基于 GC-IMS 的不同年份紧压白茶挥发性物质分析

王志华[1,3]，薛志慧[2,3]，朱文伟[4]，孙威江[*1,3]

（1. 福建农林大学 园艺学院，福建 福州 350002；2. 福建农林大学 安溪茶学院，福建 泉州 362400；3. 福建省茶产业技术开发基地，福建 福州 350002；4. 福建熹茗茶业有限公司，福建 福州 350002）

摘要：应用气相-离子迁移谱技术对不同年份紧压白茶的挥发性物质进行分析，共鉴定出 56 种挥发性物质。采用主成分分析（principal component analysis，PCA）和线性判别分析（linear discriminant analysis，LDA）方法共筛选出 20 个特征挥发性物质，起主要贡献作用的物质是 2-乙酰基呋喃、庚醛、*E*-2-辛烯醛、柠檬烯、2-苯基乙醇及异丁酸。其中，柠檬烯、2-苯基乙醇、异丁酸的含量和贮藏时间呈反比，而 2-乙酰基呋喃、庚醛和 *E*-2-辛烯醛的含量则和贮藏时间呈正比。进一步进行线性回归分析，建立贮藏时间（y）和主要特征挥发性物质峰强数据的预测模型方程，$y=-0.03x_1+0.038x_2-0.09x_3-0.012x_4+0.002x_5+0.004x_6+0.022x_7+0.019x_8-0.018x_9-0.011x_{10}+0.005x_{11}-0.011x_{12}+0.000x_{13}-0.042x_{14}-0.015x_{15}+0.017x_{16}+0.033x_{17}+0.008x_{18}+0.008x_{19}-0.124x_{20}$（其中 x_1~x_{13} 为未定性特征挥发性物质，x_{14}~x_{20} 分别为 2-乙酰基呋喃、柠檬烯、2-苯基乙醇二聚体、2-苯基乙醇单体、2-庚酮、*E*-2-辛烯醛、异丁酸），$R^2=0.929$，$P<0.05$。另外，在贮藏过程中紧压白茶的特征挥发性物质间会相互作用，共同形成紧压白茶花香、清香药草味和坚果味的独特风味特征。运用 GC-IMS 技术、配合化学计量法能够科学辨别紧压白茶仓储年限，为规范紧压白茶市场提供理论依据。

关键词：气相-离子迁移谱（GC-IMS）；紧压白茶；不同年份；挥发性物质；化学计量法

中图分类号：TS 272.5　**文章编号：**1673-1689（2021）08-0085-10　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2021.08.011

Analyses of Volatile Compounds in Compressed White Tea of Different Years Based on GC-IMS

WANG Zhihua[1,3]，*XUE Zhihui*[2,3]，*ZHU Wenwei*[4]，*SUN Weijiang*[*1,3]

（1. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China；2. Anxi College of Tea Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Quanzhou 362400, China；3. Tea Industry Technology Development Base of Fujian Province, Fuzhou 350002, China；4. Fujian Ximing Tea Industry Limited Company, Fuzhou 350002, China）

Abstract: In this study, 56 volatile compounds (VOCs) were identified from the pressed white tea in different years by gas chromatography-ion mobility spectrometry. Principal component analyses (PCA) and linear discriminant analysis(LDA) were used to screen 20 characteristic VOCs. The main VOCs were 2-acetylfuran, heptanal, *E*-2-octenal, limonene, 2-phenylethanol and isobutyric acid. The contents of limonene, 2-phenylethanol and isobutyric acid were in inverse proportion to the storage

收稿日期：2020-01-13

基金项目：国家“十三五”重点研发计划项目（2019YFD1001601，2018YFF0214203）；福建农林大学茶产业链科技创新与服务体系建设项目（2019）。

*** 通信作者：**孙威江（1964—），男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事茶树种质资源研究。E-mail：swj8013@126.com

time, while the contents of 2-acetyl furan, heptanal and *E*-2-octenal showed positive correlation. The predictive model equations of storage time (y) and peak intensity response value of main VOCs were established by further regression analysis: $y= -0.03x_1+0.038x_2 -0.09x_3 -0.012x_4+0.002x_5+0.004x_6+0.022x_7+0.019x_8 -0.018x_9 -0.011x_{10}+0.005x_{11}-0.011x_{12}+0.000x_{13} -0.042x_{14} -0.015x_{15}+0.017x_{16}+0.033x_{17}+0.008x_{18}+0.008x_{19}-0.124x_{20}$ (x_1~x_{13} were the unidentified VOCs, x_{14}~x_{120} were 2-acetylfuran, limonene, 2-phenylethanol dimer, 2-phenylethanol monomer, 2-heptanone, e-2-octene aldehyde and isobutyric acid), R^2=0.929 and sig<0.05. In addition, the unique flavor characteristics of floral, aromatic herbs and nutty flavors in pressed white tea could be formed by the interaction between the characteristic VOCs of pressed white tea during storage. The storage life of pressed white tea could be scientifically distinguished by GC-IMS and stoichiometry, providing theoretical basis for standardizing the market of pressed white tea.

