

外源酶促进香肠发酵成熟及其感官品质的研究

刘恩岐，巫永华，张建萍

徐州工程学院江苏省食品资源开发与质量安全重点建设实验室（徐州 221008）

摘要 以传统自然发酵香肠作对照，采用正交试验优化确定香肠发酵过程中添加外源蛋白酶和脂肪酶的最佳配比及发酵条件，通过色差分析(CDA)、质构剖面分析(TPA)测定和综合感官评价研究外源酶对发酵香肠感官品质的影响。结果表明，添加外源酶的最佳配比及发酵条件为：酯酶0.15%，酸性蛋白酶0.03%，风味蛋白酶0.01%，发酵时间32 h；添加外源酶发酵成熟香肠的非蛋白氮和游离脂肪酸含量分别是自然发酵成熟香肠的2.1倍和1.4倍，对营养风味物质的积累有一定促进作用；添加外源酶对发酵香肠的形态、色泽和质构特性没有明显影响，且硬度降低，质地柔韧，弹性和黏聚性有所改善，口感风味和总的感官评价优于自然发酵干燥成熟香肠。

关键词 发酵香肠；外源酶；非蛋白氮；色差分析；质构剖面分析

Research on Accelerating Ripening of Fermented Sausage by Adding Exogenous Enzymes and Its Sensory Evaluation

Liu En-qí, Wu Yong-hua, Zhang Jian-ping

Jiangsu Key Laboratory of Food Resource Development and Quality Safety, Xuzhou Institute of Technology (Xuzhou 221008)

Abstract The effects of addition of exogenous proteases and lipase on the texture and sensory characteristics of fermented sausage were investigated by color difference analysis (CDA), texture profile analysis (TPA) and sensory evaluation. The optimal combination and ferment condition of enzymes was determined by orthogonal array design. The results showed that the optimal combination and condition of enzymes for accelerating maturation were that added 0.15% lipase, 0.03% acidic protease, 0.01% flavor protease and fermented for 32 h. And the non-protein nitrogen (NPN) and free fatty acids (FFAs) contents of enzymes-added groups (EA) were 2.1 and 1.4 times than that of the control group, which indicated that adding exogenous enzymes were beneficial to accumulate the flavor compounds. What's more, EA did not affect the shape, color and texture properties, but increased the hardness, resulting in better texture, the flavor, taste and the overall sensory evaluation was superior to the control group.

Keywords fermented sausage; exogenous enzymes; non-protein nitrogen (NPN); color difference analysis (CDA); texture profile analysis (TPA)

发酵香肠是以畜禽肉为主要原料，绞碎后同食盐、白糖和香辛料等辅料混合后灌入肠衣，在自然或人工控制条件下，利用微生物发酵作用产生具有特殊风味、色泽和质地的肉制品^[1]。传统的发酵香肠一般不添加微生物发酵剂，是通过自然发酵过程完成的，由于其风味独特、营养丰富、耐贮性好，深受广大消费者的喜爱；但自然发酵周期较长，加工成本高，产品质量不稳定，制约了发酵香肠的工业化生产^[2-4]。

近年来，国内外研究人员通过添加外源酶的方式促进香肠制品的发酵成熟、改善产品的品质，取得了一定的效果，如Olga Diaz等^[5-6]研究表明，添加外源蛋白酶香肠发生了较强的蛋白质降解，其水溶性氮、非蛋白氮的含量均高于对照组；Zppelena等^[7]报道，在发酵香肠中加入蛋白酶能促进蛋白水解从而提高香肠中非蛋白氮的含量而不会造成产品软化；Helga Naes等^[8]报道，通过添加来源于乳杆菌的蛋白酶，可以缩短发

酵香肠的成熟时间，且没有造成香肠风味的改变和质地的软化；杨华等^[9]将脂酶、酸性蛋白酶及风味蛋白酶添加到羊肉发酵香肠中，可以使香肠的发酵成熟期缩短40%；贺稚非等^[10]探索了蛋白酶对发酵香肠感官品质的影响，研究得出酸性蛋白酶添加量为0.5 g/kg时香肠的感官品质最优。

