

# 超高压对刺参泡发及其品质的影响

王成忠, 夏敏敏

(齐鲁工业大学食品与生物工程学院, 山东济南 250353)

**摘要:** 本文以干制刺参为原料研究了超高压处理过程中, 不同压力、温度及保压时间对刺参的持水力和质构的影响, 并比较水发刺参和超高压处理刺参主要功能成分(胶原蛋白和海参多糖)的变化。结果表明, 压力对刺参持水力的影响呈先增大后减小的趋势, 压力为 300 MPa 处理时持水力最大; 随着温度的升高, 持水力不断增大, 但是当温度升高的一定程度时, 持水力基本保持不变; 另外, 随着保压时间的延长, 持水力先增大后减小, 保压时间为 10 min 处理刺参持水力达到最大。采用 300 MPa, 60 ℃, 10 min 处理刺参, 硬度、黏附性、咀嚼性最大, 此时刺参的质构最好, 口感最佳。超高压处理对刺参的功能成分影响不大, 但与鲜刺参相比, 多糖含量和胶原蛋白的含量差异较小; 与水发刺参相比, 多糖和胶原蛋白含量均明显提高, 说明超高压处理能够减少有效成分的损失。

**关键字:** 超高压; 刺参; 持水力; 功能成分; 质构

文章编号: 1673-9078(2013)9-2081-2085

## Effect of High Pressure on Expanding and Quality of Dried Sea Cucumber

WANG Cheng-zhong, XIA Min-min

(College of Food and Bio-engineering, Qilu University of Technology, Jinan 250353, China)

**Abstract:** Using dried sea cucumber (*Stichopus Japonicus*) as material, the effect of different pressure, temperature and pressure holding time on water holding capacity (WHC) and textural properties was studied. In this study, the changes of functional component (collagen and polysaccharides) between *Stichopus Japonicus* of water soaking and ultra-high pressure processing were investigated. It turned out that, WHC was increasing first and then decreasing with the pressure increasing, it reached the maximum at 300 MPa; and it was increasing with the temperature increasing, but when the temperature rose to a certain point, WHC basically kept invariant; besides, WHC was increasing first and then decreasing with the extension of pressure holding time, it reached the maximum at 10 min. The hardness, gumminess and chewiness of *Stichopus Japonicus* reached the maximum at 300 MPa, 60 ℃, 10 min, and *Stichopus Japonicus* had the best texture and good taste. The functional component of *Stichopus Japonicus* treated by UHP basically kept invariant. However, the contents of collagen and polysaccharide between UHP processing *Stichopus Japonicus* and fresh *Stichopus Japonicus* were similar; compared with the *Stichopus Japonicus* of water soaking, the experiment shows that using UHP treatment can reserve more functional component.

**Key words:** ultra-high pressure; *Stichopus Japonicus*; water-holding capacity; functional component; textural properties

海参属于棘皮动物门, 是重要的海洋无脊椎动物。已有五千万年的历史, 全世界有一千多种, 可食用的有 40 多种, 我国约占其中的一半, 其中刺参(*Stichopus Japonicus*) 是食用营养价值最高的海参。刺参是我国及东南亚一带的传统名贵海珍品, 素有“海中人参”之称。刺参的营养成分包括水、蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素、矿物质等, 且其蛋白质含量非常高, 不含胆固醇。但是, 由于海参蛋白质含量高, 导致其具有自溶的特点, 储存和运输都非常困难, 活海参离开生长环境后如条件不适几小时就会在自溶酶的作用下自溶消失。目前, 市场上出售的一般是经过各种加

