

干制方式对藏香猪肉干食用品质的影响

Effect of different drying methods on the edible quality of Tibetan pork jerky

林花¹ 徐道煌²

LIN Hua¹ XU Dao Huang²

(1. 福建农业职业技术学院, 福建 福州 350119; 2. 福建御冠食品有限公司, 福建 福州 350314)

(1. Fujian Vocational College of Agriculture, Fuzhou, Fujian 350119, China;

2. Fujian Yuguan Food Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350314, China)

摘要:目的:探究干制方式对藏香猪肉干食用品质的影响。方法:以藏香猪肉为原料,采用油炸、预煮—油炸、烘烤、预煮—烘烤4种干制方式对藏香猪肉干进行处理。结果:不同干制方式对藏香猪肉干色泽、质构、营养成分等品质均有显著影响。其中,油炸组感官评分最高、色泽均匀、肉香味浓郁、硬度适中、食用品质佳;烘烤组肉干硬度较大,咀嚼性较差;预煮处理后肉干色泽呈灰棕色,肉质变硬。此外,预煮还会导致大量脂肪酸损失,影响藏香猪肉干原有的营养价值。结论:油炸可作为一种生产藏香猪肉干的潜在干制方法。

关键词:藏香猪;肉干;食用品质;油炸;烘烤;预煮

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the effect of different drying methods on the edible quality of dried Tibetan pork. **Methods:** The effects of four drying methods, namely frying, pre-cooking-frying, baking, and pre-cooking-baking, on the edible quality of Tibetan pork jerky were investigated using Tibetan pork as raw material. **Results:** Different drying methods had significant effects on the quality indexes of dried Tibetan pork such as color rendering, textural characteristics, and nutrient component. Among them, the frying group had the highest sensory score, uniform color, rich meat flavor, moderate hardness, and good eating quality. The baking group had a higher hardness of jerky and poor chewability; And the pre-cooking treatment showed a grayish-brown color of jerky and hardened meat. In addition, pre-cooking led to a significant loss of fatty acids, affecting the original nutritional value attributes of Tibetan pork jerky. **Conclusion:** Frying can be used as a potential drying method to produce Tibetan pork jerky.

Keywords: Tibetan fragrant pig; jerky; edible quality; frying; baking; pre-cooking

作为中国青藏高原地区(西藏、青海、川西、滇北)特有的畜产品资源,藏香猪以肉质鲜美、风味独特、营养丰富而著称^[1]。半放养的饲养方式和纯净的生长环境赋予了藏香猪肉安全、绿色、天然的特点^[2]。作为一种营养价值较高的西藏地区的特色食品,藏香猪肉及相关制品已经受到越来越多消费者的喜爱,市场潜力巨大。

随着人们消费观念的转变,对于口感风味好、营养价值高、食用便利、安全卫生的肉制品的需求将越来越大,以藏香猪肉为原料的肉干制品将为人们提供新的消费选择。当前,对于普通猪肉干制品的干制工艺、保藏方式等已经有了较为广泛的研究。如刘玉等^[3]探究了真空和热风干燥对普通市售猪肉干制品品质的影响,发现真空干燥不仅可以有效缩短干燥时间,还可以改善猪肉干的品质特性,使其呈现较好的感官特性。王恒鹏等^[4]利用热风干燥、真空冷冻干燥和对流烤箱干燥方式制备普通三元杂交猪的调理猪肉干,发现不同干燥方式对调理猪肉干的干燥速率、剪切力、水分活度、色泽、蛋白质体外消化率等均有显著影响。由于遗传背景和肌肉生理的差异,藏香猪肉在宰后成熟过程中的品质变化规律和分子机理与普通商品猪肉有着显著的不同^[5-6]。但干制工艺对藏香猪肉干品质影响的研究鲜有报道。

研究拟以藏香猪肉为试验对象,通过对水分含量、色泽、质构、游离脂肪酸和羰基含量等肉干品质属性指标的测定,深入探究不同的干制方法(油炸、预煮—油炸、烘烤、预煮—烘烤)对藏香猪肉干品质的影响,以为藏香猪肉干制品的规模化生产提供参考。

1 材料与设备

1.1 材料与试剂

藏香猪肉:四川省阿坝州博文农牧科技有限公司;
花椒粉、干姜粉:乐陵市永强调味品有限公司;
辣椒粉:贵州魏老妈食品有限公司;
食盐:四川自贡驰宇盐品有限公司;

作者简介:林花(1985—),女,福建农业职业技术学院讲师,硕士。
E-mail: linhua0907@126.com

收稿日期:2023-09-12 改回日期:2023-12-30

金龙鱼油:益海嘉里食品营销有限公司;
 料酒:北京市老才臣食品有限公司;
 乙醚:分析纯,重庆川东化工有限公司;
 氢氧化钾、酚酞指示液、三氯乙酸:天津市致远化学试剂有限公司;
 乙醇:分析纯,成都金山化学试剂有限公司;
 磷酸盐缓冲液:北京兰杰科技有限公司;
 盐酸:分析纯,重庆万盛川东化工有限公司;
 2,4-二硝基苯肼:上海麦克林生化有限公司;
 乙酸乙酯:分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;
 盐酸胍:纯度>98.0%,北京索莱宝科技有限公司。

