

添加发酵剂对猪肉脯品质的影响

樊明明, 郇延军*, 翁梅芬, 郑佳飞

(江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要:分别利用戊糖片球菌, 植物乳杆菌, 肉糖葡萄球菌单一菌种和复合菌种对原料肉进行发酵, 生产发酵型猪肉脯, 分析了成品质构、水分活度、肌原纤维小片化指数(MFI)和感官品质等指标的变化。结果表明:与对照组相比, 发酵可以明显改善产品的质构和感官品质。其中经肉糖葡萄球菌和戊糖片球菌复配发酵的产品剪切力可降低39.8%, MFI由对照组42.87提高到84.73。各发酵组的水分活度(Aw)和水分含量无显著区别, 但与对照组相比有显著下降($p < 0.05$)。添加肉糖葡萄球菌发酵组和三组复配发酵组猪肉脯感官评分显著高于对照组($p < 0.05$)。

关键词:发酵剂, 质构, 肌原纤维小片化指数, 感官评定

Effect of different starter cultures on quality of pork jerky

FAN Ming-ming, HUAN Yan-jun*, WENG Mei-fen, ZHENG Jia-fei

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Using *Pedococcus pentosaceus*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus* only or the combinations as starter cultures to make pork jerky, the production of fermented pork jerky were analyzed, including the change of product texture, water activity, myofibrillar fragmentation index (MFI) and sensory quality and other indicators. The results showed that: compared with the control group, fermentation could significantly improve the texture and sensory quality of the product. Shearing force of the product which was fermented by *Staphylococcus* and *P. pentosaceus* was reduced by 39.8%, MFI was increased from 42.87 to 84.73. Water activity (Aw) and moisture content of each fermentation group had no significant difference. But compared with the control group, the Aw and moisture content of each fermentation group decreased significantly ($p < 0.05$). The sensory scores of the jerky fermented by *Staphylococcus* only and the groups of complex fermentation was significantly higher ($p < 0.05$).

Key words: starter cultures; texture; myofibril fragmentation index; sensory evaluation

中图分类号: TS251.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)15-0122-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.018

肉脯是用除去筋腱的猪、牛瘦肉为原料, 经切片、调味、腌制、摊筛、烘干、烤制等工艺制成的即食产品, 是我国知名的传统肉制品, 具有高蛋白、低脂肪、味道鲜美等特点, 深受人们喜爱。传统工艺条件下, 猪肉脯生产经过较长时间的烘干过程和短时间的焙烤过程, 使产品质地较硬, 也影响了产品的弹性和咀嚼性; 另外传统工艺中, 产品风味主要靠美拉德反应形成, 导致风味单一^[1]。改善猪肉脯质构、丰富其风味是生产人员和研究人员共同关心的课题。嫩度是评价肉制品食用品质的一个重要指标, 主要涉及到产品的咀嚼性、硬度和剪切力。研究表明: 破坏肌原纤维的完整性, 提高肌原纤维小片化程度可以降低剪切力, 提高肉制品的嫩度^[2]。蛋白酶可以促进蛋白质降解, 提高肌原纤维蛋白降解程度。通过由微生物发酵产生的外源蛋白酶的作用提高蛋白质降解程度是一种重要的加工方式^[3-4]。Leroy等^[5]报道指出, 肉经微生物发酵, 促进了蛋白质、脂肪、糖类等

大分子物质的降解, 破坏了肌肉组织的完整性、改善了质构, 提高产品的消化吸收率及营养价值, 同时利用葡萄球菌和乳酸菌的发酵还能够促进酯类物质等风味成分的形成^[6], 改善产品的风味及提高产品的保藏性^[7]。我国发酵肉制品很多, 但利用发酵工艺改进肉脯的相关研究较少。本研究利用植物乳杆菌、戊糖片球菌和肉糖葡萄球菌单一菌种和复合菌种进行发酵型猪肉脯的生产。并对主要的品质指标进行分析, 以期对发酵型猪肉脯生产的菌种选用和改善产品的质构及风味品质提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

