



不同解冻方法对鸭肉品质的影响

张帆¹, 范远景^{1*}, 刘培志², 王明和², 耿保玉¹, 孟静¹, 龚涛¹

(1.合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽 合肥 230009; 2.刘郎食品有限公司, 安徽 宣城 242000)

摘要:以水分含量、解冻损失、蒸煮损失、pH值、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、质构、色差及蛋白溶解度为指标, 研究4℃冷藏解冻、25℃室温解冻、未包装静水解冻(25℃)、静水解冻(水温分别为15、25、35、45℃)对冷冻鸭肉品质的影响。结果表明: 4℃冷藏解冻条件下鸭胸肉的解冻损失最低($P < 0.05$); 未包装解冻条件下的肉TBA值最大($P < 0.05$), 其硬度也最低($P < 0.05$); 静水解冻过程中, 随温度升高, pH值逐渐增大, 总可溶性蛋白溶解度有所降低。结论: 解冻温度与是否包装对鸭胸肉品质影响较大, 未包装解冻及温水解冻对鸭胸肉整体品质有不利影响。

关键词: 解冻方法; 鸭肉; 品质

Effect of Different Thawing Methods on the Quality of Duck Meat

ZHANG Fan¹, FAN Yuanjing^{1*}, LIU Peizhi², WANG Minghe², GENG Baoyu¹, MENG Jing¹, GONG Tao¹

(1.School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Liulang Food Co. Ltd., Xuancheng 242000, China)

Abstract: This work studied the effect of different thawing methods (refrigerator thawing at 4℃, air thawing at 25℃, water thawing without packaging at 25℃, and water thawing with packaging at 15, 25, 35 or 45℃) on the quality attributes of frozen duck meat such as thawing loss, cooking loss, pH value, thiobarbituric acid (TBA) value, color, texture and protein solubility. The results showed that frozen duck meat had the lowest thawing loss when it was thawed at 4℃ condition ($P < 0.05$). Water thawing without packaging at 25℃ gave the highest TBA value ($P < 0.05$) and simultaneously the lowest hardness ($P < 0.05$). For water thawing with packaging, the pH of duck meat gradually increased with increasing thawing temperature, but its total protein solubility declined. These findings indicated that thawing temperature and packaging had great impacts on the quality of duck breast meat, and thawing without packaging and warm water thawing both had adverse effects.

Key words: thawing methods; duck meat; quality

DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.05.006

中图分类号: TS251.55

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2016)05-0025-05

引文格式:

张帆, 范远景, 刘培志, 等. 不同解冻方法对鸭肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(5): 25-29. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.05.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

ZHANG Fan, FAN Yuanjing, LIU Peizhi, et al. Effect of different thawing methods on the quality of duck meat[J]. Meat Research, 2016, 30(5): 25-29. (in Chinese with English abstract) DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.05.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

目前, 冷冻贮藏依然广泛应用于肉类贮藏及加工业中^[1]。销售解冻肉的颜色、嫩度、保水性是消费者判别肉新鲜度的主要因素, 直接影响消费者的购物需求^[2]。工业生产追求快速解冻, 家庭生活则以自然解冻为主, 自然解冻主要有空气解冻、静水解冻和流水解冻。静水解冻的水温控制范围较大, 在家庭生活中也较为常见。不同的解冻方法伴随着不同的解冻速率, 刘著等^[3]研究了不同

解冻速率对鸡胸肉的影响, 结果显示, 随着解冻速率的加快, 解冻损失不断降低。迟海等^[4]采用不同解冻方式对南极磷虾影响的研究表明, 静水水温15℃、浸泡7 min, 并结合一定的搅拌速度, 相对其他解冻方式而言较优。Boonsumrej等^[5]对老虎虾进行反复空气鼓风冷冻和低温冷冻解冻实验, 结果发现, 冻融后虾肉硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid, TBA)增加, 肌纤维间隙变宽, 并

收稿日期: 2015-11-26

基金项目: 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(201306G01054)

作者简介: 张帆(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品生物化工。E-mail: sail416@163.com

