

滚揉方式对中式传统酱牛肉品质的影响

刘丹丹¹, 吴子健^{1,*}, 刘忠敏², 马俐珍³, 赵 培¹, 雷丹丹¹, 张馨予¹

(1.天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134;

2.天津至美斋食品有限公司, 天津 300393; 3.天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300392)

摘 要: 在保证酱牛肉品质的前提下, 为实现利用腌制适当提高其出品率的目的, 通过分析间歇式滚揉 (intermittent tumbling, IT) 和呼吸式滚揉 (breathing tumbling, BT) 腌制原料肉后加工所得酱牛肉品质, 并与传统静置腌制酱牛肉进行对比, 探讨滚揉方式对酱牛肉水分含量、出品率、水分迁移规律、色差、质构特性及感官品质的影响。结果表明: 滚揉腌制提高了酱牛肉的出品率, IT组与BT组的出品率相较于对照组分别提高18.83%、28.84%; IT与BT组的横向弛豫时间 T_{22} 分别为42.86、32.49 ms, 显著低于对照组 (43.80 ms) ($P < 0.05$); IT与BT组的亮度值相对于对照组分别增加9.01%、18.82%, 红度值分别增加12.44%、16.59%, 剪切力分别降低15.21%、21.93%, 硬度分别降低14.27%和19.53%, 滚揉腌制对于酱牛肉弹性与咀嚼性影响不显著; 相比对照组, IT组和BT组酱牛肉感官评分总分差异不显著。

关键词: 滚揉方式; 酱牛肉; 出品率; 水分迁移; 质构特性

Effects of Tumbling Methods on Quality of Traditional Chinese Sauced Beef

LIU Dandan¹, WU Zijian^{1,*}, LIU Zhongmin², MA Lizhen³, ZHAO Pei¹, LEI Dandan¹, ZHANG Xinyu¹

(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce,

Tianjin 300134, China; 2.Tianjin Zhimeizhai Food Co. Ltd., Tianjin 300393, China;

3.College of Food Science and Bioengineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300392, China)

Abstract: In order to find the appropriate marination method that can improve the yield of sauced beef under the premise of ensuring the quality, the quality of sauced beef produced by intermittent tumbling (IT) or breathing tumbling (BT) marination was evaluated and compared with that of sauced beef produced using the traditional process as a control. The effects of different tumbling methods on the moisture content, yield, moisture migration, color, texture characteristics and sensory quality of sauced beef products were investigated. Results showed that tumbling marination improved the yield of sauced beef, which was increased by 18.83% and 28.84% in the IT and BT groups in comparison with the control group, respectively. The transverse relaxation time T_{22} in the IT and BT groups was 42.86 and 32.49 ms, respectively, significantly shorter than that in the control group (43.80 ms) ($P < 0.05$). Compared with the control group, L^* values in the IT and BT groups were increased by 9.01% and 18.82%, respectively; a^* values were increased by 12.44% and 16.59%, respectively; shear forces were decreased by 15.21% and 21.93%, respectively; hardness values were decreased by 14.27% and 19.53%, respectively. However, tumbling had no significant effects on the elasticity or chewiness of sauced beef, and the total sensory score of sauced beef in the IT and BT groups was not significantly different from that of the control group.

Keywords: tumbling methods; sauced beef; yield; moisture migration; textural properties

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2021) 07-0015-06

引文格式:

刘丹丹, 吴子健, 刘忠敏, 等. 滚揉方式对中式传统酱牛肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(7): 15-20. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210323-078. <http://www.rlyj.net.cn>

LIU Dandan, WU Zijian, LIU Zhongmin, et al. Effects of tumbling methods on quality of traditional Chinese sauced beef[J]. Meat Research, 2021, 35(7): 15-20. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210323-078. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2021-03-23

基金项目: 天津市重点研发计划项目 (S18LH01013)

第一作者简介: 刘丹丹 (1995—) (ORCID: 0000-0002-7077-0700), 男, 硕士研究生, 研究方向为肉类加工。

E-mail: 745880990@qq.com

*通信作者简介: 吴子健 (1973—) (ORCID: 0000-0001-7093-3023), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品生物技术。

