

朱其霄, 弋景刚, 姜海勇, 等. 海湾扇贝外套膜及脏器剥离机理试验[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 293–295.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.097

海湾扇贝外套膜及脏器剥离机理试验

朱其霄, 弋景刚, 姜海勇, 王家忠, 刘江涛

(河北农业大学机电工程学院, 河北保定 071000)

摘要:采用试验研究与理论分析相结合的方法对扇贝外套膜及脏器的剥离机理进行研究, 从能量角度揭示剥离机理, 利用 SPSS 软件对试验数据进行分析, 并拟合建立剥离力的数学模型。结果表明, 剥离力与扇贝壳长呈正相关, 而与剥离速率无明显相关关系。

关键词:海湾扇贝; 外套膜; 脏器; 剥离机理; 剥离力; 加工机械

中图分类号:S985.3+6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)08-0293-03

海湾扇贝分布于北美洲大西洋西海岸, 1982 年由中国科学院海洋研究所引进到我国, 发展成为我国北方浅海养殖的支柱产业之一。扇贝制品的加工工艺为: 洗净鲜活扇贝→开壳→去外套膜及脏器→取贝柱→水洗→挑选称质量→装盘冷冻→包装。其中, 去外套膜及脏器是扇贝加工的重点也是难点, 须要耗费大量的工时。国内主要采取手工加工方式, 机械化程度低, 依赖手工加工很难实现加工质量的有效控制。欧美等发达国家扇贝加工业发展早, 机械化程度高, 但其扇贝加工设备不适合我国国情。因此, 研制扇贝加工关键装备, 提高扇贝制品的质量、实现扇贝加工的大规模机械化生产对我国扇贝产业的未来发展具有重大和深远的意义^[1-2]。目前, 我国在机械去除海湾扇贝外套膜及脏器方面进行的理论研究较少, 对外套膜的剥离原理没有形成完善的理论。本试验主要针对海湾扇贝外套膜及脏器的剥离机理进行研究, 以期设计

出更经济合理的扇贝加工机械。

1 扇贝外套膜及脏器剥离研究现状

1.1 扇贝内部结构特性

海湾扇贝内部主要为贝柱、外套膜和内脏等生物组织, 图 1 为外套膜具有双壳贝类外套膜的典型结构, 紧贴于两贝壳的内面, 为包被内脏团的二叶薄膜, 除了在背面少数部位连接外其余部分均游离, 由中央膜和边缘膜组成。外套膜各部位组织学结构相似, 其组织结构主要为内外上皮层、结缔组织与肌纤维。透过透明的外套膜的中央区, 可以看到为外套膜所包被的白色贝柱, 其组织结构主要为肌纤维^[3]。

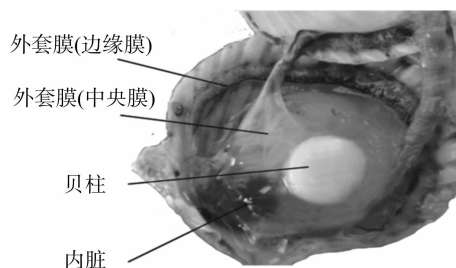


图1 扇贝内部结构

收稿日期: 2014-07-28

基金项目: 国家海洋公益性行业科技专项(编号: 201205031)。

作者简介: 朱其霄(1989—), 男, 河北衡水人, 硕士研究生, 主要从事农业装备自动化与制造技术研究。E-mail: 912016254@qq.com。

通信作者: 弋景刚(1961—), 男, 河北沧县人, 教授, 从事农业装备自动化与制造技术研究。E-mail: yjg@hebau.edu.cn。

- [7] Natale C D, Zude - Sasse M, Macagnano A, et al. Outer product analysis of electronic nose and visible spectra: application to the measurement of peach fruit characteristics [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 459: 107–117.
- [8] 于宏晓, 徐海海, 马强, 等. 电子鼻气味指纹数据对烟丝加香质量的评价[J]. *中国烟草科学*, 2010, 31(2): 63–66.
- [9] 毛友安, 刘巍, 黄建国, 等. 用电子鼻检测技术比较卷烟烟丝挥发性组分整体性质的研究[J]. *化学传感器*, 2007, 27(4): 36–42.
- [10] 官长荣, 潘建斌, 宋朝鹏. 我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展[J]. *烟草科技*, 2005(11): 34–37.
- [11] 宋朝鹏, 陈江华, 许自成, 等. 我国烤房的建设现状与发展方向[J]. *中国烟草学报*, 2009, 15(3): 83–86.
- [12] 潘文杰, 谢已书, 李章海, 等. 不同烘烤方式烘烤过程中烟叶表面烷烃类物质变化的研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2011, 38(3): 469–473.
- [13] 贺方云, 吴峰, 耿富卿, 等. 不同烘烤方式对烤烟香气成分的

影响[J]. *贵州农业科学*, 2012, 40(5): 60–63.

