

# 曲面滑切式海湾扇贝剥壳机的设计

李磊, 王家忠, 弋景刚, 谷晓翠

(河北农业大学机电工程学院, 河北保定 071001)

**摘要:** 目前国内扇贝剥壳取肉仍以手工为主, 加工环境恶劣、生产效率低。为改善这一现状, 本文设计了一种针对海湾扇贝的仿人工剥壳机。仿照手工刀具剥离贝柱原理, 采用弹性刀片, 由气缸推动刀片贴合扇贝曲面对闭壳肌进行剥离。采用轮盘式布局, 主要由贝壳切割组件、闭壳肌剥离组件等组成。利用 MATLAB 对测量数据进行分析, 确定了闭壳肌的位置以及贝壳切割装置的切割位置距离贝壳边缘 8 mm。通过 Origin 对扇贝壳体进行曲线拟合, 建立扇贝内壳的几何模型, 确定闭壳肌剥离刀片的尺寸宽  $b=20$  mm、长  $l=14$  mm, 扇贝平均开口角度  $\beta=27^\circ$ , 弯曲角度范围  $\alpha=2^\circ\sim 5^\circ$ , 并利用 Adams 进行仿真分析。试验结果表明, 海湾扇贝剥壳机的剥壳成功率在 85% 以上, 剥壳效率为 20 个/min, 剥壳机满足扇贝加工品质及生产效率的要求。

**关键词:** 海湾扇贝; 剥壳; 曲面滑切; 拟合; 仿人工

文章编号: 1673-9078(2020)12-198-203

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.12.0642

## Design of Curved Sliding-cut Bay Scallop Sheller

LI Lei, WANG Jia-zhong, YI Jing-gang, GU Xiao-cui

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China)

**Abstract:** At present, the domestic scallop shelling and meat extraction are still mainly done by hand, and the processing environment is harsh and the production efficiency is low. In order to improve this situation, an artificial peeling machine for bay scallops is designed. It is based on the principle of manual cutter peeling off the shells, using elastic blades, and the blades to fit the scallop curved surface to peel off the adductor muscle is pushed by the cylinder. The roulette layout is adopted, it is mainly composed of shell cutting components and adductor muscle components. The measurement data was analyzed by MATLAB, the position of the adductor muscle and the cutting position of the shell cutting device are 8 mm away from the edge of the shell. The scallop shell body was curve-fitted by Origin to establish a geometric model of the scallop inner shell. The size of the scallop muscle peeling blade  $b=20$  mm wide  $l=14$  mm long, the average opening angle of the scallop  $\beta=27^\circ$ , and the bending angle range  $\alpha=2^\circ\sim 5^\circ$ . Simulation analysis with Adams. The test results show that the success rate of the bay scallop shelling machine is over 85%, and the shelling efficiency is 20 pieces/min. The shelling machine meets the requirements of scallop processing quality and production efficiency.

**Key words:** bay scallops; shelling; curved sliding-cut; curve fitting; humanoid

引文格式:

李磊,王家忠,弋景刚,等.曲面滑切式海湾扇贝剥壳机的设计[J].现代食品科技,2020,36(12):198-203

LI Lei, WANG Jia-zhong, YI Jing-gang, et al. Design of curved sliding-cut bay scallop sheller [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 198-203

近年来,我国贝类养殖产量不断增加,约占世界总量的 38% 以上<sup>[1-3]</sup>。通常扇贝加工需要经过预处理、剥壳和废料处理等阶段,扇贝剥壳是扇贝加工中最关键,也是最困难的一个环节。目前在美国、日本等国家研制的扇贝加工设备投入使用,而国内扇贝的自动

收稿日期: 2020-07-10

基金项目: 河北省重点研发计划项目 (20327219D)

作者简介: 李磊 (1997-), 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 扇贝无损智能化加工

通讯作者: 王家忠 (1970-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 机械电子工程, 水产品加工装备

