

王晓明, 石金明, 韩敏义, 等. 巴氏杀菌工艺对白切鸡食用品质及货架期的影响 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(11): 93-101. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080030

WANG Xiaoming, SHI Jinming, HAN Minyi, et al. Effect of Pasteurization Process on the Edible Quality and Shelf Life of White Cut Chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(11): 93-101. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080030

· 研究与探讨 ·

巴氏杀菌工艺对白切鸡食用品质及 货架期的影响

王晓明¹, 石金明², 韩敏义¹, 王孝治^{1,*}, 李凌云¹, 靳爽爽¹, 董华发¹

(1. 温氏食品集团股份有限公司, 广东云浮 527300;

2. 广东爱健康生物科技有限公司, 广东清远 511873)

摘要: 为研究不同巴氏杀菌工艺 (85 °C 20 min、75 °C 30 min) 对白切鸡食用品质及货架期的影响, 将样品置于 0~4 °C 贮藏 0-30-40 d, 测定 pH、色度、质构、挥发性风味物质、挥发性盐基氮 (TVB-N)、菌落总数及感官品质。结果表明, 经巴氏杀菌工艺处理的白切鸡 pH 变化稳定, 菌落总数较低, TVB-N 生成量较低。通过与对照组相比, 两组不同处理的巴氏杀菌工艺均不会对白切鸡的颜色、硬度和咀嚼性等食用特性产生明显趋势性的影响, 感官评分与对照组无显著差异 ($P>0.05$)。同时, 本研究比较出了两种不同巴氏杀菌工艺的相对优越性, 证明以 85 °C 杀菌处理 20 min 的工艺条件对抑制产品中的微生物生长、延长白切鸡的货架期以及减少贮藏期间鸡肉食用品质的劣变具有明显的作用。

关键词: 巴氏杀菌, 白切鸡, 品质, 挥发性风味物质, 货架期

中图分类号: TS251.55

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)11-0093-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023080030



本文网刊:

Effect of Pasteurization Process on the Edible Quality and Shelf Life of White Cut Chicken

WANG Xiaoming¹, SHI Jinming², HAN Minyi¹, WANG Xiaozhi^{1,*}, LI Lingyun¹,

JIN Shuangshuang¹, DONG Huafa¹

(1. Wen's Food Group Co., Ltd., Yunfu 527300, China;

2. Guangdong Love Health Biotechnology Co., Ltd., Qingyuan 511873, China)

Abstract: To investigate the effects of different pasteurization processes (85 °C for 20 min and 75 °C for 30 min) on the edible quality and shelf life of white cut chicken, the samples were stored at 0~4 °C for 0-30-40 d, and the pH, color, texture, volatile flavor substances, volatile salt base nitrogen (TVB-N), total number of colonies, and sensory quality were determined. Results indicated that the pH value of white cut chicken treated by pasteurization process was stable, the total colony count was lower, and the generation of TVB-N was lower. After comparing with the control group, neither of the two groups of different treatments of the pasteurization process would have a significant trending effect on the eating characteristics of white cut chicken such as color, hardness and chewiness, and the sensory scores were not significantly different from those of the control group ($P>0.05$). Meanwhile, this study compared the relative superiority of two different pasteurization processes and demonstrated that the process condition of 85 °C pasteurization treatment for 20 min had a significant effect on inhibiting microbial growth in the product, prolonging the shelf-life of the white cut chicken, and reducing the deterioration of the edible quality of the chicken meat during storage.

Key words: pasteurization; white cut chicken; quality; volatile flavor compounds; shelf life

收稿日期: 2023-08-06

基金项目: 温氏股份科技重大专项 (WENS 2020-1-ZDZX-007)。

作者简介: 王晓明 (1987-), 男, 硕士, 研究方向: 食品科学, E-mail: 87316608@qq.com。

* 通信作者: 王孝治 (1997-), 男, 硕士, 研究方向: 食品工程, E-mail: 2654906462@qq.com。

白切鸡一般由黄羽鸡为原料制成,其外观晶莹剔透,味道鲜香诱人、鲜嫩爽口,有“鸡中第一鲜”的美誉^[1-3]。鲜熟白切鸡作为一种典型的传统低温酱卤制品,在最大限度地保持原料鸡鲜美风味的同时还有着金黄油亮的外表、爽弹细嫩的口感^[4-5]。在几百年的发展历史中深受广大消费者的喜爱,成为白切菜肴中最典型的产品代表。但是由于白切鸡的水分活度较高^[6-7],在加工过程中灭菌不彻底等因素,导致在后期的储存和销售过程中,一旦条件适宜或受到污染,产品中残留的细菌就会迅速地生长繁殖,极易发生产品腐败变质。如何延长低温肉制品的货架期,一直是低温肉制品产业亟待解决的难题^[8-9]。肉制品的保鲜主要是采用不同的方法及组合,杀死腐败微生物或抑制其生长繁殖,并控制脂肪氧化,达到延长货架期的目的^[10-11]。目前国内外普遍采用的保鲜方法有:气调保鲜技术^[12]、真空保鲜技术^[13]、低温保藏技术(冷藏、冷冻技术)、杀菌技术(如巴氏杀菌、辐照杀菌、高压杀菌)^[14]。

杀菌技术主要是通过减少食品中的初始微生物数量以达到延长食品货架期的最终目的。杀菌技术一般分为热杀菌和冷杀菌两种,高温杀菌可以有效杀灭微生物却会导致产品品质下降^[15-16];低温杀菌能保证产品品质却降低了产品安全性^[17]。传统的热杀菌技术远远不能满足消费者对更好保持食品的新鲜度以及营养成分的这些要求,因此,冷杀菌技术越来越多的受到大家的关注,比如巴氏杀菌。巴氏杀菌是将食品加热到 100 °C 以下,处理条件相对温和,对大多数食品的营养和感官特性影响较小。巴氏杀菌不仅能最大限度地减少低酸食品中病原微生物,并通过杀灭微生物或灭活酶来延长食品保质期^[18],而且对食品品质具有良好的保护作用且操作简便,成本较低^[19]。综合巴氏杀菌工艺的优势,本文将此工艺应用到白切鸡低温酱卤制品中,以期提升其品质特性和货架期。

为了最大限度地保证白切鸡的食用品质和货架期,本研究以白切鸡为对象,研究不同巴氏杀菌工艺对白切鸡食用品质及货架期的影响,探究车间化生产的白切鸡在 0~4 °C 的贮藏条件下其 pH、质构、颜色及挥发性盐基氮(TVB-N)含量等理化指标随着贮藏时间的不断延长(0-30-40 d)的变化规律,为杀菌工艺优化提供理论性依据,形成科学、明确的适合白切鲜熟鸡的杀菌技术,保障白切鸡的食用品质及食品安全性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冰鲜鸡 温氏佳丰食品有限公司;白切卤水 广东温氏佳味食品有限公司;氧化镁、硼酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、无菌均质袋等 均购于南京建成生物科技有限公司。

