

传统中式烤、炸、煎工艺对牛肉营养品质的影响

张 兰, 高天丽, 刘永峰*, 赵 晶, 钟华珍

(陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 通过调控温度和时间, 分别对牛肉进行烤、炸、煎 3 种高温处理, 筛选出较优的高温烹饪条件, 为消费者选择营养物质含量较高的烹饪工艺提供理论参考。研究测定了肉样的水分、粗蛋白、粗脂肪及脂肪酸质量分数, 从而综合评价其营养品质。结果表明, 烤、炸、煎 3 种传统中式高温处理方式对牛肉营养品质影响显著 ($P < 0.05$)。综合分析发现, 在 160 °C 下烤制 40 min 以及在 226~228 °C 下炸制 3 min、煎制 2~3 min 的牛肉具有较高营养品质。

关键词: 牛肉; 烤; 炸; 煎; 营养品质

中图分类号: TS 251 文章编号: 1673-1689(2019)05-0132-08 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.05.019

Effect of Chinese Traditional Cooking of Broiling, Frying, and Pan-Frying on Nutritional Quality of Beef

ZHANG Lan, GAO Tianli, LIU Yongfeng*, ZHAO Jing, ZHONG Huazhen

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The study was conducted to regulate the cooking time and temperature of broiling, frying, pan-frying process so as to select the optimal conditions of high temperature. The purpose of the present study was to provide a theoretical basis for consumers to choose a reasonable cuisine method with less harmful substances. The measurement indexes of moisture, protein, fat and fatty acids contents are used to evaluate the nutritional quality of beef products comprehensively. The results show that broiling, frying and pan-frying have a significant influence on the nutritional quality respectively ($P < 0.05$). A comprehensive analysis revealed that the raw beef maintained higher nutritional quality being broiled for 40 min under the temperature of 160 °C, at the temperature of 226~228 °C, fried 3 min and pan-fried 2~3 min.

Keywords: beef, broiling, frying, pan-frying, nutritional quality

不同的处理方式对牛肉营养品质有一定影响, 尤其是烤、炸、煎 3 种传统中式高温处理方式^[1-2]。近年来, 有关牛肉营养品质的研究较多^[3-6]。然而, 关于传统中式烤、炸、煎工艺对牛肉营养品质影响的研

究鲜有报道。

作者以牛肉为研究对象, 探究了烤、炸、煎 3 种高温处理方式对牛肉水分、粗蛋白质、粗脂肪及脂肪酸含量的影响, 旨在揭示不同高温处理条件、方

收稿日期: 2016-10-08

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(GK201502008); 陕西省青年科技新星项目(2014KJXX-51); 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2015KTTSNY04-07)。

* 通信作者: 刘永峰(1981—), 男, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事畜产品科学与营养研究。E-mail: yongfeng200@126.com

引用本文: 张兰, 高天丽, 刘永峰, 等. 传统中式烤、炸、煎工艺对牛肉营养品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(05): 132-139.

式对牛肉营养品质的影响,为生产高营养品质的牛肉产品提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料

牛后腿肌肉:购于西安市朱雀市场,-20℃冷冻贮藏;食盐、料酒、花椒粉、八角、小茴香、桂皮、姜、大葱、菜籽油等辅料:购于西安华润万家超市。

辅料配方(质量分数)^[7]:食盐 2%、料酒 1%、花椒 1.25%、八角 1.5%、小茴香 0.5%、桂皮 1%、姜 0.75%、葱白 1%。

1.2 主要试剂与仪器设备

脂肪酸甲酯混合标准样品:Sigma 公司产品。

Kjeltec 2300 全自动凯氏定氮仪:瑞典福斯公司产品;ST310 脂肪提取仪:FOSS 分析仪器公司产品;2010 ultra 单四极杆气相色谱-质谱联用仪:日本岛津公司产品;GDX-9073B-1 电热鼓风干燥箱:上海福玛实验设备有限公司产品;Molecular 1810b 超纯水机:上海摩勒科学仪器有限公司产品。

1.3 处理方式

将适量的冷冻牛肉置于 4℃冰箱中缓慢解冻 24 h,再将其放在室温下直至完全解冻。顺着肉样纹理,剔除肉样表面脂肪、结缔组织和筋、肌膜等杂物,分割为 1 cm×1 cm×3 cm 的片状,取分割好的牛肉 2 500 g,均分为 10 组,每组的 15~20 块共 200 g。随机选取其中 1 组为对照组(未经任何处理),另外 9 组为处理组。在参阅相关方法的基础上^[5,8-9],结合传统家庭中式烹饪方法,经过多次预试验,确定了最终的高温烹饪工艺及其温度和时间梯度。9 个处理组分别按如下工艺处理:

取分割好的牛肉 200 g→清洗→浸泡 15 min(拔出血水)→再次清洗、沥干→放入盆中,加水 50 mL,添加辅料,搅拌均匀→浸渍 60 min→分别进行烤制、炸制、煎制处理→取出制品冷却→包装→成品 4℃冷藏备用。

烤制:肉样分别在 160、180、200℃(对应的烤箱下火温度分别为 150、170、190℃)的温度下烤制 40 min,烤至 20 min 时翻面一次。

炸制:加油 200 mL,肉样在 226~228℃温度下分别炸制 3、4、5 min,炸制过程中不断翻动(翻动约 30 次/min)。

煎制:加油 50 mL,肉样在 226~228℃温度下分

别煎制 2、3、4 min,煎制一半时间时翻面一次。

1.4 品质评价指标

1.4.1 水分质量分数测定 参照《肉与肉制品 水分含量测定》(GB/T 9695.15-2008)中的直接干燥法进行测定。

1.4.2 蛋白质质量分数的测定 参照《食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5-2010)中的凯氏定氮法,采用全自动凯氏定氮仪进行测定。

