

间歇微波处理对变温物流环境下麻辣鸡块品质的影响

折弯弯,魏亚青,王亚蒙,何晓梅,张洪翠,靳苗苗,张敏*

(西南大学 食品科学学院,农业部农产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(重庆),
重庆市特色食品工程技术研究中心,重庆,400715)

摘 要 对麻辣鸡块模拟变温物流过程(冷藏库贮存-控温包装常温运输-家用或门店商用冰箱贮存),在常温运输结束时(第5天)对麻辣鸡块分别采取不处理、间歇微波处理(微波30 s-间歇降温60 s-再微波30 s)与连续微波处理(微波60 s),探究在物流温度升高后采用间歇微波处理抑制麻辣鸡块品质劣变的效果。结果表明,2种微波处理方式均能有效地避免麻辣鸡块水分散失,有效延缓货架期间鸡块 pH 值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen,TVB-N)值的上升和菌落总数的增长;间歇微波处理能延长物流期限至第35天,且风味、色泽和组织状态保持更好,保鲜效果最佳,但对脂肪氧化无明显抑制作用;综合来看,间歇微波处理比连续微波处理能更好地控制麻辣鸡块变温物流过程中的品质劣变。

关键词 间歇微波;麻辣鸡块;变温物流;品质

麻辣鸡块是川渝地区特色小吃,营养丰富、麻辣鲜香,备受广大消费者喜爱。由于不易保存,高温高压等杀菌方式对其口感影响很大,多年来麻辣鸡块一直采用当天做当天门店售卖的方式销售,为做大该产业,近年来,麻辣鸡块逐渐以连锁门店以及网络电商的模式进行销售,但由于冷链运输条件不足且成本过高,目前运输过程中只能采用“泡沫箱+蓄冷剂”的控温包装形式进行常温运输流通,这就必然出现低温(厂家冷藏库保存)一较高温(相对冷藏温度而言,这里指控温运输箱中的温度)一低温(家用或门店商用冰箱贮存)的变温物流过程,温度的变化容易导致产品保质期缩短。若在较高温流通结束后,在家庭或门店冰箱贮藏前,利用家庭或门店的简易条件进行品质控制处理,很有可能会增加产品的保质期及感官品质。

微波杀菌技术是利用微波发生装置产生的微波能使食品中的偶极分子发生振动,利用分子间产生的摩擦热进行杀菌^[1-2]。与传统加热方式相比,食品被从内而外的加热,升温速度快^[3],微波杀菌时相当于直接加热肉品,具有速度快、受热均匀、节约能源等优点^[4];非热效应的存在能最大限度保持肉品风味和营养^[5]。微波长时间处理虽然杀菌效果显著,但会

对食品品质造成不利影响,如产品出现涨袋现象^[6]、水分损失严重、脂肪氧化等,导致产品风味变化,可食用性变差。间歇微波处理是指在两次或多次微波照射过程中间隔一定的时间^[7-8],在有效杀灭微生物的同时尽可能降低对食品的不利影响,保持食品品质^[9-10]。同时,微波炉极易在连锁门店及消费者家中普及,使微波杀菌技术具有很高的可操作性。

本试验旨在研究在变温物流过程中,物流温度升高后在门店或家中采用间歇微波处理的方式抑制麻辣鸡块的品质继续劣变,为“泡沫箱+蓄冷剂”这种目前我国主要的食品运输包装方式寻求一种品质控制方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜鸡胸肉;菜籽油;辣椒、花椒、食盐等调味料;均购于北碚天生路永辉超市。标准邮政4号泡沫箱,PU(聚氨酯泡沫)材质,30 cm×18 cm×14 cm(内尺寸),壁厚20 mm,容量7.5 L。

1.2 仪器与设备

KD23B-DA 微波炉,广东美的厨房电器制造有限公司;UV-2450 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;VD-850 桌上式洁净工作台,苏州净化设备有限公司;TA.XT2i 物性测定仪,英国 Stable Micro System 公司;CT3 质构仪,美国 Brookfield 公司;PHS-3E 雷磁 pH 计,海精密科技有限责任公司;BXM-30R 立式压力蒸

