

不同解冻方式的狮子头调理食品品质比较

朱文政^{1,2}, 槐雪¹, 赵赵¹, 张心宇¹, 徐艳^{1,2}, 周晓燕^{1,2*}

(1. 扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225127)(2. 江苏省淮扬菜产业化工程研究中心, 中餐非遗技艺传承文化和旅游部重点实验室, 江苏扬州 225127)

摘要: 该研究比较 4℃ 冷藏解冻、超声辅助解冻、流水解冻、气浴振荡解冻和微波解冻 5 种不同解冻方式对狮子头调理食品食用品质的影响, 对解冻后狮子头的水分活度、质构特性、色泽等进行分析。研究表明: 超声波解冻的狮子头 b^* 增加最少, 其次为微波解冻, 分别增加 0.29 和 0.4; 不同解冻方式下狮子头硬度变化存在极显著差异 ($P<0.01$), 使用流水解冻与微波解冻后的狮子头的硬度较低, 分别为 5.65 和 5.75 N; 咀嚼性变化也存在极显著差异 ($P<0.01$), 微波解冻的咀嚼性最小, 在结果上与硬度相似; 同时不同解冻处理的狮子头水分活度存在极显著差异 ($P<0.01$), 超声波和微波解冻使冷冻狮子头在解冻后水分结合更加紧密, 有利于产品品质的保证。因此超声波和微波解冻狮子头更有利于减免解冻后的口感损失。结合工业化生产和家庭的实际解冻条件, 工业化生产的狮子头可以考虑超声波或流水解冻。家庭使用微波解冻狮子头最优, 能方便维持狮子头原本的口感和风味。该研究有望为狮子头的工业化生产提供理论支撑。

关键词: 狮子头; 解冻方式; 色泽; 水分活度; 卡路里; 质构学特性

文章编号: 1673-9078(2024)12-281-288

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.12.1342

Comparison on the Quality of Frozen Pork Meatball Products Thawed by Different Methods

ZHU Wenzheng^{1,2}, HUAI Xue¹, ZHAO Zhao¹, ZHANG Xinyu¹, XU Yan^{1,2}, ZHOU Xiaoyan^{1,2*}

(1. Tourism and Culinary Institute, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

(2. Huaiyang Cuisine Industrization Engineering Research Center of Jiangsu Province, Key Laboratory of Chinese Cuisine Intangible Cultural Heritage Technology Inheritance, Ministry of Culture and Tourism, Yangzhou 225127, China)

Abstract: In this study, the influences of five different thawing methods, cold thawing at 4℃, ultrasound-assisted thawing, running water thawing, air-oscillation thawing and microwave thawing, on the edible quality of frozen pork meatball products were compared. The water activity, texture characteristics and color of the thawed pork meatballs were analyzed. The research results showed that the increase in b^* value of the pork meatball in the ultrasound-assisted-thawing group was the least, followed by the microwave thawing group (increases were 0.29 and 0.4, respectively). The changes in the hardness of pork meatballs subjected to different thawing methods differed highly significantly ($P<0.01$), with the hardness of the pork meatball subjected to running water thawing and microwave thawing being lower (5.65 N and 5.75 N, respectively).

引文格式:

朱文政, 槐雪, 赵赵, 等. 不同解冻方式的狮子头调理食品品质比较[J]. 现代食品科技, 2024, 40(12): 281-288.

ZHU Wenzheng, HUAI Xue, ZHAO Zhao, et al. Comparison on the quality of frozen pork meatball products thawed by different methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(12): 281-288.

收稿日期: 2023-11-08

基金项目: 扬州市-扬州大学市校合作创新计划项目 (YZ2020267); 扬州大学高层次人才研究启动基金 (137012607)

作者简介: 朱文政 (1986-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 烹饪科学与中式菜肴工业化, E-mail: zhuwz@yzu.edu.cn

通讯作者: 周晓燕 (1964-), 男, 本科, 教授, 研究方向: 烹饪科学与中式菜肴工业化, E-mail: yzuxyz@163.com

There was also a highly significant ($P<0.01$) difference in the change of chewiness, with microwave thawing causing the least chewiness, and the result of the chewiness similar to that of hardness. Meanwhile, there was a highly significant ($P<0.01$) difference in the water activity of the pork meatballs subjected to different thawing processes, and ultrasound-assisted thawing and microwave thawing made the water binding in the pork meatball more tightly after thawing, which was conducive to the assurance of product quality. Therefore, ultrasound-assisted thawing and microwave thawing are more conducive to reducing the loss of mouthfeel after pork meatball thawing. Considering the actual thawing conditions of industrial production and households, ultrasonic ultrasound-assisted thawing or running water thawing can be considered for industrial production. Microwave thawing is the best method for thawing pork meatball at home, which can easily maintain the original mouthfeel and flavour of pork meatball. This study is expected to provide theoretical support for the industrial production of pork meatball.

