

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.01.025

# 四川白口仔姜在贮藏过程中挥发性成分的变化

The change of volatile compounds in Sichuan baikou  
baby ginger during storage

付云云 闫小倩 袁博 张静

FU Yun-yun YAN Xiao-qian YUAN Bo ZHANG Jing

蒋成 王鹏霖 赵江林 陈安均

JIANG Cheng WANG Peng-ling ZHAO Jiang-lin CHEN An-jun

(四川农业大学, 四川 雅安 625000)

(Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625000, China)

**摘要:**为研究仔姜在沙土贮藏过程中挥发性风味物质的变化,将采收的仔姜经过挑选、分级、杀菌处理后埋藏在沙土中,并于 11 °C 贮藏,采用固相微萃取—气相色谱—质谱联用测定不同时期贮藏过程中仔姜的挥发性风味物质。结果表明:贮藏过程中从仔姜中共检测出 77 种挥发性成分,分别为烃类(47 种)、醇类(16 种)、酮类(1 种)、醛类(4 种)、醚类(9 种),其中烃类、酮类物质总量在贮藏过程中(10,20,30 d)无显著差异( $P>0.05$ ),醇类物质总量在 20 d 时显著降低,30 d 后显著升高。贮藏过程中仔姜有 10 种挥发性成分的含量随着贮藏时间延长显著升高,分别为左旋- $\alpha$ -蒎烯、蒎烯、2,6-二甲基-2,6-辛二烯、反- $\beta$ -金合欢烯、别香橙烯、2-茨醇、 $\alpha$ -松油醇、香茅醇、香茅醛、柠檬醛,在 30 d 时这些物质含量分别是新鲜样品的 5.09, 7.89, 6.73, 10.48, 153.75, 11.11, 8.21, 11.73, 24.96, 14.65 倍。

**关键词:** 子姜;贮藏;挥发性物质;气相色谱—质谱联用

**Abstract:** In order to study the change of volatile compounds in baby ginger during sandy soil storage, the baby ginger were stored at proper temperature after selection, classification and sterilization treatment. Solid phasemicroextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) was used to measure the volatile compounds of baby ginger in different storage time. There were totally 77 volatiles compounds in baby ginger including hydrocarbons (47), alcohols (16), ketones (1), aldehydes (4), ethers (9). Among all these volatiles

compounds, the contents of hydrocarbon and aldehyde were significantly increased at 30 days of storage ( $P<0.05$ ). There were nine volatile components content, L- $\alpha$ -pinene, camphene, 2, 6-octadiene, 2, 6-dimethyl, reverse-yl-acycloacene, bergamene, 2-zitol, citronella, citronella, and citral, increased significantly with the extension of storage time in baby ginger, the contents of these substances at the time of 30 days, were 5.09, 7.89, 6.73, 10.48, 153.75, 11.11, 8.21, 11.73, 24.96 and 14.65 times respectively.

**Keywords:** baby ginger; storage; volatile compounds; SPME-GC-MS

姜 (*Zingiber Officinale Roscoe*) 为姜科 (*Zingiberaceae*) 姜属 (*Zingiber Boehmer*) 多年生草本植物<sup>[1]</sup>, 是世界范围内广泛种植的根茎类蔬菜及香辛调味料。根据采收成熟度的不同又可分为鲜食的仔姜, 作为调味品的老姜及做种的种姜<sup>[2]</sup>。仔姜由于肥嫩多水, 纤维化程度低, 辛辣味适中, 同时具有降血脂、强心、防治心血管疾病<sup>[3-4]</sup>、抗衰老、抗氧化、抗肿瘤<sup>[5]</sup>、驱虫、防腐杀虫和护肤美容<sup>[6]</sup>等多方面的用途, 近年来逐渐作为鲜食蔬菜为国内外消费者接受。

由于外皮幼嫩, 纤维素含量低、水分含量高导致仔姜在贮藏过程中易发生失水、腐烂、遭受微生物侵袭等<sup>[7]</sup>。目前关于姜的研究多集中在对生姜中活性成分的分离<sup>[8]</sup>、提取等<sup>[9]</sup>, 而对于商业价值比较高的仔姜的研究几乎为零。关于仔姜中挥发性风味物质的研究也主要停留在与生姜或老姜中挥发性风味物质的对比上<sup>[10-11]</sup>, 对于仔姜在贮藏中挥发性风味物质的研究更是未见文献报道。汪莉莎等<sup>[12]</sup>分析了仔姜与老姜的挥发性成分, 发现不同成熟度的姜挥发性成分会有所差

