

真空腌制与传统腌制加工过程中腊肉的品质变化

Effect of vacuum curing and dry curing on quality change of dry-smoked meat during processing

罗青雯¹ 刘成国¹ 周辉^{1,2} 娄爱华^{1,2} 钟映茹¹

LUO Qing-wen¹ LIU Cheng-guo¹ ZHOU Hui^{1,2} LOU Ai-hua^{1,2} ZHONG Yi-ru¹

(1. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南长沙 410128; 2. 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南长沙 410128)

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;

2. Hunan Province Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:研究真空腌制和传统腌制加工过程中腊肉质量变化规律。对两种腌制方式腊肉在不同加工阶段的水分和食盐含量、亚硝酸钠残留量、微生物指标、颜色及挥发性风味物质种类及相对含量进行比较。结果表明:腌制完成后,真空腌制和传统干腌样品的水分含量分别下降 16.5% 和 20.5%;食盐含量分别升至 5.9% 和 5.2%;真空腌制的样品与传统干腌法的相比 L^* 值高 2.1%, a^* 值低 12.2%, b^* 值差异不显著,菌落总数较低,球菌成为主要的优势菌种。烘烤烟熏完成后,与传统干腌法相比,真空腌制的腊肉样品水分、食盐和亚硝酸钠的含量更高; L^* 值高于传统干腌法, a^* 、 b^* 值较低,使得腊肉色泽更佳,肉质呈愉悦的玫瑰粉红色;真空腌制腊肉中球菌和霉菌的数量高于传统干腌法,成为优势菌种,其他菌种的差异性不显著。加工过程中,同一阶段真空腌制的样品检测出的挥发性风味物质的种类及相对含量均高于传统干腌法。因而真空腌制能起到提高腊肉的保水性、促进腌制剂的吸收及改善腊肉风味和颜色的作用。

关键词:腌腊肉制品;真空腌制;挥发性风味物质;微生物指标

Abstract: The change rule of smoked meat quality during vacuum curing (VC) and dry curing (DC) were studied. Two kinds of smoked meat during different processing stages were compared on the water content, salt content, sodium nitrite residue, microbiological indicator, color and volatile compounds. The results showed that: the water content of VC and DC samples decreased 16.5% and 20.5%, respectively. While salt content of that rise to 5.9% and 5.2%, respectively. The L^* of VC is 2.1% higher than that of DC. The a^* of VC is 12.2% lower than that of DC, the b^* is no big difference between them. The total plate count of VC samples is lower than

that of DC samples, and the coccus is becoming dominant bacteria. After baked and smoked, the VC's water content, salt content and sodium nitrite residue are higher than those of the DCs, and the L^* of VC samples is higher than that of DC. Lower a^* and b^* make the smoked meat have a better color, like the pleasant rose pink. The quantity of coccus and mold of VC is higher than that of DC, which becoming the dominant bacteria, and the others were no significant differences. The types and relative content of volatile compounds in VC is higher than that of DC. So the VC method can improve the water-retaining property of smoked meat and promote to absorb the curing agent, it also can ameliorate the color and the flavor of the smoked meat.

Keywords: smoked meat; vacuum curing; volatile compounds; microbial indicators

腊肉是一种典型中式传统腌腊肉制品,其中以湖南、四川等地的腊肉最为有名。湖南腊肉通常是将原料猪肉分割后,用食盐、亚硝酸盐和白酒等辅料进行涂抹腌制,经晾干、烟熏等工艺制得的一种易于储存、味道丰富、口感良好的肉制品^[1-3]。腌制作为湖南腊肉加工过程中的一个重要步骤,对腊肉成品的感官性能及风味都有一定程度的影响。传统的腌制多采用干腌法。但传统干腌法存在盐分渗透速度慢,渗透量不均匀,因而影响肉的质地,使腊肉成品的颜色与口感不一致,达不到大规模工业化的生产需求^[4]。真空腌制技术多用于西式肉制品的加工,在真空条件下结合滚揉可提高腌制剂的渗透速度,增加肉质嫩度,提升肉制品品质^[5-7]。张立彦等^[8]研究了真空腌制对猪肉食盐渗透的规律性,以及对肉嫩度、弹性等因素的影响,结果表明,随着腌制时间的增加,渗透的食盐含量以指数方式增长,在腌制过程中,肉质嫩度显著提高。史培磊等^[9]探讨了真空滚揉腌制前后鹅肉品质的变化,并进一步研究了 pH、质构等指标的相关性,发现

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303082)

作者简介:罗青雯(1990—),女,湖南农业大学在读硕士研究生。

E-mail:190814558@qq.com

通讯作者:刘成国

收稿日期:2014-11-25

真空滚揉技术大幅度改善鹅肉的嫩度和保水性。但滚揉对肉的组织结构破坏较大,在传统腌腊肉制品加工中较少应用。

为了提升湖南腊肉的工业化生产技术,有必要研究单纯真空腌制对湖南腊肉质量的影响规律,探寻真空腌制技术在传统腊肉中应用的可行性。本试验拟通过比较真空腌制法和干腌法对湖南腊肉质量的影响,分析两种腌制方式对腊肉干燥过程中水分蒸发速度、成品中食盐含量、亚硝酸钠残留量、颜色、微生物数量和挥发性风味物质的影响规律,为真空腌制技术在腊肉工业化生产中的应用及优化提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