化加工多数停留在理论分析阶段,仍以手工为主。但是由于加工作业的季节性强,招工困难、技术不规范、加工环境恶劣等因素,使得扇贝加工品质难以保证,严重阻碍了扇贝产业的发展。因此研发经济实用的贝类加工设备以提高扇贝加工的产量和品质,成为实现扇贝产业大规模生产,促进贝类经济持续发展的关键环节,而自动化扇贝加工设备中闭壳肌的无损剥离是主要技术难点之一。

目前,国外较成熟的扇贝剥壳设备利用超高压技术实现闭壳肌的无损剥离,效率高、脱落率可达 100%<sup>[4-6]</sup>,但这种设备仅限于加工个体较大的贝类,

如虾夷扇贝等,无法加工个体较小的海湾扇贝,且成本昂贵,难以普及;利用蒸煮法实现扇贝剥壳,扇贝在高温状态下闭壳肌应力释放,壳体张开,贝柱脱落<sup>[7]</sup>,但在高温状态下会影响贝柱蛋白质活性,影响后续加工利用。近年来,河北农业大学在扇贝加工设备研发方面做了大量工作。弋景刚等<sup>[8,9]</sup>通过测定扇贝闭壳肌粘附力,设想出一种蒸汽式扇贝闭壳肌脱壳方法,但作业环境恶劣,且加工效率有待提高。王家忠等<sup>[10,11]</sup>设计出一种水射流剥壳机,通过优化水射流喷射角度和喷射压力实现闭壳肌的剥离,但由于受水质的影响无法保证贝柱的无损剥离。本文根据人工利用刀具剥离贝柱的原理,设计了一种轮盘式仿人工海湾扇贝剥壳机,采用轮盘式布局,利用弹性刀片实现仿人工闭壳肌剥离。旨在降低闭壳肌损伤率和扇贝加工成本,提高加工效率。

### 1 海湾扇贝剥壳机的结构及工作原理

扇贝加工的主要目的是得到可食用的闭壳肌,闭壳肌剥离是扇贝加工中最关键环节之一,剥壳机的设计以闭壳肌剥离工艺流程为依据。工艺流程如图1所示。

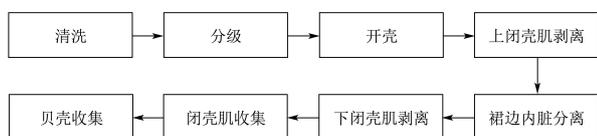


图1 闭壳肌剥离工艺流程图

Fig.1 Process flow chart of bay scallop processing

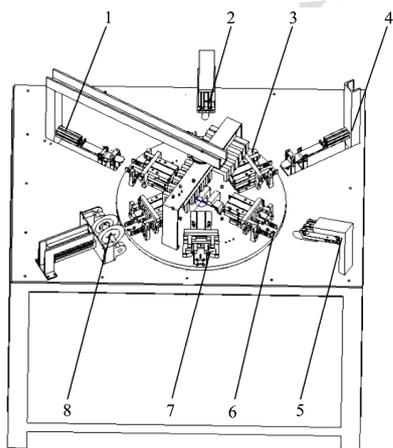


图2 海湾扇贝剥壳机结构简图

Fig.2 Schematic diagram of bay scallop sheller

注: 1.上闭壳肌剥离组件; 2.裙边、内脏吸取组件; 3.气动回转装置; 4.下闭壳肌剥离组件; 5.闭壳肌吸取组件; 6.吹气系统; 7.定位夹紧组件; 8.扇贝壳切割组件。

