

# 不同脱盐方式 对仿刺参品质的影响

陈子豪<sup>1,2</sup>, 王茂剑<sup>2,3,4</sup>, 张健<sup>2,3,\*</sup>, 赵云莘<sup>2</sup>, 刘京熙<sup>2</sup>, 井月欣<sup>2</sup>, 王共明<sup>2</sup>, 李振铎<sup>2</sup>, 王晓楠<sup>1,2</sup>

(1.上海海洋大学食品学院, 上海 200000;

2.山东省海洋资源与环境研究院, 山东烟台 264006;

3.山东省海洋生态修复重点实验室, 山东烟台 264006;

4.山东省淡水渔业研究院, 山东济南 250013)

**摘要:**以脱盐速率、蛋白质及总糖损失率以及感官评定等指标初步研究了清水浸泡、振荡脱盐、真空反渗透、超声波等不同方式对盐渍仿刺参进行脱盐处理后, 仿刺参产品的品质变化情况。研究表明: 脱盐至含盐量为 11% 时, 振荡脱盐、真空反渗透脱盐及超声波脱盐均可提高脱盐效率, 同时降低脱盐过程中蛋白质及总糖损失率。利用真空反渗透脱盐法脱盐, 达到可食用仿刺参含盐量需要 2 h, 脱盐及发制过程中蛋白质总损失率为 124 mg/g, 总糖总损失率为 7.45 mg/g, 同时在组织形态以及特征气味上损失较小。相同发制条件下, 仿刺参发制过程中蛋白质损失率顺序为: 超声波脱盐 > 清水浸泡脱盐 > 振荡脱盐 > 真空反渗透脱盐; 多糖损失率顺序为: 清水浸泡脱盐 > 超声波脱盐 > 振荡脱盐 > 真空反渗透脱盐; 真空反渗透脱盐的仿刺参感官评价最好。因此真空反渗透脱盐是比较理想的盐渍仿刺参脱盐方法。  
**关键词:**仿刺参, 脱盐, 损失率, 蛋白质, 总糖, 感官评定

## Effect of different desalting methods on the quality changes of *Apostichopus japonicus*

CHEN Zi-hao<sup>1,2</sup>, WANG Mao-jian<sup>2,3,4</sup>, ZHANG Jian<sup>2,3,\*</sup>, ZHAO Yun-ping<sup>2</sup>, LIU Jing-xi<sup>2</sup>,  
JING Yue-xin<sup>2</sup>, WANG Gong-ming<sup>2</sup>, LI Zhen-duo<sup>2</sup>, WANG Xiao-nan<sup>1,2</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200000, China;

2.Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006, China;

3.Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology, Yantai 264006, China;

4.Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Ji'nan 250013, China)

**Abstract:** In this paper, the changes of quality with different desalting methods were mainly investigated based on desalination rate, the protein and total sugar loss and sensory characteristics. The different desalting methods were clear water immersion, oscillation, vacuum reverse infiltration and ultrasonic treatment. The experiment results showed that these ways of desalination, oscillation, vacuum reverse infiltration and ultrasonic treatment, could improve the desalting rate and also reduce the rate of protein and total sugar losses when salt content was 11%. Vacuum reverse infiltration requires 2 h, the rate of protein losses was 124 mg/g, the total sugar losses was 7.45 mg/g. With the same conditions, the order of the total protein losses was, ultrasonic treatment > clear water immersion > oscillation > vacuum reverse infiltration. The order of the total sugar losses was, clear water immersion > ultrasonic treatment > oscillation > vacuum reverse infiltration. Vacuum reverse infiltration had the least impact on the sensory characteristics in the short time of desalination. It was a particularly efficient desalting method that can maintain good quality of *Apostichopus japonicus*.

**Key words:** *Apostichopus japonicus*; desalination; the rate of losses; protein; total sugar; sensory characteristics

中图分类号: TS254

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)08-0123-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.08.016

仿刺参体内富含多种生理活性物质, 如蛋白质、多糖、皂苷等, 研究发现刺参体壁中的胶原蛋白含量

收稿日期: 2016-10-18

作者简介: 陈子豪(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 17096118680@163.com。

\* 通讯作者: 张健(1980-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品科学与工程、生物化学与分子生物学, E-mail: zjzd408@163.com。

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系刺参产业创新团队建设项目(SDAIT-22-07); 山东省重点研发计划项目(2016GSF115034); 烟台市科技发展计划项目(2014ZH081)。

