

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025244

引用格式: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. Cooking time on the quality and volatile flavor compounds of Shizitou (meat ball) [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(4): 208-214.

烹制时间对狮子头营养品质和挥发性风味物质的影响

朱文政^{1,2,3}, 徐艳^{1,2}, 刘薇¹, 王秋玉¹, 沙文轩¹, 周晓燕^{1,2*}, 杨章平^{3*}

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中心, 江苏 扬州, 225127)

3(扬州大学 动物科学与技术学院, 江苏 扬州, 225009)

摘 要 为探究烹制时间对狮子头营养品质和挥发性风味物质的影响,该文对不同烹制时间条件下狮子头的基础营养成分、色泽、卡路里、质构、嫩度和挥发性风味物质指标进行研究。结果表明,不同烹制时间对狮子头的营养品质和挥发性风味物质含量影响显著($P < 0.05$)。烹制过程使狮子头中水分含量增加显著($P < 0.05$)。与原料肉相比,烹至 120 min 时狮子头比原料肉中的脂肪含量降低了 17.97%;狮子头肥肉部位 L^* 值随着烹制时间的延长,呈先降低再升高的趋势,而瘦肉部位的 L^* 值则呈现先升高再降低趋势。烹制过程使狮子头的卡路里热量降低了 41.04%。经质构分析,在烹制过程中狮子头的硬度、咀嚼性、嫩度值变化显著($P < 0.05$),烹至 120 min 时,狮子头达到口感嫩滑、入口即化的口腔状态。通过固相微萃取-气相色谱质谱联用技术从狮子头中共分离鉴定出 76 种挥发性风味物质,主要包括醛类、酯类、脂肪烃类、醇类、酸类以及其他类风味化合物。

关键词 狮子头;烹制时间;营养品质;嫩度;挥发性物质

狮子头是中华传统名菜,因其形态饱满,犹如雄狮之首,故名“狮子头”。狮子头选择猪五花肋条肉,肥瘦相间比例在 1:1,其纤维细、含水量大^[1-2]。狮子头营养丰富,口感滑嫩、肥而不腻、入口即化,尤其风味芳香诱人。风味是评价狮子头感官品质重要的指标之一,风味的优劣程度直接影响消费者对产品的选择,良好的风味将对狮子头产品品质有着积极影响。狮子头风味的形成,与烹饪制作过程中的原料选择、加工方式、烹制时间以及辅料添加等因素有着密切关系。

目前关于狮子头的研究主要集中在感官与品质参数、工艺优化、营养成分分析以及风味对比等研究。周晓燕等^[2]研究了狮子头制作过程中辅料和加热时间对狮子头口感和工艺参数的影响。唐建华等^[3]对清炖狮子头采用正交试验优化其最佳工艺,结果发现,加热时间对狮子头的口感显著。鲍会梅等^[4]通过感官评价法研究狮子头制作过程中肥瘦肉比和炖制时间对其品质的影响。张志刚等^[5]研究了狮子头在低温贮藏过程中的质构、硫代巴比妥酸值、羰基含量和总挥发性盐基氮等指标的变化。孟舒雨等^[6]运用感官评分和电子鼻技术对狮子头风味特征进行研

究,发现香辛料等辅料是造成产品风味差异的主要因素。然而,目前烹制时间因素对狮子头挥发性风味物质的影响研究还未见报道。

本文以狮子头为研究对象,研究了狮子头在烹制过程中基础营养成分、卡路里热量、色泽、质构和嫩度指标,运用固相微萃取(solid phase microextraction, SPME)结合气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用技术^[7],采用内标法,研究不同烹制时间狮子头挥发性风味物质的含量,为狮子头的工业化生产和风味评价提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪五花肉(三元猪)、鸡蛋、马铃薯淀粉(风车牌)、料酒(古越龙山品牌)、食盐、扬州麦德龙超市。

石油醚、氢氧化钠、硫酸铜、硫酸钾、盐酸、硼酸、浓硫酸,均为分析纯,扬州市广宁器化玻有限公司;辛酸甲酯标准品,美国 Sigma 公司。

1.2 仪器与设备

BS2SS 电子分析天平,北京赛多利斯计量仪器有

第一作者:博士,讲师(周晓燕教授和杨章平教授为共同通讯作者, E-mail: yzuxyz@163.com; yzp@yzu.edu.cn)

基金项目: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项目(CC20G03)

收稿日期:2020-08-05, 改回日期:2020-11-09

限公司;C21S-C2170 九阳电子炉,九阳股份有限公司;NH310 高品质便携式电脑色差仪,深圳市三恩时科技有限公司;C-LM2 肌肉嫩度仪,北京朋利驰科技有限公司;SE-A6 全自动脂肪测定仪,济南阿尔瓦仪器有限公司;KDN-20C 消化炉、KDN-1000 自动凯氏定氮仪,上海昕瑞仪器仪表有限公司;HH-4A 恒温水浴锅,国华电器有限公司;TMS-PRO 质构仪,美国 FTC 公司;CA-HM 卡路里分析仪,日本 JWP 公司;Carboxen™/聚二甲基硅氧烷萃取头(75 μm),57330-U 手动固相微萃取进样器,美国 Supelco 公司;Trace DSQ II 气相色谱-质谱联用仪,美国 Thermo 公司。

