

发酵香肠风味物质气质分析及与发酵时间的关系

The flavor compounds in fermented sausages analyzed by GC-MS and its relationship with fermentation time

李 佳^{1,2} 刘忠义^{1,2} 付 满¹ 刘红艳² 吴小艳² 李 汀²

LI Jia^{1,2} LIU Zhong-yi^{1,2} FU Man¹ LIU Hong-yan² WU Xiao-yan² LI Ting²

(1. 广西高校北部湾特色海产品资源开发与高值化利用重点实验室[北部湾大学],

广西 钦州 535000; 2. 湘潭大学化工学院, 湖南 湘潭 411105)

(1. Guangxi Colleges and Universities Key Laboratory of Development and High-value Utilization
of Beibu Gulf Seafood Resources, Qinzhou, Guangxi 535000, China; 2. College of Chemical
Engineering, Xiangtan, Hunan 411105, China)

摘要:分析取样量、萃取时间、萃取温度3个因素对发酵香肠中挥发性成分萃取效果的影响,并对发酵6、9 h的香肠中的香气成分进行了比较分析。结果表明:发酵香肠中风味物质的抽提条件为样品质量3.0 g,萃取时间50 min,萃取温度60 ℃。从发酵6、9 h的香肠中分别鉴定出54、20种香气成分;酯类物质是发酵6 h肠中主要挥发性成分,而发酵9 h肠中主要成分为醇类,其中70.9%是乙醇,乙醇谱峰远高于其他化合物的谱峰,掩盖了其他化合物的谱峰。发酵6 h与发酵9 h的香肠中香气成分组成及相对含量具有明显的差异性。就风味物质而言,发酵6 h的效果优于发酵9 h的。

关键词:人工发酵剂;发酵香肠;风味物质;气相色谱—质谱联用分析

Abstract: The single factor test was used to analyze the influence of the three factors, sample mass, extraction time and extraction temperature, on the extraction effect of flavor substances from the fermented sausage. And the aroma components from sausages fermented for 6 h and 9 h at 32 ℃ were compared. The results showed that the optimized extraction conditions were the sample mass of 3.0 g when extracted for 50 min at 60 ℃. The 54 and 20 aroma components were respectively identified in sausages fermented for 6 h and 9 h. The esters were found the main volatile components in the sausages fermented for 6 h, while alcohols were the main ones in those fermented for 9 h. Owing to 70.9%

of the alcohols content, the peak of the ethanol spectrum was much higher than those of other compounds, which masked the peaks of other compounds. The composition and relative content of aroma components in sausages respectively fermented for 6 h and 9 h had obvious differences. In terms of flavor substances, the effect of 6 h fermentation was better than that of 9 h fermentation.

Keywords: artificial starter; fermented sausage; aroma components; gas chromatography-mass spectrometry analysis

发酵肉制品在发酵及成熟过程中,由于微生物的发酵作用,使得蛋白质、糖类和脂肪降解,产生多种挥发性成分如烷烃类、醇类、醛类、酮类、酯类、酚类等化合物^[1-2]。这些风味物质的存在很可能决定了产品的感官风格,是评价香肠品质的重要指标。

顶空(HS)—固相微萃取(SPME)技术是提取样品挥发性风味物质的处理技术,具有快速简便、无需溶剂萃取以及使用条件温和的优点^[2,4],可直接与气相—质谱连接鉴定挥发性风味组分。目前,SPME处理技术已广泛应用于发酵肉制品^[2]、香精香料以及其他各类食品中挥发性化合物成分的分析^[4-6]。

传统的发酵肉制品一般在低温环境经过长时间的发酵和干燥,风味独特^[2]。但是生产加工周期很长,菌相复杂,且成本高昂。因此,非常有必要接种人工菌种,改进加工工艺,提高发酵肉制品的食用安全性,缩短发酵生产时间。有试验表明,在32 ℃的温度下,添加人工发酵剂发酵6~9 h可以获得高食用安全品质的发酵香肠^[7];在添加人工发酵剂,大幅度缩短发酵生产时间,低于30 g/kg食盐添加量的条件下,也能很好保障产品的食用安全性^[8]。

