

不同贮藏方式对橙汁胞香气成分的影响

刘 奕, 程丽萍, 蒋和体*
(西南大学食品科学学院, 重庆 400716)

摘 要: 为探究不同贮藏方式对橙汁胞贮藏效果的影响, 通过充氮 (0.06 MPa, 4 °C) 贮藏及冷冻 (-18 °C) 贮藏 72-1 锦橙汁胞, 分别于 2、4、6 个月取样, 采用顶空固相微萃取法与气相色谱-质谱联用技术分析橙汁胞香气成分。结果表明: 橙汁胞经充氮和冷冻贮藏 6 个月后各组分的相对含量变化不大, 香气成分仍以烃类物质为主, 其次是醇类和酯类物质。贮藏 6 个月后, 酯类相对含量均减少, 且充氮贮藏相对含量高于冷冻贮藏; 醇类、酮类相对含量有所增加, 烃类、醛类、其他类相对含量变化较小。综合分析可知, 充氮贮藏和冷冻贮藏对橙汁胞香气物质的保存效果差异不显著。

关键词: 橙汁胞; 充氮; 冷冻贮藏; 气相色谱-质谱法; 香气成分

Influence of Different Storage Methods on Aromatic Components in Orange Juice Sacs

LIU Yi, CHENG Liping, JIANG Heti*
(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: In order to understand the effect of different storage methods on the aromatic components of orange juice sacs, juice sacs of the *Citrus sinensis* Osbeck cv. Jincheng cultivar '72-1' were stored under N₂-controlled atmosphere at 4 °C and stored at -18 °C respectively. The aromatic components were analyzed after storage for 2, 4 and 6 months by the solid-phase micro extraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results illustrated that the relative contents of aromatic components changed slightly after N₂-controlled atmosphere storage and frozen storage for 6 months and the main aromatic components were hydrocarbons, followed by alcohols and esters. Besides, esters, of which the relative content in N₂-controlled atmosphere storage was higher than that in the frozen storage, decreased in both storage treatments after 6 months while alcohols and ketones slightly increased. Meanwhile, hydrocarbon, aldehydes and other kinds of constituents changed little. The results indicated that the effects of N₂-controlled atmosphere storage and frozen storage on preservation of orange juice sacs aroma were not significantly different.

Key words: orange juice sacs; nitrogen-filled atmosphere; frozen storage; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); aromatic components

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606043

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 06-0237-05

引文格式:

刘奕, 程丽萍, 蒋和体. 不同贮藏方式对橙汁胞香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 237-241. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606043. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Yi, CHENG Liping, JIANG Heti. Influence of different storage methods on aromatic components in orange juice sacs[J]. Food Science, 2016, 37(6): 237-241. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201606043. <http://www.spkx.net.cn>

果粒饮料是近年来市场上比较流行的一种饮品, 橙汁胞饮料作为果粒饮料的主流产品, 具有较大的市场发展潜力^[1-2]。橙汁中香气成分的数量和种类是判断橙汁品质的重要指标之一^[3], 而汁胞的品质也直接影响汁胞饮料

的质量, 因此汁胞半成品的加工和保藏显得尤为重要。目前, 对橙汁胞的研究主要集中在加工工艺方面, 如橙汁胞脱囊衣技术^[4-7]、柑橘汁胞分离加工技术^[8-10]等, 而关于不同贮藏方式对橙汁胞香气成分的影响研究相对较

收稿日期: 2015-06-16

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD31B10-5)

作者简介: 刘奕 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品质量与安全。E-mail: liuyi615366414@163.com

*通信作者: 蒋和体 (1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工。E-mail: jheti@126.com

少。国内外学者研究^[11-12]表明,不同的贮藏条件对橙汁的香气产生较大影响。目前汁胞半成品的保藏主要依靠冷藏和添加化学防腐剂^[13]来实现,充氮后冷藏相较于直接冷藏和添加化学防腐剂而言不会破坏汁胞组织结构,且不会产生较大的能量损耗和较强的异味^[14-15]。汁胞半成品采用冷冻(−18℃)贮藏,贮藏效果好,但能耗高^[14]。

