

白鲢气动式机械去头方法研究

Freshwater fish pneumatic machinery to head-cutting method research

刘 静 张 帆 万 鹏 谭鹤群

LIU Jing ZHANG Fan WAN Peng TAN He-qun

(华中农业大学工学院, 湖北 武汉 430070)

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

摘要:淡水鱼鱼体去头加工是淡水鱼工业化前处理加工过程中的重要内容,鱼体去头加工的效果直接影响并制约着后期深加工产品的质量。以白鲢作为研究对象,提出一种利用气缸带动仿形去头刀具进行鱼体机械去头加工的方法,设计并研制了仿形结构刀具以及气动式机械去头机样机,以白鲢鱼体去头加工过程中的采肉率、去头率以及切断面评分为主要评价指标,对影响白鲢气动式机械去头机样机性能参数的鱼体头部定位距离、鱼体背部定位距离、刀具仿形结构、工作气压等关键因素进行试验分析,探究各因素的变化规律,并设计正交试验对各因素的最优组合进行研究,通过正交试验可知:对去头机去头效果的影响从大到小依次为:鱼体头部定位距离>刀具仿形结构>鱼体背部定位距离>误差。综合评价分析结果显示:淡水鱼气动式去头机去头工作时,将鱼体水平放置,鱼体头部定位距离为 107 mm,鱼体背部定位距离为 55 mm,并采用厚度为 2 mm 的弧刃 U 型刀进行切割时去头效果最好,该条件下鱼体去头采肉率为 76.8%,去头率为 90.6%。

关键词:鱼体去头机;气动式;仿形刀具;定位距离;采肉率;去头率

Abstract: Freshwater fish head before processing as a freshwater fish processing a difficult point in the process of automated processing, to head the processing effect directly affects and restricts the freshwater fish late deep processing of the quality of the products. This paper presents A use of pneumatic cylinders contour design tool for freshwater fish mechanical processing way to head, is designed and developed A pneumatic head machine prototype, to go head machine prototype meat rate and recovery rate of head as the main performance

indexes, performance parameters affecting the freshwater fish head machine prototype of fish head positioning distance, the back of the fish body position distance, tool shape structure, the working pressure, etc. The key factor to determine the test index and orthogonal experiment design and analysis, it is concluded that: to go head to head machine effect from large to small in the order: A fish head positioning distance > C cutter contour structure > B > fish back positioning distance D error. Comprehensive evaluation of the results of the analysis shows that: freshwater fish go pneumatic head machine head work, put the fish body horizontal, fish head positioning distance is 107 mm, the back of the fish body positioning distance is 55 mm, and the thickness of 2 mm of u-shaped arc blade knife cutting head effect is best, at this time the fish head meat at a rate of 76.8%, to head a rate of 90.6%.

Keywords: fish head-cutting machine; pneumatic; profiling tool; positioning distance; the flesh rate; the head off rate

淡水鱼肉质细嫩、肉味鲜美,营养丰富,是人们日常最重要的蛋白质来源^[1]。淡水鱼产品的深加工是淡水鱼养殖生产的延续^[2]。目前,发达国家的水产品加工率在 80% 以上,而中国的水产品加工率不足 30%,其中淡水鱼产品加工率更低,不到 10%,且加工基本以手工为主,鲜见有专业的前处理机械设备及生产线,导致渔业生产效益低下^[3-5]。淡水鱼加工装备的滞后严重制约了淡水鱼养殖业的发展,因此加快淡水鱼产品加工装备的研究势在必行^[6]。

淡水鱼的“三去”加工(去鳞、去头、去内脏)是淡水鱼工业化前处理加工的重要内容,直接关系着淡水鱼工业化前处理加工的速度和质量。由于淡水鱼鱼头以骨质结构为主,鱼肉含量较少,经常需要进行“去头”处理,以提高鱼肉制品的加工质量与产出^[7]。目前,国外一些发达地区和国家,特别是欧美和日本对鱼类前处理机械进行了较多研究。Andrzej 等^[8-9]研究了不同刀具在鱼头加工过程中切头速度以及切割线路对鱼肉损失的影响,最终选择了 V-型圆盘旋转切刀的切割方式;同时在采用 V-型法对鲤鱼进行去鱼头时,比较

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(编号: 2013PY126);国家现代农业产业技术体系建设专项(编号: CARS-46-23)

