

循环卤煮过程中牛肉品质变化规律研究

屠明亮,孟祥忍*,王恒鹏,吴鹏,陈胜姝,高子武,吴丹璇

(扬州大学,江苏 扬州 225127)

摘要:通过分析循环卤煮过程中牛肉的色差、pH、质构特性、微观结构、粗脂肪、蛋白质、游离脂肪酸,探究卤煮次数对牛肉品质的影响。结果表明,随着卤煮次数的增加,卤牛肉的表面色差 L^* 值逐渐减小,而切面色差 L^* 值逐渐增大;牛肉蛋白质含量上升,脂肪含量下降,不饱和脂肪酸相对含量先增后减,上述指标都在第15次卤煮后趋于平缓,pH呈现先显著上升再缓慢下降的趋势,维持在6.0左右,质构特性中硬度和咀嚼性都下降明显,内聚性无显著差异,微观结构与质构的结果基本相符。综合分析,循环卤煮15次之后,卤牛肉体系稳定。

关键词:循环卤煮;卤牛肉;质构特性;色差;pH

中图分类号:TS251.52

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.05.007

文章编号:1000-9973(2022)05-0039-04

Study on the Quality Changes of Beef During the Cyclic Stewing

TU Ming-liang, MENG Xiang-ren*, WANG Heng-peng, WU Peng,

CHEN Sheng-shu, GAO Zi-wu, WU Dan-xuan

(Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: By analyzing the color difference, pH, texture characteristics, microstructure, crude fat, protein and free fatty acid of beef in the process of cyclic stewing, the effect of stewing times on beef quality is explored. The results show that with the increase of stewing times, the L^* value of surface color difference of stewed beef gradually decreases, while the L^* value of section color difference gradually increases; the protein content of beef increases, the fat content decreases, and the relative content of unsaturated fatty acids increases firstly and then decreases. The above indexes tend to be flat after the 15th stewing, and the pH value firstly increases significantly and then decreases slowly, which maintains at about pH 6.0. The hardness and chewiness in texture characteristics decrease significantly, but there's no significant difference in cohesion. The results of microstructure and texture are basically consistent. Comprehensive analysis shows that the stewed beef system is stable after 15 times of cyclic stewing.

Key words: cyclic stewing; stewed beef; texture characteristics; color difference; pH

卤牛肉是我国的传统肉制品,具有独特的风味和口感,常用于餐前冷菜或休闲食品中,国内对卤牛肉的消费呈现逐年增长的趋势。传统卤牛肉加工过程中,一般把牛腱肉以“老卤”为热传递介质进行煮制,循环卤煮可视为“老卤”的生产方法:在清水中按配比加入调味料制成卤汤,加入牛腱肉煮制完成后,取出牛肉,补充汤料,再补充新牛腱肉煮制,视为一个煮制循环,多次对卤汤循环利用的工艺即为循环卤煮^[1]。

国内对于卤牛肉的研究多聚焦于对单次煮牛肉的工艺变化规律的探索,比如赵家艺等^[2]采用质地剖面分析法和低场核磁共振技术研究不同加热温度下加热酱卤牛肉的质构特性和水分分布变化;牛乐宝等^[3]采用SDE法与GC-MS法对不同工艺条件下卤牛肉中的

挥发性风味物质成分进行测定与分析;而对传统循环卤煮方法的研究还不是很全面。本研究按照传统配方调配卤汤,用循环卤煮工艺制作卤牛肉,并跟踪分析卤牛肉的色差、pH、质构特性、微观结构、营养品质指标的变化,在循环卤煮过程中牛肉的品质变化规律,以期为卤牛肉的标准化生产提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

山东鲁西黄牛鲜牛腱子:山东华胜清真肉类有限公司;食用盐、白砂糖、香辛料、黄酒:购于扬州市苏果超市;多聚甲醛(AR)、二甲苯(AR)、无水乙醇(AR)、中性树胶(AR)、伊红染液(AR)、苏木精染液(AR)、盐

