

烹饪方式对猪肉品质及营养成分的影响

Effect of cooking methods on the quality and nutritive contents of pork

章杰 何航 熊子标

ZHANG Jie HE Hang XIONG Zi-biao

(西南大学动物科学学院, 重庆 402460)

(College of Animal Science, Southwest University, Chongqing 402460, China)

摘要:以猪背最长肌肉为研究对象,比较分析烹饪方式(蒸、煮、炸和烤)对其肉品质、常规营养成分、氨基酸和脂肪酸含量的影响。结果显示:与新鲜对照相比,烹饪加工后 pH 值、水分含量显著降低($P < 0.05$);硬度、弹性、黏着性、灰分和粗蛋白、PUFA 含量显著提高($P < 0.05$);炸和微波的烹饪损失率显著高于蒸、煮和烘烤的($P < 0.05$);煮的灰分含量无显著变化($P > 0.05$),其它烹饪方式均显著升高($P < 0.05$);炸的粗脂肪含量显著降低($P < 0.05$),其它烹饪处理均显著升高($P < 0.05$);烘烤显著降低了 TAA 含量($P < 0.05$),其它烹饪方式均显著提高($P < 0.05$);烘烤的 DAA 和 EAA 含量无显著变化($P > 0.05$),其它烹饪方式均显著提高($P < 0.05$);所有处理的 EAA/TAA 达到 40.00%, EAA/NEAA $> 67.00%$;烹饪处理后必需氨基酸评分基本大于 FAO/WHO 计分模式,第一限制性氨基酸均为 Val。说明烹饪处理对猪肉物理性质有不利影响,但可不同程度提高其营养价值。因此,日常生活中要根据实际需求选择适宜的烹饪方式,达到合理膳食的目的。

关键词:猪肉;烹饪方式;肉品质;氨基酸;脂肪酸

Abstract: The effects were analyzed, including different various methods (steaming, boiling, frying and baking) on meat quality, routine nutrient composition, amino acid and fatty acid content of pork. The results showed that the pH value and water content after cooking were significantly lower than those of fresh control ($P < 0.05$), while, the hardness, elasticity, adhesion, ash, crude protein and PUFA content were significantly increased ($P < 0.05$). The cooking loss rate of frying and microwave was significantly higher than that of steaming, boiling and baking ($P < 0.05$). The ash content of boiling have no significant change ($P > 0.05$), while the other cooking methods were significantly increased ($P < 0.05$). The fat content of frying significantly decreased ($P < 0.05$), while the other

cooking methods were significantly increased ($P < 0.05$). The baking significantly reduced the TAA content ($P < 0.05$), while the other cooking methods were significantly increased ($P < 0.05$). The contents of DAA and EAA in baking were not significantly changed ($P > 0.05$), but the other cooking were significantly increased ($P < 0.05$). The EAA/TAA ratio of all cooking methods reached 40.00% and EAA/NEAA $> 67.00%$. The essential amino acid score after cooking was much larger than the FAO/WHO scoring model, and the first restricted amino acid was Val. Cooking treatment had an adverse impact on the physical properties of pork, but could improve its nutritional value in different degrees. Therefore, appropriate cooking methods should be selected according to the actual needs to achieve a purpose of reasonable diet in daily life.

Keywords: pork; cooking method; meat quality; amino acid; fatty acid

研究^[1-2]表明烹饪会使食物的物理和化学性质发生一系列变化。曹伟等^[3]测定了生鲜、煮制和蒸制镜鲤鱼肉中的呈味核苷酸含量,结果显示生鲜鱼肉呈味核苷酸含量显著高于煮制和蒸制鱼肉。任国艳等^[4]对比研究了不同烹调方式(蒸煮、烘烤和煎炸)对羊肉品质的影响,结果表明蒸煮的损失率最低,对营养成分的破坏作用较小,肉质较嫩;煎炸和烘烤肉样风味较好,但对肉样的肌原纤维破坏严重。彭小丽等^[5]检测了油炒、煮和烤新疆羊肉中的挥发性成分,结果显示油炒羊肉的主体香气成分偏向于较高沸点组分,而水煮与烤制羊肉的主体香气成分偏向于中低沸点组分。薛山等^[6]测定了蒸煮、微波和锡箔烘烤伊拉免背最长肌肉中的脂肪酸组成变化,结果显示微波处理后的样品较之蒸煮和锡箔烘烤处理后的样品具有更高的不饱和脂肪酸含量。上述研究均表明烹饪可改变食材的性质,并且不同的烹饪方式对食材的影响不同,了解不同烹饪方式对各种食材的影响可为日常生活中烹饪方式的选择提供合理建议。

中国是猪肉消费大国,烹饪方式多种多样,而目前关于不同烹饪方式对猪肉品质及营养成分的影响研究还未见报

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(编号:XDJK2015C125)

