

# 添加木质肉的鸡肉火腿肠品质特性分析

孙啸<sup>1</sup>, 尤金杰<sup>1</sup>, 周頔<sup>1</sup>, 张玉龙<sup>2</sup>, 王鹏<sup>2</sup>

(1. 滁州学院生物与食品工程学院, 安徽滁州 239000)

(2. 南京农业大学食品科技学院, 国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 江苏南京 210095)

**摘要:** 为探究木质肉 (Woody breast, WB) 添加量对鸡肉火腿肠品质特性的影响及其添加的可行性, 以 5 种不同木质肉添加量的火腿肠为研究对象, 对其质构、感官、水分分布及微观结构进行检测分析。结果表明: 木质肉添加量维持在 50% 时, 火腿肠弹性、回复性、粘聚性参量最优, 均达到优级火腿肠评判标准, 分别为 0.83、0.29、0.71, 其质地、感官总评最高, 分别为 1.67 和 4.50。低场核磁显示木质肉添加量为 50% 时, 自由水占比最低, 结合水占比最高, 分别为 2.99% 和 0.78%, 不易流动水基本保持不变。火腿肠微观结构随着木质肉添加量的增加由完整、清晰、分布均匀变为多孔洞、蓬松状。研究表明, 将木质肉以肉糜的状态加入火腿肠具有一定可行性, 且添加适量的木质肉糜对优化火腿肠品质具有一定的作用。

**关键词:** 木质肉; 火腿肠; 质构; 感官; 微观结构; 低场核磁

文章编号: 1673-9078(2020)08-153-159

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.8.0082

## Analysis on Quality Characteristics of Ham Sausage with Woody Breast

SUN Xiao<sup>1</sup>, YOU Jin-jie<sup>1</sup>, ZHOU Di<sup>1</sup>, ZHANG Yu-long<sup>2</sup>, WANG Peng<sup>2</sup>

(1. School of Biological Science and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

(2. College of Food Science and Technology, National Center of Meat Quality and Safety Control, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** To explore the effect of Woody breast (WB) on the quality and characteristics of chicken sausage and the feasibility of adding Woody breast (WB), the texture, sensory, moisture distribution and microstructure of five kinds of ham sausages with different amount of woody breast were analyzed. The results showed that when the content of woody breast was maintained at 50%, the elasticity, recovery and cohesion parameters of ham sausage were optimal, which all reached the evaluation criteria of excellent ham sausage, with the values of 0.83, 0.29, and 0.71, respectively. The total quality and sensory evaluation were 1.67 and 4.50, respectively. Low-field NMR showed that when the content of woody breast was 50%, the proportion of free water was the lowest, while the proportion of combined water was the highest (2.99%, 0.78%, respectively). The non-flowing water basically remained unchanged. The microstructure of ham sausage changed from intact, clear and evenly distributed to porous and fluffy with the increase of the amount of wood added. The results showed that it is feasible to add the woody meat to the sausage in the state of minced meat, and the appropriate amount of woody minced meat can improve the quality of the sausage.

**Key words:** woody breast; sausage; texture; sensory; microstructure; low-field NMR

引文格式:

孙啸, 尤金杰, 周頔, 等. 添加木质肉的鸡肉火腿肠品质特性分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 153-159

SUN Xiao, YOU Jin-jie, ZHOU Di, et al. Analysis on quality characteristics of ham sausage with woody breast [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(8): 153-159

木质鸡胸肉 (woody/wooden breast, WB) 是当下家禽产业最突出的问题之一<sup>[1]</sup>。木质鸡胸肉外观颜色

收稿日期: 2020-01-29

基金项目: 安徽省科技厅科技重大专项 (18030701165); 滁州市科技计划项目 (201703); 江苏省家禽遗传育种重点实验室开放课题 (JQLAB-KF-201901); 滁州学院科研启动基金 (2017qd01); 滁州学院省级大学生创新创业训练计划项目 (S20190377059; S20190377113)

作者简介: 孙啸 (1989-), 男, 博士, 研究方向: 农产品加工、无损检测及智能化装备研发

苍白, 表面呈木质化纹理性状并伴有粘性分泌物, 少数鸡胸肉表面可见渗血现象。木质肉肌肉组织退化明显, 硬度显著增大, 随着木质化等级增加, 鸡胸肉末端可见明显脊状隆起<sup>[2-5]</sup>。研究发现木质肉的结缔组织与不溶性胶原蛋白含量高, 蛋白质含量低<sup>[6-8]</sup>, 其营养成分含量较正常鸡胸肉降低显著, 但其生肉品质并未发生改变, 仍具有可食用性及安全性<sup>[1,5]</sup>。由于木质肉持水率低, 整肉加工特性差<sup>[9-11]</sup>, 感官硬度大、难咀嚼常伴有干柴等质感, 消费者不易接受, 致使部分鸡