收稿日期:2021-11-09

基金项目:江苏省社会科学基金项目(17GLD021);扬州大学“青蓝工程”资助项目

作者简介:屠明亮(1995-),男,安徽六安人,硕士,主要从事烹饪科学、营养与食品卫生学研究。

* 通讯作者:孟祥忍(1977-),男,江苏徐州人,副教授,博士,主要从事烹饪科学与动物源性食品营养加工研究。

引文格式:屠明亮,孟祥忍,王恒鹏,等.循环卤煮过程中牛肉品质变化规律研究[J].中国调味品,2022,47(5):39-42.

酸(AR)、冰醋酸(AR):国药集团化学试剂有限公司。

Cossm 倒置荧光显微镜 北京世纪科信科学仪器有限公司;SC-80C 型全自动色差计 北京康光光学仪器有限公司;DW-2011 型美的电磁炉 广东美的有限公司;KD-202 型冷冻切片机 浙江金华科迪公司;YD-6L 型石蜡包埋机 浙江金华益迪仪器设备有限公司;TMS-Pro 食品物性分析仪 美国 FTC 公司;PH-100 型精密探针式酸度计 上海力辰科学仪器股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 卤制工艺流程

在纯净水中加入盐(1%)、生抽(1.5%)、老抽(1%)、料酒(4%)、糖(2%)、葱(1%)、姜(1%)、香料包(八角 0.15%、桂皮 0.15%、丁香 0.008%、山奈 0.07%、小茴香 0.03%、香叶 0.07%、草果 0.06%、甘草 0.03%)煮沸,配成卤汤;卤制:牛腱肉修整去除表面筋膜,表面擦盐(按牛肉质量 3% 计)腌制 24 h,焯水(煮沸后持续 5 min),加入煮沸的卤汤,微沸状态下(加热功率 700 W)卤制 1 h,取出牛腱肉。牛腱肉与水的重量比例为 2:7。

1.2.2 循环卤煮工艺流程

卤汤晾凉后,过 200 目筛网,去除表面油脂,称重后按比例补充水分和调味料。牛腱肉与水的重量比例为 2:7 加入,重复上述卤制工艺流程。

1.2.3 取样处理

每次卤煮循环结束进行取样,选取第 1,5,10,15,20 次卤煮这几个具有代表性的取样点进行数据分析。

1.2.4 检测方法

蛋白质含量:参照国标 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》,使用自动凯氏定氮仪测定。

粗脂肪含量:参照国标 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》,使用全自动脂肪测定仪测定。

质构特性:采用 TMS-Pro 物质分析仪,对牛肉样品的质构特性进行测定。将卤牛肉冷却至室温,切除表面因冷却放置过程失水变硬的肉样后按照平行肌纤维方向切成 1 cm³ 大小的样品,测定参数设置:探头为 P/36.5 柱形,测前速度 60 mm/min,测试速度 120 mm/min,测试形变量 50%,触发力 0.4 N。记录以下参数的结果:硬度、弹性、咀嚼性、胶着性、内聚性和黏附性。每个时间点的牛肉样品测定 3 次,结果用平均值表示。

pH:采用探针式肌肉 pH 计测定。

游离脂肪酸:参照喻文娟等^[4]的方法进行测定。取 10 g 肉样,进 103 ℃ 烘箱干燥 1 h,取约 0.5 g 干样,加入 2 mL 苯-石油醚(1:1 体积)混合溶液,在密闭环境浸提 24 h。浸提后,加入 2 mL 氢氧化钾-甲醇溶液(0.4 mol/L),漩涡振荡 3 min,再静置 30 min,用滴管加 1 mL 超纯水使其分层,取上层溶液,加入半勺无水硫酸钠使水分去除。用移液枪吸取 100 μL 待测样品,