作者简介:章杰(1985—),男,西南大学讲师,博士。

E-mail: zhangjie813@163.com

收稿日期:2017-12-27

道,故本试验拟采用5种烹饪方法对猪肉进行处理,系统地研究其对猪肉物理性质、化学组成、氨基酸和脂肪酸含量的影响,以期为猪肉加工提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

猪背最长肌肉(DLY):6月龄,除去脂肪和结缔组织,切成约3 cm×2 cm×2 cm大小的肉块,随机分为6组,每组3个重复,每个重复3份样品,新鲜对照组不进行烹饪处理,直接测定各项指标,其它各组按试验设计经不同烹饪处理后测定各项指标;

硫酸铜、硫酸钾、无水乙醚、浓硫酸、浓盐酸、硼酸、氢氧化钠、碳酸钠等:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

电子天平:PB303-N型,瑞士Mettler Toledo公司;
马弗炉:A-1750型,美国Neytech公司;
脂肪测定仪:SER-148型,意大利VELP公司;
凯氏定氮仪:KJELTEC 2200型,瑞典FOSS公司;
物性测试仪:TA.XT Plus型,英国Stable Micro System公司;
微波消解炉:ETHOS A T260型,意大利Milestone公司;
全自动氨基酸分析仪:L-8800型,日本Hitachi公司;
气相色谱仪:GC-14C型,日本Shimadzu公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理 将切好的肉块用不同的烹饪加工方式进行处理,直到肉熟(沿肉中间切开,肉色为灰褐色)为止,处理温度和时间均通过预试验进行确定。具体方法参照文献[6~7]并作适当修改,①蒸:将肉块置于蒸锅的隔层上,水沸腾后继续加热30 min;②煮:将肉块放于沸水中30 min,水位高于肉块1 cm;③炸:将肉块放入空气炸锅,设置温度为200℃,时间为15 min;④烘烤:将肉块平置于铺有锡箔纸的烘盘上,放入烤箱,设置温度为220℃,时间30 min;⑤微波:将肉块放于瓷盘上在微波炉大火(2 450 MHz)下加热5 min。

1.3.2 指标测定

(1) pH值:按GB 5009.237—2016执行。

(2) 烹饪损失率:参照文献[7]提出的方法,按式(1)计算烹饪损失率。

$$c = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

c ——烹饪损失率,%;

m_1 ——样品烹饪前的质量,g;

m_2 ——样品烹饪后的质量,g。

(3) 质构:参照文献[8]。

(4) 水分:烘干法,按GB 5009.3—2016执行。

(5) 灰分:灼烧法,按GB 5009.4—2016执行。

(6) 粗蛋白:凯氏定氮法,按GB 5009.5—2016执行。

(7) 粗脂肪:索式抽提法,按GB 5009.6—2016执行。

(8) 氨基酸:氨基酸自动分析仪,按GB 5009.124—2016执行。

(9) 脂肪酸:气相色谱法,按GB 5009.168—2016执行。

1.4 氨基酸组成营养价值评价

根据文献[9~10]提出的计算方法对蛋白质进行营养评价,公式如下:

$$AAS = \frac{c_1}{c_2} \quad (2)$$

$$CS = \frac{c_1}{c_3} \quad (3)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}} \quad (4)$$

式中:

AAS——氨基酸评分;

CS——化学评分;

EAAI——必需氨基酸指数;

c_1 ——样品氨基酸含量,%;

c_2 ——FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量,%;

c_3 ——鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量,%;

n ——必需氨基酸个数;

$A、B、C、\dots、H$ ——样品蛋白质必需氨基酸含量,%;

$AE、BE、CE、\dots、HE$ ——全鸡蛋蛋白质必需氨基酸含量,%。

1.5 数据处理

每份样品测定指标3次,取其平均值,用SPSS 22.0软件进行统计分析,结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 对猪肉物理性质的影响

物理特性是决定肉品质的重要因素,也是影响肉嫩度和口感的重要依据^[11]。如表1所示,与新鲜猪肉相比,经不同烹饪方式加工后的猪肉pH值显著升高($P < 0.05$),其中烘烤最低、蒸最高,烹饪加工后pH值升高,主要是由蛋白质受热变性而分解断裂,氨基酸残基暴露酸性基团减少引起^[12];不同烹饪方式之间pH值的差异可能与肌肉中脂肪发生水解产生脂肪酸的程度有关^[13]。蒸、煮和烘烤的烹饪损失率无显著差异($P > 0.05$),其中蒸最低,炸和微波显著高于蒸、煮和烘烤的($P < 0.05$),而微波又显著高于炸的($P < 0.05$)。烹饪损失主要是与高温使肌浆、肌球和肌动蛋白变性并随自由水大量溶出,以及可溶性胶原蛋白形成明胶溶出有关^[14],而烹饪温度的不同则会引起变性和溶出程度不同,烹饪温度越高,损失率越高。烹饪处理后硬度、弹性和黏着性与新鲜对照相比均显著提高($P < 0.05$),其中硬度和弹性是蒸最低、微波最高;黏着性是烘烤最低、微波最高。肉的质构特性一般由肉的水分、脂肪分布,胶原蛋白、弹性蛋白和肌纤维本身属性及相互作用决定^[15]。不同烹饪温度使这些物质本身结构、状态及其相互作用发生改变,导致质构的差异。综上所述,微波烹饪对猪肉物理性质影响最大,其次是炸、蒸,烘烤的影响最小。

