

超高压杀菌对酱卤肉制品贮藏期品质的影响

张顺君¹, 王东亮¹, 陈宏柱¹, 汪雨晗², 李新福^{2,*}

(1.上海新成食品有限公司, 上海 201203; 2.南京工业大学食品与轻工学院, 江苏 南京 211800)

摘要: 研究超高压杀菌 (ultra-high-pressure sterilization, UHPS) 对酱卤肉制品贮藏期间品质特性的影响, 以牛腱、鸭肫为研究材料, 设置3种处理方式: UHPS、传统热杀菌 (conventional retort sterilization, RS)、变温杀菌 (variable retort temperature sterilization, VRTS), 并测定不同处理组产品在常温贮藏第0天和第90天时的感官品质、色度、质构和菌落总数4个指标, 得出不同杀菌处理对卤牛腱和卤鸭肫的品质变化及贮藏特性的影响。结果表明, UHPS组的感官评分最高 (牛腱83.1分, 鸭肫82.5分); 同时其硬度下降最少 (牛腱37.48%, 鸭肫1.86%)。在贮藏90 d后, 对照组卤牛腱和卤鸭肫的菌落总数分别达到 8.00×10^7 、 2.49×10^7 CFU/g, 而所有处理组的菌落总数仍然小于10 CFU/g, 并且与第0天的菌落总数相比无明显变化; 对照组的2组产品硬度、内聚性、弹性、胶黏性及咀嚼性均有所下降, 产品的质构在贮藏期间变化较大, 而经过灭菌处理的产品都能保持较好的质构; 对照组产品在贮藏90 d后亮度值 (L^*) 升高; 卤牛腱的红度值 (a^*) 升高, 相反卤鸭肫的 a^* 下降; 2组产品的黄度值 (b^*) 都上升, 然而UHPS组的卤牛腱和卤鸭肫在贮藏90 d后色度均无明显变化, 并且感官评分仍然是处理组中最高的 (牛腱82.3分, 鸭肫81.4分)。综合分析可得, UHPS能够在有效延长酱卤肉制品的货架期的同时, 更好地保持它的品质特性。

关键词: 酱卤肉制品; 超高压杀菌; 感官品质; 微生物; 质构

Effect of Ultra-High-Pressure Sterilization on the Quality of Marinated Meat Products during Storage

ZHANG Shunjun¹, WANG Dongliang¹, CHEN Hongzhu¹, WANG Yuhang², LI Xinfu^{2,*}

(1.Shanghai Xincheng Food Co. Ltd., Shanghai 201203, China;

2.College of Food Science and Light Industry, Nanjing Tech University, Nanjing 211800, China)

Abstract: Our aim was to study the effect of ultra-high-pressure sterilization (UHPS) on the quality characteristics of marinated beef tendon and marinated duck gizzard during storage. Three treatments were set up: UHPS, conventional retort sterilization (RS), and variable retort temperature sterilization (VRTS), and the organoleptic quality, color, texture, and total bacterial count of the products were measured on the 0 day 0 and 90 of ambient storage. The results showed that the UHPS group had the highest sensory scores (83.1 points for marinated beef tendon and 82.5 points for marinated duck gizzard), and the lowest decrease in product hardness (37.48% for marinated beef tendon and 1.86% for marinated duck gizzard). After 90 days of storage, the total bacterial counts of marinated beef tendon and duck gizzard in the control group reached 8.00×10^7 and 2.49×10^7 CFU/g, respectively, whereas the total bacterial counts of all the treatment groups were still less than 10 CFU/g, and was not significantly changed compared with that on day 0. The hardness, cohesiveness, elasticity, adhesiveness, and chewiness of the two products in the control group were decreased, whose texture was changed a lot during the storage period, whereas the sterilized products were able to maintain better texture. The L^* value of the products in the control group was increased after 90 days of storage; the a^* value of marinated beef tendon was increased, while that of marinated duck gizzard was decreased; the b^* values of both products were increased. However, the color of both marinated beef tendon and duck gizzard in the UHPS group was not changed significantly after 90 days of storage, and the sensory scores were still the highest among the treatment groups (82.3 points for marinated beef tendon, and 81.4 points for

收稿日期: 2024-01-11

第一作者简介: 张顺君 (1985—) (ORCID: 0009-0001-9829-0477), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为食品加工与安全。

E-mail: jamesjoeffy@dingtalk.com

*通信作者简介: 李新福 (1982—) (ORCID: 0000-0002-7447-3113), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品加工与安全。

E-mail: lixinfu@njtech.edu.cn

marinated duck gizzard). Comprehensive analysis shows that UHPS can effectively extend the shelf life of marinated meat products, while better maintaining its quality characteristics.

