

不同腌制方式对牛肉品质特性的影响^①

夏军军¹, 李洪军^{1,2}, 贺稚非^{1,2}, 耿铁柱¹, ENKHMAA Batjargal¹

1. 西南大学 食品科学学院, 重庆 400716; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716

摘要: 探讨不同腌制方式对牛肉品质特性的影响, 选出最佳的腌制方式. 分别研究静置腌制、滚揉腌制、真空滚揉腌制、脉动真空滚揉腌制 4 种腌制方式对牛肉腌制吸收率、蒸煮损失、色泽、质构特性、剪切力、pH 值、总挥发性盐基氮值、总可溶性蛋白溶解度、肌浆蛋白溶解度、肌原纤维蛋白溶解度和总游离氨基酸质量分数的影响. 结果表明, 滚揉腌制、真空滚揉腌制和脉动真空滚揉腌制均能不同程度地改善牛肉的嫩度、色泽和质构特性, 提高牛肉腌制吸收率; 真空滚揉腌制导致肌原纤维蛋白分解、游离氨基酸质量分数下降; 牛肉腌制过程中, 各品质指标间存在显著相关性. 综合比较, 真空滚揉腌制改善牛肉品质的效果最好.

关键词: 腌制方式; 牛肉; 真空滚揉; 脉动真空滚揉; 相关性; 品质特性

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)02-0012-08

在过去的十几年中, 我国牛肉产量得到了巨大的发展, 但人均牛肉占有量并不高. 据 2014 年 FAO 统计数据^[1]显示, 2012 年我国牛肉产量为 657.6 万 t, 与 2000 年的 501.3 万 t 相比, 增长 31.2%, 但和世界牛肉总产量 6 688.6 万 t 相比, 仅占 9.83%, 因此, 我国牛肉产业的发展潜力巨大. 牛肉具有肉质鲜美、低脂肪、低胆固醇等特点^[2], 富含人体所需的多种营养成分, 营养价值高, 越来越受到广大消费者的喜爱^[3].

在肉制品加工过程中, 腌制作作为重要的加工工艺, 不仅具有抑制腐败微生物的作用^[4], 而且能够改善肉制品色泽、风味和质地等方面的品质^[5-6]. 我国牛肉加工中多采用传统的腌制方法(如: 干腌法、湿腌法和半干半湿腌制法), 具有腌制时间长、腌制效率低、易导致微生物污染等缺点. 随着现代肉品加工技术的不断发展, 注射腌制和滚揉工艺相结合逐渐被广泛应用, 关于滚揉腌制对肉类品质特性影响的研究多集中在禽肉和猪肉^[7-14]以及滚揉结合其他措施改善肉类产品品质等方面^[15-16], 而关于真空滚揉腌制、脉动真空滚揉腌制对牛肉品质特性的影响, 尤其对牛肉产品色泽和质构变化的相关性研究报道较少.

鉴于此, 本文以市售牛肉为原料, 探讨不同腌制方式(静置腌制、滚揉腌制、真空滚揉腌制、脉动真空滚揉腌制)对牛肉基本食用品质、全质构特性、总挥发性盐基氮(TVB-N)值、pH 值、总可溶性蛋白溶解度、肌浆蛋白溶解度、肌原纤维蛋白溶解度及总游离氨基酸质量分数的影响, 并进行各品质间的相关性分析, 为滚揉腌制工艺在牛肉加工上的应用提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂

牛腿肉购于重庆北碚永辉超市, 洗净, 修整, 备用. 分为 1 个对照组和 4 个试验组. 对照组, 不进行腌制处理, 测量其各项指标; 试验组分别用不同的腌制方式: 静置腌制、滚揉腌制、真空滚揉腌制(以下简称

① 收稿日期: 2015-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071566); 三峡库区优质牛肉安全生产关键技术集成与示范(2011BAD36B01).

作者简介: 夏军军(1990-), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 主要从事食品微生物与发酵工程的研究.

通信作者: 贺稚非, 教授, 博士研究生导师.

真空滚揉)和脉动真空滚揉腌制(以下简称脉动滚揉)进行处理,测定牛肉腌制吸收率、蒸煮损失、色泽、质构特性、剪切力、pH 值、总挥发性盐基氮值等各项指标。

氯化钾、硼酸、氧化镁、浓盐酸、活性炭、茛三酮、氢氧化钾、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、碘化钾、五水硫酸铜、酒石酸钾钠、氢氧化钠均为分析纯,结晶牛血清清蛋白为生化试剂,购于成都市科龙化工试剂厂。

腌制液按食用盐 0.4%,复合磷酸盐(食品级)0.03%配制,在 4℃的条件下过夜。

1.1.2 仪器与设备

电子分析天平,赛多利斯科学仪器有限公司;BVRJ-30 真空滚揉机,嘉兴艾博实业有限公司;UltraScan PRO 测色仪,美国 HunterLab 公司;HH-4 富华数显恒温水浴锅,金坛市富华仪器有限公司;CT-3 质构分析仪,美国 Brookfield 公司;数显式肌肉嫩度仪,北京天翔飞域仪器设备有限公司;UB-7 pH 计,德国 Sartorius AG 公司;台式高速离心机,德国 Eppendorf 公司;722 型可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;ZWY-2102C 恒温培养震荡器,上海智城分析仪器制造有限公司;XHF-D 高速分散器,宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 腌制方法

