

超声波在羊肉嫩化中的应用研究

李兰会¹, 张志胜¹, 李艳琴¹, 孙丰梅², 王稳航³, 刘安军³

(1.河北农业大学动物科技学院, 河北 保定 071001; 2.河北北方学院食品系, 河北 张家口 075029;
3.天津科技大学食品科技与生物工程学院, 天津 300222)

摘要: 本试验以山羊肉为材料进行超声波处理, 分别处理0、1、3、5、7、10、15min, 结束后在0~4℃成熟1、2、3、4、5、7d(每个成熟期设两个重复), 检测肉块的MFI、可溶性蛋白浓度和剪切力, 实验结果表明频率40kHz, 电功率1000W, 强度为1.33W/cm²的超声波水浴处理, 明显提高了宰后15h的山羊肉块(70±1)g的嫩化速率, 可使山羊肉提前3d成熟。

关键词: 超声波; MFI; 可溶性蛋白浓度; 剪切力; 嫩度

Study on Supersonic Wave Treatment on Mutton Tenderization

LI Lan-hui¹, ZHANG Zhi-sheng¹, LI Yan-qin¹, SUN Feng-mei², WANG Weng-hang³, LIU An-jun³

(1.College of Animal Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China
2.Department of Food Science, North College of Hebei, Zhangjiakou 075029, China 3.College of Food Science and Bioengineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Meat samples were treated with supersonic wave bath at different time. The concentration of soluble protein (CSP), myofibril fragment index (MFI) and cut-shear were detected. Supersonic wave bath of 1, 3, 5min increased the degradation of myofibril protein. The result indicated that supersonic waves significantly enhanced the meat tenderness and aged 3d earlier.

Key words: supersonic wave; mutton; MFI; CSP; tenderness

收稿日期: 2004-03-17

作者简介: 李兰会(1972-), 女, 讲师, 硕士, 从事畜产品加工及开发研究。

肽这一生产工艺。但由于定氮法的耗时, 结果偏高(测的是粗氮量), 无法满足快速准确测定的要求。

间接法同样需要对不同的样品进行定氮, 亦存在上述问题, 而且多种测定体系的混用(茆三酮显色和凯氏定氮)不仅操作繁杂, 而且易带来误差。

本文所建立的水解度直接测定法, 从原理上符合肽键被水解的规律, 计算公式上反映了水解度的定义, 操作简单, 快速。仅在蛋白原料酸彻底水解一步需24h, 但一旦此数据已得, 便可用于以此原料为底物的任何水解液的水解度的测定计算。故不仅适用于本研究中微生物发酵水解法水解大豆蛋白产多肽这一工艺中发酵液水解度的在线适时测定和控制, 还可推广至其它工艺蛋白水解液水解度的测定。

参考文献:

[1] 李书国, 陈辉. 大豆中的生理活性成分及其保健功能[J].

中国食物与营养, 2000, (5): 40-41.

- [2] 吴建中, 赵谋明, 宁正祥, 等. 酶法水解生产大豆多肽研究[J]. 油脂工程, 2003, 45-47.
- [3] 郭敏亮, 陈军, 姜涌明, 等. 由豆粕制备大豆肽饮料[J]. 食品科学, 1992, 154: 1-3.
- [4] 徐力, 刘立, 李相鲁, 等. 玉米功能短肽的制备及其类超氧化物歧化酶活性研究[J]. 中国生化药物杂志, 2002, 23(2): 78-80.
- [5] 李书国, 陈辉, 杜进民, 等. 大豆多肽的功能特性及加工工艺[J]. 粮油食品科技, 2000, (8)1: 14-15.
- [6] 赵新淮, 冯志彪. 蛋白质水解物水解度的测定[J]. 食品科学, 1994, 15(11): 65-67.
- [7] 何照范, 张迪清. 保健食品化学及其检测技术[M]. 中国轻工业出版社, 1998. 141-142.
- [8] 张龙翔, 张庭芳, 李令媛. 生化实验方法和技术(第二版)[M]. 高等教育出版社.