Keywords: marinated meat products; ultra-high-pressure sterilization; sensory quality; microorganism; texture

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20240111-014

中图分类号: TS251.61

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 12-0054-07

引文格式:

张顺君, 王东亮, 陈宏柱, 等. 超高压杀菌对酱卤肉制品贮藏期品质的影响[J]. 肉类研究, 2023, 37(12): 54-60.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20240111-014. <http://www.rlyj.net.cn>

ZHANG Shunjun, WANG Dongliang, CHEN Hongzhu, et al. Effect of ultra-high-pressure sterilization on the quality of marinated meat products during storage[J]. Meat Research, 2023, 37(12): 54-60. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20240111-014. <http://www.rlyj.net.cn>

随着人们对传统美食的热爱和对健康食品的追求,牛腱子肉作为一种高品质肉类,其口感鲜美、营养丰富,深受消费者的喜爱。鸭肫作为一种高蛋白、低脂肪的食材,也一直是人们钟爱的美食之一。卤牛腱和卤鸭肫是我国著名的酱卤肉制品,其口味多样、风味浓郁、方便食用,从古至今在我国餐饮文化中占据着重要的地位。酱卤肉制品是指以鲜(冻)畜禽肉和可食用产品在加有食盐、酱油(或不加)、香辛料的水中,经预煮、浸泡、烧煮、酱制(卤制)等工艺加工而成的酱卤系列肉制品。酱卤肉制品在我国消耗量庞大,2020年我国酱卤肉消费量已达到1.5万t,占我国传统肉制品消费量的40%,然而传统的作坊式生产工艺贮藏保鲜技术落后,很难保证产品品质,且产品在贮藏、运输、销售的过程中随着外界温度条件的改变,易败坏变质^[1],经常会出现“胀袋”现象,从而导致商品的货架期大大缩短。因此,深入研究酱卤肉制品的保鲜技术,延长货架期,成为改善酱卤肉制品市场的主要方向。

传统的热杀菌技术可能造成食品中活性营养成分的损失和感官品质的下降^[2],并可能产生潜在的有害成分,威胁人类健康^[3]。因此,国内外已开发出多种非热杀菌技术,如超高压杀菌(ultra-high-pressure sterilization, UHPS)^[4]、辐照杀菌^[5]、微波杀菌^[6]等。UHPS,又称超高压技术、高静压技术,是一种用于食品保鲜的非热技术^[7-8],通过向非加热的流体介质中施加100~1 000 MPa的高压,进而损伤微生物的细胞膜和细胞壁,改变细胞形态,影响细胞内酶活力及细胞内营养物质和废弃物的运输,从而达到杀菌作用^[9]。因其作用温度低,不会对食品原有的品质造成破坏,卫生又安全^[10],因此, UHPS在肉制品行业中具有广泛的应用前景^[11]。吴永祥等^[12]研究发现, UHPS能够显著减少臭鳊鱼的微生物组成类型,同时300 MPa处理10 min还能够较好地保持臭鳊鱼的质构特性与感官品质; Zhao Jie等^[13]研究了3种不同杀菌处理(巴氏杀菌、高温灭菌和UHPS)对豆瓣鱼酱汁的影响,发现高温灭菌能够显著改变样品的风味和状态,而UHPS可以保持样品的原始状态和风味;陈君玉等^[14]研究发现

与巴氏杀菌相比, UHPS较好地保持红烧肉原有的风味和脂质成分。

辐照杀菌技术是一项利用射线(X射线、 γ 射线和加速电子束等)的辐照杀灭食物中有害细菌的技术,具有杀菌效果好、安全环保等优点,但我国的辐照杀菌技术仍存在一些弊端,比如辐照后的食品会有“辐照味”,容易出现脂肪氧化、变色等问题。微波杀菌技术是一种能将电磁能高效地转化为热能的杀菌技术,因其加热时间短、升温速率快、杀菌均匀、安全性高等特点而在食品加工中得到广泛应用,但有研究发现过高功率的微波会导致某些食品中形成更多的丙烯酰胺^[15]。因此,本研究采用UHPS处理卤牛腱和卤鸭肫,通过比较其与热杀菌技术对产品多项指标的影响,为UHPS在酱卤肉制品保鲜技术的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛腱 巴西Minerva S.A.公司;鸭肫 砀山圣洋食品有限公司;食用盐 中盐金坛盐化有限责任公司;白砂糖 龙州南华糖业有限公司龙州糖厂;酿造酱油 佛山市海天(高明)调味食品有限公司;白酒 保定鑫京通酒业有限公司;味精 通辽梅花生物科技有限公司;5'-呈味核苷酸二钠 肇东星湖生物科技股份有限公司;大豆肽粉 山东天久生物技术有限公司;麦芽糊精 秦皇岛鹏远淀粉有限公司;香辛料 乐陵市旺源调味食品有限公司。

1.2 仪器与设备

LGD021500杀菌锅 江苏天宇伟业科技有限公司;FB-110G100超高压设备 上海励途超高压设备有限公司;450150-1000金属检测仪 上海山耕机电科技有限公司;FPM120TC-T X光检测仪 美琪科技(平潭)有限公司;NS810分光测色仪 深圳市三恩驰科技有限公司;FTC质构仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;SW-CJ-1FD超净工作台 苏州安泰空气技术有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

