



# 光对冷却肉脂肪氧化和色泽变化的影响

霍晓娜, 李兴民

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院 100083)

**摘要:** 本文研究了不同光性质对脂肪氧化变化和色泽变化的影响。研究发现, 选择照明光源(日光灯和白炽灯)时应根据贮存温度而定, 在  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  温度下贮存时, 两种光源对脂肪氧化程度影响之间不存在显著性差异 ( $p > 0.05$ ), 但日光灯照明可以延缓颜色发生变化, 而在  $9 \pm 1^\circ\text{C}$  温度下贮存时, 采用白炽灯照明较适, 可延缓脂肪氧化和变色发生。在  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  贮存温度下, 采用日光灯照明时, 光照强度低于 750lux 的情况下, 光强大小对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响较小。在  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  贮存温度下, 激发波长低于 550nm 的蓝光和绿光能明显加快猪肉脂肪氧化和变色。

**关键词:** 脂肪酸组成; 光照条件; 脂肪氧化; 冷却肉

## Effects of Light on Lipid Oxidation and Color Change of Chilled Meat

Huo xiao-na, Li xing-min

(College of Food Science and Nutritional Engineering of China Agricultural University, Beijing 100083)

**Abstract:** The paper compared the influence of different light sources (fluorescent lamp and incandescent), intensity and wavelength on lipid oxidation of chilled meat stored at  $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  and  $9 \pm 1^\circ\text{C}$ . The results showed: 1, the choice of light sources should basis on temperature, the effect of fluorescent lamp and incandescent light on lipid oxidation are not significant ( $p > 0.05$ ), but fluorescent lamp can delay color changes at  $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , however, incandescent light can control lipid oxidation and color changes compared with fluorescent lamp at  $9^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ . 2, when using fluorescent lamp as illuminance, the effect of light intensity under 750lux and light wavelength up 550nm on lipid oxidation and color changes is more less at  $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , so it should use the light wavelength under 550nm and light intensity under 750lux as illuminance to delay lipid oxidation and color changes.

**Key words:** Fatty acid composition; Illuminative condition; Lipid oxidation; Chilled meat

中图分类号: TS251.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-8123 (2008)02-0003-08

### 前言

我国肉类工业在新中国建立的五十年来, 特别是改革开放的二十几年来 已取得了举世瞩目的

成就已经连续十年为世界第一产肉大国, 但是我国肉类生产技术仍较落后, 加工能力低, 流通性能差, 肉类总产中 90% 以上是未加工的鲜肉直接出

售。目前我国人民消费的鲜肉主要有三种形式：热鲜肉、冷却肉和冷冻肉。

冷却肉是指严格执行检疫制度屠宰后的畜胴体迅速进行冷却处理，使胴体稳温度（后腿肉中心为测定点）在24h内降为0~4℃，并在后序的加工、流通和零售过程中始终保持在0~4℃范围内的鲜肉。六十年代，先进国家冷却肉加工与流通的温度降至0~4℃范围，近十年来，由于肉类工业的现代化程度的提高，卫生条件的改善和从节能角度出发，国际上已将冷却肉的上限温度从4℃提高到7℃。冷却温度的确定主要是以抑制微生物的生长繁殖为出发点，即冷却肉始终处于冷却链控制之下，保持温度在0~4℃，不可超过7℃，这是确保冷却肉产品质量与安全卫生的重要措施。下面列出了冷却肉加工与流通全过程各环节所要求的环境温度和允许滞留时间（张子平2001）。冷却肉加工需要冷却链的保证（如下）：

由于冷却肉始终处于冷链过程，迅速排除肉体热量，降低深层温度，并在肉的表面形成一层干燥膜，减缓肉体内部水分的蒸发，延长了肉的保藏期限，并抑制了大多数微生物的生长，肉毒梭菌和金黄色葡萄球菌等致病菌几乎不分泌毒素，可以确保肉的安全卫生。另外，冷却肉中肌糖元酵解生成的乳酸也可抑制或杀死肉中的部分微生物，安全卫生性得到一定保障。冷却肉从屠宰到销售过程，大约要经过2天时间，这是一个自然成熟的过程。刚刚屠宰完毕的猪胴体由于肌肉组织内部氧气供应停止，肌肉的无氧糖酵解代替了有氧呼吸代谢，糖原酵解产生乳酸，ATP降解为ADP并释放出能量，使肌球蛋白与肌动蛋白收缩结合成肌动球蛋白。但由于在无氧条件下1分子糖原仅产生3分子ATP（有氧条件下为39分子ATP），ATP数量急剧减少，肌肉收缩无法解除，这种现象称为死后僵直，同时由于乳酸的蓄积，肉的pH值逐渐下降，在正常情况下，宰后24小时猪肉pH值可降至5.8。在2~4℃条件，1~2天后死后僵直阶段结束，肌动球蛋白离解为肌球蛋白与肌动蛋白，肉的质地逐渐变软，肌肉中凝胶态的蛋白质在酶作用下变为溶胶状，并通过自溶酶的作用，使部分肌浆蛋