图2为剥壳机的整机结构,包括扇贝定位夹紧组件、扇贝壳切割组件、闭壳肌剥离组件、裙边内脏

吸取组件、闭壳肌吸取组件、吹气系统六个模块。其工作过程如下:(1)定位夹紧组件分别布置在旋转圆盘不同方向,气动回转装置保证了气动夹具和旋转圆盘可以同时运作;(2)海湾扇贝由人工辅助放置到加工平台,由定位装置与夹紧装置协同作业依次完成对扇贝的定位与夹紧动作;(3)高速旋转的锯片在气动滑台带动下向前运动,实现扇贝的局部开口。然后定位夹紧组件上的撑刀,由开口进入使扇贝撑开一定角度;(4)弹性刀片在气缸推动下沿着扇贝壳内曲面向前运动,分别完成黏连在上下贝壳上闭壳肌的切割;(5)真空吸管在气动滑台带动下向前运动,当吸管到达海湾扇贝上方时,真空泵工作,通过真空吸管完成海湾扇贝内脏、裙边吸取;(6)最后由闭壳肌吸取装置完成闭壳肌的收集。在整个扇贝加工过程中,扇贝壳切割和闭壳肌剥离是影响加工质量与效率的重要环节,本文将主要对扇贝壳切割装置和闭壳肌剥离装置进行详细阐述。

### 2 贝壳切割装置的设计

#### 2.1 贝壳切割装置的结构及工作原理

海湾扇贝壳边缘薄、易处理。采用仿人工加工方式,为使后续加工夹具顺利撑开扇贝上壳,便于刀具顺利进入扇贝内部,需要对扇贝两侧进行切边处理。该装置(如图3)中包括直流电机、轴承座、圆锯片、气动滑台、U型支架等。U型支架通过螺栓固定在机架上,气动滑台安装在U型支架上,圆锯片安装在转轴上,转轴与电动机通过轴承座安装在U型支架上。扇贝壳切割组件的主要功能是完成扇贝壳两侧的切割,该组件工作时,安装在U型架上的电动机通过转轴带动圆锯片旋转,同时气动滑台推动U型架向前运动,直到圆锯片与旋转盘上待加工的海湾扇贝接触,完成扇贝壳两侧的切割。

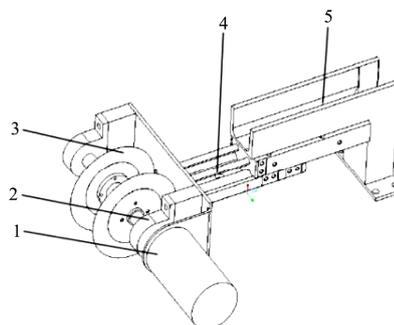


图3 扇贝壳切割装置图

Fig.3 Bay scallop shell cutting device

注: 1.直流电机; 2.轴承座; 3.圆锯片; 4.气动滑台; 5.U型支架。

## 2.2 闭壳肌几何参数确定

闭壳肌包括横纹肌和平滑肌，其中横纹肌主要功能是使扇贝快速闭壳而平滑肌则是保证扇贝的持久闭壳。扇贝内部结构及几何位置如图4所示。切割贝壳时，需要确定准确切割位置，以免损伤贝柱，需准确测定闭壳肌的位置及大小。对海湾扇贝闭壳肌的测量数据分析可知，壳高 $H=40\sim 50\text{ mm}$ 的海湾扇贝闭壳肌直径 $d=14\sim 15\text{ mm}$ <sup>[12]</sup>。

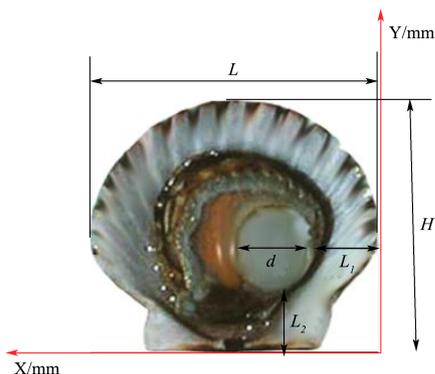


图4 海湾扇贝闭壳肌几何结构

Fig.4 Geometric structure of bay scallop adductor muscle

由扇贝内部结构图可得闭壳肌坐标位置 $(X_r, Y_r)$ 如式1、2:

$$X_r = L_1 + \frac{d}{2} \quad (1)$$

$$Y_r = L_1 + \frac{d}{2} \quad (2)$$

现对壳高 $H=40\sim 50\text{ mm}$ 之间的20只海湾扇贝的闭壳肌位置进行测量，测量数据通过MATLAB软件进行处理，得到海湾扇贝闭壳肌位置坐标分布如图5所示。