原料验收→解冻、清理、分切→滚揉或不滚揉、腌制→卤煮/熟制→冷却→包装→金属检测/X光检测→杀菌/灭菌→成品包装→入库贮藏

1.3.2 工艺操作要点

1) 滚揉或不滚揉、腌制: 按配方称量好配料加入原料肉中进行腌制; 2) 卤制/熟制: 煮制时间: 60 min, 中心温度: 70 ℃; 3) 金属检测/X光检测: $R \geq 2.0$ mm的非铁金属和 $R \geq 1.5$ mm的铁不得通过; 不锈钢 $R \geq 0.6$ mm不得通过; 玻璃 $R \geq 1.0$ mm不得通过; 塑料、陶瓷 $R \geq 1.0$ mm不得通过; 4) 杀菌/灭菌: 由工厂长期实验得出的工艺标准分为以下3个处理组: UHPS组: 400 MPa 5 min; 传统热杀菌 (conventional retort sterilization, RS) 组: 121 ℃ 35 min; 变温杀菌 (variable retort temperature sterilization, VRTS) 组: 100 ℃ 10 min、110 ℃ 23 min、120 ℃ 20 min; 对照组: 未经过杀菌处理的样品; 5) 所有工艺均按照GB 23586—2022《食品安全国家标准 酱卤肉制品质量通则》执行。

1.3.3 微生物的测定

参考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》测定样品中的菌落总数。

1.3.4 色度测定

参考Tomasevic等^[16]的方法并稍作修改。利用NS810分光测色仪分别对卤牛腱和卤鸭肫测定色度, 每次启动分光测色计都要对其进行黑板校正和白板校正, 每个样品平行测定6次。

1.3.5 质构测定

将卤牛腱和卤鸭肫分别切成3个立方体 (10 mm×10 mm×10 mm)。使用质构分析仪对其硬度、胶黏性、内聚力、弹性、咀嚼性进行测定。其中参数设置为: 探头 (P/50平面圆柱形), 测前、中、后速率均为5 mm/s、压缩百分比为50%。

1.3.6 感官评价

挑选8~10个对色泽、味觉、嗅觉都较敏锐的测评人员, 对产品色泽、香辛味、咸淡、风味口感等方面进行评分, 采用双盲法, 以减少主观因素对检测结果的影响。在评价过程中要保证样品随机且每个成员之间不能交流讨论, 防止因他人的言语产生的心理作用造成感觉误差, 在评价每个样品前应保证口腔里不掺杂其他味道, 防止串味, 最好用清水漱口。具体感官评价标准见表1、2。

表1 卤牛腱感官评价标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of marinated beef tendon		
项目	评分标准	评分
外观形态	外形整齐, 无异物	11~15
	外形比较整齐, 略有异物	6~10
	外形不整齐, 有肉未脱落	0~5
色泽	色泽呈现酱褐色, 色泽自然均匀、油润有光泽	15~20
	色泽呈现深棕色, 色泽比较自然均匀, 有一定光泽	8~14
	色泽较差、较浅或呈现黑色, 光泽度较差	0~7
口感风味	咸淡适中、咀嚼性好、细腻柔软、酱卤香味浓郁、具有酱卤牛腱肉特有的风味	17~25
	偏咸或偏淡、咀嚼性较好、较硬或较软、有一定的酱卤香味	8~16
	过咸或过淡, 咀嚼性差、无酱卤香味、无酱卤牛腱肉风味	0~7
组织形态	组织紧密, 表面及剖面润滑、有良好的弹性、无明显切割变形	15~20
	表面较粗糙, 边缘略有变形	8~14
	表面粗糙、边缘切割变形严重	0~7
杂质	无正常视力可见外来杂质;	15~20
	有少量杂质;	8~14
	外来杂质较多	0~7
总分	酱卤牛腱肉制品评分	≥80

表2 卤鸭肫感官评价标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of marinated duck gizzard		
项目	评分标准	评分
外观形态	外形整齐, 无异物	11~15
	外形比较整齐, 略有异物	6~10
	外形不整齐, 有肉未脱落	0~5
色泽	色泽呈现酱褐色, 色泽自然均匀、油润有光泽	15~20
	色泽呈现深棕色, 色泽比较自然均匀, 有一定光泽	8~14
	色泽较差、较浅或呈现黑色, 光泽度较差	0~7
口感风味	咸淡适中、咀嚼性好、细腻柔软、酱卤香味浓郁、具有酱卤鸭肫特有的风味	17~25
	偏咸或偏淡、咀嚼性较好、较硬或较软、有一定的酱卤香味	8~16
	过咸或过淡, 咀嚼性差、无酱卤香味、无酱卤鸭肫风味	0~7
组织形态	组织紧密, 表面及剖面润滑、有良好的弹性、无明显切割变形	15~20
	表面较粗糙, 边缘略有变形	8~14
	表面粗糙、边缘切割变形严重	0~7
杂质	无正常视力可见外来杂质;	15~20
	有少量杂质;	8~14
	外来杂质较多	0~7
总分	酱卤鸭肫肉制品评分	≥80