作者简介: 刘静,女,华中农业大学讲师,博士。

通信作者: 万鹏(1980—),男,华中农业大学副教授,博士。

E-mail: wanpeng09@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2016-09-21

了两把圆形刀和一把盘型刀的使用效果,发现使用盘型刀可以降低鱼体损伤区域、减小刀具直径。德国和丹麦的公司针对远洋拖网渔船研制了不同的鱼体去头机械^[10]。而中国的淡水鱼类前处理加工设备起步较晚,虽然也研制过淡水鱼前处理加工机械设备,但是由于机器本身可调节性能差、适用面窄,未被广泛使用^[11-12]。陈庆宇等^[13]研制了一台典型海产小杂鱼机械去头加工试验平台,寻求小杂鱼最适合的去头方法。陈福礼等^[14]也研制了一种淡水鱼加工设备,通过镶有插针的输送带固定鱼体运动至由独立的电机驱动的圆盘,完成去鱼头工序。

本研究拟以大宗淡水鱼中的白鲢鱼作为对象,采用气缸作为驱动部件,设计并研制仿形结构刀具以及气动式机械去头机样机,通过试验对淡水鱼鱼体去头机工作参数进行优化,为淡水鱼前处理机械的开发设计进行前期研究并提供参数支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验所用鱼体样本为新鲜白鲢,鱼体重量范围为 (1.25 ± 0.50) kg,采购自水产品批发市场。白鲢样本采购回来后去鳞、洗净处理,并放于冰箱中在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行保存。

1.2 试验仪器与设备

电子分析天平:AUE-210 型,长沙湘仪天平仪器厂;
本试验所用自制不同刃口结构刀具见图 1。

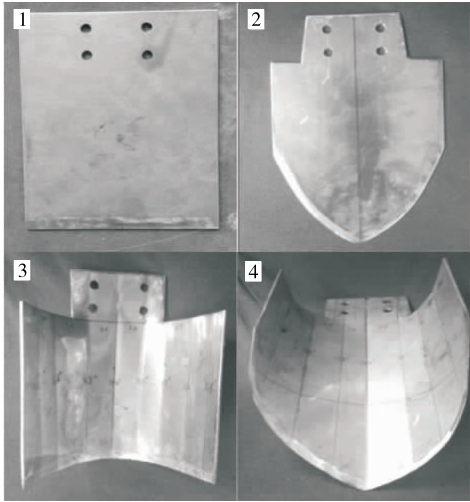


图 1 4 种不同刃口结构刀图
Figure 1 Structural of four knives

其中,直刃平刀为常见平口砍刀结构;直刃 U 型刀将直刃平口加工为 U 型结构,可以使刀具刃口更容易切入鱼体;弧刃平刀和弧刃 U 型刀按照鱼头鳃盖骨的外沿轮廓结构进行仿形加工,可以在切断鱼头的同时使鱼头后部的鱼肉更多地保留在鱼体上。

本试验所用白鲢气动式机械去头机样机结构见图 2。
白鲢气动式机械去头机样机由机架、鱼体去头平台、去

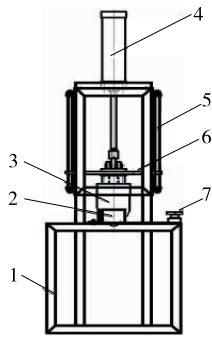


图 2 气动式机械去头机样机示意图
Figure 2 Pneumatic to head-cutting machine prototype

头刀片、去头刀架、去头刀架导轨、气缸、气缸控制按钮等组成。其中机架由方钢搭建构成上下两层框架结构,机架下层的框架边缘设置有气缸控制按钮;鱼体去头平台由平板、鱼体限位板、鱼头限位板组成,通过限位板安装长条孔可以调节鱼体限位板和鱼头限位板的位置;鱼体去头刀片通过螺栓固定在鱼体去头刀架下面,去头刀架的 4 个角上有导向孔,沿着去头刀架导轨上下移动;气缸固定在支撑板上面;气动式机械去头机上的气缸通过管路与气缸控制按钮和空气压缩机相连。

