

# 九头芥梅干菜提取物抗菌活性及其在猪肉保鲜中的应用

黄师荣, 李豪杰, 戴杰辉, 王超, 唐裕芳  
(湘潭大学化工学院, 湖南湘潭 411105)

**摘要:** 研究了九头芥梅干菜乙醇提取物及其石油醚、乙酸乙酯萃取物和苯余物对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和黑曲霉的抗菌性能, 以及乙酸乙酯萃取物对鲜猪肉的保鲜作用。分别用滤纸片法和连续稀释法测定了各样品对测试菌的抑菌圈大小和最低抑菌浓度。用菌落总数、硫代巴比妥酸反应物值 (TBARS)、挥发性盐基氮 (TVB-N) 和 pH 值等指标评价了乙酸乙酯萃取物对猪肉的保鲜效果。结果表明各样品对黑曲霉无明显的抑制作用, 但对三种细菌却有较强的抑菌作用, 其中乙酸乙酯萃取物的抑菌性能最强, 其对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的最低抑菌浓度分别为 0.1、0.1 和 3 mg/mL。浓度为 3 和 5 mg/mL 的乙酸乙酯萃取物能有效地减缓 4 °C 下贮藏猪肉的菌落总数、pH、TVB-N 和 TBARS 值的增加。与对照组相比, 可以延长猪肉的保鲜期 3~6 d。

**关键词:** 九头芥梅干菜; 提取物; 抗菌性能; 猪肉; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2014)10-58-62

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.011

## Antimicrobial Activity of Pickled and Dried Mustard Extracts and their Application in Pork Preservation

HUANG Shi-rong, LI Hao-jie, DAI Jie-hui, WANG Chao, TANG Yu-fang  
(College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** Anti-microbial activity of ethanolic crude extract and three kinds of solvent sub-fractions (petroleum ether fraction [PEF], ethyl acetate fraction [EAF], and the residual fraction [RF]) from pickled and dried mustard extract against *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Aspergillus niger* were investigated. The effect of EAF on pork preservation was also studied. The inhibition-zone diameter and minimum inhibition concentration (MIC) of various samples against all tested strains were determined using agar disk diffusion method and broth dilution method, respectively. The effect of EAF on pork preservation was evaluated by total plate counts, pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) content, and thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) content. The results showed that all samples had no obvious antimicrobial activity against *Aspergillus niger*, but they exhibited strong antibacterial activities against the other three bacteria tested. Among all fractions, EAF showed the strongest antibacterial activity, and its MIC against *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus coli* was 0.1, 0.1, and 3 mg/mL, respectively. EAFs at concentrations of 3 and 5 mg/mL could effectively reduce the total plate counts, TVB-N, pH, and TBARS values of pork stored at 4 °C. Compared with the control group, treatment of pork samples with EAF could extend its shelf life by 3~6 days.

**Key words:** pickled and dried mustard; extract; antimicrobial activity; pork; preservation

肉类食品是人体所需优质蛋白质的主要来源, 更是人们日常生活中不可缺少的食品。我国消费者消费的肉类中 90% 以上是未经加工的鲜肉<sup>[1]</sup>。鲜肉营养丰富, 水分含量较高, 易在微生物、氧气、酶等作用下发生腐败变质而失去食用价值。为此, 必须采取一定

收稿日期: 2014-04-21

基金项目: 湖南省科技厅资助项目 (2012FJ3013)

作者简介: 黄师荣 (1974-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为植物资源综合利用

的保鲜措施, 以保持其品质, 延长其保质期。目前国内内外采用的肉类保鲜方法有: 冷藏 (冷却、冷冻和过冷) 保鲜、辐射保鲜、保鲜剂保鲜、高液压保鲜、包装 (真空包装、气调包装和抗菌包装) 保鲜等<sup>[2]</sup>。其中保鲜剂保鲜具有效果好、操作简便、成本低等优点, 是实际生产中常用的方法。肉类保鲜剂根据来源不同可以分为化学合成保鲜剂和天然保鲜剂两大类。近年来, 化学合成保鲜剂安全性不断受到质疑。植物源保鲜剂因来源丰富、价格低廉、毒性低、使用安全等特

