超声波结合嫩化剂对虾干嫩化效果的影响

杨性民[1], 刘青梅[1], 罗海波[2,1], 杨留明[1], 郁志芳[2]
(1. 浙江万里学院宁波市农产品加工技术重点实验室, 宁波 315100; 2. 南京农业大学食品科技学院, 南京 210095)

摘 要: 该文在超声波处理虾干的基础上, 采用 $L_9(3^4)$ 试验对虾处理条件进行优化, 以探讨超声波与嫩化剂对虾干嫩化效果的影响。结果表明: 在超声波单因子试验中, 超声波能显著改善虾干的组织结构, 但同时降低氨基酸含量; 加深虾干的色泽; $L_9(3^4)$ 正交试验结果表明, 超声波结合嫩化剂处理虾干, 不但能显著改善虾干的嫩度, 而且较好地保持了虾干的营养成分, 各因素对虾干剪切力的影响主次顺序为超声波> 木瓜蛋白酶> 氯化钙> 复合磷酸盐; 最佳组合为 300 W 超声波 7 min、0.2% $CaCl_2$、0.008% 木瓜蛋白酶、不添加复合磷酸盐, 可达到较好的嫩化效果。此时虾干的剪切力为 136 kg/cm^2, 游离氨基酸含量为 19.3 mg/g。方差分析表明, 超声波结合木瓜蛋白酶对虾干嫩化效果显著, 而 $CaCl_2$ 和复合磷酸盐嫩化效果不显著。

关键词: 超声波; 嫩化剂; 虾干
中图分类号: TS254.4 **文献标识码**: B **文章编号**: 1002-6819(2006)09-0267-03

杨性民, 刘青梅, 罗海波, 等. 超声波结合嫩化剂对虾干嫩化效果的影响研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 267- 269.
Yang Xingmin, Liu Qingmei, Luo Haibo, et al. Tenderizing effect of ultrasonic wave combined with tenderizer on dried prawns[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(9): 267- 269. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

对虾 (*Penaeus orientalis*) 甲壳纲对虾科, 是我国名优水产品, 主产于中国黄海、渤海、东海。近年来, 随着产业结构的不断调整, 沿海各地纷纷兴起围塘养殖, 使对虾产量成倍提高, 由于对虾捕捞季节集中, 而产品深度加工滞后, 卖虾难和增产不增收的现象已开始显现[1]。

虾干是中国传统保藏海产品的一种方法, 由于虾干含有营养丰富的蛋白质、氨基酸、维生素等成分, 是微生物生长的天然优良培养基, 故传统的虾干产品都必须在低水分含量下, 才得较长期贮藏, 造成产品质地干硬, 咀嚼性差[2,3]。

近年来超声波在食品加工中应用日趋广泛, 低频超声波的主要特性在于 "空化效应"的机械和化学影响, 所谓 "空化效应" 是指当声波在媒质传播时, 若声强足够大, 液体所受的负压足够强, 媒质分子间的平均距离就会超过极限值, 液体结构的完整性会遭到破坏并出现空穴。在空化气泡激烈收缩和崩溃的瞬间, 泡内可能出现几百个大气压的高压, 以及数千度的高温, 温度变化速度可达到 10^9 km/s。空化时还伴随强大的冲击波和速度达 400 km/s 的射流(对非均相液体)[4]。超声波的机械和声化学效应在不同的场合有不同的应用效果。在肉制食品加工中, 超声波可以用于破坏肉的肌原纤维, 肌原纤维会分泌一种粘稠的物质, 将肉粘在一起, 增大肉食品粘度。研究还发现超声波有助于肉食品的嫩化加工[5,6]。本试验应用超声波及嫩化剂对虾干燥加工之前进行嫩化处理, 取得了较好的效果。现将研究结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料: 南美白对虾 (*Litnpenaeus Vannamei Boone*), 由宁波市南联冷冻食品有限公司提供。