达到 76.5%<sup>[1]</sup>,同时这些活性物质发挥了抗肿瘤、抗病毒<sup>[2]</sup>、降血脂及抗凝血的作用<sup>[3]</sup>。合理食用仿刺参不仅能起到保健作用,近年来研究发现,仿刺参体内的皂苷还有部分药理作用,主要在镇痛解痉、抗真菌等方面发挥作用<sup>[4-6]</sup>,目前已广泛应用于抗癌药物的研究和开发中。

面对日益增长的市场需求和人们对仿刺参品质的要求,仿刺参的高品质加工的每个环节都备受关注。鲜活仿刺参的自溶问题一直备受关注,虽然随着对仿刺参体内酶系的研究不断深入<sup>[7-10]</sup>,也找到仿刺参自溶的本质原因是由于组织内部水解酶类发生反应,以及胞内物质的释放,但抑制自溶仍然是一大难题,因此鲜活仿刺参捕捞后必须及时采取有效手段进行加工处理。目前,我国乃至世界上 90% 的仿刺参被加工成各种干制品<sup>[11]</sup>。由于我国相关标准严格规定了不同级别仿刺参的标准含盐量,而仿刺参加工产业中,盐渍工艺又是仿刺参加工的必经程序<sup>[12]</sup>,因此脱盐是仿刺参加工过程中关键的控制环节。目前我国盐渍仿刺参的脱盐一般用清水浸泡法,国内暂无对盐渍仿刺参的其他脱盐方式的相关研究<sup>[13]</sup>。

本实验以盐渍仿刺参为研究对象,分别用清水浸泡脱盐、振荡脱盐、真空反渗透脱盐以及超声波脱盐四种方法对仿刺参的脱盐过程进行研究分析,并比较不同脱盐时间对脱盐后仿刺参品质的影响,从而为工业生产中仿刺参的脱盐提供理论支持,并根据实际情况选择更合理的脱盐方式。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

盐渍仿刺参 烟台山水海产有限公司; 结晶牛血清清蛋白; 硝酸银、铬酸钾、氢氧化钠 天津市光复科技发展有限公司; 酒石酸钾钠、硫酸铜、浓硫酸、苯酚、三氯乙酸 国药集团化学试剂有限公司。

TU-1810SPC 紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限公司; TGL-16M 台式高速冷冻离心机 长沙湘仪仪器有限公司; 抽滤装置 德国 Heidolph 公司; KQ-600E 超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; 数显恒温振荡器 烟台龙口市先科仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 脱盐方法 将盐渍仿刺参样品表面附着的明显盐粒去除,测量其长度、重量并记录。

1.2.1.1 清水浸泡脱盐 在烧杯中加入蒸馏水,然后放入预处理后的盐渍仿刺参样品料液比为 1:15,浸泡时间为 6 h,每隔 1 h 测定仿刺参样品的含盐量、感官特性以及浸泡液中的蛋白质和总糖损失率。

1.2.1.2 振荡脱盐 取预处理后的盐渍仿刺参样品放入锥形瓶中,加入蒸馏水,料液比为 1:15,将锥形瓶放入数显恒温振荡器内,调整振荡频率为 60 r/min,温度为室温,振荡时间为 6 h,每隔 1 h 取仿刺参样品对其含盐量、感官特性以及浸泡液中的蛋白质、总糖损失率进行测定。

1.2.1.3 真空反渗透脱盐 将预处理后的盐渍仿刺

参样品放入抽滤瓶中,抽滤瓶内加入蒸馏水,料液比为 1:15,将抽滤瓶瓶口用橡胶塞塞紧,连接真空泵,进行真空反渗透脱盐,真空压力值为 0.09 MPa,作用时间为 6 h,每隔 1 h 取仿刺参样品对其含盐量、感官特性以及浸泡液中的蛋白质和总糖损失率进行测定。

1.2.1.4 超声波脱盐 将预处理后的盐渍仿刺参放入超声波专用的容器内,加入蒸馏水,料液比为 1:15,进行超声波脱盐。超声波脱盐的条件为:频率 20 kHz,功率为 300~500 W,超声时间为 6 h,每隔 1 h 测定仿刺参样品的含盐量、感官特性以及浸泡液中的蛋白质、总糖损失率。

