

超高压处理对法兰克福香肠理化及感官品质的影响

王洋, 高杨, 戴瑞彤, 郑海涛, 李平兰*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要: 为探讨超高压处理对法兰克福香肠理化及感官品质的影响, 采用200MPa(5、10min), 400MPa(5、10min)和600MPa(5、10min)对真空包装法兰克福香肠进行二次杀菌处理。连续监测样品冷藏过程中pH值、挥发性盐基氮(TVB-N)、脂肪氧化(TBA-RS)、质构、色泽和感官品质的变化。结果表明: 超高压处理可以减缓法兰克福香肠保藏过程中pH值的降低, 挥发性盐基氮的生成, 但会增加脂肪氧化程度; 另外会提高亮度, 降低红度; 降低硬度, 增加内聚力; 延缓感官品质的下降。

关键词: 超高压; 真空包装; 法兰克福香肠; 理化; 感官

Effect of Ultra High Hydrostatic Pressure Treatment on Physicochemical Properties and Sensory Quality of Frankfurter Sausages

WANG Yang, GAO Yang, DAI Rui-tong, ZHENG Hai-tao, LI Ping-lan*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study was aimed to evaluate the effect of ultra high hydrostatic pressure treatment on physicochemical properties and sensory quality of Frankfurter sausages. Vacuum packaged samples were sterilized at various conditions of ultra high pressure: 200, 400 MPa and 600 MPa (for 5 or 10 min at each pressure). Variations in pH, TVB-N, TBA-RS, texture properties, color parameters, and sensory quality were regularly measured during cold storage of Frankfurter sausages. The results showed that ultra high hydrostatic pressure treatment delayed the decline of pH and the formation of TVB-N, but aggravated lipid oxidation. In addition, ultra high hydrostatic pressure treatment resulted in an increase in the brightness and cohesiveness of Frankfurter sausages and a decrease in the redness and hardness. As a result, it can be concluded that ultra high hydrostatic pressure treatment can delay quality deterioration of Frankfurter sausages.

Key words: high hydrostatic pressure; vacuum-packed; frankfurter; physicochemical; sensory

中图分类号: TS251

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2012)08-0001-05

超高压处理作为一种新型非热加工技术, 可以应用于食品改性、灭酶、食品杀菌、水产品脱壳等。超高压处理在达到加工目的的同时, 能够很好的保持食品原有的风味、色泽、营养品质, 因此得到广泛的应用与研究。

目前, 超高压处理已应用于某些肉与肉制品的加工, 如切片火腿, 帕尔马火腿(parma ham)、西班牙风干火腿(serrano ham)、色拉米香肠(salami)、意大利熏火腿(prosciutto), 烤鸡等^[1]。研究表明超高压处理可以降低并延缓肉制品有害微生物及主要腐败菌的生长, 消除致病风险, 延长货架期^[2-3]。另外, 超高压还能提高肉制品嫩度, 改善其感官品质^[4]。也有研究表明, 高压处理对肉制品的理化和感官品质也有不良影响, 如引起肉制品脂肪

氧化, 诱导红色的变化, 使其看起来有被煮熟的外观^[5]。

法兰克福香肠是一类低温肉制品, 风味独特、营养丰富, 深受消费者喜爱。但由于制作过程热处理水平低, 包装时易被二次污染^[6], 所以法兰克福香肠的货架期很短, 即使在真空包装且冷链保藏的条件下, 货架期也只有20d左右^[7]。

在以上的研究背景下, 本实验室采用超高压处理对低温肉制品(法兰克福香肠和切片火腿)进行包装后二次杀菌, 结果显著延长了其微生物货架期^[8-9]。本研究超高压处理对法兰克福香肠理化和感官品质的影响, 进一步验证超高压作为法兰克福香肠包装后二次杀菌技术的可行性。

收稿日期: 2012-07-01

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(200903012); 国家“863”计划项目(2011AA100805)

作者简介: 王洋(1986—), 女, 博士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: chaosheng5@163.com

*通信作者: 李平兰(1960—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品微生物。E-mail: lipinglan420@126.com

