

不同干燥方式芒果脆片香气成分分析

刘璇, 赖必辉, 毕金峰*, 吕健, 丁媛媛

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193)

摘要: 为研究干燥方式对芒果脆片香气成分和含量的影响, 运用气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术, 分别对芒果鲜样及4种不同干燥方式处理的芒果脆片的香气成分进行测定与分析。结果表明, 芒果鲜样主要芳香成分为: 萜烯类物质66.25%, 以 δ -3-萜烯、4-萜烯及反式石竹烯为主; 醇类物质12.42%, 以3,6-亚壬基-1-醇为主; 烷烃类物质19.26%。热风干燥处理后产生较多酯类、醛类和烷烃类, 损失较多的萜烯类物质, 芒果鲜样的特征香味有较大的损失; 微波真空干燥处理除萜烯类和醇类物质减少外, 其余风味物质均增加; 与其他3种干燥方式相比, 真空冷冻干燥处理后萜烯类物质损失最大, 烷烃类物质增加最多, 且其中的酚类物质含量最高。相对于其他3种干燥方式, 芒果鲜样经过变温压差膨化干燥处理后, 表征芒果鲜样特征风味的萜烯类成分损失最少, 醛类物质的含量也较高, 同时还含有酚类物质。

关键词: 干燥方式; 芒果; 芳香成分; 变温压差膨化干燥

Analysis of Aroma Components in Mango Chips Prepared by Different Drying Methods

LIU Xuan, LAI Bi-hui, BI Jin-feng*, LÜ Jian, DING Yuan-yuan

(Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: Gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) was used to analyze aroma components of fresh mango samples and mango chips prepared by four different drying methods. The results showed that the main aroma components of fresh mango sample were 66.25% terpenes (mainly δ -3-carene, 4-carene and caryophyllene), 12.42% alcohols (mainly 3,6-nonadien-1-ol) and 19.26% alkanes. More ester, aldehyde, and alkane compounds were produced while terpenes showed an obvious reduction during hot-air drying. Meanwhile, obvious loss of some characteristic aroma compounds in fresh mango was observed. The contents of all other aroma compounds were increased except terpenes and alcohols by microwave vacuum drying. Compared with three other drying methods, the most significant loss of terpenes but the most obvious increase in alkanes were observed accompanied with the highest concentration of phenolic compounds during vacuum freeze drying. Compared with samples dried by three other methods, mango chips by explosion puffing drying showed the least loss of terpenes, which were considered as the characteristic aroma components in flesh mango. The concentrations of aldehydes were also high and phenolic compounds were also found.

Key words: drying methods; mango; aroma components; explosion puffing drying

中图分类号: TS255.42

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)22-0179-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201322036

芒果(*Mangifera indica*)属于漆树科(Anacardiaceae)芒果属(*Meagifera*), 果肉细腻, 具有浓郁的香味, 素有“热带果王”之誉称^[1-2], 在我国海南、云南、广西等省区有广泛种植。芒果的可食部分主要由水分、糖类、蛋白质、有机酸和矿物质构成, 其中富含钾、钙、镁、磷等矿物质、VC、 β -胡萝卜素、硫胺素、核黄素和游离氨基酸(包括人体必需的8种氨基酸)等营养成分。近年来,

芒果除鲜食、制汁之外, 也广泛用于休闲食品的加工, 芒果脆片和芒果干因口感酥脆、风味浓郁、携带方便, 越来越受到国内外市场的青睐^[3]。

目前芒果等果蔬干制品的研发多集中在热风干燥、真空油炸干燥、微波膨化干燥、冷冻干燥等方面, 未见有过热蒸汽膨化干燥工艺报道。而且现报道的各干燥方式的研究, 多集中于对果蔬干制品品质的影响, 如余锦

收稿日期: 2012-11-27

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD31B03); “十二五”农村领域国家科技计划项目(2012BAD31B06)

作者简介: 刘璇(1982—), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为果蔬加工。E-mail: liuxuancaas@126.com

*通信作者: 毕金峰(1970—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为果蔬精深加工与综合利用技术。E-mail: bijinfeng2010@163.com