将修整后的牛肉随机分成 5 组,第 1 组不做任何处理,室温下放置 4 h,测定各项指标;第 2 组(静置腌制组),牛肉与等质量腌制液混合,室温下静置腌制 4 h;第 3 组(滚揉腌制组),牛肉与等质量腌制液混合置于滚揉机中进行滚揉腌制,滚揉 4 h(每滚揉 20 min,静置 10 min),滚揉机参数:转速 10 r/min;第 4 组(真空滚揉组),牛肉与等质量腌制液混合置于滚揉机中进行滚揉腌制,滚揉时间为 4 h(每滚揉 20 min,静置 10 min),滚揉机参数:转速 10 r/min,真空度 0.02MPa;第 5 组(脉动滚揉组),牛肉与等质量腌制液混合置于滚揉机中进行滚揉腌制,滚揉时间 4 h(每真空滚揉 20 min,常压静置 10 min),滚揉机参数:转速 10 r/min,真空度 0.02MPa。

1.2.2 测定指标

1.2.2.1 pH

按照 GB/T 9695.5-2008《肉与肉制品 pH 测定》进行,每个样品重复测定 3 次,取平均值。

1.2.2.2 腌制吸收率

参照文献^[8]方法,样品腌制前质量记为 m_1 ,样品腌制后用吸水纸吸干称质量,质量记为 m_2 。

$$\text{腌制吸收率} / \% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

1.2.2.3 蒸煮损失

参照文献^[17]方法,样品处理后,加热前质量记为 m_3 ,加热后质量记为 m_4 。

$$\text{蒸煮损失} / \% = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100$$

1.2.2.4 压缩失水率

参照文献^[18]方法,稍作修改,取小块牛肉样品($2.0 \times 2.0 \times 1.0 \text{ cm}^3$),上下各包裹 1 层吸水纸,用 5 kg 的铁块进行压榨,压榨前质量记为 m_5 ,压榨后质量记为 m_6 。

$$\text{压缩失水率} / \% = \frac{m_5 - m_6}{m_5} \times 100$$

1.2.2.5 色 泽

采用测色仪测定色泽,测色仪先用校正板标准化,然后将肉样垂直紧扣在镜口,测定并记录 L^* (亮度), a^* (红度), b^* (黄度),每个样品选择 3 个位置测定,取平均值。

1.2.2.6 剪切力

将肉样转移至 80℃水浴锅中加热,当肉样中心温度达到 70℃时,保温 30 min,然后取出冷却至室温后取样。用数显式肌肉嫩度仪测定剪切力,测定时将牛肉沿肌纤维方向切取 $1.0 \times 1.0 \times 5.0 \text{ cm}^3$ 的条状,每个样品重复测定 10~15 次,取平均值。

1.2.2.7 TPA 质构分析

采用美国 Brookfield 公司生产的 CT-3 质构分析仪, 对样品进行质构特性测定. 测定类型采用 TPA 质构分析, 测定参数: 目标 50%, 触发点负载 0.05N, 测试速度 1.00 mm/s, 返回速度 1.0 mm/s, 循环次数 2.0, 探头 TA44, 夹具 TA-BT-KI. 肉块切成规则的长方体(1.0×2.0×4.0 cm³)测定. 每个样品重复测定 3 次, 取平均值.

1.2.2.8 挥发性盐基氮(TVB-N)

参照 GB/T 5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》, 按半微量凯氏定氮法进行测定, 结果用每 100 g 含 mg 表示. 每个样品重复测定 3 次, 取平均值.

1.2.2.9 总可溶性蛋白溶解度、肌浆蛋白溶解度和肌原纤维蛋白溶解度的测定

参照文献^[19], 稍作修改, 测定肌原纤维和肌浆蛋白的溶解度.

总可溶性蛋白溶解度: 精确称取 0.5 g 肉样, 放入 100 mL 离心管中, 加入 10 mL 冰浴碘化钾提取液(1.1 mol/L 碘化钾溶于 0.1 mol/L 磷酸钾缓冲液, pH 值为 7.2), 低速匀浆(6 500 r/min) 4 次, 每次 10 s, 间隔 5 s. 匀浆液放于摇床, 在 4 ℃下抽提 12 h, 对抽提液进行离心分离(25 ℃, 1 500 g, 20 min), 分离上清液, 取 1.0 mL 上清液, 加入 4.0 mL 双缩脲试剂, 在 15~25 ℃下放置 30 min, 以空白试剂调零, 在波长 540 nm 下, 用紫外可见分光光度计测定各试样的吸光度值 A₅₄₀. 每个样品重复测定 3 次, 取平均值.