Key words: pork meatball; thawing method; color; moisture activity; calories; texture characteristics

狮子头是中华传统名菜,用猪五花肉以肥瘦 4:6 比例斩成细末做成,口感软滑,肥而不腻,香气四溢。目前多数研究集中于狮子头的烹饪工艺、保鲜储存等方面^[1-3]。朱文政等^[4]研究了炖煮时间对狮子头的影响,在炖煮过程中狮子头的硬度、咀嚼性、嫩度发生显著变化。同时研究了狮子头加工过程中脂肪及脂肪酸组分的变化,发现受烹饪时间、温度、添加物的影响,狮子头中脂肪发生一定的氧化,脂肪酸组成也发生一定的变化^[5]。鲍会梅等^[6]通过感官评定确定了 4:6 为清炖狮子头的最适肥瘦肉质量比,同时也确定了最适炖煮时间和最适脂肪蛋白质质量比。由此可见大多数学者对于狮子头的制作工艺比较重视,当然也不乏些许对于狮子头的贮藏研究,比如张志刚等^[7]研究了狮子头冷藏时品质改变规律,得出 4 °C 冷藏期间产品感官评分降低,硬度显著增加、嫩度降低、内聚性略微下降。Turgut 等^[8]和 Akcan 等^[9]研究怎样使肉丸在冷藏时氧化更慢。而对于如何维持冷冻狮子头原来的品质,如何减少解冻对狮子头带来的影响却鲜有报道。由于人们对狮子头的需求量越来越大,需要提前制作好大量半成品,使用时直接通过解冻和二次复热来节省时间和人力成本。但解冻过程中冰晶融化导致大量汁液流失,会使狮子头的品质和风味下降^[10],并影响进一步的食用加工以及最终菜品的色香味^[11]。因此必须选择最佳的解冻方式来保证冷冻狮子头在解冻后仍然能保持良好的品质。

本文通过研究冷冻狮子头经不同方式解冻后的水分活度、基础营养指标、质构、色泽、嫩度以及卡路里的变化,探讨不同解冻方式对狮子头调理食品营养特性和食用品质的影响,以期能最大限度维持冷冻狮子头原来的品质,减少产品品质的损失,为狮子头的工业化生产建立科学的品质评价体系。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验选取肥瘦相间、肥瘦均衡的猪五花肉(保持猪肉来源、猪肉饲养营养水平、品种一致的猪五花肉)、风车牌马铃薯淀粉、淮盐牌海藻碘食用盐、正大牌鲜鸡蛋、小米葱、生姜、鼎丰牌料酒王作为实验材料,均购于麦德龙超市。

1.2 仪器设备

HD-3A 型智能水分活度测量仪,无锡市华科仪器仪表有限公司;SHZ-82 型气浴恒温振荡器,上海平轩科学仪器有限公司;CA-HM 型卡路里热量测定仪,北京盈盛恒泰科技有限公司;中科美菱 DW-FL831 型超低温冷冻储存箱,中科美菱低温科技股份有限公司;TMS-Pro/Touch 食品物性分析仪,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;美的 BCD-472WSPZM (E) 型冰箱,美的集团股份有限公司;SCQ-6210E 型数控加热超声波清洗机,上海声彦超声波仪器有限公司;NH310 型便携式色差仪,珠海天创仪器有限公司;MG823ESJ-SA 型微波炉,佛山市顺德区美的微波电器制造有限公司;美国 G-R MODEL 2000D 型嫩度测定仪,北京布拉德科技发展有限公司;TC-400A 型真空包装机,上海星贝包装机械有限公司;TST-A837 电子天平,东莞特斯特检测仪器有限公司;DSC 差示扫描量热仪,美国 TA 公司。

1.3 狮子头产品制备与冷冻

1.3.1 狮子头加工工艺

根据唐建华等^[12]的制作工艺流程进行调整优化,1.0 kg 猪五花肉洗净沥干水分,于 -20 °C 冰

箱冷冻 2 h, 取出切成石榴米状, 加入 2 个鸡蛋、15 g 淀粉、10 g 姜末、10 g 葱末、120 g 葱姜料酒水、2 g 食盐, 顺时针搅拌, 使其上劲形成凝胶, 冰箱 4 °C 冷藏静置 1 h, 每个狮子头规格定为 65 g, 使用双手前手掌心将其攥摔成圆形后入沸水锅中加热定型, 定型后转入砂锅内, 将砂锅置于电磁炉上, 用 1 000 W 的功率烧开, 然后 200 W 继续加热 120 min。取 3 个狮子头进行采样, 用吸水纸吸去样品表面汤汁等, 冷却放入 4 °C 冰箱保存, 待测。

