

生产季节对安岳坛子肉挥发性风味物质的影响

Effects of different production seasons on volatile flavor compounds of Anyue ceramic-pot sealed meat

刘 威¹ 肖 岚¹ 杨 芳¹ 李 娟²

LIU Wei¹ XIAO Lan¹ YANG Fang¹ LI Juan²

何 莲¹ 周李鑫¹ 杨 康¹

HE Lian¹ ZHOU Li-xin¹ YANG Kang¹

(1. 四川旅游学院食品学院, 四川 成都 610100; 2. 成都农业科技职业学院, 四川 成都 610000)

(1. College of Food Science, Sichuan University of Tourism, Chengdu, Sichuan 610100, China;

2. Chengdu Agricultural Technology Vocational College, Chengdu, Sichuan 610000, China)

摘要:采集1,4,7,10月生产的坛子肉作为试验样品,利用电子鼻、电子舌以及顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用法(HS-SPME-GC-MS)对样品中挥发性风味物质进行分析和鉴定。结果表明,各季节生产的坛子肉的风味无显著差异($P>0.05$);1月和4月坛子肉在气味上有显著差异($P<0.05$),其他坛子肉间差异不显著($P>0.05$);1月和10月坛子肉在滋味上有极显著差异($P<0.01$),而其他坛子肉间差异显著($P<0.05$)。各坛子肉中挥发性物质种类及相对含量差异较大,1月,4月,7月和10月坛子肉中分别检出53,56,73,70种挥发性物质,其中4月坛子肉的挥发性物质相对含量最高(88.60%),7月的最低(50.68%)。说明低温长时间发酵有利于坛子肉特征风味物质的形成。

关键词:坛子肉;风味物质;判别因子分析;生产季节;感官品质

Abstract: The samples of Anyue ceramic-pot sealed meat produced in January, April, July and October were collected and analyzed by electronic nose, electronic tongue and headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Artificial sensory evaluation showed that there was no significant difference in the flavor of each Anyue ceramic-pot sealed meat sample ($P>0.05$). Electronic nose analysis showed that Anyue ceramic-pot sealed meat had significant difference in odor between January and April ($P<0.05$), while other

samples had no significant difference ($P>0.05$). Electronic tongue analysis showed that Anyue ceramic-pot sealed meat produced in January and October had significant difference in taste ($P<0.01$), and other samples also had significant difference ($P<0.05$). GC-MS analysis showed that there were significant differences in the types and relative contents of volatile substances among the samples. 53 kinds of volatile substances were detected in the ceramic-pot sealed meat of January, and 56 kinds of them were detected in the ceramic-pot sealed meat of April, with the relative content of volatile substances as high as 88.60%. 73 kinds of volatile substances were detected in the ceramic-pot sealed meat of July, with the relative content of volatile substances only 50.68%, and 70 kinds of them were detected in the ceramic-pot sealed meat of October. The characteristic flavor substances in fermented Anyue ceramic-pot sealed meat mainly include ethanol, acetaldehyde, 1-octene-3-alcohol, 3-hydroxy-2-butanone, acetic acid and ethyl acetate. Moreover, the characteristic flavor substances in Anyue ceramic-pot sealed meat produced in different seasons were different. Isoamyl alcohol, 2,2,4,6,6-pentamethylheptane, 4-hydroxy-2-butanone and ethyl propionate may be the characteristic flavor substances of Anyue ceramic-pot sealed meat produced in January. Amyl formate, furan, acetone, n-hexane and carbon disulfide may be the characteristic flavor substances of Anyue ceramic-pot sealed meat produced in April. 1, 3, 5-trimethylbenzene may be the characteristic flavor substance of Anyue ceramic-pot sealed meat produced in July. Butyl acetate, ethyl propionate, 3-ethyl-2,5-methylpyrazine, 1, 3-divinylbenzene and n-ethylpropionamide may be the characteristic flavor substance of Anyue ceramic-pot sealed meat produced in October. Low temperature and long term fermentation was beneficial to the formation of characteristic

基金项目:四川省大学生创新项目(编号:S202011552123)

作者简介:刘威,男,四川旅游学院在读本科生。

通信作者:肖岚(1981—),女,四川旅游学院副教授,博士。

E-mail: 30430664@qq.com

收稿日期:2019-10-07

flavor substances in Anyue ceramic-pot sealed meat.

