

光源和光照度对猪肉脂肪氧化程度和色泽变化的影响

霍晓娜 李兴民 刘毅 南庆贤

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要 为找到对猪肉脂肪氧化和色泽变化影响较小的光源及光照度范围,为冷却肉的合理贮存、流通条件的确定提供依据,在(4 ±2) 和(9 ±1) 贮存条件下,采用避光、白炽灯和日光灯,进行了不同光源照明实验,并在(4 ±2) 、日光灯照明贮存条件下,60~2 000 lx 光照度范围内设置 6 种处理,进行了不同光照度实验。结果表明:在(4 ±2) 温度下贮存时,不同光源各处理 TBA(硫代巴比妥酸)值之间均无显著性差异($P > 0.05$),但红度值 a 之间差异显著($P < 0.05$),且白炽灯照射下 a 值最低。说明光源种类对猪肉脂肪氧化程度没有明显影响,但光照加快了猪肉的变色速度,故在此温度下贮存应采用日光灯照明。(9 ±1) 时,白炽灯和日光灯照射条件下,肉样 TBA 值和 a 值均存在显著性差异,光照使肉样色泽变差,而且明显加快了其脂肪氧化速度,日光灯照射下尤为明显。猪肉在此温度条件下贮存,应采用白炽灯照明。(4 ±2) 日光灯照明贮存条件下,在光照度 < 750 lx 时,各处理间 TBA、 a 值和高铁型肌红蛋白质量分数 w (MMb) 均无显著性差异,对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响较小,故在猪肉的流通过程中应采用 < 750 lx 的光源照明。

关键词 猪肉;光照;脂肪氧化;色泽变化

中图分类号 TS 205

文章编号 1007-4333(2006)04-0047-04

文献标识码 A

Influence of light sources and intensity on lipid oxidation and color changes in pork

Huo Xiaona, Li Xingmin, Liu Yi, Nan Qingxian

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

Abstract The changes of lipid oxidation and meat color stored in different light sources at (4 ±0.5) and (9 ±1) were observed and compared. The influences of different light intensities (60 ~ 2 000 lx) on lipid oxidation and color changes of chilled meat stored at (4 ±2) were also investigated. The results showed that: 1) TBA value was not significant ($P > 0.05$), but the value in red level was significant ($P < 0.05$) at different light sources, and the fluorescent lamp could postpone color changes during storage at (4 ±2), however, the incandescent postponed lipid oxidation and color changes at (9 ±1); 2) TBA value, the value in red level, and w MMb were not significant ($P > 0.05$) in light intensities below 750 lx and were no any effect on the lipid oxidation and color changes, so it was recommended to use fluorescent lamp with light intensity below 750 lx during process and distribution of chilled meat.

Key words pork; light exposure; lipid oxidation; color change

光氧化是脂质氧化变质的主要原因之一,任何一种光线都可能导致光氧化的发生。国外关于日光灯对乳及乳制品、油脂和其他食品品质影响的研究表明,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食品在光照条件下的劣变程度。Sattar 等发现,光波长低于 455 nm 时,能显著

加速油菜籽油、玉米油、豆油和椰子油中脂肪的氧化劣变;Radtko 等的研究表明,波长 577 nm 处精炼豆油中脂肪氧化速度是避光条件下的 10~15 倍,而在波长 380 nm 处其氧化速度是避光条件下的 750 倍;Lennersten 发现,当光波长低于 470 nm 时,对低脂蛋黄酱脂肪氧化和色变影响很大,认为在贮存过程

收稿日期: 2005-09-28

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划资助项目(2001BA501A11B)

作者简介: 霍晓娜,硕士研究生;李兴民,副教授,通讯作者,主要从事畜产品加工研究, E-mail: lixingmin@cau.edu.cn

中,应根据透光率选择不同包装材料减缓和控制脂肪氧化对其品质的影响^[1];Lennersten 等发现,采用在波长 380 nm 处透光率很低或几乎不透光的包装材料可有效抑制脂肪氧化变质,光照强度对炸薯条脂肪氧化速度的影响也较大,在光照度 140 lx 的日光灯照射下,其脂肪氧化速度是避光条件下的 3 倍以上,在 1 076 lx 光照条件下其脂肪氧化速度与 140 lx 光照条件下没有显著性差异;Guise 报道超市展柜中的光照强度严重影响炸薯条中脂肪氧化程度^[2-3]。我国关于光照对食品影响的研究尚未见文献报道,而不同光照条件对冷却肉中脂肪氧化的影响研究,国内外研究都比较少。本研究旨在通过研究不同光照强度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的光照条件,为冷却肉的合理贮存、流通和销售提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试剂:三氯乙酸、硫代巴比妥酸(TBA)、三氯甲烷、0.04 mol/L 磷酸缓冲液(pH6.8)等,均为分析纯。

