

蒸煮对不同品质鸭肥肝营养特性及脂肪酸组成的影响

曾秋凤, 吴昊, 丁雪梅, 黄学琴, 张克英*

(四川农业大学动物营养研究所, 四川省动物抗病营养重点实验室, 四川雅安 625014)

摘要: 研究3种不同品质的鸭肥肝在蒸煮后常规养分、脂肪酸组成及脂质过氧化的变化。结果表明: 1)熟化增加了鸭肥肝中 $C_{12:0}$ 、总脂和丙二醛(MDA)的含量, 降低了水分、蛋白的含量, 对鸭肥肝中糖原的含量无影响; 2)鱼油组肥肝熟化后, 其SFA、PUFA、 n -6PUFA、 n -3PUFA、EPA、DHA均显著高于大豆油组肥肝($P<0.05$), 极显著高于玉米组肥肝($P<0.01$); 3)玉米组肥肝熟化后SFA和MUFA显著降低($P<0.05$), PUFA、 n -6 PUFA、 n -3 PUFA显著升高($P<0.05$), 大豆油组肥肝熟化对这几种脂肪酸的影响不大, 而鱼油组肥肝熟化后这几种脂肪酸含量均升高, 其中 n -6PUFA达到显著水平($P<0.05$); 4)熟化具有降低3种肥肝中EPA和DHA的趋势, EPA降低幅度以玉米组肥肝最大, DHA降低幅度以大豆油组肥肝最大。以上结果提示, 鱼油组肥肝的食用价值最高。

关键词: 鸭肥肝; 脂肪酸组成; 蒸煮

Effect of Cooking on Nutritional Quality and Fatty Acid Pattern of Fat Duck Liver with Different Fatty Acid Profiles

ZENG Qiu-feng, WU Hao, DING Xue-mei, HUANG Xue-qin, ZHANG Ke-ying*

(Animal Disease-resistance Nutrition Key Laboratory of Sichuan Province, Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effect of cooking on general nutrients, fatty acid composition, and lipid oxidation in fat livers of ducks fed corn alone or in combination with fish oil or soybean oil. The results showed that cooking increased the contents of $C_{12:0}$, total lipid and MDA, and decreased the contents of moisture and protein while no effect was observed on heparin content in fat duck liver. After cooking, the contents of SFA, PUFA, n -6PUFA, n -3PUFA, EPA and DHA in livers of fish oil-fed ducks were significantly higher than those observed for soybean oil-fed ducks ($P<0.05$) and extremely significantly higher than those observed for corn control ($P<0.01$). The contents of SFA and MUFA decreased significantly ($P<0.05$) with a concomitant increase in PUFA, n -6PUFA and n -3PUFA ($P<0.05$) in duck livers of corn control after cooking, only minor changes in these fatty acids were observed for livers of soybean oil-fed ducks, whereas livers of fish oil-fed ducks showed an increase in the levels of these fatty acids, particularly a significant increase in n -6PUFA ($P<0.05$). For each group of fat duck livers, cooking could cause a decrease in the levels of EPA and DHA, and corn control group and soybean oil group showed the biggest decrease in EPA and DHA, respectively. The above results suggest that fat livers of fish oil-fed ducks have the highest nutritional value.

Key words: fat duck liver; fatty acid profile; cooking

中图分类号: TS251.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)01-0105-04

肥肝是一种高级营养食品, 其单不饱和脂肪酸(MUFA)含量高, 可减少胆固醇在血管壁上的沉积, 减轻和延缓血管继续硬化, 具有较高的营养价值和食疗价值^[1-2], 近年来颇受推崇, 呈逐渐流行之势。肥肝的生产是利用水禽特殊的生理特性, 通过短时间人工强制填饲高能饲料, 使肝脏沉积大量脂肪而成。一般肥肝的质

量是普通肝质量的5~6倍。过去20年来的研究结果一致认为, 长链 n -3多不饱和脂肪酸(PUFA), 尤其是EPA和DHA在预防人类心血管疾病及抗炎症过程中发挥着极其重要的作用。因此, 开发富含PUFA, 尤其是 n -3PUFA的畜产品是目前研究的热点。然而, 富含PUFA的畜产品在加工、烹饪和热处理条件下脂质氧化更为明显, 产