1 材料与amp;方法

1.1 材料

法兰克福香肠[配料(kg): 瘦肉38.5、肥肉16.5、纯净水35、淀粉6、鸡蛋0.5、食盐1.8、香辛料0.2、亚硝酸盐0.006] 北京市第五肉联厂。

1.2 仪器与amp;设备

PB-10 pH计 德国赛多利斯公司; DNP-9162型电热恒温培养箱 上海精宏试验设备有限公司; WH-3微型旋涡混合仪 上海沪西分析仪器厂; SCL-1300型垂直直流洁净工作台 北京赛伯乐实验仪器有限公司; 海尔BCD-649WADV电冰箱 青岛海尔股份有限公司; GB303电子天平 上海梅特勒-托利多集团; 定量移液器 美国热电公司; 特制研究型超高压设备 中国内蒙古包头科发高压技术开发责任有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

原料修整→预腌→绞肉→斩拌→灌肠(肠衣直径为(22±1)mm)→烟熏与amp;烘烤(肠中心温度70~80℃, 时间2h)→冷却→成品→真空包装, 每根香肠质量为(30±5)g, 每5根一个包装。采用纤维胶原蛋白肠衣, 真空包装袋为聚酰胺/聚乙烯(PA/PE比为20/100), 20℃时的透氧率为24cm³/(m²·d)。

1.3.2 超高压处理

样品生产完成后, 立即低温(0℃)避光运送至实验室进行高压处理。采用的超高压设备可提供大于600MPa的高静水压。样品的压力处理设置为200MPa、5min, 200MPa、10min, 400MPa、5min, 400MPa、10min, 600MPa、5min和600MPa、10min以未进行二次灭菌的法兰克福香肠作为空白对照, 所有处理在室温((20±5)℃)条件下完成。

1.3.3 样品贮藏

处理后的样品于(4±1)℃避光冷藏60d, 以超高压处理后时刻为保藏的第1天, 每隔10d取样一次, 当样品感官品质不可接受时停止取样。每个处理设置2次重复, 3个平行, 取平均值分析。

1.3.4 感官评价

感官评价评分标准见表1^[10-11], 评定小组由7位具有3年以上专业经验的人员组成, 自然灯光下进行, 每次评定在早上10点进行, 房间温度控制在22℃, 对样品的纹理、气味、出水量、黏度等指标进行评分。数据采用定量描述分析(quantitative descriptive analysis, QDA)。

1.3.5 质构测定

质构测定参照Chéret等^[12]的方法进行。法兰克福香肠切成长×宽×高约为1.4cm×1.4cm×2.0cm的长方体, 质构测定采用二次压缩法, 参数设置为: 速度为24 mm/min, 压缩比为50%, 压缩距离为10mm, 两次压缩间歇5s。每个样品6次重复, 每个处理设置2个平行, 取平均值计算。

表1 法兰克福香肠感官评价评分标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of Frankfurter sausages

评定项目	得分标准			
	9~10分	6~8分	3~5分	0~2分
色泽	香肠固有淡红色	红色稍暗	接近褐色	褐色
气味	香肠固有的气味, 无异味	稍有异味	异味较严重	臭味
出水量	无出水现象	少量出水	出水较多	出水很多
黏度	外表湿润, 不粘手	稍有粘手	比较粘手	十分粘手
总体可接受性	乐于接受	容易接受	勉强接受	不能接受

1.3.6 色泽测定

据CIE(国际照明委员会)及GB7921—1997《均匀色空间和色差公式》规定, 采用色差计, 光源为D65(相当于色温为6500K的白昼光), 以标准板标定, 测定法兰克福香肠的亮度值(L*值)红度值(a*值)黄度值(b*值)。颜色测定于感官评定室自然灯光下进行。每个样品重复测定6次。每个处理设置2个平行, 取平均值分析。同时对处理组和对照组间总色泽差异值TCD (total color difference)进行评价^[13]。TCD计算如下式所示。

$$TCD = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

1.3.7 理化指标测定

pH值: 按GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中pH值的测定方法进行; 脂肪氧化硫代巴比妥酸还原值(TBARS值): 按GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中TBARS值的测定方法进行; 挥发性盐基氮(TVB-N): 按GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中TVB-N的测定-半微量定氮法进行。

