

# 山核桃壳烟熏液对低温灌肠品质的影响

蔡克周, 姜绍通\*, 何宇洁, 潘丽军  
(合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 研究添加山核桃果壳烟熏液对低温灌肠感官、质构和贮藏性能的影响。结果表明: 山核桃壳烟熏液对灌肠感官具有明显改善作用, 以质量分数 0.2% 的添加比例为最佳; 烟熏液对灌肠质构具有一定的负面作用, 当添加比例达到 0.4% 时, 灌肠硬度、弹性和凝聚性均显著降低( $P < 0.05$ ); 灌肠中添加山核桃壳烟熏液可以显著降低过氧化值( $P < 0.05$ ), 抑制微生物生长( $P < 0.05$ ), 增强肉制品贮藏性能。

**关键词:** 烟熏液; 感官; 质构; 贮藏性能

## Effect of Liquid Smoke Flavoring Prepared from Hickory Shells on the Quality of Low Temperature Sausage

CAI Ke-zhou, JIANG Shao-tong\*, HE Yu-jie, PAN Li-jun  
(School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** In this study, an extension of our previous work in which we prepared a liquid smoke flavoring from hickory shells by high temperature pyrolysis, detarring, fractionation, extraction, and so on, the effect of adding the flavoring on sensory characteristics, texture and storage stability of low temperature sausage was investigated. The results showed that sensory evaluation of sausage was significantly improved by adding the flavoring at the dose of 0.2%. However, the flavoring had a negative effect on the texture of sausage, and 0.4% addition led to a significant reduction in the hardness, springiness and cohesiveness ( $P < 0.05$ ). In addition, the flavoring decreased the peroxide value significantly ( $P < 0.05$ ), inhibited microbial growth ( $P < 0.05$ ), and enhanced the storage stability.

**Key words:** liquid smoke flavoring; sensory valuation; texture profile analysis (TPA); storage stability

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)23-0125-05

食品烟熏技术是最古老的食物制作技术之一, 这一技术不仅适用于鱼和肉类, 还可应用于奶酪等多种食品<sup>[1-3]</sup>。将食品置于火上或者封闭的室内, 通过控制性燃烧木材产生的烟雾和高温对食品进行熏制, 制备的食品除了具备良好的抗脱水性、耐贮藏性外, 还具有特有的色、香、味<sup>[4]</sup>, 但是, 木材在高温条件下热解产生的烟雾含有大量的多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)给食品安全带来隐患<sup>[5]</sup>。现代烟熏炉的发展实现了烟熏食品标准化生产, 但是仍然没有改变熏材燃烧烟气与肉制品的直接接触这一问题, 熏制食品仍然存在 PAHs, 特别是苯并( $\alpha$ )芘(benzo( $\alpha$ )pyrene)污染的风险。

19 世纪后期, 美国化学药剂师 Fiddler 等<sup>[6]</sup>最先利用木材燃烧的烟雾冷凝物, 制备了一种液体烟熏香料, 并应用于火腿和培根的固化, 以及烤豆的调味。随后欧美、日本等国家开始了的烟熏香料的制备与应用研究, 国内也在 90 年代开始研究开发山楂核烟熏香料, 并且

制定了行业标准 QB/T 1122—2007《食品中水分的测定》<sup>[7]</sup>。和传统烟熏相比, 现代液熏香料具有以下优势: 调配方便易运用, 产品品质稳定, 渗透性强, 使用效率高等特点<sup>[8]</sup>。最重要的是, 使用液熏香料避免了燃烧产生的烟雾与肉类食品的直接接触, 烟雾中的有毒化合物经过处理后再添加到食品中, 极大降低了有毒化合物的含量, 是一种食用安全的食品添加剂<sup>[9-11]</sup>。