收稿日期: 2011-10-10

基金项目: 四川省教育厅自然科学基金项目(2006A022); 四川农业大学双支计划团队资助项目

作者简介: 曾秋凤(1974—), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为家禽营养与饲料。E-mail: zqf@sicau.edu.cn

*通信作者: 张克英(1961—), 女, 教授, 研究方向为家禽营养与饲料。E-mail: zkeying@yahoo.com

品中PUFA含量发生变化,导致畜产品食用品质下降。García-Arias等^[3]指出,一些脂肪含量较高的鱼类熟化后水分含量降低,总脂含量增加。但也有研究^[4-5]指出,熟化并未显著改变食品的水分、总脂含量及饱和脂肪酸(SFA)和PUFA含量。Larsena等^[4]研究证实,蒸煮并未改变鲑鱼肌肉中PUFA的含量(28.23:28.25)。以上研究表明,畜产品中PUFA含量因食品种类、加热时间、烹饪方式的不同而变化。但迄今为止,尚未见熟化对普通鸭(鹅)肥肝或富含PUFA鸭鹅肥肝营养价值的影响报道,加热是否会导致肥肝中MUFA、PUFA,尤其是 $n-3$ PUFA、EPA和DHA发生降解尚不清楚。因此,本实验选择3种不同品质的鸭肥肝(脂肪酸组成差异显著)为材料,初步考察蒸煮对其常规营养成分、脂质过氧化产物及其脂肪酸组成的影响,为后续开发富含多不饱和脂肪酸肥肝的研究提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

玉米组肥肝、鱼油组肥肝、大豆油组肥肝3种鸭肥肝材料来源于本实验室前期实验^[6]。

1.2 试剂与仪器

实验用的试剂盒购自南京建成生物工程研究所;乙醚、氯仿、浓硫酸均为分析纯。

R304索氏抽提器 德国贝尔公司;HP6890-5973气相色谱-质谱仪 美国惠普公司。

1.3 方法

1.3.1 实验分组

表1 本研究中鸭肥肝的主要营养特点($n=6$)

Table 1 Main nutritional characteristics of three different fat duck livers ($n=6$)

项目	玉米组肥肝	大豆油组肥肝	鱼油组肥肝
新鲜肥肝平均质量/g	223.20	232.47	301.89
水分含量/(g/100g)	57.71	55.43	48.50
粗蛋白含量/(g/100g)	12.25	12.37	10.17
总脂含量/(g/100g)	29.16	31.24	40.28
糖原含量/(g/100g)	1.50	1.62	1.52
MDA含量/(nmol/mg pro)	0.45	0.60	1.89
SFA含量/(mg/100g)	13122.00	12620.96	15201.67
MUFA含量/(mg/100g)	15134.04	16713.40	22887.10
PUFA含量/(mg/100g)	901.04	1905.64	2191.23
$n-6$ PUFA含量/(mg/100g)	594.86	1283.96	1429.94
$n-3$ PUFA含量/(mg/100g)	250.78	437.36	592.12
EPA含量/(mg/100g)	11.66	18.74	36.25
DHA含量/(mg/100g)	8.75	12.50	20.14

玉米组肥肝:来源于玉米填饲21d的鸭肥肝,该组肥肝的特点是:总脂含量低, SFA含量相对较高, PUFA和MDA含量相对较低;鱼油组肥肝:来源于玉米填饲7d后再用玉米+3%鱼油继续填饲14d的鸭肥肝,该组肥肝的特点是:总脂、 $n-3$ PUFA、DHA、EPA、MDA含量相对较高;大豆油组肥肝:来源于玉米填饲7d后再用玉米+3%

大豆油继续填饲14d的鸭肥肝,该组肥肝的特点是:总脂、MUFA、PUFA和MDA含量处于玉米组肥肝与鱼油组肥肝之间。

3种新鲜鸭肥肝的常规营养成分、MDA含量、几种重要特征性脂肪酸含量见表1。

1.3.2 蒸煮处理

分别从各处理鸭肥肝中选取未充血,颜色淡黄的样品,每处理6个。剔除肉眼可见的结缔组织后取6g左右,放入直径为2cm的试管中,试管口用保鲜膜包扎。将试管立于水浴锅中(保持液面高于肥肝面2cm),95℃恒温水浴加热12min^[7-8]。冷却,滤纸吸干后封口袋封存,-20℃保存待测。