### 1.2.2 测定方法

1.2.2.1 含盐量的测定 参照 SC/T 3011-2001 中盐渍样品含盐量测定方法<sup>[14]</sup>。

1.2.2.2 蛋白质损失率的测定 分别配制 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 的标准蛋白质溶液,按顺序加入蒸馏水至 1 mL,双缩脲试剂 4 mL。充分摇匀后,室温下静置 30 min,在 540 nm 波长下进行比色测定。加入标准蛋白质溶液 0 mL 的试管为空白对照<sup>[15]</sup>。设置一组平行,取测定后的平均值,纵坐标为光吸收值,横坐标为蛋白质含量,按照所测定数值绘制蛋白质含量标准曲线  $y = 0.046x + 0.0105$   $R^2 = 0.9998$ 。

蛋白质损失率的计算公式:

蛋白质损失率(mg/g) = 浸泡液蛋白质浓度 × 稀释倍数 / 盐渍仿刺参重量 × 浸泡液体积

1.2.2.3 总糖损失率的测定 取 20 mg 标准葡萄糖,在 500 mL 容量瓶中加入蒸馏水充分溶解。于通风橱内取该溶液 0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mL 于试管中,加蒸馏水至 2 mL,每支试管先加入 1 mL 6% 的苯酚,然后加入 5 mL 浓硫酸,等待混匀后室温静置 20 min,显色。取 2 mL 蒸馏水作为空白对照,按上述操作进行实验。比色测定在波长 490 nm 处进行<sup>[16]</sup>。得到总糖含量标准曲线为  $y = 0.0075x + 0.011$   $R^2 = 0.9902$ 。

总糖损失率的计算公式:

总糖损失率(mg/g) = 浸泡液总糖浓度 × 稀释倍数 / 盐渍仿刺参重量 × 浸泡液体积

1.2.2.4 脱盐后感观评分 挑选 10 人(具有仿刺参加工及感官评价工作经历或知识背景)组成感官评定组,观察脱盐后的仿刺参的组织形态、异味和特征气味的变化情况,根据表 1 对其进行感官评分,具体评定标准见表 1。

表 1 感官评分标准

Table 1 The standard of sensory characteristics

	组织形态	异味	特征气味
1~4	破损严重	异味明显	无特征气味
5~7	稍有破损	稍有异味	稍有特征气味
8~10	形态完好	无异味	特征气味明显

1.2.3 仿刺参发制 脱盐后仿刺参在沸水中煮 1 h,置于干净不锈钢盆中纯净水浸泡 24 h 后,计算发制过程中蛋白质损失率和总糖损失率,并进行感官评分,具体感官评价标准见表 2。

表2 感官评分标准

Table 2 The standard of sensory characteristics

	咸度	外观	硬度	咀嚼性	凝聚性	弹性
1~4	不咸(过咸)	明显破损	过软(过硬)	咀嚼困难	凝聚差	弹性差
5~7	稍咸(稍淡)	稍有破损	较软(较硬)	咀嚼稍难	凝聚稍差	弹性较差
8~10	适宜	良好	硬度适宜	适宜咀嚼	凝聚较好	弹性适宜

1.3 数据处理

以上各项数据实验分别重复3次,用  $\bar{x} \pm s$  进行数据分析,应用 Origin 10.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同脱盐方式对仿刺参含盐量的影响

图1是不同脱盐方式对仿刺参含盐量的影响关系图。由图1可知,不同脱盐方式在不同脱盐时间下脱盐速率有所差异,振荡脱盐、真空反渗透脱盐以及超声波脱盐在脱盐速率上优于清水浸泡脱盐。总体上,当脱盐时间在4h以内时,脱盐速度较快,大于4h后则相对平缓,原因可能为4h内,浸泡液与仿刺参样品间的浓度梯度比较大,脱盐速度快,一段时间后,浸泡液中盐的浓度升高,浓度差异较小,盐分析出速率减缓。超声波脱盐的脱盐速率明显较快,原因可能是超声波的空化效应、机械效应对样品作用明显,并且在脱盐过程中,由于超声波的热效应,浸泡液会一定程度的升温,增大了浸泡液中盐的溶解度,使浓度差变大,从而加快了脱盐速度<sup>[17]</sup>。相关国家标准中规定特级干刺参含盐量应小于12%<sup>[18]</sup>,当样品的盐质量分数降至11%左右时,不同脱盐方式所需要的时间分别为:清水浸泡脱盐4.2h,振荡脱盐3.6h,真空反渗透脱盐2.5h,超声波脱盐2.2h。以仿刺参含盐量11%为标准时,超声波脱盐的脱盐效率最高,其次为真空反渗透脱盐、振荡脱盐,清水浸泡脱盐的效率最低。