*通信作者: 范远景(1958—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品科学。E-mail: swf89105@hfut.edu.cn

且剪切力显著增加,通过微波和冰箱2种解冻方法并没有影响盐溶蛋白和剪切力。肉类解冻方面的研究比较集中在水产品方面,在禽肉制品解冻方面的研究较少。随着生活水平的提高,水禽肉制品消费方向逐渐向低温肉制品转变,分割肉、小包装肉、冷冻肉的消费量明显上升^[6]。中国是最大的鸭肉生产国(2 988 408 t/a),其次是法国(279 665 t/a),而法国对水禽研究、开发利用则走在世界前列^[6-7]。因此加大对水禽的研究力度成为必要。鸭肉以高蛋白、低脂肪、营养丰富而著称,富含B族维生素^[8],有人体需要的所有必需氨基酸^[9],是人们所喜爱的食物。本研究以鸭肉为对象,采用室温解冻、冷藏解冻、未包装静水解冻、静水解冻(15、25、35、45℃)方法,研究不同解冻方式对鸭肉的质构及理化指标的影响,旨在为禽肉制品冻藏保鲜提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料鸭肉购于安徽省合肥市家乐福超市。

牛血清白蛋白 上海源聚生物科技有限公司;
2-巯代巴比妥酸、三氯乙酸 国药集团化学试剂有限公司;
碘化钾、酒石酸钾钠、硫酸铜、乙二胺四乙酸二钠 天津市光复科技发展有限公司;
磷酸二氢钾、磷酸氢二钾 西陇化工股份有限公司。

1.2 仪器与设备

HH-2孔数显水浴锅 江苏金坛市环宇科学仪器厂;
752紫外-可见光分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司;
WSF分光测色仪 上海仪电物理光学仪器有限公司;
TGC-16C台式离心机 上海安亭科学仪器有限公司;
YHG-9202型红外干燥箱 上海三发科学仪器有限公司;
DWF-262低温冰箱 中科美菱公司;
FSH-2A可调高度匀浆机 金坛市朗博仪器制造有限公司;
TA-XT2i/50型物性分析仪 英国Stable Micro Systems公司。

1.3 方法

1.3.1 不同方式鸭肉解冻

取鸭胸肉,去皮及可见脂肪,切割分块(2.0 cm×2.0 cm×1.5 cm),分装样品于自封袋内,密封,样品随机分组标记,共7组肉样,样品于-40℃条件下冷冻48 h后按不同解冻方法测定。具体解冻方法为:4℃冷藏解冻的样品置于60 mm×30 mm规格的称量瓶中,4℃冰箱冷藏解冻;室温解冻的样品置于60 mm×30 mm规格的称量瓶中,25℃室温自然解冻;未包装静水解冻(25℃)的样品置于60 mm×30 mm规格的称量瓶中,放于25℃静水中,直接接触水解冻;静水解冻的样品均放于自封袋内,分别置于15、25、35、45℃静水中解冻。以上解冻方法以样品中心温度达到2℃时停止解冻。

1.3.2 水分含量的测定

参考国标GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品 水分含量的测定》方法中的直接干燥法^[10]。

1.3.3 肉样解冻损失(thawing loss, TL)测定

参考常海军等^[11]的方法,肉样从-40℃取出后立即称质量,记为 m_1 ,解冻后肉的质量记为 m_2 ,解冻损失按照式(1)计算。

$$\text{解冻损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 为冷冻肉的质量/g; m_2 为解冻后肉的质量/g。

1.3.4 肉样煮制损失(cooling loss, CL)测定

样品精确称量后放入蒸煮袋中,于85℃条件下,水浴保温20 min,取出样品,冷却至室温,吸水纸吸取表面水分后精确称量,蒸煮损失按照式(2)计算^[12]。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

式中: m_1 为蒸煮前样品的质量/g; m_2 为蒸煮后样品的质量/g。

1.3.5 样品质构测定

采用质构仪进行质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)。仪器参数:P100探头;测试前速率2 mm/s;测试速率2 mm/s;测试后速率10 mm/s;测定间隔时间5 s;压缩比35%。

