

# 黑色牛肉与正常色泽牛肉理化性状及凝胶特性的对比分析

崔国梅, 彭增起\*, 靳红果, 孟晓霞, 冯云

(南京农业大学 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 以臀股二头肌为研究对象, 比较分析黑色牛肉与正常色泽牛肉在理化性状和凝胶特性上的差异。结果表明: 在化学成分方面, 除水分含量有明显差异( $P < 0.05$ )之外, 粗蛋白含量、粗脂肪、粗灰分差异均不显著( $P > 0.05$ ); 在物理性状方面, pH值、色泽、滴水损失和蒸煮损失均有明显差异( $P < 0.05$ ), 黑色牛肉的嫩度与正常色泽牛肉的嫩度无显著差异( $P > 0.05$ ); 凝胶特性方面, 黑色牛肉的凝胶强度和凝胶保水性要高于正常色泽牛肉, 且差异显著( $P < 0.05$ )。

**关键词:** 黑色牛肉; 理化特性; 凝胶特性

## A Comparative Study of Physico-chemical Properties and Gel Properties of Dark Firm Dry (DFD) Beef and Normal Colored Beef

CUI Guo-mei, PENG Zeng-qi\*, JIN Hong-guo, MENG Xiao-xia, FENG Yun

(Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Beef *biceps femoris* muscles were used to comparatively analyze differences in physico-chemical properties and gel properties of DFD beef and normal colored beef. The results showed that DFD beef and normal colored beef significantly differed in their moisture content ( $P < 0.05$ ), but their differences in crude protein, crude fat and crude ash contents had no statistical significance ( $P > 0.05$ ). There was no significant difference in their tenderness ( $P > 0.05$ ). Furthermore, DFD beef exhibited significantly higher gel strength and water hold capacity (WHC) as compared to normal colored beef.

**Key words:** DFD (dark firm dry) beef; physico-chemical properties; gel properties

中图分类号: TS251.52

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)13-0106-04

其宰后肉色深、肉质硬、切面干燥的肉, 称为黑色牛肉, 也叫dark firm dry (DFD)。黑色牛肉的特点是极限pH值较高, 宰后24h的pH值大于6.0, 且该肉的外观颜色比正常肉要黑、要暗<sup>[1]</sup>, 表面没有丰富的汁液, 却有较高的保水能力<sup>[2]</sup>和较好的嫩度<sup>[3]</sup>。黑色牛肉的主要缺点就是易感染微生物, 从而产生不好的味道, 并在表面形成黏液层<sup>[4]</sup>, 同时因为风味前体物质减少, 致使肉香味不浓, 肉品质下降<sup>[5]</sup>, 此外其不良的外观也极大地影响了消费者的购买欲。早在20世纪30年代, 黑色牛肉就引起了人们注意。由于它异常的品质特征, 使得牛肉的商品价值下降, 这个问题在现今肉牛屠宰加工业中依然存在, 造成一定的经济损失。

国内外学者对黑色牛肉的研究主要集中在其产生机理、影响因素、控制措施及消费者对黑色牛肉的接受程度上, 而对于黑色牛肉理化性状和凝胶特性的研究以及其与正常色泽肉的对比却鲜见报道。本实验目的在于研究黑色牛肉与正常色泽牛肉在化学成分、物理特性、凝胶特性等方面的区别, 使生产者和消费者从理论和实践角度正确认识和利用黑色牛肉。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

牛臀股二头肌取材于安徽翰森荷金来肉牛产业有限公司, 选取牛龄(30月龄左右)、体质量(550kg左右)等

收稿日期: 2010-09-01

作者简介: 崔国梅(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: 2008108023@njau.edu.cn

\*通信作者: 彭增起(1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: zqpeng@njau.edu.cn

均相似的西门塔尔杂交牛,牛胴体宰后冷却24h,通过pH计测定的方法鉴定黑色牛肉(宰后24h, pH > 6.0 为黑色牛肉),取样后冷冻保藏。

实验所用试剂均为分析纯。

## 1.2 仪器与设备

723 型可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; BS223S 型电子分析天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司; HANNA-HI9025 便携式 pH 计 意大利 Hanna 公司; Allegra 64R 型高速冷冻台式离心机 美国 Beckman Coulter 有限公司; TA-XT2i 型质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司; HH-42 型快速恒温数显水浴锅 常州国华电器有限公司; Minolta CR200 型便携式色差仪 日本 Konica 公司; C-LM3B 型数显肌肉嫩度仪 东北农业大学。