白质分解成肽和氨基酸等，从而破坏了其胶体性，增强了亲水性，同时ATP分解成次黄嘌呤核苷酸，且肌肉中肌原纤维的连接结构会变得脆弱并断裂成小片化，使肉变得柔嫩多汁，肉汤透明，并富有特殊的肉香味和鲜味。可见，冷却肉是一种更科学、更卫生、更营养的生肉新产品。

冷却肉生产过程中实施了HACCP全过程质量控制，卫生品质更好，但货架期多在3~5天之间，货架期短是限制冷却肉在我国大力发展的主要瓶颈所在。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。冷却肉加工、流通和贮藏过程中，不可避免的受到温度、光、射线、氧、水分和催化剂等外界环境的影响，这些因素会使肉本身的脂肪发生氧化。脂质氧化始于亚细胞膜上的磷脂，使生物膜完整性受到破坏，细胞内液体被释出，导致更多的汁液损失，同时也使肌肉中的多不饱和脂肪酸、脂溶性维生素等含量下降，脂类氧化产生醛、醇、酮等有机化合物，其气味和味道很难被消费者接受，降低了肉的质量和营养价值，从而阻碍了冷却肉的生产与销售。脂肪氧化生成的过氧化物可能对人体健康有害，并且氧化严重时会产生一些有毒性化合物，脂质氧化产生的过氧化物含量过高，会导致冠心病和癌症等现代病，从而危及消费者的健康甚至生命。综上所述，控制肉类中脂肪氧化有着非常重要的意义，在过去的40年中，肉类中脂质的氧化一直也是大量研究工作的主题。

冷却肉具有良好的滋味和气味，口感细腻，滋味鲜美，安全卫生，是目前市场上质量最好的生鲜肉。但由于冷却肉中脂肪氧化产生令人不愉快的气味、苦涩味，极大地降低了肉的质量和营养价值。尤其是暴露在光线中会引起肉的光氧化反应，光氧化速度很快，其反应速度是自动氧化的千倍，从而会明显加快脂肪氧化酸败。对于光照影响作用，国外研究比较深入，国外在研究日光灯对乳及乳制品、油脂和其它食品的品质影响中表明，光源的光谱范围、光强、食物的组成及包装材料的透过率等均影响到食品在光照条件下的劣变程度。Mats Lennersten and Hans Lingnert (2000)研究发

卫生检验→屠宰→快速冷却→分割剔骨→包装→冷藏→运输→超市零售

环境温度(℃):	0~4	8~12	8~12	0~4	≤7	≤7
允许时间(h):	24	0.5	0.5	24	—	48

现光波长大于470nm的光源对蛋黄酱脂肪氧化没有影响或影响很小, Sattar et al.(1976)在研究光波长对油脂脂肪氧化的影响作用时表明, 光波长大于455nm时没有影响或作用很小。国内关于光照对脂肪氧化影响方面的研究仅限于氧化机理的研究, 而对不同光照条件对脂肪氧化影响程度的研究尚属空白, 本文目的主要是研究不同光源、光照强度和光照波长对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响, 找到对脂肪氧化和色泽变化影响较小的光照条件, 为冷却肉的合理贮存、流通和销售提供依据。

### 1.1 材料与方

#### 1.1.1 材料与试剂

冷却肉 原料肉取自北京顺义区鹏程食品有限公司猪肉, 屠宰后在预冷室内( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ )冷却24h后, 取通脊肉作为实验材料, 用装有碎冰的保温箱运回实验室。

试剂 三氯乙酸、硫代巴比妥酸、三氯甲烷、0.04M磷酸缓冲液(pH6.8)等为分析纯

#### 1.1.2 主要仪器及设备

自动测色色差计 (WSC-S 上海)

紫外可见分光光度计 (UV-2102C 山东)

多功能食品加工机 (SQZ119A 上海)

冷冻离心机 (GL-20G-II)

台式恒温振荡器 (THZ-22 江苏)

漩涡振荡器 (OL-901型 其林贝尔公司)

#### 1.1.3 试验方法

色泽的测定 自动测色色差计测定。肉表面的颜色(L、a、b)在每天打开保鲜膜后立即用色差计进行测定。每个肉样测定3次, 取其平均值。

TBA值(硫代巴比妥酸值)的测定 国标

MMb%的测定 肉表面MMb%的测定采用分光光度计法(Krzywicki, 1979)。将肉样中的高铁肌红蛋白在低温下( $1^\circ\text{C}$ )利用0.04M磷酸缓冲液(pH6.8)提取, 然后测定其在525nm, 572nm和700nm下的吸光度值, 通过以下公式计算MMb%。

$$\text{MMb\%} = \{1.395 - [(A572 - A700) / (A525 - A700)]\} \times 100$$

肉样的处理 将取回的肉样分割成约50g重的肉块, 分别在 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 和 $9^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 温度下采用托盘包装, 进行避光、白炽灯照射和日光灯照射(照射强度均为 $400 \pm 20\text{lux}$ ), 分别在第1天和第3天时从各处理组中三块进行a和TBA值检测。