基金项目: 湖南省农业科技支撑重点(编号:2017NK2092, 2015NK3034)

作者简介: 李佳,女,北部湾大学在读硕士研究生。

通信作者: 刘忠义(1964—),男,北部湾大学教授,博士。

E-mail: lzyly08@126.com

收稿日期: 2019-01-21

尽管已有不少关于传统发酵肉制品或者半发酵肉制品的相关风味研究^{[1-2][3]2-5},但是基本上是以成品为研究对象,而发酵时间与肉制品风味的关系研究较少见,尤其是基本未见接种纯培养物短时间发酵即完成发酵的发酵肉制品的风味研究。本研究拟采用 SPME 技术并结合气相-质谱(GC-MS)对 32 ℃ 发酵 6 h 及 9 h 香肠的挥发性成分进行分析和鉴定,并对 2 种香肠的风味品质与质量做进一步的比较和判断,以为发酵香肠的技术应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

新鲜猪肉:湘潭大学购物中心;

乳酸菌发酵剂: 3.12×10^9 CFU/g,北京川秀科技有限公司;

酵母发酵剂: 3.95×10^9 CFU/g,安琪酵母股份有限公司;

肠衣:谭氏百盛电子商务有限公司;

五香粉、姜粉:食品级,上海味好美食品有限公司;

红曲粉:食品级,上海佳杰天然食品色素有限公司;

磷酸盐:食品级,市售;

白糖:食品级,广州福正东海食品有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

气相色谱-质谱联用仪:GCMS-QP2010Plus 型,美国安捷伦公司;

电子分析天平:PTX-FA-110 型,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 发酵香肠的制备 参考文献[8]。

(1) 香肠配方(质量分数,以肉总量百分比计):2.0%食盐,0.2%味精,0.3%胡椒粉,0.2%姜粉,0.2%五香粉,2.4%白糖,0.1%红曲粉,0.1%磷酸盐,0.8%酱油,2.4%黄酒。

(2) 制备方法:瘦肉加入准备好的腌制剂在 2 ℃ 冷藏柜腌制 18 h;然后肥、瘦肉按照 5:3 的比例混合,加入质量分数 0.08%(以肉总量百分比计)乳酸菌和 0.04%酵母后灌肠,将其置于 (32 ± 1) ℃、相对湿度 75%~80%下发酵 6 h 或者 9 h;然后在 (70 ± 1) ℃ 的恒温箱中干燥 2 h。

1.2.1 GC-MS 分析样品的制备 分别将发酵 6、9 h 的香肠绞碎,称取一定量的样品置于萃取瓶内,密封后将 SPME(50 μ m PDMS)针管穿透萃取瓶隔垫,插入瓶内,推动手柄使萃取头伸入样品上部完成顶空吸附过程,应保证萃取纤维头不要触碰到样品,且每次试验萃取头与样品距离一致,在规定条件下恒温水浴加热,萃取完毕迅速插入 GC 进样口,解析 5 min 后,取出 SPME 手柄及萃

取头。

1.2.2 色谱条件 毛细管柱(DB-5,60 m $\times$ 0.25 mm,0.25 μ m);柱温 40 ℃ 保持 5 min,再以 20 ℃/min 程序升温到 120 ℃,而后以 5 ℃/min 程序升温到 190 ℃,之后以 0.5 ℃/min 程序升温到 198 ℃,最后以 5 ℃/min 程序升温到 250 ℃,保持 5 min。进样口温度 250 ℃;载气(He)流量 1 mL/min;解析温度 250 ℃;不分流模式进样。

传输线温度 280 ℃;四级杆温度 150 ℃;离子源温度 230 ℃;扫描范围 m/z 33~450;电离电压 70 eV。

1.2.3 SPME 萃取条件单因素试验 参照文献[2,9],在确定解析时间为 5 min 的前提下研究取样量(2.5,3.0,3.5,4.0,4.5 g 5 个梯度,萃取时间 50 min,萃取温度 60 ℃)、萃取时间(35,40,45,50,55 min 5 个梯度,样品量 3.0 g,萃取温度 60 ℃)、萃取温度(50,55,60,65,70 ℃ 5 个梯度,选取样品量 3.0 g,萃取时间 50 min)3 个因素对萃取效果的影响。将总峰面积设为主要考察指标,有效出峰数(相对峰面积 $\geq 0.1\%$)设为辅助指标。

