

# 发酵剂对熏马肠脂肪酶活力的影响

王静云, 卢士玲\*, 王庆玲

(石河子大学食品学院, 新疆石河子 832000)

**摘要:**主要研究发酵剂对熏马肠发酵成熟过程中脂肪酶活力的影响。结果表明,酸性脂肪酶活力、中性脂肪酶活力、磷脂酶活力在发酵成熟过程中持续下降,并且发酵剂组的三种酶活力在添加发酵剂后显著高于空白组( $p < 0.05$ )。通过相关性分析表明,在熏马肠发酵成熟过程中,发酵剂组中的三种酶活力与pH、水分含量及盐分含量呈极显著相关性( $p < 0.01$ )。

**关键词:**熏马肠, 脂肪酶, 发酵剂

## Effect of starter cultures on lipase activities of smoked horse sausages

WANG Jing-yun<sup>1</sup>, LU Shi-ling<sup>2,\*</sup>, WANG Qing-ling<sup>2</sup>

(Food College, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** The effect of starter on lipase vigor during the ripening of smoked horse sausages was studied. The result showed acid lipase vigor, neutral lipase activity and the activity of phospholipase were decreasing during the ripening. Three kinds of enzyme activity of group of inoculation starter cultures was greater than the control group during the ripening ( $p < 0.05$ ). The relationship analyse showed that the contents of salt, the contents of water and pH were very significantly correlated to the activities of these three enzymes during the ripening of smoked horse sausages ( $p < 0.01$ ).

**Key words:** smoked horse sausages; lipase; starter cultures

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)12-0185-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.12.030

熏马肠是新疆各族人民都喜爱的一种发酵肉制品,但长期以来主要依靠经验进行质量控制,因此存在着产品不稳定的缺点,它制约了熏马肠制品的进一步发展<sup>[1]</sup>。在肉制品发酵成熟过程中,发酵剂产酸,其pH降低,抑制微生物生长,消化吸收率及营养价值得到明显提高,在赋予产品以独特风味以外还可以增加产品的安全性及延长其保质期<sup>[2]</sup>。国内外对发酵剂进行了深入研究,使其在发酵肉制品生产过程中得到广泛应用,常用的菌种主要有植物乳杆菌、木糖葡萄球菌和变异微球菌。本实验主要将清酒乳杆菌和木糖葡萄球菌的混合商业发酵剂加入到熏马肠中,其中清酒乳杆菌可以产生多种肽酶,如二肽酶和氨肽酶,二肽酶可以继续分解大分子多肽,生成一些具有良好滋味或者保健功能的小肽;而氨肽酶可以为熏马肠的风味形成提供必要的氨基酸。木糖葡萄球菌具有脂肪酶活性,分解熏马肠中多余脂肪生成游离脂肪酸,为风味化合物提供前体物质。

脂质是发酵肉制品的主要成分之一,脂质的水

解和水解产物进一步转化决定了产品的风味特征,脂质的水解主要是脂肪酶和磷脂酶作用于甘油酯和磷脂生成甘油二酯,单甘酯和游离脂肪酸的过程<sup>[3]</sup>。虽然水解产物对风味的影响不大,但由于水解产生的脂肪酸,使得氧化作用更加容易发生,所以水解程度和水解过程对熏马肠的风味形成具有重要的影响<sup>[4]</sup>。本文主要研究发酵剂对熏马肠脂肪酶活力的影响情况,并研究其与加工条件的相关性。

## 1 材料及方法

### 1.1 材料与仪器

马肉 石河子农贸市场,漂洗干净,备用;清酒乳杆菌和木糖葡萄球菌的混合商业发酵剂 科汉森生物制剂有限公司;食盐、白糖、亚硝酸盐、胡椒粉、花椒粉、姜粉、味精、五香粉、八角、肠衣等 石河子农贸市场; Tris、Na<sub>2</sub>EDTA、HCl、Triton X-100、BSA、7-羟基-4-甲基伞形酮油酸酯、磷酸氢二钠、柠檬酸、氟化钠、4-甲基伞形酮等试剂 均为分析纯, Sigma 公司。