同时在 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度采用托盘包装, 分别在避

光、光强度为60~90lux、350~450lux、750~850lux、950~1150lux和1900~2000lux的日光灯照射下贮存, 每天从各组中取三块进行各项指标检测。

将取回的肉样分割成约50g重的肉块, 分别进行避光、蓝光、绿光、黄光和红光照射(照射强度均为 $100 \pm 20\text{lux}$ ), 在 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度下采用托盘包装, 每天从各组中取三块进行各项指标检测。

### 1.2 结果与分析

#### 1.2.1 不同贮存温度下脂肪氧化和色泽变化

冷却肉的色泽是其品质的一个重要方面, 是决定消费者购买行为的最直接因素。利用色差计可以测定肉的L(亮度)值、a(红度)值和b(黄度)值, 如果冷却肉表面大部分肌红蛋白以氧合肌红蛋白的形式存在, 肉色表现为鲜红, 此时测定的红度值较高, 随着贮存时间的延长, 冷却肉表面的肌红蛋白逐渐被氧化成褐色的高铁肌红蛋白, 肉色表现为棕褐色, 检测到的红度值相对较低。

表1反映了不同陈放温度及光源照射对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响。由表中的数据可以看出, 在温度为 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 陈放时, 无论是避光还是光照条件, 在第1天和第3天猪肉脂肪氧化的TBA值之间均没有显著性差异( $p > 0.05$ ), 但红度值a之间均存在显著性差异( $p < 0.05$ ), 且在日光灯照射下, 在第1天和第3天时a值均比避光和日光灯照射下的a值低, 色泽相对较差。因此, 猪肉在 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度下陈放, 光源对脂肪氧化程度没有明显的影响, 但对色泽的变化影响较明显, 光照条件加快猪肉的变色, 尤其是在白炽灯照射下, 变色速度相对较快, 从而降低了肉的感官品质。

由图1可以看出, 在 $9^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 温度下陈放的猪肉, 光照不仅影响色泽变化, 而且会明显加快脂肪氧化, 白炽灯和日光灯照射下, 脂肪氧化指标(TBA值)和红度值(a)在第1天和第3天时都存在显著性差异( $p < 0.05$ ), 尤其是日光灯照射下陈放的猪肉, TBA值相对较高, a值相对较低, 因此, 猪肉脂肪氧化程度较深, 色泽变化较大, 严重影响肉的感官品质和食用品质, 因此, 在此温度下陈放猪肉, 为延缓脂肪氧化和变色发生, 采用白炽灯进行照明较适, 而在 $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度下陈放猪肉时, 虽然光源类型对脂肪氧化影响不大, 但白炽灯较明显加快变色, 因而, 为减少猪肉变色而引起感官品质降低, 在此温度下陈放时, 采用日光灯照明较适。

表1 不同温度贮存3天后各处理数据表

贮存温度	照射光源	贮存天数	TBA (mg/kg)	指标 a
4±2℃	避光	1	0.30±0.01 a	20.36±0.07 a
		3	0.36±0.01 a	18.16±0.09 b
	白炽灯	1	0.31±0.03 a	19.60±0.15 a
		3	0.37±0.02 a	16.22±0.08 b
	日光灯	1	0.33±0.02 a	20.14±0.08 a
		3	0.37±0.02 a	17.49±0.11 b
9±1℃	避光	1	0.32±0.03 a	19.36±0.13 a
		3	0.38±0.01 a	16.23±0.06 b
	白炽灯	1	0.30±0.01 a	18.24±0.08 a
		3	0.41±0.02 b	14.54±0.05 b
	日光灯	1	0.37±0.01 a	17.20±0.22 a
		3	0.42±0.02 b	14.02±0.15 b

N=3 (表中数据为三次测定的平均值);

小写字母相同者差异不显著 (P>0.05)。

### 1.2.2 不同光照强度下猪肉脂肪氧化TBA值的变化

TBA值是动物性油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的衍生物如丙二醛等与TBA反应的结果,它表明脂肪二级氧化即次级氧化产物的多少。随着氧化程度的加深,次级产物不断增多,TBA值不断增大,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。不同光照强度条件下冷却肉贮存期间TBA值的变化如图1所示。