表 1 烹饪方式对猪肉物理性质的影响[†]

Table 1 Effect of different cooking treatment on porcine physical property

烹饪方式	pH 值	烹饪损失率/%	硬度/N	弹性	黏着性
对照	6.19±0.08 ^a	—	9.91±0.73 ^a	0.17±0.02 ^a	23.04±2.62 ^a
蒸	6.70±0.03 ^b	41.12±1.09 ^a	13.40±1.84 ^b	0.48±0.06 ^b	198.07±47.73 ^{bc}
煮	6.74±0.03 ^b	42.09±0.34 ^a	17.29±2.54 ^c	0.57±0.06 ^c	156.53±14.70 ^b
炸	6.54±0.02 ^c	48.71±1.58 ^b	16.91±0.85 ^c	0.59±0.06 ^c	227.93±6.36 ^c
烘烤	6.43±0.05 ^d	42.61±2.52 ^a	14.73±1.07 ^{bc}	0.44±0.01 ^b	139.64±21.65 ^b
微波	6.47±0.05 ^d	63.66±4.26 ^c	25.06±1.40 ^d	0.87±0.05 ^d	466.03±66.23 ^d

† 同列数据肩注字母不同表示差异显著(P<0.05)。

2.2 对猪肉常规营养成分的影响

如表 2 所示,烹饪加工方式的不同会引起肉中水分、脂肪和蛋白质等物质含量发生不同的变化。不同烹饪方式处理的猪肉水分含量显著低于新鲜对照(P<0.05),其中微波最低、煮最高;除了煮外,其它烹饪方式均显著提高了灰分含量(P<0.05),其中微波最高。烹饪温度越高,水分流失越严重,相应水分含量越低^[16],炸和微波的温度要高于其它烹饪方式,故水分含量相对较低,灰分含量相应较高。与新鲜猪肉相比,炸的粗脂肪含量显著降低(P<0.05),可能与空气炸锅的工作原理有关,它是利用高速热空气循环将烤箱快速加

热,比传统炸锅煎炸食物时产生的脂肪量最高可降低 95%^[17];其它烹饪处理显著升高(P<0.05),其中微波最高,是因为微波加热对脂肪的破坏作用小于其它方式,与薛山等^[6]研究结论一致。烹饪加工后粗蛋白含量显著高于新鲜对照(P<0.05),而不同烹饪方式间也存在显著差异(P<0.05),其中煮最低、微波最高,这主要与烹饪后水分的流失程度有关,此外,不同烹饪温度使蛋白质降解成多肽、寡肽或氨基酸等可溶性成分随水分流失程度也不同^[18]。总体上看,微波烹饪的猪肉常规营养成分含量最高,其次是炸、煮、烘烤的含量最低。

表 2 烹饪方式对猪肉常规营养成分的影响[†]

Table 2 Effect of different cooking treatment on porcine routine nutrients %

烹饪方式	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白
对照	70.17±0.80 ^a	1.14±0.03 ^a	3.04±0.05 ^a	23.85±0.67 ^a
蒸	58.86±1.01 ^{bc}	1.91±0.22 ^b	4.11±0.09 ^b	36.33±0.39 ^b
煮	59.74±0.27 ^b	1.25±0.11 ^a	3.67±0.30 ^c	36.08±0.36 ^b
炸	55.07±0.88 ^d	1.96±0.04 ^b	2.53±0.18 ^d	42.08±0.15 ^c
烘烤	58.16±0.10 ^c	1.71±0.01 ^c	3.36±0.14 ^c	37.28±0.33 ^d
微波	34.57±0.62 ^e	2.98±0.10 ^d	4.75±0.05 ^e	59.91±0.16 ^e