肌浆蛋白溶解度: 精确称取 1.0 g 肉样, 放入 100 mL 离心管中, 加入 10 mL 冰浴磷酸钾缓冲液(pH 值为 7.2, 0.025 mol/L), 按照以上步骤进行匀浆、抽提、离心上清液、测定蛋白溶解度. 每个样品重复测定 3 次, 取平均值.

肌原纤维蛋白溶解度: 用总可溶性蛋白溶解度减去肌浆蛋白溶解度来表示, 肌原纤维蛋白溶解度和肌浆蛋白溶解度分别为肌原纤维蛋白和肌浆蛋白占肉质量的百分比.

标准曲线线性方程为

$$y = 0.045\ 6x + 0.011\ 8 \qquad R^2 = 0.997\ 5$$

1.2.2.10 总游离氨基酸

总游离氨基酸质量分数的测定采用茚三酮比色法^[20], 准确称取粉碎样品 10.0 g, 置于烧杯中, 加入 50 mL 蒸馏水和 5 g 左右活性炭, 加热煮沸过滤, 用 40 mL 热水洗涤活性炭, 收集滤液于 100 mL 容量瓶中, 加水至标线, 摇匀. 吸取澄清样品溶液 0.5 mL, 置于 25 mL 比色管中, 然后加入茚三酮和磷酸缓冲溶液(pH 值为 8.04)各 1 mL, 混合均匀, 于水浴上加热 15 min, 取出迅速冷至室温, 加水至标线, 摇匀. 静置 15 min 后, 在 570 nm 波长下, 以试剂空白做参比, 调零, 测定各试液的吸光度 A₅₇₀. 每个样品重复测定 3 次, 取平均值.

1.3 数据处理

所有试验均重复 3 次, 试验数据采用均值±标准差表示. 采用 SPSS19.0 进行方差分析和显著性检验, 同时作指标间相关性分析. 采用 Origin8.1 软件作图.

2 结果与分析

2.1 不同腌制方式对牛肉食用品质的影响

由表 1 可知, 滚揉能够促进牛肉对腌制液的吸收, 但效果无统计学意义($p>0.05$); 脉动滚揉组的腌制吸收率与真空滚揉组差异无统计学意义($p>0.05$), 但均极显著高于静置腌制组和滚揉腌制组($p<0.01$), 这说明, 影响牛肉腌制吸收率的主要因素是真空条件. 真空条件形成的负压, 促使肌纤维结构趋于松弛, 再辅以滚揉, 有利于牛肉内部的血水渗出和腌制液渗入^[21], 提高了牛肉的腌制吸收率.

真空滚揉组的剪切力显著低于脉动滚揉组($p<0.05$); 真空滚揉组和脉动滚揉组的剪切力均极显著低于静置腌制组和滚揉腌制组($p<0.01$). 这说明真空对降低牛肉的剪切力作用有统计学意义, 且真空滚揉作用优于脉动真空滚揉作用. 在真空滚揉过程中, 肌纤维内外存在的压力差导致肌纤维结构趋于松弛, 致使肌纤维之间的连接作用被减弱, 肌纤维间隙增大、结合力减小, 最终导致剪切力下降; 另外, 滚揉腌制可能加速了内源性蛋白酶的释放与重新分布, 能够更加有效地与肌原纤维蛋白作用, 促进 z 线降解, 从而提

高嫩度^[11].

真空滚揉腌制极显著的提高牛肉的 L^* , 降低牛肉的 a^* ($p<0.01$), 主要是因为滚揉和真空有利于牛肉内部血水的渗出和外部腌制液的渗入^[21], 血水的渗出降低了牛肉的红度, 腌制液的渗入提高了牛肉的亮度, 从而改善了牛肉的色泽. 真空滚揉对腌制牛肉的 b^* , pH 影响不大.

综上, 真空滚揉腌制能够较好地改善牛肉的嫩度、色泽, 同时提高牛肉的腌制吸收率.

表 1 不同腌制方式对牛肉食用品质的影响

静置方式	未处理组	静置腌制组	滚揉腌制组	真空滚揉组	脉动滚揉组
腌制吸收率/%		1.87±0.04ABab	4.21±0.04Bb	14.3±1.81Cc	16.93±1.57Cc
压缩失水率/%	9.20±1.20Aa	7.20±0.52Aa	14.02±1.89Bb	19.69±1.18Cc	16.86±1.50BCbc
蒸煮损失/%	27.93±3.25Ab	22.25±0.26Aa	26.00±2.59Aab	36.71±0.89Bc	35.78±1.13Bc
pH	5.34±0.02Aa	5.45±0.01Ab	5.44±0.01Aab	5.39±0.08Aab	5.34±0.01Aa
L^*	34.71±1.16Aa	36.98±1.52Aa	44.31±2.11Bb	42.40±1.19Bb	44.96±0.47Bb
a^*	16.79±0.15Cc	10.66±0.86Bb	7.84±0.83Aa	7.89±0.15Aa	7.62±0.43Aa
b^*	11.49±0.31Ab	9.28±0.70Aa	11.67±1.03Ab	10.96±0.77Aab	11.30±0.59Ab
剪切力/kg	13.48±1.34Aa	10.80±0.95Bb	9.36±0.68Bb	4.68±0.61Cd	6.50±0.76Cc

