

贝类预煮加工设备结构设计及运动仿真

Structure design and motion simulation of shellfish precooked processing equipment

张馨丹^{1,2,3} 王慧慧^{1,2,3} 芦金石^{1,2,3} 王学俊^{1,2,3} 陶学恒^{1,2,3}

ZHANG Xin-dan^{1,2,3} WANG Hui-hui^{1,2,3} LU Jin-shi^{1,2,3} WANG Xue-jun^{1,2,3} TAO Xue-heng^{1,2,3}

(1. 大连工业大学, 辽宁 大连 116034; 2. 辽宁省海洋食品加工技术装备重点实验室, 辽宁 大连 116034;
3. 国家海洋食品工程技术研究中心, 辽宁 大连 116034)

(1. Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China;

2. Liaoning Seafood Processing Technology and Equipment Key Lab, Dalian, Liaoning 116034, China;

3. National Engineering Research Center of Seafood, Dalian, Liaoning 116034, China)

摘要:提出了一种新型的贝类预煮加工设备。进行了水平滑台机构装置、升降机构装置和预煮装置的结构设计;应用 CATIA 软件构建了相应的三维实体模型,并完成对该装置的运动仿真。设计的贝类预煮加工设备能够实现贝类产品预煮过程的自动化,减少了人力的消耗,提高了工作效率,达到了设计的最初目的。

关键词:贝类;预煮加工;结构设计;运动仿真

Abstract: A new type of shellfish precooked processing equipment is designed. Horizontal slider mechanism, elevating device and precooked device structure are conducted. The corresponding three-dimensional solid model is constructed by use of the CATIA software and the simulation of the device is completed by it. Shellfish precooked equipment can realize the automation of shellfish products, which can reduce human consumption, improve work efficiency and achieve the original purpose of the design.

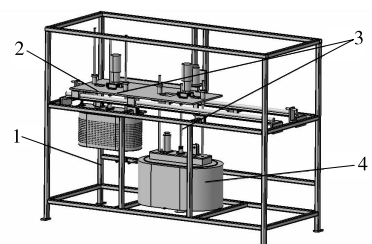
Keywords: shellfish precooked processing equipment; structural design; CATIA software; motion simulation

中国是世界贝类养殖大国,海水贝类养殖产量占海水养殖总产量的 80%,是海水养殖业的重要组成部分^[1]。目前中国的贝类预煮加工设备通常采用连续式升温,存在着装备陈旧、能量高、自动化程度低等一系列问题^[2]。已应用的装备

由于贝类的种类繁多,形状和大小各个不相同,加工特性存在较大的差异,因此装备的通用性差,预煮加工精度无法保证。其次,能耗高,污染大,自动化程度低^[3]。由于机械加工技术的制约,与国外先进的装备相比加工同样数量的产品,需要消耗更多的能源和排放更多的废水;在控制系统方面,缺少自动控制程序,未完全实现自动化,影响装备的稳定性^[4-5]。针对这一系列问题,本研究提出了一种新的贝类预煮加工设备。采用可控硅控制温升,从而实现多段、阶梯式的温度控制,达到加工工艺所需要的温度用时少、温度变化量小的要求^[6];设备采用双拨轮搅动机构使調理液产生紊流,以保证物料加工过程中的均匀受热及合理入味;为了提高生产效率,采用椭圆形盛料装置,并将双拨轮搅动机构的两个拨轮安装在椭圆的焦点位置,双拨轮分别做顺时针和逆时针转动,进行物料的搅拌^[7-8]。

1 贝类预煮加工设备基本结构和工作原理

贝类预煮加工设备的主要结构见图 1。机架是支撑水平滑台机构、升降机构及预煮机构的;水平滑台装置是实现物料在水平方向上工位的转换;升降机构装置是用于完成预煮



1. 机架装置 2. 水平滑台装置 3. 升降机构装置 4. 预煮装置

图 1 贝类预煮加工设备结构组成

Figure 1 Shellfish precooked device structures

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项经费资助(编号: 201505029);国家海洋食品工程技术研究中心资助(编号: 2012FU125X);辽宁省高等学校重大科技平台资助(编号: 辽教发[2011]191号)