由于烟熏液香料可以赋予肉类制品良好的风味, 并且大大提升食品安全性, 现有研究主要集中于烟熏液的制备工艺、成分的分析与鉴定, 以及对肉类食品感官品质的影响方面, 而对烟熏液应用于肉制品对质构与贮藏性能的影响研究少有报道<sup>[12-15]</sup>。本实验室前期以具有硬木特点的山核桃果壳为材料, 通过高温裂解、脱焦油、分馏与萃取等工艺制备一种安全的烟熏液<sup>[16]</sup>。本实验进一步研究烟熏液对低温灌肠肉制品感官、质构与贮藏性能的影响, 旨在为山核桃壳烟熏液的研究开发提供参考。

收稿日期: 2011-11-09

基金项目: 安徽省战略性新兴产业项目(11010301017); 安徽省重点实验室项目(10111406023)

作者简介: 蔡克周(1980—), 男, 讲师, 博士后, 研究方向为畜禽产品加工与副产物综合利用。E-mail: littlecai\_1980@126.com

\* 通信作者: 姜绍通(1954—), 男, 教授, 研究方向为农产品资源综合利用。E-mail: jiangshaotong@yahoo.com.cn

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

山核桃壳烟熏液由实验室制备, 将干燥好的山核桃壳粉碎, 高温碳化, 收集 280℃ 以下烟气冷凝液, 再经静置、分离、吸附, 常压收集 110℃ 以下馏出液即制得, 主要性状为: 呈酒红色, 有浓郁天然烟熏香味, 愈创木酚含量 7.12mg/mL, 总酚含量 160.50mg/mL(以没食子酸为标准物), 乙酸含量 6.55%, 其中苯并( $\alpha$ )芘检测不出, 符合行业标准<sup>[7]</sup>。

猪瘦肉、鸡脯肉、猪肥膘购于家乐福冷鲜肉专柜; 大豆分离蛋白、复合磷酸盐(食品级) 石家庄天骄食品有限公司; 卡拉胶(食品级) 滕州市海岱食品有限公司; 其他所有调味料均购于市场。

### 1.2 仪器与设备

Tm-20 绞肉机 美国 Promax 公司; TA-XT Plus 质构仪 英国 Stable Micro System 公司; 小型真空滚揉机 德国 Weiler 公司; 灌肠机 德国 Vemag 公司; WSC-S 测色色差计 上海精密科学仪器有限公司; 台式高速冷冻离心机 美国 Beckman 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 工艺流程

原料肉→解冻(4℃)→绞肉→添加辅料、烟熏液→滚揉腌制→静置→灌肠→热风干燥(65℃)→蒸煮→冷却→二次干燥→成品→包装(真空)→4℃冷藏

将 1800g 猪肉、600g 鸡脯肉、400g 肥膘分别用 6、6、4mm 孔板绞制, 肉料温度控制在 10℃ 以下, 然后把烟熏液按照原料总质量的 0.05%~0.6% 稀释于 450g 冰水中, 对照组为不添加烟熏液或者添加与烟熏液等量的冰水, 其后再将精盐 60g、砂糖 40g、大豆分离蛋白 105g、复合磷酸盐 14g、卡拉胶 14g 与冰水和肉直接混合放入滚揉机真空滚揉腌制, 滚揉 30min 后将肉置于 4℃ 条件下 10min, 尽量不要使肉温过高。采用灌肠机灌装时保持松紧一致。在鼓风条件下进行热风干燥, 温度 65℃、时间 30min。蒸煮时水温维持 82℃, 蒸煮 30min 后放入冰水中冷却, 再于 65℃ 烘 10min。冷却后真空包装, 置 4℃ 冷藏。

#### 1.3.2 感官评价

感官评价参照表 1 进行<sup>[17]</sup>。

表 1 感官评分标准

类别	评分标准			
	7~6	5~4	3~2	1~0
色泽	金黄色	金黄色稍浅	金黄色较浅, 无光泽	无烟熏色泽
烟熏味	浓郁	较浓	较淡	无烟熏味/刺鼻
咸味	适当	稍重/稍淡	较重/较淡	很重/无咸味
酸味	无	稍酸	较酸	很酸
组织	肉质紧密、富弹性、硬度好	肉质较紧, 弹性、硬度一般	肉质较散, 有一定的弹性和硬度	肉质松散, 弹性、硬度都差
回味	悠长	较长	短	无回味

