

# 兔肉腥味物质的研究进展

朱成林, 李 诚\*, 付 刚, 刘爱平

(四川农业大学食品学院, 雅安 625014)

**摘 要:** 近年来, 兔肉以其特有的“四高四低”的优势, 越来越受到消费者的认可和接受。但在兔肉产品加工中, 兔肉本身的草腥味严重影响其风味质量, 最大限度地去除草腥味对于兔肉产品风味的改善具有重大意义。本文综述了兔肉腥味物质的鉴定, 中级醛类、胺类和呋喃衍生物可认为是兔肉腥味的重要成分; 从品种、性别、肉的部位和生长阶段四个方面阐述对兔肉腥味物质的影响; 并对其形成机制进行了系统概述, 指出兔肉腥味并不是由性激素组分直接产生的, 而是与脂氧合酶有着直接的联系; 对其去腥方法如公兔去势、兔肉品种选择、香辛料掩盖和抑制脂氧合酶活性等进行了初步的探讨和展望, 以期兔肉产品在工业化生产中的腥味去除提供理论依据。

**关键词:** 兔肉; 腥味物质; 影响因素; 去除方法

## Research progress on rabbit meat flavor substances

ZHU Cheng-Lin, LI Cheng\*, FU Gang, LIU Ai-Ping

(College of Food, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China)

**ABSTRACT:** In recent years, rabbit meat with its unique healthy advantages has been recognized and accepted by more and more consumers. In the course of rabbit meat processing, the flavor of the meat is seriously affected by grass flavor, therefore, it is of great significance to remove the grass flavor at maximum. The present study reviews the identification of chemicals that produces the 'fishy' smell, intermediate aldehydes, amines and furan derivatives can be considered to be an important component of grass flavor. And then, the impacts of rabbit species, sex, the part of meat and growth stage on the chemicals are discussed. That grass flavor is not sexual hormone component arising directly, but rather with the lipoxxygenase. In addition, deodorization method, such as the emasculation of male rabbit, rabbit meat varieties selection, spices to cover up, and inhibition of lipoxxygenase activity are previewed, in order to provide a theoretical basis for the removal of rabbit meat products in the industrial production of grass flavor.

**KEY WORDS:** rabbit meat; flavor substances; influencing factors; removal method

## 1 引 言

近年来, 随着人们生活水平的提高、饮食习惯的调整以及健康、保健意识的增强, 人们对肉类的消费也有了更

高需求, 继而从肉质、口味、营养等方面对产品质量提出了更高要求。在这种形势下, 兔肉以其特有的“四高四低”的优势, 即高蛋白质、高卵磷脂、高赖氨酸、高消化率, 低脂肪、低胆固醇、低尿酸、低热量<sup>[1,2]</sup>, 渐渐走上了消费者

基金项目: 国家科技部“十二五”农村领域科技计划星火计划项目

**Fund:** Supported by the National Ministry of Science and Technology "Twelfth Five Year" Plan of Science and Technology in Rural Areas of the Spark Plan Project

\*通讯作者: 李诚, 教授, 主要研究方向为畜产品加工与质量安全控制。E-mail: lichenglcp@163.com

\*Corresponding author: LI Cheng, Professor, College of Food, Sichuan Agriculture University, Yaan 625014, China. E-mail: lichenglcp @163. com

的餐桌,受到人们的接受和欢迎。

全世界从事兔肉生产的国家有100个左右,兔肉总产量约为200万吨<sup>[3,4]</sup>。我国是世界上兔肉生产大国之一,兔肉总产量和出口量均居世界首位,年产兔肉约占世界兔肉总产量的1/3<sup>[5]</sup>。我国年人均兔肉消费量约为0.4 kg左右,仅仅接近世界平均水平,与欧洲其他国家年人均消费量尚有明显差距<sup>[6]</sup>。这恰恰也说明了我国兔肉市场潜力巨大,年人均消费量尚有很大的提升空间。

兔肉腥味是指兔肉在加热后所产生的一种令人嫌忌的特殊气味。随着人们生活水平的不断提高,消费者对肉制品风味的要求也不断提升,腥味轻甚至没有腥味的兔肉越来越受到广大消费者的欢迎。在兔肉产品开发上,鉴定腥味物质的成分,找到简单有效的去腥方法,越来越成为其产品开发必不可少的一环。