1.3 试验评价指标

白鲢鱼体在去头加工试验过程中要求采肉率、去头率高,即切下的鱼头上连带的鱼肉越少越好,其次是要求切断面光滑整齐,在保证产量的同时做到美观。为了评价鱼体去头机样机的去头性能指标的效果,定义采肉率为:

$$P_1 = \left(1 - \frac{m_1}{m_0}\right) \times 100\%, \tag{1}$$

式中:
 P_1 ——单尾鱼的采肉率,%;
 m_0 ——鱼体总重量,g;
 m_1 ——经去头机加工后的鱼体头部质量,g。

定义鱼体去头率为:

$$P_2 = \frac{S_0}{S_1} \times 100\%, \tag{2}$$

式中:
 P_2 ——单尾鱼的去头率,%;
 S_0 ——去头前鱼头鳃盖骨曲线内的总面积, mm^2 ;
 S_1 ——经去头机加工去掉的鱼头总面积, mm^2 。

其中, S_0 和 S_1 数据该部分面积的获得首先通过相机拍照采集鱼体去头前以及去头后的鱼头图像,然后利用 Photo-shop 将采集到的鱼头图像和标准尺图像分别进行分割比对,并提取相应的轮廓导入 Matlab 中进行面积的计算。

通过感官检验训练的食品专业人士 5 人组成评定小组,根据食品质量感官评分标准对剪切试验切断面结果进行评定,感官评定得分取平均分,以 100 分计,则鱼体去头切断面质量感官评定标准为:一等切断面感官评分为 80~100 分,标准为鱼体外形保持完好,鱼身切断面十分光滑平整有光

泽,去头后鱼身无明显缺损;二等切段面感官评分为 60~80 分,标准为鱼体外形保持比较完好,无明显损伤或缺肉;三等切段面感官评分为 40~60 分,标准为鱼身横断面平整但略微粗糙,鱼体外形遭到破坏,有一些缺损或撕裂;四等切段面感官评分为 20~40 分,标准为鱼身横断面不平整且比较粗糙,鱼体外形遭受破坏,有多处损伤及缺肉,鱼肉有部分脱落。

1.4 试验内容与方法

1.4.1 刀具结构对鱼体去头效果影响试验 刀具结构对鱼体去头效率及去头效果产生直接影响,本试验采用弧刃平刀、直刃平刀、弧刃 U 型刀、直刃 U 型刀研究不同结构刀具对鱼体去头效果的影响,其中切割刀具的安装位置与鱼体头部吻端定位面及背部定位面之间的距离见图 3。

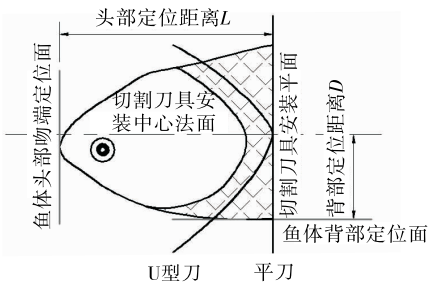


图 3 鱼体定位尺寸示意图

Figure 3 Fish body positioning size diagram

为了保证试验时鱼体在去头加工平台上放置位置的一致性,根据鱼体形态特征统计结果,设定切割刀具安装平面与鱼体头部吻端定位面之间的鱼体头部定位距离 L 为 107 mm,该长度可以保证试验鱼体头部均能被切割刀具进行完整切割;切割刀具安装中心法面与鱼体背部定位面之间的鱼体背部定位距离 D 为 55 mm;此外,去头机的工作气压设定 p 为 0.4 MPa。以 4 种结构的刀具为 4 个水平进行试验,对比研究刀具结构对鱼体去头效果的影响,每个水平重复 10 次,计算分析刀具结构与各试验指标之间的关系。

1.4.2 工作气压对鱼体去头效果的影响试验 鱼体去头刀具是在气缸的驱动下进行上下运动对鱼体头部进行切断,不同工作气压下刀具的运动速度各不相同,会影响鱼体头部切断面的质量。

试验中设定切割刀具安装平面与鱼体头部吻端定位面之间的鱼体头部定位距离 L 为 107 mm;切割刀具安装中心法面与鱼体背部定位面之间的鱼体背部定位距离 D 为 55 mm;切割刀具采用弧刃 U 型刀。调整气缸的工作气压 p 分别为 0.2,0.4,0.6 MPa,对比研究不同工作气压对鱼体去头效果的影响;每个压力水平重复 10 次,计算分析去头机样机的工作气压与各试验指标之间的关系。