#### 1.3.3 质构测定

将 0~4℃ 贮藏的灌肠在室温放置 30min, 剥去肠衣后, 用平行刀将其切成 2cm 长的圆柱体 8 段, 然后进行 TPA (texture profile analysis, 质地剖面分析) 测定。采用 TA-XT-plus 型质构仪, 选择圆柱形探头 P/36R。检测条件为: 模式 TPA 模式; 触发类型 Auto; 测试前速度 1mm/s; 测试时速度 5mm/s; 测试后速度 5mm/s; 测试模式下压; 下压距离 35%; 每个样品重复测定 3 次。实验所得数据中选择硬度、弹性、凝聚性作为有效数据。

#### 1.3.4 灌肠过氧化值测定

灌肠肉制品中过氧化值的测定, 首先将灌肠脂肪提取出来, 再采用国家标准 GB/T5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》测定过氧化值的含量<sup>[18]</sup>。实验做 3 个平行样品, 每个试样重复检测 3 次。

#### 1.3.5 灌肠丙二醛含量测定<sup>[19]</sup>

将灌肠脂肪提取出来, 参考国家标准 GB/T5009.181—2003《猪油中丙二醛的测定》检测其丙二醛值, 判定肉制品贮藏期间酸败情况。实验做 3 个平行样品, 每个试样重复检测 3 次。

#### 1.3.6 灌肠 $a$ 值(红度)测定<sup>[20]</sup>

将不同贮藏期的灌肠分切成厚度为 0.5cm 薄片, 用色差计测定样品色泽  $a$ (红度)值, 实验做 3 个平行样品, 每个试样重复检测 5 次。

#### 1.3.7 灌肠菌落总数测定<sup>[21]</sup>

称取 25g 样品, 放入盛 225mL 磷酸盐缓冲液或生理盐水的无菌均质杯内, 8000~10000r/min 均质 1~2min, 或放入盛 225mL 磷酸盐缓冲液或生理盐水的无菌均质袋中, 用拍击式均质器拍打 1~2min, 配制 1:10( $m/V$ )的样品溶液。然后稀释至合适的倍数, 取样培养。实验做 3 个平行样品, 每个试样重复检测 3 次。

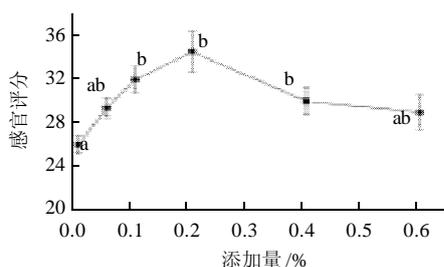
#### 1.3.8 数据分析

实验数据采用 OriginPro 7.0 进行统计分析, 以平均值±标准误差表示, 显著性检验采用 Student's  $t$ -tests 方法,  $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 烟熏液对低温灌肠感官品质的影响

木材在高温条件下裂解产生多种有机化合物, 木质素热解生成物主要是烟熏香料中典型的酚类衍生物, 主要分解为甲氧基在 2 位的酚类及酚醚类化合物, 如香兰素、愈创木酚及其衍生物, 以及甲氧基在 3, 5 位的酚类化合物, 如丁香酚及其衍生物。而纤维素和半纤维素则分解成羧酸、酮、醛、呋喃类等多种化合物。其中多酚类化合物如愈创木酚、2,6-二甲氧基苯酚具有典型的烟熏香味<sup>[11, 22-24]</sup>。



