

超声波辅助除酸液处理对秘鲁鱿鱼品质的影响

赵洪雷¹, 徐永霞^{2,*}, 李学鹏², 朱文慧², 仪淑敏², 励建荣², 李钰金³

(1. 渤海大学 实验管理中心, 辽宁 锦州 121013; 2. 渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121013;
3. 荣成泰祥食品股份有限公司, 山东 荣成 264300)

摘要:以秘鲁鱿鱼为研究对象,利用超声波结合除酸液浸泡处理进行除酸,通过测定处理不同时间后秘鲁鱿鱼片的挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、pH值、持水性、剪切力、质构特性及色泽的变化规律,评价超声波辅助除酸液处理对秘鲁鱿鱼品质的影响。试验结果表明,超声波辅助处理能有效缩短秘鲁鱿鱼的除酸时间,增加鱿鱼的持水性和嫩度,改善除酸后秘鲁鱿鱼的质构特性,同时对鱿鱼的色泽无显著影响。综合考虑,超声辅助除酸液处理 60 min 时对秘鲁鱿鱼的品质影响较小。

关键词:秘鲁鱿鱼;除酸;超声波;品质;质构

Effect of Ultrasonic-Assisted Deacidification on Quality of *Dosidicus gigas*

ZHAO Hong-lei¹, XU Yong-xia^{2,*}, LI Xue-peng², ZHU Wen-hui², YI Shu-min², LI Jian-rong², LI Yu-jin³

(1. Laboratory Management Center, Bohai University, Jinzhou 121013, Liaoning, China; 2. College of Food Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, Liaoning, China; 3. Rongcheng Taixiang Food Products Co., Ltd., Rongcheng 264300, Shandong, China)

Abstract:Deacidification of *Dosidicus gigas* was carried out by ultrasonic combination with deacidizing liquid in this study. The effects of ultrasonic-assisted deacidification treatment on the quality of *Dosidicus gigas* were evaluated by measuring the TVB-N content, pH value, water holding capacity, shear force, texture properties and color changes after different treatment times. The results showed that the ultrasonic-assisted deacidification treatment could effectively shorten the deacidification time of *Dosidicus gigas*, increase the water holding capacity and tenacity of squid, and improve the texture properties of *Dosidicus gigas* after deacidification. Meanwhile, the ultrasonic-assisted deacidification had no significant effect on the color of squid. In general, the quality of *Dosidicus gigas* was less affected by ultrasonic-assisted deacidification for 60 min.

Key words:*Dosidicus gigas*; deacidification; ultrasonic; quality; texture

引文格式:

赵洪雷,徐永霞,李学鹏,等.超声波辅助除酸液处理对秘鲁鱿鱼品质的影响[J].食品研究与开发,2019,40(8):91-95
ZHAO Honglei, XU Yongxia, LI Xuepeng, et al. Effect of Ultrasonic-Assisted Deacidification on Quality of *Dosidicus gigas*[J]. Food Research and Development, 2019, 40(8): 91-95

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(31701631);山东省泰山学者蓝色产业计划鲁政办字(2015)19号;辽宁省博士启动基金项目(20170520347)

作者简介:赵洪雷(1982—),男(汉),讲师,硕士,研究方向:水产品贮藏加工。

*通信作者:徐永霞(1983—),女(汉),副教授,博士,研究方向:水产品贮藏加工与质量安全控制。

秘鲁鱿鱼(*Dosidicus gigas*),俗称美洲大赤鱿,是典型的高蛋白、低脂肪海产品,同时含有丰富的维生素及钙、铁等矿物质,且价格低廉,资源丰富,捕捞量大,很适合于各种鱿鱼产品的加工^[1-2]。然而,秘鲁鱿鱼体内积聚着大量的乳酸和 NH_4Cl ,导致鱿鱼肌肉有明显的酸涩味,严重影响了其口感和食用价值,使得以其为原料生产的鱿鱼制品中,同样含有不受消费者欢迎的味道,因此制约了秘鲁鱿鱼的精深加工和利用^[3-4]。如何改

