

自控风干和添加发酵剂 对缠丝兔理化及微生物特性的影响研究

吉莉莉¹,王卫^{1,*},张佳敏¹,白婷¹,王志华²,李俊霞¹

(1.成都大学肉类加工四川省重点实验室 四川成都 610106;
2.科汉森(北京)贸易有限公司 北京 100026)

摘要:采用人工气候箱设定恒定温度、湿度和风速,模拟自然发酵环境,添加复合发酵剂(戊糖片球菌、木糖葡萄球菌、肉色葡萄球菌、清酒乳杆菌、汉逊德巴利酵母菌)0.25 g/kg 加工缠丝兔,研究了对产品理化及微生物特性的影响。结果显示与传统自然风干法比较,新工艺对水分含量和水分活度无显著性影响,但可加快产品 pH 的下降,且产品最终 pH 在可接受范围。产品亚硝酸盐、N-二甲基亚硝胺、N-二乙基亚硝胺和组胺分别为 110.75、2.23、21.50、26.25 μg/kg,而传统加工组为 158.37、4.92、52.15、42.12 μg/kg。微生物检测结果的差异主要是与发酵肉制品特有感官和风味特性的形成密切相关的乳酸菌和微球菌,新工艺产品为 8.25×10^6 、 6.33×10^6 CFU/g,远高于传统产品的 4.25×10^5 、 1.37×10^5 CFU/g。采用自控风干和添加微生物发酵剂显然可在一定程度上降低亚硝酸盐、亚硝胺和组胺等有害物的含量,提升产品安全性。

关键词:缠丝兔 工艺 发酵剂 特性 感官 理化

Study on effects of automatic drying and use of fermentation agents on the physicochemical and microbial properties of wrapped rabbit meat

JI Li-li¹, WANG Wei^{1,*}, ZHANG Jia-min¹, BAI Ting¹, WANG Zhi-hua², LI Jun-xia¹

(1. Meat Processing Key Lab of Sichuan Province, Chengdu University, Chengdu 610106, China;
2. Chr.Hansen(Beijing) Trading Co., Ltd., Beijing 100026, China)

Abstract: The effects on physicochemical and microbial properties of wrapped rabbit meat were studied in this paper, which were processing in manual climatic box to simulate the natural fermentation environment by setting temperature, humidity and wind speed, and adding microbial fermentation agents (*Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus sakei* and *Debaromyces hansenii*) 0.25 g/kg in processing wrapped rabbit. The test results indicated that the new procedure had no significant impact on moisture content and water activity compared with the traditional method. It also showed that it could accelerate the reduction in pH, leading to a final pH of the product within an acceptable range. The nitrite, N-dimethyl nitrosamine, N-diethyl nitrite and histamine level of the products in the group with the new applied procedure were 110.75, 2.23, 21.50, 26.25 μg/kg respectively, whereas the level of these substances in the traditional processing group were 158.37, 4.92, 52.15, 42.12 μg/kg respectively. The difference in the total amount of bacteria were mainly due to the high level of lactic acid bacteria and micrococcus, which were closely related to the sensory and flavor characteristics of the products, the level of lactic acid bacteria and micrococcus in newly processed product was 8.25×10^6 , 6.33×10^6 CFU/g respectively, which was much higher than in the traditional group of 4.25×10^5 , 1.37×10^5 CFU/g. In conclusion, the procedure of automatic drying and the use of microbial fermentation agents could reduce the level of harmful substances (nitrite and nitrosamines etc.) in wrapped rabbit meat, which could improve the safety of the final product.

Key words: wrapped rabbit meat; procedure; microbial fermentation agent; characteristics; sensory properties; physicochemical properties

中图分类号: TS251.5

文献标识码: B

文 章 编 号: 1002-0306(2017)02-0200-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.02.030

收稿日期: 2016-07-20

作者简介: 吉莉莉(1982-),女,博士,讲师,主要从事肉类加工与生物发酵储藏,E-mail: lily_jee@126.com。

* 通讯作者: 王卫(1957-),男,硕士,教授,主要从事食品加工与食品安全方面的研究,E-mail: wangwei8619@126.com。

基金项目: 肉兔现代产业链关键技术集成研究与应用(2016NMZ0002-04);四川省科技支撑项目;现代生物发酵提升传统肉制品质量和安全性能技术引进集成(2015HH0061);四川省国际合作项目。

