

烤羊腿色泽改善的研究

李正英¹, 陈锦屏², 张美枝¹

(1. 内蒙古农业大学职业技术学院食品系, 内蒙古包头 014109 2. 陕西师范大学食品系, 陕西西安 710062)

摘要: 烤羊腿色泽改善的研究结果表明, 用羊腿重 2.0% 的蜂蜜和 4.0% 的红曲作为表面发色剂, 发色的最佳条件为 180℃、20min, 可以获得棕红色的最佳表面色泽。烤羊腿的内层肉发色剂选用柠檬酸铁和麦芽酚, 最佳用量为柠檬酸铁 0.12%、麦芽酚 0.15%, 其色泽均匀且稳定。

关键词: 烤羊腿, 发色剂, 色泽

Abstract: The results show that the optimum formulation of surface coloring materials is 2.0% honey and 4.0% red kojic. The optimum coloring condition is to roast sheep leg 20 min at 180℃ after sheep leg being coated with surface coloring materials. The surface color of roast sheep leg is red-brown. Ferric citrate and maltol are the desirable coloring materials that make the inner color of roast sheep leg even and stable, and the optimum amount is 0.12% and 0.15% perfectly.

Key words: roast leg of sheep; coloring material; color

中图分类号: TS251.5 文献标识码: B
文章编号: 1002-0306(2006)10-0070-04

烤羊腿是内蒙古的民族传统食品, 根据其传统的加工特色及消费者的爱好, 其表面色泽以棕红为最佳。其表面呈色是利用 Maillard 反应实现的, 即在烤制原料肉表面涂一层麦芽糖、白糖或蜂蜜, 还原糖与氨基酸在高温条件下发生 Maillard 反应, 形成红黄色至棕褐色的呈色物质, 其颜色的深浅与烤制温度和时间有关。烤制时间愈长, 温度愈高, 则色泽愈深^[1-6]。所以, 烤羊腿表面发色剂种类与烤制温度和时间优化组合实验, 有利于改善烤羊腿的表面色泽, 从而提高产品质量。烤羊腿的内层肉色泽是烤羊腿的又一重要质量指标。在肉中添加亚硝酸盐, 可使制品呈诱人的粉红色。但是, 亚硝酸盐的添加对消费者有致癌效

应, 世界各国呼吁严格控制亚硝酸盐的添加, 同时积极开发亚硝酸盐的替代品^[6-7]。所以, 选用非亚硝酸盐发色剂不仅可以改善烤羊腿的内层肉色泽, 而且可以提高产品质量。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

蒙古绵羊 内蒙古包头萨拉齐饲养, 分割其整后腿为实验材料。

TCP-II 全自动测色色差计 北京鑫依克光电技术有限公司; GR-200 真空滚揉机 诸城利德机械公司; YXD-912 自动控温红外烤箱 浙江瑞安金马食品机械制造有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 羊腿烤制工艺流程 原料羊腿→剔除表面脂肪→注入发色剂与调味料→滚揉 (30min)→低温烤制 (120℃、80min)→高温烤制 (180℃、90min)→涂抹混合表面发色剂→烤制 (180℃、20min, 其间再涂抹混合表面发色剂 2~3 次)

1.2.2 烤羊腿表面色泽评分方法 我国传统烤肉制品的表面色泽一般要求为棕红色, 所以选择棕红色为烤羊腿的理想表面色泽, 其评分标准见表 1。

表 1 烤羊腿表面色泽的评分标准

| 色泽 | 暗红 | 浅红 | 棕红且无光泽 | 棕红且有光泽 |
|----|-------|-------|--------|--------|
| 得分 | 0~2.9 | 3~5.9 | 6~8.9 | 9~10 |

1.2.3 烤羊腿表面色泽改善

1.2.3.1 烤羊腿表面色泽优选 原料羊腿采用最佳工艺烤制 (以前的研究表明, 烤羊腿的最佳烤制工艺为 120℃ 烤制 80min, 然后在 180℃ 烤制 110min), 高温烤制结束后, 在烤制的羊腿表面涂抹表面发色剂 (表面发色剂选用蜂蜜 4.0%、白糖 4.0%、红曲 4.0%, 发色剂用量是指发色剂占羊腿重的百分