1.4 数据分析

实验数据以“平均值±标准差”表示。数据统计采用SPSS.12进行单因素方差分析及SNK检验(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 超高压处理对法兰克福香肠感官品质的影响

超高压处理对法兰克福香肠初始的感官品质没有显著影响(结果未列出)。随着保藏时间的延长, 各处理组样品的感官得分出现不同程度的降低。其中空白对照组感官得分下降最快(P<0.05), 在保藏第10天时, 有一定的出汁现象, 黏度增加、弹性下降、色泽变暗, 但仍可接受。到第20天时, 产生不良气味, 涨袋, 失去弹性, 汁液流失, 黏度增加, 变为褐色。感官得分下降到5分以下, 表明空白对照组的感官货架期不大于20d。相比之下, 经过超高压处理的样品感官品质下降速度减缓(图1), 而且压力越高, 感官品质的下降越缓慢。其中600MPa(10min)处理组在保藏的60d内感官得分一直保持在5分以上。

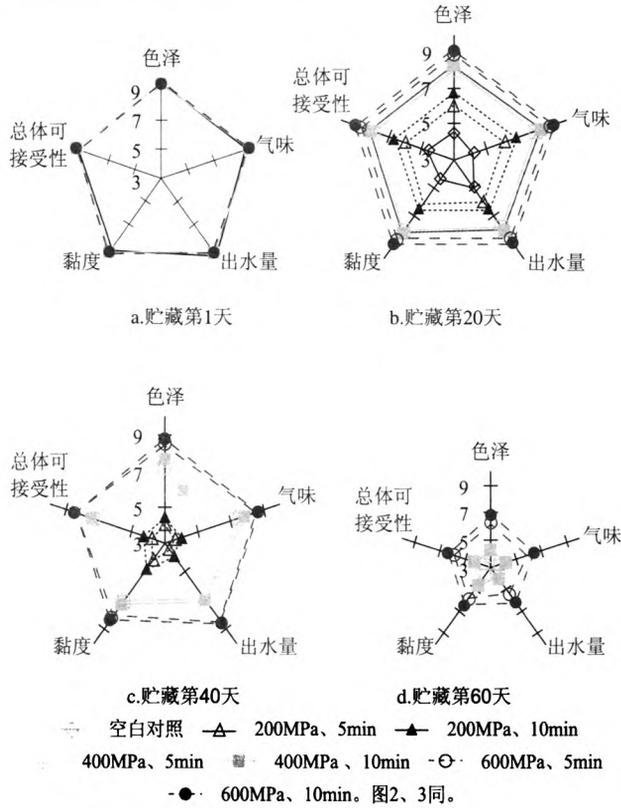


图1 法兰克福香肠感官得分
Fig.1 Sensory analysis of Frankfurter sausages

表2 超高压处理对法兰克福香肠初始硬度、内聚力、黏度、弹性的影响

Table 2 Effect of ultra high hydrostatic pressure treatment on hardness, cohesiveness, adhesiveness, springiness of Frankfurter sausages

质构参数	空白对照	200MPa		400MPa		600MPa	
		5min	10min	5min	10min	5min	10min
硬度	7.06 ^a	6.92 ^b	6.83 ^b	6.75 ^c	6.72 ^c	5.65 ^d	5.60 ^d
弹性	0.87 ^a	0.88 ^a	0.86 ^a	0.85 ^a	0.88 ^a	0.87 ^a	0.87 ^a
黏性	4.52 ^a	4.53 ^a	4.52 ^a	4.51 ^a	4.50 ^a	4.53 ^a	4.52 ^a
内聚力	0.79 ^a	0.80 ^b	0.82 ^{bc}	0.82 ^{bcd}	0.83 ^{cde}	0.84 ^{de}	0.85 ^e