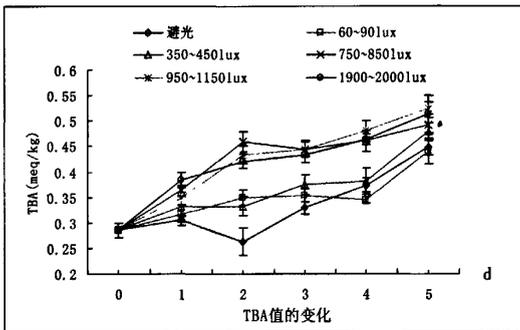


图1 不同光照强度下贮存期间TBA值的变化(4±2℃)

从图1-1可以看出,贮存期间,任何强度的光照都会加深猪肉脂肪氧化的程度,这是因为暴露在光线中会引起肉的光氧化反应,光氧化速度很快,其反应速度是自动氧化的千倍,从而会明显加快脂肪氧化酸败。不同强度的光照条件对脂肪氧化加深程度不同,在光照强度低于750lux各组中,贮存期间,脂肪氧化程度与在避光条件下脂肪氧化程度没有显著性差异 (p>0.05),脂肪氧化加深程度也不明显,而当光照强度在750~850lux时,脂肪氧化程度明显加深,从贮存第1天开始就与低于750lux光强照射下的各组肉样脂肪氧化程度存在显著性差异 (p<0.05),当光照强度超过750lux时,随着光照强度的增大,脂肪氧化加深程度也不明显,各组中脂肪氧化TBA值之间没有显著性差

异 (p>0.05)。充分说明,低于750lux光照强度对猪肉中脂肪氧化影响不大,而高于750lux光照强度对脂肪氧化影响较大,可以明显的加深脂肪氧化程度,促进猪肉脂肪氧化酸败,因此,猪肉应陈列于光照强度低于750lux的光照条件下,以减弱光氧化对猪肉品质劣变的影响程度。

### 1.2.3 不同光照强度下猪肉色泽的变化

不同光照强度条件下冷却肉贮存期间a值变化如图2所示。

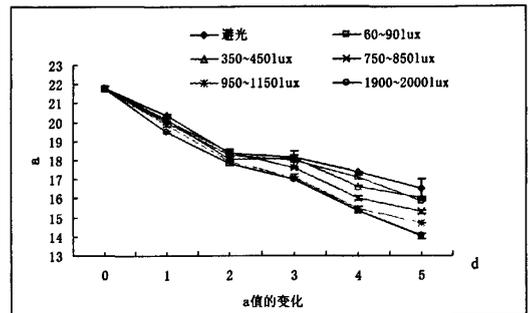


图2 不同光照强度下贮存期间a的变化(4±2℃)

由图2可以看出,无论是避光还是光照条件下,红度值(a值)随着贮存时间的延长而减小,说明肉的颜色越来越差。光照强度越大,a值变化程度越大,尤其当光照强度高于950lux时,从贮存第1天开始,a值就与低于950lux光照强度下照射的各组肉样的a值存在显著性差异 (p<0.05),这是由于较高的光照强度显著地加深脂肪光氧化程度,肉中的脂肪氧化不仅会使冷却肉产生氧化异味,使肉质下降,同时,脂肪氧化与冷却肉的褪色之间也存在着密切的关系。脂肪氧化过程中产生的自由基极大地破坏肉中的色素,从而加快肉的变色。当光照强度低于950lux时,在4℃±2℃下贮存前3天,不同光照强度下的各组肉样a值之间没有显著性差异 (p>0.05),而贮存到第4天时,750~850lux光强照射下的肉样a值急剧下降,与其它光强下各组a值出现显著性差异 (p<0.05),这说明在低于950lux的光照强度下贮存3天,光强大小对色泽的影响不大,贮存天后,高于750lux光强照射会加快变色,因此,应选择低于750lux的光强照射,以减少光照对猪肉色泽的影响。

### 1.2.4 不同光照强度下猪肉中MMb%的变化

肌红蛋白有还原型肌红蛋白 (Mb)、氧合型肌红蛋白 (MbO<sub>2</sub>) 和高铁型肌红蛋白 (MMb) 三种化学存在形式,它们在一定条件下可以相互转化,

所表现出来的颜色分别为暗紫色、鲜红色和棕褐色。肉中的肌红蛋白很少以单一的化学形式出现，常常是几种化学形式共存并且相互转化，肉的颜色主要是由三者所占的比例和在肉中的分布决定的。如肉中肌红蛋白以 MbO<sub>2</sub> 形式占主导地位，肉色就保持新鲜红色，MMb 是导致鲜肉变色的主要色素物质，如果某部位的肌红蛋白有 60% 被氧化成高铁肌红蛋白，则该部位的肉色就会变褐。不同光照强度条件冷却肉贮存期间 MMb% 变化如图 3 所示。