相关研究表明，在发酵香肠中加入外源酶对促进其发酵成熟以及风味和感官质量的形成有一定的作用，但外源蛋白酶的添加如果不合适或者过量，会引起蛋白质过分水解使香肠软化，从而影响香肠的组织和外观^[11-13]，如何采用酶促发酵技术促进香肠发酵成熟、改善产品营养与感官品质尚需进一步的研究探讨。试验以酸性蛋白酶、风味蛋白酶和脂肪酶等外源酶加速香肠发酵成熟和营养风味物质的积累，研究酶促发酵对产品色泽、质构等感官品质的影响，对推动传统发酵肉制品加工业的提档升级具有一定的现实指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料、仪器与设备

猪肉、猪肠衣、食盐、味精、白糖、香辛料，均为市售优质品；Flavourzyme风味蛋白酶：丹麦诺维信（中国）生物技术有限公司；酸性蛋白酶：和氏璧生物技术有限公司；脂酶：深圳绿微康生物工程有限公司；亚硝酸钠、抗坏血酸钠、三氯乙酸、三氯甲烷、甲醇、氢氧化钾等：国药集团化学试剂有限公司。

电热恒温培养箱、SHZ-A水浴恒温振荡器：上海跃进医疗器械有限公司；SENCOR 201L旋转蒸发器：上海申生科技有限公司；TDZ4台式低速离心机：湖南赫西仪器设备有限公司；测色色差计：上海精密科学仪器有限公司；TMS-PRO食品物性分析仪：美国FTC公司；TJS12绞肉-灌肠双用机：广州市番蜀恒联食品机械厂。

1.2 试验方法

1.2.1 基本配方

猪瘦肉8 kg，猪肥肉2 kg；辅料主要为食盐0.25 kg，白糖0.1 kg，香辛料0.08 kg，味精0.03 kg，亚硝酸钠0.8 g，抗坏血酸钠4 g。

1.2.2 工艺流程

原料肉→预处理→瘦肉绞碎、肥肉切丁→腌制→添加香辛料、酶制剂→混合拌料→灌肠→发酵→干燥成熟→真空包装→成品

将新鲜猪肉瘦肉去皮、绞碎，肥肉切成0.5 cm左右的条块，加入食盐、白糖、亚硝酸钠和抗坏血酸钠等腌制剂，于0 ℃~4 ℃腌制24 h。在腌制好的肉中，加入香辛料等辅料和酶制剂，搅拌均匀，采用真空灌肠机充填于猪肠衣中。将灌制好的香肠吊挂在30 ℃、相对湿度80%~90%的恒温培养箱中发酵24~32 h，在12 ℃~15 ℃、相对湿度70%~75%条件下干燥成熟21~28 d，真空包装。

1.2.3 外源酶促进香肠发酵成熟试验与测定评价方法

以未加酶自然发酵成熟香肠为对照组，以香肠发酵成熟过程中非蛋白氮、游离脂肪酸等营养风味物质的积累为试验评价指标，采用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化确定复合酶制剂（风味蛋白酶、酸性蛋白酶和脂肪酶）应用于香肠发酵的合理配比和发酵条件，进一步研究探讨添加外源酶促进香肠成熟的效果及其对产品色泽、质构等感官品质的影响。

1.2.3.1 非蛋白氮（NPN）含量测定

精确称取5 g发酵香肠样品于组织破碎机中，加入95 mL蒸馏水匀浆，4 000 r/min离心10 min过滤，取滤液25 mL，加入体积分数为15%的三氯乙酸25 mL，静置30 min，双层滤纸抽滤，得到的滤液即为非蛋白氮提取溶液，取5 mL采用微量凯氏定氮法测定氮含量^[9, 14]。