**基金项目:**国家重点研发计划项目(编号:2017YFC0505106)

**作者简介:**付云云,女,四川农业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**陈安均(1968—),男,四川农业大学副教授,博士。

E-mail: anjunc003@163.com

**收稿日期:**2018-09-27

异。仔姜在贮藏过程中,会逐渐发生纤维化,失水老化等现象,是一个逐渐向老姜过渡的过程<sup>[13]</sup>,因此研究其在贮藏过程中挥发性风味物质的变化是一种监测仔姜老化度比较可靠的方法。本研究以 SPEM-GC-MS 技术对不同贮藏时间的仔姜挥发性物质的种类和含量进行分析比较,旨在更深入地了解仔姜贮藏过程中挥发性风味物质成分与含量的变化,为今后仔姜风味成分的研究和开发提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

仔姜:白口姜,购买于雅安农贸市场;

乙酸正丁酯、乙醇:色谱纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

气相色谱/质谱联用仪(GC-MS):7890A/59750 型,美国 Agilent Technologies 公司;

固相微萃取头:PDMS/DVB/CAR 50/30 μm,美国 Agilent Technologies 公司;

恒温水浴锅:DZKW-D-4 型,上海一恒科技有限责任公司;

分析天平:京制 00000249 型,北京赛多利斯仪器系统有限公司;

臭氧发生器:FL-803A 型,深圳市飞立电器科技公司;

保鲜柜:SC-390/412 型,海尔股份有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 仔姜的处理 挑选新鲜、无腐烂、大小成熟度基本一致的仔姜,浓度为 200 mg/m<sup>3</sup> 臭氧杀菌处理后放于盛有相对湿度为 85%~90% 沙土的塑料盒内,15℃ 预冷 12 h 后,在 11℃ 温度下贮藏。每 10 d 取样 1 次,测定子姜中挥发性风味物质。

#### 1.2.2 仔姜中风味物质的分析

(1) 仔姜中风味物质的萃取操作:将仔姜样品洗净沥干后粉碎,称取 1.5 g 粉碎样品置于 20 mL SPEM 萃取瓶中,加入 11.77 mg/g 的乙酸正丁酯作为内标物。然后将经过老化的固相微萃取头插入样品瓶萃取,萃取条件为 50℃,30 min,萃取完成后,将固相微萃取头拔出,于 GC 进样口解析 5 min,进行仔姜中风味物质的分析。

(2) GC 操作条件:参考曲清莉等<sup>[14]</sup>、黄雪松等<sup>[15]</sup>的方法,略有改动。采用 30 m×0.250 mm 的 19091S-433 色谱柱;初始温度为 50℃,保持 1.5 min,以 8℃/min 升至 123℃,再以 1.5℃/min 升至 138℃,再以 0.1℃/min 升至 140℃,再以 10℃/min 升至 230℃ 保持 3 min;载气为氦气,流速为 1 mL/min,不分流;进样口温度为

250℃。

(3) MS 条件:电离方式 EI,电离电压 70 eV,灯丝流量 0.25 mA,连接杆温度 280℃,电子倍增器电压为 1 500 V,扫描范围 30~350 AMU,离子源温度 250℃。对检测到的仔姜中的风味物质在普库 NIST11.L 进行检索,选取匹配度在 80% 以上的物质确认为香气成分。根据检测出的风味物质与内标物峰面积的比值计算待测物质的含量,按式(1)计算样品中风味物质的质量浓度。

$$c_1 = c_2 \frac{s_1}{s_2}, \quad (1)$$

式中:

$c_1$ ——样品中风味物质的质量浓度,μg/g;

$c_2$ ——内标物的浓度,μg/g;

$s_1$ ——样品中风味物质色谱峰面积;

$s_2$ ——内标物色谱峰面积。

1.2.3 试验数理统计分析 采用 IBM SPSS Statistics 20 软件对数据进行分析;采用 OriginLab OriginPro 8.5 软件作图,对试验中挥发性风味物质的含量进行单因素方差分析,采用 Duncan 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 仔姜贮藏过程中挥发性风味物质

