

不同性别猪肉

脂肪酸组成与脂肪氧化稳定性

张恒涛 常铮 王海全

(北京市大发正大有限公司 北京 101309)

摘要: 本文研究了不同性别猪腿肉中肌内脂肪和皮下脂肪含量,并对其脂肪酸组成进行了分析,同时分析了腿肉在冷藏避光贮存条件下脂肪氧化程度的变化。结果发现母猪肌内脂肪含量显著高于阉公猪肌内脂肪含量,而皮下脂肪含量母猪则远远低于公猪;母猪腿肉皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量远远高于其在肌内脂肪中的含量,而阉公猪腿肉中肌内与皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量没有显著性差异;另外阉公猪肌内脂肪氧化速率大于母猪。

关键词: 猪肉;脂肪酸;脂肪氧化

前言

一般认为,除微生物腐败外,脂质氧化是肉品变质的主要原因。由于脂肪发生氧化会生成醛、醇、酮等有机化合物,产生令人不愉快的气味、苦涩味,降低了肉的质量和营养价值,同时还会引起肉表面褐变,可接受性也大大下降,从而给相应工业造成很大的损失。氧化严重时会产生一些有毒性化合物,危及人体健康甚至生命。研究表明,导致脂类氧化的最主要的内在因素是脂类中多不饱和脂肪酸的水平^[1,2]。影响脂肪酸组成的因素有很多,而性别是其中之一^[3,4]。本文的目的是研究对不同性别猪后腿肉肌内和皮下脂肪酸组成及贮存期间肌内脂肪和皮下脂肪氧化的程度。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试剂:氯仿/甲醇(2:1 v/v),简称CM液;氯仿/冰乙酸(2:1 v/v);饱和碘化钾、0.002Mmol/L硫代硫酸钠溶液等为分析纯;淀粉指示剂。

1.1.2 冷却猪肉:原料肉某屠宰厂的二元杂交猪(大白猪×长白猪),屠宰后在预冷室内(0~7℃)冷却24h后,分别取母猪和阉公猪后腿肉各4片,用装有碎冰的保温箱运回实验室。以冷却肉的肌内组织和皮下组织作为实验材料。

1.2 方法

1.2.1 脂肪总含量的测定

脂肪总含量用脂肪测定仪测定。

1.2.2 脂肪的提取

将相同性别猪后腿肉绞碎,等量混合。取混合后的腿肉10g于三角瓶中,加入140ml CM液,振荡抽提3小时后过滤,往滤液中加入适量NaCl溶液,静止分层后,下层的氯仿层即为脂肪提取液,用无水Na₂SO₄干燥后,在40℃水浴中用旋转蒸发器浓缩,得到脂肪^[2]。

1.2.3 脂肪酸组成分析

色谱柱:10%DEGS玻璃柱;柱温:205℃;注射温度:230℃;载气:氮气,流量28ml/min。

1.2.4 过氧化值的测定

称取2.00~3.00g脂肪于锥形瓶中,加入30ml三氯甲烷/冰乙酸(2:1),使试样完全溶解,加1.0ml饱和碘化钾溶液,轻轻振荡0.5min,在暗处放置3min,取出后加入100ml水摇匀,加入1.0ml淀粉指示剂,以0.002mol/L硫代硫酸钠标准溶液滴定至蓝色消失为终点,取相同量的三氯甲烷/冰乙酸溶液、碘化钾溶液、淀粉指示剂及水,按同一方法,做试剂空白试验。

1.2.5 TBA值的测定

取10g肉样研细,加50ml 7.5%的三氯乙酸(含0.1% EDTA),振荡30min,双层滤纸过滤两次。取5ml上清液置于25ml比色管内,加入5ml 0.02 mol/L TBA溶液,混匀,加塞,置于100℃水浴中保温40min,取出冷却1h后离心5min(16000×g),上清