Keywords: Anyue ceramic-pot sealed meat; flavor compounds; discriminant factor analysis; production season; sensory quality

安岳坛子肉是一种历史悠久的四川传统肉制品,是将猪五花肉经油炸后再拌入香辛料,一层萝卜丝一层肉入陶坛发酵而形成的发酵肉制品,具有浓郁的酱香味,且脂肪部分晶莹剔透、肥而不腻。发酵肉在发酵及成熟过程中产生各种风味物质,如酯类、醇类、醛类、酮类、酚类等,影响发酵肉的风味品质^[1],此外,发酵时间、发酵温度、发酵微生物的群落结构等会影响发酵肉的发酵及成熟,从而影响发酵肉独特风味的形成。目前,关于发酵肉的微生态系统及其风味形成机理的研究较多,例如汉源罐罐肉^[2]、湖南坛子肉^[3]、发酵火腿^[4-5]、发酵香肠^[6]、板鸭^[7]、酸肉^[8]、发酵腊肉^[9-10],而关于安岳坛子肉风味形成机理的研究尚未见报道。

安岳坛子肉一年四季均可生产,目前坛子肉生产企业仍采用传统发酵工艺以手工进行生产,发酵车间未采用恒温恒湿技术。由于冬季环境温度较低,发酵时间较长(60~80 d),而夏季环境温度较高,发酵时间较短(45~60 d),因此不同季节生产坛子肉的挥发性风味物质可能存在差异,但关于生产季节(即环境温度)对安岳坛子肉挥发性风味物质影响的相关报道鲜见。试验拟采用SPME技术并结合GC-MS对不同季节生产的坛子肉的挥发性成分进行分析和鉴定,同时采用电子鼻和电子舌绘制风味图谱比较分析不同季节生产的坛子肉的风味差异,从而获得不同季节生产的坛子肉的风味物质差异关系,为坛子肉的标准生产调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

春季坛子肉(2018年4月25日出厂,发酵周期49 d)、夏季坛子肉(2018年7月28日出厂,发酵周期42 d)、秋季坛子肉(2018年10月27日出厂,发酵周期45 d)、冬季坛子肉(2019年1月28日出厂,发酵周期63 d);各坛子肉经真空包装后于-80℃贮藏备用,安岳县普州坛子肉食品有限公司;

固相微萃取器、20 mL顶空样品瓶、萃取纤维头(50/30 μm DVB/CAR/PDMS);美国Supelco公司。

1.2 仪器与设备

电子舌:α-Astree型,法国Alpha MOS公司;
电子鼻:FOX4000型,法国Alpha MOS公司;
气相色谱—质谱联用仪:GCMS-7890B-5977B型,美国安捷伦公司;
电子天平:AUX220D型,日本岛津公司。

1.3 试验方法

1.3.1 感官评定 参照美国化学协会(AOAC)规定的方法进行。评定小组由受过专业培训的感官评定人员组成,共10人,男女各半,分别从酱香味、肉鲜味、肉酸味3个风味属性和余味残留、整体风味两个指标进行评分,最高分值为10分。评分标准:风味差(0~2分);风味较弱(2~4分);风味中等(4~6分);风味强烈(6~8分);风味特别强烈(9~10分)。

1.3.2 电子鼻分析 坛子肉经充分切碎后准确称量2.0 g,放入顶空瓶,密封,参照文献^[11]的方法进行分析。

1.3.3 电子舌分析 坛子肉经充分切碎后称取20.0 g置于锥形瓶中,加入200 mL蒸馏水,超声波处理10 min,过滤,取滤液80 mL在50℃下进行测试^[12]。每个样品重复测试3次,传感器在第120 s时获得稳定信号并采集数据,采用Alpha MOS公司配套统计分析软件进行判别因子分析(DFA)^[13-14]。

1.3.4 挥发性物质GC-MS测定 精密称取1.000 g坛子肉样品于10 mL顶空瓶中进样,样品预热15 min,使用萃取头顶空萃取30 min,解吸附5 min,气相色谱质谱检测。EI电离源,能量70 eV,倍增电压1 400 V;离子源温度200℃,接口温度280℃,四级杆温度150℃,扫描范围 m/z 40~450,间隔0.3 s^[15]。采集到的数据经NIST谱库自动定性。

1.3.5 数据处理 采用Excel和SPSS 19.0统计软件对数据进行统计处理和显著性分析,显著水平设为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 感官评定

由表1可知,不同季节生产的坛子肉在酱香味、鲜味、酸味、余味残留、整体风味上差异不显著($P<0.05$)。其中,1月坛子肉的酱香味、余味残留及整体风味评分最高,说明此时生产的坛子肉在感官评定上更有优势。

表1 坛子肉的风味感官评定

Table 1 Flavor sensory evaluation of ceramic-pot sealed meat produced

季节	酱香味	鲜味	酸味	余味残留	整体风味
1月	9.55±0.07	5.02±1.05	1.33±1.56	7.50±1.53	9.50±0.33
4月	9.16±0.12	5.29±1.03	1.47±1.15	6.85±1.69	9.03±0.24
7月	8.47±0.61	5.72±1.16	1.26±1.47	6.43±1.36	8.53±0.32
10月	9.02±0.83	5.10±1.01	1.14±1.12	7.19±1.04	9.17±0.10