E-mail: wzjian@tjcu.edu.cn

中式传统酱牛肉是将原料肉放入到已调配好食盐、黄豆酱及复合香辛料的卤水中,经蒸煮、焖制等工艺加工制成的酱卤肉制品^[1]。富含牛筋等结缔组织的牛腱子肉经过这种中式工艺加工,肉品组织嫩度适中、口感佳,各种辛香料使得成品具有独特的风味,备受消费者喜爱^[2-3]。

在低温肉制品加工过程中,腌制作为重要的工艺能够有效改善产品的色泽、风味、质地等品质^[4]。传统腌制肉制品是以防腐为目的逐步发展起来的一类肉制品,由于没有促进腌制液快速渗透的有效手段,导致产品生产效率低,质量参差不齐,安全性难以保障^[5]。滚揉技术作为新的肉品加工技术,可有效促进多种肉制品产品质量的提高,尤其在肉原料嫩化、调味和其他食用品质改善方面发挥了重要作用^[6]。目前,为实现快速腌制常采用盐水注射结合滚揉技术(动态腌制技术)进行腌制,经盐水注射后的肉块放入滚揉机的滚揉桶内,启动真空泵使桶内真空度达到0.06~0.08 MPa,再进行翻滚、摔打、挤压、按摩等,最终完成原料肉腌制,在此过程中滚揉机可以正转、停止、反转、停止、再正转,循环进行,也被称为间歇式滚揉(intermittent tumbling, IT)^[7]。在滚揉过程中,原料肉的肌纤维被摔打、撕裂,肌肉组织松弛膨胀,加速了腌制液的渗透与吸收,使腌制更加充分^[8]。在腌制牛肉时,IT腌制能显著改善牛肉的嫩度,提高出品率,改善质构特性,提升食用品质,滚揉能明显改变牛肉的亮度值(L^*)及红度值(a^*),提高最终发色率并加快腌制液成分的渗透速率,有效缩短腌制时间^[9],在一定范围内,增大真空度可提高腌制效果^[9]。目前IT腌制技术已经大量应用于腌腊肉制品生产中^[10-11]。呼吸式滚揉(breathing tumbling, BT)技术指在滚揉过程中将真空滚揉和加压滚揉交替进行,使肉块组织受到压迫、舒张的交替作用,腌制液周期性地吸入与挤出,交替运动,促进腌制液的渗透与分布^[12],在肉制品加工中的应用鲜有报道,且在牛肉滚揉工序中,各指标间相关性方面研究较少。

为实现在保证品质的前提下,利用腌制适当提高酱牛肉出品率的目的,本研究以冷冻去骨牛前腱肉为原料,通过IT腌制和BT腌制加工制得酱牛肉,测定酱牛肉出品率、色差、质构、感官品质等评价指标,并研究各指标间的相关性,以传统工艺加工酱牛肉为对照,研究IT和BT腌制方式对提升酱牛肉品质和出品率、降低生产成本的作用,为实际生产提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冷冻去骨牛前腱肉 巴西JBS-Friboi集团;食盐、味精、香辛料 市售。
无水乙醇 天津市风船化学试剂科技有限公司。

1.2 仪器与设备

BZZT-IV-90蒸煮桶、BVB-30F真空搅拌机 浙江嘉兴艾博实业有限公司;牛肉调料盐水电自动高压腌肉注射器 丹东沃隆电子商务有限公司;CM-700D/600D分光测色计 杭州柯盛行仪器有限公司;TMS-Pilot质构仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;NMI20-015V-I低场核磁共振成像分析仪 上海纽迈电子科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 酱牛肉加工工艺流程