液倾入 25ml 比色管中,加 5ml 氯仿摇匀,静置分层后,取上清液分别在 532nm 和 600nm 处比色,(同时作空白实验)记录消光值并用以下公式计算 TBA 值。

$$\text{TBA 值(mg/kg)} = (\text{A}_{532} - \text{A}_{600}) / 155 \times (1/10) \times 72.6 \times 100$$

2 结果与讨论

2.1 样品中总脂肪含量

表 1 列出了母猪和公猪腿肉肌内脂肪和皮下脂肪的含量,从中可以看出,肌内脂肪的含量明显低于皮下脂肪的含量。性别不同脂肪含量也不同,阉公猪腿肉肌内脂肪含量 ($1.76 \pm 0.45\%$) 远低于母猪腿肉肌内脂肪的含量 ($6.33 \pm 2.38\%$),差异性显著 ($p < 0.05$),而阉公猪皮下脂肪含量 ($68.07 \pm 7.98\%$) 远远高于母猪腿肉皮下脂肪的含量 ($26.74 \pm 5.11\%$),呈极显著性差异 ($p < 0.01$)。在以后的存贮和流通过程中,由于受到酶和外界环境的影响,脂肪不断水解并发生氧化生成挥发性物质,含量会逐渐减少。

表 1 不同性别猪腿肉脂肪含量

	肌内脂肪 (%)	皮下脂肪 (%)
母猪	6.33 ± 2.38^a	26.74 ± 5.11^a
阉公猪	1.76 ± 0.45^b	68.07 ± 7.98^b

N=3 (表中数据为三次测定的平均值);

肩标小写字母不同者表示差异显著 ($p < 0.05$);

肩标大写字母不同者表示差异极显著 ($p < 0.01$)

2.2 肌内脂肪的脂肪酸组成

母猪肉与阉公猪腿肉中主要肌内脂肪酸组成见表 2。从表 2 可看出,性别不同造成猪腿肉肌内脂肪中脂肪酸组成情况存在很大的差异性。母猪肌内脂肪酸主要成分为饱和脂肪酸,其含量占总脂肪酸含量的 88.95%,而在阉公猪肌内脂肪中饱和脂肪酸含量与不饱和脂肪酸含量相当,分别占总脂肪酸含量的 54.86% 和 46.14%。在饱和脂肪酸中,母猪中软脂酸(C16:0)含量 (44.51%) 明显高于其在阉公猪中的含量 (16.35%),而 C17:0 和硬脂酸(C18:0)的含量相差不大。至于各多不饱和组分情况,阉公猪中单不饱和脂肪酸油酸(C18:1)的

含量 (15.53%) 高于其在母猪中的含量 (6.82%),多不饱和脂肪酸中亚麻酸(C18:3)含量 (22.33%) 也远远高于其在母猪中的含量(微量),而多不饱和脂肪酸中亚油酸(C18:2)的含量相差不大。

表 2 母猪和阉公猪肌内脂肪中脂肪酸组成 (%)

脂肪酸组成	性 别	
	母猪 (n=4)	阉公猪 (n=4)
C _{16:0}	44.51	16.35
C _{17:0}	29.25	24.96
C _{18:0}	13.19	13.55
Total saturated	88.95	54.86
C _{18:1}	6.82	15.53
Total monounsaturated	6.82	15.53
C _{18:2}	6.23	7.28
C _{18:3}	微量	22.33
Total polyunsaturated	6.23	29.61
Total unsaturated	13.05	46.14

2.3 皮下脂肪的脂肪酸组成

表 3 母猪和阉公猪皮下脂肪中脂肪酸组成 (%)

脂肪酸组成	性 别	
	母猪 (n=4)	阉公猪 (n=4)
C _{18:0}	21.26	32.29
Total saturated	21.26	32.29
C _{18:1}	51.73	35.43
Total monounsaturated	51.73	35.43
C _{18:2}	4.94	8.49
C _{18:3}	22.07	23.79
Total polyunsaturated	27.01	32.28
Total unsaturated	78.74	67.71

