

不同加热方式对腌制鸭肉蛋白质溶解度的影响

姜鹏祥¹, 李婷婷², 童今柱¹, 杨登玲¹, 范远景^{1*}, 刘培志³, 李怀仁³ (1. 合肥工业大学食品科学与工程学院, 安徽合肥 230009; 2. 安徽省质量和标准化研究院, 安徽合肥 230051; 3. 安徽刘郎食品有限公司, 安徽宣城 242000)

摘要 [目的]研究不同加热方式下腌制鸭肉蛋白变化。[方法]以鸭肉为原料、在10%盐水中腌制, 采用水浴、红外、微波3种方式加热, 对比肌原纤维蛋白、总可溶性蛋白、肌浆蛋白的溶解度, 观察鸭肉中蛋白质变化情况。[结果]以3种加热方式处理的鸭肉肌浆蛋白质溶解度呈随温度升高而下降趋势, 其中红外加热方式随温度升高溶解度显著降低($P < 0.05$); 水浴加热、微波加热中温度间影响对蛋白溶解度变化存在部分显著性下降($P < 0.05$)。[结论]采用不同加热方式进行腌制, 水浴加热对蛋白质影响较小。

关键词 鸭肉; 加热方式; 肌原纤维蛋白; 总可溶性蛋白; 肌浆蛋白; 溶解度

中图分类号 TS201.2⁺1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)01-0163-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.01.049

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of Different Heating Methods on Protein Solubility of Cured Duck Meat

LOU Peng-xiang¹, LI Ting-ting², TONG Jin-zhu¹ et al (1. School of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009; 2. Anhui Institute of Quality and Standardization, Hefei, Anhui 230051)

Abstract [Objective] To study the changes of protein in pickled duck meat at different temperatures. [Method] Duck meat was used as raw material and marinated in 10% saline environment. The solubility of myofibrillar protein, total soluble protein and myosinogen protein was compared by three experiments (experimental): water bath heating, infrared heating and microwave heating. To observe the changes of protein in duck meat and analyze the solubility of sarcoplasmic protein, total soluble protein and sarcoplasmic protein. [Result] The protein solubility of duck muscle sarcoplasmate treated with three heating methods decreased with the increase of temperature, the effect of infrared heating method on temperature decreased significantly ($P < 0.05$). The effect of temperature on the protein solubility change was partially decreased between water bath heating and microwave heating ($P < 0.05$). [Conclusion] Using water bath heating had less effect on protein.

Key words Duck meat; Heating method; Myofibrillar protein; Total soluble protein; Myosinogen protein; Solubility

鸭肉营养丰富、风味独特, 且具有食疗保健的功能。其做成的鸭肉制品属高蛋白、低脂肪、低胆固醇食品, 备受消费者青睐^[1]。鸭肉蛋白主要由3部分组成, 分别为不溶性蛋白(包括肌基质蛋白和热处理后的变性蛋白)、水溶性蛋白(主要成分为肌浆蛋白)以及盐溶性蛋白(主要成分为肌原纤维蛋白)。肉品加工过程中加热是常用方法, 鸭肉加热后, 某些蛋白受热后构象发生改变, 蛋白质之间存在的作用力和蛋白质的三维空间结构被打乱, 从而拆裂了细胞的骨架结构, 加快了纤维蛋白的分解速度^[2], 还从某种程度上提高了肌球蛋白的降解程度。邓少颖等^[3]研究发现, 经加热处理后, 肌球蛋白在45℃环境下没有产生明显的降解情况, 但在加热温度为50~65℃的环境下, 肌球蛋白的降解程度明显上升。邹良亮等^[4]研究发现, 高温处理的牛背最长肌中蛋白质高度降解, 肉中蛋白质组分发生了明显变化, 水溶性蛋白和盐溶性蛋白含量均随加热温度的升高和时间的延长而急剧下降。目前在加工过程中并没有以加热方式进行腌制, 笔者通过研究不同加热方式对鸭肉肌原纤维蛋白、肌浆蛋白及总可溶性蛋白含量的影响, 以期选择一种对腌制鸭肉蛋白质影响较低的加热方式, 从而为促进鸭肉高效生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 鸭胸肉、食盐, 均购置于当地超市; 牛血清白蛋