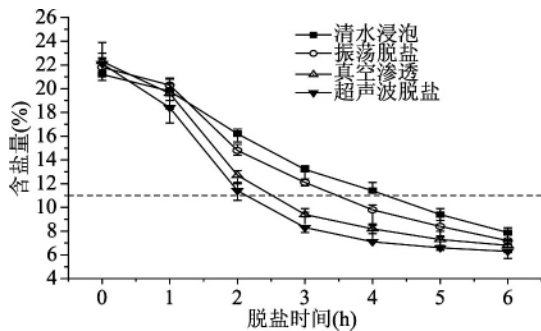


图1 不同脱盐方式对仿刺参含盐量的影响  
Fig.1 Effect of different desalting methods on salt content of *Apostichopus japonicus*

2.2 不同脱盐方式下仿刺参的蛋白质及总糖损失率

脱盐过程中,随着仿刺参体内盐离子的浓度不断下降,体内盐溶性以及水溶性的蛋白质和总糖也会随之渗出到浸泡液中,因此仿刺参的营养成分会受到不同程度的破坏,从而导致不可逆的营养损失,进而会影响后期成品仿刺参的品质。

图2、图3为不同脱盐方式下仿刺参脱盐过程中的蛋白质损失率及总糖损失率。由图2、图3可知,

超声波脱盐在1h后的蛋白质损失率和总糖损失率均要高于其他三种脱盐方式,原因可能为超声波脱盐过程中产生不可避免的热效应,随着浸泡液温度的升高,蛋白质及总糖的溶解度也随之增大,仿刺参体内热敏性的营养物质也随之流失<sup>[19]</sup>。因此,虽然超声波处理时,脱盐效率较好,但蛋白质及总糖损失较大,不推荐使用。而真空反渗透脱盐在2.5h以内的蛋白质损失率与清水浸泡和振荡脱盐持平,总糖损失率较低,脱盐时间大于2.5h时,真空反渗透脱盐的蛋白质及总糖的损失率明显较高,采用真空反渗透脱盐时,应在较短的脱盐时间内进行。当仿刺参含盐量到达11%左右时的脱盐时间,分别对应图2可得,四种脱盐方式的蛋白质损失率为:清水浸泡脱盐64mg/g,振荡脱盐61mg/g,真空反渗透脱盐54mg/g,超声波脱盐62mg/g;分别对应图3可得,四种脱盐方式的总糖损失率为:清水浸泡脱盐3.35mg/g,振荡脱盐3.31mg/g,真空反渗透脱盐3.16mg/g,超声波脱盐3.27mg/g。当含盐量达到11%时,清水浸泡脱盐的蛋白质和总糖损失率最高,真空反渗透脱盐的蛋白质和总糖损失率最低。

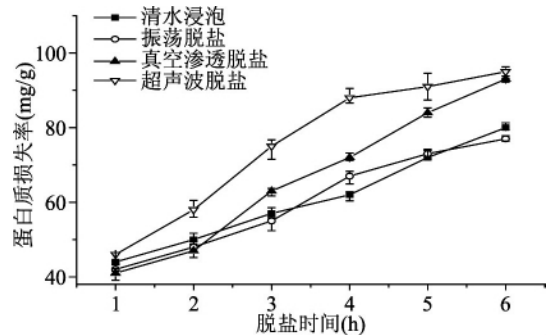


图2 不同脱盐方式对蛋白质损失率的影响  
Fig.2 Effect of different desalting methods on loss rate of protein

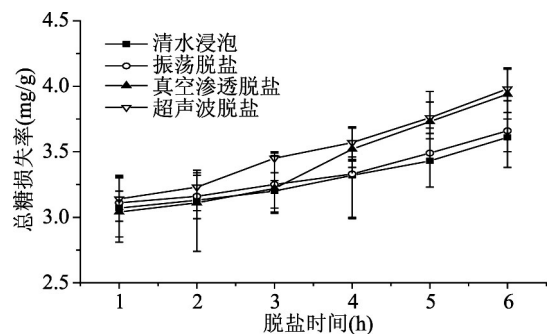


图3 不同脱盐方式对总糖损失率的影响  
Fig.3 Effect of different desalting methods on loss rate of total sugar