表 3 是母猪腿肉和阉公猪腿肉皮下脂肪中脂肪酸组成情况,皮下脂肪中主要为不饱和脂肪酸,在母猪和阉公猪中占总脂肪酸含量分别为 78.74% 和 67.71%。饱和脂肪酸在阉公猪腿肉中的含量 (32.29%) 略高于其在母猪腿肉中的含量 (21.26%)。不饱和脂肪酸中,单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的含量因性别而异,母猪腿肉皮下脂肪中单不饱和脂肪酸的含量 (51.73%) 远高于其在阉公猪皮下脂肪中的含量 (35.43%),而多不饱和脂肪酸的含量 (27.01%) 低于其在阉公猪皮下脂肪中的含量 (32.28%)。比较表 2 和表 3 可以看出,皮下脂肪饱和脂肪酸主要为硬脂酸(C18:0),且含量 (21.26%

和32.29%) 远高于其在肌内脂肪中的含量(13.19%和13.55%)。单不饱和脂肪酸亦以油酸(C18:1)为主,但其含量(51.73%和35.43%)远远高于其在肌内脂肪中的含量(6.82%和15.53%)。母猪和阉公猪皮下脂肪中多不饱和脂肪酸均以亚麻酸(C18:3)为主,其含量分别为22.07%和23.79%,不存在显著差异,且其在阉公猪肌内脂肪中的含量与其在皮下脂肪中的含量亦不存在显著性差异,而其在母猪皮下脂肪中的含量(22.07%)远远高于其在肌内脂肪中的含量(微量)。

2.4 肌内脂肪和皮下脂肪的脂肪酸组成比较

不同性别猪腿肉肌内脂肪和皮下脂肪中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的含量见图1,可以看出,肌内脂肪中主要以饱和脂肪酸为主,而皮下脂肪则以不饱和脂肪酸为主,尤其是母猪腿肉皮下脂肪中仅单不饱和脂肪酸的含量(51.73%)就占总脂肪酸含量的1/2以上。如图1所示,肌内脂肪中饱和脂肪酸的含量都明显高于皮下脂肪中饱和脂肪酸的含量,尤其是母猪腿肉肌内与皮下脂肪中饱和脂肪酸含量分别为86.94%和21.26%,差异显著,而皮下脂肪中单不饱和脂肪酸的含量则高于其在肌内脂肪中的含量,母猪腿肉皮下脂肪中单不饱和脂肪酸的含量(51.73%)远远高于其在肌内脂肪中的含量(6.82%),阉公猪腿肉皮下脂肪中单不饱和脂肪酸的含量(35.43%)也远高于其在肌内脂肪中的含量(15.53%)。对于肌内与皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量来说,性别不同差异程度不同,母猪腿肉肌内与皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量差异显著,其含量分别为27.00%和6.23%,而阉公猪腿肉皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量(32.28%)与其在肌内脂肪中的含量(29.61%)差异不显著。