† 同列数据肩注字母不同表示差异显著(P<0.05)。

2.3 对猪肉脂肪酸含量的影响

脂肪酸是脂类的关键成分,可为生命活动提供能量,是人体组织结构的组成部分,也是生理活性物质的前体,根据饱和度可分为饱和与不饱和脂肪酸,前者由脂肪酸分子结构单键构成,后者脂肪酸分子结构中含有碳-碳双键。如表 3 所示,烹饪方式对豆蔻酸、棕榈酸、花生酸和油酸含量无显著影响(P>0.05);与对照相比,烘烤和煮分别显著提高了硬脂酸和二十碳一烯酸含量(P<0.05),其它烹饪方式无显著变化(P>0.05);蒸和烘烤显著降低了棕榈烯酸含量(P<0.05),煮则显著提高了棕榈烯酸含量(P<0.05);亚油酸和亚麻酸含量在烹饪后均得到显著提高(P<0.05),其中炸又显著高于其它烹饪方式(P<0.05)。根据脂肪酸饱和度来看,烹饪对 SFA 和 MUFA 含量无显著影响(P>0.05),但显著提高了 PUFA 含量(P<0.05),这是因为饱和脂肪酸在酶和加热的条件下会发生氧化脱氢反应,导致饱和脂肪酸的氢被氧夺走,实现了长链饱和脂肪酸转化为相应的顺式不饱和脂肪酸^[19]。饱和脂肪酸会使血液胆固醇水平升高,而多不饱和

脂肪酸则使血液胆固醇含量下降,并且具有降低 LDL 的作用,该物质可引起动脉硬化^[20],说明对猪肉的烹饪在一定程度上可提升其脂肪酸营养价值。另外,不同烹饪方式之间 PUFA 含量差异显著(P<0.05),主要与各烹饪方式的加热原理有关,其中炸最高,可能与炸的加热介质油中含有丰富的 PUFA 相关。综合来看,炸对猪肉脂肪酸营养价值的提高程度最高,其次是蒸,最差的是煮。

2.4 对猪肉氨基酸含量的影响

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,是生物体不可缺少的营养成分,对促进机体生长发育起着重要作用。如表 4 所示,所有处理均检测出 17 种氨基酸,包含 7 种必需氨基酸,说明烹饪不会影响氨基酸的种类;必需氨基酸色氨酸未被检出,主要是因为样品前处理采用盐酸水解法将色氨酸全部破坏了。烹饪处理除了对甘氨酸含量无显著影响外(P>0.05),对其它氨基酸含量均有不同程度的影响。总体上来看,与对照比较,烘烤显著降低了 TAA 含量(P<0.05),其它烹饪方式则显著提高了 TAA 含量(P<0.05),其中煮最高;

除了烘烤,其它烹饪方式均显著提高了DAA和EAA含量($P<0.05$),其中煮最高;蒸、煮和炸显著提高了NEAA含量($P<0.05$),烘烤和微波则无显著影响($P>0.05$)。此外,煮的氨基酸组成EAA/TAA值显著高于对照($P<0.05$),与其它烹饪方式无显著差异($P>0.05$);烹饪后EAA/NEAA值均显著高于对照($P<0.05$),并且所有处理的EAA/TAA达

到40.00%, $EAA/NEAA>67.00\%$,根据FAO/WHO人体氨基酸模式,优质蛋白质的氨基酸组成EAA/TAA约为40%, $EAA/NEAA\geq 60\%$,说明烹饪处理不会影响猪肉蛋白质氨基酸含量及比例,反而会提升其蛋白质营养价值和鲜美程度。烹饪后猪肉氨基酸含量的变化可能是高温引起氨基酸发生氧化或Maillard反应。理论上,温度越高,Maillard反应

表3 烹饪方式对猪肉脂肪酸含量的影响[†]

Table 3 Effect of different cooking treatment on porcine fatty acid contents

烹饪方式	豆蔻酸	棕榈酸	硬脂酸	花生酸	棕榈烯酸	油酸
对照	1.42±0.05	24.31±0.22	11.42±0.52 ^b	0.21±0.00	3.91±0.18 ^b	44.11±0.80
蒸	1.41±0.06	24.22±0.66	12.02±0.55 ^{ab}	0.21±0.00	3.63±0.16 ^c	43.24±1.57
煮	1.40±0.06	24.88±0.91	12.05±0.11 ^{ab}	/	4.28±0.12 ^a	44.53±0.81
炸	1.36±0.02	23.76±0.43	11.83±0.21 ^b	/	4.16±0.04 ^{ab}	43.49±0.79
烘烤	1.40±0.03	24.53±0.22	12.68±0.35 ^a	0.19±0.01	3.64±0.10 ^c	42.85±1.95
微波	1.39±0.03	24.44±0.22	11.67±0.43 ^b	0.20±0.01	3.88±0.18 ^b	44.02±2.00

烹饪方式	二十碳一烯酸	亚油酸	亚麻酸	SFA	MUFA	PUFA
对照	0.71±0.03 ^b	6.79±0.30 ^e	0.30±0.01 ^c	37.32±0.79	48.75±1.01	7.04±0.31 ^e
蒸	0.70±0.01 ^b	8.61±0.16 ^b	0.34±0.01 ^b	37.85±1.27	47.58±1.74	9.06±0.17 ^b
煮	0.78±0.01 ^a	7.14±0.13 ^d	0.38±0.01 ^b	38.37±1.08	49.60±0.94	7.54±0.14 ^d
炸	0.74±0.01 ^b	9.25±0.08 ^a	0.75±0.01 ^a	36.96±0.66	48.31±0.84	10.13±0.09 ^a
烘烤	0.75±0.03 ^b	8.04±0.29 ^c	0.41±0.02 ^b	38.85±0.61	47.22±2.08	8.46±0.31 ^c
微波	0.73±0.02 ^b	7.45±0.27 ^d	0.40±0.01 ^b	37.74±0.69	48.63±2.20	7.87±0.28 ^d