1.3.2 冷冻方法

剩余狮子头迅速放入 -40 °C 的速冻冰箱中速冻 1 h, 然后 -18 °C 冷冻 48 h。

1.4 狮子头产品解冻与复热

1.4.1 解冻处理

将狮子头样品从 -18 °C 的冰箱中取出, 分成 5 组进行解冻处理, 用刺入式温度计测量狮子头的中心温度, 测得温度为 4 °C 时为解冻终点^[12,13]。解冻设备的参数设置如下:

4 °C 冷藏解冻将狮子头样品放于温度为 4 °C 的冰箱中, 至狮子头的中心温度达到 4 °C。超声辅助解冻参考 Gambuteanu 等^[14]对于猪肉超声解冻的方法进行调整, 狮子头用真空包装机密封装好, 放入温度恒定为 15 °C 的水浴中, 超声波解冻机的参数调整为 0.6 W/cm², 25 kHz。流水解冻参考刘瑜等^[15]对肉制品解冻技术的研究, 直接将狮子头放入盛满水的碗中放在缓慢的流水下面进行解冻。恒温气浴振荡解冻参照王秋玉等^[16]的方法进行调整, 使气浴恒温振荡器的温度为 25 °C, 振荡频率 160 Hz。微波解冻根据郑旭等^[17]微波解冻猪肉的方法进行调整, 把狮子头样品放入微波炉, 旋钮指向中火解冻 3 min。随后将 5 组解冻处理后的狮子头取样, 待测。

1.4.2 复热处理

复热处理以便做感官评价, 参考孙亚男^[18]对狮子头加热的研究, 用电磁炉煮沸锅中的水, 将解冻好的狮子头放入 100 °C 沸水中, 加热 1 h 即可。

1.5 冷冻前及解冻后狮子头的指标测定

1.5.1 基础营养指标的测定

利用全自动快速食品热量成分检测仪 (CA-HM 型卡路里热量测定仪) 对 1.3.1 中狮子头和解冻后的狮子头进行测定, 样品测定重复 5 次。

1.5.2 质构的测定

参考田祥磊等^[19]的方法并适当调整, 利用质构仪测定狮子头内部的质构。分别取冷却的狮子头样品和解冻之后狮子头的样品各 5 块, 并改刀成厚度 1 cm、长宽也为 1 cm, 采用 P35 球形探头, 具体参数为: 距离底面 30 mm, 测试前、测试、测试后速度分别为 3.0、1.0、1.0 mm/s, 下压程度为 60%, 测试力为 0.05 N, 2 次压缩时间间隔为 3 s。每一组样品测 4 次, 取平均值。

1.5.3 嫩度的测定

使用 G-R MODEL 2000D 型嫩度测定仪对狮子头的嫩度进行测定。在 1.3.1 中狮子头和解冻之后狮子头上取大小相同的样品, 取样部位与样品边缘相距 5 mm 以上, 取样长度最小为 2.5 cm, 厚度为 0.5 cm, 剔除有明显缺陷的样品, 测定 4 个样品数, 记录剪切值。

1.5.4 色泽的测定

利用 NH310 色差仪, 测量 1.3.1 中狮子头和解冻后的狮子头样品的色泽, 由 L* 值、a* 值、b* 值表示。每组样品测量 4 次, 测量时将色差仪镜头垂直放于狮子头样品表面, 镜口紧贴样品表面, 随后记录数据。

表 1 狮子头的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for the pork meatball

指标	感官特性	分值
色泽	正常, 有光泽	7~9
	正常, 无光泽	4~6
	暗淡, 无光泽	1~3
气味	香气浓郁, 无异味	7~9
	香气欠佳, 有点异味	4~6
	无香气, 有异味	1~3
组织状态	肌纤维结构无破坏	7~9
	肌纤维结构有一定损坏	4~6
	肌纤维黏结成硬块	1~3
口感	肉质细腻, 易咀嚼, 有回味	7~9
	肉质略柴, 干涩, 有点回味	4~6
	肉质很柴, 有硬感, 回味少	1~3
可接受度	喜欢	7~9
	适中	4~6
	不能接受	1~3

1.5.5 水分活度的测定

使用水分活度仪对 1.3.1 中狮子头和解冻后的狮子头样品进行水分活度 (Water Activity, A_w) 的测定, 方法参照 GB 5009.238-2016《食品安全国家标准 食品水分活度的测定》。

1.5.6 感官评价

将复热完成的狮子头进行感官评价, 参考孟舒雨等^[20]对狮子头的感官评价方法并进行调整。选取 8 名经过感官训练的人员 (4 男、4 女) 通过色泽、气味、组织状态、口感和可接受度五个方面对狮子头进行评分。每组样品评分最高为 9 分, 最低为 1 分, 通过评分高低来评判狮子头品质的好坏。表 1 为感官评价标准。