1.2.4 发酵香肠样品的分析 按照前述单因素试验得出的最佳萃取条件分别对 32 ℃ 发酵 6 h 和 9 h 2 种香肠样品挥发性物质进行萃取后,直接在 GC-MS 上机分析。

1.2.5 数据处理 所有试验重复 3 次。用 SPSS statistix 16.0 统计分析软件进行均值计算及方差分析,数值以(均值 $\pm$ 标准差)表示, $P < 0.05$ 即表示差异显著。作图采用 Origin 8.5。

2 结果与分析

2.1 取样量对萃取效果的影响

受样品的挥发性化合物种类、萃取瓶的容量等因素的影响,样品的质量会影响萃取效果。如图 1 所示,样品量从 2.5~3.0 g 时,随着样品质量的提高,出峰面积和数量随之增加;此后,当样品质量进一步增加时,出峰面积和数量随之下降。萃取涂层对萃取品种挥发性风味物质的吸附量与其在瓶内的浓度有关^[2,9],当萃取品内挥发性化合物浓度较低时,增加其浓度能增加其萃取量。然而,固相微萃取头的吸附量与萃取瓶的有效空间有关^[2,9],当

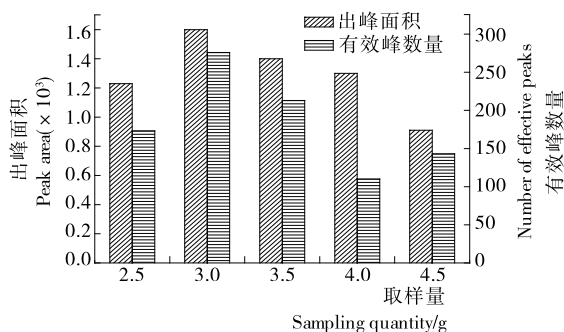


图 1 样品质量对萃取效果的影响

Figure 1 Effect of sample quality on extraction effect

样品质量达到 3.0 g 以上时,样品占了瓶内较大的空间,挤占了萃取瓶的有效空间,导致出峰面积反而降低,且此时相对面积占优势的峰所对应的物质相对浓度更高,会影响相对浓度低的物质的吸附,因此,出峰数量会同时减小。

2.2 萃取时间对萃取效果的影响

如图 2 所示,随着萃取时间的延长,出峰面积和数量在 35~50 min 范围内呈增加趋势,萃取时间为 50 min 时,峰面积达到最大值。而当萃取时间增加到 55 min 时,峰面积略有上升,但出峰数量略有减少。由于挥发性物质在萃取头、顶空相、介质相存在扩散分配过程,SPME 萃取纤维头需要一定的时间才能达到吸附平衡^[9],因此萃取初期吸附量增加会较为迅速,随着时间的延长,萃取头上吸附的物质又逐渐解吸,长时间的萃取对萃取涂层有一定的损耗以及可能导致组分之间发生化学反应,萃取时间到 55 min 时,峰面积增加,但出峰数量却有所下降,可能是萃取头上部分物质的解吸,但个别挥发性较好的化合物浓度快速增加,因此出现峰面积增加但出峰数量却略有降低,故此选择 50 min 萃取时间为宜。