注: 同行数据肩标不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。

表3 法兰克福香肠贮藏期间色泽变化分析

Table 3 Color analysis of Frankfurter sausages stored at 4 °C

处理	保存时间/d	空白	200MPa		400MPa		600MPa	
			5min	10min	5min	10min	5min	10min
亮度值 (CIE L^*)	0	64.16 ± 0.09 ^{xy}	64.23 ± 0.15 ^{xy}	64.17 ± 0.09 ^{xy}	64.22 ± 0.09 ^{xy}	64.46 ± 0.09 ^{yz}	64.33 ± 0.09 ^{yz}	64.42 ± 0.09 ^{yz}
	20	63.00 ± 0.11 ^{bx}	62.44 ± 0.08 ^{ax}	62.38 ± 0.13 ^{ax}	62.43 ± 0.09 ^{xy}	62.93 ± 0.09 ^{by}	63.17 ± 0.09 ^{cy}	63.58 ± 0.09 ^{dy}
	40				60.56 ± 0.09 ^{ax}	59.97 ± 0.09 ^{ax}	61.82 ± 0.09 ^{bx}	62.34 ± 0.09 ^{cx}
	60					57.12 ± 0.09 ^{aw}	60.24 ± 0.09 ^{bw}	61.09 ± 0.09 ^{cw}
红度值 (CIE a^*)	0	16.06 ± 0.09 ^{cx}	16.02 ± 0.09 ^{cx}	15.93 ± 0.09 ^{cx}	15.88 ± 0.09 ^{bx}	15.71 ± 0.09 ^{by}	15.51 ± 0.09 ^{xy}	15.34 ± 0.09 ^{ax}
	20	16.08 ± 0.09 ^{bx}	15.94 ± 0.09 ^{bx}	16.01 ± 0.09 ^{bx}	15.93 ± 0.09 ^{bx}	15.64 ± 0.09 ^{aby}	15.35 ± 0.09 ^{ax}	15.16 ± 0.09 ^{ax}
	40				15.84 ± 0.09 ^{ax}	15.32 ± 0.09 ^{ax}	15.25 ± 0.09 ^{cx}	15.24 ± 0.09 ^{bx}
	60					15.24 ± 0.09 ^{ax}	15.29 ± 0.09 ^{ax}	15.25 ± 0.09 ^{bx}
黄度值 (CIE b^*)	0	15.80 ± 0.09 ^{ax}	15.75 ± 0.09 ^{ax}	15.73 ± 0.09 ^{ax}	15.69 ± 0.09 ^{ax}	15.80 ± 0.09 ^{aw}	15.83 ± 0.09 ^{aw}	15.67 ± 0.09 ^{aw}
	20	18.99 ± 0.09 ^{cy}	18.51 ± 0.09 ^{dy}	17.92 ± 0.09 ^{cy}	17.07 ± 0.09 ^{by}	17.10 ± 0.09 ^{bx}	17.01 ± 0.09 ^{bx}	16.82 ± 0.09 ^{ax}
	40				19.93 ± 0.09 ^{dz}	19.77 ± 0.09 ^{cy}	19.44 ± 0.09 ^{bt}	17.35 ± 0.09 ^{cy}
	60					20.19 ± 0.09 ^{cz}	19.97 ± 0.09 ^{bz}	19.20 ± 0.09 ^{yz}

注: 不同的字母 a、b、c 表示同行数据有显著性差异, $P < 0.05$; x、y、z 表示同列数据有显著性差异, $P < 0.05$ 。

2.2 超高压处理对法兰克福香肠质构的影响

如表2所示, 超高压处理能降低法兰克福香肠初始的硬度, 硬度降低的程度与压力有关, 压力越高, 硬度降低越多。另外超高压处理能提高法兰克福香肠初始内聚力, 提升的程度与压力有关, 压力越高, 提升的越大。在压力相同的条件下, 5min和10min处理组的硬度和内聚力没有显著差异($P < 0.05$)。此外, 超高压处理对法兰克福香肠初始的弹性和黏性没有显著影响。

