

超声波促渗在鸡胸肉蒸煮工艺中的应用

刘功明¹, 张万刚², 郭光平³, 孙京新^{1,*}, 黄明²

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109; 2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095;
3. 烟台市喜旺食品有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要: 以鸡胸肉为原料, 采用功率为300 W、频率为40 kHz的超声波, 加热煮制鸡胸肉。通过测定鸡胸肉中NaCl含量、嫩度、蒸煮损失、蛋白质变性程度等指标, 比较超声波处理组与传统加热煮制组性能的优劣。结果表明: 在处理时间为25 min时, 超声波处理组鸡胸肉的NaCl含量及嫩度比传统加热煮制组分别提高了49.8%、34.1%, 鸡胸肉的蒸煮损失相对于传统加热煮制组下降了29.1%; 蛋白质变性程度比传统加热煮制组显著增大 ($P < 0.05$)。此设计改进了传统加热的不足以及现阶段超声波处理设备产热低的缺陷, 达到在实际生产中改善肉制品品质, 提高生产效率的目的, 表明超声波促渗应用于鸡胸肉蒸煮工艺中是可行的。

关键词: 超声波; 鸡胸肉; 促渗; 蒸煮; 可行性

Ultrasonic-Enhanced Penetration Used in the Cooking Process of Chicken Breast Meat

LIU Gongming¹, ZHANG Wangang², GUO Guangping³, SUN Jingxin^{1,*}, HUANG Ming²

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 2. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. Yantai Xiwang Foods Co. Ltd., Yantai 264000, China)

Abstract: Chicken breast meat was cooked with ultrasonic irradiation at a power of 300 W and a frequency of 40 kHz, and NaCl content, tenderness, cooking loss and degree of protein denaturation were measured and compared with those obtained by the conventional cooking method. The results showed that the content of salt and tenderness in the ultrasonic treatment group were increased by 49.8% and 34.1% compared with the conventional cooking group, and that the cooking loss of chicken breast meat was reduced by 29.1% in the former group. Moreover, the extent of protein denaturation in the ultrasonic treatment group was larger than that in the conventional cooking group ($P < 0.05$). This design made up for the deficiency of the traditional cooking method and the lack of existing ultrasonic device for heat production. It could also improve the quality of meat products, shorten the production time and enhance the productivity. Therefore, it is feasible to enhance penetration by ultrasonic irradiation in the cooking process of chicken breast meat.

Key words: ultrasonic; chicken breast meat; permeation enhancement; cooking; feasibility

中图分类号: TS251.61

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 04-0001-05

doi: 10.7506/rlyj1001-8123-201504001

我国熟肉制品(如酱卤肉制品)的传统加工工艺需经长时间腌制, 以使盐分充分渗透, 促进肉制品的熟制和入味, 从而改善产品的风味, 但其口感和嫩度往往较难控制。且传统熟肉制品的加工工艺复杂, 原料往往块大, 不宜入味, 卤煮时间太长, 则造成内外口感不匀, 肉质老化、蒸煮损失严重、能耗大等^[1]; 若煮制时间过短, 则香辛料等渗透不均匀, 也会影响肉制品的风味。随着人们对熟肉制品需求量的不断增加及对熟肉制品品质要求的不断提高, 肉制品加工厂采取了各种新技术

(如盐水注射、滚揉、低温水煮等)^[2]来改善传统加工工艺, 却仍然未能解决高耗能、低出品率等问题。

近年来, 超声波在食品工业中的应用不断出现各种尝试, 显示出其广阔的发展前景。自20世纪90年代起, 超声波在肉类加工中的应用研究开始逐渐的深入, 如超声嫩化、超声解冻、超声检测技术等^[3]。超声波处理作为肉品加工的新技术, 其应用前景不容忽视, 并已有很多相关的报道, 如钟赛意等^[4]进行了超声波辅助传统加热的方法来煮制肉制品的可行性研究, 表明超声波能够有效

收稿日期: 2015-01-06

基金项目: 北方特色酱卤熏菜肴加工关键技术及产业化项目(2014BAD04B11);

山东省现代农业产业技术体系家禽创新团队建设项目(SDAIT-13-011-11)