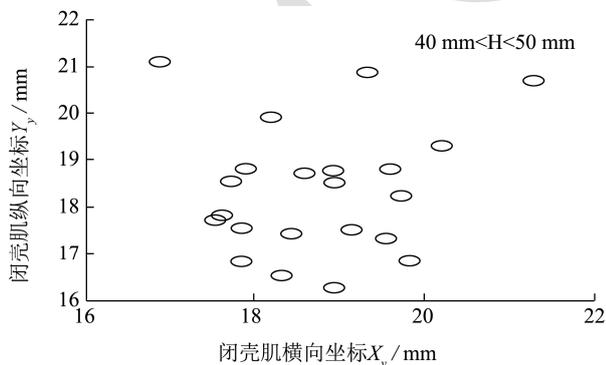


图5 闭壳肌位置坐标分布

Fig.5 Coordinate distribution of adductor muscle

结果显示，壳高 $H=40\sim 50\text{ mm}$ 之间的海湾扇贝，闭壳肌位置坐标 $18 < x_r < 19\text{ mm}$ ， $18 < y_r < 19\text{ mm}$ 。

## 2.3 切割位置确定

为了便于后续加工过程中海湾扇贝的装夹与定位，以及保证闭壳肌的完整性，同时考虑受到加工环境的影响，锯片切割时存在一定的震动，切割时应留有 $\gamma=3\sim 4\text{ mm}$ 的加工余量，初步设定锯片距离贝壳双侧的距离 $a=8\text{ mm}$ ，选用外径为 $D_{\text{外径}}=110\text{ mm}$ 的金刚石锯片。对于非 $40\sim 50\text{ mm}$ 尺寸范围的海湾扇贝，根据海湾扇贝的生长规律，闭壳肌和扇贝壳体大小成正比关系，扇贝大小对闭壳肌位置影响较小，在保证足够加工余量下，亦不会在切割过程中因扇贝大小差异造成闭壳肌的损伤。切割示意图如图6所示。

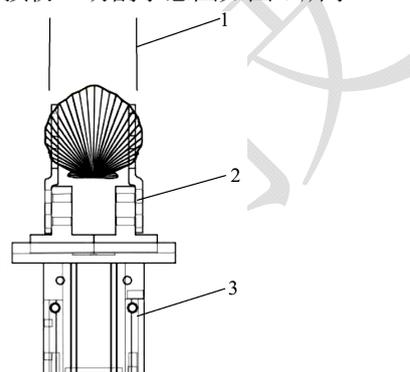


图6 贝壳切割示意图

Fig.6 Shell cutting diagram

注：1.圆锯片；2.气动夹具；3.定位支架。

## 3 闭壳肌剥离装置的设计

### 3.1 闭壳肌剥离装置的结构及工作原理

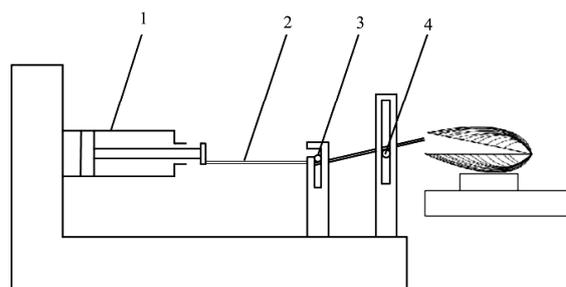


图7 闭壳肌剥离装置结构简图

Fig.7 Structural diagram of adductor muscle peeling device

注：1.气缸；2.刀片；3.调节辊一；4.调节辊二。

图7为闭壳肌剥离装置结构简图，该装置由气缸、刀片、可调节辊一、可调节辊二等组成。气缸水平安装在支架上，刀片通过垫片安装在气缸活塞杆上，与可调节辊紧密相切，通过改变可调节辊的高度来实现刀片弯曲角度的变化，调节辊一高度降低、调节辊二高度升高刀片弯曲角度变大，反之，刀片弯曲角度变小。工作时弹性刀片在气缸推动下沿扇贝上贝壳曲面进入，对闭壳肌连接在上壳的部位进行切割，当刀片切割完闭壳肌时，气缸带动刀片复位。通过试验测定