试剂: 多聚磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠、氯化钙, 分析纯, 宁波市江东化学试剂公司采购。木瓜蛋白酶 120×10^4 u/g, 中国医药集团上海化学试剂公司采购。

仪器: 分析天平(AB204-SRS, METTLER TOLEDO 公司, 瑞士产); 超声波清洗机(SB-5200 型, 上海新芝生物技术研究所); 色差仪(WSC- S 型, 广州市新技精密仪器有限公司); 物性分析仪(QTS-Texture Analyser 型, 英国产); 数显恒温水浴锅(HH-2 型, 常州国华电器有限公司); 紫外可见分光光度计(Varian Cary 100 型, 美国); 真空封口机(DZQ4001SL-T8 型, 上海人民包装股份有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

鲜虾→去头壳→(超声波处理+ 腌制、嫩化)→烘干→冷却→真空包装→杀菌→ 成品

1.2.2 检测方法

剪切力值: 用物性分析仪测定, 采用直径0.1 mm 针头(TP-9), 速度为 60 mm/min, 预负载 30 g 后压下 3 mm, 测定虾干硬度(kg/cm^2)。

色泽检测: 用色差计测定虾干产品的 Hunter L^*、a^*、b^* 值。

L^* 表示色明度, $L^*=0$ 为黑色, $L^*=100$ 为白色; a^{*+} 表示红色程度, a^{*-} 表示绿色程度; b^{*+} 表示黄色程度, b^{*-} 表示蓝色程度。

游离氨基酸含量测定: 采用茚三酮比色法[7]测定。

感官评定: 由 5 位有经验的感官检验员组成评定小组, 对产品色泽、质地、组织结构及风味等感官指标进行综合评定[7]。

2 结果及分析

2.1 超声波处理对虾干品质的影响

将鲜虾去头剥壳后, 根据经验置 300 W 超声波清洗机中, 分别设 1、3、5、7、10、13、16 min, 7 个处理组和 1 个对照组(无超声波处理), 研究超声波处理对虾干品质的影响, 结果见图 1~ 3。

2.1.1 超声波处理对虾干剪切力(嫩度)的影响

超声波处理对虾干剪切力的影响见图 1(超声波处理 0 min 时为对照)。

从图 1 可见, 经 F 检验表明, 超声波处理对虾干剪切力有显著影响。处理时间在 0~ 7 min 范围内, 虾干的剪切力下降速度较快, 改善嫩度; 这是因为超声波具有 "空化现象" "机械振动"等特性, 空化时伴随强大的冲击波和速度达 400 km/s 的射流(对非均相液体), 使虾组织机构松散。但超声波处理时间在 7~ 16 min

收稿日期: 2005-05-11 修订日期: 2006-08-11
基金项目: 宁波市科委 2005 年农业攻关项目(2005C100104)
作者简介: 杨性民(1952-), 男, 研究员, 长期从事农产品贮藏加工研究。宁波 浙江万里学院宁波市农产品加工技术重点实验室, 315100。Email: yxm@zwu.edu.cn