中图分类号 O644.3

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)04-0107-05

超声波产生于频率高于 18kHz 的机械振动,以液体为介质时产生连续的挤压和膨胀循环。膨胀期间高强度的超声波使液体产生许多小泡,当这些小泡膨胀到一定体积时不能再吸收能量,它们会突然爆破,这种现象即为“空化作用”。^[5]爆炸过程中,小泡内达到相当高的温度和压力,大约为 5000K, 50000kPa。高强度的声波辐射在介质中传播引起多种变化。超声波应用于食品工业已是多年研究发展的主题,1992 年美国农业调查所的肉品科学家 Morse Solomon 与 John Long 合作研究超声波对肉的嫩化作用,开始了超声波在肉品嫩化中的应用。

Lyng et al. (1997)指出超声波技术可能使溶酶体破坏,同时肌纤维蛋白和结缔组织也受破坏,从而起到嫩化作用^[1]。关于超声波处理对肉品的嫩化理论正处于研究过程中,本实验应用超声波清洗器,研究其对山羊肉的嫩化效果。

1 材料与与方法

1.1 主要试验仪器

KQ-1000型超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; TGL-16型 台式高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂; UV751-GD型紫外/可见分光光度计 上海分析仪器总厂; GALEN-III双目生物显微镜 江南光明仪器厂; DF-300x 35mm单镜头反光照相机 上海海鸥照相机有限公司; C-LM型肌肉嫩度计 东北农学院研制; SH-800F 食品加工机 北京三和松石机电有限公司; pHs--25型酸度计 上海雷磁仪器厂; 超纯水仪 江苏宜兴新建石英玻璃仪器厂; SHB-III循环水式多用真空泵 郑州长城科工贸有限公司。

1.2 主要化学试剂

牛血清白蛋白 Sigma; 乙二醇双四乙酸; 叠氮钠、TEMED Sigma; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; KCl , MgCl_2 ; NaN_3 ; KH_2PO_4 ; K_2HPO_4 ; MCE 。

1.3 方法

1.3.1 样品准备与处理

选择 7 只体重为 $75 \pm 5\text{kg}$ 6 月龄的公小尾寒羊屠宰,每只羊取左右臀中肌肉分割为 4 块,每块 $(70 \pm 1)\text{g}$,共取肉样 28 小块,分别真空包装,于宰后 15h 将肉块放于工作频率 40kHz,电功率 1000W,强度为 $1.33\text{W}/\text{cm}^2$ 的装有 50L 水的超声波清洗器中,分别处理 1、3、5、7、10、15min,共六个处理组和一个对照组(对照组不进行超声波水浴处理),各实验组分别称为 I 组、II 组、III 组、IV 组、V 组、VI 组,对照组为 VII 组。每

组 4 个重复。处理结束后除去塑料包装,剔除可见脂肪和结缔组织,每块肉分割为 6 个 $(4 \pm 0.5)\text{g}$ 的小肉块,再次塑料包装,尽量排除包装内的气体。每个处理 $(n=24)$ 在冰箱中 $0 \sim 4^\circ\text{C}$ 分别成熟 1、2、3、4、5、7d (每个成熟期 4 个重复)后,冷冻贮藏。

1.3.2 肌原纤维片断化指数(MFI)的测定方法

根据 Culler, Parrish, Smith and Cross (1978)的方法^[2]进行测定。

1.3.2.1 匀质

将处于冷冻状态的肉样置冰箱冷藏一夜使其解冻,打开塑料包装,放置小烧杯中,用手术剪将肉剪碎后,加冷的 MFI 提取液 $[0.1\text{mol/L KCl}, 1\text{mmol/L NaN}_3, 20\text{mmol/L K}_3\text{PO}_4(7\text{mmol/L KH}_2\text{PO}_4, 18\text{mmol/L K}_2\text{HPO}_4), 1\text{mmol/L MgCl}_2, 1\text{mmol/L EGTA}, \text{pH}7.0, 0 \sim 4^\circ\text{C}]$ 40ml, 倒入食品加工机中 16000r/min 匀质 30s。

1.3.2.2 冷冻离心

将匀质液倒入离心管中,放入冷冻离心机中 10000r/min 冷冻离心 15min ($0 \sim 4^\circ\text{C}$), 上清液倒入小烧杯中,用于测定 CSP; 沉淀物再加 40ml 冷的 MFI 提取液 ($0 \sim 4^\circ\text{C}$), 缓慢搅匀后再次冷冻离心 (10000r/min, 15min)。