冷却肉:原料肉取自北京顺义区鹏程食品有限公司,生猪屠宰后在预冷室内(4±1)°C 冷却 24 h 后,取通脊肉作为实验用肉样,用装有碎冰的保温箱运回实验室。

1.2 肉样处理

将肉样分割成约 50 g 的肉块,采用托盘包装。

1)不同光源照射实验。肉样贮存温度分别为(4±2)°C 和(9±1)°C,设置避光、白炽灯照射和日光灯照射 3 种处理,光照度均为(400±20) lx,分别 在第 1 和第 3 天从各处理中取 3 块肉样进行红度值 a 和 TBA 值检测,取平均值。

2)不同光照度实验。肉样贮存温度(4±2)°C,日光灯照射,设置避光、光照度 60~90、350~450、750~850、950~1 150 和 1 900~2 000 lx 6 种处理,每天从各处理中取 3 块肉样进行各项指标检测,取平均值。

1.3 测定项目

1)TBA 值测定。与 TBA 反应的 TBARS 物质的量以肉样中丙二醛质量浓度,mg/kg 表示^[4]。

2)红度值测定。采用色差计测定法测定肉样表面红度值 a 。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,取平均值。

3)高铁肌红蛋白质量浓度 w (MMb)测定。采用分光光度计法在低温(1~4)°C 条件下利用 0.04 mol/L 磷酸缓冲液(pH6.8)提取肉样中的高铁肌红蛋白,测定其吸光度值 A_{525} 、 A_{572} 和 A_{700} 。 w (MMb) = $[1.395 - (A_{572} - A_{700}) / (A_{525} - A_{700})]$ 。

2 结果与分析

2.1 不同贮存温度和光源对猪肉脂肪氧化程度和色泽变化的影响

由表 1 可以看出,(4±2)°C 贮存时,各处理 TBA 值间均无显著性差异($P>0.05$),但 a 值之间均存在显著性差异($P<0.05$),且白炽灯照射下肉样 a 值均低于避光和日光灯照射条件下,色泽相对较差;因此,(4±2)°C 温度条件下贮存,光源种类对猪肉脂肪氧化程度没有明显影响,但对其色泽变化影响较明显。光照加快了猪肉的变色速度,尤其是在白炽灯照射下,其变色速度相对较快,感官品质明显下降。

(9±1)°C 贮存时,光照不仅使肉样色泽变差,而且明显加快了其脂肪氧化速度。白炽灯和日光灯照射条件下,第 1 和第 3 天的肉样间 TBA 值和 a 值均存在显著性差异($P<0.05$),且日光灯照射条件下,TBA 值相对较高, a 值较低,肉样脂肪氧化程度较深,色泽变化较大,严重影响了肉的感官品质和食用品质。

表 1 不同贮存温度和光源对猪肉脂肪氧化和色泽变化的影响

Table 1 TBA values and redness values of pork stored after 3 days in different temperatures

贮存温度/ 度/	光源 种类	贮存时 间/d	TBA 值/ (mg/kg)	a 值
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	0.40 ±0.02 b	14.02 ±0.15 b

注:样本数 $n=3$,表中数据为 3 次测定的平均值;字母相同者差异不显著($P>0.05$)。

为延缓猪肉脂肪氧化和变色,在 (9 ± 1) 条件下贮存时,应采用白炽灯照明;而在 (4 ± 2) 温度下贮存时,虽然光源种类对脂肪氧化影响不大,但白炽灯明显加快猪肉变色速度,因此应采用日光灯照明。