1.6 数据分析方法

本实验所有数据均使用 Excel 2010 整理, Origin 2021 Pro 绘图, SPSS 分析。

2 结果与分析

2.1 不同解冻方式对狮子头基础营养指标影响的分析

利用全自动快速食品热量成分检测仪 (卡路里分析仪) 对狮子头成品和解冻后的狮子头对比进行测定分析, 结果见图 1 和图 2。不同解冻方式下, 狮子头的脂肪和水分含量均不存在显著差异 ($P>0.05$), 但由于解冻过程中的汁液流失, 解冻后的狮子头与对照组相比水分含量均减少。脂肪含量的变化和解冻过程中的氧化降解有关。

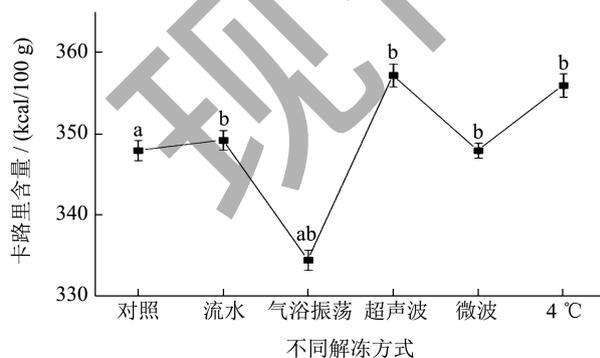


图 1 不同解冻方式下 100 g 狮子头样品中卡路里的含量

Fig.1 Calories in 100 g pork meatball samples under different thawing methods

注: 同一系列标记字母不同表示差异显著 ($P<0.05$), 图 2~4 同。

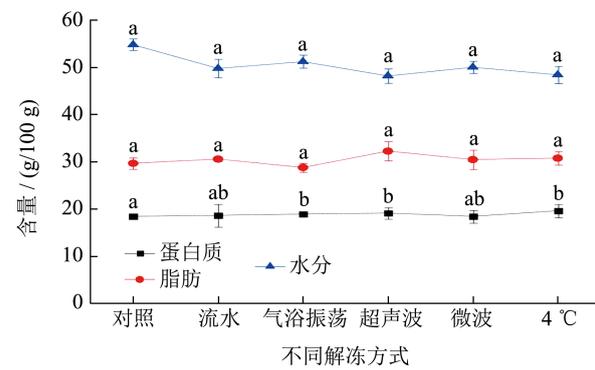


图 2 不同解冻方式下 100 g 狮子头样品中基础营养指标的含

Fig.2 Content of basal nutrient indicators in 100 g pork meatball samples under different thawing methods

保水性是肌肉在加热、冷冻、解冻等不同加工或储存条件下保持原有水分和补充水分的能力^[21]。由图 2 可知, 4℃冷藏解冻、微波解冻和超声波解冻使解冻后的狮子头样品中水分流失较多。微波解冻升温快, 狮子头内冰晶迅速融化, 导致肌原纤维的结构受损, 保水性降低^[22]。但一些研究发现, 超声波解冻后的畜禽肉保水性较高。超声波解冻后狮子头水分流失较多可能是因为超声波解冻时间较短, 解冻后肉组织的汁液没有及时回流进细胞内导致水分流失。也可能是因为超声波的频率高, 引起蛋白质氧化变性, 从而导致蛋白质的持水能力降低。蒋奕等^[23]在研究超声波解冻对猪肉品质的影响时发现, 采用低频超声波解冻的猪肉比高频解冻的保水性要好。这种结果的差异可能与超声波功率选择的高低以及肉类的品种和结构有关。4℃冷藏解冻水分损失较多^[24], 4℃冷藏解冻所需时间较长, 导致蛋白质变性程度增大, 水分大量损失。同时狮子头的水分损失与其解冻后的嫩度和质构也密切相关。

卡路里、蛋白质含量存在显著差异 ($P<0.05$), 流水解冻的狮子头蛋白质含量相对较低。流水解冻所需时间较长, 增加了解冻时微生物和酶对蛋白质的分解程度。而 4℃冷藏解冻温度低, 能够抑制微生物和酶对蛋白质的分解作用。超声波处理能够减缓蛋白质的分解, 使解冻后的狮子头蛋白质含量相对较高。超声波解冻、微波解冻和 4℃冷藏解冻的狮子头卡路里含量较高, 因为这三种方式解冻的狮子头水分损失较多, 所以每 100 g 狮子头样品中的脂肪含量相对增加。脂肪相对含量的增加同样也导致了卡路里值的提升。

2.2 不同解冻方式对狮子头色泽影响的分析

色泽是评判狮子头品质的一个重要指标,是消费者对狮子头成品的直观印象。本实验采用色差仪对狮子头样品的色泽进行客观评价,测定结果见表2。从表中来看,不同解冻方式对狮子头的亮度值 L^* 、红度值 a^* 、黄度值 b^* 均有影响。

