DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.24.010

党参复合饮料在不同储藏温度下的风味变化

曾琦琦,李文钊*,刘亚平,代任任,闫文芳,阮美娟
(天津科技大学 食品科学与工程学院,天津 300457)

摘　要:采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术结合电子鼻,分析制备好的党参复合饮料新鲜样品(对照组)中的挥发性风味物质,并考察不同温度(4、25、37 ℃)下储藏 30 d 的党参复合饮料样品(试验组)的风味物质的变化。结果表明:在对照组中,共检测到 29 种挥发性物质,其中醛类 7 种(30.69%),正己醛、糠醛和 2-己烯醛等化合物赋予党参复合饮料的特殊香气。4 ℃的储藏条件,共检测到 24 种挥发性物质,其中醛类 5 种(3.01%);25 ℃的储藏条件,共检测到 15 种挥发性物质,其中醛类 7 种(39.03%);37 ℃的储藏条件,共检测到 29 种挥发性物质,其中醛类 11 种(25.55%)。25 ℃储藏条件下的党参复合饮料所含醛类物质的相对含量是最多的。主成分分析及线性判别分析结果表明,25 ℃的储藏条件下,党参复合饮料有良好产香特性,醇类、醛酮类物质的含量较为丰富。同时,感官评价结果显示,25 ℃的储藏条件下的饮料口感最佳。

关键词:党参;饮料;气相色谱-质谱;电子鼻;挥发性风味

The Flavor Changes of *Codonopsis pilosula* Compound Beverage at Different Storage Temperature

ZENG Qi-qi, LI Wen-zhao*, LIU Ya-ping, DAI Ren-ren, YAN Wen-fang, RUAN Mei-juan
(College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science&Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Using headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) combined with an electronic nose, the prepared fresh *Codonopsis pilosula* compound beverage (control group) was analyzed for volatile flavor compounds, and the changes in flavor compounds of *Codonopsis pilosula* compound beverage samples (experimental group) stored for 30 days at different temperatures(4, 25, 37 ℃) were investigated. The results showed that in the control group, a total of 29 volatile substances were detected, including 7 aldehydes (30.69%). Compounds such as n-hexanal, furfural and 2-hexenal gave the *Codonopsis pilosula* compound beverage a special aroma. A total of 24 volatile substances were detected under 4 ℃ storage conditions, including 5 aldehydes (3.01%); under 25 ℃ storage conditions, a total of 15 volatile substances were detected, including 7 aldehydes (39.03%); At 37 ℃ storage conditions, a total of 29 volatile substances were detected, including 11 aldehydes (25.55%). The relative content of aldehydes in the *Codonopsis pilosula* compound beverage under the storage condition of 25 ℃ was the largest. The results of principal component analysis and linear discriminant analysis showed that under the storage condition of 25 ℃, the *Codonopsis pilosula* compound beverage had good aroma-producing characteristics, and the content of alcohols, aldehydes and ketones was abundant. At the same time, the sensory evaluation results showed that the beverage tastes best under the storage condition of 25 ℃.

Key words: *Codonopsis pilosula*; beverage; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); electronic nose; volatile flavor

引文格式:
曾琦琦,李文钊,刘亚平,等.党参复合饮料在不同储藏温度下的风味变化[J].食品研究与开发,2020,41(24):57-64
ZENG Qiqi, LI Wenzhao, LIU Yaping, et al. The Flavor Changes of *Codonopsis pilosula* Compound Beverage at Different Storage Temperature[J]. Food Research and Development, 2020, 41(24):57-64

作者简介:曾琦琦(1995—),女(汉),硕士研究生,研究方向:食品加工技术。
* 通信作者:李文钊(1970—),女,副教授,研究方向:食品加工技术。

现代生活方式节奏较快,人们的一些不良生活习惯会造成气血不足,脾胃不和,补气饮料在市场上并不常见,开发一款补气饮料来满足消费者的需求成为新趋势[1]。党参[*Codonopsis pilosula*(Franch.)Nannf.]桔梗科党参属,多年生草本植物,有乳汁[2]。它作为我国一种独特的资源,有补中益气,健脾益肺之功效。陈皮为芸香科植物橘及其栽培变种的干燥成熟果皮,亦有补中益气之功效[3]。党参复合饮料以党参、陈皮作为主要原料,同时添加青柠汁来掩盖党参本身带来的土腥味[4],使之更为清爽可口,同时提高了党参的综合利用率,提升产品附加值,对于发展我国食品工业,提高党参产品的市场竞争力有着极大的影响。风味是饮料的典型特征之一,通过气味可以判断饮料的品质及质量优劣,挥发性成分物质则是气味产生的基础[5-6]。

色谱法(gas chromatography,GC)是一种可以将复杂混合物中的各组分成分分离出来的技术,但在定性和鉴定结构方面不足。质谱法(mass spertrometry,MS)对未知化合物有着极强的鉴别能力,可提供准确的结构信息,检索速度快,灵敏度高,但它也有其局限性,鉴定时需要高纯度的样本,否则杂质会对样品的质谱图进行干扰[7]。气相色谱-质谱联用技术(gas chromatography-mass spetrometry,GC-MS)综合了两者的优点,不仅同时具有 GC 的高效能分离和 MS 的高灵敏度、强鉴别能力,还可以同时完成待测样品的组分分离、鉴定和定量,被广泛应用工业检测、食品检测、环境保护等众多领域[8-10]。