收稿日期: 2006-01-23

作者简介: 李正英 (1965-), 男, 博士研究生, 研究方向: 食品加工。

数),各种发色剂与色拉油混合(色拉油用量为羊腿重 2.0% mL/g ,该混合物称为混合发色剂),然后在 180℃的条件下烤制不同时间,在其烤制过程中涂抹混合表面发色剂 2~3 次,使烤羊腿表面呈浅红、棕红或暗红。专家鉴评小组按表 1 的标准评分(由相关专业的 9 名专家组成鉴评小组),选择得分最高的处理为烤羊腿的最佳表面色泽,并测定不同处理的色值,确定鉴评得分最高的处理为烤羊腿标准表面参照色。

1.2.3.2 表面发色剂与发色条件优选 原料羊腿采用最佳工艺烤制(120℃、80min,180℃、110min)。高温烤制(110~t)min后(t为发色时的烤制时间),在烤制的羊腿表面涂抹表面发色剂,将蜂蜜、白糖、红曲用量以及发色时的烤制温度与时间(t)等因素进行正交实验。每个处理的蜂蜜、白糖和红曲与色拉油混合(色拉油用量为羊腿重 2.0% mL/g),在发色的烤制过程中涂抹表面发色剂 2~3 次。烤制结束后,装袋、真空封口、杀菌(121℃、25min),冷却,分别测定不同处理的色值。选择与 1.2.3.1 所选标准色的色差(ΔE)最小的处理为最佳处理^[7-9]。

1.2.4 烤羊腿内层肉色泽改善的研究

1.2.4.1 发色剂种类及用量的优选 选择红曲或柠檬酸铁与麦芽酚为发色剂,分别按表 2 或表 3 的用量添加。发色剂用羊腿重 2.0%的水溶解,将发色剂的溶液注入羊腿肉中,滚揉 30min,然后采用最佳工艺及 1.2.3.2 所选的最佳烤制温度与时间进行烤制,将烤制后的羊腿装袋,真空封口,杀菌(121℃、25min),冷却,测定不同处理内层肉色值,以添加 20mg/kg 亚硝酸钠的烤羊腿内层肉色泽为标准参照色,选择与标准参照色的色差最小的处理为最佳发色剂及其用量。

表 2 Na_2NO_2 与红曲色素的发色效果实验

| 发色剂 | 用量 (mg/kg) | | | | | |
|--------------------------|------------|-----|------|------|------|------|
| 红曲色素 | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 | 2400 |
| Na_2NO_2 | 20 | | | | | |

注:添加 Na_2NO_2 的处理需在 0~4℃条件下发色 12h。

表 3 发色效果正交实验设计 ($L_{16}4^2$)

| 水平 | 因素 | |
|----|----------|---------|
| | 柠檬酸铁 (%) | 麦芽酚 (%) |
| 1 | 0.04 | 0.05 |
| 2 | 0.08 | 0.10 |
| 3 | 0.12 | 0.15 |
| 4 | 0.16 | 0.20 |

1.2.4.2 色泽稳定性实验 选择羊龄(10月)及其羊腿重量一致(2.5kg)的 8 条羊腿为原料,按 1.2.4.1 的实验优选结果添加烤羊腿内层肉发色剂,采用最佳工艺以及 1.2.3.2 所选最佳发色条件进行烤制后,分别装袋并真空封口,杀菌(121℃、25min),冷却,然后测定其中一条烤羊腿内层肉的色值。将其它 7 条