## 1.3 方法

### 1.3.1 化学成分测定

肌肉粗脂肪含量的测定:参照 GB/T 5009.6—2003《脂肪含量测定》;蛋白质含量的测定:参照 GB/T 5009.5—2003《蛋白质含量测定》;水分含量的测定:参照 GB/T 5009.3—2003《水分含量测定》;粗灰分的测定:参照 GB/T 9695.18—2008《灰分含量测定》。每个指标设置 3 个平行。

### 1.3.2 物理性状测定

#### 1.3.2.1 pH 值的测定

利用便携式 pH 计进行测定,设置 3 个平行。将探头插入到肉样中,使 pH 计电极与肌肉中的组织液充分接触,待 pH 计读数稳定后记录,取平均值作为该肉样的 pH 值,使用前须对仪器进行校准。

#### 1.3.2.2 剪切力测定

将样品封口包装后放入 80℃ 水浴锅中加热,至肉中心温度达到 75℃ 时取出,冷却至室温,用直径为 1cm 的空心取样器钻取肉柱(尽可能多地取样,同时要注意避开筋腱),然后用剪切力仪测定每个肉柱的剪切力值,计算其平均值。

#### 1.3.2.3 色泽测定

屠宰后的牛胴体吊挂,排酸 3~4d 后分割取样。每个样品切一新鲜面,空气中放置 30min,利用便携式色差仪测定样品色泽,尽可能多次测定,取平均值。

#### 1.3.2.4 滴水损失测定

屠宰后的牛胴体吊挂,排酸 3~4d 后分割取样。从各样品取长方形肉块(2cm × 3cm × 5cm),称质量  $m_1$ ,铁丝勾住肉样一端,使肌纤维竖着向下,悬于塑料袋中,充气,肉样不与肉块接触,封口后,吊挂在 4℃ 冷却间,24h 后称质量  $m_2$ ,设置 3 个平行。滴水损失

(drip loss, DL)计算公式如下<sup>[6]</sup>:

$$\text{滴水损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

### 1.3.2.5 蒸煮损失的测定

将一定大小(约 2cm × 2cm × 3cm)的肉样在 85℃ 水浴锅中蒸煮 20min,蒸煮前称质量( $m_1$ )。蒸煮后冷却到室温,用吸水纸吸干水分,然后再次称质量( $m_2$ ),设置 3 个平行。蒸煮损失(cooking loss, CL)计算公式为<sup>[7]</sup>:

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

## 1.3.3 凝胶特性测定

### 1.3.3.1 样品匀浆物的制备

将冷冻样品在 4℃ 解冻至半冻结状态,剔除可见结缔组织和脂肪组织。取样品 100g 与 0.6mol/L 的 NaCl 溶液 300mL 一起放入组织捣碎机中,并进行匀浆处理。用 0.5mol/L 的 NaOH 和 HCl 调整其 pH 值为 6.5。将匀浆物于 4000r/min 离心 5min,去除可见结缔组织和气泡。制备好的匀浆物置于 4℃ 冰箱中待用。

### 1.3.3.2 凝胶制备与测定

每个指标均取 3 个平行样,凝胶保水性测定用 10mL 离心管,凝胶强度和弹性测定用 25mL 烧杯,注意要压实,压实时防止匀浆物溅出,保鲜膜覆盖烧杯口后皮筋扎紧并编号,置于水浴锅中从 30℃ 开始以 1℃/min 的速率升温至 70℃,保温 20min,取出烧杯置于自来水中保持 30min 迅速降温,随后置于 4℃ 冷柜中 12h,取出凝胶在室温下放置 1h 待测。

凝胶强度、弹性测定:使用 TA-XT2i 型质构仪测定。参数设定:探头: P5; 测前速度: 1.0mm/s; 测中速度: 2.0mm/s; 测后速度: 10.0mm/s; 测试距离: 8.0mm; 触发力: 5g。

凝胶保水性测定:使用离心的方法,制得的凝胶在 5000 × g 的低温环境下离心 10min,然后除水,称质量,按照式(3)计算凝胶保水性。

$$\text{凝胶保水性}/\% = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100 \quad (3)$$

式中:  $m_1$  为离心管和离心除水后的凝胶质量/g;  $m_2$  为离心管和凝胶初质量/g;  $m$  为离心管质量/g。

### 1.3.3.3 蛋白溶解度测定

采用双缩脲法测定蛋白浓度,牛血清蛋白 BSA 作为标准蛋白。

取制备好的肌肉匀浆物用蒸馏水稀释至 5 倍。8000 × g

离心10min, 取上清液1mL与4mL双缩脲试剂在3个10mL试管内混合, 振荡器上混匀(条件: 25℃水浴, 放置30min), 可见分光光度计于波长540nm处比色, 记录吸光度值并计算总蛋白溶解度, 设置3个平行。