兔肉富含蛋白质、必需氨基酸、卵磷脂和多不饱和脂肪酸,具有低胆固醇、低脂、低热量和高消化率等特点,被誉为生物效价高的肉品^[1-2]。各类兔肉制品,例如腌腊兔(缠丝兔、板兔、风干兔)、酱卤兔、兔肉松等一直是市场热销产品。其中缠丝兔是我国川西平原一带特有的名产,原料经腌制后干燥脱水即成,不仅在企业加工,普通家庭也广为制作,以其悠久的历史、美观的造型和独特的风味深受消费者喜爱^[3-4]。传统缠丝兔属于典型的半干水分腌腊制品,具有良好的微生物稳定性和可贮性^[5]。该产品的加工一般在温度较低的季节,自然风干进程伴随的微生物发酵、脂肪氧化和蛋白质降解对产品特有风味的形成具有重要影响,这也是自然风干产品比烘烤快速干燥产品更受消费者喜爱的原因^[6]。但传统风干制作不仅受到季节限制,原始的制作方法存在一定的安全隐患,例如有害微生物的繁殖、硝胺和生物胺等的产生,以及酸价超标和过度的脂肪氧化酸败等等,限制了该产品销售面和销售群体的扩展^[7-9]。近年来应用现代工艺,特别是生物发酵技术提升传统产品品质,抑制有害物,延长保质期受到广泛关注^[10-12]。

在缠丝兔加工技术的前期研究中,采用自控设备替代传统的自然风干工艺,模拟加工季节温度、湿度和风速等参数,以实现传统产品常年化和标准化加工。并进行了应用微生物发酵技术改进产品质量、提升安全性的探讨,筛选实验确定出肉色葡萄球菌(*Staphylococcus carnosus*)、戊糖片球菌(*Pediococcus pentosaceus*)和木糖葡萄球菌(*Staphylococcus xylosus*)等的复合发酵剂,加工产品特性较为符合中式消费习惯。以此为基础,本文进一步研究了自控工艺和添加发酵剂对产品理化、微生物等特性的影响,旨在探讨改进传统腌腊制品加工,提升产品品质和安全性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

白条兔(1000±50)g 四川哈哥兔业食品有限公司;调味品及香料 成都市食品调料及添加剂市场购买;复合发酵剂(戊糖片球菌*Pediococcus pentosaceus*、木糖葡萄球菌*Staphylococcus xylosus*、肉色葡萄球菌*Staphylococcus carnosus*、清酒乳杆菌*Lactobacillus sakei*、汉逊德巴利酵母菌*Debaromyces hansenii*) 德国 Chr.Hansen 公司;亚硝酸钠标准品、磷酸组胺标准品、N-亚硝基二甲胺标准品、N-亚硝基二乙胺标准品 中国药品生物制品鉴定所;MRS 培养基、普通营养琼脂培养基、甘露醇培养基、结晶紫中性红胆盐琼脂等 杭州微生物试剂有限公司;各种有机、无机试剂 成都市科龙化工试剂厂。

MGC-350HP 型人工气候箱、LRH-250 型生化培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;HD-3A 型智能水分活度测量仪 无锡华科机械设备有限公司;插入式 pH 计 德国 Tesro;7890B-5977A 型气相色谱-质谱仪 美国安捷伦公司;UV1801 型分光光度计

北京瑞利分析仪器公司;BHHJ-III 型混合调味机 杭州嘉兴爱博机械有限公司。

1.2 产品加工

1.2.1 产品配方 食盐 30 g/kg, 葡萄糖 5 g/kg, 异维生 C 钠 2 g/kg, 亚硝酸钠 0.10 g/kg, 白酒 10 g/kg, 发酵剂 0.25 g/kg(S 组), 混合香料(豆豉、豆瓣、酱油、白砂糖等) 60 g/kg。

1.2.2 产品加工 自控风干及添加微生物发酵剂工艺(S 组):将修割整理后的白条兔 30 只,置于混合调味机内,缓慢搅拌并逐一加入食盐、发酵剂和其他辅料,搅拌 20 min 取出,将未溶料涂抹于兔体内,放入腌缸内腌制 48 h,悬挂于人工气候箱内,采用二阶段风干法,第一阶段温度 14~16 °C, 相对湿度 70%~75%, 风速 0.5~0.8 m/s, 避光 3 d; 第二阶段温度 12~14 °C, 相对湿度 75%~80%, 风速 0.1~0.2 m/s, 避光, 时间 6~7 d。修整后真空包装, 室内放置 2~3 d, 即为成品。