胸肉产品在市场上难以流通,造成不可估计的经济损失<sup>[12-16]</sup>。现阶段研究暂未发现直接有效的方法解决木质肉问题,其产生的具体原因尚未确定,木质肉品质问题对禽肉生产加工的影响仍将持续下去。

火腿肠是以肉糜为主要原料,经过高温蒸煮、杀菌、包装等一系列工艺加工而成<sup>[17]</sup>。具有携带方便、适用人群广、吸收率高、适口性好、饱腹性强等优点,深受消费者喜爱。现阶段以木质肉为研究对象的鸡肉产品品质分析已经开展<sup>[18-20]</sup>。相关研究发现,肉糜状态下鸡胸肉的凝胶特性会发生相应改变<sup>[19]</sup>,对促进木质肉产品的感官提升以及改善产品品质具有一定的作用<sup>[21]</sup>。本研究采用木质鸡胸肉糜,结合火腿肠制作工艺,制作不同木质肉添加量的鸡肉火腿肠,对其质构、感官、水分分布以及样本微观结构进行测定,验证木质肉加入可行性并探究最优添加量。本研究针对鸡胸肉深加工产品中木质肉添加问题开展研究,对降低木质肉经济损失及相关产品工艺优化具有一定的指导意义和实用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与设备

TA.XT.plus 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;P-36R 柱状探头(直径 36 mm)、Scope.A1 型正置荧光显微镜,德国 Carl Zeiss 公司;FA2204B 型电子分析天平(精度 0.0001 g),上海越平科学仪器有限

公司;MesoMR23-060V-I 型核磁共振仪,NIUMAG 公司;CM1900-1-1 型冰冻切片仪,LEICA 公司。

### 1.2 鸡胸肉样本采集及预处理

本实验鸡胸肉样本来自江苏益客食品有限公司,肉鸡经过屠宰后按照文献<sup>[22]</sup>提供的方法进行分割取样。依据孙啸<sup>[2]</sup>的木质肉分级标准(如表 1 所示),采集正常、中度及严重等级鸡胸肉各 2500 g。所有样本采集完成后,均用食品保鲜袋包装并且置于 4 ℃ 的冷箱中运回实验室。将采集的鸡胸肉进行表面脂肪修剪以及表皮粘膜的去除备用。

### 1.3 火腿肠的样本制备

将预处理好的鸡胸肉绞制成肉糜,用 4.5 g 食盐、0.03 g 亚硝酸钠拌匀,于 4 ℃ 条件下腌制 1 d 后进行斩拌,之后投入淀粉、大豆分离蛋白、卡拉胶、白砂糖、复合磷酸盐继续斩拌均匀,放入灌肠机进行排气、灌装,加工成长度为 15 cm,直径为 2 cm,质量在 85 g 左右的火腿肠。将制好的火腿肠在 85 ℃ 条件下蒸煮 30 min 并冷却至室温。本实验采用严重等级木质鸡胸肉与正常鸡胸肉混合,制成 300 g 的混合肉糜,设置严重等级木质肉添加量为 0%、25%、50%、75%、100% 五个水平。得到混合肉糜后,固定实验中其余辅料添加量,分别为:淀粉 24 g、大豆分离蛋白 24 g、水 66 g、卡拉胶 1.8 g、白砂糖 4.5 g、复合磷酸盐 1.5 g。

表 1 木质肉分级标准

Table 1 Scoring system of woody breast fillets

木质肉等级	评分	外观特性
正常	0~0.5	鸡胸肉整体柔软,表面色泽光鲜,外表细腻,置于手中,鸡肉两端自然垂下
中度	1~1.5	鸡胸肉顶部区域硬度明显,底部较为柔软,置于手中有下垂感
严重	≥2.0	鸡胸肉整体硬度较大,表面木质化程度明显,底部区域结构呈脊状隆起。置于手中无下垂,表面有分泌物质,部分表面有渗血

### 1.4 火腿肠全质构检测

用 TA.XT.plus 质构仪连接探头 P-36R 进行火腿肠全质构参数的测定。将每个水平下的火腿肠加工成高 2 cm,底面直径 3 cm 的圆柱体。每个水平取 6 个样本进行测量。其中测试前及测试后探头运动速度均为 5.00 mm/s,测试中速度为 4.00 mm/s,间隔时间为 5 s,压缩比为 50%。每个样本测定两次,以平均值做为检测结果。实验采集硬度(g)、弹性、粘聚性、胶着性、回复性 5 个质构指标。