通过 GC-MS 对贮藏过程中仔姜挥发性风味物质进行分析,结果见表 1。由表 1 可以得出,仔姜在贮藏过程中共检测出 77 种挥发性物质,其中烃类 47 种、醇类 16 种、酮类 1 种、醛类 4 种、醚类 9 种。新鲜仔姜鉴定出 51 种挥发性成分,经贮藏 10 d 后仔姜中检测出 49 种挥发性成分,贮藏 20 d 时检测出 45 种挥发性成分,贮藏 30 d 时检测出 43 种挥发性成分。贮藏 10 d 后仔姜中挥发性风味物质与新鲜仔姜相比较有 15 种挥发性物质未检测出,分别是间异丙基甲苯、4-乙基邻二甲苯、2,4,6-辛三烯、*d*-杜松烯、 $\alpha$ -衣兰油烯、*G*-芹子烯、反式角鲨烯、香橙烯、*L*-香芹醇、 $\beta$ -芹桉叶醇、红没药醇、环己烷甲醇、甲基壬基甲酮、肉豆蔻酸异丙酯、棕榈酸乙酯。贮藏 20 d 后仔姜中挥发性成分与新鲜仔姜相比较有 17 种挥发性物质未被检测出,分别是间异丙基甲苯、4-乙基邻二甲苯、2,4,6-辛三烯、 $\alpha$ -三胡椒烯、 $\beta$ -衣兰烯、 $\alpha$ -柏木烯、 $\alpha$ -木衣兰油烯、巴伦西亚橘烯、反式角鲨烯、香橙烯、甲基壬基甲酮、桉叶醇、金合欢醇、环己烷甲醇、*L*-香芹醇、醋酸辛酯、丁酸、2-甲基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯基酯。贮藏 30 d 后仔姜中挥发性成分与新鲜子姜相比较有 23 种挥发性物质未被检测出,分别是萘品油烯、间异丙基甲苯、4-乙基邻二甲苯、2,4,6-辛三烯、4-乙烯基-4-甲基-1-(丙-2-基)-3-(丙-1-烯-2-基)环己烯、 $\alpha$ -胡椒烯、 $\alpha$ -椒柏木烯、*g*-杜松烯、*G*-芹子烯、巴伦西亚橘烯、反式角鲨烯、香橙烯、环己烷甲醇、4-乙烯基-烯、 $\alpha$ ,4-三甲基-3-(1-甲基乙烯基)、*L*-香芹醇、红没药醇、甲基壬基甲酮、金合欢醇、醋酸辛酯、乙酸橙花