2.2 风味指纹图谱

由图 1 可知,1 月和 4 月坛子肉在气味上的距离最远,二者差异显著($P<0.05$),其余各组间差异不显著($P>0.05$),其中 4 月和 7 月的最近,说明季节变化对坛子肉的气味有影响,特别是冬季进入春季的影响较大,而春季进入夏季的影响较小。1 月和 10 月坛子肉在滋味上的距离最远,二者差异极显著($P<0.01$),其余各组间差异显著($P<0.05$),其中 4 月和 7 月的最近,但仍差异显著($P<0.05$),说明季节变化对坛子肉的滋味有显著影响。综上,不同季节生产的坛子肉在气味、滋味上存在差异,特别是滋味上存在显著差异,可能与不同季节下的发酵车间温度、陶坛内温度有关,说明适当的温度可促进陶坛内微生物发酵产生风味物质,并且有利于风味物质的相互作用以及坛子肉中的香辛料、调味料的扩散。

2.3 GC-MS 分析

由表 2 可知,不同季节生产的坛子肉中挥发性物质种

类存在较大差异,7 月的最多(73 种)但其相对含量最低(50.21%),其中醇类的相对含量最高(19.53%),其后依次为碳氢化合物、醛类、杂环化合物、酯类、含氮化合物、含硫化合物、酮类、羧酸类、醚类、其他挥发性物质以及酚类。1 月坛子肉中挥发性物质种类最少(53 种),其相对含量为 85.30%,其中醇类的相对含量最高(42.28%),其后依次是碳氢化合物、酯类、酮类、醛类、羧酸类、含硫化合物、醚类以及其他挥发性物质。4 月坛子肉中挥发性物质的相对含量最高(88.60%),其中碳氢化合物的相对含量最高(42.11%),而 1 月,7 月和 10 月坛子肉中醇类的相对含量最高。廖定容^[2]研究发现,四川雅安罐罐肉在加工与贮藏过程中共检测出 120 种挥发性物质,长时间的高温油炸使罐罐肉积累了大量的醛类物质(达 64.42%),与安岳坛子肉风味不一致。综上,1 月,4 月和 10 月坛子肉更具优势,此外,1 月和 4 月坛子肉在挥发性物质的种类和相对含量上存在较大差异,与 2.2 的结果一致。

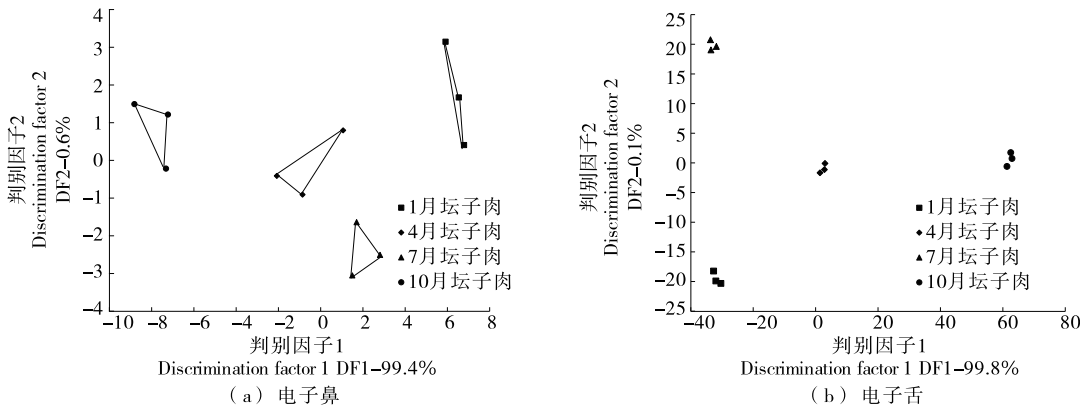


图 1 坛子肉 DFA 分析图
Figure 1 DFA analysis of ceramic-pot sealed meat

表 2 坛子肉中挥发性风味物质种类分析

Table 2 Classification and analysis of volatile flavor substances in ceramic-pot sealed meat