用 1 mL 正己烷稀释后,混匀吸入针筒过 0.22 μm 滤膜进样。利用气质联用仪(GC/MS)进行游离脂肪酸的测定。

色差:采用便携式色差仪,白板校正后,将色差仪镜头垂直紧贴于牛肉表面,测定牛肉样品的红度(a*值)、黄度(b*值)、色彩强度(C值)、亮度(L*值),每个时间点的牛肉选用不同区域测 3 次,记作牛肉表面色差;将牛腱肉切开后,对牛肉切面采取同样步骤测 3 次,记作牛肉切面色差。

微观结构:采用石蜡切片法^[5],观察肌纤维组织结构并分析。第一,用手术刀去除样品牛肉表面筋膜,修成 2 cm×0.5 cm×0.5 cm 的大小进行固定;第二,使用不同浓度酒精溶液对肉样进行梯度脱水,用二甲苯作透明剂进行透明的步骤;第三,石蜡包埋以 7 μm 厚度切片,用苏木精-伊红染色后,放到高倍光学显微镜下观察,拍照,测定和分析。

1.2.5 数据处理

试验数据取 3 组平行,采用 SPSS 19 软件对试验数据进行显著性差异分析,显著性水平为 0.05。

采用 Excel 2016 做表格和折线图。

2 结果与分析

2.1 卤牛肉的色差

表 1 卤煮次数对牛肉色差的影响

Table 1 The effect of stewing times on the color difference of beef

卤煮次数	表面色差			切面色差		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	28.5±1.38 ^a	7.75±0.62 ^a	7.79±0.44 ^a	25.20±1.99 ^a	5.93±0.64 ^a	4.04±0.61 ^a
5	27.83±3.45 ^a	6.57±1.34 ^a	6.90±2.83 ^a	37.07±1.75 ^a	8.01±1.24 ^{ab}	6.50±0.97 ^{ab}
10	26.22±0.47 ^a	6.16±0.74 ^{ab}	5.51±1.80 ^a	35.83±0.88 ^b	7.30±0.52 ^{ab}	6.18±1.31 ^b
15	25.23±1.64 ^a	6.16±1.07 ^{ab}	6.64±1.29 ^a	41.21±3.97 ^b	9.44±0.82 ^b	8.63±1.74 ^b
20	26.00±0.43 ^a	6.37±0.28 ^b	5.69±0.68 ^a	37.59±0.75 ^{bc}	8.90±1.79 ^{bc}	6.77±1.09 ^{bc}

注:同行不同字母表示差异显著(P<0.05),下表同。

由于牛腱肉整体体积较大,卤牛肉的表面色泽和内部切片色泽差异较大,本研究测量卤牛肉的表面色差和切面色差,综合考量循环卤煮过程中卤牛肉的色泽变化规律。

对于表面色差,由表 1 可知,卤煮 1 次后的 L* 值为 28.5,然后 L* 值随着卤煮次数的增加在逐渐减小,到卤煮第 15 次后,逐渐趋于平缓,a* 和 b* 值在卤煮 1 次后分别为 7.75 和 7.79,然后随着卤煮过程的进行都有逐渐减小的趋势,但不显著。原因可能是卤牛肉表面与卤汤直接接触,其表面色差受卤汤影响较大,而卤汤在循环使用过程中发生美拉德反应^[6],反应体系颜色加深,最终影响卤牛肉表面色差,使得 L* 值逐渐降低。

而对于切面色差,卤牛肉的 L* 值随着卤煮次数的增加逐渐变大,到卤煮 15 次时最大,为 41.21,与表面色差的 L* 值趋势相反,这可能是由于随着卤煮次数的增加,卤汤内盐分富集,作用到卤牛肉上表现为卤牛肉失水增加,牛肉切面纤维更疏松,卤牛肉本身汁水溶出量