表 1 仔姜贮藏过程中的挥发性风味物质<sup>†</sup>

Table 1 Volatile compounds in baby ginger during storage

μg/g

化合物种类	化合物名称	0 d	10 d	20 d	30 d
	3-萜烯	—	—	—	2.19±0.36 <sup>a</sup>
	α-水芹烯	—	5.77±0.69 <sup>b</sup>	54.84±2.56 <sup>a</sup>	—
	3-崖柏烯	—	0.67±0.11 <sup>a</sup>	—	—
	左旋-α-蒎烯	6.42±0.33 <sup>d</sup>	8.79±0.15 <sup>c</sup>	14.16±0.44 <sup>b</sup>	32.66±1.83 <sup>a</sup>
	苜烯	15.61±1.05 <sup>d</sup>	27.59±0.70 <sup>c</sup>	41.53±1.00 <sup>b</sup>	123.11±7.48 <sup>a</sup>
	β-蒎烯	86.49±3.06 <sup>a</sup>	67.91±1.32 <sup>b</sup>	6.34±0.19 <sup>c</sup>	7.23±0.77 <sup>c</sup>
	β-水芹烯	—	—	48.18±0.19 <sup>a</sup>	—
	萜品油烯	10.52±0.75 <sup>a</sup>	7.89±0.51 <sup>b</sup>	8.30±0.28 <sup>b</sup>	—
	月桂烯	—	—	—	3.27±0.36 <sup>a</sup>
	3-亚甲基-6-(1-甲基乙基)环己烯	—	—	—	45.03±2.96 <sup>a</sup>
	间异丙基甲苯	0.31±0.44 <sup>a</sup>	—	—	—
	罗勒烯	52.16±1.59 <sup>a</sup>	31.67±1.34 <sup>b</sup>	19.55±0.77 <sup>c</sup>	29.17±1.17 <sup>b</sup>
	萜品烯	2.40±0.35 <sup>a</sup>	2.94±0.32 <sup>a</sup>	2.17±0.27 <sup>a</sup>	28.22±1.49 <sup>a</sup>
	4-乙基邻二甲苯	4.74±0.12 <sup>a</sup>	—	—	—
	2,4,6-辛三烯	10.80±1.91 <sup>a</sup>	—	—	—
	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	—	—	—	10.70±1.30 <sup>a</sup>
	4-乙烯基-4-甲基-1-(丙-2-基)-3-(丙-1-烯-2-基)环己烯	4.58±0.48 <sup>b</sup>	4.57±0.25 <sup>b</sup>	6.69±0.29 <sup>a</sup>	—
	2,6-辛二烯,2,6-二甲基	34.91±1.98 <sup>c</sup>	37.98±1.84 <sup>c</sup>	48.06±2.06 <sup>b</sup>	234.87±7.37 <sup>a</sup>
	d-杜松烯	2.83±0.07 <sup>a</sup>	—	0.50±0.00 <sup>c</sup>	0.99±0.08 <sup>b</sup>
	α-胡椒烯	4.98±0.23 <sup>b</sup>	6.17±0.28 <sup>a</sup>	—	—
	环庚烯	—	12.45±1.33 <sup>a</sup>	—	—
	榄香烯	—	6.19±0.27 <sup>a</sup>	—	—
烃类	(+)-α-柏木萜烯	—	—	0.42±0.03 <sup>b</sup>	1.58±0.13 <sup>a</sup>
	β-衣兰烯	8.89±0.69 <sup>b</sup>	5.57±0.63 <sup>b</sup>	—	60.12±3.99 <sup>a</sup>
	γ-榄香烯	12.14±0.40 <sup>b</sup>	5.74±0.18 <sup>b</sup>	24.88±3.41 <sup>b</sup>	155.96±92.54 <sup>a</sup>
	α-柏木烯	2.49±0.53 <sup>a</sup>	2.34±0.45 <sup>a</sup>	—	—
	反-β-金合欢烯	9.25±0.94 <sup>c</sup>	11.22±1.58 <sup>c</sup>	16.83±0.14 <sup>b</sup>	96.92±1.71 <sup>a</sup>
	α-衣兰油烯	12.73±1.13 <sup>a</sup>	—	—	13.84±1.69 <sup>a</sup>
	γ-衣兰油烯	10.56±0.77 <sup>b</sup>	14.64±0.79 <sup>a</sup>	3.49±0.13 <sup>c</sup>	13.15±0.99 <sup>a</sup>
	反-α-柑油烯	—	366.15±6.43 <sup>a</sup>	—	—
	α-金合欢烯	251.89±3.77 <sup>c</sup>	242.23±12.03 <sup>c</sup>	326.29±6.54 <sup>b</sup>	1 609.51±61.38 <sup>a</sup>
	g-杜松烯	7.19±0.57 <sup>b</sup>	7.46±0.71 <sup>b</sup>	10.13±0.72 <sup>a</sup>	—
	α-桉叶烯	—	4.22±0.18 <sup>b</sup>	5.75±0.14 <sup>a</sup>	—
	β-柏木烯	—	—	222.95±4.70 <sup>a</sup>	—
	G-芹子烯	2.07±0.03 <sup>a</sup>	—	—	—
	巴厘西亚橘烯	1.32±0.01 <sup>a</sup>	1.02±0.07 <sup>b</sup>	—	—
	罗汉柏烯	—	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>b</sup>	—
	别香橙烯	0.67±0.01 <sup>b</sup>	0.73±0.10 <sup>b</sup>	1.05±0.18 <sup>b</sup>	103.01±6.27 <sup>a</sup>
	反式-橙花叔醇	6.89±0.61 <sup>b</sup>	5.09±0.48 <sup>b</sup>	6.35±0.38 <sup>b</sup>	29.57±1.97 <sup>a</sup>
	反式角鲨烯	0.53±0.01 <sup>a</sup>	—	—	—
	Δ-桉叶烯	—	—	—	2.69±1.97 <sup>a</sup>
	α-古芸烯	—	—	0.83±0.03 <sup>a</sup>	—
	异长叶烯	—	—	1.24±0.02 <sup>b</sup>	—
	十八烷	—	0.27±0.01 <sup>b</sup>	—	—
香橙烯	0.19±0.02 <sup>a</sup>	—	—	—	
geranyl-α-对异丙基甲苯	—	0.31±0.01 <sup>b</sup>	0.24±0.04 <sup>c</sup>	1.87±0.09 <sup>a</sup>	
geranyl-α-萜品烯	—	0.34±0.02 <sup>b</sup>	—	1.45±0.14 <sup>a</sup>	

