

红烧肉炖制过程中的脂肪和脂肪酸变化

徐艳, 钱祥羽, 朱文政, 葛庆丰, 周晓燕*

(扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225000)

摘要: 文章研究了原料肉煎制后、炖煮 60, 90, 120, 150 min 的红烧肉中基本营养指标的变化以及色泽、剪切力、脂肪氧化和脂肪酸的变化情况。结果表明: 样品中的水分含量随炖制时间的延长呈下降趋势, 脂肪含量显著降低 ($p < 0.05$), 蛋白质含量显著升高 ($p < 0.05$)。原料肉经过煎制后硫代巴比妥酸值 (TBARS) 显著升高至 0.95 mgMDA/kg, 随着小火炖制时间的延长, TBARS 值逐渐降低至 0.28 mgMDA/kg。经过不同时间的炖制, 红烧肉中的饱和脂肪酸总体呈下降趋势, 单不饱和脂肪酸 (MUFA) 总体呈上升趋势, 与原料肉相比, 炖制 120 min 的样品中不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸的比值从 1.45 上升到 1.55, 长时间小火炖煮提高了猪肉中油脂的营养价值。

关键词: 红烧肉; 炖制加工; 脂肪氧化; 脂肪酸

中图分类号: TS201.22

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1000-9973.2019.02.002

文章编号: 1000-9973(2019)02-0005-05

Changes of Fat and Fatty Acids in Stewed Pork

XU Yan, QIAN Xiang-yu, ZHU Wen-zheng, GE Qing-feng, ZHOU Xiao-yan*

(College of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

Abstract: The changes of basic nutritional indexes, color, shear force, lipid oxidation and fatty acids in raw meat, fried meat and stewed meat for 60, 90, 120, 150 min are studied. The results show that the moisture content in the sample decreases with the stewing time, the fat content decreases significantly ($p < 0.05$), and the protein content increases significantly ($p < 0.05$). The TBARS value of the broiled meat increases significantly to 0.95 mgMDA/kg, TBARS value gradually decreases to 0.28 mgMDA/kg with the extension of simmering time. After a long period of stewing, the total saturated fatty acids of stewed pork show a downward trend, and the monounsaturated fatty acids show an overall upward trend. Compared with the raw meat, the ratios of unsaturated fatty acids and saturated fatty acids in samples being stewed for 120 min increase from 1.45 to 1.55, long-term stewing increases the nutritional value of fat in pork.

Key words: stewed pork; stewing processing; fat oxidation; fatty acids

红烧肉是中式传统菜肴的代表性产品, 它一般是将五花肉进行预加工处理后, 经过长时间的小火炖制而成。不同的炖制时间、预加工方式、辅料的添加对猪肉中的营养食用品质和脂肪酸的构成都会有一定的影响。荀晓霖等^[1]对五花肉进行了不同时间的焐炖, 发现随着烹调时间的延长, 饱和脂肪酸和胆固醇均显著下降, 并认为 2.5 h 是最佳烹调时间。顾伟钢等^[2]将五花肉进行焯水之后炖煮 2 h, 发现红烧肉经过炖制后饱和脂肪酸下降, 单不饱和脂肪酸在红烧肉成品中成为了主要脂肪酸。刘登勇等^[3]发现在红烧过程中饱

和脂肪酸含量变化不大, 不饱和脂肪酸的变化趋势和顾伟钢的试验结果一致。史笑娜等^[4]将五花肉浸泡后油炸再进行炖煮 1 h, 发现红烧肉加工过程中饱和脂肪酸总体呈下降趋势, 成品肉中多不饱和脂肪酸显著升高。

科学的烹调加工不仅能够改善食物特有的风味而且能够提高原料肉的消化率。目前, 对红烧肉的研究大多集中于工艺方面, 再加上各地饮食习惯的不同, 对红烧肉的研究仍处于经验阶段, 缺少科学系统的研究。扬州地区制作红烧肉时通常会将五花肉进行焯水后再