作者简介: 刘功明(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物性食品加工及资源利用。E-mail: 15265279136@163.com

*通信作者: 孙京新(1970—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品质量与安全控制。E-mail: jxsun20000@163.com

促进盐分和香辛料的渗透和扩散,提高肉的嫩度,加速肉制品的熟制,减少蒸煮损失;蔡华珍等^[5]确定了鲜肉腌制过程的超声波处理最佳工艺,表明超声波处理可明显加快腌制进程,缩短腌制时间。本研究对比分析了超声波辅助蒸煮与传统蒸煮方式对肉制品NaCl含量、嫩度、蒸煮损失、蛋白质变性程度等指标的影响,旨在验证超声波辅助在肉制品蒸煮工艺中的可行性,为肉制品加工的现代化改造提供一点参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜鸡胸肉、食用盐均采购于青岛市城阳区大润发超市。

蛋白质标准样品 美国赛默飞世尔科技公司; Tris-HCl、丙烯酰胺、双丙烯酰胺、甘氨酸均为优级纯北京索莱宝科技有限公司;甘油、过硫酸铵、 β -巯基乙醇、考马斯亮蓝-250均为分析纯。

1.2 仪器与设备

H-1650型离心机 湘仪仪器有限公司; DYY-6C型电泳仪、DYCZ-24DN 型电泳槽 北京市六一仪器厂; KQ-300型超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; C-LM3型剪切力仪 东北农业大学工程学院; 亚西牌液氮生物容器 四川亚西橡塑机器有限公司; HH-S型恒温水浴锅 金坛市恒丰仪器厂; HI9024型便携式防水型酸度计 意大利哈纳仪器有限公司; 微量进样器(25 μ L) 上海安亭微量进样器厂; 穿刺温度计 德图仪器国际贸易有限公司; MinoltaCR-200色彩色差计 日本Minolta公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

取新鲜鸡胸肉(210 $\pm$ 15)g,去除筋膜和可见脂肪,均分为A、B两组;A组为传统煮制组,用传统的加热方式(电磁炉)煮制,B组为超声波处理组,用超声波清洗器(40 kHz)煮制,两组蒸煮溶液均采用1 L(以能够淹没鸡胸肉为宜)质量浓度为4.8 g/100 mL的盐溶液,实验过程中蒸煮液温度均控制在80 $^{\circ}$ C,蒸煮相同时间后立即取出,冷却、待用。

1.3.2 NaCl含量的测定

NaCl含量的测定参照GB/T 12457—2008《食品中氯化钠的测定》,并稍作修改。从煮制好两组鸡胸肉中心分别取2.5 g肉样,加70 $^{\circ}$ C水50 mL,研磨成浆,转移到100 mL容量瓶中,100 $^{\circ}$ C水浴锅中提取30 min,冷却定容。过滤,滤液备用。

1.3.3 鸡胸肉嫩度的测定

将经不同煮制方式处理25 min的肉块切成

1 cm $\times$ 1 cm $\times$ 5 cm的肉样,每块肉取6个肉样,具体测定方法按照参考文献[6]进行。

1.3.4 鸡胸肉蒸煮损失的测定

煮制前将鸡胸肉称质量,两组煮制25 min后,分别将鸡胸肉取出,冷却至室温,用吸水纸吸干表面水分,称质量。蒸煮损失按下式计算^[7]。

$$X/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

式中: X 为蒸煮损失/%; m_1 为煮制前肉样质量/g; m_2 为煮制后肉样质量/g。

1.3.5 十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gelelectrophoresis, SDS-PAGE)

肌浆蛋白、肌原纤维蛋白的提取根据Goll^[8]、Doerscher^[9]、陆应林^[10]等的方法并进行改进。分别取传统加热煮制组(煮制时间分别为15、20、25 min)、超声波处理组(处理时间分别为25、20、15 min)共6组的肉样各2 g,剪碎后进行匀浆处理,加入到20 mL 0.02 mol的磷酸盐缓冲液中(pH 6.5)。高速匀浆(6 000 r/min, 3 min)后离心(10 000 $\times$ g, 4 $^{\circ}$ C)处理20 min,离心后上清液用于电泳上样。采用12%分离胶和5%浓缩胶,样品溶液和样品缓冲液进行体积比4:1混合,沸水浴处理2~10 min,上样量15 μ L,选用分子质量范围在14.4~116.0 ku的标准蛋白,参考Tomaewska^[11]、汪家政^[12]等的方法进行SDS-PAGE电泳。