扇贝最大开口角度范围, 利用软件对扇贝壳体曲线进行拟合, 建立该组件数学模型并确定刀片的弯曲角度范围, 再通过 ADAMS 仿真验证角度取值的正确性。由海湾扇贝的生物特性可知上下壳体结构相似, 故上下闭壳肌剥离的工作原理相同, 以下仅阐述上闭壳肌剥离装置的设计分析。

### 3.2 切割刀片结构参数设计

刀片大小应根据待加工海湾扇贝闭壳肌的大小来确定。40~50 mm 的海湾扇贝闭壳肌直径范围是 14~15 mm, 对于非 40~50 mm 范围的海湾扇贝, 其闭壳肌大小误差  $-1 < \delta < +1$  mm, 所以可根据闭壳肌的大小初步设定刀片的宽度  $b=20$  mm, 长度  $l=114$  mm。

### 3.3 切割刀片运动轨迹的设计

#### (1) 海湾扇贝最大开口角度的确定

扇贝最大开口角度  $\beta$  为撑刀撑开扇贝保证闭壳肌不断裂的最大角度。 $\beta$  的测量是确定刀片弯曲角度范围的依据,  $\beta$  越大越利于弹性刀片完成扇贝闭壳肌的切割。利用角度尺对生命体征完好的长度在 40~50 mm 的海湾扇贝 30 只进行最大开口角度的测量。统计可得: 40~50 mm 海湾扇贝平均最大开口角度  $\beta=27^\circ$ 。 $\beta$  将作为刀片弯曲角度范围计算的依据。

#### (2) 海湾扇贝上壳体曲线的确定

在闭壳肌不断裂的情况下, 将上述 30 个海湾扇贝样本切割得到两半扇贝壳体, 对扇贝上壳体曲线进行测绘, 利用 Origin 软件对测绘数据进行拟合, 得到扇贝上壳体曲线。如图 8 所示。

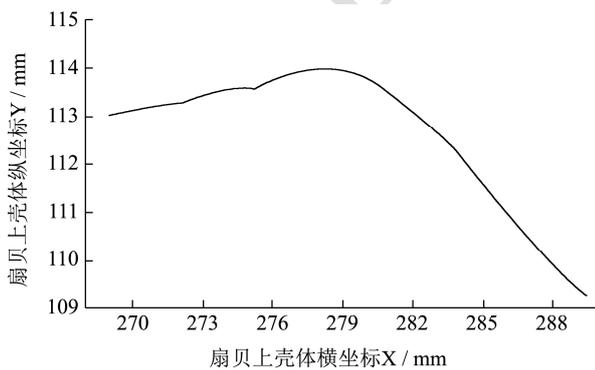


图 8 扇贝上壳体曲线

Fig.8 Curve of upper shell of scallop

#### (3) 切割刀片的运动仿真

通过对几何模型(图 9)的分析, 确定刀片弯曲角度的范围。如图 9 所标示, 以 O 点为坐标原点建立直角坐标系,  $\alpha$  为刀片弯曲角度,  $\beta$  为扇贝最大开口角度,  $L_1$  和  $L_3$  分别为可调节辊一和可调节辊二的高度,  $L_2$  为两可调节辊之间的距离。设置各零部件之间

相对位置尺寸  $L_1=70$  mm,  $L_2=50$  mm, 当刀片达到最小弯曲角度时  $L_3=72$  mm, 当刀片达到最大弯曲角度时  $L_3=80$  mm, 已知扇贝开口角度  $\beta=27^\circ$ 。由式 3 可计算刀片弯曲角度范围。