本实验以0.06 MPa压力充氮后于4℃贮藏和−18℃冷冻贮藏作为橙汁胞贮藏方式,利用顶空固相微萃取法与气相色谱-质谱(headspace solid-phase microextraction and gas chromatography coupled to mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)联用技术,分别对两种贮藏方式贮藏期间的橙汁胞香气成分进行分析,以期掌握橙汁胞香气成分的变化规律,进而在加工贮藏中控制香气成分的变化,最大限度地保持汁胞原有的风味。

1 材料与方法

1.1 材料

72-1锦橙(*Citrus sinensis* Osbeck. cv. Jincheng cultivar '72-1'), 2013年12月上旬取自重庆江津五中果园,选取长势良好、生长结果正常的果树取果,每颗树上采集5~7个果实。锦橙果实可食率79.2%、果汁率57.1%、可溶性固形物含量12%,每100 mL果汁含糖10 g、酸1.01 g以及VC 51.6 mg。

戊聚糖复合酶(酶活性为100 FBG/g) 诺维信公司。

1.2 仪器与设备

DZKW-4电子恒温水浴锅 北京中兴伟业仪器有限公司; FA2004A电子天平 上海精天电子仪器厂; QP2010 GC-MS联用仪 日本岛津公司; 100 μm PDMS萃取头 美国Supelco公司; 实验压力0.8 MPa耐压贮藏罐(体积12 L) 重庆恒祥机械制造有限公司; RXZ-800B智能人工气候箱 宁波东南仪器有限公司; MAP-500袋式气调保鲜包装机 上海炬钢机械制造有限公司; BCD-209S/E容声冰箱 科龙电器制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备^[16]

原料挑选(新鲜无损)→清洗→热烫1 min→剥皮→分瓣→酶解(戊聚糖复合酶用量0.35%,酶解温度50℃,时间40 min^[13])→备用

1.3.2 样品处理

将制备的汁胞经过90℃、2 min水浴杀菌后,热灌装于贮藏罐(橙汁胞装量10 kg)后密封冷水冷却,充

入N₂,充气压力为0.06 MPa(表压),置于4℃环境中贮藏。

对照处理:将制备的汁胞经过90℃、2 min水浴杀菌后,热灌装至食品包装袋内,抽空充气密封后冷水冷却至常温,每袋汁胞200 g,置于−18℃环境中贮藏。包装条件:预热30 min,热封170℃,气体进气压力5 MPa,充气压力0.15 MPa,抽气时间5 s,充气时间5 s,第2次抽气时间5 s,第2次充气时间5 s,热封时间15 s;包装袋规格:14 cm×20 cm×20 mm;包装袋材料:PET/AL/PE复合材料。

贮藏期间,每2个月取样一次,将样品研磨后,过滤取汁,得到滤液备用。分别取橙汁胞原样及充氮和冷冻贮藏2、4、6个月后的橙汁胞样品,对其进行编号为M₀、M₂、M₄、M₆及Z₀、Z₂、Z₄、Z₆。测量结果为3次实验结果的平均值。

1.3.3 香气成分的HS-SPME测定

取6 mL样品于20 mL萃取瓶中,加入1.0 g NaCl,插入经老化的萃取头,45℃恒温水浴条件下顶空萃取30 min后GC-MS进样,解吸时间为6 min^[16]。

1.3.4 GC-MS分析

GC条件^[17]:色谱柱DB-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:35℃保持4 min,以10℃/min升至104℃,保持0.2 min,以35℃/min升至130℃,保持3 min,以5℃/min升至130℃,保持1 min,以8℃/min升温至230℃,保持6 min;载气(He)流速1.00 mL/min,压力53.5 kPa,进样口温度220℃,进样量0.5 μL;采用不分流方式进样。

MS条件^[18]:电子电离源;电子能量:70 eV;离子源温度:230℃;ACQ方式:扫描;质量扫描范围m/z 35~500;扫描速率:769 u/s。

1.3.5 定性定量分析

MS结果通过计算机谱库(NIST05/NIST05s)进行初步检索,与标准质谱对照,根据匹配度,并结合相关文献进行定性分析。定量采用峰面积归一化法求各成分相对含量。