第一作者:硕士研究生(张敏副教授为通讯作者,E-mail:zmqx123@163.com)。

基金项目:重庆市科委社会民生科技创新专项(重庆市科技攻关计划)(cstc2015shmszx80036)

收稿日期:2018-05-07,改回日期:2018-06-19

汽灭菌锅,上海博讯实业有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

麻辣鸡块成品由两部分组成:(1)鸡块:将鸡胸肉去除可见脂肪并清洗干净,整块置于沸水中煮制,同时加入桂皮、八角、食盐等。20 min 后捞出,迅速浸入 4 ℃ 冷水中同时转移到冷却间操作台,30 s 后取出自然冷却,在无菌环境下冷却至室温,再切成小块。按产品规格(60 g 油辣椒/ 240 g 鸡块)装入已灭菌的蒸煮袋(20 cm × 30 cm)中,并真空包装。最后将包装好的鸡块进行微波杀菌(800 W,60 s)。(2)汤卤汁:将煮鸡原汤去掉上层油脂,微火熬制 2 h,冷却后包装并高温高压杀菌。

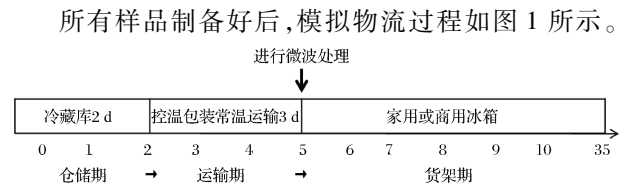


图 1 物流过程示意图
Fig. 1 The diagram of logistics process

第 5 天进行相应微波处理,共分为 3 组,(1)CK:

表 1 感官评定标准表
Table 1 Standard of sensory evaluation

项目	指标与分值		
	7.0~9.0 分	4.0~6.9 分	1.0~3.9 分
色泽	鸡肉颜色呈淡黄色,色泽光亮	鸡肉颜色略暗黄色,色泽稍暗	鸡肉颜色呈暗黄色,色泽暗淡
气味	香气浓郁,无异味	香气稍淡,无异味	香气较淡或有异味
滋味	咸淡和麻辣适宜,具有麻辣鸡块特有的风味	偏咸或偏淡,麻辣味不够或麻辣味偏重,风味一般	太咸或太淡,麻辣味太淡或麻辣味太重,风味差
组织状态	组织紧密,弹性好	组织较紧密,弹性较好	组织不紧密,弹性不好

1.3.2.2 质构(TPA)的测定

顺着肌纤维方向把肉样修整成 1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm 大小的肉块,用 CT 3 质构分析仪进行测定,记录硬度、咀嚼性等。摆放样品时肌纤维方向为水平方向,实验于室温下进行。取 3 个试验样品测试结果的平均值作为最终的测试结果。

设定参数为:目标:50%,测试速率 1.00 mm/s,返回速率 1.00 mm/s,触发点负载:5 g,循环次数:2.0,探头:TA 44。

1.3.2.3 菌落总数的测定

按 GB 4789.1—2016《食品微生物学检验—菌落总数测定》规定的方法测定。

1.3.2.4 挥发性盐基氮含量的测定

对照组,即常温运输后不做任何处理;(1)CM:连续微波处理组,即常温运输后微波处理 60 s;(2)IM,间歇微波处理组,即常温运输后微波处理 30 s,4 ℃ 环境降温 60 s,再次微波处理 30 s。

模拟常温运输过程时,采用控温包装,即以泡沫箱为模拟物流运输单元,每箱均装入 3 袋麻辣鸡块样品和 400 g 蓄冷剂,样品下方放置蓄冷剂,用装有空气的空蓄冷袋填塞,保证剩余空间一致,密封泡沫箱。冷藏库温度为 4 ℃,物流运输环境温度为 25 ℃,模拟消费终端家用或商用保鲜冰箱为 4 ℃。常温运输结束时均进行微波处理,根据文献^[6-7]及预试验,微波作用总时间均为 60 s,选取间歇时间为 60 s,间歇方式为 4 ℃ 环境降温。