1.3 样品制备

狮子头加工工艺^[8]:将 1.0 kg 猪五花肉洗净沥干,放入冰箱(-20 $^{\circ}\text{C}$)冷冻 2 h,取出切成石榴米状,然后加入鸡蛋 2 个、葱末 10 g、姜末 10 g、淀粉 15 g、食盐 2 g、葱姜料酒水 120 g,按顺时针方向搅拌均匀,使其上劲形成凝胶,放入冷藏冰箱(4 $^{\circ}\text{C}$)静置 1 h,称取规格为 90 g/个,使用双手前手掌心攥摔成圆形,然后入沸水锅中加热,待其固定成型时转置入炖锅内;先用 1 000 W 将炖锅中汤汁烧沸腾,然后将功率调节为 200 W 继续加热至 120 min。根据狮子头关键步骤,设置采样点:原料肉、定型阶段、放入砂锅后炖煮过程中每 30 min 采样。每次取 3 个平行样,用吸水纸去除样品狮子头表面汤汁等,冷却置于 -80 $^{\circ}\text{C}$ 保存,待测。

1.4 营养成分测定

1.4.1 水分含量的测定

参考 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》,采用干燥法。

1.4.2 蛋白质含量的测定

参考 GB 5009.05—2010《食品中蛋白质的测定》,采用凯氏定氮法。

1.4.3 脂肪含量的测定

参考 GB 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》,采用全自动脂肪测定法。

1.5 食用品质测定

1.5.1 颜色测定

在狮子头加工的各个阶段取样,对肥肉、瘦肉、肥瘦相间 3 个部位分别进行切割和测定。采用便携式色差仪测定狮子头表面肥、瘦和肥瘦相间部位的 L^* 、 a^* 和 b^* 值,色差仪经标准白板校正后,将色差仪测试镜头垂直置于待测样品表面,镜口紧扣样品表面,样品测定重复 3 次。

1.5.2 质构测定

将狮子头各个阶段的样品,切割成 4 cm $\times$ 1.5 cm $\times$ 3.5 cm 规格的块状,在质地多面剖析(texture profile analysis,TPA)模式下,使用 P36R 探头,TPA 测试参数设定为:测前速率 2.0 mm/s,测试速率 1.5 mm/s,测试后速率 5.0 mm/s,压缩程度 40%,停留时间 5 s,每个样品测试 3 次。

1.5.3 嫩度测定

采用 C-LM₂ 肌肉嫩度仪对狮子头样品进行测定。用直径 1.27 cm 的圆形取样器沿狮子头中间部位方向钻取肉样,样品长度不少于 2.5 cm,取样位置应距离样品边缘不少于 5 mm,两个取样的边缘间距不少于 5 mm,每组测试样品 3 个。

1.6 挥发性风味物质测定

参考周惠健等^[9]测定方法:将狮子头样品解冻后,迅速切碎成肉末,准确称取 10.0 g 样品置于 200 mL 萃取瓶中,并加入辛酸甲酯内标,以封口膜立即密封瓶口。将经 250 $^{\circ}\text{C}$ 老化 40 min 后的萃取头穿过顶空瓶口的橡胶密封塞,插入到萃取瓶中,然后在 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热条件下顶空萃取 40 min,萃取结束后迅速拔出萃取头插入气质联用仪进样口,启动气质联用仪采集数据并进行分析、鉴定。色谱条件:色谱柱为 TG-WAXMS 石英毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm);升温程序:起始温度 40 $^{\circ}\text{C}$,保持 1 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 100 $^{\circ}\text{C}$,再以 8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 240 $^{\circ}\text{C}$,保持 5 min;载气(He)、流量 1 mL/min;进样口在不分流进样 1 μL 模式操作;质谱条件:离子源温度 250 $^{\circ}\text{C}$;电离方式 EI;电子能量 70 eV;质量扫描范围:30 ~ 500 u。

根据检索库(NIST 2011)进行化合物的质谱分析鉴定,在检测出的挥发性风味成分中筛选出正匹配度和逆匹配度均大于 800 的化合物。定量方法:在顶空微萃取之前添加 60 μL 0.012 66 mg/mL 的辛酸甲酯内标,待测样品中挥发性风味物质含量根据峰面积之比进行计算,计算如公式(1)所示:

$$\text{样品浓度}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{\text{样品峰面积} \times \text{内标浓度}}{\text{内标峰面积} \times \text{样品质量}} \quad (1)$$

1.7 数据处理

实验数据采用 Origin 8.0 和 SPSS 17.0 软件进行数据分析,实验结果数据以平均值 $\pm$ 标准差表示,以 $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 狮子头烹制过程中主要营养指标变化

由表1可知,随着烹制时间的延长,狮子头水分含量呈显著增长趋势($P < 0.05$)。烹制时间对狮子头中脂肪含量影响较小,与原料肉相比,烹至120 min时狮子头中脂肪含量降低了17.97%,这与脂肪在长时间炖煮过程中容易降解为挥发性风味物质有关^[10]。在烹制过程中狮子头蛋白质含量变化较小且不显著。在卡路里热量值分析方面,经过烹制的狮子头比原料肉中的卡路里热量值降低了41.04%。