良原料特性,提高秘鲁鱿鱼的食用品质和加工性能,使其制品更受广大消费者的欢迎,对于秘鲁鱿鱼深加工和产品开发具有重要意义。

目前,关于鱿鱼酸涩味的去除,大多采用清水浸泡过夜、碱液漂洗、乙基麦芽酚和磷酸盐类浸泡等方法^[5-8],除酸效果较好,但耗时较长。此外,这些方法大多需要将鱿鱼胴体切成小块或绞碎后进行浸泡漂洗,容易使大量蛋白质流失,浪费资源、产品得率低。超声波是一种物理波,具有独特的空化效应、热效应和机械作用等,在肉类加工中已广泛运用,如在肉质嫩化方面效果显著^[9-11]。超声波的力学效应赋予溶剂对细胞膜的渗透力并增强细胞内外的质量传输,此外超声波能够破坏细胞壁,使细胞内容物更易释放^[11]。前期研究也表明,采用超声波辅助处理,能够使除酸液更加均匀、充分地渗透至鱿鱼体内,促进鱿鱼体内酸味的脱除,提高除酸效率,但其对鱿鱼品质的影响尚不清楚。鉴于此,该试验以秘鲁鱿鱼为原料,研究超声波辅助除酸液处理对秘鲁鱿鱼品质的影响,以期为提高秘鲁鱿鱼鱼糜及鱼糜制品品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

秘鲁鱿鱼胴体:锦州市林西街水产市场;碳酸钠、焦磷酸钠(分析纯):天津市河北区海晶精细化工厂;柠檬酸钠、三聚磷酸钠(分析纯):天津市津北精细化工有限公司;氯化钠(分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

MS105DU 分析天平、FE 20pH 计:梅特勒-托利多仪器有限公司;TA-XT plus 型质构分析仪:英国 Stable MicroSystem 公司;Chroma Meter CR 400 色差仪:杭州祥盛科技有限公司;SW-CJ-2FD 超净工作台:苏景集团苏州安泰技术有限公司;Biofuge stratos 台式高速离心机:美国 Thermo 公司;SK6210HP 超声波清洗器(53 KHz):上海科导超声仪器有限公司;C-LM4 数显式肌肉嫩度仪:东北农业大学工程学院;Kjeltec8400 全自动凯氏定氮仪:瑞典 FOSS 公司。

1.2 样品处理

除酸剂的配制:称取适量除酸剂于烧杯中,加入去离子水,搅拌使其充分溶解,配制质量百分比浓度为 0.5% 焦磷酸钠、0.3% 碳酸钠、0.5% 柠檬酸钠、0.5% 三聚磷酸钠、1% 氯化钠组成的除酸液,置于 4℃ 冰箱冷藏备用。

样品的处理:将秘鲁鱿鱼从-80℃超低温冰箱中取出,流水解冻至半解冻状态,将鱿鱼切成 2 cm 厚的片状,置于烧杯中,按料液比 1:3(g/mL)加入配制好的

除酸液,放入超声波处理器中进行超声处理,超声功率为 200 W,分别在第 30、60、90、120、150 min 取样测定,超声处理水温控制在(10±2)℃,其中对照组样品不进行超声处理,其余步骤与样品组相同。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量的测定

参考 FOSS 方法^[12],准确称取绞碎的鱿鱼肉 10 g 和氧化镁粉末 1 g,置于消化管中,采用全自动凯氏定氮仪进行测定,单位为 mg N/100 g 鱼肉。

1.3.2 pH 值的测定

精确称取 10 g 绞碎的鱿鱼肉,加入新煮沸后冷却的蒸馏水定容至 100 mL,均质(6 000 r/min)后静置 30 min,过滤,取滤液测其 pH 值。

1.3.3 持水性的测定

将鱿鱼块切成 5 mm 厚的薄片,准确称重 G_1 (g),将鱿鱼片用 3 层滤纸包好放入离心管中,在 4℃ 下 5 000×g 离心 15 min 后取出,准确称重 G_2 (g)。持水性的计算公式为:

$$\text{持水性}/\% = G_2 \div G_1 \times 100$$

1.3.4 剪切力值的测定

将鱿鱼块切成 2 cm×2 cm×2 cm 的立方体,置于嫩度计上测量剪切肉样所需的力,用公斤数(kgf)表示。

1.3.5 色差值的测定

处理后的鱿鱼片用吸水纸吸去表面水分,用色差计测定样品的色泽,白度计算公式为: $W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$,其中 L^* 表示亮度值, a^* 表示红绿值, b^* 表示黄蓝值。