收稿日期: 2014-10-14

作者简介: 王静云(1990-),女,硕士研究生,研究方向:畜产品加工。

\* 通讯作者: 卢士玲(1976-),女,博士,副教授,研究方向:畜产品加工。

基金项目: 国家自然科学基金项目:熏马肠中生物胺产生和累积机理的研究(31160329);国家自然科学基金项目:产胺氧化酶发酵剂对新疆熏马肠中生物胺影响及其作用机制(31360392)。

恒温恒湿箱 上海一恒科学仪器有限公司; 荧光分光光度计F-2500 日本HITACHI; 紫外分光光度计 岛津有限公司; 高速匀浆机 上海楚柏实验室设备有限公司; 冷冻离心机 力康发展有限公司; 快速恒温数显水箱 金坛市医疗仪器厂; pH计 赛多利斯仪器(北京)有限公司; 烤箱 上海精宏实验设备有限公司。

## 1.2 实验方法

1.2.1 熏马肠工艺流程 原料肉的预处理→腌制→接种发酵剂→灌入肠衣→发酵→成熟。

### 1.2.2 操作要点

1.2.2.1 原料肉的预处理 选用新鲜的马肉, 去除骨、筋、腱, 用40℃的水进行清洗, 然后将瘦肉和肥肉分开, 瘦肉绞碎, 肥肉切丁, 且瘦肉与肥肉按7.5:2.5进行混合。

1.2.2.2 腌制 添加配料, 配料主要有盐、白糖、胡椒粉、花椒粉、姜粉、味精、五香粉、八角, 其中食盐的添加量为2.5%, 白糖的添加量为2%, 其他配料的添加量均为0.1%。另外烟熏液的添加量为0.5%, 亚硝酸盐的添加量为0.1g/kg, 在4℃条件下腌制1d。

1.2.2.3 接种发酵剂 商业混合发酵剂提前用灭菌的生理盐水进行活化, 发酵剂的接种量为 $10^6$ CFU/g。

1.2.2.4 灌入肠衣 选择的是猪肠衣, 将腌制好的马肉用灌肠器灌入。

1.2.2.5 发酵 在温度为 $(18 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , 湿度为RH 85%~90%中的恒温恒湿箱中发酵1d。

1.2.2.6 成熟 熏马肠在成熟过程中空气相对湿度较低时, 干燥速率也越快, 但是熏马肠不能干燥的过快, 也不能保持过多的水分以防表面发粘, 因此将相对湿度设为了几个梯度。在恒温恒湿箱中, 在 $(12 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , RH 80%~85%条件下成熟5d; 在 $(12 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , RH 75%~80%条件下成熟7d; 在 $(12 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , RH 70%~75%条件下成熟14d。

1.2.3 取样 本实验一共分为两组, 第一组为空白组, 不接种发酵剂。第二组为发酵剂组, 接种了混合发酵剂。分别在加工第0、2、7、14、21、28d进行取样, 且各个相对应阶段的样品要取三个平行。在 $-20^\circ\text{C}$ 条件下储藏, 进行各个指标的测定。

### 1.2.4 理化指标的测定

1.2.4.1 水分含量的测定 参照国标GB 5009.3-2010的方法<sup>[5]</sup>。

1.2.4.2 NaCl含量的测定 参照国标GB/T 12457-2008的方法<sup>[6]</sup>。

1.2.4.3 pH的测定 称取5g的熏马肠, 去除肠衣, 剪碎后加入45mL的蒸馏水, 浸提30min后, 取滤液用精密pH计进行测定。

1.2.5 酸性脂肪酶、中性脂肪酶和磷脂酶活力的测定

1.2.5.1 粗酶的提取 参照Vestergaard等<sup>[7]</sup>的方法。

1.2.5.2 酸性脂肪酶活力的测定 参照Vestergaard<sup>[7]</sup>、Fidel Toldra等<sup>[8]</sup>的方法。

1.2.5.3 中性脂肪酶活力的测定 参照Vestergaard<sup>[7]</sup>、Fidel Toldra等<sup>[8]</sup>的方法。

1.2.5.4 磷脂酶活力的测定 参照Vestergaard<sup>[7]</sup>、Fidel Toldra等<sup>[8]</sup>的方法。

1.2.6 数据处理方法 采用SPSS 17.0分析熏马肠发酵剂组、对照组的酶活力差异性及与理化指标间的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 熏马肠发酵成熟过程中水分含量的变化