2.3 超高压处理对法兰克福香肠色泽的影响

随着保藏时间的延长, 各组样品的亮度(L^*)逐渐降低, 红度(a^*)保持稳定, 黄度(b^*)逐渐升高, 如表3所示, 这与感官品评中外观色泽变暗, 逐渐由粉红色变为棕色的现象一致。与空白对照组相比, 200MPa(5、10min)处理组的色泽在整个保藏过程中没有显著差异。而400MPa(5、10min)和600MPa(5、10min)处理组样品的亮度高, 红度低。并且600MPa对色泽的影响程度大于400MPa。在相同压力水平下, 处理时间的延长也会增强对色泽的影响。

另外, 从各样品保藏过程中总色泽差异度值的变化(图2)可以发现, 超高压处理可以减缓色泽的变化, 并且在相同保藏时间内, 压力越大样品色泽的变化幅度越小。600MPa(10min)处理组在整个贮藏过程中变化幅度最小。

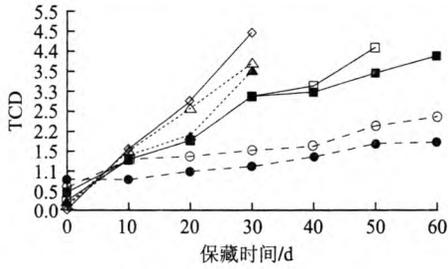


图2 超高压处理对法兰克福香肠贮藏过程中TCD的影响
Fig.2 Effect of ultra high hydrostatic pressure treatment on TCD of Frankfurter sausages during storage at 4 °C

2.4 高压处理对法兰克福香肠化学指标的影响

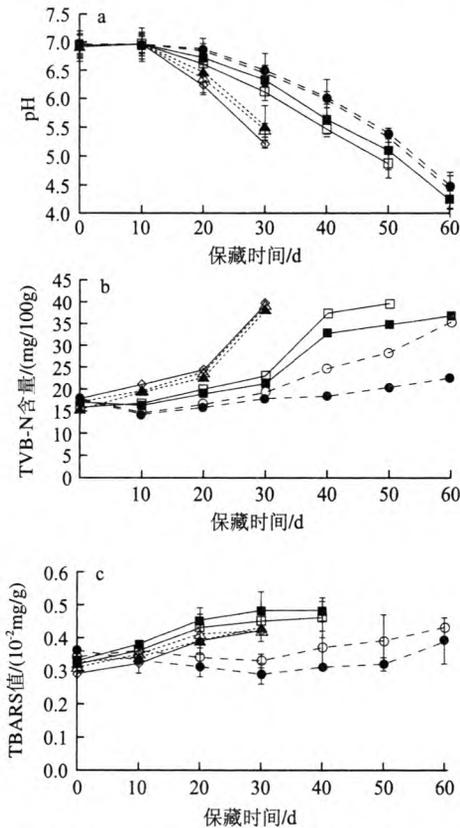


图3 法兰克福香肠贮藏过程中指标pH值(a)、TVB-N(b)和TBARS(c)的变化
Fig.3 Effect of ultra high hydrostatic pressure treatment on chemical indexes of Frankfurter sausages during storage at 4 °C

图3显示了各组样品贮藏过程中化学指标(pH值、TVB-N、TBARS)的变化情况。真空包装法兰克福香肠(空白对照组样品)的初始pH值为 6.91 ± 0.12 。超高压处理对香肠初始的pH值没有显著影响($P < 0.05$)。各组样品在贮藏过程中pH值逐渐降低。与空白对照组相比,超高压处理降低了pH值的下降速率,并且压力越高,pH值下降越缓慢。

另外,与空白对照组含量(17.92 ± 0.49)mg/100g相比,超高压处理并未对样品的初始的TVB-N含量造成影响($P < 0.05$)。但随着贮藏时间的延长,超高压处理组样品

挥发性盐基氮的含量显著低于空白对照组。并且在相同贮藏时间下,处理压力越高样品的TVB-N含量越低。另一方面,在处理压力和贮藏时间相同的情况下,10min处理组较5min处理组的TVB-N含量低($P < 0.05$)。