1.3.6 鸡胸肉的中心温度测定

在鸡胸肉煮制过程中,利用穿刺温度计,以鸡胸肉的几何中心为准,每隔5 min测定1次,同一处理方式作6个平行,取平均值。

1.3.7 肉色的测定

肉色的测定采用唐书泽等^[13]的方法,并稍作修改。将两组煮制25 min并经冷却的肉样进行切片处理,并用保鲜膜包裹,轻轻按压使其平整,随机取2~3点,利用色彩色差计读取肉样的亮度(L^*)值、红度(a^*)值、黄度(b^*)值,测定6次,分别计算各颜色指标的平均值。

1.3.8 感官评定

采用两种不同的煮制方式将鸡胸肉的中心温度煮制到72 $^{\circ}$ C,取出,冷却至室温后,将鸡胸肉块切丁(1.5 cm $\times$ 1.5 cm $\times$ 1.0 cm),以嗜好性评分法进行感官评定,随机选取12名师生,男女各半作为品评员,分成3组,每组2男2女,对相同肉样进行品尝,并分别就嫩度、多汁性、风味、颜色及总体可接受性进行评分,评分采用9分制形式,1分表示“极不喜欢”,5分表示“一般”,7分表示“喜欢”,9分表示“极喜欢”。求出各指标的平均值。

1.4 数据处理

采用SPSS中的成对二样本的 t -检验进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同煮制方式处理对鸡胸肉中NaCl含量的影响

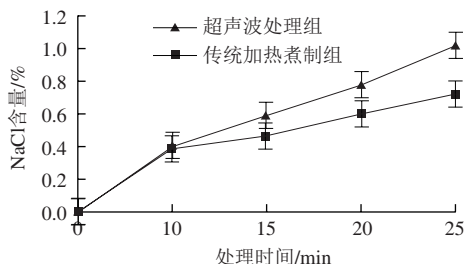


图1 不同煮制方式处理的鸡胸肉中NaCl含量变化 ($\bar{x} \pm s$, $n=6$)

Fig.1 Changes in NaCl content in chicken breast meat during cooking by different methods ($\bar{x} \pm s$, $n = 6$)

由图1可知,随着处理时间延长,超声波处理组及传统加热煮制组的鸡胸肉中NaCl含量均呈增加趋势,但超声波处理组的鸡胸肉中NaCl含量增加较快。10 min内两组的NaCl含量增加速度无显著性差异 ($P>0.05$),但10 min后超声波处理组的鸡胸肉中NaCl含量显著高于传统加热煮制组 ($P<0.05$)。25 min时,超声波处理组的鸡胸肉中NaCl含量达到0.93%,传统加热煮制组的鸡胸肉中NaCl含量仅为0.62%,由此可见,超声波处理能够加快NaCl渗透,与陈阮钊^[14]、李博文^[15]、崔龄文^[16]等的研究相符。这可能与超声波的空化效应有关,即超声波通过空化效应破坏了肉的细胞膜,增加了细胞膜的通透性,同时超声波在一定程度上给NaCl分子一定的动力,促进NaCl分子的向内渗透。

2.2 不同煮制方式处理对鸡胸肉嫩度和蒸煮损失的影响

表1 传统加热煮制组与超声波处理组的嫩度、蒸煮损失的比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 1 Comparison of tenderness and cooking loss between conventional cooking and ultrasonic treatment groups ($\bar{x} \pm s$, $n = 3$)