Keywords: gas chromatography-ion mobility spectrometry (GC-IMS), compressed white tea, different years, volatile organic compounds (VOCs), stoichiometry

白茶,属微发酵茶,其汤色黄绿清澈、滋味消淡回甘征[1],且随着贮藏时间的增加,白茶的药用价值越明显。适当条件下贮藏的紧压白茶具有一定的收藏价值,有“一年茶、三年药、七年宝”之称[2]。新鲜白茶中的甜味和青草味经过长时间的自然存放后会产生特有的酯类化合物,转变为荷叶香、枣香和药香等[3-5]。研究表明,经过压饼处理后的白茶中醇类物质的平均相对含量有大幅度降低,而酯类物质则有明显增加,且较散茶陈香更明显[6-7]。现在紧压白茶市场存在大量“以新代老”“以次充好”的乱象,如何规范紧压白茶市场秩序、促进紧压白茶消费市场健康发展成为急需解决的问题。

气相-离子迁移谱(gas chromatography-ion mobility spectroscopy,GC-IMS)是一种将气相色谱技术(GC)和离子迁移谱技术(IMS)相结合的技术,多应用于靶向和半靶向挥发性物质分析[8-9]。与传统GC-MS(gas chromatography-mass spectrometry)相比,GC-IMS具有前处理更简单、灵敏度更高、检测时间更短等优点,现在广泛应用于油类[10]、酒类[11]、中药[12]、水果[13]、肉类[14]等食品领域的生产过程监控、产地判别、真假判定和安全性检测。对于茶叶的研究多集中在绿茶[15]、茯砖茶[16]等不同茶类的风味物质分析和鉴别,以及不同产地茶叶的追踪溯源研究[17-18]。

作者采用气相离子迁移谱技术,通过化学计量法对同一公司同一仓储环境下不同年份紧压白茶的特征挥发性物质及其变化规律进行探究,对科学辨别紧压白茶仓储年限,保障消费者权益、规范紧压白茶市场提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验于2019年10月开展,材料选择福建瑞达茶业有限公司提供的采摘标准为一芽三四叶且制于春季的寿眉饼,生产时间分别为2018年、2016年、2014年、2012年、2010年、2009年、2006年和2003年。紧压白茶工艺流程为:精制后的毛茶先进行称重,之后蒸汽软化30 s,再团紧固定之后压饼7 min,最后进行烘干储存。试验所用茶样均从当年商品茶中随机挑选,具体的茶样信息见表1。

表1 不同年份紧压白茶样品表

Table 1 Compressed white tea samples for different years

生产年份	实际贮藏期/年	嫩度	季节	数量
2018	1	一芽三四叶	春季	5
2016	3	一芽三四叶	春季	5
2014	5	一芽三四叶	春季	5
2012	7	一芽三四叶	春季	5
2010	9	一芽三四叶	春季	5
2009	10	一芽三四叶	春季	5
2006	13	一芽三四叶	春季	5
2003	16	一芽三四叶	春季	3

1.2 方法

1.2.1 样品前处理 取0.1 g白茶样品粉末置于20 mL顶空瓶中,70 ℃下保温15 min后自动进样。每个贮藏年份紧压白茶饼3~5个平行样品,设置3个重复,每个样品进样1次。

1.2.2 仪器运行参数 试验使用 Flavour Spec® 气相离子迁移谱联用仪,采用气相-离子迁移谱单元和自动顶空进样单元,用氮气作载气。具体分析参数见表 2。

表 2 仪器分析参数

Table 2 Instrument analysis parameters

项目	参数
分析时间	30 min
色谱柱类型	FS-SE-54-CB-1 色谱柱
柱温	60 ℃
载气	氮气
IMS 温度	45 ℃
进样体积	500 μL
孵育时间	15 min
孵育温度	70 ℃
进样针温度	90 ℃
孵化转速	500 r/min

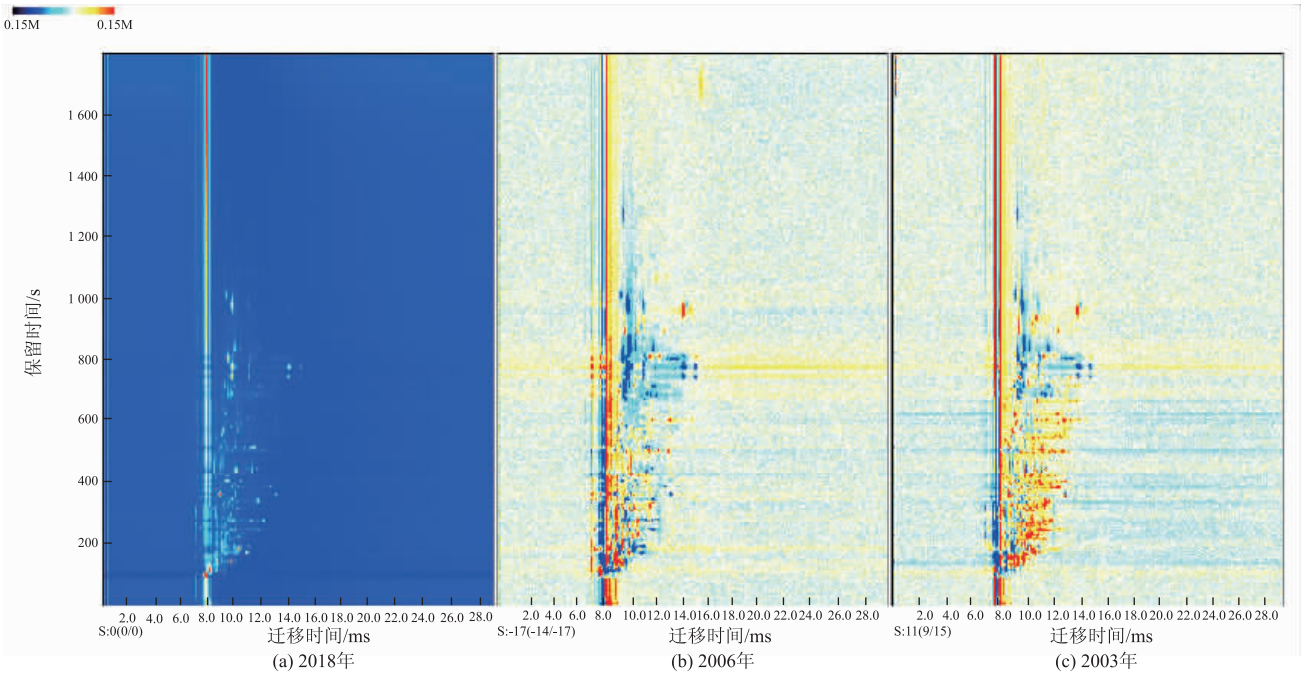
1.2.3 数据分析 主要数据分析均使用气相-离子迁移谱检测仪器自带分析软件。物质的相对定量及定性分析使用 LAV (laboratory analytical viewer)和 GC-IMS Library Search 内置数据库。数据分析使用 Reporter、Gallery Plot 以及 PCA 插件。后续分析使用 SPSS22,PRSIM 8.0 和 R Studio 软件。