猪肉:选自湖南怀化本地黑猪(♀)与约克夏(♂)的杂交商品猪,屠宰体重为90 kg左右,饲养周期为6个月;

食盐:市售;

亚硝酸钠、D-异抗坏血酸钠:分析纯,郑州拓洋实业有限公司。

1.2 仪器与设备

紫外分光光度计:U-3010型,上海光学仪器厂;

电热鼓风干燥箱:101型,北京市永光明医疗仪器厂;

分析天平:ES-C120型,湘仪天平仪器厂;

气相质谱—色谱联用仪:5975C型,美国Agilent公司;

SPME手动进样手柄:57330-U型,美国Supelco公司;

萃取头:75 μm碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(CAR/PDMS),美国Supelco公司;

集热式磁力加热搅拌器:DF-101S型,金坛市医疗仪器机械厂;

恒温恒湿箱:Hus-250型,宁波海曙赛福实验仪器厂;

高压灭菌锅:LDZX-50KBS型,上海申安医疗器械厂;

彩色色差计:CR-400/410型,柯尼卡美能达公司。

1.3 方法

1.3.1 原料肉的选择与处理 将试验原料猪屠宰后在4℃下冷却成熟24 h,然后进行分割,取背部和腹部(第3根肋骨至腰椎)作为试验原料肉。将带背最长肌的腹部肉分割宽5 cm、长度为20 cm的肉条。将所有肉条随机分为6组,每个处理3组作为重复。

试验腌制剂的配方为:每100 kg的原料肉用3.5 kg的食盐、10 g亚硝酸钠、150 g D-异抗坏血酸钠。试验前将腌制剂混合均匀配置成腌制剂备用。

1.3.2 腊肉腌制方法

(1) 真空腌制(vacuum curing, VC):将腌制剂均匀涂抹在肉的表面,放入真空容器内,用真空泵抽真空,真空度为86 kPa,为了腌制均匀,每24 h滚动1 min,转速为20 r/min;腌制温度为4~6℃,腌制时间为5 d。

(2) 传统干腌(dry curing, DC):将腌制剂均匀涂抹在肉

的表面,放入不锈钢腌制容器中,一层层叠好,在4~6℃下进行腌制,每24 h上下翻动一次。腌制时间为5 d。

1.3.3 腊肉烟熏烘烤方法及样品的选取 两组试验样品腌制完成后,先在10℃下自然晾干,然后在烘烤房内进行烘烤和烟熏,烘烤温度控制在50℃,初期每2 h排湿一次,每次10 min,烘烤24 h后,将温度降至45℃,每5 h排湿一次。烟熏材料为锯末、橘子树枝、甘蔗渣等混合材料,烘烤烟熏腌制6 d。在5个时间段进行取样,分别为原料肉、腌制完成后、烘烤烟熏第2天、第4天和烘烤烟熏完成后(成品)。本试验分别以A、B、C、D代表腌制完成、烘烤烟熏的第2天、第4天、烘烤烟熏完成的样品。

1.3.4 腊肉主要理化指标的测定方法

(1) 水分含量的测定:按GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》中的直接干燥法执行;

(2) 食盐含量的测定:按GB/T 9695.8—2008《肉与肉制品 氯化物含量测定》中的福尔哈德法执行;

(3) 亚硝酸钠残留量的测定:按GB 5009.33—2010《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》中分光光度法执行;

(4) 腊肉样品卫生指标的检测:按GB 2730—2005《腌腊肉制品卫生标准》执行。

1.3.5 食品微生物学检验 按食品微生物学检验标准GB 4789系列(2010版)对样品中的菌落总数、肠杆菌、酵母菌、乳酸菌及微球菌的数量进行测定。

1.3.6 腊肉颜色的测定 颜色测量是采用CR-400/410彩色色差计测量每块样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。每组样品均取猪肉的背脊长肌部位表面3个不同的点进行重复测定,避开肥肉和结缔组织,取平均值作为样品颜色参数的测量值。

1.3.7 风味物质的提取与分析 采用顶空固相微萃取方法提取腊肉中的挥发性风味物质。将每个试验组的3个重复每个组10 g,切碎后混合均匀,再称取混合腊肉样品5 g于带盖的玻璃顶空萃取瓶中,将老化完成的萃取头插入玻璃瓶内,用手柄缓慢推出碳纤维头,注意不要与样品接触以免损坏纤维头。在水浴恒温70℃下萃取40 min后退回纤维头,从玻璃瓶上端去除萃取头,于250℃解吸15 min后启动仪器进行数据的采集^[10,11]。

(1) 气相色谱:DB-5MS毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);载气为氮气,流速1 mL/min;进样口温度250℃,分流比5:1;起始温度为35℃,保持3 min,以4℃/min升到130℃并保持2 min,以8℃/min升到230℃并保持5 min。

(2) 质谱:电离方式为电子电离源(electron ionization, EI);电子能量70 eV;接口温度250℃;离子源温度230℃;灯丝电流150 μA;扫描质量范围35~450 U。

