

红烧肉预制菜冻藏过程品质变化研究

林莉

(龙岩市工业产品生产许可证审查技术中心, 福建 龙岩 364000)

摘要: 红烧肉是中国传统名菜肴。为研究红烧肉预制菜-18℃冻藏过程的品质变化, 文章在150 d的冻藏过程中, 在不同的冷冻时间, 对红烧肉的色泽、硬度、过氧化值(POV)、硫代巴比妥酸反应物值(TBA)和风味进行考察。结果表明: 150 d的冷冻保存, 红烧肉的脂肪层、瘦肉层和皮层的亮度、色泽有不同程度的变化, 硬度显著下降, POV值、丙二醛含量增加, 但均未超过国家标准限值; 气相色谱质谱联用仪(SPME-GC-MS)和电子鼻的风味化合物表征表明, 红烧肉的风味虽有所衰减, 但衰减程度不大, 产品风味仍保持得较好。

关键词: 预制菜; 红烧肉; 冻藏; 品质

Doi: 10.3969/j.issn.1007-550X.2024.11.006

中图分类号: 0657.63; TS251.7

文献标识码: A

文章编号: 1007-550X(2024)11-0033-06

红烧肉是中国传统经典名菜, 具有肥而不腻、瘦而不柴、入口酥软、甜咸适口的特点, 深受广大消费者的喜爱, 全国各地都有各具特色的红烧肉^[1]。

王瑞花^[2]等对比了煮制、烤制、微波和油炸四种加工方式对红烧肉挥发性风味物质的影响, 发现醛类是肉香味的重要成分, 煮制的猪肉, 醛类含量最高。朱文政^[3]等应用固相微萃取-气相色谱质谱联用仪鉴定红烧肉加工过程和整体风味, 醛类、醇类化合物极显著影响红烧肉的风味。姚敏^[4]等研究了红烧肉制备过程中关键环节的风味化合物变化, 结果表明, 风味物质在漂烫、油炸、炖煮过程中不断减少, 但特征风味物质不断形成。史笑娜^[5,6]等研究了不同阶段加工的红烧肉理化指标, 结果显示成品红烧肉水分含量显著下降了10.5%, 盐分含量在成品中含量达到最大0.73%, 硫代巴比妥酸值在大火炖煮0.5 h后显著增加, 成品红烧肉丙二醛(MDA)达到0.62 mg/kg, 加工过程中饱和脂肪酸总体呈下降趋势。

随着生活节奏的加快, 人民对食物的需求, 不仅需要安全、美味还需要方便, 因此, 预制菜应运

而生。目前, 红烧肉预制菜主要采用两种方式: 一种是将调制好的红烧肉半成品灌装于耐高温包装容器中, 再高温灭菌同时达到熟化的目的, 即罐头红烧肉, 这种罐头红烧肉一般采用常温保存; 另一种是将红烧肉成品装入容器中, 快速冷冻贮藏, 通过冷链贮藏保持产品特有的风味, 即冻藏红烧肉预制菜^[7,8]; 与罐头红烧肉相比, 冻藏红烧肉由于经过烹饪等加工, 风味更佳, 更受消费者喜爱。

食品安全、风味、滋味冷藏红烧肉预制菜的关键, 赵越^[9]等研究了气调包装、真空包装和普通包装在4℃冷藏对红烧肉品质和安全的影响, 发现真空包装和气调保鲜可以将保质期延长到12~15 d; 陈林^[10]等采用固相微萃取-气相色谱质谱联用法研究冻藏180 d过程中的挥发性物质的衰减情况, 发现120 d冻藏时间内产品风味仍然保持较好, 虽然180 d后风味有所衰减, 但衰减程度不大。然而, 全面考察红烧肉预制菜在冻藏过程中的风味、品质和质构的研究仍未见报道。