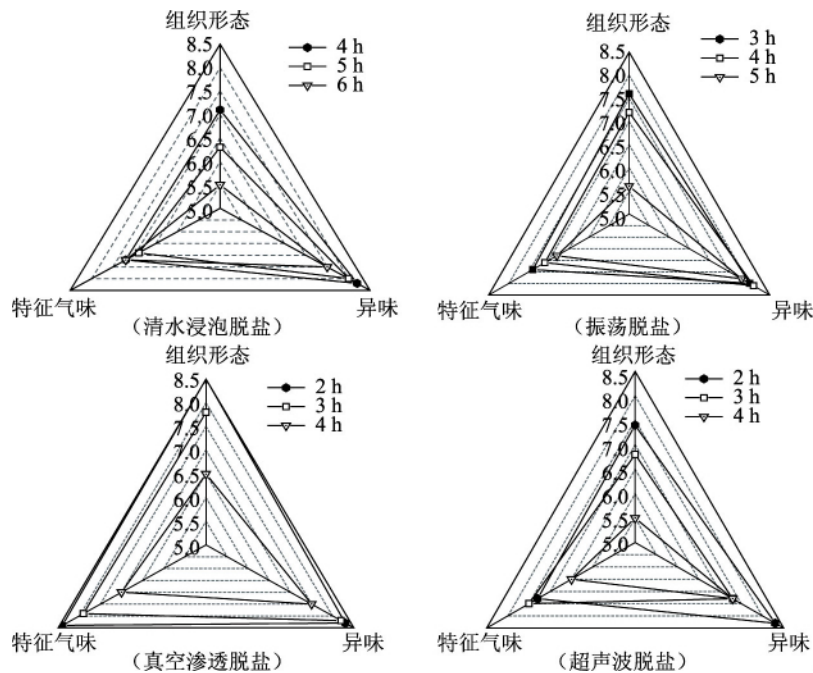


图4 不同方式脱盐后仿刺参的感官评价

Fig.4 Sensory characteristics of different desalting methods

### 2.3 脱盐后仿刺参感官评定分析

结合上文实验数据,分别选取不同脱盐方式下达到目标含盐量之后的三组脱盐时间处理的仿刺参样品进行感官评分,由于脱盐后的仿刺参不能立即食用,因此首先对仿刺参的组织形态、特征气味以及异味进行感官评分,以研究脱盐过程对仿刺参外在品质产生的影响。

图4为四种脱盐方式的直观感官评分结果,数据点距离中心越远说明感官评分越高。由图4可知,脱盐过程不同方法和脱盐时长均会对仿刺参的形态、气味产生影响。在达到目标含盐量的前提下,清水浸泡脱盐和超声波脱盐在组织形态和特征气味的评分总体较低。原因可能为清水浸泡达到目标含盐量时所需时间较长,仿刺参的体表组织长时间浸泡发生变化,同时仿刺参特有气味丧失;而超声波脱盐由于浸泡液温度的升高,仿刺参的表皮可能会产生皱缩。振荡脱盐在3 h处的综合评分比较理想,但脱盐时间5 h的组织形态评分较低。而真空反渗透脱盐在脱盐时间2~3 h时各项评分均高于其他三种脱盐方式,4 h处的综合评分较低,因此采用真空反渗透脱盐处理盐渍仿刺参时应尽量保持在2~3 h的脱盐时间内,既能保证脱盐效率,同时也能保证较少的蛋白质及总糖损失。

### 2.4 发制过程中仿刺参的蛋白质及总糖损失率

结合上文实验数据,每种脱盐方式选取脱盐后干基含盐量达到国家标准<sup>[18]</sup>后的三组脱盐时间进行发制过程中蛋白质及总糖损失率的测定,即清水浸泡脱盐选取4、5、6 h,振荡脱盐选取3、4、5 h,其他两种脱盐方式选取2、3、4 h。图5、图6为不同脱盐方式下仿刺参发制的蛋白质及总糖损失率。由图5、图6可知,超声波脱盐的蛋白质和总糖的损失率均要高于其他三种脱盐方式,原因可能为超声波脱盐过程

