

## 微波巴氏联用杀菌技术对麻辣鸡块品质的影响

魏亚青<sup>1,2</sup>, 秦文霞<sup>1,2</sup>, 唐彬<sup>1,2,3</sup>, 何晓梅<sup>1,2</sup>, 王亚蒙<sup>1,2</sup>, 张敏<sup>1,2\*</sup>

1(西南大学 食品科学学院, 重庆, 400715) 2(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 400715)

3(贵州省遵义市习水县市场监督管理局, 贵州 遵义, 564600)

**摘要** 与微波杀菌、巴氏杀菌对比, 研究微波巴氏联用杀菌对麻辣鸡块贮藏过程中品质的影响。以水分含量、菌落总数、pH 值、非蛋白氮(non-protein nitrogen, NPN)含量、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、感官评价等为指标, 分析 3 种杀菌技术对麻辣鸡块品质的影响。3 种杀菌技术均能延缓麻辣鸡块品质的下降, 但微波杀菌会造成水分大量散失, 降低鸡肉口感; 巴氏杀菌的杀菌效果欠佳; 微波巴氏联用杀菌能有效抑制 pH 值、NPN 含量、TVB-N 含量的上升, 硬度、剪切力的下降, 且在第 20 天维持菌落总数低于 4.6 lg CFU/g, 保持 60% 的水分含量, 获得较高感官评分。微波巴氏联用杀菌技术可弥补 2 种单一技术的不足, 在保证杀菌效果, 延长保质期的同时更好地维持鸡肉的口感。

**关键词** 麻辣鸡块; 品质; 微波; 巴氏; 微波巴氏联用杀菌技术

麻辣鸡块是一种将煮制鸡肉与油辣椒混合后食用的特色美食。煮制鸡肉极易腐败变质, 致使麻辣鸡块只能在门店当天制作当天销售, 极大制约了这一特色美食产业的快速发展。

常用的高温高压杀菌处理能有效抑制鸡肉的腐败变质, 但鸡肉品质会在很大程度上遭到破坏, 对口感影响很大<sup>[1]</sup>。巴氏杀菌技术是一种既能满足一定杀菌要求又不损害食品品质的方法<sup>[2]</sup>, 但由于温度较低, 杀菌不彻底, 对微生物致死效果不理想, 易出现腐败、保质期短等现象<sup>[3]</sup>。微波杀菌技术是利用微波的热效应和非热效应的协同作用, 在短时间内使微生物体内蛋白质和生理条件发生变异, 进而导致微生物体生长延缓或死亡, 从而达到杀菌保鲜的目的<sup>[4-5]</sup>, 其机理主要是在短时间内造成微生物的细胞膜的构造变化、酶失活、蛋白质变性、DNA 直接或间接的损伤来达到杀菌保鲜的目的<sup>[3,6]</sup>, 唐彬等<sup>[4,6]</sup>研究表明, 微波杀菌处理能有效保持卤制猪肉贮藏期间的感官品质, 但微波处理会使肉中的大分子蛋白质振动剧烈, 发生变形凝固, 从而导致鸡肉失水较多, 硬度和剪切力的增大, 使其感官品质下降<sup>[7]</sup>。

由此可知, 巴氏杀菌能保持口感但杀菌效果不理

想, 微波杀菌不利于口感保持但杀菌效果好, 如果将两者优势互补可能是解决口感与杀菌效果矛盾的一种有效方式。目前已有微波与巴氏联用技术应用于食品保鲜中<sup>[7-9]</sup>。然而, 目前应用较少, 在鸡肉产品中的研究应用更是缺乏, 本试验通过研究微波杀菌、巴氏杀菌及其联用杀菌技术对煮制鸡肉品质的影响, 为鸡肉保鲜的实践提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜鸡胸肉, 重庆市北碚区天生路永辉超市; 菜籽油、山西陈醋、生姜、大蒜、辣椒等配料, 重庆市北碚区天生路永辉超市; 尼龙真空包装袋(18 cm × 25 cm × 0.018 cm), 山东庆祥塑料厂。

HCl(分析纯), 重庆吉元化学有限公司; 乙二胺四乙酸二钠、NaOH、2,4-二硝基苯胍、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、无水乙醇、邻苯二甲酸氢钾、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、甲基红指示剂、溴甲酚绿指示剂、次甲基蓝指示剂、硼酸、MgO、Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>(分析纯), 成都科龙化工试剂厂; 平板计数琼脂(PCA)(分析纯), 北京奥博星生物技术有限公司。

