

# 不同肥瘦比和烹制时间对狮子头猪肉丸特征挥发性风味成分的影响

朱文政<sup>1,2,3</sup>, 刘薇<sup>1,2</sup>, 季明勇<sup>1</sup>, 沈东强<sup>1</sup>, 赵赵<sup>1</sup>, 沙文轩<sup>1,2</sup>, 王秋玉<sup>1,2</sup>, 徐艳<sup>1,2,3</sup>, 周晓燕<sup>1,2,3\*</sup>

(1.扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225127) (2.江苏省淮扬菜产业化工程研究中心, 江苏扬州 225127)  
(3.中餐非遗技艺传承文化和旅游部重点实验室, 江苏扬州 225127)

**摘要:** 该研究以狮子头为研究对象, 研究了两种不同肥瘦比的狮子头在不同的烹制时间内挥发性风味物质的变化情况, 以探讨狮子头在不同烹制时间内挥发性风味物质的变化规律。采用固相微萃取-气相色谱质谱联用技术对狮子头挥发性风味化合物进行了分离鉴定。通过结合气味活性值(OAV)讨论狮子头烹饪过程中的关键风味化合物。研究表明: 在烹制两种肥瘦比例(6:4、7:3)的狮子头的过程中分别产生了73种、71种挥发性风味物, 经过OAV值分析的结论发现, 在90、120、150 min中主要的风味物质为己醛、壬醛、1-辛烯-3-醇、2-戊基呋喃等。在120 min时6:4组在己醛含量近达到了3.87 mg/kg, 壬醛含量达到4.41 mg/kg, 2-戊基呋喃含量达到2.85 mg/kg; 7:3组己醛含量达到了4.44 mg/kg, 壬醛含量达到5.03 mg/kg, 2-戊基呋喃达到2.74 mg/kg。因此, 烹制120 min时7:3比例的狮子头风味物质组成更丰富, 风味评价更好。

**关键词:** 狮子头; 肥瘦比; 烹制时间; 挥发性风味成分

文章编号: 1673-9078(2022)06-257-266

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.6.0784

## Effects of Different Fat-to-lean Ratio and Cooking Time on Characteristic Volatile Flavor Components of Shi-Zi-Tou Pork Meatball

ZHU Wenzheng<sup>1,2,3</sup>, LIU Wei<sup>1,2</sup>, JI Mingyong<sup>1</sup>, SHEN Dongqiang<sup>1</sup>, ZHAO Zhao<sup>1</sup>, SHA Wenxuan<sup>1,2</sup>,  
WANG Qiuyu<sup>1,2</sup>, XU Yan<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Xiaoyan<sup>1,2,3\*</sup>

(1.Tourism and Culinary Institute Yangzhou University, Yangzhou 225127, China) (2.Huaiyang Cuisine Industrialization Engineering Research Center of Jiangsu Province, Yangzhou 225127, China) (3.Key Laboratory of Chinese Cuisine Intangible Cultural Heritage Technology Inheritance, Ministry of Culture and Tourism, Yangzhou 225127, China)

**Abstract:** In this study, Shi-Zi-Tou pork meatball was taken as the research object. The changes in the volatile flavor compounds of two kinds of pork meatball with different fat-to-lean ratios during different cooking time periods were examined, to explore the changing patterns of volatile flavor compounds of the meatballs that had been cooked for different time periods. Solid-phase microextraction (SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to separate and identify the volatile flavor compounds in the pork meatballs. The key flavor compounds generated in the cooking process of meatballs were discussed by combining with the odor activity value (OAV). The results of the study showed that 73 and 71 volatile flavor compounds were produced during the cooking of the meatballs with two fat-to-lean ratios (6:4 and 7:3, respectively). After the analysis of OAV values, the main flavor compounds were hexanal, nonanal, 1-octene-3-ol and 2-pentylfuran for cooking times of 90 min, 120 min and 150 min. After being cooked for 120 min, the meatballs with a fat-to-lean ratio of 6:4

引文格式:

朱文政, 刘薇, 季明勇, 等. 不同肥瘦比和烹制时间对狮子头猪肉丸特征挥发性风味成分的影响[J]. 现代食品科技, 2022, 38(6): 257-266, +159

ZHU Wenzheng, LIU Wei, JI Mingyong, et al. Effects of different fat-to-lean ratio and cooking time on characteristic volatile flavor components of Shi-Zi-Tou pork meatball [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(6): 257-266, +159

收稿日期: 2021-07-24

基金项目: 扬州市-扬州大学市校合作共建创新科技平台项目(YZ2020267); 烹饪科学四川省高等学校重点实验室资助项目(PRKX2020Z06); 四川省哲学社会科学重点研究基地川菜发展研究中心课题(CC20G03)

作者简介: 朱文政(1986-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 烹饪科学与中式菜肴工业化, E-mail: zhuwz@yzu.edu.cn

通讯作者: 周晓燕(1964-), 男, 教授, 研究方向: 烹饪科学与中式菜肴工业化, E-mail: yzuxyz@163.com

had hexanal, nonanal and 2-pentylfuran contents of 3.87 mg/kg, 4.41 mg/kg and 2.85 mg/kg, respectively. The meatballs with a fat-to-lean ratio of 7:3 had hexanal, nonanal and 2-pentylfuran contents of 4.44 mg/kg, 5.03 mg/kg and 2.74 mg/kg respectively. Therefore, the Shi-Zi-Tou pork meatballs with a fat-to-lean ratio of 7:3 that have been cooked for 120 min had more abundant flavor components and better flavor.