春等^[4]在对芒果的真空冷冻干燥研究中指出,该干燥技术对芒果中VC和可溶性总糖的破坏程度较低;陈燕等^[5]在对荔枝的微波干燥研究中指出,微波间歇时间能够明显影响物料果壳破裂。从上述研究中可以看出,针对具有浓郁香气的鲜食果蔬制干,多集中于工艺的研究,而对干制果品香气研究较少。芒果果实具有独特的芳香风味,该挥发性风味成分也是构成芒果加工制品特征风味的要素。芒果在贮藏和加工过程中,容易出现芳香成分的损失和变化^[6-7],因此对芒果原料及其制品的风味物质进行分析具有重要意义。在色谱分析过程中,固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)是一种应用较广的样品前处理方法,该技术集萃取、富集、解吸、进样于一体,操作简便、快速、准确,在食品与药品分析、环保及生物医学领域应用广泛^[8]。气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用技术在食品风味物质分析中的应用具有突出的优势,尤其对果品原料及加工制品的挥发性风味物质的检测具有较高的精度和良好的重现性^[9]。本研究采用SPME与GC-MS结合的方法,对芒果鲜样和脆片的主要风味物质进行检测与分析,比较热风干燥、微波真空干燥、真空冷冻干燥、变温压差膨化干燥这4种干燥方法对芒果脆片芳香成分的影响,为芒果脆片加工方法的优选和芒果芳香成分的跟踪检测提供技术支持和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

芒果品种为海南凯特芒 市购。

1.2 仪器与设备

DHG-9123A恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; CNWB-3ZKP微波真空干燥箱 广州万程微波设备有限公司; Alpha 1-4 LD plus真空冷冻干燥设备 德国Christ公司; QDPH10-1变温压差膨化干燥设备 天津勤德新材料科技有限公司; FW100万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司; SPME自动进样器、GC-MS-QP2010Plus气相色谱-质谱联用仪 日本Shimadzu公司。

1.3 方法

1.3.1 干燥工艺参数

1)热风干燥工艺参数:干燥温度75℃、风速2.3m/s、干燥时间约6h; 2)微波真空干燥工艺参数:功率1500W、温度45~50℃、真空度-60kPa、干燥时间1h; 3)真空冷冻干燥工艺参数:冷阱温度-45℃、真空度0.1kPa; 4)变温压差膨化干燥工艺参数:膨化温度80℃、膨化压力差0.1MPa、停滞时间10min、抽真空干燥温度70℃、抽真空干燥时间2h。

以上干燥方式获得的芒果脆片水分含量均在5%以下。

1.3.2 芳香成分的测定方法

参考文献[10-12]对鲜切芒果、脱水芒果和芒果酒等芳香成分测定方法,并依据实验样品特点,修正检测方法,确立芒果鲜样和芒果脆片芳香成分的测定方法。

1.3.2.1 色谱条件

色谱柱:PEG 20M弹性石英毛细管柱(30m×0.25mm, 0.25μm);升温程序:进样口温度250℃,接口温度250℃,起始柱温35℃,保持2min后,以5℃/min升温至60℃,再以8℃/min升温至140℃,最后以12℃/min升温至230℃,保持8min;载气He;恒压35kPa;不分流。

1.3.2.2 质谱条件

电子电离(electron ionization, EI)离子源;电子能量70eV;离子源温度200℃;质量扫描范围为 m/z 33~450。

数据采集数据库:NIST和Wiley。

2 结果与分析

对芒果鲜样、4种不同干燥方式芒果脆片的香气成分进行分析,得到的香气成分总离子流图如图1~5所示。与谱库比对,确认的香气成分物质名称及百分比含量见表1。

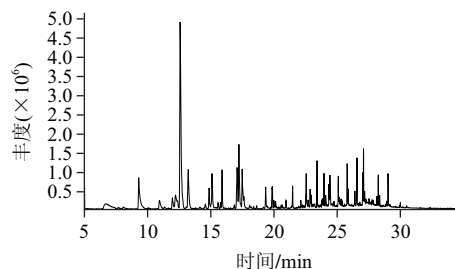


图1 芒果鲜样香气成分GC-MS分析总离子流图
Fig.1 GC-MS TIC of aroma compounds in fresh mango

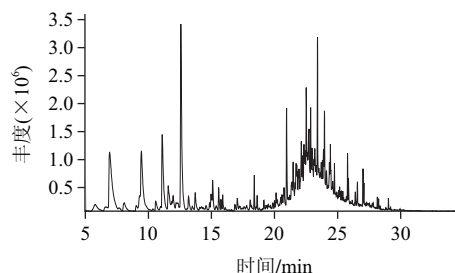


图2 热风干燥芒果脆片香气成分GC-MS分析总离子流图
Fig.2 GC-MS TIC of aroma compounds in mango chips prepared by hot-air drying