1.2 仪器与设备

色差计:NR200 型,深圳市三恩时科技有限公司;
 离心机:TD5Z 型,盐城市凯特实验仪器有限公司;
 质构仪:TMS-PRO 型,美国 FTC 公司;
 电子天平:ME204E 型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

pH 计:E-201F 型,上海仪电科学仪器股份有限公司;

电磁炉:C21-WH2106 型,广东美的生活电器电磁炉制造有限公司;

烤箱:SK2-623 型,新麦机械(无锡)有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 藏香猪肉干加工工艺流程

(1) 未预煮干制工艺流程:

藏香猪肉→解冻→修整→切条→浸泡→腌制调味→干燥

(2) 预煮干制工艺流程:

藏香猪肉→解冻→修整→切条→浸泡→腌制→预煮→干燥→调味

(3) 操作要点:将冷冻的藏香猪肉解冻、修整去除脂肪、结缔组织,用清水冲洗干净顺着肌肉纤维切成大小为 6 cm×2 cm×1 cm 的肉条,置于清水中浸泡 30 min 至无血水,捞出沥干水分。腌制、调味均以肉的质量为计量标准加入食盐、料酒、辣椒粉、花椒粉和姜粉。

1.3.2 油炸组处理 取修整好的藏香猪肉加入食盐 0.75%、料酒 4%、辣椒粉 2%、花椒粉 2%、姜粉 1%,均匀混合,置于 0~4 °C 的冰箱中腌制调味 12 h。取经腌制调味的肉条放入温度为 160 °C 的油锅中脱水(10 min)至肉干水分 28%左右,冷却沥油待测。

1.3.3 烘烤组处理 取修整好的藏香猪肉加入食盐 0.75%、料酒 4%、辣椒粉 2%、花椒粉 2%、姜粉 1%,均匀混合,置于 0~4 °C 的冰箱中腌制调味 12 h。取经腌制调味的肉条放入温度为 160 °C 的烤箱中烘烤(115 min)至肉干水分 28%左右,冷却待测。

1.3.4 预煮—油炸组处理 取修整好的藏香猪肉加入 0.75%食盐和 4%料酒,混合均匀,置于 0~4 °C 的冰箱中腌制 12 h。将腌制好的肉条放入沸水中预煮 6 min,捞出沥干水分后,将其放入温度为 160 °C 的油锅中脱水(8 min)至肉干水分 28%左右,沥干油后加入辣椒粉 2%、花椒粉 2%、姜粉 1%混合均匀进行调味。

1.3.5 预煮—烘烤组处理 取修整好的藏香猪肉加入 0.75%食盐和 4%料酒,混合均匀,置于 0~4 °C 的冰箱中腌制 12 h。将预煮好的肉条放入温度为 160 °C 烤箱中烘烤(100 min)至肉干水分 28%左右,趁热加入辣椒粉 2%、花椒粉 2%、姜粉 1%混合均匀进行调味。

1.3.6 水分含量 按 GB 5009.3—2016 中的直接干燥法执行,相同处理条件下测 3 次取平均值。

1.3.7 感官评价 参照陈星^[7]的方法从外观色泽、滋味、风味、口感和组织结构 5 个方面对肉干进行描述,每次试验选择至少 15 名食品品鉴人员对产品进行感官评分。评分标准见表 1。

表 1 藏香猪肉干感官评分标准

Table 1 Sensory scoring criteria of Tibetan pork jerky

项目	标准	评分
滋味	滋味好,辣味、咸味适中,无杂味	16~20
	滋味较好,辣味、咸味较重或不足,有轻微杂味	10~15
	无较好滋味	0~9
风味	肉香浓郁,调料香味柔和	16~20
	肉香味淡,调料香味重或轻	10~15
	肉香味淡,风味不明显	0~9
色泽	色泽良好,呈红棕色,色泽均匀	16~20
	色泽一般,呈褐色,比较均匀	10~15
	色泽较差,呈黑褐色,色泽不均匀	0~9
口感	肉质适中,无粗糙感,有嚼劲	16~20
	肉质较硬,无明显粗糙感,嚼劲稍差	10~15
	肉质硬,有明显粗糙感,嚼劲过硬	0~9
组织结构	质地紧密结实,软硬适中,富有弹性	16~20
	质地较紧密,偏软或偏硬,弹性一般	10~15
	质地干硬,弹性差	0~9

1.3.8 色差测定 参照王恒鹏等^[4]的方法稍作修改,色差仪经校准后,镜头垂直放置于样品表面,镜口紧贴肉面,每个条件下取 3 个肉样,每个样品重复测 3 次,记录 L* 值(亮度)、a* 值(红度)、b* 值(黄度),结果取平均值。