电子鼻又称气味扫描仪,是一种模拟动物嗅觉器官进行开发的一款能快速检测食品气味的仪器,借助传感器和模式识别系统能对样品风味进行客观性的评价[11-12]。丛莎等[13]采用顶空固相微萃取-GC-MS 和电子鼻技术对生咖啡豆贮藏过程中挥发性成分进行了分析。李婷等[14]采用固相微萃取-气相色谱-质谱等方法对复配发酵乳香气成分进行了检测分析。两者的结合能够实现党参复合饮料的全面分析,然而采用 GC-MS 和电子鼻等技术联合分析饮料中挥发性风味的文献报道较少。

风味变差是饮料储藏时最先被发现的品质变质[15],因此饮料风味是保证饮料产品质量的一项重要指标。本文采用 GC-MS 结合电子鼻技术分析党参复合饮料储藏期的风味变化,更能快速准确有效地分析出风味变化。以及通过主成分分析、线性判别分析等不同统计学方法,分析探讨党参复合饮料在不同储藏温度下挥发性风味的变化,确定适合党参复合饮料储藏的合适温度,提供关于党参类饮料储藏条件的数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

党参:岷县和泰中药材有限公司;陈皮:北京同仁堂;青柠浓缩汁(食品级):山东优雅食品有限公司;柠檬酸(食品级):潍坊英轩实业有限公司;羧甲基纤维素钠(食品级):上海申光食用化学品有限公司;纤维素酶(酶活 2×10^4 U/g):山东欣鼎生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

电子天平(YH-A 10002 型):瑞安市英衡电器有限公司;电子精密天平(YP 型):奥豪斯(上海)公司;高速万能粉碎机(FW100 型):天津市泰斯特仪器有限公司;台式低速离心机(TDZ5-WS 型):湘仪离心机仪器有限公司;恒温培养箱(ZC-101-2AB 型):青岛正辰闰科检测仪器有限公司;CAR/DVB/PDMS 萃取头(50/30 μm 型):美国 Supelco 公司;气相色谱-质谱联用仪(GCMS-QP2010 Ultral 型):日本岛津公司;电子鼻(PEN3 型):北京盈盛恒泰科技有限责任公司。

1.2 试验方法

1.2.1 党参液制备方法

首先挑选无虫害的党参,清洗,烘干,粉碎,然后加水至料液比 1∶20(g/mL),调节 pH 值,加入纤维素酶,恒温酶解 2 h,沸水浴灭酶活性,过 400 目滤布得滤液,最后 4 000 r/min 离心 20 min 离心去沉淀,抽滤得澄清滤液,即得党参液备用。

1.2.2 陈皮液制备方法

首先挑选无虫害的陈皮,清洗,烘干,粉碎,然后加水至料液比 1∶30(g/mL),调节 pH 值,加入纤维素酶,恒温酶解 1.5 h,沸水浴灭酶活性,过 400 目滤布得滤液,最后 4 000 r/min 离心 20 min 离心去沉淀,抽滤得澄清滤液,即得陈皮液备用。

1.2.3 复合饮料制备方法

先将称量好的白砂糖、柠檬酸、稳定剂等辅料在 80 ℃下不停搅拌使其充分溶解,将 1.2.1 和 1.2.2 中的党参浸提液和陈皮浸提液、青柠浓缩汁通过一定配比混合均匀,用余下的处理水定容至饮料总体积,得混合液。将党参复合饮料初品于 100 ℃中加热处理 8 min。将热处理的物料,趁热灌装密封,然后冷却检验,颜色透亮,无沉淀,即得党参复合饮料,备用。

1.2.4 数据采集

将制备好的党参复合饮料新鲜样品作为对照组,其余分别放入 4、25、37 ℃的恒温培养箱中储藏 30 d 作为试验组,每组取 3 个平行样进行风味物质检测分析。

1.3　顶空固相微萃取（head space-solid phase micro extraction，HS-SPME）分析挥发性风味物质

1.3.1　顶空吸附

参照王强等[16]的方法，先将固相微萃取的萃取头进行老化，老化时间 1 h，老化温度 250 ℃。移取 10 mL 饮料样品放入 30 mL 萃取瓶，在 60 ℃的恒温水浴锅内保温平衡 20 min，然后将 DVB/CAR/PDMS 萃取头插入，吸附 20 min，取出萃取头插入气相色谱-质谱联用仪的进样口中，250 ℃的条件下解吸 15 min。

1.3.2　GC-MS 条件

1.3.2.1　色谱条件

色谱柱：BR-SWax FS 30 m×0.32 mm×0.50 μm，采用程序升温，起始温度 40 ℃，时间 3 min，先以 2 ℃/min 上升到 100 ℃并保持 2 min，再以 3 ℃/min 上升至 180 ℃保持 1 min，最后以 10 ℃/min 升温至 240 ℃。