### 1.5 火腿肠感官分析

将样品放置室温,请 10 名感官评判员(男女比例 1:1)根据其喜爱程度对 3 个指标(色泽、质地、口感)进行评定。将 5 个水平梯度下的火腿肠制成 1 cm×1 cm×1 cm 的样本,每个水平取 10 个样本进行评定。对样品进行 3 位随机数字的密码编号,检验样品也随机放置<sup>[23]</sup>。每次评定由每位评定员单独进行,相互不接触交流。在食用前和单次样本食用时,需用纯净水漱口 2~3 次。要求所有人员品尝之后进行感官表格填写。取 7 个不同等级,-3、-2、-1、0、1、2、3 分别表示极度不喜欢、非常不喜欢、比较不喜欢、一般、比较喜欢、非常喜欢、特别喜欢。其中色泽包括颜色、产品光滑度;质地包括产品成型性、切面结构整齐度;

口感包括火腿肠硬度、风味、异味。

### 1.6 火腿肠低场核磁水分分布测定

将火腿肠样本进行处理，制成 20 mm×20 mm 的正方体。将样本放入直径为 60 mm 的核磁管后置于分析仪中，采用 CPMG 序列测定 T2。测定参数：主频 SF 为 23 MHz，偏移频率 O1 为 411941.13 MHz，采集样点数 TD 为 104410，重复扫描次数 NS 为 8，采样频率 SW 为 200 kHz。然后反演成像<sup>[24]</sup>，保存结果。

### 1.7 火腿肠的微观结构测定

将火腿肠样本制成 5 mm×5 mm×5 mm 的正方体火腿肠粒并利用冰冻切片机对火腿肠粒进行切片，平均切片厚度为 10 μm。切片完毕后将分散放置在载玻片上，开启正置荧光显微镜。将装有火腿肠切片的载玻片放置在规定位置并调整好相应视野范围，进行 200 倍镜检。采集图像(所拍摄图片背光趋于一致)<sup>[25]</sup>。

### 1.8 数据分析

实验数据采用 SPSS 软件进行单因素方差分析。采用 Duncan 检测法，以木质肉添加量为因素水平，分析火腿肠各项品质参量在不同木质肉添加量间的显著差异。当  $p < 0.05$  表示因素间存在显著性差异， $p < 0.01$  表示十分显著差异， $p < 0.001$  表示极显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 火腿肠质构检测结果

不同木质肉添加量的火腿肠质构检测结果如图 1 所示。由图 1 可知，火腿肠的硬度随着木质肉添加量 0~50% 递增时无明显变化，随着木质肉添加量 50%~100% 递增时，其硬度指标由 15780.86 降至 13520.66，下降较为显著。火腿肠的胶着性在木质肉

添加量 0% 和 100% 之间存在显著性差异。木质肉本身持水性差，胶原蛋白与结缔组织的含量比正常鸡胸肉的高<sup>[4-6]</sup>。在火腿肠加工过程中，过量的木质肉添加导致其中多余的游离水分被淀粉等原料充分吸收，在加热的条件下淀粉发生糊化现象<sup>[26]</sup>，并且随着时间的推移，鸡肉本身发生软化<sup>[27]</sup>，致使火腿肠的硬度降低；火腿肠的粘聚性与回复性随着木质肉添加量 25%~75% 递增时呈现先升高后降低的趋势，当木质肉添加量为 50% 时，火腿肠的粘聚性、回复性两个参量均达到最大值，分别为 0.709 和 0.292。张崑、王文勇等人研究发现<sup>[17,21]</sup>，肉品质的粘附性和回复性与肉糜本身的凝胶特性与蛋白质网状结构有关，因此，火腿肠的粘聚性、回复性变化可能与木质肉的凝胶特性<sup>[19]</sup>有关；木质肉火腿肠的弹性随着木质肉添加量的增加基本没有变化，指标值平均达到 0.868，较为稳定。在粘聚性、回复性、弹性指标上，该结果与赵改名<sup>[28]</sup>等人的研究结果相比均达到优级火腿肠评判标准。综上分析，添加适量的木质肉对改善火腿肠的质构特性具有一定的作用。