1.4.3 粗脂肪质量分数的测定 参照《肉与肉制品 总脂肪含量测定》(GB/T 9695.7-2008),用脂肪提取仪进行测定。

1.4.4 脂肪酸质量分数的测定

1)粗脂肪的提取 取 5 g 剪碎的肉样,置于具塞锥形瓶中,加入 100 mL 氯仿-甲醇溶液(V:V=2:1),连接冷凝回流装置,于 40℃水浴提取 30 min,取下加 20 mL 饱和氯化钠溶液静置,分层后取下层溶液旋转蒸发使溶剂和粗脂肪分离,脂肪粗提物备用。

2)脂肪的甲酯化 按照《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》(GB/T 17376-2008)中的三氟化硼法进行。

3)定性、定量分析 将 10 mg/mL 的脂肪酸甲酯混合标准品配制成质量浓度分别为 1 000、50、40、14.286、7.143 μg/mL 的标准溶液,依次进行 GC-MS 分析。以脂肪酸各组分的峰面积和浓度建立线性标准曲线。采用相同的 GC-MS 条件和操作过程对样品进行分析,根据标准品中各种脂肪酸的保留时间定性,根据标准曲线定量。

4)GC-MS 检测条件 色谱柱:Rxi®-5Sil MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.2 μm);进样口温度:260℃;进样量为 1 μL;高纯度氦气(99.999%),柱内载气流量 1.48 mL/min;压力 120 kPa;流量控制模式为恒压模式;总流量为 50 mL/min,不分流。柱温升温程序:初始温度 120℃,保持 1 min,以 7℃/min 升温至 250℃,不保持,再以 8℃/min 升温至 310℃,保持 5 min。电子轰击源;电子能量 70 eV;离子源温度为 200℃;接口温度为 300℃;倍增器电压 0.2 kV;质量扫描范围:50~600。

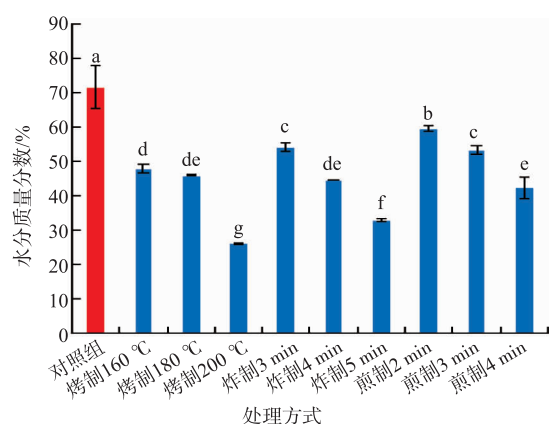
1.5 统计分析

每个样品做 3 次平行试验,所得数据均采用 Microsoft Excel 进行计算,SPSS 21.0 中 ANOVA 进行方差分析及 Duncan 进行多重比较,结果以 $\bar{X} \pm SD$ 形式表示。

2 结果与分析

2.1 牛肉水分质量分数的测定结果

经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉水分质量分数测定结果见图 1。与对照组 71.75% 的水分质量分数相比, 9 个处理组均可显著降低牛肉水分质量分数 ($P < 0.05$), 降低范围为 16.78%~63.26%, 尤其烤制 200 °C 对水分质量分数影响极显著 ($P < 0.01$), 说明不同处理方式对水分质量分数的影响不同, 且整体呈现出烤制 > 炸制 > 煎制。对烤制工艺, 160 °C 和 180 °C 处理组的水分质量分数显著大于 200 °C ($P < 0.05$), 且烤制 200 °C 的水分损失量为 9 个处理组中最严重的, 值为 26.36%, 160 °C 和 180 °C 处理组间虽无明显差异 ($P > 0.05$), 但整体变化趋势是水分质量分数随处理温度升高而降低。对炸制、煎制工艺, 水分质量分数均随处理时间延长而降低 ($P < 0.05$), 降低范围依次为 16.78%~40.55%, 24.27%~53.78%。可见, 不同处理对水分质量分数的影响规律基本一致, 随处理温度升高或时间延长损失加剧。



注: 图中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

图 1 牛肉在烤、炸、煎 3 种处理方式下水分质量分数的测定结果

Fig. 1 Determination results of moisture content with broiling, frying and pan-frying of beef

2.2 牛肉蛋白质质量分数的测定结果

经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉粗蛋白质质量分数测定结果见图 2。与对照组相比, 9 个处理组均能显著增加牛肉的粗蛋白质质量分数 ($P < 0.05$), 增加范围为 29.60%~65.54%, 其中, 烤制 200 °C 质量

分数最高为 641.54 mg/g, 对照组最低为 221.10 mg/g, 说明不同处理方式对粗蛋白质质量分数影响不同, 这与不同处理对水分质量分数的影响规律呈相反趋势。对烤制工艺, 160、180、200 °C 处理组间差异性显著, 粗蛋白质质量分数随温度升高显著增加 ($P < 0.05$)。对炸制、煎制工艺, 炸制对粗蛋白质质量分数的影响效果优于煎制, 但变化规律相似, 蛋白质质量分数均随处理时间延长而显著增加 ($P < 0.05$)。可见, 不同处理温度、时间对蛋白质质量分数的影响较大, 且总体变化趋势都是随温度升高、时间延长而显著增加。