1.2.3.2 游离脂肪酸（FFA）含量测定

精确称取5 g绞碎发酵香肠样品，置于三角瓶中，加入40 mL三氯甲烷溶液和20 mL甲醇溶液，振荡2 h，过滤。滤液中加入30 mL质量浓度为1 g/100 mL的NaCl溶液，置于分液漏斗分层，取下层脂肪液旋转蒸发回收溶剂后得到脂肪，采用0.1 mol/L KOH滴定法测得游离脂肪酸的含量^[9, 15]。

1.2.3.3 色差测定

在对照组和试验组发酵香肠的切面取三点，采用色差计测定 L^* （亮度）、 a^* （红色度）、 b^* （黄色度）值，计算色差值的三点平均值^[4]。

1.2.3.4 质构测定

香肠样品直径20.0 mm，长20.0 mm。利用质构仪进行质构剖面分析（TPA）测定，测定参数为：平底柱形探头P5，测前速度5 mm/s，测试速度1.0 mm/s，测后速度5 mm/s，测试距离10 mm，两次下压间隔时间5 s^[16]。

试验测定的质构特性参数为：硬度（ H ），第一个压缩循环的压力峰值，g；弹性（ S ），第二次压缩测量的高度值与第一次压缩测量的高度值之商，即样品恢复到初始高度的能力；黏聚性（ C ），第二次压缩功面积与第一次压缩功面积之商（ A_2/A_1 ）；咀嚼性，把固体样品咀嚼至可以吞咽的状态所需的能量，即硬度、弹性和黏聚性的乘积（ $H \times S \times C$ ）。

1.2.3.5 感官评定

由10人组成感官评分小组，以形态、色泽、组织和口感作为评价指标，总分100，评分标准见表1。

表1 香肠感官评分标准

评分标准	形态（25分）	色泽（25分）	组织（25分）	口感（25分）
20~25分	外形完整，粗细一致，表面整洁	瘦肉呈玫瑰红色，脂肪呈乳白色，色彩分明	组织致密，质地柔韧，有弹性，切片性好	滋味鲜美，咀嚼性好，具有发酵香肠固有风味，光泽好
15~20分	外形较好，粗细一致，表面干燥	瘦肉呈暗红色，脂肪呈乳白色，色泽较分明，光澤较好	组织致密，地较柔韧，弹性较好，切片性较好	滋味良好，咀嚼性较好，酵香肠固有风味，略带酸味
10~15分	外形不整，粗细不一，表面有黏液	瘦肉呈褐色，脂肪呈黄褐色，色泽灰暗无光泽	组织松软，弹性一般，切片性一般	滋味一般，咀嚼性一般，酸味较重

2 结果与分析

2.1 添加外源酶促进香肠发酵成熟的效果

2.1.1 添加外源酶最佳配比及发酵条件的正交试验结果

在香肠发酵阶段添加酯酶、酸性蛋白酶和风味蛋白酶，采用 $L_9(3^4)$ 正交设计对复合酶制剂配比与发酵时间进行优化试验，试验因素水平见表2，试验结果见表3。

由表3可知，在香肠发酵过程中添加外源酶，影响蛋白质水解增加非蛋白氮含量的因素大小顺序为：B（酸性蛋白酶）>D（发酵时间）>C（风味蛋白酶）>A（脂肪酶），以非蛋白氮含量为评价指标的各因素最佳组合为 $A_3B_3C_1D_3$ ，即添加酯酶0.15%，酸性蛋白酶0.05%，风味蛋白酶0.01%，发酵时间32 h。影响脂肪水解产生游离脂肪酸的因素大小顺序为：D（发酵时间）>A（脂肪酶）>B（酸性蛋白酶）>C风味蛋白酶，以游离脂肪酸含量为评价指标的各因素最佳组合为 $A_3B_2C_1D_3$ ，即添加酯酶0.15%，酸性蛋白酶0.03%，风味蛋白酶0.01%，发酵时间32 h。

