

硫酸锌对酶法改性发酵香肠理化特性的影响

薛力荔¹, 杨胜荣¹, 朱秋劲^{1,2,*}

(1. 贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学食品科学工程研究中心, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 以干发酵肠为研究对象, 在传统自然发酵的工艺基础上, 以不同的组合方式添加菠萝蛋白酶、谷氨酰胺转氨酶和 ZnSO_4 , 比较这 3 种组合的发酵肠之间各项理化指标的差异。结果显示: 随着发酵时间的延长, 3 组工艺发酵肠中的水分含量、pH 值呈下降趋势; 蛋白质、挥发性盐基氮(TVB-N)、氨基态氮及脂肪含量和过氧化值(POV)值逐渐升高。在发酵过程中, II 组(酶 + ZnSO_4)和III组(加酶)总蛋白质含量低于 I 组(传统工艺), 挥发性盐基氮与氨基态氮含量高于 I 组(传统工艺)。而 II 组(酶 + ZnSO_4)和III组(加酶)工艺相比较, II 组(酶 + ZnSO_4)pH 值、蛋白质含量高于III组(加酶), 挥发性盐基氮和氨基态氮含量却相对较低。3 种组合工艺发酵肠之间的 POV 值差异不显著。

关键词: 干发酵香肠; 菠萝蛋白酶; 谷氨酰胺转氨酶; 硫酸锌; 理化特性

Effect of Zinc Sulfate on Physical and Chemical Properties of Enzymatic Modified Fermented Sausage

XUE Li-li¹, YANG Sheng-rong¹, ZHU Qiu-jin^{1,2,*}

(1. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Food Science and Engineering Research Center, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: This study was performed to compare physicochemical properties of fermented sausages made using the traditional natural fermentation process alone and in combination of the additions of bromelain and transglutaminase together (modified process I) or both of them plus ZnSO_4 (modified process II) as an inhibitor of bromelain. The results showed that: 1) with prolonged fermentation time, water content and pH of all the kinds of sausages prepared by different processes revealed a decrease trend; the contents of protein, TVB-N, amino nitrogen, fat and POV value exhibited a gradual increase trend; 2) the content of total protein in the two modified processes was lower than that the traditional process, whereas the TVB-N and amino nitrogen contents were higher than those in the traditional process; 3) the pH and protein content in the modified process II were higher than those in the modified process I, while the TVB-N and amino nitrogen contents were relatively lower; 4) no significant difference in the POV values of fermented sausages prepared using the three processes was observed.

Key words: fermented sausage; bromelain; transglutaminase; ZnSO_4 ; physicochemical properties

中图分类号: TS201.2; TS251.51

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)23-0229-05

发酵香肠是指将猪肉或其他肉类切成小块, 填充至猪或羊等动物的肠衣中, 然后经过自然发酵或添加菌种人工发酵后, 经自然干燥而形成的一种发酵肠制品^[1]。它具有营养丰富、食用方便、风味独特、便于携带和保存的特点, 深受人们欢迎。目前, 国外发酵香肠已由传统的自然发酵转变为利用人工控制接种培养发酵的方法^[2]。并且, 通过添加外源蛋白酶和脂肪酶, 改善

发酵肠的风味和发酵周期, 从而提高发酵产品的品质。发酵香肠在发酵和成熟过程中会发生脂肪和蛋白质的降解, 产生大量游离脂肪酸和游离氨基酸, 而酶制剂添加到发酵香肠中, 能促进香肠发酵和缩短成熟时间^[3]。学者们做了大量实验发现外源酶制剂的添加对发酵香肠的成熟、品质及风味起着重要的作用^[4]。Ansorena 等^[5]将脂肪酶 Palatase M 和蛋白酶 Protease P 同时添加到发酵

收稿日期: 2011-06-28

基金项目: 贵州省科技攻关计划农业项目(黔科合 NY 字 2009-3029 号; 黔科合 NY 字 2008-3030 号)

作者简介: 薛力荔(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: xueliliok@126.com