1.3.2.2　质谱条件

离子源温度为 200 ℃，接口温度为 220 ℃；溶剂延迟时间为 1.5 min，离子化模式为 EI，能量为 70 eV，数据采集为全扫描，扫描范围 m/z 35~500。

1.4　电子鼻传感器测定

参照王鑫等[17]的方法，取党参复合饮料 15 mL 放入 30 mL 的顶空瓶中，电子鼻测试样品间隔 1 s，清洗时间 150 s，样品准备时间 5 s，检测时间 300 s，气体流量 400 mL/min。电子鼻传感器响应类型见表 1。

表 1　传感器性能描述

Table 1　Sensor performance description

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分，苯类
2	W5S	灵敏度大，对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	芳香成分灵敏，氨类
4	W6S	主要对氢化物有选择性
5	W5C	短链烷烃芳香成分
6	W1S	对甲基类灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
9	W2W	芳香成分，对有机硫化物灵敏
10	W3S	对长链烷烃灵敏

1.5　感官评价

由 10 名具有评分经验的专家对党参复合饮料分别从色泽、组织状态、气味和滋味口感进行感官评分，从而确定党参复饮料适宜储藏的温度条件。党参复合饮料的感官评分细则如表 2 所示。

1.6　数据分析

所有数据采用 Excel 2019 进行处理，图像采用 Origin 9.0 绘制。电子鼻数据分析：运用 Winmuster 软件对数据进行主成分分析（principal component analysis，PCA）和线性判别分析（linear discriminant analysis，LDA）。

表 2　党参复合饮料感官评价标准

Table 2　Sensory evaluation standard of *Codonopsis pilosula* compound beverage

项目	评价指标
色泽（10 分）	饮料呈淡黄色，透亮，有光泽（7 分~10 分） 饮料呈淡黄色，透亮度稍差（3 分~6 分） 饮料呈淡黄色，颜色暗淡（3 分以下）
组织状态（30 分）	饮料呈稳定均匀的状态，底部无沉淀（21 分~30 分） 饮料呈稳定均匀的状态，底部有少量沉淀（11 分~20 分） 体系不均匀，出现絮凝现象，底部有较多沉淀（10 分以下）
气味（20 分）	具有浓郁的党参气味及淡淡的陈皮气味（14 分~20 分） 具有党参气味及淡淡的陈皮气味（7 分~13 分） 无党参、陈皮气味（6 分以下）
滋味口感（40 分）	酸甜适中，口感清爽，有党参、陈皮特有滋味（31 分~40分） 酸甜较淡，口感清爽，有党参、陈皮特有滋味（15 分~30分） 过涩/过辛/口感浓稠/无党参、陈皮特有滋味（15 分以下）

2　结果与分析

2.1　党参复合饮料在不同储藏温度中挥发性风味物质 SPME-GC-MS 检测结果

储藏过程中挥发性风味物质类别及相对含量变化见表 3。

如表 3 所示，对照组中，共检测到 29 种挥发性物质，其中烃类 10 种（30.77%）、醇类 5 种（18.73%）、醛类 7 种（30.69%）、酮类 1 种（0.26%）、酯类 1 种（4.87%）、芳香类 1 种（9.54%），醚类 1 种（4.15%），其它化合物 3 种（0.99%）。4 ℃的储藏条件，共检测到 24种挥发性物质，其中烃类 1 种（0.14%）、醇类 4 种（4.35%）、醛类5 种（3.01%）、酮类 2 种（0.71%）、酯类 3 种（23.09%）、酚类 4 种（57.29%）、芳香类 1 种（0.14%），醚类 1 种（1.77%）、其他化合物 3 种（9.49%）。25 ℃的储藏条件，共检测到 15 种挥发性物质，其中烃类 3 种（7.38%）、醇类 4 种（33.08%）、醛类 7 种（39.03%）、其他化合物 1 种（20.51%）。37 ℃的储藏条件，共检测到 29 种挥发性物质，其中烃类 3 种（2.95%）、醇类 5 种（27.27%）、醛类 11 种（25.55%）、酮类 1 种（0.38%）、酯类 1 种（0.31%）、芳香类 2 种（5.00%），醚类 2 种（13.76%）、其他化合物 4 种（24.79%）。

柠檬烯是多种水果（主要为柑橘类）、蔬菜及香料中存在的天然成分。在柑橘类水果（特别是其果皮）含量较高[18]，在对照组中，柠檬烯的相对含量较高为

表 3 储藏过程中挥发性风味物质类别及相对含量变化

Table 3 Variation of volatile flavor substances category and relative content during storage