表2 正交试验因素与水平设计

水平	因素			
	A 酯酶/%	B 酸性蛋白酶/%	C 风味蛋白酶/%	D 发酵时间/h
1	0.05	0.01	0.01	24
2	0.10	0.03	0.02	28
3	0.15	0.05	0.03	32

表3 添加复合酶制剂发酵正交试验结果

试验号	A 酯酶/%	B 酸性蛋白酶/%	C 风味蛋白酶/%	D 发酵时间/h	非蛋白氮/%	游离脂肪酸/%
1	1	1	1	1	1.14	1.12
2	1	2	2	2	1.39	1.21
3	1	3	3	3	2.17	1.38
4	2	1	2	3	1.35	1.75
5	2	2	3	1	1.44	1.17
6	2	3	1	2	1.75	1.19
7	3	1	3	2	1.16	1.65
8	3	2	1	3	2.01	2.02
9	3	3	2	1	1.76	1.34
k_1	1.57	1.22	1.64	1.45		
k_2	1.51	1.61	1.50	1.43		
k_3	1.64	1.89	1.59	1.84		
R	0.13	0.67	0.14	0.41		
k'_1	1.24	1.31	1.44	1.21		
k'_2	1.37	1.47	1.43	1.35		
k'_3	1.67	1.30	1.40	1.72		
R'	0.43	0.17	0.04	0.51		

注： R 和 R' 分别为以非蛋白氮和游离脂肪酸为试验评价指标的极差分析结果。

以不添加外源酶自然发酵32 h为对照组，进一步对两组正交试验最佳组合进行验证选优试验，即以 $A_3B_3C_1D_3$ 为试验组1，以 $A_3B_2C_1D_3$ 为试验组2，试验结果如表4。

据相关研究报告，非蛋白氮和游离脂肪酸是发酵香肠风味的主要组成成分，对于优质香肠，脂肪酶水解脂肪但不发生强烈的过氧化反应，因而不会发生脂

肪哈败产生令人不快的感官气味，蛋白质和脂肪降解生成的物质对形成发酵香肠特有风味和质构具有关键作用^[18]。由表4可以看出，自然发酵对照组仅依靠肌肉内源酶的作用产生的非蛋白氮和游离脂肪酸含量较低，添加外源酶对增加香肠发酵过程中蛋白质与脂肪降解产生的营养风味物质的积累有较好的效果；正交试验最佳组合 $A_3B_3C_1D_3$ 的非蛋白氮含量明显高于 $A_3B_2C_1D_3$ 组合，而游离脂肪酸含量则两组基本相当，且 $A_3B_3C_1D_3$ 组合的非蛋白氮和游离脂肪酸含量均高于正交试验结果（表3）中的最大值，试验确定添加外源酶的最佳配比及发酵条件为 $A_3B_3C_1D_3$ ，即以非蛋白氮为评价指标的各因素最佳组合：酯酶0.15%，酸性蛋白酶0.05%，风味蛋白酶0.01%，发酵时间32 h。

表4 正交试验最佳组合验证试验结果

试验组	非蛋白氮/%	游离脂肪酸/%
对照组（自然发酵）	1.06	1.01
试验组1 ($A_3B_3C_1D_3$)	2.26	2.03
试验组2 ($A_3B_2C_1D_3$)	1.96	2.07

2.1.2 外源酶促进发酵香肠干燥成熟的效果

在试验确定外源酶最佳配比及发酵条件的基础上，进一步研究外源酶对发酵香肠干燥成熟过程的影响，添加外源酶试验组与自然发酵对照组香肠于12 ℃~15 ℃低温条件下干燥成熟过程中的非蛋白氮和游离脂肪酸含量变化见图1和图2。