类别	1 月		4 月		7 月		10 月	
	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%
碳氢化合物	15	17.43	15	42.11	20	13.88	14	5.51
醇类	13	42.28	7	16.61	14	19.53	10	43.56
酚类	0	0.00	1	0.13	1	0.02	1	0.11
醚类	4	0.44	2	0.37	2	0.14	6	0.86
醛类	2	2.72	4	2.07	6	4.28	6	1.55
酮类	4	5.61	6	6.27	4	1.15	2	0.93
羧酸类	1	1.72	1	0.22	3	0.41	2	0.19
酯类	12	13.16	7	3.77	11	2.93	15	15.46
含氮化合物	0	0.00	1	0.80	5	2.48	4	4.68
含硫化合物	2	1.63	2	7.06	3	1.45	1	0.39
杂环化合物	0	0.00	7	5.97	3	4.31	7	8.89
其他	0	0.31	3	3.22	1	0.10	2	0.79
合计	53	85.30	56	88.60	73	50.68	70	82.92

由表3可知,10月坛子肉中酯类物质的相对含量最高,1月的次之,4月和7月的较低。酯类多具有花香和水果香,对发酵肉制品特殊风味具有重要贡献,例如火腿特征风味与乙酯类物质(尤其是带甲基支链的短链酯)有关^[16],湖南坛子肉中乙酸乙酯的相对含量高达16.85%^[3]。说明乙酸乙酯可能是安岳坛子肉特征风味成分之一。

表3 坛子肉的挥发性风味物质气相色谱-质谱联用分析结果^{*}

Table 3 Gas chromatography-mass spectrometry analysis of volatile flavor compounds in ceramic-pot sealed meat

种类	名称	相对含量/%				种类	名称	相对含量/%			
		1月	4月	7月	10月			1月	4月	7月	10月
醇类	乙醇	36.85	15.80	18.53	41.73	醚类	二丁醚	—	—	—	0.37
	正丙醇	0.42	—	—	—		乙二醇单丁醚	—	—	—	0.13
	异丁醇	0.52	0.48	—	0.08		4-烯丙基苯甲醚	—	—	—	0.03
	正丁醇	—	0.07	—	—		三乙二醇单甲醚	—	—	—	0.02
	桉叶油醇	0.49	—	0.04	0.41		六乙二醇单甲醚	0.07	—	—	—
	异戊醇	3.21	—	0.07	—		六乙二醇单十二醚	0.18	—	—	—
	1-戊醇	0.09	—	—	—		4-甲基-1,3-二氧戊烷	—	—	—	0.14
	S-(-)-2-甲基-1-丁醇	—	—	—	0.35		2-甲基-1,3-二噁烷	0.04	—	—	—
	正己醇	0.28	—	—	0.36		12-冠醚-4	0.15	—	—	—
	4-甲基-2-己醇	—	0.04	0.02	—		1,1-二乙氧基-2-甲基	—	0.34	0.04	—
	正庚醇	—	—	0.08	—	醛类	丁烷	—	—	—	—
	1-环丙基乙醇	—	0.05	0.01	—		茴香脑	—	0.03	0.10	0.17
	1-辛烯-3-醇	0.10	—	0.05	0.13		乙醛	2.67	1.77	3.91	0.81
	2-乙基己醇	—	0.11	0.09	—		异戊醛	—	—	0.16	0.39
	2-甲硫基乙醇	0.05	—	—	0.29		乙缩醛	—	0.22	—	—
	芳樟醇	—	0.06	—	—		己醛	0.05	—	—	0.11
	2,3-丁二醇	0.04	—	0.39	—		庚醛	—	—	0.05	—
	1-辛醇	—	—	0.07	—		正辛醛	—	—	0.03	—
	4-萜烯醇	—	—	0.06	0.03		壬醛	—	—	—	0.15
	糠醇	—	—	0.02	—		癸醛	—	—	—	0.06
酚类	1-壬醇	—	—	—	0.13	酸类	苯甲醛	—	0.04	0.05	—
	3-甲硫基丙醇	—	—	0.07	—		对甲基苯甲醛	—	—	0.08	—
	1,3-丙二醇	—	—	0.03	—		3-乙基苯甲醛	—	0.04	—	—
	苯甲醇	0.08	—	—	—		4-乙基苯甲醛	—	—	—	0.03
	苯乙醇	0.13	—	—	0.05		乙酸	1.72	0.22	0.37	0.12
	三缩四乙二醇	0.02	—	—	—		丁酸	—	—	0.02	—
	3,5-二叔丁基邻苯二酚	—	—	0.02	0.11		3-甲基戊酸	—	—	—	0.07
	2-乙基苯酚	—	0.13	—	—		己酸	—	—	0.02	—
	N,N'-二甲基乙二胺	—	—	0.44	—		间二甲苯	0.16	—	0.02	—
	N-甲基异丙基胺	—	—	0.45	—	碳氢化合物	乙基苯	0.18	—	—	0.28
含氮化合物	N-甲基-1,3-丙二胺	—	—	0.79	—		对二甲苯	0.32	0.34	0.07	—
	烯丙基胍	—	—	0.51	—		甲苯	0.25	—	—	—
	N-乙基丙酰胺	—	—	—	3.59		1,2-二甲苯	—	—	—	0.05
	三甲胺	—	—	—	0.54		4-乙基邻二甲苯	—	—	0.05	—
	(E)-2-甲基丁醛肟	—	0.80	0.29	—		1,3,5-三甲苯	—	—	1.80	—
	硝基甲烷	—	—	—	0.19		5,8-二羟基-1,4-萘醌	—	—	0.02	—
含硫化物	丙酰胺	—	—	—	0.36		1-乙基-4-烯基苯	—	0.05	—	—
	巯基甲烷	—	—	0.59	—		1,3-二乙烯苯	—	0.23	0.46	1.53
	二甲基硫	1.39	—	—	0.39		正戊烷	—	3.04	—	—
	二硫化碳	—	6.93	—	—		正己烷	—	8.69	—	—
	二甲基三硫	—	0.13	0.85	—		2,2-二甲基-3-乙基戊烷	—	2.78	—	—
	二甲基二硫	0.24	—	0.01	—						