### 1.2 仪器与设备

UV-2450PC 型全自动紫外分光光度计, 日本岛津公司; HH-2 型数显恒温水浴锅, 常州奥华仪器有限公司; DPH 型系列电热恒温培养箱, 上海一恒科技仪器有限公司; KD23B-DA 型微波炉, 广东美的厨房电器制造有限公司; PHS-3E 型雷磁 pH 计, 上海精密

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: 重庆市科委社会事业与民生保障科技创新专项(cstc 2015shmszx80036)

收稿日期: 2019-01-19, 改回日期: 2019-02-28

科技有限责任公司;BXM-30R 型立式压力蒸汽灭菌锅,上海博讯实业有限公司;UltraScan® PRO 型色差仪,美国 HunterLab 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品准备

水煮沸后将鸡肉置于锅中煮制 40 min 后捞出,置于 5℃ 冰箱中水浴冷却 15 min,捞出沥干水分,再用前期实验室研究的复合保鲜液(姜蒜混合提取原液<sup>[10]</sup>与陈醋按体积比 3:1 混合而得)浸泡 10 min,沥干后真空包装,总共分成 4 个组。(1)CK 组(对照组):不做处理;(2)PR 组(巴氏杀菌组):90℃ 水浴锅中加热 30 min;(3)MV 组(微波杀菌组):用功率值为 800 W 微波杀菌 1 min;(4)PR + MV 组(微波巴氏联用杀菌组):先巴氏杀菌 90℃ 水浴锅中加热 15 min,间隔 1 min,再用功率值为 800 W 的微波杀菌 30 s。所有鸡肉样品处理好后,放置在 5℃ 无菌恒温培养箱中贮藏,每 4 d 各组随机取样进行检测分析,共测定 6 次。

油辣椒制备:参考唐彬等<sup>[11]</sup>的方法制备,无菌真空袋包装,放置在 5℃ 无菌恒温培养箱中贮藏,后期做感官评价时使用。

1.3.2 检测方法

1.3.2.1 水分含量的测定

按《GB 50093—2016 食品安全国家标准食品中水分的测定》规定的方法进行测定。

1.3.2.2 菌落总数的测定

按 GB 4789.2—2016《食品微生物学检验菌落总数测定》规定的方法测定。

1.3.2.3 NPN 含量的测定

参考张杨萍等<sup>[12]</sup>的方法提取,并做一定修改,提取液用微量凯氏定氮法测定非蛋白氮含量。

1.3.2.4 pH 值的测定

按 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准食品 pH 值的测定》规定的方法测定。

1.3.2.5 剪切力的测定

使用 TA.XT2i 物性测定仪测定剪切力。

参数设置:测前速率:1.50 mm/s、测中速率:1.50 mm/s、测后速率:10 mm/s、触发力 40 g、距离:30.0 mm。

将鸡肉顺着肌纤维方向取 1 cm × 1 cm × 3 cm 体积的肉,将设置好参数的物性测定仪用 V 型刀头垂直肌纤维方向进行剪切,每个样品取 2 块,每块测定 2 次,取平均值。

1.3.2.6 质构(TPA)的测定

使用 TA.XT2i 物性测定仪进行 TPA 过程测定样品质构并记录下数据。

参数设置:测前速率:2.0 mm/s;测中速率:1.0 mm/s;测后速率:1.0 mm/s;测试形变量为 50%;负载:5 g;循环次数:2;探头:柱式探头。将鸡肉处理成薄厚相等的块状(10 mm × 10 mm × 10 mm),用设置好的参数进行测定,每个样品取 5 块,取平均值。

1.3.2.7 感官评价

本实验采用模糊数学综合评价法。

(1)评价因素集的确立

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$$

评价因素集是指影响产品感官质量的指标集合。 $u_1, u_2, u_3, u_4$  分别代表白鸡肉的色泽、气味、口感以及鸡肉与油辣椒混合后(油辣椒与鸡肉按质量比 1:4 混合)的口感 4 个评价指标。即  $U = \{\text{鸡肉色泽, 鸡肉气味, 鸡肉口感, 鸡肉与油辣椒混合后的口感}\}$ 。

(2)评价评语集的建立

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9\}$$

评价评语集是表示被评价对象所属质量级别的集合。 $v_1 \sim v_9$  分别表示单项评分 1~9 分。即  $V = \{\text{极差, 非常差, 较差, 略差, 一般, 略好, 较好, 非常好, 极好}\}$ 。各级评分对应的感官评定标准如表 1 所示。