1.3.9 质构分析 参照李真^[8]的方法稍作修改,将样品沿着肌肉纤维的方向切成 1 cm×1 cm×1 cm 的肉块,设置测定参数:测前速度 2.0 mm/s,测中速度 2.0 mm/s,测后速度 10.0 mm/s,循环次数 2 次,负载 0.049 N,探头类型 TA4/1 000。

1.3.10 剪切力测定 参照谢小雷^[9]的方法稍作修改,利用质构仪测定,测试采用切刀探头,力臂 25 kg,测前速度 2 mm/s,进刀速度为 2 mm/s,进刀距离为 40 mm。

1.3.11 水分分布测定 参照郭星月^[10]^[16]的方法并稍作修改,利用核磁共振成像分析仪进行肉干水分分布的测定。磁场强度 0.4 T,通过 FID 序列寻找中心频率,再用 CPMG 序列采集肉干的横向弛豫信号。采集参数 O_1 678 978.80 Hz,采样点数 199 996,前置放大增益 3,模拟增益 15 dB,数字增益 3,累加次数 8,重复采样等待时间 2.5 s,回波个数 10 000。每个样品重复扫描 3 次,取平均值。

1.3.12 pH 测定 参照张艳平^[11]的方法并稍作修改,取绞碎的肉干样品 2 g 左右浸泡于 20 mL 的蒸馏水中浸泡 5 min,使用 pH 计测定,每个样品平行测定 3 次,结果取平均值。

1.3.13 游离脂肪酸测定 按 GB/T 5009.37—2003 中 KOH 滴定法执行。

1.3.14 羰基含量测定 参照王恒鹏等^[4]的方法,按式(1)计算羰基含量。

$$C_C = A_{370 \text{ nm}} / [\epsilon \times (A_{280 \text{ nm}} - A_{370 \text{ nm}}) \times 0.43] \times 10^6, \quad (1)$$

式中:

C_C ——羰基含量, nmol/mg;

$A_{280 \text{ nm}}, A_{370 \text{ nm}}$ ——280, 370 nm 处测得的吸光度值;

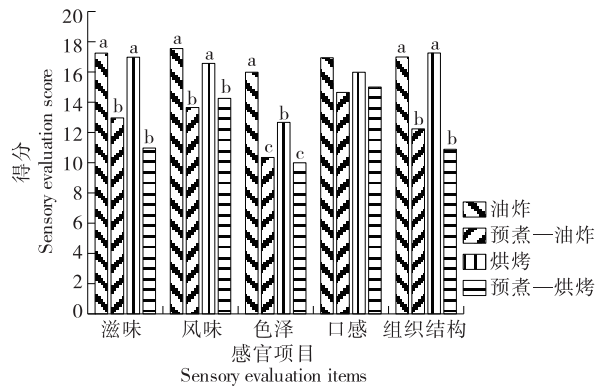
ϵ ——吸光系数, 22 000 L/(mol·cm)。

1.3.15 数据处理 利用 IBM SPSS Statistics SPSS 24.0 统计分析软件进行数据的显著性及相关性分析,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 干制工艺对藏香猪肉干感官评分的影响

如图 1 所示,滋味(咸、辣)方面,未经预煮处理的干制组的滋味得分均显著高于经预煮处理的,而油炸处理的与烘烤处理的差异不显著。这可能是由于预煮处理造成了藏香猪肉中食盐等呈味物质的流失,从而降低了其滋味感受。风味方面,未经预煮处理的干制组的风味得分均显著高于经预煮处理的,而油炸处理的与烘烤处理的差异不显著。这可能是由于藏香猪肉中的部分风味物质在预煮时流失,但具体原因还有待进一步研究。色泽方面,油炸干制组肉干表现最好,烘烤干制组的次之,而预煮—油炸处理组和预煮—烘烤处理组的较差且两组间差异不显著($P > 0.05$)。表明预煮处理对藏香猪肉干制品的最终色泽形成有严重影响。口感和组织结构方面,4 种干制工艺的口感评分差异不显著($P > 0.05$),而未经预煮处理的组织结构评分均显著高于经预煮处理的。这可能是由干制工艺带来的硬度、咀嚼性等质地变化不易



小写字母不同表示各组感官评分存在显著性差异($P < 0.05$)

图 1 不同方式干制藏香猪肉干的感官评分

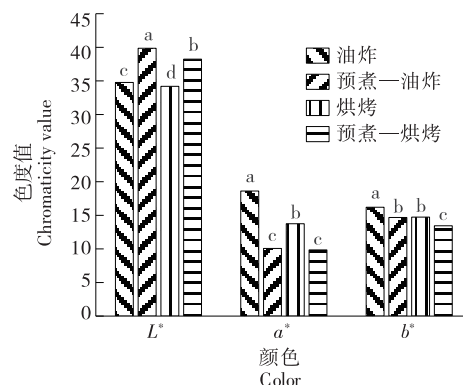
Figure 1 Sensory scores of dried Tibetan pork in different methods