基金项目 安徽省科技厅高品质鸭禽产品精深加工及产业化开发项目(15CZZ03114); 安徽省鸭肉制品工程技术研究中心项目(201306G1054)。

作者简介 姜鹏祥(1993—), 男, 安徽合肥人, 硕士研究生, 研究方向: 食品质量与安全。*通信作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事食品科学研究。

收稿日期 2018-08-14

白, 分析纯, 上海源聚生物科技有限公司; 碘化钾, 分析纯, 天津市大茂化学试剂厂; 硫酸铜, 分析纯, 天津市光复科技发展有限公司; 酒石酸钾钠, 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 氯化钠, 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 硝酸银, 分析纯, 上海晶纯生化科技股份有限公司; 氯化镁, 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备 YB型系列电子天平, 上海安亭科学仪器厂; 752紫外-可见光分光光度计, 上海菁华科技仪器有限公司; TGC-16C台式离心机, 上海亚荣生化仪器厂; YHG-9202-2型红外干燥箱, 扬州市三发电子有限公司; HH-2孔数显水浴锅, 上海菁华科技仪器有限公司; WP800TL23-K3型微波炉, 格兰仕微波炉电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 原料肉处理。参考殷燕涛^[5]的方法, 将鸭肉洗净分切成大小相同肉样, 将鸭肉放入配置好的10%盐水溶液中, 采用3种加热方式。

1.3.1.1 水浴加热。分别在水浴温度为25、60、70、80、90℃条件下处理10、20、30、40 min, 做3组平行

1.3.1.2 红外加热。分别在红外加热温度为25、60、70、80、90℃条件下处理1、2、3、4 h, 做3组平行。

1.3.1.3 微波加热。在微波加热常温(25℃)、中低火、中火、中高火、高火条件下处理1、2、3、4 min, 做3组平行。

1.3.2 肌原纤维蛋白提取。参考李清正等^[6]的方法, 略做改动。取10 g肉, 加入40 mL pH 7.0的50 mmol/L磷酸缓冲液(含0.1 mol/L NaCl, 1 mmol/L 乙二胺四乙酸, 2 mmol/L MgCl₂), 均质后于4℃、8 000 r/min离心15 min, 倾去上清

液,沉淀重复上述步骤1次。所得沉淀加入20 mL冷的0.1 mol/L NaCl溶液,4 ℃、8 000 r/min离心15 min,倾去上清液,沉淀重复洗涤1次。最后所得沉淀即为肌原纤维蛋白,用双缩脲试剂法测定,重复3次。

1.3.3 肌浆蛋白的提取。以1:10的肉液比加入冰浴磷酸钾缓冲液(0.025 mol/L,pH 7.2),匀浆均质(6 500 r/min),间隔30 s。再将匀浆液放在4 ℃的恒温振荡器上提取12 h,冷冻离心,取上清液,用双缩脲试剂法测定,重复3次。

1.3.4 总可溶性蛋白的提取。称量1 g经处理好的样品于50 mL离心管中,以肉液比1:20添加冰浴碘化钾提取液(1.1 mol/L碘化钾溶于0.1 mol/L磷酸钾缓冲液,pH 7.2),匀浆均质(6 500 r/min),间隔30 s。再将匀浆液放在4 ℃的恒温振荡器上提取12 h,冷冻离心,取上清液,用双缩脲试剂法测定,重复3次。