序号	保留时间/min	风味物质		相对含量/%			
		中文名称	英文名称	对照组	4 ℃	25 ℃	37 ℃
		烃类		30.77±1.33	0.14±0.03	7.38±1.92	2.95±0.64
1	1.565	亚甲基环丁烷	methylenecyclobutane	–	–	–	0.49±0.14
2	1.905	正己烷	n-hexane	–	–	3.63±0.49	–
3	4.470	环庚三烯	cycloheptatriene	–	–	2.12±0.85	0.41±0.14
4	4.500	1-甲基-1,4-环己二烯	1-methyl-1,4-cyclohexadiene	0.58±0.12	–	–	–
5	10.680	莰烯	camphene	0.05±0.03	–	–	–
6	12.340	3-十一炔	3-undecyne	–	–	–	2.05±0.31
7	13.840	(+)-柠檬烯	(+)-limonene	16.99±0.25	0.14±0.03	1.63±0.21	–
8	14.160	(E)-B-罗勒烯	(E)-3,7-dimethylocta-1,3,6-triene	0.11±0.01	–	–	–
9	14.565	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	(Z)-β-ocimene	0.16±0.08	–	–	–
10	14.985	γ-松油烯	γ-terpinene	2.98±0.04	–	–	–
11	16.045	萜品油烯	1-methyl-4-(1-methylethylidene)-cyclohexene,	2.09±0.21	–	–	–
12	16.210	2-甲基-1-苯基丙烯	2-methyl-1-phenylpropene	5.38±0.47	–	–	–
13	18.495	1,4-二甲基-4-乙酰基-1-环己烯	1-(1,4-dimethylcyclohex-3-en-1-yl) ethanone	0.34±0.04	–	–	–
14	30.010	1-苯基-1-壬炔	1-phenyl-1-nonyne	2.09±0.43	–	–	–
		醇类		18.73±1.05	4.35±1.26	33.08±2.76	27.27±2.71
15	2.125	2-甲基-3-丁烯-2-醇	2-methyl-3-buten-2-ol	0.42±0.05	–	14.63±1.47	1.00±0.26
16	13.965	桉叶油醇	cineole	2.71±0.62	1.40±0.28	–	12.85±1.34
17	16.640	芳樟醇	linalool	3.17±0.75	0.56±0.09	5.02±0.79	0.21±0.06
18	19.650	4-萜烯醇	terpinen-4-ol	–	–	1.32±0.38	–
19	19.655	(-)-4-萜品醇	(-)-terpinen-4-ol	0.88±0.07	0.3±0.14	–	2.17±0.46
20	20.220	α-松油醇	α-terpineol	9.46±0.23	2.09±0.32	12.11±1.12	11.04±0.95
		醛类		30.69±2.09	3.01±0.53	39.03±2.83	25.55±0.33
21	2.415	异戊醛	2-methylbutanal	–	–	2.63±0.84	0.25±0.01
22	5.435	正己醛	hexanal	4.82±0.31	1.80±0.19	12.80±1.72	9.61±2.01
23	6.485	糠醛	furfural	1.11±0.05	–	9.64±0.36	2.71±0.23
24	7.180	2-已烯醛	trans-2-hexenal	1.08±0.12	0.29±0.17	1.55±0.27	1.10±0.04
25	8.930	庚醛	heptanal	0.27±0.02	–	–	0.33±0.08
26	11.075	(E)-2-庚烯醛	(E)-2-heptenal	–	–	–	0.35±0.02
27	11.195	苯甲醛	benzaldehyde	–	–	–	0.38±0.02
28	12.875	正辛醛	octanal	6.26±1.29	0.35±0.51	4.89±0.43	4.41±0.95
29	15.030	反-2-辛烯醛	(E)-2-octenal	–	–	–	0.08±0.02
30	16.810	壬醛	nonanal	8.46±0.67	0.39±0.11	5.21±1.07	4.49±0.98
31	20.605	癸醛	decanal	8.70±0.08	0.17±0.04	2.32±0.51	1.86±0.91
		酮类		0.26±0.02	0.71±0.08	–	0.38±0.07
32	12.175	甲基庚烯酮	6-methylhept-5-en-2-one	0.26±0.02	–	–	0.38±0.07
33	25.415	4′-异丙基苯乙酮	cuminone	–	0.71±0.08	–	–
		酯类		4.87±1.07	23.09±2.09	–	0.31±0.14
34	24.860	苯甲酸异丁酯	isobutyl benzoate	–	8.75±0.41	–	–
35	26.545	乙酸香叶酯	geranyl acetate	4.87±1.07	0.21±0.11	–	–
36	38.470	邻苯二甲酸二异丁酯	diisobutyl phthalate	–	14.13±0.26	–	0.31±0.14
		酚类		–	57.29±3.27	–	–
37	22.915	邻叔丁基苯酚	2-tert-butylphenol	–	0.30±0.08	–	–

续表 3　储藏过程中挥发性风味物质类别及相对含量变化

Continue table 3　Variation of volatile flavor substances category and relative content during storage