不同处理法兰克福香肠的脂肪氧化情况如图3c所示,超高压处理组初始脂肪氧化值高于空白对照组,且处理压力越高脂肪氧化值越高,但都在可以接受的水平。在贮藏过程中,空白对照组与200MPa(5min, 10min)和400MPa(5、10min)处理组TBARS值缓慢上升,且压力处理组的数值一直高于空白对照组。而600MPa(5、10min)处理组的TBARS值在贮藏前30d内缓慢下降,并保持在较低水平,之后又逐渐上升。

3 讨论

3.1 超高压处理对法兰克福香肠感官品质的影响

很多研究表明超高压处理会影响肉制品的结构与质地,包括硬度、弹性、内聚力、胶黏度和咀嚼性等。Sun Xiongdong等^[1]对这种影响进行了综述,指出超高压处理使蛋白质非共价键破裂,并造成蛋白质改性,聚集及凝胶化,从而影响了肉制品的感官品质,并且影响的效果因肉制品及处理的条件而异。本研究结果表明200、400、600MPa的超高压处理都会使法兰克福香肠的硬度降低。这与韩衍青等^[14]的报道相同,但与其不同,Crehan等^[4]报道300MPa的超高压会提高法兰克福香肠的硬度,降低内聚力;Fernandez等^[15]发现200MPa的超高压处理可以增加鸡肉糜的硬度。Fuentes等^[16]也证明600MPa、6min处理会增加干腌香肠的硬度。这可能与压力处理的强度以及肉制品的特性有关。总之,超高压对硬度的降低,对法兰克福香肠品质造成了不良的影响。另一方面,研究结果表明200、400、600MPa的超高压处理使法兰克福香肠的内聚力增加,这提高了法兰克福香肠的品质,该结果也与其他研究^[4,13-15]结果相符。

超高压处理会提高法兰克福香肠的亮度,降低红度。这与Grossi等^[17]的报道类似,他们发现500MPa和600MPa的超高压处理会使猪肉香肠的亮度增加,红度降低。Crehan等^[4]也发现超高压会降低红度,可能是由球蛋白变性或者亚铁肌红蛋白(ferrous myoglobin)氧化为高铁肌红蛋白引起的(ferric metmyoglobin)。

3.2 超高压处理对法兰克福香肠理化学品质的影响

研究发现经过超高压处理的样品pH值下降和挥发性盐基氮的生成显著受到抑制。低温肉制品贮藏过程pH值下降主要是由产酸微生物活动造成的,TVB-N的生成也是微生物代谢的结果。本团队前期研究^[8]已证明超高压处理可以显著抑制法兰克福香肠中微生物的生长。并且压力水平是影响微生物生长的关键因素。这与本实验的研究结果相吻



合。另外400MPa与600MPa处理组样品的TVB-N在保藏前期呈下降趋势。这可能是由于肉自身的缓冲能力将高压产生部分蛋白降解形成的碱性含氮物质溶解,从而使得在保藏初期采取较高压力处理组的TVB-N含量降低。对于脂肪氧化的情况而言,200 MPa(5min, 10min)和400MPa(5min, 10min)处理促进了法兰克福香肠的脂肪氧化。高压处理对脂肪氧化诱导早有报道,如Cheah等^[18]发现,用高于300MPa的压力处理猪肉馅会增加其脂肪氧化程度。对于此现象,目前有两种解释:一是高压可导致色素蛋白变性,释放铁等金属离子,而金属离子可以促进脂肪氧化^[18-19],另外一种是高压使肌纤维系统破坏,导致易氧化的脂类物质暴露,从而加速氧化。关于压力大小对脂肪氧化程度的影响,本研究发现400MPa处理组样品的脂肪氧化程度高于200MPa处理组。这与Andrés等^[20]的观点一致,他们认为较低的压力对脂肪氧化影响较小。而当压力大于300MPa时,脂肪氧化的程度才会明显增加,并且300~400MPa之间的压力对肉制品的脂肪氧化程度有关键的影响。与他人研究结果不同的是,本研究中更高的压力(600MPa)处理使法兰克福香肠的初始脂肪氧化值增加,然后却抑制了样品保藏过程中的脂肪氧化。而Fuentes等^[16]则证明600MPa、6min处理会增加真空包装干腌火腿初始及保藏过程中的脂肪氧化。