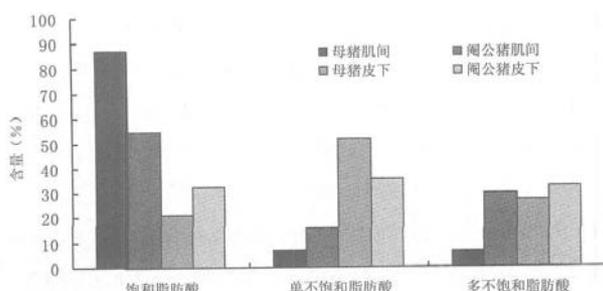


图1 不同性别猪腿肉肌内与皮下脂肪脂肪酸组成

2.5 不同性别猪腿肉脂肪氧化程度的变化

2.5.1 腿肉POV的变化

冷却肉在贮存过程中脂肪的氧化程度决定着冷却肉的外观品质。脂肪氧化不仅会加速冷却肉表面褪色,而且会产生氧化异味,使冷却肉的可接受性变差^[5]。脂肪氧化主要包括自动氧化和光氧化,初级产物都是氢过氧化物尤其是过氧化氢,但脂类自动氧化的主要初产物氢过氧化物相对不稳定,能参与很多复杂的反应,产生无数个相对分子质量、风味阈值及生物学意义不同的化合物^[6]。过氧化值(POV)主要用于测定系统中的过氧化氢含量,通常被用来测定肉类中脂类氧化程度。在氧化初期,氢过氧化物的形成速度超过分解速度,所以过氧化值会呈上升趋势,在氧化后期正好相反,过氧化值则呈下降趋势^[7,8,9]。测定油脂氧化稳定性就是利于上述原理,达到一定的过氧化值的时间可以被用作肉类的脂质氧化稳定性的指数,本文是将过氧化值达到最高值时所需时间的长短作为氧化稳定性衡量指标,所用时间越长,氧化稳定性越大,越不易氧化变质。

不同性别猪腿肉在贮存期间过氧化值的变化如图2所示。从图中可以看出,过氧化值都有先上升后下降的趋势,在第3天时,过氧化值几乎达到最高点,随着贮存时间的延长,氧化生成的初级产物——过氧化物分解速度大于其生成速度,当到第5天时,过氧化值明显减小。所以,0~3天是猪肉脂肪氧化的诱导期,在此期间,过氧化值不断升高。图2表明,不同性别猪腿肉,氧化稳定性不同。在 4 ± 0.5 避光条件下贮存到第三天时,阉公猪和母猪腿肉肌内与皮下脂肪氧化的过氧化值分别为2.24meq/kg、3.43meq/kg、1.33meq/kg、1.67meq/kg,在氧化初期,过氧化值越大,氧化稳定性越差,因此,皮下脂肪氧化稳定性大于肌内脂肪氧化稳定性,阉公猪肌内脂肪氧化稳定性大于母猪肌内脂肪氧化稳定性。随着贮存时间的延长,初级产物——过氧化物不断分解生成次级氧化产物,且分解速度大于其生成速度,所以不同性别猪腿肉肌内和皮下脂肪的过氧化值都逐渐减小,分别为1.54meq/kg、2.50meq/kg、1.10meq/kg和1.07meq/kg,同时表明氧化程度不断加深。

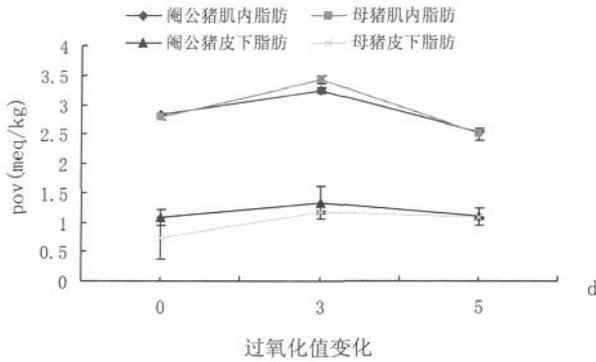


图2 贮存过程中腿肉脂肪POV的变化 (温度4 ± 0.5 °C)

2.5.2 腿肉TBA值的变化

初级产物能迅速分解为次级产物，所以把测定次级产物作为脂肪氧化指标更适宜，肉类食品中脂质的氧化通常采用2-硫代巴比妥酸试验法(即TBA值法)进行评价，这种方法相对比较简单，而且一般与感官分析的数据有很好的相关性，是最广泛的用于评价脂肪氧化程度的实验之一^[10]。随着氧化程度的加深，次级产物不断增多，TBA值不断增大。不同性别猪腿肉在贮存期间TBA值的变化如图3所示。