1.3.3 测定指标及方法

1.3.3.1 熟化肥肝水分和总脂含量的测定

肥肝中水分含量的测定:参照国标GB 9695.15—2008《肉与肉制品中水分含量测定》测定;总脂含量测定:采用索氏抽提法,乙醚浸提;粗蛋白含量测定:采用凯氏定氮法;糖原含量测定:蒽酮显色,按照南京建成生物工程研究所试剂盒方法测定。

1.3.3.2 熟化肥肝中MDA含量的测定

将熟化肥肝匀浆后离心取上清液检测蛋白含量:考马斯亮蓝法,按照南京建成生物工程研究所试剂盒方法测定;MDA含量:与硫代巴比妥酸显色反应,按照南京建成生物工程研究所试剂盒方法测定。

1.3.3.3 熟化肥肝脂肪酸组成的测定

脂肪酸组成采用气相色谱-质谱仪测定。样品处理和色谱条件分别参照Folch^[9]、张国蓉^[10]等的报道,于浙江大学饲料研究所测定。

1.4 数据处理和统计分析

采用SAS 9.0的GLM程序对3种熟化肥肝的营养成分及MDA含量进行单因素方差分析,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准,当方差分析显著时,采用Duncan's法进行多重比较。对新鲜肥肝及其相应的熟化肥肝中脂肪酸组成进行 t 检验,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。结果采用“最小均方平均数±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 熟化后3种不同肥肝中常规营养成分及MDA的含量

3种不同肥肝熟化后常规营养成分与MDA含量如表2所示。熟化后的鱼油组肥肝的水分、蛋白含量显著($P<0.05$)低于玉米组肥肝和大豆油组肥肝,但总脂和MDA含量显著增加($P<0.05$),糖原在3者之间没有显著性的变化($P>0.05$)。熟化后,鱼油组肥肝中SFA、MUFA、PUFA、 $n-6$ PUFA、 $n-3$ PUFA的含量最高,显著高于大豆油组肥肝($P<0.05$),极显著高于玉米组肥肝($P<0.01$)。鱼油组肥肝熟化后EPA和DHA依然显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)高于其他两种肥肝,分别是大豆油组肥肝的1.9倍和2.7倍,玉米组肥肝的2.8倍和3.5倍。