2 结果与讨论

2.1 不同年份紧压白茶挥发性物质定性分析

分别选取了不同年份的紧压白茶样品,使用 GC-IMS 技术对挥发性物质进行对比和分析。图 1 以贮藏期 1 年的紧压白茶为参比,选取挥发性物质差异较大的年份作图,通过比较样品谱图颜色判断差异挥发性物质。图 1 显示出贮藏期 2 年的紧压白茶和贮藏期 10 年以上的紧压白茶相比挥发性物质有较大差别:贮藏期 10 年以上的样品在迁移时间 10~14 ms、保留时间 200~600 s 的红色框内挥发性物质含量显著高于参比茶样,而在迁移时间 9~16 ms、保留时间 700~1 100 s 的黑色框内挥发性物质含量显著低于参比茶样。

使用配套的软件 GCxIMS Library Search 通过气相保留时间以及离子迁移时间完成对挥发性物质的定性分析:不同年份紧压白茶共检测出 134 种挥发性物质,通过内置数据库鉴定出包括单体、二聚体和三聚体在内的 56 种挥发性物质。其中醇类 16 种,醛类 19 种,酯类 5 种,酮类 7 种,杂氧类化合物 2 种,吡嗪类及其衍生物 5 种,碳氢类化合物 2 种,主要风味物质如表 3 所示。



(a) 2018年 (b) 2006年 (c) 2003年

谱图中的蓝色部分表示该样品中挥发性物质浓度低于对照年份,红色部分表示挥发性物质浓度高于参比。

图 1 不同年份紧压白茶离子迁移谱对比图

Fig. 1 Comparison of ion migration spectra of compressed white tea in different years

表 3 不同年份紧压白茶定性挥发性物质表

Table 3 Qualitative volatile compounds of compressed white tea in different years

序号	化合物名称	分类
1	水杨酸甲酯	酯类
2	苯甲酸乙酯	
3	γ-丁内酯(D)	
4	γ-丁内酯(M)	
5	乙酸丁酯	
6	(*E*)-2-辛烯醛	醛类
7	壬醛 M	
8	壬醛(D)	
9	苯乙醛	
10	(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛	
11	正辛醛(D)	
12	正辛醛(M)	
13	苯甲醛(M)	
14	苯甲醛(D)	
15	2-庚醛	
16	3-甲基丁醛(M)	
17	3-甲基丁醛(D)	
18	戊醛(M)	
19	戊醛(D)	
20	己醛(M)	
21	己醛(D)	
22	己醛(T)	
23	庚醛(M)	
24	庚醛(D)	
25	芳樟醇(M)	醇类
26	芳樟醇(D)	
27	氧化芳樟醇(M)	
28	氧化芳樟醇(D)	
29	2-苯乙醇(D)	
30	2-苯乙醇 M	
31	1-辛烯-3-醇	
32	苯甲醇	
33	顺三-己烯醇	
34	1-丙醇(M)	
35	1-丙醇(D)	
36	2-甲基-1-丁醇(M)	
37	异戊醇	
38	1-戊醇(M)	
39	1-戊醇(D)	
40	2-甲基-1-丁醇(D)	

续表 3

序号	化合物名称	分类
41	苯乙酮	酮类
42	2-辛酮	
43	2-庚酮(M)	
44	2-庚酮(D)	
45	3-戊酮	
46	丙酮	
47	3-辛酮	
48	2-乙基-6-甲基吡嗪	吡嗪类及其衍生物
49	三甲基吡嗪	
50	2,6-二甲基吡嗪	
51	甲基吡嗪(M)	
52	甲基吡嗪(D)	
53	2-戊基呋喃	杂氧类化合物
54	2-乙酰呋喃	
55	柠檬烯	烯类
56	苯乙烯	

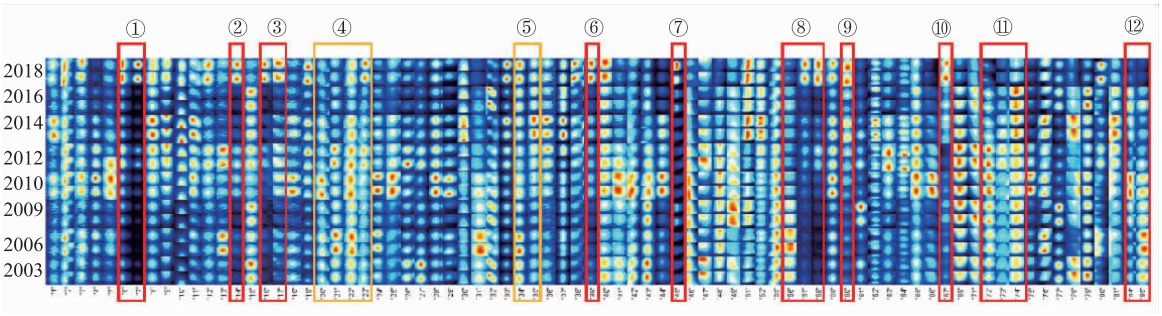
M 表示挥发性物质单体,D 表示挥发性物质二聚体,T 表示挥发性物质三聚体。

醇类和醛类是紧压白茶最主要的香气成分,相关研究结果也表明白茶主要风味物质是醇类和醛类,芳樟醇及其氧化物和 2-己烯醛是最主要的香气成分[19]。研究发现:主要挥发性物质是 γ-丁内酯二聚体、正丙醇、苯甲酸乙酯、芳樟醇单体、2-乙基-6-甲基吡嗪和苯甲醛二聚体。其中,γ-丁内酯具有焦糖香,在咖啡[20]、茶叶[21]中均有报道;2-乙基-6-甲基吡嗪有烘烤香气;苯甲酸乙酯和芳樟醇单体具有花香和果香,苯甲醛二聚体则具有苦杏仁香气,正丙醇带苦味,适量的正丙醇可以衬托酯香,使香气更丰满持久。主要挥发性物质间的相互作用构成了紧压白茶独特的风味特征。