增加,使切面水分附着量增加,从而导致 L^* 值增加^[7]。

总体来说,循环卤煮对卤牛肉色差 L^* 值的影响较显著,尤其是切面色差 ($P < 0.05$),表面 L^* 值降低可能是由于卤汤颜色加深,切面 L^* 值增加可能是由于卤汤盐分富集。

2.2 卤牛肉的质构特性

表 2 卤煮次数对牛肉质构特性的影响
Table 2 The effect of stewing times on the texture characteristics of beef

卤煮次数	硬度/N	黏附性/mJ	弹性/mm	胶着性/N	咀嚼性/mJ	内聚性
1	61.95±6.11 ^c	0.66±0.14 ^b	4.39±0.18 ^a	20.85±1.29 ^c	91.62±5.48 ^c	0.34±0.04 ^b
5	45.43±10.26 ^b	1.04±0.13 ^c	4.34±0.52 ^b	11.64±2.46 ^b	56.23±3.45 ^b	0.28±0.04 ^a
10	49.41±3.03 ^b	0.58±0.11 ^b	4.63±0.80 ^b	14.49±2.80 ^b	68.45±2.31 ^b	0.29±0.03 ^a
15	48.99±5.95 ^b	0.19±0.10 ^a	4.61±0.29 ^b	13.50±2.83 ^b	62.02±3.07 ^b	0.27±0.03 ^a
20	22.51±4.84 ^a	0.14±0.01 ^a	3.64±0.69 ^b	6.09±2.86 ^a	22.15±1.55 ^a	0.26±0.04 ^a

质构是指人对牛肉进入口腔后咀嚼、吞咽的总体感受,有硬度、黏附性、弹性、胶着性、咀嚼性和内聚性等指标^[8]。硬度是指使牛肉发生形变所需的力,能反映肉的嫩度好坏,由表 2 可知,循环卤煮过程中,卤牛肉的硬度在卤煮第 5 次和第 20 次时下降明显 ($P < 0.05$),但是在第 5~15 次卤煮期间,没有显著性差异 ($P > 0.05$);咀嚼性与硬度、弹性与内聚性有关,数值上等于硬度和内聚性的乘积,循环卤煮过程中,卤牛肉的咀嚼性总体呈下降趋势,在卤煮第 5 次时下降明显 ($P < 0.05$),第 20 次时最低。内聚性是组成食物结构的内部键力,反映对食物咀嚼时抵抗性的指标,可恢复形变是撤销压力后食品恢复的高度。由表 2 可知,循环卤煮过程中,卤煮次数对牛肉的内聚性无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.3 卤牛肉的 pH 值

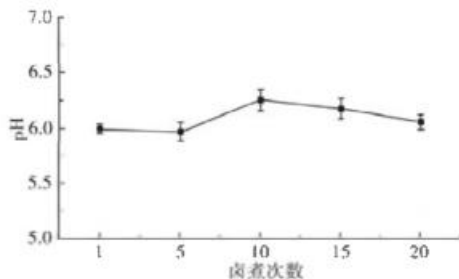


图 1 卤煮次数对牛肉 pH 值的影响

Fig. 1 The effect of stewing times on the pH values of beef

pH 值对卤牛肉食用品质有一定的影响^[9]。由图 1 可知,卤煮 1 次后,牛肉的 pH 值为 6.02,随着卤煮次数的增加,pH 值升高至 6.28(卤煮 10 次)后逐渐降低至平缓。这可能是因为卤煮 1~10 次的过程中,卤牛肉中蛋白质的化学键被破坏,导致其酸性结构减少,使 pH 值增加,在卤煮 10~20 次的过程中,蛋白质及其降解产物溶解进入卤汤,卤汤的 pH 值降低,促使牛肉的 pH 值也逐渐降低,而随着卤煮次数的增加,卤汤的 pH 逐渐趋于平衡状态,使得牛肉的 pH 值也降低得平缓^[10]。