续表 3

种类	名称	相对含量/%				种类	名称	相对含量/%			
		1 月	4 月	7 月	10 月			1 月	4 月	7 月	10 月
碳氢化合物	2-甲基庚烷	—	—	1.00	—	杂环化合物	2-甲基吡嗪	—	—	—	0.17
	2,4-二甲基庚烷	—	—	0.95	—		呋喃	—	1.99	—	—
	2-乙基-1-己烯	—	—	—	0.03		吡啶	—	—	—	0.05
	正辛烷	2.07	0.09	1.25	0.45		2-正戊基呋喃	—	3.46	3.45	5.33
	4-甲基辛烷	—	—	0.77	—		2-氨基吡啶	—	0.10	—	—
	6-甲基十一烷	—	—	—	0.24		2,5-二甲基吡嗪	—	0.05	—	—
	2,2,4,6,6-五甲基庚烷	11.91	1.02	—	—		2,5-二甲基吡嗪	—	—	—	0.10
	壬烷	—	—	—	1.95		2-乙基-5-甲基吡嗪	—	—	—	0.05
	2,2,5-三甲基癸烷	—	—	4.82	—		3-乙基-2,5-甲基吡嗪	—	—	—	2.65
	癸烷	0.17	—	—	—		2-乙酰基呋喃	—	—	0.06	—
	3,8-二甲基-癸烷	0.06	—	—	—		2-乙酰基吡咯	—	0.22	0.80	0.54
	2,2-二甲基-癸烷	—	—	0.92	—	酯类	2-异丙基-3-甲氧基吡嗪	—	0.02	—	—
	2,3,7-三甲基辛烷	—	1.64	—	—		2,3,5-三甲基吡嗪	—	0.13	—	—
	3-萜烯	—	—	0.39	—		乙酸甲酯	—	—	—	0.27
	4-乙基-2,2,6,6-四甲基-庚烷	—	0.15	—	—		乙酸乙酯	5.02	1.15	1.26	7.99
	2,8-二甲基十一烷	—	—	0.40	—		丙酸乙酯	3.89	—	—	4.17
	5-甲基癸烷	—	—	—	0.47		丁酸乙酯	0.26	—	—	—
	2,2,3-三甲基-癸烷	—	—	0.03	—		2-甲基丁酸乙酯	0.35	—	—	—
	萜烯	—	—	—	0.09		硫代醋酸甲酯	—	—	0.88	—
	3,3,5-三甲基庚烷	—	0.82	—	—		乙酸异丁酯	—	—	—	0.99
	4-二甲基十一烷	—	0.10	—	—		异戊酸乙酯	0.09	—	—	0.04
酮类	2,2,7-三甲基癸烷	—	—	0.04	—		乙酸异戊酯	0.43	0.23	0.06	—
	4,4-二丙基-庚烷	—	—	—	0.17	其他	乙酸丁酯	—	—	—	1.18
	β -萜烯	—	—	—	0.03		戊酸乙酯	—	—	0.06	—
	月桂烯	0.05	—	—	—		丙烯酸正丁酯	—	—	—	0.11
	3-甲基十一烷	—	1.70	0.05	—		正己酸乙酯	0.60	—	0.04	0.04
	柠檬烯	0.71	—	—	—		丁酸丁酯	—	—	—	0.11
	右旋萜二烯	—	18.60	—	0.07		甲酸戊酯	—	2.17	0.04	—
	十四烷	—	2.86	—	—		庚酸乙酯	0.23	0.04	0.08	0.02
	苯乙烯	0.44	—	0.63	—		乙酸-3-辛醇酯	—	—	—	0.09
	右旋萜二烯	0.71	—	0.11	—		乳酸乙酯	0.92	—	0.03	—
	4-异丙基甲苯	0.05	—	—	—		L(-)-乳酸乙酯	0.70	—	—	—
	十二烷	0.10	—	0.10	—	其他	癸酸乙酯	0.23	—	—	—
	1,2,3,4-四氢-2-苯基萘	—	—	—	0.02		辛酸乙酯	0.44	0.06	0.08	—
	甲苯	0.25	—	—	0.13		3-羟基丁酸乙酯	—	0.09	0.11	0.03
	丙酮	—	1.36	—	—		γ -丁内酯	—	—	—	0.14
	3-甲基-2-庚酮	—	0.18	—	—		γ -己内酯	—	—	0.29	—
	2,3-丁二酮	—	0.50	—	—		1,3-丙二醇二乙酸酯	—	0.03	—	0.24
	4-羟基-2-丁酮	5.16	—	—	—		三丙酸甘油酯	—	—	—	0.04
	1,3,3-三甲基-二[2,2,1]庚-2-酮	0.04	—	—	—		碳酸酐	—	2.15	—	0.01
	2-庚酮	—	0.13	—	—		三氯甲烷	—	—	0.10	—
	3-辛酮	0.07	0.69	0.48	—		四氯乙烯	—	—	—	0.78
	3-羟基-2-丁酮	0.34	3.41	0.16	—		2-溴十二烷	—	0.14	—	—
酮类	1-甲氧基-2-丙酮	—	—	—	0.82		2-甲基戊酸酐	0.31	—	—	—
	苯乙酮	—	—	0.08	0.11		二叔丁基过氧化物	—	0.93	—	—
	N-甲基吡咯烷酮	—	—	0.43	—						