2.3 萃取温度对萃取效果的影响

如图 3 所示 PDMS,不同温度下具有不同的萃取效果,萃取温度在 60 °C 时具有最大的峰面积和数量,在此

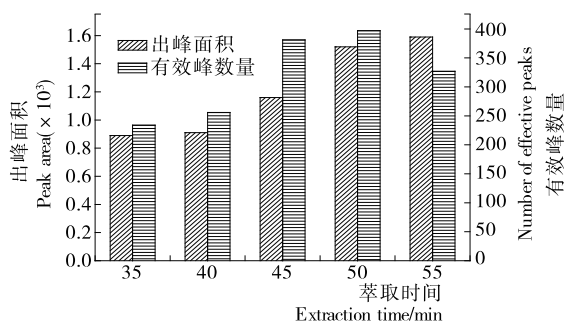


图 2 萃取时间对萃取效果的影响

Figure 2 Effect of extraction time on extraction efficiency

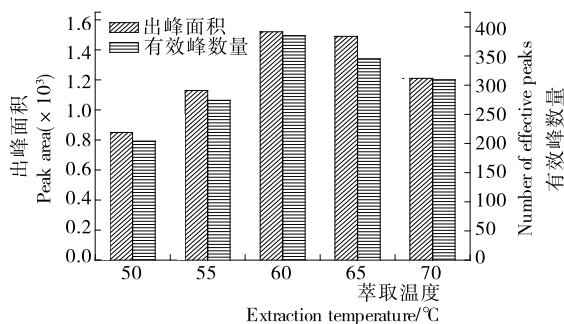


图 3 萃取温度对萃取效果的影响

Figure 3 Effect of extraction temperature on extraction efficiency

温度上随着温度的减少和上升,峰面积均呈下降趋势,但高于此温度,峰面积下降的速率变缓。各挥发性物质在各相之间的分配及速度也受温度影响,温度升高加快了瓶内挥发性物质分子的热运动,有利于扩散,但温度进一步升高可能使风味物质之间发生热聚合反应^[2]。根据试验结果,选择 60 °C 萃取温度较为合适。

2.4 发酵香肠挥发性成分分析

2.4.1 发酵香肠中检出的挥发性成分 发酵香肠的挥发性物质的总离子流图见图 4,风味成分种类与其相对含量见表 1。

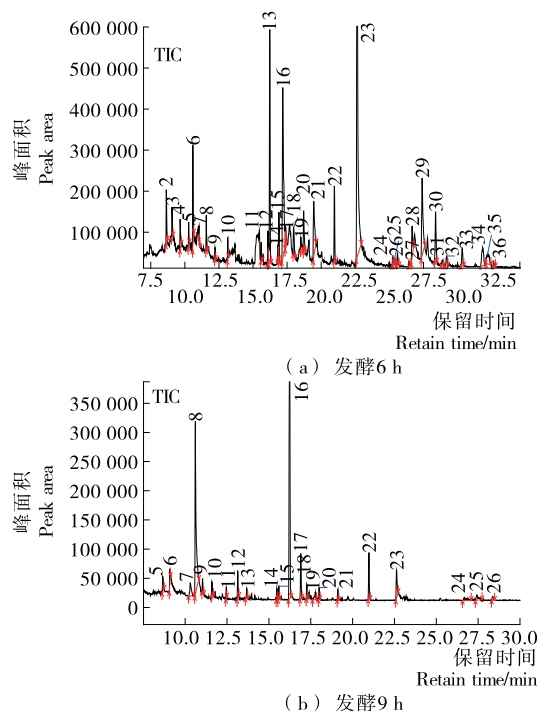


图 4 发酵香肠的挥发性化合物总离子图

Figure 4 Total ion graph of volatile compounds in fermented sausages

2.4.2 2 种香肠中挥发性成分的差别 如表 1 和表 2 所示,发酵 6 h 的香肠中相对含量最多的是酯类物质,其后依次是醇类、酸类、醛类、烷烃、酮类,而发酵 9 h 香肠中相对含量最多的为醇类(主要是乙醇)、其次为酮类、酯类、烷烃类、酸类、醛类。

发酵 6 h 的发酵香肠中鉴定出的挥发性风味成分有 54 种,主要包括烷烃类物质 5 种,醛类 2 种、酯类 19 种,酮类 4 种、醇类 9 种、酸类 4 种、以及相对峰面积合计达 43.39% 的 11 种其他类别的化合物(包括胺类、萜烯类、含硫化合物、苯酚类及醚类物质),在发酵香肠中,脂环化合物具有浓郁的肉香味^[10-12];其次是酯类物质,共 19 种,占总挥发性风味含量 18.90%。酯类可能来源于脂质、蛋白质分解氧化反应及其 Strecker 降解和 Maillard 反

应^[13],此外也可能源自乳酸菌和酵母菌的发酵。含硫化合物 2-苯胺基苯硫酚可能是硫胺素降解或者一些含硫氨基酸如蛋氨酸、半胱氨酸、胱氨酸产生^[14],其阈值较低但含量不高。