1.4 统计分析 运用origin 9.0做图,采用SPSS22.0统计软件处理所得数据。

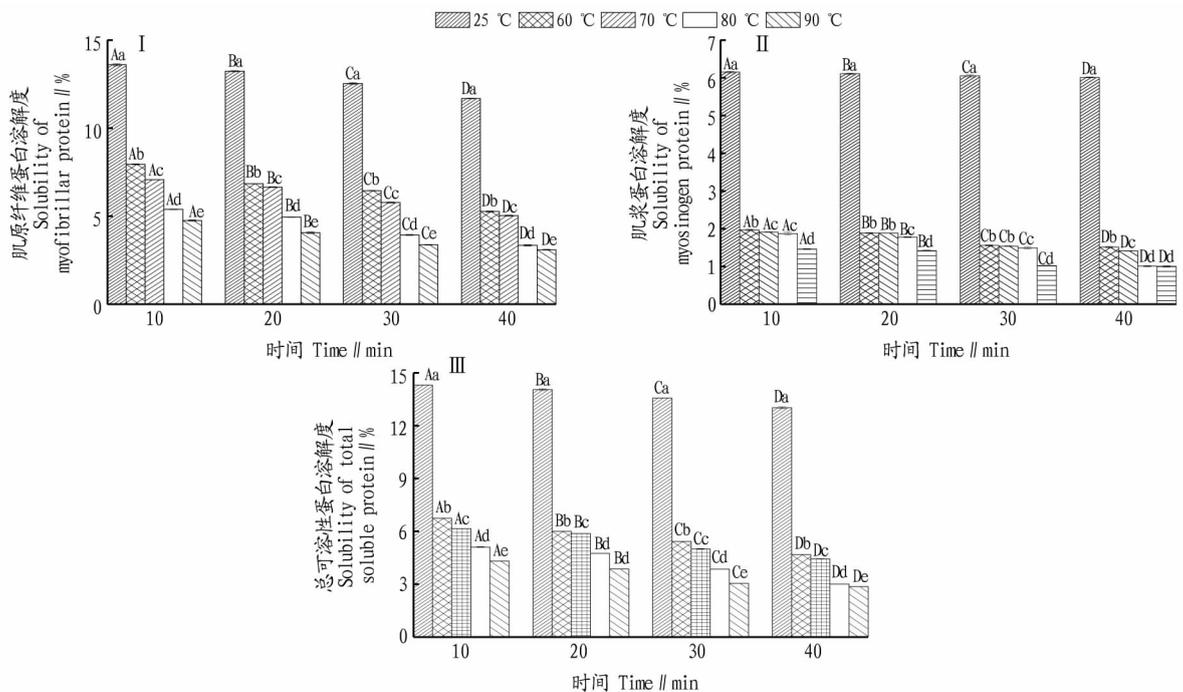
2 结果与分析

2.1 水浴加热方式下蛋白溶解变化规律 由图1可知,随着初始加热温度的升高以及时间的延长,肌原纤维蛋白、肌浆蛋白、总可溶性蛋白3种蛋白含量下降。图1 I为肌原纤维蛋白在水浴加热过程中的溶解变化趋势。随着温度升高、加热时间延长,蛋白溶解度下降。比较同一处理时间,温度升高会引起肌原纤维蛋白溶解度下降,温度作用影响溶解度变化,通过差异显著性分析可知溶解度显著降低($P<0.05$),温度对肌原纤维蛋白含量起主要影响。随着鸭肉内部核心

温度升高,肌原纤维蛋白的二级结构中 α 螺旋的占比大,使鸭肉中蛋白质 α 螺旋含量急剧降低,巯基减少,巯基被氧化成二硫键^[7-9],蛋白质构象发生变化。

图1 II为肌浆蛋白在水浴加热过程中的溶解变化趋势。随加热时间增加、温度升高,肌浆蛋白溶解度降低。相同处理时间,随温度升高,肌浆蛋白溶解度下降。说明处理温度与加热时间在一定范围内对蛋白质溶解度具有显著性影响($P<0.05$)。相同水浴加热时间,肌原纤维蛋白的变性温度比肌浆蛋白稍低,与Belibagli等^[10]研究结果较为一致,可能是分子量较大的肌浆蛋白分子受热降解成多肽、氨基酸等小分子物质所致^[11-13]。水浴10 min在70 ℃与80 ℃条件下二者不显著;水浴20 min在60 ℃与70 ℃条件下二者不显著;水浴30 min在60 ℃与70 ℃条件下二者不显著;水浴40 min在80 ℃与90 ℃条件下二者不显著;水浴温度为90 ℃时在30 min与40 min条件下二者不显著,因为肌浆蛋白为水溶性蛋白,肌浆蛋白变性温度大约在65 ℃,水浴传热速率缓慢,未达到肉体蛋白变性温度。传热初期随着温度上升,水中盐分子活性增加,从而快速渗透进肌肉组织,增加肌肉内食盐浓度,使得盐溶性蛋白析出从而使得肌浆蛋白分解^[14]。