中对仿刺参表皮损伤较大,蛋白质及总糖更易流失。真空反渗透脱盐的蛋白质损失率总体较低,总糖损失率较低,可能由于真空反渗透脱盐时间较短,且对仿刺参结构影响较小,蛋白质及总糖得以保留;但脱盐时间大于3 h时,真空反渗透脱盐的仿刺参在发制过程中蛋白质及总糖的损失率明显较高,采用真空反渗透脱盐时,仍应在较短的脱盐时间内进行。当仿刺参干基含盐量达到11%时,四种脱盐方式的仿刺参在发制过程中的蛋白质损失率为:清水浸泡脱盐97 mg/g,振荡脱盐95 mg/g,真空反渗透脱盐77 mg/g,超声波脱盐105 mg/g;四种脱盐方式的总糖损失率为:清水浸泡脱盐4.55 mg/g,振荡脱盐4.49 mg/g,真空反渗透脱盐4.34 mg/g,超声波脱盐4.5 mg/g。发制过程中,真空反渗透脱盐的蛋白质和总糖损失率最低。

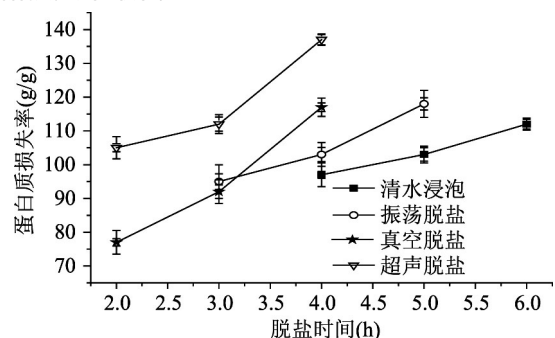


图5 不同脱盐方式对仿刺参发制过程中蛋白质损失率的影响

Fig.5 Effect of different desalting methods on loss rate of protein

图7为发制后仿刺参的直观感官评分结果,数据点距离中心越远说明感官评分越高。由图7可知,在达到目标含盐量的前提下,清水脱盐及振荡脱

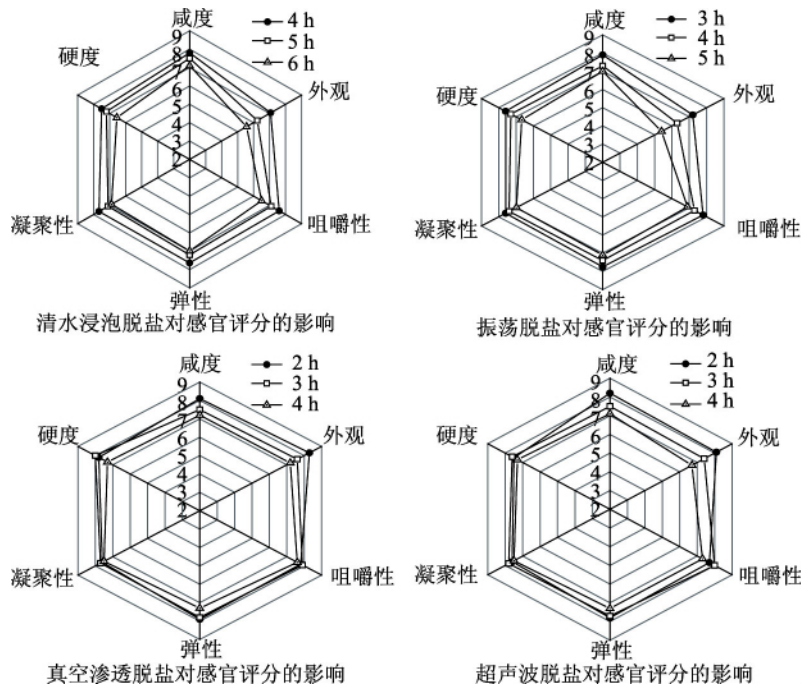


图7 不同脱盐方式下发制后仿刺参的感官评价

Fig.7 Sensory characteristics of different desalting methods

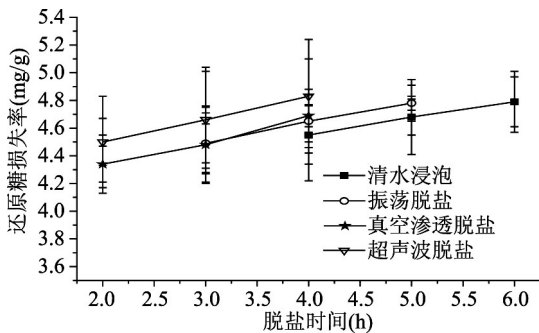


图6 不同脱盐方式对仿刺参发制过程中总糖损失率的影响

Fig.6 Effect of different desalting methods on loss rate of total sugar

盐的外观及硬度评分较低,原因可能是这两种脱盐方式的脱盐时间较长,对仿刺参的表皮有一定影响。真空反渗透脱盐和超声波脱盐在硬度、咀嚼性、凝聚性、弹性的评分较高,且真空反渗透脱盐处理2、3 h的仿刺参发制后的综合评分稍高。在相同的发制条件下真空反渗透脱盐2~3 h及超声波脱盐处理2 h的仿刺参的感官评分更高。