1.4.3 头部定位距离对鱼体去头效果影响试验 在对鱼体进行机械去头加工时,应能将鱼体头部完整切下,并使鱼头尽可能少的保留鱼肉,因此鱼体头部的定位距离对鱼体去头效果会产生影响。

试验中设定切割刀具安装中心法面与鱼体背部定位面之间的鱼体背部定位距离为 $D=55$ mm;调节气缸工作气压

为 $p=0.4$ MPa;切割刀具采用弧刃 U 型刀。根据鱼体头部的形态特征参数,以试验鱼体样本的鱼头长度平均值 107 mm 为基准,设定鱼体头部定位距离分别为 98,107,116 mm 3 个水平进行试验,对比研究鱼体头部定位距离对鱼体去头效果的影响,每个水平重复 10 次,计算分析鱼体头部定位距离与各试验指标之间的关系。

1.4.4 背部定位距离对鱼体去头效果影响试验 鱼体的背部定位可以使鱼体头部切断面位于切割刀具的切断范围之内,保证鱼体去头效果。

试验中设定切割刀具安装平面与鱼体头部吻端定位面之间的鱼体头部定位距离 L 为 107 mm;气缸工作气压 p 为 0.4 MPa;切割刀具采用弧刃 U 型刀。根据鱼体头部的形态特征参数,以试验鱼体样本的鱼头宽度平均值 55 mm 为基准,设定鱼体背部定位距离分别为 51,55,59 mm 3 个水平进行试验,对比研究鱼体背部定位距离对鱼体去头效果的影响,每个水平重复 10 次,计算分析鱼体背部定位与各试验指标之间的关系。

2 试验结果与分析

2.1 刀具结构对鱼体去头的影响

采用 4 种不同结构的刀具进行鱼体去头试验,则采肉率、去头率和鱼体切断面评分结果见图 4。

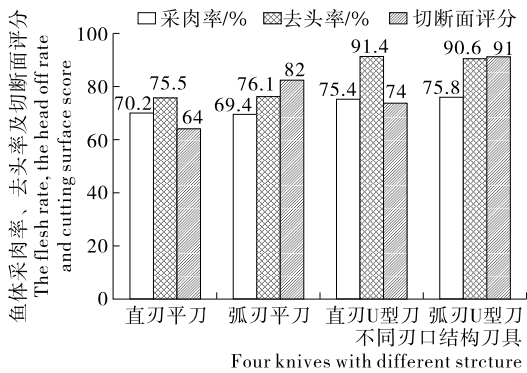


图 4 不同结构刀具去头试验结果

Figure 4 The effect of different knives specification

由图 4 可知:在本试验所用样本的质量等级范围内,虽然鱼体的体型特征有所差异,但采用平刀结构刀具(直刃平刀和弧刃平刀)进行鱼体去头时平均采肉率为 69.8%,采用 U 型结构刀具(直刃 U 型刀和弧刃 U 型刀)进行鱼体去头时平均采肉率为 75.6%,采用 U 型结构刀具的平均采肉率要高于平刀结构刀具的;采用平刀结构刀具的平均去头率为 75.8%,采用 U 型结构刀具的平均去头率为 91.0%,采用经鱼头鳃盖骨外沿仿形设计的 U 型结构刀具的平均去头率要显著高于平刀结构刀具的;同时,由图 4 可以看出,弧形刃口刀具(弧刃平刀、弧刃 U 型刀)的鱼头切断面评分要显著高于直刃刀具(直刃平刀,直刃 U 型刀)的鱼头切断面评分。

对比不同结构刀具对鱼体去头的影响可知,仿鱼头鳃盖骨外沿结构的弧刃 U 型刀在进行鱼体去头时采肉率和切断面评分最高,去头率略小于直刃 U 型刀,其综合去头效果最优。弧刃 U 型刀与直刃平刀去头效果见图 5。



图 5 U 型刀和平刀的去头效果比较

Figure 5 The effect of U-shaped knife and flat knife

分析其原因可知,尽管鲢鱼体型特征各异,但本试验选用(1.25±0.50) kg 的白鲢样本,鱼头特征尺寸变化不大;采用仿鱼头鳃盖骨外沿结构的弧刃 U 型刀进行鱼体去头加工时可以最大限度地保留鱼体上的鱼肉,提高采肉率;同时 U 型刀具在切割鱼体过程中刃口逐步进入鱼体,与鱼体接触面由小增大,变直刀刀具的正切为滑切,增加了鱼体与刀具的作用时间和实际切割距离,减小了切割阻力,对鱼体的位置扰动较小,切口更加整齐明亮。因此,在本试验中采用弧刃 U 型刀作为鱼头切割刀具。