+ “—”表示未检出。

醇类主源于糖类的微生物发酵及脂肪的氧化,是生成醛类、酯类物质必不可少的原料^[17]。大多数醇类物质的阈值较高,但具有甜香味,对坛子肉整体风味具有改善作用^[18],其中,乙醇相对含量在醇类中最高,10月坛子肉中乙醇相对含量最高(41.73%),1月的次之(36.85%),4月和7月的分别为15.80%,18.53%。坛子肉入坛前经香辛料以及白酒腌制,因此乙醇含量较高与白酒腌制有关,而醇类物质中的芳香醇可能来自天然香辛料。异戊醇具有苹果、白兰地香气和辛辣味,1月坛子肉中异戊醇相对含量高达3.21%,7月的为0.07%,4月和10月的未检出。具有浓郁蘑菇香味的1-辛烯-3-醇阈值较低,对发酵肉制品的风味有重要影响,四川雅安罐罐肉^[2]以及湖南坛子肉^[3]中均有检出,1月、7月和10月坛子肉中均有检出,而4月的未检出。说明乙醇、1-辛烯-3-醇是坛子肉的特征风味物质,异戊醇是1月坛子肉的特征风味物质。

酸类物质对酯类物质的生成至关重要,且坛子肉独有的风味特征也离不开酸类物质。各季节生产坛子肉中相对含量最高的酸类是乙酸,其中,1月坛子肉中乙酸相对含量高达1.72%,4月、7月和10月的分别为0.22%,0.37%,0.12%。7月坛子肉中检出丁酸、己酸,10月坛子肉中检出3-甲基戊酸。说明不同季节对坛子肉中酸类的产生及其相对含量有较大影响,且乙酸可能是1月坛子肉的特征风味物质。

碳氢化合物的种类在各季节生产的坛子肉中最为丰富,相对含量较高,具有高芳香阈值。其中,1月坛子肉中相对含量最高的碳氢化合物为2,2,4,6,6-五甲基庚烷(11.91%),而4月的为右旋萜二烯(18.6%),7月的为2,2,5-三甲癸烷(4.82%),10月的为壬烷(1.95%)。说明2,2,4,6,6-五甲基庚烷和右旋萜二烯可能对坛子肉的整体风味有修饰、辅助、增强作用。

4月坛子肉中含硫化合物的相对含量较高(7.06%),其中二硫化碳的达6.93%;7月坛子肉中检出3种含硫化合物,包括硫基甲烷、二甲基二硫和二甲基三硫,二甲基二硫表现出一种类似脏袜子味的不愉快风味,是由含硫氨基酸经Strecker降解形成硫醇并进一步氧化形成,还可进一步形成二甲基三硫^[19];10月坛子肉中仅检出二甲基二硫;1月坛子肉中检出二甲基硫和二甲基二硫。含氮化合物以胺类物质为主,低级胺有令人不愉快的气味或是很难闻的气味^[20],会对坛子肉的风味产生不良影响。1月坛子肉中未检出含氮化合物;4月的仅检出(E)-2-甲基丁醛;7月和10月的分别检出5,4种。说明气温较高的季节有利于坛子肉中含氮化合物以及含硫化合物的产生。