被口腔所察觉,而预煮处理导致的质地干硬,弹性变差易被口腔明显察觉。

感官评分虽能在一定程度上反映食品的感官可接受度,但不能量化不同干制工艺对藏香猪肉干感官品质形成的具体影响。因此,进一步对不同干制工艺所得藏香猪肉干的色泽、质构等品质指标进行检测。

2.2 干制工艺对藏香猪肉干品质的影响

2.2.1 色泽 如图 2 所示,不同的干制工艺对藏香猪肉干的色泽形成影响显著。其中,经预煮处理的肉干制品的 L^* 值(亮度)均显著高于未经预煮处理的($P < 0.05$),表明预煮处理可以提高肉干制品的明度,并使得猪肉中肌红蛋白变性导致肉色发白。Yang 等^[12]也得到了类似结论。这可能是因为,预煮缩短了藏香猪肉干干制时间,降低了肉干中美拉德反应和脂质氧化等反应的程度,减少了褐色类物质的生成;在煮制过程中,肉肌红蛋白变性失去原有红色,导致肉色逐渐发白。在郭星月^[10]^[18]研究 中也有相似的发现:预煮处理可以提高肉干的 L^* 值。此



小写字母不同表示各组色度值存在显著性差异($P < 0.05$)

图 2 干制方式对藏香猪肉干色泽的影响

Figure 2 Effects of different drying methods on the color of Tibetan pork jerky

外,未经预煮处理的肉干制品的 a^* 值(红度)和 b^* 值(黄度)均显著高于经预煮处理的,可能是因为未经预煮的藏香猪肉在干制过程中发生了强烈的焦糖化、美拉德反应等一系列化学反应,以及肌肉蛋白质变性引起的物理结构变化,使未经预煮的肉干色泽鲜红,以油炸组表现最为突出。这一结果与感官鉴评结果一致。

2.2.2 质构特性 如表 2 所示,不同干制方式对藏香猪肉干质构特性的影响显著。其中,咀嚼性是硬度、弹性和黏聚性的综合表现,在一定范围内,其值越大说明肉干口感方面对应的“咬感”就越强,即咀嚼越费力^[13]。经预煮处理后干制所得肉干的咀嚼性显著高于未经预煮处理的

($P < 0.05$),特别是预煮—烘烤组藏香猪肉干的咀嚼性显著高于其他处理组($P < 0.05$)。硬度、弹性、胶着性等指标也表现出相似趋势。说明预煮处理会使藏香猪肉干口感变硬,咀嚼性增强,可吞咽性变差,与其感官评分表现出一定相似性。这可能是由于预煮处理增强了肌原纤维蛋白热收缩程度,同时使蛋白之间相互交联加剧,肌纤维结构结合更为紧密^{[4,14][10][19]}。此外,油炸处理的肉干硬度等指标明显较烘烤处理的低。这主要是由于高温油炸使肌肉表面膨胀破裂,出现更多的空腔^[14]。干制方式对藏香猪肉干的内聚性无显著影响($P > 0.05$)。因此,综合质构特性各指标可以发现,油炸处理组的藏香猪肉干的

表 2 干制方式对藏香猪肉干质构特性的影响[†]

Table 2 Influence of different drying methods on the textural properties of Tibetan pork jerky

干制方式	硬度/N	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼性
油炸	30.453 5±1.96 ^c	2.02±0.03 ^{bc}	0.66±0.01	2 314.0±98.99 ^d	46.45±2.19 ^c
预煮—油炸	54.733 0±0.28 ^b	2.44±0.01 ^{ab}	0.64±0.01	4 065.5±10.61 ^b	95.85±1.77 ^b
烘烤	59.500 7±1.67 ^b	2.28±0.01 ^b	0.65±0.01	3 142.5±77.07 ^c	98.05±4.03 ^{ab}
预煮—烘烤	87.95 99±5.33 ^a	2.44±0.10 ^a	0.66±0.01	4 687.0±93.34 ^a	129.15±21.51 ^a

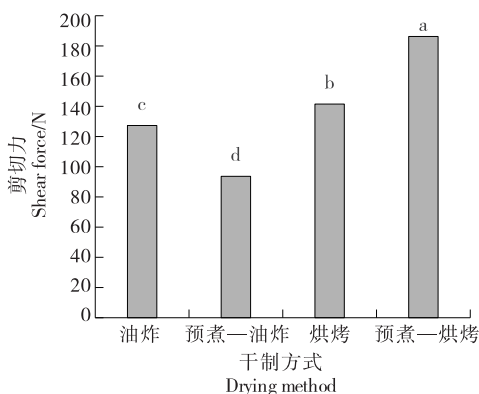
† 小写字母不同表示各组质构特性存在显著性差异($P < 0.05$)。

咀嚼性能较其他处理组的好。

2.2.3 剪切力 由图 3 可知,4 种干制方式处理所得藏香猪肉干的剪切力差异显著($P < 0.05$)。其中,预煮—油炸组的剪切力显著低于其他处理组的($P < 0.05$),表明预煮—油炸组肉干嫩度表现较好。这可能是由于预煮处理缩短了油炸干制时间,降低了肌肉结构受热变性的程度。李改等^[15]研究发现,随着炸制时间延长,鸡肉剪切力整体呈上升趋势。有研究^[16]表明,剪切力改变可能是由于肌原纤维和结缔组织结构和功能特性决定,而高温长时间处理对肌原纤维结构等影响显著。同样的,烘烤干制的肉干剪切力显著高于油炸干制的($P < 0.05$),可能是由于