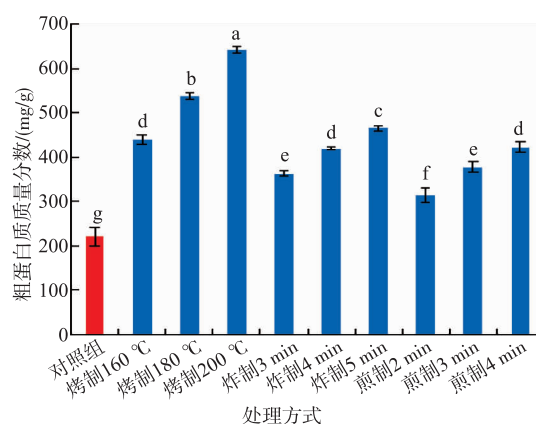


图 2 牛肉在烤、炸、煎 3 种处理方式下蛋白质质量分数的测定结果

Fig. 2 Determination results of protein content with broiling, frying and pan-frying of beef

2.3 牛肉粗脂肪质量分数的测定结果

经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉粗脂肪质量分数测定结果见图 3。与对照组 5.24% 的粗脂肪质量分数相比, 炸制和煎制的 6 个处理组均能极显著增加粗脂肪质量分数 ($P < 0.01$), 增加范围依次为 68.52%~72.22%, 65.07%~71.61%, 可见处理方式对粗脂肪质量分数的影响呈现出炸制 > 煎制 > 烤制。对烤制工艺, 处理温度对粗脂肪质量分数的影响差异不显著 ($P > 0.05$)。对炸制工艺, 3 min 和 4 min 的处理组显著小于 5 min ($P < 0.05$)。对煎制工艺, 2 min 和 3 min 的处理组极显著的小于 4 min ($P < 0.05$)。可见, 不同处理时间的煎、炸工艺对粗脂肪、粗蛋白质质量分数的影响规律类似, 随时间延长显著增大。

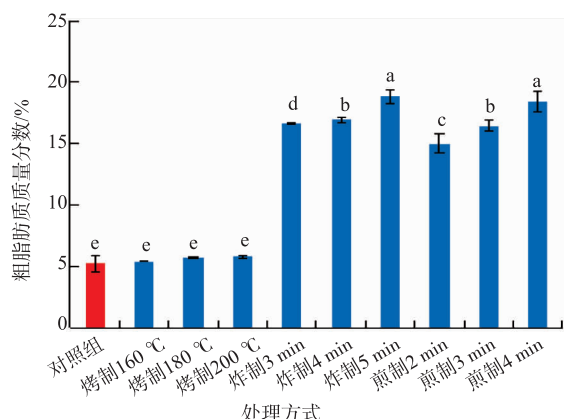


图3 牛肉在烤、炸、煎3种处理方式下脂肪质量分数的测定结果

Fig. 3 Determination results of fat content with broiling, frying and pan-frying of beef

2.4 牛肉脂肪酸质量分数的测定结果

经烤、炸、煎3种高温处理后牛肉所含饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)的组分及质量分数测定结果依次见表1、表2和表3。

由表1可知,对照组和烤制工艺均检测出5种SFA,依次为 $C_{14:0}$ 、 $C_{15:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{17:0}$ 和 $C_{18:0}$;与对照组相比,炸制、煎制工艺还可检测出 $C_{20:0}$ 和 $C_{22:0}$,共7种,其中炸制4 min与煎制3 min未检测出 $C_{22:0}$ 。与

对照组相比,烤制可显著增加SFA及其组分质量分数($P<0.05$),炸制、煎制可显著降低 $C_{15:0}$ 质量分数,同时使 $C_{14:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{17:0}$ 、 $C_{18:0}$ 和SFA质量分数显著增加($P<0.05$)。对烤制工艺,不同处理温度对SFA质量分数影响较大,160 °C显著小于180 °C和200 °C($P<0.05$),且180 °C和200 °C处理组间差异不显著($P>0.05$);160 °C、180 °C处理组的 $C_{14:0}$ 质量分数显著大于200 °C,160 °C和180 °C处理组间差异不显著($P>0.05$); $C_{16:0}$ 和 $C_{18:0}$ 质量分数随温度升高显著增加($P<0.05$),160 °C和180 °C处理组间 $C_{16:0}$ 质量分数差异不显著,180 °C和200 °C处理组间 $C_{18:0}$ 质量分数差异不显著($P>0.05$); $C_{15:0}$ 和 $C_{17:0}$ 质量分数随温度升高显著降低($P<0.05$),160 °C和180 °C处理组间 $C_{17:0}$ 质量分数差异不显著($P>0.05$)。对炸制工艺, $C_{14:0}$ 、 $C_{15:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{17:0}$ 和 $C_{22:0}$ 质量分数随处理时间延长显著增加($P>0.05$),其中,4 min和5 min处理组间 $C_{15:0}$ 、 $C_{16:0}$ 质量分数差异不显著($P<0.05$),处理时间对 $C_{18:0}$ 质量分数影响不明显($P<0.05$);3 min和5 min处理组间SFA质量分数差异性显著($P<0.05$)。对煎制工艺,随处理时间延长 $C_{15:0}$ 、 $C_{22:0}$ 质量分数显著降低, $C_{14:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{17:0}$ 、 $C_{20:0}$ 和SFA质量分数显著增加($P<0.05$),其中,2 min和3 min处理组间 $C_{14:0}$ 质量分数无明显差异($P>0.05$),4 min和5 min处理组间 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ 质量分数无明显差异($P>0.05$)。