1.4 数据处理

利用Excel 2003对实验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间橙汁胞香气成分分析

利用HP-SPME对不同贮藏方式贮藏期间的橙汁胞香气成分进行萃取,经GC-MS分析鉴定,分别得到橙汁胞原样和充氮贮藏及冷冻贮藏2、4、6个月后汁胞的主要香气成分及其相对含量,见表1。

表 1 橙汁胞充氮及冷冻贮藏期间香气成分相对含量
Table 1 Changes in aromatic components in orange juice sacs during nitrogen atmosphere storage and frozen storage

种类	化学名称	相对含量/%							
		M ₀	Z ₀	M ₂	Z ₂	M ₄	Z ₄	M ₆	Z ₆
醇类	辛醇	0.74	0.74	0.56	—	1.8	0.38	0.55	0.71
	芳樟醇	3.97	3.97	2.84	4.03	4.2	4.13	5.96	4.75
	异胡薄荷醇	0.14	0.14	0.22	—	0.48	—	—	—
	4-萜品醇	0.69	0.69	1.9	2.03	2.6	3.33	6.16	3.15
	α -松油醇	0.27	0.27	0.64	2.37	1.32	4.8	—	—
	(S)-顺马鞭草烯醇	0.19	0.19	—	0.3	—	—	—	—
	6-甲基-1-辛醇	0.14	0.14	0.23	0.07	—	0.07	—	—
	1-丁基-2-环己烯-1-醇	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—
	4-二甲基-3-环己烯-1-乙醇	2.55	2.55	—	—	—	—	—	—
	α -榄香醇	0.23	0.23	—	—	—	—	—	—
	反式橙花叔醇	1.06	1.06	0.11	0.2	0.59	0.45	0.66	1.64
	7 (11)-桉叶烯-4-醇	0.35	0.35	0.45	0.24	0.55	0.43	1.23	0.52
	2,6-二甲基-2,7-辛二烯-1,6-二醇	—	—	0.19	—	—	—	—	—
	香茅醇	—	—	—	—	1.22	—	—	—
	3,4-二甲基-正戊醇	—	—	—	—	0.36	—	—	—
	2,6-二甲基-2,6-辛二烯-1,8-二醇	—	—	—	—	—	—	0.21	—
	雪松烯醇	—	—	—	0.09	—	0.25	0.19	0.29
	β -松油醇	—	—	—	0.37	—	0.7	—	0.37
	2,8-二烯- <i>p</i> -薄荷醇	—	—	—	0.18	—	0.64	—	0.43
	香芹醇	—	—	—	0.75	—	1.18	—	—
	桉烯醇	—	—	—	—	—	0.31	—	0.27
	蓝桉醇	—	—	—	—	—	0.49	—	1.6
	菲兰烯-8-醇	—	—	—	—	—	0.23	—	—
	2-甲基-5-(1-甲基乙基)-环己醇	—	—	—	—	—	—	—	0.45
	香茅醇	—	—	—	—	—	—	—	0.72
	2-甲基-5-(1-甲基乙基)-2-环己烯醇	—	—	—	—	—	—	0.3	—
	橙花醇	—	—	—	—	—	—	1.59	—
	己酸乙酯	0.38	0.38	0.33	—	0.43	0.11	0.5	0.13
	辛酸乙酯	0.55	0.55	0.62	0.24	0.13	0.05	4.38	0.41
	乙酸辛酯	4.16	4.16	2.11	1.01	1.03	1.21	2.18	1.28
	丁酸芳樟酯	2.73	2.73	—	0.29	—	—	—	—
	乙酸壬酯	0.84	0.84	—	—	—	—	—	—
	乙酸香芹酯	2.62	2.62	0.41	0.76	0.52	0.62	0.39	0.84
	乙酸松油酯	0.63	0.63	—	0.18	—	0.77	—	0.65
	乙酸橙花酯	0.66	0.66	0.41	0.26	0.36	0.42	0.6	0.24
酯类	2-甲基-5-(2-丙基)-2-环己烯-1-醇乙酸酯	—	0.41	—	—	—	—	—	—
	2-甲基丙烯酸乙酯	0.41	—	0.12	—	0.11	—	0.21	—
	乙酸香叶酯	1.33	1.33	0.48	0.4	0.33	0.37	—	0.58
	乙酸十一酯	2.89	2.89	—	—	—	—	—	—
	乙酸紫苏酯	6.1	6.1	0.47	1.62	0.41	2.67	0.62	2.51
	酯酸(Z)-11-十四烯酯	0.16	0.16	—	—	—	—	—	—
	正十二烷酸乙酯	0.59	0.59	—	—	—	—	—	—
	乙酸异长叶酯	0.3	0.3	—	—	—	—	—	—
	邻苯二甲酸二异丁酯	0.1	0.1	0.05	0.09	0.45	0.08	0.76	0.37
	棕榈酸乙酯	0.06	0.06	0.12	3.13	0.38	—	0.6	1.18
	乙酸癸酯	—	—	0.37	0.94	0.21	0.28	0.26	0.59
	癸酸乙酯	—	—	—	—	—	—	2.24	—
	十八酸乙酯	—	—	—	—	—	—	1.01	—
	亚油酸甲酯	—	—	0.64	—	—	—	—	—
	油酸甲酯	—	—	0.71	5.14	—	—	—	—
	棕榈酸甲酯	—	—	1.32	2.14	—	—	—	—
	肉豆蔻酸甲酯	—	—	—	0.51	—	—	—	—
	亚油酸乙酯	—	—	—	4.09	—	0.38	—	0.27
	乙酸癸烯酯	—	—	—	—	—	—	—	0.2
	15-甲基十六烷酸甲酯	—	—	—	0.13	—	—	—	—
	十七酸甲酯	—	—	—	0.42	—	—	—	—