与发酵 6 h 相比,发酵 9 h 的发酵香肠中的香气成分存在明显的差别,测定出的挥发性风味成分种类数目大幅减少,共 20 种,其中,相较发酵 6 h 的香肠而言,酯类香

气成分种类数大幅减少,从发酵 6 h 时的 18 种减至 2 种,仅为总含量的 4.52%;醇类物质含量发酵到 9 h,其种类数从 9 种降到了 4 种,相对含量却增加到了 74.37%。醇类物质的相对含量增加主要是由于酵母的发酵导致乙醇含量大幅增加,而种类数的减少则可能由于发生酯化反应或氧化反应^[15],导致其他醇类相对含量降低,在分析过程中被其他物质所掩盖而未被检测到。相对含量过高的

表 1 2 种香肠的主要挥发性风味物质及其相对含量

Table 1 Volatile flavor compounds and their relative content in two sausages by HS-SPME-GC-MS

化合物 种类	化合物 名称	保留时 间/min	相对含量/%		化合物 种类	化合物 名称	保留时 间/min	相对含量/%		
			发酵 6 h	发酵 9 h				发酵 6 h	发酵 9 h	
烷烃类	氨基十一烷	13.155	0.28	—	酮类	4-辛酮	17.400	0.18	—	
	6-氨基十一烷	16.833	0.24	1.45		3-羟基-2-丁酮	1.737	4.32	6.89	
	2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷	19.110	0.14	0.13	乙醇	0.930	12.79	70.92		
	异丁基环戊烷	11.585	0.28	—	松油醇	10.284	0.29	—		
	异丁基环己烷	17.676	0.27	—	乙基芳樟醇	11.577	0.50	—		
	2-溴-2-甲基丁烷	15.485	—	0.15	薄荷醇	12.220	0.14	—		
	1-甲基-2-(3-甲基戊基)环丙烷	11.600	—	0.54	法尼醇	15.610	0.26	—		
醛类	1,1,2-三氯乙烷	3.250	—	0.73	醇类	(+)-雪松醇	15.595	0.18	0.13	
	壬醛	8.660	0.85	0.22		2-甲基-3-壬醇	28.888	0.13	—	
	桔萜醛	10.594	1.04	—		3-甲基-1,5-戊二醇	12.216	0.10	—	
	6-己内酯	9.062	0.42	0.16		三甲基戊醇	17.257	0.34	—	
	正十一烷基酯	9.660	0.44	—		4-庚醇	26.687	—	0.14	
酯类	己二酸二丁氧基乙酯	16.226	4.16	—	酸类	2,5-二甲基-3,4-己烷二醇	27.438	—	0.18	
	丙烯酸十八酯	17.195	5.24	—		肉豆蔻酸	18.729	0.86	—	
	4-氧代-环己基乙酸酯	18.508	0.41	—		棕榈酸	22.644	4.62	0.44	
	2-乙基己基己二酸氢酯	19.466	1.68	—		硬脂酸	27.408	2.50	—	
	1,5-辛内酯	26.428	0.13	—		酮丙二酸	1.867	—	0.35	
	9-十六碳烯酸乙酯	26.674	0.72	—	乙酸	15.100	3.18	4.01		
	芥酸甲酯	29.208	0.27	—	二辛基甲胺	17.981	0.68	0.15		
	1,3-二硬脂酸甘油酯	32.196	0.64	—	二甲胺	1.840	0.09	—		
	硬脂酸乙酯	32.666	0.10	—	乙胺	0.967	39.96	—		
	丁二酸二丁酯	41.023	0.24	—	三辛胺	31.863	0.89	—		
	硬脂酸异丙内酯	42.217	0.10	—	戊基苯	9.158	0.12	—		
	苯甲酸乙酯	43.527	0.08	—	2-苯胺基苯硫酚	28.382	—	0.08		
	三氯乙酸辛基酯	9.657	0.05	—	其他化合物	4-仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚	10.610	—	0.20	
	己二酸双 2-丁氧基乙酯	16.226	3.27	4.36		角鲨烯	50.221	0.29	—	
亚硝戊酯	27.421	0.33	—	8-甲基-1-癸烯		10.300	0.23	—		
癸酸乙酯	40.979	0.15	—	2,6-二甲基庚-1,5-二烯		50.204	0.12	—		
2-单棕榈酸甘油酯	22.617	0.47	—	烯丙基辛基醚		15.730	0.15	—		
酮类	2-十九烷酮	17.425	0.50	—		正己基正辛醚	25.601	0.24	—	
	4-丁基-2-氧杂卓酮	25.387	0.11	—		茴香脑	10.608	0.62	2.97	
								不知名化合物	3.61	2.80

