

超高压处理后预包装白切鸡安全性及食用品质的变化

张咏彬¹, 于卓然², 李泮生^{1,3*}, 阮征^{1,3}, 李瑞清⁴, 石金明⁴

(1. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640) (2. 中华人民共和国上海海关, 上海 200002)

(3. 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室, 广东广州 510640)

(4. 广东爱健康生物科技有限公司, 广东清远 511500)

摘要: 该文以清远麻鸡制作的白切鸡为研究对象, 对比了经不同超高压处理 (350~550 MPa, 5min) 后, 白切鸡整鸡的安全性及鸡胸、鸡腿食用品质指标的变化。结果显示, 随着处理压力的增大, 初始菌落总数、大肠菌群总数显著降低, 白切鸡硬度、 L^* 、鸡腿肉 a^* 、汁液流失率显著增大 ($P<0.05$), 嫩度显著降低 ($P<0.05$), 弹性先增大后减小, 持水性先减小后增大, 咀嚼性、 b^* 与对照组差异不显著 ($P>0.05$), 其中 350、450 MPa 处理后的白切鸡感官评分和对照组差距较小。450 MPa 处理组白切鸡在 4℃ 的条件下贮藏 20 d, 其菌落总数和大肠菌群在第 20 d 分别为 3.85 lg CFU/g、0 CFU/g, 均未超过熟肉制品国家标准的要求, 与对照组相比, 货架期从 7 d 延长到了 20 d 左右。综上, 在 350、450 MPa, 5 min 的条件下处理的白切鸡在各种指标下都接近对照组, 说明超高压处理不仅显著提高了白切鸡整鸡的安全性, 而且最大限度的保留了原有的食用品质, 延长了产品货架期。该文的研究结果为利用超高压处理提高白切鸡安全性提供了参考。

关键词: 超高压处理; 白切鸡; 安全; 食用品质

文章编号: 1673-9078(2024)11-229-237

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.11.0166

Effect of High Pressure Processing on the Safety and Edible Quality of Prepared Whole Soft-boiled Chicken

ZHANG Yongbin¹, YU Zhuoran², LI Biansheng^{1,3*}, RUAN Zheng^{1,3}, LI Ruiqing⁴, SHI Jinming⁴

(1.School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2.Shanghai Customs District P.R.China, Shanghai 200002, China)(3.Guangdong Province Key Laboratory for Green Processing of Natural Products and Product Safety, Guangzhou 510640, China)

(4.Guangdong Love Health Biotechnology Co. Ltd., Qingyuan 511500, China)

Abstract: In this paper, the soft-boiled chicken made from Qingyuan partridge chicken was studied, and the safety of the whole soft-boiled chicken and the changes of edible quality indexes of chicken breast and chicken leg after different UHP treatment (350~550 MPa, 5 min) were compared. The results showed that with the increase of treatment pressure, the total number of initial colonies and the total number of coliform bacteria decreased significantly. The firmness, L^* , chicken leg meat a^* , juice loss rate,

引文格式:

张咏彬,于卓然,李泮生,等.超高压处理后预包装白切鸡安全性及食用品质的变化[J].现代食品科技,2024,40(11): 229-237.

ZHANG Yongbin, YU Zhuoran, LI Biansheng, et al. Effect of high pressure processing on the safety and edible quality of prepared whole soft-boiled chicken [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(11): 229-237.

收稿日期: 2024-02-03

基金项目: 广东省重点领域研发项目 (2019B020219002)

作者简介: 张咏彬 (1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与保藏, E-mail: 791230422@qq.com

通讯作者: 李泮生 (1962-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工与保藏, E-mail: febsli@scut.edu.cn.

and fat oxidation degree of soft-boiled chicken increased significantly ($P<0.05$), and the tenderness decreased significantly ($P<0.05$). The elasticity increased first and then decreased, and the water holding capacity decreased first and then increased. There was no significant difference in chewiness and b^* between the treatment sample and the control sample ($P>0.05$). The sensory score of the soft-boiled chicken treated with 350 MPa and 450 MPa was smaller than that of the control group. The total number of colonies and coliform bacteria in 450 MPa treatment group were 3.85 lg CFU/g and 0 CFU/g respectively on the 20 th day after storage at 4 °C, which did not exceed the requirements of national standards for cooked meat products. Compared with the control group, the shelf life was extended from 7 days to about 20 days. In summary, the soft-boiled chicken treated under the conditions of 350 MPa, 450 MPa, and 5 min is close to the control group in all aspects, indicating that the HPP not only significantly improves the safety of the prepared vegetables of soft-boiled chicken, but also retained the original edible quality to the greatest extent and extended the shelf life of the product. The research results of this paper provide a reference for improving the safety of soft-boiled chicken by HPP.

Key words: high pressure processing (HPP); soft-boiled chicken; safety; edible quality

白切鸡是传统低温热熟鸡肉制品, 鸡皮爽滑不油腻, 鸡肉鲜嫩多汁, 享有“鸡中第一鲜”的美誉。清远麻鸡肉质嫩滑、皮脆、骨软、鸡味浓郁, 是制作白切鸡的上等原料。白切鸡的低温熟制可以使白切鸡恰好熟化, 但未能完全控制腐败菌的生长, 因此白切鸡在贮藏、运输和销售过程中极易发生变色、产气和异味等腐败现象^[1]。为了保证白切鸡的口感及安全性, 其贮藏方法以冷藏保鲜(0~4 °C)为主^[2], 但在冷藏条件下, 由于没有经过后杀菌处理, 导致大部分白切鸡的货架期在一周以内, 这极大地限制了白切鸡的工业化生产和发展。以整鸡的形式包装白切鸡能较好地保持鸡肉和鸡皮的结构, 目前针对整鸡的杀菌主要是以热处理为主, 通常包括巴氏杀菌(通常为60~85 °C)和商业灭菌(通常为121 °C), 其中商业杀菌是最常用的一种^[3]。由于白切鸡主要以冷食为主, 二次热杀菌会使鸡肉质地变得软烂, 对于整鸡来说还会出现杀菌传热不佳和鸡皮开裂等问题^[4], 因此寻找一项适用于白切鸡的非热杀菌技术, 对提高白切鸡安全及食用品质具有重要的意义。