1.3.6 pH值测定

参考徐为民等^[13]的方法,取剁碎后肉样2 g,加入蒸馏水18 mL,5 000 r/min匀浆1 min,用精密酸度计测其pH值。

1.3.7 硫代巴比妥酸值(TBA)的测定

参照金晓丽^[14]、Xiong Zhenjie^[15]等方法,并稍作修改。准确称取绞碎后的样品5 g,置于50 mL离心管内,加入7.5 g/100 mL的三氯乙酸(含0.1 g/100 mL EDTA·2Na)混合液25 mL,高速匀浆1 min,过滤。准确移取上述滤液5 mL置于25 mL纳氏比色管内,加入5 mL 0.02 mol/L TBA溶液,混匀,加塞,置于95℃水浴锅内保温40 min后取出,快速冷却,移入小试管内,离心5 min,吸取上清液于532 nm波长处比色(同时作空白实验),计算TBA值,其结果以每千克肉样中含有的丙二醛质量(mg)表示。

1.3.8 色差测定

肉色测定使用测色仪测量样品的 L^* (亮度)、 a^* (红度)及 b^* (黄度)。每个样品测3个平行,取平均值,使用前对仪器进行校准^[11]。

1.3.9 蛋白溶解度测定

肌原纤维和肌浆蛋白溶解度的测定参考Joo^[16]、李超^[17]等方法并做改进。

肌浆蛋白提取:精确称取1 g肉样,放入50 mL离

心管中,加入10 mL冰浴磷酸钾缓冲液(0.025 mol/L, pH 7.2),低速匀浆(6 500 r/min)2次,每次30 s,间隔30 s。匀浆液放于摇床,4 °C条件下抽提12 h,1 500×g离心分离20 min,取上清液,采用双缩脲法测定上清液中蛋白浓度。

总可溶性蛋白的提取:精确称取0.5 g肉样,放入50 mL离心管中,加入10 mL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),按照以上步骤重复进行匀浆、抽提、离心上清液、测定蛋白浓度。肌原纤维蛋白为总可溶性蛋白含量减去肌浆蛋白含量。肌原纤维蛋白溶解度和肌浆蛋白溶解度分别以肌原纤维蛋白和肌浆蛋白占肉质量的百分比表示(以湿质量计)。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2010整理数据。运用SPSS 16.0统计分析软件进行方差分析和显著性检验, $P<0.05$ 时,差异显著, $P<0.01$ 时,差异极显著。

2 结果与分析

2.1 解冻方式对鸭胸肉品质的影响

表1 不同解冻方式对鸭胸肉水分含量、解冻损失、蒸煮损失、pH值及TBA的影响

Table 1 Influence of different thawing methods on moisture content, thawing loss (TL), cooking loss (CL), pH and TBA value

解冻方式	水分含量/%	解冻损失/%	蒸煮损失/%	共计损失/%	pH	TBA/(mg/kg)
4 °C冷藏解冻	74.41±1.17 ^{ab}	9.84±0.38 ^c	31.54±0.22 ^b	41.38±0.6 ^d	5.85±0.02 ^d	0.19±0.01 ^f
25 °C空气解冻	74.02±0.59 ^b	20.38±1.27 ^{ab}	31.39±1.09 ^b	51.77±2.36 ^b	5.92±0.03 ^c	0.32±0.01 ^e
25 °C未包装静水解冻	74.04±0.68 ^b	19.88±1.11 ^b	35.37±1.94 ^a	55.25±3.05 ^a	6.12±0.02 ^a	0.42±0.01 ^d
15 °C静水解冻	75.61±0.24 ^a	11.89±0.42 ^d	31.99±0.2 ^b	43.88±0.62 ^d	5.87±0.02 ^d	0.23±0.03 ^d
25 °C静水解冻	75.44±1.10 ^a	21.87±1.57 ^a	32.08±2.79 ^b	53.95±4.36 ^{ab}	5.91±0.01 ^d	0.3±0.02 ^c
35 °C静水解冻	72.22±0.81 ^c	15.88±1.01 ^c	31.58±0.49 ^b	47.46±1.5 ^c	6.01±0.02 ^b	0.32±0.03 ^c
45 °C静水解冻	71.55±0.20 ^c	18.97±0.71 ^b	27.93±0.73 ^c	46.9±1.44 ^c	6.09±0.03 ^c	0.38±0.02 ^c