1.4 数据处理

所有实验结果采用 $\bar{x} \pm s$; 用IBM SPSS Statistics 26软件进行方差分析。采用Origin 2018软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对卤牛腱、卤鸭肫菌落总数的影响

Zhang Jiadi等^[17]研究UHPS、热杀菌以及超高温杀菌对鲜榨莴苣汁的品质影响, 结果发现3种杀菌方法对总需氧菌、酵母菌和霉菌均有良好的灭活效果。虽然菌落总数不是食品安全的直接指标, 但可以用来评估加工过程的卫生情况, 若食品中菌落总数增加, 说明该食品在其加工过程中卫生情况较差或贮藏不当^[18]。由表3可知, 与对照组相比, UHPS、RS、VRTS组的牛腱和鸭肫菌落总数均小于10 CFU/g; 贮藏90 d后, 3个处理组的菌落总数也未产生明显变化, 且未超过国家标准规定限值。而对对照组的牛腱和鸭肫, 菌落总数均从 10^2 CFU/g (第0天)

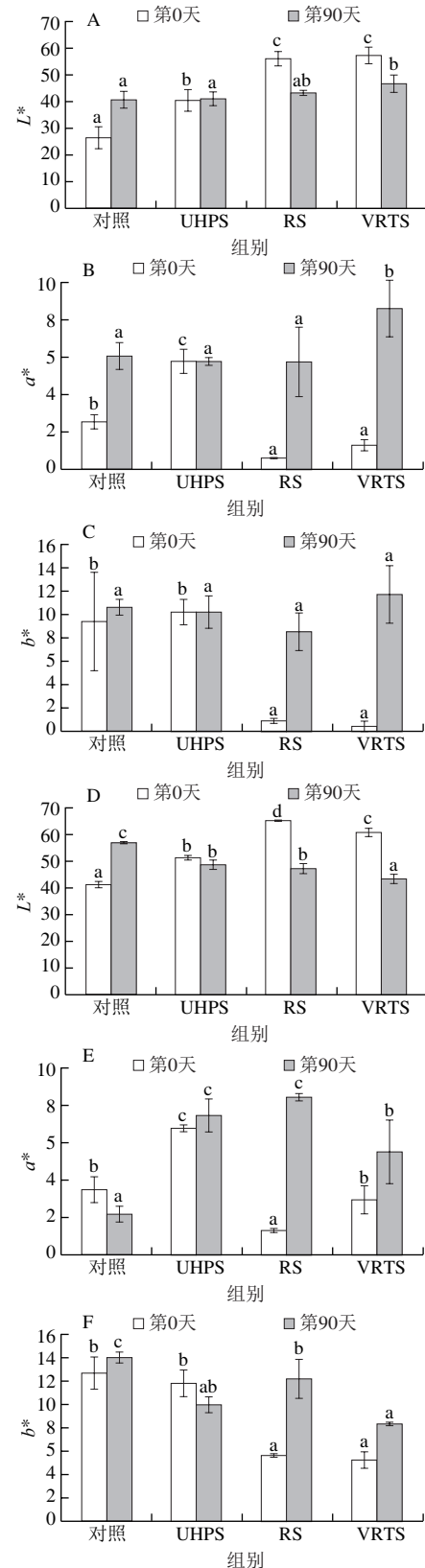
增加至 10^7 CFU/g (第90天)。结果表明, UHPS、RS、VRTS均能有效抑制微生物的快速繁殖从而延长卤牛腱和卤鸭肫的贮藏时间。UHPS能够有效杀死或抑制产品中的微生物, 其原因在于UHPS能够破坏细菌的细胞壁、细胞膜及线粒体外膜, 并且使蛋白质变性, 生物酶失去活性, 从而导致微生物死亡^[19]。Garriga等^[20]研究表明, UHPS可以有效抑制和杀死牛里脊中的大肠杆菌和酵母菌, 降低沙门氏菌和单核细胞增生李斯特菌造成的安全风险。

表3 贮藏第0天和第90天不同处理下卤牛腱、卤鸭肫菌落总数变化
Table 3 Changes in total bacterial count of marinated beef tendon and marinated duck gizzard under different sterilization treatments on storage day 0 and 90

产品	组别	贮藏时间/d	菌落总数/(CFU/g)
牛腱	对照	0	8.20×10^2
		90	8.00×10^7
	UHPS	0	<10
		90	<10
	RS	0	<10
		90	<10
	VRTS	0	<10
		90	<10
鸭肫	对照	0	8.50×10^2
		90	2.49×10^7
	UHPS	0	<10
		90	<10
	RS	0	<10
		90	<10
	VRTS	0	<10
		90	<10