戊糖片球菌 (*Pedococcus pentosaceus*) 编号 GIM1.428, 植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) 编号 GIM1.191, 肉糖葡萄球菌 (*Staphylococcus carnosus*) 编号 GIMT1.044, 购于广东省微生物菌种保藏中心。新鲜猪前腿肉和鸡精、鱼露等购于当地超市。红曲红、

收稿日期: 2014-10-23

作者简介: 樊明明(1988-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: fanmm0601@163.com。

* 通讯作者: 郇延军(1963-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品工程, E-mail: huanyanjun@jiangnan.edu.cn。

乙基麦芽酚均为市售食品级,其他试剂均为分析纯。MRS(Man Rogosa Sharp)培养基,参照 GB478912-2003,用于活化培养乳酸菌;营养肉汤培养基,参照 GB478912-2003 用于肉糖葡萄球菌的活化、传代及制备发酵剂。

DUG-9123A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;FA-st Lab 水分活度仪 法国;TA-XT plus 型质构分析仪 英国 Stable Micro Systems 公司;离心机 SIGMA2-16K 德国西格玛公司;其他为实验室常规仪器。

1.2 实验方法

1.2.1 发酵剂的制备 将菌种活化,作为种子液。按 5% 接种量,37 °C 静置培养到对数生长期。将 100 mL 增殖培养液离心(4000 r/min 10 min),倒掉上清液,菌体沉淀用 5 mL 无菌生理盐水(0.85%)悬浮,即得到需要的液体发酵剂。制备的发酵剂,经过活菌计数后用于生产。

1.2.2 发酵猪肉脯加工工艺流程及操作要点 原料选择→预处理→冷冻→切片→发酵、腌制→摊筛→烘干→涂油→烤制→压平切割→包装→指标测定。操作要点^[4]如下。

原料选择、预处理:选择猪后腿肉,去除可见脂肪、结缔组织。

冷冻、切片:冷冻主要是便于切片,将肉顺着肌肉纤维方向切成 2 mm 厚的薄片,自然解冻。

发酵、腌制:先发酵后腌制。添加 1% 葡萄糖作为菌种碳源,发酵在浓度为葡萄糖溶液(用无菌生理盐水配制浓度为 20%)和液体发酵剂混合液中进行。湿度恒定为 80%,15 °C 发酵 6 h,25 °C 发酵 30 h^[8-9]。发酵结束后在 4 °C 冰箱中腌制 2 h。其中肉:蔗糖:混合料质量比为 100:26.67:2.4,混合料中各组分之间配比为白胡椒粉:复合磷酸盐:鸡精:味精:乙基麦芽酚:红曲米 = 15:25:25:33:4.3:1。

摊筛:肉片摊在筛网上,相互之间尽量不留空隙。

烘干:65 °C 烘干 0.5 h,55 °C 烘干 3 h,烘干期间每隔半个小时翻一次。

烤制:烤制温度为 22 °C,时间为 3 min。

对照组按传统工艺制作,选猪后腿精肉、冷冻、切片、腌制、摊筛、烘干、烤制、冷却。操作要点同上。

1.2.3 实验设计 本实验设计 7 组,分别添加不同组合的发酵剂进行发酵猪肉脯的制作,具体见表 1。

表 1 实验设计
Table 1 Experimental design

分组	发酵剂组合
对照组	不接种
T-1 组	单独接种肉糖葡萄球菌 3×10^7 cfu/g
T-2 组	单独接种戊糖片球菌 3×10^7 cfu/g
T-3 组	单独接种植物乳杆菌 3×10^7 cfu/g
T-4 组	植物乳杆菌、肉葡萄球菌(1:1) 3×10^7 cfu/g
T-5 组	戊糖片球菌和肉葡萄球菌(1:1) 3×10^7 cfu/g
T-6 组	植物乳杆菌、戊糖片球菌和肉葡萄球菌(1:1:1) 3×10^7 cfu/g