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

项目	指标与分值		
	7~9 分	4~6 分	1~3 分
鸡肉色泽	颜色呈白色,色泽光亮	颜色略微黄,色泽稍暗	颜色略带棕色,色泽暗淡
鸡肉气味	香气浓郁,总体气味浓郁	香气稍淡,无浓郁气味	无香气或有异味
鸡肉口感	有鸡肉特有风味,肉质紧密,弹性好	风味一般,肉质较紧密,弹性较好	风味较差,肉质不紧密,弹性不好
与油辣椒混合鸡肉口感	口感良好,肉质紧密有弹性,具有麻辣鸡块特有风味	口感风味均一般,肉质弹性较好	口感不佳,肉质松软,无麻辣鸡块特有风味

(3) 评价因素权重集的确立

权重是指各个因素在被评价因素中所处地位,表示为  $K = \{k_1, k_2, k_3, k_4\}$ , 根据归一化原则, 权重集  $K$  中的元素总和为 1<sup>[13]</sup>。本实验根据相关文献及强制决定法, 确定各感官指标权重集<sup>[14]</sup>。

表 2 感官评价指标的权重

Table 2 The weights of index to sensory evaluation

	白鸡肉 色泽	白鸡肉 气味	白鸡肉 口感	与油辣椒混合的 鸡肉口感
权重	0.1	0.1	0.4	0.4

即  $K = \{0.1, 0.1, 0.4, 0.4\}$ 。

(4) 建立模糊矩阵和模糊变换

感官评价由 5 位评价员来完成, 根据评定人员对不同处理的鸡肉的不同评价指标的得分结果, 统计各指标得分次数, 并进行归一化处理<sup>[15]</sup>, 得到如下模糊矩阵:

$$R_j = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{14} & r_{14} & r_{14} & r_{14} & r_{14} \\ r_{21} & r_{11} & r_{11} & r_{11} & r_{11} & r_{11} & r_{11} & r_{11} & r_{11} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} & r_{36} & r_{37} & r_{38} & r_{39} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} & r_{46} & r_{47} & r_{48} & r_{49} \end{bmatrix}$$

根据模糊变换原理, 样品  $j$  的综合评价结果为  $Y = K \times R_j$ 。比较各个样品计算结果, 以 8 分以上 (含 8 分) 的峰值之和最大者认为优秀, 记为优秀峰值<sup>[16]</sup>。

1.3.2.8 TVB-N 含量的测定

按 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准食品挥发性盐基氮的测定》规定的方法测定。

1.3.2.9 硫代巴比妥酸 (thiobarbituric acid, TBA) 值的测定

参考 WITTE 等<sup>[17]</sup>的方法进行检测, 样品处理后分别在 532 nm 和 600 nm 处进行比色, 记录各自的吸光值并用公式 (1) 计算 TBA 值 (mg MDA/kg):

$$\text{TBA 值} = \frac{A_{532} - A_{600}}{155 \times 1/10 \times 72.6 \times 100} \quad (1)$$

1.4 数据处理

采用 Origin 2016 对数据进行图像处理; 用 SPSS 24.0 对各项指标进行显著性分析,  $P > 0.05$  表示没有显著性差异,  $P < 0.05$  表示有显著性差异,  $P < 0.01$  表示有极显著性差异。

2 结果与分析

2.1 菌落总数的变化

由图 1 可见, 在第 0 天, 杀菌处理组相比 CK 组菌落总数低, 且差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 这说明各杀

菌处理组均有一定的杀菌效果, 能明显降低肉制品贮藏初期的微生物数量。各组菌落总数均随着贮藏时间的延长而增大, 其中 MV 组增长最缓慢, 说明微波杀菌的效果会随着处理时间的延长而增强, 这与唐彬等<sup>[4]</sup>研究结果一致。在贮藏第 12 天, 对照组菌落总数超过 5 lg CFU/g, 不再进行测定。在贮藏第 20 天, PR 组菌落总数已达 5.42 lg CFU/g 而失去食用价值, 这说明巴氏杀菌效果没有微波好, 其中 MV 组和 PR + MV 组的菌落总数相差不显著, 说明微波与巴氏联用杀菌技术均能有效抑制微生物生长繁殖, 延缓煮制鸡肉菌落总数的上升。

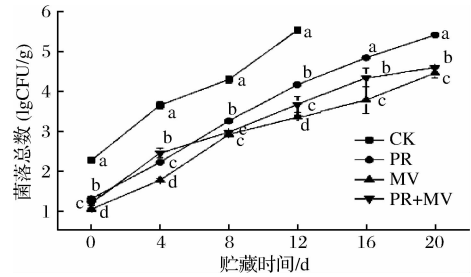


图 1 不同杀菌方式下鸡肉的菌落总数的变化  
Fig. 1 Changes of colonies number in chickens treated by different sterilization methods