目前非热杀菌技术在白切鸡中的应用已有部分研究, 包括超高压处理技术(High Pressure Processing, HPP)^[5]、微波杀菌技术^[6]、静电场技术^[7]等。相对于热杀菌, 超高压处理不仅可以延长产品贮藏期, 而且能最大限度的保留食品的营养成分和感官品质。王志江等^[8]发现经过超高压处理(487 MPa, 17 min), 以三黄鸡为原料制作的白切鸡在4 °C下保藏60 d的微生物总量均小于国家卫生标准规定值, 且感官品质仍然较好(评分>5.00), 贮藏期间色泽和弹性等变化均不显著。贾飞等^[9]以白羽鸡为原料制作的酱卤鸡腿, 发现经过超高压处理(200~600 MPa, 10~15 min)和二次热杀菌处理(80 °C, 30 min),

二次热杀菌鸡腿嫩度和黏度显著低于超高压组, 超高压能抑制样品中腐败菌的生长, 能延长产品货架期30 d。杨爽等^[10]研究了超高压处理(600 MPa, 10 min)对卤牛肉的品质的影响, 发现经超高压处理后, 卤牛肉的硬度、咀嚼性显著增加, 且初始菌落总数显著下降, 在4 °C贮藏16 d后, 超高压处理组各项指标仍接近0 d。Pietrzak等^[11]发现在高压处理(500 MPa, 10 min)市售鸡肉饼后, 其货架期(4 °C贮藏下)从2周延长至3周, 且在贮藏期间质构特性和色泽均没有显著变化。

本文选择清远麻鸡作为白切鸡的原料, 采用不同的压力对白切鸡进行超高压处理, 以未处理的白切鸡为对照, 选取鸡身上最常食用的部位(鸡胸、鸡腿)进行研究, 测定各处理组的微生物指标、理化指标和感官指标的差异, 分析超高压处理对白切鸡整鸡安全及食用品质的影响, 为超高压处理改善白切鸡整鸡的安全及食用品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验原料: 清远麻母鸡(130日龄)经现代标准屠宰工艺进行屠宰, 宰后4 °C冷藏3 h内送至熟制加工地, 取整只鸡胴体为原料(净重约1.2 kg)加工制作白切鸡, 原料屠宰和熟制加工均于广东省爱健康生物科技有限公司进行处理。

主要仪器: HPP/50L/600 MPa超高压设备, 包头科发高压科技有限责任公司; KDT-2C型定氮仪, 上海精密仪器仪表有限公司; DZ-600/2S真空包装机, 山东小康机械有限公司; CR-400便携式色差仪, 日本柯尼卡美能达公司; TA-XT Plus质构仪, 英国Stable Micro System有限公司。

表 1 白切鸡的感官属性、定义描述以及评分标准

Table 1 Sensory attributes, definitions and standards of soft-boiled chicken

感官属性	定义描述	评分标准			
		0~3	4~6	7~9	
外观 20%	表皮	白切鸡表面鸡皮完整程度	残缺, 大面 积皱缩	少量破损, 部分皱缩	完整, 光滑
	色泽	鸡胸、鸡腿部位肉的颜色	肉色不均匀 带一片血色	肉色较均匀 带些许血色	肉色均匀 带少许血色
气味 20%	肉香味	与白切鸡特有风味相关的气味感知	气味很淡	气味较浓	气味浓郁
	腥味	与血液相关的令人不愉悦的气味			
滋味 10%	鲜味	与谷氨酸盐、氨基酸盐或核苷酸盐水 溶液相关的鲜美、醇厚的味感	滋味很淡	滋味较浓	滋味浓郁
	弹性	肉样在形变后变回原状的性质	弹性差	弹性中等	弹性好
质地 30%	多汁性	咀嚼过程中肉样内部汁液释放的程度或 数量, 即口腔感觉到的湿润程度	较干	汁液量适中	多汁
	咀嚼性	咀嚼过程中受到的阻力	软烂或嚼蜡	嚼劲适中	嚼劲好
总体可接受度 20%	白切鸡的整体感官品质, 涵盖质地、 气味、外观、滋味的总体评价		接受度低	接受度中等	接受度高

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

130 日龄清远鸡 → 91 °C 热水热烫 (3 次) → 91 °C 卤汤
卤制 40 min → (3 ± 1) °C 冰水冷浸 → 真空包装

1.2.2 超高压处理

白切鸡分别采用 350、450、550 MPa 三个压力处理, 整鸡初始中心温度为 15 °C, 对照组即不作超高压处理。超高压设备参数为: 保压时间为 5 min, 初始水温为 (20 ± 4) °C, 加压速率为 3.5~4 MPa/s, 在 10 s 内完成泄压, 对照组即不作超高压处理。

样品分为两组, 一组 ($n=3$) 在超高压处理后测定其微生物指标, 再测定其感官评定、质构特性、剪切力、色度、持水性及汁液流失率; 另一组样品 ($n=3$) 于 (4 ± 1) °C 条件下储存, 在 20 d 内取样检测, 测定各处理组贮藏期微生物数量的变化, 对照组即不作超高压处理。