表1 经烤、炸、煎3种高温处理后牛肉SFA测定结果

Table 1 Determination results of SFA with broiling, frying and pan-frying of beef

烹饪工艺	饱和脂肪酸质量分数/(g/kg)							
	肉豆蔻酸 $C_{14:0}$	十五烷酸 $C_{15:0}$	棕榈酸 $C_{16:0}$	珠光脂酸 $C_{17:0}$	硬脂酸 $C_{18:0}$	花生酸 $C_{20:0}$	山嵛酸 $C_{22:0}$	SFA
对照组	0.306±0.019 ^f	0.143±0.004 ^e	13.683±0.211 ^e	0.148±0.004 ^e	2.844±0.557 ^a	—	—	19.824±0.226 ^f
烤制 160 °C	1.628±0.022 ^a	0.463±0.019 ^a	21.429±1.031 ^b	0.373±0.025 ^a	15.024±1.634 ^{cd}	—	—	35.847±1.606 ^c
烤制 180 °C	1.609±0.014 ^a	0.286±0.001 ^b	23.784±5.342 ^b	0.349±0.031 ^a	16.702±2.595 ^{ab}	—	—	43.361±6.236 ^{cd}
烤制 200 °C	1.038±0.003 ^b	0.135±0.013 ^c	26.828±3.835 ^b	0.232±0.008 ^{cd}	20.184±3.590 ^a	—	—	47.061±5.504 ^{bcd}
炸制 3 min	0.286±0.019 ^f	0.021±0.011 ^e	27.405±3.080 ^b	0.164±0.007 ^e	23.410±2.992 ^{def}	0.125±0.012 ^d	0.157±0.002 ^a	41.279±0.647 ^{de}
炸制 4 min	0.413±0.016 ^d	0.041±0.008 ^{de}	33.517±1.591 ^a	0.223±0.011 ^d	20.590±3.642 ^{def}	0.181±0.003 ^c	—	47.093±1.981 ^{bcd}
炸制 5 min	0.483±0.005 ^c	0.055±0.008 ^d	37.539±1.091 ^a	0.272±0.024 ^{bc}	37.317±3.072 ^{abc}	0.339±0.031 ^b	0.145±0.002 ^b	53.087±1.096 ^{ab}
煎制 2 min	0.377±0.025 ^{de}	0.155±0.004 ^c	23.263±0.574 ^b	0.214±0.027 ^d	51.072±0.893 ^f	0.213±0.013 ^c	0.152±0.003 ^a	35.257±1.037 ^e
煎制 3 min	0.333±0.033 ^{cd}	0.054±0.004 ^d	34.297±1.703 ^a	0.228±0.016 ^{cd}	42.067±0.309 ^{bcd}	0.336±0.016 ^b	—	50.042±0.714 ^{abc}
煎制 4 min	0.470±0.042 ^c	0.026±0.015 ^e	37.141±2.502 ^a	0.281±0.018 ^b	73.482±1.166 ^{abc}	0.392±0.001 ^a	0.141±0.001 ^b	54.694±2.387 ^a

注:表中“—”表示未检出。同列数据具有不同角标表示差异显著($P<0.05$)。

由表2可知,对照组、烤制以及煎制2 min的处理组均检测出4种MUFA,依次为 $C_{16:1\text{ cis-9}}$ 、 $C_{17:1\text{ cis-10}}$ 、 $C_{18:1\text{ cis-9}}$ 和 $C_{18:1\text{ trans-9}}$,与对照组相比,煎制、炸制还可

检测出 $C_{20:1\text{ cis-11}}$,并显著增加MUFA质量分数,但烤制工艺下MUFA质量分数显著降低($P<0.05$)。对烤制工艺,处理温度对 $C_{16:1\text{ cis-9}}$ 、 $C_{18:1\text{ cis-9}}$ 和MUFA质量

分数的影响呈现出 $200\text{ }^{\circ}\text{C}>180\text{ }^{\circ}\text{C}>160\text{ }^{\circ}\text{C}$, 与对照组相比, 烤制 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的 MUFA 及所有组分质量分数均随温度升高而显著降低 ($P<0.05$), $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的 $\text{C}_{16:1\text{ cis-9}}$ 和 $\text{C}_{18:1\text{ cis-9}}$ 质量分数无明显差异 ($P>0.05$); $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的 $\text{C}_{18:1\text{ trans-9}}$ 质量分数显著小于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P<0.05$), $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组间差异不显著 ($P>0.05$); $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组可显著降低 $\text{C}_{17:1\text{ cis-10}}$ 质量分数, 而 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组间差异不显著 ($P>0.05$)。对炸制工艺, 处理时间对 $\text{C}_{16:1\text{ cis-9}}$ 质量分数的影响为 $4\text{ min}>3\text{ min}>5\text{ min}$, 对 $\text{C}_{17:1\text{ cis-10}}$ 、 $\text{C}_{20:1\text{ cis-11}}$ 和 MUFA 质量分数的影响