注: 不同字母在同一贮藏时间表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

2.2 水分含量的变化

如图 2 所示, 杀菌处理后各组水分含量明显降低, 在第 0 天, 各处理组与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 其中 MV 组水分含量下降最多且与 CK 组差异显著 ( $P < 0.05$ ); PR + MV 组水分含量高于微波组, 低于 PR 组, 这是由于所有热杀菌都会导致产品内部温差, 温度不同会造成化学势的不同, 水分会沿着化学势降低的方向运动, 由高温区向低温区迁移<sup>[18]</sup>。微波加热会使鸡肉内部温度分布不均匀, 内部水分较多, 吸收较多的微波能量, 热量向外层扩散, 水分由内层向外层迁移<sup>[19]</sup>; PR 组是使外部温度高于内部温度且缓慢升温, 所以, MV 组会比 PR 组造成的水分流失多一些; PR + MV 组先进行水浴加热使肉制品整体温度升高再进行微波加热, 降低了肉品内外部温差, 减少了水分的迁移。随着贮藏时间的增加, 鸡肉的水分含量不断降低, 主要是因为微生物生长会造成鸡肉蛋白质的降解, 鸡肉的持水能力下降<sup>[6]</sup>。在贮藏后期, PR + MV 组水分含量高于 PR 组, 这是由于 MV + PR 组杀菌效果优于 PR 组, 抑制了微生物的大量繁殖, 减少了微生物对蛋白质的降解, 较好地维持了鸡肉的水分。

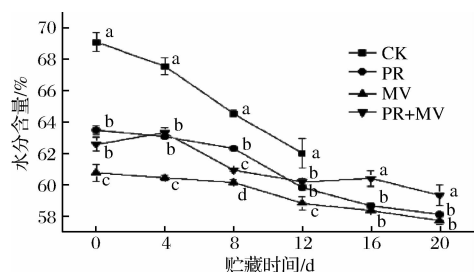


图2 不同杀菌方式下鸡肉中水分含量的变化

Fig. 2 Changes of moisture content in chickens treated by different sterilization methods

## 2.2 非蛋白氮 (mon-protein nitrogen, NPN) 含量的变化

非蛋白氮主要是蛋白质的降解产物,对风味形成起着非常重要的作用。由图3可知,贮藏初期,热处理导致蛋白酶活性升高使蛋白质发生降解,各杀菌处理组非蛋白氮含量相比对照组均有所上升( $P < 0.05$ )。

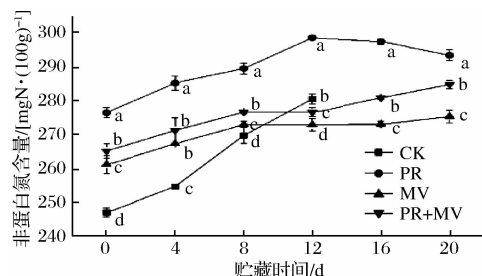


图3 不同杀菌方式下鸡肉中非蛋白氮含量的变化

Fig. 3 Changes of NPN in chickens treated by different sterilization methods

在整个贮藏过程中,CK组非蛋白氮含量增加最快,这主要是鸡肉腐败引起的,各杀菌处理组均有不同程度的减缓。所有杀菌组中PR组非蛋白氮含量上升最多,这是由于PR组灭菌效果不足,微生物生长导致蛋白质变性和蛋白质降解,MV组对鸡肉非蛋白氮含量影响最小,这是由于微波处理对微生物的抑制效果最好,微波处理的鸡肉水分流失较严重,一些水溶性氨基酸、多肽会随着水分的流失而流失<sup>[20]</sup>。在贮藏后期,PR组非蛋白氮含量有下降的趋势,是因为微生物引起蛋白质降解导致肉制品持水力下降,一些水溶性含氮化合物随着水分流失<sup>[19]</sup>。PR+MV组的NPN含量介于PR组和MV组之间,这说明PR+MV组因微生物引起的蛋白质降解程度较PR组低,水分流失量较MV组低。

## 2.4 pH值的变化

由图4可知,各处理组在贮藏过程中pH值一直呈上升趋势,这是由于非乳酸菌微生物及其分泌的酶

共同作用引起脱氨反应,导致一些氨、三甲胺等碱性产物的生成<sup>[21]</sup>。RUIZ-CAPILLAS等<sup>[22]</sup>也指出微生物大量繁殖后,在肉中内源蛋白酶和微生物分泌的蛋白分解酶的共同作用下,鸡肉中的蛋白质会被降解为多肽和氨基酸,并释放出碱性基团,造成pH值的快速升高。各杀菌处理组中,MV组与PR+MV组pH值上升最为缓慢,这是因为微波处理对肉制品微生物抑制效果更好,减少了肉制品中蛋白质的降解,从而减少了碱性基团的生成。