4 结论

超高压处理可以减缓法兰克福香肠保藏过程中pH值的降低,挥发性盐基氮的生成,但是会在一定程度上提高脂肪氧化程度。超高压会提高法兰克福香肠的亮度,降低红度。降低硬度,增加内聚力。总体而言,200~600MPa的超高压处理会作为法兰克福香肠的包装后二次杀菌技术是可行的。

参考文献:

- [1] SUN Xiangdong, HOLLEY R A. High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(1): 17-23.
- [2] JUNG S, de LAMBALLERIE-ANTON M, GHOUL M. Textural changes in bovine meat treated with high pressure[J]. *High Pressure Research*, 2000, 19(1/6): 69-74.
- [3] JUNG S, de LAMBALLERIE-ANTON M, GHOUL M. Modifications of ultrastructure and myofibrillar proteins of post-rigor beef treated by high pressure[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2000, 33(4): 313-319.
- [4] CREHAN C M, TROY D J, BUCKLEY D J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5% and 2.5% salt[J]. *Meat Science*, 2000, 55(1): 123-30.
- [5] YAGIZ Y, KRISTINSSON H G, BALABAN M O, et al. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon[J]. *Food Chemistry*, 2009, 116(4): 828-835.
- [6] YUSTE J, PLA R, CAPELLAS M, et al. High pressure processing applied to cooked sausages: bacterial populations during chilled storage[J]. *Journal of Food Protection*, 2000, 63(8): 1093-1099.
- [7] 高晓光, 张坤生, 王经纬, 等. 复合型天然防腐剂在乳化型香肠中的作用研究[J]. *食品科学学报*, 2009, 9(6): 133-136.
- [8] 高杨, 周国兴, 王洋等. 超高压处理对法兰克福香肠中主要微生物的影响及其变化规律[J]. *肉类研究*, 2011, 25(6): 1-4.
- [9] LIU Guorong, WANG Yang, GUI Meng, et al. Combined effect of high hydrostatic pressure and enterocin LM-2 on the refrigerated shelf life of ready-to-eat sliced vacuum-packed cooked ham[J]. *Food Control*, 2011, 24(1/2): 64-71.
- [10] 马永强, 韩春然, 刘静波. 食品感官检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [11] 王二霞, 赵健. 感官评价原理及其在肉质评价中的应用[J]. *肉类研究*, 2008, 22(4): 71-74.
- [12] CHÉRET R, CHAPLEAU N, DELBARRE-LADRAT C, et al. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass fillets[J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(8): 477-483.
- [13] MOR-MUR M, YUSTE J. High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: physical properties and sensory analysis[J]. *Meat Science*, 2003, 65(3): 1187-1191.
- [14] 韩衍青, 张秋勤, 徐幸莲, 等. 超高压处理对烟熏法兰克福香肠保质期的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(8): 305-311.
- [15] FERNANDEZ P, CONFRADES S, SOLAS M T, et al. High pressure-cooking of chicken meat batters with starch, egg white, and iota carrageenan[J]. *Journal of Food Science*, 1998, 63(2): 267-271.
- [16] FUENTES V, VENTANAS J, MORCUENDE D, et al. Lipid and protein oxidation and sensory properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure[J]. *Meat Science*, 2010, 85(3): 506-514.
- [17] GROSSI A, SØLTOFT-JENSEN J, KNUDSEN J C, et al. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages[J]. *Meat Science*, 2011, 89(2): 195-201.
- [18] CHEAH P B, LEDWARD D A. High pressure effects on lipid oxidation in minced pork[J]. *Meat Science*, 1996, 43(2): 123-134.
- [19] 沈晓玲, 李诚. 脂类物质与肉的风味[J]. *肉类研究*, 2008, 22(3): 25-28.
- [20] ANDRÉS A I, ADAMSEN C E, MØLLER J K S, et al. High pressure treatment of dry-cured Iberian ham. Effect on radical formation, lipid oxidation and colour[J]. *European Food Research Technology*, 2004, 219(3): 205-210.