杂环化合物中,2-正戊基呋喃是亚油酸的一种氧化产物且具有类火腿香味^[21],此外,2-正戊基呋喃是四川雅安罐罐肉中关键杂环化合物挥发性风味物质^[2]。4月、7月和10月坛子肉中2-正戊基呋喃的相对含量较高,分别为3.46%,3.45%,5.33%,而1月的未检出,说明适当的高温

有利于2-正戊基呋喃生成。

3 结论

采用传统的人工感官评定对不同季节生产的坛子肉的风味进行评定,利用电子鼻、电子舌以及顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法对样品中挥发性风味物质进行鉴定。结果表明,不同季节生产的坛子肉的酱香味、鲜味、酸味、余味残留、整体风味均无显著性差异($P>0.05$)。1月和4月坛子肉在气味上差异显著($P<0.05$);1月和10月坛子肉在滋味上差异极显著($P<0.01$),其他季节的差异显著($P<0.05$),说明不同季节生产的坛子肉在风味上有差异,且滋味上的差异更大。1月、4月、7月和10月坛子肉中分别检出53,56,73,70种挥发性物质,不同季节生产的坛子肉中的挥发性物质相对含量差异较大,其中4月坛子肉的挥发性物质相对含量最高(88.60%),7月的最低(50.68%)。后续可对不同季节生产的坛子肉坛内细菌菌群结构进行研究,以期获得不同季节生产的坛子肉微生物菌群与风味的差异关系。

参考文献

- [1] 侯婷婷,刘鑫,田学宗,等.火腿风味的低钠发酵肉制品品质及风味研究[J].食品与机械,2019,35(12):185-189.
- [2] 廖定容.罐罐肉加工与贮藏过程中风味形成机理的初步研究[D].雅安:四川农业大学,2013:2-7.
- [3] 汪修意,徐文洪,陈同强,等.气相色谱-质谱联用与相对气味活度值法分析坛子肉风味物质的研究[J].食品安全质量检测学报,2019,10(24):8450-8455.
- [4] BOLZONI L, BARBIER G, VIRGILI R. Changes in volatile compounds of Parma Ham during maturation[J]. Meat Science, 1996, 43: 301-310.
- [5] 田怀香,王璋.热脱附-气质联用分析金华火腿挥发性风味[J].食品与机械,2007,23(3):10-12,69.
- [6] 李佳,刘忠义,付满,等.发酵香肠风味物质气质分析及与发酵时间的关系[J].食品与机械,2019,35(5):61-66.
- [7] 陆应林.南京板鸭加工过程中蛋白降解及风味物质的研究[D].南京:南京农业大学,2012:5-12.
- [8] 周才琼,代小容,杜木英.酸肉发酵过程中挥发性风味物质形成的研究[J].食品科学,2010,31(7):98-104.
- [9] 陈竞适,刘静,任海蛟,等.湘西陈年腊肉微生物群落分析及高产脂肪酶细菌的筛选[J].肉类研究,2017,31(3):1-6.
- [10] 刘有晴,黄丹,于华,等.四川腊肉中乳酸菌的筛选、产酸特性及其氨基酸产物分析[J].食品与机械,2016,32(1):34-37.
- [11] 易宇文,刘阳,彭毅秦,等.东坡肘子风味电子鼻分析与感官评定相关性探究[J].食品与发酵工业,2018,44(1):238-244.
- [12] 范文教,易宇文,徐培,等.电子舌技术识别掺假腐肉香肠的研究[J].食品工业,2017,38(12):159-163.

(下转第104页)

提供一套完整机构模型。

(2) 对采集的产品皮壳图像进行预处理后,进行皮壳图像的压痕与边缘轮廓特征检测,对比 Sobel 检测算子与 Canny 检测算子的图像处理结果,得到 Canny 检测算子对皮壳特征检测的效果更好的结论。

(3) 运用 Matlab 机器人工具箱对六自由度吸附式抓取机械臂进行运动学分析验证并创建物理模型进行生产作业仿真试验,来进一步分析机器人在运动过程中关节变化情况,最终规划最优运动路径满足产品的包装粘合生产作业。

参考文献

- [1] 章延象. 浅谈礼盒包装的工艺[J]. 上海包装, 2017(2): 16-22.
- [2] 秦绍兵. 礼盒包装的结构设计与材料选择[J]. 印刷技术, 2016(6): 31-32.
- [3] 李一欣, 赵明岩, 周乔君, 等. 鸡枞菌锥形削根装置设计[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 110-114.
- [4] 包装机械工业现状: 向高速、高效、高质方向发展[J]. 今日印刷, 2020(6): 32-34.
- [5] 王志伟. 自动化在包装机械中的应用和展望解析[J]. 山东工

业技术, 2017(3): 18.