随着成熟时间的延长，试验组和对照组的非蛋白氮和游离脂肪酸含量均呈增长趋势，前2周增长幅度较大，之后增加速率逐渐变缓，成熟21 d时非蛋白氮和游离脂肪酸含量均基本不再上升，这可能是成熟过程中产生的部分短肽、氨基酸和游离脂肪酸参与挥发性风味物质的生成所致，试验确定添加外源酶和自然发酵香肠的干燥成熟时间为21 d，添加外源酶和自然发酵香肠的非蛋白氮含量分别为3.1%和1.5%，游离脂肪酸含量分别为3.5%和2.5%，即添加外源酶发酵成熟香肠的非蛋白氮和游离脂肪酸含量分别是自然发酵香肠的2.1倍和1.4倍，表明添加外源酶可以增加香肠发酵成熟过程中营养风味物质的积累，对促进香肠发酵成熟具有一定的效果。

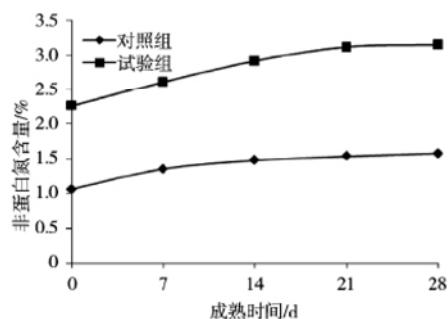


图1 发酵香肠成熟过程中NPN含量的变化

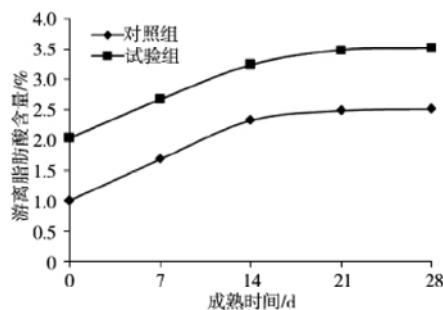


图2 发酵香肠成熟过程中FFAs含量的变化

2.2 添加外源酶对香肠色泽、质构和感官品质的影响

2.2.1 添加外源酶与自然发酵成熟香肠色差的比较

由表5可知，添加外源酶组与自然发酵组香肠干燥成熟后的L* (亮度)值和a* (红色度)值较发酵结束进入成熟期时都有所降低，b* (黄色度)值则都有所增高，这可能是由于干燥成熟过程中香肠水分降低和蛋白质及脂肪降解产物的轻度氧化褐变引起的；发酵结束时和干燥成熟后，添加外源酶发酵香肠的L*值都略低于自然发酵香肠，a*值和b*值都略高于自然发酵香肠，a*值略高，表明添加外源酶发酵香肠的红色度略有改善；L*略低、b*值略高，表明添加外源酶发酵香肠的亮度和脂肪乳白色略有降低，但两组L*值、a*值和b*值的差异都很微小，表明添加外源酶对发酵香肠产品的色差值没有明显影响。

表5 添加外源酶与自然发酵成熟香肠色差的比较

处理组	L*值		a*值		b*值	
	发酵后	成熟后	发酵后	成熟后	发酵后	成熟后
自然发酵组	45.2	39.6	13.8	10.9	6.2	7.5
添加外源酶组	44.9	38.8	14.2	11.3	6.4	7.6

2.2.2 添加外源酶与自然发酵成熟香肠质构的比较

由表6可知，添加外源酶组与自然发酵组香肠干燥成熟后的硬度和咀嚼性较发酵结束时都明显增大，弹性和黏聚性都有所增高，这主要是由于干燥成熟过程中香肠水分降低造成的。发酵结束时和干燥成熟后，添加外源酶发酵香肠的硬度都明显低于自然发酵香肠，弹性和黏聚性都略高于自然发酵香肠，表明自然发酵香肠质地较硬且弹性和黏聚性较差，而适当添加外源酶后发酵香肠质地柔韧、弹性和黏聚性有所改善，咀嚼性是综合反映硬度、弹性和黏聚性的质构特性指标，添加外源酶与自然发酵香肠的咀嚼性基本一致，表明添加外源酶对发酵香肠的质构特性没有明显影响。