续表 1

种类	化学名称	相对含量/%							
		M ₀	Z ₀	M ₂	Z ₂	M ₄	Z ₄	M ₆	Z ₆
烃类	α -蒎烯	4.3	4.3	0.68	0.84	0.46	—	0.78	0.63
	β -水芹烯	2.03	2.03	—	—	—	—	—	—
	月桂烯	6.37	6.37	0.71	0.94	0.86	1.18	0.54	1.48
	4-萜烯	0.22	0.22	—	—	—	—	—	—
	柠檬烯	18.77	18.77	36.31	41.47	22.53	39.68	22.85	40.47
	1-甲基-5-(1-甲基乙基)-环己烯	2.22	2.22	—	—	—	—	—	—
	萜品烯	1.15	1.15	1.21	0.06	—	—	—	0.15
	异松油烯	0.46	0.46	—	—	—	—	—	—
	1,3,8-对-孟三烯	0.75	0.75	—	—	—	—	—	—
	2-莰烯	0.09	0.09	0.41	0.09	0.51	0.37	1.01	0.53
	十五烷	0.31	0.31	0.3	0.09	0.33	0.86	0.55	0.59
	甘香烯	0.25	0.25	—	—	—	—	—	—
	α -萜蒎烯	0.47	0.47	0.74	—	1.57	0.05	—	—
	β -榄香烯	0.3	0.3	1.22	8.15	1.03	0.83	—	1.04
	十四烷	0.17	0.17	0.46	0.16	—	0.42	—	0.08
	石竹烯	1.29	1.29	0.34	0.61	0.55	0.17	0.58	0.58
	β -倍半水芹烯	0.11	0.11	—	—	—	—	—	—
	金合欢烯	1.23	1.23	0.34	—	1.68	—	—	0.35
	雪松烯	1.78	1.78	—	—	—	—	—	—
	古芸烯	0.35	0.35	1.82	0.98	—	0.72	—	—
	巴伦西亚烯	4.3	6.57	0.68	0.99	0.46	9.37	0.78	1.28
	β -蛇麻烯	0.23	0.39	—	—	—	—	—	—
	杜松烯	2.72	2.72	1.56	1.09	6.73	1.47	1.19	0.7
	3-甲基十八烷	0.22	0.04	—	—	—	—	—	—
	二十一烷	0.13	0.13	0.91	0.11	0.79	0.09	0.57	2.42
	2,4-二甲基-4-甲基-1-戊烯	2.22	0.9	—	0.97	—	1.64	—	3.52
	α -桉叶烯	—	—	2.05	0.57	3.89	0.68	—	—
	α -人参烯	—	—	1.81	—	4.05	0.69	—	—
	1,1,3-三甲基环戊烷	0.75	—	—	—	—	—	—	—
	3-甲基-3-乙基庚烷	0.09	—	0.41	—	0.51	—	1.01	—
	十九烷	—	—	1.25	0.2	1.95	—	—	0.35
	己烯	0.25	—	—	—	—	—	—	—
	3,5-二甲基-4-辛烷	0.47	—	0.74	—	1.57	—	—	—