续表 1

化合物种类	化合物名称	0 d	10 d	20 d	30 d	
醇类	2-庚醇	—	—	—	21.32±0.35 <sup>a</sup>	
	L-香芹醇	12.16±0.47 <sup>a</sup>	111.40±6.68 <sup>b</sup>	—	—	
	桉叶油醇	121.51±61.30 <sup>b</sup>	1.36±0.01 <sup>c</sup>	—	565.63±5.75 <sup>a</sup>	
	1-辛醇	1.46±0.07 <sup>c</sup>	16.43±0.78 <sup>a</sup>	1.23±0.22 <sup>c</sup>	4.77±0.31 <sup>b</sup>	
	芳樟醇	17.27±1.46 <sup>b</sup>	10.27±0.06 <sup>b</sup>	14.05±0.14 <sup>b</sup>	77.39±3.70 <sup>a</sup>	
	2-茨醇	8.14±0.15 <sup>c</sup>	18.15±1.27 <sup>b</sup>	11.18±0.72 <sup>c</sup>	90.45±3.11 <sup>a</sup>	
	α-松油醇	14.07±0.21 <sup>b</sup>	14.39±0.31 <sup>b</sup>	18.43±0.62 <sup>b</sup>	115.52±3.07 <sup>a</sup>	
	香茅醇	12.70±0.49 <sup>d</sup>	99.95±0.55 <sup>b</sup>	26.95±1.42 <sup>c</sup>	148.99±3.16 <sup>a</sup>	
	香叶醇	102.36±1.67 <sup>b</sup>	—	77.00±0.40 <sup>c</sup>	137.82±0.80 <sup>a</sup>	
	γ-桉叶油醇	—	1.36±0.01 <sup>b</sup>	—	7.03±0.46 <sup>aa</sup>	
	γ-桉叶醇	—	—	2.04±0.04 <sup>a</sup>	—	
	β-桉叶醇	2.61±0.14 <sup>b</sup>	0.79±0.02 <sup>c</sup>	2.37±0.02 <sup>b</sup>	9.92±0.21 <sup>a</sup>	
	一桉叶醇	0.90±0.03 <sup>c</sup>	—	1.41±0.02 <sup>b</sup>	5.16±0.18 <sup>a</sup>	
	红没药醇	0.30±0.02 <sup>b</sup>	0.24±0.03 <sup>c</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	—	
	金合欢醇	0.43±0.04 <sup>a</sup>	—	—	—	
	环己烷甲醇	4.54±0.05 <sup>a</sup>	—	—	—	
	酮类	甲基壬基甲酮	0.64±0.05 <sup>a</sup>	—	—	—
		(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	35.53±2.45 <sup>d</sup>	47.64±1.10 <sup>c</sup>	83.44±3.49 <sup>b</sup>	430.13±2.10 <sup>a</sup>
醛类	香茅醛	1.88±0.02 <sup>d</sup>	3.34±0.09 <sup>c</sup>	4.66±0.14 <sup>b</sup>	46.93±0.45 <sup>a</sup>	
	柠檬醛	80.72±0.93 <sup>b</sup>	152.85±2.29 <sup>b</sup>	163.20±3.64 <sup>b</sup>	1 182.45±73.50 <sup>a</sup>	
	正十五碳醛	—	—	1.89±0.04 <sup>b</sup>	4.95±0.19 <sup>a</sup>	
酯类	醋酸辛酯	8.93±0.53 <sup>a</sup>	8.21±0.50 <sup>a</sup>	—	—	
	左旋乙酸冰片酯	3.35±0.19 <sup>d</sup>	6.18±0.30 <sup>c</sup>	8.30±0.32 <sup>b</sup>	59.18±0.98 <sup>a</sup>	
	乙酸桃金娘烯酯	2.10±0.19 <sup>b</sup>	2.35±0.22 <sup>b</sup>	2.50±0.05 <sup>b</sup>	4.97±0.39 <sup>a</sup>	
	乙酸橙花酯	10.00±0.27 <sup>a</sup>	7.52±0.27 <sup>b</sup>	5.72±0.24 <sup>c</sup>	9.74±0.39 <sup>a</sup>	
	丁酸,2-甲基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯基酯	357.25±4.09 <sup>b</sup>	372.21±0.37 <sup>a</sup>	—	—	
	十四酸乙酯	—	—	0.31±0.00 <sup>a</sup>	—	
	肉豆蔻酸异丙酯	0.19±0.00 <sup>a</sup>	—	0.25±0.05 <sup>a</sup>	—	
	棕榈酸乙酯	0.26±0.00 <sup>b</sup>	—	0.30±0.00 <sup>a</sup>	—	
	2-庚醇,2-乙酸酯	—	—	—	21.27±1.76 <sup>a</sup>	