序号	保留时间/min	风味物质		相对含量/%			
		中文名称	英文名称	对照组	4 ℃	25 ℃	37 ℃
38	30.530	2,6-二叔丁基对甲酚	butylated hydroxytoluene	-	56.63±4.29	-	-
39	30.615	2,4-二叔丁基苯酚	2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-phenol	-	0.27±0.10	-	-
40	33.190	2,4,6-三叔丁基苯酚	2,4,6-tris(1,1-dimethylethyl)-phenol	-	0.09±0.03	-	-
		芳香类		9.54±0.63	0.14±0.02	-	5.00±0.89
41	13.645	邻-异丙基苯	o-cymene	9.54±0.63	0.14±0.02	-	0.53±0.04
42	16.215	2-异丙烯基甲苯	2-isopropenyltoluene	-	-	-	4.47±0.76
		醚类		4.15±0.54	1.77±0.94	-	13.76±2.39
43	13.315	1,4-桉叶素	1-isopropyl-4-methyl-7-oxabicyclo [2.2.1]heptane	4.15±0.54	1.77±0.95	-	12.96±1.95
44	17.755	玫瑰醚	4-methyl-2-(2-methylprop-1-en-1-yl)tetrahydro-2h-pyran	-	-	-	0.80±0.07
		其它类		0.99±0.31	9.49±1.52	20.51±2.17	24.79±2.61
45	1.690	二硫化碳	carbon disulfide	-	8.34±1.02	-	-
46	11.550	2-乙烯基-2,6,6-三甲基四氢-2H-吡喃	2-ethenyltetrahydro-2,6,6-trimethyl-2h-pyran	0.57±0.24	0.12±0.05	-	5.65±0.94
47	13.360	3-环己烯-1-腈	4-cyanocyclohexene	-	1.03±0.19	-	-
48	14.505	2,2-二甲基-5-(1-甲基-1-丙烯基)四氢呋喃	furan,tetrahydro-2,2-dimethyl-5-(1-methyl-1-propenyl)-tetrahydrofuran	0.17±0.06	-	-	2.40±0.26
49	15.555	3-甲基四氢苯酐	3-methyl-4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic anhydride	-	-	-	6.16±0.88
50	17.630	异辛酸	2-ethylcaproic acid	0.24±0.08	-	20.51±2.17	10.57±1.82

注：-表示未检出。

16.99%，低温状态（4 ℃）下和常温状态（25 ℃）下也有少量被测出，但在 37 ℃的储藏条件中，柠檬烯没有被检测到。桉叶油有辣口清凉感，1,4-桉叶素有樟脑和清凉的草药气味[19]。37 ℃的储藏条件中，桉叶油的相对含量是对照组和 4 ℃的 6 倍~10 倍，1,4-桉叶素的相对含量是对照组和 4 ℃的 3 倍~6 倍，药气过重，饮料的口感风味较为不好。同时，α-松油醇为陈皮中比较显著的挥发性风味物质[20]，对照组中检测到其含量为 9.46%，在 25℃的储藏条件下，相对含量提高了 2.65%。其中正己醛、糠醛和 2-已烯醛等是党参特殊香气的主要成分[21-22]，与对照组相比，在 25 ℃的储藏条件中，正己醛、糠醛和 2-已烯醛的相对含量分别提高了 7.98%、8.53%和 0.47%。正辛醛、壬醛和癸醛皆具有玫瑰、柑橘等香气[23]，对照组中三者总含量为 23.42%，在 4、25 ℃和 37 ℃ 3 个储藏温度下的三者相对总含量分别减少到 0.91%、12.42%和 10.76%，酯类和酚类化合物在对照组、25 ℃和 37 ℃的储藏条件中均没有或少量检测到，相反，4 ℃的储藏条件下酯类和酚类化合物相对含量较高。

2.2　党参复合饮料在不同储藏温度中风味物质的比较分析

不同温度下，党参复合饮料的挥发性风味化合物的种类和相对含量如图 1 和图 2 所示。

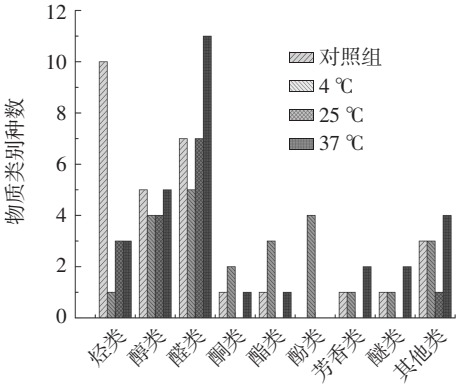

图 1　不同储藏温度下饮料的挥发性风味物质种类对比

Fig.1　Comparison of volatile flavor compounds in beverages at different storage temperatures

相比于对照组，4 ℃储藏条件下，烃类、醇类、醛类等化合物的种类数和相对含量均减少，醚类化合物的

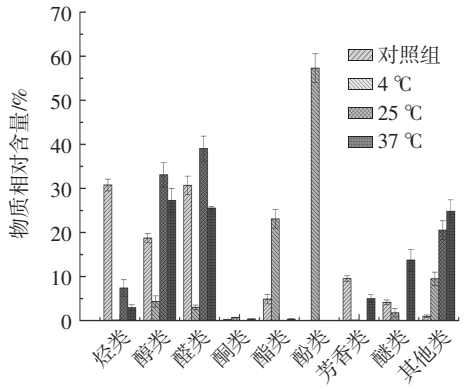

图 2 不同储藏温度下饮料的挥发性风味物质组分相对含量对比

Fig.2 Comparison of relative content of volatile flavor components in beverages at different storage temperatures