表3 新鲜与熟化肥肝脂肪酸组成及含量的比较

Table 3 Fatty acid profiles of raw and cooked fat duck livers

脂肪酸组成	脂肪酸含量/(mg/100g)						P		
	玉米组肥肝		大豆油组肥肝		鱼油组肥肝		玉米组肥肝	大豆油组肥肝	鱼油组肥肝
	熟化前	熟化后	熟化前	熟化后	熟化前	熟化后			
C _{12:0}		489.42±17.81		659.87±34.56		974.74±2.12	<0.00	<0.00	<0.00
C _{14:0}	244.94±5.93	153.24±7.92	206.71±5.44	186.45±8.82	267.19±4.61	273.71±12.54	<0.00	0.11	0.70
C _{15:0}	796.07±9.55	526.67±21.19	730.5±9.39	723.28±30.48	962.69±4.50	1044.90±13.94	<0.00	0.83	0.06
C _{16:0}	6382.60±12.34	4248.30±143.88	5956.40±21.12	5433.20±281.45	6771.70±138.12	8242.40±294.81	<0.00	0.16	0.08
C _{17:0}	65.13±1.44	50.97±4.17	58.32±0.66	56.44±2.93	92.64±2.08	85.90±8.66	0.04	0.57	0.58
C _{18:0}	5492.30±18.61	4230.10±227.83	5537.80±20.10	5507.30±250.18	6906.70±107.60	7920.70±162.20	0.01	0.91	0.04
C _{20:0}	142.40±2.31	99.71±12.21	130.69±2.04	136.62±11.59	201.40±2.55	198.98±8.15	0.04	0.65	0.82
C _{15:1}	321.25±6.14	268.75±19.02	355.62±4.80	356.05±16.81	500.81±7.90	529.13±15.72	0.06	0.98	0.28
C _{16:1} (n=7)	867.51±7.01	671.69±59.86	931.47±9.28	929.03±48.02	1283.60±15.59	1388.50±11.86	<0.05	0.96	0.00
C _{17:1}	111.78±2.68	91.99±7.17	135.90±1.34	132.76±4.74	182.60±0.85	201.27±1.36	0.06	0.56	0.01
C _{18:1} (n=9)	13701.00±23.33	11101.00±746.72	15138.00±73.81	14606.00±454.73	20718.00±69.21	21454.00±385.41	0.04	0.93	0.30
C _{20:1} (n=9)	96.23±1.84	75.50±4.06	107.78±1.56	107.88±6.33	128.23±0.67	149.27±0.67	0.01	0.99	<0.00
C _{22:1} (n=9)	35.48±0.90	31.63±1.41	41.13±0.52	43.57±3.10	62.44±0.90	61.06±1.99	0.07	0.49	0.61
C _{24:1} (n=9)	2.92±0.00	4.74±1.25	5.21±0.66	8.40±0.85	11.41±0.67	9.05±0.04	0.24	0.02	0.02
C _{16:2} (n=4)	2.92±0.00	5.83±0.91	3.64±0.52	6.97±1.10	12.75±1.24	13.57±0.06	<0.05	<0.05	0.54
C _{20:2}	41.31±2.30	29.74±3.79	49.46±0.52	43.81±4.14	58.41±0.90	65.60±2.56	<0.05	0.27	0.19
C _{20:3}	9.72±0.61	53.08±18.33	127.57±1.88	124.77±7.76	97.34±2.19	176.49±18.84	0.10	0.75	0.15
C _{16:2} (n=6)	71.93±1.23	64.69±7.67	82.26±1.74	85.15±6.77	140.31±6.01	135.68±3.92	0.42	0.70	0.55
C _{18:2} (n=6)	452.95±4.37	727.33±7.84	1090.80±12.00	1016.40±36.67	1107.00±12.80	1470.60±128.73	<0.00	0.13	0.21
C _{20:4} (n=6)	62.69±1.64	78.94±16.6	99.9±1.14	112.78±9.72	169.85±3.51	144.74±0.65	0.40	0.28	<0.00
C _{22:3} (n=6)	6.80±0.62	5.86±0.91	11.98±0.52	7.55±0.63	12.08±0.00	13.57±0.06	0.41	<0.00	0.03
C _{16:3} (n=3)	126.79±2.31	88.25±12.06	101.53±1.34	116.92±7.45	185.29±4.16	176.35±12.78	0.04	0.13	0.61
C _{18:3} (n=3)	94.29±1.44	201.09±20.40	293.66±2.55	266.78±16.10	324.26±4.26	429.79±20.02	0.01	0.19	0.11
C _{20:5} (n=3)	9.24±0.49	7.76±2.03	13.02±0.52	12.13±1.60	25.51±0.85	22.60±4.43	0.53	0.63	0.63
C _{22:5} (n=3)	11.18±0.49	9.65±0.72	18.22±0.52	14.56±1.16	35.58±0.67	27.16±4.65	0.13	0.04	0.32
C _{22:6} (n=3)	8.75±0.00	6.39±0.79	12.50±0.00	8.31±1.27	22.16±0.90	22.60±4.43	0.06	<0.05	0.94
SFA	13123.00±11.21	9798.50±421.72	12620.00±47.29	12703.00±601.30	15202.00±36.02	18741.00±468.59	<0.00	0.90	0.08
MUFA	15136.00±14.59	12245.00±837.89	16715.00±64.47	16184.00±531.88	22887.00±85.97	23792.00±415.61	0.04	0.39	0.26
PUFA	900.56±6.62	1278.40±78.36	1904.60±14.60	1816.10±34.54	2190.60±13.41	2698.70±150.07	0.02	0.37	0.18
n-6PUFA	252.24±2.23	313.13±32.25	438.92±2.39	418.70±24.61	592.79±5.03	678.48±3.05	<0.00	0.47	<0.00
n-3PUFA	594.38±4.79	876.57±62.19	1285.00±14.13	1221.80±54.97	1429.30±12.97	1764.60±125.52	<0.00	0.32	0.22