分别在第 0、4、5、7(对照组第 6 天)、15、25、35 天进行各项指标检测,其中第 5 天的取样检测在微波处理后进行。

1.3.2 检测方法

1.3.2.1 感官评价

评定小组由 5 名成员组成。要求评定人员评定前 12 h 不吸烟,不喝酒,不食辛辣等刺激性食物。各级评分对应的感官评定标准如表 1 所示。

称取 20 g 肉样,按 GB5009.228—2016《食品安全国家标准食品挥发性盐基氮的测定》中的半微量定氮法进行测定。

1.3.2.5 非蛋白氮含量的测定

参照彭婷婷^[11]的方法并稍作修改。
称取 10 g 肉样,加入 100 mL 蒸馏水,摇匀后均质(1 000 r/min)2 min,取上清液 20 mL 与 20 mL 15% 三氯乙酸溶液混合,室温下静置 1 h 后过滤,滤液即为非蛋白氮提取液。用微量凯式定氮法测定其非蛋白氮含量。

1.3.2.6 水分含量的测定

参考 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》进行测定。

1.3.2.7 pH 值的测定

称取 5 g 切碎试样,按 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准食品 pH 值的测定》的方法测定。

1.3.2.8 硫代巴比妥酸(thio-barbituric acid, TBA)值的测定

参考 GB 5009.181—2016《食品安全国家标准食品中丙二醛的测定》进行测定。

1.3.3 数据处理

采用 ORIGIN 2016 对数据进行图像处理;用 SPSS 22.0 对各项指标进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 水分含量的变化

水分是肉品中含量最多的成分,其含量及状态与微生物生长繁殖密切相关,影响肉品组织结构、风味等^[26]。如图 2 所示,随着物流时间的延长,各组麻辣鸡块的水分含量逐渐下降。第 5 天,经不同微波处理后,麻辣鸡块的水分含量均出现明显下降趋势,与 CK 组差异极显著($P < 0.01$),这主要与微波处理使鸡块蛋白质变性,与水分的结合力下降有关;IM 组大于 CM 组且组间差异极显著($P < 0.01$),这可能是间歇微波组在间歇过程中有效地降低了产品温度,减小了鸡块内外温度差,阻止水分的散失^[17]。货架期间,CM 组和 IM 组的水分含量不断下降,但下降速度均小于 CK 组,IM 组水分含量始终大于 CM 组,且在第 7、15、25 天组间差异显著($P < 0.05$),这与货架期开始时两组水分含量的差异有关。可见,常温运输后间歇微波处理对物流期间水分含量下降的抑制作用不大,但能够使麻辣鸡块在货架期间保持相对较高的水分含量。

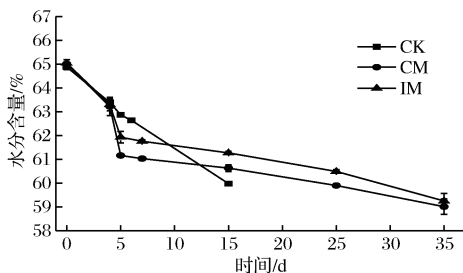


图 2 间歇微波处理对麻辣鸡块水分含量的影响

Fig. 2 Effects of intermittent microwave treatment on moisture content of spicy chicken

2.2 菌落总数的变化

菌落总数常被用来判定食品被细菌污染的程度

及卫生质量^[18],若食品的菌落总数严重超标,说明其卫生状况达不到基本的卫生要求,还会破坏食品的营养成分,加速食品的腐败变质,使食品失去食用价值。如图 3 所示,各组麻辣鸡块的菌落总数整体上均随物流时间的延长而不断增加,这与感官品质的不断下降相一致。第 5 天,常温运输过程结束,CK 组菌落总数为 2.34 lg CFU/g,与另外两组差异极显著($P < 0.01$);经微波处理后的麻辣鸡块菌落总数均显著下降($P < 0.01$),且 IM 组显著低于 CM 组($P < 0.05$),可能是间歇微波处理相当于对麻辣鸡块进行两次瞬间高能量的刺激,对微生物杀灭作用较强^[6];也可能是间歇期间 4 ℃ 环境降温与微波时产生的高温构成冷热交替变化,温度的急剧变化能够更进一步加强杀菌效果^[19]。第 6~15 天,不同微波处理后麻辣鸡块菌落总数增长较缓慢,CM > IM,但两组差异不显著($P > 0.05$),原因可能是,低温环境下微生物生命恢复和芽孢萌发较慢^[20]。到第 35 天,CM 组鸡块菌落总数超出卫生标准,感官评价接受度较低,IM 组菌落总数为 4.44 lg CFU/g,仍在卫生标准许可范围内,组间差异极显著($P < 0.01$),综上可知,常温运输后间歇微波处理的杀菌效果优于连续微波,在物流后期能够更好地延缓微生物的增长。