	大根香叶烯	0.3	—	1.22	0.4	1.03	—	—	—
	β -花柏烯	0.17	—	0.46	—	—	—	—	1.27
	3,7 (11)-桉叶二烯	—	—	—	0.51	—	0.24	1.61	0.55
	蓝桉烯	0.11	—	—	—	—	—	—	—
	2,3-二甲基-2,3-二甲基丁烷	1.23	—	0.34	0.44	1.68	1.04	—	1.98
	二十九烷	1.78	—	—	—	—	—	—	—
	十三烷	0.35	—	1.82	—	—	—	—	—
醛类	3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	—	—	—	0.01	—	1	—	—
	2,6,10,15-四甲基十七烷	—	—	—	0.09	—	0.8	—	—
	波斯菊烯	—	—	—	—	—	0.19	—	0.55
	3-侧柏烯	—	—	—	—	—	0.25	—	—
	愈创木烯	—	—	—	—	—	1.02	—	0.38
	柠檬醛	0.52	0.52	0.23	—	—	0.84	—	—
	4-(1-甲基乙基)-1-环己烯-1-甲醛	0.75	0.75	—	—	—	—	—	0.15
	β -甜橙醛	1.67	1.67	1.36	—	1.45	—	—	—
	壬醛	0.23	0.23	0.12	0.61	—	0.62	—	0.28
	癸醛	0.18	0.18	0.77	1.08	0.34	0.63	—	—
	1-对薄荷烯-9-醛	—	—	0.23	0.78	0.47	2.54	2.7	2.5
	2-癸烯醛/月桂烯醛	—	—	—	0.13	—	—	—	—
	2-十一烯醛	—	—	—	0.33	—	—	—	0.19
	十五醛	—	—	—	—	—	0.08	—	—
	肉豆蔻醛	—	—	—	—	—	—	—	0.21

续表1

种类	化学名称	相对含量/%							
		M ₀	Z ₀	M ₁	Z ₁	M ₄	Z ₄	M ₆	Z ₆
酯类	α -紫罗酮	0.24	0.24	—	—	—	—	—	0.24
	香叶基丙酮	0.05	0.05	0.13	0.43	0.49	0.56	0.24	0.6
	圆柚酮	2.33	2.33	1.02	0.75	2.34	0.69	3.53	6.61
	2,3-庚烷二酮	—	—	0.44	—	0.27	—	—	—
	3-戊烯-2-酮	—	—	—	—	0.16	—	—	—
	右旋香芹酮	—	—	—	0.3	—	0.25	—	0.67
	胡椒酮	—	—	—	—	—	0.22	—	—
	十二烷基乙酸	0.32	0.32	—	—	—	—	—	—
其他类	3,5-二叔丁基苯酚	0.54	0.54	0.56	0.1	0.31	0.42	0.53	—
	2,4-二叔丁基苯酚	—	—	—	—	—	—	—	0.48
	棕榈酸	—	—	0.16	—	0.14	—	0.19	0.75
	亚油酸	—	—	—	—	—	—	0.28	—
	辛酸	—	—	—	—	—	—	0.65	—