注：每一种肥肝熟化前后的变化比较， $P < 0.05$ 表示差异显著；每一种肥肝熟化前后的变化比较， $P < 0.01$ 表示差异极显著。

表2 熟化后鸭肥肝营养成分及MDA含量

Table 2 Nutrient and MDA contents of cooked fat duck livers

项目	玉米组肥肝	大豆油组肥肝	鱼油组肥肝	P
水分含量/(g/100g)	56.22±1.39 ^c	53.51±1.39 ^{bc}	44.19±1.84 ^a	<0.00
粗蛋白含量/(g/100g)	17.46±2.09 ^c	15.31±1.25 ^{bc}	9.29±1.39 ^a	<0.01
总脂含量/(g/100g)	23.10±1.41 ^c	30.55±1.28 ^b	45.23±0.20 ^a	<0.00
糖原含量/(g/100g)	1.87±0.27 ^a	2.03±0.37 ^a	2.05±0.37 ^a	0.95
MDA含量/(nmol/mg pro)	5.43±0.77 ^{bc}	7.63±1.67 ^c	31.25±4.48 ^d	<0.00
SFA含量/(mg/100g)	9798.46±496.85 ^c	12703.17±496.85 ^b	18741.30±702.65 ^a	<0.00
MUFA含量/(mg/100g)	12245.39±659.14 ^c	16183.92±659.14 ^b	23791.89±932.16 ^a	<0.00
PUFA含量/(mg/100g)	1278.35±85.46 ^c	1816.08±85.46 ^b	2698.70±120.86 ^a	<0.00
n-6PUFA含量/(mg/100g)	876.57±52.22 ^c	1221.71±52.22 ^b	1764.57±52.22 ^a	<0.00
n-3PUFA含量/(mg/100g)	313.13±26.57 ^c	418.70±26.57 ^b	678.48±37.58 ^a	<0.00
EPA含量/(mg/100g)	9.65±1.53 ^c	14.56±1.53 ^b	27.46±2.16 ^a	<0.00
DHA含量/(mg/100g)	6.39±1.54 ^c	8.31±1.54 ^b	22.60±2.17 ^a	<0.00

注：同行肩标相邻小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)；相间小写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 熟化肥肝脂肪酸组成变化

从表3可看出，与新鲜肥肝相比，熟化后肥肝脂肪酸组成发生了变化，即熟化后肥肝中有肉豆蔻酸(C_{12:0})检出，而新鲜肥肝中未检出。从脂肪酸含量变化来看，玉米组肥肝熟化后其SFA和MUFA含量降低分别达到极显著 ($P < 0.01$)和显著 ($P < 0.05$)水平，PUFA、n-6PUFA、n-3PUFA含量极显著升高 ($P < 0.01$)，但EPA和DHA含量下降。

大豆油组肥肝熟化后其SFA、MUFA、PUFA、

n-6PUFA、n-3PUFA含量变化尚未达到显著水平，但PUFA、n-6PUFA、n-3PUFA含量具有下降的趋势，EPA和DHA含量下降达到显著水平 ($P < 0.05$)。

鱼油组肥肝熟化后其SFA、MUFA、PUFA、n-6PUFA、n-3PUFA含量均升高，其中n-6PUFA升高达到极显著水平 ($P < 0.01$)，EPA稍有下降。

3 讨论

3.1 熟化对3种不同品质鸭肥肝常规营养成分的影响

肥肝中水分、脂肪和蛋白3种成分所占比例高达98%。本实验中3种新鲜肥肝每100g中的水分含量为44.19~56.22g，以鱼油组肥肝最低，玉米组肥肝最高；总脂含量为23.10~44.95g，以鱼油组肥肝最高，玉米组肥肝最低，水分与脂肪含量呈负相关，与Weber等^[5]的研究一致。熟化后，鱼油组肥肝水分含量降低幅度最大，达8.89%，而大豆油组肥肝和玉米组肥肝熟化前后水分含量变化很小，与Rodríguez^[11]、Seet^[12]等在鱼肉上的研究结果相似，其原因可能是加热和解融过程中，肝脏膜蛋白质和类似物变性，导致结合水的能力降低。Weber等^[5]指出熟化的鱼肉提取总脂效率比未熟化的高。与新鲜肥肝相比，