* 通信作者: 朱秋劲(1969—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工与食品营养与安全。

E-mail: qiujiu_z@hotmail.com

香肠中,发现部分游离氨基酸和游离脂肪酸的含量增加。Zapelena等^[6]报道在发酵香肠中添加芽孢杆菌属(*Bacillus subtilis*)来源的金属蛋白酶(neutrase),能促进干发酵香肠的蛋白水解从而提高感官特性且不会造成产品软化。Hagen等^[7]通过在发酵香肠中分别添加来源于乳杆菌的蛋白酶NCD0151和来源于芽孢杆菌属地衣状菌素的蛋白酶制剂发现,添加蛋白酶NCD0151使香肠成熟时间缩短一半,且产品风味与不加酶组相同,也没有造成香肠质地的软化。Naes等^[8]也运用乳杆菌蛋白酶NCD0151使香肠的成熟时间缩短。贺稚非等^[2]加工中式香肠时添加酸性蛋白酶,研究发现蛋白酶的添加量对发酵香肠的感官品质影响最大。罗珺等^[9]添加木瓜蛋白酶腌制腊肉后发现,木瓜蛋白酶能促进腊肉中蛋白质的降解,对腊肉的风味形成有一定的促进作用。

谷氨酰胺转氨酶(EC 2.3.2.13, transglutaminase, TG),是一种催化酰基转移反应的转移酶,它能使蛋白质与蛋白质、蛋白质与氨基酸之间发生交联反应,形成 ϵ -(γ -谷氨酰)赖氨酸键,从而改变蛋白质的结构和功能性质,赋予食品蛋白质特有的质构和口感^[10],提高蛋白质营养价值和保水性^[11]。近年来,在提高加工食品的口感、质地、外观、营养等功能方面得到广泛应用,具有广阔的市场开发前景。刘汉灵等^[12]将微生物谷氨酰胺转氨酶添加到香肠制品中,发现其凝胶强度比对照组提高60%以上,产品的黏弹性得到显著提高。Pietrasik等^[13]和Ahmed等^[14]分别研究了TG对猪肉、鸡肉和牛肉香肠凝胶强度的影响,Carbalo等^[15]研究了TG对不同种类的肉凝胶特性的影响,Trespalacios等^[16]研究了TG与高压同时处理对低脂鸡肉重组肉制品凝胶功能性质的影响,Lantoo等^[17]研究了TG对猪肉糜混合物凝胶形成的影响,尚永彪^[18]将探究了TG及处理工艺对PSE猪肉香肠质构特性的影响,上述研究表明,TG处理能显著提高肉制品的凝胶强度,在一定的条件下还能减少蒸煮损失、增强凝胶的持水力。

并且,实验研究证明 Zn^{2+} 能抑制菠萝蛋白酶的活性^[19]。人体内含锌的酶在100种以上,锌能参与机体DNA、RNA和蛋白质的合成。锌能维持机体正常发育,它是许多金属酶的组成成分或酶的激活剂,并维持VA的正常代谢和正常味觉功能,促进伤口愈合,维护免疫功能。为了防止肉制品中外源蛋白酶对肉类蛋白的过度水解,通常采用高温灭酶的方法将其钝化。高温灭酶后的肉已成熟,只能用于生产熟肉制品,限制了在生肉制品中的运用范围。所以寻找一种常温和低温下钝化菠萝蛋白酶的方法对酶法改性肉制品的开发具有实际的应用价值。

本实验选用菠萝蛋白酶与TG,研究两种酶的协同作用以及考察经前期筛选得到的在常温条件下菠萝蛋白酶抑制剂 $ZnSO_4$ 的添加对发酵香肠品质的影响,为改进发酵肠产品品质和企业经济效益提供实践依据。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

菠萝蛋白酶($5 \times 10^5 U/g$)、谷氨酰胺转氨酶(TG-A02)广西南宁庞博生物工程有限公司;甲基红指示剂、溴甲酚绿指示剂、亚甲基蓝指示剂(均为分析纯)天津市科密欧化学试剂有限公司。