2.2 工作气压对鱼体去头的影响

在不同工作气压下进行鱼体去头试验,则鱼体采肉率、去头率和切断面评分结果见图 6。

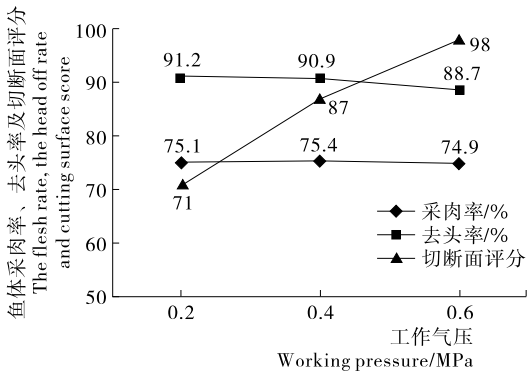


图 6 不同工作气压的去头效果

Figure 6 The effect of different working pressure

由图 6 可知,在不同工作气压下进行鱼体去头试验,采肉率与去头率变化不大。这是因为在试验过程中,鱼头切割刀具安装平面与鱼体头部吻端定位面间的定位距离 L_2 确定为 107 mm,切割刀具安装中心法面与鱼体背部定位面间的鱼体背部定位距离 D_2 确定为 55 mm,切割刀具为弧刃 U 型刀,即相关的 3 个参数已经确定了鱼体的实际切割去头加工区域,故采肉率和去头率的变化仅与鱼体本身体型有关;而本试验选用的鱼体样本差异不是很大,故鱼体采肉率与去头率变化较小。同时,从图 6 中可知,鱼头切断面的评分显著增加。这是因为随着工作气压的升高,气缸活塞杆的最大工作速度加大,带动切割刀具运动速度增加,切割鱼头瞬时作用力增加,鱼体去头加工时间变短,因此切断面更加光滑。

2.3 头部定位距离对鱼体去头的影响

在不同鱼体头部定位距离下进行鱼体去头试验,则鱼体采肉率、去头率和切断面评分结果见图 7。

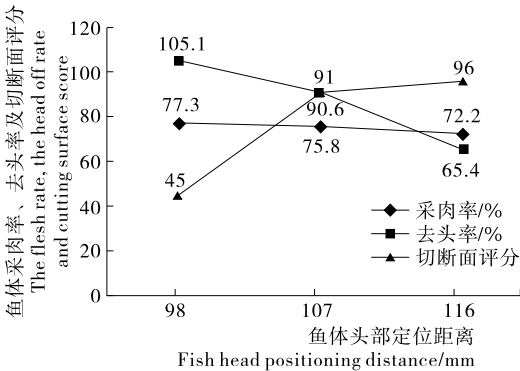


图 7 鱼体头部定位距离去头效果

Figure 7 The effect of head positioning distance

由图 7 可知,在工作气压为 0.4 MPa、采用弧刃 U 型刀进行去头试验时,鱼体的平均采肉率随鱼体头部定位距离的增加逐步下降,但幅度不是很大;平均去头率随着鱼体头部定位距离的增大而显著减小,但在定位距离为 98 mm 时,平均去头率超过 100%,即存在鱼头切割不完整的现象,使得采肉率出现虚高;平均切断面评分随着鱼体头部定位距离的增大而显著增加,但在定位距离为 98 mm 时,有部分鱼体鱼头切割不完全,导致整体的切断面评分较低,在定位距离为 116 mm 时,所有鱼头完整切割,切断面整体都整齐明亮。

这是因为,当鱼体头部定位距离过小时,一些鱼体会出现鱼头切割不完全的现象,使得部分鱼头还留在鱼身上,切下的鱼头重量轻,其面积比实际鱼头面积小,切口血肉模糊不整齐,所以出现采肉率较高、去头率大于 100%、切断面等级却很差的现象;而当鱼体头部定位距离过大时,会出现鱼体鱼头过切的现象,使得大部分鱼肉还留在鱼头上,切下的鱼头重量重,其面积比实际鱼头面积大,但由于切割部位都是在鱼身,切断面整齐明亮,所以出现采肉率和去头率较低、切断面评分较高的现象。为了达到最优的去头效果,鱼体头部定位距离应取与鱼体质量等级相对应的鱼头均长。在本试验中,根据鱼体质量等级,取鱼体头部定位距离为 107 mm 时,综合去头效果最好。