#### 1.4 数据处理和统计分析

实验数据应用SAS9.0统计软件统计软件, 采用Duncan方法, 进行方差分析, 数据采用平均值±标准差的表示方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 化学成分的比较

表1 黑色牛肉与正常色泽牛肉的化学成分

Table 1 Chemical composition of DFD beef and normal colored beef

种类	粗蛋白含量/%	肌内粗脂肪含量/%	粗灰分含量/%	水分含量/%
黑色牛肉	21.44 ± 0.29 <sup>a</sup>	2.31 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.14 ± 0.02 <sup>a</sup>	75.79 ± 0.30 <sup>b</sup>
正常色泽牛肉	21.38 ± 0.15 <sup>a</sup>	2.39 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.06 <sup>a</sup>	73.72 ± 0.73 <sup>a</sup>

注: 同列肩标字母相同表示差异性不显著( $P > 0.05$ ), 字母不同表示差异性显著( $P < 0.05$ )。下同。

研究黑色牛肉和正常色泽牛肉中肌肉粗脂肪、粗蛋白、水分和粗灰分四大常规成分含量。由表1可以看出, 黑色牛肉与正常色泽牛肉除水分外在其他化学成分上并没有显著差( $P > 0.05$ )。黑色牛肉主要是由于宰前应激和过度的糖原消耗导致动物宰后无氧呼吸产生的乳酸量不足以使肉的极限pH值降到正常范围而产生。这些因素对牛肉的蛋白含量、肌肉粗脂肪和粗灰分无明显影响。黑色牛肉水分含量明显高于正常色泽牛肉, 这可能由于黑色牛肉的pH值较高, 则系水力较强<sup>[1,8-9]</sup>, 宰后水分损失较少, 故其水分含量要高于正常色泽牛肉。

### 2.2 物理性状比较

宰前应激和过度的糖原消耗导致动物宰后无氧呼吸产生的乳酸量减少是黑色牛肉pH值较高的重要原因, 而pH值对牛肉的物理性状如系水力、色泽等有重要影响。由表2可以看出, 黑色牛肉在pH值、色泽、滴水损失和蒸煮损失上有显著差异( $P < 0.05$ ), 黑色牛肉的pH值明显高于正常色泽牛肉, 而色泽、滴水损失和蒸煮损失要明显低于正常色泽牛肉。虽然黑色牛肉的剪切力小于正常色泽牛肉, 但差异并不显著( $P > 0.05$ )。

滴水损失和蒸煮损失的大小反映了肉系水力的强弱, 其值越小则肉的系水力越强。由表2可以看出,

黑色牛肉滴水损失和蒸煮损失比正常色泽牛肉的要小。这是由于黑色牛肉的pH值偏离了肌原纤维蛋白的等电点, 其带有的净电荷较多, 增加了分子间的静电斥力, 使其结构松开而不易发生凝聚, 并与肌肉中的游离水结合的非常牢固, 故其系水力要好于正常色泽牛肉, 这也是黑色牛肉表面比较干燥的原因。这与杜燕<sup>[10]</sup>研究的黑色牛肉的pH值与滴水损失和蒸煮损失成负相关性相一致, pH值越高, 滴水损失和蒸煮损失越小。黑色牛肉较高的系水力在生产熟肉制品时常占有优越性, 但由于其不良的外观却给鲜肉的生产者带来损失。

由表2还可以看出, 黑色牛肉的剪切力要低于正常色泽牛肉。由于黑色牛肉较高的系水力, 其剪切力相对也较低, 这和很多学者对黑色牛肉的描述一致<sup>[10-12]</sup>, 但剪切力受诸多因素的影响, 如营养、应激及使役情况等。