食品在冻藏过程中组织被破坏, 发生氧化褐变, 持水性降低, 质构特性降低等影响预制食品

收稿日期: 2024-07-08

作者简介: 林莉(1985—), 福建龙岩人, 中级工程师, 研究方向为食品认证审评和质量安全。

的品质^[11-13]。因此,本文考察了冻藏红烧肉预制菜 150 d 的保存过程中色差、硬度、硫代巴比妥酸反应物值(TBA)、过氧化值(POV)和风味等指标变化,以期对红烧肉预制菜的风味和品质调控提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料和样品制备

猪五花肉、冰糖、生抽、盐、味精、红曲米、绍兴酒、蚝油、葱、姜、八角、桂皮、香叶。

1,1,3,3-四乙氧基丙烷标准品,北京北方伟业计量技术研究院;乙二胺四乙酸二钠、二氯甲烷、碘化钾、无水硫酸钠、石油醚(60~90℃),国药集团化学试剂有限公司;乙酸、可溶性淀粉,西陇科学股份有限公司;硫代硫酸钠滴定溶液标准物质,北京北方伟业计量技术研究院;硫代巴比妥酸(TBA)、三氯乙酸,上海麦克林生化科技有限公司。

1.2 仪器设备

YS3010 分光测色仪,3NH 科技有限公司;RE-2000AA 旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;SHZ-III 型循环水真空泵,上海亚荣生化仪器厂;PEN3 型电子鼻,德国 AIRSENSE 公司;质构仪,美国 FTC 公司;离心机,上海卢湘仪离心机仪器有限公司;7890A-5975C 气相色谱质谱联用仪,安捷伦科技有限公司;分光光度计,上海佑科仪器仪表有限公司;HN2 数显恒温水浴锅,上海力辰邦西仪器科技有限公司;KDM 可调控温电热套,山东增城。

1.3 样品处理

华鲁电热仪器有限公司;KQ5200DE 数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司。

五花肉整块捞水定型,切成方块,五花肉块加入酱油搅拌均匀,入 130℃油锅炸至虎皮状,捞出沥干油;将冰糖炒成焦糖色,打出备用;下葱姜、八角、桂皮、香叶煸炒,下入五花肉、加入调料翻炒均匀,加水,大火烧开,转小火煨熟即可。将制作好的红烧肉冷却后封装在聚乙烯塑料袋中,每袋包装量约 200 g,真空密封,迅速转移到-18℃冰箱中,每 30 d 取 3 袋做相关测试。

1.4 测定方法

1.4.1 色差的测定

采用全自动色差计分析预制红烧肉的 L*值(亮度),a*值(红绿度)和 b*值(黄蓝度)。将预制红烧肉分为脂肪层、瘦肉层、皮层各取 5 mm 高的薄片,均匀装入透明检测玻璃片中进行测定,每组 2 个平行。

1.4.2 硬度的测定

取自然解冻的肥瘦均匀红烧肉块,利用质构仪对其进行质构特性的分析,测定其硬度。测试条件为:穿刺探头、形变量 40%、测试速度 25 mm/s、二次压缩时间间隔 15 s,触发力为 0.1 N,每组 3 个平行。

1.4.3 硫代巴比妥酸值的测定

参照 GB 5009.181—2016 标准的方法并稍微修改进行测定。自然解冻的肥瘦均匀红烧肉并粉碎,取 20 g 置于 100 mL 具塞锥形瓶中,加入 50 mL 三氯乙酸混合液,摇匀,置于振荡器上 50℃振摇 30 min,冷却至室温后,用双层定量慢速滤纸过滤。滤液 5 mL 置于 25 mL 具塞比色管中,加入 5 mL 硫代巴比妥酸(TBA)水溶液中,加塞混匀,置于 90℃水浴中反应 30 min,1 cm 光径比色皿中测定其在 532 nm 波长的吸光度值,以三氯乙酸混合溶液作为空白样品,制作标准曲线,通过公式(1)计算出试样中丙二醛含量。

$$X = \frac{c \times V \times 1000}{m \times 1000} \quad (1)$$

式中(1):X 即试样丙二醛含量,mg/kg;C 即由标准曲线得到的试样丙二醛的浓度,μg/mL;V 即试样定容体积,mL;m 即最终试样代表的质量,g。丙二醛标准曲线为:

$$y = 0.3297x - 0.0016 \quad (R^2 = 0.9970)$$

1.4.4 过氧化值的测定

参照 GB 5009.227—2023 标准的指示剂滴定法:取自然解冻的肥瘦均匀红烧肉块,将样品粉碎后置于广口瓶中,加样品 3 倍沸程 60~90℃石油醚,充分混合,密封浸提 12 h 以上,超声 10 min,用装有无水硫酸钠的漏斗过滤,取滤液,在 40℃下旋转蒸发仪蒸干石油醚,残留物为待测样。精准称取 3 g 待测样,用 30 mL 二氯甲烷-冰乙酸溶液(V:V=2:3)溶解于 250 mL 碘量瓶中,精确加入 1.00 mL 饱和碘化钾溶液,加塞,轻轻振摇,置于暗处 3 min,加入 100 mL 水并摇匀。用 0.002 mol/L 浓度的 Na₂S₂O₃ 标准滴定溶液滴定,至淡黄色时加入 1 mL 淀粉指示剂继续滴定,蓝色消失为终点。平行测定 3 次,同时做空白对照。

1.4.5 气相色谱-质谱测定

取自然解冻的肥瘦均匀红烧肉块粉碎,取样品 2 g 置于 20 mL 顶空瓶中,在顶空瓶中衬管内加入 5 μL 浓度为 100 mg/L 的 4-叔丁基环己醇溶液内标

物^[14]，置于 50 ℃ 加热器中，加热平衡 30 min，将 SPME 纤维萃取针 (50/30 mm, DVB/CAR/PDMS, Supelco, Bellefonte, PA, USA) 插入顶空瓶中吸附挥发性化合物 30 min，萃取结束后，萃取针立即插入 GC-MS 进样口解吸附 5 min。

GC-MS 的条件：DB-WAX 柱 (60 m×0.32 mm×0.25 μm)，进样口温度 240 ℃，不分流进样。升温程序：35 ℃ 保持 5 min，以 5 ℃/min 的速度升到 150 ℃，再以 10 ℃/min 的速度升温至 240 ℃，保持 2 min。载气为氦气 (纯度>99.999%)，恒定流速 1.5 mL/min。

定性分析：使用安捷伦定量软件与 NIST20 数据库比对进行定性分析，选取匹配度大于 70% 的挥发性风味物质定性。

定量分析：采用内标法，根据内标物质 4-叔丁基环己醇的含量和挥发性物质峰面积按公式(2)计算。

$$C_x = \frac{1000 \times C_0 \times V_0 \times S_x}{S_0 \times m} \quad (2)$$

式(2)中： C_x 即未知物含量，μg/kg； C_0 即内标物质浓度，μg/mL； V_0 即内标物质体积，μL； S_x 即未知物峰面积，AU·min； S_0 即内标物质峰面积，AU·min； m 即试样质量，kg。

1.4.6 电子鼻的测定

取自自然解冻的肥瘦均匀红烧肉块样品 3 g，置

于 500 mL 锥形瓶中，加盖密封，50 ℃ 水浴加热 30 min，取出后冷却至常温。电子鼻条件：采样时间 1 s/组，清洗时间 120 s，归零时间 10 s，样品准备时间 5 s，进样流量 400 mL/min，分析采样时间 120 s。

1.5 统计数据

实验数据用 Excel、Origin2021、Spss26 进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 预制红烧肉冻藏过程中色泽的变化