收稿日期: 2018-08-12

* 通讯作者

作者简介: 徐艳(1992-), 女, 江苏扬州人, 硕士, 研究方向: 营养与食品卫生学;

周晓燕(1964-), 男, 江苏淮安人, 教授, 研究方向: 烹饪工艺标准化。

煸炒一段时间以去除其中部分油脂的含量,本文在红烧肉炖制基础上研究烹调时间对红烧肉中营养品质变化和脂肪酸的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

榭根香生态土猪肉;老葱、生姜、食用盐、白砂糖、黄酒、老抽王、生抽、色拉油;均购于扬州市麦德龙超市。

1.2 主要试剂

石油醚、苯、三氯甲烷、氢氧化钾、甲醇、三氯乙酸、乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA);均为分析纯试剂。

1.3 仪器与设备

电磁炉 九阳股份有限公司;双圈牌 YP1200 型电子天平 上海精科天平仪器厂;便携式色差仪 深圳市三恩时科技有限公司;TMS-PRO 型质构仪 美国 FTC 公司;Trace DSQ II 型气相色谱-质谱联用仪 美国 Thermo 公司。

1.4 试验设计

1.4.1 红烧肉烹饪工艺流程

净猪五花肉块→焯水、切块→煸炒出油→放黄酒、白砂糖、老抽王定色→放水、盐定味→大火烧开→小火焖焐→装盘。

1.4.2 操作要点

根据文献资料提供的红烧肉制法^[5],结合实验室的实践操作,对红烧肉的加工稍作修改:

五花肉切成 3 cm×3 cm×3 cm 的块,清洗干净后用电磁炉煮沸 3 min,取出后洗干沥净。净锅置于电磁炉上,加热功率调整到 600 W,放油 50 g,油温低时,放五花肉 1000 g,翻炒 20 min,待肉块变色、变硬、出油时将煸炒出的油泌出。在锅中加入水 700 g、老抽王 20 g、生抽 20 g、白砂糖 40 g、料酒 100 g、盐 2 g,加盖烧至汤汁沸腾,水沸腾后加热功率调整为 300 W,炖制 2.5 h。

1.5 试验方法

1.5.1 基础营养成分的测定

水分的测定:参照 GB 5009.3—2016,直接烘干法;

粗脂肪的测定:参照 GB 5009.6—2016,索氏提取法;

蛋白质的测定:参照 GB 5009.5—2016,凯氏定氮法。

1.5.2 硫代巴比妥酸值(TBA)的测定

根据赵建生等^[6]的方法,测定红烧肉在不同加工炖制阶段的 TBA 值。采用分光光度计测定不同阶段样品中的 TBA 值,结果以每 1 kg 肉中丙二醛的毫克数来表示。

1.5.3 脂肪酸组成的测定

按 Folch 等^[7]的方法提取样品中的脂肪并参照 AOAC^[8]和 Indrasti 等^[9]的方法进行脂肪酸甲酯化过程:将提取的脂肪 50 mg 置于试管中,加入 2 mL 苯-石油醚混合溶液(1:1,V/V),混匀后加入 2 mL 0.4 mol/mL KOH-甲醇溶液,混匀,静置分层后沿试管壁加入饱和的 NaCl 溶液使有机相层上升,澄清后,取上清液过 0.22 μm 滤膜,滤液装于样品瓶中待检测。

气相色谱分析:DB-Wax 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),进样口温度 250 °C;检测器温度 280 °C;载气为氮气,柱流量 1.0 mL/min;进样量 1 μL,分流比 20:1;升温程序:起始温度 140 °C,保持 2 min,以 6 °C/min 升到 200 °C,保持 2 min,再以 2 °C/min 升到 230 °C,保持 2 min,最后以 4 °C/min 升到 250 °C,保持 2 min。质谱(mass spectrometer, MS) 条件参数:接口温度 250 °C;离子源温度 230 °C;溶剂延迟 4 min;质量扫描范围(m/z):全扫描。