烤羊腿置于 25℃的室温条件下,每隔 10d 取一条烤羊腿测定其内层肉色值。

2 结果与分析

2.1 烤羊腿表面色泽改善

2.1.1 烤羊腿表面色泽的优选 根据 1.2.2.1 的实验设计进行实验,结果见表 4,表 4 表明,烤羊腿的表面色泽为棕红色时,其色泽鉴评得分最高(9.3),其它处理的鉴评得分均小于 9.0。所以,烤羊腿的最佳表面色泽是棕红色,其色值为 $L:26.20$ $a:10.50$ $b:13.10$ 。

表 4 烤羊腿最佳表面色泽的选择实验结果

| 烤羊腿的表面色泽 | 浅红 | 棕红 | 暗红 |
|------------|-----|-------|-------|
| 烤制时间 (min) | 10 | 25 | 37 |
| 鉴评得分 (分) | 5.6 | 9.3 | 2.3 |
| 色值 | L | 23.13 | 26.20 |
| | a | 9.16 | 10.50 |
| | b | 8.31 | 13.10 |
| | | | 22.91 |

2.1.2 表面发色剂及发色条件的优选 选用蜂蜜、白糖、红曲为烤羊腿的表面发色剂,实验结果见表 5,由表 5 可见,烤制温度是影响产品表面色泽的主要因素,其极差为 1.97 ($P<0.01$)。方差分析表明,烤制时间以及蜂蜜和红曲用量对烤羊腿表面色泽均有显著影响 ($P<0.05$),其极差分别为 1.42,1.24 和 1.86,白糖用量对烤羊腿表面色泽无显著影响 ($P>0.05$)。根据表 5 可见,当烤制温度为 140~160℃、时间为 10~20min 时,烤制时间和烤制温度与色差呈负相关;当烤制温度为 160~180℃时,色差随烤制温度的升高而略有下降,当烤制时间为 20~30min 时,其色差变化很小;当烤制温度为 180~200℃、烤制时间为 30~40min 时,烤制时间和烤制温度与色差呈正相关,所以,烤羊腿的最佳表面发色条件应选择 180℃,20min。当蜂蜜的用量为 0~2.0%,红曲的用量为 0~4.0‰时,色差随发色剂用量的增加而减小;当蜂蜜用量为 2.0%~6.0%,红曲用量为 4.0%~6.0‰时,色差随发色剂用量的增加而增大。所以,发色剂的最佳用量为蜂蜜 2.0%,红曲 4.0‰,即原料羊腿按最佳烤制工艺烤制后,按最佳配比在其表面涂抹混合表面发色剂,然后在 180℃的条件下烤制 20min,在其烤制过程中,再涂抹混合表面发色剂 2~3 次,就可获得表面色泽为棕红色的烤羊腿。

2.2 烤羊腿内层肉色泽的改善

2.2.1 不同发色剂的发色效果 发色剂选用红曲或麦芽酚与柠檬酸铁,以羊腿肉中添加 20mg/kg 亚硝酸钠的烤羊腿内层肉色泽为标准参照色。红曲或亚硝酸钠对烤羊腿内层肉的发色效果见表 6,由表 6 可见,羊腿肉中添加红曲后,烤羊腿内层肉的色泽不均匀,所以,红曲不宜作为烤羊腿内层肉的发色剂。虽然亚硝酸钠发色效果均匀,但亚硝酸钠对消费者有致癌作用。柠檬酸铁与麦芽酚的发色效果见表 7。由