图1 III为总可溶性蛋白在水浴过程中的溶解变化趋势。随着水浴温度升高,总可溶性蛋白溶解度下降。相同时间下总可溶性蛋白溶解度随着温度的升高而减少,相同温度不同时间下总可溶性蛋白溶解度下降($P<0.05$),说明2种条件均对总可溶性蛋白含量产生影响。



注:大写字母不同表示相同处理温度不同腌制时间差异显著($P<0.05$);小写字母不同表示相同腌制时间不同处理温度差异显著($P<0.05$)

Note: Different capital letters indicate that the same treatment temperature and different curing time have significant differences ($P<0.05$); the lowercase letters indicate that the same curing time and different treatment temperatures have significant differences ($P<0.05$)

图1 水浴加热时肌原纤维蛋白(a)、肌浆蛋白(b)、总可溶性蛋白(c)的溶解度变化

Fig. 1 Solubility of myofibrillar protein (a), myosinogen protein (b), total soluble protein (c) during heating in water bath

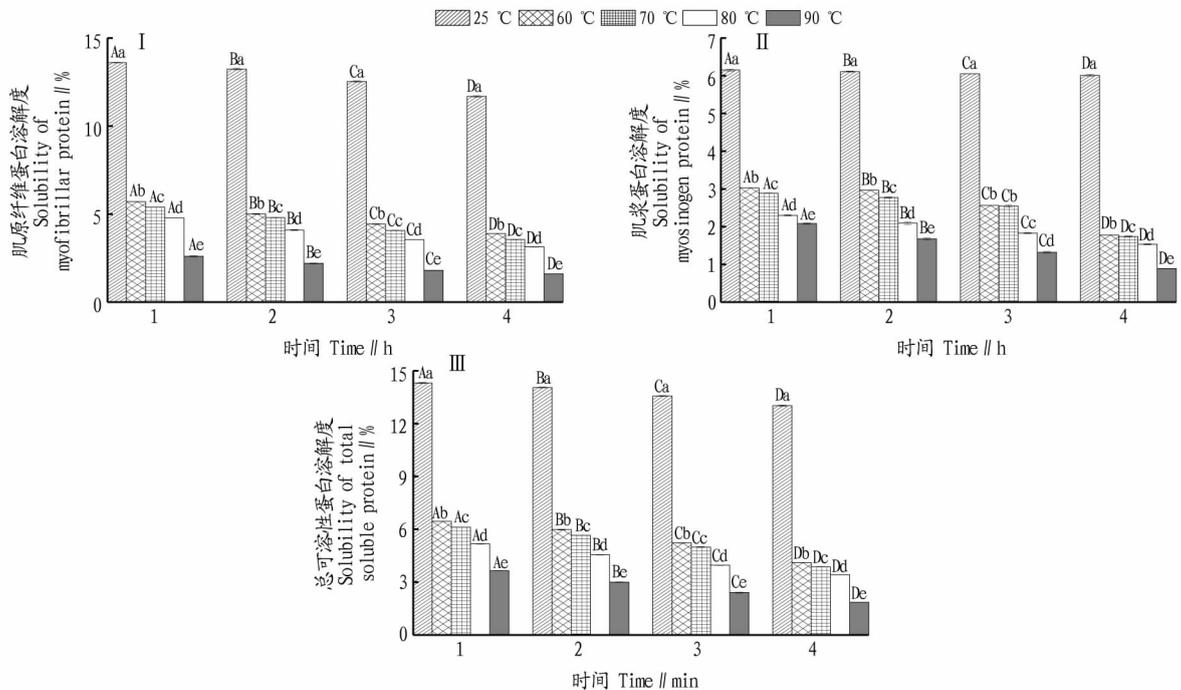
2.2 红外加热方式下蛋白溶解变化规律 由图 2 可知,随着红外加热温度升高和处理时间延长,肌原纤维蛋白、肌浆蛋白、总可溶性蛋白这 3 种蛋白含量趋于下降趋势。