1.3.2.3 过滤

冷冻离心后的最终沉淀物加 15ml 冷的 MFI 提取液,充分搅匀,20 目金属过滤网过滤至小烧杯中,除去结缔组织以及大的肉块。取 1 滴过滤液进行肌小节片断化程度的显微镜观察。

1.3.2.4 肌原纤维提取液蛋白浓度测定

取 0.25ml 肌原纤维提取液加入玻璃试管中,再加 0.75ml MFI 提取液,加缩二脲试剂 3ml 搅匀,黑暗处放置 30min。然后用紫外可见分光光度计 540nm 测吸光度。将吸光度值代入缩二脲法测得的牛血清白蛋白标准蛋白浓度与吸光度的回归方程,计算出肌纤维提取液的蛋白浓度。用 MFI 提取液调节肌原纤维提取液的蛋白浓度为 0.5mg/ml。

1.3.2.5 吸光度的测定

取 0.5mg/ml 的提取液 1ml 放入玻璃试管中,再加 3ml MFI 提取液充分搅匀后,立即在 751 紫外可见分光光度计 540nm 下测吸光度值(A),利用公式 $\text{MFI} = A \times 200$ 计算出 MFI 值。每个样重复测量吸光度两次。

1.3.3 MFI 光学显微镜观察

取 1 滴肌原纤维提取液置载玻片上,滴 1 滴伊红染色,加盖玻片,GALEN-III 双目生物显微镜下观察,放大 160 倍,选取有代表性的视野用 DF-300 \times 35mm 单镜头反光照相机拍照。

1.3.4 CSP 的测定

将提取肌原纤维的第一次离心上清液作为可溶性蛋白浓度的测定。具体测量步骤如下：试管中加入 1ml 提取上清液，3ml 缩二脲试剂(2N NaOH, 4mol/L 脲)，摇匀后 280nm 测吸光度值，将吸光复值代入紫外吸收法测量的 BSA 标准蛋白浓度与吸光度的回归方程，计算可溶性蛋白浓度。

1.3.5 剪切力的测定

冰箱中的冷冻肉样先置冷藏间 0~4℃ 放置一夜，取出后直接放置在 70℃ 的恒温水浴锅中加热 35min，用流动水冷却至室温。沿肌原纤维方向将肉切割成横断面为 1cm × 1cm 的肉条，用东北农学院研制的 C-LM 型肌肉嫩度计作剪切力测定。

1.3.6 数据分析

数据资料采用 SPSS 中的 ANOVA 进行统计分析多重比较采用 LSD 法。

2 结果与讨论

2.1 超声波处理对 MFI 的影响

试验得出 MFI 的变化情况如图 3 所示，各组的 MFI 随成熟期的延长均有提高，宰后第 7d 达到最大值。超声处理后第 1d 的 MFI 各组间没有明显差异($p > 0.05$)，但随成熟期的延长，1~5min 处理组的 MFI 都比对照组(0min 处理组)的增加速率明显提高($p < 0.01$)，并且随处理时间的增加，MFI 的增加速率也随之提高。5min 处理组的增加速率比 1min 和 3min 处理组的高，且差异显著($p < 0.01$)。10~15min 处理组的 MFI 随成熟期延长的增加速率也明显高于对照组($p < 0.01$)，而 7min 处理组的 MFI 的增加速率与对照组相比，在 0.05 的显著水平下分析不出两组间的显著差异。除 7min 和 0min 处理组以外，其它各组宰后第 1~2d 的 MFI 增加速率很高，以后几天的增加速率明显降低。而 5min 处理组的增加速率比 1、3、15min 处理组的高，并且 5min 处理组的 MFI 宰后第 7d 最高。10min 和 15min 处理组的 MFI 增加趋势与其它组的增加趋势有差异。通过显微镜观察照片(图 4)更直观地说明了超声波处理提高了肌纤维的片断化程度。

成熟肌肉组织的最大变化之一是匀质使肌原纤维很容易片断化，即肌原纤维片断化指数(MFI)增加，本试验的显微镜观察发现超声波处理后的 MFI 明显高于对照组。Z 盘降解，结蛋白和肌联蛋白的降解决定了 MFI 的增加。Solomon 实验通过纤维观察可以发现超声震荡的效果是很明显的，肉中的联接蛋白纤丝受到严重破坏，蛋白间这些有力联接使肉硬度增加，超声波使其断裂，继而降低了肉的硬度^[7]。Solomon 用小块高能炸药在水中爆炸，产生超声震荡波穿透肉块，改变引起肉品硬