注: 同行大写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.2 不同腌制方式对牛肉质构的影响

硬度是食品保持其形状的内部结合力, 是反映牙齿间用来压迫样品所需最大力, 可较好地反映肉的嫩度. 弹性是当去掉外力时, 样品回复为原来状态的速率, 反映食物受外力作用时变形及撤去力后的恢复程度^[22-24]. 由表 2 可知, 与未处理组的硬度、弹性相比, 滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组的硬度均极显著降低($p<0.01$); 和静置腌制组的硬度相比, 滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组均显著降低($p<0.05$), 其中真空滚揉组下降的幅度最大.

咀嚼性是指将固体食品咀嚼到可吞咽时需做的功, 数值上等于硬度、弹性与内聚性的乘积. 与未处理组的咀嚼性相比, 静置腌制组、滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组均极显著降低($p<0.01$); 和静置腌制组的咀嚼性相比, 真空滚揉组和脉动滚揉组的咀嚼性均极显著降低($p<0.01$), 其中真空滚揉组下降的幅度最大.

胶着性是指将半固体食品嚼碎至可吞咽时需做的功, 数值上等于硬度与内聚性的乘积^[22]. 与未处理组的胶着性相比, 静置腌制组、滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组的胶着性均极显著降低($p<0.01$), 其中真空滚揉组下降的幅度最大.

内聚性是组成食物结构的内部键力, 数值上等于第二循环压缩功/第一循环压缩功^[24]. 内聚性是反映对食物咀嚼时的抵抗性的指标^[22]、可恢复形变是撤销压力后, 食品恢复的高度. 未处理组、静置腌制组、滚揉腌制组的内聚性和可恢复形变差异无统计学意义($p>0.05$), 与未处理组、静置腌制组、滚揉腌制组的内聚性和可恢复形变相比, 真空滚揉组和脉动滚揉组的内聚性和可恢复形变均极显著升高($p<0.01$).

真空和滚揉使得牛肉吸收腌制液膨胀变软, 肌纤维间隙增大, 引起硬度、弹性、咀嚼性和胶着性下降, 改善了牛肉的质构. 硬度和弹性对产品综合评价的影响最大^[25], 综上, 真空滚揉对牛肉质构的改善效果最好.

表 2 不同腌制方式对牛肉质构的影响

腌制方式	未处理组	静置腌制组	滚揉腌制组	真空滚揉组	脉动滚揉组
硬度/N	39.35±3.80Cc	36.09±2.26BCc	25.56±4.84ABb	16.55±2.37Aa	22.15±1.60Aab
弹性/mm	6.12±0.39Cc	5.76±0.36Cc	4.47±0.37Bb	1.95±0.05Aa	4.02±0.31Bb
咀嚼性/mJ	74.30±1.00Cd	50.87±3.10Bb	58.03±2.54Bc	27.90±2.55Aa	32.50±2.21Aa
胶着性/N	23.80±1.08Cc	17.47±1.16Bb	13.05±0.98Aa	12.62±1.19Aa	12.71±0.38Aa
内聚性	0.52±0.05ABa	0.49±0.01Aa	0.44±0.02Aa	0.66±0.02Bb	0.88±0.08Cc
可恢复形变/mm	0.69±0.09Aa	1.25±0.03Aa	1.03±0.42Aa	2.10±0.11Bb	3.70±0.17Cc

注: 同行大写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.3 不同腌制方式对牛肉 TVB-N 的影响

由图 1 可知, 和未处理组的 TVB-N 质量分数(以 100 g 含 mg 计)相比, 真空滚揉组和脉动滚揉组的

TVB-N 质量分数极显著降低($p<0.01$). 一方面, 真空增大了牛肉与滚揉机间的压强差^[26], 真空滚揉促使牛肉内部血水的渗出, 减少了牛肉中易被分解产生 TVB-N 的血水部分; 另一方面, 可能是真空降低了内源酶的活性^[27], 抑制了微生物的活动, 从而降低了牛肉中 TVB-N 质量分数; 再者, 可能与真空条件下 TVB-N 的挥发量增加有关. 以下坐标图中大写字母不同表示差异有统计学意义, $p<0.01$, 小写字母不同表示差异有统计学意义, $p<0.05$.

2.4 不同腌制方式对牛肉总蛋白溶解性的影响

肉蛋白质溶解度反映了蛋白质的变性程度, 且与肉的嫩度呈正相关^[28]. 蛋白质溶解度越低, 表示蛋白质变性程度越大. 由图 2 可知, 与未处理组的总蛋白溶解度相比, 滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组的总蛋白溶解度显著降低($p<0.05$); 与静置腌制组的总蛋白溶解度相比, 各处理组之间差异无统计学意义($p>0.05$). 这说明滚揉腌制能够引起蛋白质的变性, 而真空对蛋白质的变性影响不大.