2.4 卤牛肉的蛋白质与粗脂肪

卤煮次数对牛肉蛋白质和粗脂肪含量的影响见表 3。

表 3 卤煮次数对牛肉蛋白质和粗脂肪含量的影响
Table 3 The effect of stewing times on the protein and crude fat content of beef

卤煮次数	蛋白质/(g/100 g)	粗脂肪/(g/100 g)
1	15.59±0.49 ^a	6.18±0.58 ^b
5	16.09±0.36 ^a	4.23±0.22 ^a
10	16.78±0.09 ^a	4.02±0.89 ^a
15	18.51±0.17 ^b	3.57±0.15 ^a
20	18.83±0.48 ^b	3.69±0.13 ^a

2.4.1 蛋白质

蛋白质是牛肉中重要的营养物质之一。由表 3 可知,第 1 次卤煮时,卤牛肉的蛋白质含量为 15.59 g/100 g,随着卤煮次数的增加,蛋白质含量先逐次增加后渐趋平缓,卤煮 15 次后,蛋白质含量为 18.51 g/100 g,与第 20 次无显著差异 ($P > 0.05$),原因可能是随着卤煮次数的增加,卤汤中的盐分增加,牛肉的水分流失量逐渐增加,使得牛肉中干物质相对含量增加^[11],蛋白质相对含量也逐渐增加,这与卤牛肉中水分含量变化的结果互相对应;同时,在卤煮过程中,部分牛肉蛋白质及其降解物也逐渐融入卤汤中^[12],卤煮 15 次后,卤汤中蛋白质含量与牛肉中蛋白质含量逐渐达到平衡,所以牛肉的蛋白质含量逐渐稳定。

2.4.2 粗脂肪

脂肪是牛肉中重要的风味来源,由表 3 可知,卤煮 1 次后,卤牛肉的粗脂肪含量为 6.18 g/100 g,随着卤煮次数的增加,粗脂肪含量先是逐渐下降,卤煮 15 次后,卤牛肉的粗脂肪含量趋于平衡,无显著性变化 ($P > 0.05$),最终,其含量维持在 3.57~3.69 g/100 g。在卤煮 1~15 次的过程中,粗脂肪含量逐渐下降的原因可能是随着卤煮次数的增加,卤汤中盐分逐渐增加,使得卤牛肉脂肪溶解的程度增加^[13],而在卤煮 15~20 次的过程中,可能是随着卤汤中盐分增长变缓,其所能溶解的脂肪微粒也趋于饱和^[14],使得卤牛肉的粗脂肪含量也趋于稳定。

2.5 游离脂肪酸

表 4 卤煮次数对牛肉游离脂肪酸相对含量的影响
Table 4 The effect of stewing times on the relative content of free fatty acids of beef

脂肪酸	卤煮次数				
	1	5	10	15	20
C10:0	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.05±0.01 ^a	0.06±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a
C12:0	0.05±0.01 ^b	0.00±0.00 ^a	0.07±0.01 ^a	0.07±0.02 ^a	0.04±0.00 ^a
C14:0	2.67±0.03 ^a	1.31±0.02 ^b	3.45±0.05 ^c	3.06±0.06 ^{ab}	1.44±0.04 ^b
C14:1	0.71±0.09 ^b	0.62±0.11 ^b	0.66±0.21 ^b	0.85±0.12 ^b	0.00±0.00 ^a
C15:0	0.43±0.08 ^b	0.00±0.00 ^a	0.56±0.21 ^b	0.49±0.09 ^b	0.23±0.02 ^c
C16:0	20.58±0.15 ^b	17.53±0.22 ^c	22.04±0.16 ^{bc}	25.92±0.66 ^c	17.27±0.51 ^c
C16:1	3.94±0.11 ^b	4.57±0.56 ^b	4.12±0.22 ^b	4.35±0.23 ^b	2.55±0.22 ^a
C17:0	1.41±0.15 ^b	0.09±0.12 ^a	1.57±0.25 ^b	1.36±0.11 ^b	0.87±0.00 ^a
C18:0	13.47±0.55 ^b	8.46±0.56 ^a	12.32±0.15 ^{bc}	12.45±0.25 ^{bc}	11.82±0.15 ^c
C18:1n9c	2.35±0.25 ^b	9.93±1.66 ^a	1.92±0.65 ^c	9.28±1.22 ^a	1.67±0.26 ^c
C18:1n9t	43.55±0.25 ^b	37.44±0.12 ^c	42.16±0.16 ^{bc}	31.40±1.56 ^a	38.45±1.09 ^c
C18:2n6c	4.30±1.02 ^b	6.38±1.23 ^b	5.40±0.92 ^b	5.85±0.99 ^b	10.11±2.01 ^a
C18:3n3	0.00±0.00 ^a	6.38±0.88 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.73±0.11 ^c