1.3.8 数据的处理 试验采取完全随机试验,重复3次,数据分析与结果绘图分别采用SPSS 19.0软件和Excel软件,方差分析采用Dun-can法。

2 结果与分析

2.1 腌制方法对腊肉加工过程中水分含量、食盐含量、亚硝酸钠残留量的影响

由表 1 可知,两种腌制方式下,腊肉基本理化指标的变化趋势:

(1) 水分含量都会随着加工时间的增加而降低,腊肉加工的不同阶段真空腌制的腊肉样品的水分始终高于传统干腌法。腌制完成后,真空腌制样品的含水量下降 11.4%,传统干腌样品水分含量下降 14.1%,两者有显著性的差异($P < 0.05$)。在烘烤烟熏的过程中,腊肉中水分随着烘烤烟熏时间的增加而大幅度降低,真空腌制和传统干腌的样品失水率基本一致,没有显著性差异($P > 0.05$)。熏制完成后,真空腌制的腊肉成品含水量要高于传统干腌的腊肉成品。这是因为在真空状态下,猪肉的肌肉组织会发生膨胀,细胞之间的间距加大,使猪肉能够更好地吸收溶解的腌制剂,并且在转动的过程中,肉条之间的外在摩擦,破坏了部分肌肉组织和蛋白质的结构,因而在松散的条件下使肉条的持水性增强。由此可知:真空腌制工艺能更好地保留肉中的水分,提高腊肉成品的含水量,有利于腊肉制品的口感的提升^[12]。

(2) 食盐的含量在腌制阶段不断上升,腌制完成后,真空腌制和传统干腌的样品食盐含量从 0.16% 分别增长至 5.9% 和 5.2%,两者有极为显著的差异($P \leq 0.01$)。与传统干腌法相比,真空腌制能提高产品的含盐量,对食盐含量的提升作用主要是在腌制阶段,能够使盐分的渗透能力提高 7.2%。因为在真空的条件下,猪肉的保水性提高,组织结构更为疏松,食盐溶解后随着水分渗入也更好地被猪肉所吸收,渗透能力大于传统干腌方式。因此在生产加工过程中采用真空腌制工艺可适当降低食盐的添加量。

(3) 在相同的腌制时间内,真空腌制的腊肉样品亚硝酸钠的残留量要高于传统干腌的样品,说明真空条件对亚硝酸钠的吸收有促进作用,提高了亚硝酸盐的发色效率^[13,14],因此采用真空腌制可降低亚硝酸钠的添加量。

表 1 不同腌制条件下腊肉加工过程中理化指标测定的结果

Table 1 Effects of different curing methods on physicochemical index of smoked meat

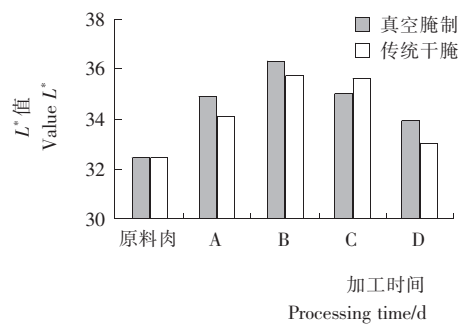
样品	水分含量/%		食盐含量/%		亚硝酸钠残留量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	
	VC	DC	VC	DC	VC	DC
原料肉	68.9	68.9	0.16	0.16	—	—
A	57.5	54.8	5.9	5.2	1.75	1.39
B	55.1	42.5	6.6	6.3	3.44	2.37
C	45.4	37.8	8.7	8.5	2.47	2.29
D	25.0	23.2	10.2	9.8	2.31	2.04

对比传统的干腌法,真空腌制能提高猪肉的持水性和盐分的吸收,更加充分地利用腌制剂。根据研究的结果,在达到相同腌制效果的前提下,采用真空腌制技术可以提高腌制效率,降低腌制剂的用量,节约成本。真空腌制的腊肉保水性要优于干腌法,因而有利于改善肉质和口感。

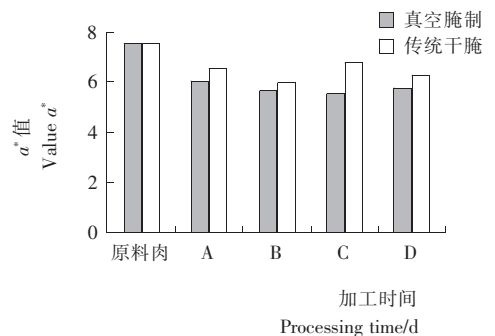
2.2 不同腌制方式对腊肉颜色的影响

不同腌制方式下腊肉加工过程中颜色的变化见图 1。

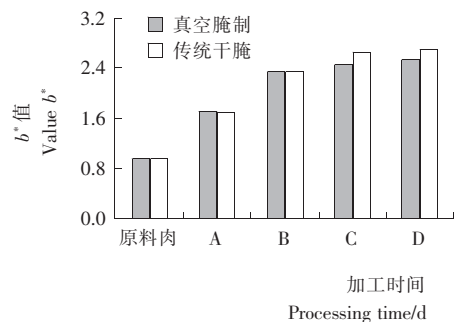
由图 1(a)可知,原料肉的 L^* 值为 32.45,腌制阶段,两种腌制方式的样品 L^* 值都呈现上升的趋势,真空腌制过后的猪肉 L^* 值比传统干腌的样品高 2.1%,有极显著的差异性($P \leq 0.01$)。 L^* 表示所测样品的明度,数值越低代表颜色越暗^[15,16],真空条件下肉吸收了较多的腌制剂,保留了更多的水分,因而肉质颜色较为透亮。而在烘烤烟熏过程中,