表 2 两种香肠中挥发性风味物质的差别

Table 2 Difference of volatile flavor compounds in fermented sausages

化合物种类	发酵 6 h		发酵 9 h	
	数量	相对含量/%	数量	相对含量/%
烷烃类	5	1.21	5	3.00
醛类	2	1.89	1	0.22
脂类	19	18.90	2	4.52
酮类	4	5.11	1	6.89
醇类	9	14.73	4	74.37
酸类	4	11.16	3	4.80
其他化合物	12	47.00	5	6.20
合计	55	100.00	21	100.00

乙醇还可能是导致发酵 9 h 香肠中挥发性物质被检出种类大幅减少的关键原因。

(1) 酯类:发酵 6 h 的香肠中含有较为丰富的酯类物质,共计检出 19 种之多,与目前有关于发酵香肠的研究^[10-14]差异极大,可能是由于发酵以及干燥的时间不同所导致的。本试验中发酵 9 h 的香肠中也只检出 6-己内酯和己二酸双 2-丁氧基乙酯 2 种脂类化合物。酯类多具有花香和水果香,对风味具有特殊的贡献。有研究^[16]表明,腌制火腿的特征风味与乙酯类物质(尤其是带甲基支链的短链酯)有关。发酵 6 h 的香肠中己二酸二丁氧基乙酯在香肠中的相对峰面积最高,达到了 4.16%。此外,在发酵 6 h 的香肠中,还检测出了 6-己内酯、1,5-辛内酯、硬脂酸异丙内酯,其相对峰面积达到了 0.65%。内酯类化合物对许多食品赋予了桃子、椰子等果香味,甚至在稀释之后还会散发出另一种水果的香味^[17]。在酯类物质的种类和相对峰面积上,6 h 的发酵香肠具有明显的优势。

(2) 醇类:醇类主源于糖类的微生物发酵代谢及脂肪的氧化,香肠发酵过程中产生的脂肪酶对这一过程影响显著,从而影响产品的最终风味^[18-19]。发酵 6 h 的香肠中醇类物质的种类更为丰富,发酵 9 h 后的香肠则在相对峰面积上高得多,且主要是以乙醇的形式存在。醇类物质中的芳香醇也可能来自天然香辛料。发酵 6 h 的香肠中检出松油醇、薄荷醇和(+)-雪松醇,芳香醇类挥发性物质的阈值通常较低,即较低的含量便能表现出较强的风味特征,因此这些物质在风味构成中的作用也不容忽视;脂肪醇主要有芳樟醇(具柠檬香味,又具有浓青带甜的本青气息,似玫瑰木香气,更似刚出炉的绿茶青香,既有紫丁香、铃兰香与玫瑰的花香,又有木香、果香气息)、法尼醇和三甲戊醇等,脂肪醇挥发性相对较弱。发酵 9 h 后的香肠乙醇占了 70.92%,同时检出了 4-庚醇及 2,5-二甲基-3,4-己烷二醇(发酵 6 h 香肠中未检出)。大多数醇类物质阈值较高,但具有甜香味,并且对醛类、酯类物质产

生是必不可少的,对香肠整体风味具有改善作用。

(3) 酸类:酸类物质对酯类物质的生成至关重要,另外,产品的风味复杂性及独有的感官风味特点也离不开酸类物质。发酵 9 h 的香肠的种类和数目较发酵 6 h 的香肠有一定的差异。两组中均检出共同成分棕榈酸和乙酸,但发酵 6 h 香肠中还检出肉豆蔻酸、硬脂酸,而发酵 9 h 香肠中则还检出丙二酸。