相对含量减少,酯类、酚类等化合物的种类数和相对含量均增多。25 ℃储藏条件下,烃类、酮类、酯类等化合物减少,醇醛类物质的相对含量增多,烃类化合物和芳香类化合物的物质种类和相对含量都增多。37 ℃储藏条件下,醇醛类物质的种类数增多,但物质相对含量减少。醇醛类化合物是赋予党参复合饮料最主要的风味物质。综合来看,25 ℃(常温状态下)储藏,党参复合饮料风味较好。

2.3 党参复合饮料电子鼻检测结果

2.3.1 电子鼻传感器响应值结果分析

对照组和 3 种不同储藏温度的党参复合饮料在电子鼻 10 个传感器中的气味检测结果如图 3 所示。

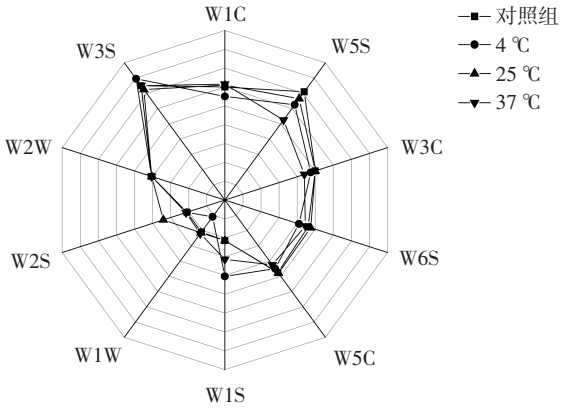

图 3 不同储藏温度下饮料的电子鼻传感器响应强度雷达图

Fig.3 Radar chart of electronic nose sensor response intensity of beverages under different storage temperatures

其中,W1C、W5S、W3C、W6S、W5C、W2S、W3S 7 种传感器的检测值较大,分别对芳香物质、氮氧化合物、烷烃芳香类、醇醛类、酮类,烷烃等化合物敏感。说明这 7 种传感器在党参复合饮料的香气检测过程中贡献较大。

2.3.2 电子鼻主成分分析

对照组和试验组的党参复合饮料的电子鼻 PCA 结果如图 4 所示。

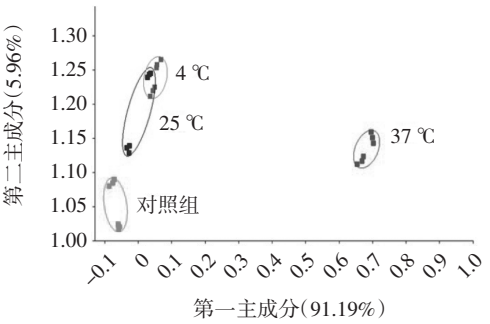

图 4 不同储藏温度下饮料的 PCA 分析图

Fig.4 PCA analysis of beverages at different storage temperatures

PC1 和 PC2 方差贡献率分别为 91.19%和 5.96%,2个主成分累积总贡献率达 97.15%,大于 95%,可以有效反映原始数据绝大部分信息[24]。对照组和其它 3 个不同储藏温度下的党参复合饮料样品区分较为明显,但也有重叠交互的区域,说明尽管储藏温度不同,风味特征既有变化也有相同之处[25]。主成分分析方法并不能很好地区分不同储藏温度下党参复合饮料的挥发性风味物质。此外发现,与对照组相比,4 ℃和 25 ℃储藏条件下第一主成分的位移变化不大,故党参复合饮料的风味变化不大,在 37 ℃储藏条件下,风味变化较大。

LDA 分析结果如图 5 所示。

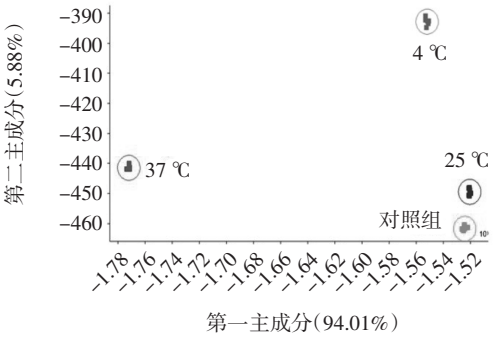

图 5 不同储藏温度下饮料的 LDA 分析图

Fig.5 LDA analysis of beverages at different storage temperatures

LD1 和 LD2 贡献率分别为 94.01%和 5.88%,两判别式总贡献率 99.89%。这说明 LDA 法不仅能够很好地区分对照组和试验组,而且对储藏条件不同的样品区分度也非常明显,说明党参复合饮料储藏温度不同,整体风味存在差异。距离越小,表明变化越小[26],25 ℃储藏条件下和对照组的党参复合饮料样品距离相近,表明风味较为相似。因此,通过 PCA 结合 LDA