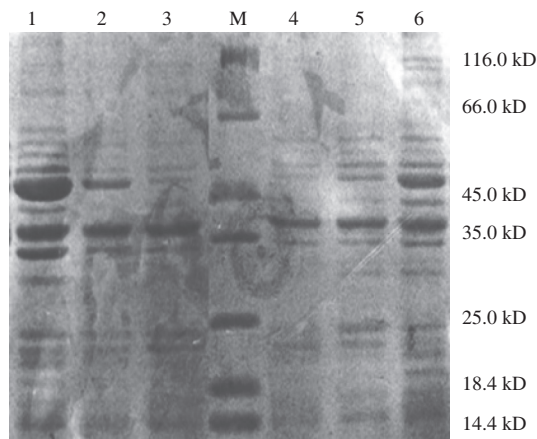
指标	传统加热煮制组	超声波处理组	P
嫩度/kg	2.24 ± 0.81^a	1.67 ± 0.63^b	0.032
蒸煮损失/%	32.6 ± 2.51^a	23.1 ± 2.07^b	0.014

注:同行小写字母不同,表示差异显著 ($P<0.05$)。

由表1可知,当处理时间为25 min时,超声波处理组与传统加热煮制组的鸡胸肉剪切力值相比,降低了34.1%,差异显著 ($P<0.05$);同时,超声波处理组中鸡胸肉的蒸煮损失比传统加热煮制组降低了29.1%,差异显著 ($P<0.05$)。可见,煮制过程中,超声波处理能够显著提高鸡胸肉的嫩度,降低其蒸煮损失。这与钟赛

意^[17]、吴强^[18]等的研究相符合,可能是由于超声波的处理破坏了鸡胸肉中肌细胞,促使肌细胞内 Ca^{2+} 大量外流,钙激活酶活化,进而促进了蛋白的分解,从而降低了肉的剪切力值,提高了肉的嫩度,秦卫东等^[19]的研究也论证了观点;又由于超声波的空化效应破坏了肉内的肌原纤维的结构,增强了肌肉蛋白结合水分的能力,减少了肉在加热过程中肉汁的外溢,有效地减少了蒸煮损失,提高了熟肉率。

2.3 不同煮制方式处理鸡胸肉的蛋白质SDS-PAGE图谱比较



1、2、3为传统加热煮制组,煮制时间分别为15、20、25 min;4、5、6为超声波处理组,处理时间分别为25、20、15 min;M为标准蛋白。

图2 不同煮制方式处理鸡胸肉的蛋白质SDS-PAGE图谱

Fig.2 SDS-PAGE pattern of protein from chicken breast meat cooked by different methods

由图2可知,处理时间相同,煮制方式不同的鸡胸肉肌肉组织蛋白的SDS-PAGE图谱有不同的变化。经过不同处理时间的超声波处理后鸡胸肉的SDS-PAGE图谱与传统加热煮制处理后鸡胸肉的SDS-PAGE图谱相比,具有如下几个特点:1)处理时间为15 min时,传统煮制组的鸡胸肉的蛋白质条带主要集中在25.0~66.2 kD范围内,而超声波处理组的样品的蛋白质条带在35.0~66.2 kD范围内较为集中,且相比于传统煮制组,在14.4~25.0 kD范围内,蛋白质条带明显变细变少;2)处理时间为20 min时,传统煮制组的鸡胸肉蛋白质条带主要集中在35.0~66.2 kD范围内,而超声波处理组鸡胸肉的蛋白质条带在35.0~45.0 kD范围内较为集中,蛋白质条带明显少于传统加热煮制组,但两种处理在66.2~116.0 kD范围内蛋白质条带均消失;3)处理时间为25 min时,传统煮制组鸡胸肉的蛋白质条带分布集中在35.0~45.0 kD范围内,而超声波处理组鸡胸肉的蛋白质条带相比传统加热煮制组,明显变浅变细,且相比于处理时间为20 min时,蛋白质条带已经明显变细。从以上分析可以看出,相同的处理时间,超声波处理后的样

品蛋白质变性程度较传统加热煮制组更大。这可能是超声波自身的热效应,使蒸煮溶液的温度适当升高,从而提高肉制品的热能,加速肉制品内部温度的升高,促进蛋白质的热变形;另一方面,可能是由于超声波激活了肉中的蛋白酶,从而促进蛋白质分解为氨基酸,增加了蛋白质的溶出^[20]。