1.2.3 微生物检测

菌落总数: 参考 GB 4789.2 《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》; 大肠菌群: 参考 GB 4789.3 《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》中的最可能数 (Most Probable Number, MPN) 计数法。

1.2.4 感官评价

感官评价采用定量描述分析法 (QDA), 由 10 名经过培训的食品科学与工程专业学生 (5 男 5 女),

在感官分析实验室进行评分, 对不同压力作用下的白切鸡进行编号, 随机分配给评价人员, 对不同压力处理下的白切鸡样品以外观属性 (表皮、色泽)、气味属性 (肉香味、腥味)、滋味属性 (鲜味、血腥味)、部分压缩 (弹性)、咀嚼 (多汁性) 相关的质地属性和总体可接受度进行打分, 评分采用 9 分制, 具体标准见表 1。

1.2.5 质构特性的测定

分别从白切鸡的鸡腿、鸡胸部位取数块正方体的带皮鸡肉 (1.3 cm × 1.3 cm × 1.3 cm), 采用 P/36R 探头进行 TPA 试验, 测试时样品肌纤维呈水平方向, 测前速度 1.0 mm/s, 测中速度 1.5 mm/s, 测后速度 1.0 mm/s, 压缩程度 70%^[12]。

1.2.6 剪切力的测定

参考周乐丹等^[13]的测定方法并略做修改, 分别从白切鸡的鸡腿、鸡胸部位取数块正方体的不带皮鸡肉块 (1.5 cm × 3.0 cm × 1.3 cm), 测前速度 1.0 mm/s, 测试速度 2.0 mm/s, 测后速度 10.0 mm/s, 触发力 15 g, 采用 HDP/BSW 探头进行剪切力测定。

1.2.7 色度的测定

用 CR-400 色差仪分别测定白切鸡不同部位的 L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度) 值, 对鸡胸肉、鸡腿肉、鸡胸皮、鸡腿皮进行三次平行测定, 每次测定前用比色板对色差计进行校准, 取 4 个点测定后取平均值为该部位的色差值。

1.2.8 汁液流失率的测定

白切鸡沥干水分后，在真空包装前，称取质量为 m_1 ，包装后进行超高压处理，取出白切鸡，用滤纸擦干表面汁液，称取质量为 m_2 。根据公式 (1) 计算：

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

X ——汁液损失率，%；

m_1 ——超高压处理前白切鸡整鸡的质量，g；

m_2 ——超高压处理后白切鸡整鸡的质量，g。

1.2.9 持水性 (Water Holding Capacity, WHC) 的测定

参考董洋等^[14]的测定方法并略做修改，分别切取同一部位的鸡胸和鸡腿 5 g 左右肉块，于 4 ℃、5 000 ×g 条件下离心 5 min。根据公式 (2) 计算 WHC。

$$Y = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Y ——持水性 (WHC)，%；

m_1 ——鸡胸或鸡腿部位离心后样品的质量，g；

m_2 ——鸡胸或鸡腿部位离心前样品的质量，g。

1.2.10 数据处理

采用 Excel 和 GraphPad Prism 9 对数据进行处理与作图，采用 IBM SPSS Statistic 24.0 对数据进行方差分析和 Duncan's 多重极差比较 ($P < 0.05$)，数据结果以 (平均值 ± 标准差) 表示。

2 结果与分析

2.1 超高压处理对白切鸡灭菌效果的影响

肉类是一种非常营养的食品，而营养丰富的环境会增加微生物对高压的抵抗力^[15]，所以在尽可能在维持原有感官品质的同时，对其进行最大程度的灭菌，从而在保证品质的同时延长白切鸡的货架期。根据工厂实际情况选择保压时间为 5 min，在 150~550 MPa 下对白切鸡进行超高压处理，结果如图 1 和表 2 所示。

由图 1 可知，在 150、250 MPa (处理时间均为 5 min，下同) 压力处理下，白切鸡初始菌落总数略有下降，随着压力的增加，在 350、450 MPa 的压力处理下，初始菌落总数从 2.7 lg CFU/g 分别减少到 1.97、1.13 lg CFU/g，灭菌效果明显，550 MPa

压力处理下菌落总数低于 1 lg CFU/g；由表 2 可知，超高压处理对白切鸡大肠菌群的致死效果明显，在 150~550 MPa 的压力处理后均未检出大肠菌群，说明 350、450、550 MPa 的 HPP 处理对白切鸡具有极好的灭菌效果，故选择 350、450、550 MPa，5 min 作为压力处理条件。

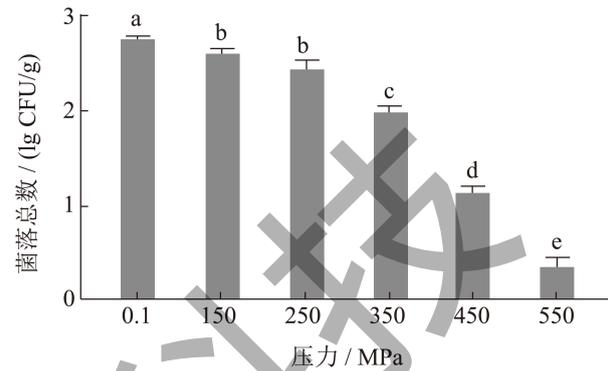


图 1 超高压处理 (5 min) 对白切鸡初始菌落总数的影响
Fig.1 Effects of HPP for 5 min on the initial total bacterial count of soft-boiled chicken