(a) L^* 值



(b) a^* 值



(c) b^* 值

图 1 腌制方式对腊肉颜色指标的影响

Figure 1 Effect of different curing methods on color index during smoked meat processing

L^* 值是呈下降的趋势,真空腌制腊肉成品 L^* 值略高于传统腊肉。下降的原因是烟熏材料产生的烟雾中含有很多的灰尘及颗粒附着在猪肉表层,导致腊肉颜色逐渐变暗。烟熏产生的高温也会使猪肉快速失水,肉质相应的变暗,而真空腌制样品中水分含量较高,颜色更亮。

由图 1(b)可知,原料肉的 a^* 值为 7.56,腌制完成后两者的 a^* 值呈下降趋势,一方面是跟血红蛋白的流失有关,另一方面肌红蛋白与盐分作用生成高铁肌红蛋白(灰棕色),导致红色变淡。真空腌制的 a^* 值显著降低($P \leq 0.01$),可能是因为真空条件下,促进了腌制液的吸收,有利于高铁肌红蛋白的形成,所以 a^* 值比传统干腌样品的小。而在后续的烘烤烟熏过程中,亚硝与肌红蛋白生成的亚硝基肌红蛋白在高温和烟熏的处理下会生成较为稳定的亚硝基血红色,呈粉红色^[17]。传统腌制的腊肉 L^* 值较低, a^* 值较高,颜色为暗红色,而真空腌制的腊肉 L^* 值较高, a^* 值略低,呈玫瑰粉红色,更容易被消费者接受。

由图 1(c)可知,两种腌制方式的 b^* 值始终是增加的,说明黄调增加,跟猪肉脂质的溢出和氧化有一定的关系,尤其是在烟熏过程中,因为美拉德反应的发生,肉质偏红褐色。真空腌制和传统干腌的样品 b^* 值分别为 1.71 和 1.73($P \geq 0.05$),两种之间的差异性不显著。

如上所述,真空腌制能更好地保持肉质中的色素并促进发色作用,使腊肉光泽黄亮并呈现令人愉悦的玫瑰粉红色。

2.3 腌制方法对湖南腊肉挥发性风味物质的影响

试验测定了真空腌制和干腌条件下,腌制完成后和腊肉成品中挥发性风味成分。图 2、3 分别为腌制完成后和腊肉成品的挥发性风味物质谱图,腌制完成后的样品中的挥发性风味成分见表 2,腊肉成品的挥发性风味成分见表 3。

由表 2 可知,真空腌制的猪肉共分离出 13 种挥发性风味物质成分,分别为醛类 2 种、酸类 2 种、碳氢化合物 6 种、酯类 1 种、酚类 1 种、其他 1 种;传统干腌法则分离出 8 种,分别为醛类 2 种、酸类 2 种、碳氢化合物 1 种、酯类 1 种、其他 2 种。测定结果显示,传统干腌的猪肉样品的挥发性风味物质中 4-羟基丁酸内酯占了绝大部分,风味较为单一。经过真空腌制的猪肉检测到的风味物质种类和数量上都超过了传统的腌制方式,其中 D-异柠檬烯、茴香脑、异丙烯基甲苯等碳氢化合物都未在干腌样品中检出,并且真空腌制样品中的苯甲酸(安息香酸)、苯甲醛和壬醛等对风味有特殊贡献物质的相对含量都高于传统干腌样品。这是因为真空滚揉能更好地保留猪肉中的水分、蛋白质及脂肪,也与腌制剂的充分渗透和微生物的生长繁殖有一定关系,因此能赋予肉更丰富的味觉。例如,苯甲醛、壬醛和 L-半胱亚磺酸能发出清甜的橙果香味,愈创木酚和萘等物质能产生一种类似木质的香味,在后续的高温烟熏过程中,能释放出富有特色、层次多样的风味,提高腊肉的感官品质。

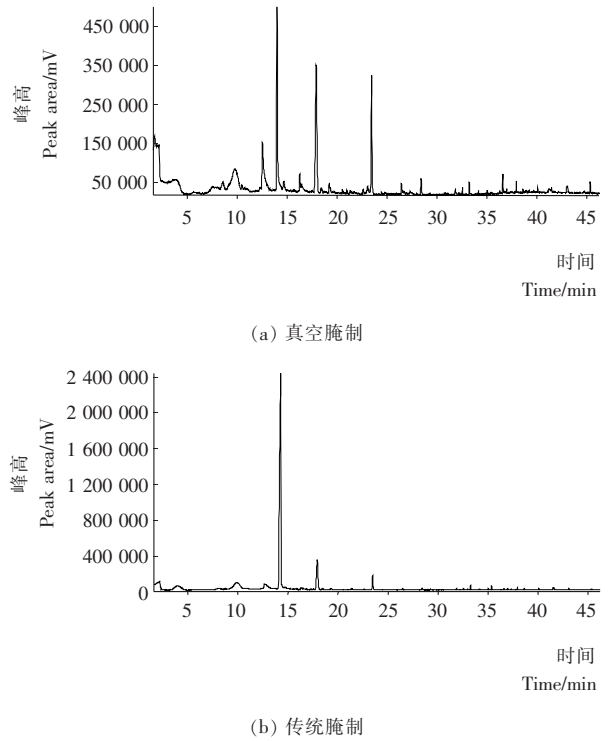


图 2 2种腌制方式猪肉中挥发性风味物质谱图
Figure 2 The mass spectrum of volatile flavors in pork by two curing methods