2.4 不同煮制方式处理对鸡胸肉中心温度变化的影响

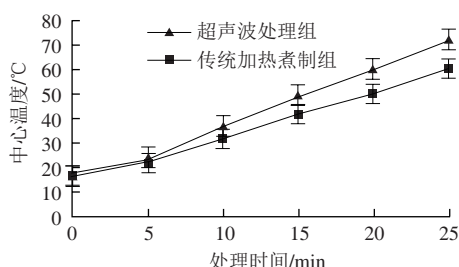


图3 不同煮制方式处理鸡胸肉中心温度的变化 ($\bar{x} \pm s$, $n=6$)
Fig.3 Changes in core temperature of chicken breast meat during cooking by different methods ($\bar{x} \pm s$, $n=6$)

由图3可知,超声波处理组与传统煮制组相比,鸡胸肉的中心温度变化更快。在0~10 min时,两组鸡胸肉中心温度上升速率差异并不显著 ($P>0.05$); 10 min以后,超声波处理组中鸡胸肉的中心温度上升速率更快,且加热25 min时,超声波处理组中鸡胸肉的中心温度达到72.1 °C,而传统煮制组的鸡胸肉中心温度仅为60.4 °C,差异显著。由此可见,超声波处理组相对于传统煮制组对热能的利用效率更高;另一方面,也反映出超声波处理能够缩短煮制时间。

2.5 不同煮制方式处理对鸡胸肉肉色的影响

表2 不同煮制方式处理鸡胸肉的 L^* 、 a^* 、 b^* 值 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 2 L^* , a^* and b^* values of chicken breast meat cooked by different methods ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

指标	传统加热煮制组	超声波处理组	P
L^*	81.89 ± 0.20^a	84.92 ± 0.10^b	0.012
a^*	4.08 ± 0.11^a	2.81 ± 0.09^a	0.051
b^*	18.60 ± 0.18^b	16.49 ± 0.21^a	0.036

由表2可知,鸡胸肉在80 °C的蒸煮液中煮制25 min时,超声波处理组中鸡胸肉中心切面的 L^* 值与传统煮制组相比有所增加,存在显著性差异 ($P<0.05$); 超声波处理组的鸡胸肉中心切面的 a^* 值与传统加热煮制组相比略有下降,存在显著性差异 ($P=0.05$); 两组处理的鸡胸肉中心切面的 b^* 值也存在显著性差异 ($P<0.05$)。由此可见,超声波处理能够提高鸡胸肉肉色的 L^* 值,同时降低肉的 a^* 值和 b^* 值,使肉色更为鲜亮。这与钟赛意等^[17]研究相符,可能是由于超声波通过机械效应使肉内的淤血充分释放出来,另一方面,超声波的空化效应产生瞬间的局部高温,使肉内的亚铁血红素被释放出

来,从而提高了肉的 L^* 值;同时,超声波的空化效应使肉含水量增加(这与超声波可使肉嫩度增加相符),致使肉内的色素被冲淡或流出,从而导致肉的 b^* 值和 a^* 值变浅。

2.6 不同煮制方式处理对鸡胸肉感官评定的影响

表3 不同煮制方式处理鸡胸肉的感官评定 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 3 Sensory evaluation of chicken breast meat cooked by different methods ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

指标	传统加热煮制组	超声波处理组	P
嫩度	6.54 ± 0.89^b	8.09 ± 0.86^a	0.009
多汁性	5.63 ± 0.91^b	7.36 ± 0.91^a	0.002
风味	6.48 ± 0.77^b	7.28 ± 0.90^a	0.027
颜色	7.03 ± 0.68^a	7.84 ± 0.96^a	0.086
总体可接受性	6.95 ± 0.68^b	7.77 ± 1.09^a	0.033

由表3可知,在80 °C的蒸煮液中加热煮制至鸡胸肉中心温度达到72 °C时,超声波处理组与传统加热煮制组的鸡胸肉的嫩度、多汁性均达到差异极显著 ($P<0.01$); 就风味和总体可接受性而言,两组的得分存在显著差异 ($P<0.05$); 就颜色而言,两组的得分无显著差异 ($P>0.05$)。