- [14] 卢贤仁, 陈芝波, 向章敏, 等. 密集烘烤不同装烟方式对烤后烟叶中性致香物质含量的影响[J]. *贵州农业科学*, 2012, 40(12): 66–69.
- [15] 刘闯, 陈振国, 李进平, 等. 不同装烟方式对烟叶挥发性致香物质含量的影响[J]. *云南农业大学学报: 自然科学版*, 2011, 26(1): 70–74.
- [16] 贺帆, 王涛, 樊军辉, 等. 装烟密度对密集烘烤中上部烟叶香气质量的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2013, 35(1): 33–37, 48.
- [17] 唐晓伟, 张万清, 耿利华, 等. 电子鼻评价甜瓜成熟度及风味的研究[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(21): 75–80.
- [18] 宋伟, 刘璐, 支永海, 等. 电子鼻判别不同储藏条件下糙米品质的研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(24): 360–365.
- [19] 徐秀红, 王林立, 王传义, 等. 密集烤房不同装烟方式对烟叶质量及效益的影响[J]. *中国烟草科学*, 2010, 31(6): 72–74.
- [20] 史宏志, 刘国顺, 杨惠娟, 等. *烟草香味学*[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

不同的生物组织在组织构成方面有一定的差异,因此表现出不同的黏弹特性,其力学性能如弹性、黏性、密度、热胀系数以及内应力均不相同。由于不同生物组织有不同的力学特性,所以通过高应力、高应变速率可使不同组织按其自然尺度实现分割、剥离^[4]。

1.2 外套膜及脏器剥离技术的现状

国内扇贝加工企业多采用手工剥离,即采用弧形刮刀手工剥离去除外套膜及脏器。手工剥离去净率高,但效率低,整个生产线的运行受到剥离工序的制约,直接影响经济效益。为了提高生产效率,在生产中必须以机械方式代替手工方式去除外套膜及脏器。

欧美等发达国家扇贝加工设备发展较早,自动化技术更多地应用于机械设计中。美国早在 20 世纪 90 年代就有去除扇贝外套膜及脏器的专利产生,主要是采取并排的细辊,将扇贝的外套膜及脏器辗碾绞碎,仅留取贝柱^[5-6]。冰岛 Traust 公司的扇贝加工生产线采取了类似技术,自动化程度很高,加工过程中极少须要人工干预。日本日兴株式会社生产的 NHS-5000 型扇贝自动脱壳机则采用负压吸附技术,利用负压吸附设备将贝柱周围的外套膜及脏器吸除,仅留取贝柱,同时吸除的脏器也能进行再回收利用。需要指出的是,国外的扇贝加工设备是根据国外的生产实际和生产理念设计,比如加工对象为虾夷扇贝,对于小体积的海湾扇贝适用性较差^[7]。

扇贝外套膜及脏器剥离技术在很大程度上依赖于剥离机理方面的理论研究,揭示剥离机理,建立外套膜及脏器的剥离力学模型,对剥离技术以及扇贝加工机械的发展具有重大的意义。

2 材料与方法

2.1 试验设备与材料

仪器设备:浙江温州山度 SP-200 型图显推拉力计,该仪器峰值、实时值、测试过程曲线全程同步显示,可连接至计算机监控和追溯测试过程,并得出实时数据及试验峰值,压力显示为正值,拉力显示为负值;剥离刀钩。

试验材料:扇贝采购自河北省昌黎县一年生海湾扇贝(GB/T 21443—2008《海湾扇贝》),成体壳长 50~65 mm。

2.2 试验方法

查阅相关文献资料可知,对海湾扇贝外套膜及脏器从贝柱上剥离所需的剥离力产生影响的因素主要有剥离速率和扇贝壳长 2 个因素^[8-9]。将海湾扇贝按壳长不同分为 3 组:

50~55、55~60、60~65 mm,各组分分别取 60 枚扇贝,在各组中再将这 60 枚扇贝分为 3 个小组,每组 20 枚,进行不同剥离速率条件的试验(剥离速率分别为 10、20、40 mm/s)。用剥离刀钩钩住外套膜及脏器,利用推拉力计测量其剥离力并记录数值。

3 结果与分析

3.1 剥离力曲线

在本试验过程中,在不同速率下对不同直径的扇贝外套膜及脏器剥离力进行实时测量。通过观察发现,在所有的试验中,剥离力都具有相同的曲线趋势,结果如图 2 所示。为方便从能量角度揭示海湾扇贝外套膜及脏器的剥离机理,在图 2 中对剥离过程中的一些特征点进行标注,如图 2 中的点 a、b。相应地定义 F_a 为剥离外套膜及脏器时剥离力的最大值, F_{av} 为剥离外套膜及脏器时剥离力的平均值。