续 表

脂肪酸	卤煮次数				
	1	5	10	15	20
C20:0	0.12±0.05 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
C20:4n6	0.92±0.06 ^b	2.39±0.01 ^a	1.10±0.56 ^b	0.85±0.21 ^b	3.36±0.54 ^c
C20:5n3	0.00±0.00 ^a	0.39±0.06 ^b	0.10±0.01 ^{ab}	0.00±0.00 ^a	0.27±0.07 ^a
C21:0	0.00±0.00 ^b	0.55±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
SFA	38.76	27.97	40.06	43.41	31.70
MUFA	50.55	52.56	48.86	45.88	42.67
PUFA	5.22	15.54	6.60	6.70	14.47
UFA/SFA	1.44	2.43	1.38	1.21	1.80

牛肉中的游离脂肪酸是重要的营养物质,也是牛肉主要的风味物质来源之一。由表 4 可知,卤煮过程中,卤牛肉中共检测到 17 种游离脂肪酸,其中包括 9 种饱和脂肪酸(SFA)、4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 4 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。其中,反-9-十八碳一烯酸甲酯(C18:1n7t)、十六碳酸甲酯(C16:0)、十八碳酸甲酯(C18:0)含量占比较重。总体来看,随着循环次数的增加,UFA 的总体含量呈先增加后减少至趋于平缓的状态,在第 15 次卤煮后无显著性变化,其中主要受 PUFA 的影响较多,而 MUFA 的变化趋势不大。受到 UFA 的影响,SFA 的相对含量呈现先减少后增加至趋于平缓的状态,但在第 20 次卤煮后有明显下降。对于不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸(UFA/SFA)的值,总体呈现先增加后降低至平稳的趋势,而不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸的值与肉品风味评价有关,比值越高说明风味越好^[15],综合而言,循环卤煮 15 次后,卤牛肉的游离脂肪酸无显著性变化。

2.6 卤牛肉微观结构

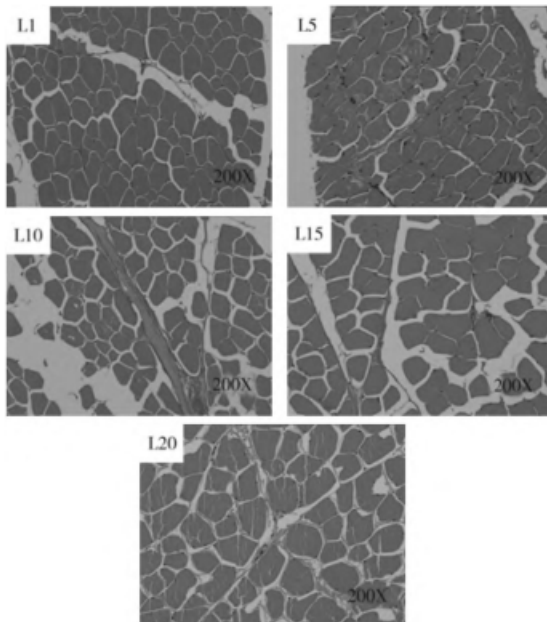


图 2 卤煮次数对牛肉微观结构的影响

Fig. 2 The effect of stewing times on the microstructure of beef

卤牛肉的组织结构是影响其品质的内在因素,组织结构的变化反映了肌肉品质的变化,尤其是嫩度的变化,有研究表明,结缔组织、肌纤维直径会影响肉的硬度和嫩度^[16]。由图 2 可知,深色为牛腱肉的肌肉纤维,浅