2.2 不同光照度对猪肉脂肪氧化程度的影响

随着猪肉脂肪氧化程度的不断加深,其氧化次级产物不断增多,TBA 值不断增大。一般来讲,当生肉的 TBA 值超过 0.5 mg/kg 时,人就能感觉到氧化异味。从图 1 可以看出,贮存期间不同光照度均使猪肉脂肪氧化程度加深,这是因为暴露在光线中会导致肉的光氧化反应,其反应速度是自动氧化的千倍,会明显加快脂肪氧化酸败^[5]。不同光照度对脂肪氧化程度影响不同,光照度低于 750 lx 的各处理组中,肉样脂肪氧化程度与避光条件下的无显著性差异 ($P > 0.05$);而光照度 $750 \sim 850 \text{ lx}$ 时,肉样脂肪氧化程度明显加深,从贮存第 1 天开始就与低于 750 lx 光照度下的各处理组存在显著性差异 ($P < 0.05$);当光照度继续增大时,随着光照度的增大,肉样脂肪氧化加深程度并不明显,各处理组 TBA 值之间没有显著性差异 ($P > 0.05$)。这充分说明,低于 750 lx 的光照度对猪肉脂肪氧化过程影响不大,而高于 750 lx 的光照度则对其影响较大,会明显加深脂肪氧化程度,促进猪肉脂肪氧化酸败;因此,猪肉应陈列于光照度低于 750 lx 的光照条件下,以降低光氧化对猪肉品质劣变的影响程度。

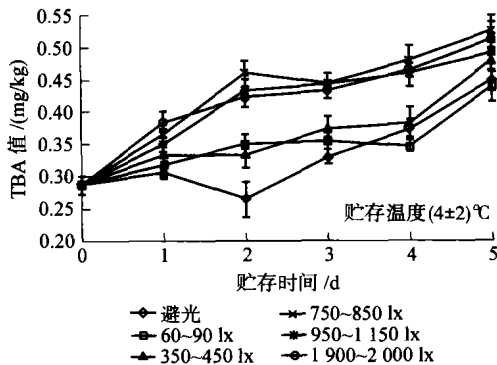


图 1 不同光照度贮存条件下猪肉 TBA 值的变化

Fig. 1 TBA values of pork stored in different light intensities at (4 ± 2)

2.3 不同光照度对猪肉色泽的影响

色泽是冷却肉品质测定的一个重要指标,是决定消费者购买行为的直接因素之一。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,此时其红度值较高;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,此时其 a 值相对较低。

不同光照度贮存条件下冷却肉 a 值的变化见图 2。可以看出,无论是避光还是光照条件下,肉样 a 值均随着贮存时间的延长而减小,说明肉的色泽越来越差。由图 2 可知,光照度越大, a 值下降程度越大。从贮存第 1 天起,光照度高于 950 lx 的处理,其 a 值就与其他各处理存在显著性差异 ($P < 0.05$),这说明较高的光照度明显加深了脂肪氧化程度。肉中的脂肪氧化不仅会使冷却肉产生氧化异味,使其品质下降,同时,脂肪氧化与冷却肉的褪色之间也存在着密切的关系^[5]。脂肪氧化过程中产生的自由基破坏了肉的色素,从而加快了其变色速度^[6]。贮存后的前 3 d,光照度低于 850 lx 的各处理 a 值之间无显著性差异 ($P > 0.05$),而第 4 天时, $750 \sim 850 \text{ lx}$ 处理的 a 值急剧下降,与其他各处理间出现显著性差异 ($P < 0.05$),这说明贮存时间超过 3 d 后,光照度高于 750 lx 会加快猪肉的变色速度,因此,贮存时应选择低于 750 lx 的光照度,以降低光照对猪肉色泽的影响。

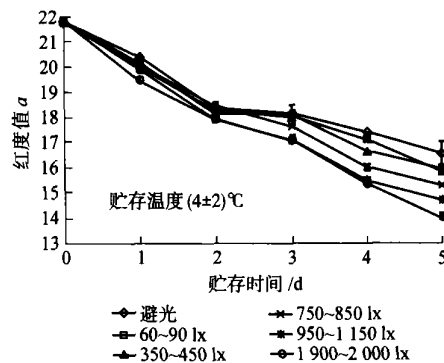


图 2 不同光照度贮存条件下猪肉红度值的变化

Fig. 2 Redness values of pork stored in different light intensities at (4 ± 2)

2.4 不同光照度对猪肉 w (MMb) 的影响

肌红蛋白有还原型肌红蛋白 (Mb)、氧合型肌红蛋白 (MbO_2) 和高铁型肌红蛋白 (MMb) 3 种化学形式,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比例及其在肉中的分布决定的^[7],MMb 是导致鲜肉变色的主要色素物质。如肉中肌红蛋白以 MbO_2 形式占主导地位,肉色就为新鲜红色;如肌红蛋白 60% 被氧化成 MMb,则该部位的就会变为褐