1.3.6 质构分析

将鱿鱼块切成 1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm 的立方体,使用质构仪在质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)模式下测定。设定参数为:测试前速度 1 mm/s,测试速度 0.5 mm/s,测试后速度 1 mm/s,触发力值 5 g,测定时间 5 s,探头类型 p/50。

1.4 数据分析

所有数据至少为 3 个平行测定结果,结果以平均值±标准差的形式表示。采用 Origin9.0 绘图,SPSS17.0 进行显著性检验, $p < 0.01$ 为差异极显著, $p < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 TVB-N 值的变化

动物性食品在内源酶或微生物分解产生的胞外酶的作用下,蛋白质被分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质,这类物质统称为挥发性盐基氮(TVB-N)。

秘鲁鱿鱼肌肉中 TVB-N 含量非常高,Yamanaka 等^[13]研究指出,秘鲁鱿鱼肌肉中 TVB-N 含量最高可达到 247 mgN/100 g,远远高于其他新鲜鱼类的 TVB-N 值,这主要和鱿鱼的生理习性有关。秘鲁鱿鱼体内没有类似气泡样的结构,是通过浓缩铵离子于体内而悬浮在水里,因此秘鲁鱿鱼体内存在高浓度的氯化铵^[4]。超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼 TVB-N 值的影响见图 1。

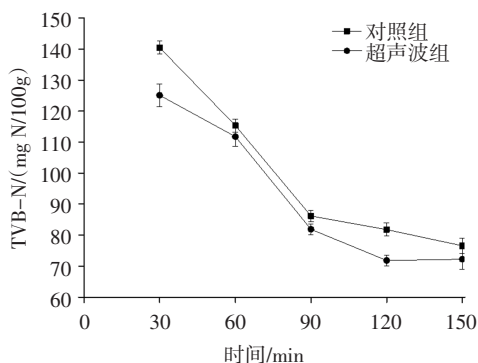


图 1 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼 TVB-N 值的影响

Fig.1 Effect of ultrasonic assisted treatment on TVB-N value of *Dosidicus gigas*

由图 1 可知,除酸液浸泡 30 min 后对照组和超声波辅助除酸液处理组秘鲁鱿鱼片的 TVB-N 值分别为 140.47 mg N/100 g 和 125.10 mg N/100 g,随着处理时间的延长,TVB-N 含量逐渐降低,尤其在处理 90 min 内,TVB-N 含量显著降低($p < 0.05$),之后下降速度相对平缓。有研究表明^[14],多聚磷酸钠、柠檬酸钠等均能有效降低鱿鱼 TVB-N 含量,这是由于肌肉组织内外的离子浓度差会产生渗透传质作用,从而使 TVB-N 含量降低。此外,超声波辅助除酸液处理组的 TVB-N 含量明显低于对照组($p < 0.05$),这可能是由于超声波的空化效应、机械振动等作用加速了除酸液在肉样中的渗透,提高了排氨和除酸能力^[11]。

2.2 pH 值的变化

秘鲁鱿鱼在游动过程中需要消耗大量氧气,体内代谢活跃,与此同时,其血液和肌肉组织中会积聚大量的酸性物质,如乳酸等^[14]。超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼 pH 值的影响见图 2。

由图 2 可知,随着除酸液浸泡处理时间的延长,秘鲁鱿鱼片的 pH 值逐渐增大。除酸液浸泡处理 30 min 时,对照组和超声波辅助处理组秘鲁鱿鱼片的 pH 值分别为 6.72 和 6.75,两者之间的差异很小;但随着处理时间的延长,两组之间的差异逐渐增大,在 60 min 时超声波辅助处理组秘鲁鱿鱼的 pH 值达到 7.0,而对对照组在浸泡处理 150 min 时 pH 值达到 7.07。除酸液中的磷酸盐是具有缓冲作用的碱性物质,可以提高鱿鱼

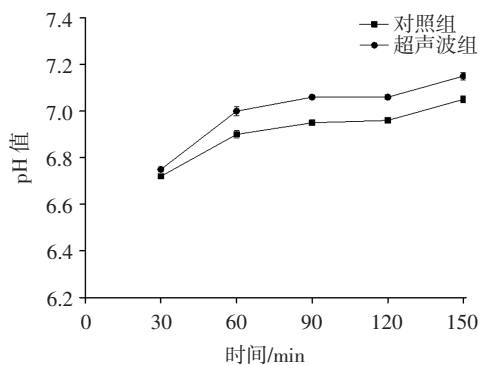


图 2 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼 pH 值的影响

Fig.2 Effect of ultrasonic assisted treatment on pH value of *Dosidicus gigas*

肉样的 pH 值,而超声波辅助处理能够加速肌肉组织的破坏,使细胞内容物更容易流出^[11],同时超声波产生的机械传质作用使除酸液更加均匀、充分地渗透至鱿鱼体内,从而加速鱿鱼酸味的脱除,缩短除酸时间,提高除酸效率。