色为结缔组织,在循环卤煮过程中,卤煮第 1~5 次,其微观结构变化不大,到第 5 次之后,肌纤维间的空隙增大,到第 20 次时,肌纤维发生断裂和破裂现象,少部分肌纤维内部物质溶出。原因可能是在循环使用卤汤的过程中,随着水分的蒸发以及调味料按比率增加,卤汤里氯化钠含量逐渐增加,肌束间水分流失,细胞膜被破坏,纤维束横向收缩,使得肌纤维间的空隙增大。

3 结论

综合以上结果,随着卤煮次数的增加,卤牛肉的表面色差 L* 值逐渐减小,而切面色差 L* 值逐渐增大;牛肉的蛋白质含量上升,脂肪含量下降,不饱和脂肪酸相对含量先增后减,上述指标都在第 15 次卤煮后趋于平缓,pH 呈现先显著上升再缓慢下降的趋势,维持在 6.0 左右,质构特性中硬度和咀嚼性都下降明显,内聚性无显著差异,微观结构与质构的结果基本相符。综合分析,循环卤煮 15 次之后,卤牛肉体系稳定。

参考文献:

- [1] 谢伟. 卤水与工艺对盐水鸭风味的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [2] 赵家艺, 马梦斌, 李亚蕾, 等. 加热温度对酱卤牛肉质构特性及水分分布的影响[J]. 肉类研究, 2020, 34(7): 18-21.
- [3] 牛乐宝, 贾俊静, 曹振辉, 等. 不同工艺条件对卤牛肉中挥发性风味物质影响的研究[J]. 肉类研究, 2008(1): 56-58.
- [4] 喻文娟, 侯静文, 朱邦高. 外标-气相色谱-质谱法准确测定猪肉中的 14 种脂肪酸[J]. 分析仪器, 2012(3): 10-16.
- [5] 周荣新. 西冷牛排食用品质保证关键控制点的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [6] 杨昌举. 食品科学概论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1999, 138-139.
- [7] 王琳可. 火候对卤煮鸡腿质构、色泽的影响研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.
- [8] 乔兴, 陈龙. 真空恒温烹饪技术对肉类风味口感改善的研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(12): 18-22.
- [9] PIPPEN E L, DE FREMERY D, LINEWEAVER H, et al. Chicken broth flavor and pH[J]. Poultry Science, 1965, 44(3): 816-824.
- [10] MA H J, LEDWARD D A. High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle[J]. Meat Science, 2004, 68(3): 347-355.
- [11] 赵旭壮. 肉品风味形成与美拉德反应[J]. 肉类工业, 2006(1): 14-16.
- [12] 唐春红, 李海, 李侠, 等. 反复卤煮对老汤品质的影响研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 187-192.
- [13] LEGAKO J F, DINH T T N, MILLER M F, et al. Effects of USDA beef quality grade and cooking on fatty acid composition of neutral and polar lipid fractions[J]. Meat Science, 2015, 100: 246-255.
- [14] 章银良, 庞丹洋, 卢慢慢, 等. 鹅肉腌制过程中食盐渗透扩散规律的研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(1): 89-94.
- [15] FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [16] KONG F B, OLIVEIRA A, TANG J M, et al. Salt effect on heat-induced physical and chemical changes of salmon fillet (*O. gorbuscha*) [J]. Food Chemistry, 2007, 106(3): 957-966.