顺序为 $5\text{ min}>3\text{ min}>4\text{ min}$ ($P<0.05$); $\text{C}_{18:1\text{ cis-9}}$ 质量分数随处理时间延长显著降低 ($P<0.05$), 但 4 min 和 5 min 处理组间差异不显著 ($P>0.05$); $\text{C}_{18:1\text{ trans-9}}$ 质量分数的变化规律与 $\text{C}_{18:1\text{ cis-9}}$ 基本相反, 随时间延长显著增加 ($P<0.05$)。对煎制工艺, 牛肉中 $\text{C}_{17:1\text{ cis-10}}$ 、 $\text{C}_{18:1\text{ trans-9}}$ 、 $\text{C}_{20:1\text{ cis-11}}$ 和 MUFA 质量分数均为 $4\text{ min}>3\text{ min}>2\text{ min}$, 即随处理时间延长而显著增加 ($P<0.05$); 处理时长对 $\text{C}_{18:1\text{ cis-9}}$ 质量分数的影响规律相反 $2\text{ min}>3\text{ min}>4\text{ min}$ ($P<0.05$); 处理时间对 $\text{C}_{16:1\text{ cis-9}}$ 质量分数无显著影响 ($P>0.05$)。

表 2 经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉 MUFA 测定结果

Table 2 Determination results of MUFA with broiling, frying and pan-frying of beef

烹饪工艺	单不饱和脂肪酸质量分数/(g/kg)					MUFA
	棕榈油酸 $\text{C}_{16:1\text{ cis-9}}$	十七碳烯酸 $\text{C}_{17:1\text{ cis-10}}$	油酸 $\text{C}_{18:1\text{ cis-9}}$	反式油酸 $\text{C}_{18:1\text{ trans-9}}$	二十碳一烯酸 $\text{C}_{20:1\text{ cis-11}}$	
对照组	1.013±0.068 ^a	0.276±0.004 ^a	15.009±3.311 ^c	17.246±0.002 ^f	—	33.543±3.242 ^d
烤制 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.979±0.003 ^a	0.099±0.001 ^f	12.528±0.273 ^c	12.192±0.001 ^h	—	25.797±0.273 ^f
烤制 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.825±0.006 ^b	0.064±0.002 ^h	9.438±0.451 ^d	12.142±0.001 ^h	—	22.469±0.444 ^g
烤制 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.121±0.003 ^f	0.099±0.002 ^f	7.824±0.020 ^d	20.752±0.019 ^f	—	28.796±0.037 ^e
炸制 3 min	0.469±0.001 ^d	0.105±0.003 ^{ef}	31.622±0.071 ^a	40.901±0.255 ^d	0.057±0.001 ^c	73.155±0.187 ^a
炸制 4 min	0.585±0.002 ^c	0.087±0.004 ^g	26.576±0.358 ^b	42.535±0.172 ^b	0.048±0.001 ^d	69.831±0.189 ^b
炸制 5 min	0.304±0.004 ^e	0.129±0.009 ^d	24.571±0.355 ^b	47.291±0.064 ^a	0.082±0.002 ^b	72.376±0.295 ^a
煎制 2 min	0.039±0.001 ^g	0.110±0.004 ^e	32.386±0.179 ^a	30.768±0.514 ^e	—	63.303±0.689 ^c
煎制 3 min	0.084±0.002 ^g	0.155±0.004 ^c	26.051±0.944 ^b	41.568±0.060 ^c	0.059±0.001 ^c	67.9175±1.007 ^b
煎制 4 min	0.054±0.002 ^g	0.177±0.001 ^b	25.744±0.318 ^b	42.219±0.231 ^b	0.109±0.002 ^a	68.303±0.085 ^b

注:表中“—”表示未检出。同列数据具有不同角标表示差异显著 ($P<0.05$)。

由表 3 可知, 对照组共检出 5 种 PUFA, 依次为 $\text{C}_{18:2\text{ cis-9,12}}$ 、EPA、 $\text{C}_{20:4\text{ cis-5,8,11,14}}$ 、 $\text{C}_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 和 DHA, 与对照组相比, 烤制还检测出 $\text{C}_{20:2\text{ cis-11,14}}$, 炸制、煎制还检测出 $\text{C}_{18:3\text{ cis-6,9,12}}$ 和 $\text{C}_{20:2\text{ cis-11,14}}$ 但未检测出 DHA。对烤制工艺, 处理温度对检出组分质量分数的影响较大, 与对照组相比, $\text{C}_{20:4\text{ cis-5,8,11,14}}$ 、 $\text{C}_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 和 DHA 质量分数均不同程度降低, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的 $\text{C}_{20:4\text{ cis-5,8,11,14}}$ 、 $\text{C}_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 质量分数显著大于 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P<0.05$), 而 DHA 质量分数 $180\text{ }^{\circ}\text{C}>160\text{ }^{\circ}\text{C}>200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P<0.05$); $\text{C}_{18:2\text{ cis-9,12}}$ 质量分数随温度升高逐渐增加, 且仅 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的质量分数显著大于对照组 ($P<0.05$); 温度对 EPA 质量分数的影响顺序为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}>160\text{ }^{\circ}\text{C}>180\text{ }^{\circ}\text{C}$, 且 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的质量分数显著小于对照组 ($P<0.05$); $\text{C}_{20:2\text{ cis-11,14}}$ 质量分数依次为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}>200\text{ }^{\circ}\text{C}>160\text{ }^{\circ}\text{C}$, 不同处理组间差异显著