2.2 不同处理对卤牛腱、卤鸭肫色泽的影响

色泽是衡量肉制品品质的重要指标^[21], 而影响色泽的因素很多, 通常蛋白质的变性、pH值改变, 水分含量变化、脂肪氧化、微生物的增殖都会对肉的色泽造成影响。由图1可知, 经过杀菌处理的2种产品在贮藏的过程中色泽变化较对照组亮度值(L^*)有所变高。而RS、VRTS组的产品较UHPS组的产品 L^* 更高。贾飞等^[22]研究发现, 通过不同压强的UHPS处理酱卤鸡腿, 其 L^* 随着压强的增加整体呈先减小后略微增大的趋势。对照组的2组产品随着贮藏时间的延长, L^* 逐渐升高, 卤鸭肫红度值(a^*)下降, 卤牛腱 a^* 升高, 2组产品的黄度值(b^*)都上升。与第0天的色度相比, 贮藏90 d后经过RS处理的2组产品和经过VRTS处理的2组产品色度包括 L^* 、 a^* 和 b^* 均变化较大。而经过UHPS处理的卤牛腱在贮藏90 d后, 色度基本不变; 卤鸭肫色度变化不明显, 此结果与陈腊梅等^[23]的报道相似。因此, UHPS组的产品颜色品质比较稳定, 说明UHPS对产品的色泽影响较小。



A~C. 卤牛腱 L^* 、 a^* 和 b^* ; D~F. 卤鸭肫 L^* 、 a^* 和 b^* 。字母不同表示相同产品、相同贮藏时间、不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

图1 贮藏第0天和第90天不同处理下卤牛腱、卤鸭肫色泽变化

Fig. 1 Changes in color parameters of marinated beef tendon and marinated duck gizzard under different sterilization treatments on storage day 0 and 90

2.3 不同处理对卤牛腱、卤鸭肫质构的影响

质构与食品的成分、微观和宏观结构有关,是决定食品可接受性的重要因素之一。所有的加工方法,无论是热处理还是非热处理,都会影响质构特性^[24-25]。牛腱为牛的运动部位,肌肉发达,以瘦肉、肉筋和筋膜为主,肉质坚实^[26]。

表4 贮藏第0天和第90天不同处理下卤牛腱、卤鸭肫质构变化

Table 4 Changes in texture of marinated beef tendon and marinated duck gizzard under different sterilization treatments on storage day 0 and 90

产品	组别	贮藏时间/d	硬度/N	内聚力	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
牛腱	对照	0	39.22±3.11 ^c	0.56±0.11 ^c	4.06±0.10 ^c	26.73±4.92 ^c	124.00±6.03 ^c
		90	30.16±6.45 ^b	0.38±0.04 ^b	5.09±0.88 ^b	14.48±0.70 ^c	50.66±11.04 ^b
	UHPS	0	24.52±5.06 ^b	0.34±0.04 ^b	3.88±0.57 ^c	10.5±0.42 ^b	40.57±4.40 ^b
		90	8.16±2.70 ^a	0.27±0.19 ^{AB}	2.71±1.63 ^A	2.18±0.35 ^b	6.39±2.26 ^A
	RS	0	7.88±0.85 ^a	0.13±0.03 ^a	1.69±0.27 ^a	1.50±0.10 ^a	2.56±0.57 ^a
		90	2.92±0.23 ^a	0.17±0.02 ^A	1.22±0.10 ^A	0.63±0.05 ^A	0.85±0.04 ^A
	VRTS	0	4.42±1.43 ^a	0.23±0.00 ^a	2.87±0.63 ^b	1.37±0.40 ^a	3.96±1.39 ^a
		90	4.22±2.37 ^a	0.10±0.02 ^A	2.34±0.49 ^A	1.18±0.52 ^A	2.91±1.74 ^A
	对照	0	44.11±2.11 ^b	0.52±0.02 ^b	4.22±0.09 ^{bc}	28.08±1.81 ^b	118.34±6.72 ^b
		90	43.03±2.91 ^b	0.40±0.08 ^{BC}	3.89±0.34 ^b	22.67±3.92 ^B	93.20±2.08 ^b
	UHPS	0	43.29±5.15 ^b	0.56±0.03 ^b	4.44±0.13 ^c	28.85±3.60 ^b	128.49±19.44 ^b
		90	36.23±3.89 ^b	0.47±0.07 ^c	4.88±0.13 ^C	20.35±4.84 ^B	99.64±25.84 ^b
鸭肫	RS	0	27.96±3.39 ^a	0.34±0.02 ^a	3.83±0.16 ^a	13.45±2.42 ^a	51.78±11.23 ^a
		90	24.26±2.80 ^A	0.24±0.02 ^A	3.54±0.37 ^b	9.50±1.49 ^A	33.71±6.43 ^A
	VRTS	0	27.50±1.15 ^a	0.31±0.03 ^a	3.90±0.32 ^b	11.00±0.87 ^a	42.81±3.92 ^a
		90	24.56±4.60 ^A	0.29±0.04 ^{AB}	2.66±0.45 ^A	13.32±2.71 ^A	40.96±6.87 ^A