由感官评定结果可知,超声波处理能够提高鸡胸肉的嫩度和多汁性,这与鸡胸肉的剪切力值和蒸煮损失的分析结果相符;就颜色而言,两组的得分无显著性差异 ($P>0.05$),与鸡胸肉肉色的分析结果并不相符,这可能与人为视觉误差有关,难以分辨出两者颜色上的差异显著性。Bhaskaracharya等^[21]的研究表明,熟肉制品风味的改善以及总体可接受程度的提高,可能是由于超声波能够促进食盐等的渗透和扩散,同时良好的对流和热传导使肉制品受热均匀。

3 结论

超声波促渗技术应用于肉制品煮制过程的传热与传质是可行的。与传统的加热煮制相比较,超声波能够释放大量热量,从而加快肉制品的升温熟制,促进蛋白质的变性,缩短了加热煮制的时间,同时也有利于节约能源。此外,利用超声波处理肉制品,能够提高肉的嫩度,改善肉的风味,减少蒸煮损失。更为重要的意义是,超声波处理能过加快肉制品在熟制过程中的入味,促进溶液的传质。然而,实验仍存在一定的局限性,还需要不断改进,进行更一步的研究。

参考文献:

- [1] 周芳. 酱肉加工工艺及挥发性风味物质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [2] 杨龙江, 孔令会, 钱银川. 中西式肉制品的增香调味技术[J]. 肉类工业, 2004, 10(1): 33-36.
- [3] 钟赛意, 王善荣, 刘寿春. 超声波技术在动物性食品中的应用[J]. 肉类研究, 2006, 20(11): 33-37.



- [4] 钟赛意, 姜梅, 王善荣. 超声辅助传统加热方式煮制肉品的可行性研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(11): 114-116.
- [5] 蔡华珍, 王银川. 超声波技术加工低盐咸肉的工艺研究[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 192-195.
- [6] 李兰会, 张志胜, 刘安军, 等. 超声波在羊肉嫩化中的应用研究[J]. 食品科学, 2005, 26(4): 107-111.
- [7] 蔡华珍, 王珏, 梁启好. 超声波处理对咸肉腌制影响的初步研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(12): 110-113.
- [8] GOLL D E, YOUNG R B, STROMER M H. Separation of subcellular organelles by differential and density gradient centrifugation[C]// Proceedings of the Reciprocal Meat Conference, 1974: 250-290.
- [9] DOERSCHER D R, BRIGGS J L, LONERGAN S M. Effects of pork collagen on thermal and viscoelastic properties of purified porcine myofibrillar protein gels[J]. Meat Science, 2004, 66(1): 181-188.
- [10] 陆应林. 南京板鸭加工过程中蛋白降解及风味物质的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [11] TOMASZEWSKA G J, KIJOWSKI J, SCHREURS F J. Quantitative determination of titin and nebulin in poultry meat by SDS-PAGE[J]. Meat Science, 2002, 62(1): 61-66.
- [12] 汪家政, 范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 77-90.
- [13] 唐书泽, 张志森, KERRY J, 等. 儿茶素对鸡肉的抗氧化保鲜作用[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(4): 138-140.
- [14] 陈阮钊, 郭卓钊, 郭美媛, 等. 超声波法对鸭肫腌制效果的影响研究[J]. 轻工科技, 2014, 188(7): 28-31.
- [15] 李博文, 孔保华, 杨振, 等. 超声波处理辅助腌制对酱牛肉品质影响的研究[J]. 包装与食品机械, 2012, 22(1): 1-44.
- [16] 崔龄文, 王梅, 汪学荣. 超声波处理对湿腌猪肉腌制速度及肉质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 149-152.
- [17] 钟赛意, 姜梅, 王善荣, 等. 超声波与氯化钙结合处理对牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 142-146.
- [18] 吴强, 戴四发. 超声波结合氯化钙处理对牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 141-145.
- [19] 秦卫东, 马利华, 陈学红, 等. 超声波与氯化钙对鸭肉嫩化的协同作用[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 53-56.
- [20] 蔡华珍, 王银传. 超声波技术加工低盐咸肉的工艺研究[J]. 食品科学, 2008, 29(2): 192-195.
- [21] BHASKARACHARYA R K, KENTISH S, ASHOKKUMAR M. Selected applications of ultrasonics in food processing[J]. Food Engineering Revision, 2009, 1: 31-49.