表1 狮子头烹制过程中主要营养与热量指标变化

Table 1 Changes in nutrition and calories of Shizitou (meat ball) during cooking

烹制过程	水分/ [g · (100g) ⁻¹]	粗脂肪/ [g · (100g) ⁻¹]	蛋白质/ [g · (100g) ⁻¹]	卡路里热量/kcal
原料	22.43 ± 2.17 ^d	44.80 ± 1.35 ^a	31.73 ± 0.95 ^a	530.33 ± 15.28 ^a
定型	49.10 ± 0.61 ^b	27.53 ± 0.31 ^c	17.37 ± 0.35 ^b	317.33 ± 3.79 ^c
30 min	51.17 ± 0.15 ^b	26.73 ± 0.12 ^c	18.07 ± 0.12 ^b	313.00 ± 1.00 ^c
60 min	51.23 ± 0.25 ^b	26.60 ± 0.40 ^c	18.10 ± 0.26 ^b	312.00 ± 2.65 ^c
90 min	52.47 ± 0.06 ^c	27.57 ± 0.15 ^b	17.97 ± 0.12 ^b	318.00 ± 1.00 ^b
120 min	54.37 ± 0.71 ^a	26.23 ± 0.59 ^c	17.87 ± 0.15 ^b	312.67 ± 5.69 ^c

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$) (下同)

2.2 狮子头加工过程中主要食用品质变化

2.2.1 狮子头烹制过程中颜色变化

色泽是影响消费者选择与评价食物的重要指标之一。由表2可以看出,狮子头烹制后肥、瘦和肥瘦相间部位的 L^* 值变化显著($P < 0.05$)。狮子头肥肉部位 L^* 值变化呈现先降低后升高的趋势,瘦肉部位 L^* 值呈现先升高再降低,烹至90 min时呈增加趋势。由于高温作用,猪五花肉中蛋白质受热导致焦糖化反应和美拉德反应,产生一定程度的褐变反应^[11]。随着烹制时间和温度的变化,猪肉因氧化反应产生自由基从而促进高铁肌红蛋白的积累,肌红蛋白的自动氧化从而发生褐变^[12]。

代表红色度的 a^* 值更具有表征肉品色泽的价值。狮子头在烹制过程中,肥肉部位 a^* 值总体呈现缓慢降低趋势,而瘦肉部位呈现增加趋势($P < 0.05$)。随着温度的升高,瘦肉部分纤维结构发生变化,蛋白质发生变性和凝集,亚铁血红素被取代,导致影响 a^* 值的高铁肌红蛋白色素等的明显增加^[13]。此外,狮子头颜色的变化与五花肉原色、辅料、调料以及烹制热处理对五花肉营养物质的影响有关。

2.2.2 狮子头烹制过程中质构与嫩度变化

由表3和图1得知,烹制时间对狮子头的硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性和嫩度影响显著($P < 0.05$),尤其咀嚼性变化明显。狮子头的硬度、胶黏性和咀嚼性等指标显著降低,而弹性呈增加趋势。猪肉的弹性和

黏聚性一般由肉的水分、弹性蛋白、胶原蛋白和肌纤维的本身属性及相互作用决定。长时间热处理会使肉中的胶原蛋白溶解,降低胶原蛋白分子间的交联作用,导致肌原纤维蛋白的流失、剪切力下降^[14-15]。烹制加热过程对肉品的嫩度影响很大,特别是炖煮过程中采用一段低温长时加热有利于其嫩度的保持^[16]。肉的嫩度可以通过剪切力的大小来表征。狮子头的硬度受烹制工艺的影响较大,同时也与其肌肉自身组分含量相关。烹制时间对狮子头的食用品质产生了显著影响($P < 0.05$),这与VASANTHI等^[17]研究烹制时间可以增加水煮牛肉的嫩度试验结果相一致。

表2 狮子头烹制过程中 L^* 、 a^* 、 b^* 值的变化Table 2 Changes of L^* , a^* and b^* values of Shizitou (meat ball) during processing

项目	L^*			a^*			b^*		
	肥肉	瘦肉	肥瘦相间	肥肉	瘦肉	肥瘦相间	肥肉	瘦肉	肥瘦相间
原料肉	40.28 ± 0.35 ^b	22.22 ± 0.21 ^f	33.17 ± 0.53 ^e	1.10 ± 0.18 ^a	7.99 ± 1.40 ^a	2.12 ± 0.10 ^a	2.22 ± 0.19 ^{bcd}	1.83 ± 0.49 ^c	1.57 ± 0.13 ^d
定型	41.83 ± 0.26 ^a	35.54 ± 0.50 ^a	36.75 ± 1.46 ^a	1.26 ± 0.03 ^c	0.39 ± 0.53 ^b	0.27 ± 0.34 ^{cd}	1.69 ± 0.03 ^d	3.65 ± 0.31 ^a	3.45 ± 0.38 ^{ab}
30 min	34.81 ± 0.25 ^d	34.47 ± 0.06 ^b	36.98 ± 0.20 ^a	0.66 ± 0.04 ^d	0.50 ± 0.02 ^b	0.70 ± 0.00 ^{cd}	2.61 ± 0.03 ^a	3.58 ± 0.03 ^a	3.13 ± 0.05 ^b
60 min	36.81 ± 0.38 ^c	30.84 ± 0.10 ^c	35.08 ± 0.16 ^b	0.88 ± 0.07 ^d	1.50 ± 0.07 ^c	-0.16 ± 0.02 ^c	2.53 ± 0.08 ^{ab}	3.93 ± 0.03 ^a	3.28 ± 0.02 ^b
90 min	40.79 ± 0.05 ^b	30.80 ± 0.03 ^c	36.97 ± 0.16 ^a	0.18 ± 0.00 ^c	0.62 ± 0.02 ^b	0.02 ± 0.04 ^c	2.32 ± 0.05 ^{abc}	2.55 ± 0.03 ^b	3.75 ± 0.07 ^a
120 min	37.26 ± 0.54 ^c	33.13 ± 0.35 ^c	36.34 ± 0.76 ^a	0.76 ± 0.12 ^d	0.98 ± 0.04 ^b	0.12 ± 0.08 ^{cd}	2.01 ± 0.21 ^c	3.58 ± 0.04 ^a	2.37 ± 0.26 ^c