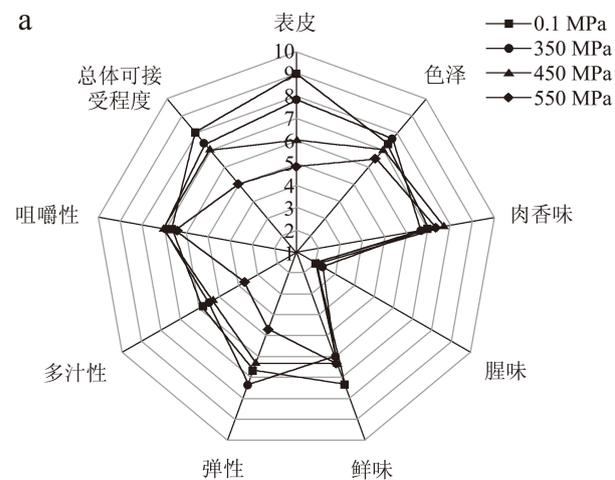
注：数据结果为平均值 ± 均差，不同小写字母表示不同处理间的差异显著 ($P < 0.05$)

表 2 超高压处理 (5 min) 对白切鸡大肠菌群的影响
Table 2 Effects of HPP for 5 min on coliform group in soft-boiled chicken

压力 / MPa	对对照 (0.1)	150	250	350	450	550
大肠菌群 / (MPN·g ⁻¹)	3.6	<3	<3	<3	<3	<3

2.2 超高压处理对白切鸡感官品质的影响

感官评价是最简便直接的评价肉制品的方法。不同超高压处理对白切鸡感官品质的影响结果见图 2。



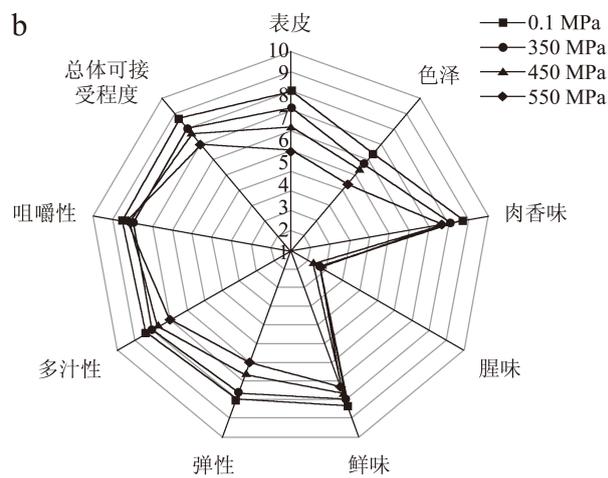


图2 超高压处理对白切鸡感官品质的影响

Fig.2 Effects of HPP on the sensory quality of soft-boiled chicken

注: a、b 分别为鸡胸和鸡腿感官评价雷达图。

由图2可知,不同压力处理下的白切鸡鸡胸和鸡腿肉,其感官品质呈现出不同的特性。在质地方面,随着压力的增加,鸡胸和鸡腿肉的多汁性评分均呈现下降趋势,其中550 MPa处理组下降最为明显,鸡胸肉在过高的压力下失水较多,在咀嚼时口感较差,肉绵密且发干,弹性较差,而鸡腿肉即使在550 MPa处理后,多汁性评分也较高,说明鸡腿肉持水性较高(表3)。在外观方面,450 MPa、550 MPa处理组的鸡胸和鸡腿处表皮均出现褶皱的现象,其中550 MPa处理褶皱较多,但表皮均未破裂;表皮色泽变化不明显,但当压力较高时(450~550 MPa),鸡腿肉表面红色变深,这与红度 a^* 上升的结果一致(图4)。在气味和滋味方面,不同部位各处理组之间均无明显变化,但在同一处理组下鸡胸肉在滋味方面的血腥味评分比鸡腿肉高,鸡腿肉的鲜味评分比鸡胸高。总的来说,除550 MPa处理组外,350、450 MPa处理组各部位的总体可接受度评分与对照组相比差距较小,同样受到消费者喜爱。

2.3 超高压处理对白切鸡外观和色泽的影响

大多数新鲜、未腌制的肉类在经HPP处理后会致肉呈现类似烹饪后的颜色,呈现出灰白色和暗褐色的外观^[16],然而只有少量文献研究HPP处理对熟肉的外观和颜色。了解HPP处理对熟肉外观和颜色的影响至关重要,因为外观和肉色是消费者最直观的感受,对消费者购买产品有决定性的影响。本实验中,超高压处理后白切鸡外观和色泽变化如图3和图4所示。