实验中每组发酵剂接种总量均为 3×10^7 cfu/g。植物乳杆菌和戊糖片球菌同属乳酸菌,本实验温度下,二者复配会在较短时间内使肉料的 pH 降到 5.0,较短时间的发酵不利于发酵型猪肉脯风味的形成及其他成分的降解,因此实验中并未采用二者复配制作发酵型猪肉脯。样品制作完毕冷却包装待指标测定。

1.2.4 相关指标的测定

1.2.4.1 菌落总数和挥发性盐基氮(TVB-N)的测定 菌落总数参照 GB 4789.2-2010 食品微生物学检验菌落总数测定的方法进行。TVB-N 的测定参照 GB/T5009.44-2003 中挥发性盐基氮半微量定氮法。

1.2.4.2 猪肉脯 pH 测定 参考 GB/T 9695.5-2008 和 Yang^[10]的方法测定。将样品用剪刀剪碎,称取 3 g,加入 27 mL 蒸馏水,均质 1 min,随后用 pH 计测定 pH。每个样品测三次。测定前对 pH 计进行校准,25 °C,校准缓冲液 pH4.00、pH6.88。

1.2.4.3 剪切力和全质构的测定 样品剪切力测定参照李培红实验方法^[4]。TPA 测定参考 Pialr Trespalacios^[11]实验方法并稍作修改,用剪刀将室温保存的猪肉脯剪成 2 cm × 1 cm 的长方形,TPA 实验选用 P/36R 探头,设置参数:测试模式:压缩;测试前速度:1 mm/s;测试速度:3 mm/s;测试后速度:3 mm/s;压缩比为 60%;2 次激活感应力:15 g。平行测定五次。

1.2.4.4 肌原纤维小片化指数(MFI)的测定 参考 Karumendu 等^[12]的方法略加修改进行测定。取 2 g 剪切好的猪肉脯(除去肉眼可见的脂肪和结缔组织),在 20 mL 2 °C 的 MFI 缓冲溶液(缓冲溶液含 100 mmol/L KCl, 1 mmol/L EDTA(二钠盐), 25 mmol/L 磷酸钾(7 mmol/L 的 KH_2PO_4 与 18 mmol/L 的 K_2HPO_4 ,使缓冲液在 4~5 °C 条件下 pH 为 7.0), 1 mmol/L NaN_3),用组织捣碎机捣碎搅匀,匀浆液在 4000 r/min 离心 15 min,将上清液缓慢倒出,沉淀继续在 10 mL 缓冲液中,搅拌制成悬液,4000 r/min 离心 15 min。慢慢倒出上层清液。沉淀在 5 mL 的缓冲溶液制成悬液通过 400 μm^2 的尼龙纱布以除去结缔组织及碎片,再用 5 mL 的缓冲溶液帮助肌原纤维通过筛孔。纤维悬液的蛋白质浓度根据双缩脲法测定。然后用 MFI 缓冲溶液调整悬浮液蛋白浓度为 (0.5 ± 0.05) mg/mL,在 540 nm 测吸光度,将所得结果乘以 200 后便得到猪肉脯的 MFI 值。

1.2.4.5 水分含量和水分活度的测定 样品中水分含量的测定参照 GB/T 9695.15-2008。水分活度测定前将样品在室温下用料理机打碎,各组样品打碎时间保持一致,每组测定三个平行。

1.2.4.6 感官测定 邀请 20 位经过培训的食品专业硕士生其中男生 10 名,女生 10 名,严格按照评定标准对发酵产品进行感官评分,结果取平均值。评分采用九点标度法:满分 9 分。9:极好;8:良好;7:好;6:次好;5:一般;4:一般以下;3:差;2:很差;1:极差,对每一项进行评分,然后按照每一项所占权重进行加和,最后换算成 9 分制进行分析。