($P<0.05$); PUFA 质量分数仅 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组显著大于对照组 ($P<0.05$); 关于 $n-6/n-3$ PUFAs 质量分数, 与对照组相比, $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组显著降低 ($P<0.05$), $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组对其质量分数影响差异不显著 ($P>0.05$), 但 $n-6/n-3$ PUFAs 比值的整体变化规律是随处理温度升高逐渐增加。对炸制工艺, 烹饪时间对 $\text{C}_{18:3\text{ cis-6,9,12}}$ 质量分数的影响顺序为 $3\text{ min}>5\text{ min}>4\text{ min}$ ($P<0.05$); $\text{C}_{18:2\text{ cis-9,12}}$ 、EPA、 $\text{C}_{20:2\text{ cis-11,14}}$ 和 PUFA 质量分数均随处理时间延长显著降低 ($P<0.05$); $\text{C}_{20:4\text{ cis-5,8,11,14}}$ 和 $\text{C}_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 质量分数的变化规律与其他组分相反, 随时间延长显著降低, 且仅炸制 5 min 的 $\text{C}_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 质量分数显著大于对照组 ($P<0.05$); 与对照组相比, 炸制牛肉的 $n-6/n-3$ PUFAs 质量分数极显著的增大, $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组的比值显著大于 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P<0.05$), $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和

200 ℃处理组间差异不显著($P>0.05$)。对煎制工艺, $C_{18:3 \text{ cis-6,9,12}}$ 质量分数为 2 min>4 min>3 min,但 3 min 和 4 min 处理组间差异不显著 ($P>0.05$); $C_{18:2 \text{ cis-9,12}}$ 、 $C_{20:4 \text{ cis-5,8,11,14}}$ 和 $C_{20:3 \text{ cis-8,11,14}}$ 质量分数均随处理时间延长而显著增加 ($P<0.05$);EPA 质量分数的变化规律相反,随时间延长显著降低($P<0.05$);处理时间对

$C_{20:2 \text{ cis-11,14}}$ 质量分数的影响为 3 min>4 min>2 min ($P<0.05$);PUFA 与组分质量分数的变化规律不一致,2 min 处理组显著大于 3 min 和 4 min($P<0.05$);n-6/n-3 PUFAs 的质量分数比值随处理时间延长显著增大($P<0.05$)。

表 3 经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉 PUFA 测定结果

Table 3 Determination results of PUFA with broiling, frying and pan-frying of beef

烹饪工艺	多不饱和脂肪酸质量分数/(g/kg)								
	γ -亚麻酸 $C_{18:3 \text{ cis-6,9,12}}$	亚油酸 $C_{18:2 \text{ cis-9,12}}$	EPA $C_{20:5 \text{ cis-5,8,11,14,17}}$	花生四烯酸 $C_{20:4 \text{ cis-5,8,11,14}}$	花生三烯酸 $C_{20:3 \text{ cis-8,11,14}}$	花生二烯酸 $C_{20:2 \text{ cis-11,14}}$	DHA $C_{22:6 \text{ cis-4,7,10,13,16,19}}$	PUFA	n-6/n-3 PUFAs
对照组	—	8.053±0.031 ^h	0.265±0.017 ^g	0.755±0.001 ^a	0.253±0.002 ^h	—	0.072±0.001 ^a	9.413±0.025 ^h	26.955±0.439 ^g
烤制 160 ℃	—	5.210±0.014 ⁱ	0.284±0.065 ^f	0.344±0.005 ^g	0.054±0.002 ⁱ	0.050±0.001 ^g	0.031±0.001 ^c	5.973±0.023 ^j	17.975±0.092 ^h
烤制 180 ℃	—	8.127±0.020 ^h	0.245±0.095 ^h	0.208±0.003 ⁱ	0.157±0.001 ^e	0.081±0.001 ^e	0.046±0.001 ^b	8.864±0.009 ⁱ	29.433±0.827 ⁱ
烤制 200 ℃	—	9.567±0.026 ^g	0.347±0.121 ^d	0.405±0.003 ^f	0.225±0.005 ^e	0.059±0.001 ^f	0.023±0.001 ^d	10.623±0.024 ^g	27.887±0.293 ^{fg}
炸制 3 min	36.739±0.297 ^b	61.960±0.026 ^a	0.564±0.080 ^a	0.442±0.008 ^d	0.142±0.002 ^f	0.137±0.003 ^a	—	99.985±0.268 ^a	176.159±0.804 ^d
炸制 4 min	21.428±0.020 ^e	49.454±0.529 ^e	0.432±0.118 ^b	0.488±0.002 ^c	0.166±0.001 ^d	0.135±0.005 ^a	—	72.102±0.546 ⁱ	166.095±1.512 ^e
炸制 5 min	30.581±0.339 ^c	43.200±0.255 ^f	0.424±0.037 ^{bc}	0.614±0.003 ^b	0.304±0.005 ^a	0.089±0.001 ^d	—	75.212±0.118 ^e	176.380±1.300 ^d
煎制 2 min	42.621±0.125 ^a	51.552±0.242 ^d	0.423±0.043 ^c	0.297±0.002 ^b	0.085±0.001 ^h	0.104±0.004 ^c	—	95.081±0.116 ^b	223.910±2.175 ^e
煎制 3 min	27.264±0.140 ^d	58.234±0.0772 ^e	0.350±0.045 ^d	0.424±0.005 ^c	0.103±0.002 ^g	0.132±0.002 ^{ab}	—	86.508±0.053 ^d	246.026±0.335 ^b
煎制 4 min	27.659±0.254 ^d	60.843±0.445 ^b	0.328±0.293 ^c	0.609±0.001 ^b	0.252±0.003 ^b	0.128±0.002 ^b	—	89.818±0.195 ^c	273.143±0.339 ^a