冷冻去骨牛前腱肉→低温、高湿解冻→修整分割→腌制液注射→腌制(静态腌制或滚揉腌制)→煮制→真空包装→高温釜式灭菌→成品

参照传统工艺添加相同比例的香辛料和老汤进行煮制。

1.3.2 实验设计

剔除原料肉上多余的结缔组织与脂肪组织,并进一步切成大小均一的肉块(每块约400 g),每组原料牛腱子肉约5.0 kg。

静置腌制(对照组):在容器内将原料肉浸没在预先配制好的腌制液内,直至原料肉内部腌制液浓度与腌制液浓度相同。

腌制液配方(2 kg):食盐200 g、亚硝酸钠1.2 g、抗坏血酸钠5.0 g、复合磷酸盐30 g、葡萄糖40 g、白糖80 g、大豆分离蛋白粉100 g、鸡蛋100 g、卡拉胶20 g、味精40 g、白酒20 mL、香料水2 kg(大茴香16 g、桂皮10 g、丁香6 g、草果4 g、豆蔻6 g、小茴香8 g)。

用盐水注射器将腌制液(注入量为肉质量的20%)均匀注入处理好的牛肉块中,放入真空滚揉机中,密封抽真空至真空度为-0.06 MPa。滚揉腌制方式操作参照赵改名等^[4]方法,并略作修改,具体操作如下:

IT组:放入真空滚揉机中滚揉,正转10 min,反转10 min,停40 min,第2次正转10 min,反转10 min,取出放入冷库(0~4℃),静腌10 h,期间取出再放入滚揉机中滚揉20 min(正、反转各10 min)。

BT组:放入真空滚揉机中滚揉,正转5 min-静置2.5 min-反转5 min-静置2.5 min,立即用排气阀放气,再外接氮气瓶加压至0.06 MPa,在正压条件下,正转5 min-静置2.5 min-反转5 min-静置2.5 min,待结束后重复上述操作1次,总时间为1 h。取出放入冷库(0~4℃),静腌10 h,期间取出再放入滚揉机中按上述步骤滚揉1次。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 水分含量

参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》及郭旭茜等^[13]的方法。

1.3.3.2 出品率

按照周亚军等^[14]的方法,分别称量原料肉的质量和煮制好的酱牛肉质量,其中煮制好的酱牛肉在称量前需

要在4℃冷却静置2 h,并用过滤纸吸干肉表面多余的水分和油脂,再进行精确称量。出品率按下式计算。

$$\text{出品率}/\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

式中: m_1 为原料肉质量/g; m_2 为煮制好的酱牛肉成品质量/g。

1.3.3.3 核磁共振成像分析

参考盖圣美等^[15]的方法略作修改,将样品顺着肌原纤维方向修整切割成2.0 cm×0.5 cm×0.5 cm的肉条,置于样品管中,每个样品平行测定6次。测试参数为:温度32℃、采样频率200 kHz、质子共振频率20 MHz、射频延时0.015 ms。使用NMI20-015V-I磁体探头测定横向弛豫时间 T_2 。

1.3.3.4 色差

参考Wang Yao等^[16]的方法,将酱牛肉样品切片(横截面大小约25 cm²,厚度约2~3 cm),用色差仪测定样品的表面颜色。记录样品 L^* 、 a^* 和黄度值(b^*),每组样品重复测定6次,取平均值。

1.3.3.5 质构特性

参考赵改名等^[4]的方法,略作修改。以二次压缩计算各TPA参数值,选取硬度、弹性和咀嚼性3个指标来评价酱牛肉的质构特性。将样品切割为1.0 cm×1.0 cm×1.0 cm的正方体。测试参数为:探头P/40、压缩比50%、上升高度15.0 mm、间隔时间20 s、起始力0.3 N,测前、测试及测后速率分别为2.0、1.0、1.0 mm/s。

酱牛肉剪切力的测定方法参考付丽等^[17]的方法,略作修改。将酱牛肉沿肌纤维方向切分成5.0 cm×1.0 cm×1.0 cm大小,选择HDP/BSK测试探头,测定参数设定为测前、测试及测后速率分别为2.0、1.0、10.0 mm/s,距离15.0 mm,触发力15.0 g。

1.3.3.6 感官评分

参考GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》中的感官鉴定要求,并结合参照李石新等^[18]方法,根据酱牛肉评分的实际情况稍作修改,制定酱牛肉感官评分标准表及权重。评分标准为极差1分、非常差2分、较差3分、略差4分、一般5分、略好6分、较好7分、非常好8分、极好9分。