从图1可以看出, 随着熏马肠的成熟, 水分在不断的蒸发, 导致含水量呈现持续下降的趋势, 而水分降低有利于熏马肠的保藏。在整个发酵成熟过程中, 两组的差异性不显著( $p > 0.05$ ), 且空白组的水分含量始终高于发酵剂组。到成熟结束时空白组的水分含量为39.8%, 发酵剂组为35.2%。相比原料阶段的62.8%, 空白组下降了23%, 发酵剂组下降了27.6%。主要原因是发酵剂组的pH始终低于空白组, 从而导致蛋白质变性, 使其持水能力下降。

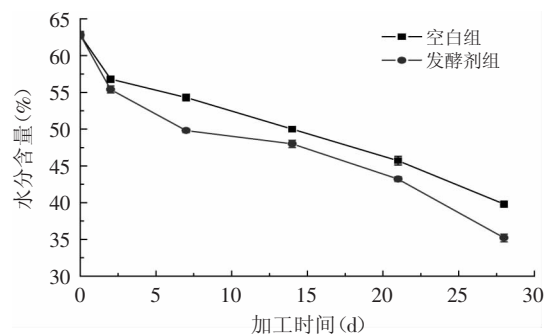


图1 熏马肠发酵成熟过程中水分含量的变化

Fig.1 Changes of water during the ripening of smoked horse sausages

### 2.2 熏马肠发酵成熟过程中盐含量的变化

由图2可知, 盐分含量在发酵成熟过程中呈上升的趋势, 且两组间的盐分含量差异性不显著( $p > 0.05$ )。盐分含量的变化趋势与水分含量的变化趋势正好相反, 相关性分析结果表明盐分含量和水分含量呈现极显著负相关( $p < 0.01$ ), 相关系数为0.995。

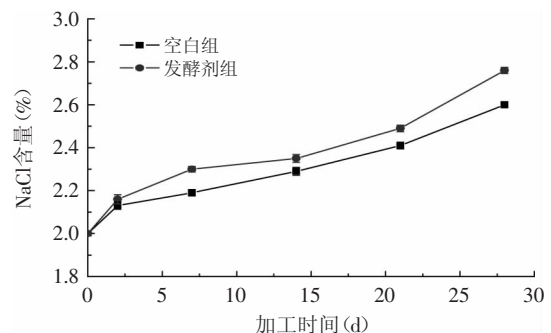


图2 熏马肠发酵成熟过程中NaCl含量的变化

Fig.2 Changes of salt content during the ripening of smoked horse sausages

### 2.3 熏马肠发酵成熟过程中pH的变化

由图3可知, 发酵剂组和空白组的pH在整个发酵成熟过程中具有显著性差异( $p < 0.05$ )。且发酵剂组

的pH低于空白组。各组的熏马肠都经历了一个pH先下降后上升的过程,发酵剂组的熏马肠在发酵成熟的0~14d时呈显著下降( $p < 0.05$ ),在14d时达到最低,空白组与发酵组相比较下降的较为缓慢,且在发酵21d时达到最低。pH下降是因为添加的发酵剂能使肉中的糖原或添加的糖转化形成酸,由于乳酸菌的产酸作用,使pH下降。当pH降到一定程度时,可以抑制一些腐败菌的生长,并产生特殊的风味。在随后的成熟过程中,pH开始上升,发酵剂组的熏马肠pH从4.06上升到4.43,对照组从4.59上升到4.70。上升的原因是熏马肠在成熟期间由于微生物及肉组织中酶的作用,使熏马肠中的蛋白质发生降解,产生一些碱性的含氮物质(如碱性的游离氨基酸、小肽等)使pH增大<sup>[9]</sup>。