食品品质中色泽是最直观展现的指标。采用色差测试中的 L^* 、 a^* 、 b^* 数值对贮藏过程中红烧肉的色泽进行评价。由表 1 可以看到：脂肪层 L^* 值和 b^* 值 0~150 d 没有显著变化， a^* 值呈现上下波动的趋势，这可能与红烧肉酱汁的渗透不均匀以及脂肪的氧化有关；瘦肉层 L^* 值呈现逐渐上升的趋势，其中 150 d 与前三个贮藏期有显著变化 ($P<0.05$)，90 d 和 120 d 均与新鲜的比较有显著变化 ($P<0.05$)，经过冻藏后，红烧肉的亮度提升，但 a^* 和 b^* 值逐渐下降，表明瘦肉层的红黄色泽逐渐褪去；皮层 L^* 、 a^* 、 b^* 值变化不显著 ($P>0.05$)，这与陈武东^[15]等的研究结果一致。色泽实验表明冻藏 150 d 后，红烧肉仍保持较好的亮度，但是红黄色泽有所降低，这可能是由于红烧肉酱汁的渗透和脂肪的氧化有关。

表 1 预制红烧肉冻藏过程色泽变化

色度	部位	不同贮藏时间 (d)					
		0	30	60	90	120	150
L^*	脂肪层	50.21±0.55 ^a	52.84±1.15 ^a	53.44±7.11 ^a	49.6±1.82 ^a	55.76±0.97 ^a	54.87±0.43 ^a
	瘦肉层	41.81±0.49 ^c	43.57±0.23 ^{bc}	44.04±2.16 ^{bc}	45.26±0.86 ^{ab}	45.75±1.25 ^{ab}	46.89±0.12 ^a
	皮层	38.72±0.51 ^a	38.26±0.53 ^a	38.14±2.40 ^a	39.92±1.01 ^a	40.96±0.49 ^a	38.56±1.77 ^a
a^*	脂肪层	13.05±0.69 ^{abc}	13.8±0.45 ^{ab}	11.66±1.58 ^c	14.61±0.74 ^a	11.28±0.4 ^c	12.43±0.25 ^{bc}
	瘦肉层	16.77±1.04 ^a	16.36±0.47 ^a	11.15±1.07 ^c	13.45±0.28 ^b	11.14±0.08 ^c	9.13±0.049 ^d
	皮层	10.19±1.39 ^a	9.9±1.011 ^{ab}	8.24±1.14 ^{abc}	7.83±0.52 ^{bc}	6.49±0.31 ^c	7.57±0.43 ^c
b^*	脂肪层	19.81±0.69 ^b	20.14±0.45 ^b	23.21±1.58 ^{ab}	26.44±0.74 ^a	19.72±0.4 ^b	22.16±0.25 ^{ab}
	瘦肉层	18.94±0.09 ^a	17.78±0.95 ^a	11.96±3.05 ^b	12.15±0.56 ^b	8.67±0.20 ^c	7.46±0.11 ^c
	皮层	10.74±0.09 ^a	11.09±1.22 ^a	10.16±0.2 ^a	10.56±1.6 ^a	6.97±0.32 ^b	9.42±0.46 ^a

2.2 预制红烧肉贮藏过程中质构变化

表 2 预制红烧肉冻藏过程硬度变化

贮藏天数	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d
硬度 (N)	3.69 ± 0.47^a	2.6 ± 0.94^b	2.63 ± 0.40^b	2.44 ± 0.55^b	2.06 ± 0.21^b	1.36 ± 0.41^c

红烧肉是由带皮五花肉制成,考虑到在食用时一般也是将整块进行咀嚼,故采用质构仪(穿刺模式)对红烧肉由皮层至脂肪再到瘦肉层进行硬度测试分析。由表 2 可知,随着冻藏时间的延长,红烧肉的硬度持续降低,其中 30 d 冻藏与新鲜的红烧肉有显著变化($P < 0.05$),30 d 至 90 d 无显著变化($P > 0.05$),而贮藏 120 d 和 150 d 与此前均有显著变化($P < 0.05$)。冻藏 30 d,红烧肉的硬度即明显下降,冻藏 150 d 自然解冻后的红烧肉硬度下降至 1.36 N,这可能是因为冻藏过程中冰晶对肌细胞和肌肉纤维的破坏程度加重,引起猪肉中结合水和不易流动水的迁移与损失,从而引起红烧肉质构品质发生劣变^[16]。