表2 感官评定标准表

Table 2 The sensory evaluation standard

指标	评定标准
外观 (5%)	片型规则整齐,厚薄基本均匀,可见肌纹,无焦片、生片为好,反之视为不好
色泽 (5%)	呈棕红、深红、暗红色,色泽均匀,油润有光泽为好,色泽不均匀或者发黑、发黄均视为不好
滋味与气味 (20%)	有明显烤肉香味、发酵肉特有香味、咸甜适中,香味不突出、偏甜、偏咸、偏酸均视为不好
硬度 (30%)	用手指按压猪肉脯表面,看齐弹性与持水性,来判断硬度
咀嚼度 (40%)	咀嚼度适中为好,干硬难以咀嚼和松脆没有嚼劲的都视为不好

1.2.5 数据分析 实验结果用 SPSS 19 统计软件对数据进行统计分析,利用 Origin 8.5 作图。

2 结果与分析

2.1 添加不同发酵剂对猪肉脯菌落总数和 TVB-N 的影响

由图 1 可知,单加肉糖葡萄球菌组菌落总数和 TVB-N 显著高于对照组和其他发酵组。肉糖葡萄球菌不产酸,无法抑制杂菌生长,因此肉糖葡萄球菌应该和乳酸菌复配作为发酵剂制作发酵肉制品。戊糖片球菌和植物乳杆菌都是乳酸菌,Talon^[13] 研究表明乳酸菌在发酵过程中通过降低 pH 可抑制杂菌和致病菌的生长,阻止杂菌利用游离氨基酸等含氮化合物产生挥发性含氮成分。此外,乳酸菌产酸作用可使肉中酸碱中和,使挥发性盐基总氮含量增加缓慢^[14]。虽然除 T-2 组外的其他发酵组的 TVB-N 量均显著高于对照组 ($p < 0.05$),但是根据 Xiong^[15] 文献猪肉中 TVB-N 含量小于 5 mg/100 g 都在可食范围。

2.2 不同发酵剂对发酵过程中 pH 变化的影响

如图 2 所示,除肉糖葡萄球菌组外,其他各组猪肉脯的 pH 在 12~30 h 时间段内下降迅速,之后缓慢下降。pH 在发酵前期基本不变的原因可能是发酵剂中微生物要适应新的生长环境;发酵中期适应环境之后微生物快速繁殖,植物乳杆菌和戊糖片球菌将碳水化合物分解成乳酸降低肉的 pH;发酵后期 pH 变化缓慢是由于代谢产物的积累使微生物的生长受到抑制。这与杨华等^[16] 在 25~28 °C 鲶鱼发酵香肠的 pH 变化的趋势一致。单一菌种发酵 T-3 组较 T-2 组 pH 下降较快,是因为在接种量相同的情况下植物乳杆菌产酸速度较戊糖片球菌快;每组菌种添加量总量相同,两种乳酸菌可利用碳源的量越少,pH 下降越慢,因此单加戊糖片球菌组和单加植物乳杆菌组较其他组的 pH 下降较快;三种菌复配发酵组较两种菌复配的发酸组 pH 下降较快,是因为两种乳酸菌共同作用降低 pH;T-1 组肉糖葡萄球菌单一作为发酵剂制作猪肉脯时,pH 基本不变,发酵过程中无法抑制其他杂菌的生长(图 1),产品的稳定性得不到保障。

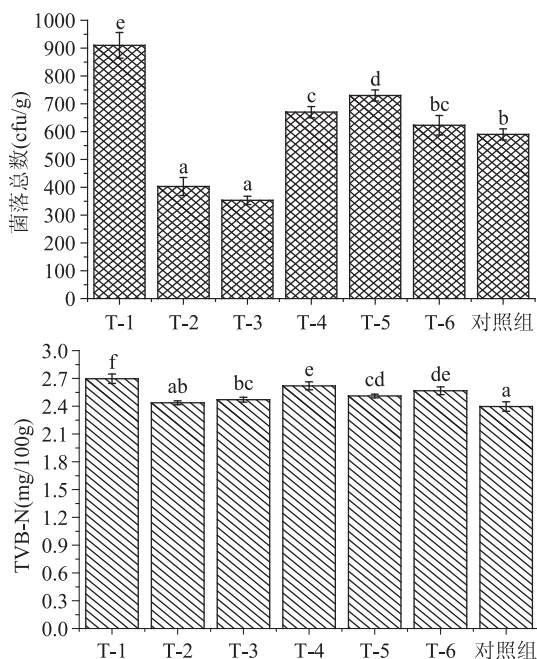


图 1 不同发酵剂对猪肉脯菌落总数和 TVB-N 的影响

Fig.1 The total number of bacterial colony and TVB-N change of pork jerky produced by fermented