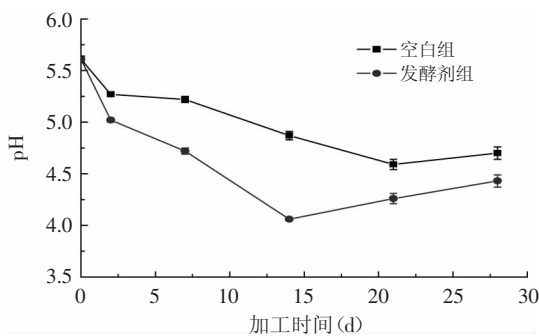


图3 熏马肠发酵成熟过程中pH的变化

Fig.3 Changes of pH values during the ripening of smoked horse sausages

#### 2.4 熏马肠发酵成熟过程中酸性脂肪酶活力的变化

如图4可知,发酵剂组和空白组的酸性脂肪酶活力在添加发酵剂前(0~2d)差异性不显著( $p > 0.05$ ),添加发酵剂后两组呈显著性的差异( $p < 0.05$ ),且发酵剂组的酸性脂肪酶活力在成熟过程中高于空白组,这说明发酵剂可以增强熏马肠中酸性脂肪酶的活力。在本实验中,从原料到成熟结束各个相对应阶段,酸性脂肪酶活力都高于中性脂肪酶和磷脂酶的活力,这说明在熏马肠发酵成熟过程中酸性脂肪酶对脂质的水解起到重要的作用。Hernández等<sup>[10]</sup>和Armero等<sup>[11]</sup>研究发现在不同品种的原料肉中,中性脂肪酶活力没有特别大的差异,而酸性脂肪酶活力随着品种的不同具有较大的差异。另一方面,酸性脂肪酶的最适pH为4~5,熏马肠中的pH与此很接近,更有利于酸性脂肪酶活力的发挥。

在熏马肠发酵成熟过程中,酸性脂肪酶活力一直呈下降的趋势,可能是因为在成熟过程中,盐浓度的增大带来了细胞质的浓缩效应,会导致酶蛋白变性。另外生产过程中的物理和化学因素会引起细胞结构和细胞器的破坏,使溶酶体蛋白酶释放导致脂肪酶降解而使活力下降。本实验结果与徐欢<sup>[12]</sup>、郇延军<sup>[13]</sup>、Maria等<sup>[14]</sup>的研究结果相类似。但Vestergaard等<sup>[7]</sup>研究表明在火腿生产过程中酸性脂肪酶的活力在原料中最低,而在生产过程中其处于上升的趋势;徐为民等<sup>[14]</sup>对南京板鸭脂肪酶活力进行了研究,结果为

酸性脂肪酶活力为先上升后下降的趋势。上述结果与本实验的差异可能是由于加工原料、加工条件及发酵剂的不同所引起的。

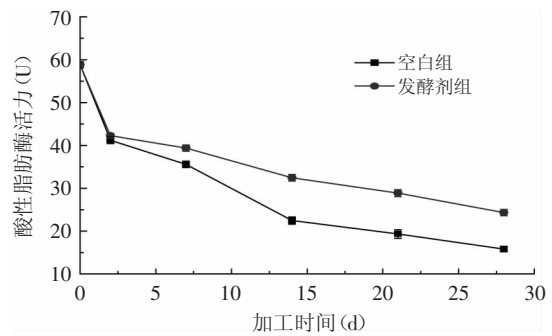


图4 熏马肠发酵成熟过程中酸性脂肪酶活力的变化

Fig.4 Changes of acid lipase activity during the ripening of smoked horse sausages

#### 2.5 熏马肠发酵成熟过程中中性脂肪酶活力的变化

如图5所示,发酵剂组和空白组的中性脂肪酶活力在添加发酵剂前(0~2d)差异性不显著( $p > 0.05$ ),添加发酵剂后两组呈显著性的差异( $p < 0.05$ ),且发酵剂组的中性脂肪酶活力在加工过程中高于空白组,这说明发酵剂可以增强熏马肠中中性脂肪酶的活力。中性脂肪酶与酸性脂肪酶的活力变化趋势相似,其活力都于成熟结束时降到最低。对发酵剂组的酶活进行差异性分析,发现0~14d时酶活显著下降( $p < 0.05$ ),而在14~28d时酶活变化比较平缓,无显著性差异( $p > 0.05$ )。

对肉制品加工过程中中性脂肪酶活性变化的研究有很多,不同的研究得到的结果也有所差异。Vestergaard等<sup>[7]</sup>研究了Parma火腿的脂肪酶的活性情况,研究结果表明火腿在成熟的前中期,中性脂肪酶活呈上升的趋势,在成熟的后期,中性脂肪酶活略有降低。Motilva等<sup>[15]</sup>研究了火腿生产过程中中性脂肪酶活性变化情况,结果为中性脂肪酶活性处于先下降然后上升,最后持续下降,且在整个加工过程中中性脂肪酶活性始终高于酸性脂肪酶。本实验的中性脂肪酶活力变化趋势与上述的Vestergaard<sup>[7]</sup>, Motilva<sup>[15]</sup>研究结果不同,但与徐欢<sup>[12]</sup>、郇延军等<sup>[13]</sup>的研究结果相类似。发酵用的微生物不同可能是造成差异的主