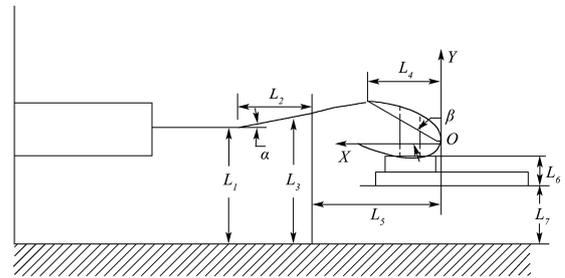


图 9 闭壳肌剥离装置几何模型

Fig.9 Geometric model of the adductor muscle peeling device

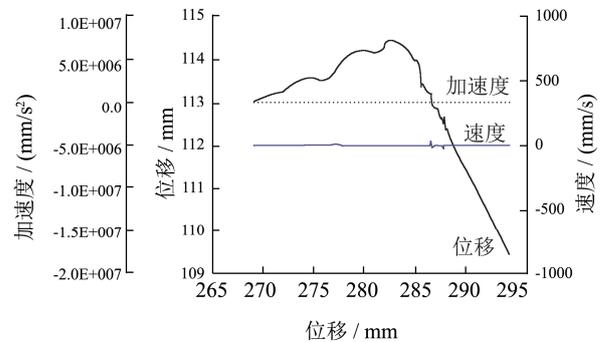


图 10 2°~5°刀片速度、加速度及运动轨迹图

Fig.10 2°~5° Blade's speed, acceleration and movement trajectory

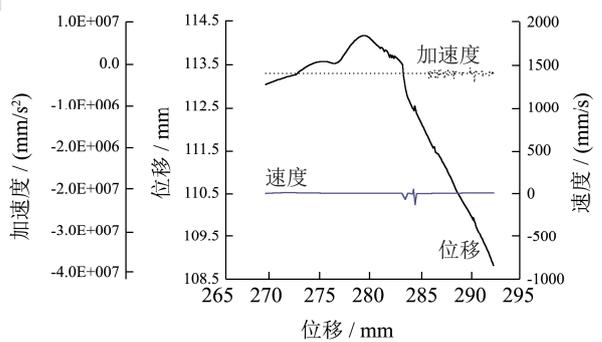


图 11 5°~8°刀片速度、加速度及运动轨迹图

Fig.11 5°~8° Blade's speed, acceleration and movement trajectory

为了验证刀片能否沿着扇贝壳内曲面运动, 完成闭壳肌的切割, 需要对弹性刀片进行运动学仿真。将该组件的三维模型导入到 ADAMS 中, 设置刀片材料为 304 不锈钢, 设置可调节棍一二的高度  $L_1=70$  mm、 $L_2=80$  mm 使刀片弯曲角度  $\alpha=5^\circ$ , 设置扇贝模型开口角度  $\beta=27^\circ$ , 同时添加各零部件间的约束和驱动。在仿真环境中设置动作: 刀片在气缸推动下沿壳体内曲面进入, 对闭壳肌上端及连接上壳的部位进行切割,

刀片运动 25 mm 时气缸停止运动, 随后气缸、刀片复位。该动作下弹性刀片的速度、加速度响应曲线和运动轨迹如图 10 所示。对于非 40~50 mm 得海湾扇贝, 因其扇贝最大开口角度的变化, 使刀片弯曲角度发生变化, 以 50~60 mm 的海湾扇贝为样本, 通过测量其最大开口角度平均  $\beta=29^\circ$ , 同时可计算得刀片弯曲角度  $\alpha$  在  $5^\circ\sim 8^\circ$  之间, 进行相同的仿真实验可得刀片的速度、加速度和运动轨迹如图 11 所示。

$$\tan \alpha = \frac{L_3 - L_1}{L_2} \quad (3)$$

计算得当  $L_3=72$  mm 时  $\alpha=2^\circ$ , 当  $L_3=80$  mm 时  $\alpha=5^\circ$ , 则刀片弯曲角度范围在  $2^\circ\sim 5^\circ$  之间。