注:同列字母不同,表示差异显著($P<0.05$)。下同。

由表1可知,随着解冻温度的升高,鸭肉水分含量有所降低,45 °C解冻的肉水分含量减少到71.55%。7种解冻方式相互比较后得出:冷藏解冻与35、45 °C静水解冻条件下肉的水分含量差异显著($P<0.05$),说明解冻温度对鸭肉水分含量影响较大;25 °C未包装解冻条件下的肉的水分含量与冷藏及室温条件下解冻肉的水分含量差异不显著($P>0.05$),与其他解冻方法差异均极显著,说明样品包装与否对解冻肉的水分含量影响较大,其中,未包装的解冻肉水分含量略低于包装后解冻的肉,这可能是由于肉与水充分接触后,水温传递较包装后的快,解冻速率较快,汁液损失相对较多的缘故;35 °C和45 °C条件下解冻的样品水分含量相对较低,余小领等^[18]研究报道,解冻速率与解冻汁液流失率存在非线性相关

性,在一定范围内存在最佳解冻速率,样品经此2种较高温度解冻时,解冻速率较快,样品汁液损失严重,样品水分含量受到一定的影响。

解冻损失与蒸煮损失是反映肉保水性的重要指标。由表1可知,未包装条件下25 °C解冻后的样品总体损失最大,且未包装静水解冻后的鸭肉表面色泽呈浅粉红色甚至接近白色,由于其直接浸在水中,肉的解冻损失较其他方法并不是特别明显,但蒸煮损失最大($P<0.05$),达到35.37%。7种解冻方式中,在解冻损失方面,冷藏解冻方式的解冻损失最少($P<0.05$),为9.84%,且与15 °C条件解冻下的解冻损失差异显著($P<0.05$),与其他解冻方式差异极显著。蒸煮损失方面,不同温度梯度的静水解冻中,25 °C条件下的损失相对较高,随着解冻温度升高,45 °C条件下解冻的鸭肉蒸煮损失反而相对减少,这可能是由于,一方面,该温度下解冻损失较多,汁液损失已较大,另一方面,温度达到40 °C以上后,蛋白发生变性,鸭肉开始形成凝胶,影响了肉制品的汁液损失。

pH值是判定肉质优劣的一个重要指标,pH值的大小与肉的颜色、持水力 and 货架保质期等重要指标都有显著关系^[19],不同的解冻方式,对鸭肉的理化指标影响也较大。有研究表明,平均最终pH值上升0.2,就有明显促进肉腐败的作用。任何影响肉pH值变化的因素或处理方法,均可影响保水性^[20]。25 °C未包装解冻测得的pH值,与45 °C静水解冻测得的pH值差异不显著,而与其他解冻方法得到的pH值差异均为极显著($P<0.01$)。可见,是否包装对鸭肉解冻pH值有很大影响。15、25 °C静水解冻,冷藏解冻及室温解冻对pH值影响差异互不显著。35 °C与45 °C解冻方式不仅与15、25 °C解冻方式差异显著($P<0.05$)外,两者自身也差异显著($P<0.05$)。因此,解冻温度对鸭肉解冻有很大影响,而且温度越低,影响趋势越小。

TBA值是反应肉类肌肉中脂肪氧化酸败的一个直接指标^[21],TBA值一般与感官分析评分有很好的相关性,因此经常被用来表示脂肪氧化的程度^[22]。由表1可知,上述解冻方式中,TBA值差异明显,25、35 °C静水解冻及室温解冻对TBA的影响互不显著,其他解冻方式之间差异极显著($P<0.01$)。由此可见,温度与是否包装对鸭肉TBA值变化有较大影响,且随着温度升高,TBA值逐渐变大,可能是由于加热促进了脂肪氧化。