† 同列数据肩注字母不同表示差异显著($P<0.05$);SFA:饱和脂肪酸;MUFA:单不饱和脂肪酸;PUFA:多不饱和脂肪酸。

表4 烹饪方式对猪肉氨基酸含量的影响[†]

Table 4 Effect of different cooking treatment on porcine amino acid contents

烹饪方式	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val
对照	7.75±0.05 ^e	3.72±0.08 ^d	3.12±0.03 ^d	12.25±0.02 ^e	3.55±0.04	4.45±0.07 ^d	0.96±0.03 ^b	3.88±0.03 ^d
蒸	8.28±0.07 ^b	3.98±0.05 ^b	3.34±0.03 ^b	13.07±0.06 ^b	3.58±0.06	4.75±0.04 ^b	1.03±0.06 ^b	4.11±0.03 ^b
煮	8.44±0.04 ^a	4.16±0.07 ^a	3.47±0.06 ^a	13.50±0.05 ^a	3.64±0.07	4.94±0.03 ^a	1.14±0.07 ^a	4.33±0.03 ^a
炸	7.93±0.02 ^d	3.88±0.05 ^{bc}	3.26±0.04 ^{bc}	12.79±0.08 ^c	3.57±0.04	4.57±0.02 ^c	0.99±0.03 ^b	4.03±0.04 ^{bc}
烘烤	7.43±0.03 ^f	3.77±0.07 ^{cd}	3.16±0.07 ^{cd}	12.12±0.04 ^f	3.56±0.07	4.56±0.07 ^c	1.12±0.04 ^a	3.99±0.06 ^c
微波	8.07±0.07 ^c	3.87±0.04 ^{bc}	3.25±0.10 ^{bc}	12.63±0.08 ^d	3.53±0.05	4.74±0.05 ^b	0.99±0.04 ^b	4.03±0.08 ^{bc}

烹饪方式	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg
对照	2.32±0.02 ^{bc}	3.92±0.08 ^c	6.76±0.07 ^d	2.88±0.06 ^d	3.74±0.02 ^a	7.05±0.06 ^d	3.88±0.08 ^a	4.91±0.03 ^c
蒸	2.38±0.04 ^{bc}	4.18±0.08 ^b	7.15±0.08 ^b	2.98±0.05 ^{bc}	3.74±0.06 ^a	7.52±0.03 ^b	3.15±0.07 ^d	5.25±0.05 ^b
煮	2.63±0.05 ^a	4.43±0.04 ^a	7.47±0.07 ^a	3.26±0.03 ^a	3.83±0.06 ^a	7.82±0.06 ^a	3.02±0.03 ^e	5.41±0.07 ^a
炸	2.42±0.07 ^{bc}	4.08±0.03 ^b	7.01±0.03 ^c	3.06±0.06 ^b	3.73±0.08 ^{ab}	7.26±0.03 ^c	3.76±0.02 ^b	5.12±0.06 ^c
烘烤	2.31±0.07 ^c	3.88±0.05 ^c	6.65±0.08 ^d	2.95±0.04 ^{cd}	3.63±0.03 ^b	7.26±0.05 ^c	3.52±0.07 ^c	4.96±0.08 ^{de}
微波	2.43±0.08 ^b	3.96±0.06 ^c	6.77±0.09 ^d	2.72±0.06 ^e	3.76±0.07 ^a	7.35±0.08 ^c	3.44±0.04 ^c	5.04±0.05 ^{cd}

烹饪方式	Pro	TAA	DAA	EAA	NEAA	EAA/TAA	EAA/NEAA
对照	2.83±0.06 ^c	77.89±0.08 ^e	34.62±0.26 ^a	31.39±0.36 ^e	46.58±0.47 ^{de}	40.30±0.42 ^a	67.39±0.09 ^a
蒸	2.97±0.05 ^a	81.38±0.13 ^b	36.40±0.34 ^b	33.06±0.37 ^b	48.40±0.54 ^b	40.62±0.39 ^{ab}	68.31±0.01 ^b
煮	3.04±0.03 ^a	84.34±0.07 ^a	37.61±0.28 ^c	34.67±0.38 ^a	49.86±0.48 ^a	41.11±0.42 ^b	69.53±0.10 ^c
炸	2.85±0.08 ^{bc}	80.29±0.05 ^c	35.65±0.30 ^d	32.41±0.33 ^{bc}	47.9±0.45 ^{bc}	40.37±0.39 ^{ab}	67.66±0.05 ^d
烘烤	2.96±0.04 ^{ab}	77.72±0.07 ^f	34.25±0.28 ^a	31.49±0.41 ^{de}	46.34±0.55 ^e	40.52±0.49 ^{ab}	67.95±0.08 ^c
微波	2.95±0.08 ^{ab}	79.39±0.08 ^d	35.45±0.38 ^d	32.17±0.50 ^{cd}	47.36±0.62 ^{cd}	40.52±0.59 ^{ab}	67.93±0.17 ^c