2.4 背部定位距离对鱼体去头的影响

在不同鱼体背部定位距离下进行鱼体去头试验,则鱼体采肉率、去头率和切断面评分结果见图 8。

由图 8 可知,在工作气压为 0.4 MPa,鱼体的头部定位距离为 107 mm,采用弧刃 U 型刀进行去头试验时,鱼体的平均采肉率随着鱼体背部定位距离的变化并没有呈现明显变化趋势,采肉率保持在 75.8% 左右;鱼体的平均去头率呈现先增加后减小的变化趋势,但变化不显著,在背部定位距离 D 为 55 mm 时平均去头率相对最高,为 90.6%;鱼体的平均切断面评分则呈现显著的先增加后减小的变化趋势,且在背部定位距离 D 为 55 mm 时取得最大值。

这是因为鱼体外观为纺锤型结构,当鱼体背腹轴的垂直法面与切割刀具安装中心法面重合时,大部分鱼体都能进行完美切割;但当鱼体背部定位距离取值过大时,鱼体的切割

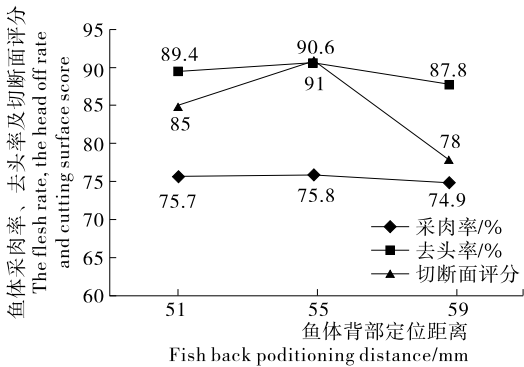


图 8 鱼体背部定位距离去头效果

Figure 8 The effect of back positioning distance

曲面往鱼腹的方向偏移,导致试样鱼体的头背骨被部分切掉,并使腹上的肉连同鱼头一起被切除,因此表现为平均去头率降低,切断面评分也较低;当鱼体背部定位距离取过小时,切割曲面往鱼背的方向偏移,导致试样鱼体的鱼鳃骨被部分切掉,并使鱼背上的肉连同鱼头一起被切掉,因此也表现为平均去头率降低,切断面评分也较低;此外,由于鱼头背部头骨颅腔内为鱼体脑组织,鱼头腹部处为鱼肉实体,两处组织结构不同,密度不一样,造成影响去头效果的各项指标在鱼体背部定位距离过大时的变化量比鱼体背部定位距离过小时的变化量要小。在本试验中,综合对比鱼体去头的各项试验指标,取鱼体腹背定位距离为 55 mm 时,综合去头效果最好。

2.5 影响鱼体去头效果各因素的正交试验分析

由影响鱼体去头效果 4 种因素的试验分析结果,选定鱼体的头部定位距离、背部定位距离、刀具仿形结构(主要是 U 型刀和平刀的区别)作为主要因素进行鱼体去头加工试验;利用正交试验探寻 3 种试验因素在鱼体去头机加工过程中的最优条件组合。本试验所用正交表的试验因素水平见表 1。

表 1 去头机试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of head-cutting machine

水平	A 鱼体头部定位	B 鱼体背部定位	C 刀具仿形
	距离/mm	距离/mm	结构
1	98	51	平刀
2	116	55	U 型刀
3	107	59	U 型刀

在企业生产过程中,提高鱼体去头加工产量是首要目标,同时提高鱼体采肉率比增加去头率更重要,在此忽略鱼体切断面评分,计算鱼体平均去头率和采肉率。为了综合评价去头效果,将去头率和采肉率两项指标转换成其对应的指标隶属度,指标隶属度按式(3)计算:

$$IM_i = \frac{ID_i - IN_i}{IA_i - IN_i}, \tag{3}$$

式中:

IM_i ——指标隶属度;

ID_i ——指标值,%;

IN_i ——指标最小值,%;

