

猪五花肉红烧过程中脂肪和脂肪酸的变化规律

刘登勇, 谭 阳, 盖圣美, 冯 娜, 关冬雪, 张慧莉

(渤海大学食品科学与工程学院, 辽宁省食品安全重点实验室, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家
地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州 121013)

摘 要:目的: 探讨以猪五花肉为原料的红烧肉加工过程中脂肪和脂肪酸的变化, 以期对红烧肉的风味、营养、质地等研究提供参考。方法: 对红烧肉加工过程中原料、油炸、炖煮过程样品(0~2 h, 每30 min取样)以及成品的粗脂肪含量、过氧化值(peroxide value, POV)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值以及脂肪酸含量进行测定。结果: 五花肉红烧过程中脂肪含量显著下降($P<0.05$), 成品红烧肉脂肪含量比原料肉下降12.14%; POV先增大后减小, 在炖煮30 min达到最大值; TBARS值逐渐增大, 在炖煮过程中变化显著($P<0.05$); 油酸、棕榈酸、亚油酸和硬脂酸是五花肉脂肪中的主要脂肪酸, 在红烧过程中饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)含量变化不大($P>0.05$), 单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)含量显著上升($P<0.05$), 多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)含量显著下降。结论: 五花肉红烧过程中脂肪含量下降、脂肪发生适度氧化、脂肪酸组分构成发生了改变。

关键词: 五花肉; 红烧肉; 脂肪氧化; 脂肪酸

Changes in Fatty Acid Composition and Fat Content during Processing of Braised Pork Belly in Brown Sauce

LIU Dengyong, TAN Yang, GAI Shengmei, FENG Na, GUAN Dongxue, ZHANG Huili

(Food Safety Key Laboratory of Liaoning Province, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, College of Food Science and Project Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: Objective: The changes of fat content, lipid oxidation products and fatty acid composition during the processing of stewed pork belly in brown sauce were analyzed in order to provide a reference for future study on flavor, nutrition and texture of stewed pork in brown sauce. Methods: Crude fat content, peroxide value (POV), thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) value and fatty acid composition were measured during the whole processing procedure (raw material, deep frying, stewing (0, 30, 60, 90 and 120 min) and the final product). Results: Fat content of pork belly decreased significantly ($P < 0.05$) during the whole processing procedure, by 12.14% when comparing the final product with the raw meat. POV reached the peak level after stewing for 30 min followed by a decline, while TBARS increased gradually ($P < 0.05$). The content of monounsaturated fatty acids (MUFAs) revealed a significant increase ($P < 0.05$) during the whole process, while the content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) significantly decrease ($P < 0.05$), and there was no significant difference ($P > 0.05$) in the content of saturated fatty acids (SFAs). Conclusion: A decline in fat content, moderate lipid oxidation and a series of changes in fatty acid composition occur during the processing of stewed pork in brown sauce.

Key words: pork belly; stewed pork in brown sauce; lipid oxidation; fatty acid

中图分类号: TS251

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)23-0028-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201523006

红烧肉是以精选猪五花肉为主要原料, 配以多种辅料和调味料红烧加工而成的一种经典菜肴, 是我国传统食品中的瑰宝。红烧肉风味独特, 咸中带甜、肥而不腻。作为众所周知的高脂肪含量食品, 人们喜爱红烧肉美味的同时也顾忌其对身体健康的影响, 但也有报道称

许多长寿老人以吃红烧肉作为养生之道^[1]。目前, 关于红烧肉的工艺^[2-4]、风味^[5-6]、营养^[7]等方面已有报道, 但研究内容及成果都还不够深入系统。

醇香诱人的风味以及入口不腻的口感是红烧肉的美味所在, 而脂肪和脂肪酸则是红烧肉美味的根本。红烧

收稿日期: 2015-06-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31571861); 辽宁省高等学校杰出青年学者成长计划项目(LJQ2013119)

作者简介: 刘登勇(1979—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量安全控制。E-mail: jz_dyliu@126.com