HG400PRO 均质器 赛默飞世尔科技有限公司;T500 电子天平 北京赛多利斯仪器系统有限公

司;VD53 真空干燥箱 宾德上海楚柏实验室设备有限公司;SC-260L 熟食柜 河南佳美凌霜设备有限公司;FlavourSpec®气相离子迁移色谱仪 德国 G.A.S.公司;STAR pH 计、CR400 色差仪 广州市诚屹进出口有限公司;FTC-TMS-Pro 质构仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;BBS-DDC 洁净工作台 济南鑫贝西生物技术有限公司;DHP-9082 电热恒温培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;MJ-LZ230Easy220 搅拌机 广东美的生活电器制造有限公司;夹式微量滴定管 10 mL 泰州市康之达实验器材有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品分组 实验用鸡为宰后去内脏、去毛胴体重为 0.9~1.0 kg 的麻黄鸡,共 105 只,其中 35 只为对照组、35 只为处理组 1,35 只为处理组 2。对照组经广东温氏佳味食品有限公司车间正常白切鸡生产程序(预处理、飞水、86 °C 煮制 55 min,水冷后风冷,用耐热透明包装袋进行真空包装),处理组 1 为经真空包装后 85 °C 杀菌 20 min,处理组 2 为 75 °C 杀菌 30 min,0~4 °C 贮藏,分别取出厂后第 0、30 和 40 d 白切鸡作为研究对象。

1.2.2 pH 的测定 参照《GB 5509.273-2016 食品安全国家标准 食品 pH 的测定》中的方法。使用便携式 pH 计测定鸡胸肉 pH,肉块厚度不应小于 2.0 cm,直径不得小于 3.0 cm。每个样品测定 3 次,取 3 次的平均值作为其 pH。

1.2.3 色差的测定 参照徐渊等^[20]的方法,用色差仪测定白切鸡胸部、背部和腿部的 L^* 值(亮度)、 a^* 值(红度)和 b^* 值(黄度),对于同一部位的色泽平行测定 3 次,取其平均值作为白切鸡该部位的色度值。色差仪在使用之前需用白板进行校正。

1.2.4 质构的测定 参考李继昊等^[6]测定方法并稍作修改。取 1 cm×1 cm×2 cm 的肉块,使用质构仪进行 TPA 测定。参数设置为:测试前速度为 3 mm/s,测试速度为 2 mm/s,测试后速度为 4 mm/s,回弹高度为 20 mm,下压距离为 8 mm,触发力为 5 g,探头类型为 TA/MORS。

1.2.5 挥发性风味物质的测定 参照张馨月等^[5]实验方法并稍作修改。鸡胸肉切块、鸡腿肉去皮切碎块各取 5 g 直接置于 20 mL 顶空进样瓶中,80 °C 孵育 15 min 后进样。经顶空进样用 FlavourSpec®气相离子迁移色谱仪进行测试,进样量 500 μ L。气相色谱的参数条件为:柱温 40 °C,载气为 N_2 ,起始流速 2 mL/min,保持 2 min 后在 8 min 内线性增加流速至 20 mL/min,而后在 10 min 内线性增加至 100 mL/min,最后 5 min 线性增加至 150 mL/min,运行时间为 30 min。离子迁移谱的参数条件为:电离源为氙,漂移管长 10 cm,管内线性电压 400 V/cm,漂移管温度 40 °C,漂移气流速 150 mL/min,IMS

detector 温度 45 ℃。经 G.A.S.功能软件 LAV 分析给出样品中挥发性有机物的差异谱图;用软件内置的 NIST 数据库和 IMS 数据库对物质进行定性分析。

1.2.6 菌落总数的测定 菌落总数按《GB 4789.2-2022 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行测定,对 30~300 CFU 之间的平板进行计数。

1.2.7 TVB-N 含量的测定 TVB-N 按《GB 5009.228-2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》中第一法半微量定氮法测定进行测定。用绞肉机将鸡肉绞碎并混合均匀,称取 5.00 g 于 50 mL 离心管中,加入 35 mL 去离子水,用玻璃棒搅拌均匀后,振荡 15 min。再以 4000 r/min 离心 10 min,过滤,取 10 mL 滤液于消化管中,另取 10 mL 去离子水作为空白对照,加入 10 mL 氧化镁溶液(10 g/L),30 mL 蒸馏水,在反应室蒸馏 5 min,馏出液收集在装有 20 mL 硼酸溶液(40 g/L),2~3 滴混合指示剂(甲基红-溴甲酚绿)的锥形瓶中。用 0.005 mol/L 盐酸溶液滴定,滴定至溶液显微红色,且 30 s 内不变色即为滴定终点。记录滴定所用盐酸体积 V,平行测定 3 组,取平均值。按下列公式计算:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \times C \times 14}{m \times 10/35} \times 100 \quad \text{式 (1)}$$

式中: X 指样品中 TVB-N 的含量, mg/100 g; V_1 指滴定样品时所消耗的盐酸溶液体积, mL; V_0 指滴定空白样时所消耗的盐酸溶液体积, mL; C 指盐酸溶液的实际浓度, mol/L; m 指样品质量, g; 14 为 1.00 mL 盐酸标准溶液相当的氮的含量。

1.2.8 感官评定 参照邵良婷等^[4]实验方法并做修改。感官评定小组由广东温氏佳味食品有限公司研发部 5 位成员组成。小组成员按照国标《GB/T 22210-2008 肉与肉制品感官评定规范》进行培训,培训成员具备识别不同品质的白切鸡的能力。所有感官评定在同一时间进行,测试时所有成员在一个安静的有日光灯的环境中进行评定,成员之间相互无交流。将恢复至室温的白切鸡样品切成大约 1 cm 厚的小块,放在一个单独的白色陶瓷盘内。小组成员在评定不同样品时被要求用温水漱口以减少之前样品带来的影响。评定员要求对所有的样品进行评分,评分内容包括组织结构、外观、风味、口感和整体接受性。评分等级为 1~9 分,其中 9 分为优秀,8 分为很好,7 分为好,6 分为可接受与不可接受临界,5 分为有点不能接受,4 分为适度不可接受,3 分为非常无法接受的,2 分为非常不能接受,1 分为极差。其中,6 分被视为可接受的下限即临界值,当评分低于 6 分时则视为品质已不可接受。

1.3 数据处理

各组实验数据用平均值±标准差表示,采用 Graphpad prism 8.0 软件绘图,SPSS 的 one-way

analysis of variance(ANOVA)和 Dunnett's multiple comparisons test 进行统计学分析, $P < 0.05$ 时认为数据间具有显著差异。