表3 狮子头烹制过程中质构变化

Table 3 Changes in texture of Shizitou (meat ball) during cooking

烹制过程	硬度	黏附性	弹性	胶黏性	咀嚼性
定型	76.65 ± 6.95 ^a	0.83 ± 0.475 ^a	5.000 ± 0.02 ^b	40.40 ± 9.9 ^a	184.38 ± 11.45 ^a
30 min	37.25 ± 3.85 ^b	1.55 ± 0.14 ^a	5.615 ± 0.35 ^b	20.95 ± 3.45 ^b	108.89 ± 6.79 ^b
60 min	35.50 ± 5.5 ^{bc}	1.67 ± 0.42 ^a	6.53 ± 0.98 ^{ab}	15.20 ± 0.2 ^b	98.93 ± 13.22 ^b
90 min	18.80 ± 0.8 ^{bc}	0.55 ± 0.05 ^a	8.68 ± 0.71 ^a	6.15 ± 0.95 ^b	52.91 ± 3.66 ^c
120 min	21.10 ± 3.5 ^c	0.86 ± 0.26 ^a	7.09 ± 1.15 ^{ab}	7.20 ± 1 ^b	49.83 ± 0.96 ^c

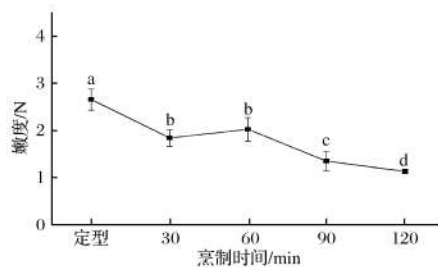


图1 狮子头烹制过程中嫩度的变化

Fig.1 Changes in tenderness of Shizitou(meat ball) during cooking

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

2.3 狮子头烹制过程中挥发性风味物质变化

狮子头经不同烹制时间后其挥发性风味化合物的含量见表4。烹制过程中不同种类挥发性风味化合物数量变化见图2。SPME-GC-MS分析结果表明,烹制120

min 时狮子头检出的挥发性风味物质种类最多,共分离鉴定出挥发性风味物质 76 种,其中醛类物质 9 种,酯类物质 14 种,烃类物质 22 种,醇类物质 8 种,醚类物质 3 种,酮类物质 4 种,酸类物质 9 种,其他类物质 7 种。烹制过程中,猪肉中的瘦肉组织和脂肪组织发生一系列复杂的热诱导反应^[18]。随着烹制温度的升高,脂质氧化发生的同时,挥发性化合物也伴随产生,这说明脂肪氧化产生的化合物对熟肉的风味有很大的影响^[19]。

醛类物质主要来源于猪肉脂肪组织的氧化分解^[20],具有较强的挥发性,是构成加热后肉制品主要的风味物质之一^[21]。壬醛和己醛是狮子头中最要的挥发性风味物质。烹制 120 min 时,壬醛含量达到 3.58 mg/kg,己醛达到 3.10 mg/kg,己醛具有清香的青草香,且该类醛类物质的阈值也相对较低,己醛主要由亚油酸和花生四烯酸氧化产生^[22]。从醛类物质含量变化趋势来看,醛类物质的含量随烹制时间延长呈上升趋势。狮子头在烹制过程中得到的烃类物质,主要包括烷烃和烯烃大类。烷烃类物质中,以癸烷、正己烷、十一烷含量较高。烃类物质对风味贡献不大,但烷烃及烯烃的协同作用可能对肉的风味有整体贡献^[23]。

醇类物质也主要来源于脂肪的氧化分解^[24]。采

用 SPME-GC-MS 从狮子头中共分离鉴定出 8 种醇类物质,其中含量较高的有 3-丁炔-1-醇、5-氨基-1-戊醇、1-辛烯-3-醇物质。烹制 120 min 时,3-丁炔-1-醇含量达到了 5.44 mg/kg,5-氨基-1-戊醇达到 10.85 mg/kg,1-辛烯-3-醇达到 1.43 mg/kg,具有较强的油脂香味^[25]。酮类物质主要通过不饱和脂肪酸受热氧化后降解产生^[26]。在烹制过程中狮子头共鉴定出 4 种酮类物质。酸类物质中,以蝶呤-6-羧酸、L-胱氨酸含量较高。烹制 120 min 时,其含量相对较低,分别为 (6.67 ± 7.59) mg/kg 和 (7.26 ± 35.50) mg/kg,对狮子头风味影响不显著。酯类物质主要由肌肉组织中脂质氧化和游离脂肪酸之间的交互作用而产生^[27]。从狮子头中鉴定得到的酯类物质来看,酯类物质的种类少且含量占比较小。此外,狮子头中分离鉴定出一定量的甲苯、呋喃类等风味物质,其阈值相对较低,但对狮子头主体风味影响较大。呋喃类物质主要由脂质氧化产生,狮子头中检测出的 2-戊基呋喃,具有一定的甜香^[28],主要对狮子头风味起到协调均衡的作用。狮子头在烹制过程中,因其工艺条件和时间因素对狮子头过程性的挥发性风味物质的检出产生了一定影响。

