性

为探究不同陈化时间陈皮茶外观颜色差异,本研究以主要化学成分为分析对象,开展相关性分析。如图4可见,随着陈化时间的增加,陈皮茶中总黄酮、总多糖、川陈皮素及橘皮素含量呈升高趋势,而橙皮苷和总酚酸含量呈下降趋势。Fu等^[22]对陈化3年内的陈皮茶样品开展了化学成分含量测定。随着陈化时间的延长,橙皮苷和总酚酸含量逐渐下降。进而对陈皮茶6种化学成分开展正态分布检验,由于这几个参数均符合正态分布检验($P>0.05$),故选择Pearson相关检验,开展颜色值与6种化学成分间的相关性分析。由表5可知,内果皮颜色参数 a^* 和 b^* 与总多糖无显著相关($P>0.05$), a^* 和 L^* 与橘皮素无显著相关外($P>0.05$),内果皮颜色参数 L^* 、 a^* 、 b^* 与橙皮苷、川陈皮素、总黄酮、总酚酸均有显著相关($P<0.05$);外果皮颜色参数 L^* 、 a^* 、 b^* 与橙皮苷、川陈皮素、橘皮素、总黄酮、总酚酸、总多糖有显著相关($P<0.05$),表明陈皮茶的果皮颜色变化与化学成分存在相关性。表明陈皮茶的果皮颜色变化与化学成分存在相关性。也有研究报道表明广陈皮黄酮类成分与外观颜色及陈化时间无显著相关性,可能与采样地区或检测样品的形态有关^[14,21]。

表5 陈皮茶内外果皮颜色值与化学成分相关分析

Table 5 The correlation between color values of inner and outer pericarps and components contents

化学成分	L^* 外	a^* 外	b^* 外	L^* 内	a^* 内	b^* 内
橙皮苷	0.76**	0.77**	0.78**	0.93**	-0.85**	-0.79**
川陈皮素	-0.71**	-0.78**	-0.75**	-0.69**	0.69**	0.67**
橘皮素	-0.54*	-0.51*	-0.57*	-0.46	0.47	0.51*
总黄酮	-0.81**	-0.76**	-0.81**	-0.68**	0.74**	0.68**
总酚酸	0.71**	0.67**	0.70**	0.71**	-0.70**	-0.64**
总多糖	-0.66**	-0.62*	-0.65**	-0.50*	0.45	0.25

注: *代表 $P<0.05$, **代表 $P<0.01$ 。

2.4 陈皮茶化学成分含量与电子舌表征味觉相关性分析

根据陈皮茶PCA主成分分析结果和味觉雷达图可知,主要有酸味、苦味、鲜味、咸味这四个味道存在差异。对陈皮茶酸味、苦味、鲜味、咸味开展正态分布检验,由于这几个参数均符合正态分布检验($P>0.05$),故选择采用Pearson相关检验,开展6

种化学成分与陈皮茶味道间的相关性分析。由表6可知,酸味除总多糖、总酚酸外,与橙皮苷、川陈皮素、橘皮素、总黄酮均有显著相关($P<0.05$);鲜味仅与橙皮苷和总黄酮有显著相关($P<0.05$);咸味仅与总黄酮和总多糖有显著相关($P<0.05$),表明陈皮茶的味道变化与黄酮和多糖类化学成分存在一定相关性,即陈皮茶黄酮和多糖类成分的积累有利于鲜、酸味品质的形成。

表6 不同陈化时间陈皮茶味道与化学成分相关分析

Table 6 The correlation between components contents and the taste with different storage years

化学成分	酸味	苦味	鲜味	咸味
橙皮苷	-0.86**	-0.95**	0.80**	0.54
川陈皮素	0.63*	0.85**	-0.56	-0.36
橘皮素	0.61*	0.81**	-0.56	-0.36
总黄酮	0.87**	0.87**	-0.87**	-0.86**
总酚酸	-0.56	-0.75**	0.51	0.32
总多糖	0.52	0.38	-0.57	-0.74**