2 结果与分析

2.1 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡 pH 的影响

巴氏杀菌对白切鸡 pH 会产生一定的影响,它也会影响白切鸡的质量,包括颜色、质地、风味和保质期^[21]。如图 1 为不同巴氏杀菌工艺对白切鸡产品 pH 的影响,从图中可以看,随着储存时间的延长,对照组和处理组的 pH 均呈现出下降的趋势。且对照组在第 30 d 时 pH 显著降低($P < 0.05$),原因可能是对照组杀菌不充分导致微生物生长,微生物在生长过程中分解有机质,产生乳酸或者乙酸等,降低产品 pH^[22]。对照组在第 0 d 到 30 d 时, pH 变化迅速,而第 30 d 到第 40 d 时, pH 变化缓慢,由菌落总数的测定结果可知,这一结果与微生物生长状况密切相关。pH 与鸡肉的鲜味有密切联系,当鸡肉的 pH 在 6.0 左右时,鲜味最强^[23]。在第 30 d 时,对照组的 pH 为 6.20 ± 0.12 ,处理组 1 和处理组 2 的 pH 分别为 6.37 ± 0.13 、 6.52 ± 0.25 ,在第 40 d 时,对照组的 pH 达到 6.13 ± 0.05 ,与对照组相比,处理组 1 和处理组 2 中白切鸡的 pH 均显著提高($P < 0.05$),分别达到 6.50 ± 0.26 、 6.38 ± 0.20 ,这与 Hwang 等^[24]的研究结果相一致,加热导致碱性氨基残基的暴露、酸性氨基的丢失和游离硫化氢的形成,增加了肌肉的 pH,随着储藏时间的增加这一变化更为显著。而在第 0 d 时,处理组 2 的 pH 显著降低($P < 0.05$),该处理组在第 0 d 时菌落总数也相对较高,因此,产生此现象的原因可能是不同处理的温度对鸡肉脂肪和蛋白质的分解不同以及微生物的生长状况不同等多重因素造成的。在加工和储藏的过程中,导致食物 pH 变化的因素很多,稳定的 pH 是食品拥有良好品质的标志^[25],经巴氏杀菌工艺处理的白切鸡的 pH 随储藏时间变化稳定,这与白切鸡品质的稳定有关。

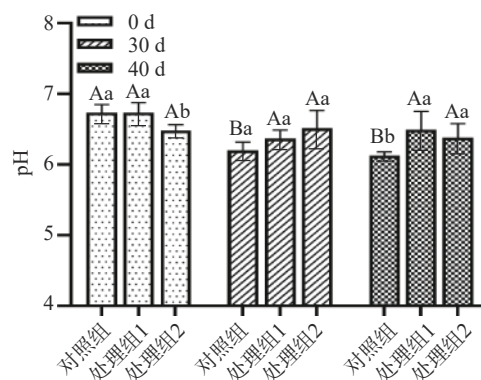


图 1 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡 pH 的影响

Fig.1 Effect of different pasteurization processes on pH of white cut chicken

注:不同大写字母表示不同时间同一样品存在显著性差异($P < 0.05$);不同小写字母表示同一时间不同样品存在显著性差异($P < 0.05$);图 4~图 5 同。

2.2 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡色差的影响

为充分探究巴氏杀菌工艺对白切鸡色泽的影响,分别取白切鸡胸部、背部、腿部作为研究对象。不同巴氏杀菌条件对产品颜色的影响见表1~表3,从这些表中可以看出,通过分别对未经巴氏杀菌处理、经不同温度和时间巴氏杀菌处理的肉进行背部、腿部、胸部的色差值测定分析后未发现巴氏杀菌处理对肉的色泽产生任何趋势性的改变,相比而言,随着产品储存时间的延长,肉的各项色泽指标往往会发生显著性的变化。未经杀菌处理的对照组与经过不同温度和时间杀菌处理组随着储存时间的延长分别呈现出了各自不同的颜色变化趋势。

颜色指标可以直观地评价肉制品的新鲜程度,能够反映肉制品品质。表1显示的是不同巴氏杀菌工艺对白切鸡胸肉色差的影响,从中可以看出,对照组的 L^* 值随着时间的延长,显著下降($P<0.05$),而处理组均无显著变化($P>0.05$),并且在储藏40 d时,对照组 L^* 值达到 73.13 ± 2.87 。在第40 d时,与对照组相比,处理组1和处理组2的 L^* 值均显著提高($P<0.05$),分别为 77.39 ± 3.33 和 77.91 ± 2.03 。贮藏期间亮度值降低的原因可能为白切鸡表面粘度的增加和储存过程中的水分损失[9,25-26]。通过测定的 a^* 值可以看出,对照组和处理组1的 a^* 值呈现逐渐升高的趋势;各组之间的 b^* 呈现轻微变化,可能与皮内油脂氧化程度和微生物的活动有关。

表1 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡胸肉色差的影响
Table 1 Effect of different pasteurization processes on the coloration of white cut chicken breast meat

组别	L^*	a^*	b^*
对照组-0 d	75.71 ± 1.88^{Aa}	-0.02 ± 1.50^{Bc}	31.36 ± 2.14^{ABa}
对照组-30 d	73.26 ± 3.17^{ABb}	1.67 ± 1.48^{Ab}	35.00 ± 3.60^{Aa}
对照组-40 d	73.13 ± 2.87^{BCb}	1.92 ± 1.26^{Ab}	28.35 ± 6.78^{Bb}
处理组1-0 d	75.42 ± 2.72^{Aa}	0.73 ± 1.42^{BCbc}	28.89 ± 1.44^{Bb}
处理组1-30 d	75.67 ± 2.17^{Aa}	1.89 ± 1.11^{ABb}	32.04 ± 3.38^{Ab}
处理组1-40 d	77.39 ± 3.33^{Aa}	2.61 ± 1.53^{Aa}	28.27 ± 5.52^{Bb}
处理组2-0 d	76.04 ± 2.33^{Aa}	1.33 ± 1.42^{Bab}	31.14 ± 4.30^{Aa}
处理组2-30 d	75.66 ± 2.39^{Aa}	2.17 ± 1.03^{Aa}	26.85 ± 3.52^{Bc}
处理组2-40 d	77.91 ± 2.03^{Aa}	1.52 ± 0.97^{ABb}	31.39 ± 3.36^{Aa}

注:结果表示为平均值±标准差;不同大写字母表示不同时间同一样品存在显著性差异($P<0.05$);不同小写字母表示同一时间不同样品存在显著性差异($P<0.05$);表2~表4同。

