

# 高温加工方式对肉品质的影响

## Effects of high temperature treatment on quality of meat

钟华珍 刘永峰 甘斐 胡玉花

ZHONG Hua-zhen LIU Yong-feng GAN Fei HU Yu-hua

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

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

**摘要:**以猪肉(红肉)、鸡鸭肉(白肉)为原料,以色泽、全质构(TPA)等为指标,研究高温加工方式(煎制、炸制、烤制)对常见红、白肉食用品质的影响。结果表明:3种加工工艺对3种肉样的色泽、剪切力、TPA影响均显著( $P < 0.05$ )。经煎、炸、烤制工艺处理后,3种肉样 $L^*$ 、 $b^*$ 值均显著增大( $P < 0.05$ ),猪肉 $a^*$ 值减小( $P < 0.05$ ),而鸡肉 $a^*$ 值增大( $P < 0.05$ );3种高温工艺处理后,猪肉、鸭肉剪切力值显著增大( $P < 0.05$ ),鸡肉剪切力变化均不显著( $P > 0.05$ );煎、炸、烤3种工艺均能显著增大猪肉硬度( $P < 0.05$ ),对于白肉,除煎制2,3 min及炸制3 min 3组外,肉样硬度均显著增大( $P < 0.05$ );经3种高温工艺处理后,猪肉、鸡鸭肉弹性均显著增大( $P < 0.05$ )。

**关键词:**红肉;白肉;煎制;炸制;烤制;品质

**Abstract:** In order to study the effects of common high temperature treatment methods such as pan-frying, frying and broiling on eating quality of meat, pork, chicken and duck were used as research object. The meat color, texture profile analysis and shear force were determined to evaluate the eating quality. Results indicated that pan-frying, frying and broiling had a significant influence on the eating quality of all the samples ( $P < 0.05$ ). After treatments, the  $L^*$  and  $b^*$  value of the three kinds of meat increased ( $P < 0.05$ ), the  $a^*$  value of pork decreased ( $P < 0.05$ ), conversely, the  $a^*$  value of chicken increased ( $P < 0.05$ ); After the high temperature treatments, the shear force of pork and duck increased ( $P > 0.05$ ), nevertheless it had no influence on chicken ( $P < 0.05$ ); After treatments, the hardness of pork increased significantly ( $P < 0.05$ ), for white meat, except pan-fried 2 min, 3 min, fried 3 min, the hardness has increased significantly ( $P < 0.05$ ). After the three kinds of high tem-

perature treatments, the springiness of red and white meat both increased significantly ( $P < 0.05$ ). The results of these studies provide a theoretical basis for improving the eating quality of meat products, and have a certain guiding significance for consumers to choose scientific cooking time and temperature.

**Keywords:** Red meat; white meat; high temperature processing; eating quality

肉和肉制品营养丰富,每日摄入一定量肉制品对维持人体营养平衡有重要作用<sup>[1]</sup>,能为人体提供所需的全部必需氨基酸,多种常量及微量元素,脂溶性维生素等<sup>[2-3]</sup>。食用品质指食品的组织状态、口感、色泽,是衡量肉类商用价值的主要因素,也是消费者食用肉制品的重要参考<sup>[4]</sup>。黄明等<sup>[5]</sup>以市售猪肉为原料,探讨了热加工对其食用品质的影响,结果显示随热处理温度升高,pH值、蒸煮损失、剪切力均增大,肉色从红色最终变为灰白色;闵辉辉等<sup>[6]</sup>探讨了经不同电压击昏后,以色泽、pH值、保水性和嫩度为指标测定了鸡肉的食用品质变化;魏心如等<sup>[7]</sup>以剪切力、蒸煮损失为研究指标,以鸡肉为原料,研究热处理后各指标的变化情况,发现热处理温度对剪切力、蒸煮损失均有显著影响。单独针对猪肉、鸡肉、鸭肉等畜禽肉品质的研究较多,但综合3种高温加工工艺对常见红、白肉品质影响的研究却未见报道。

鉴于此,本试验拟以3类小型动物中的猪肉为红肉代表,鸡、鸭肉为白肉代表,分别经煎、炸、烤制高温工艺处理后,采用质构仪测定剪切力和全质构,色差仪测定肉的色泽,从而客观评定3种肉的剪切力、质构、色泽等评价指标的变化,进而综合评价高温加工对其食用品质的影响,为消费者更加科学地选择高温加工工艺提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 原料选择