- [6] 孙楚材. 自动化技术在包装机械中的应用和展望[J]. 南方农机, 2020, 51(9): 127-128.
- [7] 袁盼, 林超亮, 何奇, 等. 创新设计在现代包装机械中的应用研究[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(12): 91.
- [8] 计时鸣, 黄希欢. 工业机器人技术的发展与应用综述[J]. 机电工程, 2015, 32(1): 1-13.
- [9] 张中良. 基于机器视觉的图像目标识别方法综述[J]. 科技与创新, 2016(14): 32-33.
- [10] 陈磊, 唐倩. 六自由度关节型喷涂机器人结构设计及分析[D]. 重庆: 重庆大学, 2015: 36-39.
- [11] HASSAN A, ABOMOHARAM M. Modeling and design optimization of a robot gripper mechanism[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017, 46: 94-103.
- [12] KUWAO Fumihito, MOTOHASHI Shoichi, HAYASHI Masato, et al. Dynamic characteristics of JEMRMS[C]// International Symposium on Space Technology and Science. Omiya: [s. n.], 1998: 1 118-1 123.
- [13] 云洋, 宋华, 徐炳吉. 六自由度工业机械臂运动学仿真研究[J]. 机械科学与技术, 2018(8): 1 167-1 176.
- [14] 孙亮, 马江, 阮晓钢. 六自由度机械臂轨迹规划与仿真研究[J]. 控制工程, 2010, 17(3): 388-392.

(上接第 17 页)

- [13] XAVIER C, ANDREU G C, NORA C, et al. Electronic tongues to assess wine sensory descriptors[J]. Talanta, 2017, 162: 218-224.
- [14] ZHOU Hua-ying, LUO De-han, GHOLAM H H, et al. Identification of Chinese herbal medicines with electronic nose technology: Applications and challenges[J]. Sensors, 2017, 17(5): 1 073.
- [15] 叶芳艳, 左木林, 朱万龙, 等. HS-SPME-GC/MS 法分析中缅甸树尿液的化学成分[J]. 兽类学报, 2018, 38(1): 85-94.
- [16] MOTILVA M J, TOLDRA F, NIETO P, et al. Muscliclelipsis phenomenon in the processing of dry-cured ham[J].

Food Chemistry, 1993, 48(2): 121-125.

- [17] PAN B S, KOU J M. Flavor of shell fish and Kamabokoil-avourants [M]. New York: Blackie Academic and Professional, 1994: 85-114.
- [18] BERDAGUE J L, DENOYER C, LE QUERE J L, et al. Volatile components of dry-cured ham[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(7): 1 257-1 261.
- [19] 乔发东, 马长伟. 宣威火腿加工过程中挥发性风味化合物分析[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 24-29.
- [20] 张发庆. 有机化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 200-204.
- [21] FLORES M, SPANIER A M, TOLDRA F. Flavor analysis of dry-cured ham[M]. [S.l.]: Aspen Publishers Inc, 1998: 320-341.

(上接第 59 页)

参考文献

- [1] 王坤. 食品安全监管疑难问题探究[J]. 食品安全导刊, 2018(30): 12.
- [2] 张洪成, 陈汉宝. 食品安全的刑法保障之评析: 以《刑法修正案(八)》为视角[J]. 河北法学, 2012(11): 107-112.
- [3] 于海洋. 食品安全民事侵权问题研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2018: 39.
- [4] 何华莎. 食品安全事故中潜在受害者救济问题研究[D]. 重庆: 西南政法大学, 2017: 28.
- [5] 周一虹. 基于食品安全领域的消费公益诉讼机制研究[D]. 北

京: 中国社会科学院研究生院, 2015: 23.

- [6] 陈业宏, 洪颖. 食品安全惩罚性赔偿制度的法经济学分析[J]. 中国社会科学院研究生院学报, 2015(5): 81-85.
- [7] 张强强. 食品安全法中惩罚性赔偿制度的适用探析[D]. 兰州: 兰州大学, 2016: 46.
- [8] 刘慧萍, 裴明珠. 农产品质量安全责任保险的地方实践与法治进路: 质量兴农战略下农业保险的创新探索[J]. 学术交流, 2019(5): 65-73.
- [9] 崔晓丽. 食品安全领域检察民事公益诉讼惩罚性赔偿机制研究[J]. 中国检察官, 2020(10): 54-58.
- [10] 裴宝莉. 食品消费惩罚性赔偿责任的完善维度[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 80-83, 90.