

# 肉料绞切加工试验与综合评价研究

童宝宏<sup>1,2</sup>, 孙军<sup>1</sup>, 许正华<sup>2</sup>, 陈志勇<sup>3</sup>, 纪滨<sup>1,2</sup>, 宋斌<sup>2</sup>

(1. 合肥工业大学机械工程博士后流动站, 安徽合肥 230009) (2. 安徽华菱西厨装备股份有限公司博士后科研工作站, 安徽马鞍山 243131) (3. 安徽工业大学机械工程学院, 安徽马鞍山 243032)

**摘要:** 为了对肉料绞切加工过程及加工后肉糜品质等性能进行综合评价, 在同时考虑肉类制品绞切加工后肉糜质量和绞肉装备工作效能的评价方法基础上, 开展肉料绞切加工特性的试验研究。以绞肉机产品的核心性能参数工作能力、阻力矩、能耗和肉料温升等为考察对象, 同时以绞切加工后肉糜新鲜度、保水性等理化特性的测试分析为评价依据, 构建专用试验平台并对肉料绞切加工特性进行检验。试验结果表明, 随着螺旋轴输送转速的增加, 绞肉机的绞肉能力呈明显提高趋势, 试验绞肉机的肉料输送与绞切加工性能匹配良好, 散热性能稳定。不同刀具-孔板匹配对绞切加工得到的肉糜质量及理化特性影响比较明显, 在绞肉机新产品开发设计过程中需要进行匹配试验。

**关键词:** 试验研究; 绞肉机; 加工质量; 理化性质

文章编号: 1673-9078(2013)12-2953-2957

## Experimental Study and Comprehensive Evaluation on Meat Grinding

TONG Bao-hong<sup>1,2</sup>, SUN Jun<sup>1</sup>, XU Zheng-hua<sup>2</sup>, CHEN Zhi-yong<sup>3</sup>, JI Bin<sup>1,2</sup>, SONG Bin<sup>2</sup>

(1. Mobile Post-doctoral Station of Mechanical Engineering of Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

(2. Post-doctoral Research Station of Anhui Hualing Kitchen Equipment Co., Ltd., Maanshan 243131, China)

(3. School of Mechanical Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

**Abstract:** An experiment system was developed in order to evaluate the grinding process and the properties of ground meat. Functions including the evaluation of the properties of ground meat and machine's efficiency were also introduced in the system. The grinding capability, resisting torque of screw shaft, power loss and temperature rising of meat were carried out. Biochemical parameters such as freshness and water-holding capacity were adopted as the quality evaluation of meat. The testing results showed that the grinding capability of meat grinder increased with the rising of rotating speed of screw shaft, and the tested meat grinder was good to match with grinding operating and conveying speed. It also had stable heat dissipation under all test conditions. The research identified that both the quality of ground meat and physiochemical properties of meat were influenced by the matching of blade and disk.

**Key words:** experimental study; meat grinder; grinding quality; physiochemical properties

提升肉类制品的食用品质一直是广大食品科学工作者关注的热点, 现有研究对影响肉制品品质的加工工艺及后处理因素进行了深入探讨, 如待宰时间、真空预冷处理、微波解冻和滚揉腌制条件等<sup>[1-4]</sup>。此外, 为进一步改善肉糜品质, 通过添加各种可食用介质的方法也得到有益尝试, 如庄沛锐等提出的卡拉胶/刺槐豆胶<sup>[5]</sup>、皮鹤珍等提出的胖大海胶<sup>[6]</sup>和卢裕铭等提出的维生素 E 脂质体<sup>[7]</sup>。智能检测等各种先进的检测方法已被用于各类肉制品品质参数的检测, 具有生物检测特征的基于嗅觉和图像视觉等先进检测系统也在肉制品品质检测中得到应用<sup>[8-9]</sup>, 这些先进检测手段为各类

收稿日期: 2013-08-26

基金项目: 国家火炬计划资助项目 (2011GH031230)