† 同行不同字母表示不同贮藏时间挥发性成分含量之间差异显著(P<0.05)。

酯、丁酸,2-甲基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯基酯、左旋乙酸冰片酯、乙酸桃金娘烯酯。

仔姜经贮藏后挥发性物质的种类变化很大(见表 1),在贮藏过程中会出现一些新的物质,例如 α-水芹烯在新鲜样品中未检测到,但在贮藏 10,20 d 后均检测到,3-崖柏烯、环庚烯、榄香烯等在新鲜样品中未检测到,但在仔姜贮藏 10 d 时均检测到。例如 4-乙基邻二甲苯、间异丙基甲苯、2,4,6-辛三烯、α-衣兰油烯、反式角鲨烯、香橙烯、L-香芹醇、甲基壬基甲酮等在新鲜样品中均有检测到,但在贮藏过程中均未检测到。这可能跟仔姜在贮藏过程中发生一系列的生理变化有关,在适宜的贮藏温度下,脂氧

合酶(LOX)、氢过氧化物裂解酶(HPL)、乙醇脱氢酶(ADH)和醇酰基转移酶(AAT)这类与脂肪酸含量有关的酶活性降低,进而抑制采后果实通过脂肪酸代谢途径合成一些挥发性物质<sup>[16]35-48</sup>。仔姜在贮藏过程中有 22 种挥发性成分在贮藏过程中一直存在,烃类物质有 11 种分别为左旋-α-蒎烯、苈烯、β-蒎蒎烯、罗勒烯、萜品烯、2,6-二甲基-2,6-辛二烯、γ-榄香烯、反-β-金合欢烯、γ-衣兰油烯、α-金合欢烯、别香橙烯;醇类物质有 8 种,分别为反式-橙花叔醇、1-辛醇、芳樟醇、2-茨醇、α-松油醇、香茅醇、香叶醇、一桉叶醇;醛类物质有 3 种,分别为(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、香茅醛、柠檬醛。在这 22 种成分中有 9

种含量与贮藏时间呈正相关。

### 2.2 仔姜在贮藏过程中挥发性成分的动态变化

仔姜在贮藏 20 d 后,有 10 种成分的含量显著性上升,见图 1、2。在贮藏到 30 d 时这 10 种成分的含量分别是新鲜样品的 5.09,7.89,6.73,10.48,153.75,11.11,8.21,11.73,24.96,14.65 倍。出现这种现象可能是仔姜贮藏 20 d 后发生严重老化导致的<sup>[10]</sup>。该研究结果与汪丽莎等<sup>[12]</sup>研究的仔姜与老姜中挥发性风味成分的比较一致即老姜中这 10 种成分含量比仔姜中明显高出很多。

新鲜仔姜中共鉴定出 51 种挥发性成分,其中烃类 27 种、醇类 13 种、酮类 1 种、醛类 3 种、醚类 7 种;经贮藏 10 d 后子姜中检测出 49 种挥发性成分,烃类 29 种、醇类 11 种、酮类 0 种、醛类 4 种、醚类 5 种;贮藏 20 d 后检测出 45 种挥发性成分,其中烃类 26 种、醇类 9 种、酮类 0 种、醛类 4 种、醚类 6 种;贮藏 30 d 时检测出 43 种挥发性成分,烃类 24 种、醇类 11 种、酮类 0 种、醛类 4 种、醚类 4 种,见图 3。

由图 3 可以看出,仔姜在贮藏过程中挥发性成分种类最多的为烃类,其次为醇类、醚类、醛类、酮类很少,且挥发性成分的种类与仔姜的贮藏时间呈负相关。

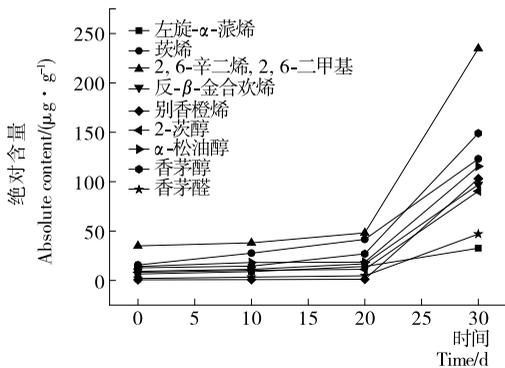


图 1 仔姜在贮藏过程中几种挥发性成分的动态变化  
Figure 1 Dynamic changes of several volatile components in baby ginger during storage