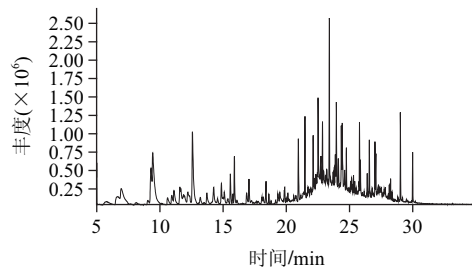


图3 微波真空干燥芒果脆片香气成分GC-MS分析总离子流图
Fig.3 GC-MS TIC of aroma compounds in mango chips prepared by vacuum microwave drying

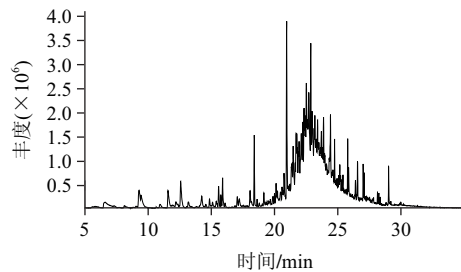


图4 真空冷冻干燥芒果脆片香气成分GC-MS分析总离子流图
Fig.4 GC-MS TIC of aroma compounds in mango chips prepared by vacuum freeze drying

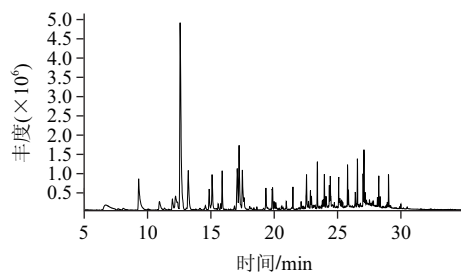


图5 变温压差膨化干燥芒果脆片的香气成分GC-MS总离子流图
Fig.5 GC-MS TIC of aroma compounds in mango chips prepared by explosion puffing drying

表1 芒果鲜样及芒果脆片中的芳香成分

Table 1 Identification of aroma compounds in fresh mango and mango chips

序号	化学名称	相对含量/%				
		样品1	样品2	样品3	样品4	样品5
酯类						
1	(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基)-2-甲基丙酸酯	0.71		4.27		4.49
2	2-甲基-3-羟甲基-(2,4,4-三甲戊苯基)-丙酸酯		8.72	8.37		
3	γ -丁内酯		10.12	13.11	2.59	7.67
萜烯类						
4	月桂烯	2.70				1.31
5	δ -3-萜烯	49.42	23.12	12.99	3.95	24.8
6	环己烯				0.85	1.69
7	α -萜品油烯		2.37		0.37	3.43
8	反式石竹烯	4.39	9.58	11.33	7.41	11.85
9	α -石竹烯	3.20	4.75	5.94		6.61
10	(E)-5-十八烯				7.17	
11	4-萜烯	6.54				
12	1,1,4,7-四甲基-1H-环丙烯			1.54		

续表1

序号	化学名称	相对含量/%				
		样品1	样品2	样品3	样品4	样品5
醛类						
13	糠醛					4.58
14	5-甲基呋喃醛		10.84			2.01
15	苯乙醛		1.59			1.16
16	壬醛	0.71	1.76	3.32	2.08	1.17
17	癸醛		0.99	0.76	0.60	0.29
酮类						
18	2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮			2.40	1.78	
19	6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	0.65		1.11		
醇类						
20	正辛醇				0.36	
21	2-丁基辛醇			5.04		
22	3,6-亚壬基-1-醇	11.46				
23	(2Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	0.96			0.80	
酚类						
24	2,6-二叔丁基对甲酚			2.81	3.61	1.02
烷烃类						
25	正十一烷				0.25	
26	十二烷		1.87	2.01	5.18	1.95
27	正十三烷	0.77	5.29		12.37	5.06
28	2,5-二甲基-正十三烷		1.52	1.49	7.78	2.77
29	正十四烷	1.44		4.95		4.16
30	2,5-二甲基-正十四烷		3.27	4.39	1.08	5.72
31	正十五烷	3.52	4.96	1.23	11.51	2.86
32	正十六烷	1.13	4.01	2.81	7.59	1.02
33	2,6,10-甲基-十五烷					0.31
34	正十七烷	3.03	1.33	5.5	8.22	1.05
35	植烷	4.97	0.32	0.62	0.77	0.91
36	正十八烷	2.57	0.36	0.55	0.86	0.43
37	2,6,10,15-四甲基-十七烷					0.55
38	十一烷基环戊烷				6.7	
39	正二十一烷	0.58	0.48	1.48	1.82	
40	正十九烷				2.64	
41	姥鲛烷	1.25	0.44	1.24		
42	七甲基壬烷		2.31			
其他						
43	2-甲基丙酸					1.13
44	萘				1.35	
45	1,2,4,5-四甲苯				0.31	
46	2,6-二甲苯萘			0.74		