注:同列小写字母不同,表示第0天不同处理差异显著($P<0.05$);同列大写字母不同,表示第90天不同处理差异显著($P<0.05$)。

由表4可知,不同处理均使产品的硬度下降,贮藏第0天的UHPS、RS、VRTS组的卤牛腱硬度较初值分别下降了37.48%、79.91%和88.73%,其中VRTS组硬度下降最快。不同处理组的卤牛腱的内聚力、弹性、胶黏性及咀嚼性的变化与硬度变化较一致,表明高温处理对卤牛腱的质构影响较大,而UHPS能较好的保持产品的质构属性。这与Hayashi等^[27]的研究结果相似。贮藏90 d后,对照组的卤牛腱内聚力、胶黏性和咀嚼性有所下降,产品的质构变化较大。相对RS组,UHPS、VRTS组能较好的维持卤牛腱的质构属性。

鸭肫即鸭胃,肉质紧密^[28],其酱卤制品嚼劲十足,硬度、弹性和咀嚼性是表征鸭肫质地和品质的重要指标。不同处理均使产品的硬度下降,UHPS、RS、VRTS组的卤鸭肫硬度较初值分别下降1.86%、36.61%和37.66%,其中VRTS组硬度下降最快,UHPS组的卤鸭肫硬度保持较好。这是因为硬度主要与产品的含水率有关,水分含量的下降导致硬度下降,说明UHPS对有利于卤鸭肫的保水性,同时也解释了UHPS组鸭肫弹性、胶黏性及咀嚼性等质构属性与对照组较为接近。胡小军等^[29]发现通过UHPS处理后,虾滑的持水性随着压力和时间增加出现先增大后减小的趋势。持水性的增加可能是因为UHPS促进了蛋白质解聚,增加了溶解度,从而促进了蛋白质结构的展开和交联,使蛋白质结合更多的水分

子^[30]。贮藏90 d后,对照组的产品硬度、内聚性、弹性、胶黏性及咀嚼性均有一定下降,产品质构变化较大。相对RS组,UHPS、VRTS组能较好维持卤鸭肫的质构属性。李海露^[31]的研究表明,UHPS能够有效保持卤制蛤蜊产品在贮藏期的质构品质,其中经过巴氏杀菌和高温杀菌的产品硬度、弹性、咀嚼性都仅维持了10~20 d,而经过UHPS的产品质构能够有效维持40 d。

2.4 不同处理对卤牛腱、卤鸭肫感官品质的影响

一般来说,感官实验总是用于初步分析测定产品加工过程中的风味、口感和总体可接受性^[32]。图2显示了杀菌和未杀菌的2种产品第0天的感官单项评分。其中,对照组的外观形态、口感风味和色泽皆不如3个处理组。因为适当的热处理可以改善肉制品的色泽和风味^[33],UHPS能使肉制品嫩化,提高其保水性,促进肉制品的成熟,从而也改善肉制品的风味^[34]。但是在热杀菌过程中,肉制品中的水分和油脂析出,肌肉组织软烂,缺乏弹性,从而导致其口感风味变差。因此,UHPS组的产品感官评分最高。

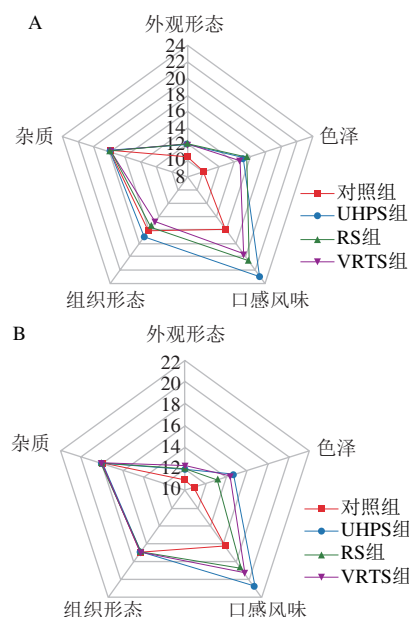


图2 不同处理对第0天牛腱感(A)和鸭肫(B)官单项评分的影响

Fig. 2 Effects of different sterilization treatments on sensory scores of marinated beef tendon (A) and duck gizzard (B) on day 0

表5 贮藏第0天和第90天不同处理下卤牛腱、卤鸭肫感官品质变化

Table 5 Changes in sensory quality of marinated beef tendon and marinated duck gizzard under different sterilization treatments on storage day 0 and 90

产品	组别	贮藏时间/d	感官评分
牛腱	对照	0	70.40±0.53 ^a
		90	—
	UHPS	0	83.10±0.44 ^d
		90	82.30±0.46 ^c
	RS	0	81.80±0.46 ^c
		90	81.20±0.66 ^b
	VRTS	0	78.70±0.20 ^b
		90	77.40±0.53 ^A