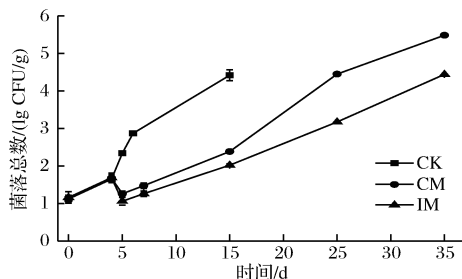


图 3 间歇微波处理对麻辣鸡块菌落总数的影响

Fig. 3 Effects of intermittent microwave treatment on colonies number of spicy chicken

2.3 感官品质的变化

如图 4 所示,各组麻辣鸡块的感官评价得分随物流时间的延长不断下降。第 5 天,常温运输后进行微波杀菌,IM 和 CM 组感官评分均高于 CK 组,IM 组麻辣鸡块感官评分高于 CM 组,且组间差异显著($P < 0.05$),这与间歇微波组麻辣鸡块水分散失少有关,水分散失少,鸡块质构指标变化幅度小,组织状态保持较好;另一方面,微波的热效应会使鸡块的色泽和风味有一定提高^[12],CM 组连续微波后产品温度过高,风味有所损失,而 IM 组的间歇处理能够很好地

避免这一现象。货架期间(第6~35天),CK组感官评分迅速下降,并在第15天后不再被评价者接受;IM组麻辣鸡块感官评分下降较慢,在第15、25、35天与CM组差异极显著($P < 0.01$),可能与贮存过程中微生物的增长所引起的鸡块营养成分损耗有关。到第35天,CM组的感官可接受度较低,基本失去可实用性,而IM组的色泽、气味和组织状态仍保持较好,与YANG^[13]等采用3种不同的方式对羊肉进行灭菌的研究结论相似。可见,常温运输后间歇微波处理能够更好地保持麻辣鸡块感官品质,延长其货架期。

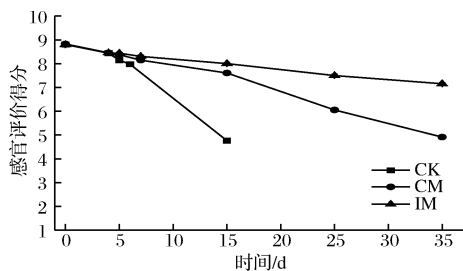


图4 间歇微波处理对麻辣鸡块感官评分的影响

Fig. 4 Effects of intermittent microwave treatment on sensory properties of spicy chicken

2.4 质构的变化

2.4.1 硬度

如图5所示,随着物流时间的延长,麻辣鸡块的硬度整体呈下降趋势。

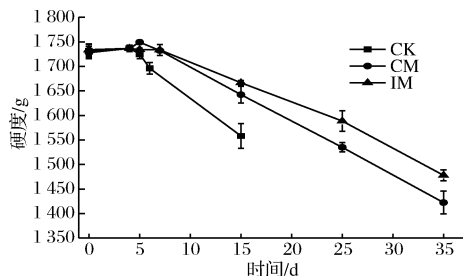


图5 间歇微波处理对麻辣鸡块硬度的影响

Fig. 5 Effects of intermittent microwave treatment on hardness of spicy chicken

第5天,微波杀菌处理后,与CK组相比,CM和IM组鸡块硬度有所升高,分别为1749.33 g和1734.33 g,组间差异显著($P < 0.05$),与第4天相比,IM组变化不大,可能与间歇微波处理所引起的鸡块水分含量变化较小有关,微波处理使肉品中自由水含量下降,水分状态变化引起质构变化,且加热温度越高,肉品硬度越高^[14]。第7天,CM组硬度明显下降,IM组则变化不大,此后,IM组鸡块硬度一直大于