表5 烤羊腿表面发色正交实验结果

| 处理 | 因素 | | | | | 色值 | | | 色差(ΔE) |
|----------------|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------------------|
| | 烤制温度($^{\circ}\text{C}$) | 烤制时间(min) | 白糖(%) | 蜂蜜(%) | 红曲(%) | L' | a' | b' | |
| 1 | 1(140) | 1(10) | 1(0) | 1(0) | 1(0) | 30.44 | 5.94 | 7.87 | 8.08 |
| 2 | 1 | 2(20) | 2(2.0) | 2(2.0) | 2(2.0) | 30.71 | 8.83 | 16.33 | 5.75 |
| 3 | 1 | 3(30) | 3(4.0) | 3(4.0) | 3(4.0) | 20.53 | 9.01 | 10.68 | 5.79 |
| 4 | 1 | 4(40) | 4(6.0) | 4(6.0) | 4(6.0) | 20.11 | 5.04 | 6.72 | 10.37 |
| 5 | 2(160) | 1 | 2 | 3 | 4 | 31.72 | 6.52 | 11.80 | 6.90 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 28.34 | 6.29 | 10.49 | 5.40 |
| 7 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 30.17 | 12.67 | 14.10 | 5.63 |
| 8 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 22.39 | 8.97 | 9.57 | 5.41 |
| 9 | 3(180) | 1 | 3 | 4 | 2 | 27.18 | 7.44 | 15.00 | 5.37 |
| 10 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 22.67 | 7.68 | 10.13 | 5.35 |
| 11 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 28.78 | 6.17 | 9.94 | 5.95 |
| 12 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 | 27.68 | 7.73 | 8.77 | 5.35 |
| 13 | 4(200) | 1 | 4 | 2 | 3 | 29.75 | 7.24 | 15.46 | 5.37 |
| 14 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 30.14 | 7.04 | 9.92 | 6.13 |
| 15 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 22.04 | 13.61 | 16.67 | 6.30 |
| 16 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 30.25 | 5.96 | 16.93 | 7.20 |
| k ₁ | 7.48 | 6.42 | 6.66 | 6.03 | 6.27 | | | | |
| k ₂ | 5.58 | 5.66 | 6.08 | 5.62 | 5.74 | | | | |
| k ₃ | 5.51 | 5.67 | 5.68 | 6.31 | 5.48 | | | | |
| k ₄ | 6.25 | 7.08 | 6.43 | 6.86 | 7.34 | | | | |
| R | 1.97 | 1.42 | 0.96 | 1.24 | 1.86 | | | | |

注 烤羊腿表面的理想色值 L:26.20 a:10.50 b:13.10。每个处理重复3次,每个重复的色值重复测定4次,
 $\Delta E = \sqrt{(L-L')^2 + (a-a')^2 + (b-b')^2}$ 。

表7 柠檬酸铁与麦芽酚发色效果实验结果

| 处理 | 因素 | | 色值 | | | 色差(ΔE) | 呈色均匀度 |
|----------------|---------|---------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| | 柠檬酸铁(%) | 麦芽酚(%) | L' | a' | b' | | |
| 1 | 1(0.04) | 1(0.05) | 43.64 | 4.89 | 15.65 | 8.88 | 均匀 |
| 2 | 1 | 2(0.10) | 46.80 | 5.64 | 15.25 | 6.72 | 均匀 |
| 3 | 1 | 3(0.15) | 50.60 | 6.74 | 14.52 | 5.50 | 均匀 |
| 4 | 1 | 4(0.20) | 56.35 | 7.87 | 18.17 | 11.07 | 均匀 |
| 5 | 2(0.08) | 1 | 51.04 | 3.73 | 16.09 | 8.68 | 均匀 |
| 6 | 2 | 2 | 46.73 | 5.49 | 16.08 | 7.49 | 均匀 |
| 7 | 2 | 3 | 44.43 | 11.58 | 14.74 | 6.44 | 均匀 |
| 8 | 2 | 4 | 52.54 | 3.46 | 15.29 | 9.02 | 均匀 |
| 9 | 3(0.12) | 1 | 45.16 | 6.18 | 15.03 | 6.96 | 均匀 |
| 10 | 3 | 2 | 47.18 | 7.09 | 15.56 | 6.11 | 均匀 |
| 11 | 3 | 3 | 45.18 | 7.37 | 12.84 | 5.02 | 均匀 |
| 12 | 3 | 4 | 47.67 | 2.45 | 15.02 | 8.80 | 均匀 |
| 13 | 4(0.16) | 1 | 48.02 | 3.34 | 16.72 | 9.13 | 均匀 |
| 14 | 4 | 2 | 53.36 | 6.63 | 15.86 | 8.48 | 均匀 |
| 15 | 4 | 3 | 45.71 | 5.47 | 15.73 | 7.58 | 均匀 |
| 16 | 4 | 4 | 47.07 | 2.76 | 15.85 | 9.12 | 均匀 |
| k ₁ | 8.04 | 8.41 | | | | | |
| k ₂ | 7.91 | 7.50 | | | | | |
| k ₃ | 6.72 | 6.14 | | | | | |
| k ₄ | 8.58 | 9.50 | | | | | |
| R | 1.86 | 3.36 | | | | | |