肉风味是加工过程中各种前体物质通过复杂的化学变化而形成的^[5], 其中脂肪和脂肪酸的氧化、分解等变化对风味形成起着重要的作用; 而进食红烧肉时其独特的口感(肥而不腻、入口即化、滑嫩软糯)也是由脂肪的软烂质地以及对瘦肉的包裹润滑作用表达出来的。同时脂肪和脂肪酸也是评价高脂肪含量食品的重要营养指标, 而红烧肉尤其如此。五花肉脂肪主要集中在脂肪层, 本实验选取脂肪层作为研究对象, 分析红烧肉加工过程中脂肪及脂肪酸的变化, 以期更具体地解析红烧肉营养美味的科学内涵。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪五花肉、香葱、生姜、腐乳、绵白糖、酱油、大豆油、白酒(二锅头), 皆购于锦州某超市。

石油醚、苯、三氯甲烷、甲醇、三氯乙酸、乙二胺四乙酸(ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)、1,1,3,3-四乙氧基丙烷(1,1,3,3-tetrathoxypropane, TEP)均为分析纯试剂。

1.2 仪器与设备

SER148/6脂肪测定仪 意大利VELP公司; UV2550紫外-可见分光光度计 日本Shimadzu公司; Allegra 64R冷冻离心机 美国Beckman公司; RE-52AA真空旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂; FW-200高速万能粉碎机 北京中兴伟业仪器有限公司; Agilent7890A气相色谱-5975C质谱联用仪 美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

红烧肉烹饪过程: 将猪五花肉(1 kg)洗净沥干后切块(3.5 cm×3.5 cm×4 cm), 150~160 °C油炸2.5 min, 将辅料(葱、姜、大料、桂皮)及肉块入锅翻炒1 min, 倒入白酒50 g并翻炒1 min, 加入调味料(酱油80 g、腐乳40 g、绵白糖50 g)翻炒2 min, 加入清水1 kg, 大火烧开后换文火炖煮120 min, 炖煮完毕后大火收汁5 min。

取样点: 原料肉、油炸后、大火烧开后即炖煮0 min、炖煮过程每30 min取样(炖煮30、60、90、120 min)、成品。

取样部位: 取出肉块, 用吸水纸去除肉表面汤汁等杂物, 切去皮层和瘦肉层, 取脂肪层进行分析。

1.3.2 粗脂肪含量测定

参考GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》^[8], 用脂肪测定仪进行粗脂肪含量测定。

1.3.3 过氧化值(peroxide value, POV)测定

参考GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》^[9], 采用比色法测定样品POV。

1.3.4 硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值测定

参考顾伟钢^[7]和Díaz^[10]的方法, 采用分光光度计测定样品的TBARS值, 结果以mg丙二醛(malondialdehyde, MDA)/kg表示。

1.3.5 脂肪酸组分测定

1.3.5.1 脂肪提取

按照Folch等^[11]的方法提取样品的脂肪。取脂肪层5 g, 加入100 mL氯仿-甲醇溶液(2:1, V/V), 低速匀浆, 静置1 h后过滤, 滤液中加入20 mL生理盐水振荡均匀, 静置分层后取下层清液, 用无水硫酸钠去除水分, 在44 °C水浴下用真空旋转蒸发仪蒸干, 即得到脂质样品。

1.3.5.2 脂肪酸甲酯化

参考AOAC^[12]和Indrasti^[13]的方法, 取提取的脂肪50 mg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。

1.3.5.3 脂肪酸组分分析

参考王毅等^[14]方法, 并作适当调整。

检测条件: 气相色谱(gas chromatography, GC)条件参数: INNOWax毛细管柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm), 进样口温度250 °C; 检测器温度280 °C; 载气为氦气, 柱流量1.0 mL/min; 进样量1 μL, 分流比20:1; 柱箱升温程序: 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。

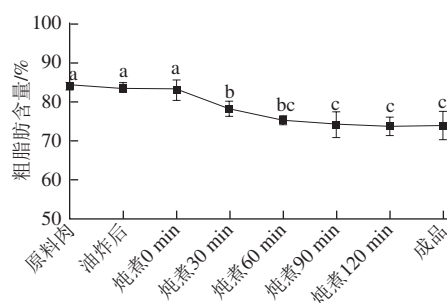
脂肪酸采用质谱库匹配度检索定性, 采用峰面积归一化法定量。

1.4 数据分析

每个样品测定至少3次重复, 采用SPSS 19.0软件对测定的数据进行差异显著性分析, 结果均以 $\bar{x} \pm s$ 表示; 采用Origin 8.6软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 五花肉红烧过程中粗脂肪含量变化