收稿日期: 2013-06-03

作者简介: 王成忠(1964-), 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 食品资源开发

通讯作者: 夏敏敏(1987-), 女, 研究方向: 食品资源开发

工而得到的海参成品, 包括干制海参、冻干海参、即食海参、海参胶囊、海参口服液等, 其中干制海参是海参产品中的主导产品。干制海参需要经过涨发后才能食用, 涨发就是利用物理、化学手段使干品的化学组成和质地尽可能恢复到原有状态的过程。目前, 主要的涨发手段是水发法, 该过程需要多次水洗、煮沸, 造成大量的水溶性及热敏性等营养物质损失, 而且活性蛋白是热敏性的成分, 高温加工会使其失去活性。另外, 水发所需的时间也比较长, 干制海参表面硬化严重<sup>[1]</sup>, 并且水发条件会直接影响海参的质构特性, Toshiko FUKUNAGA 等<sup>[2]</sup>研究发现, 干海参在碳酸钾溶液中的吸水速度和体积膨胀速度比在纯水、淘米水、粗茶水中大, 淘米水涨发的海参质地最为柔软, 粗茶水涨发的海参则质地最坚硬。

干制海参的水发工艺中, 第一次水煮营养损失最

大<sup>[3]</sup>。并且, 海参的质构是由发制方法确定的, 水发的刺参质地较软<sup>[4]</sup>。超高压处理属于纯物理过程, 不会破坏食品的共价键, 因而可以保持食品原有的营养和风味。超高压的这一优点是热处理没法比拟的, 符合消费者对食品的安全、营养、方便、具有吸引力(表现为质构、气味和味道)的要求<sup>[5]</sup>, 在食品工业有着广泛的应用<sup>[6]</sup>。超高压在海参产品上也有一定的应用, 一般主要用于海参的保鲜、灭酶、杀菌等方面, 但在海参的泡发上的应用未见报道。本文研究超高压处理对刺参的持水力及其品质的影响, 目的在于为探索合理的泡发工艺提供数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

干制刺参: 市售, 冰箱冷藏备用; 蒸馏水, 济南普利斯公司; 碳酸氢钠: 分析纯

HPPL3-600/0.6 型超高压设备, 天津市华泰森森生物工程有限公司; 恒温水浴锅, 北京市长风仪器仪表公司; TA-XTPLUS 物性测试仪, 英国 Stable Micro System 公司; DL-5-B 型离心机, 上海安亭科学仪器厂

### 1.2 样品处理

将干制刺参称重后, 在 2~8 °C 条件下, 蒸馏水导盐 2 d, 然后用剪刀剖开腹部, 去除沙嘴并清洗干净, 用聚乙烯真空塑料袋进行真空包装, 备用。

### 1.3 涨发方法

将封装好的刺参放入超高压容器中, 添加蒸馏水至一定刻度, 在 20、40、60 °C 下分别于 100、200、300、400、500、600 MPa 进行 10 min 的处理。室温条件下放置冷却后, 放入冰水混合物中于冰箱中冷藏, 2 d 后沥水称重; 然后, 80 °C 水煮 10 min, 同上, 2 d 后称重; 碱发, 于 2.5% 碳酸氢钠溶液中泡发 12 h, 冰水泡发 2 h 换水, 3 d 后称重; 80 °C 水煮 5 min, 冰水泡发 2 d, 沥水称重, 涨发完全。以上冰水泡发操作均在 2~8 °C 条件下进行。用常规方法水发刺参作为对照。

### 1.4 实验方法

#### 1.4.1 刺参持水力 (Water-Holding Capacity, WHC) 的测定

持水力测定采用 Lakshmanan<sup>[7]</sup>的方法, 称取泡发后切碎的刺参 2±0.1 g, 用两层滤纸包裹后离心 (1500 r/min, 15 min), 持水力计算如下:

$$WHC = [1 - (W_1 - W_2) / W_1] \times 100\%$$

注: 为离心前样品的质量;  $W_2$  为离心后样品的质量。

#### 1.4.2 刺参胶原蛋白含量的测定

刺参胶原蛋白的含量按薛冬梅<sup>[8]</sup>等人的方法测定。L-羟脯氨酸含量标准曲线的直线拟合方程为  $y = 0.0656x + 0.031$ ,  $R^2 = 0.9943$ 。