注 添加20mg/kg的亚硝酸钠的色泽为标准参照色,其色值为 L:41.78, a:9.81, b:10.33。每个处理重复3次,每个重复的色值重复测定4次。

表8 烤羊腿内层肉色泽的变化

| 时间(d) | 色值 | | | 色差 | 时间(d) | 色值 | | | 色差 |
|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | L | a | b | | | L | a | b | |
| 0 | 45.60 | 7.32 | 12.63 | -- | 40 | 47.11 | 7.13 | 12.40 | 1.54 |
| 10 | 46.01 | 8.10 | 13.23 | 1.07 | 50 | 45.30 | 8.43 | 11.30 | 1.76 |
| 20 | 44.57 | 6.91 | 13.65 | 1.51 | 60 | 46.10 | 6.92 | 12.11 | 0.82 |
| 30 | 45.93 | 8.45 | 19.51 | 1.36 | 70 | 46.53 | 6.55 | 11.96 | 1.38 |

注:每个处理的色值重复测定4次。

表 7 可见, 麦芽酚是影响烤羊腿内层肉色泽的主要因素, 其极差为 3.36 ($P < 0.01$)。方差分析表明, 柠檬酸铁用量对烤羊腿内层肉色泽也有显著影响 ($P < 0.05$)。当羊腿肉中注射 0.04%~0.12% 的柠檬酸铁和 0.05%~0.15% 的麦芽酚时, 发色剂的用量与色差呈负相关。当柠檬酸铁用量为 0.12%~0.16%, 麦芽酚用量为 0.15%~0.20% 时, 发色剂的用量与色差呈正相关, 且柠檬酸铁用量为 0.12%, 麦芽酚用量为 0.15% 时, 色差最小。所以, 发色剂的最佳用量为: 柠檬酸铁 0.12%, 麦芽酚 0.15%。

表 6 亚硝酸钠与红曲的发色效果实验结果

| 实验号 | 发色剂 | 用量 (mg/kg) | 色值 | | | 呈色 均匀度 |
|-----|------|---------------|-------|------|-------|-----------|
| | | | L | a | b | |
| 1 | 亚硝酸钠 | 20 | 48.78 | 9.81 | 10.33 | 均匀 |
| 2 | 红曲 | 400 | -- | -- | -- | 不均匀 |
| 3 | 红曲 | 800 | -- | -- | -- | 不均匀 |
| 4 | 红曲 | 1200 | -- | -- | -- | 不均匀 |
| 5 | 红曲 | 1600 | -- | -- | -- | 不均匀 |
| 6 | 红曲 | 2000 | -- | -- | -- | 不均匀 |
| 7 | 红曲 | 2400 | -- | -- | -- | 不均匀 |

2.2.2 色泽稳定性研究 在原料羊腿中添加羊腿重 0.15% 的麦芽酚与 0.12% 的柠檬酸铁, 采用最佳工艺烤制, 装袋、真空封口、杀菌、冷却。然后在 25℃ 的室温条件下放置不同时间, 其色值变化见表 8。方差分析表明, 放置时间对色差无显著影响 ($P > 0.05$)。所以, 柠檬酸铁与麦芽酚作为烤羊腿内层肉的发色剂, 其色泽具有良好的稳定性。

(上接第 69 页)