表1 酱牛肉的感官评定标准及指标权重

评分指标	特征描述	指标权重
色泽	外部酱红色,切片后内部浅红色,略有焦色和油脂光泽,色泽均匀	0.20
风味	浓郁牛肉香味,酱香味,香辣味适中,无腥味	0.25
质地	肉质切面整齐平滑,结构紧密结实,有弹性	0.15
口感	牛肉弹性好,易咬断,有嚼劲,口感好	0.40

1.4 数据处理

结果用平均值±标准差表示,通过SPSS 16.0软件进行单因素方差分析,应用Origin 17.0软件作图。

2 结果与分析

2.1 滚揉方式对酱牛肉水分含量和出品率的影响

水分是酱牛肉中含量最多的成分^[19],对酱牛肉的口感及风味影响显著,通常水分含量少会使酱牛肉口感较差。酱牛肉加工过程中,原料肉经过腌制工艺会对水分含量产生影响,进而影响酱牛肉产品的口感,因此如何保持或改善酱牛肉的水分含量与分布显得尤为重要。

表2 滚揉方式对酱牛肉水分含量与出品率的影响

Table 2 Effect of tumbling methods on moisture content and yield of sauced beef

组别	水分含量/%	出品率/%
对照组	53.31±0.28 ^c	51.36±0.41 ^c
IT组	63.27±0.35 ^b	61.03±0.61 ^b
BT组	68.19±1.54 ^a	66.17±0.35 ^a

注:同列小写字母不同,表示差异显著($P<0.05$)。表3~6同。

由表2可知,2个实验组(IT和BT组)与对照组相比,酱牛肉的水分含量和出品率均显著提高($P<0.05$),IT组与BT组的水分含量相对对照组分别提高18.68%、27.91%,出品率分别提高18.83%、28.84%,这与丁玉庭等^[20]研究鸭肉的结果相似。同时,BT组相比IT组水分含量提高7.78%,出品率提高8.42%,分析其原因,传统酱牛肉是在煮制后再在肉汤中焖制,因为煮制过程肌肉蛋白已经变性凝固,肉汤中的水分无法均匀快速地渗透到肌肉组织中,而滚揉腌制过程中的摔打、揉搓等机械力不仅使肌肉松弛、膨胀,更促进腌制液在原料肉内扩散与渗透吸收,缩短了腌制时间,提高了腌制液的均匀分布以及与肉中蛋白等物质的融合,最终提高酱牛肉的水分含量和出品率;并且BT组在肌肉处于负压、常压、正压(充入N₂)的循环呼吸滚揉过程中,增加了腌制液在原料肉组织中的渗透量及渗透速率。对照组加工的酱牛肉没有经过滚揉腌制,所以其终产品的水分含量和出品率也较低。

2.2 滚揉方式对酱牛肉横向弛豫时间 T_2 的影响

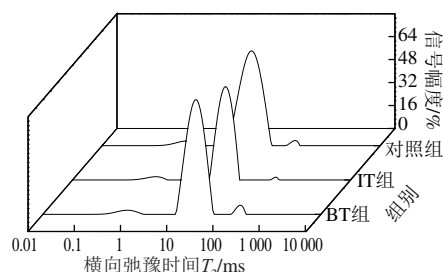


图1 不同滚揉方式酱牛肉横向弛豫时间 T_2 波谱图

Fig. 1 Transverse relaxation time T_2 spectrum of sauced beef produced by different tumbling methods

由图1可知,酱牛肉中存在3个 T_2 区间,分别是结合水(T_{21} , 0.1~10 ms)、被束缚在酱牛肉结构中的不易

流动水 (T_{22} , 10~100 ms) 和存在于酱牛肉组织结构以外的可以随意流动的自由水 (T_{23} , 100~1 000 ms), 这与赵改名等^[4]研究滚揉腌制对牛肉盐水火腿 T_2 分布的影响结果相似。横向弛豫时间 T_{22} 与酱牛肉中氢质子所受的束缚力有关, 因此利用低场核磁共振技术可依据样品中水分子的横向弛豫时间 T_{22} 不同来对样品中不同状态的水分进行检测, 结果能够反映酱牛肉中水分子的流动性, T_{22} 越短, 表明水与底物结合越紧密^[21]。