范围内虾干剪切力下降速度较慢,改善已不明显,这是因为超声波处理对虾干的肌原纤维破坏达到了最大程度[7]。

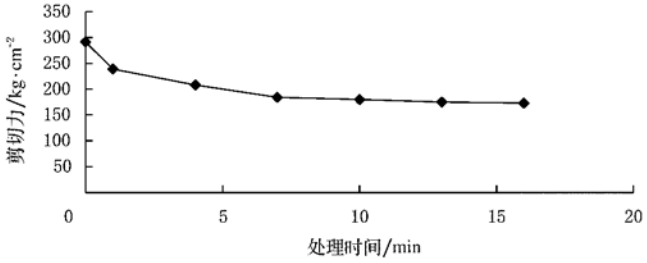

图 1 超声波处理对虾干剪切力的影响

Fig. 1 Influence of ultrasonic wave on the shearing force of dried prawn

2.1.2 超声波处理对虾干游离氨基酸的影响

超声波处理对虾干游离氨基酸的影响见图 2。

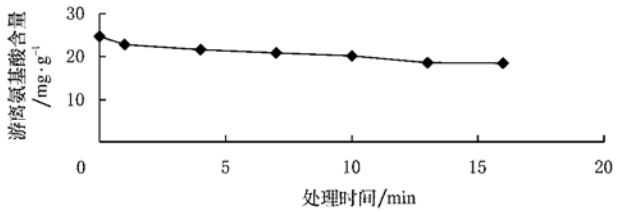

图 2 超声波处理虾干游离氨基酸的影响

Fig. 2 Influence of ultrasonic wave on the free amino acid content of dried prawns

从图 2 可见,超声波处理对虾干游离氨基酸含量有一定影响,且随着超声波处理时间的延长,虾干游离氨基酸含量呈下降趋势。超声波处理产生的"热效应"[8],是在处理过程中气泡激烈收缩和崩溃的瞬间产生的,温度高达数千度,温度的变化速度可以达到 109 km/s,而水温升高对虾干游离氨基酸含量有一定影响。其次,"空化现象""机械振动"导致肌肉纤维的破坏,组织内的游离氨基酸溶出,使虾干游离氨基酸含量减少。因此,应尽量控制超声波处理时间,防止游离氨基酸含量降低。

2.1.3 超声波处理对虾干色差值 L^* 的影响

超声波处理对虾干色差值 L^* 的影响见图 3。

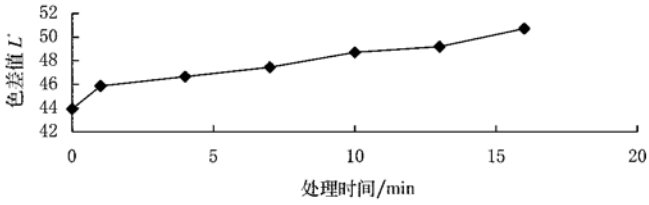

图 3 超声波处理虾干色差值 L^* 的影响

Fig. 3 Influence of ultrasonic wave on the chromatism value L^* of dried prawns

从图 3 可知,超声波处理对虾干的色差值影响较大,随着超声波处理时间的延长,虾干色差值逐渐上升。这是因为处理过程中不断产生的热量,使虾组织受热,溶出的胺基与羰基反应加深了虾干色泽。其次,超声波处理后,由于组织结构的破坏,有利于腌制液渗入虾干组织中,从而导致了虾干色差值的增大。

综上所述,超声波处理显著降低了虾干的剪切力值,改善了虾干的组织结构和嫩度,但同时也减少了虾干游离氨基酸的含量,加深虾干的色泽。因此,超声波处理时间不能过长,以处理 4 ~ 7 min 为宜。

2.3 超声波结合嫩化剂处理对虾干嫩化效果的影响

虽然超声波处理对虾干嫩化效果显著,能有效改善虾干的组织结构,但超声波处理时间过长对虾干的营养价值和色泽有一定的影响。因此,为了使虾干达到较好的嫩化效果,而又保证对虾干营养成分不受损失,将超声波和嫩化剂结合起来对虾干进行处理[9-11],采用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,以寻求各因素之间的最佳组合。极差分析见表 1、方差分析见表 2。

表 1 超声波结合嫩化剂对虾干剪切力及游离氨基酸含量影响的 $L_9(3^4)$ 正交试验

Table 2 $L_9(3^4)$ orthogonal experiment for the influence of ultrasonic wave combined with tenderizer on the shearing force and free amino acid content of dried prawn