整个剥离过程可以分为变形阶段、破裂阶段和剥离阶段 3 个阶段。变形阶段刀钩开始拉伸组织到外套膜与贝柱结合处组织破裂发生剥离,即点 a。从图 2 可以看出,剥离力随位移成非线性关系增大,直到剥离力达到最大值 F_a 。在这个阶段,位移在增大,但并没有剥离发生,刀钩做功所提供的能量以弹性应变能的方式存储在外套膜及脏器内。随着刀钩位移继续增大,外套膜与贝柱结合处组织所承受的应力也越来越大,当这种应力大于外套膜与贝柱之间的生物结合力时,剥离发生,即 a 点。在 a 点时,外套膜与贝柱结合处组织开始破裂并迅速扩展,这一过程称为破裂阶段,即从点 a 到点 b。在破裂阶段,外套膜及脏器中所存储的弹性应变能在迅速释放,提供产生新表面所需的能量。同时,剥离力也迅速减小。b 点后由于外套膜与贝柱间已经存在缺口,随后的剥离过程比较平稳,剥离力较小,这一平稳剥离过程称为剥离阶段。在剥离阶段,外套膜及脏器的剥离过程较平稳,剥离力在较小范围内呈现“增大—减小”的波动形式,直到外套膜及脏器完全被剥离,这种剥离力“增大—减小”的波动其实也是一个积聚能量和释放能量的过程。

为进一步定量分析海湾扇贝外套膜及脏器的剥离机理,从推拉力计所记录的剥离力数据文件中选取剥离力最大值 F_a 以及整个剥离过程的剥离力平均值 F_{av} 为特征量,进一步研究剥离速率与扇贝壳长对这 2 个特征量的影响规律。

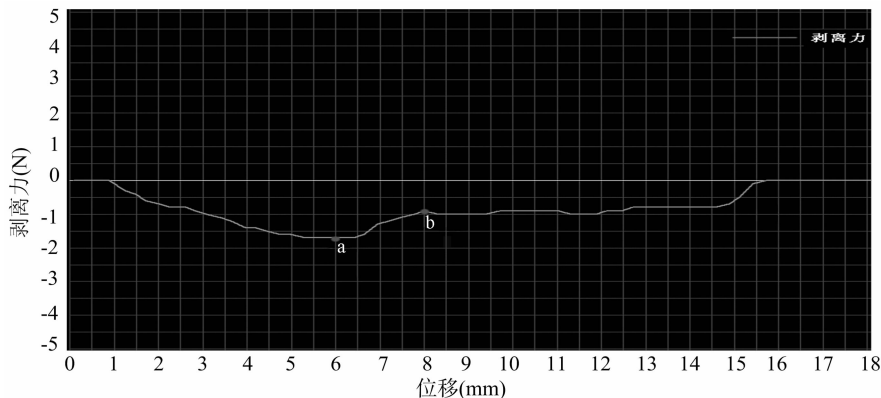


图2 剥离力-位移曲线图示
压力为正值, 拉力为负值

3.2 剥离速率对剥离力的影响规律

以 60 ~ 65 mm 分组为例,分别对剥离速率 10、20、40 mm/s 等 3 个分组中测试的剥离力的最大值 F_a 进行算术平均值统计分析、平均值 F_{av} 进行算术平均值统计分析,结果如表 1 所示。

表 1 3 种剥离速率下剥离力最大值 F_a 和平均值 F_{av} 的算术平均值

剥离速率 (mm/s)	最大值 (N)	平均值 (N)
10	3.19	1.30
20	3.21	1.31
40	3.20	1.31

由表 1 可知,随着剥离速率的增加,剥离力的最大值 F_a 与平均值 F_{av} 表现相对平稳,并没有明显的变大或变小的趋势。

利用 SPSS 统计软件单因素方差分析功能,进一步检验剥离速率对剥离力的影响是否显著。对扇贝壳长在 60 ~ 65 mm 间的全部 60 枚试验扇贝进行统计分析,用单因素方差分析检验 3 种剥离速率 10、20、40 mm/s 对剥离力的最大值 F_a 的影响是否有显著差异(显著水平取 0.05),结果如表 2、表 3 所示。

表 2 剥离力最大值方差齐性检验

Levene 统计量	df_1	df_2	P 值
0.254	2	57	0.777

从方差齐性检验结果(表 2)可以看出,P 值 = 0.777 远远大于 0.05,因此不同剥离速率组的剥离力的最大峰值的总体方差相等,满足方差齐性假设。

表 3 剥离力最大值的方差分析结果

变异来源	项目 1	项目 2	平方和	df	均方	F 值	P 值
组间	(组合)		0.003	2	0.002	0.029	0.971
	线性项	对比	0.003	1	0.003	0.052	0.820
		偏差	0.000	1	0.000	0.006	0.937
组内			2.934	57	0.051		
总数			2.937	59			