IA_i ——指标最大值,%;

i ——指标序号,取值 1 或 2,1 表示去头率,2 表示采肉率。

可见,对于转换后的各指标隶属度存在如下关系:

$$0 \leq IM_i \leq 1, i = 1, 2.$$

采用综合分数指标评价鱼体的去头效果,则综合分数指标按式(4)计算:

$$CD = IM_1 \times 0.4 + IM_2 \times 0.6, \tag{4}$$

式中:

CD ——综合分数;

IM_1 ——去头率指标隶属度;

IM_2 ——采肉率指标隶属度。

其中,0.6 为采肉率权重,0.4 为去头率权重,综合分数指标满分为 1.00。则试验结果见表 2。

表 2 样机试验方案与结果

Table 2 Scheme and result of experiment

试验号	A	B	C	采肉率/%	去头率/%	采肉率隶属度	去头率隶属度	综合分数
1	1	1	1	68.80	89.90	0.26	0.65	0.42
2	1	2	2	71.30	105.10	0.53	1.00	0.72
3	1	3	3	70.60	101.30	0.45	0.91	0.64
4	2	1	2	70.90	65.60	0.48	0.10	0.33
5	2	2	3	72.20	65.40	0.62	0.10	0.41
6	2	3	1	66.40	61.20	0.00	0.00	0.00
7	3	1	3	75.70	85.00	1.00	0.54	0.82
8	3	2	1	69.80	76.50	0.37	0.35	0.36
9	3	3	2	74.90	78.00	0.91	0.38	0.70
k_1	0.59	0.52	0.26					
k_2	0.25	0.55	0.58					
k_3	0.63	0.45	0.62					
极差 R	0.38	0.08	0.36					

由表 2 可以看出,本试验的 3 个因素对去头效果的影响从大到小依次为 A 鱼体头部定位距离>C 刀具仿形结构>B 鱼体背部定位距离。在不考虑交互作用的情况下,最优方案为 $A_3B_2C_3$,即鱼体去头时,鱼体头部定位距离为 107 mm,背部轴定位距离为 55 mm,采用弧刀 U 型刀。按此最优组合进行实验验证,白鲢鱼体去头采肉率可达到 76.8%,去头率可达到 90.6%。

3 结论

以白鲢鱼体去头加工过程中的采肉率、去头率以及断面评分作为评价指标,研究了不同结构刀具、工作气压、鱼体头部定位距离、鱼体背部定位距离等因素对气动式白鲢鱼体去

头机去头效果的影响,得到了各因素的变化规律以及最佳参数值,并通过正交试验验证了各因素的最优参数组合。结论如下:

(1) 不同结构刀具对鱼体去头加工过程中的采肉率、去头率和切断面评分都有显著的影响;采用经鱼头鳃盖骨外沿仿形设计的弧刃 U 型刀的平均采肉率为 75.6%,平均去头率为 91.0%,鱼头切断面评分最高;

(2) 不同的工作气压对鱼体去头加工过程中的采肉率、去头率影响不显著;但对鱼体鱼头切断面评分具有显著影响。

(3) 随着鱼体头部定位距离的增加,鱼体平均采肉率逐步下降,去头率显著减小,且存在鱼头切割不完整的现象,并导致平均切断面评分的显著变化。

(4) 随着鱼体背部定位距离的变化,鱼体的平均采肉率没有明显变化;平均去头率呈现先增加后减小的变化趋势,但变化不显著;鱼体的平均切断面评分则呈现显著先增加后减小的变化趋势。

(5) 通过正交试验确定了气动式淡水鱼去头机样机工作的最优方案为鱼体头部定位距离为 107 mm,鱼体背部定位距离为 55 mm,去头刀具为弧刃 U 型刀,在此基础上进行实验验证,鱼体去头加工的采肉率为 76.8%,去头率为 90.6%。

参考文献

[1] 王锡昌. 中国水产加工业概况剖析[J]. 中国食品与市场, 2005 (7): 28-29.

[2] 贾公树. 我国水产品加工技术与装备综述[J]. 渔业现代化, 2000

(2): 12-14.

[3] 戴新明, 熊善伯. 湖北省淡水鱼加工与综合利用[J]. 渔业现代化, 2004(2): 42-43.

[4] 张金诚, 邸刚. 海南水产品加工业的现状和发展方向[J]. 中国渔业经济, 2006(6): 60-62.