序号	A (处理时间/min)	B (氯化钙/%)	C (复合磷酸盐/%)	D (木瓜蛋白/%)	剪切力 /kg·cm⁻²	游离氨基酸 /mg·g⁻¹
1	1(4)	1(0.1)	1(0)	1(0.002)	206	13.7
2	1	2(0.2)	2(0.1)	2(0.005)	189	17.2
3	1	3(0.3)	3(0.2)	3(0.008)	181	16.4
4	2(7)	1	2	3	152	14.0
5	2	2	3	1	163	11.8
6	2	3	1	2	168	15.4
7	3(10)	1	3	2	194	15.0
8	3	2	1	3	141	14.2
9	3	3	2	1	175	12.4
	剪切力/游离氨基酸		剪切力/游离氨基酸	剪切力/游离氨基酸		剪切力/游离氨基酸
K_1	576/47.3		552/36.7	515/37.3		544/31.9
K_2	483/35.2		493/37.2	516/37.6		551/38.6
K_3	510/35.6		524/38.2	538/37.2		474/41.6
k_1	192/13.8		184/12.2	171.67/12.4*		181.33/10.6
k_2	161/11.7*		164.33/12.4*	172/12.5		183.67/12.9
k_3	170/11.9		174.67/12.7	179.33/12.4		158/13.9*
R_j	剪切力 31		剪切力 19.67	剪切力 7.66		剪切力 25.67
	游离氨基酸 2.1		游离氨基酸 0.5	游离氨基酸 0.1		游离氨基酸 3.3
	优水平		剪切力: $A_2B_2C_1D_3$	游离氨基酸: $A_1B_3C_2D_3$		
主次顺序			剪切力: A> D> B> C		游离氨基酸: D> A> B> C	

从表 1 可知, 影响剪切力的因子的主次顺序为 A> D> B> C; 优水平为 $A_2B_2C_1D_3$, 即 300 W 超声波处理 7 min、0.2% $CaCl_2$、0 复合磷酸盐、0.008% 木瓜蛋白酶, 此时虾干的嫩化效果最好, 通过验证, 剪切力值为 136 kg/cm^2。

影响游离氨基酸的因子的主次顺序为 D> A> B> C; 优水平为 $A_1B_3C_2D_3$, 即 300 W 超声波处理 4 min、0.3% $CaCl_2$、0.1% 复合磷酸盐、0.008% 木瓜蛋白酶, 此时对虾干游离氨基酸的含量最高, 通过验证, 游离氨基酸含量为 19.3 mg/g。

表 2　超声波处理对虾干剪切力的影响
$L_9(3^4)$ 正交试验方差分析表

Table 2　Variance analysis of $L_9(3^4)$ orthogonal experimen for the influence of ultrasonic wave on the shearing force of dried prawn

方差来源	偏差平方和	自由度	方差估计值	F 值	显著性
处理时间(A)	1526.00	2	763.00	13.54*	显著
氯化钙(B)	112.67	2	56.34	1	不显著
复合磷酸盐(C)	580.67	2	290.34	5.15	不显著
木瓜蛋白酶(D)	1208.67	2	604.34	10.73*	显著
试验误差	112.67				

注: 查表得 $F_{0.1}(2,2) = 9.00$, $F_{0.05}(2,2) = 19.00$, $F_{0.01}(2,2) = 99.00$。

由表 2 超声波结合嫩化剂处理对虾干剪切力影响的显著性方差分析可知: $F_A = 13.54 > 9$,* $F_D = 10.73 > 9$, $F_C = 5.15 < 9$, $F_B = 1 < 9$, 表明超声波及木瓜蛋白酶处理, 对虾干嫩化效果有较显著影响, 而 $CaCl_2$ 和复合磷酸盐均无显著影响。同理(数据略), 影响游离氨基酸含量的方差分析可知: $F_A = 259 > 99$, $F_D = 548 > 99$, $F_B = 13 > 9$, $F_C = 1 < 9$, 表明超声波及木瓜蛋白酶处理, 对虾干游离氨基酸含量有极显著影响, $CaCl_2$ 对虾干游离氨基酸含量有显著影响, 而复合磷酸盐无显著影响。