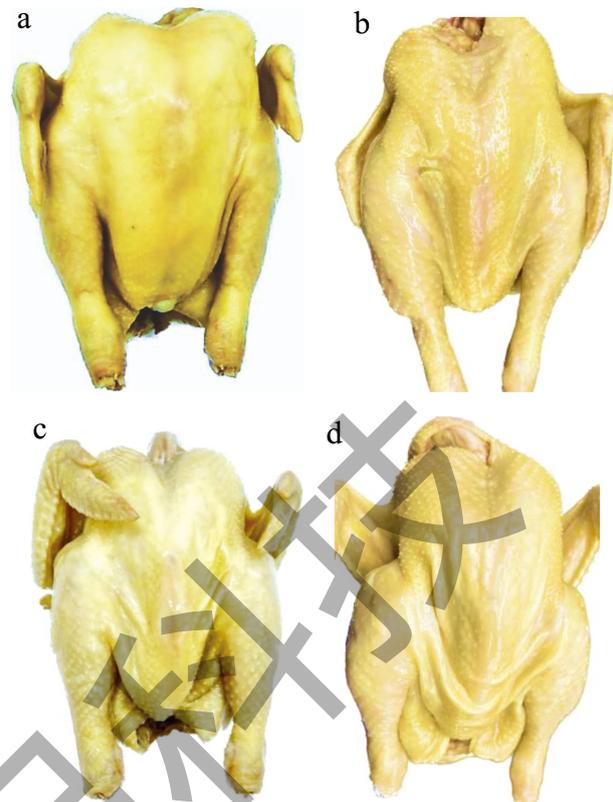


图3 超高压处理对白切鸡外观的影响

Fig.3 Effects of HPP on the appearance of soft-boiled chicken

注: a为0.1 MPa, b为350 MPa, c为450 MPa, d为550 MPa。

从图3可知,外观上,350 MPa处理组白切鸡与对照组相比变化较小,450 MPa处理组鸡腿和鸡胸间的鸡皮出现少量褶皱,550 MPa白切鸡鸡皮褶皱较多,鸡胸有略微塌陷的现象。由图4可知,白切鸡色泽总体变化较小,其中鸡胸肉 L^* 值略有下降,但无显著性差异($P>0.05$),鸡腿肉、鸡胸皮 L^* 值显著减少($P<0.05$);HPP处理对鸡腿肉 a^* 值影响明显($P<0.05$),且各处理组鸡腿肉 a^* 值高于鸡胸肉,与王志江等^[7]的研究结果一致;鸡胸肉和鸡腿肉的 b^* 值显著上升($P<0.05$),鸡胸皮显著下降($P<0.05$);其中鸡腿皮 L^* 、 a^* 、 b^* 值均无显著性差异($P>0.05$)。

肉的色泽取决于肉表面的光学特性和肌肉中肌红蛋白(Mb)的含量。由于白切鸡在煮制的过程中Mb部分或全部变性,使得肉色从红色逐渐变白,因此HPP处理对熟鸡肉色泽的影响较小;此外,低Mb含量的白肉比高Mb含量的红肉更不易受到HPP的影响(白肉:鸡肉和火鸡肉含有Mb 0.01~1.5 mg/g;红肉:牛肉 2.0~9.0 mg/g)^[17],这可能是鸡肉肉色变化较小的原因。同时,pH值也是影响肌红蛋白(Mb)

的热稳定性的因素之一，pH 值越高，肌红蛋白的热稳定性越好，鸡腿肉 pH 值高于鸡胸肉，且鸡腿肉中的肌红蛋白含量比鸡胸肉高，这可能是鸡腿肉的红度高于鸡胸肉的原因之一。总的来说，HPP 处理对白切鸡鸡皮和鸡肉色泽的影响较小，但过高的压力会使鸡腿肉红色变深，也会导致鸡皮出现褶皱的现象。

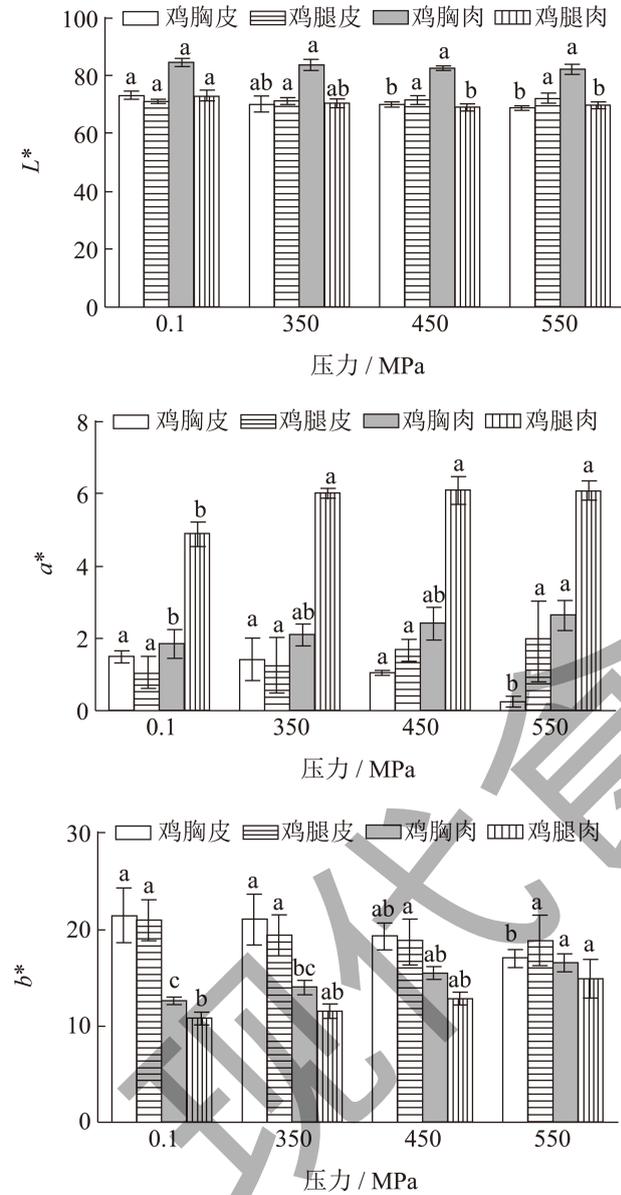


图 4 超高压处理对白切鸡色泽的影响

Fig.4 Effects of HPP on value of L^* , a^* and b^* of soft-boiled chicken

注：数据结果为平均值 ± 均差，不同小写字母表示同一部位不同处理间的差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 超高压处理对白切鸡质构特性的影响