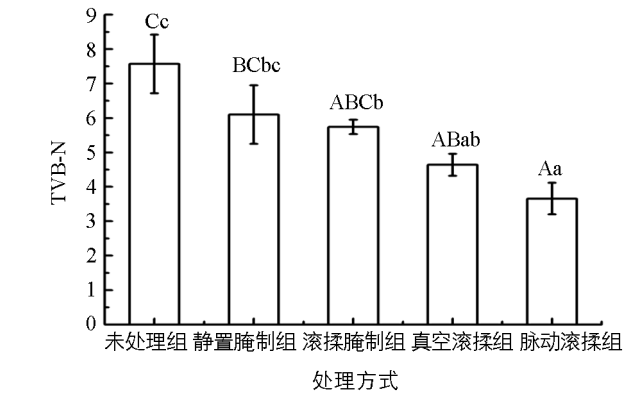


图 1 不同腌制方式对牛肉 TVB-N 的影响

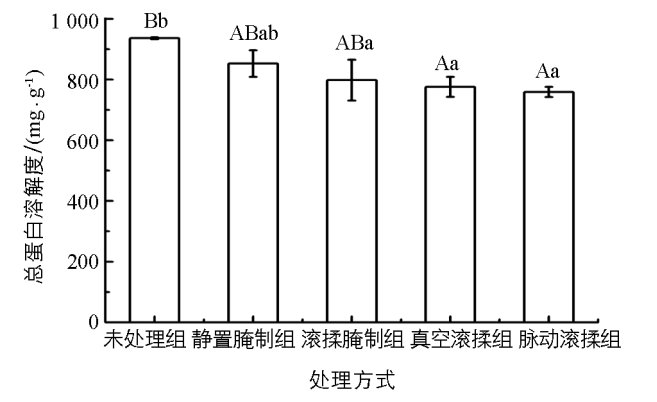


图 2 不同腌制方式对牛肉总蛋白溶解度的影响

2.5 不同腌制方式对牛肉肌浆蛋白溶解性的影响

肌浆蛋白质主要包括肌溶蛋白、肌红蛋白、肌浆酶、肌粒蛋白、肌质网蛋白等^[29]. 由图 3 可知, 各组之间的肌浆蛋白溶解度差异无统计学意义($p>0.05$), 这说明滚揉和真空作用对牛肉腌制过程中肌浆蛋白溶解度的影响不明显.

2.6 不同腌制方式对牛肉肌原纤维蛋白溶解度的影响

盐溶性蛋白溶解度反映的是肌球蛋白杆部的性质, 其溶解度变化可以间接反映出蛋白变性程度, 溶解度下降率越大, 表明变性越严重^[30]. 由图 4 可知, 与未处理组的肌原纤维蛋白溶解度相比, 滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组的肌原纤维蛋白溶解度显著降低($p<0.05$); 而静置腌制组、滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组的肌原纤维蛋白溶解度差异无统计学意义($p>0.05$); 这说明单一的滚揉、真空作用对肌原纤维蛋白溶解度的影响较小, 主要是腌制液中含有食盐和磷酸盐类, 促进了盐溶性蛋白溶解进入腌制液中, 从而导致牛肉中肌原纤维蛋白溶解度下降, 由未处理组、静置腌制组、滚揉腌制组和真空滚揉组的肌原纤维蛋白溶解度可以看出, 滚揉和真空对这一过程有促进作用.