## 2 腥味物质的鉴定

对于腥味物质的鉴定,国内外相关文献相对较少,国外文献目前尚无对兔肉挥发性风味物质的研究报告,而主要集中在对于猪肉、牛肉和羊肉等的研究<sup>[4,7-11]</sup>。目前,国内外学者主要利用顶空固相萃取的方法结合气相色谱—质谱法来鉴定其风味物质的组成<sup>[12-15]</sup>。对兔肉腥味物质的鉴定,国内学者也是通过这种方式分析兔肉挥发性风味物质的组成,初步对腥味物质进行了鉴定,但对其形成机制尚未给出合理的解释。

张振华等<sup>[16]</sup>依据前人的经验及借鉴山羊奶膻味的分析方法,从兔肉脂肪、肌肉、血液及性别几个方面进行了对比试验。选择健康、体重2.5~4.5 kg的新西兰公兔4只、母兔3只、去势公兔6只,屠宰后分别取血液、腹部脂肪、腹部肌肉煮沸约20 min。采用感官评定的方法,进行鉴定。实验结果否定了过去传统上认为的“兔血腥味之称”的说法;对于不同性别新西兰兔的腹部肌肉加热煮沸进行闻味,发现公兔腥味很重,特别是冷却后更重,母兔亦能闻到微弱腥味,而去势公兔则完全是一种肉香味,闻不出兔腥味。由此可以初步确认,兔肉腥味成分的强弱与性别有一定关系。

姜颖等<sup>[17]</sup>用改进的压缩氮气吹洗技术(NPT法)提得未去势与去势兔肉中腥味物质,经气质联谱比较分析,初步确定中级醛类尤其己醛是兔肉腥味物质的主导成分;两种卤代烷烃(1—氯十二烷和1—溴十三烷)可能是构成兔肉特殊气味的重要成分。

张益民等<sup>[18]</sup>也应用改进的NPT技术,加入十二烷基硫酸钠(SDS)作为腥味物质的解离剂对兔肉的腥味物质进行了提取和鉴定。得出的结论为在腥味的化学组成上,中级醛类、胺类和呋喃衍生物可认为是兔肉腥味的重要成分。其中甲基胍和呋喃衍生物可能是兔肉特殊气味的重要生成物。其他未见于其他肉类的化合物亦可能是兔肉气味的重要成分,需要进一步研究。同时根据实验结果得出兔肉中

腥味物质与组织结合紧密不易释放是导致兔肉腥味不强烈却难以去除的重要原因。

## 3 影响腥味物质的因素

### 3.1 品种

全世界共有兔子品种60多种<sup>[19]</sup>,不同品种的兔肉也有着不同的品质特点。相对来说,新西兰兔、加利福尼亚兔、福建黄兔、雪兔等肉兔品种肉质细嫩鲜美,而比利时兔、德国花巨兔、法国公羊兔等肉兔品种肉质稍差<sup>[20]</sup>。

白小彦<sup>[21]</sup>比较了美系獭兔和比利时兔不同部位兔肉的腥味程度。结果发现美系獭兔整体腥味较重,比利时兔亦能闻到腥味,但腥味较弱。这也从一方面证明了不同品种的兔肉,肉内所含的腥味物质含量有所不同。在进行兔肉产品加工的时候,在原材料的选择上,也应有所侧重。

李先宝等<sup>[22]</sup>对獭兔肉和猪肉、鸡肉进行了感官评价,结果显示獭兔肉气味、滋味均不理想,但其汁液性、嫩度均明显优于猪肉和鸡肉,其气味不佳可能是由于其本身具有较浓的土腥味有关,嫩度明显优于鸡肉和猪肉。