作者简介: 童宝宏 (1978-), 男, 副教授, 在站博士后, 主要从事机械设计理论与方法、食品机械等方面研究

肉制品品质的评价提供了有力支撑。不难看出, 已有研究多是从肉类食品自身的品质要素入手的, 而有关食品机械绞切加工要素对肉类品质影响的研究鲜有报道。

作为常见的肉类食品加工设备, 绞肉机产品各组成部件的设计既影响机器本身的工作性能, 同时也对肉类等加工对象的品质状况有着重要影响。在绞肉机螺旋轴的旋转挤压输送过程中, 肉料在绞筒内的流动情况十分复杂, 绞切加工后肉料品质不仅与肉料本身的物性因素相关, 同时也与绞肉机的工况因素等有着紧密联系。因此, 对绞肉机工作品质进行综合评价时, 单从肉料加工后的成品质量状况进行评价还是不全面的。

本文在综合考虑肉类制品绞切加工后肉糜质量和绞肉装备工作效能的评价方法基础上, 开发设计用

于检测绞肉机产品设备自身工作效能和经绞切加工后肉制品品质的试验平台,通过试验对肉料的绞切加工特性进行考察。

## 1 试验平台设计

测试平台主要由绞肉机加工测试试验系统和绞切加工肉糜质量测评系统组成,图1所示为测试平台的主要功能组成示意图。

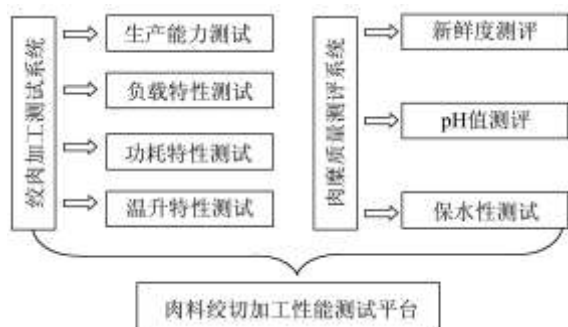


图1 测试平台主要功能组成示意图

Fig.1 Main functions of experiment rig

根据前期开发的绞肉机螺旋输送性能测试试验台工作原理,考虑到绞肉机产品系列尺寸的差异性,为提高试验台的适用范围,对试验台安装驱动电机和传感器等部位采用了柔性化的设计方案,加工安装后如图2所示。

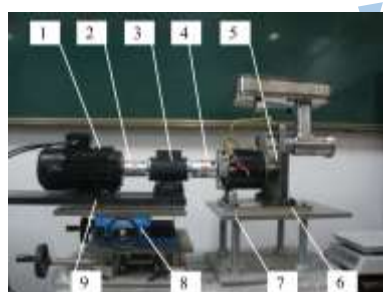


图2 绞肉机加工试验台

Fig.2 Experiment rig of meat grinder

注:1.调速电机,2.联轴器一,3.转速转矩传感器,4.联轴器二,5.绞肉机,6.可调底板一,7.固定支座,8.三维可调工作台,9.可调底板二。

在图2所示试验台上,根据待测绞肉机产品的实际安装尺寸情况,利用三维可调工作台可调整驱动电机及检测传感器同被测绞肉机之间的位置,实现对相近类型绞肉机产品工作性能的测试和评估。其中,通过调速电机可以实现不同驱动转速下的试验测试要求,通过转速转矩传感器实时测量并记录绞肉机功率损耗及转矩负荷等参量的变化情况。另外,通过配备的电子秤和红外测温仪,可以分别实时检测加工过程中的生产效率和肉料温升信息。

对于绞切加工肉糜质量测评系统,主要由挥发性

盐基氮速测仪(STD-XG型,厦门斯坦道科学仪器股份有限公司)、肉类pH值测量仪(Testo205型,德国Testo公司)、分析天平(BL410S型,美国西特公司)和恒温干燥箱(FYL-YS-100L型,北京福意电器有限公司)组成。利用这些设备可以完成对肉糜新鲜度、保水性等品质特性的测试和评价。