### 3 结论

当含盐量达到特级仿刺参标准时,在脱盐效率方面,超声波脱盐、真空反渗透脱盐、振荡脱盐均高于清水浸泡脱盐;在蛋白质及总糖损失率方面,振荡脱盐、真空反渗透脱盐以及超声波脱盐均低于清水浸泡脱盐,说明了这三种脱盐方式在一定程度上提高了脱盐效率,同时减少了蛋白质及总糖损失。相同发制条件下,仿刺参发制过程中蛋白质损失率顺序为:超声波脱盐 > 清水浸泡脱盐 > 振荡脱盐 > 真空反渗透脱盐;多糖损失率顺序为:清水浸泡脱盐 > 超声波脱盐 > 振荡脱盐 > 真空反渗透脱盐。说明真

空反渗透脱盐处理的仿刺参在发制过程中的蛋白质及总糖损失率较低,其他三种差异较小。由上可得真空反渗透脱盐方式处理的仿刺参蛋白质和多糖损失最小,感官评价较好。

综合脱盐速率、脱盐和发制的蛋白质损失、总糖损失率和感官评分结果可得,利用真空反渗透脱盐法脱盐达到可食用仿刺参含盐量需要脱盐2 h,蛋白质总损失率为124 mg/g,总糖总损失率为7.45 mg/g,在组织形态以及特征气味上损失较小,并且发制后的综合感官评分较高,是比较理想的盐渍仿刺参脱盐方法。

### 参考文献

[1] Li Z, Wang H, Li J, et al. Basic and clinical study on the antithrombotic mechanism of glycosaminoglycan extracted from sea cucumber [J]. Chinese Medical Journal 2000, 113: 8.  
 [2] Rajesh K, Ashok K C, Praveen K S. Antifungal activity in triterpene glycosides from the sea cucumber actinopygalecanora [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 2007, 17(15): 4387-4391.  
 [3] 云霞, 韩学宏, 农绍庄, 等. 海参真空冷冻干燥工艺 [M]. 大连: 中国水产科学, 2006: 662-666.  
 [4] 傅天保, 林建云, 陈忠科, 等. 二色桌片参皂苷药理作用的初步研究 [J]. 台湾海峡, 2004, 23(2): 144-152.  
 [5] 邹嵘嵘, 易杨华, 姚新生, 等. 二色桌片参皂苷 intercede side A 的抗真菌和抗肿瘤活性 [J]. 中国药理学通报, 2005, 21(6): 761-762.  
 [6] Popov A M. Comparative study of cytotoxic and hemolytic effects of triterpenoids isolated from Ginseng and Sea cucumber [J]. Izv Akad Nauk Ser Biol 2002(2): 155-164.  
 [7] Zhu B W, Zhao L L, Sun L M, et al. Purification and (下转第132页)

concentration and temperature on water-binding properties of model meat systems [J]. Journal of Food Science, 1975, 40(3): 595-602.

[15] Turgut H. Emulsifying capacity and stability of goat, waterbuffalo, sheep and cattle muscle proteins [J]. Journal of Food Science, 1984, 49(1): 168-171.

[16] Borderias A J, Jiménez-Colmenero F, Tejada M. Parameters affecting viscosity as a quality control for frozen fish [J]. Marine Fisheries Review, 1985, 47(4): 43-45.

[17] Hamm R. On the rheology of minced meat [J]. Journal of Texture Studies, 1975, 6(3): 281-296.

[18] 边兴伟. 鸡肉火腿肠贮藏期间应力松弛特性及质地评价 [J]. 肉类研究, 2013(10): 29-32.

[19] 冯峰. 胡萝卜的流变特性及质地评价研究 [D]. 镇江: 江苏大学, 2007.

[20] Nagai T, Yano T. Fractal structure of deformed potato starch and its sorption characteristics [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(5): 1334-1337.

[21] Toth L, Hamm R. Zur Rheologie des Fleisches. III. Messung der Fließgrenze und der Viskosität von Modellbräten mit dem Rotationsviskosimeter [J]. Fleischwirtschaft, 1968, 48(12): 1651-1660.