从表2中可以得到杀菌工艺对鸡背肉色差的影响,与鸡胸肉不同的是,对照组以及处理组1中鸡背肉的 L^* 随着储藏时间的变化没有发生显著变化($P>0.05$),研究表明鸡肉在储藏过程中,水分差异和脂肪的氧化反应会影响 L^* 值[27],说明对照组以及处理组1在贮藏期间白切鸡背部的表面粘度无显著变化和储存过程中的水分无明显损失,在储藏40 d时,各组之间 L^* 无显著变化($P>0.05$);从测定的 a^* 值可以看出,对照组和处理1组随着时间的延长, a^* 值显著提高($P<0.05$),处理组2呈现先升高后降低的变化, a^* 值与鸡肉肌红蛋白含量及其溶解度密切相

关[28],说明随着储藏时间的延长,其肌红蛋白含量及其溶解度有与 a^* 相同变化;对照组中 b^* 值从30 d时显著降低($P<0.05$),而处理组1无显著性变化($P>0.05$),对照组2在30 d时显著降低($P<0.05$), b^* 值不同的变化可能是由于不同的处理方式对鸡背肉中的脂肪产生了不同的影响。

表2 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡背肉色差的影响
Table 2 Effects of different pasteurization processes on the color of white cut chicken back meat

组别	L^*	a^*	b^*
对照组-0 d	74.34 ± 2.28^{Aab}	-0.18 ± 1.00^{Cc}	33.08 ± 1.73^{Aa}
对照组-30 d	75.50 ± 1.30^{Aab}	1.67 ± 0.74^{Bb}	29.30 ± 1.29^{Bab}
对照组-40 d	75.81 ± 1.40^{Aa}	2.37 ± 0.60^{Aa}	29.92 ± 2.20^{Ba}
处理组1-0 d	72.43 ± 3.86^{Abc}	0.94 ± 1.20^{Ba}	29.21 ± 4.68^{Ab}
处理组1-30 d	76.69 ± 0.89^{Aa}	1.88 ± 0.37^{Ab}	30.66 ± 1.39^{Aa}
处理组1-40 d	75.12 ± 3.09^{Aa}	2.29 ± 0.80^{Aa}	30.65 ± 3.71^{Aa}
处理组2-0 d	75.56 ± 1.72^{Aa}	0.34 ± 0.55^{Cb}	30.62 ± 2.06^{Ab}
处理组2-30 d	72.29 ± 3.15^{Bb}	2.63 ± 0.70^{Aa}	26.53 ± 1.88^{Bc}
处理组2-40 d	76.88 ± 1.52^{Aa}	1.53 ± 0.73^{Bb}	31.44 ± 3.85^{Aa}

表3是不同巴氏杀菌工艺对白切鸡腿肉色差的影响,对照组在储藏40 d时 L^* 值显著降低($P<0.05$),说明该组别白切鸡表面粘度的增加和储存过程中的水分损失,而处理组1和处理组2可能是由于不同处理方式对其鸡腿肉的水分活度产生了不同的影响,导致 L^* 值无规律性的变化。并且在储藏40 d时,与对照组相比,处理组的 L^* 值显著提高($P<0.05$);对于 a^* 值,随着储藏时间的延长,各组鸡腿肉的 a^* 变化与鸡背肉的变化趋势相一致。在第40 d时,各组鸡腿肉间 b^* 值无显著变化($P>0.05$)。

表3 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡腿肉色差的影响
Table 3 Effect of different pasteurization processes on the color of white cut chicken thigh meat

组别	L^*	a^*	b^*
对照组-0 d	73.92 ± 1.52^{Aa}	-0.93 ± 0.51^{Cc}	30.75 ± 2.12^{Aa}
对照组-30 d	73.83 ± 1.58^{Aa}	1.59 ± 0.83^{Ba}	26.93 ± 2.34^{Bbc}
对照组-40 d	71.08 ± 2.39^{Bc}	3.03 ± 1.13^{Aa}	24.73 ± 2.64^{BCa}
处理组1-0 d	71.78 ± 3.36^{Ba}	1.75 ± 1.24^{Aa}	25.79 ± 4.09^{BCc}
处理组1-30 d	74.05 ± 1.51^{Aa}	2.19 ± 0.84^{Aa}	29.77 ± 2.08^{Ab}
处理组1-40 d	73.75 ± 2.04^{ABab}	2.63 ± 1.58^{Ab}	22.94 ± 3.58^{Ca}
处理组2-0 d	73.68 ± 1.42^{ABa}	0.63 ± 1.26^{Bab}	27.25 ± 1.61^{Abc}
处理组2-30 d	72.95 ± 1.14^{Bb}	2.37 ± 1.02^{Aa}	24.40 ± 5.53^{Ac}
处理组2-40 d	75.15 ± 1.90^{Aa}	1.89 ± 1.44^{Ab}	25.82 ± 4.30^{Aa}

2.3 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡质构的影响

肉的质构是决定肉的品质与消费者可接受性的重要指标之一[29]。硬度是物体第一次被压缩时的最大峰值。硬度描述鸡肉变形或穿透产品所需力有关的质地特性,是衡量食品保持形状的内部结合力[30]。鸡肉的硬度受结缔组织与脂肪含量的影响,含量越高,硬度越大[31]。咀嚼性是测试产品被咀嚼到可以吞咽时所需的次数和时间。不同巴氏杀菌条件对白切

鸡硬度和咀嚼性的影响见表 4, 从表中可以看出, 在 0 d 和 30 d 时各组样品之间硬度指标没有显著性差异($P>0.05$), 而随着进一步延长储藏时间至 40 d 时, 与对照组相比, 处理组 1 和处理组 2 有所提高, 这可能是由于巴氏杀菌后蛋白质结构分解, 肌肉的持水能力下降, 导致硬度增加^[20,32-34]。咀嚼性指标和硬度指标呈现出相同的变化, 并且随着储存时间的延长, 对照组和两个处理组的咀嚼性和硬度都呈现出显著增加的变化($P<0.05$)。综合此实验结果及文献分析, 储藏 40 d 时, 处理组的硬度和咀嚼性增高, 白切鸡鸡肉口感下降。

表 4 不同巴氏杀菌条件对白切鸡硬度和咀嚼性的影响
Table 4 Effect of different pasteurization conditions on hardness and chewiness of white cut chicken

组别	硬度(g)	咀嚼性(mJ)
对照组-0 d	556.91±130.93 ^{Ba}	1109.99±266.45 ^{Ba}
对照组-30 d	694.96±135.72 ^{Aa}	1416.37±225.64 ^{Aa}
对照组-40 d	695.66±121.91 ^{Aa}	1406.56±193.37 ^{Ab}
处理组1-0 d	568.41±122.52 ^{Ca}	1171.16±238.41 ^{Ca}
处理组1-30 d	678.49±86.90 ^{Ba}	1435.26±177.12 ^{ABa}
处理组1-40 d	793.11±101.75 ^{Aa}	1577.12±187.74 ^{Aa}
处理组2-0 d	545.39±121.80 ^{Ba}	1111.43±248.53 ^{Ba}
处理组2-30 d	650.23±82.76 ^{Aa}	1330.56±171.22 ^{ABa}
处理组2-40 d	703.20±111.20 ^{Aa}	1439.21±193.16 ^{Ab}