2.2 不同年份紧压白茶挥发性物质指纹图谱分析

不同年份紧压白茶挥发性物质的指纹图谱如图 2 和图 3 所示,由图可知不同年份紧压白茶的挥发性物质有较大差异,且部分物质呈现出一定的规律性。红色框内的挥发性物质:水杨酸甲酯、苯乙酸甲酯、芳樟醇及其氧化物单体及其二聚体、2-苯乙醇单体及其二聚体、庚醛单体及其二聚体、柠檬烯以及未鉴定出物质名称的 6、7、14、16、39、45、57、58、60 在 2018 年紧压白茶样品中的相对含量显著高于其他年份,而 56、72、73、74、84、85 的相对含量则显著低于其他年份; 另外,2003 年紧压白茶样品

中 2-庚醛的相对含量显著高于其他年份,未知物质“67”的相对含量则在 2014—2018 年紧压白茶样品中的相对含量较高。黄色框中的 1-辛烯-3-醇、苯甲醛单体及其二聚体、1-戊醇单体及其二聚体、3-甲基丁醛二聚体以及未知物质 20、21、22、23、34、35 在各个年份中均有检出。比较不同年份紧压白茶挥发性物质信号峰强度,可以发现贮藏两年的紧压白茶挥发性物质相较于其他年份会更加丰富且浓度更高,贮藏期 16 年样品挥发性物质较少。贮藏年份相近的紧压白茶挥发性物质也相对较为类似,说明紧压白茶香气较为稳定,变化相对较少。



注:指纹图谱的每一行都代表一个样品,每一列代表在不同样品中同一挥发性物质的信号峰。红色框表示和其他样品有较大差异的物质,黄色框表示不同年份紧压白茶所共有的峰强度比较均一的物质。下同。

图 2　不同年份紧压白茶未知挥发性物质的指纹图谱

Fig. 2　Fingerprint of unknown volatile compounds of compressed white tea in different years

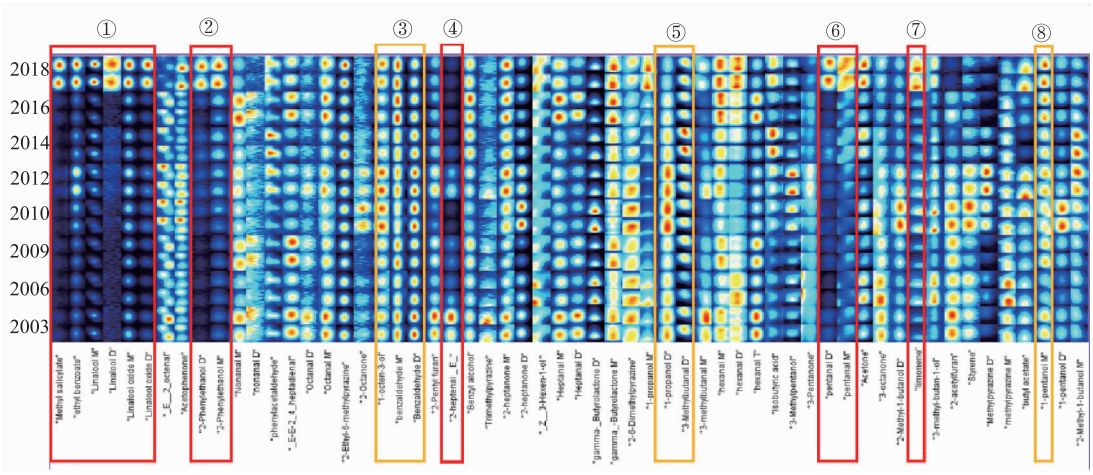


图 3　不同年份紧压白茶定性挥发性物质的指纹图谱

Fig. 3　Fingerprint of volatile compounds of compressed white tea in different years

表 4　不同年份紧压白茶差异挥发性物质表

Table 4　Volatile compounds of compressed white tea in different years

	类别	序号	物质名称	说明
定性物质	红色框	①	水杨酸甲酯、苯甲酸乙酯、芳樟醇及其氧化物	贮藏期 1 年样品有明显差异
		②	2-苯乙醇单体及二聚体	
		④	2-庚醛	贮藏期 16 年样品差异较大
		⑥	庚醛单体及二聚体	贮藏期 1 年样品差异较大
		⑦	柠檬烯	
	黄色框	③	1-辛烯-3-醇、苯甲醛单体及二聚体	各个年份均有检出
		⑤	1-戊醇二聚体、3-甲基丁醛二聚体	
		⑧	1-戊醇单体	

续表 4

	类别	序号	物质名称	说明
未定性物质	红色框	①	6,7	贮藏期 1 年样品差异显著
		②	14	
		③	16,17	
		⑥	39	
		⑦	45	
		⑧	56,57,58	
		⑨	60	
		⑩	67	贮藏期 1~6 年样品差异较大
		⑪	72,73,74	贮藏期 1 年样品差异显著
		⑫	84,85	
	黄色框	④	20,21,22,23	各个年份均有检出
		⑤	34,35	