表 4 狮子头烹制过程中的挥发性风味物质组成

单位:mg/kg

Table 4 Composition of volatile flavor substances in Shizitou (meat ball) processing

类别	CAS 号	分子式	物质名称	原料	30 min	60 min	90 min	120 min
醛类	141-27-5	C ₁₀ H ₁₆ O	辛二烯醛	-	1.08 ± 0.34 ^a	1.48 ± 0.75 ^a	1.34 ± 0.34 ^a	0.37 ± 0.01 ^a
	762-26-5	C ₁₂ H ₂₀ O	癸二烯醛	-	0.18 ± 0.01 ^d	1.03 ± 0.01 ^c	1.29 ± 0.06 ^b	1.59 ± 0.06 ^a
	20407-84-5	C ₁₂ H ₂₂ O	反-2-十二烯醛	-	-	-	-	0.29 ± 0.04 ^a
	111-71-7	C ₇ H ₁₄ O	庚醛	-	-	-	0.61 ± 0.07 ^a	0.27 ± 0.03 ^a
	112-31-2	C ₁₀ H ₂₀ O	癸醛	-	-	-	-	1.70 ± 0.05 ^a
	124-19-6	C ₉ H ₁₈ O	壬醛	0.35 ± 0.01 ^b	1.00 ± 0.06 ^{ab}	2.27 ± 1.47 ^{ab}	1.84 ± 1.02 ^{ab}	3.58 ± 0.04 ^a
	116-31-4	C ₂₀ H ₂₈ O	视黄醛	-	-	-	-	0.07 ± 0.01 ^a
	106-23-0	C ₁₀ H ₁₈ O	香茅醛	-	-	-	-	0.23 ± 0.01 ^a
	66-25-1	C ₆ H ₁₂ O	己醛	0.03 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	0.51 ± 0.44 ^a	0.16 ± 0.02 ^a	3.10 ± 0.02 ^a
酯类	141-08-2	C ₂₁ H ₄₀ O ₅	二羟基丙酯	-	-	-	0.04 ± 0.01 ^a	-
	5331-43-1	C ₈ H ₁₀ N ₂ O ₂	胍基甲酸苄酯	-	-	-	3.24 ± 0.01 ^a	-
	142-77-8	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	十八烯酸丁酯	-	-	-	0.08 ± 0.01 ^a	-
	105-86-2	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	醇甲酸酯	-	-	1.63 ± 0.10 ^a	-	2.41 ± 2.02 ^a
	5466-06-8	C ₅ H ₁₀ O ₂ S	3-巯基丙酸乙酯	-	-	0.49 ± 0.44 ^a	0.18 ± 0.16 ^a	0.61 ± 0.59 ^a
	80-27-3	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	丙酸松油酯	-	-	-	1.24 ± 0.01 ^a	-
	623-42-7	C ₅ H ₁₀ O ₂	丁酸甲酯	0.45 ± 0.01 ^a	-	-	-	-
	110-42-9	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	癸酸甲酯	0.15 ± 0.01 ^a	-	-	-	-
	106-70-7	C ₇ H ₁₄ O ₂	己酸甲酯	2.05 ± 0.01 ^a	-	-	-	-
	1731-84-6	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	壬酸甲酯	0.18 ± 0.01 ^a	-	-	-	-
	7132-64-1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	十五碳酸甲酯	-	0.70 ± 0.01 ^a	-	-	-
	2463-02-7	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	二十碳二烯酸甲酯	-	0.28 ± 0.01 ^a	-	-	-
	141-23-1	C ₁₉ H ₃₈ O ₃	十八烷酸甲酯	0.17 ± 0.06 ^b	1.78 ± 0.96 ^a	-	-	-