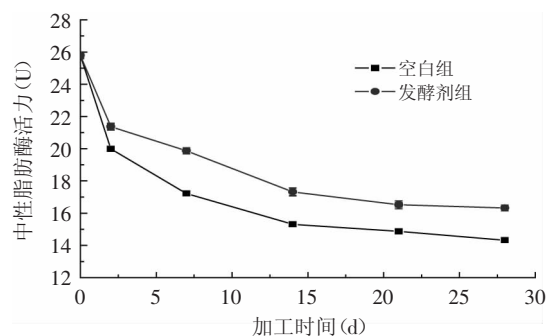


图5 熏马肠发酵成熟过程中中性脂肪酶活力的变化

Fig.5 Changes of neutral lipase activity during the ripening of smoked horse sausages

要因素。

## 2.6 熏马肠发酵成熟过程中磷脂酶活力的变化

图6为熏马肠发酵成熟过程中两组磷脂酶活力的变化情况。发酵剂组和空白组的磷脂酶活力在添加发酵剂前(0~2d)差异性不显著( $p>0.05$ ),添加发酵剂后两组呈显著性的差异( $p<0.05$ ),且在发酵成熟过程中,发酵剂组的磷脂酶活力高于空白组,这说明发酵剂可以增强熏马肠中磷脂酶的活力。两组中磷脂酶活力都呈下降的趋势,在成熟结束时仍保持有一定的活力,表明磷脂酶在整个加工过程对脂质水解起到一定的作用。上述磷脂酶活的变化趋势与郁延军<sup>[13]</sup>的研究结果较一致。在原料中,磷脂酶的活力为8.97U,与陆瑞琪<sup>[16]</sup>对于金华火腿中磷脂酶活力研究的结果相近,但高于徐为民<sup>[14]</sup>对板鸭中磷脂酶活力的研究结果,存在的差异性可能是由原料、加工条件及所使用的发酵剂的不同所导致。

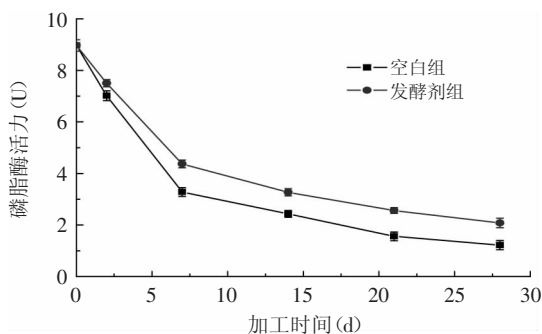


图6 熏马肠发酵成熟过程中磷脂酶活力的变化

Fig.5 Changes of phospholipase lipase activity during the ripening of smoked horse sausages

## 2.7 发酵剂组熏马肠发酵成熟过程中脂肪酶活力与理化指标之间相关性分析

发酵剂组三种酶活力与主要理化指标的相关性如表1所示,酸性脂肪酶活力与pH和水分呈极显著正相关性(0.908,0.959),与盐含量呈极显著的负相关性(-0.929)。Motilva等<sup>[15]</sup>研究发现盐分可以活化酸性脂肪酶,盐分含量与该酶活呈正相关性,这个结论与本实验中酸性脂肪酶活性的变化趋势不太一致,这说明还有其他因素影响酸性脂肪酶的活力,如原料、加工条件和发酵剂等。中性脂肪酶活力与pH和水分呈极显著正相关性(0.955,0.928),与盐含量

呈极显著的负相关性(-0.889)。Motilva等<sup>[15]</sup>研究发现水分含量对中性脂肪酶活力具有显著的影响,随着水分含量的减少,酶的活性下降,而盐分含量对中性脂肪酶活力具有抑制的作用,这与本实验的研究结果基本相符合。磷脂酶活力与上述脂肪酶活力和主要理化指标具有一致相关性,与pH、水分呈极显著正相关(0.914,0.934),与盐分含量呈极显著负相关(-0.905)。