色泽是消费者对肉品的第一印象, 直接影响了消费者对其接受程度。由表2可知, 黑色牛肉的亮度值 $L^*$ (lightness)、红度值 $a^*$ (redness)和黄度值 $b^*$ (yellowness)与正常色泽牛肉有显著性差异( $P < 0.05$ )。 $L^*$ 值指示肉的亮度, 其值越小说明肉的颜色越暗;  $a^*$ 值是颜色空间中指示绿色色调向红色色调的过渡, 其值越小, 说明色调范围越偏向绿色色调;  $b^*$ 值较小说明含有较多的蓝色成分而偏蓝色色调。由表2可以看出, 黑色牛肉的亮度值 $L^*$ 、红度值 $a^*$ 、黄度值 $b^*$ 都低于正常色泽牛肉, 故肉色较暗较深。这与杜燕<sup>[10]</sup>研究的DFD牛肉的pH值与色泽成负相关性相一致。这是由于黑色牛肉最终pH值较高, 线粒体中细胞色素氧化酶活性增强, 耗氧增多, 致使鲜红色的氧合肌红蛋白含量下降, 紫红色的脱氧肌红蛋白含量增加, 以至于使肌肉呈暗红色。高pH值也会改变肌红蛋白的吸光特征, 致使肌肉表面呈暗红色<sup>[11]</sup>。此外, 因系水力增强, 增加了肌肉表面对光线的吸收, 也会致使黑色牛肉外观颜色变深。

肌肉色泽是肌肉本身各种复杂变化的外部体现, 因此, 肉品的颜色是肉品质量和肉品卫生检验的一项重要指标<sup>[12]</sup>。虽然黑色牛肉滴水损失和蒸煮损失较小, 嫩度也略好于正常色泽牛肉, 但因为黑色牛肉不佳的外观而受拒于消费者, 其较暗较深的色泽直接影响了消费者的购买欲望。

表2 黑色牛肉与正常色泽牛肉的物理性状

Table 2 Physical properties of DFD beef and color-normal beef

种类	pH	滴水损失/%	蒸煮损失/%	剪切力/N	色泽		
					$L^*$	$a^*$	$b^*$
黑色牛肉	6.26 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.06 <sup>a</sup>	29.17 ± 0.31 <sup>a</sup>	41.72 ± 7.57 <sup>a</sup>	36.54 ± 4.88 <sup>a</sup>	18.83 ± 1.73 <sup>a</sup>	7.38 ± 1.08 <sup>a</sup>
正常色泽牛肉	5.72 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.56 ± 0.35 <sup>b</sup>	33.38 ± 0.40 <sup>b</sup>	46.16 ± 4.79 <sup>a</sup>	44.87 ± 1.40 <sup>b</sup>	21.47 ± 0.69 <sup>b</sup>	10.01 ± 0.82 <sup>b</sup>

### 2.3 凝胶特性比较

牛肉的加工特性直接影响其深加工产品的质量,与企业的商业利润息息相关。本实验主要研究其凝胶特性。

表3 黑色牛肉与正常色泽牛肉的凝胶特性

Table 3 Gel properties of DFD beef and normal colored beef

种类	凝胶强度/g	凝胶弹性/mm	凝胶保水性/%	蛋白溶解性/(mg/mL)
黑色牛肉	73.646 ± 4.162 <sup>a</sup>	34.166 ± 2.326 <sup>a</sup>	89.22 ± 4.12 <sup>a</sup>	15.13 ± 1.38 <sup>a</sup>
正常色泽牛肉	60.943 ± 1.313 <sup>b</sup>	32.794 ± 1.326 <sup>b</sup>	78.54 ± 2.33 <sup>b</sup>	13.85 ± 1.04 <sup>b</sup>

由表3可知,黑色牛肉与正常色泽牛肉的凝胶强度和凝胶保水性差异显著( $P < 0.05$ ),黑色牛肉的凝胶强度和凝胶保水性明显高于正常色泽牛肉。虽然它们的凝胶弹性差异不显著( $P > 0.05$ ),但由表3可以看出黑色牛肉的凝胶弹性要略高于正常色泽牛肉。这可能与蛋白质的溶解度有关。黑色牛肉的蛋白溶解度要明显高于正常色泽牛肉,差异显著( $P < 0.05$ )。

因为pH值的提高使肌原纤维蛋白质偏离其等电点,使其所带有的净负电荷增多,加强了蛋白质与水相互作用,而减弱了蛋白质与蛋白质的相互作用,因此肌原纤维蛋白的溶解度大。MacDougall等<sup>[13]</sup>报道较高pH值下的肌肉几乎不会变性,所以黑色牛肉的蛋白溶解度比较高。因为溶出的蛋白质多,所形成的纤维组织也会相互交织成一个紧密的立体网状结构<sup>[14]</sup>,凝胶中蛋白质交联程度大且均匀,所以凝胶强度也高。凝胶保水性是考察凝胶网络结构保持水分的能力,高浓度蛋白条件下所形成的三维立体网状结构均匀,孔洞小,这样的网状结构可通过毛细管力和电荷间的相互作用固定大量的水分,所以这种凝胶的保水性高。此外,当pH值接近肌肉的等电点时,蛋白所含的静电荷最少,凝胶的保水性也最低。而pH值偏离等电点,静电荷就会增加,电荷之间的静电斥力使蛋白质结构松散,随pH值提高而保水性得以提高<sup>[15]</sup>。Torley等<sup>[16]</sup>也曾研究报道提高肌肉匀浆物pH值(从5.9到6.4),蛋白质功能特性会随之增强,本实验结果与此研究相一致。