猪肉、鸡肉、鸭肉:均为腿部肉,购于西安市长安区朱雀市场,置于一20℃冷冻贮藏备用;

**基金项目:**陕西省科技统筹创新工程计划(编号:2016KTCL02-36);中央高校基本科研业务费专项(编号:GK201502008);陕西师范大学勤助科研创新基金(编号:KY2017YB034)

**作者简介:**钟华珍,女,陕西师范大学在读硕士研究生。

**通信作者:**刘永峰(1981—),男,陕西师范大学副教授,博士。

E-mail: yongfeng200@126.com

**收稿日期:**2017-09-20

辅料:购于西安华润万家超市,其辅料成分及用量见表1。

表1 辅料成分及用量

Table 1 Composition and dosage of material %

食盐	葱白	姜	料酒	花椒	桂皮	八角	小茴香
2.00	1.00	0.75	1.00	1.25	1.00	1.50	0.50

1.2 主要仪器设备

电子天平:JA2003N型,上海精密科学仪器有限公司;  
色差仪:NS800型,深圳市三恩驰科技有限公司;  
质构仪:TA.XT.Plus型,英国 stable micro system 公司;  
远红外食品烤箱:HL-3-6DW型,广州市番禺成功烘焙设备制造有限公司。

1.3 处理方法

将猪肉、鸡肉、鸭肉在4℃冰箱中缓慢解冻24h,再放于室温中至完全解冻。去除表皮、筋膜及结缔组织,切割为1cm×1cm×3cm的块状,平均分为10组,每组200g,其中1组为对照组。另外9组为试验组,按如下方法处理:

(1)取分割好的肉样200g,清洗,沥干,放入盆中加水50mL,添加辅料,拌匀后浸渍1h,分别进行煎、炸、烤处理后,冷却至室温。

(2)煎制:肉样在226~228℃下分别煎制2,3,4min,处理时间一半时翻面(油50mL)。

(3)炸制:肉样在226~228℃下分别炸制3,4,5min,加工过程中不断搅拌(油200mL)。

(4)烤制:肉样分别在160,180,200℃下烤制40min,到20min时翻面一次。

1.4 评价指标测定

1.4.1 肉色测定 采用色差仪进行肉色测定,记录L\*、a\*、b\*值,L\*为亮度、a\*为红度、b\*为黄度。重复测定5次,取平均值。

1.4.2 剪切力(WBSF)测定 对肉样进行切割,大小为

1cm×1cm×3cm,采用质构仪对肉样进行垂直方向剪切。测试参数:HDp/BSW探头;位移25mm;测前速率1.0mm/s;测试速率1.0mm/s;测后速率1.0mm/s。重复测定5次,取平均值。

1.4.3 质地剖面分析(Texture profile Analysis, TPA) 使用质构仪对肉样(1cm×1cm×3cm)进行质地测定。测定参数设置:p/36R探头;测试速度为1.0mm/s;测试时间间隔为5s;触发力为5g;数据采集速率为400pps;应变量为75%。重复测定5次,取平均值。

1.5 数据分析

所有数据均使用Microsoft Excel和SPSS 21.0软件进行分析处理,差异分析采用Duncan多重比较。

2 结果与分析

2.1 肉色变化

高温处理后猪肉(红肉),鸡、鸭肉(白肉)色泽测定结果见表2。经3种高温方式处理后,红肉b\*值均显著增大(P<0.05),除烤制200℃外,L\*、a\*值均变化显著(P<0.05),与李林强等<sup>[8]</sup>以羊肉为原料研究高温加工方式下肉色泽变化的结果一致;白肉a\*、b\*值均变化显著(P<0.05),除鸡肉烤制200℃外,L\*值也均显著增大(P<0.05)。对于处理组间而言,红白肉煎制组间L\*值均显著变化(P<0.05);炸制处理组间红白肉a\*值均无显著差异(P>0.05);烤制处理组间,红白肉a\*值均无显著变化(P>0.05),L\*值差异显著且160℃时值最大(P<0.05)。

由表2可知,经高温处理后,L\*值均显著增大(P<0.05)。有研究<sup>[9]</sup>表明,在一定范围内,脂肪反光也会影响L\*值,使得L\*值增大;但在不同加工处理组间,随加工时间的延长、加工温度的提高L\*值是逐渐减小的,对于表观肉色而言,肉样色泽逐渐变暗。这可能是在加工过程中,肉样受热被氧化,氧合肌红蛋白转变为高铁肌红蛋白,进而肉的颜色变暗<sup>[10]</sup>对于a\*值,3种工艺处理均能显著改变a\*值,煎制工艺a\*值最大,可能是煎制加入的食用油过少,肉样表面