2.2.3 添加外源酶与自然发酵成熟香肠感官评分的比较

由表7可知，添加外源酶组与自然发酵组香肠干燥成熟后的形态、色泽和组织状态感官评分基本一致，且口感和总感官评分优于自然发酵香肠，结合色差和质构量化测定指标分析表明：添加外源酶不影响

发酵香肠产品的形态、色泽和质构特性，且对香肠的口感风味有一定改善作用。

表6 添加外源酶与自然发酵成熟香肠质构的比较

项目	处理组	
	自然发酵组	添加外源酶组
硬度 (H)/g	发酵后	540.1
	成熟后	893.2
弹性 (S)	发酵后	0.84
	成熟后	0.93
黏聚性 (C)	发酵后	0.41
	成熟后	0.51
咀嚼性 (H×S×C)	发酵后	183.9

表7 添加外源酶与自然发酵成熟香肠感官评分的比较

处理组	形态	色泽	组织	口感	总分
自然发酵组	23.0	22.5	22.5	20.5	88.5
添加外源酶组	23.0	22.0	23.0	23.5	91.5

3 结论

以非蛋白氮和游离脂肪酸含量为测定评价指标，通过正交试验优化确定了在香肠发酵过程中添加外源酶的最佳配比及发酵条件：酯酶0.15%，酸性蛋白酶0.05%，风味蛋白酶0.01%，发酵时间32 h。添加外源酶发酵香肠干燥成熟后的非蛋白氮和游离脂肪酸含量分别是自然发酵香肠的2.1倍和1.4倍，试验结果表明添加外源酶对香肠发酵成熟过程中营养风味物质的积累有一定的促进作用。

通过添加外源酶与自然发酵香肠干燥成熟后色差、质构量化测定指标和综合感官评分的比较，分析探讨了添加外源酶对发酵香肠产品色泽、质构和感官品质的影响。结果显示，添加外源酶对发酵香肠产品的形态、色泽和质构特性没有明显影响，且添加外源酶发酵香肠硬度降低，质地柔韧，弹性和黏聚性有所改善，口感风味和总的感官评价优于自然发酵干燥成熟香肠。

参考文献：

- [1] 夏文水. 肉制品加工原理和技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 江洪波, 薛文斌. 发酵香肠的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(10): 75-78.
- [3] 罗欣, 朱燕. 发酵香肠加工技术及品质控制研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 27(1): 3-6.
- [4] 史崇颖, 田洋, 黄艾祥, 等. 发酵香肠工艺及理化性质变化研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(1): 77-80.
- [5] O LG A DIAZ, M ANUELA FERNANDEZ, G ONZALO D, et al Effect of the addition of papain on the dry fermented sausage proteolysis[J]. J Sci Food Agric, 1996(71): 13-21.
- [6] O LG A DIAZ, M ANUELA FERNANDEZ, G ONZALO D, et al Proteolysis in dry fermented sausages: the effect of

蓝莓冰酒和蓝莓果酒的品质和DPPH清除率分析

吕佳宁¹, 邱利利¹, 刘子菱¹, 张玲¹, 曹思明¹, 金铁岩^{1,2*}

1. 延边大学理学院化学系(延吉133002); 2. 延边农学院食品科学系(延吉133002)

摘要 以冰冻蓝莓和鲜蓝莓为原料分别制作蓝莓冰酒和蓝莓果酒。通过对发酵过程中pH、可溶性固形物、酒精度及成品的感官评价和DPPH清除率进行测定分析。结果表明: 蓝莓冰酒的pH和酒精度分别为2.95和10% vol均低于蓝莓果酒, 而蓝莓冰酒的可溶性固形物含量和DPPH的消除能力分别为10% 和68.81% 均高于蓝莓果酒, 同时蓝莓冰酒的感官分也优于蓝莓果酒。所以综合以上结果, 蓝莓冰酒的品质及DPPH清除率均优于蓝莓果酒。

关键词 蓝莓; 冰酒; 果酒; 品质; DPPH 清除率

The Quality of Blueberry Ice-wine and Blueberry Wine and DPPH Clearance Rate

Lü Jia-ning¹, Qiu Lili¹, Liu Ziling¹, Zhang Ling¹, Cao Siming¹, Jin Tieyan^{1,2*}