2.3 预制红烧肉冻藏过程氧化程度变化

过氧化值是反映油脂氧化的重要指标,不同贮藏期的 POV 值如图 1 所示。在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,预制红烧肉的过氧化值随贮藏时间增加而增长,其中只有 60 d 和 150 d 有明显增加。不同贮藏时期的 TBA 反应物值如图 2 所示,TBA 值随贮藏时间显著上升($P < 0.05$),贮藏 0 d 的 MDA 含量约为 1.07 mg/kg,贮藏 150 d 后,MDA 含量增加到 1.75 mg/kg,这是因为过氧化物的不稳定性会进一步的分解为二次氧化产物如丙二醛^[17]。但预制红烧肉在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件冻藏 150 d 的过氧化值和丙二醛含量均低于 GB 10146—2015 的限制量,仍保持在安全的范围内。郭建凤^[18]等人研究中发现猪肉在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏 96 h 后 TBA 已达 0.5526 mg/kg,可见 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温冻藏能较好地限制预制红烧肉的氧化,同时应注意在保藏、运输和使用前保证整个链条的低温。

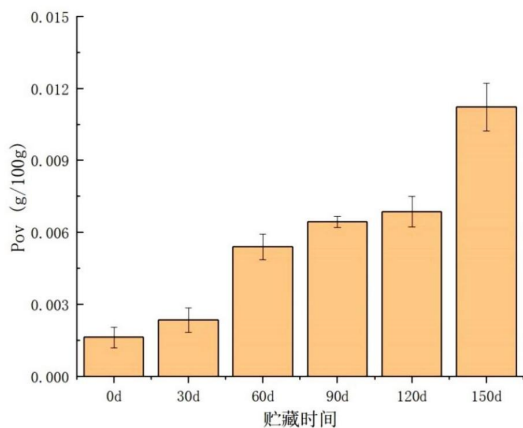


图 1 预制红烧肉冻藏过程 POV 变化

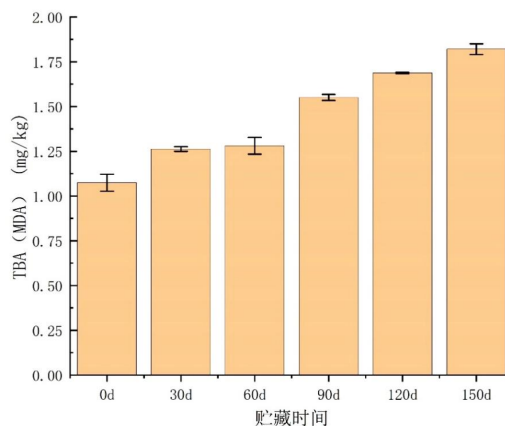


图 2 预制红烧肉冻藏过程 TBA 变化

2.4 预制红烧肉贮藏过程挥发性风味物质变化

2.4.1 不同冻藏时间的电子鼻分析

电子鼻是一种仿生嗅觉系统,它能提供无损、快速和高灵敏度的食品挥发性组分检测^[19]。电子鼻传感器名称及特征见表 3。通过电子鼻不同传感器对不同香气的灵敏度不同进行分析,由图 3 可看出预制红烧肉各贮藏期的香气成分在 W1W、W5S、W2S 响应值较为明显的变化,表明冻藏红烧肉过程硫化

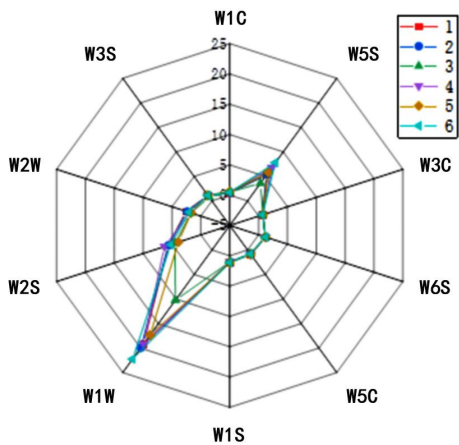
物、氮化合物、醇类香气成分发生较大的变化。

采用主成分 PCA 分析法,对新鲜红烧肉至 150 d 冻藏周期的 PCA 分析结果见图 4。新鲜红烧肉至 90 d 冻藏周期均有相交或重叠的部分,而与 120 d 和 150 d 冻藏的没有相交部分,表明新鲜,30、60、90 d 冻藏红烧肉的气味不能显著地区分开,而 120 d 和 150 d 冻藏的与前面的香气组分能显著区分,有所衰减。说明了红烧肉气味随冻藏时间的延长,前