注：样品1为芒果鲜样；样品2为热风干燥芒果脆片；样品3为微波真空干燥芒果脆片；样品4为真空冷冻干燥芒果脆片；样品5为变温压差膨化干燥芒果脆片。下同。

表2 芒果鲜样和芒果脆片中不同种类香气成分含量及种类数量的比较
Table 2 Comparison of relative contents of different classes of aroma compounds in fresh mango and mango chips

类别	相对含量/%					种类数				
	样品1	样品2	样品3	样品4	样品5	样品1	样品2	样品3	样品4	样品5
酯类	0.71	18.84	25.75	2.59	12.16	1	2	3	1	2
萜烯类	66.25	39.82	31.80	19.75	49.69	5	4	4	5	6
醛类	0.71	15.18	4.08	2.68	9.21	1	4	2	2	5
酮类	0.65	0.00	3.51	1.78	0.00	1	0	2	1	0
醇类	12.42	0.00	5.04	1.16	0.00	2	0	1	2	0
酚类	0.00	0.00	2.81	3.61	1.02	0	0	1	1	1
烷烃类	19.26	26.16	26.27	66.77	26.79	9	12	11	13	12
其他	0.00	0.00	0.74	1.66	1.13	0	0	1	2	1

依据香气物质的化学结构特点,将表1中的香气物质进行分类:酯类、萜烯类、醛类、酮类、醇类、酚类、烷烃类及其他类,分别统计不同类别香气物质占样品总香气成分的比例,以及各类别香气物质所包含的香气成分的种类。分类统计结果见表2。

2.1 芒果鲜样果肉香气成分分析

从表1可以看出,芒果鲜样主要香气成分为:萜烯类化合物(5种)总含量为66.25%,其中 δ -3-萜烯的含量最高,达到49.42%,它是精油中单萜烯的主要组分,具有强烈的松木样香气,为芒果鲜样的主要呈香物质;4-萜烯具有甜香味; α -石竹烯具有辛香、木香、柑橘香、樟脑香,温和的丁香香气;月桂烯具有令人愉快的、清淡的香脂气味;壬醛含量较低,它具有玫瑰香气;醇类化合物(2种)总含量为12.42%,其中3,6-亚壬基-1-醇的含量较高,为11.46%,醇类物质主要可以呈现清香和青鲜香气^[8];6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮即香叶基丙酮,含量为0.65%,它具有青香、果香、蜡香、木香,并有生梨、番石榴、苹果、香蕉、热带水果所特有的香韵;烷烃类化合物(9种)总含量为19.26%,其中植烷含量较高为4.97%。

2.2 热风干燥芒果脆片香气成分分析

芒果经热风干燥后,香气物质中酯类化合物有2-甲基-3-羟甲基-(2,4,4-三甲戊苯基)-丙酸酯和 γ -丁内酯,其含量分别为8.72%和10.12%,其中的 γ -丁内酯微有酮味,内酯类物质的产生是可能是物料中脂类热氧化的结果。萜烯类化合物(4种)总含量为39.82%,其中 δ -3-萜烯、反式石竹烯和 α -石竹烯的含量较高,鲜样中的 δ -3-萜烯有所损失,月桂烯和4-萜烯消失了,但生成了萜品油烯,含量为2.37%,具有柠檬气味,由此可见,长时间的热风干燥不利于鲜样部分特征香气,如萜烯类化合物的保持。醛类化合物(4种)总含量为15.18%,其中5-甲基呋喃醛含量较高,含量为10.84%,苯乙醛含量为1.59%,具有浓郁的玉簪花香气,相较鲜样增加了3种醛类。酮类化合物完全损失。醛酮类挥发物质可能是Strecker降解过程中产生的。另外,在热风干燥中醛酮类挥发物质的含量并不高,可能是由于在降解反应过程中产生的挥发性物质以另一途径与果品组分结合,由于结合较强,且没有足够的蒸汽压使这类物质形成产品的特征风味。鲜样中特有的3,6-亚壬基-1-醇完全损失,而鲜样中的大部分烷烃在热风干燥的过程变化不明显,总含量为26.16%。