分析发现,25 ℃的储藏温度条件下，党参复合饮料风味良好。

2.4　党参复合饮料感官评定结果

感官评分结果如图 6 所示。

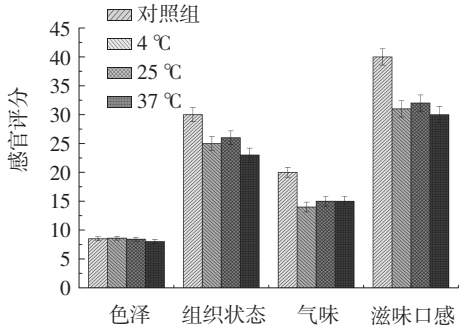

图 6　不同储藏温度下饮料的感官评分结果

Fig.6　Sensory scoring results of beverages at different storage temperatures

色泽评分与对照组相比,试验组的评分都略有下降。气味的感官评分 25 ℃的储藏条件下与对照组相差无几,4 ℃的储藏条件下气味的感官评分略低,37 ℃储藏条件下的饮料气味感官评分最低。滋味口感和组织状态的感官评分变化趋势相同,4 ℃和 37 ℃储藏条件下感官评分都下降,25 ℃储藏条件下,评分下降最小。综合来看,25 ℃储藏条件下饮料整体的感官评价与对照组相差最小,口感最佳。

3　结论

本试验采用 SPME-GC-MS 结合电子鼻技术检测分析党参复合饮料在不同储藏温度中的挥发性风味物质的差异。结果表明,25 ℃储藏温度条件下，正己醛、糠醛和 2-已烯醛等党参特征风味物质在样品中的相对含量较高,醇醛等化合物得到较好保留,党参复合饮料风味良好。在电子鼻分析测定中,党参复合饮料对醛类、酮类、醇类、酯类、烷烃类及芳香类等化合物敏感。不同储藏温度下党参复合饮料挥发性风味物质比较分析、PCA 及 LDA 分析，结果显示不同储藏温度下党参复合饮料风味不同。相比于其他温度条件，25 ℃储藏温度条件下和对照组距离较近,风味较为相似。最后感官评分结果分析,25 ℃条件下储藏的党参复合饮料的口感风味更能被大家所接受。

综合 GC-MS 结合电子鼻分析技术最后的鉴定结果分析,25 ℃(常温状态)下储藏的党参复合饮料的风味物质可以得到较好的保存。为党参复合饮料储藏条件的研究提供数据支持。

参考文献:

[1] 相峰, 陈国刚, 郭慧静, 等. 蒲公英菊花复合饮料配方的研制[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 147-151

[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部 [S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015

[3] 余祥英, 陈晓纯, 李玉婷, 等. 不同产地和不同贮藏年限陈皮的化学成分研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 3809-3817

[4] 李定金, 段振华, 张志, 等. 青柠味山药脆片调味配方的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(4): 109-113

[5] 付文雯, 罗彤, 朱影, 等. 气相色谱质谱联用仪测定桂花中香气成分的研究[J]. 中国食品添加剂, 2020(6): 112-118

[6] 杨鲜. 党参复合保健饮料的研制[D]. 重庆: 西南大学, 2015

[7] 华颖, 茅佩卿, 刘柱. GC-MS 法测定黄酒和食用酒精中的氨基甲酸乙酯[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(14): 196-202

[8] Caiming Tang, Jianhua Tan, Peilin Zhang, et al. Energy - dependent normal and unusually large inverse chlorine kinetic isotope effects of simple chlorohydrocarbons in collision - induced dissociation by gas chromatography - electron ionization - tandem mass spectrometry[J]. Journal of Mass Spectrometry, 2020, 55(9): 4521

[9] 刘鹏, 白上圆, 张维瑞, 等. 电子鼻技术鉴别金银花真伪、产地、贮藏年份 [J/OL]. 中成药, 2020: 1-4. [2020-06-19]. http: //kns. cnki. net/kcms/detail/31. 1368. R. 20200619. 1235. 002. html.

[10] 费程浩, 戴辉, 苏杭, 等. 电子鼻技术的研究进展及其在中药行业中的应用[J]. 世界中医药, 2019, 14(2): 257-262

[11] Robert Rusinek, Aleksander Siger, Marzena Gawrysiak - Witulska, et al. Application of an electronic nose for determination of pre - pressing treatment of rapeseed based on the analysis of volatile compounds contained in pressed oil [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2020, 55(5): 2161-2170

[12] Wu Shi Qi, Li Rong, Jiang Zi Tao, et al. Evaluation of antioxidant active ingredients of spikenard essential oil by ultra-fast gas chromatography electronic nose and radical scavenging mechanism[J/OL]. Industrial Crops and Products, 2020. [2020-07-03]. https: //kns. cnki. net/kcms/detail/detail. aspx?FileName=SJES10A92EDFF836870F-3279BDEEEAD58174&DbName=SJES2020

[13] 丛莎, 董文江, 赵建平, 等. 采用 HS-SPME-GC/MS 和电子鼻技术解析生咖啡豆加速贮藏期挥发性组分的变化变化规律[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 250-262

[14] 李婷, 田佳乐, 刘洋, 等. 基于固相微萃取-气相色谱-质谱与电子鼻技术分析发酵乳中的挥发性风味物质[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(10): 233-241

[15] 冉渺, 何腊平, 朱秋劲. 西式熏煮火腿在不同贮藏温度下细菌多样性和挥发性风味化合物分析[J/OL]. 食品科学, 2020: 1-14. [2020-07-23]. http: //kns. cnki. net/kcms/detail/11. 2206. TS. 20200722. 1706. 230. html.