## 2 试验项目及检测方法

### 2.1 绞肉机的加工效能测试

评价绞肉机产品工作效能的参数及相应的方法有很多,主要是通过考察反映产品自身工作特性的参数状况来进行的。本试验平台重点针对绞肉机产品的核心参量如工作能力、阻力矩、能耗和肉料温升等进行考察。

这里,采用转速转矩传感器(JN338A,北京三晶创业科技有限公司)对螺旋输送阻力矩和电机的输出功率信息进行测试,考察产品的能耗损失及承受的阻力矩情况。为了尽量保证肉料绞切加工过程中负荷均匀,在试验前需要对肉块进行混合均匀化处理,以避免加工测试过程中因脂肪层肉块过度集中或牛筋等聚集引起的载荷突变现象。并且,在试验过程中,应当尽可能确保试验肉料来源具有一定的统一性。本次试验研究中选用的肉料分别为来自同一产地的带皮后腿猪肉和带筋牛肉。在试验准备阶段,将肉料洗净沥干后进行切块处理。对于猪肉,还需要进行去皮处理。

工作能力是评价绞肉机工作效率的主要参数,指的是单位时间内绞肉机的生产加工能力。该生产加工能力的大小可以采用计时测量的方法,直接通过电子秤(ACS-30型,永康市戎睿商贸有限公司)测取。测量时间可以根据实际情况进行设定,据此推算绞肉机每小时的生产能力。

对于肉料温升,本试验平台采用非接触式的温度测量方案,利用红外测温仪(ST80型,美国Raytek公司)分别多次测量肉料进、出口处温度后取其平均温升。

### 2.2 肉糜品质的检测与评价

用于评价肉类品质的生化指标主要有挥发性盐基氮(TVB-N)、菌落总数和尸胺含量等,肉制品的pH值和保水性也可用作评价鲜肉品质的重要参考。

本试验平台结合分光光度法测量原理<sup>[1]</sup>,采用挥发性盐基氮速测仪对样本的TVB-N值进行检测。每个样本测取多个试样,取其平均值为该样本的TVB-N值。另外,参照文献<sup>[3]</sup>提供的方法,利用便携式肉类

pH 值测量仪测取肉料样本的 pH 值作为参考, 每次在样本的不同部位进行测量, 取其平均值为该样本的 pH 值。

通过连续测取肉糜样品在特定存放空间内的自然失重情况, 可以考察不同绞切加工工况下肉糜的持水能力。这里, 利用分析天平称取一定量肉糜, 并将肉糜样品存放在恒温干燥箱内, 贮藏温度设为 5℃。测量时间间隔可设为 1 d (24±0.5) h, 连续测量多天。贮藏过程中, 样品的质量损失以本次测量质量 ( $m_2$ , g) 与 1 d 前测量质量 ( $m_1$ , g) 的差值来表示,

$$\text{质量损失} = m_1 - m_2 \quad (1)$$

质量损失率可表示为

$$\text{质量损失率} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

每个工况下测取 3 个样本, 每次取其平均值为该样本的测量结果值。

### 2.3 绞刀与孔板的匹配特性试验

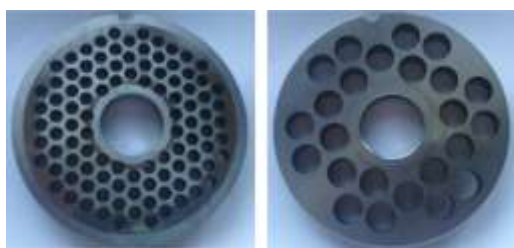


图 3 绞肉加工测试用孔板

Fig.3 Disks of meat grinder

注: a: 小孔板 (孔径: 5 mm), b: 大孔板 (孔径: 10 mm)。

绞肉机螺旋轴对肉料的旋转挤压输送过程十分复杂, 考察不同工况下螺旋输送系统及其主要零部件的匹配特性是本试验平台的重要功能组成之一。刀具与孔板是绞肉机产品的关键切割部件, 二者的匹配状况会直接影响肉料的剪切效果。在本试验平台上, 可以通过更换不同刀具和孔板进行匹配特性测试试验, 考察在不同转速下绞肉机产品绞切加工部件的匹配特性。图 3 所示为本次试验测试时选用的两种孔板, 孔径大小分别为 5 mm 和 10 mm。