2.4 挥发性风味物质

2.4.1 不同巴氏杀菌条件对白切鸡鸡胸肉挥发性风味的影响 不同巴氏杀菌条件对鸡胸肉挥发性风味物质差异见图 2。为了明显比较不同样品间的差异,

采用差异对比模式。如图 2 所示, 选取对照组样品的谱图 TDZ-1 作为参比, 其他样品的谱图扣减参比。如果二者挥发性有机物一致, 则扣减后的背景为白色, 而红色代表该物质的浓度高于参比, 蓝色代表该物质的浓度低于参比。由图 2 差异对比图可以得出结论, 部分挥发性有机物浓度随杀菌温度的升高、杀菌时间的延长而升高, 如图中红色斑点部分; 另一部分挥发性有机物浓度随杀菌温度升高、杀菌时间延长而降低, 如差异图中蓝色斑点部分。从图中可直观看, 处理组 1 红色斑点和蓝色斑点颜色变深, 说明 85 ℃ 20 min 的巴氏杀菌工艺与白切鸡初始风味差异变大, 而 75 ℃ 30 min 的处理方式挥发性风味物质变化小, 较好地保持了白切鸡原有的风味。虽然变化的挥发性物质没有进一步定性, 但值得一提的是, 经感官评价和显著性分析, 对照组和处理组白切鸡的整体接受性程度没有显著性差异($P>0.05$)。

2.4.2 不同巴氏杀菌条件对白切鸡鸡腿肉挥发性风味的影响 以对照组为参比, 对比不同杀菌时间和温度下鸡腿肉风味物质的差异, 结果如图 3 所示, 大部分挥发性有机物浓度随杀菌温度的升高及杀菌时间的延长而降低, 如图中蓝色斑点部分, 也有部分挥发性有机物浓度随杀菌温度的升高及杀菌时间的延长而升高, 如图中红色斑点部分。由此可知不同巴氏杀菌工艺会引起鸡腿肉风味物质的改变, 虽然变化的挥发性物质无法确定, 但是经感官评价分析, 此变化对白切鸡的整体接受性程度仍没有产生显著性影响($P>0.05$), 初步说明产生的变化在大众可接受的范围内。

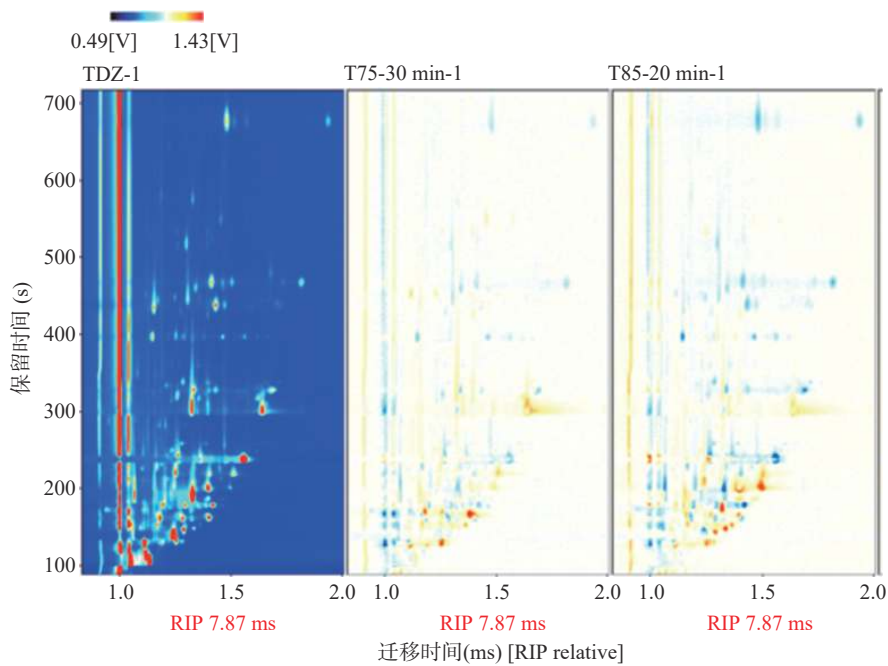


图 2 不同组别白切鸡鸡胸肉挥发性风味差异图

Fig.2 Plot of volatile flavor differences between different groups of white cut chicken breast meat

注: TDZ-1 为对照组; T85-20 min-1 为处理组 1; T75-30 min-1 为处理组 2; 纵坐标代表气相色谱的保留时间(s), 横坐标代表离子迁移时间(ms); 横坐标 1.0 处红色竖线为 RIP 峰(反应离子峰, 经归一化处理); RIP 峰两侧的每一个点代表一种挥发性有机物。颜色代表物质的浓度, 红色表示物质浓度提高, 蓝色表示物质浓度降低; 图 3 同。

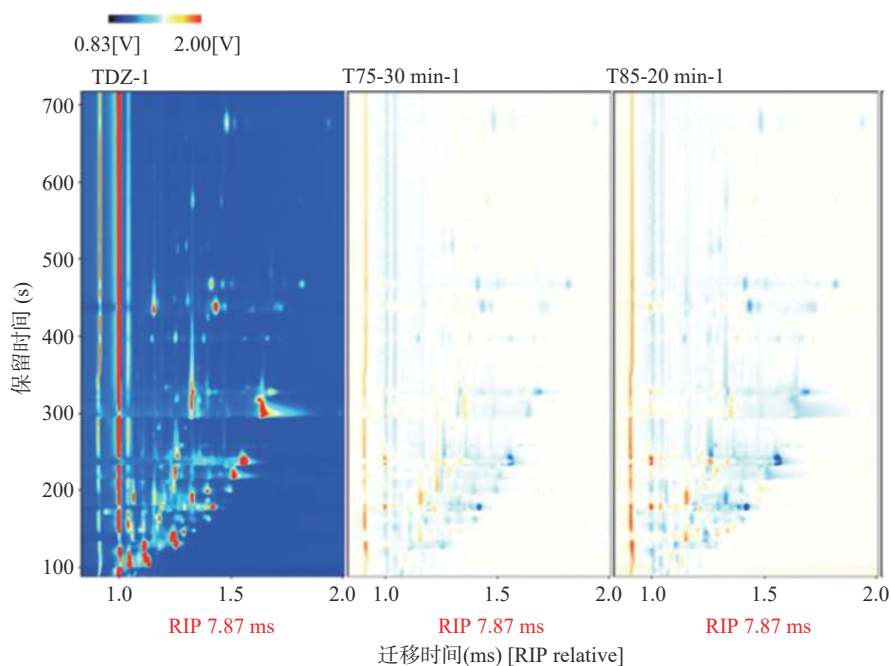


图3 不同组别白切鸡腿肉挥发性风味差异图

Fig.3 Plot of volatile flavor differences between different groups of white cut chicken thigh meat