1.5.4 色度值的测定

用便携式色差仪分别测定五花肉的肥、瘦、皮 3 部分。

1.5.5 剪切力的测定

在红烧肉各炖制阶段取样并将其肉皮、瘦肉、肥肉部分切成 30 mm×10 mm×5 mm 的小块,并选取传感器和剪切夹具进行剪切力的测定。

1.6 数据分析

所有数据通过 SPSS 19.0 进行处理,试验重复 3 次,数据以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 基础营养成分

表 1 红烧肉加工过程中基础营养指成分的变化

项目	g/100 g		
	水分	粗脂肪	蛋白质
原料肉	45.53±0.91 ^a	34.60±0.36 ^a	18.87±1.24 ^d
煎制后	39.47±1.63 ^b	32.33±0.86 ^b	26.93±0.72 ^a
炖制 60 min	44.27±0.75 ^a	28.10±0.35 ^c	23.20±0.53 ^b
炖制 90 min	43.93±0.51 ^a	27.97±0.87 ^c	22.77±0.42 ^{bc}
炖制 120 min	44.17±0.21 ^a	26.83±0.75 ^{cd}	22.93±0.40 ^{bc}
炖制 150 min	43.90±0.62 ^a	25.93±1.12 ^d	21.63±0.74 ^c

由表 1 可知,猪五花肉经过煎制处理后水分含量降低 13.31%($p<0.05$)。五花肉经过预加工处理后水分显著降低,与原料肉相比,成品中的水分含量显著降低。高温热处理会使水分蒸发,此外,由于过度的热处理使肌肉中的蛋白质变性,降低了截留水分能力;炖制 60 min 后水分的显著升高可能与煎制后的五花肉重新吸收汤汁中的水有关,猪五花肉在小火炖制过程中水分含量的变化不显著($p>0.05$)。

随着炖制时间的延长,样品中的粗脂肪含量呈下降趋势,煎制处理使得猪五花肉中的脂肪含量显著降低($p<0.05$),原料肉经过 150 min 的小火炖制,样品中的脂肪含量降低 25.06%。肉样经过长时间的炖煮其脂肪含量逐渐降低,可能在加热过程中五花肉脂肪组织中的结缔组织受热收缩,致使其包裹的脂肪细胞受到较大的压力后破碎,脂肪流出进入汤汁中,同时脂肪受热后熔化解,产生脂肪酸、风味物质等,也会使脂肪含量降低^[10];最后经过大火收汁,成品中的脂肪含量又显著升高,可能是由于高温使得样品中的水分显著减少、干物质含量增加而导致粗脂肪含量的增加。

此外,与原料肉相比,成品红烧肉中蛋白质含量显著升高。原料肉经过预加工后蛋白质含量显著升高,可能是由于高温煎制使得肌肉收缩脱水加剧,干物质的相对含量增加,从而使粗蛋白含量比增加;预加工后经过 1 h 的炖煮使得肉样中的蛋白质含量显著降低;小火炖制过程中蛋白质的含量逐渐降低但变化不显著($p>0.05$)。

2.2 色度值

肉与肉制品的颜色影响人们对食物进行感官评价的第一印象,也是消费者在不接触状态下评价产品质量的基本评估标准之一。红烧肉在加工过程中使得五花肉各个部分的颜色发生改变,其中肥、瘦、皮 3 部分的颜色用便携式色差仪进行测定。原料本身的颜色和后期加入的配料及原料内部发生的物理化学反应都会与肥瘦皮 3 部分的颜色变化有关^[11]。