点,而且大多具有抑菌防腐、抗氧化等功效,引起了许多研究人员的关注。国内外用天然植物提取物对肉类保鲜技术进行了大量研究<sup>[3-6]</sup>。由于食用安全性的需求,从通常用作肉类食品辅料或配料的植物中提取出有效成分制成天然保鲜剂,被认为是食品保鲜剂研究领域最有前景的发展方向,也是开发新型高效肉类保鲜剂的重要途径。

梅干菜亦称梅菜,是把油菜、芥菜、雪里蕻等蔬菜堆黄后腌制再干燥而制得的。梅干菜极耐贮存,在室内常温下,两三年都不会变质。在我国民间梅干菜经常被用于蒸肉,据报道<sup>[7]</sup>,梅干菜蒸肉的保质期可达六个月之久。梅干菜这一性能可能要部分归因于其潜在的抑菌和抗氧化性能。先前我们已经研究了梅干菜乙醇提取物及其石油醚、乙酸乙酯萃取物和萃余物的抗氧化性能<sup>[8]</sup>。在本文中我们研究了各样品对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和黑曲霉的抗菌性能,并研究了乙酸乙酯萃取物对猪肉的保鲜效果,以期为梅干菜的综合利用开辟一条新途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

梅干菜:购于江西广昌农村市场,是用九头芥鲜菜进行堆黄后腌制,再在日光下暴晒至菜梗晒干而得;马铃薯:购于湘潭大学周边的红旗村菜市场;猪肉:购于湘潭大学心连心超市。

实验菌种:大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和黑曲霉由湘潭大学微生物学实验室提供。

2-硫代巴比妥酸 AR 上海源叶生物科技有限公司;无水乙醇、石油醚、乙酸乙酯、氯化钠、三氯乙酸、EDTA、三氯甲烷、氢氧化钠、葡萄糖、氧化镁、盐酸、硼酸、甲基红、次甲基蓝均为市售分析纯;琼脂、蛋白胨、牛肉膏均为生化试剂。

### 1.2 主要仪器设备

2802SW 紫外分光光度计,龙尼柯(上海)仪器有限公司;PHS-3BW 型 pH 计,上海般特仪器有限公司;R-201 旋转蒸发器,上海申生科技有限公司;BSA2245 电子天平,赛多利斯(北京)科学仪器有限公司;GL21M 高速冷冻离心机,长沙英泰仪器有限公司;SHA-C 水浴恒温振荡器,常州国华电器有限公司;FW100 型高速万能粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;SHZ-DIII 循环水式多用真空泵,上海雅荣生化设备有限公司;280 型手提式压力蒸汽灭菌器,天津市泰斯特仪器有限公司;SPX-250B-D 型振荡培养

箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;SCW-CJ-1F 垂直流洁净工作台,苏州宏瑞净化科技有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 梅干菜乙醇提取物及其石油醚、乙酸乙酯萃取物和萃余相的制备

按我们先前所用的方法<sup>[8]</sup>进行制备。

#### 1.3.2 抗菌性能测试

##### 1.3.2.1 菌种活化及菌悬液的制备

细菌接种在牛肉膏蛋白胨培养基中,37℃培养 24 h 活化。黑曲霉接种在 PDM 培养基上,28℃培养 48 h 活化。

用接种环取活化好的菌种五至六环,用无菌生理盐水振荡洗下菌种,移取 1 mL 菌悬液注入带玻璃珠的无菌水中,摇动三角瓶利用玻璃珠打散菌落,再用无菌生理盐水制成菌液浓度为  $10^6 \sim 10^7$  cfu/mL 的菌悬液,备用。

##### 1.3.2.2 滤纸片法测定抑菌圈的大小

参照兰桃芳等<sup>[9]</sup>的方法进行测定。用打孔器将新华中性滤纸制成直径为 6 mm 的若干圆形小纸片,放入手提式灭菌锅里 121℃灭菌 30 min 后备用。将已灭菌的滤纸片浸入不同浓度(10、30 和 50 mg/mL)的样品和无水乙醇中浸泡 20 min。