图 4 所示为两种刀具与同一小孔径孔板的匹配状态。由于加工质量问题, 图 4a 中问题刀具 (下简称坏刀具) 刃口所在面与孔板贴合不够紧密, 贴合处局部位置存在间隙, 间隙大小范围约为 0~0.09 mm。图 4b 中刀具与孔板贴合紧密, 不存在多余缝隙。

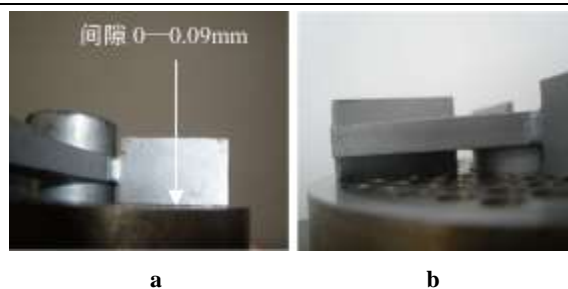


图 4 不同刀具与孔板的配合

Fig.4 Different matching states of blade and disk

注: a: 坏刀具, b: 好刀具。

### 3 结果与讨论

这里, 以某型绞肉机 (HF-22 型, 安徽华菱西厨装备股份有限公司) 为试验对象。为考察试验平台的应用效果, 限于篇幅, 本文重点利用试验平台就试验样机对牛肉和猪肉绞切加工效能进行测试分析, 并对不同刀具-孔板匹配下加工获取的肉糜进行理化特性试验研究。试验结果如图 5~图 7 所示。

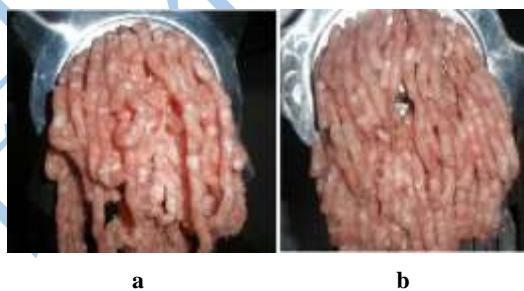


图 5 不同刀具绞肉效果 (80 r/min)

Fig.5 Efficiency of meat grinder with different blade

注: a: 坏刀具, b: 好刀具。

刀具与孔板的匹配主要反映二者在接合面处的贴合性, 若出现局部磨损或加工误差导致的缝隙过大, 均会影响肉料的剪切过程。此外, 孔板上孔径的大小与刀具的旋转切割速度匹配也会对肉料的剪切效果产生影响。如图 5 所示, 分别为使用坏刀具和好刀具同小孔板匹配时的绞肉效果图。图 5a 中, 部分肉料经孔板挤出后呈泡沫或团絮状, 肉料流出的连续性不佳; 而在图 5b 中, 肉料呈棒条状被连续挤出孔板, 流通性较好。

分析结果表明, 图 5a 中由于坏刀具同孔板贴合不够紧密, 对部分被挤压输送的肉料无法形成有效剪切, 导致肉料在刀具刃口同孔板接触区域受到反复挤磨, 从而使加工得到的肉糜质量较差。图 5b 的绞肉效果明显较好, 表明该刀具与孔板的匹配性能良好。