注:a-f 柱形图上含有不相同字母为差异显著 ($p < 0.05$),图 3 同。

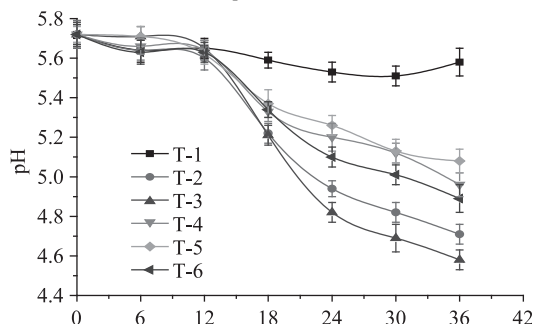


图 2 发酵过程中 pH 的变化

Fig.2 The pH change of pork jerky produced by fermented

2.3 不同发酵剂对猪肉脯剪切力和 MFI 的影响

剪切力是衡量肉制品嫩度的一个重要指标,MFI 表示肌原纤维的降解程度,蛋白质降解程度越大,MFI 值越大,剪切力越小,肉的嫩度越大。由图 3 可知,同对照组比较,T-1 组、T-2 组、T-5 组、T-6 组剪切力分别降低了 26.4%、21.35%、39.8%、31.9%,MFI 由对照组的 42.87 分别增大到 76.3、72.01、84.73、78.96,其中复配发酵组较单一菌种组样品剪切力降低程度更大、MFI 值更高。肉糖葡萄球菌和戊糖片球菌能够产生蛋白酶提高肉制品生产过程中蛋白质的降解程度,提高 MFI 值,剪切力变小^[6]。图 3b T-5 和 T-6 复配组的 MFI 均大于单加肉糖葡萄球菌组,是因为 pH 降低利于肌原纤维蛋白的降解,并且一定范围内 pH 越低肌原纤维降解程度越大^[17]。因此用戊糖片球菌和肉糖葡萄球菌复配,或者三种菌复配制作发酵型猪肉脯可提高制品嫩度。

2.4 不同发酵剂对猪肉脯硬度和咀嚼性的影响

硬度表示物体变形所需要的力,反映食品坚硬

表3 不同发酵剂对猪肉脯硬度和咀嚼性的影响

Table 3 The hardness and chewiness of pork jerky fermented by different starter culture

组别	硬度(g)	弹性	凝聚性	咀嚼性(g)
T-1	25485 ± 1631 ^c	0.98 ± 0.06 ^a	0.92 ± 0.03 ^b	22920 ± 2845 ^b
T-2	27389 ± 1448 ^c	0.97 ± 0.07 ^a	0.92 ± 0.04 ^b	24474 ± 3259 ^b
T-3	35398 ± 2705 ^e	0.91 ± 0.06 ^a	0.89 ± 0.01 ^{ab}	28806 ± 1983 ^c
T-4	31801 ± 1140 ^d	0.92 ± 0.05 ^a	0.91 ± 0.03 ^b	26503 ± 1180 ^{bc}
T-5	17589 ± 2243 ^a	1.02 ± 0.11 ^a	0.84 ± 0.11 ^a	15249 ± 3880 ^a
T-6	22614 ± 2264 ^b	0.92 ± 0.09 ^a	0.90 ± 0.03 ^{ab}	18620 ± 1863 ^a
对照组	41202 ± 2310 ^f	0.92 ± 0.05 ^a	0.93 ± 0.03 ^b	35407 ± 4059 ^d