**Key words:** Shi-Zi-Tou pork meatballs; fat-to-lean ratio; cooking time; volatile flavor compounds

狮子头是中国传统名菜,以选取猪五花肉烹制而成,是一种传统的糜类肉制品。狮子头在成型后肥肉包裹瘦肉,表面粗糙、形态饱满,形似狮子的头<sup>[1]</sup>。狮子头在不同时节可以制作不同的菜肴,如蟹粉狮子头、鲥鱼狮子头等<sup>[2]</sup>。狮子头做法多样,风味各有特色,红烧狮子头色彩鲜艳,汤汁浓郁,清炖狮子头清新怡人,嫩滑爽口。扬州狮子头在制作时,肥瘦比为 7:3 或是 6:4,肥肉中的结缔组织比瘦肉少,且肥肉比例大,易达到口感嫩的效果<sup>[3]</sup>。作为淮扬名菜,狮子头制作方法较为简单,将五花肉剁成粒状后搅拌,上劲使其在手掌搓成球形,清炖后加上青菜点缀即可。因为狮子头原料简单,口感丰富,能被大众所接受,各地都可根据自己的口味习惯进行改进,形成新的制作方式。

目前主要集中研究狮子头的烹饪工艺优化、分析营养物质以及风味对比。鲍会梅等<sup>[4]</sup>采用正交试验研究了狮子头的最佳工艺,研究淀粉、食盐和烹饪时间的最佳参数,并分析了狮子头中脂肪、水分和硬度之间的关系。唐建华等<sup>[5]</sup>应用正交试验优化了狮子头最佳工艺,研究显示烹制时间是狮子头品质的重要影响因素。孟舒雨等<sup>[6]</sup>运用感官评分和电子鼻技术研究了狮子头的风味特征,结果发现香辛料和其他辅料是导致产品风味差异的主要因素。刘登勇<sup>[7]</sup>和其他人是利用定义的指标“ROAV”来评估每种成分对火腿整体风味的贡献,并确定关键风味物质。这样可以改善产品的风味,更有效地控制产品质量。

风味是消费者判断猪肉质量最重要的感官属性之一<sup>[8]</sup>,主要与挥发性化合物的产生有关<sup>[9]</sup>。生肉基本没有风味,肉的风味主要是加热后产生的。加热时,肉类中的风味前体会发生分解、氧化和还原等化学反应,各种挥发性风味物质(烯炔、醇、醛、酮、醚、酯、酯、含氮和含硫化合物等)共同形成肉类的特殊风味<sup>[10,11]</sup>。狮子头中主要的风味物质都是通过脂肪经过一系列反应而产生的。但添加的肥膘超过添加量时,会增加狮子头的肥腻感,影响其品质,另外也会提高肉制品的胆固醇的含量,对人体健康不利<sup>[12]</sup>。目前肥瘦比和烹制时间对狮子头挥发性风味物质的影响研究还未见报道。本文旨在研究不同肥瘦比(6:4、7:3)和不同烹制时间(30、60、90、120、150 min)下狮子头中水分含量、营养成分,采用固相微萃取(SPME)

和气相色谱质谱(gas chromatography, GC-MS)相结合的技术研究了狮子头在不同烹饪时间的挥发性风味物质含量<sup>[13]</sup>。结合气味活性值(OAV),讨论狮子头烹饪过程中的关键风味物质,更合理地调节风味物质,了解烹饪时间,何时营养价值更高,更符合消费者口味,从而为狮子头工业化生产中的品质调控和研发提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

五花肉(三元猪)、鸡蛋,购于扬州欧尚超市;料酒(古越龙山品牌),浙江古越龙山绍兴酒股份有限公司;马铃薯淀粉(风车牌),佛山市海天调味食品股份有限公司;色拉油(金龙鱼牌),益海嘉里食品营销有限公司;食盐,中国盐业集团有限公司。

### 1.2 仪器与设备

BS2000 S 电子天平,北京赛多利斯天平有限公司;DZF-6020 干燥箱,上海博迅实业有限公司;Carboxen<sup>TM</sup>/聚二甲基硅氧烷(Carboxen<sup>TM</sup>/polydimethylsiloxen, CAR/PDMS)萃取头(75 μm)、57330-U 手动固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)进样器,美国 Supelco 公司;DSQ II 气质联用仪,美国 Thermo 公司。

### 1.3 试验方法

五花肉洗净沥干,去皮,放入冰箱(-20 ℃)冷冻 2 h,取出将切成石榴米状,肥肉和瘦肉分开根据狮子头制备工艺<sup>[14]</sup>,稍加改进,将猪,备用。按照肥瘦比 6:4 和 7:3 比例分别制备狮子头,按照每 500 g 混料设计,添加鸡蛋液 50 g、淀粉 15 g、姜末 10 g、葱末 10 g、食盐 2 g、葱姜料酒水 90 g,按顺时针方向搅拌均匀,使其上劲形成凝胶,放入冰箱冷藏(4 ℃)静置 1 h,称取规格为 90 g/个,使用双手前手掌心攒摔成大致圆形,然后放入沸水锅中加热,待其固定成型时转置入炖锅内;先用 1000 W 功率将炖锅中汤汁烧沸腾,然后将功率调节为 200 W 继续加热至 150 min<sup>[15]</sup>。在狮子头烹制过程中,根据狮子头关键步骤,设置采样点:放入炖锅后炖煮过程中每 30 min 采

样。每次取三个平行样,用吸水纸去除样品狮子头表面汤汁等,冷却至常温,待测。

## 1.4 挥发性风味物质的测定

### 1.4.1 顶空固相微萃取

参考周惠健等<sup>[16]</sup>测定方法:将狮子头迅速切成肉糜,称取 10.0 g 样品,放入 200 mL 萃取瓶中,加入辛酸甲酯内标,立即用封口膜密封瓶口。萃取头在 250 °C 的环境中老化 40 min,通过顶空瓶口的橡胶密封塞,然后插入萃取瓶中。在 60 °C 水浴加热下顶空萃取 40 min,萃取完成后,立即将萃取头拔出并插入气质联用仪注射口,打开气质联用仪采集数据进行分析鉴定。

### 1.4.2 GC-MS 检测

色谱条件:色谱柱 DB-Wax (30 m×0.25 mm×0.25 μm),以氦气为载气。流速 1.0 mL/min,不分流进样,进样口的温度为 250 °C;

升温程序:起始温度 40 °C,保持 2 min,以 4 °C/min 升至 120 °C,再以 8 °C/min 升至 240 °C,保持 7 min;质谱条件:离子源温度 240 °C;灯丝电流 150 μA;电离方式 EI;电子能量 70 eV;质量扫描范围:30~450 *m/z*。

挥发性化合物的定量和定性分析。通过检索数据库(NIST2014)进行质谱鉴定,筛选出正负匹配度大于 800 的化合物。定量方法:用辛酸甲酯内标峰面积计算样品中挥发性风味物质的含量。

通过刘登勇等<sup>[7]</sup>的方法,通过气味活度值(odor activity value, OAV)计算狮子头中的主体风味成分 OAV 值,即嗅感物质的绝对浓度(C)与其感觉阈值(T)之比。公式(1)所示:

$$OAV = \frac{C}{T} \quad (1)$$

## 1.5 统计分析

实验数据采用 Microsoft Office Excel 2003 进行整理,采用 Origin 8.5 和 SPSS 25.0 进行分析。实验结果以均数±标准差表示,*p*<0.05 表示差异显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 SPME-GC-MS 检测结果及挥发性风味物质鉴定