图 6 所示为试验样机在不同转速下绞切加工猪肉

和牛肉的效能试验测试结果,分别反映了样机绞肉能力、输送阻力矩、输送功率和肉料温升等随驱动转速的变化情况。

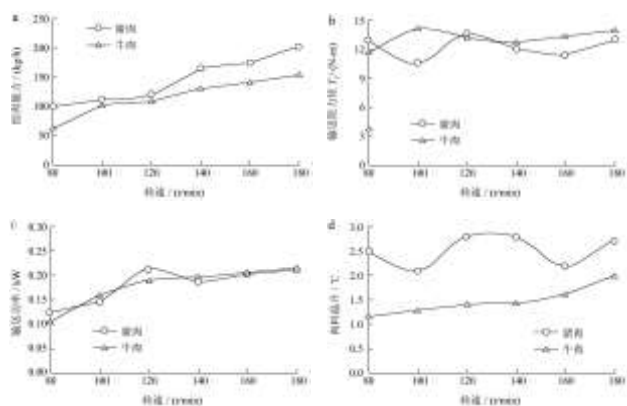


图6 绞肉机加工效能的测试

Fig.6 Tests of meat grinder's efficiency

注: a: 绞肉能力, b: 输送阻力矩, c: 输送功率, d: 肉料温升。

由图 6a 可以发现,在猪肉和牛肉的绞切加工试验过程中,随着螺旋轴工作转速的增加,绞肉机的绞肉能力呈明显提高趋势,近似于线性增加关系。由于牛筋的存在,试验样机对牛肉的绞切加工能力略低于猪肉,在驱动转速为 180 r/min 时,对牛肉的绞切加工能力为 153.42 kg/h,而对猪肉为 201.60 kg/h。

利用试验样机加工猪肉和牛肉时,输送阻力矩和输送功率相差不明显,在多数情况下,加工牛肉时测取的数值略高于猪肉,如图 6b 和图 6c 所示。在试验转速范围内,绞切加工猪肉和牛肉时的螺旋轴输送阻力矩最小值分别为 10.67 N·m 和 11.66 N·m,最大值分别为 13.58 N·m 和 14.19 N·m,总体变化不大。这说明试验样机的肉料输送和剪切加工过程比较顺畅,肉料输送的快慢对螺旋轴产生的阻力矩影响不大。

绞肉机螺旋输送速度过高或肉料流通不畅,必然会出现摩擦生热而使肉料温升过高。绞切加工前后的温升情况会直接影响肉糜自身的品质,温升过高容易引起物料变性。因此,肉料温升也是反映绞肉机产品性能的重要参数。图 6d 所示为试验绞肉机在不同转速工况下绞切加工猪肉和牛肉前后肉料的温升情况。由图可以看出,随着转速的变化,肉料温升变化并不明显,分别在 2.5 °C 和 1.5 °C 左右。牛肉肉料的温升略低于猪肉。试验绞肉机的肉料输送与剪切加工性能匹配良好,散热性能稳定。

进行绞切加工后肉糜理化特性的测试试验时,需要提取一定量肉糜作为样本进行连续测量,并合理设置样本的贮藏温度。肉糜持水能力与肉糜内在组织结构的破坏程度密切相关。试验中,考虑到连续观测的

需求,称取一份约 500(±0.5) g 猪肉肉糜作为测试原料,称取三份 20(±0.1) g 肉糜用于绞切加工后肉料持水能力的测定,如图 7 所示。测量时间间隔为 1 d (24±0.5) h,连续测量 7 d。



图7 肉糜水分损失测试样品

Fig.7 Water loss of ground meat

限于篇幅,为检验试验平台的有效性,本文重点对不同刀具-孔板匹配下加工的猪肉肉糜理化特性进行测试分析,如图 8 所示。而对于贮藏温度对肉糜品质的影响研究,基本思路与此处提供的方法是一致的,本文不再多作赘述。