FA2004N电子天平 上海民桥精密科学仪器有限公司;KDN-04A定氮仪 上海昕瑞仪器仪表有限公司;MT688多功能食物加工机 顺德市爱德实业有限公司;JJ-1定时电动搅拌机 江苏金坛市中大仪器厂;CLHN-350T恒温恒湿箱 天津市华北实验仪器有限公司;TAS-990原子吸收分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司。

1.2 原辅料的选择与处理

猪肉:选用本地市场出售的鲜猪肉,其中瘦肉占70%,肥膘占30%。瘦肉用绞肉机绞成肉糜,肥膘绞成肉丝。

辅料:0.3g/kg食盐、0.2g/kg蔗糖、0.02g/kg味精、150mg/kg $NaNO_2$ 、0.4g/kg VC、7.25g/kg辣椒粉、2.5g/kg花椒、50g/kg料酒。

肠衣:选用人造胶原蛋白肠衣(口径:88cm),购于北京福德客科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 实验设计

本实验分3组,第I组:传统发酵组,即不添加酶制剂;第II组:除添加菠萝蛋白酶和谷氨酰胺转氨酶(TG)外,再加入0.2mg/g $ZnSO_4$ 作为菠萝蛋白酶的抑制剂。第III组:仅添加菠萝蛋白酶和谷氨酰胺转氨酶(TG)。

1.3.2 贮藏条件

3组样品置于恒温恒湿箱中,先在5℃、相对湿度60%的条件下干燥7d,然后在20℃、相对湿度为75%~80%的条件下发酵21d。在腌制后的第1、7、14、21、28天测定样品指标。

1.3.3 工艺流程

1.3.3.1 传统工艺(I组)

原料肉选择→绞碎→拌馅→添加盐及辅料腌制→灌肠→贮藏发酵(控温控湿)→成熟

1.3.3.2 酶解、钝化和交联协同工艺(II组)

瘦肉→绞碎→菠萝蛋白酶酶解→添加 $ZnSO_4$ (0.2mg/g)→肥膘→绞成丝

↓

TG酶交联→拌馅→盐腌制→灌肠(长度为10cm)→贮藏发酵(控温控湿)→成熟

1.3.3.3 酶解交联协同工艺(III组)

肥膘→绞成丝

↓

瘦肉→绞碎→菠萝蛋白酶酶解→TG酶交联→盐腌制→添加盐及辅料腌制→灌肠→贮藏发酵(控温控湿)→成熟

1.4 测定指标与方法

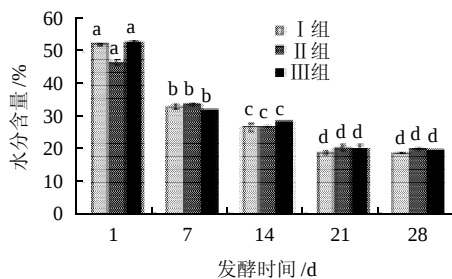
水分含量测定: 参考 GB/T 5009.3—2003《食品中水分的测定》^[20]; 总脂肪含量测定: 参照 GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品总脂肪含量测定》^[21]; 蛋白质含量测定: 参照 GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》^[22]; pH值测定: 称取绞碎的样品 10g, 加入 20mL 蒸馏水, 浸泡 15min, 过滤, 收集滤液, 用酸度计测定 pH 值^[23]; 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定: 参照 GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》^[24]中的微量扩散法; 氨基态氮的测定: 参照 GB/T 5009.40—2003《酱卫生标准的分析方法》^[25]; 过氧化值(POV 值)的测定: 参照 GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》^[26]中的滴定法测定; Zn²⁺含量的测定: 参照 GB/T 9695.20—2008《肉与肉制品 锌的测定》^[27]测定。

1.5 统计分析

采用 SPSS11.5 统计软件分析处理。

2 结果与分析

2.1 水分含量的变化情况



不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$)。下同。

图1 3种工艺香肠成熟过程中水分含量的变化情况

Fig.1 Change of water content in three kinds of fermented sausages during the ripening process