1. Department of Chemistry, Science College of Yanbian University (Yanji 133002);

2. Department of Food Science and Engineering, Agricultural College of Yanbian University (Yanji 133002)

Abstract Taking fresh blueberry as raw materials to make blueberry wine and living blueberry as raw materials to make blueberry ice-wine. The pH, soluble solid, alcoholic content, sensory evaluation of end products and DPPH scavenging effect were measured and analyzed in process of wine ferment. The results show that the pH and alcoholic content of blueberry ice-wine was 2.95 and 10% vol, which below than that of blueberry wine. But the soluble solid and DPPH scavenging effect of blueberry ice-wine was 10% and 68.81%, which higher than that of blueberry wine, and the sensory evaluation scores were also higher than that of blueberry wine. From above results, the qualities of blueberry ice-wine and DPPH scavenging effect are superior to that of blueberry wine.

Keywords blueberry; ice-wine; wine; quality; DPPH eliminating rate

蓝莓(*Semen trigonellae*)为多年生灌木, 小浆果属, 呈球形或椭圆形, 成熟后为蓝紫色^[1]。蓝莓栽培起源于美国, 在中国主要分布在大小兴安岭山区, 生长在高山苔地及水湿地带, 属于纯天然无污染绿色食

品, 被誉为第三代森林水果。蓝莓中的糖、酸、花色苷等含量都适于酿酒^[2]。蓝莓不仅外表美观, 而且营养价值丰富, 含有人体所必需的氨基酸、维生素、矿物质等, 经常食用可以降低胆固醇、延缓衰老^[3]。

- selected exogenous proteases[J]. Meat Science, 1997, 46(1): 115-128.
- [7] JOSE ZAPELEN A M, IZASKUN ZALACAIN, M PAZ DE PEN A, et al. Addition of a neutral proteinase from *Bacillus subtilis* (neutrase) together with a starter to a dry fermented sausage elaboration and its effect on the amino acid profiles and flavor development[J]. J Agric Food Chem, 1997(45): 472-475.
- [8] HELGA N AES, ASKILD L HOLCK, LARS AXELSSON, et al. Accelerated ripening of dry fermented sausage by addition of a lactobacillus proteinase[J]. International journal of Food Science and Technology, 1995(29): 651-659.
- [9] 杨华, 张琳, 马丽珍, 等. 外源酶缩短羊肉干发酵香肠成熟期的效果研究[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 81-86.
- [10] 贺稚非, 李洪军, 买那. 应用微生物发酵剂和酶制剂加工中式香肠的研究[J]. 农产品加工·学刊, 2006(10): 30-33.
- [11] 段艳, 袁倩, 贾雪晖, 等. 外源蛋白酶对羊肉干发酵香肠理化特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(8): 54-57.
- [12] 段艳, 刘夏伟, 靳志敏, 等. 植物乳杆菌及木瓜蛋白酶对羊肉干发酵香肠保藏性的影响[J]. 食品工业, 2014, 35(7): 106-110.
- [13] 张红梅. 蛋白酶在发酵香肠成熟中的作用[J]. 肉类工业, 2009(10): 52-53.
- [14] 何凡, 王振宇, 张德权, 等. 猪肉发酵香肠品质相关关键性理化特性[J]. 肉类研究, 2013, 27(11): 6-9.
- [15] 马菊, 孙宝忠, 郝永清, 等. 发酵香肠理化特性和感官质量相关性研究[J]. 肉类工业, 2007(5): 17-21.
- [16] 董庆利. 不同贮藏时间对熏煮香肠质构的影响[J]. 肉类工业, 2005(4): 17-20.
- [17] 雷昌贵, 伍宝华, 蔡花真, 等. 发酵香肠加工过程中营养成分的变化规律[J]. 肉类工业, 2010(6): 7-10.