烘烤干制时间长,物料内部升温慢,水分迁移至表面速率低于表面蒸发损失的水分,使肉体积收缩且表面发生结壳,进而导致肉干变硬、质地变差、剪切力较大^[17]。

2.2.4 水分分布 利用低场核磁共振技术进一步分析不同干制方式对藏香猪肉干水分分布状况。样品弛豫时间 T_2 及其对应的峰面积比例如图 4 和图 5 所示。由图 4 可知,可将横向弛豫图谱中归为 3 个弛豫主峰, T_{21} 代表结合水, T_{22} 代表不易流动水, T_{23} 和 T_{24} 代表自由水和藏猪肉本身的油脂或油炸油^{[10][20]}, P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} 、 P_{24} 分别表示弛豫时间 T_{21} 、 T_{22} 、 T_{23} 、 T_{24} 弛豫峰面积百分比。综合比较图 4 和图 5 可以发现,相对于烘烤组来说,预煮—烘烤组的 T_{23} 和 T_{24} 的弛豫峰向低的弛豫时间移动,说明藏香猪肉经预煮后不易流动水及自由水的自由度逐渐降低,



小写字母不同表示各组剪切力存在显著性差异($P < 0.05$)

图 3 干制方式对藏香猪肉干剪切力的影响

Figure 3 Effects of different drying methods on the shear force of Tibetan pork jerky

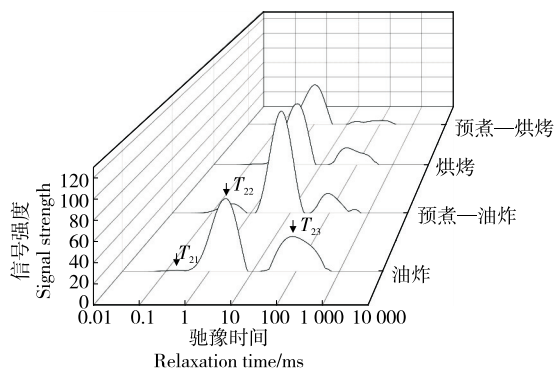
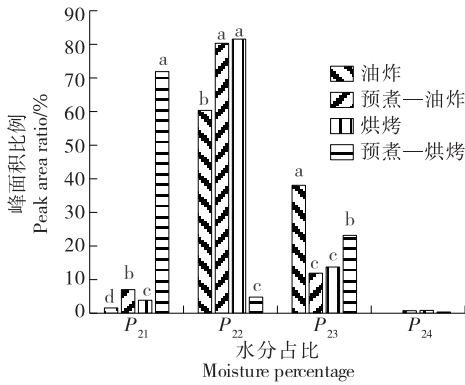


图 4 不同干制方式藏香猪肉干的 T_2 弛豫图谱

Figure 4 T_2 relaxation profiles of Tibetan pork jerky in different drying methods



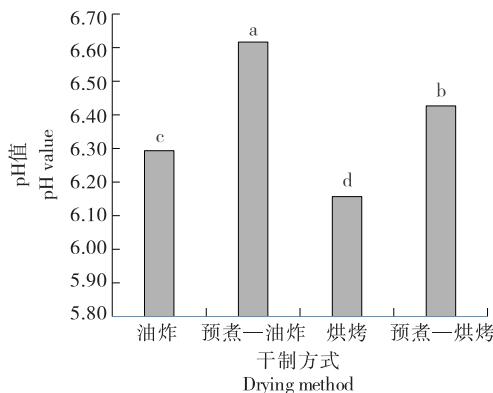
小写字母不同表示各组弛豫峰面积存在显著性差异($P < 0.05$)

图5 不同状态水分的峰面积比例变化

Figure 5 Variation of peak area ratio for different states of moisture

即水分不易流动性增强。预煮—烘烤组的 P_{23} 高于烘烤组也说明了这一点。研究还发现,油炸组藏香猪肉干 T_{24} 的信号强度显著高于其他处理组的($P < 0.05$),这部分信号值可能包括了自由水和油炸油,但还有待进一步的研究。由于油炸组藏香猪肉干 T_{24} 的信号强度显著高于其他处理组,从而导致油炸组藏香猪肉干的感官特性及质构特性(尤其是硬度和咀嚼度)要优于另外 3 组,这与感官特性及质构特性的结果相对应。

2.2.5 pH 肉的 pH 值与嫩度、色泽等感官和肉质属性关系密切。如图 6 所示,不同方式干制的藏香猪肉干的 pH 值差异显著。其中,经预煮处理的肉干 pH 显著高于未经预煮处理的($P < 0.05$)。肉干 pH 值变化可能与肉中脂肪及蛋白质分解等理化变化密切相关。然而预煮处理会导致藏香猪肉中游离脂肪酸含量的显著降低(见图 7)。吴丹丹等^[18]在研究不同加工方法对驼肉质质的影响中有着相似的发现。此外,烘烤处理的肉干 pH 显著低于油炸处理的($P < 0.05$),可能与两种干制处理带来的