从方差分析结果(表 3)可以看出,组间的显著性 0.971 以及组间可以被线性解释部分的显著性 0.820 均远远大于 0.05,由此可见各组间不存在显著性差异,即剥离速率对剥离力最大值的影响不显著。

用单因素方差分析检验 3 种剥离速率 10、20、40 mm/s 对剥离力的平均值 F_{av} 的影响是否有显著差异,结果与上述结论相似,即剥离速率对剥离力平均值的影响不显著。可见,剥离速率对扇贝外套膜及脏器的剥离力没有显著影响,剥离外套膜及脏器所需的剥离力与剥离速率的关系不大,两者间不存在明显相关关系。

3.3 扇贝壳长对剥离力的影响规律

以剥离速率 10 mm/s 为例,分别对 50 ~ 55、55 ~ 60、60 ~ 65 mm 等 3 个分组测试的剥离力的最大值 F_a 进行算术平均值统计分析、平均值 F_{av} 进行算术平均值统计分析,结果如表 4 所示。

表 4 扇贝壳长对剥离力最大值 F_a 和平均值 F_{av} 的影响

扇贝壳长 (mm)	最大峰值 (N)	平均值 (N)
50 ~ 55	1.81	1.09
55 ~ 60	2.46	1.20
60 ~ 65	3.19	1.30

由表 4 可知,随着扇贝壳长的增加,剥离力的最大值 F_a 与平均值 F_{av} 有明显的变大趋势。

利用 SPSS 统计软件曲线回归分析功能,进一步定量研究扇贝壳长对剥离力的影响规律。以全部 180 枚试验扇贝的壳长作为解释变量,以剥离力的最大值 F_a 和平均值 F_{av} 作为被解释变量,分别用 SPSS 软件提供的各类回归模型对数据进行拟合,比较 r^2 值,发现二次多项式的拟合优度最高,因此确定回归方程类型为二次多项式^[10]。

扇贝壳长与剥离力最大峰值间的曲线回归方程为:

$$Y_1 = -0.004x^2 + 0.651x - 20.73, r^2 = 0.927。$$

式中: x 表示扇贝壳长,mm; Y_1 表示剥离力最大峰值,N。

扇贝壳长与剥离力平均值间的曲线回归方程为:

$$Y_2 = -0.0006x^2 + 0.106x - 2.557, r^2 = 0.818。$$

式中: x 表示扇贝壳长,mm; Y_2 表示剥离力平均值,N。

通过上述回归方程,可以计算出不同大小的扇贝相对应的剥离外套膜及脏器所需剥离力的最大值与平均值,为设计扇贝加工机械时相关参数的确定提供理论参考。

4 结论

本试验采用试验研究与理论分析相结合的方法对海湾扇贝外套膜及脏器的剥离机理进行研究,主要结论如下:(1)剥离速率对剥离力的影响不显著,剥离外套膜及脏器所需的剥离力与剥离速率的关系不大;(2)扇贝壳长对剥离力有显著影响,且剥离外套膜及脏器所需剥离力随扇贝壳长的增大而增大,剥离力与扇贝壳长呈正相关。在设计海湾扇贝加工机械时,应根据扇贝壳长合理确定外套膜及脏器剥离装置所提供的剥离力,本试验结果为设计出经济合理的扇贝加工机械提供理论依据。

参考文献:

[1] 励建荣. 我国水产品加工业现状与发展战略[J]. 保鲜与加工, 2005,5(3):1-3.

[2] 谢忱. 我国水产品加工业存在的问题及发展对策[J]. 农技服务, 2010,27(6):803-804.

[3] 傅郁. 海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 外套膜组织学组织化学研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2007:8-20.

[4] 傅维椿. 浅谈生物组织的几个物理特性[EB/OL]. [2015-06-04]. http://www.360doc.com/content/11/0722/10/3879082_135148722.shtml.

[5] Griffis E E. Method and apparatus for eviscerating scallops; USA, 4947519[P]. 1990-08-14.

[6] Griffis E E. Method and apparatus for eviscerating scallops; USA, 5005258[P]. 1991-04-09.

[7] 李秋实,王家忠,弋景刚,等. 海湾扇贝闭壳肌剥离设备的发展现状与展望[J]. 广东农业科学,2013,40(10):198-201.

[8] 刘芳. 鸭胗去皮机理及去皮机的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010:6-31.

[9] 胡中伟. 生物软组织切割机理的实验与理论研究[D]. 长沙:湖南大学,2011:55-72.

[10] 茆诗松,丁元,周记. 回归分析及其试验设计[M]. 上海:华东师范大学出版社,1981:37-86.

注:剥离速率为 10 mm/s。