为了验证刀片运动轨迹与扇贝壳曲面的吻合度。将仿真运动得到的曲线与扇贝壳曲线进行拟合如图 12 所示。从拟合曲线图中得知刀片弯曲角度运动轨迹与扇贝曲面基本吻合, 可以实现扇贝闭壳肌的低损切割。

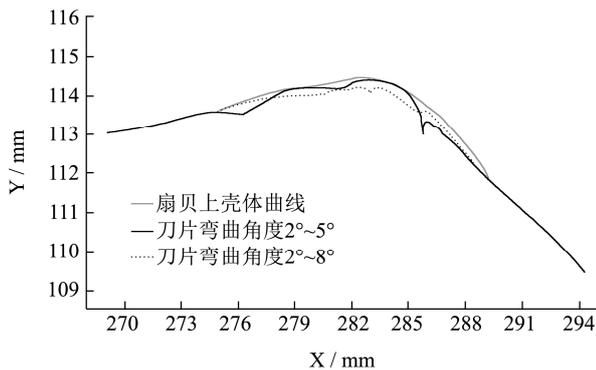


图 12 拟合曲线图  
Fig.12 Fitting graph

#### 4 试验验证

表 1 剥壳成功率及效率

Table 1 Success rate and efficiency of shelling

运行时间/min	扇贝加工数量/个	成功数量/个	成功率/%	效率
2	40	34	84.09	20个/min
4	80	67	83.65	
6	120	103	85.96	
8	160	136	85.27	
10	200	177	88.38	

为验证海湾扇贝剥壳机的剥壳效率和成功率是否达到生产要求, 对海湾扇贝轮盘式剥壳机样机进行试验。试验所用扇贝产自青岛, 从捕捞到试验不超过 24 h。扇贝剥壳后, 若贝壳内表面无残留闭壳肌及内脏裙边组织, 闭壳肌较完整且无明显刀具划痕则视为成功, 否则视为失败。试验样机如图 13。试验结果见表 1。



图 13 试验样机  
Fig.13 Test prototype

由上述测试结果可知, 海湾扇贝剥壳机的剥壳成功率在 85% 以上, 剥壳效率为 20 个/min, 满足海湾扇贝加工质量及产量需求, 并且解决了海湾扇贝开壳和闭壳肌低损剥离的难题。通过分析导致剥壳失败的原因有扇贝倾斜, 刀片弯曲角度及进给距离不合适, 可通过优化改进刀片参数和进给距离来提高成功率。

#### 5 结论

针对海湾扇贝剥壳困难的问题, 设计了一种仿人工海湾扇贝剥壳机。采用轮盘式布局, 结构紧凑, 由定位夹紧组件、贝壳切割组件、闭壳肌剥离组件、裙边内脏吸取组件、闭壳肌吸取组件和吹气系统六个模块组成, 可以实现海湾扇贝的低损伤、高效率剥壳。

- (1) 通过对海湾扇贝闭壳肌位置的测量分析, 确定了切割装置的切割位置距离扇贝两侧  $a=8$  mm;
- (2) 设计了一种由弹性刀片剥离闭壳肌的剥离装置, 确定了剥离刀片的尺寸, 宽  $b=20$  mm、长  $l=114$  mm, 以及剥离刀片的弯曲角度范围  $\alpha=2^\circ\sim 5^\circ$ 。通过运动学仿真分析了弹性刀片的速度, 加速度以及运动轨迹和扇贝壳体曲线基本吻合, 准确的贝壳切割装置和紧贴扇贝内壳表面剥离贝柱的弹性刀片可以保证贝柱的低损伤剥离;

(3) 在海湾扇贝剥壳机样机上进行了试验验证, 扇贝剥壳成功率在 85% 以上, 剥壳效率为 20 个/min, 贝柱可以从壳体上完整剥离, 且没有明显刀具划痕, 贝柱较为完整。

本设备基本可以实现海湾扇贝的低损伤、高效率剥壳, 但加工效率和成功率仍有待提高。下一步将通过优化样机结构和参数, 改进片弯曲角度和进给距离来提高剥壳成功率。

#### 参考文献

[1] 王璐.论扇贝的营养价值、生物活性及养殖[J].牡丹江大学学报,2007,3:92-94  
WANG Lu. The nutritional value, biological activity and