字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

图1 烟熏液对灌肠感官品质的影响

Fig.1 Effect of liquid smoke flavoring on the sensory evaluation of sausage

采用的山核桃果壳是一种含有丰富木质素的材料,经高温裂解会产生丰富的多酚类化合物,对其进行GC-MS检测分析,发现其中酚类及其衍生物占有机成分的47.54%,并且典型性烟熏香气呈味物质愈创木酚和香兰素均有被检测到<sup>[16]</sup>。由图1可知,随着烟熏液添加量的增加,感官评分呈现先增加再降低的趋势,在添加量达到0.1%时,感官评分较对照组显著提高( $P < 0.05$ ),在0.2%添加量时感官评价最佳,评分达到 $34.8 \pm 1.85$ ,而在添加量0.4%和0.6%时,灌肠呈现一定的酸味,感官评分有一定的下降。这可能主要由于在较少添加比例时,烟熏液带来的酸味不明显,烟熏风味达到最佳呈现,而当添加比例增加时,过多的有机酸导致一种酸涩味,影响了整体的感官。

## 2.2 烟熏液对低温灌肠质构的影响

肉糜在适当的温度下,形成具有一定特征的胶体,TPA参数中弹性、硬度和凝聚性是反应凝胶质构的一种重要指标<sup>[25]</sup>。肉糜在加热煮制过程中,肌肉蛋白发生热变性凝固,形成具有硬度、齿感、弹力等性状,当遇到过高温度或酸碱反应时,蛋白组织开始水解,蛋白凝胶连结性减弱,引起质构品质降低<sup>[26]</sup>。

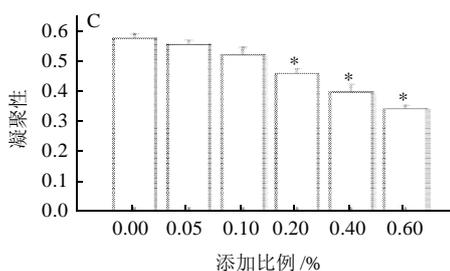
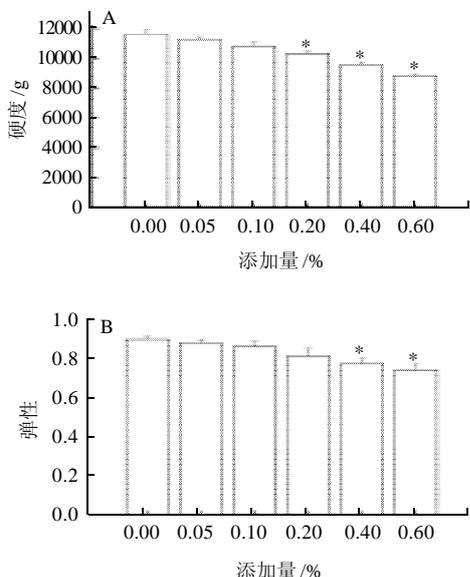


图2 烟熏液对灌肠质构特性的影响

Fig.2 Effect of liquid smoke flavoring TPA parameters of sausage

由图2可知,灌肠的硬度、弹性和凝聚性均随着烟熏液的增加而降低,在0.05%~0.6%添加量范围内,烟熏液添加量达到0.2%时,即可导致灌肠硬度和凝聚性显著下降( $P < 0.05$ ),添加量达到0.4%时,灌肠弹性也较对照组明显下降( $P < 0.05$ )。灌肠中添加烟熏液对其TPA参数表现出一定负面的影响,这可能主要由于所添加的烟熏液含有丰富的有机酸,添加到肉糜中降低了pH值,在高温条件下,引起凝胶中蛋白组织酸解,减弱了蛋白质凝胶结合力,从而导致了灌肠质构品质的下降<sup>[27]</sup>。

## 2.3 烟熏液对低温灌肠贮藏性能的影响

### 2.3.1 烟熏液对灌肠过氧化值的影响

表2 烟熏液对贮藏期间灌肠过氧化值的影响

Table 2 Effect of liquid smoke flavoring on peroxide value of sausage during storage