色。不同光照度条件下冷却肉贮存期间 w (MMb) 的变化见图 3。

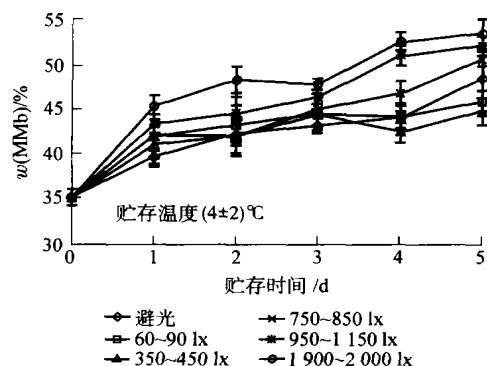


图 3 不同光照度贮存条件下高铁型肌红蛋白质量浓度 w (MMb) 的变化

Fig. 3 MMb values of pork stored in different light intensities at (4 ± 2)

由于冷却肉 a 值与 w (MMb) 之间有很强的负相关性^[8], a 值越高, w (MMb) 相应越低。从图 3 可以看出,各处理中 w (MMb) 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^[9],生成的 MMb 不断积累,最终使肉中肌红蛋白以 MMb 的形式为主导,从而使肉的 a 值降低,肉呈现棕褐色。尤其是在较高光照度(750 lx)下,由于脂肪氧化速度加快,氧化过程中产生的自由基会攻击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+} 。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。在本实验 (4 ± 2) 贮存后期(3 d 后),随着肉样中 MMb 的积累,肉色逐渐由鲜红变为棕褐色。生肉中 MMb 的积累与 TBA 值之间的相关系数达到 0.73^[10],肉变色后产生的 Fe^{3+} 又是脂肪氧化的催化剂^[11-13],因此,应将猪肉在低于 750 lx 的光照度条件下贮藏,以延缓脂肪光氧化的反应,防止 MMb 急剧积累导致猪肉变色。

3 结论

1) 选择照明光源时应根据贮存温度而定, (4 ± 2) 条件下贮存时,采用日光灯照明可以延缓变色发生,而在 (9 ± 1) 温度下贮存时,应采用白炽灯照明。

2) 在 (4 ± 2) 贮存温度下,采用日光灯照明时,光照度低于 750 lx 的情况下,处理组与对照组在整个贮存期间 TBA 值、 a 值和 w (MMb) 之间均无显著性差异 ($P > 0.05$),对猪肉脂肪氧化和色泽变化影响较小,建议在猪肉销售过程中采用低于 750 lx 的光照度照明。

参 考 文 献

- [1] Lennersten M, Lingnert H. Influence of wavelength and packing material on lipid oxidation and color changes in low-fat mayonnaise [J]. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 2000, 33: 253-260
- [2] Lennersten M, Lingnert H. Influence of different packaging materials on lipid oxidation in potato crisps exposed to fluorescent [J]. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 1998, 31: 162-168
- [3] Guise B. Packaging of snack foods[J]. *Converter*, 1991, 28: 5-7
- [4] Witte V C, Krarse G F, Bailey M E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage[J]. *Food Sci*, 1970, 35: 582-585
- [5] 王璋. 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002
- [6] Haurowitz F, Schwerin P, Yenson M M. Destruction of hemin and hemoglobin by the action of unsaturated fatty acids and oxygen[J]. *Biol Chem*, 1941, 140: 353
- [7] Greene B E, Hsin in-may, Zipser M W. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef[J]. *Food Sci*, 1971, 36: 940
- [8] 戴瑞彤, 南庆贤. 包装方法和抗氧化剂对冷却牛肉护色效果的研究[J]. *食品工业科技*, 2001, 22(6): 10-12
- [9] Penny N, Bell R G. Effect of residual oxygen on the color, odour and taste of carbon dioxide-packaged beef, lamb and pork during short term storage at chilled temperatures [J]. *Meat Sci*, 1993, 33: 245
- [10] Hutchins B, Kliu T H P, Watts B M. Effect of additives and refrigeration on reducing activity, metmyoglobin and malonaldehyde of raw ground beef [J]. *Food Sci*, 1967, 32: 214
- [11] Hansen T B. The influence of the anticaking agent potassium ferrocyanide and salt on the oxidative stability of frozen minced pork meat [J]. *Meat Sci*, 1996, 43: 135-144
- [12] Johns A M. Catalysis of lipid oxidation in meat products [J]. *Meat Sci*, 1989, 25: 209-220
- [13] Kanner J. Lipid peroxidation of muscles food. The role of the cytosolic fraction[J]. *Agric Food Chem*, 1991c, (30): 242-246