#### 1.4.3 刺参多糖含量的测定

刺参粗多糖的提取参考邓记松<sup>[9]</sup>的研究方法, 多糖测定应用苯酚-硫酸法<sup>[10]</sup>, 用葡萄糖做标准品。葡萄糖标准曲线的直线拟合方程为:  $y = 1.2205x + 0.0172$ ,  $R^2 = 0.9988$ 。

#### 1.4.4 刺参质构测定

本实验采用物性分析仪在 TPA 模式下测定刺参 6 项质构参数: 硬度、黏附性、弹性、咀嚼性、凝聚性和回复性。将泡发好的样品分别切成 2 cm×2 cm×2 cm 的小块, 用质构仪的 P50 探头进行质构特性的测试。测试参数: 测试前速度 2 mm/s, 测试速度 1 mm/s, 测试后速度 1 mm/s, 触发值 5 g, 距离 4 mm。每个样品的数据均为 6 次测定的平均值。

#### 1.4.5 感官评价

将刺参样品置于白色的瓷盘内, 在光照充足、无异味的环境中查看刺参的外观、组织形态、滋气味。刺参的感官评价见表 1。

表 1 刺参的感官评价<sup>[11]</sup>

Table 1 Sensory quality standards for *Stichopus japonicus*

项目	感官评价/分		
	4~5	2~3	0~1
外观	完整、刺结实	较完整、刺有 发白现象	不完整、有 掉刺现象
组织形态	弹性好, 有韧性	弹性较好	弹性差、破碎
滋气味	具有海参特征气味	无异味	略有异味

#### 1.4.6 数据处理

采用 EXCEL2003 及 SPSS 17.0 进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 超高压处理对刺参持水力及感官评价的影响

#### 2.1.1 不同压力对持水力及感官评价的影响

刺参的持水力 (WHC) 是被用来描述分子 (通常由低浓度的大分子) 所构成的基质物理截留大量水以防止渗出的能力。该力的大小能够反映刺参重新吸水的的能力, 即持水力越大, 涨发的效果通常也越好。并且, 消费者最关心的海参的质构、嫩度、多汁性等品

质均与其的持水力相关。为了研究不同压力下持水力及感官评价的变化特性,在 50 °C 条件下选取处理时间 10 min 进行压力 (0、100、200、300、400、500、600 MPa) 的处理,以水发条件为对照。不同处理压力对刺参持水力及感官评价的影响如图 1 所示。

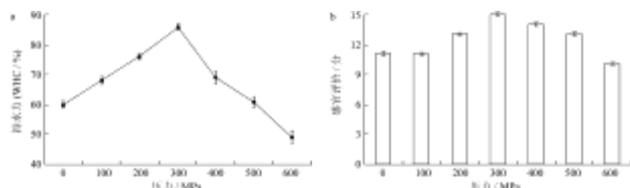


图 1 不同压力处理对刺参持水力的影响

Fig.1. Effects of different pressure treatment on WHC and sensory quality of *Stichopus japonicus*

注: a: 对刺参持水力的影响; b: 对感官评价的影响。

由图 1 可知,刺参持水力随着压力的升高,呈现先上升后下降的趋势,在 300 MPa 压力下持水力达到最大。压力超过 300 MPa 后,可能超过原料的承受力,反而不能增加其吸水的能力,因此其持水力降低。并且压力在 300 MPa 时,感官质量最好,感官、外形、滋气味均比较好。

### 2.1.2 不同温度对持水力及感官评价的影响

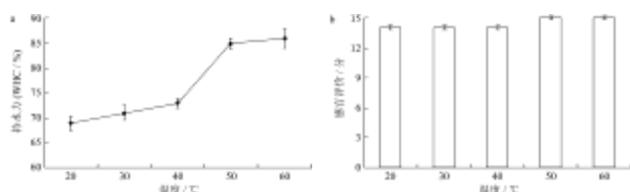


图 2 不同温度对刺参持水力和感官评价的影响

Fig.2. Effects of different temperature treatment on WHC and sensory quality of *Stichopus japonicus*