样品	mmol/kg				
	1d	6d	11d	18d	25d
对照组	$12.41 \pm 0.38^a$	$12.98 \pm 0.26^a$	$13.87 \pm 0.32^a$	$20.29 \pm 0.46^a$	$26.18 \pm 0.86^a$
0.2% 烟熏液组	$6.74 \pm 0.35^b$	$6.99 \pm 0.28^b$	$7.98 \pm 0.25^b$	$10.48 \pm 0.21^b$	$13.32 \pm 0.75^b$

抗氧化剂可以延长肉制品贮藏期,主要是由于其可以清除自由基,抑制脂肪氧化<sup>[28]</sup>。由表2可知,烟熏液对控制肉制品贮藏期间过氧化值具有显著效果。在检测的1~25d贮藏期内,处理组(添加0.2%烟熏液)和对照组灌肠过氧化值均随着时间的延长而上升,但是处理组过氧化值均显著低于对照组( $P < 0.05$ )。这可能主要是由于烟熏液中丰富的多酚类化合物,烟熏液中多酚类化合物具有抗氧化能力,可有效清除了肉制品中过氧化物<sup>[11,29]</sup>。

### 2.3.2 烟熏液对灌肠丙二醛值的影响

肉制品中脂肪受到光、热、空气中氧气的作用,容易发生酸败反应,分解出醛、酸类化合物。丙二醛就是一种典型分解产物,它能够与硫代巴比妥酸(TBA)作用生成粉红色化合物,在538nm波长处有吸高峰,通过丙二醛的测定,可推导肉制品中脂肪酸败的程度<sup>[30]</sup>。

表3 烟熏液对灌肠丙二醛值的影响

Table 3 Effect of liquid smoke flavoring on TBA value of sausage during storage

样品	mg/100g				
	1d	6d	11d	18d	25d
对照组	0.099 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.0042 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.0032 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.0052 <sup>a</sup>
0.2% 烟熏液组	0.090 ± 0.0053 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.0045 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.0042 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.0042 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.003 <sup>a</sup>

由表3可知,在贮藏期1~25d内,两组灌肠丙二醛值均随着贮藏时间延长呈现一定程度的增长,烟熏液添加组丙二醛值均低于对照组,虽然显著性检验差异不显著( $P > 0.05$ ),但丙二醛值从对照组的(0.099 ± 0.004) mg/100g(1d)和(0.18 ± 0.0052)mg/100g(25d),下降到(0.090 ± 0.0053)mg/100g(1d)和(0.15 ± 0.003)mg/100g(25d),分别降低了8.92%和16.67%,丙二醛值降低呈现一定程度增加趋势,因此,随着贮藏期延长,可能会对脂肪酸败表现出显著的抑制效果。

### 2.3.3 烟熏液对灌肠贮藏期 $a$ 值的影响

表4 烟熏液对灌肠贮藏期  $a$  值的影响Table 4 Effect of liquid smoke flavoring on color parameter  $a$  value of sausage during storage

样品	1d	6d	11d	18d	25d
对照组	8.99 ± 0.38 <sup>a</sup>	7.5 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.07 ± 0.25 <sup>a</sup>	6.84 ± 0.36 <sup>a</sup>	6.82 ± 0.28 <sup>a</sup>
0.2% 烟熏液组	9.87 ± 0.37 <sup>a</sup>	9.02 ± 0.35 <sup>b</sup>	8.18 ± 0.28 <sup>b</sup>	7.5 ± 0.22 <sup>a</sup>	7.2 ± 0.25 <sup>a</sup>

$a$  值是表示灌肠红色的色价,肉制品在贮藏期间由于肌红蛋白极易受到氧化,而发生褐变反应导致  $a$  值降低。由表4可知,随着贮藏时间的延长,处理组灌肠  $a$  值呈下降趋势,而添加烟熏液可以延缓贮藏期间肉制品的褐变,在贮藏期第6~11天时,烟熏液处理组的  $a$  值显著高于对照组( $P < 0.05$ ),随着时间的推移,  $a$  值趋于接近。