2.3 微波真空干燥芒果脆片香气成分分析

芒果经微波真空干燥后,其香气物质中酯类化合物总含量增加至25.75%,高于其他3种干燥方式,包括(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基)-2-甲基丙酸酯、2-甲基-3-羟甲基-(2,4,4-三甲戊苯基)-丙酸酯和 γ -丁内酯,其含量分别为4.27%、8.37%和13.11%,这主要是由于微波及一定的真空度能够促使物料中的香气前体物质进一步转化,有

利于酯类化合物的生成^[13]。萜烯类化合物(4种)总含量为31.8%,其中 δ -3-萜烯、反式石竹烯和 α -石竹烯的含量较高,与鲜样相比,月桂烯和4-萜烯完全损失, δ -3-萜烯有所损失,但生成了其他3种干燥方式都没有的1,1,4,7-四甲基-1H-环丙烯,可能是由于微波作用,物料中一些萜烯类化合物遭到破坏,转化为其他物质。醛类化合物(2种)总含量为4.08%,其中壬醛在4种干燥方式中含量最高,相较鲜样只增加了癸醛,癸醛具有甜香、柑橘香、蜡香和花香,癸醛的产生使得经微波真空干燥的芒果脆片具有特殊的香气。微波及真空作用使鲜样中特有的3,6-亚壬基-1-醇完全损失,新生成了2-丁基辛醇,含量为5.04%。酮类化合物增加至2种,新增了2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮(DMHF),含量为2.40%。产生了2,6-二叔丁基对甲酚(BHT),含量为2.81%,是国内广泛使用的油性抗氧化剂,一般与丁基羟基茴香醚(BHA)配合使用。鲜样中的大部分烷烃在微波真空干燥的过程变化不明显,总含量为26.27%。基于以上香气成分的分析发现,微波真空干燥能够有效促进部分香气组分物质的增多与转化^[14],同时也可能由于微波的破坏作用使物料原有的香气成分损失。

2.4 真空冷冻干燥芒果脆片香气成分分析

芒果经真空冷冻干燥后,其香气成分中酯类化合物只有 γ -丁内酯,含量为2.59%。萜烯类化合物(5种)总含量为19.75%,其中3-萜烯、反式石竹烯和(E)-5-十八烯的含量较高,与鲜样相比,其中的3-萜烯损失严重,月桂烯、4-萜烯和 α -石竹烯完全损失,但生成了其他3种干燥方式都没有的(E)-5-十八烯和环己烯,含量分别为7.17%、0.85%。醛类化合物(2种)总含量为2.68%,其中壬醛含量较高,较鲜样增加了癸醛。鲜样中特有的3,6-亚壬基-1-醇完全损失,新生成了正辛醇和(2Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇,含量分别为0.36%和0.80%。酮类化合物2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮含量为1.78%,俗名菠萝酮,具有浓郁的焦糖香味,浓度较低时为清香的菠萝、草莓香味,由于其具有较低的阈值(160 μ g/L)^[15],可以增强风味性能,被广泛用作食品调味剂;2,6-二叔丁基对甲酚的含量为3.61%。鲜样中的大部分烷烃在真空冷冻干燥的过程变化不明显,总含量为66.77%。较其他干燥方式相比较,真空冷冻干燥方式温度低,理论上应不易导致风味化合物发生变化,但是由于干燥时间较长从而导致物料需在真空低温状态下放置较长时间,可能会引发部分化学反应,从而导致物料中原有的特征香气物质的损失,并因化学反应的发生产生其他新的香气组分^[16]。

2.5 变温压差膨化干燥芒果脆片香气成分分析

芒果经变温压差膨化干燥后,其香气物质中酯类化合物为(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基)-2-甲基丙酸酯和 γ -丁内酯,含量分别为4.49%和7.67%。萜烯类化合物(6种)总