注:a~f 同列含有不相同字母为差异显著($p < 0.05$),表4同。

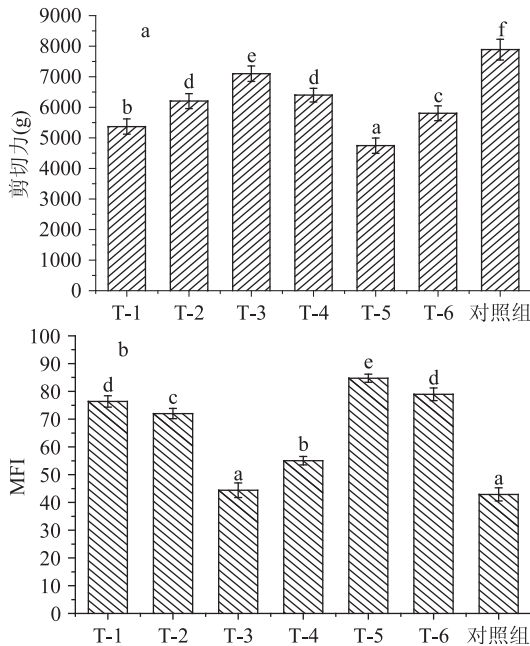


图3 不同发酵剂发酵猪肉剪切力和 MFI 的影响

Fig.3 Shearing force and MFI of

pork jerky fermented by different starter cultures

程度;咀嚼性是指把固态食品咀嚼成能够吞咽状态所需要的能量,是食品的重要品质特性,咀嚼性越小,食品越容易吞咽。由表3可知,同对照组相比,发酵型猪肉脯的咀嚼性、硬度显著降低($p < 0.05$),各组间弹性和凝聚性差别不大。其中戊糖片球菌和肉糖葡萄糖球菌(T-5)复配制作发酵型猪肉脯硬度最低,咀嚼性最低,最易咀嚼和吞咽。在发酵过程中肉糖葡萄糖球菌产生蛋白酶促进蛋白质降解^[18],肌肉间连接蛋白质得到降解,肌肉完整性得到破坏,肌肉间相互作用力减小,剪切力降低,猪肉脯易咀嚼^[10]。

2.5 不同发酵剂对猪肉脯水分含量、Aw 和感官评价的影响

发酵型猪肉脯的 Aw 和水分含量显著低于对照组,发酵组间无显著性差异($p < 0.05$)。其中肉糖葡萄糖球菌和戊糖片球菌复合发酵组(T-5) Aw 降低了22.9%,发酵过程中蛋白质降解,结构松散,肉的持水性降低,水分更容易散失^[16]。T-1、T-4、T-5、T-6 四组肉糖葡萄糖球菌和戊糖片球菌产生蛋白酶和脂肪酶,促进蛋白质和脂肪降解生成氨基酸和游离脂肪酸等小分子风味物质,使发酵型猪肉脯持特有的风

味,且较易咀嚼,因此更受感官评定员喜爱^[5],感官评分显著提高($p < 0.05$)。植物乳杆菌组、戊糖片球菌组较对照组得分比较低,是因为两组猪肉脯 pH 分别为4.47、4.58,有一种令人不愉悦的味道。因此两种乳酸菌不适合单独作为发酵剂制作发酵型猪肉脯。

表4 不同处理的猪肉脯水分和感官评定结果

Table 4 The indicators of different treatment products and blank samples

组别	指标		
	水分含量(%)	Aw	感官评价
T-1 组	17.0 ± 0.5 ^a	0.541 ± 0.010 ^a	8.5 ± 0.7 ^c
T-2 组	17.5 ± 0.6 ^a	0.561 ± 0.007 ^a	6.7 ± 0.7 ^a
T-3 组	18.2 ± 0.5 ^a	0.571 ± 0.011 ^a	6.5 ± 0.5 ^a
T-4 组	17.3 ± 0.2 ^a	0.567 ± 0.018 ^a	8.5 ± 0.8 ^c
T-5 组	16.7 ± 0.4 ^a	0.534 ± 0.013 ^a	8.8 ± 0.5 ^d
T-6 组	18.4 ± 0.3 ^a	0.568 ± 0.009 ^a	8.7 ± 0.6 ^d
对照组	23.5 ± 0.3 ^b	0.693 ± 0.013 ^b	7.1 ± 0.6 ^b