表2 红、白肉在煎、炸、烤3种处理方式下肉色测定结果<sup>†</sup>

Table 2 Determination results of meat color with pan-frying, frying and broiling of red and white meat

处理分组	猪肉			鸡肉			鸭肉		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
对照组	35.18±3.55 <sup>d</sup>	12.25±0.35 <sup>a</sup>	7.08±0.81 <sup>f</sup>	44.86±0.13 <sup>e</sup>	0.54±0.33 <sup>e</sup>	7.65±0.55 <sup>e</sup>	33.80±0.6 <sup>*</sup>	5.33±0.28 <sup>c</sup>	7.96±0.23 <sup>c</sup>
煎制2min	58.49±1.28 <sup>a</sup>	11.76±0.67 <sup>ab</sup>	17.19±0.25 <sup>ab</sup>	59.06±0.66 <sup>a</sup>	9.48±0.32 <sup>b</sup>	16.54±0.59 <sup>bc</sup>	55.15±1.01 <sup>a</sup>	12.20±0.42 <sup>a</sup>	20.56±0.96 <sup>a</sup>
煎制3min	56.38±0.55 <sup>ab</sup>	10.28±0.42 <sup>bc</sup>	17.87±0.45 <sup>a</sup>	55.66±0.89 <sup>b</sup>	10.86±0.36 <sup>a</sup>	19.87±1.01 <sup>a</sup>	52.91±0.19 <sup>b</sup>	11.90±0.28 <sup>a</sup>	18.52±0.44 <sup>b</sup>
煎制4min	53.56±1.27 <sup>b</sup>	10.13±0.67 <sup>c</sup>	15.94±0.6 <sup>bcd</sup>	48.52±0.85 <sup>cd</sup>	11.16±0.22 <sup>a</sup>	17.77±0.49 <sup>b</sup>	46.71±0.95 <sup>cd</sup>	10.46±0.63 <sup>b</sup>	18.46±1.23 <sup>b</sup>
炸制3min	52.69±0.21 <sup>b</sup>	4.53±0.29 <sup>d</sup>	16.18±0.20 <sup>bc</sup>	48.35±0.55 <sup>cd</sup>	4.98±0.82 <sup>c</sup>	15.67±1.05 <sup>c</sup>	47.97±0.86 <sup>c</sup>	4.43±0.03 <sup>de</sup>	11.44±0.33 <sup>d</sup>
炸制4min	52.38±0.50 <sup>b</sup>	4.99±0.32 <sup>d</sup>	16.06±0.81 <sup>bcd</sup>	47.31±0.10 <sup>cd</sup>	4.69±0.08 <sup>c</sup>	13.66±0.09 <sup>d</sup>	44.40±0.43 <sup>c</sup>	5.22±0.08 <sup>cd</sup>	12.53±0.46 <sup>d</sup>
炸制5min	47.29±0.11 <sup>c</sup>	4.50±0.19 <sup>d</sup>	14.55±0.76 <sup>d</sup>	40.47±1.40 <sup>f</sup>	4.41±0.34 <sup>c</sup>	13.77±0.40 <sup>d</sup>	39.15±0.84 <sup>f</sup>	5.27±0.12 <sup>cd</sup>	12.83±0.21 <sup>d</sup>
烤制160℃	47.79±0.86 <sup>c</sup>	3.56±0.75 <sup>d</sup>	15.01±0.46 <sup>cd</sup>	56.60±0.22 <sup>ab</sup>	2.63±0.18 <sup>d</sup>	15.15±0.65 <sup>cd</sup>	48.01±0.83 <sup>c</sup>	3.93±0.22 <sup>ef</sup>	15.72±0.60 <sup>c</sup>
烤制180℃	45.49±1.06 <sup>c</sup>	3.39±0.25 <sup>d</sup>	15.53±0.19 <sup>cd</sup>	49.74±0.59 <sup>c</sup>	3.27±0.24 <sup>d</sup>	15.76±0.41 <sup>c</sup>	45.10±0.24 <sup>de</sup>	3.43±0.38 <sup>f</sup>	15.85±0.28 <sup>c</sup>
烤制200℃	38.13±1.92 <sup>d</sup>	3.48±0.24 <sup>d</sup>	12.51±0.52 <sup>e</sup>	46.45±1.80 <sup>de</sup>	3.31±0.19 <sup>d</sup>	14.96±0.66 <sup>cd</sup>	44.46±0.31 <sup>e</sup>	3.53±0.16 <sup>ef</sup>	16.25±0.54 <sup>c</sup>