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

图1 五花肉红烧过程中粗脂肪含量变化

Fig.1 Change in crude fat content during processing of stewed pork belly in brown sauce

由图1可知,五花肉加工成红烧肉后粗脂肪含量显著下降 ($P < 0.05$),成品红烧肉脂肪含量比原料肉脂肪含量下降了12.14%。五花肉红烧过程中脂肪含量逐渐降低,原料肉脂肪层脂肪含量为84.10%,油炸和翻炒过程脂肪含量下降不显著 ($P > 0.05$),从开始炖煮(83.07%)到炖煮1 h (75.07%)脂肪含量显著下降 ($P < 0.05$),炖煮1 h后脂肪含量变化略微减小,但不显著 ($P > 0.05$)。油炸被认为是烹饪过程中脱水去脂肪的操作^[15],但脂肪含量变化却不显著 ($P > 0.05$),可能是因为油炸后肉块水分和脂肪同时流失,且流失程度相近,所以相对比例变化不大。在炖煮时间1 h内,脂肪含量迅速下降,可能是由于加热过程中,五花肉脂肪组织中结缔组织受热收缩,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分解,产生脂肪酸、风味物质等,也会使得脂肪含量降低^[16]。炖煮1 h后脂肪含量不再发生明显变化,可能是由于肉和汤中的脂肪含量形成了动态平衡。

2.2 五花肉红烧过程中脂肪氧化分析

2.2.1 五花肉红烧过程中POV变化

氢过氧化物尤其是过氧化氢是脂肪氧化的初级产物,氧化能力强,不利于人体健康,POV测定的是过氧化氢的含量,可以反映肉中不饱和脂肪酸氧化的程度。红烧肉加工过程中POV变化如图2所示,可知红烧肉加工过程POV呈先上升后下降的趋势。五花肉经过短时间油炸后POV变化不大,但煸炒及炖煮等加热过程中POV显著上升 ($P < 0.05$),在炖煮30 min时到达最大值,即表明加热可促进脂肪氧化。但随着炖煮时间的继续延长(炖煮30 min以后),POV又显著减小 ($P < 0.05$),表明生成的过氧化物在持续加热中不断分解,也可能由于随炖煮时间延长组织破坏脂肪流出进入汤汁中,从而使

得POV下降。红烧肉成品中POV为0.13 meq/kg,与原料肉(0.40 meq/kg)相比显著降低 ($P < 0.05$)。

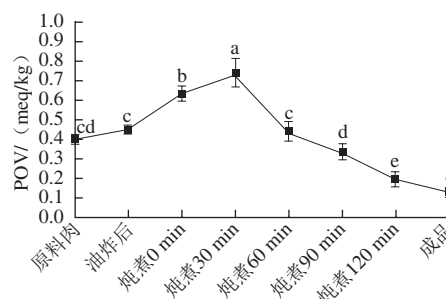


图2 五花肉红烧过程中POV变化

Fig.2 Change in peroxide value (POV) during processing of stewed pork belly in brown sauce

2.2.2 五花肉红烧过程中TBARS值变化

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。五花肉红烧过程中TBARS值变化如图3所示,可以看出红烧肉加工过程TBARS值是逐渐增大的,表明整个加工过程脂肪氧化程度在逐渐增加。前期油炸及翻炒处理对五花肉TBARS值的影响不大,油炸及翻炒虽然加热温度很高,但加热时间较短,肉块体积较大,受热程度只限于表面,内部变化较小,脂肪氧化也主要以初级氧化为主,而次级氧化程度不高 ($P > 0.05$)。随着炖煮的进行,TBARS值显著上升 ($P < 0.05$),表明加热过程中,脂肪的氧化在持续进行,更多的氧化中间产物进一步反应生成次级产物如丙二醛等。