2.5 不同巴氏杀菌条件对白切鸡安全指标的影响

微生物污染造成的肉类安全问题直接影响消费者健康,越来越多的食源性疾病的爆发使肉类安全成为社会关注的前沿问题^[35-36]。菌落总数是评价肉类新鲜度和安全性的一个十分重要的指标^[37]。《GB 2726-2016 食品安全国家标准 熟肉制品》中对熟肉制品明确规定了微生物限量,菌落总数可接受限值为 4 lg CFU/g,安全限值为 5 lg CFU/g。

为探究巴氏杀菌的抑菌效果以及对货架期的影响效果,本研究对冷藏过程中白切鸡中的菌落总数进行检测。不同巴氏杀菌条件的白切鸡第 0、30 和 40 d 的菌落总数见图 4。从图中可以看出,经巴氏杀菌处理的白切鸡在第 0 d 测定时的初始菌落总数低于未杀菌的对照组,且在最低稀释浓度下(10^{-1})处理组 1 的样品在第 0 d 测定时未检出菌落数。对照组在第 0 d 时,菌落总数达到 1.73 ± 0.04 lg CFU/g,处理组 1 菌落总数不在计数范围内,处理组 2 达到 $1.65 \pm$

0.05 lg CFU/g。储藏至 40 d 时,对照组菌落总数增长至 6.85 ± 0.18 lg CFU/g,而处理组 1 菌落总数达到 2.64 ± 0.13 lg CFU/g,处理组 2 达到 6.82 ± 0.21 lg CFU/g。此外,对照组和处理组 2 出现腐败,超过菌落总数的可接受限值,处理组 1 保存良好,无腐败现象。此结果说明,巴氏杀菌后对白切鸡的抑菌效果明显,第 30、40 d 的测定结果显示巴氏杀菌处理能有效将产品保质期延长至 40 d 以上(处理组 1 第 40 d 的菌群指标仍未超标),但以较低杀菌温度和较长时间杀菌处理的处理组 2 杀菌效果不理想。

动物性食品中的蛋白质和非蛋白质的含氮化合物在酶和微生物等作用下发生降解,产生氨以及胺类等挥发性碱性含氮的物质,这些物质和其他含氮化合物共同构成了总挥发性盐基氮^[38-39]。随着冷藏时间的延长,对照组腐败程度加深,挥发性盐基氮(TVB-N)在肉品中积聚得越多,TVB-N 值呈现上升趋势。不同巴氏杀菌条件对白切鸡 TVB-N 的影响见图 5,

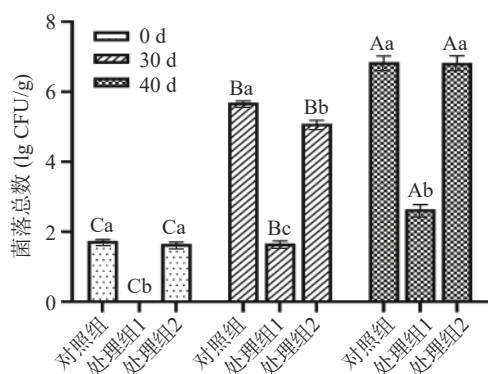


图4 不同巴氏杀菌工艺白切鸡菌落总数

Fig.4 Total colony count of white cut chicken under different pasteurization conditions

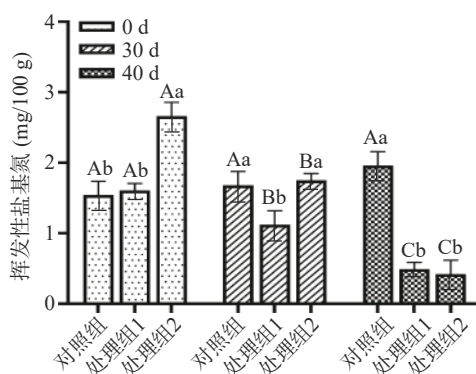


图5 不同巴氏杀菌工艺对白切鸡 TVB-N 的影响

Fig.5 Effect of different pasteurization processes on TVB-N of white cut chicken

至第 40 d, 所有组别样品的 TVB-N 均未超标, 处理组 TVB-N 含量显著低于对照组($P<0.05$), 且随着时间的变化, 处理组的 TVB-N 的含量呈现显著下降的趋势($P<0.05$)。

总体而言, 根据菌落总数和 TVB-N 这两项品质指标测定结果, 可断定白切鸡煮制后出品包装再以 85 ℃ 杀菌 20 min 具有至少 40 d 以上的保质期(至第 40 d 时菌落总数和 TVB-N 含量均未超出国家标准)。与处理组 2 相比, 处理组 1 延长了白切鸡货架期, 而此工艺下具体的储藏限度还有待进一步的探讨和研究, 但是此实验结果已经对于商业化生产产生了指导性意义。因此, 巴氏杀菌工艺的优化能够有效抑菌微生物, 抑制挥发性盐基氮升高, 延长货架期, 同时, 可以较好地维持白切鸡产品的品质。

2.6 感官评定

感官评价是反映消费者对产品喜好最直观的指标。不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 0 d 感官评定统计结果如表 5 所示, 对照组的组织结构、外观和风味高于处理组的评分, 可能是由于巴氏杀菌影响了白切鸡的感官。对照组的口感与处理组相比无显著性差异($P>0.05$), 但是处理组的口感评分略高于对照组, 处理组 2 的整体可接受性较高。结果表明, 对照组和处理组 2 整体可接受评分较高, 更受欢迎。

表 5 不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 0 d 感官评定结果
Table 5 Sensory evaluation results of different pasteurization processes of white cut chicken at 0 d

组别	组织结构	外观	风味	口感	整体可接受性
对照组	7.47±1.52 ^a	7.75±1.00 ^a	7.63±1.02 ^a	7.03±1.30 ^a	7.34±1.38 ^a
处理组1	7.38±1.26 ^a	7.63±0.72 ^a	7.28±0.82 ^a	7.41±1.08 ^a	7.19±1.09 ^a
处理组2	7.44±1.03 ^a	7.50±1.10 ^a	7.44±1.09 ^a	7.53±1.02 ^a	7.41±1.11 ^a