(4) 酮类和醛类:酮类物质一般由美拉德反应产生,酮类物质风味成分一般呈奶油味^[20],并且阈值较低,是重要的香气成分^[21]。发酵 6 h 和发酵 9 h 肠中主要挥发性风味物质 3-羟基-2-丁酮,其相对峰面积分别为 4.32%和 6.89%,发酵 6 h 肠中还检测到一定的 4-辛酮、4-丁基-2-氧杂卓酮、2-十九烷酮。酮类物质是醇的氧化产物或酯类分解产物,2 种肠中酮类物质的差异可能与酯类物质的含量有关。

值得一提的是,醛类化合物在两种肠中种类都较少,发酵 6 h 的香肠中检出壬醛和枯茗醛,其相对含量为 1.89%,发酵 9 h 香肠中仅检出相对含量为 0.22%的壬醛。壬醛呈青草和生脂肪味,枯茗醛呈青草香和药草香^[22]。

(5) 其他化合物:发酵 6 h 和 9 h 肠中均检出 5 种烃类物质,含两种共同成分。烃类化合物通常都具有高芳香阈值,对于香肠的整体风味贡献不大。

其他类型的挥发性物质主要包括胺类 5 种、萜烯类 3 种、醚类 3 种、苯酚类 2 种。

香肠中的萜烯类物质主要来源于添加的香辛料,萜烯类物质通常为强呈味的挥发性风味物质,具有一定的香辣味,在食品调味料中有广泛的应用。在本试验的腌制过程中,添加了白胡椒粉、五香粉、姜粉等香辛料,在 6 h 发酵肠中检测到了角鲨烯、8-甲基-1-癸烯和 2,6-二甲基庚-1,5-二烯,其相对含量占总挥发性物质 0.64%,但 9 h 发酵肠中并未检测到,可能与这类物质较强的挥发性有关,这与张春晖的研究结果很类似^[23]。

醚类中检出的茴香脑也可能来源于添加的香料,具有八角茴香经典气味。

发酵 6 h 未检测出苯酚类物质,而发酵 9 h 检出 2-苯胺基苯硫酚、4-仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚,占总挥发性风味物质 0.28%,与一些发酵香肠研究不同的是,本试验中苯酚类物质含量较低,主要是由于未采用烟熏工艺,少量的苯酚可能来源于苯甲醛和苯丙氨酸在微生物作用下的分解^[24]。

风味物质的鉴定离不开人体嗅觉的感官分析,但使用仪器分析来检测风味成分也非常重要^[25]。试验中发现发酵 6 h 的香肠在口感及风味上更为浓郁香醇,其感官评价得分值达 81.2 分;发酵 9 h 的香肠的口感及风味稍差,其感官评价得分值为 79 分,这种口感和风味上的差异利用 HS-SPME-GC-MS 技术分析得到了验证。

3 结论

(1) 利用单因素分析方法,分析了取样量、萃取时间、萃取温度 3 个因素对萃取效果的影响,优化了 SPME 的萃取条件,即样品质量为 3.0 g、萃取时间为 50 min,萃取温度为 60 ℃。

(2) 在优化的萃取条件下,利用 HS-SPME-GC-MS 技术分析比较了发酵 6 h 和 9 h 香肠挥发性风味物质的差异。发酵 6 h 的发酵香肠中被鉴定出的挥发性风味成分有 54 种,包括烷烃类物质 5 种、酯类 19 种、酮类 4 种、醛类 2 种、醇类 9 种、酸类 4 种以及胺类、萜烯类、含硫化合物、苯酚类及醚类等其他类别的化合物 11 种;发酵 9 h 的发酵香肠中被鉴定出 20 种挥发性风味物质,其中烷烃类 5 种、酯类 2 种、酮类 1 种、醛类 1 种、醇类 4 种、酸类 3 种及其他类化合物 4 种。各香气成分中的相对含量也有明显差异性。数据显示,两种香肠挥发性成分组成差异比较大,发酵 6 h 香肠在风味成分的种类及成分上更具优势。