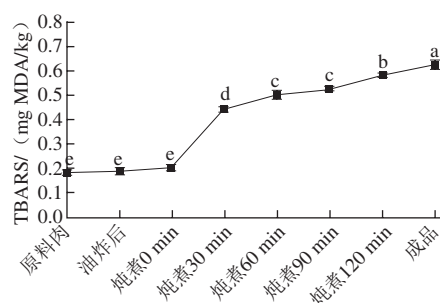


图3 五花肉红烧过程中TBARS值变化

Fig.3 Change in thiobarbituric acid (TBARS) value during processing of stewed pork belly in brown sauce

红烧肉脂肪氧化测定结果与顾伟钢等^[7]的研究结果一致,但数值上存在差异,可能是由于原料肉、加工工艺以及取样部位差异造成的^[17]。红烧肉的脂肪氧化程度较低,可能与炖煮火候有关,同时辅料及调味料中大料、桂皮、葱、生姜等含有多酚物质,具有较好的抗氧化能力^[18],从而使得红烧肉成品氧化程度较低。

2.3 五花肉红烧过程中脂肪酸组分变化

脂肪酸的种类和含量是影响肉品风味、营养价值以及氧化稳定性的重要因素,是评价肉制品的重要指标^[19]。本实验通过GC-MS共检测出21种脂肪酸成分(表1)。

表1 五花肉红烧过程中脂肪酸组分的变化
Table 1 Change in fatty acid composition during processing of stewed pork belly in brown sauce