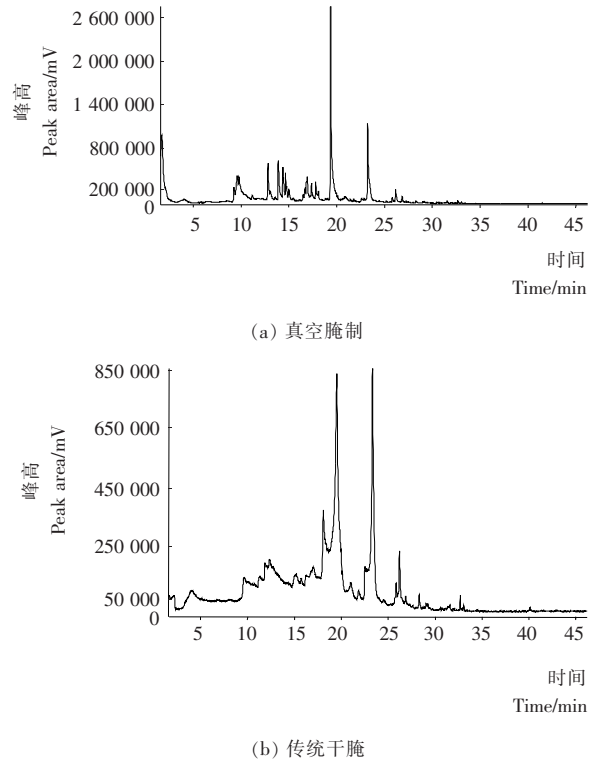


图 3 2种腌制方式腊肉成品挥发性风味物质峰谱图
Figure 3 The mass spectrum of volatile flavors in the end products of smoked meat by two curing methods

表 2 不同腌制方式腌制完成时腌肉挥发性风味物质成分及相对含量

Table 2 Volatiles identified in GC—MS and relative amount of smoked meat at the end of curing

种类	化合物名称	保留时间/min	相对含量/%	
			传统干腌	真空腌制
醛类	苯甲醛	12.669	8.148	25.532
	壬醛	16.325	1.116	4.184
酸类	L-半胱亚磺酸	1.939	5.441	5.220
	苯甲酸(安息香酸)	21.363	0.383	1.182
	右旋萜二烯(D-柠檬烯)	8.575	—	7.240
碳氢化合物	1,4-二氧基-2-丁烯	22.636	0.349	1.064
	异丙烯基甲苯	16.465	—	4.116
	4-异丙基甲苯	10.981	—	1.425
	萘	23.066	—	2.090
酯类	1-甲氧基-4-[(Z)-1-丙烯基]苯(茴香脑)	26.457	—	1.780
	4-羟基丁酸内酯	14.284	79.800	43.118
酚类	邻甲氧基苯酚(愈创木酚)	19.220	—	1.874
其他	硫	36.590	0.208	2.239
	苯并噻唑	26.476	0.317	—

由表 3 和图 3 可知,在烘烤烟熏后的腊肉样品中,酚类和碳氢化合物的种类和含量都有大幅度的提升,醛的种类和含量的增加较为明显,酯类物质的含量则不断降低。熏制完成后,真空腌制的腊肉样品共分离出 40 种挥发性风味物质,传统干腌法的腊肉样品分离出 21 种风味物质。

真空腌制腊肉成品所测得的物质中,2-甲氧基-4-甲基苯酚、2-甲氧基苯酚和苯酚等及碳氢化合物中的 2,5-二甲基-2,4-己二烯、(+)- α -柏木萜烯、双戊烯和 D-柠檬烯等物质的种类含量明显高于传统干腌的腊肉样品。

对腊肉风味贡献较大的化合物主要有苯酚、苯甲醛、2,5-二甲基苯酚、D-柠檬烯等。烟熏材料中的木质素在高温条件下分解后会产生中间产物 4-乙基甲氧基苯酚(4-乙基愈创木酚),然后随着烟熏的继续,会进一步反应生产一系列的甲氧基苯酚,如 2,6-二甲氧基苯酚、4-甲基苯酚等风味物质,形成木质的烟熏风味,真空腌制样品中的甲氧基苯酚共检出 6 种,相对含量也高于传统干腌样品。这一系列的物质赋予腊肉独特的熏制风味,较多的酚类物质使得真空腌制腊肉成品的烟熏风味更加浓郁。

D-柠檬烯、苯甲醛、糠醛、壬醛、 α -柏木萜烯和芳香烃等碳氢化合物能赋予腊肉清新的花果香味,其中 D-柠檬烯是源自橘子树枝等天然烟熏材料中的芳香精油经高温挥发得到,真空腌制的腊肉成品中含有 4.641% 的 D-柠檬烯,而传统干腌的腊肉中并未检出。糠醛和壬醛的来源主要是由猪肉中