2.3 持水性的变化

肉的持水性是指当肌肉受到外力作用时保持原有水分的能力,不仅影响肉的风味、多汁性、嫩度、颜色、营养等食用品质,而且还直接影响肉制品的成品率。超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼持水性的影响见图 3。

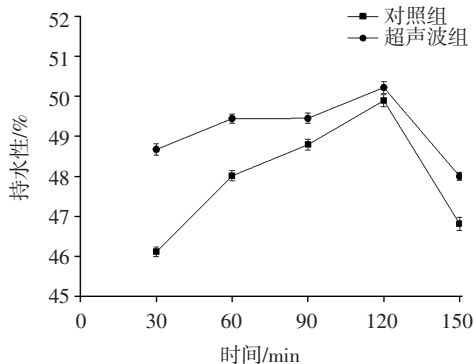


图 3 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼持水性的影响

Fig.3 Effect of ultrasonic assisted treatment on water holding capacity value of *Dosidicus gigas*

如图 3 所示,随着除酸液浸泡时间的延长,秘鲁鱿鱼片的持水性均呈先增加后降低的趋势,且超声波辅助处理组的持水性始终高于对照组($p > 0.05$)。其中,除酸液浸泡处理 30 min~120 min 之间时,鱿鱼片的持水性逐渐增大,这是因为秘鲁鱿鱼肌原纤维蛋白的等电点在 5~6 之间,随着除酸液浸泡时间的延长,pH 值逐渐升高至远离等电点,蛋白质所带净电荷增加,排斥力增大,从而使蛋白质溶胀和结合较多的水分,因此持水性提高^[15]。此外,由于超声波的空化效应破坏了肌纤维组织结构,使肌原纤维蛋白结构变得松弛,肌球蛋白溶

出,更多的水分被保持;同时除酸液中的磷酸盐类等物质伴随着肌肉组织的破坏而进入肉的内部,增加鱿鱼肉样的离子强度,亲水蛋白质之间的相互作用增强,使之结合更多的自由水^[16]。随着处理时间的进一步延长,鱿鱼肉样的持水性又开始降低,可能是由于 pH 值的进一步升高,鱿鱼组织内自溶酶的活性提高,使蛋白质的降解速度加快,从而导致持水性的下降。

2.4 剪切力值的变化

嫩度是评价肉品质量的重要指标之一,通常用剪切力值来衡量,剪切力值越小,说明肉的嫩度越好^[17-18]。超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼剪切力的影响见图 4。由图 4 可见,随着除酸液浸泡时间的延长,鱿鱼肉样的剪切力值逐渐下降,且超声处理组鱿鱼片的剪切力值明显低于对照组($p<0.05$)。因此,除酸液浸泡可提高秘鲁鱿鱼的嫩度,且超声波辅助处理对鱿鱼肉样的嫩度影响显著。除酸液中的磷酸盐是肉制品加工中常用的添加剂,能够提高肉的 pH 值,并能螯合金属离子,增加蛋白质的静电斥力,使肌肉组织结构变得松弛,内部亲水基团外露,增加肌球蛋白的溶解性,从而提高肉品的保水性,提高肉品的嫩度^[14]。超声波能够加速鱿鱼肉样的嫩化,主要原理是超声波的声耦作用,肉受迫振动,空化时伴随着强大的剪切应力和压力,可能使溶酶体破坏,同时导致肌纤维和结缔组织断裂,从而提高嫩化

效果^[9,11]。余海霞等^[9]采用超声波技术嫩化鱿鱼,发现超声波优化处理后的样品环状肌纤维结构松散,嫩化效果明显;Hung 和 Ren 研究发现超声波处理对军曹鱼起到很好的嫩化效果^[19];李林强等^[11]研究发现,超声辅助氯化钙浸泡处理牛肉,可以加速牛肉界面扩散层钙离子的渗透,缩短嫩化时间,提高嫩化效果。