表 2 红烧肉加工过程中色差的变化

项目	原料肉	煎制后	炖制 60 min	炖制 90 min	炖制 120 min	炖制 150 min
L*	38.19±0.39 ^a	20.32±0.16 ^c	20.34±0.27 ^c	21.04±0.07 ^b	21.24±0.16 ^b	21.25±0.14 ^b
肥	33.24±0.13 ^a	30.83±0.57 ^c	31.70±0.94 ^{bc}	32.67±0.53 ^{ab}	29.28±0.72 ^d	30.59±0.76 ^c
瘦	26.46±0.55 ^d	36.75±0.22 ^{bc}	38.58±0.23 ^a	37.82±1.23 ^{ab}	36.73±0.48 ^{bc}	35.89±0.41 ^c
皮	0.40±0.27 ^d	1.23±0.20 ^c	1.80±0.16 ^b	2.27±0.17 ^a	2.31±0.44 ^a	2.45±0.13 ^a
a*	0.83±0.05 ^a	0.40±0.27 ^{bc}	0.81±0.09 ^{ab}	0.33±0.16 ^c	0.90±0.10 ^a	0.64±0.42 ^{bc}
肥	3.07±0.14 ^a	2.52±0.11 ^b	0.99±0.03 ^c	2.58±0.10 ^b	2.71±0.13 ^b	3.09±0.12 ^a
瘦	0.23±0.14 ^d	1.41±0.07 ^c	1.63±0.02 ^{bc}	1.80±0.10 ^{ab}	2.06±0.31 ^a	2.10±0.20 ^a
b*	0.85±0.15 ^{ab}	0.67±0.13 ^b	1.48±0.40 ^a	1.02±0.48 ^{ab}	0.92±0.56 ^{ab}	1.32±0.05 ^{ab}
肥	1.34±0.36 ^f	4.93±0.10 ^d	3.41±0.10 ^e	5.44±0.25 ^c	6.62±0.19 ^b	8.04±0.10 ^a
瘦						

注:肩标不同字母表示在 0.05 显著水平下色差值差异显著(LSD)。

由表 2 可知,五花肉经过预加工处理后使得肥、瘦、皮各部分的 L* 值发生显著性变化,肉皮和肥肉部分的 L* 值降低,而瘦肉部分的 L* 值升高。在高温的作用下,猪皮中的碳水化合物和蛋白质受到热效应,不仅会发生焦糖化反应产生褐变,而且会发生美拉德反应产生褐变;肥肉部分主要成分为脂肪,经过预加工,脂肪发生水解氧化作用可能也会使 L* 值降低;而瘦肉部分主要成分为水分和蛋白质, L* 值的升高可能与瘦肉部分失水和肌红蛋白的变性有关。经过小火炖制

汤汁的水分流失从而使得配料浓缩上色,使各部分的 L* 值降低。红度值更具有代表红烧肉的色泽价值,经过预加工处理,瘦肉部分的 a* 值显著降低,可能是由于预加工处理中温度的升高使得高铁肌红蛋白色素等发生明显变化。经过长时间炖制,肥、瘦、皮 3 部分的 a* 值显著升高。预加工处理对瘦肉部分 b* 值有显著影响而对肥肉和皮部分的影响不显著,经过长时间炖制,肥、瘦、皮 3 部分的 b* 值呈上升趋势。

2.3 剪切力

剪切力的大小可以直观地反映红烧肉各部分的所发生的质地变化,其值越低,表明红烧肉的嫩度越好。肉的嫩度是对肌肉中蛋白质结构特性的总体概括,它与蛋白质的自身结构和蛋白质的变性或分解等有关^[12]。