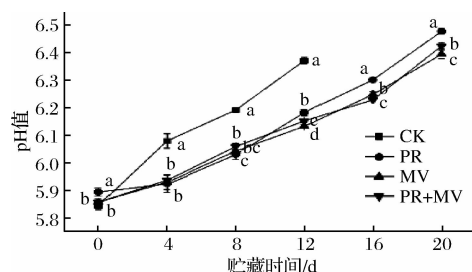


图4 不同杀菌方式下鸡肉的pH值的变化

Fig. 4 Changes of pH in chickens treated by different sterilization methods

## 2.5 剪切力的变化

肉制品剪切力的变化反映了热处理对肉制品熟化作用的大小,鸡肉嫩度变化越大,肉制品表面熟化作用就越大,产品的口感变化也越大<sup>[3]</sup>。由图5可知,不同的杀菌处理均导致鸡肉剪切力的增大,且差异极显著( $P < 0.01$ )。

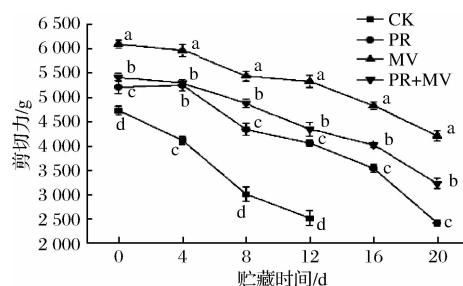


图5 不同杀菌方式下鸡肉的剪切力的变化

Fig. 5 Changes in shearing force of chickens treated by different sterilization methods

这是因为蛋白受热变性,蛋白收缩导致其韧性增加,剪切力增大<sup>[21]</sup>,也可能是热杀菌处理使肉制品含水量变少,剪切力增大,其中,MV组剪切力最大,是因为微波杀菌会导致肉制品蛋白质变性,肌原纤维聚集和收缩<sup>[23]</sup>。MV组剪切力下降最少,而PR组下降最多,主要是贮藏期PR组微生物快速繁殖降解蛋白质,导致肉制品结缔组织降解,剪切力下降<sup>[4]</sup>。微波

巴氏联用杀菌技术能有效抑制鸡肉剪切力的下降,既能避免肉制品贮藏初期因剪切力的上升而导致的肉质变老,也可延缓肉制品贮藏后期剪切力下降而导致的口感劣变。

## 2.6 硬度的变化

硬度是描述与食品变形或穿透产品所需的力有关的机械质地特性,是食品保持形状的内部结合力,肉中的蛋白质、水分含量等都会对其硬度造成影响<sup>[24]</sup>。不同杀菌方式对鸡肉硬度的影响如图6所示,与CK组相比,各杀菌处理组鸡肉硬度都有增加,并且差异显著( $P < 0.05$ ),在贮藏前期杀菌处理组鸡肉的硬度均呈现上升趋势,这是由于鸡肉水分含量下降较快,鸡肉内部空间缩小,纤维结合力增大,所以硬度变大。其中MV组硬度最大,达到1 135 g,这是因为微波处理使鸡肉中的大分子蛋白质振动剧烈,发生变形凝固,导致鸡肉失水较多,降低了水分含量<sup>[25]</sup>,所以鸡肉硬度相对较大。贮藏后期微生物数量增多,微生物降解鸡肉蛋白质能力增强,所以鸡肉在后期硬度下降较快,尤其是PR组,这主要和其杀菌能力有关,经微波巴氏联用杀菌技术处理的鸡肉,微生物得到有效抑制的同时硬度也能有效保持。

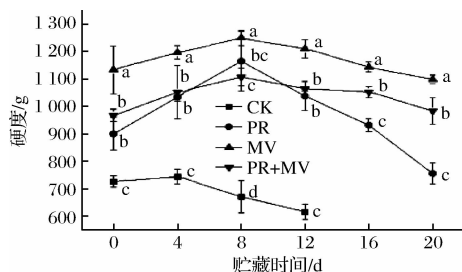


图6 不同杀菌方式下鸡肉硬度的变化

Fig.6 Changes of hardness in chickens treated by different sterilization methods

## 2.7 感官评价

根据评价人员评价结果,可计算出各组样品贮藏过程中综合评价结果和优秀峰值,如表3。

由表3所示,在第0天时有85%的人认为CK组应该得9分,在所有组中得分最高,杀菌处理各组感官评分均低于CK组,说明杀菌处理对鸡肉的风味和口感有一定影响,这与杀菌过程会导致鸡肉水分流失、肉质变硬等有关<sup>[24]</sup>。其中微波处理对鸡肉的感官品质影响最大,在第0天时仅有44%的人认为MV组应该得9分,主要是因为微波处理能短时间内使鸡肉中的大分子蛋白质发生变性,导致鸡肉失水严重,硬度和剪切力增大,使其感官品质下降<sup>[6]</sup>。