2.2 不同解冻方式对鸭胸肉颜色的影响

肉的颜色在正常范围内的变化不影响其营养价值,但却决定着人们对肉的感官评价,因而也是肉品质的重要指标^[23]。 L^* 代表亮度, a^* 表示红度, b^* 表示黄度^[24],肉的颜色主要取决于肌红蛋白和血红蛋白。由表2可知,较低温度解冻肉时, L^* 较小,随着温度增加其值有变大

趋势；直接接触水解冻的肉表面颜色偏白、湿润^[25]，其 L^* 最大，达到51.73，这可能是由于肌红蛋白属于肌浆蛋白，在与水直接接触的过程中，部分流失进水中而导致肉色偏白； a^* 整体上变化不大， b^* 变化趋势不明显。

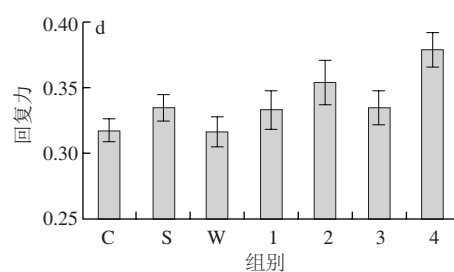
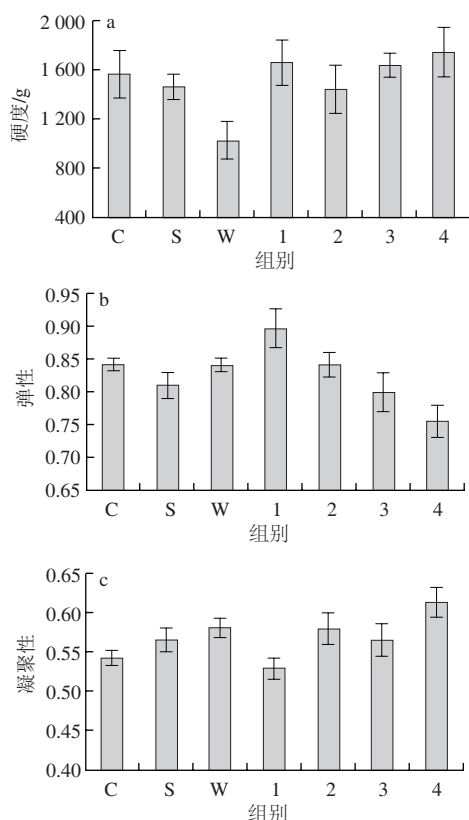
表2 不同解冻方式对鸭胸肉颜色的影响

Table 2 Influence of different thawing methods on color parameters

解冻方式	色差		
	L^*	a^*	b^*
4℃冷藏解冻	43.66±0.41 ^c	14.40±1.64 ^a	20.32±0.56 ^a
25℃空气解冻	43.53±0.71 ^c	12.16±1.50 ^{bc}	16.70±0.20 ^b
25℃未包装静水解冻	51.73±0.55 ^a	11.47±0.34 ^{bc}	17.48±0.42 ^b
15℃静水解冻	45.93±0.33 ^{bc}	11.09±0.45 ^{bc}	13.69±0.59 ^c
25℃静水解冻	48.20±1.98 ^b	12.95±1.51 ^{ab}	16.95±1.39 ^b
35℃静水解冻	47.38±1.79 ^b	10.78±1.06 ^c	11.55±0.33 ^d
45℃静水解冻	47.47±1.82 ^b	10.31±0.02 ^c	14.20±0.15 ^c

肉的颜色在正常范围内的变化不影响其营养价值，但却决定着人们对肉的感官评价，因而也是肉品质的重要指标^[23]。 L^* 代表亮度， a^* 表示红度， b^* 表示黄度^[24]，肉的颜色主要取决于肌红蛋白和血红蛋白。由表2可知，较低温度解冻肉时， L^* 较小，随着温度增加其值有变大趋势；直接接触水解冻的肉表面颜色偏白、湿润^[25]，其 L^* 最大，达到51.73，这可能是由于肌红蛋白属于肌浆蛋白，在与水直接接触的过程中，部分流失进水中而导致肉色偏白； a^* 整体上变化不大， b^* 变化趋势不明显。