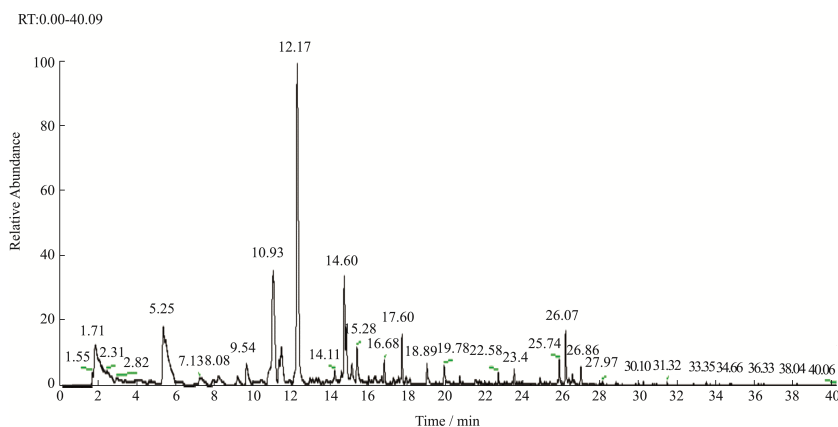


图1 肥瘦比为 6:4 狮子头萃取总离子流图

Fig.1 Total ion flow diagram for lion's head extraction with a fat to lean ratio of 6:4

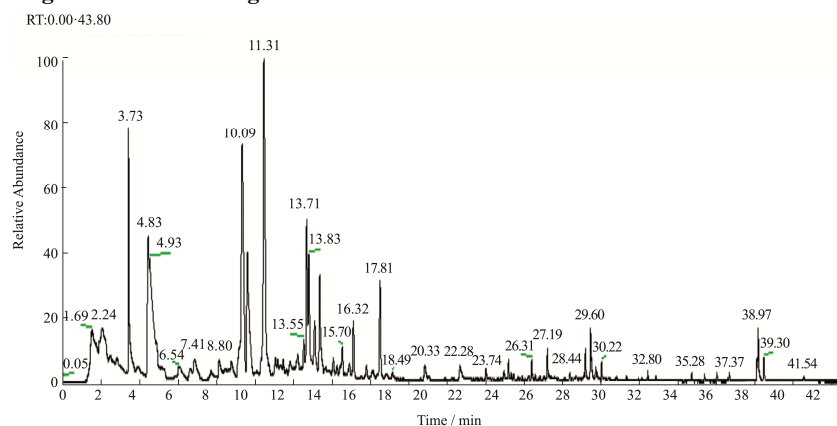


图2 肥瘦比为 7:3 狮子头萃取总离子流图

Fig.2 Total ion flow diagram for lion's head extraction with a fat to lean ratio of 7:3

表1 狮子头不同烹制时间的挥发性风味物质成分 (mg/kg)

Table 1 Components of volatile flavor compounds of pork meatball at different cooking times (mg/kg)

化合物	保留时间/min	6:4					7:3					
		30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	
醛类	正己醛	5.23	1.43±0.24 <sup>a</sup>	2.78±0.03 <sup>a</sup>	3.47±0.72 <sup>a</sup>	3.87±0.80 <sup>a</sup>	2.93±0.09 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>a</sup>	3.92±0.03 <sup>a</sup>	3.74±0.08 <sup>a</sup>	4.44±0.07 <sup>a</sup>	4.21±0.07 <sup>a</sup>
	庚醛	8.08	0.29±0.04 <sup>b</sup>	0.66±0.16 <sup>ab</sup>	1.01±0.03 <sup>a</sup>	1.13±0.10 <sup>a</sup>	0.71±0.09 <sup>ab</sup>	0.55±0.08 <sup>b</sup>	1.01±0.08 <sup>ab</sup>	1.01±0.05 <sup>a</sup>	1.20±0.16 <sup>a</sup>	1.40±0.17 <sup>ab</sup>
	壬醛	14.6	2.28±0.21 <sup>a</sup>	3.37±0.03 <sup>a</sup>	3.45±0.20 <sup>a</sup>	4.41±0.70 <sup>a</sup>	2.81±0.40 <sup>a</sup>	2.89±0.17 <sup>a</sup>	4.29±0.31 <sup>a</sup>	4.20±0.06 <sup>a</sup>	5.03±0.28 <sup>a</sup>	9.41±1.85 <sup>a</sup>
	辛二烯醛	18.89	6.43±0.24 <sup>a</sup>	14.78±0.63 <sup>a</sup>	15.47±0.72 <sup>a</sup>	9.87±0.80 <sup>a</sup>	12.93±0.79 <sup>a</sup>	2.48±0.01 <sup>a</sup>	0.89±0.54 <sup>a</sup>	0.65±0.01 <sup>a</sup>	1.01±0.02 <sup>a</sup>	0.60±0.05 <sup>a</sup>
	视黄醛	25.26	0.09±0.01 <sup>a</sup>	-	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0-06±0.01 <sup>a</sup>	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>
	香茅醛	16.17	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.11±0.06 <sup>a</sup>
	十二醛	15.87	0.22±0.01 <sup>a</sup>	-	0.30±0.08 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.38±0.04 <sup>a</sup>	1.25±0.08 <sup>a</sup>	0.59±0.03 <sup>a</sup>	0.23±0.05 <sup>a</sup>	0.40±0.02 <sup>a</sup>	0.61±0.08 <sup>a</sup>
	反-2-十二烯醛	18.55	-	-	0.01±0.02 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	2-十一烯醛	21.18	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>b</sup>	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-
酯类	辛酸甲酯	15.25	2.49±0.68 <sup>ab</sup>	1.33±0.38 <sup>ab</sup>	3.93±0.03 <sup>a</sup>	1.18±0.05 <sup>ab</sup>	0.75±0.06 <sup>b</sup>	-	3.32±0.05 <sup>ab</sup>	3.78±0.22 <sup>ab</sup>	2.86±0.06 <sup>a</sup>	5.73±0.94 <sup>b</sup>
	顺式-11-十八烯酸甲酯	36.05	0.41±0.08 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	0.50±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-
	硅烷二醇二甲酯	3.71	0.24±0.03 <sup>a</sup>	0.27±0.03 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	胂基甲酸苄酯	4.60	0.28±0.07 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	-	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.20±0.07 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
	邻苯二甲酸二丁酯	34.57	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.01±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.01±0.01 <sup>b</sup>
	缩水甘油乙酸酯	30.22	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.07 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.57±0.08 <sup>a</sup>	0.23±0.03 <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.58±0.02 <sup>a</sup>
	14-甲基十六烷酸甲酯	34.02	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	-	0.17±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>
	硬脂酸乙烯酯	16.23	-	-	0.50±0.05 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.16±0.23 <sup>a</sup>	-
	己酸甲酯	12.61	-	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-	0.07±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-
	14-甲基十六烷酸甲酯	34.03	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-
	邻苯二甲酸二异丁酯	33.35	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	0.10±0.04 <sup>a</sup>
	3-苯丙酸甲酯	7.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23±0.02 <sup>a</sup>
	二十二烷酸二十二烷基酯	6.25	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16±0.03 <sup>a</sup>	-
	3,7,11-三甲基-1,6,10-十二烷三烯-4-醇乙酸酯	23.32	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-
	10, 13-十八碳二炔酸甲酯	8.67	-	-	-	-	-	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	-
	巯基乙酸异辛酯	10.29	-	0.33±0.06 <sup>a</sup>	0.32±0.15 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-
亚硝酸异丁酯	3.28	-	-	-	0.70±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	
烃类	正己烷	3.06	1.40±0.92 <sup>b</sup>	3.24±0.58 <sup>b</sup>	3.65±0.37 <sup>b</sup>	3.83±0.50 <sup>a</sup>	4.19±0.14 <sup>b</sup>	3.14±0.44 <sup>b</sup>	4.42±0.25 <sup>b</sup>	3.71±0.24 <sup>a</sup>	5.64±0.98 <sup>a</sup>	
	癸烷	15.00	0.69±0.01 <sup>b</sup>	0.73±0.01 <sup>b</sup>	1.84±0.18 <sup>b</sup>	3.18±0.63 <sup>a</sup>	3.82±0.42 <sup>a</sup>	4.87±0.75 <sup>b</sup>	7.58±0.40 <sup>b</sup>	6.65±1.85 <sup>b</sup>	9.02±2.10 <sup>a</sup>	8.18±0.04 <sup>b</sup>