由图1可知, 随着贮藏时间的延长, 3组工艺的发酵肠水分含量逐渐降低。在贮藏的前21d显著降低($P < 0.05$)。在前7d, 水分下降速度很快。到第28天后水分含量降低不显著($P > 0.05$), 水分基本趋于恒定。

2.2 pH值的变化情况

由图2可知, 随着贮藏时间的延长, 3组工艺发酵肠pH值逐渐下降。pH值是决定食品风味品质以及稳定性的重要因素, 尤其对风味的影响十分重要。影响香

肠pH值的因素很多, 包括原辅料的种类和数量以及生产过程中的工艺参数的选择等^[28]。由于外源和内源蛋白酶的共同作用下, 蛋白质和肽段被分解, 肉中游离氨基酸增加, 导致pH值不断下降。这也与微生物对碳水化合物化合物的分解有关。乳酸菌将碳水化合物分解, 产生乳酸和少量醋酸, 降低了发酵期的pH值^[29]。而III组中, 第7天pH值反而比第1天的低, 可能是由于外源菠萝蛋白酶的添加, 蛋白质过渡水解后生成氨类物质, 导致产品的pH值升高^[30]。

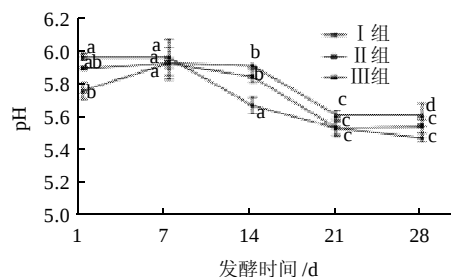


图2 3种工艺香肠成熟过程中pH值的变化情况

Fig.2 Change of pH in three kinds of fermented sausages during the ripening process

2.3 氨基态氮含量的变化情况

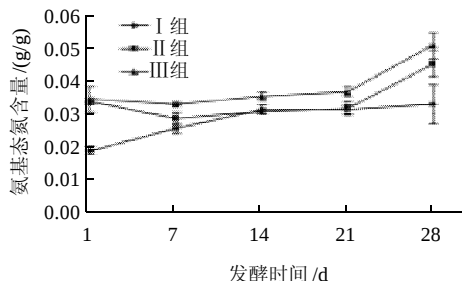


图3 3种工艺香肠成熟过程中氨基态氮含量的变化情况

Fig.3 Change of amino nitrogen in three kinds of fermented sausages during the ripening process

由图3可知, 在发酵的第7天, II组和III组氨基态氮含量有所降低。从7~28d, 3组工艺的氨基态氮含量一直在增加, II组和III组的含量一直高于I组, III组含量最高, 到第28天后, 氨基态氮含量为0.0512g/g。

氨基态氮表示蛋白质的水解程度。在发酵过程中, 蛋白质降解产生的小分子肽及游离氨基酸, 使氨基态氮含量增加。II组和III组在外源菠萝蛋白酶和内源酶(包括钙激活酶和组织蛋白酶)的共同催化作用下, 蛋白质水解产生小分子氨基态氮物质, 而I组无外源蛋白酶的酶解作用, 导致氨基态氮增加趋势明显低于后两组。但在发酵的第7天, II组和III组氨基态氮含量有所降低。

这可能是由于蛋白质水解最后产生游离氨基酸^[31], 部分氨基酸参与 Strecker 降解反应, 形成醛、醇、酮、含硫化合物等挥发性风味物质^[32]。同时, 脂肪氧化产生了较多的醛、酮类物质, 这些产物继而与氨基酸进行美拉德反应, 形成了复杂的风味物质, 而蛋白质水解产生氨基态氮速度低于氨基酸分解速度, 所以导致氨基态氮含量在 1~7d 有所下降。