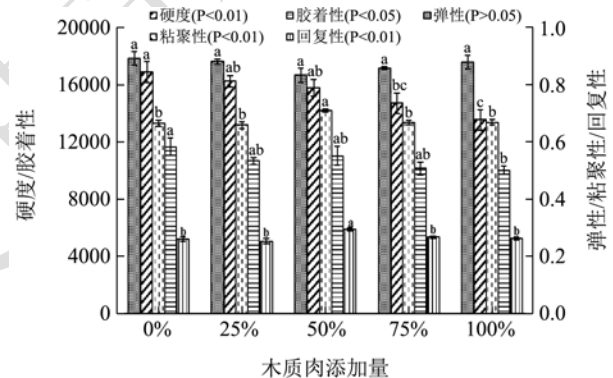


图 1 Different amount of woody meat added to the sausage texture index

### 2.2 火腿肠感官分析结果

表 2 不同木质肉添加量的火腿肠感官分析

Table 2 Sensory analysis of ham intestines with different amount of woody breast

感官指标	木质肉添加量/%					p 值
	0	25	50	75	100	
颜色及外观	1.33±0.21 <sup>a</sup>	1.67±0.21 <sup>a</sup>	1.67±0.21 <sup>a</sup>	1.17±0.17 <sup>a</sup>	1.00±0.26 <sup>a</sup>	>0.05
质地	1.67±0.21 <sup>a</sup>	1.33±0.21 <sup>ab</sup>	1.67±0.21 <sup>a</sup>	1.00±0.37 <sup>b</sup>	0.83±0.17 <sup>b</sup>	<0.05
口感	1.50±0.22 <sup>a</sup>	1.00±0.01 <sup>ab</sup>	1.17±0.17 <sup>ab</sup>	0.67±0.33 <sup>b</sup>	0.50±0.22 <sup>b</sup>	<0.01
总分	4.50±0.22 <sup>a</sup>	4.00±0.37 <sup>ab</sup>	4.50±0.22 <sup>a</sup>	2.83±0.40 <sup>b</sup>	2.33±0.33 <sup>c</sup>	<0.01

注：上标字母 a, b, c 指同一行木质肉添加量的感官指标呈显著性差异，其中  $p < 0.05$  表明存在显著性差异， $p < 0.01$  表明存在极显著差异， $p > 0.05$  表示无显著差异。

不同木质肉添加量的火腿肠感官分析结果如表 2 所示。由表 2 可知，木质肉添加量的变化对火腿肠的

质地、口感、总体接受度都有一定程度的影响，尤其是对火腿肠的口感评价与总体评价有着极显著的影响

( $p < 0.01$ )。随着木质肉添加量的递增,火腿肠质地、口感接受度均出现一定程度的下降。当木质肉添加量超过 50%,质地接受度由 1.67 降至 0.83,下降显著 ( $p < 0.05$ )。随着木质肉添加量的变化,火腿肠的口感评价由 1.50 逐渐降低至 0.50,其中,无木质肉添加与完全木质肉添加之间差异显著;此外,火腿肠总体接受度在添加量 0%~50%之间无明显变化,在木质肉添加量为 0%和 50%时达到 4.50。木质肉添加量超过 50%后,其总体接受度由 4.50 显著降为 2.33,当木质肉添加量达到 100%时,总体接受度最低,表明当木质肉添加量超过 50%后,火腿肠感官质地劣化明显。本实验采用严重等级木质肉,其表面颜色相较于正常鸡胸肉暗淡、无光泽<sup>[2,5]</sup>。火腿肠加工时,采用鸡胸肉糜并添加一系列辅料(大豆蛋白、淀粉)进一步降低颜色之间的差异,导致各梯度火腿肠颜色之间无明显变化。综上分析可知,添加适量的木质肉对火腿肠的质地、口感、总体接受度都有一定程度的提升作用。

### 2.3 火腿肠低场核磁分析结果

由表 3 核磁分析结果可知,当木质肉添加量从 0%增加到 50%时,结合水占比无显著性变化,在添加量为 50%时最高;当木质肉添加量从 50%继续增长到

100%时,结合水占比显著降低 ( $p < 0.05$ ),由 0.78%降至 0.48%,在添加量为 75%时最低。当木质肉添加量从 0%增加到 50%时,自由水占比显著降低 ( $p < 0.05$ ),由 3.73%降至 2.99%,在添加量为 25%时最高,在添加量为 50%时最低;当木质肉添加量从 50%继续增长到 100%时,自由水占比无显著性变化。表 3 反映出自由水与结合水之间具有一定程度的交换作用。在不易流动水中,其峰面积占比基本保持不变,即不易流动水占比与木质肉添加量之间无显著性关系。由图 2 可知,核磁峰图左移明显,横向弛豫时间 T (0.1~10 ms)内,由一个峰产生双峰。彭婷婷等人<sup>[29]</sup>研究发现鸡肉制品水分分布峰图左移的原因是鸡肉制品加工过程中蒸煮杀菌的高温使蛋白质发生变性致其锁水能力变差、持水性能降低,肌肉水分自由度降低,增强了中度结合水与蛋白质的结合能力,自由水含量减少,结合水含量增多。该结果与孙文彬<sup>[24]</sup>,李鹏<sup>[30]</sup>等人研究结果中横向弛豫时间 T20 (0.1~10 ms)内出现双峰结果基本一致。而当木质肉的添加量进一步增加时,自由水占比稍有回升、结合水占比降低。这种结果产生的原因可能是木质肉大量添加,可溶性蛋白含量降低明显,结合水与蛋白质结合能力降低,因此自由水占比回升、结合水占比降低。