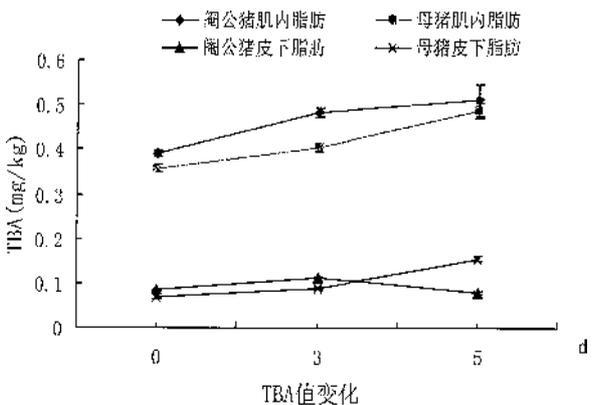


图3 贮存过程中腿肉脂肪TBA值的变化 (温度4 ± 0.5 °C)

由图3可以看出，贮存期间脂肪氧化程度均呈上升趋势，且肌内脂肪的氧化速度远远大于皮下脂肪的氧化速度。一般来讲，当生肉的TBA值超过0.5mg/kg时，人就能感觉到有氧化异味^[11,12]，本试验结果发现，冷却肉在4 ± 0.5 °C下贮存到第5天时，肌内脂肪TBA值才超过0.5mg/kg，影响到肉的食用价值。在第0天时，氧化程度均很小，阉公猪和母猪肌内与皮下脂肪的TBA值分别为0.39mg/kg、0.08mg/kg、0.36mg/kg和0.07mg/kg

kg，且肌内脂肪的TBA值远远高于皮下脂肪的TBA值，而不同性别猪腿肉肌内和皮下脂肪的TBA值都没有显著性差异。随着贮存时间的延长，氧化程度不断加深，TBA值增大，到第3天时，阉公猪和母猪腿肉肌内脂肪的TBA值分别为0.48mg/kg和0.41mg/kg，远远高于皮下脂肪的TBA值(0.11mg/kg、0.09mg/kg)，两者呈现显著性差异。

3 结论

不同性别猪腿肉，肌内脂肪和皮下脂肪含量的差异程度不同，母猪肌内脂肪含量显著高于阉公猪肌内脂肪含量，而皮下脂肪含量母猪则远远低于公猪。腿肉肌内脂肪都以C16:0、C17:0和C18:0为主要组成成分，而皮下脂肪都以C18:0、C18:1和C18:3为主要组成成分。腿肉肌内脂肪中饱和脂肪酸的含量明显高于皮下脂肪中饱和脂肪酸的含量，而皮下脂肪中单不饱和脂肪酸的含量则都高于其在肌内脂肪中的含量。母猪腿肉皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量远远高于其在肌内脂肪中的含量，而阉公猪腿肉中肌内与皮下脂肪中多不饱和脂肪酸的含量没有显著性差异。

在4 ± 0.5 °C避光条件下贮存，0~3天是猪肉脂肪氧化的诱导期，在此期间，过氧化值不断升高。随着氧化程度的加深，次级产物不断增多，TBA值不断增大，且肌内脂肪的氧化速度远远大于皮下脂肪的氧化速度。当贮存到第5天时，阉公猪腿肉肌内脂肪TBA值超标，而母猪腿肉肌内脂肪的TBA值未超过规定范围。

参考文献

[1] Gill, C.O. Extending the Shelf Life of Raw Chilled Meats. Meat science, 1996, (1):99~109.
 [2] M. D Arrigo et al. Effect of dietary linseed oil on pig hepatic tissue fatty acid composition and susceptibility to lipid peroxidation. Food Chemistry, 2002, (79):255~260.
 [3] Ana Isabel Andres et al. Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossing breeding and metabolic type of muscle fibre. Meat Science. 2001, (59):39~47.
 [4] O. Mahgoub. et al. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Orani Jebel Akhdargat goats of different sexes and weights. Meat Science. 2002, (61):381~387. (下转第39页)

值,否则金属元素与氢氧化钠会发生反应形成沉淀物,影响螯合物浓度。

螯合物的pH为6.0,范围可控制在5.5~6.5之间,不要超过7.0。

4.4 操作步骤

4.4.1 螯合铜的制取

在反应容器中,加入1:5硫酸1200毫克,然后加入血粉1000克,在100~105℃下水解反应70分钟,使血粉完全溶解。冷却后加入300克硫酸铜,再加入氢氧化钠溶液,调节pH值为6.0~6.5,在100~105℃下反应6小时。冷却至45℃,加入生物酶,再进行12小时反应。最后浓缩干燥,得复合氨基酸螯合铜。