质构剖面分析能够模拟食物在口腔内的咀嚼动作，从而对食物的硬度、咀嚼性、弹性等质构特性

进行客观评价，弥补感官评价的不足^[18]。超高压处理对白切鸡质构特性的影响如图 5 所示。

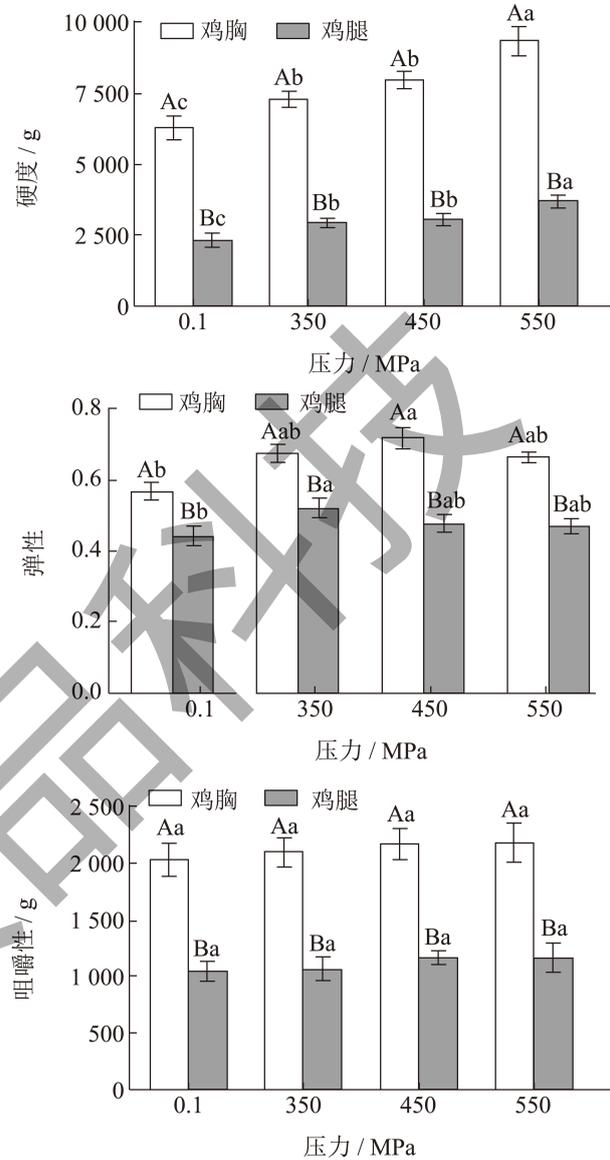


图 5 超高压处理对白切鸡质构特性的影响

Fig.5 Effects of HPP on texture characteristics of soft-boiled chicken

注：数据结果为平均值 ± 均差，不同小写字母表示同一部位不同处理间的差异显著 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示同一处理不同部位的差异显著 ($P < 0.05$)。图 6 同。

由图 5 可知，在一定的压力作用下，HPP 处理对白切鸡硬度和弹性的影响明显，随着处理压力的增加，鸡胸肉和鸡腿肉的硬度也显著增加 ($P < 0.05$)，但不同部位的 350 MPa、450 MPa 组间并不显著 ($P > 0.05$)。硬度的增加可能与其组织结构、肌纤维和水分含量等有关，压力越大，白切鸡的汁液流失率也越高 (表 3)，水分的流失使得鸡肉纤维变得紧密，致使硬度增加，也有研究认为

是肌球蛋白分子在高压的作用下聚合导致了硬度的增加。弹性是白切鸡受压后恢复原状的能力。HPP处理对鸡胸和鸡腿的弹性影响显著 ($P < 0.05$), 弹性均呈现先上升后下降的趋势, 鸡胸肉和鸡腿肉弹性分别在 450、350 MPa 达到峰值, 总体来说, 增加的幅度较小。鸡胸肉和鸡腿肉各处理组间咀嚼性均不显著 ($P > 0.05$)。各处理鸡胸肉的硬度、弹性和咀嚼性均显著高于鸡腿肉 ($P < 0.05$)^[19]。

2.5 超高压处理对白切鸡嫩度的影响

嫩度是肉食品质的重要判断依据, 在客观上利用仪器测量肉类的机械性能中, 剪切力的测量与嫩度品质最直接相关。超高压处理对白切鸡嫩度的影响如图 6 所示。

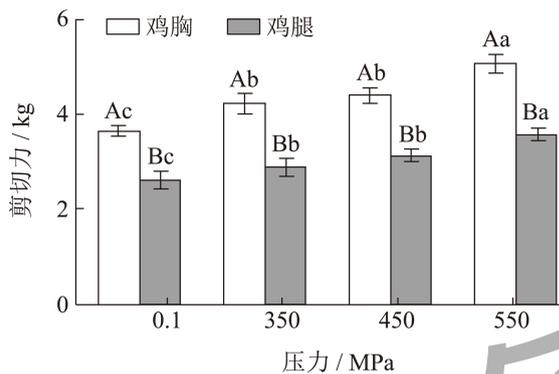


图 6 超高压处理对白切鸡嫩度的影响

Fig.6 Effects of HPP on the tenderness of soft-boiled chicken

由图 6 可知, 在一定的压力作用下, 鸡胸和鸡腿的剪切力均显著上升 ($P < 0.05$), 但 350 MPa 和 450 MPa 处理组均无显著差异 ($P > 0.05$), 说明在较大压力作用下, 白切鸡嫩度显著下降。剪切力变化趋势与白切鸡硬度和咀嚼性 (图 5) 一致, Warner 等^[20]研究发现硬度和咀嚼性等指标与剪切力呈现良好的相关性。与肉类嫩度最紧密相关的 3 个因素包括肌节长度、结缔组织和蛋白酶解^[21]。沈旭娇等^[22]研究了 HPP 处理 (200~400 MPa, 10 min, 20~40 °C) 后的煮制盐水鸭胸脯肉的剪切力, 发现经过 HPP 处理的鸭胸脯肉的剪切力值均显著高于对照组。郑荣美等^[23]用 HPP (400 MPa, 10 min) 对调理白切香猪肉进行杀菌处理, 发现经 HPP 杀菌后剪切力较未杀菌对照组而言显著增大。剪切力增大可能是由于 HPP 处理会使肌肉组织的分子间吸引力增大, 肌细胞结构变得紧实。