表 3 不同腌制方式腊肉成品的挥发性风味物质成分及相对含量

Table 3 Volatile flavoring substances and relative amount of smoked meat by different curing methods after smoked

种类	化合物名称	保留时间/min	相对含量/%	
			传统干腌	真空腌制
醛类	5-甲基-2-呋喃甲醛	12.092	15.594	—
	呋喃甲醛(糠醛)	1.705	—	14.623
	苯甲醛	13.061	—	2.272
	5-甲基呋喃甲醛	13.903	—	5.490
酯类	壬醛	16.492	—	1.009
	4-羟基丁酸内酯	14.369	—	1.773
酮类	2,3-二氢-1H-茚酮	29.026	0.186	0.170
	2-甲基-2-环戊烯-1-酮	9.256	—	1.823
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	14.438	—	2.339
	螺[2,4]庚烷-4-酮	17.371	—	3.409
	2(5H)-呋喃酮	14.659	—	1.911
	3-甲基-2-(5H)-呋喃酮	16.931	—	2.691
	2,5-二甲基-2,4-己二烯	8.575	0.160	7.240
	1,2-二甲基环己烯	22.636	0.250	1.064
	1,2-戊二烯	16.465	0.719	—
	双戊烯	10.841	—	0.925
碳氢化合物	(+)- α -柏木萜烯	26.844	0.731	0.902
	(+)-花侧柏烯	32.060	—	0.071
	3,4-二甲氧基甲苯	25.823	1.175	0.483
	4-异丙基甲苯	11.709	—	1.790
	1,3-二甲基-4-乙基苯	12.035	—	0.178
	1,6-二甲基-1,3,5-三烯	26.457	0.416	—
	D-柠檬烯	9.593	—	4.641
	1-乙基-3,5-二甲基苯	12.246	—	0.909
	1-甲基-2-异丙基苯	12.578	—	0.604
	α -依兰油烯	27.460	—	0.162
酚类	苯酚	12.825	5.313	4.185
	4-丙烯基-2-甲氧基苯酚	32.679	0.211	—
	4-乙基-2-甲氧基苯酚	28.292	0.486	0.268
	2,6-二甲氧基苯酚	31.320	0.097	—
	4-乙基-2-甲氧基苯酚	26.166	2.220	1.474
	2,5-二甲基-1,4-苯二酚	24.150	—	0.197
	2-甲氧基-4-甲基苯酚	23.015	18.215	11.520
	2-甲氧基-3-甲基苯酚	22.599	—	0.585
	2-甲氧基-6-甲基苯酚	22.733	—	0.442
	2,5-二甲基苯酚	20.949	3.469	1.305
	2,6-二甲基苯酚	20.866	—	0.192
	3,5-二甲基苯酚	21.771	—	0.646
	2-甲氧基苯酚	19.371	38.424	23.984
	2-甲基苯酚	16.850	3.453	1.581
	3-甲基苯酚	17.809	3.285	2.379
	4-甲基苯酚	17.977	4.297	0.483
	对甲氧基苯酚	18.586	1.114	—
	2,3,5-三甲基对苯二酚	25.975	—	0.262
2-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯酚	32.680	—	0.164	
2-甲氧基-4-丙基苯酚	29.214	0.183	—	
其他	苯甲腈	14.999	—	2.158

油酸、亚油酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸的氧化而形成的,真空腌制腊肉样品中糠醛和壬醛的相对含量分别为14.623%和1.099%,传统干腌样品中未检出。这些特有烟熏风味物质会随着熏烟附着在腊肉的表面并逐步渗透进入肉的内部,使腊肉风味更好,因而真空腌制的腊肉风味渗透能力强,口感更为丰富。

大多数物质特别是烃类、部分酮类和酸类等阈值都较高,因此鉴定出的大部分挥发性物质都不是腊肉的特征风味成分,酚类是对烟熏腊肉风味影响最大的一类物质,主要分为苯酚、甲基苯酚和甲氧基苯酚这三类物质^[18,19]。因为酚类物质是烟熏腊肉中的一种特有风味,徐鹏丽等^[20]研究的广式腊肉挥发性风味物质分析中得到的大多为酯类和醇类物质,没有酚类物质^[21],是因为广式腊肉是腌制后风干制得,不需要烟熏工艺。而本研究所采用的是湖南湘西传统腊肉的加工工艺,烟熏是重要的加工步骤,能使腊肉制品拥有浓郁的烟熏风味。从分离的结果分析出,真空腌制的腊肉比传统干腌的腊肉能更好生成和吸收熏烟中的风味物质,对腊肉风味的提高起着一定的作用。