注：—,未检出。

由表1可知，橙汁胞充氮贮藏期间共检出香气物质99种，其中在橙汁胞原样及其贮藏2、4、6个月的样品中分别检出香气成分65、52、49、47种，分别占总峰面积的95.11%、95.32%、94.1%、94.32%，其中共同的香气物质有29种。橙汁胞冷冻贮藏期间共检出香气物质102种，其中在橙汁胞原样及贮藏2、4、6个月的样品中分别检出香气成分65、58、57、55种，分别占总峰面积的95.11%、95.22%、93.94%、94.46%，其中共同的香气物质有26种。冷冻贮藏2、4、6个月的橙汁胞检出的香气成分种类数分别比充氮贮藏的橙汁胞香气成分多6、8、8种。由此可知，橙汁胞在充氮及冷冻贮藏期间，香气成分均发生着生成、更替、消失的动态变化。

橙汁胞在充氮及冷冻贮藏过程中，主要香气成分（相对含量 $\geq 1\%$ ）在发生变化的同时也保持了前后的同源性。不同充氮贮藏期间，其共同的主要香气成分有13种，为辛醇、4-萜品醇、芳樟醇、乙酸辛酯、辛酸乙酯、柠檬烯、月桂烯、乙酸紫苏酯、 α -蒎烯、石竹烯、巴伦西亚橘烯、杜松烯、圆柚酮，分别占总峰面积的58.54%、70.98%、62.86%、66.34%。由此可知，充氮贮藏期间这13种香气物质对橙汁胞香气的贡献较大。不同冷冻贮藏期间，其共同的主要香气成分有15种，为4-萜品醇、芳樟醇、反式橙花叔醇、乙酸辛酯、乙酸香芹酯、乙酸香叶酯、柠檬烯、月桂烯、乙酸紫苏酯、 β -榄香烯、石竹烯、巴伦西亚橘烯、杜松烯、2,4-联苯-4-甲基-1-戊烯、圆柚酮，分别占总峰面积的59.18%、65.02%、67.81%、70.43%。由此可知，冷冻贮藏期间这15种香气物质对橙汁胞香气的影响较大。

在两种贮藏方式中，柠檬烯都是橙汁胞中最主要的香气成分，其含量远超其他香气成分，该结果与其他橙汁及橙汁胞香气成分的研究^[19-20]结果相符。 β -月桂烯是橙汁胞原样中含量略次于柠檬烯的烯烃类物质，它具有清淡、愉悦的脂香气味^[21]，对橙汁胞的香气具有一定的修

饰作用。对橙汁胞香气有负作用^[22]的 α -松油醇在充氮及冷冻贮藏过程中含量均是先升高后降低，在贮藏6个月含量趋于零。在两种贮藏方式贮藏期间，棕榈酸等酸类物质的含量随着贮藏时间的延长逐渐增加，这些物质导致橙汁胞在贮藏期间酸味风味的增加，影响橙汁胞整体的风味品质。

2.2 贮藏期间橙汁胞香气成分分类分析

表2 充氮及冷冻贮藏期间橙汁胞挥发性化合物的数量

Table 2 The numbers of volatile compounds belonging to various classes during nitrogen atmosphere storage and frozen storage

贮藏时间/月	醇类		酯类		烃类		醛类		酮类		其他类	
	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻
0	12	12	17	17	26	26	5	5	3	3	2	2
2	9	11	14	17	19	21	5	5	3	3	2	1
4	9	14	11	11	20	22	3	5	4	4	2	1
6	10	12	12	13	18	19	1	5	2	4	4	2