作者简介: 张馨丹,女,大连工业大学在读硕士研究生。

通讯作者: 陶学恒(1963—),男,大连工业大学教授,博士。

E-mail: xhtao@dlpu.edu.cn

收稿日期: 2016-02-07

锅体上盖、盛料装置的垂直升降运动。

贝类预煮加工设备的工作原理图见图2,其工作原理:

(1)电动机5带动齿轮转动,通过齿轮传动,螺母旋转式滚珠丝杠6旋转上升。此时,盖板8连同双拨轮10,离开加热锅9,为填放物料做准备。

(2)电动机7转动,通过齿轮12、齿条13传动,装满物料的筛桶1与支撑台4一同水平向右运动,即水平滑台机构实现物料在水平方向上工位的转换。

(3)当水平滑台到达指定位置时,电动机3转动,通过齿轮12传动,螺母旋转式滚珠丝杠2旋转下降,将筛桶1放入加热锅9中。

(4)电动机3、5和7反转,螺母旋转式滚珠丝杠2和螺母旋转式滚珠丝杠6分别上升和下降,水平滑台向左运动,返回原工位,盖板8与双拨轮10返回加热锅9中,为预煮做准备。

(5)电动机11转动,通过齿轮传动,双拨轮10在电机的带动下分别做顺时针和逆时针转动,进行贝类预煮。

(6)预煮结束后,电动机5转动,在螺母旋转式滚珠丝杠6带动下,盖板8和双拨轮10上升离开加热锅9,为提取物料做准备。此时,在电动机7的带动下,水平滑台机构实现物料在水平方向上工位的转换。当水平滑台到达指定位置时,电动机3转动,通过齿轮12传动,螺母旋转式滚珠丝杠2旋转下降,将筛桶1从加热锅9中提取出来。

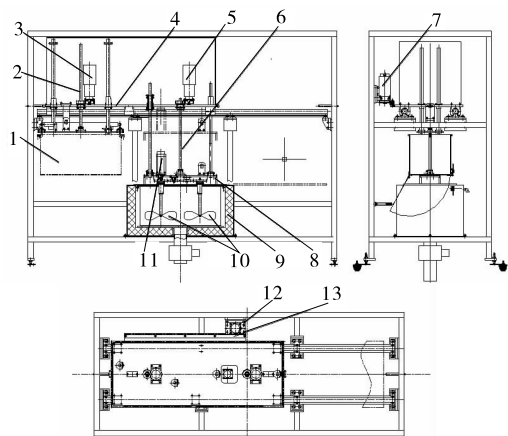
(7)电动机3、5和7反转,螺母旋转式滚珠丝杠2和螺母旋转式滚珠丝杠6分别上升和下降,水平滑台向左运动,返回原工位,卸出物料。盖板8与双拨轮10返回加热锅9中,为下一周期预煮加工做准备。

根据工作原理,贝类预煮加工过程的工作循环图见图3^[9]。

2 贝类预煮加工设备主要部件结构设计

2.1 升降机构装置

升降机构装置见图4,该设备的升降机构分为两套,每套



1. 筛桶 2. 螺母旋转式滚珠丝杠 3. 电动机 4. 支撑台 5. 电动机 6. 螺母旋转式滚珠丝杠 7. 电动机 8. 盖板 9. 加热锅 10. 双拨轮 11. 电动机 12. 齿轮 13. 齿条