脂肪酸	原料肉	油炸后	炖煮0 min	炖煮30 min	炖煮60 min	炖煮90 min	炖煮120 min	成品
C _{12:0}	0.05±0.01 ^{abc}	0.05±0.01 ^{cd}	0.05±0.00 ^{ab}	0.05±0.01 ^{bc}	0.06±0.01 ^{ab}	0.05±0.00 ^d	0.06±0.01 ^d	0.05±0.00 ^{abc}
C _{14:0}	1.23±0.04 ^{ab}	1.26±0.04 ^d	1.20±0.03	1.15±0.01 ^{abc}	1.11±0.06 ^{bc}	1.20±0.15 ^{ab}	1.19±0.02 ^{ab}	1.05±0.01 ^c
C _{15:0}	0.04±0.01 ^c	0.03±0.01 ^c	0.02±0.01 ^d	0.02±0.00 ^d	0.02±0.01 ^d	0.02±0.00 ^d	0.03±0.01 ^b	0.02±0.00 ^c
C _{16:2}	0.014±0.00 ^f	0.013±0.00 ^f	0.007±0.00 ^f	0.005±0.00 ^f	0.005±0.00 ^f	0.007±0.00 ^f	0.006±0.00 ^f	0.005±0.00 ^f
C _{16:1}	2.86±0.04 ^{ab}	3.11±0.40 ^a	2.70±0.0 ^b	2.66±0.15 ^b	2.68±0.09 ^b	2.32±0.12 ^c	3.04±0.11 ^a	2.68±0.07 ^b
C _{18:0}	20.16±0.59 ^{ab}	20.14±0.17 ^{ab}	20.35±0.41 ^a	19.77±0.56 ^{ab}	19.01±0.59 ^{bc}	19.31±1.16 ^{abc}	18.46±0.62 ^c	18.47±0.67 ^c
C _{17:1}	0.22±0.01 ^b	0.19±0.00 ^f	0.18±0.00 ^f	0.28±0.01 ^a	0.28±0.02 ^a	0.23±0.00 ^b	0.19±0.00 ^f	0.13±0.00 ^d
C _{17:0}	0.17±0.01 ^c	0.16±0.01 ^d	0.16±0.00 ^{cd}	0.15±0.01 ^d	0.23±0.02 ^a	0.21±0.00 ^b	0.17±0.01 ^c	0.16±0.00 ^c
C _{18:3}	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.01 ^{bc}	0.05±0.00 ^f	0.03±0.00 ^{bc}	0.03±0.00 ^{bc}	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^f	0.04±0.00 ^b
C _{18:2}	13.50±0.37 ^a	12.54±0.41 ^b	12.00±0.07 ^b	10.93±0.29 ^d	9.22±0.02 ^e	9.11±0.37 ^e	9.36±0.50 ^e	9.03±0.12 ^e
C _{18:1}	48.17±0.58 ^a	48.32±0.59 ^a	48.66±0.14 ^a	50.89±0.14 ^b	51.76±0.44 ^b	52.70±0.87 ^b	52.75±0.75 ^a	52.88±0.25 ^a
C _{18:0}	10.77±0.31 ^c	11.18±0.33 ^{bc}	11.19±0.43 ^{bc}	10.78±0.25 ^c	11.83±0.02 ^b	11.67±0.39 ^b	12.01±0.62 ^b	12.99±0.76 ^b
C _{19:1}	0.13±0.01 ^c	0.11±0.00 ^f	0.10±0.01 ^c	0.10±0.01 ^c	0.07±0.00 ^f	0.10±0.01 ^c	0.08±0.00 ^d	0.07±0.01 ^c
C _{19:0}	0.06±0.00 ^f	0.04±0.01 ^{bc}	0.05±0.01 ^d	0.04±0.00 ^b	0.02±0.01 ^d	0.03±0.00 ^d	0.02±0.01 ^d	0.04±0.00 ^b
C _{20:4}	0.31±0.01 ^d	0.24±0.01 ^d	0.22±0.02 ^{ab}	0.21±0.01 ^{cd}	0.28±0.02 ^b	0.22±0.00 ^{cd}	0.20±0.00 ^f	0.25±0.00 ^c
C _{20:3}	0.14±0.01 ^d	0.16±0.01 ^b	0.17±0.01 ^a	0.15±0.01 ^{abc}	0.14±0.01 ^{bcd}	0.16±0.00 ^{ab}	0.14±0.01 ^{cd}	0.10±0.00 ^c
C _{20:2}	0.56±0.02 ^c	0.63±0.02 ^{bc}	0.75±0.10 ^a	0.57±0.03 ^c	0.78±0.05 ^a	0.70±0.06 ^{ab}	0.59±0.01 ^c	0.46±0.01 ^d
C _{20:1}	1.01±0.02 ^d	1.31±0.04 ^c	1.58±0.04 ^b	1.63±0.06 ^b	1.84±0.13 ^a	1.52±0.26 ^b	1.25±0.11 ^c	1.16±0.01 ^{cd}
C _{20:0}	0.36±0.01 ^b	0.32±0.00 ^f	0.38±0.00 ^f	0.33±0.02 ^c	0.41±0.03 ^b	0.29±0.00 ^d	0.26±0.00 ^f	0.21±0.00 ^f
C _{22:4}	0.12±0.01 ^{cd}	0.11±0.01 ^{bc}	0.11±0.00 ^f	0.15±0.01 ^a	0.14±0.01 ^b	0.08±0.00 ^f	0.10±0.01 ^c	0.12±0.01 ^c
C _{22:5}	0.09±0.01 ^b	0.08±0.01 ^b	0.07±0.01 ^c	0.10±0.00 ^b	0.08±0.02 ^b	0.04±0.00 ^d	0.06±0.01 ^c	0.08±0.00 ^b
SFA	32.85±0.96 ^c	33.16±0.55 ^c	33.41±0.00 ^f	32.30±0.31 ^a	32.70±0.63 ^b	32.78±1.70 ^a	32.21±0.02 ^c	32.99±0.12 ^b
PUFA	14.76±0.33 ^a	13.80±0.39 ^b	13.37±0.04 ^b	12.14±0.26 ^c	10.67±0.13 ^d	10.36±0.43 ^d	10.48±0.51 ^d	10.10±0.11 ^d
MUFA	52.39±0.62 ^c	53.03±0.16 ^c	53.22±0.04 ^c	55.56±0.05 ^b	56.62±0.50 ^b	56.86±1.27 ^a	57.32±0.52 ^a	56.91±0.19 ^a
UFA/SFA	2.05±0.09 ^d	2.02±0.05 ^d	1.99±0.01 ^d	2.10±0.03 ^a	2.06±0.06 ^b	2.06±0.16 ^b	2.10±0.01 ^a	2.03±0.04 ^a

注:同行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。SFA.饱和脂肪酸(saturated fatty acid);PUFA.多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid);MUFA.单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid);UFA.不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid)。