† 同列数据肩注字母不同表示差异显著($P<0.05$);TAA:氨基酸总量;DAA:鲜味氨基酸;EAA:必需氨基酸;NEAA:非必需氨基酸。

越剧烈,氨基酸含量变化越大。利用不同烹饪方式处理牛、羊肉后,发现蒸、煮的 Maillard 反应程度最低,对氨基酸总量及模式影响最小^[4,21],与本研究结果相矛盾,可能与肉的来源有关,需进一步深入的研究。

2.5 对猪肉氨基酸组成营养价值的影响

食物中蛋白质的数量和比例越接近人体必需的 8 种氨基酸模式,其营养价值越高^[22]。由表 5 可知,烹饪处理后肌肉必需氨基酸评分基本大于 FAO/WHO 计分模式,以氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)为评价标准时,烹饪前后肌肉的第一限制性氨基酸均为 Val;蒸和炸的第二限制性氨基酸

均为 Met+Cys。其它处理的第二限制性氨基酸则依据评价标准不同而不同,以 AAS 为评价标准时,第二限制性氨基酸均为 Thr;以 CS 为评价标准时,第二限制性氨基酸均为 Ile。因此,对于人类膳食而言,可根据不同的烹饪处理方式选择性添加氨基酸来改善必需氨基酸的平衡效果,提高肉制品蛋白质的利用率。必需氨基酸指数(EAAI)越大,营养价值越高,它反映了食物中必需氨基酸模式与鸡蛋蛋白质接近的程度^[23]。烹饪处理后 EAAI 均大于对照,其中煮最高,微波最低,说明烹饪不会破坏肌肉必需氨基酸营养,其含量和组成同样丰富、平衡。

表 5 烹饪处理猪肉必需氨基酸评价[†]

Table 5 Evaluation of essential amino acid composition in porcine of different cooking treatment

烹饪方式	评分标准	Thr	Val	Ile	Leu	Lys	Phe+Tyr	Met+Cys	EAAI
对照	AAS	0.93**	0.78*	0.98	0.97	1.28	1.10	0.94	69.28
	CS	0.74	0.52*	0.59**	0.77	1.10	0.66	0.60	
蒸	AAS	1.00	0.82*	1.05	1.02	1.37	1.12	0.97**	72.98
	CS	0.80	0.56*	0.63	0.81	1.18	0.67	0.62**	
煮	AAS	1.04**	0.87*	1.11	1.07	1.42	1.18	1.08	77.18
	CS	0.83	0.59*	0.67**	0.85	1.22	0.70	0.69	
炸	AAS	0.97	0.81*	1.02	1.00	1.32	1.13	0.97**	71.80
	CS	0.78	0.54*	0.62	0.80	1.13	0.67	0.62**	
烘烤	AAS	0.94**	0.80*	0.97	0.95	1.32	1.10	0.98	70.11
	CS	0.75	0.54*	0.59**	0.76	1.13	0.65	0.62	
微波	AAS	0.97**	0.81*	0.99	0.97	1.34	1.08	0.98	70.80
	CS	0.77	0.54*	0.60**	0.77	1.15	0.64	0.62	

† *. 第一限制性氨基酸; **. 第二限制性氨基酸。

3 结论

鲜猪肉经不同烹饪方式处理后,其肉品质和营养成分含量均发生了变化。比较蒸、煮、炸、烘烤和微波 5 种烹饪方式,微波的烹饪损失率、硬度、弹性、黏着性、灰分、粗脂肪和粗蛋白含量最高;烘烤的 pH 值最低;蒸的 PUFA 最高;煮的 TAA、DAA、EAA 和 EAAI 最高;蒸对硬度的影响最小;煮对 pH 值、水分、灰分和粗蛋白含量的影响最小;烘烤对弹性、黏着性、粗脂肪、TAA、DAA、EAA 和 EAAI 的影响最小。说明不同的烹饪方式对肉品质及营养成分的影响程度不同,在实际生活中,应该根据需求选择合适的方法对猪肉进行烹饪,以获得最佳的产品品质。此外,本研究的烹饪处理过程中,没有加入任何辅料,以上检测指标均反映猪肉自身品质,因此,后续可加入辅料来进一步研究。

参考文献

[1] DOMINGUEZ R, GOMEZ M, FONSECA S, et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat[J]. Meat Science, 2014, 97(2): 223-230.