CM组,且在第25、35天差异极显著($P < 0.01$),说明常温运输后间歇微波处理对麻辣鸡块硬度影响较小,并在货架期能够更好地保持鸡块组织状态。

2.4.2 咀嚼性

咀嚼性的变化是肉品硬度、弹性、内聚性共同作用的结果^[15],是质地的综合参数。如图6所示,各组麻辣鸡块咀嚼性整体呈下降趋势,感官评价结果中组织状态项的评分也不断下降。第5天,常温运输后进行微波处理,CM和IM组鸡块咀嚼性均升高,且与CK组差异显著($P < 0.05$),和硬度的变化(图5)相似,这与微波热效应引起的鸡肉水分散失,蛋白质变性凝聚有关^[16]。有研究显示,肉品硬度与咀嚼性具有很高的相关性^[17]。IM组变化幅度较小,与CM组差异显著($P < 0.05$),可能是间歇微波过程中间歇降温的操作使鸡块升温较小,蛋白质变性程度较低。货架期间,各组鸡块咀嚼性持续下降,在第7、15、25天两组差异不显著($P > 0.05$)。第35天,IM组咀嚼性显著高于CM组,这与第25~35天内2组鸡块微生物数量的增长有关,微生物大量繁殖的过程中不断分解鸡肉蛋白质,肌肉结构被破坏,咀嚼性下降。由此可知,常温运输后间歇微波对麻辣鸡块咀嚼性影响小,连续微波不利于鸡块咀嚼性的维持,在货架后期表现较明显。

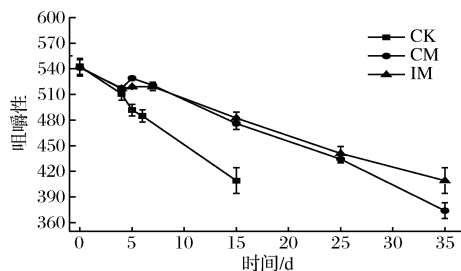


图6 间歇微波处理对麻辣鸡块咀嚼性的影响

Fig. 6 Effects of intermittent microwave treatment on chewiness of spicy chicken

2.5 挥发性盐基氮含量的变化

麻辣鸡块在煮制过程中,大多数内源酶被钝化和失活,挥发性盐基氮主要是由细菌及其分泌的酶作用的结果^[21]。如图7所示,随着物流时间的延长,各组麻辣鸡块的TVB-N值不断增加,CK组上升速度最快。第5天,CM组和IM组鸡块TVB-N值分别为11.36、11.19 mg/100 g,均低于CK组且组间差异显著($P < 0.05$),可能与两组不同微波处理的杀菌效果差别有关,也可能部分含氮物质随水分流失有关^[22]。第6~25天,两组鸡块TVB-N值的变化趋势相近,但

IM 组的 TVB-N 值一直低于 CM 组,可能与货架期初始微生物数量不同有关,微生物生长繁殖过程中蛋白酶不断水解鸡块中的蛋白质,同时加剧鸡块蛋白质的氧化,生成小分子肽、羰基、胺类等含氮物质,导致 TVB-N 值升高^[23]。到第 35 天,CM 组在感官评价中气味项得分较低,有评价者认为有异味产生,两组麻辣鸡块 TVB-N 值分别为 16.315 0、16.038 9 mg/100 g,差异显著($P < 0.05$),说明常温运输后间歇微波处理对延缓麻辣鸡块货架期 TVB-N 值的增加有效。