表3 滚揉方式对酱牛肉横向弛豫时间 T_2 的影响

Table 3 Influence of tumbling methods on transverse relaxation time T_2 in sauced beef			
组别	T_{21}	T_{22}	T_{23}
对照组	1.54 ^a	43.80 ^a	142.66 ^a
IT组	1.33 ^b	42.86 ^b	102.09 ^c
BT组	1.15 ^c	32.49 ^c	132.44 ^b

由图1和表3可知, IT与BT组 T_{22} (42.86、32.49 ms) 显著小于对照组 (43.80 ms) ($P<0.05$), 这说明利用滚揉腌制技术加工的酱牛肉在保证较高的水分含量和出品率的同时, 其中的水分子横向弛豫时间 T_2 向左迁移, 自由度较低, 更容易被保留在组织内, 贮藏过程中这部分水分不易流失。

2.3 滚揉方式对酱牛肉色泽的影响

肉的色泽是最直观的肉品性状, 也是影响消费者购买的重要因素。良好的肉色可以激发消费者的食欲, 提高酱牛肉综合品质^[22]。在 $L^*a^*b^*$ 表色系中, L^* 称为明度指数, $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白色, 中间有100个等级。 a^* 、 b^* 决定色调, a^* 、 b^* 也称为彩色指数^[23]。

表4 滚揉方式对酱牛肉色泽的影响

Table 4 Effects of tumbling methods on the color of sauced beef			
组别	L^*	a^*	b^*
对照组	47.94±1.55 ^c	10.61±0.37 ^c	13.38±0.21 ^a
IT组	52.26±1.31 ^b	11.93±0.18 ^b	12.25±0.21 ^b
BT组	56.96±0.12 ^a	12.37±0.03 ^a	12.14±0.31 ^b

由表4可知: IT与BT组酱牛肉的 L^* 与 a^* 显著增加 ($P<0.05$), L^* 相对于对照组分别增加9.01%、18.82%, a^* 分别增加12.44%、16.59%, 且BT组相较IT组 L^* 与 a^* 分别增加8.99%、8.97%, 这与Bağdatli^[24]、Hullberg^[25]等研究滚揉对熏肉 a^* 影响的结果一致。2组滚揉加工的酱牛肉 b^* 显著降低 ($P<0.05$), IT组与BT组相对于对照组分别降低8.45%、8.27%。对照组加工中没有经过滚揉腌制过程, 其色泽主要来自于卤汤的酱色, 而IT组和BT组经过滚揉腌制过程, 且腌制液中含有0.8%亚硝酸盐 (低于GB 5009.33—2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》规定最大添加量1.5%), 亚硝酸盐在酸性条件下分解为亚硝酸, 亚硝酸经自身氧化反应, 一部分转化成NO, NO与肌红蛋白经

一系列反应生成稳定的亚硝基血色原红色物质, 所以IT组和BT组的 a^* 显著高于对照组 ($P<0.05$)。

2.4 滚揉方式对酱牛肉质地特性的影响

酱牛肉质地与嫩度也是消费者非常关注的品质指标^[26], 消费者对质地的总体印象分为三方面, 分别是牙齿初次咬切肉的难易程度 (硬度)、咬切肉的形成量 (弹性) 及将肉嚼碎的难易程度 (咀嚼性)^[27]。

表5 滚揉方式对酱牛肉质地特性的影响

Table 5 Influence of tumbling methods on texture characteristics of sauced beef

组别	硬度/N	弹性	咀嚼性/N	剪切力/N
对照组	101.61±0.79 ^a	0.22±0.06 ^a	6.74±0.04 ^a	15.78±0.68 ^a
IT组	87.11±0.51 ^b	0.19±0.02 ^a	6.69±0.18 ^a	13.38±0.23 ^b
BT组	81.77±0.56 ^c	0.23±0.02 ^a	6.85±0.11 ^a	12.32±0.24 ^c