注:表中“—”表示未检出。同列数据具有不同角标表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

肉品中含量最高的营养成分是水分,水分与蛋白质和脂肪共同占到肉品质量的 95%以上^[10],它是肉品加工中的重要参数之一。本次试验结果表明,经烤、炸、煎 3 种高温处理后牛肉水分含量随处理温度升高、时间延长而降低。这与赵钜阳等人^[11-12]的研究结果类似,可能是加热会导致非极性氨基酸周围的保护性半结晶水结构破坏,继而形成疏水键,使得持水性下降,水分流失^[13];也可能是高温处理使肉表面的蛋白质受热迅速变性,形成一层保护膜,阻止了内部水分外流。因此,选取适当的烘烤条件可以有效的将水分控制在一定范围内,从而改善

肉的品质。随着炸、煎时间延长,牛肉表面的肌原纤维蛋白会变性,发生聚集和缩短,肌球蛋白纤丝和肌动蛋白纤维间的空隙减小,使肉持水力下降,导致肉样表面水分迅速蒸发。最终推荐 160 ℃下烤制 40 min、炸制 3 min、煎制 2~3 min 的处理方式。

试验结果显示,处理组的蛋白质质量分数随处理温度升高、时间延长显著增加,这与水分质量分数的变化规律基本相反,因此肉样中干物质质量分数显著增加,采用干基算法所得的对照组中蛋白质质量分数为 768 mg/g,烤、炸、煎处理组中蛋白质质量分数在 759~845 mg/g 之间,处理组与对照组中的蛋白质质量分数相近,所以高温处理造成水分损失是蛋白质含量升高的主要原因。研究还发现肌浆

蛋白极易溶于水,很容易随水分流失而流失,肌原纤维蛋白也会部分溶解随水分流失^[14-16],蛋白质交联作用容易引起蛋白质构象发生改变,这会破坏蛋白质分子间以及蛋白质与水分子间原有的平衡,使保水性下降^[17-18],也可能因为肌肉组织在受热时,肌节收缩会导致肌肉滴水损失^[19],也同样造成蛋白质流失。如果仅过度的关注蛋白质质量分数,会使高温处理下的肉品脱水干缩严重,硬度变大,适口性变差。因此,综合考虑蛋白与水分质量分数,推荐160~180℃下烤制40 min、炸制3~4 min、煎制2~3 min的处理方式。

肌肉的风味来自脂肪,而非瘦肉,其特有风味的形成主要由脂肪决定,它可提供给人们所需要的脂肪,又可增加肉的风味和香味,使人们感到肉质柔软而不油腻。然而,处理时间过长、温度过高都会导致水分质量分数降低,同时使蛋白和脂肪质量分数相应增加^[11-12]。试验结果表明,烤制的肉样中水分质量分数较对照组相差较大,而烤制处理组中脂肪质量分数为5.41~5.79 g/hg,较对照组中粗脂肪质量分数(5.24 g/hg)差异较小,所以高温处理造成的水分损失不是影响肉样中粗脂肪质量分数的主要原因。炸制、煎制工艺下牛肉脂肪质量分数的变化规律相似,随处理时间延长显著增加,整体影响趋势为炸制优于煎制,与Roseland等^[20]检测不同工艺下牛肉脂肪质量分数变化趋势的结果相似,这可能是由于炸制工艺使用的菜籽油质量分数高于煎制,处理时间也略大于煎制。因此,综合考虑市场对肉制品高蛋白、低脂肪的要求,推荐160~180℃下烤制40 min、炸制3~4 min、煎制3~4 min的处理方式。

脂肪酸的组成和质量分数是决定肉质风味与评价肌肉营养价值的重要指标^[21]。试验结果显示,与对照组相比,烤、炸、煎3种处理方式均可显著增加

SFA质量分数,其对人体具有潜在的生理作用,但膳食中过量的SFA会引起血液脂蛋白胆固醇质量分数增加,进而危害人体健康。研究表明 $C_{14:0}$ 是导致胆固醇升高的主要因子,它在提高高密度脂蛋白胆固醇质量分数的同时也提高了低密度脂蛋白胆固醇的质量分数^[22-23],而烤制200℃、炸制3 min、煎制3 min均可显著降低 $C_{14:0}$ 质量分数,这与超声波辅助低浓度食盐腌制牛肉对 $C_{14:0}$ 质量分数的影响结果相似^[24],均有利于缓解因 $C_{14:0}$ 导致的胆固醇升高对人体健康造成的危害。研究表明MUFA对人体健康有益,并建议在膳食中以MUFA代替部分SFA,适当增加MUFA的摄入,有利于降低血脂水平^[25]。试验结果显示,炸制3 min、煎制2~3 min、烤制160℃和200℃的EPA质量分数分别较高,160℃和180℃处理组的DHA质量分数较高;炸制3 min和煎制2 min处理组的 $C_{18:3\text{ cis-6,9,12}}$ 质量分数均最高,烤制180℃和200℃、炸制4~5 min和煎制3~4 min处理组的 $C_{20:4\text{ cis-5,8,11,14}}$ 质量分数均是各处理方式下较高的,烤制160℃和200℃、炸制4~5 min和煎制3~4 min处理组的 $C_{20:3\text{ cis-8,11,14}}$ 质量分数均较高。为了获得较高的脂肪酸营养价值,综合分析有益SFA、MUFA、PUFA及有害反式脂肪酸的质量分数,推荐烤制160℃和180℃、炸制3~4 min、煎制3 min的处理方式。