2.6 超高压处理对白切鸡汁液流失率和持水性的影响

超高压处理对白切鸡汁液流失率和持水性的影响如表 3 所示。

表 3 超高压处理对白切鸡持水性和汁液流失率的影响
Table 3 Effect of HPP on water holding capacity and juice loss rate of soft-boiled chicken

处理压力 / MPa	整鸡汁液流失率 / %	持水性 / %	
		鸡胸	鸡腿
0.1	3.33 ± 0.15 ^d	78.48 ± 0.25 ^{Aa}	79.92 ± 0.72 ^{Aa}
350	4.5 ± 0.2 ^c	74.25 ± 0.53 ^{Bb}	77.05 ± 0.64 ^{Ab}
450	5.13 ± 0.31 ^b	74.51 ± 0.65 ^{Bb}	77.42 ± 0.47 ^{Ab}
550	5.7 ± 0.1 ^a	75.01 ± 0.93 ^{Ab}	78.04 ± 0.82 ^{Ab}

注: 数据结果为平均值 ± 均差, 不同小写字母表示同一部位不同处理间的差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示同一处理不同部位的差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 3 可知, 随着压力的增高, 白切鸡的汁液流失率显著上升 ($P < 0.05$), 由表 3 可知, 白切鸡在 HPP 作用下汁液流失率增加的原因可能是, 超高压处理影响了蛋白质的水合作用, 促使部分水从组织中游离出来。贾飞等^[7]研究了超高压处理 (200~600 MPa) 对酱卤鸡腿肉汁液析出的影响, 发现 HPP 处理后鸡腿肉的汁液析出率显著高于未处理组 ($P < 0.05$)。李大宇等^[24]研究了超高压处理 (150~300 MPa) 对酱牛肉水分含量的影响, 发现 HPP 后酱牛肉的水分含量整体下降, 仅 150 MPa 处理下, 水分含量便下降了 2.31%。对照组的汁液流失率为 3.33%, 可能是因为真空包装中施加的负压导致鸡肉内水分流失, 使鸡肉内部的水分含量下降。

持水性反映了蛋白质结合水的能力^[25]。白切鸡在煮制过程中因蛋白质变性和肌肉结构收缩导致大量水分流失, 又经 HPP 处理后又导致汁液流失率的增加, 持水性显著下降, 但各处理组间并不显著 ($P > 0.05$)。HPP 处理后样品持水能力的降低可能是因为肌肉纤维压缩和蛋白质变性^[26]。HPP 处理可导致水分子渗透到蛋白质核心中, 因为蛋白质-水氢键的长度比氨基酸残基之间最弱的非共价相互作用短, 所以这些水分子在空间上或通过与蛋白质位点的相互作用被捕获^[27]。

2.7 超高压处理白切鸡贮藏期间 (4℃) 微生物数量的变化

超高压处理白切鸡在贮藏期间 (4℃) 菌落总数和大肠菌群的变化如图 7 和图 8 所示。

菌落总数是反映食品腐败变质最直观的指标之一,根据 GB2726《食品安全国家标准熟肉制品》规定,菌落总数可接受水平限量值为 4.00 lg CFU/g,最高安全限量值为 5.00 lg CFU/g,大肠菌群可接受水平限量值为 10 CFU/g,最高安全限量值为 100 CFU/g。由图 7 可知,未做超高压处理的白切鸡在贮藏期间的菌落总数显著上升,在第 8 天达到 4.00 lg CFU/g,第 11 天接近 5.00 lg CFU/g,而 450 MPa 处理过的白切鸡的菌落总数在第 20 天才接近 4.00 lg CFU/g,说明超高压致死效果极好。由图 8 可知,未做超高压处理的白切鸡在第 8 天大肠菌群数量超过了国标规定的最高限量值,则预估货架期为 7 d 以内,经 450 MPa 处理的白切鸡在 20 d 的贮藏期中大肠菌群未有检出。

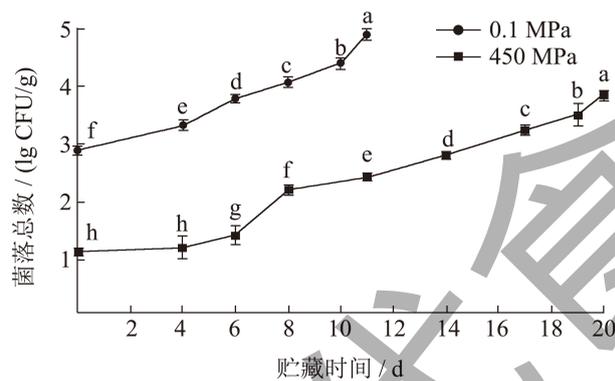


图 7 白切鸡贮藏期间 (4℃) 菌落总数的变化

Fig.7 Changes of total bacterial count of soft-boiled chicken during storage (4℃)