由表5可知, 对照组、IT组、BT组三者之间比较, 硬度和剪切力依次降低, 而弹性和咀嚼性差异不显著, IT组和BT组的剪切力相对于对照组分别降低15.21%、21.93%, 硬度分别降低14.27%和19.53%, 这一实验结果与夏军军等^[28]对牛肉品质特性研究的结果一致。分析其原因, 对照组加工的酱牛肉没有经过滚揉腌制, 煮制时肌肉纤维收缩, 水分流失较多, 使酱牛肉的硬度和剪切力较大。而IT组和BT组经过盐水注射和真空滚揉, 导致肌肉纤维间隙增大, 结构松弛, 盐溶性肌原纤维蛋白充分提取, 在煮制过程中, 该蛋白遇热变性凝固, 在牛肉表层形成一层保护膜, 减少牛肉中水分与营养物质的流失, 从而降低牛肉的剪切力, 提高了牛肉嫩度。且BT组通过循环的真空负压、充入 N_2 加压滚揉, 腌制的牛肉经历气体周期性交替作用和腌制液周期性吸入和排出运动, 提高滚揉机机械效率, 使腌制液迅速渗透。牛肉吸收腌制液膨胀变软, 肌纤维内外存在的压力差使肌纤维结构趋于松弛, 进而使肌纤维之间的连接作用被减弱, 肌纤维间隙变大, 结合力减小^[29], 使酱牛肉的硬度与剪切力下降, 改善了牛肉的质地特性。

2.5 滚揉方式对酱牛肉感官品质的影响

表6 滚揉方式对酱牛肉感官品质的影响

Table 6 Effect of tumbling methods on sensory quality of sauced beef

组别	色泽评分	风味评分	质地评分	口感评分	总分
对照组	8.33±0.20 ^b	8.45±0.51 ^a	8.19±0.15 ^b	8.32±0.15 ^b	8.34±0.31 ^a
IT组	8.41±0.35 ^a	8.39±0.51 ^a	8.27±0.06 ^a	8.36±0.06 ^a	8.36±0.23 ^a
BT组	8.44±0.12 ^a	8.44±0.12 ^a	8.31±0.24 ^a	8.35±0.06 ^a	8.38±0.17 ^a

由表6可知, 与对照组相比, IT组和BT组经过滚揉腌制, 酱牛肉色泽评分显著提高 ($P<0.05$), 滚揉工艺促进腌制液中发色物质在腌制过程中更加均匀地分布, 这与产品色泽的测定结果一致 (表4)。经过滚揉处理后的酱牛肉质地与口感评分有所提高, 这是由于牛肉经过翻滚、摔打、挤压、按摩, 肌肉组织结构被破坏, 嫩



度提高,改善了酱牛肉的口感,这与质构测定结果一致(表5)。IT组和BT组加工后酱牛肉的风味评分与感官总评分差异不显著。

2.6 不同滚揉方式腌制加工酱牛肉指标间相关性分析

表7 不同滚揉方式腌制加工酱牛肉指标间相关性分析

Table 7 Correlation analysis among yield, moisture content, color, texture properties and sensory characteristics of sauced beef produced by different tumbling methods

项目	水分含量	出品率	L^*	a^*	b^*	硬度	弹性	咀嚼性	剪切力	色泽评分	风味评分	质地评分	口感评分
水分含量	1.000	1.000*	0.976	0.996	-0.969	-0.998*	0.049	0.277	-1.000*	0.049	0.356	0.959	-0.414
出品率		1.000	0.980	0.994	-0.964	-0.996	0.068	0.294	-0.999*	0.068	0.373	0.964	-0.430
L^*			1.000	0.954	-0.893	-0.960	0.264	0.477	-0.970	0.264	0.550	0.997*	-0.600
a^*				1.000	-0.987	-1.000*	-0.038	0.191	-0.998*	-0.038	0.273	0.930	-0.332
b^*					1.000	0.983	0.199	-0.030	0.975	0.199	-0.114	-0.858	0.175
硬度						1.000	0.018	-0.211	0.999*	0.018	-0.293	-0.937	0.351
弹性							1.000	0.973	-0.023	1.000**	0.951	0.332	-0.930
咀嚼性								1.000	-0.251	0.973	0.996	0.539	-0.989
剪切力									1.000	-0.023	-0.331	-0.951	0.389
色泽评分										1.000	0.951	0.332	-0.930
风味评分											1.000	0.608	-0.998*
质地评分												1.000	-0.656
口感评分													1.000