- breeding of scallops [J]. Journal of Mudanjiang University, 2007, (3): 92-94
- [2] 于千钧.中国海湾扇贝产业结构特征和绩效研究[D].青岛:中国海洋大学,2014
- YU Qian-jun. A study on the structural, characteristics and performances of bay scallop industry in China [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014
- [3] 李翔,邢增通,吴达洋,等.扇贝加工的研究进展[J].食品研究与开发,2013,34(10):123-125
- LI Xiang, XING Zeng-tong, WU Da-ban, et al. Progress of research on scallop processing [J]. Food Research and Development, 2013, 34(10): 123-125
- [4] Cruz M R, Smiddy M, Hill C, et al. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of freshoysters (*Crassostrea gigas*) [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(2): 161-169
- [5] He H, Adams RM, Farkas DF, et al. Use of high-pressure processing for oyster shucking and shelf-life extension [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(2): 640-645
- [6] Ting E, Balasubramaniam V M, Raghubeer E. Determining thermal effects in high-pressure processing [J]. Food Technology, 2002, 56 (2): 31-35
- [7] Daniel E Martin, Steven G Hall. Oyster shucking technologies: Past and present [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41: 223-232
- [8] 弋景刚,吴红雷,姜海勇,等.蒸汽式扇贝开壳装置工作参数优化[J].农业工程学报,2014,30(18):70-77
- YI Jing-gang, WU Hong-lei, JIANG Hai-yong, et al. Optimization of operating parameters on steam-shelling device for scallop [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(18): 70-77
- [9] 张静,弋景刚,姜海勇,等.蒸汽式扇贝柱脱壳技术优化[J].广东农业科学,2013,40(14):120-122
- ZHANG Jing, YI Jing-gang, JIANG Hai-yong, et al. Shelling technique optimization of scallop by steam [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(14): 120-122
- [10] 王家忠,杨淑华,谢秋阳,等.水射流剥离扇贝闭壳肌的试验与参数优化[J].农业工程学报,2017,33(7):289-294
- WANG Jia-zhong, YANG Shu-hua, XIE Qiu-yang, et al. Experiment and operating parameter optimization using water jet technology for scallops shucking processing [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(7): 289-294
- [11] 解秋阳,王家忠,弋景刚,等.利用水射流剥离海湾扇贝贝柱的方法及装置[J].食品与机械,2014,30(3):90-93
- XIE Qiu-yang, WANG Jia-zhong, YI Jing-gang, et al. Using water jet to remove the bay scallop column method and the equipment [J]. Food and Machinery, 2014, 30(3): 90-93
- [12] 尹欣玲,孔德刚,杨淑华,等.锯片切割式扇贝开壳试验台的设计与试验[J].中国农机化学报,2016,37(5):118-121
- YIN Xin-ling, KONG De-gang, YANG Shu-hua, et al. Design and experiment of saw cutting shells opening tester [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2016, 37(5): 118-121

(上接第 179 页)

- [28] 周铁桩,王磊,黄帅,等.喷雾干燥技术研究进展和展望[J].辽宁化工,2019,48(9):907-910
- ZHOU Tie-zhuan, WANG Lei, HUANG Shuai, et al. Research progress and prospects of spray drying technology [J]. Liaoning Chemical Industry, 2019, 48(9): 907-910
- [29] 谢悦.复合型高汤工艺研究及其风味物质分析[D].长沙:湖南农业大学,2017
- XIE Yue. Research on the technology of compound broth and analysis of flavor substances [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017
- [30] 任亚梅,袁春龙,叶淑瑶,等.野刺梨果渣超微粉加工技术研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(4):134-139
- REN Ya-mei, YUAN Chun-long, YE Shu-yao, et al. Research on ultrafine powder processing technology of wild *Rosa roxburghii* Tratt pomace [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2017, 45(4): 134-139