期变化小，而 120 d 后风味有所衰减，但衰减程度不大。

表 3 电子鼻传感器名称及特征

传感器名称	描述
W1C	芳香烃类
W5S	灵敏度大，对氮氧化合物很敏感
W3C	氨水，对芳香成分灵敏(胺类)
W6S	对氢化物有选择性
W5C	烷烃芳香成分(短链)
W1S	对甲烷灵敏(甲基类)
W1W	对硫化物灵敏(无机硫化物)
W2S	对醇类灵敏
W2W	芳香成分，对有机硫化物灵敏
W3S	对烷烃灵敏(长链)



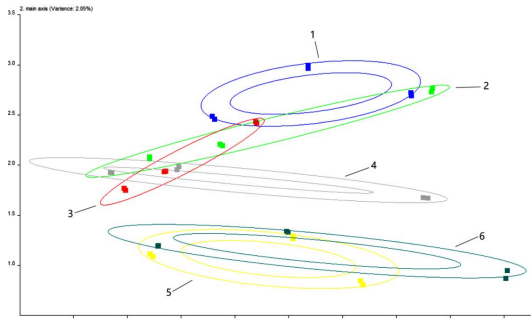
注：1—6 分别代表 0、30、60、90、120、150 d。

图 3 不同贮藏期电子鼻传感器响应值雷达图

表 4 预制红烧肉冻藏过程中挥发性物质种类及相对含量

挥发性物质	冻藏时间					
	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d
种类						
醛类	0.2755	0.5068	1.0061	2.2749	0.1402	0.1314
醇类	0.1448	0.1644	1.2257	1.2289	0.0490	0.1061
酮类	0	0	0.0748	0.0943	0.0239	0.0252
酯类	0.1781	0	0.2036	0.2444	0.0239	0.0197
酸类	0	0	0.0150	0.5640	0.0082	0.0025
烃化合物	1.2393	0.2243	1.2767	3.8217	0.1830	0.4171
其他	0.5976	1.0341	0.5630	2.6664	0.2691	0.1961
合计	2.4353	1.9296	4.3649	10.8946	0.6973	0.8981

单位：μg/kg



注：1—6 分别代表 0、30、60、90、120、150 d。

图 4 不同贮藏期电子鼻 PCA 分析

2.4.2 不同冻藏时间的 GC-MS 分析

贮藏 60 d 到 150 d 的预制红烧肉的 GC-MS 分析，共发现 114 种挥发性物质，分别为醛类、醇类、酮类、酯类、酸类、烃化合物及其他类，各贮藏期的挥发性风味物质种类相对含量见表 4。

新鲜红烧肉至 150 d 挥发性物质分别为 57 种、72 种、49 种、60 种、66 种、57 种。整个贮藏期醛类物质和酸类物质种类数量先增加再减少，醇类、烃化合物和其他类挥发性物质数量呈现先增多然后减少再增多的现象，酮类物质种类数量随时间增加。但各个贮藏期各类挥发性物质的含量呈现先上升再下降的现象，其中 120 d 起于之后的两个贮藏期相比挥发性物质含量有较大的降低，与文献报道^[8-20]的研究结果一致，表明气味随冻藏时间的延长，前期变化小，而 120 d 后风味有所衰减，但衰减程度不大，对整体风味品质影响不大。

3 结论

在-18℃条件下,贮藏150d预制红烧肉的脂肪层亮度有所提升,红度略有下降,黄度提高较多;瘦肉层亮度有所提升,但红、黄度均下降明显;皮层亮度和黄度变化不大,而红度下降明显。预制红