表2 不同解冻方式下狮子头的色泽测定结果

Table 2 Color determination results of pork meatball under different thawing methods

样品	L^* (亮度)	a^* (红度)	b^* (黄度)
对照	74.76 ± 1.10^a	1.84 ± 1.01^a	12.20 ± 0.42^a
流水解冻	79.52 ± 1.24^a	1.64 ± 0.88^a	14.24 ± 0.75^a
气浴振荡解冻	73.48 ± 1.09^a	3.64 ± 1.49^b	13.05 ± 0.75^a
超声波解冻	75.79 ± 0.91^a	1.38 ± 1.10^a	12.49 ± 0.64^a
微波解冻	71.61 ± 0.81^a	3.25 ± 0.41^b	12.60 ± 0.78^a
4℃冷藏解冻	80.21 ± 0.56^a	1.76 ± 1.20^a	13.74 ± 1.11^a

注:同列标记字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。表3同。

根据林墨等^[25]对于肉类的色泽分析,可知在一定范围内亮度 L^* 越大则狮子头光泽越好,红度 a^* 越大狮子头的颜色越好,肉越新鲜,黄度 b^* 越大,肉越不新鲜。对照组的 L^* 为 74.76,经流水解冻和 4℃冷藏解冻的狮子头 L^* 分别为 79.52 和 80.21,与对照组相比,这两种解冻方式大幅提升了狮子头的亮度,而微波解冻的狮子头 L^* 为 71.61,亮度明显降低。时苗苗等^[26]在研究原料肉解冻方式对狮子头品质特性的影响时发现,冷藏解冻组 L^* 明显高于其他组,而微波解冻组因解冻过程中水分大量流失导致 L^* 显著降低。相比于 L^* 值的大幅增加,流水解冻和 4℃冷藏解冻的 a^* 和 b^* 只有略微的变化,但这种变化可以直观感受到经过流水解冻和 4℃冷藏解冻之后的狮子头新鲜度有所降低。与对照组相比,不同解冻方式使得狮子头解冻后的红度值 a^* 存在极显著差异 ($P < 0.01$),气浴振荡解冻和微波解冻之后的狮子头的红度 a^* 有了明显升高,表明微波解冻会导致狮子头表面水分发生较大程度的迁移,同时引起肌红蛋白发生较高程度的氧化,引起样品表面颜色的加深, L^* 和 b^* 没有太大变化。超声波解冻后的狮子头与刚刚熟制之后的狮子头色泽并无太大差别,由此可见超声波解冻的保鲜能力较强。 b^* 的增加程度也能反映肉的腐烂变质情况,与对照组相比,狮子头采用不同解冻方式解冻后的黄度值 b^* 不存在显著差异 ($P > 0.05$)。

实验表明,5种解冻方式的样品相对对照组的 b^* 增加均较少。其中超声波解冻中的狮子头样品增加的最少,其次是微波解冻,可见超声波解冻和微波解冻都能较好保持狮子头的新鲜程度。

2.3 不同解冻方式对于狮子头剪切力影响的分析

嫩度指肉在食用时的口感是否软嫩,是评价狮子头品质的一个重要指标。通过压缩力、剪切力、剁碎力、穿透力、咬力、弹力和拉力等指标对猪肉嫩度进行客观评定,而最常用的是剪切力^[27]。剪切力是指切断特定厚度的肌肉所需要的力,剪切力变化与长时间的热处理有关^[28]。剪切力越大则肉的嫩度越低。本实验采用 G-R MODEL 2000D 型嫩度测定仪进行狮子头嫩度的测定,具体结果由图3展示。与对照组相比,不同解冻方式下的狮子头剪切力存在极显著差异 ($P < 0.01$)。4℃冷藏解冻后的狮子头剪切力值最大,狮子头冷冻过程中产生的冰晶破坏了肌肉的组织结构,导致其持可塑性下降。而 4℃冷藏解冻所需的解冻时间长,解冻过程中水分大量流失,影响了狮子头的嫩度。微波解冻功率高,对肌原纤维结构的破坏程度大,使纤维间隙明显增大,狮子头的水分流失增多,且微波解冻的狮子头受热不均,出现部分熟化的现象,导致其剪切力增加。而流水解冻后的狮子头剪切力值提升较小,流水对于样品有一定的冲击力,使样品的肌纤维密度下降,剪切力降低,气浴振荡和超声波解冻对嫩度的影响也不大。综上可知,流水解冻、气浴振荡解冻和超声波解冻对狮子头嫩度的影响较好。短时间的超声波处理可以使细胞的破碎,释放更多的蛋白酶,加大对蛋白质的分解程度,进而改善解冻后狮子头的嫩度。