传统自然风干工艺(D 组):每年的 11 月至来年 1 月加工。辅料添加及腌制方法同上。白条兔 30 只腌制后悬挂于通风良好的风干室;风干气温 4 °C(晚上)~15 °C(中午),风速 0.2~2 m/s, 相对湿度 60%~75%, 时间 7~8 d, 室内挂晾 2~3 d, 修整后真空包装, 室内放置 2~3 d, 即为成品。

1.3 指标测定

1.3.1 常规理化指标

1.3.1.1 水分测定 参照 GB/T 5009.3-2010 的方法测定,采用该标准中的直接干燥法测定^[13]。

1.3.1.2 水分活度 A_w 测定 将样品在室温条件下切碎,铺满样品盒的底部,使用水分活度仪测定。

1.3.1.3 pH 测定 参照中华人民共和国国家标准 GB/T 9695.5-2008 肉与肉制品 pH 测定^[14]。

1.3.1.4 亚硝酸盐测定 参照中华人民共和国国家标准 GB/T 5009.33-2010 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定方法中的分光光度法^[15]。

1.3.1.5 N-亚硝胺测定 参照中华人民共和国国家标准 GB/T 5009.26-2003 食品中气相色谱-质谱仪法对 N-亚硝基二甲胺和 N-亚硝基二乙胺测定^[16]。

1.3.1.6 组胺测定 参照中华人民共和国国家标准 GB/T 5009.45-2003 水产品卫生标准的分析方法中组胺的测定方法^[17]。

1.3.2 微生物指标

1.3.2.1 微生物计数 无菌剪刀分别取 S 组与 D 组样品 25 g, 剪碎后加入 225 mL 无菌蒸馏水, 在拍打式均质仪中均质 5 min, 再 10 倍稀释至合适的浓度。用移液枪在每个平板中接入 1 mL 菌悬液, 再分别倒入不同微生物的选择性培养基, 混匀。凝固后于生化培养箱中 37 °C 培养 48 h, 进行计数^[18]。

1.3.2.2 致病菌检测 大肠杆菌检验: 参照中华人民共和国国家标准 GB 4789.38-2012 食品安全国家标准食品微生物学检验大肠埃希氏菌计数^[19]。

沙门氏菌检验: 参照中华人民共和国国家标准 GB 4789.4-2010 食品安全国家标准食品微生物学检验沙门氏菌检验^[20]。

金黄色葡萄球菌检验:参照中华人民共和国国家标准 GB 4789.10-2010 食品安全国家标准食品微生物学检验金黄色葡萄球菌检验^[21]。

1.4 数据分析

每组实验设有3个重复,实验所得数据在SPSS 19.0中进行分析,结果以平均值±标准差表示。

2 结果及分析

2.1 加工进程及产品水分、 A_w 和 pH 变化

自控工艺和添加微生物发酵组(S组)与传统方法制作的缠丝兔(D组)产品水分、 A_w 和 pH 测定结果见表1 加工进程水分、 A_w 和 pH 变化见图1~图3。

表1 第15 d 水分、 A_w 和 pH 检测结果

Table 1 The result of moisture, water activity and pH on the 15th day

指标	D组	S组
水分含量(%)	45.85 ± 0.92	47.1 ± 0.49
A_w	0.86 ± 0.004	0.87 ± 0.002
pH	5.91 ± 0.07	5.77 ± 0.06