鱼油组肥肝熟化后总脂含量增加11.59%，与Gladysheva等^[13]在大马哈鱼上的研究和Husak等^[14]在鸡肉上的研究结果一致，可能是加热导致的水分损失所致，与本实验的结果中水分含量的变化规律一致，也可能是成团的脂质在加热过程中释放出游离脂质导致脂质提取效率增加。玉米组肥肝熟化前后总脂含量降低。周磊等^[6]对上述3种肥肝进行组织病理学观察发现，鱼油组和大豆油组肝脏细胞较玉米组肥肝大，脂肪滴数量多，单位质量中玉米组肥肝细胞膜成分所占比例大，推测细胞膜中的脂质在熟化过程中可能转化成了某些不溶于乙醚、氯仿等有机溶剂的物质。

3.2 熟化对肥肝脂肪酸组成及含量的影响

与新鲜肥肝相比，熟化后肥肝脂肪酸组成发生了变化，即熟化后肥肝中有肉豆蔻酸($C_{12:0}$)检出，而新鲜肥肝中未检出，与Sioen等^[15]比较了油炸前后鲑鱼的脂肪酸组成，结果发现，油炸前鲑鱼肌肉中肉豆蔻酸未达到检测水平，但油炸后出现0.12%的肉豆蔻酸结果一致，表明动物组织加热到某种程度后会导致脂肪酸发生降解而生成新的脂肪酸。熟化后玉米组每100g肥肝中SFA和MUFA含量降低，总脂含量降低；但PUFA含量熟化后增加，与绝大部分食品熟化后变化不一致，可能是因为亚油酸($C_{18:2}$)和亚麻酸($C_{18:3}$)含量的增加所致。目前，食品在熟化后某些脂肪酸含量反而增加的现象也有报道^[8]，但具体机理尚待进一步研究。大豆油组肥肝熟化前后每100g组织中SFA、MUFA和PUFA含量变化比较小，与在新西兰鲑鱼肌肉研究一致^[5]。此外SFA中软脂酸($C_{16:0}$)的降低量接近肉豆蔻酸($C_{12:0}$)的增加量，推测肉豆蔻酸是软脂酸的降解产物。鱼油组肥肝熟化前后100g样品中绝大部分脂肪酸均高于熟化前，可能由于熟化后总脂含量增加所致，但PUFA中的花生四烯酸($C_{20:4}$)和 $C_{22:5}$ 熟化后含量降低，EPA和DHA熟化前后含量无明显改变。大豆油组和鱼油组肥肝熟化前后PUFA含量均无显著变化。Kolakowska等^[16]在鲱鱼、青鱼、鲤鱼3种鱼肉上的研究发现，在100℃中加热1h，20% DHA降解，表明，加热温度会影响鱼肉中PUFA的含量，这种现象符合Kouba等^[17]提出的PUFA主要是结构性脂质对热不敏感的假设。本实验结果也可进一步证实加热处理对肥肝PUFA的含量没有显著性的影响，提示我们开发富含PUFA肥肝，尤其是开发富含n-3PUFA肥肝为人类提供优质保健的畜产品是可行的。

3.3 熟化对肥肝MDA含量的影响

MDA是脂质过氧化产物，其含量高低反应组织中脂质氧化情况。Sáyo-Ayerdia^[18]和Haak^[19]等分别研究熟化对鸡肉汉堡、猪肉脂质氧化情况的影响，指出熟化后增加了食品中MDA的含量，本实验结果与此一致。熟化后肥肝中MDA含量增加17倍，与Haak等^[19]的结果类似，推测其原因可能是熟化后肥肝中蛋白含量降低导致匀浆液中蛋白含量显著下降而致使MDA含量增加所致，也可能是由于测定方法不同造成的差异。熟化前后鱼油组肥肝中MDA含量显著高于玉米组和大豆油组肥肝。韩瑞丽等^[20]发现，饲料中添加鱼油后鸡肉中MDA含量较添加大豆油组高，与本实验结果相似，可能是由于鱼油中含有较丰富多不饱和脂肪酸，尤其是n-3PUFA，脂质更容易氧化。这一结果提示在开发富含PUFA，尤其是n-3PUFA肥肝时，抗氧化剂品种的选择以及添加量有待进一步筛选。