2.4 腌制方式对腊肉中微生物的影响

试验测定了不同腌制方式下,加工的不同阶段腊肉样品的菌落总数、肠杆菌、霉菌、乳酸菌及球菌的数量进行测定,测定的结果见图4、5。

由图4、5可知,腌制过后真空腌制样品检出的菌落总数要低于传统干腌的样品,真空腌制能更好地阻止样品与外界环境接触,省去了传统腌制过程中翻缸的步骤,减少了二次污染,肠杆菌、乳酸菌和酵母菌的数量都有所下降,球菌的数量增多,成为最主要的优势菌株,其次是乳酸菌。这是因为腌制过后,水分活度 A_w 下降,pH值下降,食盐和亚硝酸钠含量随着腌制剂的渗透而增加,这些原因都会抑制微生物的生长,而球菌属能在高盐分环境中生存,因而成为优势菌种,数量增加。

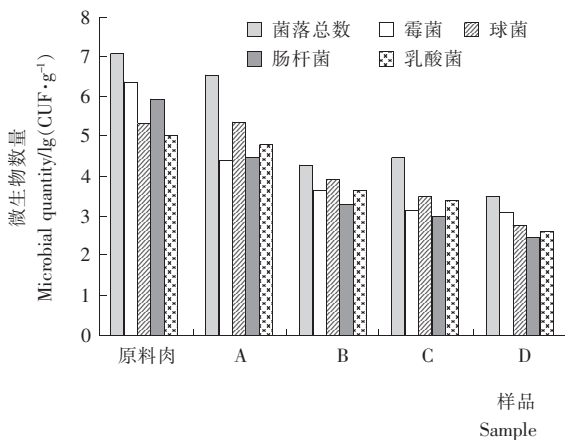


图4 传统干腌法对腊肉加工过程中微生物变化的影响
Figure 4 Effect of dry curing on microbial quantity during smoked meat processing

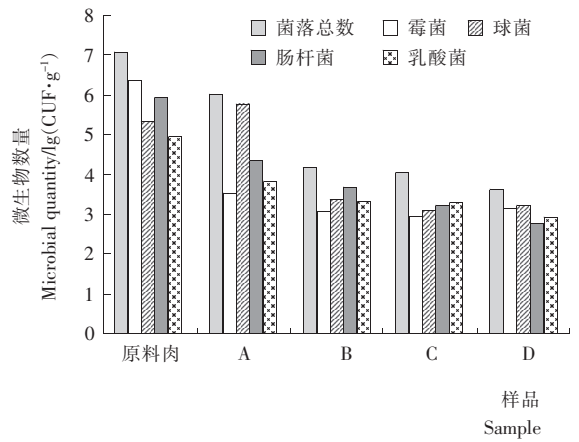


图5 真空腌制对腊肉加工过程中微生物变化的影响
Figure 5 Effect of vacuum curing on microbial quantity during smoked meat processing

(1) 腌制过程中,真空腌制的水分和食盐含量比传统干腌法的含量高,绝大部分菌都是兼性厌氧的,真空条件并不能起到很好的抑制作用,但较高的盐分能够更好地抑制除球菌以外的其他微生物,使球菌数量高于传统腌制的样品。研究人员^[22-24]对烟熏腊肉、金华火腿以及宣威火腿这类高盐腌制的肉制品表面的菌相进行了研究与分析,得出腌制肉制品表面的优势菌种通常为微球菌、葡萄球菌及霉菌,这些细菌都属于中温型微生物。微球菌、葡萄球菌能够分泌蛋白酶,参与肉类蛋白的酶解,对风味的形成有一定的促进作用^[25],因而真空腌制的腊肉样品能够分离出更多的风味物质。

(2) 腊肉在烘烤烟熏过程中,每种菌的含量都大幅度下降,因为在高温、高盐分和失水的条件下,微生物的成长繁殖不断被抑制,降至 10^3 左右,下降了两个数量级。且真空腌制的样品中球菌的数量始终要高于传统干腌法的样品,因为在盐分渗透更多的情况下,直接抑制了除微球菌以外的其他盐耐受度低的菌种。pH值的下降也对微生物的生长繁殖有着一定的影响,乳酸菌的数量减少缓慢,因为偏酸性的条件更有利于其生长。在此阶段,微球菌和乳酸菌仍然是优势菌种。水分含量对肠杆菌的生理活动影响较大,因此在烟熏过程中数量不断下降。烟熏温度对霉菌的影响较大,在 $47\text{ }^\circ\text{C}$ 以上霉菌几乎不能生长,真空腌制的样品的霉菌数含量略低于传统干腌法样品。

烟熏完成后,真空腌制的腊肉成品菌落总数降至 5.5×10^3 CFU/g,传统干腌法为 3.15×10^3 CFU/g。乳酸菌受温度和水分的影响数量持续下降至 10^2 ,肠杆菌和霉菌的数量略有上升,取代乳酸菌成为优势菌种,可能跟环境的二次污染有关,其他菌种的数量仍呈下降趋势。真空腌制的腊肉成品水分含量高于传统腊肉,使得霉菌的数量高于传统腌制的腊肉,不长毒素的霉菌能赋予肉质优良的风味,而在贮藏过程中,霉菌能不断增殖,对腊肉风味的形成起到积极的作用^[26-28]。

3 结论

真空腌制对腊肉品质的提高能够起到积极的作用,相比传统干腌法,真空腌制的优势主要有:减少肉制品在腌制工艺中的二次污染、促进腌制剂的吸收,提高腊肉的保水性,使腊肉颜色更加鲜亮,分离出的挥发性风味物质的种类和含量均高于传统方法,疏松的肉质和较高的含水量有利于熏烟中芳香物质的吸附和渗透,不饱和脂肪酸的氧化更为充分,能促进风味物质的生成,使腊肉在一定的加工周期中风味更佳。在实际生产中,利用真空腌制能提高生产的效率,较好地控制产品的质量,更适合腊肉的工业化生产与加工。