表 3 不同木质肉添加量的火腿肠低场核磁分析

Table 3 Low field nuclear magnetic analysis of ham sausage with different woody breast addition amount

核磁水分占比	木质肉添加量/%					p 值
	0	25	50	75	100	
结合水/%	0.52±0.0001 <sup>ab</sup>	0.74±0.0151 <sup>a</sup>	0.78±0.00001 <sup>a</sup>	0.47±0.0293 <sup>b</sup>	0.48±0.0191 <sup>b</sup>	<0.05
不易流动水/%	95.70±0.0331 <sup>a</sup>	95.00±0.0441 <sup>a</sup>	96.20±0.0121 <sup>a</sup>	95.70±0.6791 <sup>a</sup>	95.80±0.0412 <sup>a</sup>	>0.05
自由水/%	3.73±0.0342 <sup>ab</sup>	4.19±0.1006 <sup>a</sup>	2.99±0.0100 <sup>b</sup>	3.78±0.6493 <sup>ab</sup>	3.71±0.0687 <sup>ab</sup>	<0.05

注:上标字母 a, b 指同一列中不同木质肉添加量对应指标之间呈显著性差异,其中  $p < 0.05$  表明存在显著性差异。 $p > 0.05$  表示无显著差异。

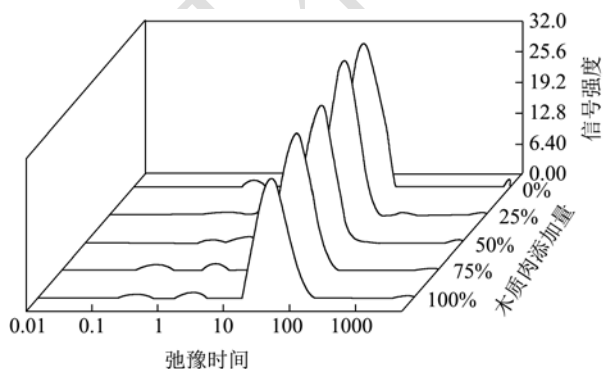


图 2 不同木质肉添加量的火腿肠低场核磁峰图

Fig.2 Low field nuclear magnetic peak of ham sausage with different woody meat content

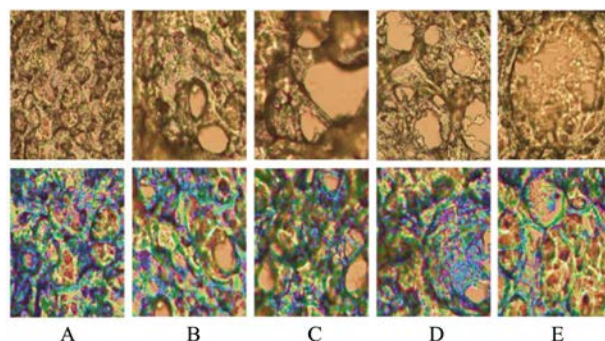


图 3 不同木质肉添加量的火腿肠微观结构

Fig.3 Microstructure of chicken sausage with different amount of woody breast added

### 2.4 火腿肠微观结构分析结果

对火腿肠微观结构检测结果如图 3 所示,其中 A-E 表示木质肉添加量分别为 0%、25%、50%、75%、

100%的火腿肠微观结构图,其中图片上部区域设定色温 4700 K、饱和度 200%,下部区域色温设定 1200 K、饱和度 100%。如图 3 上半区域所示,在添加正常鸡胸肉时,其火腿肠的微观图像完整、清晰、辨识度较高。随着木质肉添加量的递增,其显微结构由完整、均匀变成破碎、不均匀并且出现孔洞,随着木质肉添加量的不断增加孔洞面积和数量逐渐增大。如图 3 下部区域所示,在添加正常鸡肉时,其火腿肠的微观图像颗粒状物体分布均匀、大小相似。随着木质肉添加量的不断增加,火腿肠中颗粒状物体不断增大,由大小、分布较为均匀变成大小不一、分布不均且其整体的结构变得松散,该现象与王海濱<sup>[25]</sup>等人的研究结果基本一致。这些结果产生的原因是由于木质肉的引入导致原辅料中的淀粉与水之间的溶解度下降,在外力的作用下,与其余原辅材料及肌肉蛋白等物质相互粘合所形成<sup>[25]</sup>。这种颗粒状物体及火腿肠内部结构的孔洞、蓬松可能是造成火腿肠感官、质构特性变化的主要原因。