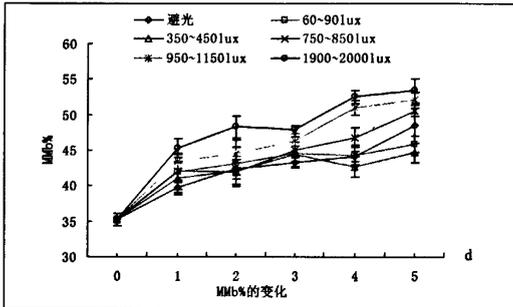


图 3 不同光照强度下贮存期间 MMb% 的变化(4 ± 2℃)

由于冷却肉红度值 a 和 MMb% 之间有很强的负相关性 (戴瑞彤, 2001), 红度值越高, MMb% 相应较低。从图中看出, 各组中 MMb% 的变化有升有降, 但总体呈上升趋势, 这可能是由于肉本身也含有一定量的还原酶, 可以把 MMb 还原成肌红蛋白, 从而使 MMb 含量降低, 但随着贮存时间的延长, 这种酶的活性可能会逐渐减弱以至消失<sup>[11]</sup>, 生成的高铁肌红蛋白不断积累, 最终肉中肌红蛋白以高铁肌红蛋白的形式为主导, 从而使肉的红度值 a 降低, 肉呈现棕褐色。尤其是在较高光强照射 (>750lux) 下, 由于脂肪氧化加快, 脂肪氧化过程中会产生一些自由基, 这些自由基会进攻肌红蛋白的血红素辅基部分, 使血红素辅基中心的 Fe<sup>2+</sup> 氧化成 Fe<sup>3+</sup>。自由基在破坏血红素的同时, 还会破坏肉中一些酶的活性, 其中包括高铁肌红蛋白还原酶, 酶活性的破坏, 使得冷却肉在贮存过程中产生的一些 MMb 不能及时被还原, 在 4℃ ± 2℃ 贮存后期 (3 天后) 随着 MMb 的积累, 肉逐渐由鲜红色变为棕褐色, 由于生肉中 MMb 的积累和脂肪氧化之间的相关系数达到了 r=0.73, 肉变色后产生的 Fe<sup>3+</sup> 又是脂肪氧化的催化剂。因此, 将肉在低于 750lux 光强照射下陈放较适, 以延缓由于脂肪氧化的反应而促进 MMb 急剧积累造成肉的变色。

1.2.5 光波长及包装材料的透光率

试验所采用的照明灯的光波长及其代表波长见表 2 和图 4。包装材料保鲜膜的透光率见图 5 所示。由图可以看出, 在试验所采用的光源中, 保鲜膜的透光率一致, 均为 90%, 从而说明包装材料对各波长光源的透光率没有影响。

表 2 光波长及其代表波长

光色	波长 λ (nm)	代表波长 (nm)
蓝 (Blue)	470~410	435
绿 (Green)	550~460	546
红 (Red)	750~630	610

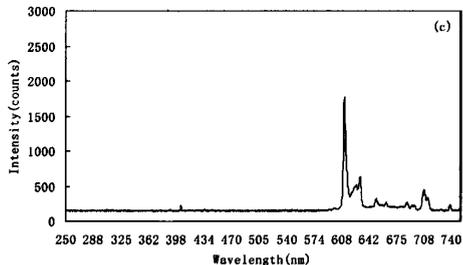
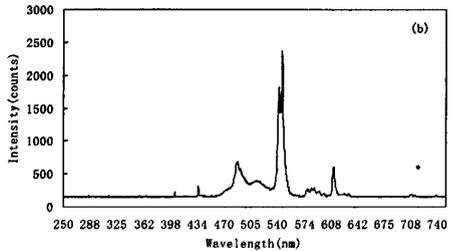
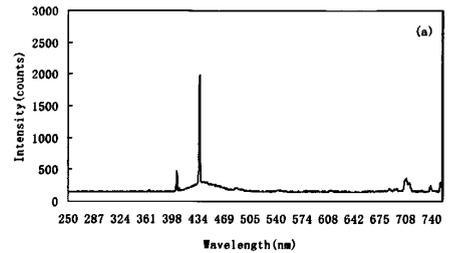


图 4 (a)蓝光 (b)绿光 (c)红光光波长分布图 (光强均为 180~220lux)

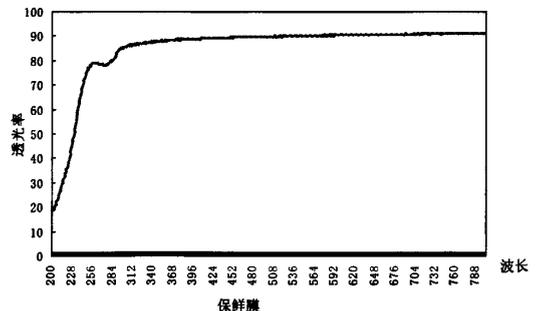


图 5 保鲜膜在不同波长下的透光率(T%)