表2比较了充氮及冷冻贮藏期间橙汁胞香气成分种类的变化情况，香气成分主要包括醇类、酯类、烃类、醛类、酮类及其他类。橙汁胞样品充氮贮藏过程中，醇类、酮类及其他类化合物种类在贮藏期间变化不显著，酯类、醛类化合物种类基本不变；酯类、烃类、醛类化合物种类随着贮藏时间的延长呈现减少的趋势。橙汁胞样品冷冻贮藏过程中，醇类、醛类、其他类化合物种类基本不变；酯类、烃类化合物的种类随着贮藏时间的延长呈现减少的趋势；酮类化合物种类随着贮藏时间的延长呈现增加的趋势，但变化不显著。在充氮及冷冻贮藏期间，橙汁胞酯类化合物最初均为17种，贮藏6个月后有12种和13种；烃类化合物最初均为26种，贮藏6个月后有18种和19种；醛类化合物最初均有5种，贮藏6个月后有1种和5种。

表3 充氮及冷冻贮藏期间挥发性化合物的成分组成相对含量

Table 3 The composition and relative contents of volatile compounds during nitrogen atmosphere storage and frozen storage

贮藏时间/月	醇类		酯类		烃类		醛类		酮类		其他类	
	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻	充氮	冷冻
0	10.43	10.43	24.5	24.50	53.35	53.35	3.35	3.35	2.62	2.62	0.85	0.85
2	7.14	10.63	8.16	21.34	75.00	58.75	2.71	2.92	1.59	1.48	0.72	0.10
4	13.12	17.39	4.36	6.95	70.65	62.75	2.26	4.71	3.26	1.72	0.45	0.42
6	19.04	14.90	13.75	9.25	53.43	57.63	2.70	3.33	3.76	8.12	1.65	1.23

表3比较了充氮及冷冻贮藏期间橙汁胞香气成分相对含量的变化情况。充氮贮藏期间，醇类、酯类、醛类、酮类、其他类的相对含量先减后增，烃类的相对含量先增后减；冷冻贮藏期间，酯类、醛类、酮类、其他类的相对含量先减后增，醇类、烃类的相对含量先增后减。橙汁胞原样及充氮、冷冻贮藏2个月后的样品中的香气成

分相对含量从高到低依次均为烃类、酯类、醇类、醛类、酮类、其他类；充氮贮藏4个月后，香气成分的相对含量从高到低依次为烃类、醇类、酯类、酮类、醛类、其他类，而冷冻贮藏4个月后，香气成分的相对含量从高到低依次为烃类、醇类、酯类、醛类、酮类、其他类；充氮及冷冻贮藏6个月后，香气成分的相对含量从高到低依次均为烃类、醇类、酯类、酮类、醛类、其他类。由此表明，两种贮藏方式对橙汁胞贮藏期间香气成分相对含量的影响变化较一致，故两种贮藏方式下的橙汁胞风味特征相似。

比较橙汁胞原样和充氮、冷冻分别贮藏6个月后香气成分的相对含量，贮藏6个月后汁胞各组分的相对含量差异不显著，香气成分中烃类物质相对含量始终大于50%，其次是醇类和酯类物质。经过充氮、冷冻分别贮藏6个月后，只有酯类相对含量减少，而醇类、酮类的相对含量有不同程度的增加，烃类、醛类、其他类相对含量变化幅度相对较小。充氮贮藏6个月后，醇类相对含量的增加量多于冷冻贮藏，而酯类相对含量的减少量要少于冷冻贮藏。

3 结 论

采用HS-SPME-GC-MS技术分别检测了充氮贮藏和冷冻贮藏期间橙汁胞的香气成分。分析结果为：橙汁胞充氮与冷冻贮藏期间分别检出香气物质99、102种，其中在橙汁胞原样及其贮藏2、4、6个月的样品中分别检出香气成分65种与65种、52种与58种、49种与57种、47种与55种，其中共同的香气物质分别有29种与26种。橙汁胞经充氮和冷冻贮藏6个月后各组分的相对含量总体变化不大，香气成分仍以烃类物质为主，其次是醇类和酯类物质；贮藏6个月后，酯类相对含量均减少，且充氮贮藏相对含量高于冷冻贮藏；醇类、酮类相对含量有所增加，烃类、醛类、其他类相对含量变化不显著。该结果说明，充氮贮藏和冷冻贮藏均能较好地保持橙汁胞的香气成分，且保存效果差异不大。但就生产实践而言，采用充氮贮藏橙汁胞比冷冻贮藏能耗低，具有一定的工业应用价值。研究结果也对于橙汁胞贮藏方式的选择以及研究橙汁胞香气成分及汁胞的深加工具有一定的参考意义。

参考文献：

- [1] 单杨. 中国柑橘工业的现状、发展趋势与对策[J]. 中国食品学报, 2008, 8(1): 1-8. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2008.01.001.
- [2] 单杨. 柑橘全果榨汁及果粒饮料的产业化开发[J]. 农产品加工(综合刊), 2012(8): 6-7. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646-C.2012.08.003.