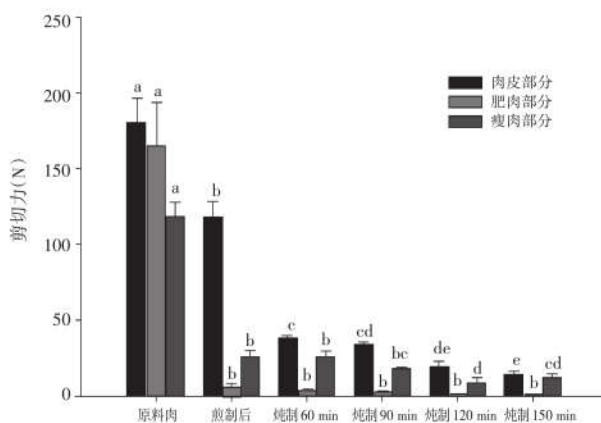


图 1 红烧肉加工过程中剪切力的变化

由图 1 可知,猪五花肉经过 150 min 热加工处理,肥、瘦、皮 3 部分的剪切力平均降低程度达 93.94% ($p<0.05$)。原料肉经过煎制后,肥、瘦、皮 3 部分的剪切力显著性降低($p<0.05$),肉皮部分的变化幅度低于肥肉和瘦肉部分的变化。炖制 120 min 时,红烧肉的瘦肉部分达到最小值 8.4 N。红烧肉的制作讲究“肥而不腻,瘦而不柴”,其中“柴”主要是红烧肉中瘦肉部分剪切力的升高即嫩度的降低所致。长时间加热会使肉样中的胶原蛋白溶解、胶原蛋白明胶化;同时也会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和肌肉组织的破碎,致使肉品的剪切力下降^[13,14]。因此,经过长时间的小火炖制可以显著提高红烧肉肥、瘦、皮 3 部分的嫩度。

2.4 TBARS 值

TBARS 值是通过测定脂肪次级氧化产物(丙二醛)多少来表征脂肪氧化程度的,脂肪氧化是挥发性化合物产生的重要途径之一。TBARS 值反映了油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的次级产物如丙二醛等与 TBA 反应的结果,其值的高低表明脂肪次级氧化的程度。

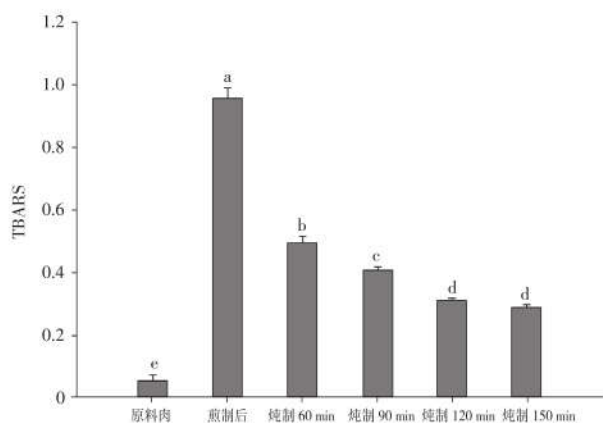


图2 红烧肉加工过程中TBARS的变化

由图2可知,五花肉经过煎制处理后TBARS值升高至0.95 mgMDA/kg($p<0.05$),随着小火炖制时间的延长,TBARS值逐渐降低。在原料肉煎制处理中,焯水和油煎使得五花肉中的脂肪发生热分解和热聚合等一系列的化学反应,并与空气中的氧气接触使得丙二醛含量大幅度升高。经过煎制的五花肉放入配料后进行小火炖制60 min后TBARS值显著降低($p<0.05$),可能是在小火炖制阶段减少了肉样与空气中的氧气接触的机会,葱、姜等抗氧化物质的添加能抑制脂肪的氧化^[15]。经过小火炖制可以使大量积累的脂肪氧化中间产物丙二醛进一步反应产生小分子物质,使TBARS值在炖制阶段逐渐降低。