续表 4

类别	CAS 号	分子式	物质名称	原料	30 min	60 min	90 min	120 min
烃类	542-56-3	C ₄ H ₉ NO ₂	亚硝酸异丁酯	—	—	—	—	3.61 ± 0.06 ^a
	75-31-0	C ₃ H ₉ N	氨基丙烷	—	—	—	—	2.76 ± 0.19 ^a
	124-18-5	C ₁₀ H ₂₂	癸烷	0.79 ± 0.10 ^b	0.69 ± 0.01 ^b	0.73 ± 0.01 ^b	1.84 ± 1.18 ^{ab}	3.18 ± 0.63 ^a
	112-40-3	C ₁₂ H ₂₆	十二烷	—	—	0.74 ± 0.33 ^b	1.66 ± 0.34 ^a	—
	1120-21-4	C ₁₁ H ₂₄	十一烷	2.38 ± 0.42 ^a	4.19 ± 0.47 ^a	10.19 ± 6.47 ^a	8.98 ± 4.37 ^a	9.32 ± 6.05 ^a
	110-54-3	C ₆ H ₁₄	正己烷	1.40 ± 0.92 ^b	3.24 ± 0.58 ^b	3.65 ± 0.37 ^b	3.83 ± 0.50 ^b	4.19 ± 0.14 ^b
	16982-00-6	C ₁₅ H ₂₂	(+)-花侧柏烯	—	0.29 ± 0.07 ^a	—	—	—
	127-91-3	C ₁₀ H ₁₆	β-蒎烯	—	6.88 ± 0.63 ^a	—	—	—
	629-20-9	C ₈ H ₈	辛四烯	0.08 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.01 ^a	—	—	—
	539-21-9	C ₈ H ₁₁ N ₇ S	环己二烯	—	4.55 ± 0.42 ^a	8.78 ± 5.87 ^a	5.56 ± 2.86 ^a	3.85 ± 0.78 ^a
	80-56-8	C ₁₀ H ₁₆	2-蒎烯	—	1.12 ± 0.35 ^b	0.64 ± 0.22 ^b	1.29 ± 0.03 ^b	1.64 ± 0.79 ^b
	110-83-8	C ₆ H ₁₀	环己烯	—	27.77 ± 2.63 ^b	14.55 ± 0.29 ^b	38.08 ± 19.92 ^b	12.22 ± 0.44 ^b
	100-42-5	C ₈ H ₈	苯乙烯	—	—	—	—	1.41 ± 1.09 ^a
	463-49-0	C ₃ H ₄	丙二烯	—	—	—	—	0.67 ± 0.02 ^a
	79-92-5	C ₁₀ H ₁₆	蒎烯	—	1.78 ± 0.51 ^a	1.58 ± 0.71 ^a	2.16 ± 1.04 ^a	1.83 ± 1.80 ^a
	470-40-6	C ₁₅ H ₂₄	罗汉柏烯	—	—	0.12 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^b	0.05 ± 0.01 ^c
	586-62-9	C ₁₀ H ₁₆	萜品油烯	—	1.53 ± 0.33 ^a	2.91 ± 2.33 ^a	1.55 ± 0.86 ^a	2.29 ± 0.04 ^a
	11028-42-5	C ₁₅ H ₂₄	雪松烯	—	0.11 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.01 ^b	0.15 ± 0.07 ^b	4.12 ± 0.58 ^a
	1135-66-6	C ₁₅ H ₂₄	异长叶烯	—	—	0.09 ± 0.05 ^b	0.12 ± 0.01 ^b	0.09 ± 0.01 ^b
	123-35-3	C ₁₀ H ₁₆	月桂烯	—	5.55 ± 0.30 ^a	5.16 ± 0.63 ^a	13.81 ± 9.71 ^a	4.65 ± 1.29 ^a
	469-61-4	C ₁₅ H ₂₄	柏木烯	—	—	0.33 ± 0.06 ^b	0.35 ± 0.01 ^b	0.61 ± 0.05 ^a
	99-86-5	C ₁₀ H ₁₆	α-萜品烯	—	—	0.32 ± 0.01 ^a	—	—
	929-53-3	C ₁₀ H ₁₄	癸二炔	—	—	—	—	3.60 ± 0.05 ^a
醇类	67-63-0	C ₃ H ₈ O	2-丙醇	—	—	0.09 ± 0.01 ^a	—	—
	18675-16-6	C ₁₀ H ₁₈ O	辛二烯-2-醇	—	—	—	—	1.49 ± 0.04 ^a
	927-74-2	C ₄ H ₆ O	3-丁炔-1-醇	0.14 ± 0.01 ^a	0.84 ± 0.70 ^a	2.91 ± 1.98 ^a	0.16 ± 0.02 ^a	5.44 ± 3.39 ^a
	2508-29-4	C ₅ H ₁₃ NO	5-氨基-1-戊醇	0.11 ± 0.09 ^a	0.57 ± 0.50 ^a	15.05 ± 14.33 ^a	6.06 ± 5.16 ^a	10.85 ± 9.88 ^a
	372-66-7	C ₈ H ₁₉ NO	6-氨基-2-甲基-2-庚醇	—	0.05 ± 0.01 ^a	0.48 ± 0.23 ^a	0.29 ± 0.18 ^a	0.41 ± 0.05 ^a
	25144-04-1	C ₆ H ₁₂ O	反-2-甲基环戊醇	2.06 ± 0.23 ^a	2.94 ± 0.97 ^a	7.40 ± 7.15 ^a	3.34 ± 1.22 ^a	5.24 ± 0.73 ^a
	106-28-5	C ₁₅ H ₂₆ O	金合欢醇	—	—	0.16 ± 0.10 ^a	0.19 ± 0.03 ^a	0.70 ± 0.66 ^a
醚类	3391-86-4	C ₈ H ₁₆ O	1-辛烯-3-醇	—	—	—	—	1.43 ± 0.23 ^a
	140-67-0	C ₁₀ H ₁₂ O	4-烯丙基苯甲醚	—	—	0.18 ± 0.01 ^b	0.45 ± 0.10 ^a	0.20 ± 0.06 ^b
	56-88-2	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₄ S	L-胱硫醚	—	1.07 ± 0.88 ^a	1.35 ± 1.01 ^a	1.79 ± 1.75 ^a	10.84 ± 10.67 ^a
	535-34-2	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₄ S	DL-胱硫醚	—	—	3.63 ± 2.74 ^a	0.41 ± 0.23 ^a	7.59 ± 5.46 ^a
酮类	51-21-8	C ₄ H ₃ FN ₂ O ₂	嘧啶二酮	—	0.41 ± 0.16 ^b	0.33 ± 0.13 ^b	0.46 ± 0.10 ^b	—
	939-52-6	C ₁₀ H ₁₁ ClO	4-氯苯丁酮	—	0.14 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.30 ± 0.19 ^a	2.27 ± 2.12 ^a
	25368-54-1	C ₈ H ₁₆ O ₂	8-羟基-2-辛酮	—	—	0.83 ± 0.05 ^a	—	—
	110-93-0	C ₈ H ₁₄ O	甲基庚烯酮	—	—	1.57 ± 0.11 ^b	1.30 ± 0.06 ^b	3.79 ± 0.35 ^a
酸类	923-32-0	C ₆ H ₁₂ N ₂ O ₄ S ₂	DL-胱氨酸	—	—	—	—	1.28 ± 0.08 ^a
	56-89-3	C ₆ H ₁₂ N ₂ O ₄ S ₂	L-胱氨酸	0.09 ± 0.03 ^a	0.14 ± 0.03 ^a	9.75 ± 8.06 ^a	0.92 ± 0.21 ^a	7.26 ± 35.50 ^a
	948-60-7	C ₇ H ₅ N ₃ O ₃	蝶呤-6-羧酸	0.54 ± 0.18 ^b	2.74 ± 0.09 ^b	7.41 ± 5.00 ^b	1.25 ± 0.22 ^b	6.67 ± 7.59 ^a
	107-68-6	C ₃ H ₉ NO ₃ S	甲基牛磺酸	—	—	—	—	0.98 ± 0.22 ^a
	25167-62-8	C ₂₂ H ₃₂ O ₂	二十二碳六烯酸	—	—	—	—	1.51 ± 0.05 ^a
	506-17-2	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	顺式-十八碳烯酸	—	—	0.26 ± 0.01 ^a	—	—
	544-64-9	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	肉豆蔻油酸	—	—	0.11 ± 0.02 ^a	0.05 ± 0.01 ^b	—
	666-99-9	C ₂₂ H ₄₀ O ₇	十六烷基柠檬酸	—	—	—	—	2.11 ± 0.04 ^a
	112-80-1	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	油酸	—	—	—	—	1.40 ± 0.05 ^a
	527-84-4	C ₁₀ H ₁₄	邻异丙基甲苯	—	—	0.11 ± 0.05 ^b	0.14 ± 0.01 ^b	1.45 ± 0.10 ^a
其他物质	118-65-0	C ₁₅ H ₂₄	8-亚甲基-二环	—	—	—	0.92 ± 0.06 ^a	—
	106-42-3	C ₈ H ₁₀	对二甲苯	—	0.17 ± 0.04 ^a	—	—	—
	64-11-9	C ₁₀ H ₁₅ N	对甲基苯丙胺	—	—	0.40 ± 0.06 ^b	0.10 ± 0.01 ^b	6.01 ± 1.76 ^a
	629-19-6	C ₆ H ₁₄ S ₂	二丙基二硫	—	0.80 ± 0.07 ^a	0.51 ± 0.07 ^a	0.52 ± 0.13 ^a	1.56 ± 1.16 ^a
	527-84-4	C ₁₀ H ₁₄	邻-异丙基苯	—	0.18 ± 0.01 ^a	—	—	—
	3777-69-3	C ₉ H ₁₄ O	2-戊基呋喃	—	—	—	2.85 ± 0.16 ^b	4.01 ± 0.16 ^a