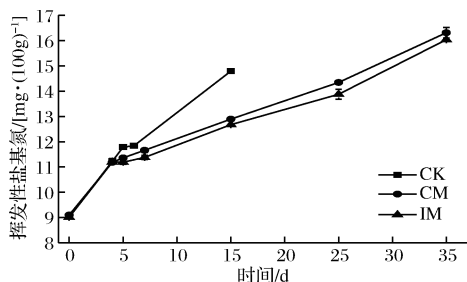


图7 间歇微波处理对麻辣鸡块挥发性盐基氮含量的影响

Fig. 7 Effects of intermittent microwave treatment on TVB-N of spicy chicken

2.6 非蛋白氮的变化

非蛋白氮(nonprotein nitrogen, NPN)是表示蛋白质降解的重要指标^[24]。由图8可知,第5天,两组鸡块非蛋白氮含量均出现较明显的增加趋势,与第4天比,分别增加 28.7、22.7 mgN/100 g,组间差异显著($P < 0.05$)。这与微波杀菌对蛋白质的分解作用有关,也可能是微波过程中温度升高,引起蛋白质氧化,生成羰基、组胺等含氮物质,同时导致蛋白质分子间形成共价交联,蛋白质结构变化,持水力下降,非蛋白氮含量升高^[25]。

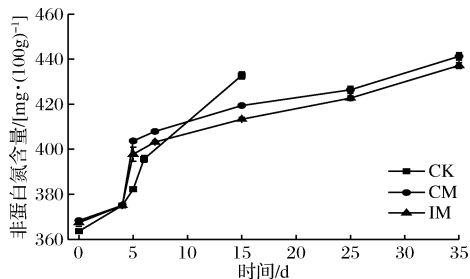


图8 间歇微波处理对麻辣鸡块非蛋白氮含量的影响

Fig. 8 Effects of intermittent microwave treatment on NPN of spicy chicken

第6~15天,CK组持续升高,而CM组和IM组鸡块非蛋白氮含量上升速度均减缓,CM组>IM组,

但相差不大,可能与两组菌落总数的变化趋势有关(图3)。第25天后,微波处理组非蛋白氮含量均迅速增加,但IM组始终低于CM组,表明间歇微波处理对蛋白质降解有较好的延缓作用。

2.7 pH值的变化

如图9所示,整个物流期间,麻辣鸡块的pH值均不断上升。第0~4天,麻辣鸡块pH呈上升趋势,但速度较缓慢,变温物流形成的温度波动加速鸡块中蛋白质的分解,生成碱性物质^[27],pH值上升;另一方面,真空包装的鸡块中微生物生长代谢以无氧呼吸为主,优先消耗鸡块中糖类等物质,生成乳酸等酸性物质,导致pH值下降^[28],物流前期和货架初期pH值上升速度的差异可能是以上两种作用的综合结果。第5天,各组鸡块pH值均升高,CM和IM组均低于CK组,且组间差异不显著($P > 0.05$)。第7~35天,CM组pH值一直高于IM组,并在第15、25、35天两组差异显著($P < 0.05$),可能是IM组的间歇降温过程避免了鸡块温度过高,对蛋白质的影响较弱。总的来说,常温运输后间歇微波处理对鸡块pH值的上升有一定延缓作用。

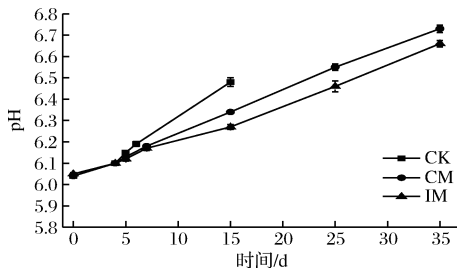


图9 间歇微波处理对麻辣鸡块pH值的影响

Fig. 9 Effects of intermittent microwave treatment on pH of spicy chicken

2.8 硫代巴比妥酸值的变化

硫代巴比妥酸值用于衡量肉制品油脂氧化酸败程度,且氧化酸败程度越深,TBA值越高^[29]。如图10所示,CM组和IM组麻辣鸡块的TBA值均随物流时间的延长呈上升趋势。第5天,常温运输后进行微波处理,CM组与IM组TBA值分别为1.095、1.055 mg MDA/kg,均高于CK组,与第4天相比,分别增长0.154、0.092 mg MDA/kg,CM组的变化量较大,但二者差异不显著($P > 0.05$),这可能是连续微波过程中麻辣鸡块温度升高较快,对脂质氧化的促进作用较强,而间歇微波过程中,微波能作用于蛋白质、脂质等极性分子,加速氧化^[30],非热效应的影响较大。第15天后,各组TBA值均出现大幅度升高趋势,可能与