由表1可知,五花肉脂肪中单不饱和脂肪酸(MUFA)含量最高(52.39%),多不饱和脂肪酸(PUFA)含量最少(14.76%)。其中油酸(C_{18:1})、亚油酸(C_{18:2})、棕榈酸(C_{16:0})以及硬脂酸(C_{18:0})是主要脂肪酸,占总脂肪酸的90%以上。这与熊明民^[20]、霍晓娜^[21]等对猪肉背膘以及五花肉脂肪层测定的脂肪酸结果相近,而在各脂肪酸比例上存在差异,可能是由于猪品种、年龄的差异。油酸是五花肉中含量最高的脂肪酸,在整个加工过程中油酸的含量逐渐增加,在炖煮1.5 h内油酸含量显著增加($P<0.05$),之后随着加热时间延长,油酸含量不发生显著变化($P>0.05$)。棕榈酸和亚油酸在整个加工过程中含量逐渐降低,前期处理对两者含量影响不大($P>0.05$),但随着炖煮的进行,含量都降低。而硬脂酸含量在加工过程中则出现波动,油炸后有略微增加,而在炖煮过程中含量先下降后增加。

脂肪层脂肪酸的变化主要发生在炖煮1 h内^[20],五花肉在炖煮过程中,肉中脂肪酯化,脂肪酸降解成低分子物质,同时肉的组织结构在加热中不断被破坏,脂肪从细胞中流出,更容易与其他物质发生反应。脂肪酸相对百分含量表示各脂肪酸在同一取样点的构成比例,由于红烧肉加工过程中脂肪含量不断下降(2.1节),所以表1中各脂肪酸在肉中的实际含量也是随着脂肪含量的下降而有所下降。

分析脂肪酸种类变化,由表1可知,在整个红烧肉加工过程中,脂肪酸构成比例发生了变化。SFA含量变化不显著($P>0.05$),MUFA含量增加($P<0.05$),而PUFA含量下降($P<0.05$)。棕榈酸含量减少而硬脂酸含量增加是SFA含量变化不大的主要因素。PUFA在油炸后及炖煮1 h内有显著下降($P<0.05$),但加热时间再延长时变化不再明显($P>0.05$),PUFA含量的变化主要由于油酸、花生四烯酸(C_{20:4})以及二十碳二烯酸(C_{20:2})含量的变化。MUFA含量在炖煮1 h内含量增加显著($P<0.05$),MUFA中除了油酸外其他脂肪酸含量都呈现出先降低后增加的规律。顾伟钢等^[7]研究红烧肉加工过程脂肪酸变化结果为SFA和PUFA含量在炖煮过程中下降显著,而MUFA则显著增加,与本实验结果有差异,可能是由于取样部位、红烧肉制作工艺等的不同造成的。猪五花肉脂肪层与瘦肉层的脂肪含量、脂肪酸组成等各方面都是存在差异的^[22-23],研究表明,猪肉肌肉组织和脂肪组织在蒸煮过程中脂肪酸的变化情况是不同的^[23],同时加工时间和加工方式对肉品脂肪含量、脂肪酸等特性也是有显著影响的^[24]。红烧肉成品中SFA、MUFA、PUFA含量比约为3.3:5.7:1.0,对人体健康是有利的^[20]。同时也有研究^[25]表明,肉品的嫩度和风味与SFA+MUFA含量成正相关,而与PUFA含量成负相关,所以五花肉红烧加工后肉品的风味和质地都发生了很好的改变。

3 结论

猪五花肉加工成红烧肉的过程中脂肪含量、脂肪氧化程度、脂肪酸组分都发生了一定程度的变化。随着加工的进行,五花肉中脂肪含量不断下降,这可能是红烧肉口感肥而不腻的重要原因;在红烧过程中五花肉脂肪逐步氧化,初级氧化产物随着加热的进行不断分解,次级产物不断累积。脂肪的适度氧化,可以产生风味物质,或者作为前体物质与美拉德反应产物相互作用产生良好的风味,从而使红烧肉具有独一无二醇香诱人的滋味。脂肪酸也是影响肉风味及品质的重要因素,分析得出,五花肉脂肪中主要脂肪酸为油酸、棕榈酸、亚油酸以及硬脂酸,含量均在10%以上,在红烧加工过程中各脂肪酸组分都发生了不同程度的变化,同时五花肉脂肪比例构成也有所调整,并且对人体健康是有利的。