图2 贝类预煮加工设备工作原理示意图

Figure 2 Working principle of the shellfish precooked equipment

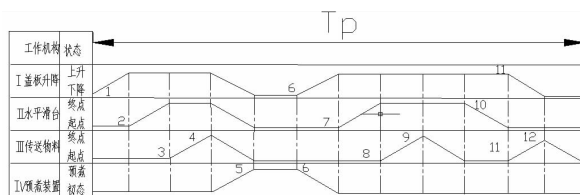


图3 贝类预煮装置的工作循环图

Figure 3 Work cycle of shellfish precooked device

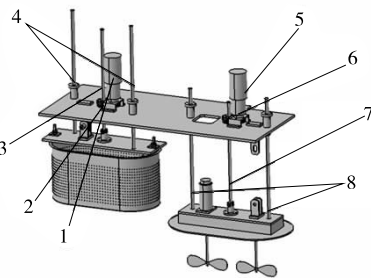
升降机构装置组成相同。均主要由电动机、齿轮、导向轴和螺母旋转式滚珠丝杠等组成。该升降机构选用机的参数为 $n=300 \text{ r/min}$, $Ma=15 \text{ N}\cdot\text{m}$, $P=0.25 \text{ kW}$ 。选用的螺母旋转式滚珠丝杠型号为 DIR3210-6 RR G3+900 C5, 该滚珠丝杠具有小型化、能微量定位、容易建立精度、优异的平衡性能等特点,此特点符合预煮设备的精度要求^[10-11]。

在升降机构装置图4中,电动机1、齿轮2、螺母旋转式滚珠丝杠3和导向轴4组成升降机构I。该升降机构I通过电动机带动齿轮传动,螺母旋转式滚珠丝杠和导向轴固定在一个平板上,平板下方悬挂筛桶,该升降机构实现物料在垂直方向上工位的转换,即完成物料的上下锅。电动机5、齿轮6、螺母旋转式滚珠丝杠7和导向轴8组成升降机构II。同升降机构I原理,电动机转动,通过齿轮传动,螺母旋转式滚珠丝杠和导向轴固定在加热锅的锅盖上,螺母旋转丝杠旋转上升,可以完成预煮锅体上下盖运动。两套升降机构通过同一个平板支撑连接,升降机构装置I位于在支撑板的左侧,升降机构装置II位于支撑板的右侧。这样既保证两个机构在水平方向步调一致,也使整个设备所占空间缩小,节省资源,减少成本。

该预煮设备设计的升降机构装置精度较高,稳定性好。

2.2 水平滑台机构装置

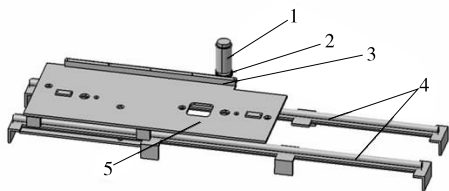
水平滑台机构见图5。选用的电动机型号为 KSM130260T。电动机转动,通过齿轮齿条啮合传动,齿条固定在支撑板上,在齿条的传动下,支撑板在直线单元实现水平横向移动。支撑板也用来固定两套升降机构,实现多功能、缩小空间的特点,其设计合理、巧妙。齿轮传动比较准确,结构紧凑,效率高,工作可靠,寿命长,该特点符合预煮设备的要求^[12]。设计齿轮齿条机构能够完成水平横向移动,实现物料在水平方向上工位的转换运动。该水平滑台机构