## 3 结论

3.1 在熏马肠的发酵成熟过程中,酸性脂肪酶、中性脂肪酶和磷脂酶的活力呈现下降的趋势,且发酵剂组中的酸性脂肪酶、中性脂肪酶和磷脂酶的活力在添加发酵剂后显著高于空白组( $p<0.05$ )。这说明发酵剂可以增强熏马肠中酸性脂肪酶、中性脂肪酶和磷脂酶的活力。

3.1 通过相关性分析,酸性脂肪酶活力、中性脂肪酶活力和磷脂酶活力都与pH和水分含量呈极显著的正相关( $p<0.01$ ),相关系数为0.908~0.959;与盐分含量呈极显著负相关性( $p<0.01$ ),相关系数为-0.929~-0.889。

## 参考文献

- [1] 孔令明,李芳,苏静,等.熏制条件对熏马肠感官和质构的影响及其工艺优化[J].食品工业科技,2013,34(11):210-217.
- [2] 王令建,李开雄.发酵香肠成熟过程中理化特性的变化[J].肉类工业,2006,30(7):30-32.
- [3] 孙为正.广式腊肠加工过程中脂质水解、蛋白降解及风味成分变化研究[D].广州:华南理工大学,2011:45-76.
- [4] Maria J,Fidel T,Pablo N,et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham[J]. Food Chem,1993,48:121-125.
- [5] 中华人民共和国卫生部中国国家标准化管理委员会. GB 5009.3-201食品中水含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [6] 中华人民共和国卫生部中国国家标准化管理委员会. GB/T 12457-2008食品中氯化钠的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [7] Vestergaard C S,Schivazappa C,Vivigli R. Lipolysis in dry-cured ham maturation[J]. Meat Science,2000,55(1):1-5.
- [8] Fidel T,Monica F,Aristoy M C. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs[J]. Sci Food

表1 发酵剂组熏马肠发酵成熟过程中各种指标的相关性

Table 1 Relativity analyzing indexes of starter culture group during the ripening of smoked horse sausages

	pH	水分(%)	盐分(%)	酸性脂肪酶	中性脂肪酶	磷脂酶
pH	1					
水分(%)	0.795*	1				
盐分(%)	-0.740*	-0.995**	1			
酸性脂肪酶	0.908**	0.959**	-0.929**	1		
中性脂肪酶	0.955**	0.928**	-0.889**	0.989**	1	
磷脂酶	0.914**	0.934**	-0.905**	0.935**	0.956**	1

注:\*\*表示差异极显著( $p<0.01$ );\*表示差异显著( $p<0.05$ )。

(下转第192页)

酶解液中硒含量较低,分别为154.88、133.81 $\mu\text{g/L}$ 。

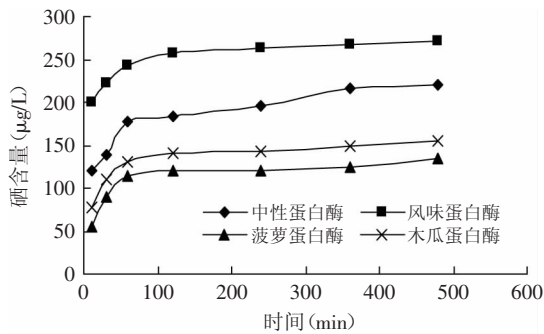


图6 硒含量随酶解时间的变化

Fig.6 Change of Se content during hydrolysis

### 3 结论

本文研究了菠萝蛋白酶、木瓜蛋白酶、风味蛋白酶及中性蛋白酶四种单酶制剂在其较适宜的作用条件下对牡蛎酶解的影响,结果表明枯草杆菌中性蛋白酶的水解度最高,其次为风味蛋白酶,木瓜蛋白酶和菠萝蛋白酶的水解度较低。对酶解过程中酶解液内所含Zn、Cu、Se以及牛磺酸等活性物质的研究。结果表明:牛磺酸含量最高的是木瓜蛋白酶酶解液,Zn、Cu、Se含量最高的是风味蛋白酶酶解液。