图 2 I 为肌原纤维蛋白在红外加热过程中的溶解变化趋势。随着温度升高、加热时间延长,蛋白溶解度下降。对比相同时间下,温度升高肌原纤维蛋白溶解度下降。温度对肌原纤维蛋白具有影响。温度升高蛋白质溶解过程疏水氨基酸基团暴露形成分子间氢键,蛋白分子由原来的卷曲紧密结构舒展开来,分子内部的疏水基团暴露在蛋白质表面,从而使分子外部的亲水基团相对减少,致使溶解性降低^[15]。在相同处理温度下处理时间增加溶解度下降显著($P <$

0.05),说明处理时间对鸭肉的蛋白溶解度有影响。

图 2 II 为肌浆蛋白在红外加热过程中的溶解变化趋势。红外加热随着处理时间及温度不同,肌浆蛋白的溶解度下降。在红外处理 3 h 时温度为 60 °C 与 70 °C 对肌浆蛋白溶解度无显著性变化。红外加热是由肉体内部升温加热开始,导致肉中的水分蒸发,肉中的水分含量降低,伴随着温度上升,蛋白中的氢键含量降低,引起肌浆蛋白溶解度降低^[16]。

图 2 III 为总可溶性蛋白在红外加热过程中的溶解变化趋势。总可溶性蛋白随着红外温度的升高其溶解度下降。在相同时间下,温度升高总可溶性蛋白的溶解度下降,差异显著($P < 0.05$)。2 种条件均对总可溶性蛋白有影响。



注:大写字母不同表示相同处理温度不同腌制时间差异显著($P < 0.05$);小写字母不同表示相同腌制时间不同处理温度差异显著($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate that the same treatment temperature and different curing time have significant differences ($P < 0.05$); the lowercase letters indicate that the same curing time and different treatment temperatures have significant differences ($P < 0.05$)

图 2 红外加热时肌原纤维蛋白(a)、肌浆蛋白(b)、总可溶性蛋白(c)的溶解度变化

Fig. 2 Solubility of myofibrillar protein (a), myosinogen protein (b), total soluble protein (c) during heating by infrared rays

2.3 微波加热方式下蛋白溶解变化规律 由图 3 可知,随着初始加热温度的升高以及时间的延长,肌原纤维蛋白、肌浆蛋白、总可溶性蛋白含量下降。

图 3 I 为微波加热处理下肌原纤维蛋白溶解趋势。随着微波火力增加以及加热时间的延长,肌原纤维蛋白质溶解程度降低($P < 0.05$)。这表明加热温度与加热时间皆对肌原纤维蛋白质溶解度有影响。因为微波加热是在强电磁场下物质中的极性分子与无极性分子进行重新排列^[17],使得肌原纤维的溶解受到巯基含量的影响,活性巯基的含量受到微波加热的影响。微波加热档增大,活性巯基含量下降^[18]。

图 3 II 为微波加热处理下肌浆蛋白溶解趋势。随着微波火力增加和处理时间增加,肌浆蛋白溶解程度下降。加热温度、加热时间对肌浆蛋白溶解下降的影响皆具有显著性

($P < 0.05$)。随着微波辐照强度增大,蛋白质结构发生解聚和聚集,这种交联现象使得肌浆蛋白中的亲水基团发生改变,肌浆蛋白中表面疏水性基团增加、表面疏水性增强^[19-20]。