2.4 蛋白质含量的变化情况

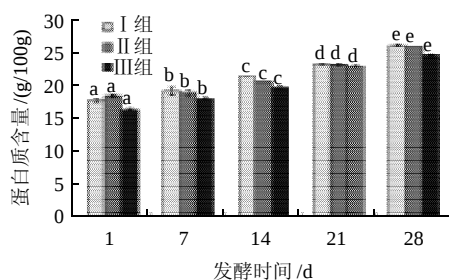


图4 3种工艺香肠成熟过程中蛋白质含量的变化情况

Fig.4 Change of protein content in three kinds of fermented sausages during the ripening process

由图4可知, 3组工艺的发酵肠随发酵时间的延长, 蛋白质含量一直呈上升趋势。而到第7天时, I组(传统工艺)的蛋白质含量高于其他两组经酶处理过的蛋白含量。这是由于贮藏时间的延长, 水分含量逐渐降低, 蛋白质含量相对增加。而后两组由于添加菠萝蛋白酶, 蛋白质降解速度加快, 产生较多的多肽、氨基酸等小分子物质, 这些小分子化合物进一步分解成一些挥发性物质, 使得蛋白质含量偏低。到第28天, I~III组蛋白质含量分别为26.40、26.25、24.79g/100g。

2.5 挥发性盐基氮(TVB-N)值的变化情况

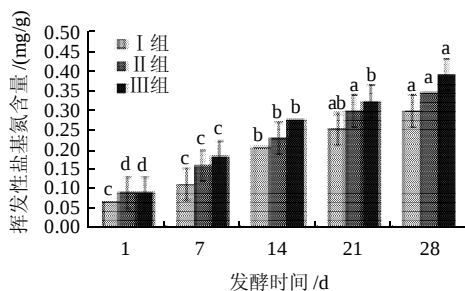


图5 3种工艺香肠成熟过程中 TVB-N 值的变化情况

Fig.5 Change of TVB-N value in three kinds of fermented sausages during the ripening process

由图5可知, 随着贮藏时间的延长, 3组工艺发酵肠挥发性盐基氮含量一直呈上升趋势。3组工艺中, I组挥发性盐基氮明显低于II组和III组。到第28天, I~

III组挥发性盐基氮含量分别为0.30、0.35、0.40mg/g。

挥发性盐基氮是蛋白质在酶和微生物的作用下发生分解产生的氨及胺类等碱性含氮物质, 也是评价肉及肉制品鲜度的主要卫生指标, 它的含量在一定程度上标志着肉及肉制品的腐败程度^[33]。II组和III组工艺中由于加入了菠萝蛋白酶, 促进了蛋白质分解产生更多的氨及胺类物质, 所以挥发性盐基氮含量高于I组的含量。

2.6 脂肪含量的变化情况

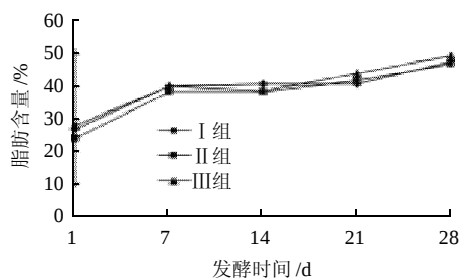


图6 3种工艺香肠成熟过程中脂肪含量的变化情况

Fig.6 Change of fat content in three kinds of fermented sausages during the ripening process

由图6可知, 3组工艺的脂肪含量随贮藏时间的增加而升高。1~7d, 含量变化较明显。而在17~21d, 这种变化趋势较平缓。而3组工艺之间的脂肪含量无显著性差异。

随着发酵时间的延长, 水分含量逐渐降低, 导致脂肪含量相对增加, 但3组工艺中的脂肪含量无显著性差异。而在7~21d中, 脂肪含量变化趋势平缓。干发酵香肠在成熟过程中脂肪在微生物及其酶的作用下会发生水解, 产生游离脂肪酸和低级的甘油酯。释放的游离脂肪酸进一步发生氧化, 生成与干发酵香肠风味有关的多种化合物。即三酰甘油酯在成熟过程中首先被水解为1,2-二酰甘油和游离脂肪酸, 然后, 1,2-二酰甘油会自发地形成更具有热力学稳定性的1,2-二酰甘油; 最后进一步水解为单酰甘油和游离脂肪酸。游离脂肪酸, 尤其是多不饱和脂肪酸经过酶或非酶氧化, 形成醛、酮和醇等风味化合物^[34]。两个原因使得发酵肠在发酵的7~21d, 脂肪含量增加趋势变缓。