† 同列数据具有不同角标表示差异显著(P<0.05)。

受热不均匀,随煎制时间延长,肉样表面颜色逐渐变深。为了获得良好的色泽,建议以较低温度与较短加工时间加工肉制品,推荐煎制 2~3 min,炸制 3~4 min,烤制 160 ℃。

## 2.2 剪切力变化

高温处理后红肉剪切力测定结果见图 1(a)。除煎制 2, 3 min 处理组外,剪切力均显著增大( $P < 0.05$ ),在炸制 5 min、烤制 200 ℃ 时值最大,与之前报道<sup>[11]</sup>的高温处理对禽肉剪切力有较大影响的结果一致。煎、炸制处理组间剪切力无显著差异( $P > 0.05$ ),但炸制处理组对剪切力的影响显著大于煎制处理组;烤制 160 ℃ 处理组剪切力显著小于烤制 200 ℃ ( $P < 0.05$ )。

高温处理后白肉剪切力测定结果见图 1(b)。经处理后,鸡肉剪切力无显著变化( $P > 0.05$ ),除炸制 3 min 处理组外,鸭肉剪切力均显著增大( $P < 0.05$ ),可能是过度的热处理使肌肉中蛋白质结构发生了改变,肌肉中水分减少;不同处理工艺下,鸡肉剪切力均显著小于鸭肉剪切力( $P < 0.05$ ),说明在不同处理工艺下,鸡、鸭肉剪切力变化程度不同,可能是由于鸡腿部肉含有大量脂肪,高温加工时脂肪融化,从而影响肉的嫩度<sup>[12]</sup>。

通过对比分析红、白肉剪切力结果,经煎、炸、烤制处理后,鸭肉、猪肉剪切力均显著增大( $P < 0.05$ ),与黄明等<sup>[5]</sup>的

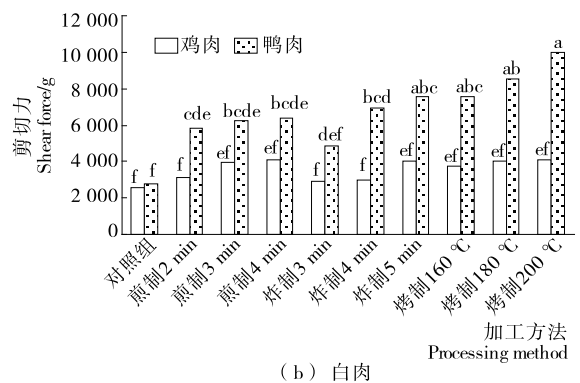
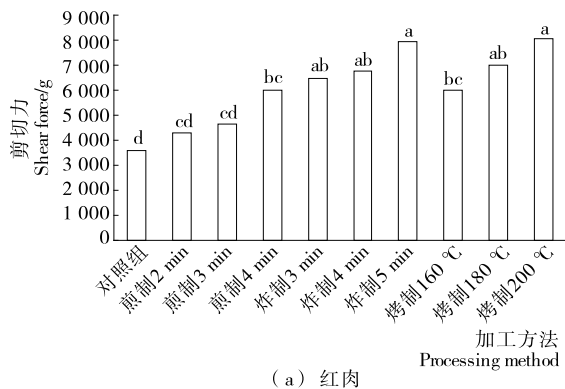
研究结果一致。肉中一部分蛋白受热而发生变性,引起蛋白质结构改变,因此经高温加工时,肉嫩度会发生变化<sup>[13]</sup>,进一步研究发现胶原蛋白溶解后变成凝胶,从而剪切肉样所需力变大,即嫩度减小<sup>[14]</sup>。所有处理组鸭肉剪切力均显著大于鸡肉( $P < 0.05$ )。可能是高温处理使肌肉中蛋白质结构改变、水分减少;也可能是在煎制和炸制处理过程中所加入的植物油与肉样相互作用,肉样的性质发生了变化,从而引起肉样剪切力发生变化。因此,就嫩度来评价猪肉、鸡肉、鸭肉的食用品质,推荐烤制 160~180 ℃、炸制 3 min 以及煎制 2~3 min。