移取 0.5 mL 上述制备好的菌悬液,加入到相应菌种的固体培养基的培养皿表面,用涂布棒涂抹均匀,无菌操作台中静置 15 min 后用无菌镊子夹取上述滤纸片放入含菌培养皿中,每个培养皿放入沾有同一浓度样品液的滤纸片三片,重复三次,空白浸沾无水乙醇。然后将含菌培养皿分别置于恒温培养箱中培养。细菌在 37℃培养 24 h,黑曲霉 28℃培养 48 h。按上述相应条件培养,培养好后用直尺量取抑菌圈直径,取平均值。

##### 1.3.2.3 最低抑菌浓度(MIC)的测定

将各样品溶液用无水乙醇稀释成 5、2、1、0.5、0.2、0.1 和 0.05 mg/mL 等浓度的溶液,备用。

取上述各浓度样品 2 mL 加入无菌培养皿内,然后每皿倒入 20 mL 左右已溶化的 50℃左右的相应菌种培养基,混合均匀。待冷却凝固后,每皿加入 0.5 mL 菌悬液,用涂布棒涂抹均匀,细菌 37℃培养 24 h,黑曲霉 28℃培养 48 h,观察生长情况,判定各组分的最低抑菌浓度。

#### 1.3.3 肉样的制备

把乙酸乙酯萃取物用无水乙醇配制成浓度为 3 和 5 mg/mL 的溶液,备用。

将刚买的新鲜猪肉置于 4℃的冰箱中冷却排酸

24 h。排酸后在无菌条件下将肉剔骨、去皮、去脂并切成 50 g 左右的肉块,随机分成三组,分别用上述配制的保鲜液和无水乙醇对照组浸渍 3 min 左右,取出稍沥干,然后将其分别放入聚苯乙烯泡沫塑料托盘中,再用保鲜膜密封包装后置于冰箱中冷藏,冷藏温度为 (4±0.5) °C。分别在第 0、3、6、9、12 和 15 d 测定样品的菌落总数、pH 值、硫代巴比妥酸反应物值和挥发性盐基氮。

### 1.3.4 肉样分析

#### 1.3.4.1 菌落总数的测定

参照 GB 4789.2-94 方法进行测定。结果以对数 log cfu/g 表示。

#### 1.3.4.2 pH 值的测定

参照 GB/T 9695.5-2008 方法进行测定。

#### 1.3.4.3 硫代巴比妥酸反应物值 (TBARS) 的测定

参考文献<sup>[9]</sup>的方法:称取 10 g 肉样用剪刀剪碎后,再用研磨研细,置于 100 mL 的锥形瓶中,加入 50 mL 7.5% 的三氯乙酸-EDTA (含 0.1% 的 EDTA) 的溶液,振摇半小时,用双层滤纸抽滤 2 次,准确量取上述滤液 5 mL,加入 5 mL 浓度为 0.02 mol/L 的 2-硫代巴比妥酸 (TBA) 溶液,90 °C 水浴中加热 40 min,取出冷却 1 h 后离心 5 min (1600 r/min)。在清液中加入 5 mL 三氯甲烷,摇匀,待静置分层后取上清液,分别在 532 nm 和 600 nm 处测定吸光度,按如下公式计算 TBARS 值:

$$TBARS \text{值}(\text{mg}/100\text{g}) = \frac{A_{532} - A_{600}}{155} \times \frac{1}{10} \times 72.6 \times 100$$

注:TBARS 值为 100 g 肉样含有的 MDA 的毫克数;A<sub>532</sub> 为 532 nm 处的吸光度;A<sub>600</sub> 为 600 nm 处的吸光度。

#### 1.3.4.4 挥发性盐基氮 (TVB-N) 的测定

参考 GB/T 5009.44-2003 方法进行测定。

### 1.3.5 数据分析

采用 SPSS 统计软件包进行分析,结果表示为:平均值±标准差,显著性检验 (p<0.05) 以 Duncans 检验方法进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 梅干菜乙醇提取物及其各萃取物的抗菌性能

表 1 给出了梅干菜乙醇提取物及其石油醚、乙酸乙酯萃取物和萃余物在不同浓度下对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和黑曲霉的抗菌性能。结果表明,四种样品对黑曲霉均没有明显的抑制作用,但对三种细菌都有很好的抑制效果,而且随样品浓度的增大抑菌效果增强。梅干菜乙醇提取物对金黄色葡萄球菌的抑制作用最强,乙酸乙酯萃取物对大肠杆菌的抑制作用最显著,而石油醚萃取物和萃余物则对枯草芽孢杆菌的抑制作用更为明显。