注: 结果表示为均值±标准差; 同列中不同小写字母代表差异显著($P<0.05$); 表6、表7同。

如表 6 不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 30 d 感官评定结果所示, 对照组的组织结构与处理组 1 相比存在显著性差异($P<0.05$), 且评分高于处理组 1, 与处理组 2 无显著性差异($P>0.05$); 对照组的外观与处理组相比存在显著性差异($P<0.05$), 且评分高于处理组, 外观评分处理组 1 与处理组 2 相比存在显著性差异($P<0.05$), 且评分低于处理组 2; 对照组的风味和口感与处理组相比无显著性差异($P>0.05$); 对照组的整体可接受性与处理组 1 相比存在显著性差异($P<0.05$), 且评分高于处理组 1, 与处理组 2 相比无显著性差异($P>0.05$)。结果表明, 仍是对照组更受欢迎。

表 6 不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 30 d 感官评定结果
Table 6 Sensory evaluation results of different pasteurization processes of white cut chicken at 30 d

组别	组织结构	外观	风味	口感	整体可接受性
对照组	7.80±0.86 ^a	8.33±0.72 ^a	7.53±1.13 ^a	7.53±0.92 ^a	7.70±0.70 ^a
处理组1	7.27±0.80 ^b	6.67±0.90 ^c	7.27±0.88 ^a	7.20±0.68 ^a	6.87±0.64 ^b
处理组2	7.67±0.72 ^{ab}	7.67±0.72 ^b	7.67±1.11 ^a	7.53±0.83 ^a	7.53±0.64 ^{ab}

不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 40 d 感官评定统计结果表明(表 7), 对照组的组织结构、外观、风味、口感与处理组 1 的感官评分有显著性差异($P<0.05$), 但对照组和处理组的整体可接受性无显著性差异($P>0.05$)。结果表明, 处理组的白切鸡随着储藏时间的增加整体感官仍可接受。

表 7 不同巴氏杀菌工艺白切鸡第 40 d 感官评定结果
Table 7 Sensory evaluation results of different pasteurization processes of white cut chicken at 40 d

组别	组织结构	外观	风味	口感	整体可接受性
对照组	7.77±0.73 ^a	8.46±0.66 ^a	7.77±0.60 ^a	7.92±0.49 ^a	7.12±1.26 ^a
处理组1	6.92±0.76 ^b	6.77±1.09 ^b	6.85±0.90 ^b	6.54±1.81 ^b	6.77±1.42 ^a
处理组2	7.23±1.01 ^{ab}	6.69±0.85 ^b	7.31±0.95 ^{ab}	7.31±1.49 ^{ab}	7.00±1.91 ^a

综合 0、30 和 40 d 的对照组和处理组白切鸡感官评定可分析得到, 贮藏期间白切鸡组织结构、外观、风味、口感以及整体可接受性的评分均大于 6 分, 均在可接受范围内。

3 结论

不同巴氏杀菌工艺对白切鸡的理化性质、食用品质和感官品质以及微生物的变化和货架期的变化的影响不尽相同。在 0~40 d 的储藏过程中通过对产品品质构、颜色和 pH 等指标进行分析, 未发现所采用的巴氏杀菌处理对产品的外观和形态结构产生任何趋势性的影响; 根据菌落总数和 TVB-N 这两项食品卫生标准的品质指标测定结果, 可断定煮制 55 min 后出品包装再以 85 ℃ 杀菌 20 min 的白切鸡具有至少 40 d 以上的保质期, 但最大限度的储藏时间还有待进一步的探讨和研究。因此, 巴氏杀菌能够有效延长白切鸡的货架期, 并能提升鸡肉贮藏期间的食用品质, 这为白切鸡的实际生产应用及传统低温卤肉制品的工业化提供一定的理论依据和实际应用价值。然而, 巴氏杀菌的工艺条件还有进一步优化的空间, 从而不断改进低温卤肉制品的食用品质和延长货架期。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

[1] 徐燕, 董华发, 王晓明, 等. 鸡的品种和蒸煮次数对白切鸡卤水的营养成分和风味影响研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(1): 279–287. [XU Y, DONG H F, WANG X M, et al. Effects of chicken kinds and stewing times on the nutritional ingredients and flavor of white-cut chicken brine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(1): 279–287.]

[2] 李鸣, 邢通, 王虎虎, 等. 加工工艺对白切鸡品质及微生物状况的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 32–38. [LI M, XING T, WANG H H, et al. Effect of processing conditions on quality and microbial population of soft-boiled chicken[J]. Food Science, 2018, 39(11): 32–38.]

[3] 芮汉明, 陈建良, 廖彩虎, 等. 白切鸡在 30 ℃ 储藏的微波联合杀菌工艺研究[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 117–121. [RUI H M,