2.3 不同年份紧压白茶挥发性物质化学计量学分析

图 4 是对 8 个不同年份紧压白茶样品的挥发性物质峰强度值进行主成分分析,得出贡献度前二十名的特征挥发性物质,其中鉴定出来的物质有 2-乙酰基呋喃、柠檬烯、2-苯基乙醇单体及其二聚体、庚醛二聚体、异丁酸以及 *E*-2-辛烯醛。主成分分析得出的二维得分图,如图 5 所示。第一主成分分析值为 57.6%,第二主成分分析值 20.8%,第一主成分和第二主成分的解释量达到 78.4%,表明第一主成分和第二主成分可以较好地区分不同年份的紧压白茶。由图 5 可知,贮藏期 1~9 年的紧压白茶和其他年份有较好的区分度,这表明贮藏时间较短的紧压白茶和贮藏时间较长的紧压白茶挥发性物质有着较大差异。而贮藏期 10 年、13 和 16 年的紧压白茶样品则较为分散,可能是由于生产时间太过久远受到外界环境较大的影响。

鉴于无监督的 PCA 分析对于区分不同年份压白茶作用有限,采用有监督的 LDA 分析对紧压白茶样品进行分析,结果如图 6 所示。分析精度 1.0,ROC 曲线下方的面积(AUC)1.0,表明 LDA 分析真实性较高,分析结果具有较高的可信度。由图可知,每个年份的紧压白茶通过 LDA 分析均能较好地分离。其中,贮藏期 1~3 年的紧压白茶挥发性物质较为类似,贮藏期 10~16 年的紧压白茶能够较好地聚集在一起。进一步对特征挥发性物质进行线性回归分析,建立贮藏时间(y)和主要特征挥发性物质的预测模型方程,$y=-0.03x_1+0.038x_2-0.09x_3-0.012x_4+0.002x_5+0.004X_6+0.022x_7+0.019x_8-0.018x_9-0.011x_{10}+0.005x_{11}-0.011x_{12}+0.000x_{13}-0.042x_{14}-0.015x_{15}+0.017x_{16}+0.033x_{17}+0.008x_{18}+0.008x_{19}-0.124x_{20}$(其中

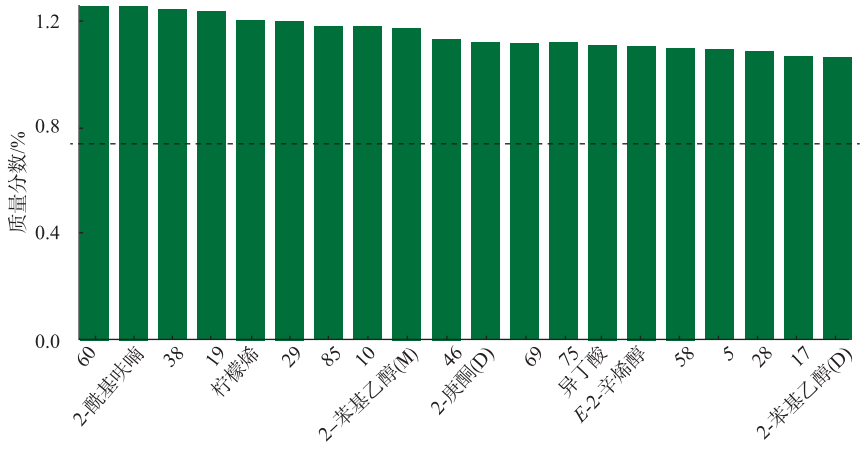


图 4 不同年份紧压白茶主成分贡献度分析

Fig. 4 Substances of PCA contribution of compressed white tea in different years

x_1~x_{13} 为未定性特征挥发性物质,x_{14}~x_{20} 分别为 2-乙酰基呋喃、柠檬烯、2-苯基乙醇二聚体、2-苯基乙醇单体、2-庚酮、E-2-辛烯醛、异丁酸),R^2=0.929,P<0.05。因此,通过化学计量法分析得出的特征挥发性物质对于区分不同贮藏年限紧压白茶具有较好的区分度,且可信度较高。

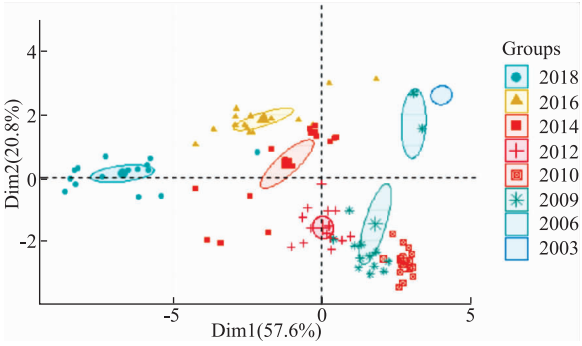


图 5 不同年份紧压白茶挥发性物质的 PCA 图

Fig. 5 PCA of volatile compounds of compressed white tea in different years

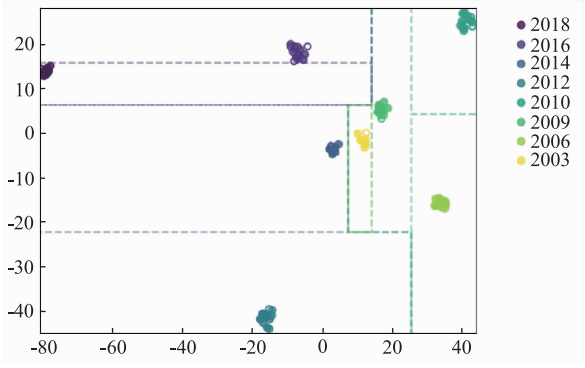


图 6 不同年份紧压白茶挥发性物质的 LDA 分析图

Fig. 6 LDA analysis chart of volatile compounds of compressed white tea in different years