注: a: 对刺参持水力的影响; b: 对感官评价的影响。

为了研究不同温度对刺参持水力的影响,选取保压时间 10 min、压力 300 MPa 进行不同保压温度 (20、30、40、50、60 °C) 的处理。温度对持水力及感官评价的影响如图 2 所示。

由图 2 可知,超高压处理的刺参,其持水力持水力随着温度的升高而增大,当温度到达 50 °C 后持水力的增加趋势不明显。温度对感官质量的影响不大,表现在外形上完整、刺结实,弹性也较好。

### 2.1.3 不同保压时间对持水力及感官评价的影响

为了研究不同保压时间对刺参持水力及感官质量的影响,选取压力为 300 MPa、温度为 60 °C 进行不同保压时间 (5、10、15、20 min) 的处理。保压时间对持水力及感官质量的影响如图 3 所示。

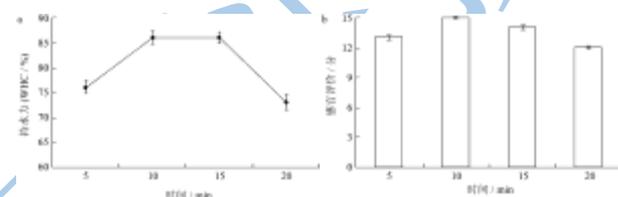


图 3 不同时间处理对刺参持水力和感官评价的影响

Fig.3 Effects of different time treatment on WHC and sensory quality of *Stichopus japonicus*

注: a: 对刺参持水力的影响; b: 对感官评价的影响。

由图 3 可知,在选定压力和温度的条件下,刺参持水力随着处理时间的延长先增大后减小,处理时间为 10 min 和 15 min 处达到最大值。并且,超高压处理刺参 10 min,刺参的感官质量最佳。

## 2.2 超高压处理对质构特性的影响

### 2.2.1 不同压力对刺参质构特性的影响

表 2 不同压力处理所得刺参质构的参数 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Effect of different pressure treatment on parameters of *Stichopus japonicus*

压力 / MPa	硬度 / g	弹性	内聚性	黏附性 / (g·s)	咀嚼性 / g	回复性
100	4679.68±63.80	1.02±0.66	0.43±0.15	2029.21±259.91	2062.19±294.01	0.29±0.09
200	5106.68±239.09	0.96±0.02	0.72±0.11	2782.18±563.02	2441.34±704.16	0.61±0.10
300	7519.47±342.02	1.06±0.16	0.75±0.21	5842.08±87.66	5609.76±340.45	0.61±0.08
400	5142.24±331.32	1.61±0.36	0.42±0.21	3732.62±98.36	3598.45±52.98	0.22±0.07
500	5843.29±238.09	1.53±0.15	0.53±0.25	4934.81±249.42	4589.09±302.43	0.66±0.13
600	5003.06±187.90	1.45±0.19	0.46±0.12	4022.89±59.92	5256.08±241.32	0.34±0.16

选定温度 60 °C, 时间 10 min, 经过不同压力处理刺参的质构变化情况如表 2 所示。由表 2 可以看出,随着压力的升高,刺参的硬度、黏附性、咀嚼性先增大后减小,在 300 MPa 时达到最大值。超高压处理后,刺参胶原纤维大幅度收缩、聚集,形成紧密的交联网络结构,因此硬度增大,在压力增大到 300 MPa 后,

压力过大破坏了刺参的网络结构,因此其硬度反而会下降。黏附性、咀嚼性的变化趋势与硬度的变化规律相似,这是因为黏附性、咀嚼性主要受硬度和弹性的影响。弹性变化幅度不大,内聚性和回复性变化无一定的规律。一般刺参的硬度、弹性、黏附性、咀嚼性越大,刺参的口感越好。

### 2.2.2 不同温度对刺参质构特性的影响

在选定压力(300 MPa)和时间(10 min)的情况下,刺参质构随温度的变化情况如表2所示。由表2可知,随着温度的升高,刺参硬度、弹性、黏附性、咀嚼性不断增大。这是由于刺参体壁主要成分是胶原