续表 1

化合物	保留时间/min	6:4					7:3				
		30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
十一烷	14.45	0.15±0.02 <sup>a</sup>	0.45±0.07 <sup>a</sup>	-	-	2.27±0.20 <sup>ab</sup>	12.57±0.74 <sup>a</sup>	9.43±0.61 <sup>a</sup>	5.23±0.33 <sup>a</sup>	-	7.63±0.17 <sup>ab</sup>
正十三烷	13.77	0.41±0.08 <sup>a</sup>	-	-	-	-	1.27±0.59 <sup>a</sup>	0.88±0.07 <sup>a</sup>	0.10±0.05 <sup>a</sup>	0.07±0.02 <sup>a</sup>	0.07±0.03 <sup>a</sup>
正十四烷	19.00	0.34±0.08 <sup>a</sup>	0.23±0.03 <sup>a</sup>	-	-	0.14±0.02 <sup>a</sup>	0.49±0.10 <sup>a</sup>	0.26±0.07 <sup>a</sup>	0.41±0.04 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	0.20±0.08 <sup>a</sup>
1-氯-3-甲基丁烷	4.58	-	0.33±0.07 <sup>a</sup>	-	0.24±0.04 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
2,2,7,7-四甲基辛烷	10.91	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B</i> -柏木烯	26.87	0.16±0.03 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.08 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>	0.18±0.06 <sup>a</sup>	0.68±0.04 <sup>a</sup>	0.27±0.08 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.53±0.08 <sup>a</sup>	0.27±0.08 <sup>a</sup>
雪松烯	26.22	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.65±0.92 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.84±0.04 <sup>a</sup>
<i>beta</i> -蒎烯	12.15	5.71±1.07 <sup>a</sup>	-	-	0.39±0.08 <sup>a</sup>	0.30±0.04 <sup>a</sup>	11.11±0.38 <sup>a</sup>	15.53±3.92 <sup>a</sup>	9.29±3.14 <sup>a</sup>	-	-
罗汉柏烯	25.66	0.12±0.07 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.05 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>a</sup>	-	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
炔类 <i>alpha</i> -柏木烯	26.07	1.72±0.28 <sup>a</sup>	-	1.22±0.21 <sup>a</sup>	-	-	0.67±0.05 <sup>a</sup>	1.19±0.32 <sup>a</sup>	0.56±0.19 <sup>a</sup>	-	-
萜品油烯	14.11	0.38±0.04 <sup>a</sup>	0.09±0.03 <sup>a</sup>	0.12±0.02 <sup>a</sup>	-	-	0.12±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-
松油烯	11.78	0.13±0.03 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(±)-花侧柏烯	25.74	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.29 <sup>a</sup>	-	0.20±0.09 <sup>a</sup>	-	0.31±0.04 <sup>a</sup>	-	-	-
1-十三烯	17.34	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
2,4-己二炔	2.80	-	-	0.15±0.05 <sup>a</sup>	0.18±0.05 <sup>a</sup>	-	-	-	0.17±0.05 <sup>a</sup>	0.21±0.14 <sup>a</sup>	-
1,7-辛二炔	7.09	-	-	-	-	-	-	-	0.36±0.11 <sup>a</sup>	-	0.07±0.01 <sup>a</sup>
1,4-双(1-羟基环戊基)-1,3-丁二炔	26.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>
1,8-壬二炔	4.51	-	-	-	-	-	-	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
2,6-辛二炔	7.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>
醇类											
1-辛烯-3-醇	10.64	0.21±0.09 <sup>a</sup>	0.20±0.08 <sup>a</sup>	0.19±0.07 <sup>a</sup>	-	-	0.09±0.02 <sup>a</sup>	0.19±0.07 <sup>a</sup>	1.39±0.03 <sup>a</sup>	0.38±0.13 <sup>a</sup>	0.46±0.07 <sup>a</sup>
己基癸醇	16.53	0.29±0.19 <sup>a</sup>	0.11±0.06 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>	1.24±0.05 <sup>a</sup>	0.65±0.12 <sup>a</sup>	3.73±0.04 <sup>a</sup>	1.86±0.12 <sup>a</sup>	4.25±1.42 <sup>a</sup>	1.84±0.06 <sup>a</sup>	1.27±0.53 <sup>a</sup>
叔十六醇	10.13	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.15±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-
2-丙基-1-庚醇	18.12	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-萜烯醇	16.98	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-
2-甲基-1-十六烷醇	15.01	2.67±1.44 <sup>b</sup>	4.11±1.26 <sup>ab</sup>	6.19±1.71 <sup>a</sup>	3.38±1.19 <sup>ab</sup>	2.71±0.07 <sup>b</sup>	-	0.13±0.02 <sup>a</sup>	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>
桉叶油醇	12.31	0.03±0.05 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-丁基-1-辛醇	18.28	-	0.21±0.08 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	2.84±0.54 <sup>a</sup>	2.37±1.23 <sup>a</sup>	3.89±1.02 <sup>a</sup>	2.06±1.45 <sup>a</sup>	1.59±0.19 <sup>a</sup>
金合欢醇	10.92	-	-	-	-	3.35±0.73 <sup>a</sup>	-	-	-	-	5.84±0.26 <sup>a</sup>
3,7-二甲基-1-辛醇	9.37	-	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>
2,4-己二烯-1-醇	6.42	-	-	-	-	-	-	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>
2-十二烯醛醇	17.16	-	-	-	-	-	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.02 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>
<i>alpha</i> -松油醇	17.41	0.12±0.07 <sup>a</sup>	-	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.12 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.21±0.09 <sup>a</sup>