小写字母不同表示各组 pH 值存在显著性差异($P < 0.05$)

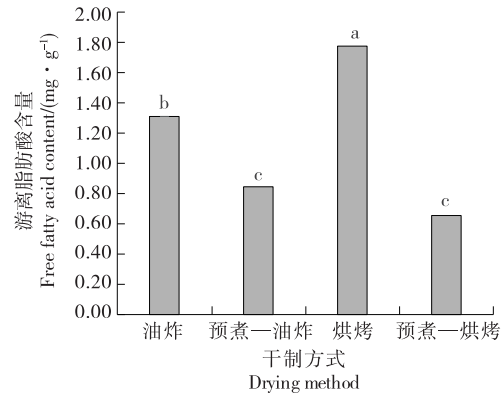
图6 干制方式对藏香猪肉干 pH 值的影响

Figure 6 Effects of different drying methods on the pH value of Tibetan pork jerky

藏香猪肉中游离脂肪酸含量变化有关。

2.3 干制工艺对藏香猪肉干营养价值的影响

2.3.1 脂质分解 藏香猪独特的肉质属性形成与其所在高海拔环境中适应性调控密切相关。相比于普通平原养殖种猪,藏香猪肉脂质组成中含有更多不饱和脂肪酸,因而赋予了藏香猪肉更高的营养价值属性^[19]。如图 7 所示,干制方式对藏香猪肉干游离脂肪酸含量的影响显著。其中,烘烤组游离脂肪酸的含量显著高于油炸组($P < 0.05$)。这可能是因为烘烤干制时间较长,脂肪不断受热分解,从而生成较多的游离脂肪酸^[20]。在 4 种干制方式中,预煮—烘烤组游离脂肪酸含量最低,可能是因为预煮—烘烤处理使得脂质氧化产生的醛类更多地转变成挥发性物质。此外,经预煮处理的藏香猪肉干的游离脂肪酸含量显著低于未经预煮处理的($P < 0.05$)。这是因为在高温预煮过程中,肉中游离脂肪酸受热发生进一步分解,进而造成预煮处理后总游离脂肪酸含量降低^[21]。

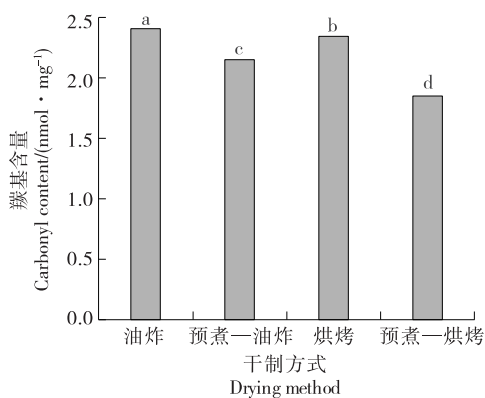


小写字母不同表示各组游离脂肪酸含量存在显著性差异($P < 0.05$)

图7 干制方式对藏香猪肉干游离脂肪酸的影响

Figure 7 Effects of different drying methods on free fatty acids of Tibetan pork jerky

2.3.2 蛋白质氧化 肉制品中一个重要的营养属性便是其含有丰富的蛋白质,因而蛋白质氧化也是肉类食品加工过程中需要面对的一个关键挑战,蛋白质氧化的发生与肉类的类型、成分、加工方法、烹饪温度和时间等密切相关^[14]。如图 8 所示,无论是否经过预煮处理,油炸处理的藏香猪肉干的羰基含量均显著高于烘烤处理的($P < 0.05$)。这表明相比于烘烤处理,相同温度的油炸处理会带来更大程度的蛋白质氧化。有研究^[14]同样发现,相比于烘烤处理,油炸处理使得鱼片中产生了更多的羰基衍生物。烘烤干制所得肉干中羰基含量高的原因可能是加热时间长所导致的蛋白质氧化加剧。肉类在高温长时间的烹饪过程中,不仅自身的抗氧化防御系统会受损,还会产生大量的自由基,进而导致蛋白质发生氧化,如一些碱性氨基酸(赖氨酸、组氨酸和精氨酸)极易受到高温烹饪



小写字母不同表示各组羰基含量存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图 8 干制方式对藏香猪肉干的羰基含量的影响

Figure 8 Effects of different drying methods on the carbonyl content of Tibetan pork jerky

过程中产生的自由基的攻击,进而转化为羰基衍生物^[22]。进一步对比发现,预煮处理可有效降低油炸和烘烤干制过程中羰基化合物形成。这可能是由于肉在预煮后所需油炸和烘烤的干制时间进一步缩短,导致蛋白质氧化程度降低。当然,相比于直接油炸或者烘烤,预煮处理使得一些蛋白质在较“温和”的热处理条件下提前发生变性,结构收缩,一定程度上缓解了内部蛋白质在后续油炸或烘烤的剧烈热处理中发生进一步氧化。