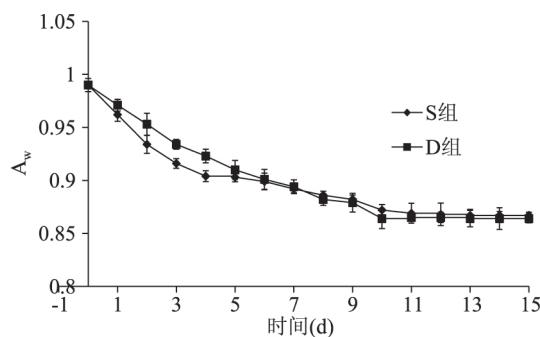


图1 加工进程 A_w 变化图

Fig.1 Water activity tendency chart in processing progress

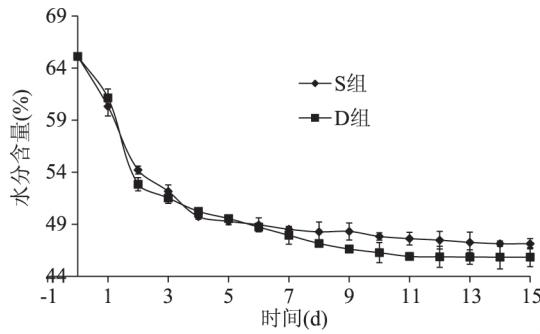


图2 加工进程水分含量变化图

Fig.2 Moisture content tendency chart in processing progress

分析表1结果,S组与D组水分含量和 A_w 值基本无差异,加工进程变化也基本一致。而比较两组的pH尽管差异不是特别显著,但S组更低,显然是发酵剂中添加的乳酸菌在参与发酵进程产酸所致。而且在发酵干燥4 d后pH呈现较显著的下降,10 d后下降趋缓慢,12 d后回升,可能取决于工艺和微生物的共同作用。

对于快速发酵干燥的肉制品,乳酸菌通过快速降低pH对产品特有感官和风味形成起主要作用。而发酵期越长的产品,微球菌的作用越发明显,通过

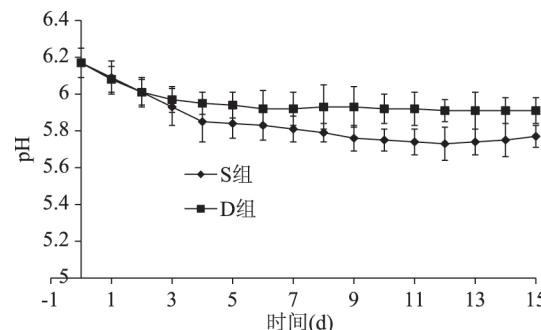


图3 加工进程 pH 变化图

Fig.3 pH tendency chart in processing progress

分解蛋白质和脂肪等改善风味发挥越来越重要的作用^[22]。缠丝兔加工进程酸价上升一直是影响传统缠丝兔产品质量稳定的问题之一,但只要控制得当不会对产品总体质量产生大的影响^[23]。表1检测结果显示,D组与S组水分、 A_w 和 pH 均在腌腊制品特性范围,属于典型的 A_w 0.90~0.60 的半干水分食品(IMF: IntermediateMoisture Foods)^[24]。在该特性范围的产品具良好的微生物稳定性和非致冷可贮性,尽管S组pH稍低,但仍在符合中国消费习惯的低酸度食品范围^[25]。王卫等的研究认为, A_w 在0.8左右,pH应在5.8~6.0的肉制品较为符合中式消费习惯,添加乳酸菌为主导的快速发酵加工酸味较浓的Salami等发酵产品,在中国的市场接受度很低。因此选择用于中式腊肠的微生物菌种,应是以缓慢发酵、主要促进风味形成的以肉色葡萄球菌、木糖葡萄球菌为主的复合菌群,而不是快速产酸发酵型^[26]。这是本实验选择以 *Pediococcus pentosaceus*、*Staphylococcus carnosus*、*Staphylococcus xylosus*、*Lactobacillus sakei* 和 *Debaromyces hansenii* 的混合菌种的主要原因,pH下降缓和产品更易于被中国消费者所接受^[27]。

2.2 产品硝盐、亚硝胺、组胺残留分析

S组和D组产品亚硝酸盐、N-二甲基亚硝胺、N-二乙基亚硝胺和组胺指标检测结果见表2,亚硝酸盐均未超过国家食品安全标准30 mg/kg的限定值,自控工艺和添加发酵剂的S组含量为110.75 μg/kg,显著低于D组的158.37 μg/kg,很可能源于本研究所选用的乳酸菌和微球菌均具有降解亚硝酸盐的能力所致^[28-30]。在亚硝酸盐的诱导下,葡萄球菌、植物乳杆菌能产生亚硝酸盐还原酶,对发酵制品成熟过程中降低亚硝酸盐含量起到重要作用^[31-32]。本研究中缠丝兔风干发酵时,在特定pH等条件下,发酵微生物中所产生的亚硝酸盐还原酶很可能起到了降解亚硝酸盐的作用^[33]。