[22] Cofrades S, Careche M, Carballo J, et al. Protein

concentration, pH and ionic strength affect apparent viscosity of actomyosin [J]. Journal of Food Science, 1993, 58(6): 1269-1272.

[23] 吴伟都, 王雅琼, 朱慧, 等. 不同浓度黄原胶溶液的流变特性研究 [J]. 粮食与食品工业, 2012, 19(4): 18-22.

[24] 赵杰文, 柴春祥. 鱼糜流变特性的研究 [J]. 农业工程学报, 1996, 12(4): 75-79.

[25] 周逸, 金森, 徐亦及, 等. 秘鲁鱿鱼肌原纤维蛋白提取和加热条件对其凝胶特性的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(14): 126-130.

[26] 江慧敏, 董秀萍, 王继涛, 等. 扇贝肌原纤维蛋白浊度和黏度特性的研究 [J]. 食品与机械, 2009(6): 18-21.

[27] 王瑛. pH 调节诱导罗非鱼肌球蛋白结构和性质的变化 [D]. 湛江: 广东海洋大学, 2013.

[28] 许柯, 吴焯, 徐幸莲, 等. 不同条件下兔骨骼肌肌球蛋白流变特性的研究 [J]. 食品科学, 2010(21): 10-14.

[29] 高洁. 马铃薯淀粉废水中蛋白质的回收及性质研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.

[30] Schut J. Meat emulsions [M]. Marcel Dekker, New York, 1976.

[31] 罗永康, 潘道东, 沈慧星, 等. 蛋白质浓度, pH, 离子强度对鲢鱼肌原纤维蛋白黏度的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(7): 52-54.

(上接第 122 页)

Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries [J]. Food Chemistry, 2007, 102(3): 777-783.

[36] Çelik H, Özgen M, Serçe S, et al. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit [J]. Scientia Horticulturae, 2008, 117(4): 345-348.

(上接第 127 页)

characterization of a cathepsin L-like enzyme from the body wall of the sea cucumber (*Stichopus japonicus*) [J]. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 2008, 72(6): 1430-1437.

[8] Zhu B W, Zhao J G, Yang J F, et al. Purification and partial characterization of a novel  $\beta$ -1,3-glucanase from the gut of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) [J]. Process Biochemistry, 2008, 43(10): 1102-1106.

[9] 于建伟. 酸性磷酸酶在 UV 诱导的海参自溶过程中的作用 [D]. 大连: 大连工业大学, 2009.

[10] 郑杰. 海参自溶过程中细胞凋亡机理的研究 [D]. 大连: 大连工业大学, 2007.

[11] 孙妍, 薛长湖, 齐祥明. 海参最佳对流干燥温度的研究 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 205-209.

[12] 苏秀榕, 姜永江, 常亚青. 海参的营养成分及海参多糖的抗肿瘤活性的研究 [J]. 营养学报, 2003, 25(2): 181-182.

[37] Gu L, Kelm M A, Hammerstone J F, et al. Screening of Foods Containing Proanthocyanidins and Their Structural Characterization Using LC-MS/MS and Thiolytic Degradation [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(25): 7513-7521.

[38] Vvedenskaya I, Vorsina N. Flavonoid composition over fruit development and maturation in American cranberry, *Vaccinium macrocarpon* Ait [J]. Plant Science, 2004, 167(5): 1043-1054.

[13] 侯志刚, 王茂剑, 张健, 等. 海参加工工艺的研究现状 [J]. 食品工业, 2015, 36(4): 248-252.

[14] 中华人民共和国农业部渔业局. SC/T3011-2001 水产品中盐分的测定 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[15] 刘邻渭, 陶健, 毕磊. 双缩脲法测定荞麦蛋白质 [J]. 食品科学, 2004, 25(10): 258-261.

[16] 范传颖, 陶正明, 吴志刚. 苯酚硫酸法与蒽酮硫酸法测定铁皮石斛中多糖含量的比较 [J]. 浙江农业科学, 2013(7): 799-801.

[17] 宋国胜, 胡松青, 李琳. 超声波技术在食品科学中的应用与研究 [J]. 现代食品科技, 2008, 24(6): 609-612.

[18] 中华人民共和国农业部. SC/T3206-2009 干刺参 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2009.

[19] 竹文礼, 张魁, 周祥, 等. 不同脱盐方式对海笋干制品品质的影响 [J]. 干燥技术与设备, 2007, 5(6): 293-298.