## 2.3 全质构(TPA)变化

### 2.3.1 硬度

红肉硬度测定结果见图 2(a)。高温处理后,除煎制 2 min 外,红肉硬度均显著增大( $P < 0.05$ )。随煎制和炸制时间延长,肉样硬度逐渐增大( $P < 0.05$ );烤制 180, 200 ℃ 处理组硬度显著大于烤制 160 ℃ ( $P < 0.05$ ),有研究<sup>[15]</sup>发现硬度与含水率呈正相关,但需满足含水率  $< 21.5\%$ ;但 Rahman 等<sup>[16]</sup>研究发现硬度会随水分降低而增加。

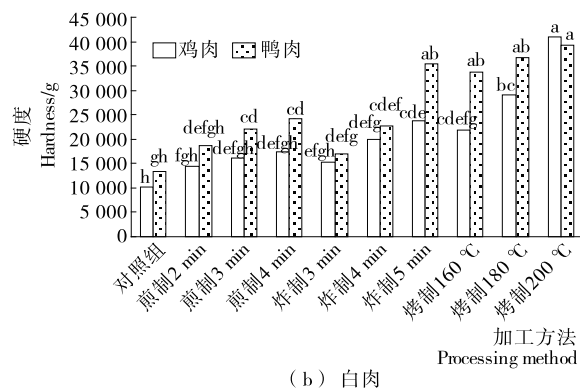
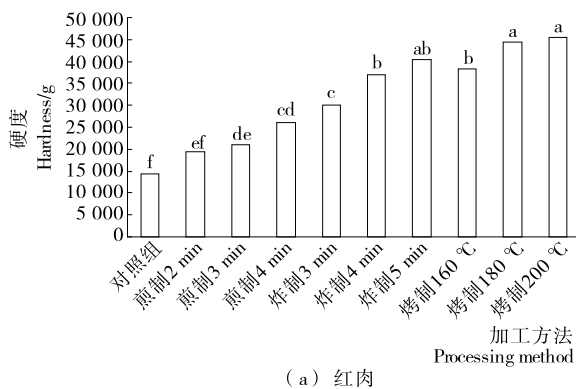
白肉硬度测定结果见图 2(b)。经高温处理后,鸡肉硬度在烤制、炸制 4, 5 min 工艺下显著增大( $P < 0.05$ );除煎制 2 min、炸制 3 min 外,鸭肉硬度均显著大于对照组( $P < 0.05$ )。鸭肉硬度不随煎制时间和烤制温度发生变化( $P >$



不同小写字母表示不同加工工艺间差异显著( $P < 0.05$ )

图 1 红、白肉在煎、炸、烤 3 种处理方式下剪切力测定结果

Figure 1 Determination results of shear force with pan-frying, frying and broiling of red and white meat



不同小写字母表示不同加工工艺间差异显著( $P < 0.05$ )

图 2 红、白肉在煎、炸、烤 3 种处理方式下硬度测定结果

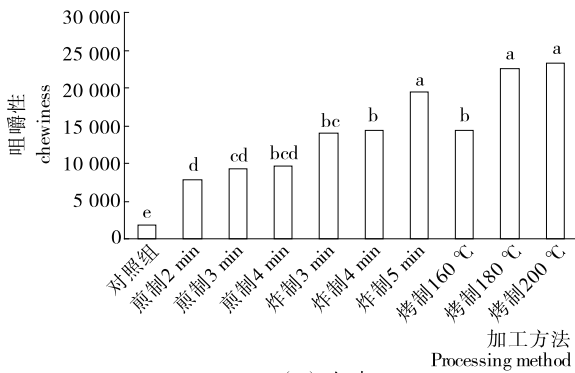
Figure 2 Determination results of Hardness with pan-frying, frying and broiling of red and white meat

0.05);鸡肉硬度不随煎制时间变化( $P>0.05$ ),而炸制时间对鸭肉有显著影响( $P<0.05$ );鸡肉硬度随烤制温度升高增大( $P<0.05$ ),从整体来看,烤制对肉样的硬度影响最大,与袁森等<sup>[17]</sup>研究烹饪方式对鸡肉质构特性的影响一致。

通过对比分析红、白肉硬度结果,经高温处理后,猪肉硬度均显著大于对照组( $P<0.05$ ),鸡肉硬度不受煎制影响( $P>0.05$ ),鸭肉硬度不受烤制影响( $P>0.05$ )。由于加工工艺不同,对肉样内部组织结构影响程度不同,致使肉样水分损失程度也不同,因此硬度值不同。