### 3.2 性别

不同性别的兔肉在挥发性物质的组成上也有区别。Carrilho等<sup>[23]</sup>研究发现,性别对兔肉的营养品质影响不显著,但对其感官品质有较大影响,如公兔的腥味明显强于母兔。陈康等<sup>[24]</sup>对不同性别的伊拉兔肉挥发性风味物质进行了SPME—GC—MS分析,结果显示公兔和母兔的挥发性化合物分别有26种和48种,确定兔肉主体风味物质是醛类、烃类、醇类、酮类和呋喃类化合物。公兔与母兔共同的挥发性化合物有20种,且在母兔中检出酯类、醚类、酚类和酸类,而在公兔中未检出,母兔的挥发性风味物质明显比公兔丰富。在初步确定为腥味物质,如己醛等的含量上,相同部位的肉中,公兔含量要明显多于母兔。这也证明公兔肉的腥味要比母兔肉更重。

姜颖等<sup>[17]</sup>测定了去势公兔和正常公兔的腥味物质的组成及相对含量,得出去势公兔和正常公兔的腥味提取物共有10种化合物。在腥味物质的组成成分上,两者并无不同。但中级醛类的含量,两者差异最大。相对差异最大的是戊醛,去势公兔和正常公兔相比减少43%;绝对差异最大的是己醛,在正常公兔中的含量为0.296 mg/kg,在去势公兔中为0.195 mg/kg。这也为正常公兔兔肉在蒸煮20 min后,感官评定腥味强烈,但去势公兔兔肉同样方式处理,感官评定只有肉香味提供了理论依据。

### 3.3 肉的部位

王珺等<sup>[25]</sup>以兔肉为研究对象,采用顶空固相微萃取结合气相色谱—质谱法,以2,4,6—三甲基吡啶(简称TMP)为内标,分别对兔的前腿肌、后腿肌、背最长肌、腹肌4个部位挥发性风味成分进行定性和半定量分析。结果表明:

4 个部位中挥发性成分的种类分别有 52、42、36 和 70 种。通过对挥发性风味物质的定性分析, 确定兔肉主体风味物质为醛类、酮类、醇类、烃类化合物。在主要引起腥味的醛类物质的比较上, 在兔前腿肌中共检测出 17 种醛类物质, 总含量为 1.7620  $\mu\text{g TMP/g}$ ; 在兔后腿肌中共检测出 15 种醛类物质, 总含量为 0.8891  $\mu\text{g TMP/g}$ ; 在兔背最长肌中共检测出 12 种醛类物质总含量为 0.6086  $\mu\text{g TMP/g}$ ; 在兔腹肌中共检测出 18 种醛类物质, 总含量为 3.3605  $\mu\text{g TMP/g}$ 。

综上所述可以看出, 在初步被认定为腥味物质的重要组成成分中级醛类上, 在兔腹部肌肉中, 不论是醛类物质的数量还是总含量, 都远远超过其他部位。这也从理论上证明了实践中总结出来的“兔腹部肌肉腥味最重”的观点。

### 3.4 生长阶段

陈红霞<sup>[26]</sup>测定了不同醛类在伊拉兔生长过程中的变化。从其研究结果中可以看出, 公兔和母兔中, 腥味物质的主体成分己醛的含量整体变化趋势相似, 在腹部肌肉中含量最高。随着日龄的增加, 己醛含量逐渐增加。这也说明, 兔肉的腥味也会随着日龄的增加而逐渐加重, 在兔肉产品的加工中, 应选择合适日龄的兔子也会相对减少产品中腥味物质的含量。

## 4 腥味物质形成机制及去腥方式

### 4.1 形成机制

姜颖<sup>[27]</sup>在兔肉腥味提取物中, 未见有性激素成分存在。由此推断, 兔肉腥味的形成与猪肉腥味的产生机制有所不同, 即兔肉的腥味并不是由性激素组分直接产生的。从对正常公兔与去势公兔腥味提取物化学成分的定性定量研究结果中可知中级醛类是构成兔肉腥味的重要组分, 尤其是戊醛和己醛。而食品中级醛类的生成与脂氧合酶有着直接的联系。

脂氧合酶(lipoxygenase, 简称 LOX), 又称脂肪氧化酶, 于 1932 年首次报道, 来源于植物大豆<sup>[28]</sup>; 动物中的首次报道见于 1975 年<sup>[29-30]</sup>。它是一种含非血红素铁的蛋白质, 分子量为 90~100 KD。脂氧合酶在生物体内专一催化含有顺, 顺-1, 4 戊二烯结构的多元不饱和脂肪酸的加氧反应, 生成具有共轭双键的多元不饱和酸的氢过氧化物, 之后经酶催化(或自动)分解成各种挥发性化合物, 其中多种化合物具有腥味<sup>[31,32]</sup>。