1. 电动机 2. 齿轮 3. 螺母旋转式滚珠丝杠 4. 导向轴 5. 电动机 6. 齿轮 7. 螺母旋转式滚珠丝杠 8. 导向轴

图4 升降机构结构图

Figure 4 Structure of lifting mechanism



1. 电动机 2. 齿轮 3. 齿条 4. 直线单元 5. 支撑板

图 5 水平滑台机构结构图

Figure 5 Structure of horizontal slider mechanism

速度可控制、稳定性强。

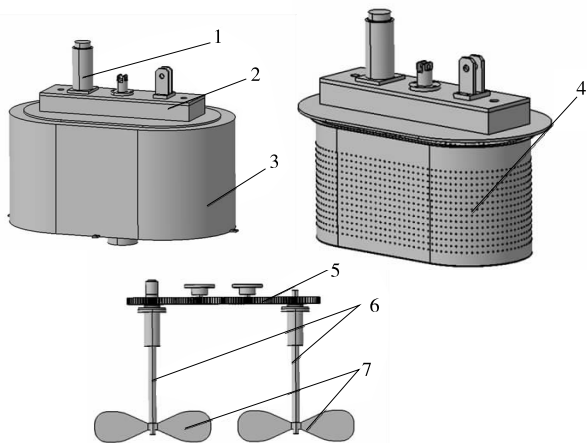
2.3 预煮装置

预煮装置见图 6。选用的电动机型号为 KSM110220T。双拨轮的旋转速度为 22 r/min。电动机安装在盖板上,用齿轮、轴连接双拨轮,使其成为一体,实现整体上升和下降。预煮装置设计时,考虑到提高生产效率,物料要求均匀受热,所以预煮装置采用椭圆形筛桶盛料装置,并且采用双拨轮搅动机构进行搅拌,将双拨轮搅动机构的两个拨轮安装在椭圆的焦点位置。盛好物料的筛桶放在加热锅中,在电动机的带动下,双拨轮分别做顺时针和逆时针转动,由于离心作用,保证调理液能够产生紊流。能够做到均匀搅拌,从而避免物料糊化现象的产生,同时能够保证物料均匀受热及合理着味。

3 贝类预煮加工设备运动仿真

贝类预煮过程可以通过 CATIA 软件中的 DMU 进行模拟仿真,其步骤如下:① 在升降机构 I 的作用下,锅盖及双拨轮升起指定位置,为填充物料做准备;② 水平滑台机构完成物料在水平方向的输送,装满物料的筛桶到达加热桶的正上方,此时锅盖及双拨轮已到达右侧工位;③ 升降机构 II 完成物料在垂直方向的输送,即将装好物料的筛桶放入加热锅中,升降机构 II 返回原工位;④ 锅盖及双拨轮下降,完成锅体上盖,进行贝类预煮。从上料到预煮所用时间为 30 s。

根据设计方案制造试验样机。以鲍鱼为例,按照加工工艺进行预煮,根据文献[13],设定控制程序预煮时间为 60 min。应用 TPA 检测在不同温度下预煮后鲍鱼的质构参

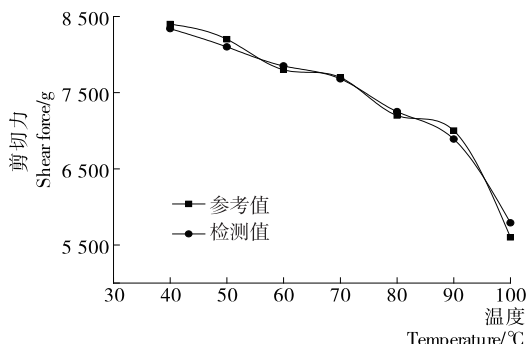


1. 电动机 2. 盖板 3. 加热锅 4. 筛桶 5. 齿轮 6. 轴 7. 双拨轮

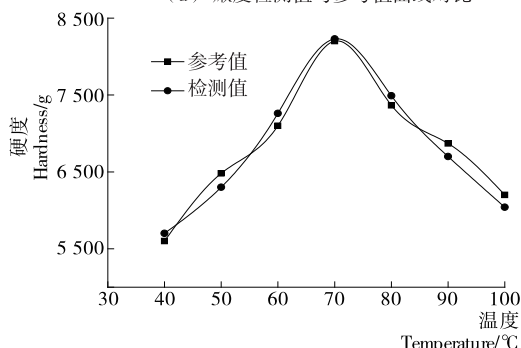
图 6 预煮装置结构图

Figure 6 Structure of precooked device

数,主要检测嫩度和硬度,与参考值曲线进行对比[14]。由图 7 可知,在不同温度下,鲍鱼的嫩度和硬度的变化曲线趋势和参考值趋势相同,偏差不大。这也验证了基于先进的生产工艺设计的贝类加工预煮设备,设计合理,能达到预期效果。



(a) 嫩度检测值与参考值曲线对比



(b) 硬度检测值与参考值曲线的对比

图 7 鲍鱼质构检测值与参考值对比图

Figure 7 Comparison of the measured value of abalone texture with reference value