**2.3.2 咀嚼性** 红肉咀嚼性测定结果见图3(a)。高温处理后,猪肉咀嚼性均显著大于对照组( $P<0.05$ )。煎制处理间差异不显著( $P>0.05$ );炸制3,4 min肉样咀嚼性显著小于炸制5 min( $P<0.05$ );烤制180,200 °C肉样咀嚼性显著大于烤制160 °C( $P<0.05$ )。

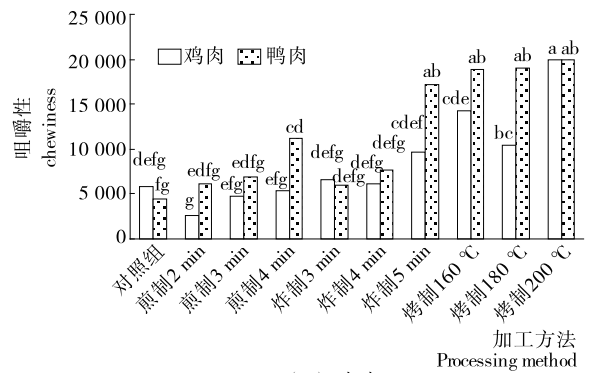
白肉咀嚼性测定结果见图3(b)。经高温处理后,烤制工艺、炸制5 min、煎制4 min显著增大鸭肉咀嚼性( $P<0.05$ ),仅烤制200 °C显著增大鸡肉咀嚼性( $P<0.05$ ),其他处理组对鸡鸭肉咀嚼性均无显著影响,且处理组间无显著变化( $P>0.05$ )。



对红、白肉咀嚼性结果进行分析,3种工艺处理后,红肉咀嚼性均显著增大( $P<0.05$ );仅烤制200 °C对鸡肉有影响( $P<0.05$ );鸭肉仅受烤制、炸制5 min、煎制4 min的影响( $P<0.05$ )。对比发现,高温处理对肉的硬度和咀嚼性呈显著正相关<sup>[15]</sup>。

**2.3.3 弹性、内聚性、回复性** 高温处理后红、白肉弹性、内聚性、回复性测定结果见表3。经处理后,红肉内聚性、弹性均显著大于未加工组( $P<0.05$ );回复性仅受烤制180,200 °C及炸制5 min的影响,值显著增大( $P<0.05$ );白肉3个指标一部分发生变化,但无规律性可循。红肉弹性、内聚性、回复性,鸭肉回复性、弹性,鸡肉内聚性均不受煎制时间的影响( $P>0.05$ );炸制处理后,5 min处理组红肉内聚性、回复性显著大于3 min( $P<0.05$ ),白肉3个指标均无显著变化( $P>0.05$ );红肉烤制200 °C处理组3个指标均显著大于烤制160 °C( $P<0.05$ ),其他均无显著差异。

对红、白肉的3种指标进行分析可知,3种高温处理均显著增大所有肉样弹性( $P<0.05$ ),与之前报道<sup>[8,18]</sup>的牛、羊肉的相关研究结果一致。也有研究发现,弹性受食品自身含水率影响,在一定限度下,弹性随含水率升高而增大<sup>[19]</sup>,另一



(a) 红肉

(b) 白肉

不同小写字母表示不同加工工艺间差异显著( $P<0.05$ )

图3 红、白肉在煎、炸、烤3种处理方式下咀嚼性测定结果

Figure 3 Determination results of Chewiness with pan-frying, frying and broiling of red and white meat

表3 红、白肉在煎、炸、烤3种处理方式下弹性、内聚性和回复性测定结果<sup>†</sup>

Table 3 Determination results of springiness, cohesiveness and resilience with pan-frying, frying and broiling of red and white meat