表 1 梅干菜乙醇提取物及其各萃取物的抑菌圈大小

Table 1 Diameters of inhibition zones of ethanolic crude extract and its three different solvent sub-fractions from pickled and dried mustard

菌种	乙醇提取物/(mg/mL)			乙酸乙酯萃取物/(mg/mL)		
	50	30	10	50	30	10
枯草芽孢杆菌	10.3±0.5 <sup>Bc</sup>	9.0±1.0 <sup>Bcd</sup>	7.7±0.6 <sup>Bd</sup>	17.7±1.5 <sup>Aa</sup>	11.3±1.5 <sup>Bbc</sup>	10.0±1.4 <sup>ABc</sup>
金黄色葡萄球菌	13.0±1.0 <sup>Ab</sup>	12.7±0.6 <sup>Abc</sup>	10.7±1.2 <sup>Ade</sup>	16.3±0.6 <sup>Aa</sup>	12.7±1.2 <sup>ABbc</sup>	8.3±0.6 <sup>Bf</sup>
大肠杆菌	13.3±1.2 <sup>Ab</sup>	10.0±0.0 <sup>Bcd</sup>	9.0±1.0 <sup>ABcd</sup>	16.3±1.5 <sup>Aa</sup>	15.7±2.5 <sup>Aa</sup>	11.7±2.1 <sup>ABc</sup>
黑曲霉	-	-	-	-	-	-
菌种	石油醚萃取物/(mg/mL)			萃余物/(mg/mL)		
	50	30	10	50	30	10
枯草芽孢杆菌	16.3±1.5 <sup>Aa</sup>	10.5±0.7 <sup>Ac</sup>	9.7±0.6 <sup>AcD</sup>	13.3±0.5 <sup>Ab</sup>	9.7±2.1 <sup>AcD</sup>	9.3±1.2 <sup>AcD</sup>
金黄色葡萄球菌	12.7±0.6 <sup>Bbc</sup>	9.5±0.7 <sup>Adef</sup>	9.0±1.4 <sup>Aef</sup>	11.0±1.0 <sup>Bcd</sup>	9.7±1.5 <sup>Adef</sup>	8.7±1.2 <sup>Af</sup>
大肠杆菌	10.0±1.0 <sup>Ccd</sup>	9.7±0.6 <sup>AcD</sup>	9.5±0.5 <sup>AcD</sup>	11.5±0.7 <sup>Bbc</sup>	10.3±0.6 <sup>AcD</sup>	7.3±0.6 <sup>Ad</sup>
黑曲霉	-	-	-	-	-	-

注:滤纸片直径 6 mm; 同一行中不同的小写字母表示差异显著 (p<0.05); 同一列中不同的大写字母表示差异显著 (p<0.05)。

许多研究<sup>[10-12]</sup>表明植物中的酚类物质能很好地抑制细菌、霉菌、酵母菌等常见致病微生物的生长,

而且抑制活性与总酚含量高度相关<sup>[11-12]</sup>。从表 1 可以看出,在各样品中乙酸乙酯萃取物对三种细菌的抑制

作用均为最强。在先前的实验中我们测得乙酸乙酯萃取物中总酚含量最高<sup>[8]</sup>。这些结果表明乙酸乙酯萃取物具有较强的抗菌性能可能与其总酚含量较高有关,相关的原因有待进一步研究。

各样品对测试菌的最低抑菌浓度如表 2 所示。从表中可看出,各样品的最低抑菌浓度范围为 0.1~10 mg/mL。乙酸乙酯萃取物对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制效果最强,其最低抑菌浓度分别为 0.1、0.1 和 3 mg/mL,明显小于其余组分的最低抑菌浓度。在所有测试菌中,金黄色葡萄球菌对各样品更敏感。

表 2 梅干菜乙醇提取物及其各萃取物的最低抑菌浓度

Table 2 Minimum inhibition concentrations of ethanolic crude extract and its three different solvent sub-fractions from pickled and dried mustard