续表 1

化合物	保留时间/min	6:4					7:3					
		30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	
醚类	癸醚	16.68	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.03 <sup>a</sup>	0.45±0.04 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>	1.08±0.32 <sup>a</sup>	0.38±0.03 <sup>a</sup>	0.1±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.34±0.03 <sup>a</sup>
	L-胱硫醚	2.36	0.22±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	乙二醇甲醚	2.29	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.38±0.04 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	二乙二醇一己醚	17.80	-	0.14±0.02 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	八(乙二醇)一(十二烷基)醚	34.08	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.02 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
	十二烷基二乙二醇醚	3.89	-	-	-	-	-	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.07 <sup>a</sup>	-
	DL-胱硫醚	2.31	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>
酮类	甲基庚烯酮	10.79	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.07±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
	2,3-辛二酮	10.71	0.21±0.02 <sup>ab</sup>	0.12±0.02 <sup>a</sup>	0.24±0.08 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>ab</sup>	-	0.19±0.07 <sup>ab</sup>	-	-	-	-
	4-氯苯丁酮	10.03	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.07 <sup>a</sup>	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	0.51±0.02 <sup>a</sup>
	2-十九烷酮	30.77	-	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.08±0.01 <sup>ab</sup>	0.07±0.01 <sup>ab</sup>	0.14±0.03 <sup>a</sup>
	2-十五烷酮	30.70	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	-	-
酸类	3-羟基月桂酸	32.61	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.65±0.08 <sup>a</sup>	0.27±0.05 <sup>a</sup>	0.11±0.06 <sup>a</sup>	0.14±0.08 <sup>a</sup>	0.07±0.007 <sup>a</sup>
	油酸	36.06	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	-	0.04±0.02 <sup>a</sup>	-	-	-
	蝶呤-6-羧酸	19.35	-	-	-	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
	花生四烯酸	6.88	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.003 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
	(E)-11-二十烯酸	20.08	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	-	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>
	顺式-十八碳烯酸	38.04	-	0.01±0.01 <sup>c</sup>	-	0.05±0.006 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>	-	0.01±0.01 <sup>c</sup>	-	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>
	苯甲酸	17.82	-	-	-	0.003±0.005	0.07±0.01 <sup>b</sup>	-	-	-	-	-
	亚麻酸	23.32	-	-	0.06±0.008 <sup>a</sup>	0.03±0.004 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-
	反式-13-十八碳烯酸	36.07	-	-	-	-	-	0.04±0.02 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>	-	-	-
	DL-胱氨酸	1.06	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01±0.02 <sup>a</sup>	-
	L-胱氨酸	3.25	-	-	-	-	-	0.04±0.01 <sup>a</sup>	-	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	-
其他物质	二丙基二硫	14.71	2.49±0.39 <sup>a</sup>	1.06±0.30 <sup>a</sup>	2.34±0.13 <sup>a</sup>	1.21±0.71 <sup>a</sup>	0.78±0.10 <sup>a</sup>	-	1.07±0.07 <sup>a</sup>	2.73±0.22 <sup>ab</sup>	2.82±0.91 <sup>ab</sup>	3.44±1.53 <sup>ab</sup>
	二叔十二烷基二硫化物	21.6	-	-	-	-	-	0.23±0.01 <sup>c</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.08 <sup>b</sup>	-	-
	2,6-二叔丁基对甲酚	26.54	0.08±0.01 <sup>a</sup>	-	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.05 <sup>a</sup>	0.08±0.05 <sup>a</sup>	0.14±0.06 <sup>a</sup>	0.15±0.08 <sup>a</sup>	0.13±0.05 <sup>a</sup>	0.13±0.04 <sup>a</sup>	0.16±0.02 <sup>a</sup>
	间二甲苯	7.77	0.45±0.04 <sup>a</sup>	0.30±0.13 <sup>a</sup>	-	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	1.29±0.14 <sup>a</sup>	-	0.33±0.03 <sup>b</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>	-
	对二甲苯	7.12	0.22±0.03 <sup>a</sup>	-	0.30±0.02 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>c</sup>	0.25±0.06 <sup>a</sup>	-	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>c</sup>
	2-戊基呋喃	16.24	-	-	-	2.85±0.02 <sup>b</sup>	7.60±0.02 <sup>a</sup>	-	-	-	2.74±0.02 <sup>b</sup>	4.60±0.02 <sup>a</sup>

注:“-”表示未检出;不同字母(a、b和c)表示差异显著( $p<0.05$ )。

表2 不同烹制时间的狮子头挥发性风味物质数量汇总

Table 2 Summary of volatile flavor compounds of pork meatball at different cooking times

化合物类别	6:4					7:3				
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
醛类	7	6	9	6	6	6	7	6	6	7
酯类	8	7	7	6	8	1	3	6	4	6
烃类	13	12	8	8	9	10	9	12	9	12
醇类	8	6	5	4	6	6	7	5	6	9
醚类	4	4	2	2	2	2	2	2	1	3
酮类	2	2	5	2	2	1	1	3	2	3
酸类	4	3	4	7	5	5	6	2	5	4
其他	4	2	3	5	5	4	3	5	5	4
总计	50	42	43	40	43	35	37	41	38	48