注: *代表 $P<0.05$, **代表 $P<0.01$ 。

基于经验鉴别可见,随着陈化时间的增加,陈皮茶外果皮颜色从棕红色逐渐向棕黑色转变,内囊逐渐脱落,变薄,颜色从类白色向褐色转变,质地偏脆,气味由果香向醇香味转变。传统经验鉴别的准确程度易受到人的主观因素、感官和检测环境,其客观性和准确性难以保证^[23]。本研究结合新会陈皮市场调研情况,选取广东新会道地地产区的陈皮茶为研究对象,基于分光测色仪技术对不同陈化时间陈皮茶样品进行色度分析,将感官颜色转化为客观数据,并与相应的陈化时间做相关和回归分析。结果可见,陈化时间对陈皮茶内、外果皮颜色均有影响,陈化时间愈高陈皮茶颜色亮度愈暗,该方法可以客观、快速简便地鉴别不同时间的陈皮茶的外观颜色。与光谱法和色谱法相比,表面直接取样开展色度分析具有速度快、准确性高的优势,利于实现陈皮茶时间的快速鉴别。

为了探究外观成色、味道与陈化时间的相关性的物质基础,本研究还采用了电子舌技术进行味道测定。结果可见,传感器对1~7年陈化时间的陈皮茶味道具有明显的应答差异。其中酸味和鲜味的对判别不同陈化时间贡献最大,且能够显著区分陈化1年和多年的陈皮茶。酸味和鲜味与总黄酮、橙皮苷均显著相关。研究也表明,基于色谱法测定的不同陈化时间的陈皮茶中黄酮、挥发油、生物碱等化学成分含量与味道的变化具有相关性^[24]。该方法易于操作,不需要复杂的样品前处理程序,直观且准确的通过传感器判别不同陈化时间陈皮茶味道差异,为鉴别陈皮茶陈化时间提

供了一种新方法。

4 结论

色度分析仪与电子舌均能用于陈皮茶陈化时间的判别,且陈皮茶的非挥发性化学成分与陈化时间、外观颜色和味道均具有显著相关性。陈化时间为1~7年的陈皮茶中总黄酮、总多糖、川陈皮素和橘皮素含量逐年增加,而总酚酸和橙皮苷含量逐年降低。可见,随着陈化时间的增加,非挥发性化合物含量变化呈现规律性。该变化也可能是陈皮茶“陈久者良”科学内涵的物质基础。该研究对陈皮茶陈化时间的鉴别及质量控制具有指导意义,本课题组正在扩大样本量,完善回归方程,更加准确的实现陈皮茶外观颜色的感官数字化,并开展与药效相关研究,以期为其科学内涵阐释提供重要的理论依据。