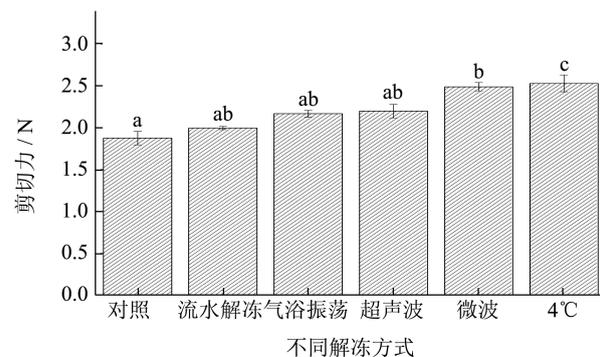


图3 不同解冻方式对狮子头嫩度的影响结果

Fig.3 Results of different thawing methods on the tenderness of the pork meatball

表3 狮子头解冻后的质构数据

Table 3 Structure data of pork meatball after thawing

样品组	硬度/N	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/N	内聚性
对照	7.85 ± 0.92 ^b	3.69 ± 0.45 ^a	1.71 ± 0.19 ^a	6.36 ± 1.55 ^a	0.34 ± 0.08 ^a
流水解冻	5.65 ± 1.34 ^a	3.83 ± 0.58 ^a	2.21 ± 0.46 ^b	8.32 ± 1.00 ^b	0.41 ± 0.13 ^a
气浴振荡解冻	7.51 ± 1.79 ^c	3.29 ± 0.15 ^a	3.89 ± 0.82 ^c	10.78 ± 0.74 ^d	0.37 ± 0.1 ^a
超声波解冻	9.61 ± 1.76 ^c	3.68 ± 0.54 ^a	3.49 ± 0.54 ^c	10.03 ± 0.79 ^d	0.38 ± 0.1 ^a
微波解冻	5.75 ± 0.81 ^{ab}	3.51 ± 0.99 ^a	2.79 ± 0.74 ^b	8.27 ± 0.29 ^c	0.52 ± 0.17 ^a
4 °C冷藏解冻	6.46 ± 1.06 ^{ab}	3.04 ± 0.53 ^a	2.81 ± 0.92 ^b	8.95 ± 0.37 ^c	0.44 ± 0.07 ^a

2.4 不同解冻方式对于狮子头质构影响的分析

不同解冻方式对狮子头的质构影响可以见表3。由表可知,通过不同解冻方式解冻之后,狮子头的硬度变化与均值存在极显著差异($P < 0.01$)。表中可以看到使用超声波解冻后的狮子头硬度最高(9.61 N),可能因为超声波解冻的功率高,促使蛋白质变性,持水能力下降,导致狮子头的含水量降低并且硬度增加。其他解冻方式与对照组相比硬度均降低,与解冻过程中冰晶融化导致的肌纤维受损与肌节长度缩短有关^[29]。咀嚼性在数值上表示为胶黏性与弹性的乘积,是对肉类适口性进行的综合评判^[30],代表了样品对咀嚼的持续抵抗程度。在解冻过程中,冰晶融化导致细胞间隙变大,组织紧密度降低,导致肌肉质构发生改变,影响样品咀嚼性^[31]。从表中来看不同解冻方式解冻后的狮子头咀嚼性变化存在极显著差异($P < 0.01$),微波解冻的温度高,对肌肉组织的破坏程度大,咀嚼性增加最少(增加1.91 N),超声波解冻的咀嚼性提升较大(增加3.67 N)。因此微波解冻的狮子头的口感更好、更接近于冷冻前。柏霜等^[32]在研究不同解冻方式对羊肉臊子的影响时,发现经超声波解冻后的羊肉硬度和咀嚼性均发生提高。超声波解冻对于不同肉类的质构影响不同,盛倩茹等^[22]在研究冷冻鱼丸解冻后的理化和质构性质时,发现与低温、热水、流水、空气、微波解冻相比,超声波解冻后鱼丸的硬度最小,咀嚼性呈现出与硬度一致的变化趋势。

经不同解冻方式解冻的狮子头在质构仪下测定的内聚性、弹性和胶黏性的数值结果见表3,不同方式解冻后狮子头的胶黏性存在极显著差异($P < 0.01$),弹性和内聚性不存在显著差异($P > 0.05$)。从表中可以看出流水解冻、超声波解冻、微波解冻后的狮子

头弹性较高,而且超声波解冻后的狮子头胶黏性也较高,弹性与水分含量呈正相关,水分流失多则弹性差。应用不同方式解冻后狮子头质构的差异可能与肌肉蛋白质解冻过程中发生的物理化学变化有关。

2.5 不同解冻方式对于狮子头水分活度影响的分析

解冻是使冻结肉和肉制品中的冰晶重新融化成水,并让组织细胞尽量吸收这部分水,使其恢复到新鲜状态^[33]。使用水分活度仪对解冻后的狮子头样品进行水分活度的测定,由图4可以看出不同解冻处理的狮子头的水分活度存在极显著差异($P < 0.01$),其中超声波和微波解冻的狮子头水分活度最低,表明超声波解冻和微波解冻可以使冷冻狮子头在解冻后水分结合状态更加紧密,抑制其发生化学变化,有利于产品品质的保证。