结合质构与感官的结果可分析得出,当木质肉添加量从 0%~50%时,火腿肠的硬度、胶着性无明显变化,此时火腿肠的颜色及外观、质地、口感的接受度都在不断提高,尤其是火腿肠的感官总体接受度上升明显;当木质肉添加量从 50%~100%时,火腿肠的硬度持续降低,而此时,火腿肠的颜色及外观、质地、口感的接受度均出现一定程度的下降<sup>[31,32]</sup>,其感官总体接受度从 4.50 下降到 2.33,下降幅度极其显著。木质肉添加量为 50%时,火腿肠的各项感官指标接受度均较为理想,质构结果显示火腿肠的硬度、胶着性均处于较优的水平范围。由微观结构与质构分析可知木质肉添加量不断增大导致火腿肠微观结构中的孔洞增大,数量增多,颗粒物分布不均,导致火腿肠内部整体结构变得蓬松,其硬度、胶着性显著降低。因此,木质肉添加量越高,对火腿肠微观结构的影响越大,从而对火腿肠质构特性影响越大<sup>[33]</sup>。结合核磁共振和感官分析结果可知,当木质肉添加量从 25%~50%时,火腿肠中的自由水比例显著降低,结合水比例升高。此时,火腿肠的颜色及外观、质地、口感的接受度都有所上升;当木质肉添加量从 50%~100%时,火腿肠中的自由水比例稍有回升,结合水比例显著降低。此时,火腿肠的颜色及外观、质地、口感的接受度都有所下降。因此,当自由水与结合水比例变化时,相应的其感官接受度也会发生变化,并且这种变化趋于一致。

### 3 结论

3.1 本文在火腿肠加工基础上引入木质肉作为原料肉,确定了基于木质肉添加的火腿肠制作工艺及原辅料配比并探究不同木质肉添加量下火腿肠的品质特性,进一步探究并阐述木质肉添加在鸡肉火腿肠中的适用性。实验结果表明:对比无木质肉添加的鸡肉火腿肠,添加适量木质肉的火腿肠在质构参量、感官评价指标、水分分布以及微观结构上均出现较优的指标值。木质肉添加量为 0%~50%时,其全质构的检测指标均优于相同条件下其他比例木质肉添加量的火腿肠。而火腿肠感官接受度在木质肉添加量为 50%时达到最高。低场核磁共振峰图、微观结构也在一定程度上解释了木质肉加入的各项指标劣性变化,当木质肉添加量维持在 50%左右,所得产品的品质检测指标为 5 个梯度中最优添加量。综上,将木质肉以肉糜的形式加入火腿肠进行加工的方案具有一定的适用性,且在一定条件下,添加适量的木质肉对优化火腿肠的品质特性具有一定的推动作用。

3.2 此研究在探讨木质肉添加量火腿肠品质特性的基础上,分析了不同木质肉添加量下火腿肠的品质优劣以及木质肉的添加对火腿肠品质的改善作用,验证了木质肉在肉糜状态下应用的可行性,为基于木质肉添加的产品深加工提供了一定的理论支持,并为降低木质肉问题带来的经济损失提供了新的方法,但对于添加木质肉火腿肠的营养价值、及其消化率问题仍需要进一步的研究调查。

### 参考文献

- [1] 谭权,孙得发.肉鸡木质肉和白纹肉问题及其解决方案[J].中国畜牧杂志,2019,55(9):33-37  
TAN Quan, SUN De-fa. Solutions to alleviating white striping and wooden breast in broilers [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2019, 55(9): 33-37
- [2] 孙啸,陈彩蓉,周漫静,等.木质硬度缺陷鸡肉特征及其判定[J].食品科学,2017,38(7):82-87  
SUN Xiao, CHEN Cai-rong, ZHOU Man-jing, et al. Characteristics and identification of woody breast fillets [J]. Food Science, 2017, 38(7): 82-87
- [3] 孙啸,刘浩鲁,陈彩蓉,等.基于特征参量的肉鸡木质肉在线检测方法[J].农业机械学报,2017,48(6):284-289  
SUN Xiao, LIU Hao-lu, CHEN Cai-rong, et al. Online detection method of raw woody breast based on characteristic parameter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6): 284-289
- [4] Mazzoni M, Petracchi M, Meluzzi A, et al. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits