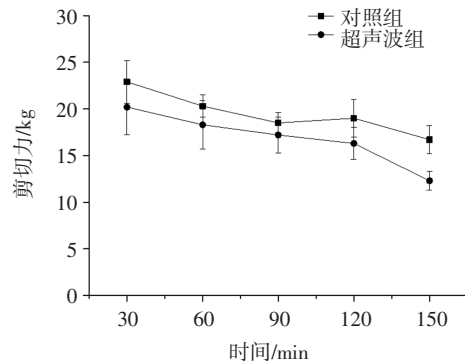


图 4 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼剪切力的影响

Fig.4 Effect of ultrasonic assisted treatment on shear value of *Dosidicus gigas*

2.5 色差值的变化

色泽是衡量肉品品质的重要因素,鱿鱼及其制品在贮藏和加工过程中,因受到光照、温度、氧气等环境条件的影响,颜色会逐渐由白色变成黄色和褐色^[9]。超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼色泽的影响见表 1。

表 1 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼色泽的影响

Table 1 Effect of ultrasonic assisted treatment on color of *Dosidicus gigas*

处理时间/min	L^*		w	
	□对照组	□超声波组	□对照组	□超声波组
30	72.94±4.16 ^a	70.51±6.58 ^a	71.2±3.38 ^a	70.26±3.97 ^a
60	73.24±1.61 ^a	71.78±3.84 ^a	71.46±1.40 ^a	69.12±5.86 ^{ab}
90	68.56±2.69 ^b	68.54±2.74 ^{ab}	66.94±2.65 ^b	67.22±2.28 ^{ab}
120	65.23±3.11 ^b	64.94±2.26 ^{bc}	64.59±3.04 ^b	64.35±2.23 ^{bc}
150	66.24±3.73 ^b	63.11±3.01 ^c	64.97±3.33 ^b	62.25±2.79 ^c

注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)。

由表可以看出,随着除酸液浸泡时间的延长,鱿鱼肉样的 L^* 和白度值均显著下降($p<0.05$),这可能与脂肪氧化有关,鱼肉中含有的铁、铜等会催化氧化,同时氧化形成的羰基化合物与氨基酸等氨基化合物发生褐变反应,从而导致白度值下降^[20]。此外,研究发现超声波辅助处理组鱿鱼片的 L^* 和白度值均低于对照组,但组间并无显著性差异($p>0.05$)。据报道,超声波功率、频率及时间会影响鱿鱼样品的白度值,随着超声波处理功率、频率及时间的增加,样品的白度值下降,原因可能是超声波处理促进了鱿鱼肌肉的褐变反应^[9]。

2.6 质构的变化

超声辅助除酸液浸泡处理对秘鲁鱿鱼片硬度和

弹性的影响如表 2 所示。由表 2 可见,随着处理时间的延长,鱿鱼肉样的硬度呈显著下降趋势($p<0.05$),而弹性逐渐提高,在处理 30 min~90 min 时,弹性显著提高($p<0.05$),之后随处理时间的增加弹性增大但无显著性差异($p>0.05$)。此外,在整个处理过程中,超声波组鱿鱼肉样的硬度均低于对照组($p<0.05$),而弹性均高于对照组样品。由此可见,本试验所采用的除酸液能够降低鱿鱼硬度、提高鱿鱼弹性,并且超声波辅助处理组效果更明显,这与剪切力的变化趋势相一致,主要是由于除酸液中的焦磷酸钠、三聚磷酸钠等物质对鱿鱼的嫩化作用所导致,并且超声波辅助处理加强了嫩化效果。有学者研究发现,北太鱿鱼经超声波(200 W、

23 kHz)处理 31 min 后,硬度降低,弹性升高,分析原因是由于超声波使肉样的环状肌纤维结构松散,肌原纤

维长链发生规律性断裂,而肌纤维是决定肌肉质构特征的主要成分之一,因此使其质构特性得到改善^[9]。

表 2 超声波辅助处理对秘鲁鱿鱼质构的影响
Table 2 Effect of ultrasonic assisted treatment on texture profiles of *Dosidicus gigas*