- [11] K Horikoshi, N Nakamura, N Matsuzawa, M Yamamoto. Proceedings of the 1st International Symposium on Cyclodextrins, Budapest (1981), Ed J Szejtli, Reidel, Dordrecht, (1982) pp.25.
- [12] Y Fujita, H Tsubouchi, Y Inagi, K Tomita, A Ozaki, K Nakanishi. Purification and properties of cyclodextrin glycosyltransferase from *Bacillus* sp AL-6 [J]. Ferment Bioeng, 1990,70: 150~154.
- [13] K A Sin, A Nakamura, K Kobayashi, H Masaki, T Uozumi. Cloning and sequencing of a cyclodextrin glycosyltransferase gene from *Bacillus* ohbensis and its expression in *Escherichia coli* [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1991,35: 600~605.
- [14] R Jamuna, N Saswathi, R Sheela, S V Ramakrishna. Synthesis of cyclodextrin glycosyltransferase by *Bacillus cereus* for the production of cyclodextrins [J]. Appl Biochem Biotechnol, 1993,43: 163~176.
- [15] V A Abelian, T Yamamoto, E G Afrikan. Isolation and characterization of cyclodextrin glycosyltransferase by

3 结论

用羊腿重 2.0% 的蜂蜜和 4.0% 的红曲作为表面发色剂, 高温烤制结束的前 20min 内, 在烤制的羊腿表面涂抹表面发色剂 2~3 次, 然后在 180℃ 的条件下烤制 20min, 可以获得棕红色的最佳表面色泽。烤羊腿的内层肉发色剂选用柠檬酸铁和麦芽酚, 最佳用量为柠檬酸铁 0.12%、麦芽酚 0.15%, 色泽均匀且稳定。

参考文献:

- [1] 胡利河. 烤肉制作[J]. 肉类工业, 1999 (12): 19.
- [2] 张雪, 隋继学. 风味烤肉新工艺的研究[J]. 肉类工业, 1999(9): 22.
- [3] 薛志成. 电烤鸡的加工技术[J]. 肉类工业, 1999(7): 22.
- [4] 郝玲玲, 涂宗财. 羊肉烤制品软罐头的研制[J]. 食品工业科技, 1998(3): 58.
- [5] 马美湖, 曹新新. 烤鸡加工工艺研究[J]. 中国畜产与食品, 1996(1): 13.
- [6] 林森, 涂宗财. 红绒烤鸭的研制[J]. 中国畜产与食品, 1998(6): 251.
- [7] 李苏龙, 闵连吉. 稳定色素及其在灌肠制品中代替亚硝呈色的研究[J]. 肉类研究, 1993(1): 17.
- [8] 耿欣, 孔保华. 无亚硝或低亚硝酸盐的肉品腌制系统[J]. 肉类工业, 1999(8): 22.
- [9] 王柏琴, 杨洁彬. 红色色素在发酵香肠中代替亚硝酸盐发色的应用[J]. 食品与发酵工业, 1995(3): 60.
- cyclodextrin polymers and their derivatives[J]. Biokhimiya, 1994,59: 778~787.
- [16] V A Abelian, M O Adamian, L A Abelian, A M Balayan, E K Afrikan. A new cyclomaltodextrin glucanotransferase from *Bacillus halophilic* [J]. Biokhimiya, 1995,60:891~897.
- [17] L R Marechal, A M Rosso, M A Marechal, N Krymkiewicz, S A Ferrarotti. Some properties of a cyclomaltodextrin-glycanotransferase from *Bacillus circulans* DF 9 R type[J]. Cell Mol Biol, 1996,42: 659~664.
- [18] B N Gawande, A Goel, A Y Patkar, S N Nene. Purification and properties of a novel raw starch degrading cyclomaltodextrin glucanotransferase from *Bacillus firmus* [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1999,51: 504~509.
- [19] L R Chen, K P Yuan, M G Feng, Y F Wang. Breeding, optimized fermentation and enzymatic properties of a *Bacillus licheniformis* mutant producing cyclomaltodextrin glucanotransferase[J]. Wei Sheng Wu Xue Bao, 2005,45: 97~101.