肉品中挥发性盐基氮 (TVB-N) 的含量与腐败程度之间有明确的对应关系,通常是随着腐败的进行而明显增加,因此 TVB-N 含量是衡量肉品新鲜度的重要指标<sup>[11-12]</sup>。参照国标,在对猪肉鲜度评价时按照 TVB-N 值划分为 3 个等级:一级鲜度 (TVB-N≤15 mg/100 g),二级鲜度 (TVB-N≤25 mg/100 g),变质肉 (TVB-N>25 mg/100 g)<sup>[13]</sup>。图 8 所示结果是在螺旋轴驱动转速为 160 r/min 时测取的。由图 8a 中 TVB-N 值的变化情况可以看出,在 2 个贮藏日内,三种刀具-孔板加工出的肉糜基本上都能达到一级鲜度要求。随着贮藏时间的延长,由大孔板加工出的肉糜 TVB-N 值变化相对平稳,而由小孔板加工出的肉糜 TVB-N 值呈缓慢上升趋势。这主要是由于大孔板加工出的肉糜组织成分所受到的挤压破坏相对较小,维持原有新鲜度的能力稍强于其它两种情况。同时,由图 8b 中 pH 值的变化情况可以看出,由于贮藏温度较低,绞切加工后肉糜的 pH 值总体比较稳定,变化不是很大。但由于试验用冷鲜肉已处于尸僵状态,肉料发生成熟腐败时蛋白质在细菌酶的作用下被分解为氨和胺类碱性物质<sup>[14]</sup>,绞切加工后肉糜的 pH 值会随着贮藏时间的延长而逐渐升高。由图 8b 还可以看出,大孔板加工出的肉糜 pH 值的变化最稳定。

由图 8c 和图 8d 可以看出,各肉糜样本的水分质量损失随贮藏时间的变化趋势十分接近。三种情况下,肉糜水分损失最大均出现在贮藏第 1 d 后,最大质量损失分别为 0.984 g、0.885 g 和 0.806 g,最大损失率分别为 4.89%、4.42% 和 4.02%。贮藏 2 d 后,肉糜的

水分损失及损失率变化情况均相对比较平稳, 质量损失约为 0.60 g 左右, 损失率约为 3.3% 左右。总体来看, 好刀具-小孔板匹配后加工得到的肉糜水分损失相对较小。这说明肉糜在输送过程中经过适度挤压后可以提高系水力, 而过度挤压或挤压程度较低时其保水性稍弱。

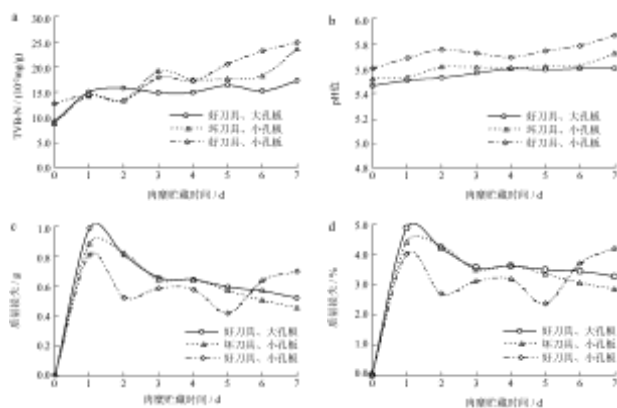


图 8 肉糜理化特性测试

Fig.8 Physicochemical properties of ground meat

注: a: 肉糜 TVB-N, b: 肉糜 pH 值, c: 肉糜水分质量损失, d: 肉糜水分质量损失率; 贮藏温度为 5 °C。

## 4 结论

4.1 设计了可以用于新型绞肉机产品的开发设计和肉料绞切加工特性检测的试验平台, 利用试验平台可以有效完成针对绞肉机产品的核心参量如工作能力、阻力矩、能耗和肉料温升等的测试分析。提出了对绞切加工肉糜质量的测评系统设计方案, 完成对绞切加工后肉糜新鲜度、保水性等特性的测试和评价, 试验效果良好。

4.2 研究表明, 在猪肉和牛肉的绞切加工试验过程中, 随着螺旋轴工作转速的增加, 绞肉机的绞肉能力呈明显提高趋势, 近似于线性增加关系。利用试验样机加工猪肉和牛肉时, 输送阻力矩和输送功率相差并不明显, 在多数情况下, 加工牛肉时测取的数值略高于猪肉。试验样机的肉料输送和剪切加工过程比较顺畅, 肉料输送的快慢对螺旋轴产生的阻力矩影响不大。试验绞肉机的肉料输送与剪切加工性能匹配良好, 散热性能稳定。