3 结论

戊糖片球菌产酸降低原料肉 pH 抑制杂菌的生长,同时与肉糖葡萄糖球菌共同作用促进蛋白质降解和风味物质的形成,两种菌复配发酵后猪肉脯的剪切力、硬度和咀嚼性显著性降低,改善了猪肉脯质构;其中肉糖葡萄糖球菌和戊糖片球菌复合发酵感官评分最高,故也改善了猪肉脯的感官特性;另外发酵显著降低了猪肉脯的 Aw 和水分含量($p < 0.05$),提高猪肉脯的保藏性。肉糖葡萄糖球菌和戊糖片球菌复配可以作为发酵剂生产发酵型猪肉脯。

参考文献

- [1] 李培红, 邰延军, 李艳, 等. 双酶法改善猪肉脯质构的研究[J]. 食品与发酵工业, 2010(5): 126-132.
- [2] Koohmaraie M, Kent M P, Shackelford S D, et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? [J]. Meat science, 2002, 62(3): 345-352.
- [3] 褚洁明, 姚芳, 刘靖, 等. 蛋白酶在猪肉脯嫩化加工中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 29(12): 37-40.
- [4] 李培红. 嫩化和保湿联合作用改善猪肉脯品质的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
- [5] Leroy F, Verluyten J, De Vuyst L. Functional meat starter

(下转第 129 页)

表7 超声波紫外线联合低浓度臭氧杀菌效果
与高浓度臭氧杀菌效果比较

Table 7 Comparison sterilization effect between
ultrasonic-UV-O₃ and high-concentration O₃

臭氧浓度 (mg/L)	总细菌去除率 (%)	霉菌、酵母菌 去除率(%)	生成溴酸盐 含量(mg/L)	
协同杀 菌技术	0.10	98.83	100	≤0.005
	0.15	98.96	100	≤0.005
	0.20	99.27	100	≤0.005
单一杀 菌技术	0.10	94.76	100	≤0.005
	0.30	98.34	100	0.006
	0.50	99.12	100	0.007

将超声波紫外线协同臭氧杀菌技术联合使用与单一臭氧杀菌进行比较,协同杀菌技术使用臭氧浓度0.10 mg/L时杀菌效果优于单一0.30 mg/L臭氧的杀菌效果,且溴酸盐浓度低于0.005 mg/L,符合国家标准。

3 结论与讨论

通过实验与数据分析,可以得出最优超声波-紫外线协同杀菌条件为:超声频率20 kHz,功率500 W;紫外线照射剂量30 mJ/cm²,杀菌时间10 s。

使用设计的超声波紫外线杀菌器应用于饮用天然水源水处理过程中,超声波杀菌器设置参数为:超声频率20 kHz,超声功率500 W,紫外线照射剂量为30 mJ/cm²,杀菌时间10 s,对饮用天然水源水细菌98.5%以上的杀菌率,对霉菌及酵母菌也有明显的杀菌效果。

将超声波紫外线协同臭氧杀菌技术联合使用与单一臭氧杀菌进行比较,协同杀菌技术使用臭氧浓度0.10 mg/L时杀菌效果优于单一0.30 mg/L臭氧的杀菌效果,且溴酸盐浓度低于0.005 mg/L,符合国家