处理分组	猪肉			鸡肉			鸭肉		
	弹性	内聚性	回复性	弹性	内聚性	回复性	弹性	内聚性	回复性
对照组	0.43±0.02 <sup>f</sup>	0.36±0.03 <sup>d</sup>	0.22±0.03 <sup>c</sup>	0.52±0.03 <sup>d</sup>	0.66±0.02 <sup>a</sup>	0.35±0.03 <sup>a</sup>	0.43±0.00 <sup>c</sup>	0.36±0.04 <sup>f</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>
煎制2 min	0.58±0.00 <sup>de</sup>	0.60±0.02 <sup>e</sup>	0.21±0.01 <sup>c</sup>	0.58±0.33 <sup>cd</sup>	0.42±0.02 <sup>c</sup>	0.13±0.01 <sup>e</sup>	0.48±0.07 <sup>bc</sup>	0.54±0.01 <sup>e</sup>	0.24±0.03 <sup>bcd</sup>
煎制3 min	0.61±0.08 <sup>cde</sup>	0.62±0.02 <sup>bc</sup>	0.23±0.03 <sup>c</sup>	0.68±0.05 <sup>abc</sup>	0.42±0.04 <sup>c</sup>	0.14±0.02 <sup>de</sup>	0.62±0.03 <sup>abc</sup>	0.60±0.02 <sup>d</sup>	0.23±0.02 <sup>cd</sup>
煎制4 min	0.57±0.05 <sup>e</sup>	0.62±0.02 <sup>bc</sup>	0.25±0.00 <sup>bc</sup>	0.70±0.04 <sup>ab</sup>	0.46±0.02 <sup>c</sup>	0.20±0.04 <sup>c</sup>	0.70±0.10 <sup>ab</sup>	0.62±0.02 <sup>bcd</sup>	0.23±0.01 <sup>cd</sup>
炸制3 min	0.70±0.05 <sup>bcd</sup>	0.65±0.03 <sup>e</sup>	0.24±0.01 <sup>c</sup>	0.76±0.02 <sup>ab</sup>	0.57±0.03 <sup>b</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.67±0.02 <sup>ab</sup>	0.61±0.01 <sup>cd</sup>	0.24±0.01 <sup>bcd</sup>
炸制4 min	0.71±0.04 <sup>bc</sup>	0.59±0.01 <sup>c</sup>	0.26±0.02 <sup>bc</sup>	0.72±0.05 <sup>ab</sup>	0.57±0.27 <sup>b</sup>	0.19±0.00 <sup>cd</sup>	0.62±0.02 <sup>abc</sup>	0.54±0.02 <sup>e</sup>	0.19±0.01 <sup>d</sup>
炸制5 min	0.72±0.04 <sup>bc</sup>	0.66±0.00 <sup>ab</sup>	0.30±0.01 <sup>ab</sup>	0.66±0.06 <sup>bc</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.00 <sup>cde</sup>	0.72±0.04 <sup>a</sup>	0.65±0.01 <sup>abc</sup>	0.28±0.03 <sup>abc</sup>
烤制160 °C	0.73±0.07 <sup>bc</sup>	0.60±0.02 <sup>e</sup>	0.24±0.02 <sup>c</sup>	0.78±0.01 <sup>a</sup>	0.63±0.00 <sup>ab</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	0.68±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>ab</sup>
烤制180 °C	0.78±0.02 <sup>ab</sup>	0.67±0.00 <sup>a</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>ab</sup>	0.62±0.05 <sup>ab</sup>	0.21±0.02 <sup>c</sup>	0.74±0.09 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>abc</sup>	0.23±0.02 <sup>abc</sup>
烤制200 °C	0.87±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.01 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>	0.78±0.01 <sup>a</sup>	0.56±0.00 <sup>b</sup>	0.21±0.00 <sup>c</sup>	0.69±0.12 <sup>ab</sup>	0.66±0.02 <sup>ab</sup>	0.31±0.03 <sup>a</sup>

<sup>†</sup> 同列数据具有不同角标表示差异显著( $P<0.05$ )。

方面脂肪含量越高,弹性越小<sup>[20]</sup>。

TPA 相对于感官评价可以用客观的方法来表述质地感官参数,在一定程度上弥补了感官评价的不足<sup>[21-22]</sup>,其在肉类产品开发中的应用也比较广泛<sup>[23-24]</sup>。因此,综合分析,为了获取较优的肉制品食用品质,建议煎制以 2~3 min 为宜,炸制以 3 min 为宜,烤制以 160 ℃ 为宜。

### 3 结论

在煎、炸、烤制 3 种高温工艺下,红肉、白肉食用品质均显著改变,但对红、白肉影响不同。综合肉色、剪切力及全质构结果,在 226~228 ℃ 下煎制处理 3 min、226~228 ℃ 下炸制处理 3 min、160 ℃ 下烤制处理 40 min,红、白肉均具有较好色泽、口感和风味。