表3 各组样品综合评价结果

Table 3 Evaluation results of each group

组别	时间/d	综合评价1~9分各分段的人数占比结果	优秀峰值
CK	0	(0,0,0,0,0,0,0,0,0.15,0.85)	1
	4	(0,0,0,0,0,0,0.16,0.24,0.6,0)	0.6
	8	(0,0,0,0,0,0,0.37,0.47,0.16,0)	0.16
	12	(0,0,0,0,0.49,0.33,0.18,0,0,0)	0
PR	0	(0,0,0,0,0,0,0,0,0.31,0.69)	1
	4	(0,0,0,0,0,0,0,0.36,0.64,0)	0.64
	8	(0,0,0,0,0,0,0.17,0.56,0.27,0)	0.27
	12	(0,0,0,0,0,0,0.50,0.35,0.15,0)	0.15
	16	(0,0,0,0,0,0.12,0.54,0.34,0,0)	0
	20	(0,0,0,0,0,0.55,0.45,0,0,0)	0
MV	0	(0,0,0,0,0,0,0,0,0.56,0.44)	1
	4	(0,0,0,0,0,0,0,0.34,0.54,0.12)	0.66
	8	(0,0,0,0,0,0,0.21,0.34,0.45,0)	0.45
	12	(0,0,0,0,0,0,0.19,0.44,0.37,0)	0.37
	16	(0,0,0,0,0,0.27,0.40,0.23,0.10,0)	0.10
	20	(0,0,0,0,0.15,0.23,0.47,0.15,0,0)	0
MV + PR	0	(0,0,0,0,0,0,0,0,0.29,0.71)	1
	4	(0,0,0,0,0,0,0,0.26,0.57,0.17)	0.74
	8	(0,0,0,0,0,0,0.12,0.21,0.67,0)	0.57
	12	(0,0,0,0,0,0,0.20,0.34,0.46,0)	0.46
	16	(0,0,0,0,0,0.18,0.33,0.31,0.18,0)	0.18
	20	(0,0,0,0,0.18,0.35,0.34,0.13,0,0)	0

优秀峰值越大感官品质越好,CK组在第12天时优秀峰值为0,失去了食用价值;贮藏后期PR组优秀峰值低于MV组和PR+MV组,是且在第16天时变为0,是因为巴氏杀菌效果不足,微生物大量生长降低了鸡肉感官品质。PR+MV组在贮藏期间的感官评分最高,贮藏过程中其感官品质下降最慢,这说明微波巴氏联用杀菌技术能更好地维持麻辣鸡块的感官品质。

## 3.8 TVB-N含量的变化

挥发性盐基氮是在储藏过程中由微生物及其分泌的酶作用的结果<sup>[25]</sup>,是鉴定肉品新鲜度的一个重要指标,其值越高说明微生物对蛋白质的分解越严重。如图7所示,各组TVB-N含量均随贮藏时间的延长而上升,因为随着贮藏时间的延长,微生物增多,非乳酸菌微生物及其分泌的酶共同作用使蛋白质分解产生含氮物质<sup>[26]</sup>。其中CK组较其他处理组增长较快,从第4天开始差异极显著( $P < 0.01$ ),这是因为CK组微生物繁殖最快,PR组次之,在第12天后微生物增长迅速,导致TVB-N含量快速升高,而PR+MV组和MV组增长缓慢,这是因为微波杀菌效果较为显著,能有效抑制微生物生长和破坏微生物分泌的酶<sup>[25]</sup>,从而减缓了腐败的进行。其中MV组增长最慢的原因可能是鸡肉水分流失量大,一些水溶性氮