根据崔瑾^[34]分析可知,这是由于微波的特性所致的,微波解冻的原理是解冻的肉类分子在高频电磁场中产生强烈振动,导致分子之间摩擦并产生热量,从而达到解冻的目的,解冻同时发生在肉表面和内部,由于分子间的摩擦有助于肉组织吸收冰晶融化成的自由水,因此水分活度最低。

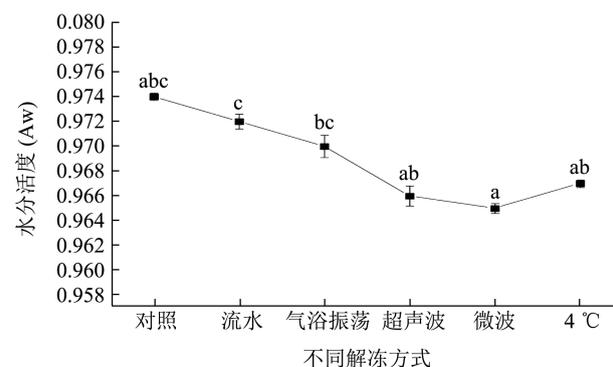


图4 狮子头在解冻之后的水分活度

Fig.4 Water activity of the pork meatball after thawing

2.6 感官品质分析

不同解冻方式下狮子头的感官分析由表4所示,从表中可以看出微波和超声波解冻总体分数比较高,可见超声波和微波解冻相较于其他解冻方式能够更好地维持狮子头的风味。

表4 不同解冻方式下狮子头的感官分析

Table 4 Sensory analysis of the pork meatball under different thawing methods

样品	色泽	气味	组织状态	口感	可接受度
对照	7.1	7.2	6.7	7.2	6.9
流水解冻	6.6	6.4	5.7	7.2	6.8
气浴振荡解冻	6.4	5.8	7.2	7.1	6.7
超声波解冻	7.3	7.2	7.1	6.5	7.2
微波解冻	7.2	6.6	6.7	7.3	7.1
4℃冷藏	6.9	7.2	5.8	6.7	6.9

3 结论

本研究以使用不同解冻方式解冻的狮子头为实验对象,主要检测了解冻后狮子头的基础营养成分、色泽、嫩度、质构等指标。通过对这些指标的综合判断,为狮子头的工业化生产建立全面的品质调控体系。色泽方面,熟制后的狮子头一般呈白色,色泽上亮度较高,红度和黄度较低,但经过-18℃冷冻48h再解冻后,黄度和红度均会有不同的提升程度。其中黄度提升最小的是经过微波解冻和超声波解冻后的狮子头,分别为0.4和0.29,说明经过这两种方式解冻后的狮子头的保鲜度最好。关于嫩度,研究发现使用4℃冷藏解冻后的狮子头剪切力值提升最大,而流水解冻后的狮子头剪切力值提升最小,气浴振荡解冻和超声波解冻对嫩度的影响不大。由此反映流水解冻、气浴振荡解冻和超声波解冻对狮子头嫩度的影响较好。质构部分,从数据中可以看出狮子头经过不同解冻方式解冻后,其硬度变化和咀嚼性变化在一定程度上相类似。超声波解冻后的狮子头硬度最高,流水解冻与微波解冻后的狮子头的硬度较低,为5.65N和5.75N,并且微波解冻的狮子头咀嚼性最小。结合内聚性和粘附性来看,解冻狮子头适合用微波解冻和超声波解冻,其口感比较好。同时不同解冻方式解冻的狮子头的水分活度有显著差异,超声波和微波解冻可以使冷冻狮子头在解冻后水分结合状态更加紧密。

研究过程中的感官分析表明,使用超声波解冻和微波解冻对冷冻狮子头的色泽、嫩度和质构的影

响较小,可以更大限度的维持狮子头原来的口感和品质,为狮子头产品的工业化生产提供理论参考。结合工业化生产和家庭的实际解冻条件来看,工业化生产的狮子头适合使用超声波或流水进行解冻,而家庭使用微波解冻狮子头能更方便地维持狮子头原本的口感和风味。