亚硝胺类物质检测结果,S组N-二甲基亚硝胺和N-二乙基亚硝胺为2.23、21.50 μg/kg,显著低于D组的4.92、52.15 μg/kg。D组N-二甲基亚硝胺已接近于N-二甲基亚硝胺国家食品安全标准5 μg/kg的临界值。亚硝胺类物质一般由亚硝酸盐和硝酸盐通过化学途径转化而来,S组中的亚硝酸盐被微生物降解后,含量降低,从而使亚硝胺类物质的含量也随之下降。这与禹利君等的研究结果一致,添加发酵剂

表2 第15 d 亚硝酸盐、亚硝胺和组胺含量检测结果

Table 2 The testing result of nitrite, nitrosoamines and histamine contents on the 15th day

指标	D组	S组
亚硝酸盐(μg/kg)	158.37 ± 1.08	110.75 ± 1.47 ^a
N-二甲基亚硝胺(μg/kg)	4.92 ± 0.64	2.23 ± 0.26 ^a
N-二乙基亚硝胺(μg/kg)	52.15 ± 0.68	21.50 ± 0.37 ^a
组胺(mg/kg)	42.12 ± 0.65	26.25 ± 0.73 ^a

注“^a”表示与D组比较差异显著($p < 0.05$)。

的肉制品在因微生物作用可降低亚硝酸盐的含量^[34]。但也有的研究结果,亚硝酸盐残留高的产品中亚硝胺不一定也高,要取决于产品类型及相应的加工贮藏工艺^[35~36]。

以往的研究显示,腌腊制品中组胺是生物胺残留的主要成分之一,是游离氨基酸在氨基酸脱羧酶的作用下产生的毒性最强的一种生物胺,我国规定鱼类食品中组胺的含量应≤1000 mg/kg,腌腊制品上没有规定,但健康人食用组胺含量超过100 mg/kg就可产生轻微中毒^[37]。因此本实验以组胺为生物胺的主要检查对象,结果显示D组为42.12 mg/kg,S组的26.25 mg/kg显著低于D组,尽管均在安全范围,但通过工艺改进和生物发酵剂的应用其残留显然更低。

2.3 微生物指标检测

对产品加工不同阶段主要微生物进行了检测,结果见图4和表3,S组和D组总菌量分别为 1.38×10^7 、 1.4×10^6 CFU/g,差异主要在乳酸菌和微球菌,均未检出致病菌,印证了作为半干水分腌腊制品良好的微生物安全性^[11]。在S组的微生物生长曲线中可发现,在0~7 d中,菌落数增加的速度均较快,随着样品水分、水分活度和pH的降低,生长曲线变得较缓,菌落增殖速度减缓,在包装后15 d基本保持稳定状态。

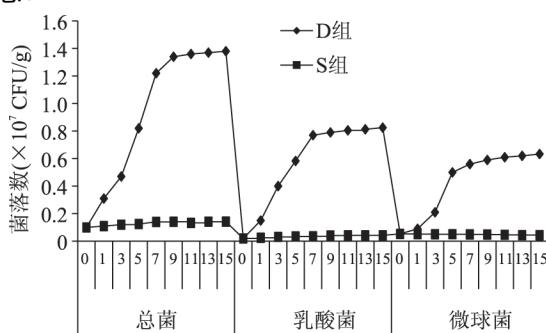


图4 总菌量、乳酸菌、微球菌变化图

Fig.4 The change of total microbial contents, lactic acid bacteria and micrococci

有关腌腊制品微生物特性的研究显示,对于自然风干产品,在较长的风干进程中也伴随了一定的微生物发酵,尽管其作用于西式发酵肉制品比较对产品pH等的影响不是特别大,但对产品特有风味的形成也是极为重要的,特别是其中的微球菌等微生物菌群,在产品风干发酵进程中,促进蛋白质和脂肪

分解,可有利于呈味氨基酸和风味物的分解形成^[6]。在发酵肉制品常用的商业化微生物发酵菌种中,较为适合我国消费习惯的是尽可能不使pH大幅度下降情况下,但可显著促进产品特有风味形成的菌种^[27]。本研究选择的即时此类型的菌种,结果显示该菌种成为了产品中的优势菌群。