## 1.2.6 不同光照波长下猪肉脂肪氧化TBA值的变化

TBA 值是动物性油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的衍生物如丙二醛等与 TBA 反应的结果,它表明脂肪二级氧化即次级氧化产物的多少。随着氧化程度的加深,次级产物不断增多,TBA 值不断增大,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。不同光照波长条件下冷却肉贮存期间 TBA 值的变化如图 6 所示。

从图 6 可以看出,贮存期间,在蓝光和绿光照射下的猪肉脂肪氧化速度较快,从贮存第 1 天开始就与避光及黄光和红光照射条件下脂肪氧化的 TBA 值存在显著性差异( $p < 0.05$ ),且蓝光和绿光照射下贮存期间 TBA 值之间均不存在显著性差异( $p > 0.05$ ),而黄光和红光照射下氧化变化与避光条件下没有显著性差异( $p > 0.05$ ),从而说明,激发波长低于 550nm 的光照能加快脂肪氧化劣变,而高于 550nm 的激发波长对脂肪氧化影响不大。

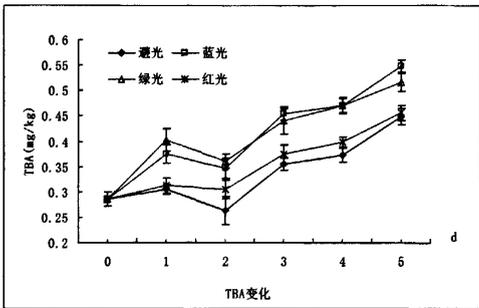


图 6 不同光波长下贮存期间 TBA 值的变化(4 ± 2℃)

## 1.2.7 不同光波长下色泽变化情况

冷却肉的颜色是其品质的一个重要方面,是决定消费者购买行为的最直接因素。随着贮存时间的延长,冷却肉表面的肌红蛋白逐渐被氧化成褐色的高铁肌红蛋白,肉色表现为棕褐色,检测到的红度值相对较低。贮存期间冷却肉在不同光波长下色泽的变化见图 7。

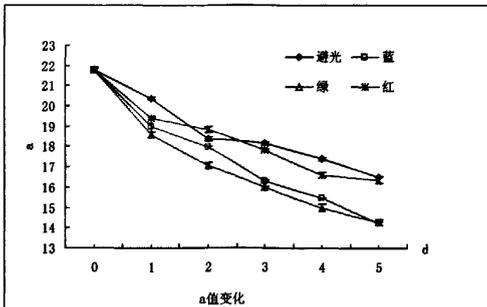


图 7 不同光照强度下贮存期间 a 的变化(4 ± 2℃)

由图 7 可以看出,红度值(a 值)随着贮存时间的延长而减小,说明肉的颜色越来越差。尤其是在蓝光和绿光照射下,猪肉 a 值下降更快,贮存到第 4 天时,肉色已经变为棕褐色,不被消费者所接受。而在黄光和红光照射下,贮存期间 a 值与避光条件下 a 值变化不存在显著性差异( $p > 0.05$ ),猪肉一直保持鲜红色,不同光照条件下,色泽变化程度存在差异,这主要是由于低于激发波长 550nm 的光线能显著加快脂肪氧化速度,而脂肪氧化与冷却肉的褪色之间也存在着密切的关系,脂肪氧化过程中产生的自由基极大地破坏肉中的色素,从而加快肉的变色。

## 1.2.8 不同光照强度下猪肉中 MMb% 的变化

不同光照波长条件下冷却肉贮存期间 MMb% 的变化如图 8 所示。

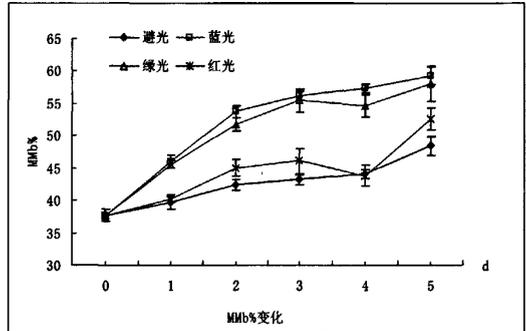


图 8 不同光照强度下贮存期间 MMb% 的变化(4 ± 2℃)