姜颖等<sup>[33]</sup>用非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳检测去势公兔与正常公兔体内 LOX 同工酶的变化, 结果显示, 公兔去势后, LOX 同工酶的活性并未受到影响, 但体内缺少了一种 LOX 同工酶, 由此推断 LOX 同工酶 I 可能与兔肉腥味的产生有关。

白小彦<sup>[21]</sup>研究发现, 美系獭兔和比利时兔 LOX 活性值在 0.483~0.699  $\Delta\text{A}/(\text{min}\cdot\text{g})$  之内, 明显低于姜颖报道的

结果。同时, 对不同性别和不同部位不同品种的 LOX 活性进行测定发现, 当兔肉腥味重时, 其相对应 LOX 活性也较高, 兔肉 LOX 同工酶的谱带也较清楚, 说明兔肉腥味的浓淡和 LOX 活性、LOX 同工酶呈正相关。

### 4.2 去腥方式

#### 4.2.1 公兔去势是兔肉去腥最现实的办法

根据林久旺<sup>[34]</sup>的实验结论, 在蒸煮加热过程中, 未去势公兔会发出强烈腥臊味, 而去过势的兔肉则很少甚至无腥味。可见公兔去势后其腥味会明显减少, 因此, 公兔去势是现实来看最为可行、有效的办法。

#### 4.2.2 选合适品种和日龄的兔子加工

由白小彦<sup>[21]</sup>和陈红霞<sup>[26]</sup>的研究结果可知, 兔子品种的不同, 会影响肉中腥味物质的含量; 随着日龄的增长, 主要腥味物质的含量也在逐步增加。因此, 在生产兔肉制品时, 应选择腥味物质含量少的品种, 另外, 选择适宜日龄的肉兔宰杀作为原料, 可以减少产品的腥味。

#### 4.2.3 用香辛料对腥味物质进行掩盖

我国兔肉加工以传统中式产品为主。徐海祥等<sup>[35]</sup>运用微生物发酵制作成熟的兔肉制品, 成品切开品尝, 色泽鲜红, 有浓郁的香味, 口感微辣稍甜, 无土腥味。张鹏等<sup>[36]</sup>以鲜兔肉为主要原料, 添加天然香辛料, 开发研究新风味兔肉丝休闲食品, 感官评价卤香味浓郁, 掩盖了兔肉的草腥气味, 品质较佳。董义等<sup>[37]</sup>利用现代肉制品加工工艺和保藏技术, 对传统香辣兔肉工艺进行优化, 开发出一种开袋即食的兔肉食品, 感官评价有熟制兔肉香味和香辣味, 略带焦香和油香, 香味浓郁协调, 无兔腥味。陈兴等<sup>[38]</sup>在卤味兔肉加工中, 简化了传统的酱卤工艺, 添加适当的香料, 不但去除了兔肉的腥膻, 而且可以增香, 赋予兔肉完美的酱香风味。杨杰等<sup>[39]</sup>研制的兔肉糕产品, 通过加入猪脂、植物蛋白, 能较好地掩盖兔肉固有的异味, 同时加强了香辛料的风味, 使得产品口味圆润丰满。可见, 在现有的兔肉产品中, 基本上都是用传统的加工方式和香辛料来对兔肉的腥味物质进行一定程度的掩盖, 以期让消费者接受。这是一种较为方便、快捷的去腥方式, 也为越来越多的兔肉产品生产厂家所采用。

#### 4.2.4 抑制 LOX 活性, 减少宰后腥味物质的生成

脂氧合酶在生物体内会分解脂肪酸, 生成各种挥发性化合物, 其中多种化合物具有腥味。可以用一定的方法, 在兔子屠宰后, 抑制体内 LOX 同工酶的活性, 从而减少宰后腥味物质的生成。有相关文献报道, 以厚朴为代表的某些中草药提取液有显著的抗氧化功能<sup>[40-41]</sup>。章银良等<sup>[31]</sup>发现, 厚朴和白芍对脂肪氧合酶活性有较好的抑制作用。根据其研究结果, 选择在兔肉屠宰经过预处理后, 用厚朴和白芍或其提取液对其进行处理, 可以减少宰后腥味物质的生成, 对兔肉产品的风味改善有一定的作用和意义。