[5] 陈诗波, 李崇光. 关于湖北省淡水产业发展的思考[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(2): 177-180.

[6] 岑剑伟, 李来好, 杨贤庆, 等. 我国水产品加工业发展现状分析[J]. 现代渔业信息, 2008, 23(7): 6-9.

[7] 徐中伟. 鱼类前处理设备的发展方向和前景[J]. 现代渔业信息, 2007, 22(12): 32-34.

[8] ANDRZEJ Dowgiallo, DANIEL Dutkiewicz. Possibilities of utilizing the differences of fish tissues stiffness in the mechanization of cyprinid deheading[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83 (1): 111-115.

[9] ANDRZEJ Dowgiallo. The effect of cutting and fish-orientation systems on the deheading yield of carp[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2008, 43(9): 1 688-1 692.

[10] 徐皓, 张建华, 丁建乐, 等. 国内外渔业装备与工程技术研究进展综述[J]. 渔业现代化, 2010, 37(3): 1-5.

[11] 李玲, 宗力, 王玖玖, 等. 大宗淡水鱼加工前处理技术和装备的研究现状及方向[J]. 渔业现代化, 2010, 37(5): 43-46.

[12] 刘锐, 陈洁. 我国水产品加工业发展现状及潜力分析[J]. 农业展望, 2010, 6(4): 33-35.

[13] 陈庆宇, 沈建, 付润泽. 典型海产小杂鱼机械去头方法研究[J]. 渔业现代化, 2012, 39(5): 38-42.

[14] 陈福礼, 牟鹏顺. 鲜鱼加工装置: 中国, 200820015512.5[P]. 2009-06-10.

(上接第 44 页)

但也可能出现不显著的恒速阶段,或不存在恒速阶段,直接由升速和降速阶段组合而成。

(3) 其它条件不变时,高山野山药的水分有效扩散系数在 $1.05\times10^{-7}\sim2.41\times10^{-7}$ m²/s 时内随着微波功率(250~700 W)的升高而增大;在 $1.26\times10^{-7}\sim5.40\times10^{-7}$ m²/s 时随切片厚度(2~8 mm)的增加而增大;在 $2.54\times10^{-8}\sim5.91\times10^{-8}$ m²/s 时随加热时间(3~7 s)的增长而增大;在 $3.11\times10^{-7}\sim4.83\times10^{-7}$ m²/s 时随间歇时间(180~270 s)的增长而减小。

本试验在实验室内完成,如需进行工业化较大规模的试验时应继续优化其工艺参数,使研究成果能在生产中推广应用。

参考文献

[1] 陈红兵, 高金燕. 食用山药片的冻干工艺探讨[J]. 食品与机械, 2001, 17(6): 32-33.

[2] 陈艳珍. 微波真空联合干燥怀山药的研究[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2009: 4-5.

[3] 吕爽爽. 微波干燥技术在食品中的应用[J]. 食品与机械, 2006, 22(5): 119-122.

[4] 任广跃, 任丽影, 张伟, 等. 正交试验优化怀山药微波辅助真空冷冻干燥工艺[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 12-16.

[5] 李丽, 孙健, 盛金凤, 等. 山药热泵干燥特性及数学模型的研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 212-217.

[6] 黄琪琳, 张小波, 赵思明. 干燥方法对山药片的质量影响[J]. 食品科技, 2009, 34(5): 82-83.

[7] 叶晓梦. 铁棍山药冻干—微波真空联合干燥工艺研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.

[8] 曹崇文. 微波真空干燥技术现状[J]. 干燥技术与设备, 2004, 2 (3): 5-9.

[9] 张黎骅, 张文, 吕珍珍, 等. 响应面法优化酒糟微波间歇干燥工艺[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 369- 374.

[10] 胡庆国, 张懋. 间歇操作方式在厚层真空微波干燥中的应用[J]. 食品与机械, 2007, 23(6): 62-64.

[11] 赵超. 花椒间歇式微波干燥理论及工艺优化的试验研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.

[12] 陈媛媛, 符云鹏, 陈亮亮, 等. 微波真空干燥处理对铁棍山药多糖得率和干燥特性影响[J]. 农产品加工: 学刊, 2012, 11(4): 99-102.

[13] 杨韦杰, 唐道邦, 徐玉娟, 等. 荔枝热泵干燥特性及干燥数学模型[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 104-108.