2.5 脂肪酸分析

表3 红烧肉炖制过程中脂肪酸的相对百分含量

项目	原料肉	煎制后	炖制 60 min	炖制 90 min	炖制 120 min	炖制 150 min
CI2:0	0.10±0.01 ^a	0.08±0.01 ^b	0.07±0.01 ^b	0.07±0.01 ^b	0.08±0.01 ^b	0.08±0.00 ^b
CI4:0	1.90±0.20 ^a	1.61±0.05 ^b	1.58±0.06 ^b	1.56±0.03 ^b	1.56±0.09 ^b	1.64±0.03 ^b
CI5:0	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^{bc}	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c
CI6:0	26.75±0.35 ^a	27.00±0.39 ^a	26.45±0.61 ^a	26.03±1.33 ^a	25.85±0.70 ^a	25.81±0.66 ^a
CI7:0	0.13±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.11±0.00 ^a	0.11±0.02 ^a	0.11±0.01 ^a
CI8:0	11.73±0.33 ^a	10.83±0.50 ^a	11.37±1.05 ^a	11.51±1.09 ^a	11.34±0.67 ^a	11.75±0.75 ^a
CI9:0	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.01 ^a	0.01±0.00 ^a
C20:0	0.20±0.03 ^a	0.17±0.01 ^a	0.19±0.03 ^a	0.19±0.04 ^a	0.22±0.01 ^a	0.22±0.02 ^a
CI4:1	0.04±0.00 ^a	0.03±0.01 ^{ab}	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b
CI6:1	3.43±0.10 ^b	3.20±0.09 ^b	3.40±0.11 ^b	3.48±0.09 ^{ab}	3.51±0.26 ^{ab}	3.74±0.21 ^a
CI7:1	0.17±0.03 ^a	0.13±0.01 ^b	0.14±0.01 ^{ab}	0.15±0.01 ^{ab}	0.15±0.02 ^{ab}	0.16±0.01 ^{ab}
CI8:1	42.97±1.23 ^b	45.00±0.83 ^a	45.28±1.44 ^a	44.80±1.02 ^{ab}	44.65±0.67 ^{ab}	43.85±0.63 ^{ab}
CI9:1	0.05±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a	0.06±0.02 ^a	0.05±0.01 ^a
C20:1	0.72±0.06 ^b	0.75±0.06 ^b	0.93±0.12 ^{ab}	0.90±0.22 ^{ab}	1.04±0.16 ^a	1.07±0.08 ^a
CI6:2	0.02±0.01 ^a	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^c	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^c
CI8:2	11.02±0.34 ^a	10.37±0.13 ^a	9.70±0.44 ^a	10.40±0.61 ^a	10.64±0.20 ^a	10.75±0.18 ^a
C20:2	0.42±0.11 ^a	0.37±0.04 ^a	0.38±0.07 ^a	0.38±0.11 ^a	0.41±0.05 ^a	0.38±0.09 ^a
CI8:3	0.02±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b
C20:3	0.11±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.09±0.03 ^a	0.09±0.00 ^a	0.11±0.00 ^a
C20:4	0.12±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.10±0.03 ^a	0.12±0.03 ^a	0.13±0.02 ^a	0.13±0.02 ^a
C22:4	0.04±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b	0.04±0.01 ^b	0.04±0.01 ^{ab}	0.05±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a
C22:5	0.03±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.03±0.01 ^b	0.02±0.00 ^b
SFA	40.84±0.85 ^a	39.83±0.59 ^{ab}	39.81±0.76 ^{ab}	39.52±0.42 ^b	39.20±0.19 ^b	39.64±0.29 ^b

续表

项目	原料肉	煎制后	炖制 60 min	炖制 90 min	炖制 120 min	炖制 150 min
MUFA	47.38±1.31 ^b	49.17±0.76 ^a	49.84±1.22 ^a	49.41±0.74 ^a	49.43±0.22 ^a	48.90±0.43 ^{ab}
PUFA	11.77±0.47 ^a	11.00±0.18 ^{ab}	10.35±0.56 ^b	11.08±0.77 ^{ab}	11.36±0.25 ^a	11.46±0.15 ^a
UFA	59.16±0.85 ^b	60.17±0.59 ^{ab}	60.19±0.76 ^{ab}	60.48±0.42 ^a	60.80±0.19 ^a	60.36±0.30 ^a
UFA/SFA	1.45±0.05 ^b	1.51±0.04 ^{ab}	1.51±0.05 ^{ab}	1.53±0.03 ^a	1.55±0.01 ^a	1.52±0.02 ^a