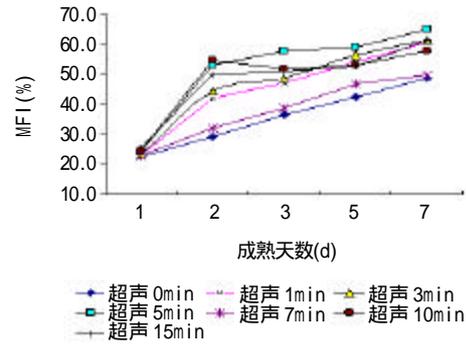
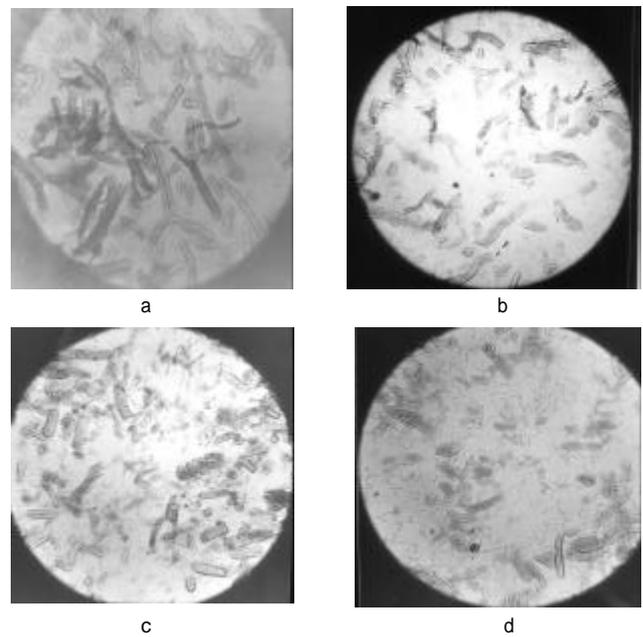


图1 成熟期内各处理组的MFI变化情况折线图
Fig.1 Variation of MFI in every group during ageing



注：a 为第Ⅶ组 1d 后的显微镜观察图；b 为第Ⅶ组 5d 后的显微镜观察图；c 为第Ⅲ组 3d 后的显微镜观察图；d 为第Ⅲ组 7d 后的显微镜观察图。

“a” is the fragments picture of group VII in one day, “b” is for group VII in five days “c” is for group III in three days “d” is for group III in seven days.

图2 肌原纤维片断化显微镜照片(×160倍)

Fig.2 Microscopic pictures of myofibril fragments(×160)

度的肉中蛋白成分及其联接键，明显降低了肉品硬度，从而达到嫩化作用，但对肉品的其他特征如外观、质构、颜色、风味、多汁性没有任何影响。并且肉块硬度越大，嫩化程度越高。

超声波处理后的第 1~2d MFI 的增加速率明显高于以后几天的增加速率，而对照组的 MFI 的增加速率随成熟期的延长没有明显变化，这说明超声处理后的第 1~2 d 期间超声波对肉中的蛋白降解酶活性产生影响。Moeller(1976)报道超声波破坏肉细胞的溶酶体膜、线粒体和肌浆网，后二者保留 Ca^{2+} 的能力丧失，所以肌浆

中的 Ca^{2+} 浓度增加。 Ca^{2+} 浓度增加, 钙蛋白酶活性加强, 加速其降解蛋白的能力, 肌肉的嫩度增加。

2.2 超声波处理对 CSP 的影响

各种处理对肉中 CSP 的影响结果如图 5 所示, 试验检测的各组可溶性蛋白浓度指标 (CSP) 随成熟期的延长均有提高, 除 7min 超声波处理组的 CSP 与对照组差异不显著 ($p > 0.05$), 1min 处理组宰后 1~2d 与对照组的差异也不显著外, 超声波处理其余各组宰后各天的 CSP 与对照组相比均差异极显著 ($p < 0.01$), 即使宰后第 1d 处理组的 CSP 也明显高于对照组 ($p < 0.01$), 并且随成熟期的延长超声波处理组 CSP 的增加很明显, 3~15min 处理组宰后第 2d 的 CSP 比对照组第 7d 的还高。