### 2.3.4 烟熏液对灌肠贮藏期细菌总数的影响

表5 烟熏液对灌肠贮藏期细菌总数的影响

Table 5 Effect of liquid smoke flavoring on total bacterial count of sausage during storage

样品	lg(CFU/g)			
	6d	11d	18d	25d
对照组	2.76 ± 0.08 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.11 <sup>a</sup>	4.26 ± 0.015 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.18 <sup>a</sup>
0.2% 烟熏液组	2.49 ± 0.076 <sup>a</sup>	2.78 ± 0.10 <sup>b</sup>	3.51 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.15 ± 0.21 <sup>b</sup>

由表5可知,烟熏液添加组在贮藏期6~25d,从第11天开始,处理组细菌总数均显著低于对照组( $P < 0.05$ )。细菌总数是反应肉制品微生物的重要指标之一,低温肉制品由于对蒸煮温度的严格要求(75~82℃),加工材料以及加工过程中污染的微生物很难彻底杀灭,贮藏期间随着时间的延长,微生物增长会造成肉制品腐败变质。Suñen等<sup>[31]</sup>制备的烟熏烟气冷凝液对包装食品中

易污染菌具有良好的抑制效果,并证实多酚类化合物可能是抑制多种细菌和霉菌的主要成分,Jung等<sup>[32]</sup>将烟熏液与食品中常见微生物共培养,表现出明显的微生物生长抑制能力,并发现其中有机酸可能是其主要抗菌物质。本实验中,添加烟熏液有利于抑制细菌增殖。

## 3 结论

3.1 山核桃壳烟熏液可以改善灌肠感官品质。通过感官评价,综合色、香、味和组织口感等因素,烟熏液均可改善灌肠感官品质,最适添加比例为0.2%。

3.2 烟熏液对低温灌肠质构具有一定的负面影响。在实验的添加剂量范围内(0.05%~0.6%),随着添加比例的增加,低温灌肠的硬度、弹性和凝聚性表现出降低趋势。

3.3 烟熏液可以提升低温灌肠贮藏性能。添加0.2%烟熏液在实验贮藏期内(25d),可以明显降低肉制品过氧化值和稳定肌红蛋白氧化稳定性,有效抑制肉制品贮藏期微生物增长。

## 参考文献:

- [1] HULTMANN L, RØRÅ A M B, STEINSLAND I, et al. Proteolytic activity and properties of proteins in smoked salmon (*Salmo salar*): effects of smoking temperature[J]. Food Chemistry, 2004, 85(3): 377-387.
- [2] GONULALAN Z, KOSE A, YETIM H. Effects of liquid smoke on quality characteristics of Turkish standard smoked beef tongue[J]. Meat Science, 2004, 66(1): 165-170.
- [3] GUILLÉN M D, SOPELANA P. Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked cheese[J]. Journal of Dairy Science, 2004, 87(3): 556-564.
- [4] PSZCZOLA D E. Tour highlights production and uses of smoke-based flavors[J]. Food Technology, 1995, 49(1): 70-74.
- [5] MORET S, CONTE L, DEAN D. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon content of smoked fish by means of a fast HPLC/HPLC method[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1367-1371.
- [6] FIDDLER W, WASSERMAN A E, DOERR R C. A "smoke" flavor fraction of a liquid smoke solution[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1970, 18(5): 934-936.
- [7] 中华人民共和国国家标准. GB/T 5009.3 — 2003 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [8] 余和平. 液体烟熏调味料及其在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 2000(5): 29-30.
- [9] GUILLÉN M D, SOPELANA P, PARTEARROYO M A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in liquid smoke flavorings obtained from different types of wood. Effect of storage in polyethylene flasks on their concentrations [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(10): 5083-5087.
- [10] GOMAA E A, GRAY J I, RABIE S, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food products and commercial liquid smoke flavourings [J]. Food Additives and Contaminants, 1993, 10(5): 503-521.
- [11] SIMON R, CALLE B D L, PALME S, et al. Composition and analysis