综合考虑对虾干的嫩度和营养价值, 各嫩化因素的组合为 $A_2B_2C_1D_3$ 时, 即超声波处理 7 min、0.2% $CaCl_2$、0.008% 木瓜蛋白酶、不添加复合磷酸盐, 生产的虾干既可达到较好的嫩化效果又能保持较高的营养价值。

3　结　论

1) 超声波单因子处理时, 虽能显著降低虾干的剪切力值, 改善了虾干的组织结构, 但同时也降低了虾干游离氨基酸含量, 对虾干的营养成分和色泽有一定影响。

2) $L_9(3^4)$ 正交试验结果表明, 超声波结合嫩化剂处理虾干, 不但能显著降低虾干的嫩度, 而且较好地保持了虾干的营养成分。综合考虑对虾干的嫩度和营养价值, 其最佳嫩化因素组合为 $A_2B_2C_1D_3$, 即超声波处理 7 min、$CaCl_2$ 0.2%、木瓜蛋白酶 0.008%、不添加复合磷酸盐, 在此工艺条件下加工的虾干, 可达到较好的嫩度和营养效果。

[参　考　文　献]

[1] 李色东. 南方 3 省南美白对虾养殖的现状与展望[J]. 饲料广角, 2004(10): 16- 18.

[2] 王丽哲. 水产品实用加工技术[M]. 北京: 金盾出版社; 2000 年 8 月第一版.

[3] 余　田. 牛肉干贮藏性的研究[J]. 肉类工业, 1994(1): 19- 20.

[4] 王　葳, 张绍志, 陈光明. 功率超声波在食品工艺中的应用[J]. 包装与食品机械, 2001, 19(5): 12- 16.

[5] 林　洪, 张　瑾, 熊正河. 水产品保鲜技术[M]. 中国轻工业出版社, 2001 年 1 月第一版.

[6] 石秀东. 超声作用在食品加工中的应用[J]. 包装与食品机械, 1998, 16(1): 10- 11.

[7] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 轻工业出版社 1989(1) 第一版.

[8] 丁原涛, 吴　晖. 超声波技术在食品工业中的应用[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(5): 67- 69.

[9] 马美湖, 唐晓峰. 氯化钙和木瓜蛋白酶对牛肉嫩化效果的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2001, 27(1): 63- 66.

[10] 赵立艳, 彭增起, 陈贵堂. 磷酸盐对牛肉嫩化作用的研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24 (5): 27- 28.

[11] 刘　鹭, 李洪军. 肉类嫩化方法及技术研究进展[J]. 肉类工业, 2001 (11): 40- 42.

Tenderizing effect of ultrasonic wave combined with tenderizer on dried prawns

Yang Xingmin[1], Liu Qingmei[1], Luo Haibo[2,1], Yang Liuming[1], Yu Zhifang[2]

(1. *Ningbo Key Lab of Agriculture Product Processing Technology, Zhejiang Wanli University, Ningbo* 315100, *China*;
2. *College of Food Science and Technology, Nanjing Agriculture University, Nanjing* 210095, *China*)

Abstract: Single factor and $L_9(3^4)$ orthogonal experiment were carried out to investigate the tendering effect of ultrasonic wave and tenderizer on dried prawns. Single factor experiment results show that ultrasonic wave can only advance the tissue structure of dried prawns, but the amino acid content is reduced, and the color is darkened. The results of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment show that the increase order of the effects of different factors on the shearing force is supersonic wave> albumen enzyme> $CaCl_2$> complex phosphate. The optimum combination is as follows: treated with ultrasonic wave for 7 min, combined with 0.2% $CaCl_2$, 0.008% papain. Under this condition, the shearing force of dried prown is 136 kg/cm^2 and content of free amino acid is 19.3 mg/g. Result of variance analysis show that the tenderizing effect is notable treated by ultrasonic wave and papain, but inapparent by $CaCl_2$ and complex phosphate.

Key words: ultrasonic wave; tenderizer; dried prawn