注: *. 在0.05水平上显著相关, **. 在0.01水平上极显著相关。

相关性分析是研究各指标之间是否存在某种依存关系,并对具有依存关系的现象探讨其相关方向及相关程度^[30]。由表7可知:水分含量与出品率呈显著正相关,水分是酱牛肉中含量最多的成分,其含量对酱牛肉的出品率和口感影响较大,水分含量越高,出品率越高;水分含量与硬度、剪切力呈显著负相关,在酱牛肉的加工过程中,水分流失越大,牛肉的肌肉纤维收缩严重,加工出的酱牛肉硬度与剪切力就越大;出品率与剪切力呈显著负相关; L^* 与质地评分呈显著正相关; a^* 与硬度、剪切力呈显著负相关;硬度与剪切力呈显著正相关,弹性与色泽评分呈极显著正相关。由上述结果可得,各指标之间存在不同程度的相关性。

3 结论

通过对传统酱牛肉与滚揉腌制加工(IT和BT组)的酱牛肉各项指标进行分析后发现,滚揉方式提高了腌制液的均匀分布及与肉中蛋白等物质的融合,增加了酱牛肉的保水性,IT组与BT组的水分含量相较对照组分别提高18.68%、27.91%,出品率分别提高18.83%、28.84%,且BT组显著高于IT组($P<0.05$);BT组的横向弛豫时间 T_{22} (32.49 ms)显著小于对照组(42.86 ms)($P<0.05$),在保证酱牛肉出品率(66.17%)较高的前提下,其水分子的自由度较低,保证产品在贮藏过程中水分不易流失;IT与BT组的 L^* 相对于对照组分别增加9.01%、18.82%, a^* 分别增加12.44%、16.59%,且BT组

相较IT组 L^* 与 a^* 分别增加8.99%、8.97%;IT组和BT组的剪切力相对于对照组分别降低15.21%、21.93%,硬度分别降低14.27%和19.53%,滚揉腌制对于酱牛肉弹性与咀嚼性影响不显著;IT组和BT组相比对照组,酱牛肉色泽评分和总分显著提高($P<0.05$)。

参考文献:

- [1] ISLEROGLU H, KEMERLI T, KAYMAK-ERTEKIN F. Effect of steam-assisted hybrid cooking on textural quality characteristics, cooking loss, and free moisture content of beef[J]. International Journal of Food Properties, 2015, 18(2): 403-414. DOI:10.1080/10942912.2013.833219.
- [2] HAI Dan, HUANG Xianqing, SONG Lianjun. Effects of different modified atmosphere treatments on lipid oxidation in spiced beef at different storage temperatures[J]. Food Science and Nutrition, 2021, 9(3): 1422-1431. DOI:10.1002/FSN3.2106.
- [3] MORROW S J, GARMYN A J, HARDCASTLE N C, et al. The effects of enhancement strategies of beef flanks on composition and consumer palatability characteristics[J]. Meat and Muscle Biology, 2019, 3(1): 457-466. DOI:10.22175/mmb2019.07.0030.
- [4] 赵改名, 银峰, 祝超智, 等. 滚揉腌制对牛肉盐水火腿品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(15): 72-78. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190627-365.
- [5] 杨梅, 陈梦迪, 王珂莉, 等. 基于模糊数学评判法优化调味鱼的腌制工艺[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(8): 83-89.
- [6] 赵福建. 酱卤牛肉的质地及风味改良研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(2): 121-123. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.02.027.
- [7] 陈星, 沈清武, 王燕, 等. 新型腌制技术在肉制品中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 345-351. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.02.055.
- [8] 王浩明, 郑海波, 李景军, 等. 酱卤肉制品关键加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(8): 102-107. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200518-125.
- [9] 李龙祥, 赵欣欣, 夏秀芳, 等. 食盐对调理重组牛肉制品品质及水分分布特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 143-148. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201719023.
- [10] YANG A, LANARI M C, BREWSTER M, et al. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement[J]. Meat Science, 2002, 60(1): 42-50. DOI:10.1016/S0309-1740(01)00103-6.
- [11] 李志刚, 贾策, 王晓闻, 等. 牛肉质构特性的近红外光谱无损检测[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 286-292. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2016.16.038.
- [12] 申晓琳, 张秀凤, 郝修振, 等. 呼吸滚揉技术对牛肉腌制效果的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 173-176.
- [13] 郭旭茜, 韩雪, 李研东, 等. 猪肉水分含量测定方法的优化及比较[J]. 肉类工业, 2020(1): 33-37.
- [14] 周亚军, 杨永华, 李圣桡, 等. 定量卤制牛肉干的品质特性[J]. 食品科学, 2020, 41(21): 7-14. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200621-284.
- [15] 盖圣美, 游佳伟, 张雪娇, 等. 利用低场核磁共振及成像技术鉴别注水肉糜[J]. 食品科学, 2020, 41(22): 289-294. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190709-129.
- [16] WANG Yao, LIANG Hong, XU Ruying, et al. Effects of temperature fluctuations on the meat quality and muscle microstructure of frozen beef[J]. International Journal of Refrigeration, 2020, 116: 1-8. DOI:10.1016/j.jrefrig.2019.12.025.