蛋白,胶原蛋白是由肌原纤维构成的,肌原纤维决定肌肉的结构,对刺参的质构起决定性作用;处理温度高,刺参中形成的交联网络结构比较致密。内聚性变化无规律,回复性变化不大,基本保持恒定。

表3 不同温度处理所得刺参质构的参数( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Effect of different temperature treatment on parameters of *Stichopus japonicus*

温度/°C	硬度/g	弹性	内聚性	黏附性/(g·s)	咀嚼性/g	回复性
20	2590.30±204.55	0.95±0.12	0.41±0.34	1650.08±41.23	1978.08±132.10	0.56±0.05
30	3569.04±98.02	0.97±0.11	0.61±0.25	2498.09±88.12	3189.71±128.23	0.81±0.04
40	5594.81±143.04	0.98±0.23	0.82±0.13	4577.64±69.95	4491.81±342.09	0.70±0.12
50	6923.09±301.89	1.03±0.09	0.51±0.16	5076.72±39.80	5189.03±239.01	0.73±0.11
60	7519.47±342.02	1.06±0.16	0.75±0.21	5842.08±87.66	5609.76±340.45	0.61±0.08

### 2.2.3 不同时间对刺参质构特性的影响

为了研究不同保压时间对刺参质构特性的影响,

选取压力为300 MPa、温度为60 °C进行不同保压时间(5、10、15、20 min)的处理,其结果如表4所示。

表4 不同时间处理所得刺参质构的参数( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Effect of different time treatment on parameters of *Stichopus japonicus*

时间/min	硬度/g	弹性	内聚性	黏附性/(g·s)	咀嚼性/g	回复性
5	4819.61±83.63	1.01±0.56	0.41±0.13	2567.21±159.91	2103.12±324.21	0.31±0.09
10	7519.47±342.02	1.06±0.16	0.75±0.21	5842.08±87.66	5609.76±340.45	0.61±0.08
15	7831.56±182.31	1.08±0.21	0.69±0.09	6213.45±128.43	6051.88±228.01	0.53±0.03
20	7082.11±203.24	0.99±0.15	0.81±0.11	5691.01±69.02	5043.87±98.02	0.69±0.12

由表4可知,刺参的硬度在处理时间为15 min时达到最大,但是与10 min时的差异不大,处理时间为20 min 硬度反而下降,这可能是由于在温度和时间共同作用下,破坏了刺参的组织结构,硬度反而下降;黏附性、咀嚼性与硬度变化规律一致,均为先增大后减小;弹性变化不明显,基本保持恒定;回复性变化无明显规律。

质构参数中,硬度、黏附性及咀嚼性参数差异达到极显著水平(P<0.01),而弹性、内聚性和回复性差异不明显;不同保压温度对刺参的质构参数除了弹性和内聚性以外其他4个参数均有极显著差异。另外,保压时间对刺参质构中的硬度和咀嚼性有极显著影响,对黏附性和回复性存在显著性影响(P<0.05),而对弹性和内聚性这2个质构参数则影响不显著。

### 2.2.4 刺参质构特性的统计分析

为了考察各不同压力、温度和保压时间对质构参数的影响,运用SPSS 17.0 for windows 统计软件,采用多因变量方差分析的方法对各组质构参数间的差异程度进行了显著性检验。

表5 海参质构特性的组间因素效应检验结果( $\bar{x} \pm s$ )

Table 5 Test results of factor-effect analysis for textural parameters of *Stichopus japonicus*

条件	硬度	弹性	内聚性	黏附性	咀嚼性	回复性
压力	0.000**	0.563	0.582	0.000**	0.000**	0.128
温度	0.000**	0.405	0.074	0.000**	0.000**	0.000**
保压时间	0.000**	0.823	0.52	0.013*	0.001**	0.022*