[2] DOMINGUEZ R, BORRAJO P, LORENZO J M. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 43: 61-67.

[3] 曹伟, 许晓曦. HPLC 测定不同热处理方式对鲤鲤鱼中呈味核苷酸的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(3): 136-137.

[4] 任国艳, 曹利, 王玉琴, 等. 不同烹调方式对羊肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 24-30.

[5] 彭小丽, 李开雄, 唐明翔, 等. 不同烹饪方式下新疆羊肉香气成分的检测[J]. 食品研究与开发, 2014(7): 82-87.

[6] 薛山, 贺稚非, 肖夏, 等. 冷藏期间不同加工处理后伊拉兔肉中肌内总脂肪含量的变化[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 238-243.

[7] 魏超昆, 刘敦华, 刘关瑞. 吊挂时间对蛋鸡与肉鸡宰后肌肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 286-292.

[8] 李侠, 钱书意, 杨方威, 等. 低压静电场下不同间隔冻结-解冻对牛肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 278-285.

[9] FAO/WHO, Hoc Expert Committee. Energy and protein requirement [R]. Rome: World Health Organization, Geneva FAO, 1973.

[10] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 食物成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 66-68.

[11] 张立彦, 吴兵, 包丽坤. 加热对三黄鸡胸肉嫩度、质构及微观结构的影响[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2012, 40(8): 116-121.

[12] 计红芳, 张令文, 王方, 等. 加热温度对鹅肉理化性质、质构与微观结构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017(3): 89-93.

[13] JOSEPH J K, AWOSANYA B, ADRENIRAN A T, et al. The effects of end-point internal cooking temperatures on the meat quality attributes of selected Nigerian poultry meats[J]. Food Quality & Preference, 1997, 8(1): 57-61.

(下转第 29 页)

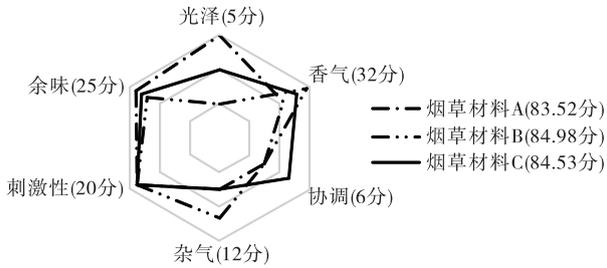


图4 不同再造烟叶在加热非燃烧状态下的感官质量

Figure 4 Sensory qualities of different HnB Recon under same heat-not-burn condition

现相当,无明显差异;余味方面,烟草材料A最为干净舒适,烟草材料C其次,烟草材料B最次,余味尚净、尚舒适。

总体而言,烟草材料B由于在香气和杂气方面的突出表现,综合感官质量最优,但烟草材料A在余味方面表现最优;烟草材料C在感官质量方面与烟草材料B相似,综合感官质量略次于烟草材料B。推测造纸法再造烟叶的萃取-浓缩-涂布的烟草液处理工艺可能为导致烟草材料A与其他2种感官质量差异明显的原因,从不同制造工艺角度理解,烟草材料A为形态和内质的双重再造,而其他2种可近似理解为形态的再造。

3 结论

本试验从微观结构、纤维形态、抗张性能、再造烟叶化学成分、烟气化学成分、感官质量方面对3种加热非燃烧再造烟叶进行了系统探究。结果表明,造纸法加热非燃烧再造烟叶的微观结构及纤维形态与辊压法及稠浆法的截然不同,造纸法再造烟叶抗张强度最高;3种加热非燃烧再造烟叶及其烟气中的水分及甘油含量均较高,且3种再造烟叶和其对应烟气中水分及甘油含量相对呈正比关系,3种再造烟叶烟气中除甘油焦油释放量均明显低于传统烤烟型卷烟,与赵龙^[6]、刘珊^[14]等的研究结果一致;辊压法和稠浆法加热非燃烧再造烟叶的综合感官质量接近,均优于造纸法加热非燃烧再造烟叶。