采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术对不同肥瘦比的狮子头进行挥发性物质提取和检测。两种不同肥瘦比例狮子头的总离子流图,如图1、图2所示。根据表1和表2,6:4肥瘦狮子头烹饪全过程共检出挥发性风味物质73种,7:3肥瘦狮子头烹饪全过程共检出挥发性风味物质71种。从表1、表2可以看出,共计有9种醛、17种酯、21种烃、13种醇、7种醚、5种酮、11种酸和6种其他类型。不同肥瘦比的挥发性物质和总挥发性物质含量差异显著( $p < 0.05$ )。总的来说,随着烹制时间的延长,狮子头中检测到的挥发性物质数量先增加后减少再增加。表3统计分析了在不同烹制时间鉴定的不同化合物的类型和数量,在烹制时间30 min时,肥瘦比6:4检出物明显高于肥瘦比7:3,其中烃类物质最多,多达13种。

化合物含量的高低不能说明其对风味的贡献度大小,通过计算各挥发性风味物质香味阈值,进行OAV分析。如表3所示,通过查询,共找到16种挥发性风味物质的香味阈值。在烹制过程中,瘦肉与脂肪组织的非挥发性成分之间会发生一系列复杂的热诱导反应,产生大量的反应产物<sup>[17]</sup>。狮子头在烹制过程中会发生复杂的化学变化,其中美拉德反应、脂肪降解等途径是产生挥发性风味物质的重要原因<sup>[18]</sup>。

通过狮子头OAV分析,在醛类物质中,壬醛和己醛OAV值较高,6:4组壬醛OAV值为4.41,7:3组壬醛OAV值为5.03;6:4组己醛OAV值为0.86,7:3组己醛OAV值为0.99,表明它们在狮子头香气中起重要作用。随着温度的升高,挥发性物质增加,说明脂肪氧化产生的化合物对熟肉的风味有很大的影响<sup>[19]</sup>。而醇类物质中,1-辛烯-3-醇是重要的风味物质,具有较强的蘑菇香味<sup>[20]</sup>。6:4组OAV值为0.21,7:3组OAV值高达1.39。其他物质中2-戊基呋喃OAV值

较大,6:4组OAV值为0.48,7:3组OAV值为0.46。因此得知己醛、壬醛、1-辛烯-3-醇、2-戊基呋喃等风味化合物是狮子头主要贡献的香味风味物质。

## 2.2 醛类风味物质比较分析

醛主要来源于脂肪<sup>[24]</sup>的氧化降解,其阈值低,挥发性强。对于风味有着较大的影响。通常,醛的存在与积极的芳香气味有关,例如黄油、甜味、花香(戊醛)和草本味(己醛),但有时也与不同的异味有关<sup>[25]</sup>。己醛、2,4-十二烯醛和其他醛类对肉的味道有积极的影响,但在高浓度下可能会产生不良的味道。在肉制品烹制加工过程中会逐渐产生醛类物质,此类物质随着烹制时间而升高。壬醛和己醛是狮子头中最主要的挥发性风味物质。壬醛是一种线性醛,具有醛香和蜡香<sup>[26]</sup>,己醛主要由亚油酸和花生四烯酸氧化产生,具有浓郁的草香味,阈值较低。从表2中可以看出两种肥瘦比狮子头醛类物质含量总体是呈上升趋势的,由于7:3比例狮子头脂肪含量较高,能够产生较多醛类物质。

## 2.3 酯类风味物质比较分析

酯类物质的产生主要由酸类和醇类物质发生酯化反应<sup>[27,28]</sup>,酯类物质阈值通常较低,所以对风味物质的影响较小。酯类对温度上升很敏感,在加工过程中很容易挥发丢失<sup>[29]</sup>。酯类化合物可赋予产品水果甜香、酒的醇香<sup>[30,31]</sup>。由表1可知,二种肥瘦比制作的狮子头中各检出11种酯类物质。短链脂肪酸及其酯具有典型的水果风味,而长链脂肪酸及其酯具有脂肪风味<sup>[32]</sup>。随着烹制时间的增加,酯类物质含量有上升趋势,而总体量略微降低。

表3 狮子头中主要的挥发性物质的阈值及 OAV

Table 3 Threshold and OAV of volatile compounds in pork meatball

化合物名称	阈值 (ng/g)	6:4					7:3					
		30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	
醛类	己醛	4.5 <sup>[21]</sup>	0.32	0.62	0.77	0.86	0.65	0.23	0.87	0.83	0.99	0.94
	庚醛	3 <sup>[21]</sup>	0.10	0.22	0.34	0.38	0.24	0.18	0.34	0.34	0.40	0.47
	壬醛	1 <sup>[21]</sup>	2.28	3.37	3.45	4.41	2.81	2.89	4.29	4.20	5.03	3.41
	十二醛	5 <sup>[21]</sup>	0.04	-	0.06	0.04	0.08	0.25	0.12	0.05	0.08	0.12
醇类	1-辛烯-3-醇	1 <sup>[21]</sup>	0.21	0.20	0.19	-	-	0.09	0.19	1.39	0.38	0.46
	Alpha-松油醇	330 <sup>[22]</sup>	<0.01	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01
	桉叶油醇	1.3 <sup>[22]</sup>	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4-萜烯醇	340 <sup>[22]</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-	-	-	-
烃类	正己烷	>500 <sup>[22]</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	<0.01
	Beta-蒎烯	140 <sup>[21]</sup>	0.04	-	-	<0.01	<0.01	0.08	0.11	0.07	-	-
	十三烷	2140 <sup>[23]</sup>	<0.01	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
酯类	己酸甲酯	0.075 <sup>[21]</sup>	-	-	0.07	-	0.93	-	-	-	-	-
酸类	3-羟基月桂酸	10000 <sup>[22]</sup>	<0.01	-	<0.01	-	-	-	-	-	-	-
其他	2-戊基呋喃	6 <sup>[22]</sup>	-	-	-	0.48	1.27	-	-	-	0.46	0.77
	间二甲苯	5.5 <sup>[21]</sup>	0.08	0.05	-	0.01	0.02	0.23	-	0.06	<0.01	-
	对二甲苯	450.23 <sup>[23]</sup>	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01

注：“-”表示未检出。

## 2.4 烃类风味物质比较分析

烃类物质在二种肥瘦比例制作的狮子头中都分别检出了17种。烃类,包括烷烃和烯烃,占种类和含量的比例最大。其中以癸烷、正己烷、十一烷含量较高。烃类物质在60、90、120 min这三个阶段的含量相对较高,烃类物质通过脂质过氧化反应产生,部分烃类化合物随烹制时间的增加会转化为杂环类化合物。烃类化合物的阈值较高,对风味的贡献较小。烷烃和烯烃的协同作用将有助于整体风味<sup>[33]</sup>。