## 5 展望

随着现代社会的发展和人们对于饮食、健康要求的提高,被称为“保健肉”、“美容肉”的兔肉必将越来越受到广大消费者的接受和喜爱,市场潜力非常巨大。但兔肉本身的草腥味又让很多想“鱼和熊掌”兼得的消费者望而却步,因此,在兔肉产品的加工和开发中,兔肉去腥成为当前迫切解决的问题。本综述总结了当今对兔肉腥味物质研究的一些文献,并结合现在研究的实际情况,提出了一些去腥的方法,以期为进一步开展相关研究和生产应用提供方向。

### 参考文献

- [1] 杨佳, 杨佳艺, 王国栋, 等. 兔肉营养特点与人体健康[J]. 食品工业科技, 2012, (12): 422-426.  
Yang J, Yang JY, Wang GD, *et al*. Nutritive characteristic of rabbit meat and human health [J]. *Sci Tech Food Ind*, 2012, (12): 422-426.
- [2] Antonella DZ, Zsolt S. The role of rabbit meat as functional food [J]. *Meat Sci*, 2011 88(3): 319-331.
- [3] 周永昌, 稽生荣, 于金尚. 21 世纪的兔肉加工业[J]. 肉类工业, 2001, (2): 46-48.  
Zhou YC, Ji SR, Yu JS. Rabbit meat processing industry in 21 Century [J]. *Meat Ind*, 2001(2): 46-48.
- [4] 陈忠法. 兔肉的营养特点和国内外生产消费情况[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2003, (2): 34-35.  
Chen ZF. The nutrition and characteristics of rabbit meat and production and consumption situation in domestic and foreign countries [J]. *Shanghai J Ani Husb Veter Med*, 2003, (2): 34-35.
- [5] 李洪军, 贺稚非, 薛山, 等. 国内外兔肉营养与加工研究的比较分析 [C]. 第三届(2013)中国兔业发展大会会刊: 62-65.  
Li HJ, He ZF, Xue S, *et al*. Comparative analysis of domestic and foreign meat nutrition and process research[C]. *JCRIDC(2013)*: 62-65.
- [6] 俞红仙, 李洪军, 刘英, 等. 兔肉生产加工现状及其发展前景探讨 [J]. 肉类研究, 2008, (9): 69-74.  
Yu HX, Li HJ, Liu Y, *et al*. Present situation and development of rabbit meat processing [J]. *Meat Res*, 2008, (9): 69-74.
- [7] Rivasca EA, Juezojeda C, Nue ZM, *et al*. Effects of high-pressure processing on the volatile compounds of sliced cooked pork shoulder during refrigerated storage [J]. *Food Chem*, 2011, 124(3): 749-758.
- [8] Rivasca EA, Juezojeda C, Nue ZM, *et al*. Volatile compounds in ground beef subjected to high pressure processing: A comparison of dynamic headspace and solid-phase microextraction [J]. *Food Chem*, 2011, 124(3): 1201-1207.
- [9] Lee KH, Yun H, Lee JW, *et al*. Volatile compounds and odor preferences of ground beef added with garlic and red wine, and irradiated with charcoal pack [J]. *Radiat Phys Chem*, 2012, 81(8): 1103-1106.
- [10] Watkins PJ, Rose G, Warner RD, *et al*. A comparison of solid-phase microextraction (SPME) with simultaneous distillation-extraction (SDE) for the analysis of volatile compounds in heated beef and sheep fats [J]. *Meat Sci*, 2012, 91(2): 99-107.
- [11] Sun WZ, Zhao QZ, Zhao HF, *et al*. Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage [J]. *Food Chem*, 2010, 121(2): 319-325.
- [12] Risticvic S, Niri VH, Vuckovic D, *et al*. Recent developments in solid-phase microextraction [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2009, 393(3): 781-795.