4 结 语

烤制、炸制、煎制3种传统中式高温处理方式对牛肉的营养品质影响较大。综合分析肉品的水分、粗蛋白质、粗脂肪和脂肪酸质量分数等营养指标,得出160℃下烤制40 min、226~228℃下炸制3 min、煎制2~3 min的牛肉营养品质较优。

参考文献:

- [1] YAN Yun. Ten benefits of eating quality[J]. *Fitness Science*, 2006(2): 41. (in Chinese)
- [2] DONG Li, LIU Dengyong, TAN Yang, et al. Advances in methods for evaluating the eating quality of meat products [J]. *Meat Research*, 2014(4): 32-37. (in Chinese)
- [3] 胡宝利. 不同年龄秦川牛胴体性状与肉质性状的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2001.
- [4] JIANG Bijie, ZAN Linsen, XIN Yaping, et al. Effect of gender on meat quality of Qinchuan cattle [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010(6): 1-4. (in Chinese)
- [5] WANG Xia. Effect of barbecue conditions on eating quality of barbecue[J]. *Meat Industry*, 2004(9): 6-9. (in Chinese)
- [6] YUAN Yuchao, BAO Lin. Study on influence factors of meat production rate[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary*

- Medicine, 2008(10):109-110.(in Chinese)
- [7] ZHANG Ting, LIU Yongfeng, ZHAI Xichuan, et al. Tenderization technology of beef granules and its quality evaluation[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2015, 11:169-175.(in Chinese)
- [8] 葛长荣, 马关虎. 肉与肉制品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2002.
- [9] LIU Yana, BATUL Abulikemu, JU Bin. Optimization of roasting mutton processing parameters by response surface method[J]. **Meat Industry**, 2014(11):18-22.(in Chinese)
- [10] 杨月欣. 中国食物成分表 2004[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2005.
- [11] ZHAO Juyang, LIU Limei, YU Hailong, et al. The relationship between water distribution and quality of roasted mutton as affected by difference roasting temperature[J]. **Food Research and Development**, 2015, 15:4-9.(in Chinese)
- [12] ZHAO Juyang, LIU Limei, YU Hailong, et al. The relationship between water distribution and quality of roasted mutton as affected by difference roasting time[J]. **Food Industry**, 2015, 10:104-109.(in Chinese)
- [13] LIANG Haiyan. Effect of several additives for meat water retention[J]. **Shanxi Food Industry**, 2003(3):15-16.(in Chinese)
- [14] LIN T M, PARK J W. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions [J]. **Journal of Food Science**, 1996, 61(2):432-438.
- [15] WU Y J, ATALLAH M T, HULTIN H O. The proteins of washed, minced fish muscle have significant solubility in water[J]. **Journal of Food Biochemistry**, 1991, 15(3):209-218.
- [16] WANG Yu, YU Zhengfei, ZHANG Xiaoyan, et al. Quality changes of mutton in roasting process [J]. **Food Science and Technology**, 2014(12):146-151.(in Chinese)
- [17] ESTEVEZ M, KYLLI P, PUOLANNE E, et al. Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-in-water emulsions[J]. **Meat Science**, 2008, 80(4):1290-1296.
- [18] TRAORE S, AUBRY L, GATELLIER P, et al. Higher drip loss is associated with protein oxidation [J]. **Meat Science**, 2012, 90(4):917-924.
- [19] HONIKEL K O, KIM C J, HAMM R, et al. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss [J]. **Meat Science**, 1986, 16(4):267-282.
- [20] ROSELAND J M, NGUYEN Q V, WILLIAMS J R, et al. Protein, fat, moisture and cooking yields from a US study of retail beef cuts[J]. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2015, 43:131-139.
- [21] WANG Guiyin, GAO Aiqin, DABU Xilatu, et al. Report on region mutton quality characteristics analysis [J]. **Xinjiang Agriculture Science**, 2010, S2:173-178.(in Chinese)
- [22] TEMME E H, MENSINK R P, HORNSTRA G. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects[J]. **Journal of Lipid Research**, 1997, 38(9):1746-1754.
- [23] KRIS-ETHERTON P M, YU S. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins; human studies [J]. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 1997, 65(5):1628S-1644S.
- [24] LIU Yongfeng, ZAN Linsen, LI Jingjing, et al. Effect of ultrasonic and salting treatment on fatty acid composition in different cuts of qinchuan beef[J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2012, 45(10):1992-2001.(in Chinese)
- [25] GUO Hongwei, XI Jing. Effects of dietary lipids on serum lipid levels of hypertensive patients[J]. **Chinese Journal of Preventive Medicine**, 2002(4):35-38.(in Chinese)
- [26] CUI Jia, LI Shaoyu. Polyunsaturated fatty acids and residents nutrition [J]. **Food and Nutrition in China**, 2007 (5):46-48.(in Chinese)
- [27] CHEN Xuejun, LIU Jianxin. Study on functional compounds in meats and their dietary manipulation[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012(3):253-258.(in Chinese)
- [28] ZHENG Qiupu. The research progress of Omega-3 polyunsaturated fatty acids [J]. **Chinese Journal of Health Care and Medicine**, 2011(5):357-360.(in Chinese)
- [29] WEI D, LI J, SHEN M, et al. Cellular production of n-3 PUFAs and reduction of n-6-to-n-3 ratios in the pancreatic β -Cells and islets enhance insulin secretion and confer protection against cytokine-induced cell death[J]. **Diabetes**, 2010, 59(2):471-478.
- [30] HAO Yin, WANG Zhihe. Nutritive function and safety analysis of EPA and DHA [J]. **Modern Food Science and Technology**, 2006(3):180-183.(in Chinese)