注:SPSS 17.0 for windows, 多因变量方差分析, 双侧显著性检验;\*表示在0.05水平上差异显著;\*\*表示在0.01水平上差异极显著。

从表5方差分析结果可知,不同压力处理刺参的

### 2.3 超高压处理对功能成分的影响

#### 2.3.1 不同压力对刺参功能成分的影响

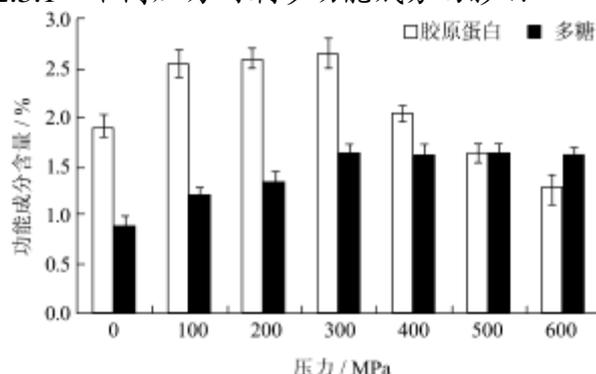


图4 压力对刺参功能成分的影响

Fig.4 Effect of different pressure treatment on functional component content of *Stichopus japonicus*

在温度为60 °C、保压时间10 min条件下,不同

压力处理刺参，对其功能成分的影响如图4所示。

由图4可知，压力小于300 MPa时，胶原蛋白的含量基本不变，而压力超过300 MPa后，胶原蛋白的含量随着压力的增大而减小；不同压力处理对刺参多糖含量随压力变化不大。说明一定的压力处理刺参，能够保留其有效成分。

### 2.3.2 温度对功能成分的影响

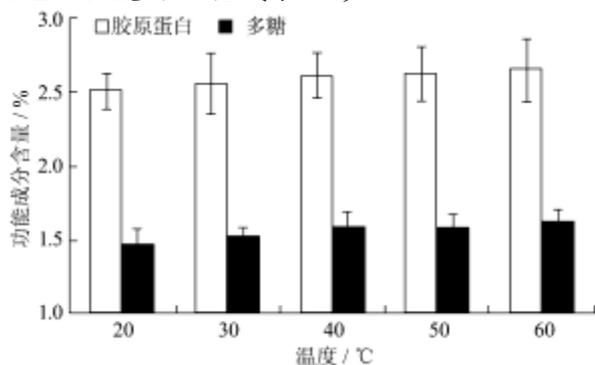


图5 温度对刺参功能成分的影响

Fig.5 Effect of different temperature on functional component content of *Stichopus japonicus*

为了研究不同温度对刺参功能成分的影响情况，在相同压力（300 MPa）、相同保压时间（10 min）的条件下，对刺参进行不同温度的处理，温度对功能成分的影响如图5所示。由图5可知，温度对胶原蛋白和多糖含量的影响不大，原因可能是温度较低对刺参功能成分破坏小。

### 2.3.3 保压时间对刺参功能成分的影响

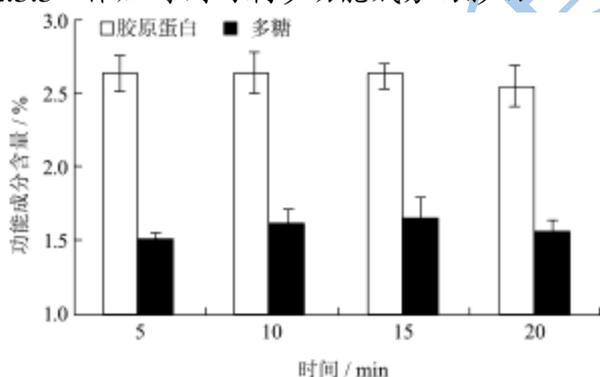


图6 保压时间对刺参多糖含量的影响

Fig.6 Effect of different time on functional component content of *Stichopus japonicus*

在300 MPa、60 °C条件下处理刺参，保压时间对刺参功能成分的影响如图6所示。由图6可知，胶原蛋白的含量随着时间的延长有降低的趋势，但基本不变；多糖含量随着时间的延长呈现先增大后减小的趋势，但变化也很小。综上，保压时间对刺参的功能成分的含量基本无影响。