货架后期菌落总数的增长有关,货架后期微生物生长繁殖过程中消耗脂肪,TBA 值升高。货架期间(第6~35天),IM 组与 CM 组鸡块 TBA 值在第7、15、25、35 天均无明显差异($P > 0.05$)。间歇微波处理的麻辣鸡块在货架前期 TBA 值较低,但总体来看,间歇微波与连续微波处理对麻辣鸡块脂肪氧化方面的影响不显著。

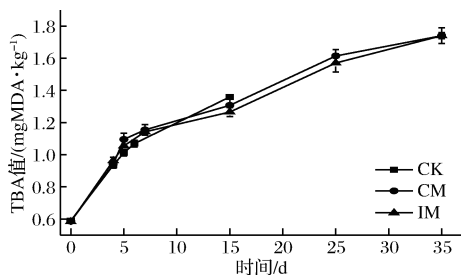


图10 间歇微波处理对麻辣鸡块硫代巴比妥酸值的影响

Fig.10 Effects of intermittent microwave treatment on TBA of spicy chicken

3 结论

研究表明,与对照组相比,常温运输后(第5天)对麻辣鸡块进行微波处理使菌落总数显著下降($P < 0.05$),其中间歇微波处理表现出更好的杀菌效果,并能有效避免麻辣鸡块温升过高,减少连续微波处理引起的水分散失、蛋白质受热变性等,更好地保持鸡块品质。货架期间(第6~35天),对照组鸡块的 pH 值、TVB-N 值、TBA 值、非蛋白氮含量均明显升高,且在第15天超出可接受范围,而间歇微波组鸡块的上述指标均低于连续微波组,质构特性和感官品质保持更好。常温运输后间歇微波处理对品质劣变的控制效果优于连续微波处理组,到第35天其感官评分仍可达7.2分(9分制),而连续微波组则失去可食用性,但这两种处理在控制脂肪氧化方面差异不大。

因此,当不能及时食用或销售时,消费者或门店可以通过微波炉对麻辣鸡块进行间歇微波处理,适当控制品质劣变,延长其可食用期限,此处理方式对控温包装运输的其他类似肉制品品质控制也有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

[1] 褚军晓. 微波杀菌技术在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2009(2): 17-19.
[2] GUO Qiu-shan, SUN Da-wen, CHENG Jun-hu, et al. Microwave processing techniques and their recent applications

in the food industry[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 67(11): 236-247.

- [3] 孙承锋,南庆贤,牛天贵. 不同功率微波杀菌对酱牛肉货架期的影响[C]//肉类科技交流会暨中国畜产品加工研究会肉类科技大会, 2001: 130-133.
[4] OZKOC S O, SUMNU G, SAHIN S. Chapter 20-recent developments in microwave heating[J]. Emerging Technologies for Food Processing, 2014: 361-383.
[5] SHARMA D P, PANDA P C, AHLAWAT S S. Effect of additives and microwave cooking on quality of spent chicken meat patties[J]. Journal of Food Science and Technology -Mysore-, 2005, 42(1): 35-39.
[6] 芮汉明,贾艳花. 微波处理对鸡肉糜火腿品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(2): 133-136.
[7] 杨家蕾. 低温重组酱肉加工工艺优化及微波杀菌工艺的研究[D]. 重庆:西南大学, 2010.
[8] 石婷婷. 啤酒生产过程微波灭菌工艺及其机理的研究[D]. 沈阳:辽宁大学, 2011.
[9] 唐彬,李大虎,折弯弯,等. 微波间歇处理对卤制猪肉保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(11): 191-196.
[10] 张黎骅,武莉峰,党鑫凯,等. 鲜切高山野山药片微波间歇干燥特性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 39-44.
[11] 彭婷婷. 扒鸡加工过程中营养与食用品质及贮藏特性的研究[D]. 扬州:扬州大学, 2016.
[12] 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.
[13] YANG Bo, LI Wei, LUO Rui-ming. Evaluation of the quality of low-temperature sterilized cooked mutton in storage by factor analysis[J]. Modern Food Science & Technology, 2012, 28(12): 1682-1686.
[14] 崔永慧. 袋装鸡肉熟肉制品杀菌工艺的研究[J]. 肉类研究, 2010, (8): 52-55.
[15] 黄鸿兵,徐幸莲,周光宏. 冷冻贮藏过程中温度波动对猪肉肌间冰晶、颜色和新度的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(8): 49-52.
[16] BARBUT S, SOMBOONPANYAKUL P. Effect of crude malva nut gum and phosphate on yield, texture, color, and microstructure of emulsified chicken meat batter[J]. Journal of Poultry Science, 2007, 86(7): 1440-1444.
[17] 黎园园. 解冻猪肉腐败机理及解冻措施优化研究[D]. 上海:上海理工大学, 2011.
[18] 李特. 鸡肉弹性与其新鲜度相关性的研究[D]. 长春:吉林大学, 2008.
[19] 马俐珍,蒋福虎,孙卫青,等. 延长低温牛肉制品保质期方法的研究[J]. 肉类工业, 2000(7): 20-26.