基酸、多肽随着水分流失而流失<sup>[16]</sup>。

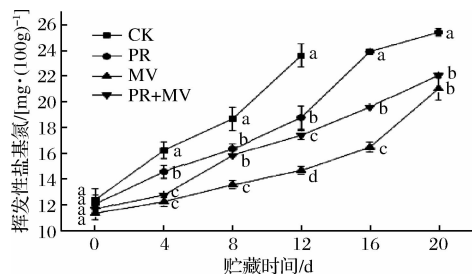


图7 不同杀菌方式下鸡肉中挥发性盐基氮含量的变化

Fig. 7 Changes in TVB-N of chicken treated by different sterilization methods

## 2.9 TBA 值的变化

TBA 值反映脂肪二级氧化产物及最终生成物的多少,随着氧化程度的加深,次级产物如丙二醛(MDA)的生成,使得 TBA 值不断增大<sup>[27]</sup>,且微生物数量越多,脂质氧化分解速度越快<sup>[26]</sup>。由图 8 可知,各处理组 TBA 值均随着贮藏时间的延长而增大,但均比 CK 组增长更为缓慢,从第 4 天开始差异极显著( $P < 0.01$ ),这说明杀菌处理可延缓脂质氧化。贮藏前期,各杀菌处理组 TBA 差异不显著,贮藏后期,MV 组 TBA 值增长较快,PR + MV 组次之,PR 组增长最慢,这是由于微波处理会促进鸡肉中自由基生成和氢过氧化物的分解,从而导致脂肪氧化加剧<sup>[12,28]</sup>,BRONCHNO 等<sup>[29]</sup>研究也发现微波会引起肉制品多不饱和脂肪酸的氧化,从而引起脂质氧化代谢产物增多,导致 TBA 值上升。微波巴氏联用技术能较好抑制 TBA 值的上升,降低微波引起的脂质氧化程度。

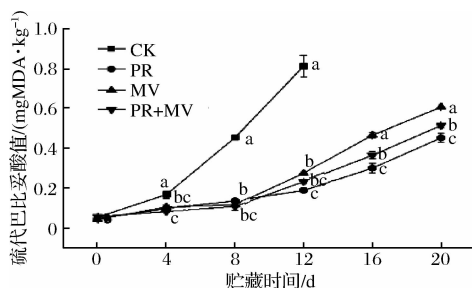


图8 不同杀菌方式下鸡肉中TBA的变化

Fig. 8 Changes of TBA in chickens treated by different sterilization methods

## 3 结论

采用微波杀菌、巴氏杀菌、微波巴氏联用杀菌3种杀菌技术对煮制鸡肉进行处理,研究表明,3种杀菌技术均能起到一定程度的杀菌效果,有效维持其品

质。其中微波杀菌的效果明显优于巴氏杀菌,而巴氏杀菌技术对于鸡肉口感的保持优于微波杀菌,采用微波与巴氏杀菌联用技术,缩短了微波与巴氏单独作用的时间,与单一微波杀菌技术相比,微波巴氏联用技术能降低鸡肉水分的流失,减少杀菌过程对鸡肉质构和成分的影响,使鸡肉保持较好的口感;与单一巴氏杀菌相比,微波巴氏联用技术杀菌效果更好,能更好抑制煮制鸡肉菌落总数、pH 值、TVB-N 含量以及非蛋白氮含量的上升,可更好地延缓鸡肉品质的劣变。综合鸡肉口感与杀菌效果,选择微波巴氏联用杀菌技术能更好地保持煮制鸡肉的品质。

## 参 考 文 献

- [1] DURANTON F, AMRÉE E, SIMONIN H, et al. Effect of high pressure-high temperature process on meat product quality[J]. High Pressure Research, 2011, 31(1): 163–167.
- [2] PIETRASIK Z, GAUDETTE N J, KLASSEN M. Effect of hot-water pasteurization time on color and processing characteristics of beef trimmings [J]. Meat Science, 2015, 99: 150.
- [3] 布丽君,钟正泽,林保忠,等.不同杀菌方式对卤鹅品质的影响研究[J].食品工业科技,2013,34(24):258–260.
- [4] 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):236–241.
- [5] 王晓庆.微波灭菌机理研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [6] 唐彬,李大虎,折弯弯,等.间歇微波复合热处理对卤制猪肉品质的影响[J].食品与发酵工业,2017,43(10):150–156.
- [7] 俞建峰,倪蕾,崔政伟,等.凤爪的微波与巴氏组合杀菌工艺研究[J].食品与生物技术学报,2017,36(7):707–713.
- [8] BORNHORST E R, LIU Fang, TANG Juming, et al. Food quality evaluation using model foods: A comparison study between microwave-assisted and conventional thermal pasteurization processes[J]. Food and Bioprocess Technology, 2017, 10(7): 1248–1256.
- [9] 赵丹,刘雄,张磊,等.高品质榨菜微波水浴联合灭菌工艺优化[J].食品与机械,2017,33(8):178–182.
- [10] 顾伟钢.煮制猪肉蛋白降解产物及保鲜方法研究[D].杭州:浙江大学,2012.
- [11] 唐彬,靳苗苗,张洪翠,等.微波处理及其非热效应对麻辣鸡块品质的影响[J].食品与发酵工业,2018,44(12):204–211.
- [12] 张杨萍,张弘,余翔,等.中式培根制作工艺及其对理化品质指标和蛋白质水解的影响[J].食品科学,2011,32(4):15–20.
- [13] 顾伟钢,彭燕,张进杰,等.模糊数学综合评价法在炖煮猪肉工艺优化中的应用[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2011,37(5):573–577.
- [14] 傅丽,张好,龚辉,等.基于模糊数学综合评价法优化水