2.7 过氧化值(POV)的变化情况

由图7可知, 3种工艺发酵肠脂肪过氧化值都随着贮藏时间的延长逐渐升高, 到第28天, I~III组POV值分别达到了22.6、22.9、23.3meq/kg, 最高值为III组。但3组间的过氧化值差异不显著。

油脂在发酵肠加工和贮藏期间, 由于空气中的氧、光照、微生物、酶和金属离子等的作用, 发生氧化产生氢过氧化物。氢过氧化物是油脂氧化的主要初级产物, 在油脂氧化初期, POV值随氧化程度加深而增高。

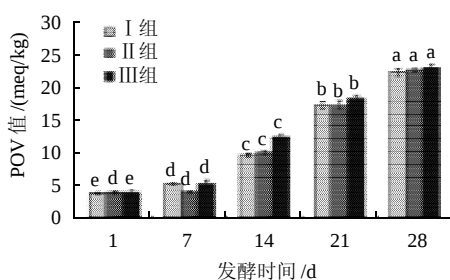


图7 3种工艺香肠成熟过程中POV值的变化情况

Fig.7 Change of POV value in three kinds of fermented sausages during the ripening process

2.8 Zn²⁺含量的变化情况

表1 3组工艺发酵肠中Zn²⁺含量的变化Table 1 Comparison of Zn²⁺ content in three kinds of fermented sausages

样品组	I 组	II 组	III 组
Zn ²⁺ 含量/(mg/kg)	25.85	39.17	31.62

通过原子分光光度计检测得到经传统工艺(I组), 酶解、钝化和交联协同工艺(II组)和酶解交联协同工艺(III组)所得产品的Zn²⁺含量如表1所示, II组产品中Zn²⁺含量最高, 达到了39.17mg/kg, 而I组最低, 其次为III组, 结果说明经酶解、钝化和交联的处理能够更大程度的保存Zn²⁺含量, 在II组工艺中ZnSO₄的添加有利于Zn²⁺的保持。

3 结 论

随着发酵时间的延长, 3组工艺处理的发酵肠中: 水分含量、pH值都呈下降趋势。蛋白质含量、挥发性盐基氮含量、氨基态氮含量、脂肪含量、POV值逐渐升高。但II组和III组总蛋白质含量低于I组(传统工艺), 到第28天, I~III组蛋白质含量分别为26.40、26.25、24.79g/100g。由于菠萝蛋白酶的酶解作用, II组(酶+ZnSO₄)与III组(加酶)挥发性盐基氮与氨基态氮含量高于I组(传统工艺)。而II组(酶+ZnSO₄)和III组(加酶)工艺相比较, II组(酶+ZnSO₄)pH值、蛋白质含量高于III组(加酶), 挥发性盐基氮和氨基态氮却相对较低。3种工艺发酵肠之间的POV值差异不显著。添加ZnSO₄的发酵肠中Zn²⁺含量达到了39.17mg/kg。

参考文献:

[1] 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.
 [2] 贺稚非, 李洪军, 买娜. 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.
 [3] 王炜, 李洪军. 外源性添加剂对川式发酵香肠的品质影响[J]. 肉类工业, 2005(9): 19-23.