- [13] Duan CF, Shen Z, Wu DP, *et al*. Recent developments in solid-phase microextraction for on-site sampling and sample preparation [J]. *Trend Anal Chem*, 2011, 30(10): 1568-1574.
- [14] Dong L, Piao YZ, Zhang X, *et al*. Analysis of volatile compounds from a malting process using headspace solid-phase micro-extraction and GC-MS [J]. *Food Res Int*, 2013, 51(2): 783-789.
- [15] 刘春红. 固相微萃取技术及其在国内食品领域中的应用[J]. 生命科学仪器, 2009, 7(2): 23-27.  
Liu CH. Application of solid phase microextraction in food field [J]. *Life Sci Ins*, 2009, 7(2): 23-27.
- [16] 张振华, 翟颖, 沈幼章. 兔肉腥味来源的初步分析[J]. 中国养兔杂志, 1997, (5): 3-4.  
Zhang ZH, Zhai P, Shen YZ. Preliminary analysis of rabbit meat grass flavor [J]. *Chin J Rabbit Far*, 1997, (5): 3-4.
- [17] 姜颖, 张振华, 张益民, 等. 兔肉腥味物质的提取与鉴定[J]. 分析科学学报, 2002, 18(4): 300-302.  
Jiang Y, Zhang ZH, Zhang YM, *et al*. Extraction and identification of volatiles from rabbit meat [J]. *J Anal Sci*, 2002, 18(4): 300-302.
- [18] 张益民, 张振华, 周培根. 兔肉腥味物质的提取与鉴定[J]. 分析化学研究报告, 2001, 29(7): 859.  
Zhang YM, Zhang ZH, Zhou PG. Extraction and identification of volatiles from rabbit meat [J]. *Chin J Anal Chem*, 2001, 29(7): 859.
- [19] 蒋爱民, 赵丽琴. 食品原科学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007: 105.  
Jiang AM, Zhao LQ. *Food Material* [M]. Nanjing: Southeast University Press, 2007: 105.
- [20] 徐成文. 肉兔的品种及饲养管理[J]. 特种经济动植物, 2013, (12): 8,14.  
Xu CW. Rabbits breed and feeding management [J]. *Spel Eco Ani Plant*, 2013, (12): 8,14.
- [21] 白小彦. 美系獭兔血液指标、肉质特性及腥味的研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.  
Bai XY. Studies on blood characteristics, meat quality and the meat flavor of American Strain Rex rabbit [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2011.
- [22] 李先宝, 汪辉师. 法系獭兔产肉性能与肉质分析[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 69-73.  
Li XB, Wang HS. Meat performance and quality of French Rex rabbit [J]. *Food Sci*, 2008, 29(12): 69-73.
- [23] Carrilho MC, Campo MM, Olleta JL, *et al*. Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbits [J]. *Meat Sci*, 2009, 82(1): 37-43.
- [24] 陈康, 李洪军, 贺稚非, 等. 不同性别伊拉兔兔肉挥发性风味物质的 SPME-GC-MS 分析[J]. 食品科学, 2014, (35): 98-102.  
Chen K, Li HJ, He ZF, *et al*. ME-GC-MS analysis of volatile flavor compounds in male and female Ira rabbit meat[J]. *Food Sci*, 2014, (35): 98-102.
- [25] 王珺, 贺稚非, 李洪军, 等. 顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱法分析兔肉的挥发性风味物质[J]. 食品科学, 2013, (34): 212-217.  
Wang J, He ZF, Li HJ, *et al*. Determination of flavor compounds in rabbit meat by HS-SPME/GC-MS[J]. *Food Sci*, 2013, (34): 212-217.
- [26] 陈红霞. 伊拉兔生长过程中挥发性风味物质的变化及其定量研究 [D].