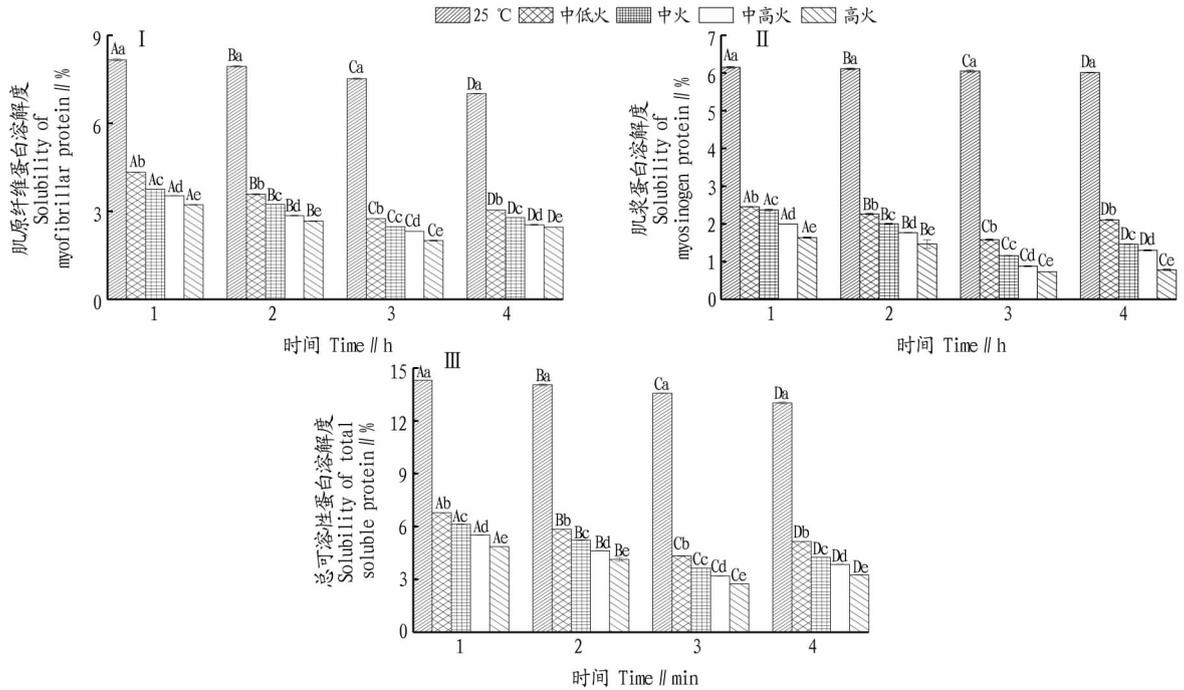
图 3 III 为微波加热处理下总可溶性蛋白溶解趋势。随着微波火力增加以及时间延长,总可溶性蛋白溶解程度下降。相同时间火力升高及相同火力不同时间下蛋白溶解度均下降,差异显著($P < 0.05$)。说明处理时间与火力均对总可溶性蛋白含量下降具有影响。

3 结论

通过试验证明不同的加热方式、加热时间都对于肌原纤维蛋白、肌浆蛋白、总可溶性蛋白溶解度有影响,但 3 种加热方式对蛋白质溶解度的影响有差异。其中红外辐射加热对蛋白质溶解度变化影响较大,因红外线具有穿透力,对肉中蛋白分子产生共振,使得蛋白结构破坏,蛋白质大量损失;水

浴加热、微波加热对肌浆蛋白溶解度影响存在部分不显著性变化,说明水浴加热时盐分子的无规则运动以及微波加热幅

照对鸭肉中的极性分子与非极性分子进行重新排列,蛋白质结构改变可能是引起蛋白溶解度降低的主要因素。



注:大写字母不同表示相同处理温度不同腌制时间差异显著($P < 0.05$);小写字母不同表示相同腌制时间不同处理温度差异显著($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate that the same treatment temperature and different curing time have significant differences ($P < 0.05$); the lowercase letters indicate that the same curing time and different treatment temperatures have significant differences ($P < 0.05$)

图3 微波加热时肌原纤维蛋白(a)、肌浆蛋白(b)、总可溶性蛋白(c)的溶解度变化

Fig. 3 Solubility of myofibrillar protein (a), myosinogen protein (b), total soluble protein (c) during heating by microwave