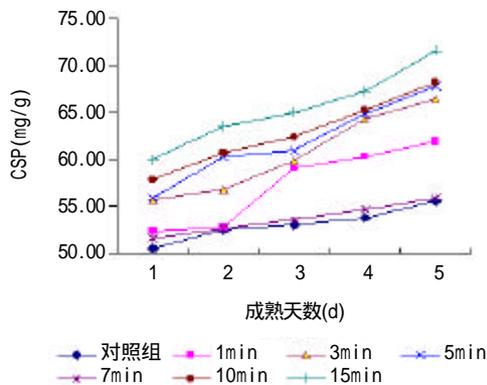


图3 成熟期内各组的CSP变化情况折线图

Fig.3 Variation of CSP in every group during ageing

处理后第 1d MFI 与 CSP 的差异说明了超声波对于肉的嫩化机理是其机械作用首先破坏肌肉蛋白为短的多肽链, 使肉中的 CSP 增加。本实验测的结果与 Roncales 的 1993 实验结果一致, 超声波提高了蛋白降解率。超声波通过液体时形成气泡(空化作用), 气泡的崩溃将导致局部电震波过强而带来高温高压, 致使物质结构受到破坏。而且在空化过程中形成的自由基(量虽然少)能破坏 DNA 之类的生物物质。

超声波处理 1~5min 之间, 随超声波处理时间的增加, MFI 和 CSP 也随之增加, 7min 超声波处理组的 MFI 和 CSP 与对照组无显著差异, 这可能是超声波处理时间增加, 对钙蛋白酶的活性起到反作用, 抑制了它降解蛋白的活性。超声波可用于钝化微生物、酶类, 一定条件下也能激活酶类。超声波通过液体时形成气泡(空化作用), 气泡的崩溃将导致局部电震波过强而带来高温高压, 致使物质结构受到破坏。而且在空化过程中形成的自由基(量虽然少)能破坏 DNA 之类的生物物质^[4]。所以通过试验发现 40kHz, 电功率 1000W, 强度为 $1.33\text{W}/\text{cm}^2$ 的超声波水浴处理肉块 7min 抑制了钙蛋白酶的活性, 对肉品的嫩化没有产生影响。

10min 和 15min 的较长时间处理, 超声波震荡自身

产热而使水温升高, 已有大量实验报道温度升高肉品嫩化速率提高。Pohlman 进行了超声波水浴与热处理同时进行的试验^[3], 他没有发现单独热处理与二者结合处理的嫩化效果有差异, 但他没有进行这两种处理与不进行超声波处理的比较。从他的文献资料中牛半腱肌剪切力值发现, 超声波与热处理同时进行(剪切力 3.4kg)比单独超声波处理(剪切力 5.2kg)嫩化效果明显差异。所以本试验超声波处理 10min 和 15min 的 CSP 升高是由热效应引起的, 这与 Pohlman 的试验结果一致。

2.3 超声波处理 5min 对羊肉剪切力的影响

对山羊臀部肌肉进行超声波水浴处理 5min 得到肉样的剪切力变化情况如图 7 所示。分析结果表明宰后第 1d 的处理组与对照组的剪切力在 0.05 水平上没有达到差异显著水平 ($p > 0.05$), 但宰后第 2~6d 差异极显著 ($p < 0.01$), 并且超声波处理组宰后第 3d 的剪切力与对照组宰后第 6d 和第 7d 的剪切力值差异不显著 ($p > 0.05$)。处理组宰后第 4d~7d 的剪切力值变异程度很小, 第 4d~7d 的剪切力之间差异不显著 ($p > 0.05$)。