- of chicken meat[J]. Poultry Sci, 2015, 94(1): 123-130
- [5] 孙啸,张大成,季方芳,等. Woody Breast 短期贮藏中肉质的变化[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 213-219  
SUN Xiao, ZHANG Da-cheng, JI Fang-fang, et al. Effect of short-term storage on raw meat quality traits of woody breast fillets [J]. Food Science, 2017, 38(9): 213-219
- [6] Petracci M, Mudalal S, Soglia F, et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens [J]. World's Poultry Sci, 2015, 71: 363-374
- [7] Mudalal S, Lorenzi M, et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat [J]. Animal, 2015, 9(4): 728-734
- [8] Soglia F, Mudalal S, Babini E, et al. Histology, composition, and quality traits of chicken pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality [J]. Poultry Sci, 2016, 95: 651-659
- [9] Tijare V V, Yang F L, Kuttappan V A, et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies [J]. Poultry Science, 2016, 95(9): 2167-2173
- [10] Soglia F, Zeng Z, Gao J, et al. Evolution of proteolytic indicators during storage of broiler wooden breast meat [J]. Poultry Sci, 2018, 97: 1448-1455
- [11] Chatterjee D, Zhuang H, Bowker BC, et al. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition [J]. Poultry Sci, 2016, 95: 2449-2454
- [12] Kuttappan V A, Hargis B M, Owens C M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review [J]. Poultry Sci, 2016, 95(11): 2724-2733
- [13] Aguirre ME, Owens CM, Miller RK, et al. Descriptive sensory and instrumental texture profile analysis of woody breast in marinated chicken [J]. Poultry Sci, 2018, 97: 1456-1461
- [14] Bowker B, Zhuang H. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat [J]. Poultry Sci, 2016, 95: 1957-1965
- [15] Brambila S, Chatterjee D, Bowker B, et al. Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition [J]. Poultry Sci, 2017, 96: 3489-3494
- [16] Taseniero G, Cullere M, Cecchinato M, et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by white striping and wooden breast myopathies [J]. Poultry Sci, 2016, 95: 2707-2714
- [17] 张崑,李建,谢波,等. 素食火腿肠制作工艺及其品质研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 93-98  
ZHANG Yin, LI Jian, XIE Bo, et al. Study on process and quality of vegetarian ham sausage [J]. Food Research and Development, 2016, 37(8): 93-98
- [18] Dalgaard L B, Rasmussen M K, Bertram H C, et al. Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2018, 53(7): 1744-1752
- [19] Chen H Q, Wang H H, Qi J, et al. Chicken breast quality-normal, pale, soft and exudative (pSE) and woody-influences the functional properties of meat batters [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 53(3): 175
- [20] Zhuang H, Sanchez-Brambila G, Chatterjee D, et al. Sensory texture quality assessment of broiler pectoralis major with the woody breast condition [J]. Journal of Animal Science, 2018, 96(3): 280
- [21] 王文勇,张英慧,杨明. 鸡肉糜制品凝胶特性的研究进展[J]. 肉类工业, 2016, 3: 31-34  
WANG Wen-yong, ZHANG Ying-hui, YANG Ming. Research progress of gel property of chicken meat products [J]. Meat Industry, 2016, 3: 31-34
- [22] Mehaffey J M, Pradhan S P, Meullenet J F, et al. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains [J]. Poultry Sci, 2006, 85(5): 902-908
- [23] 黄梅香,张建林,王海滨. 降低食盐添加量对火腿肠的感官、质构及保水特性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 126-127  
HUANG Mei-xiang, ZHANG Jian-lin, WANG Hai-bin. Effect of decreasing salt (NaCl) addition on sensory evaluation, texture properties and water-holding capacity of pork sausages [J]. Food Science, 2011, 32(7): 126-127
- [24] 孙文彬,罗欣,张一敏,等. 低场核磁共振在肉与肉制品水分测定与分析中的应用[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 346-351  
SUN Wen-bin, LUO Xin, ZHANG Yi-min, et al. A review of the application of low field nuclear magnetic resonance in detection and analysis of water in meat and meat products [J]. Food Science, 2019, 40(15): 346-351
- [25] 王海滨,黄泽元,徐群英,等. 胡萝卜复合火腿和香肠的质构特性及显微结构[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 288-291  
WANG Hai-bin, HUANG Ze-yuan, XU Qun-ying, et al. Textural and microstructural characteristics of compound