## 2.4 功能成分含量的比较

根据前面的实验可知，压力为300 MPa、温度为60 °C、保压时间为10 min处理的刺参其泡发品质最好。经过验证实验可知，超高压处理（300 MPa、60 °C、10 min）的刺参确实质构最佳，品质最好，其功能成分的含量与其他方式对比如表6所示。

表6 不同海参功能成分含量比较结果( $\bar{x} \pm s$ )

Table 6 The contrasts of functional component content in different *Stichopus japonicus*

处理方法	鲜海参 / %	超高压处理海参 / %	水发海参 / %
胶原蛋白	3.04±0.25	2.65±0.32	1.89±0.31
海参多糖	1.71±0.19	1.61±0.21	0.88±0.13

由表6可知，超高压泡发的刺参胶原蛋白与多糖含量均比水发刺参的含量高，且更接近鲜刺参的成分含量，由此可说明超高压处理泡发的海参与鲜海参的功能成分相近，而水发海参的功能成分含量相对较低。

## 3 结论

从以上实验结果经过综合分析，根据持水力、质构及功能成分的研究来看，经过300 MPa、60 °C、10 min的超高压处理的刺参，持水力最大，且该工艺能够很好的改善刺参的质构，并有效地保留了刺参中的功能成分。为刺参的泡发提供有效的依据。

## 参考文献

- [1] 段续,王辉,任广跃,等.海参的干制技术及其研究进展[J].食品工业科技,2012,10(33):427-431
- [2] Duan X, Wang H, Ren G Y, et al. Research progress of dry-cure technology of sea cucumber [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 10(33): 427-431
- [3] Toshiko FUKUNAGA, Misuzu MATSUMOTO, Tomoko MURAKAMI, et al. Effects of soaking conditions on the texture of dried sea cucumber [J]. Fisheries science, 2004,70: 319-325
- [4] 向怡卉,苏秀榕,董明敏,等.盐渍海参水发技术的研究[J].食品科学,2007,28(12):153-156
- [5] Xiang Y H, Su X R, Dong M M, et al. Study on Water Immersion Technology of Salted Sea Cucumber [J]. Journal of food science, 2007, 28(12): 153-156
- [6] FUKUNAGAT, OKANOM, MATSUMOTOM, et al. Effect of soaking treatment on the components and microstructure of dried sea cucumber (kinko) [J]. Journal of Cookery Science of Japan, 2002, 35(4): 357-361
- [7] D Pietrzak. Prospects for using high pressure technologies in

- manufacturing convenience food from poultry meat, Zywn.-Nauka Technol. Jako's'c [J]. 2010, 17: 16-28
- [6] T Norton, D W Sun. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry [J]. Food Bioprocess Technology, 2008, 1:32-34
- [7] R Lakshmanana, JohnA Parkinsonb, John R Piggott. High-pressure processing and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*) [J]. Food Science and Technology, 2007, 40: 544-551
- [8] 薛冬梅. 海参的物性学研究及加工工艺探讨[D]. 中国海洋大学, 2006, 5: 31
- Xue D M. The study of sea cucumber and processing technology [D]. Ocean University of China, 2006, 5: 31
- [9] 邓记松. 超高压处理海珍品保鲜实验的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009
- Deng J S. Experimental study on the shelf life of sea food using ultra-high pressure technology [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2009
- [10] 胡居吾, 范青生, 肖小年. 粗多糖测定方法的研究[J]. 江西食品工业, 2005, 1: 16-18
- Hu J W, Fan Q S, Xiao X N. Study on content determination of crude polysaccharide [J]. Jiangxi food Industry, 2005, 1: 16-18
- [11] 刘淇, 曹荣, 王联珠, 等. 干海参水发工艺的研究[J]. 农产品加工, 2010, 11: 46-48
- Liu Q, Cao R, Wang L Z. Effect of soaking parameters on dried sea cucumber processing [J]. Farm products processing, 2010, 11: 46-48