从图中看出,各组中 MMb% 的变化有升有降,但总体呈上升趋势,这可能是由于肉本身也含有一定量的还原酶,可以把 MMb 还原成肌红蛋白,从而使 MMb 含量降低,但随着贮存时间的延长,这种酶的活性可能会逐渐减弱以至消失,生成的高铁肌红蛋白不断积累,最终肉中肌红蛋白以高铁肌红蛋白的形式为主导,从而使肉的红度值 a 降低,肉呈现棕褐色。尤其是在蓝光和绿光照射下,高铁肌红蛋白的含量增加速度较快,而在黄光和红光照射下,其含量变化不大,这是由于蓝光和绿光(即激发波长低于 550nm)能使脂肪氧化速度加快,而脂肪氧化过程中产生的自由基会进攻肌红蛋白的血红素辅基部分,使血红素辅基中心的  $Fe^{2+}$  氧化成  $Fe^{3+}$ (即肌红蛋白或氧合肌红蛋白变为高铁肌红蛋白),同时,还会破坏肉中一些酶的活性,其中包括高铁肌红蛋白还原酶,酶活性的破坏,使得冷却肉在贮存过程中产生的一些 MMb 不能及时被

还原,从而在低于550nm波长下贮存,随着MMb不断积累,肉逐渐由鲜红色变为棕褐色。由于生肉中MMb的积累和脂肪氧化之间的相关系数达到了 $r=0.73$ ,肉变色后产生的 $Fe^{3+}$ 又是脂肪氧化的催化剂,因此,销售时应采用激发波长大于550nm的光源作为照明设施,以延缓由于脂肪光氧化的反应而促进MMb急剧积累造成肉的变色。

### 1.3 结论

1.3.1 选择照明光源时应根据贮存温度而定,在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 温度下陈放时,采用日光灯照明可以延缓变色发生,而在 $9\text{℃}\pm 1\text{℃}$ 温度下陈放时,采用白炽灯照明较适,可以延缓脂肪氧化和变色发生。

1.3.2 在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 贮存温度下,采用日光灯照明时,光照强度低于750lux的情况下,各处理组在贮存期间TBA、a值和MMb%之间均没有显著性差异( $p>0.05$ ),光强大小对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响较小,建议在销售过程中采用低于750lux的光照强度进行照明。

1.3.3 在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 贮存温度下,激发波长低于550nm的蓝光和绿光能明显加快猪肉脂肪氧化和变色速度,因此,在销售过程中,应采用激发波长大于550nm的光源作为照明设施,以延缓由于脂肪氧化和褪色而导致品质下降。

## 2 总结与展望

### 2.1 总结

光照可加速脂肪氧化,但光照条件不同对脂肪氧化程度影响大小不同。在 $9\text{℃}\pm 1\text{℃}$ 和 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 温度贮藏猪肉,均采用日光灯和白炽灯照射(光照强度为 $400\pm 20\text{lux}$ )不同光源照射研究发现,照明光源的选择应根据贮存温度而定,在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 温度下陈放时,两种光源对脂肪氧化程度影响之间不存在显著性差异( $p>0.05$ ),但采用日光灯照明可以延缓变色发生,而在 $9\text{℃}\pm 1\text{℃}$ 温度下陈放时,采用白炽灯照明较适,可以延缓脂肪氧化和变色发生。

在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 贮存温度下,采用日光灯照明时,光照强度低于750lux的情况下,各处理组在贮存期间TBA、a值和MMb%之间均没有显著性差异( $p>0.05$ ),光强大小对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响较小,建议在销售过程中采用低于750lux的光照强度进行照明。

在 $4\text{℃}\pm 2\text{℃}$ 贮存温度下,激发波长低于550nm的蓝光和绿光能明显加快猪肉脂肪氧化和变色速度,因此,在销售过程中,应采用激发波长大于550nm的光源作为照明设施,以延缓由于脂肪氧化和褪色而导致品质下降。

### 2.2 展望

本试验侧重于关于冷却肉的应用性研究,对冷却肉脂肪氧化的基础理论仍需作进一步的研究,尤其是光氧化方面的基础研究还需要作深入的探索,例如光氧化生成的中间产物类型、生成的挥发性及非挥发性成分。

## 参考文献

- 丁耐克. 食品风味化学. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- 蒋爱民. 畜产品工艺学. 中国农业出版社, 1999.
- 靳辉. 高压处理对牛肉保藏性能的影响. 2000, (1): 41~45.
- 刘学浩, 孙连富. HACCP与冷却肉加工技术. 肉类研究. 2003, (1): 16~18.
- 刘东红, 应铁进, 王小寒. 气调包装微机控制动态配气系统的研制. 农业工程学报. 2002, (5): 5~8.
- 王金枝等. 冷却肉保鲜的研究进展. 黑龙江畜牧兽医, 2004, (5): 66~67.
- 王绪茂等. 冷却肉的冷却与包装. 肉类研究, 1999, (1): 35~43.
- 王璋, 许时婴, 汤坚. 食品化学. 中国轻工业出版社, 1999.
- 王楚端等. 长白猪、北京黑猪及东北民猪脂肪破及氨基酸组成. 中国畜牧杂志. 1996, (6): 19~21.
- 汪秋安. 天然食品保鲜剂及其应用. 江苏食品与发酵, 1999, (3): 36~38.
- 隋继学. 我国冷却肉发展前景展望. 郑州牧业工程高等专科学校学报. 2001, (2): 117~120.
- 汤凤霞, 高飞云, 乔长晟. 蜂胶对猪肉保鲜效果的初步研究. 宁夏农学院学报. 1999, (2): 37~40.
- 徐宝才等. 肉及肉制品贮藏过程中的品质变化及影响因素. 肉类工业 2004, (4): 21~24.
- 张子平. 冷却肉的加工技术及质量控制. 食品科学. 2001(1): 83~89.
- Asensio, M.A., Ordóñez, J.A., & Sanz, B.. Effect of carbon