注:“—”表示无

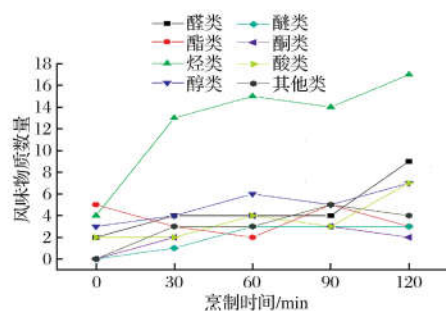


图2 狮子头烹制过程中风味物质数量

Fig.2 The amount of flavor substances during the cooking process of Shizitou(meat ball)

3 结论

本文研究了烹制时间(0、30、60、90和120 min)对狮子头的基础营养成分、色泽、质构特性、嫩度和挥发性风味成分的影响。烹制过程显著增加了狮子头中的水分含量($P < 0.05$),与原料肉相比,烹至120 min时狮子头中脂肪含量降低了17.97%,而蛋白质含量变化较小且不显著,狮子头的卡路里热量比原料肉中的热量值降低了41.04%;狮子头肥瘦部位 L^* 值呈现先降低再升高趋势,而瘦肉部位 L^* 值呈现先升高再降低趋势,而 a^* 值总体呈现缓慢降低趋势,瘦肉部位 a^* 值呈显著增加趋势($P < 0.05$)。烹制时间有效地降低了狮子头硬度值、嫩度值($P < 0.05$)。烹制120 min时,狮子头达到口感嫩滑、入口即化的口腔状态。实验进一步利用SPME-GC-MS对狮子头的挥发性风味物质进行提取和分析检测,共得到76种挥发性风味物质,根据对不同类别的挥发性风味物质进行定量分析,醛类、醇类是狮子头主要挥发性物质。本本主要探讨了烹制时间对狮子头营养品质和挥发性风味物质的影响,以期对狮子头工业化产品的品质调控和产品研发提供参考。