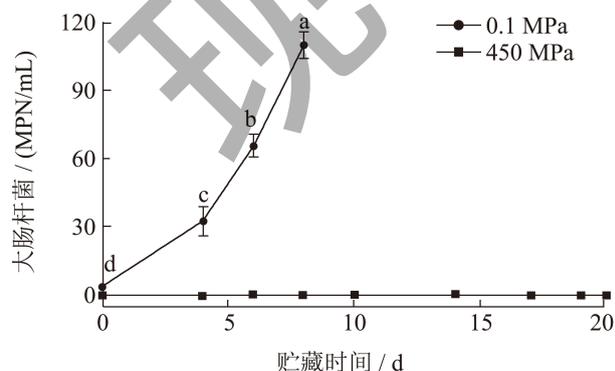


图 8 白切鸡贮藏期间 (4℃) 大肠菌群的变化

Fig.8 Changes of coliform group count of soft-boiled chicken during storage (4℃)

3 结论

超高压处理对白切鸡整鸡有良好的杀菌效果,550 MPa 压力处理下初始菌落总数减少了近 2 lg CFU/g 左右,菌落总数低于 1 lg CFU/g,在 350~550 MPa 处理后均未检出大肠菌群;超高压处理对白切鸡品质特性有显著影响,具体表现在随着压力的增高,鸡腿和鸡胸肉硬度上升,嫩度下降,弹性分别在 350 MPa、450 MPa 达到最高点,且汁液流失率也越高。在色泽方面,超高压处理对白切鸡皮和肉色泽影响较小,但 550 MPa 处理会导致整体鸡皮褶皱、鸡腿肉表面红色变深。350 MPa、450 MPa 处理对白切鸡脂肪氧化程度的影响较小,在感官评价各指标中与对照组差异较小,总体可接受程度也较高。综上,超高压处理是一种优秀的后杀菌技术,在 350、450 MPa,5 min 的处理条件下,可以较好的控制微生物的生长,并可以较好的保留原有的感官品质。本文为白切鸡的加工及品质评价提供了一定的理论参考,后续可进一步探究白切鸡在超高压处理后贮藏过程中的品质变化,确定白切鸡的货架期。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] WANG Z, SHI Y, ZHOU K, et al. Effects of different thermal temperatures on the shelf life and microbial diversity of Dezhou-braised chicken [J]. Food Research International, 2020, 136: 109471.
- [4] 王春芳.超高压与温度的协同杀菌效应及其动力学研究[D].杭州:浙江大学,2019.
- [5] SUN Y, ZHANG L, ZHANG H, et al. Effects of two sterilization methods on the taste compositions of sweet and sour spare ribs flavor [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 104: 104143.
- [6] 蒋宇飞,芮汉明.白切鸡微波杀菌后在冷藏过程中的品质变化[J].食品工业科技,2008,4:258-261.
- [7] 陈文波,胡宏海,张春江,等.静电场对白切鸡贮藏中微生物总数的影响[J].肉类研究,2015,29(6):15-19.
- [8] 王志江,郭善广,蒋爱民,等.超高压处理对熟制鸡肉品质的影响[J].食品科学,2008,9:78-82.
- [9] 贾飞,苗旺,闫文杰,等.超高压处理对酱卤鸡腿品质及货架期的影响[J].肉类研究,2017,31(1):19-24.
- [10] 杨爽,杨萍,徐琳,等.超高压处理协同低温贮藏对卤牛肉品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(21):334-343.

- [11] PIETRZAK D, CEGIELKA A, FONBERG-BOROCZEK M, et al. Effects of high pressure treatment on the quality of chicken patties[J]. *High Pressure Research*, 2011, 31(2): 350-357.
- [12] 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.
- [13] 周乐丹,艾民珉,凌子庭,等.4℃贮藏下粤式盐焗鸡品质变化及货架期研究[J].*食品与机械*,2018,34(6):115-120.
- [14] 董洋,李文成,李鸣,等.白切鸡食用品质评定方法研究[J].*食品安全质量检测学报*,2019,10(1):204-208.
- [15] TYUFTIN A A, KERRY J P. Chapter 10-the Storage and Preservation of Meat: Storage and Packaging [M]. Toldrá F. *Lawrie's Meat Science* (9th edition). Woodhead Publishing, 2023: 315-362.
- [16] GUYON C, MEYNIER A, DE Lamballerie M. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, 50: 131-143.
- [17] SUMAN S P, NAIR M N, JOSEPH P, et al. Factors influencing internal color of cooked meats [J]. *Meat Science*, 2016, 120: 133-144.
- [18] 张晓倩,孙悦,池福敏,等.偏最小二乘回归法分析藏鸡胸肉质地特性[J].*食品科学*,2022,43(19):48-57.
- [19] 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.
- [20] WARNER R D, WHEELER T L, HA M, et al. Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies [J]. *Meat Science*, 2022, 185: 108654.
- [21] 包玉龙,徐万军,贾世亮,等.肉类嫩度形成机理及嫩化调控研究进展[J].*肉类研究*,2023,37(4):34-40.
- [22] 沈旭娇.超高压处理对盐水鸭货架期的影响[D].南京:南京农业大学,2012.
- [23] 郑荣美,张磊,郑淮升,等.不同杀菌方式对白切香猪肉品质和挥发性成分的影响[J/OL]. *食品与发酵工业*:1-12[2024-03-23]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.037945>.
- [24] 李大宇.不同杀菌工艺和包装技术对酱牛肉贮藏品质的影响试验研究[D].吉林:吉林大学,2020.
- [25] 胡小军,李春兰,王标诗,等.超高压处理对虾滑预制菜品质特性的影响[J].*食品工业科技*,2023,44(11):88-94.
- [26] OLIVEIRA F A D, NETO O C, SANTOS L M R D, et al. Effect of high pressure on fish meat quality-A review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 66: 1-19.
- [27] LI Y, KANG Z, SUKMANOV V, et al. Effects of soy protein isolate on gel properties and water holding capacity of low-salt pork myofibrillar protein under high pressure processing [J]. *Meat Science*, 2021, 176: 108471.