[16] 王强伟, 史先振, 王洪新, 等. 鲜姜、姜粉和姜汁饮料中挥发性风味物质分析[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(4): 174-179

[17] 王鑫, 李雅丽, 马芙俊, 等. 红枣发酵饮料的研制及电子感官技术在其货架期评定中的应用 [J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(5): 140-146

[18] 张海朋, 刘翠华, 刘园, 等. 柑橘中挥发性萜类物质代谢研究进展[J]. 园艺学报, 2020, 47(8): 1610-1624

[19] Dougnon Godfried, Ito Michiho. Inhalation Administration of the Bicyclic Ethers 1, 8- and 1, 4-cineole Prevent Anxiety and Depressive-Like Behaviours in Mice[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2020, 25(8): 1884

[20] 潘盼盼, 孙戡平, 郑艳萍, 等. 基于 GC-MS 的陈皮不同炮制品挥发性成分定性研究 [J/OL]. 中国现代中药, 2020: 1-13. [2020-06-11]. https: //doi. org/10. 13313/j. issn

[21] 罗会贤, 刘绍华, 杨靖, 等. 党参提取物制备工艺优化及其挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2015, 30(2): 34-37

[22] 郭琼琼, 李晶, 孙海峰, 等. 党参挥发性成分分析及其特殊香气研究[J]. 中药材, 2016, 39(9): 2005-2012

[23] 陈婷婷. 柑橘果实香气活性物质的确定及香气品质评价模型的建立[D]. 重庆: 西南大学, 2018

[24] 李跃红, 冉茂乾, 徐孟怀, 等. 不同品种猕猴桃果实品质比较与综合评价 [J/OL]. 食品与发酵工业, 2020: 1-7. [2020-07-20]. https: //doi. org/10. 13995/j. cnki. 11-1802/ts. 024429

[25] Liu Huixiang, Li Qing, Yan Bin, et al. Bionic Electronic Nose Based on MOS Sensors Array and Machine Learning Algorithms Used for Wine Properties Detection. [J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2018, 19(1): 45

[26] 薛友林, 董立超, 张鹏, 等. 电子鼻结合 GC-MS 分析不同处理蓝莓货架期间果实的挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2020, 41(19): 297-303, 320

收稿日期: 2020-09-02

(上接第 11 页)

microvesicles, and friends[J]. The Journal of Cell Biology, 2013, 200 (4): 373-383

[10] AN T, QIN S, XU Y, et al. Exosomes serve as tumour markers for personalized diagnostics owing to their important role in cancer metastasis[J]. Journal of Extracellular Vesicles, 2015, 4: 27522-27537

[11] AGUZZI A, RAJENDRAN L. The transcellular spread of cytosolic amyloids, prions, and prionoids. [J]. Neuron, 2009, 64(6): 783-790

[12] ABRAMOWICZ A, WIDLAK P, PIETROWSKA M. Proteomic analysis of exosomal cargo: The challenge of high purity vesicle isolation [J]. Mol Biosyst, 2016, 12(5): 1407-1419

[13] SIMONS M, RAPOSO G. Exosomes-vesicular carriers for intercellular communication[J]. Current Opinion in Cell Biology, 2009, 21 (4): 575-581

[14] STOORVOGEL W. Functional transfer of microrna by exosomes[J]. Blood, 2012, 119(3): 646-648

[15] 吴金恩, 丁军涛. 外泌体生物学功能及应用研究进展[J]. 动物医学进展, 2016, 37(12): 90-94

[16] MARIKA, YAMAUCHI, KAORI, et al. Efficient method for isolation of exosomes from raw bovine milk[J]. Drug development and industrial pharmacy, 2019, 45(3): 359-364

[17] AYA, YASSIN, MARWAE, et al. Dromedary milk exosomes as mammary transcriptome nano-vehicle: Their isolation, vesicular and phospholipidomic characterizations[J]. Journal of Advanced Research, 2016, 7: 749-756

[18] ISMAIL T, AHMAD Z, SESTILI P, et al. Camel's milk concentrate inhibits streptozotocin induced diabetes[J]. Food Bioscience, 2018, 26: 73-79

[19] YING W, RIOPEL M, BANDYOPADHYAY G, et al. Adipose Tissue Macrophage-Derived Exosomal mirnas Can Modulate *In Vivo* and *In Vitro* Insulin Sensitivity[J]. Cell, 2017, 171(2): 372

[20] BETKER J L, ANGLE B M, GRANER M W, et al. The Potential of Exosomes From Cow Milk for Oral Delivery[J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 2019, 108: 1496-1505

[21] 熊永红, 夏中元. 外泌体在糖尿病心肌损伤中的作用研究进展[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2018, 32(10): 1030-1033

收稿日期: 2020-01-27