注:同一行肩标不同字母表示脂肪酸的差异显著($p<0.05$)。

脂肪酸是人的重要营养素,其组成和含量对肉品的营养价值具有重要作用。由表3可知,原料肉中单不饱和脂肪酸(MUFA)的相对百分含量最高(47.38%),其次为饱和脂肪酸(SFA),相对含量为40.84%,多不饱和脂肪酸(PUFA)的相对百分含量最低(11.77%)。其中,油酸(C18:1)、棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和亚油酸(C18:2)为主要的脂肪酸,含量占总脂肪酸的90%以上。SFA的相对含量随着炖制时间的延长在120 min达到最低值,荀晓霖等发现五花肉在炖制过程中饱和脂肪酸不断降解,在2.5 h平均下降达40%~51%。其认为加热使得猪肉中的脂肪发生充分的酯化反应,饱和脂肪酸降解产生低分子物质和聚合物之类的物质,也有可能是饱和脂肪酸在肉与汤之间产生了转移。本实验中SFA降低程度不如荀晓霖的实验结果,可能与取样部位和红烧肉的制作工艺等不一致有关。红烧肉中棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和十四酸(C14:0)的降低可能是总SFA降低的主要原因。对于SFA而言,120 min可能是最佳的炖制时间。营养学一般认为,食物中的SFA含量与心血管疾病的发生密切相关^[16]。因此,长时间炖制的五花肉中SFA的降低有利于消费者的健康。

五花肉经过长时间的炖制,其中MUFA含量显著提高($p<0.05$),油酸(C18:1)是原料肉中最主要的脂肪酸,小火炖制过程中油酸含量变化不显著,但与原料肉相比,红烧肉成品中油酸含量显著提高。经过长时间炖煮后的红烧肉中PUFA含量显著降低,在小火炖制过程中PUFA含量呈上升趋势,经过大火收汁后PUFA含量又显著降低。可能是在炖制过程中产生了高活性的抗氧化剂,包括在加工过程中产生的美拉德产物(MRPS)。MRPS特别是其中的类黑精,具有清除羟自由基、超氧化物和过氧化物的作用^[17,18],这些成分可抑制不饱和脂肪酸的自动氧化,从而确保PUFA在长时间炖制过程中不被氧化降解。

在一定范围内,食物中的UFA/SFA比值越大越好,不饱和脂肪酸(UFA)可以预防动脉硬化及心血管疾病等,具有降低低密度脂蛋白胆固醇的作用。此外,长时间的炖制加工使得脂肪含量由原料肉中的34.6%±0.36%降低至成品中的28.67%±0.35%。因此随着加工的进行,样品中的脂肪酸绝对含量处于降低趋势。同时与原料肉相比,炖制120 min肉样的

UFA/SFA比值从1.45上升到1.55,营养价值显著提高。

3 结论

红烧肉经过长时间的小火炖制,水分和脂肪含量呈下降趋势,蛋白质含量呈上升趋势。经过长时间的小火炖制,红烧肉的肥、瘦、皮3部分的剪切力、硬度、咀嚼性均呈现下降趋势,弹性呈升高趋势。猪五花肉煎制后TBARS值显著升高,随着小火炖制时间的延长TBARS值逐渐降低。油酸(C18:1)、棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和亚油酸(C18:2)是原料肉中的主要脂肪酸,加工过程中SFA总体呈下降趋势,MUFA总体呈上升趋势。通过科学合理的烹调加工使得红烧肉的品质和营养品质得到提高,更加有利于人体的消化吸收。

参考文献:

- [1]荀晓霖,张靖,邸晓光,等.烹调对猪肉中脂肪、脂肪酸的影响[J].扬州大学烹饪学报,1997(1):36-39.
- [2]顾伟钢,张进杰,姚燕佳,等.红烧肉制作过程中脂肪氧化和脂肪酸组成的变化[J].食品科学,2011,32(17):76-80.
- [3]刘登勇,谭阳,盖圣美,等.猪五花肉红烧过程中脂肪和脂肪酸的变化规律[J].食品科学,2015,36(23):28-32.
- [4]史笑娜,黄峰,张良,等.红烧肉加工过程中脂肪降解、氧化和挥发性风味物质的变化研究[J].现代食品科技,2017(3):257-265.
- [5]纪有华,路新国.红烧肉烹饪工艺及其影响因素研究[J].扬州大学烹饪学报,2010,27(2):31-36.
- [6]赵建生,柴会悦,黄现青,等.四种不同气调包装的冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官变化[J].肉类研究,2010(3):45-48.
- [7]Folch J, Lees M, Sloane S G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [8]Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis[M]. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [9]Indrasti D, Man Y B C, Mustafa S, et al. Lard detection based on fatty acids profile using comprehensive gas chromatography hyphenated with time-of-flight mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1273-1277.
- [10]沈晓玲,李诚.脂类物质与肉的风味[J].肉类研究,2008,22(3):25-28.
- [11]Mancini R A, Hunt M C. Current research in meat color[J]. Meat Science, 2005, 71(1): 100-121.
- [12]董庆利,罗欣.肉制品的质构测定及国内外研究现状[J].食品工业科技,2004(7):134-135.
- [13]Zhu X, 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.
- [14]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.
- [15]王瑞花,姜万舟,汪倩,等.葱姜蒜混合物对炖煮猪肉感官品质、脂肪氧化及脂肪酸组成的影响[J].现代食品科技,2015,31(9):239-244.
- [16]马志敏,王吉云.饮食与心血管疾病预防中的热点问题研究[J].中国全科医学,2016,19(36):4423-4427.
- [17]Alfaia C M, Lopes A F, Prates J A M. Cooking and Diet Quality: A Focus on Meat[M]. New York: Springer, 2013: 257-284.
- [18]Hwang I G, Kim H Y, Woo K S, et al. Biological activities of Maillard reaction products(MRPs) in a sugar-amino acid model system[J]. Food Chemistry, 2011, 126(1): 221-227.
- [11]张民,陈倩娟,刘玉柱,等. HPLC法测定大蒜中蒜氨酸和大蒜素的含量[J].食品与发酵工业,2009,35(2):156-158.
- [12]李拥军,宋爱英,漆晓明.超微大蒜粉中大蒜素含量的毛细管气相色谱测定法[J].环境与健康杂志,2009,26(9):821-822.
- [13]马往校,段敏,孙新涛,等.定硫法测定大蒜中大蒜素含量及影响因素[J].天然产物研究与开发,2002(6):22-23.
- [14]朱蕤,应惠芳.大蒜中大蒜素含量简便测定法[J].食品科技,2008(8):202-204.
- [15]Rabimkov A, Zhu X Z, Galili G, et al. Alliin lyase (alliinase) from garlic (*Allium sativum*) biochemical characterization and cDNA cloning[J]. Appl Biochem Biotech, 1994, 48: 149-171.
- [16]Krest I, Keusgen M. Quality of herbal remedies from *Allium sativum*: differences between alliinase from garlic powder and fresh garlic[J]. Planta Medica, 1999, 65: 139-143.

(上接第4页)

- [3]王娟,李金鑫,李建丽,等.植物组织培养技术在中药资源中的应用[J].中国中药杂志,2017,42(12):2236-2246.
- [4]姚晓,步达,陈建伟,等.南方红豆杉愈伤组织培养及其紫杉烷二萜类成分的分析[J].中草药,2014,45(18):2696-2702.
- [5]杨金玲,高丽丽,朱平.人参皂苷生物合成研究进展[J].药学报,2013,48(2):170-178.
- [6]李琰,崔蕾,杨钰琪,等.雷公藤不定根培养体系的建立及中试放大研究[J].中国中药杂志,2015,40(1):53-58.
- [7]任春雪,王珍,范宝莉,等.以鳞茎片为外植体构建大蒜微繁殖技术体系[J].北方园艺,2015(16):101-106.
- [8]徐培文,曲士松,刘恒英,等.中国大蒜种质资源离体保存初步研究[J].中国农业科学,2002(3):314-319.
- [9]王宁宁,徐李薇,高晖,等.秋水仙素对大蒜愈伤组织四倍体的诱导效应及试管鳞茎快繁体系构建[J].中国蔬菜,2017(4):53-60.
- [10]于新蕊,丛月珠.大蒜的化学成分及其药理作用研究进展[J].中草药,1994(3):158-160.