- [20] 唐彬,李大虎,折弯弯,等. 微波处理对卤制猪肉货架期及其品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(9):232-237.
- [21] 秦文霞. 天然调味型保鲜液对“麻辣鸡块”鸡肉保鲜效果的研究[D]. 重庆:西南大学, 2017.
- [22] 唐彬,李大虎,折弯弯,等微波间歇处理对卤制猪肉保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(11):191-196.
- [23] RYYANEN S, OHLSSON T. Microwave heating uniformity of ready meals as affected by placement, composition, and geometry[J]. Journal of Food Science, 1996, 61(3):620-624.
- [24] 魏健. 熏马肉煮制熟化及贮藏期品质变化的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2016.
- [25] 吴雪燕,张培培,汪森,等. 中式香肠蛋白氧化降解对产品品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(14):151-156.
- [26] HAN Min-yi, KANG Ming-li, MOU De-hua. Development of water's state in meat and meat products-low field NMR method[J]. Meat Research, 2009, (10):13-18.
- [27] 章建浩,周光宏,朱健辉,等. 金华火腿传统加工过程中游离氨基酸和风味物质的变化及其相关性[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(4):96-100.
- [28] QU Qing-li, YANG Xiao-ying, ZHANG Xiao-hui. Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65(1):1126-1132.
- [29] 王勋. 鸡肉腐败变质及其生物保鲜剂的研究[D]. 湛江:广东海洋大学, 2012.
- [30] 周厚源. 软包装肉鸡烤翅加工过程传热传质及动力学研究[D]. 广州:华南理工大学, 2014.

Effect of intermittent microwave treatment on the quality of spicy chicken in a temperature changing logistics environment

SHE Wanwan, WEI Yaqing, WANG Yameng, HE Xiaomei,
ZHANG Hongcui, JIN Miaomiao, ZHANG Min*

(College of Food Science, Southwest University, Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products on Storage and Preservation(Chongqing), Ministry of Agriculture, Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT The temperature changing logistics (cold storage, transported at room temperature with insulating packaging for 3 days, stored in household or commercial refrigerator) of spicy chicken was studied to investigate the effect of intermittent microwave treatment on suppressing the inferior quality of spicy chicken slice. At the end of transportation at normal temperature (day 5), the spicy chicken was left untreated or treated by intermittent microwave (microwave for 30 s, intermittent cooling for 60 s, re-microwave for 30 s) and continuous microwave (microwave for 60 s). The results showed that two kinds of microwave treatments effectively avoided water loss from spicy chicken, and delayed increases in pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) value, and total number of colonies during shelf life. The intermittent microwave treatment prolonged the logistics period to 35 days, and the flavor, color, and texture of the tissue maintained better with the best preservative effects. However, the intermittent microwave treatment had no obvious inhibitory effect on fat oxidation. In summary, intermittent microwave treatment has better effects on controlling quality deterioration of spicy chicken during temperature changing logistics.

Key words intermittent microwave; spicy chicken; temperature changing logistics; quality