处理时间/min	硬度		弹性	
	对照组	超声波组	对照组	超声波组
30	838.10±9.48 ^a	627.20±9.92 ^a	0.68±0.02 ^c	0.83±0.03 ^b
60	774.51±8.28 ^b	603.44±7.34 ^b	0.78±0.02 ^b	0.84±0.01 ^b
90	717.98±5.20 ^c	572.29±8.99 ^c	0.84±0.03 ^a	0.89±0.01 ^a
120	613.42±8.57 ^d	530.67±8.65 ^d	0.86±0.03 ^a	0.91±0.02 ^a
150	584.37±8.97 ^e	417.91±5.94 ^d	0.88±0.02 ^a	0.92±0.02 ^a

注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)。

3 结论

研究超声波辅助除酸液处理对秘鲁鱿鱼片品质的影响。结果表明,超声波辅助处理能够加速除酸液的渗透作用,缩短除酸时间,并且随着超声处理时间的延长,作用更加明显;同时,超声波辅助除酸液处理可以明显降低秘鲁鱿鱼片的 TVB-N 含量,提高鱿鱼的持水性及嫩度,改善除酸后鱿鱼的质构特性(硬度和弹性),并且对其色泽无显著性影响。综合考虑,超声波辅助除酸液处理 60 min 时对秘鲁鱿鱼的品质影响较小。

参考文献:

[1] 林伟伟, 励建荣, 潘伟春, 等. 秘鲁鱿鱼肌原纤维蛋白凝胶的构效关系研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(1):39-46

[2] 杨宪时, 王丽丽, 李学英, 等. 秘鲁鱿鱼和日本海鱿鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(9):2247-2251,2293

[3] 刘书来, 郭元帅, 许凯希, 等. 高效液相色谱法测定秘鲁鱿鱼肌肉中的有机酸[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(10):135-139

[4] 陆海霞. 秘鲁鱿鱼肌原纤维蛋白质凝胶特性的研究[D]. 杭州:浙江工商大学, 2009

[5] 周小敏, 康民军. 秘鲁鱿鱼安全除酸工艺研究[J]. 食品科技, 2015, 40(8):137-139

[6] 夏松养. 秘鲁鱿鱼肌肉酸性物质去除的初步研究[J]. 食品科技, 2007, 10(9):121-123

[7] 泮凤, 杨金生, 夏松养. 六偏磷酸钠对秘鲁鱿鱼去酸效果及鲜度的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(2):255-259

[8] 刘鲁林, 鲍小丹, 许中敏, 等. 多聚磷酸盐在冷冻水产制品中的应用与法规情况的研究[J]. 中国食品添加剂, 2012, (2):137-142

[9] 余海霞, 杨水兵, 杨志坚, 等. 超声波技术嫩化鱿鱼的研究 [J]. 中

国食品学报, 2013, 13(11):6-14

[10] 秦卫东, 马利华, 王卫东, 等. 超声波处理对淘汰蛋鸭肌内胶原蛋白和嫩度的影响[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2015, 30(2):19-23

[11] 李林强, 咎林森, 张宝珣. 超声辅助氯化钙浸泡处理对牛肉嫩度的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6):290-295

[12] FOSS. Determination of total volatile basic nitrogen of fresh fish and frozen fish[J]. Application Sub Note, 2002(8):16

[13] Yamanaka H, Matsumoto M, Hatae K, et al. Studies on components off-flavor in the muscle of America jumbo squid[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1995, 61(4):612-618

[14] 泮凤. 除酸剂对秘鲁鱿鱼的除酸效果及其品质的影响[D]. 舟山:浙江海洋学院, 2014

[15] 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

[16] Lawrence T E, Dikeman M E, Hunt M C. Effects of calcium salts on beef longissimus quality[J]. Meat Science, 2003, 64(3):299-308

[17] Goodson K J, Morgan W W, Reagan J O, et al. Beef customer satisfaction:factors affecting consumer evaluations of clod steaks[J]. Animal Science, 2002, 80(2):401-408

[18] 姜晴晴, 李珊, 刘文娟, 等. 冻融循环对秘鲁鱿鱼蛋白及肌肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7):171-178

[19] Hung C C, Ren X W. Textural and biochemical properties of cobia (*Rachycentron canadum*) sashimi tenderised with the ultrasonic water bath[J]. Food Chemistry, 2012, 132(3):1340-1345

[20] 刘妙, 杨宪时, 张小伟, 等. 复配保鲜剂对反复冻融鱿鱼品质的影响, 2016, 42(5):140-145

收稿日期:2018-07-30