- of liquid smoke flavouring primary products[J]. *Journal of Separation Science*, 2005, 28 (9/10): 871-882.
- [12] GONZALEZ V, CONDE F J, AYALA J H, et al. Optimization of a sampling method to determine polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke from incomplete biomass combustion[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 524(1/2): 287-294.
- [13] KOSTYRA E, BARYLKO P N. Volatiles composition and flavour profile identity of smoke flavourings[J]. *Food Quality and Preference*, 2006, 17(1/2): 85-95.
- [14] ALCICEK Z. Determination shelf life and PAHs content of smoked anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758) nugget with different level liquid smoke flavors during chilled storage[J]. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2011, 10(20): 2691-2695.
- [15] SOLDERA S, SEBASTIANUTTO N, BORTOLOMEAZZI R. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(8): 2727-2734.
- [16] CAI Kezhou, JIANG Shaotong, REN Chong, et al. Significant damage rescuing effects of wood vinegar extraction in living *Caenorhabditis elegans* under oxidative stress[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (Article first published online: 26 SEP 2011, DOI:10.1002/jsfa.4624).
- [17] 黄靖芬. 罗非鱼液熏加工工艺及其产品保藏特性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [18] 中华人民共和国国家标准. GB/T 5009.37—2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [19] 中华人民共和国国家标准. GB/T 5009.181—2003 猪油中丙二醛的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [20] CHEN Conggui, WANG Rui, SUN Gaojun, et al. Effects of high pressure level and holding time on properties of duck muscle gels containing 1% curdlan[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2010, 11(4): 538-542.
- [21] 中华人民共和国国家标准. GB/T 4789.17—2003 食品卫生微生物学检验 肉与肉制品检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [22] SHAFIZADEH F, FU Y L. Pyrolysis of cellulose[J]. *Carbohydrate Research*, 1973, 29(1): 113-22.
- [23] CYPRES R, BRAEKMAN-DANHEUX C, PROGNEAUX A, et al. Hydrolysis under pressure of a low temperature tar phenolic fraction [J]. *Fuel*, 1989, 68(6): 723-726.
- [24] BRITT P F, BUCHANAN A C, COONEY M J, et al. Flash vacuum pyrolysis of methoxy-substituted lignin model compounds[J]. *The Journal of Organic Chemistry*, 2000, 65(5): 1376-1389.
- [25] SHAFER D J, CAREY J B, PROCHASKA J F, et al. Dietary methionine intake effects on egg component yield, composition, functionality, and texture profile analysis[J]. *Poultry Science*, 1998, 77(7): 1056-1062.
- [26] DAUGSCHIES A, HINTZ J, HENNING M, et al. Growth performance, meat quality and activities of glycolytic enzymes in the blood and muscle tissue of calves infected with *Sarcocystis cruzi*[J]. *Veterinary Parasitology*, 2000, 88(1/2): 7-16.
- [27] GEESINK G H, BEKHIT A D, BICKERSTAFFE R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb *longissimus* muscle[J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78(11): 2842-2848.
- [28] LOPEZ-BOTE C J, GRAY J I, GOMAA E A, et al. Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat[J]. *British Poultry Science*, 1998, 39(2): 235-240.
- [29] LOO A, JAIN K, DARAH I. Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculata*[J]. *Food Chemistry*, 2007, 104(1): 300-307.
- [30] RENSEN G S, JRGENSEN S S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products[J]. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 1996, 202(3): 205-210.
- [31] SUÑEN E, ARISTIMUÑO C, FERNANDEZ-GALIAN B. Activity of smoke wood condensates against *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* in vacuum-packaged, cold-smoked rainbow trout stored at 4°C[J]. *Food Research International*, 2003, 36(2): 111-116.
- [32] JUNG K H. Growth inhibition effect of pyroligneous acid on pathogenic fungus, *Alternaria mali*, the agent of *Alternaria* blotch of apple[J]. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2007, 12(3): 318-322.