4 结 论

4.1 蒸煮增加了鸭肥肝中总脂和MDA的含量，降低了其水分的含量；新鲜肥肝总脂、SFA、MUFA、PUFA、n-6 PUFA、n-3PUFA、EPA、DHA含量高的肥肝，蒸煮后各指标仍然高。

4.2 蒸煮增加了肥肝中 $C_{12:0}$ 的含量，改变了脂肪酸的组成；肥肝在熟化过程中其脂肪酸含量的变化规律受新鲜肥肝中脂肪酸组成和总脂含量的影响。

参考文献：

- [1] RENAUD S, de LORGERIL M. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease[J]. *Lancet*, 1992, 339: 1523-1526.
- [2] 王宝维, 王雷, 于世浩. 鹅肥肝生产研究现状与发展思路[J]. *中国家禽*, 2006, 28(17): 1-5.
- [3] GARCÍA-ARIAS M T, SÁNCHEZ-MUNIZ F J, CASTRILLON A M, et al. White tuna caning, total fat, and fatty acid changes during processing and storage[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1994, 7(1/2): 119-130.
- [4] LARSEN D, QUEK S Y, EYRES L. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*)[J]. *Food Chemistry*, 2010, 119(2): 785-790.
- [5] WEBER J, BOCHI V C, RIBEIRO C P, et al. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets[J]. *Food Chemistry*, 2008, 106(1): 140-146.
- [6] 周磊, 曾秋凤, 张克英, 等. 填饲能量相同时不同油脂对肉鸭肥肝质量的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(6): 1558-1565.
- [7] de CASTRO F A F, SANT'ANA H M, CAMPOS F M, et al. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes[J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1080-1090.
- [8] AL-KHALIFA A S. Effects of cooking by different methods on the polyunsaturated fatty acids in six fish species[J]. *Agriculture Science*, 1998, 10(2): 133-144.
- [9] FOLCH J, LEES M, SLOAN-STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1957, 226: 497-507.
- [10] 张国蓉, 刘有志, 刘安军. 鹅肝酱中脂肪酸检测方法的研究[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(3): 236-239.
- [11] RODRÍGUEZ A, CARRILES N, CRUZ J M, et al. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C)[J]. *Food Science and Technology*, 2008, 41(9): 1726-1732.
- [12] SEET S T, BROWN W D. Nutritional quality of raw, precooked and canned Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*)[J]. *Journal of Food Science*, 1983, 48(1): 288-289.
- [13] GLADYSHEVA M I, SUSHCHIK N N, GUBANENKO G A, et al. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) [J]. *Food Chemistry*, 2006, 96(3): 446-451.
- [14] HUSAK R L, SEBRANEK J G, BREGENDAHL K. A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value[J]. *Poultry Science*, 2008, 87: 2367-2376.
- [15] SIOEN I, HAAK L, RAES K, et al. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon[J]. *Food Chemistry*, 2006, 98(4): 609-617.
- [16] KOLAKOWSKA A, DOMISZEWSKI Z, BIENKIEWICZ Z, et al. Presented at Lipidforum[C]// 21st Nordic Lipid Symposium on Effect of Thermal Treatment of Baltic Herring and Prat on n-3PUFA and Lipid Oxidation. Bergen: June 5, 2001.
- [17] KOUBA M, BENATMANE F, BLOCHET J E, et al. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat[J]. *Meat Science*, 2008, 80(3): 829-834.
- [18] SÁYAGO-AYERDIA S G, BRENES A, GOÑI I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42(5): 971-976.
- [19] HAAK L, RAES K, SMET K, et al. Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fish and cooked pork[J]. *Meat Science*, 2006, 74: 476-486.
- [20] 韩瑞丽, 李同树, 李建群, 等. 鱼油日粮对鸡肉品质的影响研究[J]. *中国家禽*, 2005, 27(19): 15-17.