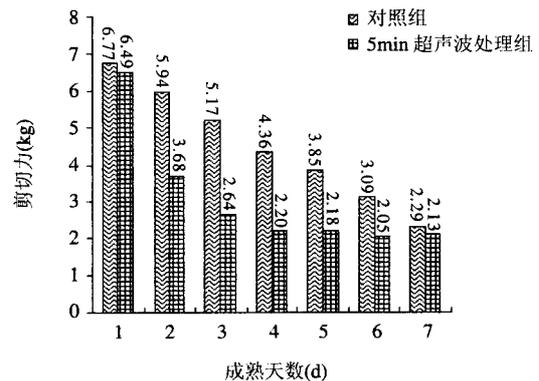


图4 成熟期内第III组与第VII组剪切力的变化情况

Fig.4 Variation of shear force in group III and group VII during ageing

3 结论

超声波作为一种新技术在肉品嫩化中的应用正处于试验研究中, 本试验发现频率 40kHz, 电功率 1000W, 强度为 $1.33\text{W}/\text{cm}^2$ 的超声波水浴处理宰后 15h 的山羊肉块 (70 ± 1)g, 处理时间 3~5min 明显提高肉的嫩化速率, 使山羊肉提前 3d 成熟。所以超声波在肉品成熟中有很广阔的前景。

参考文献:

- [1] Lyng JG, et al. The influence of high intensity ultrasound baths of aspects of beef tenderness[J]. J of Muscle Foods, 1997, (8): 237-249.
- [2] Culler RD, et al. Relationship of myofibril fragmentation

玉米交联-氧化复合变性淀粉的 制备及性能研究

李长彪¹, 刘长江¹, 刘春萍¹, 李新华¹, 陈永胜^{1,2}

(1. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161; 2. 内蒙古民族学院, 内蒙古 通辽 028042)

摘要: 本文对交联-氧化复合变性淀粉的制备和性质进行了研究, 结果表明: 此产品糊液的稳定性好、透明度高、抗冻性好, 具有良好的成膜性等性能, 在食品领域具有广阔的应用前景。

关键词: 交联; 氧化; 淀粉; 复合变性淀粉

Preparation and Properties of the Corn Cross Linking-Oxidized and Compounded Modified Starch

LI Chang-biao¹, LIU Chang-jiang¹, LIU Chun-ping¹, LI Xin-hua¹, CHEN Yong-sheng^{1,2}

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China

2. Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028042, China)

Abstract: The preparation and properties of cross linking-oxidized compound modified starch were studied. The result showed that the product after being compounded modified obtained good paste stability, high transparency, anti-retrogradation and anti-freezing properties. So the product would have good application potentiality in food industry.

Key words: crosslinking oxidation starch compound modification

中图分类号 TS235

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)04-0111-04

淀粉不仅是人类食物的主要成分, 也是食品工业、发酵工业、饲料工业的重要原料, 随着食品技术的不断发展, 食品加工工艺有了很大改变, 新工艺对淀粉性质提出了更高的要求。高温喷射液化和高速搅拌, 或是低温冷冻处理等, 都会引起淀粉粘度降低和胶体性质的破坏, 原淀粉已不能适应这些工艺条件。为适应这

一需要, 必须对原淀粉进行变性处理, 使之符合新工艺、新技术的应用要求^[1,2]。

生产上为了使变性淀粉性质更加丰富, 通常将两种单变性淀粉进行复合, 以使产品更具优良的性质^[3,4]。本实验中将淀粉经环氧氯丙烷交联后, 再与次氯酸钠进行氧化, 制得交联-氧化复合变性淀粉, 目的在于综合两种变性淀粉的优点, 得到适应性广, 应用更为普遍的新型复合变性淀粉^[5]。

本文以交联-氧化复合变性淀粉为研究内容, 并研究了产品的性能, 为其应用提供了理论依据, 使变性

收稿日期: 2004-04-01

作者简介: 李长彪(1974-), 男, 在读博士, 研究方向为食品生物技术。

index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle[J]. *J of Food Sci*, 1978, 43: 1178-1180.

[3] Pohlman FW, et al. The effect of low-intensity ultrasound treatment on shear properties, color stability and shelf-life of vacuum-packaged beef semi tendinosus and biceps femoris muscles[J]. *Meat Sci*, 1997, 45(3): 329-337.

[4] Dolatowski Z, et al. Effect of ultrasound processing of meat before freezing on texture after thawing, <http://www.ejpau.>

mesia.pl/serie/volume3/issue2/engineering/art-02.html

[5] 郑小平. 超声波在乳品加工中的应用[J]. *食品工业*, 2000, (4): 29-30.

[6] Huff-longergan E, et al. Proteolysis of specific muscle proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem muscle[J]. *J Anim Sci*, 1996, 74: 993-1008.

[7] Solomon MB, et al. The hydrodyne: a new process to improve beef tenderness[J]. *J Anim Sci*, 1997, 75: 1534-1537.