#### 参考文献

- [1] 车斌. 中国大陆牡蛎市场分析[J]. 中国渔业经济,2003(5): 12-13.
- [2] Liu Z, Dong S, Xu J, et al. Production of cysteine-rich antimicrobial peptide by digestion of oyster (*Crassostrea gigas*) with alcalase and bromelain[J]. Food Control,2008,19(3):231-235.
- [3] Liu Z,Zeng M,Dong S,et al. Effect of an antifungal peptide from oyster enzymatic hydrolysates for control of gray mold (*Botrytis cinerea*) on harvested strawberries[J]. Postharvest Biology and Technology,2007,46(1):95-98.
- [4] Wang J,Hu J,Cui J,et al. Purification and identification of a

ACE inhibitory peptide from oyster proteins hydrolysate and the antihypertensive effect of hydrolysate in spontaneously hypertensive rats[J]. Food Chemistry,2008,111(2):302-308.

[5] 滕瑜,乔向英. 牡蛎酶解工艺条件的研究[J]. 海洋水产研究,1997,18(1):112-116.

[6] Kim D S, Baek H H, Ahn C B, et al. Development and characterization of a flavoring agent from oyster cooker effluent[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2000,48(10): 4839-4843.

[7] Chuapohuk P,Raksakulthai N. Use of papain and bromelain in the production of oyster sauce[J]. Asean Food Journal,1992(7):196-196.

[8] 贺立东. 分光光度法测定富硒酵母中有机硒的含量[J]. 食品工业科技,2000,21(5):67-68.

[9] Froger N,Moutsimilli L,Cadetti L,et al. Taurine:The comeback of a nutraceutical in the prevention of retinal degenerations[J]. Progress in Retinal and Eye Research,2014,41:44-63.

[10] 李丽莉. 几种海产品中氨基酸及牛磺酸含量的比较[J]. 氨基酸和生物资源,1999(2):28-29.

[11] Zhang C H, Hong P Z, Deng S G, et al. Food chemical characteristic of two kinds of shellfish in South China Sea and its application for preparing aquatic hydrolyzed animal protein[J]. Food of 21st Century-Food and Resource Technology Environment, 2000:84-88.

[12] 徐伟. 鱿鱼加工废弃物低盐鱼酱油速酿工艺及生化特性研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2008.

[13] 孟凌玉. 虾头酶解产物微生物混合发酵工艺及其风味成分的变化[D]. 湛江:广东海洋大学,2013.

[14] 陈申如,胡阳,倪辉,等. 高效液相色谱法测定牡蛎中牛磺酸含量[J]. 中国食品学报,2013(2):193-198.

[15] 杨奎真,郑康,郑永军,等. 乳山湾牡蛎无机元素的测定与指纹图谱研究[J]. 中国海洋药物,2013(2):41-46.

[16] 冯宗榴,黄家琛,李增禧. 现代微量元素研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1987:265.

[17] 徐铁民. 石墨炉测定富硒鸡蛋中的硒[J]. 微量元素与健康研究,2006(6):74.

(上接第188页)

Agric,1996,71:124-128.

[9] 王俊,周光宏,徐幸莲,等. 发酵香肠成熟过程中理化性质变化研究[J]. 食品科学,2004,25(10):63-65.

[10] Hernández P,Zomeño L,Ariño B,et al. Antioxidant,lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes[J]. Meat Science,2004,66(3):525-529.

[11] Armero E, Barbosa J A, Toldra F, et al. Effects of the terminal sire type and sex on pork muscle Cathepsins(B,B+Land H),cysteine proteinase inhibitors and lipolytic enzyme activities[J]. Meat Science,1999,51(2):185-189.

[12] 徐欢. 金华火腿特征风味成分分析及与脂质水解氧化相

关性研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2009:35-43.

[13] 邰延军,周光宏,徐幸莲,等. 金华火腿加工过程中内源脂肪酶活力变化特点研究[J]. 食品与发酵工业,2007,33(8):1-6.

[14] 徐为民,徐幸莲,周光宏,等. 南京板鸭生产过程中脂肪酶和磷脂酶的活力变化研究[J]. 食品科学,2007,28(11):302-304.

[15] Motilva M J,Toldrá F,Nadal M I,et al. Pre-freezing hams affects lipolysis during dry-curing[J]. Journal of Food Science, 1994,59(2):303-305.

[16] 陆瑞琪,邰延军,孙敬,等. 金华火腿现代化生产过程中脂质及内源酶的变化特点[J]. 食品与机械,2008,24(3):17-21.