- dioxide and oxygen enriched atmosphere on the shelf-life of refrigerated pork packed in plastic bags. *Journal of Food Protection*, 1988, 51(5): 356~360.
- Andres A I, Cava. R., Mayoral A I. et al. Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, 2001, 59: 39~47.
- Adams. J. R. and Huffman. D. L. . Effect of controlled gas atmospheres and temperature on quality of packaged pork. *Food Sci.*, 1972, (37): 869.
- Baran. W. L. , Kraft. A. A. , and Walker. H. W. . Effect of carbon dioxide and vacuum packaging on color and bacteria count on meat. *Milk and Food Tech.* , 1969, (33): 77.
- Baltzer. J. . The relationship between bacterial contamination and growth on meats and the quality of meat products. *Proc. Recip. Meat Conf.* , 1969, (22): 294.
- Blickstad. E. and Mollin. G. . Carbon dioxide as a controller of the spoilage flora of pork with special reference to temperature and sodium chloride. *Food Protect.* , 1983, (46): 756~763.
- Belousov. A. A. . Ultrastructural and biochemical changes in the muscular tissue of chilled beef as related to storage procedures. *Proc. European Meeting of Meat Res. Workers.* , 1973, (19): 209.
- Besser. T. , and Kramer. A. . Changes in quality and nutritional composition of foods preserved by gas exchange. *Food Sci.* , 1972, (37): 820.
- Cantoni. C. and Bolther. J. . Preservation of fresh beef vacuum-packaging in plastic materials. *Veterinary University of Milan, Milan Italy.* 1974
- Clark. D. S. , and Lentz. C. P. . The effect of carbon dioxide on the growth of slime producing bacteria on fresh beef. *Can. Inst. Food. Sci. Technol.* 1969, Vol. 2: 72.
- Clark. D. S. , and Lentz. C. P. . Use of carbon dioxide for extending shelf-life of prepackaged beef. *Inst. Can. Sci. Technol.* 1972, (2): 72.
- Cort. W. M. , Scott. J. W. , & Harley. J. H. . Proposed antioxidant. Exhibits useful properties. *Food Technology*, 1975, (11): 46~50.

## 广东靓汤——ADD汤料

“食在广州”，汤是粤菜的一大特色和灵魂。

广东汤选材广泛，山珍海味，搭配讲究，不添加味精。注重补、滋、润、凉等功效，汤味甘美，鲜淡、纯厚，喝出原汁原味。

广州江大和风公司通过多年探讨和反复试验，选不同原料搭配，将广东厨房煲汤转化为工业化生产，在工艺的放大处理方面花了大量的功夫，终于研制出一系列汤味十足的新产品广东靓汤——ADD汤料（粉体和膏体），该产品选用猪、鸡、牛、海鲜、鱼类、深海藻类、高山野生菌、天然煲汤材料及一些天然提取物，通过厨房工业化的前处理，精炖、定向酶解等工艺制成地道纯天然的粉状和膏状广东靓汤——ADD汤料。该产品含有丰富的氨基酸，如谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苯丙氨酸，各种氨基酸物质的综合性使汤味纯厚、鲜美。丰富天然的维生素A、维生素B、维生素C，让口味天然。产品耐高温抗低温，使用方法简单，在产品成形或包装前添加，添加量根据口感需求可多可少没有副作用，主要解决目前方便面、鸡精、菜肴、速冻等产品的汤底厚味不足，汤的鲜美味不够，尤其是骨汤方便面、鸡汤方便面、海鲜方便面口味总是不够厚实现状。现有方便面的牛肉面、鸡汤面、排骨面、海鲜面等酱包或粉包中适当添加此汤料，加入味道就呈现出汤底味十足，口感丰满、厚实，该产品的上市是应需而生，满足了大众消费者的需求，在调研过程中，试调的消费人员亲切的称之为广东靓汤——汤料；这些汤料归类称之为：

- 大骨浓汤——ADD汤料
- 土鸡老汤——ADD汤料
- 海鲜鲜汤——ADD汤料



(广州江大和风 陈培基)