菌种	最低抑菌浓度/(mg/mL)			
	乙醇提取物	乙酸乙酯萃取物	石油醚萃取物	萃取物
枯草芽孢杆菌	10	0.1	5	10
金黄色葡萄球菌	3	0.1	5	5
大肠杆菌	3	3	10	10

## 2.2 梅干菜乙醇提取物乙酸乙酯萃取物对猪肉的保鲜作用

肉类的腐败主要是由外界感染的微生物大量繁殖、酶的作用和氧化作用引起的。因此可以预料,抗氧化和抗菌性能较强的物质应该对猪肉具有良好的保鲜效果。在之前的研究中,我们发现梅干菜乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物具有很强的抗氧化性能<sup>[8]</sup>,在本研究中,我们发现该萃取物还具有很强的抗菌性能。为此,我们考察了该萃取物对鲜猪肉的保鲜作用,为其实际应用提供基础。

### 2.2.1 不同浓度乙酸乙酯萃取物对肉样菌落总数的影响

图 1 给出了各组肉样在贮藏期间菌落总数的变化情况。由图可看出,在 4 °C 贮藏期间,各肉样的菌落总数随着贮藏时间的延长显著上升。经过乙酸乙酯萃取物处理过的肉样在贮藏期间菌落总数显著低于空白对照组 ( $p < 0.05$ )。一般规定<sup>[3]</sup>一级新鲜肉菌落总数的对数值 ( $\log \text{cfu/g}$ )  $< 4$ ,次级新鲜肉菌落总数的对数值为 4~6,而变质肉菌落总数的对数值  $> 6$ 。用乙酸乙酯萃取物处理的两组肉样之间差异不显著,在贮藏第 3 d 时菌落总数仍然保持在  $10^4 \text{cfu/g}$  内,而空白组已明显超标了。在贮藏第 6 d 各组肉样的菌落总数均

已超过一级新鲜肉的标准。肉样的初始菌落总数为 5350 cfu/g,经 3 mg/mL 乙酸乙酯萃取物处理后第 3 d 测得的菌落总数几乎不变,而经 5 mg/mL 处理的肉样的菌落总数却显著下降。这些结果说明乙酸乙酯萃取物浓度为 3 mg/mL 时可有效地抑制肉样表面微生物的生长,浓度为 5 mg/mL 时有较为明显的杀菌作用。

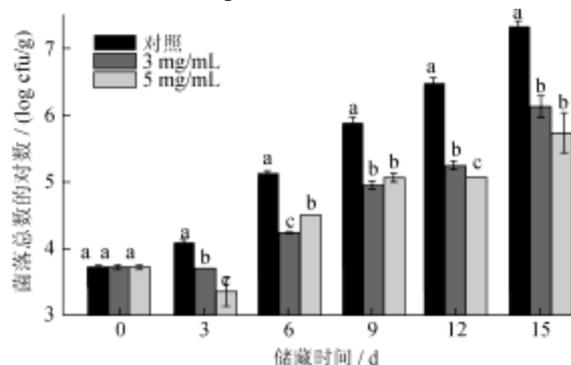


图 1 不同浓度乙酸乙酯萃取物处理的鲜猪肉在贮藏期间菌落总数的变化

Fig.1 Changes in total plate count of pork meat treated with different concentrations of EAF during storage

注:同一贮藏时间不同的小写字母(a、b、c)表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2.2 不同浓度乙酸乙酯萃取物对肉样 pH 的影响

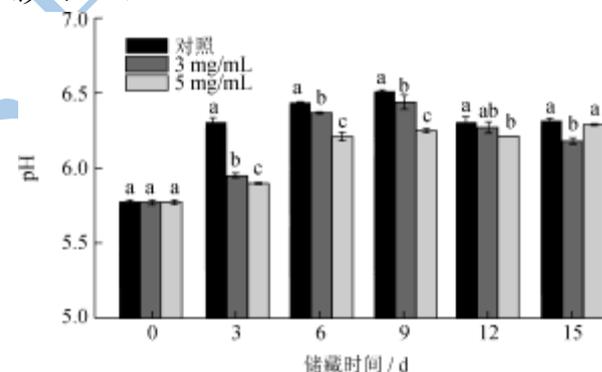


图 2 不同浓度乙酸乙酯萃取物处理的鲜猪肉在贮藏期间 pH 值的变化

Fig.2 Changes in pH value of pork meat treated with different concentrations of EAF during storage