- [3] 乔宇. 柑橘汁香气活性化合物的鉴定及其在加工和储藏中的变化[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008. DOI:10.7666/d.y1812606.
- [4] 李杰, 马亚琴, 王华, 等. 柑橘汁胞生产过程中脱囊衣技术的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(4): 157-160.
- [5] ADAMS B, KIRK W. Process for enzyme peeling of fresh citrus fruit: US, 5000967[P]. 1991-03-19.
- [6] ROUHANA A, MANNHEIM C H. Optimization of enzymatic peeling of grape fruit[J]. LWT-Food Science and Technology, 1994, 27(2): 103-107. DOI:10.1006/fstl.1994.1024.
- [7] 别小妹, 吴朝霞, 路承伟. 柑桔不同去囊衣方法对囊瓣质量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26(4): 375-379.
- [8] 唐颂. 柑橘汁胞关键性生产工艺及对汁胞品质影响的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [9] 陈选清, 温舟仁. 柑桔砂囊分离技术的研究[J]. 浙江工学院学报, 1992(1): 42-47.
- [10] 方修贵, 曹雪丹, 赵凯. 甜橙砂囊的工艺技术及分离设备[J]. 浙江柑橘, 2012, 29(3): 40-42. DOI:10.3969/j.issn.1009-0584.2012.03.013.
- [11] PEREZ-CACHO P R, ROUSEFF R. Processing and storage effects on orange juice aroma: a review[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2008, 56(21): 9785-9796. DOI:10.1021/jf801244j.
- [12] AYHAN Z, YEOM H W, ZHANG Q H, et al. Flavor, color, and vitamin C retention of pulsed electric field processed orange juice in different packaging materials[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(2): 669-674.
- [13] 方修贵, 池广友. 浙江柑橘砂囊悬浮饮料的加工现状及发展方向[J]. 浙江柑桔, 2008, 25(1): 34-37. DOI:10.3969/j.issn.1009-0584.2008.01.015.
- [14] 蒋和体. 橙汁大罐充气节能贮存方法: 中国, 200910103888.0[P]. 2009-10-14.
- [15] 束俊霞, 周倩, 程丽萍, 等. 酶法脱囊衣工艺优化及对甜橙囊胞品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 30-34. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201414006.
- [16] 陈枋为, 乔宇, 潘思轶. 固相微萃取-气质联用分析塔罗科血橙汁香气成分[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 396-399. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2007.07.094.
- [17] 郑炯, 唐会周. 鲜榨锦橙汁香气成分的固相微萃取-气质联用分析[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 183-185.
- [18] 王孝荣, 罗佳丽, 潘年龙, 等. 草莓果酒酿造工艺的优化及其香气成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 196-201. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201407039.
- [19] JIA M, ZHANG H, MIN D. Optimization of solid phase micro extraction analysis for headspace flavor compounds of orange juice[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1998, 46(6): 2744-2747. DOI:10.1021/jf971020w.
- [20] BAZEMORE R, GOODNER K, ROSSEFF R. Volatiles from unpasteurized and excessively heated orange juice analyzed with solid-phase microextraction and GC-olfactometry[J]. Journal of Food Science, 1999, 64(5): 800-803.
- [21] NISPEROS-CARRIEDO M O, SHAW P E. Comparison of volatile flavor components in fresh and processed orange juices[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1990, 38(4): 1048-1052.
- [22] 牛云蔚, 肖作兵, 郭佳琳, 等. 橙汁香气物质及其风味在储藏过程中的变化规律研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 305-309. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.04.058.