表3 第15 d 微生物计数结果(CFU/g)

Table 3 The result of microorganism counting on the 15th day(CFU/g)

微生物种类	D组	S组
总菌	$1.41 \pm 0.03 \times 10^6$	$1.38 \pm 0.02 \times 10^7$
微球菌	$4.25 \pm 0.04 \times 10^5$	$8.25 \pm 0.06 \times 10^6$ ^a
乳酸菌	$1.37 \pm 0.03 \times 10^5$	$6.33 \pm 0.05 \times 10^6$ ^a
大肠杆菌	-	-
沙门氏菌	-	-
金黄色葡萄球菌	-	-

注“^a”表示与D组比较差异显著($p < 0.05$);“-”为未检出。

3 结论

采用自控风干和添加微生物发酵剂加工缠丝兔,与传统风干方法进行了产品特性指标比较。理化指标分析结果,水分和A_w值基本无差异,传统风干产品pH更低,最终pH在腌腊制品可接受范围;亚硝酸盐、N-二甲基亚硝胺、N-二乙基亚硝胺和组胺含量测定结果,新工艺产品为110.75、2.23、21.50、26.25 μg/kg,而传统加工产品分别为158.37、4.92、52.15、42.12 μg/kg,表明自控工艺和发酵剂的添加可以降低亚硝酸盐、亚硝胺类物质及组胺的含量,有利于提升产品的安全性。微生物检测总菌量的差异主要是乳酸菌和微球菌,新工艺产品为 8.25×10^6 和 6.33×10^6 CFU/g,远高于传统加工产品的 4.25×10^5 和 1.37×10^5 CFU/g,而该两类微生物,特别是微球菌对产品特有风味的形成有益,为此有必要进行进一步的研究。

参考文献

- [1]樊金山.兔肉加工现状及其发展趋势[J].畜牧与饲料科学,2013,34(9):77~78.
- [2]余红仙,李洪军,刘英,等.兔肉生产加工现状及其发展前景探讨[J].肉类研究,2008(9):69~74.
- [3]高文清.缠丝兔软包装产品开发研制[J].山东食品发酵,2008(2):55~56.
- [4]陈树声,霍健聪.缠丝兔的加工[J].中国养兔,2005(6):29~30.
- [5]王卫,Heche H.兔肉制品微生物稳定性研究[J].肉类研究,1996(3):17~20.
- [6]王卫.栅栏技术在传统食品加工及质量安全控制中的应用[M].北京:科技出版社,2015:30~50.
- [7]薛菲,蒋云升,闫婷婷.微生物发酵剂对兔肉脯游离氨基酸含量的影响[J].食品科学,2014,35(5):156~159.
- [8]王卫.缠丝兔产品理化及微生物特性的研究[J].四川畜牧兽医,1995(4):28~29.
- [9]周光宏,赵改名,彭增起.我国传统腌腊肉制品存在的问题及对策[J].肉类研究,2003(1):3~15.