参考文献:

- [1] 孙溥泉, 孙健慧. 为什么高脂饮食危害健康的理论不适合红烧肉: 谈谈红烧肉的烹调关键[J]. 养猪, 2010(4): 39-40.
- [2] 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.
- [3] 张少飞. 响应面法优化红烧肉烹饪工艺研究[J]. 食品工业, 2013(7): 4-7.
- [4] 王瑞花, 张文娟, 陈健初, 等. 基于模糊数学综合评价法优化红烧肉制作工艺[J]. 食品工业科技, 2015, 36(6): 274-278.
- [5] 纪有华, 王荣兰. 红烧肉风味形成途径探讨[J]. 扬州大学烹饪学报, 2006, 23(2): 19-23.
- [6] LIU T T, YANG T S, WU C M. Changes of volatiles in soy sauce-stewed pork during cold storage and reheating[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81(15): 1547-1552.
- [7] 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.
- [8] 全国食品工业标准化技术委员会. GB/T 14772—2008 食品中粗脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.37—2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [10] DÍAZ P, LINARES M B, EGEA M, et al. TBARS distillation method: revision to minimize the interference from yellow pigments in meat products[J]. Meat Science, 2014, 98(4): 569-573.
- [11] FLOCH J M L, LEES M P, SLOANE-STANLEY G R A. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [12] Association of Official Analytical Chemists. AOAC Official method 996.06 fat (total, saturated, and unsaturated) in foods[S]. Gaithersburg: AOAC International, 2001.
- [13] 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.
- [14] 王毅, 贺稚非, 陈红霞, 等. 不同部位伊拉兔肉脂肪酸组成的对比分析[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 137-141. doi: 10.7506/spkx1002-6630-20140428.
- [15] SOSA-MORALES M E, ORZUNA-ESPÍRITU R, VÉLEZ-RUIZ J F. Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(3): 731-738.
- [16] 沈晓玲, 李诚. 脂类物质与肉的风味[J]. 肉类研究, 2008, 22(3): 25-28.
- [17] VUJADINOVIĆ D, MARJANOVIĆ-BALABAN Z. Influence of temperature and heat treatment regime on chemical properties of pork meat[J]. Quality of Life: A Multi-Disciplinary Journal of Food Science, Environmental Science and Public Health, 2012, 3(3/4): 49-54.
- [18] 朱新武, 曾晓房, 鲁长海, 等. 天然香辛料及其复配对脂肪氧化的影响[J]. 中国食品添加剂, 2015(2): 146-150.
- [19] LEGAKO J F, DINH T T, MILLER M F, et al. Effects of USDA beef quality grade and cooking on fatty acid composition of neutral and polar lipid fractions[J]. Meat Science, 2015, 100: 246-255.
- [20] 熊明民, 马长伟. 猪肉肌间/脂肪组织在蒸煮过程中的脂肪酸组成变化[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 64-67. doi: 10.7506/spkx1002.6630.201407013.
- [21] 霍晓娜, 李兴民, 李海芹, 等. 不同部位冷却猪肉中脂肪酸组成与脂肪氧化的变化[J]. 食品科技, 2005(12): 26-30.
- [22] TRUSELL K A, APPLE J K, YANCEY J W S, et al. Compositional and instrumental firmness variations within fresh pork bellies[J]. Meat Science, 2011, 88(3): 472-480.
- [23] SALADOYE P O, SHAND P J, AALHUS J L, et al. Review: pork belly quality, bacon properties and recent consumer trends[J]. Canadian Journal of Animal Science, 2015, 95(3): 325-340.
- [24] 黄业传, 李洪军, 秦刚, 等. 不同加工方式与时间对猪肉脂肪含量和脂肪酸组成的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(1): 159-163.
- [25] CAMERON N D, ENSER M B. Fatty acid composition of lipid in *longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality[J]. Meat Science, 1991, 29(4): 295-307.