2.3 不同解冻方式对鸭胸肉质构的影响



C、S、W、1、2、3、4分别代表4℃冷藏解冻、25℃空气解冻、25℃未包装静水解冻、15℃静水解冻、25℃静水解冻、35℃静水解冻、45℃静水解冻。

图1 不同解冻方式对鸭胸肉质构的影响

Fig.1 Influence of different thawing methods on texture properties

质构直接关系到肉的嫩度、口感^[11]，常用的肉质构评价指标有硬度、弹性、凝聚性和回复力。由图1可知，不同的解冻方法对4种指标的影响中，最为明显的是肉硬度。直接与水接触的解冻方式，硬度最小($P<0.05$)。随着解冻温度增加，肉的硬度先减小后增大，肉的弹性也随着解冻温度的不同而发生变化。冷藏解冻与15℃解冻下，鸭肉凝聚性差异不显著，在静水解冻中，15℃解冻与其他温度静水解冻条件下的肉凝聚性与回复力差异显著($P<0.05$)，说明温度对鸭肉质构有较明显的影响。

2.4 不同解冻方式对可溶性蛋白含量的影响

表3 不同解冻方式对鸭胸肉可溶性蛋白含量的影响

Table 3 Influence of different thawing methods on soluble protein content

解冻方式	肌浆蛋白含量/%	肌原纤维蛋白含量/%	总可溶性蛋白含量/%
4℃解冻	5.91±0.12 ^a	9.70±0.20 ^b	15.61±0.28 ^b
25℃空气解冻	5.85±0.30 ^{ab}	8.53±0.25 ^{cd}	14.38±0.53 ^c
25℃未包装静水解冻	5.93±0.18 ^a	7.43±0.40 ^c	13.36±0.23 ^{de}
15℃静水解冻	5.46±0.12 ^{bc}	11.79±0.75 ^a	17.25±0.63 ^a
25℃静水解冻	6.01±0.38 ^a	7.88±0.35 ^{de}	13.89±0.68 ^{cd}
35℃静水解冻	5.41±0.28 ^c	8.67±0.46 ^c	14.08±0.44 ^{cd}
45℃静水解冻	5.65±0.08 ^{abc}	7.56±0.29 ^e	13.21±0.37 ^e

蛋白溶解度是蛋白与蛋白之间或蛋白与溶剂相互作用达到平衡的热力学表现形式。肌肉蛋白根据其溶解性分为3类：水溶性肌浆蛋白、盐溶性肌原纤维蛋白和不溶性基质蛋白^[20]。由表3可知，解冻方式和温度对肌浆蛋白溶解度总体上影响不大，但对总可溶性蛋白和肌原纤维蛋白的溶解度有一定的影响。较低温度下解冻的肉，肌原纤维蛋白的溶解度和总可溶性蛋白的溶解度均较高；反之，较低。这可能是由于解冻温度的增加导致蛋白氧化程度的增加，羧基含量增加，蛋白的有序结构遭到破坏，导致蛋白间交联，从而引起了蛋白溶解性的降低^[26-27]。

3 结论

实验结果表明，解冻温度与是否包装对鸭胸肉品质均有影响，对鸭肉pH值、TBA、硬度及总蛋白溶解度指



标影响较大。较高温度解冻及未包装解冻的方式对肉的理化指标影响是导致鸭肉的品质下降的重要因素,但这也是禽肉加工过程中或消费者日常生活中往往忽略的因素,因此,在禽肉制品生产及销售过程中,应控制环境温度变化,以有效保证鸭肉的新鲜与良好品质。

参考文献:

- [1] XIA Xiufang, KONG Baohua, LIU Jing, et al. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(1): 280-286. DOI:10.1016/j.lwt.2011.09.018.
- [2] ZHANG Muhan, WANG Daoying, HUANG Wei, et al. Apoptosis during postmortem conditioning and its relationship to duck meat quality[J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 96-100. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.10.142.
- [3] 刘著, 罗敏, 陈尔卫, 等. 鸡肉品质受解冻速率的影响分析[J]. 中国食品, 2012(12): 70-73.
- [4] 迟海, 李学英, 杨宪时, 等. 解冻方式和条件对南极磷虾品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 94-97.
- [5] BOONSUMREJ S, CHAIWANICH SIRI S, TANTRATIAN S, et al. Effects of freezing and thawing on the quality of tiger shrimp frozen by air-blast and cryogenic freezing[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1): 292-299. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.059.
- [6] 姜陆林. 发展精深加工, 提高水禽产品附加值[J]. 中国禽业导刊, 2009, 26(21): 26-27.
- [7] SARJIT A, DYKES G A. Trisodium phosphate and sodium hypochlorite are more effective as antimicrobials against *Campylobacter* and *Salmonella* on duck as compared to chicken meat[J]. International Journal of Food Microbiology, 2015, 203: 63-69. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.026.
- [8] 胡爱军, 郑捷. 食品原料手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 322-323.
- [9] 邱洪冰, 闫仁扣, 王军. 醉鸭的加工工艺[J]. 肉类研究, 2007, 21(6): 21-22.
- [10] 国家标准化管理委员会. GB/T 9695.5—2008 肉与肉制品水分含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] 常海军, 牛晓影, 周文斌. 不同冻融次数对猪肉品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 43-47.
- [12] 卢艳, 蒋爱民, 邓桂林. 冻结速率对冻鸭品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 40-44.
- [13] 徐为民, 殷燕涛, 诸永志, 等. 不同腌制方式对鸭肉腌制速率及肉质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(8): 201-205. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.08.040.
- [14] 金晓丽, 王武, 陈从贵, 等. 低钠配方对鸭肉脂肪氧化和风味的影响[J]. 肉类研究, 2014, 28(12): 1-5.
- [15] XIONG Zhenjie, SUN Dawen, PU Hongbin, et al. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging[J]. Food Chemistry, 2015, 179: 175-181. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.01.116.
- [16] JOO S T, KAUFFMAN R G, KIM B C, et al. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *longissimus* muscle[J]. Meat Science, 1999, 52(3): 291-297. DOI:10.1016/S0309-1740(99)00005-4.
- [17] 李超. 加热处理对鸭肉嫩度的影响及其机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 33.
- [18] 余小领, 李学斌, 闫利萍, 等. 不同冻结和解冻速率对猪肉保水性和超微结构的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 261-265.
- [19] CHOW C J, OCHIAI Y, WATABE S, et al. Autoxidation of bluefin tuna myoglobin associated with freezing and thawing[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(3): 589-591. DOI:10.1111/j.1365-2621.1987.tb06681.x.
- [20] 孔保华, 韩建春. 肉品科学与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 121-141.
- [21] 孙金辉. 冻藏、反复冻融及解冻方式对兔肉品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2013: 25.
- [22] VISESSANGUAN W, BENJAKUL S, RIEBROY S, et al. Changes in lipid composition and fatty acid profile of Nham, a Thai fermented pork sausage, during fermentation[J]. Food Chemistry, 2006, 94(4): 580-588. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.11.051.
- [23] 臧大存. 鸭肉嫩度影响因素及变化机制的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007: 13.
- [24] 朱彤, 王宇, 杨君娜, 等. 肉色研究的概况及最新进展[J]. 肉类研究, 2008, 22(2): 11-18.
- [25] 周宏光, 张兰威, 李洪军, 等. 畜产食品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 101-112.
- [26] LEYGONIEL C, BRITZ T J, HOFFMAN L C. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis*[J]. Meat Science, 2012, 91(3): 364-368. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.02.020.
- [27] 郭恒, 钱怡, 李颖杰, 等. 解冻温度对冷冻鲈鱼品质、质构及超微结构的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 50-56.