参考文献

- [1] Xu J J, Wu X, Li M M, et al. Antiviral activity of polymethoxylated flavones from "Guangchenpi", the edible and medicinal pericarps of *Citrus reticulata* 'Chachi' [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(10): 2182-2189.
- [2] Zeng S L, Duan L, Chen B Z, et al. Chemicalome and metabolome profiling of polymethoxylated flavonoids in *Citri Reticulatae* Pericarpium based on an integrated strategy combining background subtraction and modified mass defect filter in a microsoft excel platform [J]. Journal of Chromatography A, 2017, 1508: 106-120.
- [3] Pan S W, Zhang X, Xu W B, et al. Rapid on-site identification of geographical origin and storage age of tangerine peel by near-infrared spectroscopy [J]. Spectrochimica Acta Part a-Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2022, 271: 120936.
- [4] Yu X, Sun S, Guo Y Y, et al. *Citri reticulatae* pericarpium (chenpi): botany, ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of a frequently used traditional Chinese medicine [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2018, 220: 265-282.
- [5] 国家药典委员会编.中华人民共和国药典一部[M].北京:中国医药科技出版社,2020.
- [6] Lan W, Wang S, Wu Y, et al. A novel fluorescence sensing strategy based on nanoparticles combined with spectral splicing and chemometrics for the recognition of *Citrus reticulata* 'Chachi' and its storage year [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(11): 4199-4207.
- [7] Wang F, Chen L, Li F Q, et al. The increase of flavonoids in Pericarpium *Citri reticulatae* (PCR) induced by Fungi promotes the increase of antioxidant activity [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2018, 2506037.
- [8] Zheng Y Y, Zeng X, Peng W, et al. Study on the discrimination between *Citri reticulatae* pericarpium varieties based on HS-SPME-GC-MS combined with multivariate statistical analyses [J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2018, 23(5): 1235.
- [9] Li P, Zhang X X, Li S K, et al. A rapid and nondestructive approach for the classification of different-age *Citri reticulatae* pericarpium using portable near infrared spectroscopy [J]. Sensors, 2020, 20(6): 1586.
- [10] Li S Z, Zeng S L, Wu Y, et al. Cultivar differentiation of *Citri reticulatae* pericarpium by a combination of hierarchical three-step filtering metabolomics analysis, DNA barcoding and electronic nose [J]. Analytica Chimica Acta, 2019, 1056: 62-69.
- [11] 刘杰,徐佳,杨瑶珺,等.基于色度分析原理的防风有效成分含量与颜色值相关性研究[J].现代中药研究与实践,2015, 29(2):20-25.
- [12] 祁晓娟,李欣,卓冰雨,等.基于颜色数字化的大黄药材基原判别[J].中国中药杂志,2021,46(4):902-906.
- [13] 何婉婉,张建逵,李云静,等.北豆根药材粉末色泽与有效成分的相关性[J].中国实验方剂学杂志,2017,23(5):57-62.
- [14] 王光宁,何瑞瑜,陈天娇,等.广陈皮的外观颜色客观量化及其陈化年份判别模型的建立[J].中国实验方剂学杂志,2018, 24(22):22-27.
- [15] 王智磊,伍清芳,刘素娟,等.基于色度分析原理的广陈皮贮藏年限判别[J].天然产物研究与开发,2017,29:1355-1361.
- [16] Chen H S, Pan D Y, Du H Z, et al. Flavor differences of edible parts of grass carp between Jingpo lake and commercial market [J]. Foods (Basel, Switzerland), 2022, 11(17): 2594.
- [17] Shen Q L, Sun L P, He Z D, et al. Isolation, taste characterization and molecular docking study of novel umami peptides from *Lactarius volemus* (Fr.) [J]. Food Chemistry, 2022, 401: 134137.
- [18] 杨露萍,倪妮,洪燕龙,等.基于电子舌表征和化学成分的“谱味”相关性探究川芎辛味物质基础[J].中成药,2021,43(7): 1805-1811.
- [19] Fang H T, Zhang H L, Wei X B, et al. Phytochemicals and antioxidant capacities of young Citrus fruits cultivated in China [J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2022, 27(16):

- 5185.
- [20] 魏莹,李文东,杨武亮.HPLC 法测定不同贮存年限广陈皮药材中主要活性成分的含量[J].中国药房,2016,27(15):2131-2134.
- [21] Zhang H J, Cui J F, Tian G F, et al. Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel [J]. Food Chemistry, 2019, 289: 340-350.
- [22] He J, Chen C C, He Q X, et al. Evaluation of bioactive flavonoids and antioxidant activity in pericarpium *Citri reticulatae* (*Citrus reticulata* 'Chachi') during storage [J]. Food Chemistry, 2017, 230: 649-656.
- [23] 刘立轩,冷晓红,郭鸿雁,等.基于电子鼻技术的秦艽药材产地鉴别[J].时珍国医国药,2020,31(3):617-619.
- [24] He J, Chen C C, He Q X, et al. The central bacterial community in Pericarpium *Citri reticulatae* 'Chachiensis' [J]. Food Research International (Ottawa, Ont), 2019, 125: 108624.