## 2.5 醇类风味物质比较分析

醇类物质主要通过脂肪的氧化反应产生<sup>[34]</sup>。醇类可分为饱和与不饱和类,其中不饱和醇类对整体风味的贡献较,这主要因为其阈值更低<sup>[35]</sup>。1-辛烯-3-醇 1-辛烯-3-醇是由亚油酸氧化分解而成,亚油酸被认为是肉类中重要的挥发性物质,也是蘑菇气味<sup>[20]</sup>的来源。在6:4比例狮子头和7:3比例狮子头烹制过程中分别检测出11种、10种醇类,烹制时间的增加,醇类物质含量出现先升高后降低的情况。由此可知烹制时间对狮子头的醇类物质有着较大的影响,在90、120 min的时候狮子头中每种醇类物质的含量达到了顶峰,如果继续加热到150 min,部分醇类物质发生水解导致含量变低。

## 2.6 其他风味物质比较分析

酮是不饱和脂肪酸氧化降解和美拉德反应的产物<sup>[36]</sup>。实验中检测到5种酮类化合物,分别是甲基庚烯酮、2,3-辛二酮、4-氯丁酮、2-壬烷酮和2-十五烷酮。在6:4与7:3组别中90 min检测到5种与3种,其他时间均检测到种类小于3种,说明酮类在90 min时挥发性效果最好,气味最强。酮的阈值很低,其清香味会影响狮子头的整体风味。酸类物质是由脂肪酸甘油酯和磷脂加热、氧化或酶解产生的,二种肥瘦比制作的狮子头中都分别检出8种酸类物质。酸类物质的含量相对其他物质较小,对狮子头风味有微弱的调节作用。

狮子头在烹制过程中会产生一定数量的其他风味物质,主要由醚类、呋喃类、杂环类等物质组成。这些物质对风味有很大的影响。挥发性物质中检测到含量较高的呋喃类物2-戊基呋喃,这种物质带有果味和黄油的气味<sup>[37,38]</sup>。对狮子头的风味影响较大,起到协调均衡的作用。6:4肥瘦比狮子头中此类物质含量相对较高。所以醇类物质、醛类物质、酮类物质等随着烹制时间的变化其含量的变化较大。

## 3 结论

通过两种肥瘦比例和烹制时间对狮子头的挥发性风味物质的研究,结果显示:6:4与7:3肥瘦比例的狮



子头在烹制过程中分别鉴定出 73 和 71 种挥发性风味物质。根据不同类挥发性风味物质的聚类和 OAV 值分析,烹饪时间对狮子头中的挥发性风味物质影响显著,尤其醇类、醛类和酮类物质影响较大。烹制 120 min 时 6:4 组在己醛含量达到了 3.87 mg/kg、壬醛含量达到 4.41 mg/kg, 7:3 组己醛含量达到了 4.44 mg/kg, 壬醛含量达到 5.03 mg/kg; 醇类物质的含量在刚开始烹制狮子头主要呈上升趋势,但在烹制 120 min 之后含量开始略微下降,在 90 min 时 6:4 组 1-辛烯-3-醇为 0.19 mg/kg, 7:3 组 1-辛烯-3-醇含量为 1.39 mg/kg; 酮类物质的含量随着烹制的开始而显著增加,随着烹饪时间的延长而稳定增加。醚类、呋喃类、杂环类等物质对狮子头的风味影响很大。如 2-戊基呋喃,在 120 min 时 6:4 组含量为 2.85 mg/kg, 7:3 组含量为 2.74 mg/kg。从挥发性风味物质的变化趋势来看,将狮子头烹制时间控制在 120 min 时,其挥发性风味物质呈现较好。狮子头在 90 min、120 min 的时候狮子头中每种醇类物质的含量达到高值。通过 OAV 值分析发现,己醛、壬醛、1-辛烯-3-醇、2-戊基呋喃等风味化合物是狮子头主要贡献的香味风味物质。7:3 比例狮子头的风味物质贡献度优于 6:4 比例。结合研究过程中感官评价可以说明,烹饪 120 min 时 7:3 比例的狮子头风味物质组成更丰富。研究结果将为后续深入研究狮子头的品质形成和调控提供参考。

## 参考文献

- [1] 赵节昌.鱼肉狮子头加工工艺研究[J].科学养鱼,2011,12:68-69  
ZHAO Jiechang. Research on fish lion head [J]. Scientific Fish, 2011, 12: 68-69
- [2] 周晓燕,唐建华,陈剑,等.影响狮子头口感的关键工艺标准研究[J].食品科学,2010,31(16):145-150  
ZHOU Xiaoyan, TANG Jianhua, CHEN Jian, et al. Research on the key process standards affecting the taste of the lion head [J]. Food Science, 2010, 31(16): 145-150
- [3] 毛羽扬,朱小喜.扬州狮子头风味形成的探析[J].中国调味品,2003,11:33-36,48  
MAO Yuyang, ZHU Xiaoxi. An analysis of the lion head style formation in Yangzhou [J]. Chinese Condiment, 2003, 11: 33-36, 48
- [4] 鲍会梅,丁玉勇,王宏.清炖狮子头工艺研究及脂肪蛋白质量比测定[J].山西食品工业,2004,2:30-32  
BAO Huimei, DING Yuyong, WANG Hong. Technology and fat and protein ratio [J]. Shanxi Food Industry, 2004, 2: 30-32
- [5] 唐建华,周晓燕.清炖狮子头的试验研究[J].食品工业,2010,31(5):27-30  
TANG Jianhua, ZHOU Xiaoyan. Experimental study on stew lion head [J]. Food Industry, 2010, 31(5): 27-30
- [6] 孟舒雨,李苗云,赵改名,等.基于灰色关联度法的狮子头风味电子鼻分析与感官评分相关性[J].肉类研究,2019,33(4):24-28  
MENG Shuyu, LI Miaoyun, ZHAO Gaiming, et al. Correlation between flavor e-nose analysis and sensory scores of lion's head based on grey correlation method [J]. Meat Research, 2019, 33(4): 24-28
- [7] 刘登勇,周光宏,徐幸莲.确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J].食品科学,2008,7:370-374  
LIU Dengyong, ZHOU Guanghong, XU Xinglian. A new method for determining key food flavor compounds: "ROAV" method [J]. Food Science, 2008, 7: 370-374
- [8] Wang Y, Song H, Zhang Y, et al. Determination of aroma compounds in pork broth produced by different processing methods [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2016, 31(4): 319-328
- [9] Zhao J, Wang M, Xie J, et al. Volatile flavor constituents in the pork broth of black-pig [J]. Food Chemistry, 2017, 226: 51-60
- [10] Ba H V, Ryu K S, Lan N T K, et al. Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics, and volatile components [J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(3): 651-658
- [11] Lorenzo J M. Influence of the type of fiber coating and extraction time on foal dry-cured loin volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME) [J]. Meat Science, 2014, 96(1): 179-186
- [12] Zhang J, Zhang Y Q, Wang Y, et al. Influences of ultrasonic-assisted frying on the flavor characteristics of fried meatballs [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2020, 62: 102365
- [13] Dayun Zhao, Jian Tang, Xiao Lin, et al. Analysis of volatile components during potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss.) pickle fermentation using SPME-GC-MS [J]. LWT - Food Science and Technology, 2007, 40(3): 439-447
- [14] 朱文政,徐艳,钱祥羽,等.狮子头加工过程中脂肪及脂肪酸组分的变化[J].食品与机械,2019,35(6):49-53  
ZHU Wenzheng, XU Yan, QIAN Xiangyu, et al. Changes in the fat and fatty acid components during the processing of the lion head [J]. Food and Machinery, 2019, 35(6): 49-53
- [15] 朱文政,徐艳,刘薇,等.烹制时间对狮子头营养品质和挥发性风味物质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(4):208-214