2.4 不同年份紧压白茶特征挥发性物质的变化趋势

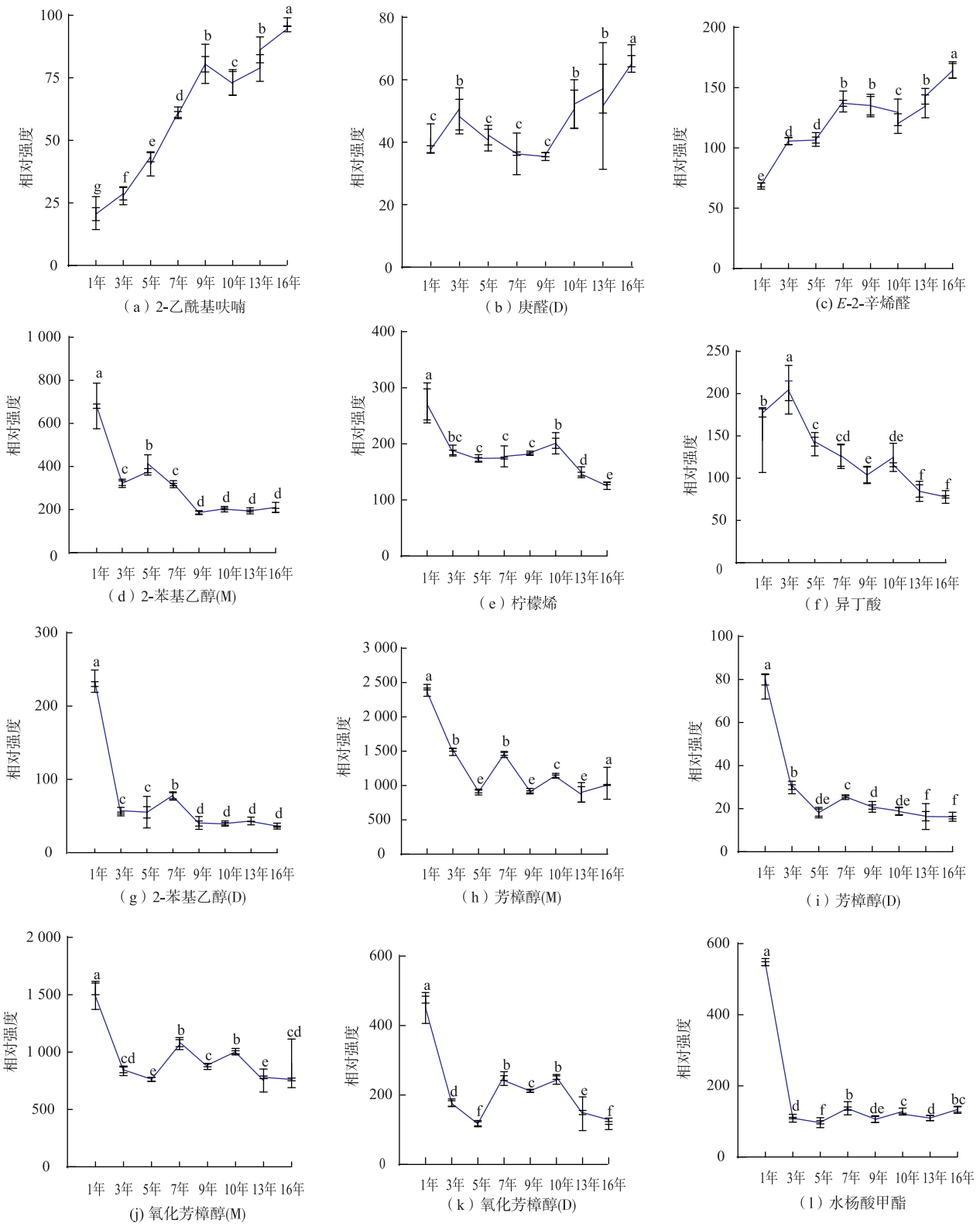
以鉴定出来的区分不同年份紧压白茶贡献度前二十名的特征性挥发性物质峰强数据进行作图(以 2-辛醇为内标物的相对含量),结果如图 7 所示。在不同年份紧压白茶中,2-乙酰基呋喃、庚醛二聚体和 *E*-2-辛烯醛的含量整体呈现上升趋势。2-乙酰基呋喃在贮藏时间达到 10 年之后上升的速度减缓,而庚醛二聚体在贮藏时间 3 年时含量开始下降,到贮藏时间达到 9 年之后又出现显著上升趋势;*E*-2-辛烯醛含量在贮藏时 7 年时增速减缓,到贮藏时间达到 11 年后又呈线性增长。由图 7 能够发现紧压白茶样品随着贮藏时间的增加,异丁酸、2-苯基乙醇单体及二聚体、柠檬烯整体是下降趋势,有小范围的波动。其中,在贮藏 3 年的紧压白茶中这四种物质相对含量的减少速度趋缓。2-苯基乙醇单体及其二聚体在贮藏时间达到 9 年的时候,含量达到稳定状态。

对文献[22]提到的重要挥发性物质芳樟醇及其氧化物和水杨酸甲酯的相对含量进行了趋势分析,如图 7 所示,芳樟醇及其氧化物则在存放 1~5 年呈现显著下降趋势,之后随着储藏年限的增加氧化芳樟醇的含量又出现上升趋势,有小幅度的波动出现。水杨酸甲酯有显著减少的趋势,且在贮藏 3 年之后相对含量趋于稳定。