通过对腊肉加工工程中菌相的结果进行分析,腊肉中的优势菌种主要是球菌和霉菌。在这基础上,进一步研究了不同腌制工艺对微生物的影响,因真空腌制的腊肉食盐和水分含量更高,更加有利于微生物形成优势菌种。微生物对肉中蛋白质及脂肪的酶解反应可能对腊肉风味的形成有一定的联系。对于参与反应的菌种及其酶解产物的分离鉴定,分析每种产物与腊肉风味的具体联系还需要更深入的研究发现,从而完善腊肉的风味的来源与形成机理。

参考文献

- 傅樱花. 腊肉制品风味形成的探讨[J]. 食品工业科技, 2004(3): 143~144.
- 尚永彪, 吴金凤, 夏杨毅, 等. 农家腊肉冷熏加工过程中挥发性风味物质的变化[J]. 食品科学, 2009, 30(17): 79~83.
- 徐为民, 匡一峰, 徐幸莲, 等. 风鹅加工过程中蛋白质分解及其对产品风味的影响[J]. 扬州大学学报, 2005, 26(2): 41~43.
- Theno D M, Siegel D G, Schmidt G R. Meat massaging: effects of salt phosphate on the microstructure of binding juiciness in sectioned and formed hams[J]. Journal of Food Science, 1978, 43(2): 493~498.
- Beate Schulze, Stephan Peth, Eva Maria Hubbermann, et al. The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 109(3): 380~387.
- 龚海辉, 谢晶, 张青. 真空浸渍在果蔬加工中的应用[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 291~294.
- 徐珠洁, 谢晶, 刘世雄. 真空浸渍对苹果强化营养的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 142~146.
- 张立彦, 熊玲. 真空腌制条件对猪肉食盐渗透规律及品质变化的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(11): 2 595~2 600.
- 史培磊, 闵辉辉, 李春保, 等. 滚揉腌制前后鹅肉品质的变化[J]. 食品科学, 2011, 32(11): 88~92.
- 常海军, 周文斌, 王强. 肉品风味及影响因素研究进展[J]. 肉类工业, 2010(8): 46~49.
- 赵冰, 任琳, 陈文华, 乔晓玲, 等. 烟熏工艺对熏肉挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学, 2013(6): 180~187.

- 杜喜玲. 气-质色谱法测定发酵猪肉风味物质的研究[J]. 肉类研究, 2012(2): 34~36.
- 唐爱明, 夏延斌. 肉制品中亚硝酸盐降解方法、机理及研究进展[J]. 食品与机械, 2004, 20(2): 35~37
- 严聃, 陈奇, 李晓文. 亚硝基血红蛋白制取影响因素的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(2): 66~68
- 张伟力. 猪肉肉色与酸度测定方法[J]. 养猪, 2002(1): 30~31.
- 钱灵燕, 郁延军, 刘成林. 不同滚揉腌制工艺处理对猪肉腌制过程中色泽的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(4): 125~128.
- Javier Mateo, José Maria Zumalacárregui. Volatile compounds in chorizo and their changes during ripening[J]. Meat Science, 1996, 44(4): 255~273.
- Yu, Ai-nong, Sun Bao-guo. Flavour substances of Chinese traditional smoke cured bacon[J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 227~233.
- Flores M, Grimm C C, Toldra F, et al. Correlations of sensory and volatile compounds of spanish "Serrano" dry-cured ham as a function of two processing times[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997, 45(6): 2 178~2 186.
- 许鹏丽, 郭祀远. 广式腊肉风味物质成分分析的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 122~125
- 朱建军, 王晓宇, 胡萍. 黔式腊肉加工过程中挥发性风味物质的变化[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 20~23
- 刘洋. 腊肉加工和贮藏期间菌相变化和理化变化[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- 胡英葵, 曾云中, 翁芸芬, 等. 金华火腿微生物研究 II. 火腿盐制、发酵期间微生物优势种类及其变动的研究[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1983(4): 507~513.
- 王海燕, 马长伟, 李平兰. 传统湖南腊肉中产香葡萄球菌的筛选及鉴定[J]. 食品与发酵工业, 2006(5): 45~49.
- 何文新, 郭善广, 蒋爱民, 等. 通过猪脂肪氧化和猪瘦肉酶解制备中式腊肉风味前提物的研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(6): 41~45, 70.
- 傅樱花, 马长伟, 彭建华, 等. 腊肉加工过程中游离脂肪酸的变化研究[J]. 食品科技, 2006(1): 56~59.
- 陈美春, 杨勇, 石磊. 四川腊肉生产过程中理化及微生物特性的研究[J]. 食品科技, 2008, 29(5): 149~152.
- Hinrichsen L L, Pederson S B. Relationship among flavor, volatile compounds, chemical changes, and microflora in Italian-type dry-cured ham during processing[J]. Agricultural and Food Chemistry, 1995(43): 2 932~2 940.