4.3 研究表明, 不同刀具-孔板匹配对肉料加工特性影响明显, 刀具-孔板匹配良好时有利于绞切加工过程中肉糜的成型, 并可以减少对肉料的破坏, 有利于维持肉料的新鲜度。

4.4 研究表明, 综合考虑肉类制品绞切加工后肉糜质量和绞肉装备工作效能, 既有利于新型食品机械加工装备的开发, 也可以为进一步改善肉制品加工品质

提供有益参考。

## 参考文献

- [1] Van de Perre V, Ceustermans A, Leyten J, et al. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham: Effects of season and lairage time [J]. *Meat Science*, 2010, 86(2): 391-397
- [2] 廖彩虎, 钟瑞敏, 黄国清, 等. 真空预冷处理对新鲜猪肉品质影响的研究[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(3): 510-512  
Liao Caihu, Zhong Ruimin, Huang Guoqing, et al. Influence of Vacuum Cooling Technology on the Quality of Fresh Pork [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(3): 510-512
- [3] Xia X F, Kong B H, Liu J, et al. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle [J]. *Food Science and Technology*, 2012, 46: 280-286
- [4] 杨勇胜, 彭增起. 滚揉腌制条件对猪肉加工特性的影响[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(10): 1386-1390  
Yang Yongsheng, Peng Zengqi. Effects of Tumbling Marination Conditions on Processing Characteristic of Pork Meat [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(10): 1386-1390
- [5] 庄沛锐, 杨园媛, 孙为正, 等. 卡拉胶/刺槐豆胶对猪肉糜品质的影响研究[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(5): 986-988  
Zhuang Peirui, Yang Yuanyuan, Sun Weizheng, et al. Effect of Carrageenan/Locust Bean Gum on the Properties of Comminuted Pork [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(5): 986-988
- [6] 皮鹤珍, 芮汉明, 张立彦. 胖大海胶对猪肉糜品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(6): 634-638  
Pi Hezhen, Rui Hanming, Zhang Liyan. Research on Effects of Malva Nut Gum on Quality of Minced Meat [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(6): 634-638
- [7] 卢裕铭, 戚德坚, 陈海彬, 等. 维生素E脂质体对猪肉制品品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(4): 402-404  
Lu Yuming, Qi Suijian, Chen Haibin, et al. Effects of Liposomal Vitamin E on Pork Products [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(4): 402-404
- [8] Tiina R. Application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packaged poultry meat [J]. *Food Control*, 2006, 17 (1): 5-13
- [9] Ross C F. Sensory science at the human-machine interface [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2009, 20 (2): 1-10
- [10] 张坤, 彭科怀, 杜洪凤. 分光光度法测定肉与肉制品中挥发性

- 盐基氮[J].预防医学情报杂志,2009,25(1):78-80
- Zhang Kun, Peng Kehuai, Du Hongfeng. Spectrophotometric method to determine volatile basic nitrogen in meat and meat products [J]. Journal of Preventive Medicine Information, 2009, 25(1):78-80
- [11] Castro P, Padrón J C P, Cansino M J C, et al. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice [J]. Food Control, 2006, 17(4): 245-248
- [12] Özoğul F, Özoğul Y. Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout [J]. Turkish Journal of Zoology, 2000, 24: 113-120
- [13] 张雷蕾,李永玉,彭彦昆,等.基于高光谱成像技术的猪肉新鲜度评价[J].农业工程学报,2012,28(7):254-259
- Zhang Leilei, Li Yongyu, Peng Yankun, et al. Determination of pork freshness attributes by hyperspectral imaging technique [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(7): 254-259
- [14] Rees M P, Trout G R, Warner R D. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork I: Interaction with method of suspension [J]. Meat Science, 2003, 65(4): 791-80