(3) 进一步的研究将针对不同益生菌菌种及不同菌种组合对发酵风味的影响,确定对特征发酵风味具有关键作用的主香成分,以及接种发酵香肠保藏过程中的风味变化。

参考文献

- [1] 董庆利,李保国,管骁.亚硝酸盐对腌腊肉制品风味的影响[J].肉类研究,2008,10(10):55-59.
- [2] 刘晓丽,朱晓阳,翟海港,等.利用 GC-MS-SPME 分析发酵香肠的风味[J].肉类工业,2008,27(1):23-24.
- [3] 李鑫.吹扫捕集/顶空固相微萃取-气质联用分析金华火腿挥发性风味物质[D].南京:南京农业大学,2014.
- [4] 兰欣,汪东风,张莉,等.HS-SPME 法结合 GC-MS 分析崂山绿茶的香气成分[J].食品与机械,2012,28(5):96-101.
- [5] 董丽,邢钧,吴采樱.香精香料的分析方法进展[J].分析科学学报,2003,19(2):188-192.
- [6] 卫春会,边名鸿,黄治国,等.桑椹酒香气成分的 HS-SPME-GC-MS 分析[J].食品与机械,2013,29(5):27-30.
- [7] 李佳,刘忠义,陈虞,等.人工发酵剂混合发酵对香肠安全品质指标变化规律的影响[J].农产品加工:学刊,2018(8):48-53.
- [8] 李佳,刘忠义,陈虞,等.食盐对接种发酵剂的香肠发酵过程中安全质量指标的影响[J].食品与机械,2018,34(5):193-197.
- [9] 周珊,赵立文,马腾蛟,等.固相微萃取(SPME)技术基本理论及应用进展[J].现代科学仪器,2006(2):86-90.
- [10] HUAN Yan-jun, ZHOU Guang-hong, ZHAO Gai-ming, et al. Changes of flavor compounds in Chinese Jinhua ham during processing[J]. Meat Science, 2005, 71(2): 291-299.
- [11] JORGE R, JESUS V, RAMBN C, et al. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process[J]. Meat Science, 1999, 52(1): 19-27.
- [12] DWIVEDI B K, SHAHANI K M, ARNOLD R G. The role of enzymes in food flavors part I: Dairy products[J]. CRC Critical Reviews in Food Technology, 1973, 3(4): 457-478.
- [13] 李文采,刘英丽,张慧娟,等.HS-SPME-GC/MS 分析两种萨拉米香肠中挥发性化合物[J].食品工业科技,2015(7):295-303.
- [14] BUTTERY R C, HADDON W F, SEIFERT R M, et al. Thiamine odor and bis (2-methyl-3-furyl) disulfide [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1984, 32(3): 674-676.
- [15] 雷华威,李榕,樊康,等.不同菌种对中式发酵香肠风味的影响[J].食品与机械,2011,27(5):19-24.
- [16] MOTILVA M J, TOLDRA F, NIETO P, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham[J]. Food Chemistry, 1993, 48(2): 121-125.
- [17] 宋焕禄.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008:187-188.
- [18] PAN B S, KOU J M. Flavor of shellfish and Kamaboko flavourants[M]. New York: Blackie Academic and Professional, 1994: 85-114.
- [19] JEAN L B, CHRISTIAN D, JEAN L L Q, et al. Volatile components of dry-cured ham[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(1): 257-261.
- [20] SUMMO C, CAPONIO F, TRICARICO F, et al. Evolutive of the volatile compounds of ripened sausages as a function of both storage time and composition of packaging atmosphere[J]. Meat Science, 2010, 86(3): 839-844.
- [21] 周芳.酱肉加工工艺及挥发性风味物质研究[D].重庆:西南大学,2008:55-58.
- [22] 孙宝国.食用调香术[M].北京:化学工业出版社,2003:38.
- [23] 张春晖,王玉芬.发酵香肠成熟过程中风味成分变化分析[C]//中国肉类科技大会.西安:食品科技杂志社,2005:185-187.
- [24] IANA A, OLGA G, ICIAR A, et al. Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry fermented sausage: Chorizo de Pamplona[J]. Food Research International, 2001, 34(5): 67-75.
- [25] 张春晖.发酵香肠成熟前后挥发性成分的固相微萃取-GC-MS 分析[J].分析测试学报,2004,23(6):40-43.