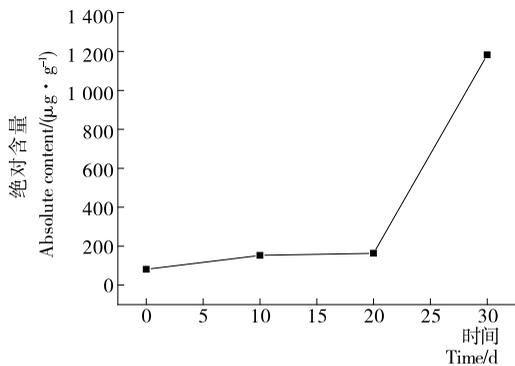


图 2 仔姜在贮藏过程中柠檬醛含量的动态变化  
Figure 2 Dynamic changes of citral content in baby ginger during storage

仔姜在贮藏过程中,前 20 d 各类挥发性成分总量差异不大,且烃类物质的含量在前 20 d 是仔姜中挥发性组分最高的一类物质见图 4,在 0,10,20 d 烃类物质的含量分别占仔姜挥发性组分的 41.33%,50.39%,67.17%。在贮藏 30 d 时,烃类物质在所有挥发性组分中是含量最高的,但是在仔姜贮藏到 30 d 时,烃类物质的含量与前 20 d 相比显著增加,但是在 30 d 时,烃类物质的含量占总挥发性成分的 47.26%,这是由于仔姜在贮藏 30 d 时醇类物质含量与醛类物质含量都显著增加导致的。酯类挥发性成分总含量与仔姜总挥发性含量的比值前 10 d 与后 20 d 相比出现显著性差异,分别为 28.12%,22.49%,1.34%,1.70%。该结果与汪莉莎等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。由图 4 可以看出,仔姜贮藏 30 d 后,烃类、醛类挥发性物质的含量显著高于前 20 d。由于醇类、酯类物质不稳定易转化为烃类及醛类物质,因而在仔姜贮藏过程中烃类、醛类挥发性物质的含量升高<sup>[17]</sup>。醇类物质含量在贮藏过程中与新鲜样品出现显著性的差异,是由于在仔姜适宜温度的贮藏条件下可以抑制醇类物质的生成,延缓果疏异味的产生<sup>[16]</sup> 31-32。

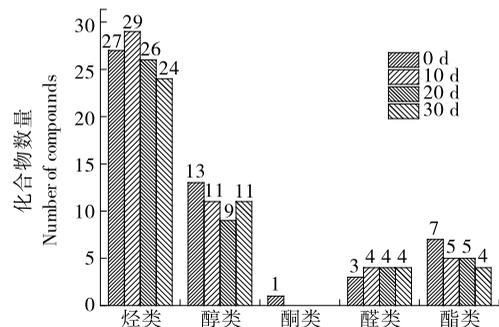


图 3 仔姜在贮藏过程中各类挥发性成分的数量  
Figure 3 The number of volatile components belonging to different chemical classes in baby ginger during storage

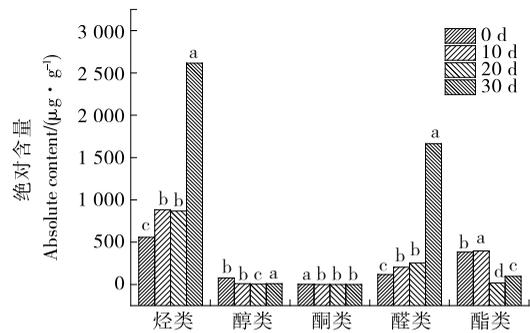


图 4 仔姜贮藏过程中各类挥发性成分的组成  
Figure 4 Contents of various classes of volatile components in ginger during storage

### 3 结论

本试验条件下贮藏的仔姜,共检测到 77 种挥发性物质,不同贮藏时期的仔姜烃类物质种类最多,烃类物质含量均占总量的 40% 以上;在贮藏过程中挥发性风味物质种类明显下降(贮藏 30 d 时,仅检测到 43 种),大多数挥发性物质在贮藏的过程中含量降低,然有 10 种挥发性成分(左旋- $\alpha$ -蒎烯、蒎烯、2,6-辛二烯,2,6-二甲基、反- $\beta$ -金合欢烯、别香橙烯、2-茨醇、 $\alpha$ -松油醇、香茅醇、香茅醛、柠檬醛)随着贮藏时间的延长逐渐增加,仔姜贮藏 20 d 后这些物质含量显著升高,汪莉莎等<sup>[12]</sup>采用顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用法分析仔姜与老姜的挥发性成分,研究结果表明老姜中左旋- $\alpha$ -蒎烯、蒎烯、2,6-辛二烯,2,6-二甲基、反- $\beta$ -金合欢烯、别香橙烯、2-茨醇、 $\alpha$ -松油醇、香茅醇、香茅醛、柠檬醛含量远高于仔姜。因此,结合本试验的结果和前人的研究可得出上述 10 种成分是仔姜贮藏过程衰老的特征物质。

#### 参考文献

[1] SHARMA S, VIJAYVERGIA R, SINGH T. Evaluation of antimicrobial efficacy of some medicinal plants[J]. Journal of Chemical & Pharmaceutical Research, 2010, 2(1): 121-124.