- ZHU Wenzheng, XU Yan, LIU Wei, et al. Effect of cooking time on lion nutritional quality and volatile flavor substances [J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(4): 208-214
- [16] 周惠健,周瑞铮,吴满刚,等.啤酒对红烧老鹅品质的影响[J].中国调味品,2019,44(1):20-25,31  
ZHOU Huijian, ZHOU Ruizheng, WU Mangang, et al. Beer influence on quality of old goose in soy sauce [J]. Chinese Condiment, 2019, 44(1): 20-25, 31
- [17] Donald S Mottram. Flavour formation in meat and meat products: a review [J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424
- [18] 朱文政,周晓燕.中式烹饪香味形成机理探析[J].中国调味品,2010,35(7):107-110  
ZHU Wenzheng, ZHOU Xiaoyan. The fragrance formation mechanism of Chinese cuisine [J]. Chinese Condiment, 2010, 35(7): 107-110
- [19] Jose M Lorenzo, Rubén Dominguez. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2014, 29(4): 240-248
- [20] Yang Y, Zhang X, Wang Y, et al. Study on the volatile compounds generated from lipid oxidation of Chinese bacon (unsmoked) during processing [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2017, 119(10): 1600512
- [21] 朱文政,严顺阳,徐艳,等.顶空固相微萃取-气质联用分析不同烹制时间红烧肉挥发性风味成分[J].食品与发酵工业, 2021,47(2):247-253  
ZHU Wenzheng, YAN Shunyang, XU Yan, et al. Analysis of volatile flavor ingredients of braised pork in soy sauce [J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(2): 247-253
- [22] 李娟,韩东,米思,等.北京地区酱卤牛肉中挥发性风味物质剖面分析[J].核农学报,2020,34(1):94-103  
LI Juan, HAN Dong, MI Si, et al. Analysis of volatile flavor material profiles in sauce-marinated beef in Beijing [J]. Nuclear Agriculture, 2020, 34(1): 94-103
- [23] 顾赛麒,吴浩,张晶晶,等.固相萃取整体捕集剂-气相色谱-质谱联用技术分析中华绒螯蟹性腺中挥发性成分[J].现代食品科技,2013,29(12):3019-3025,3058  
GU Saiqi, WU Hao, ZHANG Jingjing, et al. GC-GC-MS analysis of China [J]. Modern Food Technology, 2013, 29(12): 3019-3025, 3058
- [24] Yang Y, Zhang X, Wang Y, et al. Study on the volatile compounds generated from lipid oxidation of Chinese bacon (un-smoked) during processing [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2017, 119(10): 1600512
- [25] Iacumin L, Osualdini M, Bovolenta S, et al. Microbial, chemico-physical and volatile aromatic compounds characterization of pitina PGI, a peculiar sausage-like product of northeast Italy [J]. Meat Science, 2020, 163: 108081
- [26] Li J, Zhang J, Yang Y, et al. Comparative characterization of lipids and volatile compounds of Beijing Heiliu and Laiwu Chinese black pork as markers [J]. Food Research International, 2021, 146(11): 110433
- [27] Zhang M, Chen X, Hayat K, et al. Characterization of odor-active compounds of chicken broth and improved flavor by thermal modulation in electrical stewpots [J]. Food Research International, 2018, 109: 72-81
- [28] Zhan H, Hayat K, Cui P, et al. Characterization of flavor active non-volatile compounds in chicken broth and correlated contributing constituent compounds in muscle through sensory evaluation and partial least square regression analysis [J]. LWT - Food Science and Technology, 2020, 118: 108786
- [29] De Lima Alves L, Donadel J Z, Athayde D R, et al. Effect of ultrasound on proteolysis and the formation of volatile compounds in dry fermented sausages [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2020, 67: 105161
- [30] Tsai S Y, Huang S J, Lo S H, et al. Flavor components and antioxidant properties of several cultivated mushrooms [J]. Food Chemistry, 2009, 113(2): 578-584
- [31] Sun W, Zhao Q, Zhao H, et al. Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage [J]. Food Chemistry, 2010, 121(2): 319-325
- [32] 蔡原,赵有璋,蒋玉梅,等.顶空固相微萃取-气质联用检测合作猪肉挥发性风味成分[J].西北师范大学学报(自然科学版),2006,42(4):74-78,91  
CAI Yuan, ZHAO Youzhang, JIANG Yumei, et al. Headspace solid phase microextraction-gas-mass spectrometry for detection of volatile flavor components of Hezu pork [J]. Northwest Normal University (Natural Science), 2006, 42(4): 74-78, 91
- [33] 姚勇芳.肉类风味及其影响因素[J].肉类工业,2001,1:40-41  
YAO Yongfang. Meat taste and its impact factors [J]. Meat Industry, 2001, 1: 40-41
- [34] Estevez Mario, Morcuende David, Ventanas Sonia, et al. Analysis of volatiles in meat from Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GC-MS [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(11): 3429-3435