- CHEN J L, LIAO C H, et al. Study on microwave combined sterilization of boiled chicken with sauce during storage at 30 °C[J]. Food Science and Technology, 2009, 34(10): 117-121.]
- [4] 邵良婷, 秦岳, 王虎虎, 等. 鲜熟白切鸡气调锁鲜技术参数研究[J]. 中国食品学报, 2021, 21(12): 194-204. [SHAO L T, QIN Y, WANG H H, et al. Research on the technical parameters of air-conditioning and freshness locking for freshly cooked white cut chicken[J]. Chinese Journal of Food, 2021, 21(12): 194-204.]
- [5] 张馨月, 石金明, 李凌云, 等. 液氮速冻与浸液式速冻对白切鸡食用品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2021, 44(5): 958-965. [ZHANG X Y, SHI J M, LI L Y, et al. Effects of liquid nitrogen flash freezing and liquid immersion flash freezing on the eating quality of white cut chicken[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2021, 44(5): 958-965.]
- [6] 李继昊, 黄明远, 王虎虎, 等. 热鲜和冷鲜处理对白切鸡食用品质、微观结构以及体外消化率的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 15-21, 28. [LI J H, HUANG M Y, WANG H H, et al. Effect of hot fresh and chilling treatment on eating quality, ultrastructure and *in vitro* digestibility of soft-boiled chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(21): 15-21, 28.]
- [7] ZHANG W, WU Z, WANG X, et al. Antibacterial effect of flavonoids in *Castanea mollissima* Blume on common spoilage bacteria in low-temperature meat products[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 508(1): 012152.]
- [8] JUNEJA V K, FAN X, PEÑA-RAMOS A, et al. The effect of grapefruit extract and temperature abuse on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula in marinated, sous-vide chicken products[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2006, 7(1-2): 100-106.]
- [9] ORO C E D, RIGO D, GAIO I, et al. Formulation of chicken sausages with broiler blood proteins and dye[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55: 4694-4699.]
- [10] WANG J, CHEN J Y, SUN Y Y, et al. Ultraviolet-radiation technology for preservation of meat and meat products: Recent advances and future trends[J]. Food Control, 2023: 109684.]
- [11] HUANG L, TENG W, CAO J, et al. Liposomes as delivery system for applications in meat products[J]. Foods, 2022, 11(19): 3017.]
- [12] 马静, 张潮, 刘骞, 等. 生物保护菌联合气调包装应用于肉品中抑菌保鲜的研究进展[J]. 肉类研究, 2022, 36(12): 36-42. [MA J, ZHANG C, LIU Q, et al. Progress in the application of bio-protective bacteria combined with modified atmosphere packaging for meat preservation[J]. Meat Research, 2022, 36(12): 36-42.]
- [13] LIU Y, ZHANG Z, HU L. High efficient freeze-drying technology in food industry[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022, 62(12): 3370-3388.]
- [14] BERMUDEZ-AGUIRRE D, NIEMIRA B A. A review on egg pasteurization and disinfection: Traditional and novel processing technologies[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2023, 22(2): 756-784.]
- [15] 白雪. 新食品加工技术对食品营养的影响[J]. 农村实用技术, 2022(7): 102-104. [BAI X. Impact of new food processing technologies on food nutrition[J]. Practical Rural Technology, 2022 (7): 102-104.]
- [16] TANG J, HONG Y K, INANOGLU S, et al. Microwave pasteurization for ready-to-eat meals[J]. Current Opinion in Food Science, 2018, 23: 133-141.]
- [17] 林洪斌, 贾春, 张琦, 等. 碱与高温处理对豆腐干物性及品质的影响[J]. 食品科技, 2013, 38(1): 84-87, 91. [LIN H B, JIA C, ZHANG Q, et al. The effects on textural properties and quality of firm tofu for treatment with alkali and high temperature[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(1): 84-87, 91.]
- [18] 王蒙蒙, 吕晓慧, 靳皓博, 等. 塘心卤蛋杀菌工艺优化及其贮藏期间品质变化[J]. 食品工业科技, 2024, 45(4): 142-150. [WANG M M, LÜ X H, JIN H B, et al. Sterilization process optimization and quality changes of soft-boiled marinated eggs during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(4): 142-150.]
- [19] WANG K, HUANG L, XU Y, et al. Evaluation of pilot-scale radio frequency heating uniformity for beef sausage pasteurization process[J]. Foods, 2022, 11(9): 1317.]
- [20] 徐渊, 韩敏义, 陈艳萍, 等. 三个品种白切鸡食用品质评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 89-95. [XU Y, HAN M Y, CHEN Y P, et al. Comparative analysis of edible quality of three varieties of boiled chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(1): 89-95.]
- [21] XU J, ZHANG M, CAO P, et al. Effect of ZnO nanoparticles combined radio frequency pasteurization on the protein structure and water state of chicken thigh meat[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 134: 110168.]
- [22] 彭玲慧, 吴菲菲, 李化强, 等. 休闲卤豆干中腐败菌的分离鉴定[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(32): 154-156. [PENG L H, WU F F, LI H Q, et al. Isolation and identification of spoilage bacteria in leisure dried beancur[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2015, 43(32): 154-156.]
- [23] 毛慧敏. 鸡肉品质的评定与营养调控手段[J]. 黑龙江科学, 2019, 10(12): 160-161. [MAO H M. Assessment of chicken meat quality and means of nutritional regulation[J]. Heilongjiang Science, 2019, 10(12): 160-161.]
- [24] HWANG S I, LEE E J, HONG G P. Effects of temperature and time on the cookery properties of sous-vide processed pork loin[J]. Food Science of Animal Resources, 2019, 39(1): 65.]
- [25] 李鸣, 王虎虎, 徐幸莲, 等. 贮藏温度对气调包装白切鸡保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(20): 261-267. [LI M, WANG H H, XU X L, et al. Effect of temperature on modified atmosphere packaging soft-boiled chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(20): 261-267.]
- [26] YL Y H, CHEN T C. Yields, color, moisture and microbial contents of chicken patties as affected by frying and internal temperatures[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(5): 1183-1185.]
- [27] MUELA E, SAUDO C, CAMPO M M, et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display[J]. Meat Science, 2010, 84(4): 662-669.]
- [28] FLETCHER D L, QIAO M, SMITH D P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH[J]. Poultry Science, 2000, 79(5): 784.]
- [29] 敖南, 赵雪聪, 田晨曦, 等. 驴肉在低温成熟过程中理化指标的变化[J]. 肉类研究, 2016, 30(5): 11-14. [AO R, ZHAO X C, TIAN C X, et al. Physical and chemical changes of donkey meat during postmortem aging at low temperature[J]. Meat Research, 2016, 30(5): 11-14.]
- [30] 王琳可, 赵改名, 柳艳霞, 等. 卤煮鸡肉质构测定条件的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 132-136, 140. [WANG L K, ZHAO G M, LIU Y X, et al. Study on test conditions of texture profile analysis of stewed chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(18): 132-136, 140.]
- [31] TOTOSAUS A, PÉREZ-CHABELA L M. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters

formulated with gellan gum and dicationic salts[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42(2): 563–569.

[32] CHOI Y S, HWANG K E, JEONG T J, et al. Comparative study on the effects of boiling, steaming, grilling, microwaving and superheated steaming on quality characteristics of marinated chicken steak[J]. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2016, 36(1): 1–7.

[33] LUO X, DONG K, LIU L, et al. Proteins associated with quality deterioration of prepared chicken breast based on differential proteomics during refrigerated storage[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, 101(8): 3489–3499.

[34] 芮汉明, 蒋宇飞. 微波处理对白切鸡肌肉质构的影响[J]. *食品工业科技*, 2008(3): 138–140. [RUI H M, JIANG Y F. Effect of microwave treatment on the texture of white cut chicken muscles[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008(3): 138–140.]

[35] MISRA N N, JO C. Applications of cold plasma technology for microbiological safety in meat industry[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017: 74–86.

[36] HULTMAN J, RAHKILA R, ALI J, et al. Meat processing plant microbiome and contamination patterns of cold-tolerant bacteria causing food safety and spoilage risks in the manufacture of vacuum-packaged cooked sausages[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2015, 81(20): 7088–7097.

[37] NURMASYTHA A, YULIATI F N, HAJRAWATI N, et al. Microbiological analysis of raw chicken meat sold at Maros traditional markets: Total plate count and *Escherichia coli*[J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 788(1): 012118 (4pp).

[38] 杨春婷, 赵晓娟, 陈国梅, 等. 冷鲜猪肉挥发性盐基氮值与感官品质的差异研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(3): 197–199. [YANG C T, ZHAO X J, CHEN G M, et al. Differences research on volatile basic nitrogen value and sensory quality of chilled pork[J]. *Food Industry*, 2018, 39(3): 197–199.]

[39] NIKLAS A A, HERRMANN S S, PEDERSEN M, et al. The occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in cured meat products from the Danish market[J]. *Food Chemistry*, 2022, 378: 132046.