续表5

产品	组别	贮藏时间/d	感官评分
鸭肫	对照	0	73.20±0.20 ^a
		90	—
	UHPS	0	82.50±0.36 ^d
		90	81.40±0.44 ^c
	RS	0	79.00±0.46 ^b
		90	78.80±0.70 ^A
	VRTS	0	80.90±0.17 ^c
		90	80.20±0.53 ^B

注：—产品已变质。

由表5可知，对照组在贮藏90 d后，出现异味，产品变质。表明对照组的腐败较快，对比处理组，感官品质下降较快。对照组产品虽然保留了一定的色泽和组织状态，但90 d后微生物的过度繁殖，脂质过氧化分解且产生了异味^[35]，从而导致可接受度为零。3个处理组感官品质下降速率远低于对照组。由表5可知，经过UHPS处理的卤牛腱与RS卤牛腱的感官品质较好，经过90 d贮藏后感官品质依旧较好；经过UHPS处理的卤鸭肫与VRTS卤鸭肫的感官品质经过90 d贮藏后依旧较好。因此，UHPS处理对产品感官评价有较好影响。

3 结论

不同杀菌方式对卤牛腱和卤鸭肫的品质变化造成不同程度的影响，其中第0天时经UHPS处理的产品感官品质最佳，与对照组相比，3个处理组的 L^* 均变化显著，RS组和VRTS组的 b^* 也变化显著，而UHPS组产品的 b^* 与对照组无明显差异，UHPS组产品的硬度下降最小。在贮藏过程中，3种杀菌方式（UHPS、RS、VRTS）均能够有效抑制微生物的生长。第90天时，对照组的2种产品硬度、内聚性、弹性、胶黏性及咀嚼性均有所下降，而经过灭菌处理的产品都能保持较好的质构；对照组2种产品的 L^* 、 b^* 均升高，卤牛腱的 a^* 升高，卤鸭肫的 a^* 下降，RS组和VRTS组 L^* 、 a^* 、 b^* 均变化较大，而UHPS组的色度基本保持不变，说明与RS和VRTS相比，UHPS可以更好保持产品的色度；因此与本研究其他杀菌方式相比，UHPS处理不仅可以延长产品的货架期，还能改善并保持产品较好的品质，给人们提供更美味、卫生、安全的食品。

参考文献：

- [1] 魏青柳. 可食性抑菌保鲜膜的制备及其在酱卤肉制品中的应用[D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2023: 1-2.
- [2] HUANG M S, ZHANG M, BHANDARI B. Recent development in the application of alternative sterilization technologies to prepared dishes: a review[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2019, 59(7): 1188-1196. DOI:10.1080/10408398.2017.1421140.
- [3] ISLAM R B, POONAM S, KUMAR S S. A comprehensive review on impact of non-thermal processing on the structural changes of food components[J]. Food Research International, 2021, 149: 110647. DOI:10.1016/j.foodres.2021.110647.