参 考 文 献

- [1] 徐珂. 清稗类钞[M]. 北京:中华书局, 1986:89.
- [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.
- [3] 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.
- [4] 鲍会梅, 丁玉勇, 王宏. 清炖狮子头最佳工艺及脂肪蛋白质比例测定[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(5):129-130.
- [5] 张志刚, 林祥木, 胡涛, 等. 低温狮子头冷藏过程品质变化规律[J]. 肉类研究, 2020, 34(2):73-79.
- [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.
- [7] ZHAO D Y, TANG J, DING X L. 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] LARSEN D, QUEK S Y, EYRES L. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Food Chemistry, 2010, 119(2):785-790.
- [11] 郭丽萍, 熊双丽, 黄业传, 等. 高压结合热处理对猪肉色泽及脂肪氧化的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(16):133-137.
- [12] 冯哲, 陈辉, 郭丽萍, 等. 高压结合热处理对猪肉肌红蛋白的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2):160-164;175.
- [13] BEULLENS K, MÉSZÁROS P, VERMEIR S, et al. Analysis of tomato taste using two types of electronic tongues [J]. Sensors and Actuators B:Chemical, 2008, 131(1):10-17.
- [14] ZHU X S, RUUSUNEN M, GUSELLA M, et al. High post-mortem temperature combined with rapid glycolysis induces phosphorylase denaturation and produces pale and exudative characteristics in broiler *Pectoralis major* muscles [J]. Meat Science, 2011, 89(2):181-188.
- [15] ISHIWATARI N, FUKUOKA M, SAKAI N. Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117(3):361-369.
- [16] 孙红霞, 黄峰, 张春江, 等. 肉品嫩度的影响因素以及传统炖煮方式对肉制品嫩度的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(11):93-98.

- SUN H X, HUANG F, ZHANG C J, et al. The influencing factors of meat tenderness and the effect of traditional stewing methods on meat tenderness[J]. Food Science and Technology, 2016, 41(11):93-98.
- [17] VASANTHI C, VENKATARAMANUJAM V, DUSHYANTHAN K. Effect of cooking temperature and time on the physico-chemical, histological and sensory properties of female carabeef (buffalo) meat[J]. Meat Science, 2007, 76(2):274-280.
- [18] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: A review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4):415-424.
- [19] LORENZO J M, DOMÍNGUEZ R. 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 (un-smoked) during processing[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2017, 119(10):1 600 512.
- [21] RUIZ J, GARCÍA C, MURIEL E, et al. Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham[J]. Meat science, 2002, 61(4):347-354.
- [22] 刘登勇, 赵志南, 吴金城, 等. 基于 SPME-GC-MS 分析熏制材料对熏鸡腿挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(24):220-227.
- LIU D Y, ZHAO Z N, WU J C, et al. Analysis of the effects of smoked materials on volatile flavor compounds of smoked chicken legs based on SPME-GC-MS[J]. Food Science, 2019, 40(24):220-227.
- [23] 姚勇芳. 肉类风味及其影响因素[J]. 肉类工业, 2001, 1(1):40-41.
- YAO Y F. Meat flavor and its influencing factors[J]. Meat Industry, 2001, 1(1):40-41.
- [24] ESTÉVEZ M, MORCUENDE, VENTANAS S, 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):3 429-3 435.
- [25] DAVIDE F A M, NATALE C D, D'AMICO A. Self-organizing multi-sensor systems for odour classification: Internal categorization, adaptation and drift rejection[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 1994, 18(1-3):244-258.
- [26] RUIZ J, VENTANAS J, CAVA R. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(11):5 115-5 121.
- [27] 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 Y, ZHAO Y Z, JIANG Y M, et al. Determination of volatile flavor components of Hezuo swine by headspace solid phase micro-extraction-GC-MS[J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science), 2006, 42(4):74-78;91.
- [28] 宋泽. 炖煮牛肉风味研究及其形成机理初探[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2019.
- SONG Z. Research on the flavor of stewed beef and its formation mechanism[D]. Shanghai: Shanghai University of Applied Sciences, 2019.

Cooking time on the quality and volatile flavor compounds of Shizitou (meat ball)

ZHU Wenzheng^{1,2,3}, XU Yan^{1,2}, LIU Wei¹, WANG Qiuyu¹, SHA Wenxuan¹,
ZHOU Xiaoyan^{1,2*}, YANG Zhangping^{3*}

1(Tourism and Culinary Institute, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)2(Huaiyang Cuisine Industrization Engineering Center of Jiangsu Province, Yangzhou 225127, China)3(Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

ABSTRACT The purpose of this study was to explore the effects of cooking time on the quality and volatile flavors of Shizitou (meat ball), and to study the basic nutrients, color, calories, texture, tenderness and volatile flavors of Shizitou (meat ball) under different treatment time. The results showed that different cooking time could significantly effect on the nutritional quality and volatile flavor content of Shizitou (meat ball) ($P < 0.05$). The cooking time increased the water content of the Shizitou (meat ball) significantly ($P < 0.05$). Moreover, compared with raw meat, the fat content of Shizitou (meat ball) was reduced by 17.97% when cooking for 120 min. The L^* value of the fat part of Shizitou (meat ball) decreased first and then increased with the cooking time increases. The L^* value of lean meat parts showed a trend of first increasing and then decreasing. The cooking time reduced the calories of Shizitou (meat ball) by 41.04%. After texture analysis, the hardness, chewiness and tenderness of Shizitou (meat ball) changed significantly in cooking condition ($P < 0.05$). When the Shizitou (meat ball) was cooked for 120 min, the mouthfeel of the Shizitou (meat ball) reached a tender and smooth mouth state. A total of 76 volatile flavor compounds were separated and identified from Shizitou (meat ball) by gas chromatography-mass spectrometry including aldehydes, esters, aliphatic hydrocarbons, alcohols, acids and other flavor compounds.

Key words Shizitou (meat ball); cooking time; nutritional quality; tenderness; volatile matter