参考文献

- [1] 周晓燕,唐建华,陈剑,等.影响狮子头口感的关键工艺标准研究[J].食品科学,2010,31(16):145-50.
- [2] 李冉,朱和源,叶可萍,等.气调包装狮子头冷藏过程中微生物变化及菌群结构分析[J].食品工业科技,2021,42(11):99-105.
- [3] 党美琪,杨眉,安玥琦,等.猪肉-鱼肉复合狮子头贮藏期间的品质变化规律[J].肉类研究,2023,37(2):26-31.
- [4] 朱文政,徐艳,刘薇,等.烹制时间对狮子头营养品质和挥发性风味物质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(4):208-214.
- [5] 朱文政,徐艳,钱祥羽,等.狮子头加工过程中脂肪及脂肪酸组分的变化[J].食品与机械,2019,35(6):49-53.
- [6] 鲍会梅,丁玉勇,王宏.清炖狮子头最佳工艺及脂肪蛋白质比例测定[J].食品研究与开发,2004,5:129-130.
- [7] 张志刚,林祥木,胡涛,等.低温狮子头冷藏过程品质变化规律[J].肉类研究,2020,34(2):73-79.
- [8] TURGUT S S, ISIKCI F, SOYER A. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage [J]. Meat Science, 2017, 129: 111-119.
- [9] AKCAN T, ESTEVEZ M, SERDAROGLU M. Antioxidant protection of cooked meatballs during storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 323-331.
- [10] LI B, SUN D W. Novel methods for rapid freezing and thawing of food-A review [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3): 175-182.
- [11] 刘磊,夏强,曹锦轩,等.不同解冻方法对鹅腿肉理化特性和品质的影响[J].食品科学,2020,41(15):256-261.
- [12] 唐建华,周晓燕.清炖狮子头的试验研究[J].食品工业,2010,31(5):27-30.
- [13] TAO H, ZHANG B, WU F, et al. Effect of multiple freezing/thawing-modified wheat starch on dough properties and bread quality using a reconstitution system [J]. Journal of Cereal Science, 2016, 69: 132-137.
- [14] GAMBUTEANU C, ALEXE P. Comparison of thawing assisted by low-intensity ultrasound on technological properties of pork longissimus dorsi muscle [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(4): 2130-2138.

- [15] 刘瑜,李保国.解冻技术在肉制品中的应用研究进展[J].包装工程,2021,42(5):65-72.
- [16] 王秋玉,章海风,朱文政,等.不同解冻方式对冷冻豆沙包面团特性及产品品质的影响[J].食品科学技术学报,2021,39(6):126-134.
- [17] 郑旭,曾露,柏先泽,等.不同解冻处理对猪肉理化特性及微生物数量的影响[J].肉类研究,2018,32(4):14-19.
- [18] 孙亚男.扬州狮子头菜肴的中央厨房加工机理及品质调控研究[D].无锡:江南大学,2021.
- [19] 田祥磊,阮美娟.猪肉质地客观评价方法的研究[J].食品工业,2013,34(2):146-148.
- [20] 孟舒雨,李苗云,赵改名,等.基于灰色关联度法的狮子头风味电子鼻分析与感官评分相关性[J].肉类研究,2019,33(4):24-28.
- [21] 余力,贺稚非,BATJARGAL E,等.不同解冻方式对伊拉兔肉品质特性的影响[J].食品科学,2015,36(14):258-264.
- [22] 盛倩茹,王娟.解冻方式对冷冻鱼丸理化与质构性质的影响[J].现代食品科技,2024,40(1):224-232.
- [23] 蒋奕,程天赋,王吉人,等.超声波解冻对猪肉品质的影响[J].肉类研究,2017,31(11):14-19.
- [24] 朱明明,王亚秋,刘新建,等.快速与慢速解冻对冷冻猪肉品质特性及蛋白变性的影响[J].食品工业科技,2018,39(23):23-30,6.
- [25] 林墨,李官浩,杨慧娟,等.不同解冻方式对猪肉食用品质的影响[J].浙江农业学报,2018,30(4):666-671.
- [26] 时苗苗,卞欢,陈怡璇,等.原料肉解冻方式对狮子头品质特性的影响[J].食品与发酵工业,2024,50(15):205-212.
- [27] 任巧玲,张金枝.猪肉嫩度及其影响因素[J].家畜生态,2004,4:161-165.
- [28] ISHIWATARI N, FUKUOKA M, SAKAI N. Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117(3): 361-369.
- [29] HUFF L E, LONERGAN S M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes [J]. Meat Science, 2005, 71(1): 194-204.
- [30] 陈军,赵立,郑春华.前处理对4℃贮藏条件下鲢鱼质构的影响[J].食品研究与开发,2013,34(6):108-110.
- [31] 边楚涵,谢晶.冰晶对冻结水产品品质的影响及抑制措施[J].包装工程,2022,43(3):105-112.
- [32] 柏霜,杨文婷,牛佳,等.不同解冻方式对羊肉臊子品质特性的影响[J].中国调味品,2017,42(6):10-17.
- [33] 施雪,夏继华,卢进峰,等.冻结、解冻过程对肌肉品质的影响[J].食品工业,2012,33(7):21-24.
- [34] 崔瑾.冷冻鱼的微波解冻方法研究[D].大连:大连工业大学,2012.