4 结论

依据贝类预煮加工设备的实际需求,基于先进的加工工艺,设计出一种新型的贝类预煮加工设备。该设备的升降结构采用的是螺母旋转式滚珠丝杠,具有小型化、能微量定位、容易建立精度、优异的平衡性能等特点。水平滑台机构采用的是齿轮齿条传动,具有传动效率高,承载能力大及稳定性强等特点。预煮装置中的搅拌机构采用的是双拨轮,两个拨轮在电机的带动下分别做顺时针和逆时针转动,保证调理液能够产生紊流,从而避免物料糊化现象的产生,同时能够保证物料均匀受热及合理着味。根据设计方案制造试验样机,检测预煮后的鲍鱼在不同温度下的质构,其测量值与参考值接近,设计合理。

参考文献

[1] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴 2014[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 56-57.
 [2] 沈建, 林蔚, 郁蔚文. 我国贝类加工现状与发展前景[J]. 中国水产, 2008(3): 73-74.
 [3] 欧阳杰, 沈建. 中国贝类加工装备应用现状与展望[J]. 肉类研究, 2014, 28(7): 28-31.

(下转第 201 页)

- wave inactivation of red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) peroxidase and polyphenoloxidase and the effect of radiation on vegetable tissue quality [J]. *Journal of Food Engineering*, 2012, 109(4): 676-684.
- [6] ZIELINSKA M, SADOWSKI P, BLASZCZAK W. Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. *Lwt-Food Science and Technology*, 2015, 61(1): 555-563.
- [7] WRAY D, RAMASWAMY H S. Microwave-osmotic dehydration of cranberries under continuous flow medium spray conditions [J]. *International Journal of Microwave Science and Technology*, 2013, DOI: 10.1155/2013/207308.
- [8] 祝美云, 魏征, 郭晓晖. 低糖猕猴桃果脯微波渗糖工艺研究[J]. *食品与机械*, 2010, 26(3): 134-137.
- [9] 魏征, 祝美云, 邵建峰. 低糖苹果果脯微波渗糖工艺影响因素研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(18): 37-40.
- [10] 马艳弘, 周剑忠, 王英, 等. 低糖蓝莓果脯的微波渗糖工艺[J]. *食品科学*, 2013, 34(10): 50-54.
- [11] 王愈, 马世敏. 微波渗糖加工低糖橙皮果脯的工艺研究[J]. *中国食品学报*, 2011, 11(1): 91-97.
- [12] 祝美云, 魏征, 高峰. 不同微波渗糖工艺对低糖果脯维生素C保存的影响[J]. *果树学报*, 2010, 27(2): 299-302.
- [13] 赵希艳, 许瑞, 李润丰, 等. 微波姜脯渗糖工艺的研究[J]. *食品工业*, 2013, 34(1): 60-62.
- [14] 祝美云, 魏征, 郭祥永. 可食性胶体添加对低糖猕猴桃果脯微波渗糖效果的影响[J]. *果树学报*, 2011, 28(4): 635-640.
- [15] 谭红军, 杨勇, 吴振, 等. 枇杷果脯真空渗糖和微波真空干燥工艺参数优化[J]. *安徽农业科学*, 2013(5): 2 254-2 256.
- [16] 祝美云, 魏征, 陈广起. 低糖果脯生产工艺中护色与硬化效果的研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(4): 81-84.
- [17] 朱海霞, 石瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J]. *中国马铃薯*, 2005, 19(5): 14-17.
- [18] 韩永斌. 紫甘薯花色苷提取工艺与组分分析及其稳定性和抗氧化性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007: 42.
- [19] 张建威, 卢千慧, 祝美云. 低糖雪莲果果脯微波烫漂护色和渗糖工艺优化[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(8): 249-252.
- [20] 邓茹月, 曾海英, 叶双全, 等. 真空糖渍对刺梨果脯品质及风味的影响[J]. *食品与机械*, 2014, 30(4): 220-223.
- [21] 艾启俊, 郭洋. 苹果脯真空渗糖技术影响因素的研究[J]. *北京农学院学报*, 2004, 19(1): 42-44, 57.