注:同一贮藏时间不同的小写字母(a、b、c)表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

正常新鲜肉浸出液的 pH 值在 6.2 以内,当肉腐败时,微生物和酶分解肉中的蛋白质产生一系列胺和氨类的碱性物质,使肉的浸出液慢慢趋于碱性<sup>[3]</sup>。图 2 给出了贮藏期间各猪肉样品的 pH 值变化趋势。随着贮藏时间的延长,各组肉样的 pH 值出现先上升后下降的趋势,其原因可能是由于微生物进行厌氧酵解,产生大量乳酸和磷酸使肉的 pH 值降低。空白组 pH 值

上升最快,在第3 d时空白组的pH值已经超出了新鲜肉6.2的范围,而此时的处理组仍然保持在新鲜肉的pH值范围内;第6 d时3 mg/mL处理组肉样的pH值仍然保持在新鲜肉范围内;在第9 d所有组肉样的pH值均超出新鲜肉的标准。

### 2.2.3 不同浓度乙酸乙酯萃取物对肉样TBARS值的影响

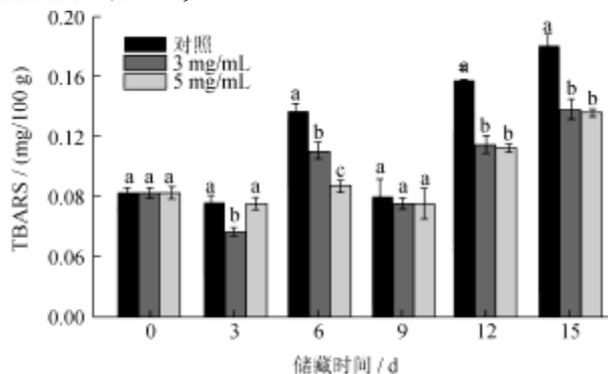


图3 不同浓度乙酸乙酯萃取物处理的鲜猪肉在贮藏期间TBARS值的变化

Fig.3 Changes in TBARS value of pork meat treated with different concentrations of EAF during storage

注:同一贮藏时间不同的小写字母(a、b、c)表示差异显著(p<0.05)。

由图3可看出,在贮藏的第3 d,各组肉样的TBARS值都出现了降低现象,其原因可能是次级产物丙二醛与肉中活泼性氨基相互作用生成1-氨基-3-氨基丙烯,从而导致TBARS值的下降<sup>[3]</sup>。随着贮藏天数的延长,TBARS值都出现了不同程度的增长,但是实验组都小于空白组,说明九头芥梅干菜乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物对猪肉中的脂类起到了一定的抗氧化作用。

### 2.2.4 不同浓度乙酸乙酯萃取物对肉样TVB-N含量的影响

TVB-N是评价鲜肉品质的重要指标之一。随着肉腐败程度加深TVB-N值会随之增加,按GB 2707-1994猪肉卫生标准规定:鲜肉TVB-N值≤20 mg/100 g。

由图4可以看出,各组肉样的挥发性盐基氮含量随着贮藏时间的延长不断增加,经过乙酸乙酯萃取物处理的肉样TVB-N值显著低于空白组(p<0.05)。贮藏第12 d时,空白组的TVB-N含量为20.72 mg/100g,已经超出鲜肉的标准,而乙酸乙酯萃取物处理的肉样的TVB-N值在整个贮藏期间一直在鲜肉标准内。

## 3 结论

3.1 九头芥梅干菜乙醇提取物及其石油醚、乙酸乙酯萃取物和萃余物对黑曲霉没有抑制作用,但对枯草芽

孢杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌有较强的抑制活性,其中乙酸乙酯萃取物对三种菌的抑制作用最强。

3.2 浓度为3和5 mg/mL的九头芥梅干菜乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物能有效地抑制4℃下贮藏猪肉的菌落总数、pH、TVB-N和TBARS值的增加,与对照组相比,可以延长猪肉的保鲜期3~6 d。