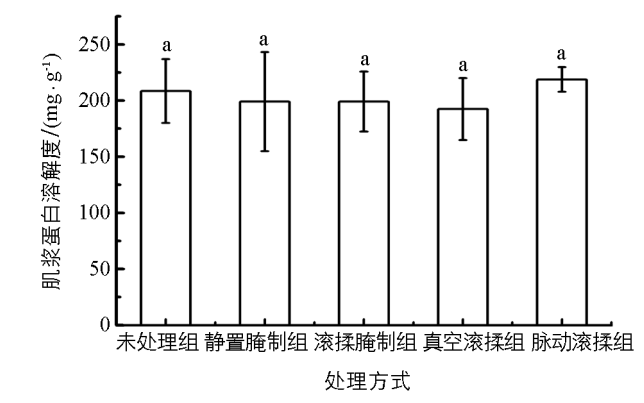


图 3 不同腌制方式对牛肉肌浆蛋白溶解度的影响

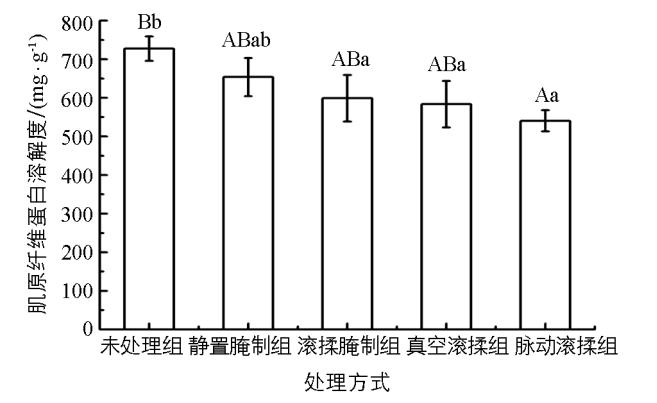


图 4 不同腌制方式对牛肉肌原纤维蛋白溶解度的影响

2.7 不同腌制方式对牛肉总游离氨基酸的影响

氨基酸可作为肉类食品的特征滋味物质,也可作为挥发性风味物质的前体物,参与美拉德反应和Strecker降解产生肉香前体物质而形成肉的特征香气^[31].游离氨基酸的增加和减少取决于其形成和降解量的比率^[32].由图5可知,滚揉腌制组的总游离氨基酸质量分数极显著高于静置腌制组($p<0.01$),因为滚揉有利于肌肉蛋白水解酶、氨肽酶等与肌纤维蛋白结合,作用生成游离氨基酸,使得游离氨基酸质量分数增加^[32];真空滚揉组和脉动滚揉组总游离氨基酸质量分数极显著低于滚揉腌制组($p<0.01$),可能是因为真空作用抑制了肌肉蛋白水解酶、氨肽酶的活性^[33-34],使得游离氨基酸的生成量减少.静置腌制组、滚揉腌制组、真空滚揉组和脉动滚揉组均比未处理组的总游离氨基酸质量分数低,主要是因为腌制过程中游离氨基酸进入腌制液中,从而导致腌制组牛肉中游离氨基酸质量分数明显低于未处理组.

2.8 不同指标间相关性分析

由表3可以看出,牛肉食用品质和理化指标之间相关系数较大,相互间影响密切.其中,腌制吸收率与压缩失水率、蒸煮损失、内聚性、可恢复形变和亮度值(L^*)呈现极显著正相关(相关系数分别为0.842,0.860,0.874,0.901和0.729, $p<0.01$),与硬度、弹性、咀嚼性、胶着性、剪切力、红度值(a^*)、挥发性盐基氮值、总蛋白溶解度、肌原纤维蛋白溶解度和游离氨基酸呈极显著负相关(相关系数分别为-0.831,-0.786,-0.905,-0.737,-0.886,-0.695,-0.878,-0.743,-0.730和-0.662, $p<0.01$).剪切力与红度值、挥发性盐基氮值、总蛋白溶解度、肌原纤维蛋白溶解度和游离氨基酸呈极显著正相关(相关系数分别为0.864,0.842,0.794,0.736和0.763, $p<0.01$),与 L^* 呈显著负相关(相关系数为-0.781, $p<0.01$).挥发性盐基氮值与总蛋白溶解度、肌原纤维蛋白溶解度和游离氨基酸呈极显著正相关(相关系数分别为0.783,0.800和0.811, $p<0.01$).其余各指标间也存在显著或极显著的相关性,这说明不同的腌制方式对牛肉的食用品质和理化指标有显著的作用,且各食用品质和理化指标密切相关.

表3 腌制后牛肉各品质指标的相关性分析

指标	腌制 吸收率	压缩 失水率	蒸煮 损失	硬度	弹性	咀嚼性	胶着性	内聚性	可恢复 形变	剪切力	L^*	a^*	b^*	pH	挥发性 盐基氮	总蛋白 溶解度	肌浆蛋 白溶解度	肌原纤维 蛋白溶解度	游离 氨基酸
腌制吸收率	1	0.842**	0.860**	-0.831**	-0.786**	-0.905**	-0.737**	0.874**	0.901**	-0.886**	0.729**	-0.685**	0.182	-0.33	-0.878**	-0.743**	0.067	-0.730**	-0.662**
压缩失水率		1	0.814**	-0.932**	-0.913**	-0.740**	-0.743**	0.583*	0.616*	-0.874**	0.728**	-0.647**	0.36	-0.193	-0.688**	-0.688**	-0.091	-0.634**	-0.419
蒸煮损失			1	-0.708**	-0.753**	-0.688**	-0.449	0.775**	0.717**	-0.710**	0.523*	-0.365	0.33	-0.517**	-0.617**	-0.535*	0.177	-0.561**	-0.276
硬度				1	0.945**	0.825**	0.884**	-0.513	-0.589*	0.937**	-0.829**	0.813**	-0.306	-0.01	0.748**	0.685**	0.029	0.652**	0.570*
弹性					1	0.825**	0.788**	-0.439	-0.484	0.934**	-0.683**	0.713**	-0.22	0.028	0.669**	0.633*	0.077	0.577**	0.515*
咀嚼性						1	0.809**	-0.608**	-0.783**	0.948**	-0.660**	0.797**	0.129	0.021	0.856**	0.739**	-0.007	0.706**	0.851**
胶着性							1	-0.411	-0.583*	0.894**	-0.904**	0.976**	-0.064	-0.261	0.791**	0.824**	0.02	0.777**	0.777**
内聚性								1	0.940**	-0.583*	0.477	-0.384	0.116	-0.567**	-0.729**	-0.529*	0.239	-0.585**	-0.481
可恢复形变									1	-0.690**	0.614*	-0.580*	0.015	-0.419	-0.848**	-0.710**	0.183	-0.739**	-0.683**
剪切力										1	-0.781**	0.864**	-0.046	-0.015	0.842**	0.794**	0.058	0.736**	0.763**
L^*											1	-0.888**	0.37	-0.026	-0.739**	-0.712**	0.083	-0.709**	-0.582**
a^*												1	0	-0.267	0.811**	0.821**	0.05	0.765**	0.834**
b^*													1	-0.442	-0.098	0.051	0.046	0.033	0.379
pH														1	0.1	-0.089	-0.068	-0.082	-0.25
挥发性盐基氮															1	0.783**	-0.161	0.810**	0.811**
总蛋白溶解度																1	0.086	0.940**	0.782**
肌浆蛋白溶解度																	1	-0.308	0.082
肌原纤维蛋白溶解度																		1	0.704**
游离氨基酸																			1