- carrot hams and sausages [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(11): 288-291
- [26] 程春梅.淀粉、大豆分离蛋白和卡拉胶在肉制品加工中的应用[J].肉类研究,2007,21(9):30-31  
CHENG Chun-mei. The utilization of starch, soy protein isolate and carrageenan in meats [J]. Meat Research, 2007, 21(9): 30-31
- [27] Sun X, Koltés DA, Coon CN, et al. Instrumental compression force and meat attribute changes in woody broiler breast fillets during short-term storage [J]. Poultry Sci, 2018, 97(7): 2600-2606
- [28] 赵改名,郝红涛,田玮,等.利用质构值对火腿肠进行分级的研究[J].食品科学,2013,34(7):28-33  
ZHAO Gai-ming, HAO Hong-tao, TIAN Wei, et al. Grade identification of sausages based on instrumental texture parameters [J]. Food Science, 2013, 34(7): 28-33
- [29] 彭婷婷.扒鸡加工过程中营养与食用品质及贮藏特性的研究[D].扬州:扬州大学,2016  
PENG Ting-ting. Study on nutrition, edible quality and storage characteristics of broiled chicken during processing [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2016
- [30] 李鹏,孙京新,冯婷,等.不同滚揉腌制对鸭肉蛋白及水分分布的影响[J].中国食品学报,2019,19(10):157-164  
LI Peng, SUN Jing-xin, Feng Ting, et al. Effects of pressure-transform tumbling curing assisted by ultrasound on the protein and water distribution of duck muscle [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(10): 157-164
- [31] 夏建新,王海滨.燕麦复合火腿肠的感官、质构及保水特性研究[J].食品科学,2010,31(1):98-101  
XIA Jian-xin, WANG Hai-bin. Assessment of sensory and textural properties and water-holding capacity of pork sausages containing oat flour [J]. Food Science, 2010, 31(1): 98-101
- [32] 从浩,王海滨.鱼骨粉添加量对鲷鱼鱼肉火腿肠色度、质构及感官特性的影响[J].食品科学,2012,33(13):83-86  
CONG Hao, WANG Hai-bin. Effect of channel catfish bone meal addition on color, textural properties and sensory evaluation of fish sausages [J]. Food Science, 2012, 33(13): 83-86
- [33] 李莎莎,计红芳,张令文,等.冰温保鲜过程中鸡肉品质及微观结构的变化[J].食品与发酵工业,2019,45(16):201-207  
LI Sha-sha, JI Hong-fang, ZHANG Ling-wen, et al. Changes in quality and microstructure of chicken during ice-temperature storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(16): 201-207

## (上接第 240 页)

- [14] 樊双喜,钟其顶,李国辉,等.一种新型快速测定葡萄酒中挥发酸含量的方法[J].食品与发酵工业,2018,44(4):216-219  
FAN Shuang-xi, ZHONG Qi-ding, LI Guo-hui, et al. A new method for rapid determination of volatile acids in wine [J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 44(4): 216-219
- [15] CORTES MB, MORENO J, ZEA L, et al. Changes in aroma compounds of sherry wines during their biological aging carried out by *Saccharomyces cerevisiae* Races, *bayanus* and *capensis* [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2017, 46(6): 2389-2394
- [16] Bai W, Sun S, Zhao W, et al. Determination of ethyl carbamate (EC) by GC-MS and characterization of aroma compounds by HS-SPME-GC-MS during wine frying status in hakka yellow rice wine [J]. Food Analytical Methods, 2016, 10(6): 1-10
- [17] Hornedo O R, M. Antonia, Cerezo A B, et al. Influence of fermentation process on the anthocyanin composition of wine and vinegar elaborated from strawberry: anthocyanins in strawberry wine & vinegar [J]. Journal of Food Science, 2017, 82(2): 364-372
- [18] Sun Y, Zhang T, Hui L, et al. Effect of added sulphur dioxide levels on the fermentation characteristics of strawberry wine: effect of SO<sub>2</sub> on fermentation characteristics of strawberry wine [J]. Journal - Institute of Brewing, 2016, 122(3): 446-451
- [19] Menn N L, Leeywen C V, Picard M, et al. Effect of vine water and nitrogen status, as well as temperature, on some aroma compounds of aged red bordeaux wines [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(25): 7098-7109
- [20] 郑万财,白羽嘉,郑峰,等.新疆无核白葡萄酿制葡萄酒的研究[J].食品科技,2014,39(12):79-83  
ZHENG Wan-cai, BAI Yu-jia, ZHENG Feng, et al. A study on wine making from Xinjiang seedless white grape [J]. Food Science and Technology, 2014, 39(12): 79-83