3 结论

油炸、预煮—油炸、烘烤、预煮—烘烤 4 种干制方式对藏香猪肉干品质影响的差异显著。其中,油炸干制下所得藏香猪肉干色泽红亮,硬度适中,富有弹性,咀嚼性好,食用品质佳。此外,油炸是一个高温短时加热的过程,在较大程度上缩短食品熟化时间的同时,还能改善食品的风味,以及起到灭菌效果从而达到延长货架期的目的。烘烤干制所得藏香猪肉干硬度较大,咀嚼性较差,不符合大部分人群消费选择。经预煮后干制所得肉干色泽呈灰棕色,肉质进一步变硬,肌纤维遭到严重破坏。虽然预煮处理可以一定程度上降低蛋白质等的氧化程度,但同时也会带来大量脂肪酸损失,导致藏香猪肉干的营养价值进一步降低。因此,油炸干制可能作为生产藏香猪肉干的一种潜在干制方法,但还需进一步评估其食用安全性以及考虑优化油炸干制工艺,以降低肉干中一些有害产物生成,同时避免造成藏香猪肉原有营养和风味成分损失。

参考文献

[1] 李斌春. 平安区富硒藏香猪养殖现状及存在的问题分析[J]. 山东畜牧医, 2020, 41(9): 20-21.
 LI B C. Analysis of the current situation and existing problems of selenium rich Tibetan fragrant pig breeding in Ping'an district[J]. Shandong Livestock Medicine, 2020, 41(9): 20-21.

[2] 赵云娇, 王磊, 王克晨, 等. 不同屠宰体重对藏香猪屠宰性能及肉质性状的影响[J]. 家畜生态学报, 2022, 43(12): 46-51.
 ZHAO Y J, WANG L, WANG K C, et al. The effect of different slaughtering weights on slaughtering performance and meat quality traits of Tibetan fragrant pigs[J]. Journal of Livestock Ecology, 2022, 43(12): 46-51.

[3] 刘玉, 王书贤, 袁一博, 等. 真空和热风干燥对猪肉干品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(8): 66-70.
 LIU Y, WANG S X, YUAN Y B, et al. The effect of vacuum and hot air drying on the quality of dried pork[J]. Chinese Seasonings, 2022, 47(8): 66-70.

[4] 王恒鹏, 王引兰, 姜松松, 等. 不同干燥方式下调理猪肉干品质变化及其机制[J]. 农业工程学报, 2021, 37(24): 317-326.
 WANG H P, WANG Y L, JIANG S S, et al. Changes in the quality of seasoned pork jerky under different drying methods and their mechanisms[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2021, 37(24): 317-326.

[5] 辜雪冬, 杨林, 池福敏, 等. 西藏藏猪肉营养成分的分析及评价[J]. 营养学报, 2019, 41(5): 513-515.
 GU X D, YANG L, CHI F M, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition of Tibetan pork in Xizang[J]. Journal of Nutrition, 2019, 41(5): 513-515.

[6] 辜雪冬, 肖静, 王卫, 等. 藏猪肉冷藏期间的品质变化规律研究[J]. 食品科技, 2019, 44(7): 135-139.
 GU X D, XIAO J, WANG W, et al. A study on the quality changes of Tibetan pork during cold storage[J]. Food Technology, 2019, 44(7): 135-139.

[7] 陈星. 酸辣猪肉干加工工艺及产品特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 38.
 CHEN X. Research on the processing technology and product characteristics of sour and spicy pork jerky[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016: 38.

[8] 李真. 熏马肉干制备及工业化设计研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016: 29.
 LI Z. Research on the preparation and industrial design of smoked horse jerky[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016: 29.

[9] 谢小雷. 牛肉干中红外—热风组合干燥特性研究[D]. 杭州: 中国农业科学院, 2015: 12.
 XIE X L. Study on the drying characteristics of beef jerky using infrared hot air combination[D]. Hangzhou: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015: 12.

[10] 郭星月. 鸭肉干休闲食品开发及品质变化研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2021.
 GUO X Y. Research on the development and quality changes of dried duck leisure food [D]. Wuhan: Wuhan Light Industry University, 2021.