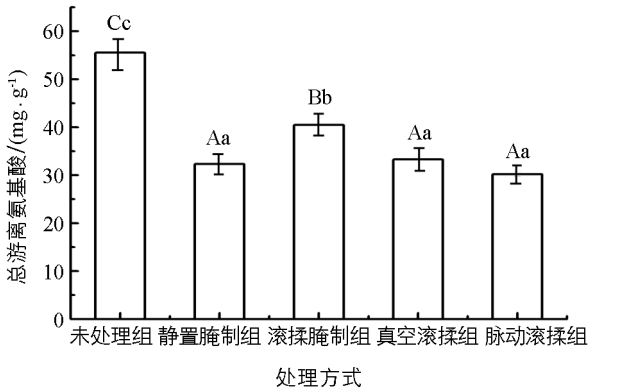


图5 不同腌制方式对牛肉总游离氨基酸质量分数的影响

注: * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), ** 表示差异有统计学意义($p<0.01$).

3 结 论

滚揉腌制、真空滚揉腌制和脉动真空滚揉腌制均能够改善牛肉的食用品质,以真空滚揉腌制效果最好。真空滚揉腌制显著改善牛肉的嫩度和色泽,提高牛肉的腌制吸收率,改善牛肉的质构特性。

真空滚揉腌制能够引起牛肉肌原纤维蛋白的分解,肌原纤维蛋白和总蛋白溶解度下降,游离氨基酸质量分数下降。

牛肉腌制过程中,各品质指标间存在着显著的相关性,其中嫩度(剪切力)和质构、色泽、理化指标之间呈极显著相关关系。

参考文献:

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization Statistics [EB/OL]. [2014-02-07]. <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>.
- [2] 刘 丽,周光宏,王丽哲,等. 宰后成熟时间对牛肉品质的影响 [J]. 食品科学, 2002, 23(1): 33-36.
- [3] 谢小雷,李 侠,张春晖,等. 不同干燥方式对牛肉干物性特性的影响 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(Z1): 346-354.
- [4] CASENS R G, 朱秋劲,李洪军. 亚硝酸钠在腌肉中的应用现状 [J]. 肉类研究, 1998(3): 25-27, 16.
- [5] 徐为民,殷燕涛,诸永志,等. 不同腌制方式对鸭肉腌制速率及肉质的影响 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(8): 201-205.
- [6] SONG X, CORNFORTH D, WHITTIER D, et al. Nitrite Spray Treatment to Promote Red Color Stability of Vacuum Packaged Beef [J]. Meat Science, 2015, 99: 8-17.
- [7] 丁玉庭,胡 煌,吕 飞,等. 滚揉腌制方式对鸭肉腌制品质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(2): 200-204.
- [8] 汤春辉,黄 明,樊金山,等. 调理鸭胸肉制品滚揉腌制工艺优化 [J]. 食品科学, 2013, 34(14): 63-67.
- [9] 汤春辉. 滚揉腌制对调理鸭胸肉制品品质的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [10] 杨勇胜,彭增起. 滚揉腌制条件对猪肉加工特性的影响 [J]. 现代食品科技, 2012, 28(10): 1386-1390.
- [11] 史培磊,闵辉辉,李春保,等. 滚揉腌制前后鹅肉品质的变化 [J]. 食品科学, 2011, 32(11): 88-92.
- [12] LACHOWICZ K, SOBCZAK M, GAJOWIECKI L, et al. Effects of Massaging Time on Texture, Rheological Properties, and Structure of Three Pork Ham Muscles [J]. Meat Science, 2003, 63(2): 225-233.
- [13] PIETRASIK Z, SHAND P J. Effect of Blade Tenderization and Tumbling Time on the Processing Characteristics and Tenderness of Injected Cooked Roast Beef. [J]. Meat Science, 2004, 66(4): 871-879.
- [14] CCEDIL F, DEUMIER O. Decontamination of Deboned Chicken Legs by Vacuum-Tumbling in Lactic Acid Solution [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41(1): 23-32.
- [15] SONCU E D, KOLSARICI N, AKOGLU I T, et al. The Effects of Vacuum Tumbling Combined with Sodium Tripolyphosphate on Lipolytic and Oxidative Changes in Beef Döner [J]. GIDA Journal of Food, 2014, 39(5): 259-266.
- [16] DEMIROK E, KOLSARICI N, AKOGLU I T, et al. The Effects of Tumbling and Sodium Tripolyphosphate on the Proteins of Döner [J]. Meat Science, 2011, 89: 154-159.
- [17] 薛 山,贺稚非,李洪军. 伊拉兔宰后肌糖原变化及其与兔肉品质的相关性 [J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 814-822.
- [18] RAWDKUEN S, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Chicken Plasma Protein Affects Gelation of Surimi from Bigeye Snapper (*Priacanthus tayenus*) [J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18(2): 259-270.
- [19] LI C, WANG D Y, XU W M, et al. Effect of Final Cooked Temperature on Tenderness, Protein Solubility and Microstructure of Duck Breast Muscle [J]. LWT Food Science and Technology, 2013, 51(1): 266-274.
- [20] 吴谋成. 食品分析与感官评定 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 79-80.
- [21] MARRIOTT N G, GRAHAM P P, BOLING J W, et al. Vacuum Tumbling of Dry-Cured Hams [J]. Journal of Animal Science, 1984, 58(6): 1376-1381.
- [22] 李里特. 食品物性学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 107-109.
- [23] 丁 武,魏益民,江胜龙. 物性仪测定肉嫩度的研究 [J]. 肉类工业, 2003(5): 21-24.
- [24] 张馨木. 质构仪测定冷鲜肉新鲜度方法的研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2012.
- [25] 张志清,熊善波,李远志,等. 工程重组米质构测定(TPA)与感官评价相关分析 [J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10):