(上接第71页)

- [4] 姜朝军. 我国贝类加工产业存在的主要问题与发展对策[J]. *渔业信息与战略*, 2012, 27(2): 87-93.
- [5] 徐文其, 沈建. 中国贝类前处理加工技术研究进展[J]. *南方水产科学*, 2013, 9(2): 76-80.
- [6] VAN L L, HART A J, SLOCUM A H, et al. Suspended heated silicon platform for rapid thermal control of surface reactions with application to carbon nanotube synthesis[J]. *Review of Scientific Instruments*, 2007, 78(8): 1-9.
- [7] 陆彭飞, 黄华, 周福昌, 等. 基于CFD仿真的洗衣机波轮设计方法[C]//王统帅. 2013年中国清洁器具技术论坛论文集. 北京: 家电科技, 2013: 141-144.
- [8] XU Guang-ming, GU Xing-wen, REN Guo-feng, et al. Centrifuging for penetration of ellipse suction bucket of breakwater into clay ground[C]// *Advances in Soil Dynamics and Foundation Engineering*, 2014 Geo-shanghai International Congress, May, 26-28, 2014, Shanghai, China. Shanghai: [s. n.], 2014: 291-300.
- [9] 尚久浩. 自动机械设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013: 17-23.
- [10] 苏妍颖. 螺母旋转驱动型滚珠丝杠副热特性分析[D]. 济南: 山东大学, 2012: 2-4.
- [11] 卢政. 立式蒸饭机出饭机构设计方案[J]. *食品与机械*, 2001(2): 37-38.
- [12] LIMARENKO G N. Synthesis of gear-rack transmissions for linear drives in machine tools [J]. *Russian Engineering Research*, 2010, 30(7): 725-727.
- [13] 朱蓓薇. 海珍品加工理论与技术的研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 187-188.
- [14] 肖桂华, 朱蓓薇, 董秀萍, 等. 鲍鱼腹足不同部位的质构特性及组织结构研究[J]. *食品科技*, 2010, 35(11): 155-159.

(上接第116页)

- [18] 武运, 李远, 王冰峰, 等. 新疆酸驼乳中细菌素乳酸菌的筛选及其抑菌性[J]. *食品与机械*, 2011, 27(3): 25-28, 62.
- [19] 刘书亮, 张艾青, 田刚, 等. 植物乳杆菌P158的生长曲线及其细菌素的特性[J]. *核农学报*, 2009, 23(6): 1 021-1 025, 1 035.
- [20] 曹珂珂, 王娣, 李妍. 1株产广谱细菌素乳酸菌的筛选及其抑菌物质的特性[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(11): 88-91.
- [21] 熊涛, 宋苏华, 黄涛, 等. 植物乳杆菌NCU116抑菌性能的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(6): 97-101.
- [22] 郭颖, 杨相宜, 单艺, 等. 一株植物乳杆菌的鉴定及其抑菌特性研究[J]. *中国乳品工业*, 2013, 41(8): 12-16.
- [23] MOTTA A S, BRANDELLI A. Influence of growth conditions on bacteriocin product on by *Brevibacterium linens*[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2003, 62(2): 163-167.
- [24] 苏日娜, 双全. 戊糖乳杆菌 S1-4 产抑菌物质发酵条件的优化及其抑菌谱[J]. *食品科学*, 2016, 37(3): 109-116.
- [25] 张国强, 师俊玲, 杨自文. 乳酸杆菌 SD-22 产类细菌素发酵条件的优化[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(1): 137-142.
- [26] NEL H A, BAUER R, VANDAMME E J, et al. Growth optimization of *Pediococcus damnosus* NCFB1832 and the influence of pH and nutrients on the production of pediocin PD-1[J]. *Applied Microbiology*, 2001, 91(6): 1 131-1 138.
- [27] 谢英, 覃倩倩, 张京声, 等. 植物乳杆菌 LB-B1 产细菌素发酵条件的优化[J]. *中国酿造*, 2010(10): 22-25.
- [28] 柴明艳. 乳酸菌发酵液在豆浆保鲜中的应用研究[J]. *食品科技*, 2014, 39(10): 284-288.
- [29] 滕志利, 钱方, 姜淑娟, 等. 产广谱细菌素乳酸菌的筛选及分类鉴定[J]. *食品与机械*, 2013, 29(6): 45-48.
- [30] 吴玲, 张敏. 发酵产品中乳酸菌抑菌效果研究[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(11): 181-182.