[11] 张艳平. 传统蒙古牛肉干工艺的改进研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008: 16.
 ZHANG Y P. Research on the improvement of traditional

- Mongolian beef dried technology [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2008: 16.
- [12] YANG J B, GOH M S. Effect of heating and steaming method on physicochemical properties of pork tenderloin[J]. Journal of the Korean Society of Food Storage and Distribution, 2010, 17(3): 351-357.
- [13] 谢小雷, 李侠, 张春晖, 等. 不同干制方式对牛肉干物性特性的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(S1): 346-354.
- XIE X L, LI X, ZHANG C H, et al. The effect of different drying methods on the physical properties of beef jerky[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2015, 31(S1): 346-354.
- [14] NAWAZ A, LI E, KHALIFA I, et al. Effect of different processing methods on quality, structure, oxidative properties and water distribution properties of fish meat-based snacks[J]. Foods, 2021, 10: 2 467.
- [15] 李改, 赵改名, 李苗云, 等. 油炸条件对鸡胸肉剪切力的影响[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(3): 648-651.
- LI G, ZHAO G M, LI M Y, et al. The effect of frying conditions on the shear strength of chicken breast meat [J]. Jiangsu Agricultural Journal, 2011, 27(3): 648-651.
- [16] HUGHES J M, OISETH S K, PURSLOW P P, et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness[J]. Meat Science, 2014, 98(3): 520-532.
- [17] 姜秀丽. 肉干制品水分调节剂的开发及其对制品储藏期内风味影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 17.
- JIANG X L. The development of moisture regulators for dried meat products and their effects on the flavor of products during storage[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017: 17.
- [18] 吴丹丹, 何静, 吉日本图. 不同加工方法对鸵肉品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(24): 111-116.
- WU D D, HE J, Jirimutu. The effect of different processing methods on the quality of camel meat[J]. Food and Fermentation Industry, 2022, 48(24): 111-116.
- [19] LUO W, XU Y S, GU X D, et al. Divergence of liver lipidomes in tibetan and yorkshire pigs living at different altitudes [J]. Molecules, 2023, 28: 2 991.
- [20] 李梦琪, 孙思远, 刘敏, 等. 加热温度和时间对真空低温烹饪鸡胸肉脂肪与蛋白质氧化的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(10): 6-11.
- LI M Q, SUN S Y, LIU M, et al. The effect of heating temperature and time on the oxidation of fat and protein in vacuum low-temperature cooking chicken breast meat[J]. Meat Research, 2018, 32(10): 6-11.
- [21] 孙承锋, 周楠, 朱亮, 等. 卤猪肉加工过程中游离脂肪酸、游离氨基酸及核苷酸变化分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 200-206.
- SUN C F, ZHOU N, ZHU L, et al. Analysis of changes in free fatty acids, free amino acids, and nucleotides during the processing of braised pork[J]. Modern Food Technology, 2016, 32(6): 200-206.
- [22] SOLADOYE O P, SHAND P, MER D, et al. Influence of cooking methods and storage time on lipid and protein oxidation and heterocyclic aromatic amines production in bacon [J]. Food Research International, 2017, 99: 660-669.

(上接第 130 页)

- [12] IV A, ADK B, EI C, et al. Grasshopper optimization algorithm for diesel engine fuelled with ethanol-biodiesel diesel blends[J]. Case Studies in Thermal Engineering, 2022, 15(4): 1 078-1 156.
- [13] DWIWEDI S. Detecting anonymous attacks in wireless communication medium using adaptive grasshopper optimization algorithm[J]. Cognitive Systems Research, 2021, 69: 1-21.
- [14] 何庆, 林杰, 徐航. 混合柯西变异和均匀分布的蝗虫优化算法[J]. 控制与决策, 2021, 36(7): 1 558-1 568.
- HE Q, LIN J, XU H. Hybrid cauchy mutation and uniform distribution of grasshopper optimization algorithm[J]. Control and Decision, 2021, 36(7): 1 558-1 568.
- [15] 叶林, 路朋, 赵永宁, 等. 含风电电力系统有功功率模型预测控制方法综述[J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(18): 6 181-6 198.
- YE L, LU P, ZHAO Y N, et al. Review of model predictive control for power system with large-scale wind power grid-connected[J]. Proceedings of the CSEE, 2021, 41(18): 6 181-6 198.
- [16] 邓鹏, 刘敏. 基于改进聚类和 RBF 神经网络的台区电网线损计算研究[J]. 智慧电力, 2021, 49(2): 107-113.
- DENG P, LIU M. Power line loss calculation in low voltage region based on improved clustering algorithm and RBF neural network [J]. Smart Power, 2021, 49(2): 107-113.
- [17] 吴兴宇, 江兵兵, 吕胜飞, 等. 基于马尔科夫边界发现的因果特征选择算法综述[J]. 模式识别与人工智能, 2022, 35(5): 422-438.
- WU X Y, JIANG B B, LU S F, et al. A survey on causal feature selection based on markov boundary discovery [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2022, 35(5): 422-438.
- [18] 于飞, 樊清川, 宣敏. 基于蝗虫优化 Bi-LSTM 网络的电机轴承故障预测[J]. 电机与控制学报, 2022, 26(6): 9-17.
- YU F, PAN Q C, XUAN M. Motor bearing fault prediction based on grasshopper optimized Bi-LSTM network[J]. Electric Machines and Control, 2022, 26(6): 9-17.
- [19] 张立杰, 周舒骅, 李娜, 等. 基于改进 SSD 卷积神经网络的苹果定位与分级方法[J]. 农业机械学报, 2023, 54(6): 223-232.
- ZHANG L J, ZHOU S H, LI N, et al. Apple location and classification based on improved SSD convolutional neural network[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2023, 54(6): 223-232.