- 1—5.
- [26] MARRIOTT N G, GRAHAM P P, BOLING J W, et al. Vacuum Tumbling of Dry-Cured hams [J]. *Journal of Animal Science*, 1984, 58(6): 1376—1381.
- [27] 陶 菲, 郜海燕, 葛林梅, 等. 真空预冷减缓双孢菇细胞壁物质的降解 [J]. *农业工程学报*, 2013, 29(16): 264—268.
- [28] 张斌斌, 李兴艳, 夏杨毅, 等. 兔肉宰后成熟过程中肌原纤维蛋白功能性质的变化 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(4): 105—110.
- [29] 何 燕, 彭增起, 赵立艳, 等. 肌浆蛋白对牛肉匀浆物凝胶特性的影响 [J]. *食品科学*, 2006, 27(10): 193—196.
- [30] 欧阳杰, 谈佳玉, 沈 建. 速冻方式与温度对鲍鱼品质的影响 [J]. *现代食品科技*, 2014, 30(6): 214—218.
- [31] PRIPIS-NICOLAU L, REVEL G D, BERTRAND A, et al. Formation of Flavor Components by the Reaction of Amino Acid and Carbonyl Compounds in Mild Conditions [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(9): 3761—3766.
- [32] 刘 源, 徐幸莲, 王锡昌, 等. 盐水鸭加工过程中滋味成分变化研究 [J]. *农业工程技术(农产品加工)*, 2007(7): 32—35.
- [33] 褚江永, 杨体强, 许 强, 等. 低能 N+注入及真空作用对酶蛋白二级结构的影响 [J]. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2009, 40(3): 291—296.
- [34] 许 强, 王 苗. 不同真空处理时间对辣根过氧化物酶二级结构的影响 [J]. *真空*, 2010, 47(3): 75—77.

Effects of Different Curing Strategies on Quality Characteristics of Beef

XIA Jun-jun¹, LI Hong-jun^{1,2}, HE Zhi-fei^{1,2},
GENG Tie-zhu¹, ENKHMAA Batjargal¹

1. School of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Special Food Engineering and Technology Research Center, Chongqing 400716, China

Abstract: In order to develop a best curing strategy for beef, four strategies, i. e. standing curing, tumbling curing, vacuum tumbling curing and pulsed vacuum tumbling curing, were used to treat beef, and their effects on curing absorption rate, cooking loss, color, texture properties, shear force, pH, total volatile basic nitrogen(TVB-N), total protein solubility, sarcoplasmic protein solubility, myofibrillar protein solubility and total free amino acid content of the treated beef were recorded and compared with those of the untreated control. The results showed that tumbling curing, vacuum tumbling curing and pulsed vacuum tumbling curing improved, in different degree, the tenderness, color, texture properties and curing absorption rate of the beef, that vacuum tumbling curing led to a breakdown of myofibrillar protein and a decrease in free amino acid content, and that significant correlations existed among the basic eating quality, texture properties and physicochemical indexes. On the whole, vacuum tumbling curing gave better results than the other strategies.

Key words: curing strategy; beef; vacuum tumbling; pulsed vacuum tumbling; relevance; quality characteristics

责任编辑 周仁惠