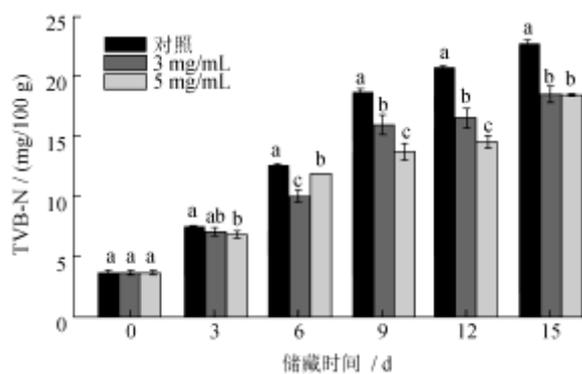


图4 不同浓度乙酸乙酯萃取物处理的鲜猪肉在贮藏期间TVB-N值的变化

Fig.4 Changes in TVB-N value of pork meat treated with different concentrations of EAF during storage

注:同一贮藏时间不同的小写字母(a、b、c)表示差异显著(p<0.05)。

## 参考文献

- [1] 柳春光.冷鲜肉的保水、护色和保鲜[J].肉类工业,2010,12: 12-16  
LIU Chun-guang. Water-holding capacity, color protection and preservation of chilled meat [J]. Meat Industry, 2010, 12: 12-16
- [2] Zhou GH, Xu XL, Liu Y. Preservation technologies for fresh meat-a review [J]. Meat Science, 2010, 86: 119-128
- [3] 陆宽,黄运安,武剑,等.异硫氰酸烯丙酯包合物聚糖复合保鲜纸对冷鲜肉的保鲜效果[J].贵州农业科学,2013,41(4): 117-119  
LU Kuan, HUANG Yun-an, WU Jian, et al. Preservation effect of allyl isothiocyanate inclusion compound chitosan tin foil on chilled meat [J]. Guizhou Agricultural Science, 2013, 41(4): 117-119
- [4] Hayrapetyan H, Hazeleger WC, Beumer RR. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by pomegranate (*Punica granatum*) peel extract in meat paté at different temperatures [J]. Food Control, 2012, 23: 66-72
- [5] Zhang H, Kong B, Xiong YL, et al. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in

- modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C [J]. *Meat Science*, 2009, 81: 686-692
- [6] 覃宇悦,吴艳,张智宏,等.壳聚糖/石榴皮提取物复合膜在猪肉饼保鲜中的应用[J].现代食品科技,2014,30(4):181-188  
QIN Yu-yue, WU Yan, ZHANG Zhi-hong, et al. Effect of an active film from chitosan and pomegranate rind powder extract on shelf-life extension of pork meat patties [J]. *Modern Food Science & Technology*, 2014, 30(4): 181-188
- [7] 徐专红.梅干菜肉的制作和贮藏性能初探[J].食品工业科技,1996,6:64-65  
XU Zhuan-hong. Study on preparation and storage stability of steamed pork with pickled and dried vegetable [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 1996, 6: 64-65
- [8] 王超,汪江英,时磊,等.九头芥梅干菜提取物的抗氧化性能研究[J].食品与机械,2013,29(3):116-119  
WANG Chao, WANG Jiang-ying, SHI Lei, et al. Study on antioxidant activity of extracts from pickled and dried mustard [J]. *Food and Machinery*, 2013, 29(3): 116-119
- [9] 兰桃芳,孟良玉,白凤翎,等.蜂胶提取液的抑菌作用研究[J].食品科学,2007,27(12):224-226  
LAN Tao-fang, MENG Liang-yu, BAI Feng-xiang, et al. Study on antibacterial activity of propolis [J]. *Food Science*, 2007, 27(12): 224-226
- [10] Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents [J]. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 2012, 23(2): 174-181
- [11] Kim YS, Hwang CS, Shin DH. Volatile constituents from the leaves of *Polygonum cuspidatum* S. et Z. and their anti-bacterial activities [J]. *Food Microbiol.*, 2005, 22: 139-144
- [12] Shan B, Cai YZ, Brooks JD, et al. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts [J]. *Int. J. Food Microbiol.*, 2007, 117: 112-119
- [13] Cho CY. Fish nutrition, feed, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture [J]. *Food Rev. Int.*, 1990, 6(3): 333-357