有关报道显示,2-乙酰基呋喃[23]呈杏仁香,有坚果和烟熏气息,庚醛二聚体[24]具草药味和微弱陈香,*E*-2-辛烯醛[25]有清香药草的味道;另外,2-苯基乙醇[26]具有花香清甜香,柠檬烯[27]呈现清爽柠檬味;随着贮藏时间的增加,紧压白茶的特征挥发性物质会相互作用,形成老白茶具有花香、清香药草味和坚果味的独特风味特征。罗舟[28]研究结果显示:白茶随着贮藏年份的累积,呈现出清花香、毫香和青气不断减弱的趋势,而陈香、枣香和甜香则会相应有所增加,与本研究内容相符。另外,异丁酸具有腐败陈味,多在酒类中被报道[29]。在本研究中,异丁酸相对含量虽然有小幅度波动但是整体呈现下降趋势,表明随着贮藏时间的增加紧压白茶中腐败性刺激味道逐渐减弱,也有可能是仓储环境不当导致紧压白茶中出现腐败性的刺激味道。傅海峰[19]研究了陈年寿眉饼茶在储存过程中品质变化,结果显示水杨酸甲酯和水杨酸的动态变化可能是陈年寿眉饼茶的重要特征,和本研究结果相符。另外有相关文献报道,陈化白茶压饼后芳樟醇及其氧化物含量有明显下降,随着贮藏时间的延长,*S*-芳樟醇的含量显著降低[30],而本研究则显示芳樟醇相对含量呈现先下降又小幅度上升的波动趋势。具有甜香味的 *S*-芳樟醇会转化为具有木本和薰衣草的气味的 *R*-芳樟醇,可能是紧压白茶芳樟醇含量出现下降趋势的原因之一。

3 结 语

选取相同仓储环境的紧压白茶采用气相离子迁移谱技术,运用指纹图谱信息库和化学计量法初步确定了不同年份紧压白茶挥发性物质的类型和



图中不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

图 7　不同年份紧压白茶特征挥发性物质相对强度趋势图

Fig. 7　Trend of relative content of characteristic volatile compounds of compressed white tea in different years

含量,讨论了区分不同年份紧压白茶的特征挥发性物质及其在不同年份紧压白茶中的变化趋势,为进一步研究贮藏时间对紧压白茶品质的影响提供理论和数据支撑,起到判断紧压白茶贮藏年份和规范紧压白茶市场的作用。研究结果发现 134 种有利于区分不同年份白茶饼的香气物质,其中鉴定出 56 种香气物质。其中,2-乙酰基呋喃、柠檬烯、2-苯基乙醇单体及其二聚体、庚醛二聚体、异丁酸和 E-2-辛烯醛可以作为辨别不同年份紧压白茶的特征挥发性有机物。柠檬烯、2-苯基乙醇、异丁酸的含量随着贮藏年份的增加呈现下降趋势,而 2-乙酰基呋喃、庚醛和 E-2-辛烯醛的含量则随着年份的增加呈现上升趋势。建立起贮藏时间(y)和主要特征挥发性物质的预测模型方程:$y=-0.03x_1+0.038x_2-0.09x_3-0.012x_4+0.002x_5+0.004x_6+0.022x_7+0.019x_8-0.018x_9-0.011x_{10}+0.005x_{11}-0.011x_{12}+0.000x_{13}-0.042x_{14}-0.015x_{15}+0.017x_{16}+0.033x_{17}+0.008x_{18}+0.008x_{19}-0.124x_{20}$(其中 x_1~x_{13} 为未定性特征挥发性物质,x_{14}~x_{20} 分别为 2-乙酰基呋喃、柠檬烯、2-苯基乙醇二聚体、-苯基乙醇单体、2-庚酮、E-2-辛烯醛、异丁酸),R^2=0.929,P<0.05。紧压白茶在贮藏过程中杏仁香、草药味和微弱陈香逐渐增加,而花香、清甜香和果香则逐渐减弱,共同形成紧压白茶的独特风味特征。

紧压白茶经过长时间的储存会产生种类多样的风味特征物质,软件内置的数据库信息还不能够完全支持将全部的物质定性出来,因此后期需要采用其他手段来对紧压白茶中的挥发性物质进行检测和鉴定,丰富特征挥发性物质库,还需要增大样本量,丰富紧压白茶年份,为更好地辨别不同年份紧压白茶做出补充和参考,建立起紧压白茶年份快速判别体系。

参考文献:

[1] 奚茜. 茶性、茶效与茶用的文献研究[D]. 北京:北京中医药大学,2017.
[2] 周琼琼,孙威江,叶艳,等.不同年份白茶的主要生化成分分析[J]. 食品工业科技,2014,35(9):351-354.
[3] 刘琳燕,周子维,邓慧莉,等.不同年份白茶的香气成分[J].福建农林大学学报(自然科学版),2015,44(1):27-33.
[4] 丁玎,宁井铭,张正竹,等. 不同等级和储藏时间白茶香气组分差异性研究[J]. 安徽农业大学学报,2016,43(3):337-344.
[5] QI D,MIAO A,CAO J,et al. Study on the effects of rapid aging technology on the aroma quality of white tea using GC-MS combined with chemometrics:In comparison with natural aged and fresh white tea[J]. **Food Chemistry**,2018(265):189-199.
[6] 林宏政,李鑫磊,周泳锋,等.白茶散茶与茶饼在色泽、滋味及香气组分上的差异研究[J].食品工业科技,2019,40(15):207-214.
[7] 陈志达,黎攀,陈兴华,等. 压饼处理对白茶陈化香气的影响[J]. 食品工业科技,2020,41(5):63-69.
[8] EICEMAN G A,NAZAROV E G,STONE J A. Chemical standards in ion mobility spectrometry[J]. **Analytica Chimica Acta**,2010,493(2):185-194.
[9] WEN HE,HE WEN,REN FANG,ET AL. Application of GC-IMS in detection of food flavor substances[J]. **IOP**,2020,545(1):12-16.
[10] MARIA D M C,JURADO-CAMPOS N,ARCE L,et al. A robustness study of calibration models for olive oil classification:Targeted and non-targeted fingerprint approaches based on GC-IMS[J]. **Food Chemistry**,2019,288:315-324.
[11] 林秀敏,岳丽丹,张振凌,等. GC-IMS 法比较不同方法炮制酒当归特异气味成分差异[J]. 中草药,2020,51(17):4464-4472.
[12] 梁天一,杨娟,董浩,等. 基于 GC-IMS 技术鉴别不同年份新会陈皮中的挥发性风味物质[J]. 中国调味品,2020,45(4):168-173.
[13] 于怀智,姜滨,孙传虎,等. 顶空气相离子迁移谱技术对不同产地水蜜桃的气味指纹分析[J]. 食品与发酵工业,2020,46(16):231-235.
[14] CHEN M,CHEN T,QI X,et al. Analyzing changes of volatile components in dried pork slice by gas chromatography-ion mobility spectroscopy[J]. **Journal of Food**,2020,18(1):328-335.
[15] 刘亚芹,王辉,黄建琴,等. GC-IMS 在绿茶挥发性物质定性分析中的应用[J]. 中国茶叶加工,2020(1):55-59.
[16] 李俊杰,徐元昊,陈梦娟,等. 手筑茯砖茶加工过程中挥发性组分变化分析[J]. 食品科学,2020,1(24):144-154.
[17] JIN J,ZHAO M,ZHANG N,et al. Stable isotope signatures versus gas chromatography-ion mobility spectrometry to determine the geographical origin of Fujian Oolong tea(*Camellia sinensis*) samples[J]. **European Food Research and Technology**,2020,