[4] 张红梅, 范贵生, 孙宝忠. 蛋白酶在发酵香肠成熟中的作用及机理[J]. 肉类研究, 2007, 21(4): 22-23.
 [5] ANSORENA D, ZAPELENA M J, ASTIASARAN I, et al. Simultaneous addition of Palatase M and Protease P to a dry fermented sausage (Chorizo de Pamplona) elaboration: effect over peptidic and lipid fractions[J]. Meat Sci, 1998, 50(1): 37-44.
 [6] ZAPELENA M J, ZALACAIN I, de PEÑA M P, et al. Effect of the addition of a neutral proteinase from *Bacillus subtilis* (Neutrase) on nitrogen fractions and texture of Spanish fermented sausage[J]. J Agric Food Chem, 1997, 45(7): 2798-2801.
 [7] HAGEN B F, HOLCK A L, NAES H, et al. Bacterial proteinase reduces maturation time of dry fermented sausages[J]. J Food Sci, 2006, 61(5): 1024-1029.
 [8] NAES H, HOLCK A L, AXELSSON L, et al. Accelerated ripening of dry fermented sausage by addition of a *Lactobacillus* proteinase[J]. Int J Food Sci Tech, 1994, 29(6): 651-659.
 [9] 罗珺, 崔建云, 陈尚武, 等. 添加木瓜蛋白酶对腊肉风味的影响研究[J]. 肉类研究, 2005, 19(10): 25-28.
 [10] 贺雷雨, 李新华, 王璋. 利用微生物谷氨酰胺转氨酶提高香肠制品的物性[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(6): 36-41.
 [11] MOTOKI M, SEGURO K. Transglutaminase and its use for food processing[J]. Trends in Food Science and Technology, 1998, 9(5): 204-210.
 [12] 刘汉灵, 韦梅, 杨彩菊. 高效谷氨酰胺转氨酶(TG酶)产品在食品加工中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2008(2): 253-254.
 [13] PIETRASIK Z, LI-CHAN E C Y. Response surface methodology study on the effect of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties[J]. Food Research International, 2002, 35(4): 387-396.
 [14] AHMED A M, KAWAHARA S, OHTA K, et al. Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausage induced by transglutaminase[J]. Meat Sci, 2007, 76(3): 455-462.
 [15] CARBALO J, AYO J, COLMENERO F J. Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: influence of meat species and chilling storage[J]. LWT- Food Science and Technology, 2006, 39(6): 692-699.
 [16] TRESPALACIOUS 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.
 [17] LANTOO R, PLATHIN P, NIEMISTO M, et al. Effects of transglutaminase, tyrosinase and freeze-dried apple pomace powder on gel forming and structure of pork meat[J]. LWT- Food Science and Technology, 2006, 39(10): 1117-1124.
 [18] 尚永彪. 转谷氨酰胺酶改善PSE猪肉西式香肠质构特性的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 44-48.
 [19] 曾霖霖, 黄惠华. 不同金属离子对菠萝蛋白酶活性及热稳定性的影响[J]. 食品工业, 2009(5): 4-6.
 [20] GB/T 9695.15—2008 肉与肉制品 水分含量测定[S].
 [21] GB/T 9695.7—2008 肉与肉制品 总脂肪含量测定[S].
 [22] GB 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S].
 [23] 傅樱花, 马长伟. 腊肉加工过程中脂质分解及氧化的研究[J]. 食品科技, 2004(1): 42-44.
 [24] GB 5009.44—2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S].
 [25] GB/T 5009.40—2003 酱油卫生标准的分析方法[S].
 [26] GB/T 5009.37—2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S].
 [27] GB/T 9695.20—2008 肉与肉制品 锌的测定[S].
 [28] 马汉军, 周光宏, 余小颖, 等. 中式发酵香肠 pH 与 a_w 的关系及其对产品风味的影响[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(1): 87-91.
 [29] 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(1): 77-80.
 [30] 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.
 [31] 蒋爱民, 郭善广, 白福玉, 等. 广式腊肠加工及贮藏过程中蛋白质降解动态研究[J]. 肉类研究, 2008, 22(11): 23-24.
 [32] TOLDRA F. Proteolysis and lipolysis in flavor development of dry-cured meat products[J]. Meat Sci, 1998, 49(Suppl 1): 101-110.
 [33] 穆建稳, 董全, 李洪军. 木瓜蛋白酶在腊肉肉加工中的应用研究[J]. 肉类工业, 2010(9): 33-35.
 [34] 王艳梅, 马俪珍. 发酵香肠成熟过程中的生化变化[J]. 肉类研究, 2004, 18(2): 46-48.