标准。超声波紫外线协同低浓度臭氧杀菌的饮用水杀菌技术可替代单一的臭氧杀菌技术,既达到杀菌效果,又可降低溴酸盐风险,确保产品的高品质。

本课题将继续探讨,超声波紫外线协同技术在天然源水絮凝、活性炭再生等方面的作用效果,形成超声波紫外线及其他技术相结合完整的、全面的天然源水处理技术方案。

参考文献

- [1] 张巍,应维琪,常启刚,等.水处理活性炭吸附性能指标表征与应用[J].中国环境科学,2007,27(3):289-294.
- [2] 金政华,赵萌.活性炭技术在饮用水深度处理中的应用研究进展[J].化学与生物工程,2011,28(10):16-19.
- [3] 王丁明,曹国凭,贾云飞,等.活性炭吸附技术在水处理中的应用[J].北方环境,2011,23(11):190-192.
- [4] Gunten U.V. Ozonation of Drinking Water: Part I. Oxidation Kinetics and Product Formation [J]. Water Research, 2003, 37: 1443-1447.
- [5] 许宜铭.环境污染物的光催化降解:活性物种与反应机理[J].化学进展,2009,21(2):524-533.
- [6] 费锡智,杨晶晶,白仁碧.光催化-膜分离耦合技术的水处理应用研究进展[J].水处理技术,2014,12:25-28.
- [7] 吴木生.自然密滤在天然山泉水生产中的应用[J].现代食品科技,2011,27(8):995-997.
- [8] Driedger, Staub E. Inactivation of Bacillus Substability Spores and Formation of Bromide during Oxidation [J]. Water Research, 2001, 35(2):2950-2960.
- [9] 张文静.基于超声波与光催化协同效应的污水处理技术研究[D].广东:广东工业大学,2014,7-15.
- [10] 郑永哲.利用大功率超声波提高污水处理紫外线杀菌效果[J].石油工程建设,2009,35(1):39-42.

(上接第125页)

cultures for improved sausage fermentation [J]. International journal of food microbiology, 2006, 106(3):270-285.

[6] Olesen P T, Meyer A S, Stahnke L H. Generation of flavour compounds in fermented sausages - the influence of curing ingredients, Staphylococcus starter culture and ripening time [J]. Meat science, 2004, 66(3):675-687.

[7] Fadda S, López C, Vignolo G. Role of lactic acid bacteria during meat conditioning and fermentation: Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers [J]. Meat science, 2010, 86(1):66-79.

[8] Candogan K, Wardlaw F B, Acton J C. Effect of starter culture on proteolytic changes during processing of fermented beef sausages [J]. Food chemistry, 2009, 116(3):731-737.

[9] 周亚军, 闫琳娜, 钱曦, 等. 发酵鹿肉制品的发酵特性与工艺配方优化 [J]. 食品与发酵工业, 2009(6):130-134.

[10] Yang H S, Hwang Y H, Joo S T, et al. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky [J]. Meat science, 2009, 82(3):289-294.

[11] Trespacios P, Pla R. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels [J]. Food Chemistry, 2007, 100(1):264-272.

[12] Karumendu L U, Ven R, Kerr M J, et al. Particle size analysis

of lamb meat: Effect of homogenization speed, comparison with myofibrillar fragmentation index and its relationship with shear force [J]. Meat science, 2009, 82(4):425-431.

[13] Talon R, Montel M C, Berdague J L. Production of flavor esters by lipases of Staphylococcus warneri and Staphylococcus xylosum [J]. Enzyme and microbial technology, 1996, 19(8):620-622.

[14] Hu Y, Xia W, Liu X. Changes in biogenic amines in fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter cultures [J]. Food chemistry, 2007, 104(1):188-195.

[15] Xiong L, Hu Y, Liu C, et al. Detection of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in pork using fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy and cluster analysis for quality assurance [J]. Transactions of the ASABE, 2012, 55(6):2251-2255

[16] 杨华, 张亚杰, 马丽珍. 发酵剂及抗氧化剂对鲢鱼发酵香肠品质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2010(9):166-171.

[17] Hopkins D L, Thompson J M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat [J]. Crop and Pasture Science, 2002, 53(2):149-166.

[18] Landeta G, Curiel J A, Carrascosa A V, et al. Characterization of coagulase-negative staphylococci isolated from Spanish dry cured meat products [J]. Meat science, 2013, 93(3):387-396.