虽然黑色牛肉具有较好的凝胶特性,但是据Gardner等<sup>[4]</sup>和Wirth<sup>[17]</sup>报道,pH值高于6.0所形成的黑色牛肉,易受微生物侵染而变质,从而产生不好的味道,并在表面形成黏液层<sup>[4]</sup>,同时因为风味前体物质减少,致使肉香味不浓,肉品质下降<sup>[5]</sup>,且具有加工成品货架期短等缺点,所以黑色牛肉并不是一种理想的原料肉。

## 3 结 论

3.1 黑色牛肉与正常色泽牛肉相比,粗蛋白、肌肉粗脂肪和粗灰分含量差异不显著( $P > 0.05$ ),黑色牛肉的水分含量比正常色泽牛肉高2%( $P < 0.05$ )。

3.2 黑色牛肉的pH值明显高于正常色泽牛肉( $P < 0.05$ ),嫩度差异不显著( $P > 0.05$ ),滴水损失和蒸煮损失明显低于正常色泽牛肉( $P < 0.05$ ),而黑色牛肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 都明显低于正常色泽牛肉( $P < 0.05$ )。

3.3 黑色牛肉的凝胶强度和凝胶保水性分别比正常色泽牛肉高12.7g( $P < 0.05$ )和10.68%( $P < 0.05$ ),这对凝胶类肉制品的加工具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] MOUNIER L, DUBROEUCQ H, ANDANSON S, et al. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals[J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(6): 1567-1576.
- [2] ZHANG S X, FAROUK M M, YOUNG O A, et al. Functional stability of frozen normal and high pH beef[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 765-772.
- [3] SILVA J A, PATARATA L, MARTINS C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing[J]. Meat Science, 1999, 52(4): 453-459.
- [4] GARDNER G E, MCINTYRE B L, TUDOR G D, et al. The impact of nutrition on bovine muscle glycogen metabolism following exercise[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2001, 52(4): 461-470.
- [5] VILJOEN H F, DE KOCK H L, WEBB E C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks[J]. Meat Science, 2002, 61(2): 181-185.
- [6] 刘显军, 陈静, 郭文信, 等. 乙酸镁对育肥猪肌肉pH值和滴水损失的影响[J]. 河南农业科学, 2008(9): 119-122.
- [7] 余小领, 李学斌, 陈会. 猪肉色泽和保水性的相关性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 44-46.
- [8] APPLE J K, KEGLEY E B, GALLOWAY D L, et al. Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting condition in cattle[J]. Journal of Animal Science, 2005, 83(5): 1202-1214.
- [9] JEREMIAH L E, TONGAND A K W, GIBSON L L. The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups[J]. Meat Science, 1991, 30(2): 97-114.
- [10] 杜燕. 宰前因素对牛肉品质影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [11] LRDWARD D A. Lawrie's meat science[M]. 9th ed. Washington, DC: CRC Press, 1998: 212-217.
- [12] 南庆贤. 肉类工业手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 2-88.
- [13] MACDOUGALL D B, JONES S J. Translucency and colour defects of dark-cutting meat and their detection[M]//HOOD D E, TARRANT P V. The problem of dark-cutting in beef. current topics in veterinary medicine and animal science No 10. The Hague: Springer, 1981: 328-343.
- [14] ISHIOHOSHI M, SAMEJIMA K, YASUI T. Heat-induced gelation of myosin filaments at a low salt concentration[J]. Agric Boil Chem, 1983, 47(12): 2809-2816.
- [15] 徐幸莲, 周光宏, 黄鸿兵, 等. 蛋白质浓度、pH值、离子强度对兔骨骼肌肌球蛋白热凝胶特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(3): 159-163.
- [16] TORLEY P J, D'ARCY B R, TROUT G R. The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork[J]. Meat Science, 2000, 55(4): 451-462.
- [17] WIRTH F. Technologie der verarbeitung von fleisch mitabweichender beschaffenheit[J]. Fleischwirtschaft, 1985, 128: 998-1011.