- [17] 付丽, 刘旖旎, 高雪琴, 等. 低钠盐酱牛肉贮藏品质的变化[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 44-48; 54. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.008.
- [18] 李石新, 邓屹洋. 基于模糊数学的肉制品感官综合评判研究: 以酱牛肉为例[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2013, 34(1): 78-82. DOI:10.16853/j.cnki.1009-3575.2013.01.016.
- [19] 马慧俐, 王松磊, 贺晓光, 等. 不同干燥方式下黄牛肉水分分布迁移规律研究[J]. 核农学报, 2021, 35(1): 138-146. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2021.01.0138.
- [20] 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. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2013.02.024.
- [21] 王婷, 杨永安, 刘建福. 环境温度波动幅度对冻藏牛肉水分分布与品质的影响[J]. 食品科技, 2020, 45(4): 102-108. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.04.018.
- [22] 田欢, 黄峰, 李侠, 等. 冷却方式对酱牛肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(1): 53-58. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20201123-283
- [23] 张玉斌, 张巨会, 余群力, 等. 乳酸盐对冷却牦牛肉色泽稳定性及高铁肌红蛋白还原的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 281-286. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.09.046.
- [24] BAĞDATLI A, KAYAARDI S. Influence of storage period and packaging methods on quality attributes of fresh beef steaks[J]. CyTA-Journal of Food, 2015, 13(1): 124-133. DOI:10.1080/19476337.2014.919029.
- [25] HULLBERG A, JOHANSSON L, LUNDSTRÖM K. Effect of tumbling and RN genotype on sensory perception of cured-smoked pork loin[J]. Meat Science, 2004, 69(4): 721-732. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.07.013.
- [26] 赵家艺, 马梦斌, 李亚蕾, 等. 加热温度对酱卤牛肉肉质构特性及水分分布的影响[J]. 肉类研究, 2020, 34(7): 18-21. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200310-067.
- [27] 姜英杰, 贡汉坤. 不同滚揉腌制工艺对野鸭腿肉品质的影响[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2016, 32(4): 465-468. DOI:10.19492/j.cnki.1672-0946.2016.04.021.
- [28] 夏军军, 李洪军, 贺稚非, 等. 不同腌制方式对牛肉品质特性的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(2): 12-19. DOI:10.13718/j.cnki.xdzk.2016.02.002.
- [29] 董全, 穆建稳, 李洪军. 腊牛肉腌制过程中酶对蛋白质变化影响的研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 29(7): 116-120. DOI:10.3969/j.issn.1673-9868.2007.07.023.
- [30] NAKAMURA Y, MIGITA K, OKITANI A, et al. IMP improves water-holding capacity, physical and sensory properties of heat-induced gels from porcine meat[J]. Animal Science Journal, 2014, 85(5): 595-601. DOI:10.1111/asj.12170.