含量为49.69%，种类最多，含量也最高，其中3-萜烯、反式石竹烯和 α -石竹烯的含量较高，相对于其他3种干燥方式，3-萜烯和月桂烯有一定的损失，与鲜样相比，其中的反式石竹烯和 α -石竹烯增加较大，4-萜烯完全损失，但生成了 α -环己烯和萜品油烯，含量为5.12%。醛类化合物(5种)，种类最多，总含量为9.21%，产生了其他干燥方式不含有的糠醛，含量为4.58%，具有杏仁气味。鲜样中特有的3,6-亚壬基-1-醇完全损失，产生了其他3种干燥方式都不含有的2-甲基丙酸，含量为1.13%，有类似丁酸的刺激性气味，2,6-二叔丁基对甲酚的含量为1.02%。鲜样中的大部分烷烃在变温压差膨化干燥的过程中变化不明显，总含量为26.79%。变温压差膨化干燥工艺涉及到干燥过程中温度、压力和真空度的变化，温度的变化有利于物料中脂类物质的氧化，形成酯类化合物，有利于增加物料的香气；同时温度的变化会导致一些列化学反应的发生，如分子双键的加成和分子的成环反应，从而可能导致萜烯类物质的生成或分解。从数据分析来看，可能由于温度的变化导致Strecker降解反应的发生。变温压差膨化干燥有利于醛类物质的生成，即有利于风味物质的产生；同时可能是由于瞬间泄压，导致真空度的瞬间变化，变温压差膨化干燥不利于物料中醇类物质的保持。烷烃分子比较稳定，在其干燥过程中不易反生变化，从而保持较好。

3 讨论

芒果原料本身含有种类丰富的香气物质，且其中的蛋白质和碳水化合物分解后还能够产生新的化合物，尤其在加热过程中，会产生较多萜烯类化合物^[17]。由本研究可知，经不同干燥方式得到的芒果脆片香气成分的种类及含量均有所增加。芒果中含有大量的萜烯及醇类物质，在干燥过程中，易受到温度、真空度等因素的影响，发生化学反应^[18]，生成新物质，因此检测出的各香气成分种类和含量都有较大的变化。

芒果特征香气物质是判断芒果原料品质优劣的重要指标，但其香气成分及含量受到品种、气候、生长环境、贮藏条件以及果实成熟度等因素的影响，芒果制品风味特征也因原料差异而不同。余炼等^[19]对广西百色地区8个品种芒果的香气成分进行分析，得出芒果香气主要成分为萜烯类物质，如月桂烯、石竹烯和萜烯等，占所检出芳香物质总量的70%以上，但其含量在各品种间存在差异。魏长宾等^[20]对红芒6号果实成熟阶段香气成分进行了研究，共检出22种香气成分，其中商熟期14种，完熟期10种，主要为萜烯类、醛类、酸类。左俊^[21]对加工过程中芒果香气变化的情况进行了研究，确定了芒果香气成分的SPME提取方法，并发现芒果汁芳香成分形成和

保留的最佳pH值为4~6；芒果果实经破碎后，有氧条件和酶的作用均有利于芒果芳香成分的形成。从本研究可以得出，不同的加工工艺对芒果芳香成分也有较为明显的影响，如一些低沸点的醇类以及酯类物质容易在热加工过程中损失，而微波加热有利于低沸点及高沸点香气成分的生成；虽然真空冷冻能够较好的保证产品的酥脆度等感官品质，但由于物料加工时间较长，造成物料中特征香气的大量损失；同时结果表明，变温压差膨化干燥能够生成新物质—糠醛，成为加工处理后芒果的主要香气成分。

本实验利用GC-MS检测技术，对芒果中香气成分进行了定性分析，对鲜样和不同干燥制品中香气物质种类和相对含量进行了比较研究。其中虽然有些香气物质的含量低于人体嗅觉的感官阈值，但芒果鲜样和脆片呈现出的风味特征是多种香气成分综合的结果，各香气成分之间也可能存在一定的协同增效作用，因此，有必要用人机互动气味分析系统对芒果的香气成分做进一步的研究，以及应用其他技术，比如电子鼻、电子舌等技术手段进一步进行分析论证。

特征香气是影响食品品质的重要指标，但在加工过程中易发生变化，因此，加工制品的特征风味与原料的特征风味多存在差异。在本研究中，4种不同干燥方式制备芒果脆片经过深冻、解冻、干燥等工艺，芒果原料的细胞结构发生破坏，芳香成分挥发、氧化或降解，从而产生变化。