检测方法:用典量法检测螯合铜含量。

4.4.2 螯合铁的制取

在反应容器中,加入1:5硫酸1200毫克,然后加入血粉1000克,在100~105℃下水解反应70分钟,使血粉完全溶解。冷却后加入200克硫酸亚铁,再加入氢氧化钠溶液,调节pH值为6.0~6.5,在100~105℃下反应6小时,冷却至45℃,加入生物酶,再进行12小时反应,最后浓缩干燥,得复合氨基酸螯合铁。

检测方法:用邻菲咯啉比色法检测螯合铁含量。

4.4.3 螯合锌的制取

在反应容器中,加入1:5硫酸1200毫克,然后加入血粉1000克,在100~105℃下水解反应70分钟,使血粉完全溶解。冷却后加入300克硫酸锌,再加入氢氧化钠溶液,调节pH5.5~6.0,在100~105℃下反应6小时。冷却至45℃,加入生物酶,再进行12小时反应。最后浓缩干燥,得复合氨基酸螯合锌。

检测方法:用亚铁氰化物滴定法检测螯合锌含量。

4.4.4 螯合锰制取

在反应容器中,加入1:5硫酸1200毫克,然后加入血粉1000克,在100~105℃下水解反应70分钟,使血粉完全溶解。冷却后加入200克硫酸锰,再加入氢氧化钠溶液,调节pH值为6.0~6.5,在100~105℃下反应6小时。冷却至45℃,加入生物酶,再进行12小时反应。最后浓缩干燥,得复合氨基酸螯合锰。

检测方法:用高锰酸钾检测螯合锰含量。

4.5 结论

由上述工艺可知,血粉用酸酶法生产复合微量元素氨基酸螯合物,纯度高、稳定性强、生产成本低,符合市场要求。

新工艺比较适合一些中小型饲料企业生产,具有推广应用的价值。

参考文献

- [1] 韩陆奇,世界猪肉产销与我国出口展望.肉类研究,2003.4:3~5.
- [2] 韩陆奇,畜禽血的开发利用.肉类研究,1995,3:41~43.
- [3] 汪世新等,禽畜血的开发利用.肉类研究,1995,3:41~43.
- [4] 韩友文主编,微量元素螯合物的研制及其应用研究文集.饲料博览,2001,增刊.
- [5] 张学明等,微量元素氨基酸络合物在混合饲料中理化性质的研究.饲料工业,2002,2:33~35.
- [6] 方俊,蛋氨酸螯合锌替代无机锌对仔猪的影响.饲料研究,2003,2:9~10.
- [7] 郑秋萍等,蛋氨酸锌在反刍动物上的应用.饲料研究,2003.2:27~28.
- [8] 王爱枝等.食品中脂肪的酸败及检测.肉类研究,1998,(8):34.
- [9] Sotiriou Kiokias, Antioxidant properties of annatto carotenoids. Food Chemistry. 2003, (83):523~529.
- [10] 王正勇.肉制品中的脂肪氧化.江苏食品与发酵.1999(1):16~19.
- [11] 王爱枝等.食品中脂肪的酸败及检测.肉类研究,1998,(8):34.
- [12] N. Bragagnolo et al. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. Food Chemistry 2002 (79): 255~260.

.....
(上接第24页)

- [5] 王爱枝等.食品中脂肪的酸败及检测.肉类研究,1998,(8):34.
- [6] 谢笔均.食品化学.科学出版社.2004.
- [7] Andresetal.Oxidativestabilityandfattyacidcomposition of pig muscles as affected by rearing system, crossing breedingandmetabolic typeof muscle fibre. Meat Science. 2001, (59): 39~47.
- [8] Hovenier et al. Pig News and Information. 1993, Vol. 14.1 .17~25