- 晶虾仁的浆液配方[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 209–213; 218.
- [15] WEISS S, XU Zhenjiang, PEDDADA S, et al. Normalization and microbial differential abundance strategies depend upon data characteristics[J]. Microbiome, 2017, 5(1): 27.
- [16] SOMBOONPANYAKUL P, BARBUT S, JANTAWAT P, et al. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(3): 498–505.
- [17] WITTE V C, KRAUSE G F, BAILEY M E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage[J]. Journal of Food Science, 1970, 35(5): 582–585.
- [18] 金听祥, 李改莲, 徐烈. 熟肉真空冷却过程的水分迁移对其肌肉组织的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 229–232.
- [19] 李欣, 苏珊珊, 马佃珍, 等. 利用 LF-NMR 研究牛肉粒微波干燥过程中水分迁移和分布变化[J]. 食品科技, 2013(1): 145–149.
- [20] CHANG Haijun, XU Xinglian, LI Chunbao, et al. A comparison of heat-induced changes of intramuscular connective tissue and collagen of beef semitendinosus muscle during water bath and microwave heating[J]. Journal of Food Process Engineering, 2011, 34(6): 2 233–2 250.
- [21] 陈婷婷. 天然调味型抑菌剂的制备及应用[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2014.
- [22] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres[J]. Food Chemistry, 2005, 89(3): 347–354.
- [23] YARMAND M S, NIKMARAM P, DJOMEH Z E, et al. Microstructural and mechanical properties of camel *longissimus dorsi* muscle during roasting, braising and microwave heating[J]. Meat Science, 2013, 95(2): 419–424.
- [24] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 125–128.
- [25] GUO Qiushan, SUN Dawen, CHENG Junhu, et al. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 67: 236–247.
- [26] BINSI P K, VIJJI P, VISNUVINAYAGAM S, et al. Microbiological and shelf life characteristics of eviscerated and vacuum packed freshwater catfish (*Ompok pabda*) during chill storage[J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 52(3): 1 424–1 433.
- [27] KIM H W, HWANG K E, CHOI Y S, et al. Effect of soy sauce on lipid oxidation of irradiated pork patties[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2013, 90: 131–133.
- [28] 康怀彬. 道口烧鸡综合保鲜技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [29] BRONCANO J M, PETRÓN M J, PARRA V, et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *latissimusdorsi* muscle of Iberian pigs[J]. Meat Science, 2009, 83(3): 431–437.

## Effects of microwaving combined with pasteurization on the quality of spicy chicken nuggets

WEI Yaqing<sup>1,2</sup>, QIN Wenxia<sup>1,2</sup>, TANG Bin<sup>1,2,3</sup>,  
HE Xiaomei<sup>1,2</sup>, WANG Yameng<sup>1,2</sup>, ZHANG Min<sup>1,2\*</sup>

1(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China) 2(Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Argo-products on Storage and Preservation (Chongqing), Chongqing 400715, China)  
3(Xishui County Market Supervision Administration of Zunyi City, Zunyi 564600, China)

**ABSTRACT** This study aimed to reveal the effects of microwaving combined with pasteurization on the quality of spicy chicken nuggets during storage by comparing against samples that were treated by microwaving and pasteurization alone. The moisture content, total number of colonies, pH value, non-protein nitrogen (NPN) content, TVB-N, and sensory quality etc. of the nuggets were measured. The results showed that all the three sterilization technologies could delay quality decline of spicy chicken nuggets, but microwaving caused large amount of moisture lost and the taste was also affected. Besides, pasteurization alone had poor sterilization effect. In comparison, microwaving with pasteurization could effectively inhibit increases in pH value, NPN content, TVB-N content, and inhibited decreases in hardness and shear force. Moreover, combined technology could also keep the total number of colonies below 4.6 lgCFU/g, maintain 60% moisture of the nuggets, and obtain higher sensory score on the 20<sup>th</sup> day of storage. In conclusion, microwaving and pasteurization together can better maintain the taste of chicken as well as ensuring sterilization effects and extending the shelf life.

**Key words** spicy chicken nuggets; quality; microwave; pasteurization; microwaving combined pasteurization bactericidal technology