由于试验时间和实验室条件限制,本试验仅研究了高温加工方式对猪肉、鸡肉、鸭肉食用品质的影响,后期将开展高温加工对猪肉、鸡肉、鸭肉营养品质及有害物质影响的系统研究。

#### 参考文献

- [1] 李诗义, 诸晓旭, 陈从贵, 等. 肉和肉制品的营养价值及致癌风险研究进展[J]. 肉类研究, 2015, 29(12): 41-47.
- [2] 林向阳, 何承云, 高荫榆, 等. 肉类营养与健康[J]. 肉类工业, 2005(1): 42-45.
- [3] 朱建军. 肉类的营养价值及宜食用量[J]. 肉类工业, 2015(3): 54-56.
- [4] 周光宏, 李春保, 徐幸莲. 肉类食用品质评价方法研究进展[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(2): 75-82.
- [5] 黄明, 黄峰, 张首玉, 等. 热处理对猪肉食用品质的影响[J]. 食品科学, 2009(23): 189-192.
- [6] 闵辉辉, 周光宏, 徐幸莲, 等. 不同电压击昏对鸡肉食用品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 180-185.
- [7] 魏心如, 韩敏义, 王鹏, 等. 热处理对鸡胸肉剪切力与蒸煮损失的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(3): 629-633.
- [8] 李林强, 高天丽, 张兰, 等. 煎、炸、烤对横山羊肉食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 17-21.
- [9] 张伟力. 猪肉肉色与酸度测定方法[J]. 养猪, 2002(2): 33-34.
- [10] KONG Fan-bin, OLIVEIRA A, TANG Ju-ming, et al. Salt effect on heat-induced physical and chemical changes of salmon fillet (*O. gorbusha*) [J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 957-966.
- [11] PETRACCI M, BAÉZA E. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features[J]. World's Poultry Science Journal, 2011, 67(1): 137-151.
- [12] 刘兴余, 金邦荃. 影响肉嫩度的因素及其作用机理[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(5): 177-180.
- [13] BENDALL J R, RESTAL D J. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures[J]. Meat Science, 1983, 8(2): 93-117.
- [14] 李春保. 牛肉肌内结缔组织变化对其嫩度影响的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 50-53.
- [15] BENITO M J, RODRIGUEZ M, ACOSTA R, et al. Effect of

the fungal extracellular protease Epg222 on texture of whole pieces of pork loin[J]. Meat Science, 2003, 65(2): 877-884.

- [16] RAHMAN M S, AL-FARSI S A. Instrumental texture profile analysis (TpA) of date flesh as a function of moisture content [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(4): 505-511.
  - [17] 袁森, 庞林江, 路兴花, 等. 烹饪方式对鸡肉挥发性香气及质构特征的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 33-36.
  - [18] 张兰, 高天丽, 刘永峰, 等. 3 种传统中式高温烹饪工艺对牛肉食用品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(11): 126-132.
  - [19] EL-MAGOLI S B, LARROIA S, HANSEN P M T. Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate[J]. Meat Science, 1996, 42(2): 179-193.
  - [20] ANDRES S C, GARCIA M E, ZARITZKY N E, et al. Storage stability of low-fat chicken sausages[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(4): 311-319.
  - [21] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 125-128.
  - [22] 张秋会, 李苗云, 黄现青, 等. 肉制品的质构特性及其评价[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 36-39.
  - [23] SOMBOONPANYAKUL P, BARBUT S, JANTAWAT P, et al. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(3): 498-505.
  - [24] GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ C, SANTOS E M, ROVIRA J, et al. The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of chorizo-Spanish dry-cured sausage[J]. Meat Science, 2006, 74(3): 467-475.
- 
- (上接第 172 页)
- [22] 周中流, 石任兵, 等. 卷丹乙醇提取物及其不同极性部位抗氧化活性的比较研究[J]. 食品科学, 2011(9): 55-58.
  - [23] 董秀芳, 李楠, 韩冬, 等. 裙带菜孢子叶多糖的超声辅助提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 162-166.
  - [24] ZHA Xue-qiang, WANG Jun-hui, YANG Xue-fei, et al. Antioxidant properties of polysaccharide fractions with different molecular mass extracted with hot-water from rice bran[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 78(3): 570-575.
  - [25] YUAN Jiang-feng, ZHANG Zhi-qi, FAN Zhi-chao, et al. Antioxidant effects and cytotoxicity of three purified polysaccharides from *Ligusticum chuanxiong* Hort[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 74(4): 822-827.
  - [26] HALLIWELL B. Vitamin C and genomic stability[J]. Mutation Research/fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 2001, 475(1/2): 29-35.
  - [27] HEFNAWY H T M, ELSHOUBAGY G A. Chemical analysis and antioxidant activity of Polysaccharide extracted from rice bran[J]. World Journal of Dairy & Food Sciences, 2014, 9(2): 95-104.