通过对比4种不同干燥方式所得到的芒果脆片香气成分的检测分析，可以得出以下结论：1)海南凯特芒果鲜样的主要芳香成分为：萜烯类物质66.25%，以 δ -3-萜烯、4-萜烯及反式石竹烯为主；醇类物质12.42%，以3,6-亚壬基-1-醇为主；烷烃类物质19.26%；2)对比4种不同的干燥方式，所得产品中萜烯类化合物均较鲜样有所减少，其中真空冷冻干燥后萜烯类化合物损失最多，造成了芒果特征香气的最大损失；变温压差膨化干燥处理后所得产品萜烯类化合物损失最少，在最大程度上保持了芒果的特征香气。3)对比4种不同的干燥方式，所得产品中醛类、酯类、烷烃类等化合物均有增加，其中真空冷冻干燥和变温压差膨化干燥处理所得产品还有酚类化合物的产生。

参考文献：

- [1] 张劲. 芒果香气特征分析研究[D]. 南宁: 广西大学, 2011: 4-5.
- [2] 陶晨, 王道平, 杨小生, 等. 固相微萃取气相色谱质谱法分析芒果中的香气成分[J]. 黔南民族医学学报, 2009, 22(4): 241-242; 247.
- [3] VILLA-CORRALES L, FLORES-PRIETO J J, XAMÁN-VILLASEÑOR J P, et al. Numerical and experimental analysis of heat and moisture transfer during drying of Ataulfo mango[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 98(2): 198-206.
- [4] 余锦春. 脱水芒果块生产线的研究[J]. 食品工业科技, 1995(4): 4-6.

- [5] 陈燕, 陈羽白. 荔枝的微波干燥特性及其对品质的影响研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 192-194.
- [6] 张俊松, 王建民, 张文叶, 等. 超高压处理对芒果汁香气成分的影响[J]. 中国食品学报, 2008, 8(2): 118-122.
- [7] TORRES J D, CHIRALT A, ESCRICHE I. Development of volatile fraction of fresh cut osmotically treated mango during cold storage[J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 921-927.
- [8] 胡国栋. 固相微萃取技术的进展及其在食品分析中应用的现状[J]. 色谱, 2009, 27(1): 1-8.
- [9] SIMPSON R F, MILLER G C. Aroma composition of Chardonnay wine[J]. Vitis, 1984, 23: 143-158.
- [10] DEA S, BRECHT J K, NUNES M C N, et al. Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water- treated fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 56(2): 171-180.
- [11] TORRES J D, TALENS P, CAROT J M, et al. Volatile profile of mango (*Mangifera indica* L.), as affected by osmotic dehydration[J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 219-228.
- [12] PINO J A, QUERIS O. Analysis of volatile compounds of mango wine[J]. Food Chemistry, 2011, 125(4): 1141-1146.
- [13] 鲁周民, 闫忠心, 刘坤, 等. 不同温度对干制红枣香气成分的影响[J]. 深圳大学学报: 理工版, 2010, 27(4): 490-496.
- [14] 张峻松, 许小博, 毛多斌, 等. 不同干燥方法对葡萄干香气成分的影响[C]//第五届国际葡萄与葡萄酒学术研讨会论文集. 杨凌: 陕西人民出版社, 2007: 258-263.
- [15] 苏红霞, 王燕, 张敬, 等. 食用玫瑰花处理工艺技术的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(2): 161-165.
- [16] HUBER U A. Homofuranoeol: a powerful tool to prepare and improve sophisticated high quality flavor[J]. Perfume and Flavor, 1992, 17(4): 15-19.
- [17] SHIBAMOTO T, TAMG G C. Minor tropical fruit-mango papaya passion fruit and guava in food flavor[M]. Amsterdam: Elsevier, 1990: 221-234.
- [18] 夏涛, 时思全, 宛晓春. 微波、超声波浸提对茶汤香气的影响[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(3): 99-102.
- [19] 余炼, 滕建文, 左俊, 等. 广西百色地区不同品种芒果香气成分分析[J]. 现代食品科技, 2008, 24(3): 276-280.
- [20] 魏长宾, 马蔚红, 武红霞, 等. 红芒6号果实成熟阶段香气成分研究[J]. 亚热带植物科学, 2007, 36(2): 1-3.
- [21] 左俊. 芒果香气成分分析及加工过程中芒果香气变化的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008: 42.