- [10] 王虎虎, 刘登勇, 徐幸莲, 等. 我国传统腌腊肉制品产业现状及发展趋势 [J]. 肉类研究, 2013(9): 36–40.
- [11] 王卫. 缠丝兔产品的加工工艺改进 [J]. 食品科学, 1997, 18(2): 40–43.
- [12] 李忠, 周路明, 陈俊, 等. HACCP 在广汉缠丝兔生产中的应用 [J]. 肉类工业, 2009(6): 36–40.
- [13] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 5009.3–2010 食品中水分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 9695.5–2008 肉与肉制品 pH 测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [15] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 5009.33–2010 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 5009.26–2003 食品中气相色谱-质谱仪法对 N- 亚硝基二甲胺和 N- 亚硝基二乙胺测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [17] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 5009.45–2003 水产品卫生标准的分析方法中组胺的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [18] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 4789.2–2010 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 4789.38–2012 食品安全国家标准食品微生物学检验大肠埃希氏菌计数 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [20] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 4789.4–2010 食品安全国家标准食品微生物学检验沙门氏菌检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [21] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 4789.10–2010 食品安全国家标准食品微生物学检验金黄色葡萄球菌检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [22] Leistner L. Mikrobiologie und Qualitat von Rohwurst und Rohschinken [J]. Herausgeber: Institut fur Mikrobiologie, Toxikologie und Histologie der BAFF, Kulmbach, 1985: 219–244.
- [23] 陈俊, 冯吉, 何楠, 等. 对广汉缠丝兔酸价超标的分析 [J]. 肉类工业, 2011(9): 14–16.
- [24] 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]. 食品科学, 2008, 29(5): 149–152.
- [25] Leistner L, Gould G W. Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety and quality [M]. Springer Science & Business Media, 2012.
- [26] 王卫, 曾祥基. 中式口味发酵香肠的开发研究 [J]. 食品科技, 2003(1): 319–322.
- [27] 王卫, 何容. 不同类型发酵香肠产品特性及其栅栏效应的比较 [J]. 食品科技, 2003(1): 32–35.
- [28] 辛博, 吕嘉枥, 王笋. 乳酸菌和酵母菌对浆水发酵过程中亚硝酸盐的影响 [J]. 食品科技, 2014, 39(1): 10–14.
- [29] Paik H, Lee J. Investigation of reduction and tolerance capability of lactic acid bacteria isolated from kimchi against nitrate and nitrite in fermented sausage condition [J]. Meat Science, 2014, 97(4): 609–614.
- [30] Newton N. The two-haem nitrite reductase of *Micrococcus denitrificans* [J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Enzymology, 1969, 185(2): 316–331.
- [31] 孙为正, 吴燕涛, 赵强忠, 等. 接种葡萄球菌和巨球菌降低广式腊肠亚硝酸盐残留量及对色泽形成的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(10): 147–151.
- [32] 陈中, 林浩, 林伟锋. 植物乳杆菌在自制培养基中降解亚硝酸盐的研究 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 53–57.
- [33] 张庆芳, 迟乃玉, 郑燕. 乳酸菌降解亚硝酸盐机理的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(8): 27–31.
- [34] 禹利君, 史云峰, 肖海云. 茶叶腌制过程中亚硝酸盐和游离氨基酸含量的动态变化分析 [J]. 茶叶, 2008, 34(2): 78–82.
- [35] 杨华, 马丽珍, 王瑞. 肉制品中 N- 亚硝胺及亚硝酸盐测定及其相关性分析 [J]. 保鲜与加工, 2006, 6(4): 21–23.
- [36] Wang Y, Li F, Zhuang H, et al. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrates, biogenic amines and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon [J]. LWT – Food Science and Technology, 2015, 60(1): 199–206.
- [37] 王新惠, 张峯, 王卫, 等. 四川腌腊肉制品食用安全性分析 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 49–56.
- (上接第 199 页)
- [9] 詹发茂. 甘肃省天祝县牦牛副伤寒流行病学调查与免疫效果观察 [J]. 中国兽医科技, 1998, 28(5): 33–34.
- [10] 储倩, 朱晓霞, 岳华, 等. 川西北牦牛沙门氏菌的健康带菌调查及药敏实验 [J]. 四川畜牧兽医, 2011(1): 23–25.
- [11] Lan R, Reeves P R, Octavia S. Population structure, origins and evolution of major *Salmonella enterica* clones [J]. Infection Genetics and Evolution, 2009, 9: 996–1005.
- [12] 曹恬雪, 蒋文灿, 何文成, 等. 沙门氏菌毒力因子的研究进展 [J]. 中国预防兽医学报, 2014, 36(4): 331–334.
- [13] 董映辉, 张朝辉, 毛全富, 等. 甘孜州牦牛沙门氏菌的分离和鉴定 [J]. 四川畜牧兽医, 2011(2): 27–29.
- [14] 张斌, 朱晓霞, 岳华, 等. 青藏高原部分地区牦牛源沙门菌血清型及毒力基因的调查 [J]. 畜牧兽医学报, 2013, 44(7): 1167–1172.
- [15] 陈玲, 张菊梅, 杨小鹃, 等. 沙门氏菌分型研究进展 [J]. 微生物学通报, 2016, 43(3): 648–654.
- [16] 解洪业. 牦牛沙门氏菌病的研究现状、存在的问题与对策 [J]. 青海畜牧兽医杂志, 2003, 33(1): 39–40.
- [17] 王傲雪, 张凌云, 张桉潮, 等. 肉鸡沙门氏菌的分离鉴定及药敏实验 [J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 167–170.