- [4] BOZIARIS I S, PARLAPANI F F, MIRELES DEWITT C A. High pressure processing at ultra-low temperatures: inactivation of foodborne bacterial pathogens and quality changes in frozen fish fillets[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2021, 74: 102811. DOI:10.1016/j.ifset.2021.102811.
- [5] 陈方雪, 王世哲, 邱文兴, 等. 超高压和辐照杀菌对鲈鱼冷藏期间品质的影响[J]. 肉类研究, 2023, 37(6): 34-40. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230413-029.
- [6] GUO Q S, SUN D W, CHENG J H, et al. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry[J]. Trends in Food Science Technology, 2017, 67: 236-247. DOI:10.1016/j.tifs.2017.07.007.
- [7] 张根生, 刘欣慈, 岳晓霞, 等. 超高压和巴氏杀菌对蛋清蛋白结构及起泡性能的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(1): 119-126. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20201130-307.
- [8] MARTA C, ANETA C, OLGA Š, et al. Effect of high pressure processing on biogenic amines content in skin-packed beef during storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2023, 175: 114483. DOI:10.1016/j.lwt.2023.114483.
- [9] SARDÃO R, AMARAL R, ALEXANDRE E M C, et al. Effect of high-pressure processing to improve the safety and quality of an Quercus acorn beverage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 149: 111858. DOI:10.1016/j.lwt.2021.111858.
- [10] YAN L, LI T, LIU C H, et al. Effects of high hydrostatic pressure and superfine grinding treatment on physicochemical/functional properties of pear pomace and chemical composition of its soluble dietary fibre[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 107: 171-177. DOI:10.1016/j.lwt.2019.03.019.
- [11] VALERII S, MA H J, LI Y P. Effect of high pressure processing on meat and meat products: a review[J]. Ukrainian Food Journal, 2019, 8(3): 448-469. DOI:10.1016/S0309-1740(97)00017-X.
- [12] 吴永祥, 王玉, 袁德现, 等. 超高压处理对臭鳊鱼细菌群落结构和品质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(7): 81-87. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210208-144.
- [13] ZHAO J, ZHANG Y M, CHEN Y, et al. Sensory and volatile compounds characteristics of the sauce in bean paste fish treated with ultra-high-pressure and representative thermal sterilization[J]. Foods, 2022, 12(1): 109. DOI:10.3390/foods12010109.
- [14] 陈君玉, 孙渊, 饶雷, 等. 基于不同杀菌方式的红烧肉内脂质和挥发性成分的差异分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(14): 345-353. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021100300.
- [15] JOANNA M, MARTA C, JOANNA K, et al. Effect of microwave heating on the acrylamide formation in foods[J]. Molecules, 2020, 25(18): 4140. DOI:10.3390/molecules25184140.
- [16] TOMASEVIC I, DJEKIC I, FONT-I-FURNOLS M, et al. Recent advances in meat color research[J]. Current Opinion in Food Science, 2021, 41: 81-87. DOI:10.1016/j.cofs.2021.02.012.
- [17] ZHANG J D, CHEN J X, LI Z X, et al. Effects of ultra-high pressure, thermal pasteurization, and ultra-high temperature sterilization on color and nutritional components of freshly-squeezed lettuce juice[J]. Food Chemistry, 2024, 435: 137524. DOI:10.1016/j.foodchem.2023.137524.
- [18] 刘芳, 兰全学, 李碧芳, 等. 国内外即食食品微生物限量标准解析[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(2): 215-223. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2017.02.015.
- [19] 孙梦, 冉佩灵, 黄业传, 等. 超高压杀菌对低盐切片腊肉风味及理化性质的影响[J]. 食品工业科技, 2024, 45(2): 101-109. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2023040209.

- [20] GARRIGA M, GRÈBOL N, AYMERICH M, et al. Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2004, 5(4): 451-457. DOI:10.1016/j.ifset.2004.07.001.
- [21] 齐婷婷, 张一敏, 杨啸吟, 等. 氧化应激对牛肉肉色及其稳定性的影响研究进展[J]. *食品科学*, 2023, 44(7): 260-266. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220516-213.
- [22] 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. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701004.
- [23] 陈腊梅, 唐善虎, 李思宁, 等. 超高压处理对牦牛肉贮藏性能的影响[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(6): 351-360. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2022050020.
- [24] GOKUL NATH K, PANDISELVAM R, SUNIL C K. High-pressure processing: effect on textural properties of food: a review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2023, 351: 111521. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2023.111521.
- [25] BAJOVIC B, BOLUMAR T, HEINZ V. Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products[J]. *Meat Science*, 2012, 92(3): 280-289. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.04.024.
- [26] 赵改名, 候建彪, 祝超智, 等. 南阳黄牛不同部位肉品质特性差异分析[J]. *肉类研究*, 2022, 36(9): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220726-086.
- [27] HAYASHI R, KAWAMURA Y, NAKASA T, et al. Application of high pressure to food processing: pressurization of egg white and yolk, and properties of gels formed[J]. *Agricultural and Biological Chemistry*, 2014, 53(11): 2935-2939. DOI:10.1080/00021369.1989.10869784.
- [28] 欧阳灿, 江祖彬, 雷镇欧, 等. 麻辣干卤鸭肫的工艺研究[J]. *肉类工业*, 2019(6): 9-12; 15. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2019.06.003.
- [29] 胡小军, 李春兰, 王标诗, 等. 超高压处理对虾滑预制菜品品质特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(11): 88-94. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2022070243.
- [30] 李钊, 秦荣, 袁孝瑞, 等. 超高压对鲤鱼肉糜-MgCl₂凝胶特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(16): 53-58. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020120081.
- [31] 李海露. 四角蛤蜊卤制风味产品的加工工艺及贮藏品质研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2020: 23-24. DOI:10.27190/d.cnki.gjzsc.2020.000351.
- [32] SHIRLY L, EYAL S. Effect of ultrahigh-temperature continuous ohmic heating treatment on fresh orange juice[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(9): 3519-3524. DOI:10.1021/jf0481204.
- [33] 吕经秀, 张新笑, 李蛟龙, 等. 热处理对肉品脂质氧化的影响研究进展[J]. *肉类研究*, 2022, 36(2): 53-58. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20211013-218.
- [34] 唐丽, 白婷, 张佳敏, 等. 非热技术在肉品加工中的研究进展[J]. *四川农业科技*, 2023(6): 69-73. DOI:10.3969/j.issn.1004-1028.2023.06.022.
- [35] 周彬静, 刘小花, 彭菁, 等. 荧光假单胞菌和热杀索丝菌对低温贮藏期间猪肉品质变化的影响[J]. *食品科学*, 2022, 43(19): 208-216. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20211010-093.