[2] 刘继. 仔姜采后保鲜技术及病害防治措施研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2014: 1-2.

[3] BADRELDIN H Ali, GERALD Blunden, MUSBAH O Tannira, et al. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(2): 409-420.

[4] JIANG B H, AGANI F, PASSANITI A, et al. V-SRC induces expression of hypoxia-inducible factor 1 (HIF-1) and transcription of genes encoding vascular endothelial growth factor and enolase 1: involvement of HIF-1 in tumor progression[J]. Cancer Research, 1997, 57(23): 5 328-5 335.

[5] SHIRPOOR A, HESHMATI E, KHERADMAND F, et al. Increased hepatic FAT/CD36, PTP1B and decreased

HNF4A expression contributes to dyslipidemia associated with ethanol-induced liver dysfunction: Rescue effect of ginger extract[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2018, 105: 144-150.

[6] SHAKYA S R. Medicinal uses of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) improves growth and enhances immunity in aquaculture[J]. International Journal of Chemical Engineering, 2015 (2/3): 83-87.

[7] 随国良. 子姜贮藏保鲜技术的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013: 2-5.

[8] HU Jing, ZHANG Yu-di, XIAO Zuo-bing, et al. Preparation and properties of cinnamon-thyme-ginger composite essential oil nanocapsules[J]. Industrial Crops and Products, 2018, 122: 85-92.

[9] DANIEL-JAMBUN D, ONG K S, LIM Y Y, et al. Antioxidant properties of *Etlingera pubescens*, an edible ginger plant endemic to Borneo[J]. Food Bioscience, 2018, 25: 44-51.

[10] 杨小金, 王奕, 卢金清. 顶空固相微萃取气质联用分析干姜中挥发性成分[J]. 亚太传统医药, 2015(23): 21-23.

[11] 陈凌霄, 张苑鑫, 李绍平, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用分析比较鲜/干高良姜挥发性成分[J]. 药物分析杂志, 2017(9): 1 615-1 620.

[12] 汪莉莎, 陈光静, 张甫生, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法分析仔姜与老姜的挥发性成分[J]. 食品科学, 2014(10): 153-157.

[13] 唐先谱, 李喜宏, 张彪, 等. 三种不同保鲜剂对四川仔姜贮藏保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2018(4): 134-140.

[14] 曲清莉, 傅茂润, 陈庆敏, 等. 利用 GC-MS 和电子鼻研究超微粉碎对姜风味物质的影响[J]. 中国调味品, 2016, 41(12): 20-24.

[15] 黄雪松, 陈雅雪. GC-MS 法比较鲜姜与干姜的风味物质[J]. 中国食品学报, 2007, 7(5): 133-138.

[16] 李盼盼. 美味猕猴桃‘布鲁诺’果实常温低温贮藏条件下品质风味的变化研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.

[17] 林光月, 穆利霞, 邹宇晓, 等. 食品中的蛋白质 脂类物质及其呈味机理研究进展[J]. 农产品加工, 2017(5): 68-72.

#### 信息窗

## 欧盟评估来自一种转基因里氏木霉的 $\alpha$ -淀粉酶的安全性

据欧盟食品安全局(EFSA)消息,2019年1月9日,欧盟食品安全局就来自转基因里氏木霉(strain DP-Nzb48)菌株的  $\alpha$ -淀粉酶(alpha-amylase)安全性评价发布意见。

据了解,这种来源于  $\alpha$ -淀粉酶是用于蒸馏酒生产和酿造过程。根据推荐的最大使用量,估计欧洲人口每

天膳食暴露于食物酶—总有机固体(TOS)的量为每天 1.701 mg TOS/kg·体重。经过评估,欧盟食品安全局专家组得出结论,在蒸馏酒生产中使用这种酶是安全的,在酿造过程中使用时,根据提供的数据计算的暴露限值仅为(至少)135 mg TOS,未发现安全问题。

(来源: <http://news.foodmate.net>)