烧肉冻藏时间达150d,硬度下降明显,口感将发生较大的变化。POV和TBA含量与冻藏时间成正比,但150d内仍在国家标准限量范围内。风味方面,经过150d的冻藏红烧肉的气味虽有所衰减,但衰减程度不大,产品整体风味仍保持得较好。

参考文献:

- [1] 刘莉丹,黄峰,周芳伊,等.三种红烧肉挥发性风味成分的比较研究[J].食品工业科技,2019,40(13):141-147.
- [2] 王瑞花.烹饪条件和配送方式对传统红烧猪肉品质的影响[D].杭州:浙江大学,2015.
- [3] 朱文政,严顺阳,徐艳,等.顶空固相微萃取-气质联用分析不同烹制时间红烧肉挥发性风味成分[J].食品与发酵工业,2021,47(02):247-253.
- [4] 姚敏,谢国芳,杨蓉,等.红烧肉制备过程中关键环节的风味化合物分析[J].食品与机械,2022,38(01):15-23;43.
- [5] 史笑娜,赵志磊,黄峰,等.红烧肉加工过程中主要营养品质和食用品质的变化规律研究[J].食品工业科技,2016,37(13):86-91.
- [6] 史笑娜,黄峰,张良,等.红烧肉加工过程中脂肪降解、氧化和挥发性风味物质的变化研究[J].现代食品科技,2017,33(03):257-265.
- [7] 任红涛,程丽英,宋晓燕,等.速冻菜肴红烧肉的工艺研究[J].中国食物与营养,2012,18(06):62-65.
- [8] 陈正荣.真空低温加热红烧肉的工艺标准化研究[D].扬州:扬州大学,2010.
- [9] 赵越,姜启兴,许艳顺,等.包装方式对红烧肉方便菜肴制品保鲜品质的影响[J].食品科技,2017,42(06):47-53.
- [10] 陈林,王卫,张佳敏,等.红烧肉冻藏过程中挥发性风味物质衰减研究[J].成都大学学报(自然科学版),2021,40(01):41-47.
- [11] 甄欠,周志男,周升田,等.预制食品冷冻和解冻技术研究进展[J].冷藏技术,2024,47(01):65-68.
- [12] 陈璇,项君涵,肖珊,等.低温流通肉类预制菜的品质影响因素与控制技术研究进展[J].食品安全质量检测学报,2024,15(03):100-109.
- [13] 高婷婷,林星朱,蔡青烽,等.冻融在预制菜生产中的应用研究进展[J].中国果菜,2024,44(02):13-17.
- [14] 汪鹏,王璐,陈杰博,等.以4-叔丁基环己醇为内标物定量分析茶叶的香气成分[J].福建农林大学学报(自然科学版),2021,50(02):198-205.
- [15] 陈武东,杜险峰.番茄红烧牛肉恒温热贮存过程中的品质变化[J].现代食品,2021(08):116-120.
- [16] 马志强,钟艳,魏雪林,等.不同冻藏时间的猪肉品质比较及其变化机制研究[J].食品工业科技,2021,42(18):48-56.
- [17] HELGA MEDIĆ, IVONA DJURKIN KUŠEC, PLEADIN J, et al. The impact of frozen storage duration on physical, chemical and microbiological properties of pork[J]. Meat science, 2018, 140:119-127.
- [18] 郭建凤,王继英,蔺海朝,等.不同储藏条件下杜洛克猪肌肉pH、糖原、乳酸及TBA的变化及相关关系[J].西南农业学报,2015,28(03):1355-1360.
- [19] JIA W, LIANG G, JIANG Z, et al. Advances in Electronic Nose Development for Application to Agricultural Products[J]. Food Analytical Methods, 2019, 12(10):2226-2240.
- [20] 咎博文,唐丽,白婷,等.预调理回锅肉在不同灭菌及贮藏条件下挥发性风味物质的变化分析[J].中国食品添加剂,2023,34(03):42-55.