参考文献

- [1] BAŠIĆ M, IVANOVIĆ J, MAHMUTOVIĆ H, et al. Duck meat in human nutrition [J]. Tehnologija mesa, 2015, 56(1): 50–57.
- [2] 李超, 徐为民, 王道营, 等. 加热过程中肉嫩度变化的研究 [J]. 食品科学, 2009, 30(11): 262–265.
- [3] 邓少颖, 王道营, 张牧焱, 等. 鸭胸肌肉加热过程中肌动球蛋白解离研究 [J]. 食品科学, 2015, 36(1): 1–5.
- [4] 邹良亮, 康怀彬, 张慧芸, 等. 高温处理对牛肉蛋白质组分及其降解的影响 [J]. 食品与机械, 2017(11): 18–22, 27.
- [5] 殷燕涛. 脉动正负压对鸭肉腌制的影响 [D]. 扬州: 扬州大学, 2015.
- [6] 李清正, 张顺亮, 罗永康, 等. 温度对复合肌原纤维蛋白结构及其表面疏水性的影响 [J]. 肉类研究, 2017, 31(2): 6–10.
- [7] LEYGONIE C, BRITZ T J, HOFFMAN L C. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliobfularis* [J]. Meat science, 2012, 91(3): 364–368.
- [8] 潘锦锋, 沈慧星, 尤娟, 等. 草鱼肌原纤维蛋白加热过程中理化特性的变化 [J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(6): 17–22.
- [9] 孙丽. 金枪鱼肉在蒸煮过程中品质特性变化的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [10] BELIBAGLI K B, SPEERS R A, PAULSON A T. Thermophysical properties of silver hake and mackerel surimi at cooking temperatures [J]. Journal of food engineering, 2003, 60(4): 439–448.
- [11] YONGSAWATDIGUL J, PARK J W. Thermal denaturation and aggregation of threadfin bream actomyosin [J]. Food chemistry, 2003, 83(3): 409–416.
- [12] TORNERBERG E. Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products [J]. Meat science, 2005, 70(3): 493–508.
- [13] KIJOWSKI J M, MAST M G. Thermal properties of proteins in chicken broiler tissues [J]. Journal of food science, 1988, 53(2): 363–366.
- [14] 李鹏, 李沛然, 郭耀华, 等. pH 变化对鲮鱼肌浆蛋白理化和功能特性的影响 [J]. 食品研究与开发, 2014, 35(6): 3–7.
- [15] 孙佳悦, 钱方, 姜淑娟, 等. 基于红外光谱分析热处理对牛乳蛋白质二级结构的影响 [J]. 食品科学, 2017, 38(23): 82–86.
- [16] 李晓龙, 刘书成, 解万翠, 等. 远红外和水煮加热虾仁变化规律研究 [C] // “食品工业新技术与新进展”学术研讨会暨 2014 年广东省食品学会年会论文集. 广州: 广东省食品学会, 2014.
- [17] 牟群英, 李贤军. 微波加热技术的应用与研究进展 [J]. 物理, 2004, 33(6): 438–442.
- [18] 张天义. 微波加热对猪肉中蛋白质及苯并芘形成的影响研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [19] QASEM R J. The effect of microwave thermal denaturation on release properties of bovine serum albumin and gluten matrices [J]. AAPS PharmSciTech, 2006, 7(1): 1–7.
- [20] 涂宗财, 马达, 王辉, 等. 超声波对鸡肉肌浆蛋白理化性质和结构的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(19): 32–36.

(上接第 157 页)

- [23] UDENIGWE C C, WU S H, DRUMMOND K, et al. Revisiting the prospects of plastein: Thermal and simulated gastric stability in relation to the antioxidative capacity of casein plastein [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2014, 62(1): 130–135.
- [24] HIGAKI N, SATO K, SUDA H, et al. Evidence for the existence of a soybean resistant protein that captures bile acid and stimulates its fecal excretion [J]. Journal of the agricultural chemical society of Japan, 2006, 70(12): 2844–2852.
- [25] BROWNELL V L, WILLIAMS R J H, ANDREWS A T. Application of the plastein reaction to mycoprotein: II. Plastein properties [J]. Food chemistry, 2001, 72(3): 337–346.