- 重庆: 西南大学, 2014.
- Chen HX. Quantitative study on changes of volatile flavor compounds of Hyla rabbit during the growth [D]. Chongqing: Southwest University, 2014.
- [27] 姜颖. 兔肉腥味物质的鉴定及其形成机制初探&人胎肝磷酸化蛋白质表达谱的构建 [D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- Jiang Y. Identification of volatiles from rabbit meat and the primary study on its production mechanism & profiling of phosphorylated proteins in Human fetal liver [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003.
- [28] Andre E, Hou KW. The presence of a lipid oxidase in soybean, Glycine Soya [J]. *Leib C R Acad Sci, (Paris)*1932, 194: 645–647.
- [29] Nugteren DH. A raehidonate lipoxygenase in blood Platelets [J]. *Biophys Acta*, 1975, 380: 299–307.
- [30] Sehewe T. A lipoxygenase in rabbit reticulocytes which attacks phospholipids and intact mitochondria [J]. *FEBS Lett*, 1975, 60: 149–152.
- [31] 章银良, 闫克玉, 马庆一. 脂氧合酶活性研究及其对食品质量的影响 [J]. *食品工业科技*, 2002, 23(7): 22–24.
- Zhang YL, Yan KY, Ma QY. Study on enzyme activity of lipoxygenase and its effect on food quality [J]. *Sci Tech Food ind*, 2002, 23(7): 22–24.
- [32] Eskin NAM. Biochemistry of lipoxygenase EC-1,13,11,12 in relation to food quality [J]. *Crit Rev food Sci Nur*, 1997, 9: 1–4.
- [33] 姜颖, 张益民, 张振华, 等. 去势公兔腥味物质及其脂氧合酶同工酶的研究 [J]. *南京农业大学学报*, 2002, 25(1): 89–92.
- Jiang Y, Zhang YM, Zhang ZH, *et al*. Study on the odor compounds and lipoxygenase isoenzymes in castrated male rabbit vivo [J]. *J Nanjing Agric University*, 2002, 25(1): 89–92.
- [34] 林久旺. 獭兔去势的效果调查 [J]. *中国养兔杂志*, 1993, (1): 10–11.
- Lin JW. Investigation of the effect of castration of Rex Rabbit [J]. *Chin J Rabbit Farming*, 1993, (1): 10–11.
- [35] 徐海祥, 李志芳. 发酵香辣兔肉的研制 [J]. *肉类工业*, 2008, (7): 9–10.
- Xu HX, Li ZF. Research on fermented piquancy rabbit meat [J]. *Meat Ind*, 2008, (7): 9–10.
- [36] 张鹏, 刘学文, 阮仁政. 新风味兔肉生产工艺的开发研究 [J]. *食品工业*, 2009, (5): 17–18.
- Zhang P, Liu XW, Ruan RZ. Development of New flavour rabbit meat silk production technology [J]. *Food Ind*, 2009, (5): 17–18.
- [37] 董义, 曾里. 即食香辣兔肉加工工艺的研究 [J]. *江苏调味副食品*, 2011, 28(3): 34–38.
- Dong Y, Zeng L. Processing technology of instant spicy rabbit mea [J]. *Jiangsu Condiment Subsidiary Food*, 2011, 28(3): 34–38.
- [38] 陈兴, 盛本国, 王军锋, 等. 卤味兔肉加工工艺 [J]. *肉类工业*, 2012, (5): 6–7.
- Chen X, Sheng BG, Wang JF, *et al*. Processing technology of assorted spiced rabbit meat [J]. *Meat Ind*, 2012, (5): 6–7.
- [39] 杨杰, 翟频, 傅泽红, 等. 兔肉糕的制作 [J]. *兔产品开发*, 2003, (6): 32.
- Yang J, Zhai P, Fu ZH, *et al*. Rabbit meat loaf [J]. *Chin J Rabbit Farming*, 2003, (6): 32.
- [40] 孟洁, 胡迎芬, 胡博路. 厚朴抗氧化作用研究 [J]. *中国油脂*, 2000, 25(4): 30–33.
- Meng J, Hu YF, Hu BL. Study on the Anti-oxidative of Magnolia Officialinal [J]. *Chin Oils Fats*, 2000, 25(4): 30–33.
- [41] 刘燕, 杨智玲, 魏法山, 等. 天然抗氧化剂的研究现状 [J]. *粮油加工*, 2014, (4): 66–70.
- Liu Y, Yang ZL, Wei FS, *et al*. Research status of natural antioxidants [J]. *Grain oil Sci Tech*, 2014, (4): 66–70.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



朱成林, 在读硕士研究生, 主要研究方向为畜产品加工与质量安全控制。

E-mail: woruochenglin@163.com



李 诚, 教授, 主要研究方向为畜产品加工与质量安全控制。

E-mail: lichenglcp@163.com