246(5):955-964.
[18] 金文刚,陈小华,耿敬章,等. 基于气相 - 离子迁移谱分析不同产地“汉中仙毫”气味指纹差异[J]. 食品与发酵工业,2021,47(5):231-237.
[19] 丁玎. 不同等级和储藏时间白茶主要化学品质成分分析[D]. 合肥:安徽农业大学,2016.
[20] AMANPOUR A,SELLI S. Differentiation of volatile profiles and odor activity values of turkish coffee and french press coffee[J]. **Journal of Food Processing & Preservation**,2016:1116-1124.
[21] JIN S,NING X,CAO J,ET A L. Simultaneous quantification of gamma-hydroxybutyrate,gamma-butyrolactone,and 1,4-butanediol in four kinds of beverages[J]. **International Journal of Analytical Chemistry**,2020:112-135.
[22] 傅海峰. 陈年白茶压饼与贮藏研究[D]. 福州:福建农林大学,2019.
[23] 刘珍珍. 汉中绿茶加工过程中风味物质的形成与变化分析[D]. 汉中:陕西理工大学,2020.
[24] MA L,CAO D,LIU Y,et al. A comparative analysis of the volatile components of green tea produced from various tea cultivars in China[J]. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**,2019:13-15.
[25] KANG S,YAN H,ZHU Y,et al. Identification and quantification of key odorants in the world's four most famous black teas[J]. **Food Research International**,2019:73-83.
[26] WANG X,ZENG L,LIAO Y,et al. An alternative pathway for the formation of aromatic aroma compounds derived from l-phenylalanine via phenylpyruvic acid in tea leaves[J]. **Food Chemistry**,2019:214-226.
[27] 朱荫,邵晨阳,张悦,等. 不同茶树品种龙井茶香气成分差异分析[J]. 食品工业科技,2018,39(23):241-246.
[28] 罗舟. 白茶陈化品质及初制后期工艺优化研究[D]. 杭州:浙江大学,2019.
[29] 王娟,李娟,夏艳秋,等. 酒花浸膏关键性香气成分分析[J]. 食品科学,2019,40(8):155-161.
[30] 陈志达. 白茶风味品质的物质基础与量化评价研究[D]. 杭州:浙江大学,2019.

科　技　信　息

美国 FDA 修订酸奶特征标准

2021 年 6 月 9 日,美国食品和药物管理局(FDA)发布了一项最终规则,通过允许酸奶生产中更大的灵活性和技术进步来修订和更新酸奶的特征标准。

该计划是美国 FDA 营养创新战略的一部分。特征标准规定了与某些食品的含量和生产相关的要求。营养创新战略的目标之一是使食品标准现代化,以保持产品的基本性质和营养完整性,同时允许行业灵活创新以生产更健康的食品。美国 FDA 在 1938 年左右开始建立特征标准,以促进诚实和公平交易,来维护消费者的利益,为各种食品制定了 280 多项标准。

目前,美国 FDA 对酸奶、低脂酸奶和脱脂酸奶有不同的识别标准。根据最终规则,低脂酸奶和脱脂酸奶将被纳入 FDA 的一般定义和特征标准中,该标准允许对传统标准化食品进行营养改良。

最终规则扩大了酸奶中的允许成分,包括甜味剂,如龙舌兰,以及基本乳制品成分的重组形式。标准规定了酸奶中必须含有的活性益生菌的最低数量,以允许使用标签声明“含有活性菌”或类似的声明。对于经过微生物灭活处理的酸奶,标签上需要声明“不含活性菌”。此外,最终规则支持酸奶市场上已经做出的许多创新,包括继续允许制造商按照要求丰富酸奶成分,如添加维生素 A 和 D。该规则还允许各种风格或质地的酸奶,只要符合特征标准中的要求。

这项行动在一定程度上回应了国家酸奶协会提交的公民请愿书,该协会现在是国际乳制品协会的一部分。美国 FDA 于 2009 年 1 月 15 日发布了一项拟议规则。

该最终规则的合规日期为 2024 年 1 月 1 日,同时也是 2021 年和 2022 年发布的最终食品标签法规的统一合规日期。

[信息来源] 食品伙伴网. 美国 FDA 修订酸奶特征标准 [EB/OL]. (2021-6-16). http://news.foodmate.net/2021/06/596725.html