本研究仅涉及制造工艺,而加热非燃烧再造烟叶的感官质量与其原料配方、加工过程中香味前体物质的变化、加热过程中致香成分变化等因素密切相关。因此,对于加热非燃烧再造烟叶感官质量的影响因素有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] STRATTON K, SHETTY P, WALLACE R, et al. Clearing the smoke: The science base for tobacco harm reduction-executive summary[J]. *Tob Control*, 2001, 10(2): 189-195.
- [2] 艾思. 非传统烟草制品初探[J]. *中国烟草*, 2013(5): 59.
- [3] TITZ B, BOUE S, PHILLIPS B, et al. Effects of cigarette smoke, cessation, and switching to two heat-not-burn tobacco products on lung lipid metabolism in C57BL/6 and Apoe^{-/-}Mice-an integrative systems toxicology analysis[J]. *Toxicological Sciences*, 2016, 149(2): 441-457.
- [4] DOOLITTLE D J, LEE C K, IVETT J L, et al. Comparative studies on the genotoxic activity of mainstream smoke condensate from cigarettes which burn or only heat tobacco[J]. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 1990, 15(2): 93-105.
- [5] 刘珊, 崔凯, 曾世通, 等. 加热非燃烧型烟草制品剖析[J]. *烟草科技*, 2016, 49(11): 56-65.
- [6] 赵龙, 刘珊, 曾世通, 等. 甘油对烟丝加热状态下烟气中挥发性和半挥发性成分的影响[J]. *烟草科技*, 2016, 49(4): 53-60.
- [7] 杨继, 杨柳, 段沉香, 等. 加热不燃烧卷烟烟草材料的热分析研究[J]. *中国烟草学报*, 2015, 21(6): 7-13.
- [8] 刘珊, 唐培培, 曾世通, 等. 加热状态下烟叶烟气的释放特征[J]. *烟草科技*, 2015, 48(4): 27-31.
- [9] 戴路, 陶丰, 袁凯龙, 等. 造纸法再造烟叶的研究进展[J]. *中国造纸学报*, 2013, 28(1): 65-69.
- [10] 国家烟草专卖局. YC/T 16—2014 再造烟叶[S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2014: 5.
- [11] 刘有才, 徐建平, 徐志刚, 等. 硼对上部烟叶组织结构及对降低烟气焦油含量的影响[J]. *土壤通报*, 2011(2): 448-451.
- [12] 张军, 曹茜, 李新生, 等. 再造烟叶原料烟梗中果胶的去除[J]. *烟草科技*, 2011(9): 5-11.
- [13] 李晓, 徐亮, 张彩云, 等. 木浆纤维加入量对造纸法再造烟叶物理指标的影响[J]. *郑州轻工业学院学报: 自然科学版*, 2009, 24(2): 8-9.
- [14] 唐培培. 烟叶原料加热非燃烧状态下释放烟气特征研究[D]. 郑州: 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 2015: 79-84.
- [15] 王予, 高仁吉. 添加剂在造纸法再造烟叶中作用的研究进展[J]. *广东化工*, 2016, 43(12): 131-132.
- [16] ROLDAN M, ANTEQUERA T, MARTIN A, et al. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins[J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 572-578.
- [17] 袁贤训, 王铁平. 一种无烟真空智能火锅创新与应用[J]. *中国新技术新产品*, 2017(6): 133-134.
- [18] ERICKSON R H, KIM Y S. Digestion and absorption of dietary protein[J]. *Annual Review of Medicine*, 1990, 41(41): 133-139.
- [19] 段振华. 高级食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2012: 92.
- [20] 唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究[J]. *中国油脂*, 2000, 25(6): 20-23.
- [21] TREVISAN A J, ALMEIDA L D, SAMPAIO GR, et al. Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef[J]. *Food Chemistry*, 2016, 196: 161-169.
- [22] 薛静, 马继民, 张信祥, 等. 两种海洋蛸类营养成分分析与评价[J]. *中国食品学报*, 2015, 15(12): 203-211.
- [23] 龚艳琴, 李玉艳, 夏中生, 等. 大弹涂鱼鱼体和肌肉营养成分分析及营养评价[J]. *基因组学与应用生物学*, 2008, 27(4): 392-395.

(上接第25页)

- [14] 吴兵, 张立彦. 加热对三黄鸡腿肉特性的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2011(5): 108-112.
- [15] 罗章, 马美湖, 孙术国, 等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(15): 148-154.
- [16] ROLDAN M, ANTEQUERA T, MARTIN A, et al. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins[J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 572-578.
- [17] 袁贤训, 王铁平. 一种无烟真空智能火锅创新与应用[J]. *中国新技术新产品*, 2017(6): 133-134.
- [18] ERICKSON R H, KIM Y S. Digestion and absorption of dietary protein[J]. *Annual Review of Medicine*, 1990, 41(41): 133-139.

- [19] 段振华. 高级食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2012: 92.
- [20] 唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究[J]. *中国油脂*, 2000, 25(6): 20-23.
- [21] TREVISAN A J, ALMEIDA L D, SAMPAIO GR, et al. Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef[J]. *Food Chemistry*, 2016, 196: 161-169.
- [22] 薛静, 马继民, 张信祥, 等. 两种海洋蛸类营养成分分析与评价[J]. *中国食品学报*, 2015, 15(12): 203-211.
- [23] 龚艳琴, 李玉艳, 夏中生, 等. 大弹涂鱼鱼体和肌肉营养成分分析及营养评价[J]. *基因组学与应用生物学*, 2008, 27(4): 392-395.