

# Research on Quality Grading Method of Salted Sea Cucumber Quality Based on Mechanical and Image Features

Pengtao Yan, Xinyu Zhu, Xueyu Zhang, Jialiang Sun, Jixin Yang, Huihui Wang\*

School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning  
Email: \*1009960774@qq.com

Received: Nov. 6<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 19<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 26<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The high salt content of salted sea cucumber has a great influence on its taste quality and nutritional value. In order to realize the rapid and nondestructive classification of salted sea cucumber, the salted sea cucumber prepared at two different concentrations of salt was studied. Mechanical information was obtained by texture analyzer, and image data information was acquired by industrial camera. The mechanical characteristics of the downward pressure work and the image features of the target shape change were extracted. The values of pressure work, the mechanical values and the image features were taken as inputs, and K-Nearest Neighbor classifier (KNN) was selected to construct the salt sea cucumber quality classification model. The classification accuracy rate was up to 77.22%, 88.8% and 88.8%, respectively. In order to improve the classification accuracy, the numerical features extracted above were normalized, which were taken as inputs for the quality classification model of salted sea cucumber based on KNN was established. The classification accuracy was 94.44%, which was proved the potential of this method for salted sea cucumber classification.

## Keywords

Salted Sea Cucumber, Quality Classification, Mechanical Information, Image Information, Model

---

# 基于力学和图像特征的盐渍海参品质分级方法研究

闫朋涛, 朱鑫宇, 张学雨, 孙家亮, 杨继新, 王慧慧\*

大连工业大学机械工程与自动化学院, 辽宁 大连  
Email: \*1009960774@qq.com

\*通讯作者。

文章引用: 闫朋涛, 朱鑫宇, 张学雨, 孙家亮, 杨继新, 王慧慧. 基于力学和图像特征的盐渍海参品质分级方法研究[J]. 计算机科学与应用, 2019, 9(11): 2154-2160. DOI: 10.12677/csa.2019.911241

收稿日期：2019年11月6日；录用日期：2019年11月19日；发布日期：2019年11月26日

## 摘要

海参含海盐量过高，对其食味品质和营养价值影响较大，为实现快速、无损盐渍海参品质分级，以两种不同食盐浓度下制备的盐渍海参为研究对象，利用质构仪采集力学数据信息，通过工业相机采集下压过程的图像信息，提取下压力做功的力学特征和目标形态变化的图像特征，分别将力学值、做功值、图像特征作为输入，选择最近邻分类器(KNN)，构建盐渍海参品质分级模型，分级准确率分别可达77.22%、88.8%和88.8%。为提高分级准确率，将上述提取的数值特征进行归一化，以此为输入，建立基于KNN的盐渍海参品质分级模型，分级准确率可达到94.44%。该方法在盐渍海参品质分级应用中具有一定潜力。

## 关键词

盐渍海参，品质分级，力学特征，图像特征，模型

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“海参”属于无脊椎、棘皮动物门、海参纲。海参具有丰富的药用价值、营养价值。现代医学证明，海参含有的酸性黏多糖可预防动脉硬化、促进骨骼生长、减缓组织老化；五肽和三萜糖具有抗肿瘤、缓解炎症和溶血作用[1]。海参的医疗保健作用得到广泛认同，因此形成中国、新加坡、香港、日本、韩国、美国、印度尼西亚等地区性贸易和消费市场。海参的消费量也在逐年增加。

海参体内含有自溶酶，在受到污染或是外界环境改变时，会产生自溶现象[2]。新鲜的海参不适合长时间运输和存储。干海参、即食海参、冻干海参是主要的海参制品。盐渍是目前最传统和最主要的干海参加工方式之一[3]。盐渍海参的含盐量直接决定海参品质，中国农业部 2014 年颁布行业标准 SC/T3215-2014《盐渍海参》规定，市售盐渍海参盐分含量不得超过 25%。部分商家非法出售利用饱和盐水反复煮制的盐渍海参，掺杂使假，谋取暴利[4]。

目前盐渍海参品质检测的方法主要有手工检测和实验室检测。手工检测通过感官评定，对样品颜色、触感、气味、复水形态等进行品质评价，但这种方法主观性强、评定结果不稳定；实验室检测通过测量样品水分、蛋白质、盐分等理化指标实现品质检测，检测精度高，结果可靠，但多为有损检测、实验流程复杂、检测时间长[5]。以上两种方法均无法满足如今产业发展对检测准确性、精度、自动化要求。因此市场急需一种客观、快速无损的自动化检测盐渍海参品质的方法。

质构仪作为一种客观评价食品品质的仪器，近年来广泛应用于食品行业，检测产品硬度、脆性、弹性等质构特性[6]。质构仪在果蔬和肉类产品新鲜度、可食性等重要品质的检测方面取得了较好的效果[7]。盐渍海参的品质主要受含盐量的影响，含盐量的差异会导致其硬度、弹性等质构特性存在巨大差异[8]。基于质构仪的品质检测受样本形状影响较大，实现形状特征与质构特性协同检测，使得盐渍海参品质无损、快速分级成为可能。因此，本研究在基于质构仪的盐渍海参品质检测基础上，引入计算机视觉技术，提取力学与形状特征，进行数据处理和融合，在此基础上构建盐渍海参品质分级模型，实现不同含盐量

盐渍海参品质无损检测。

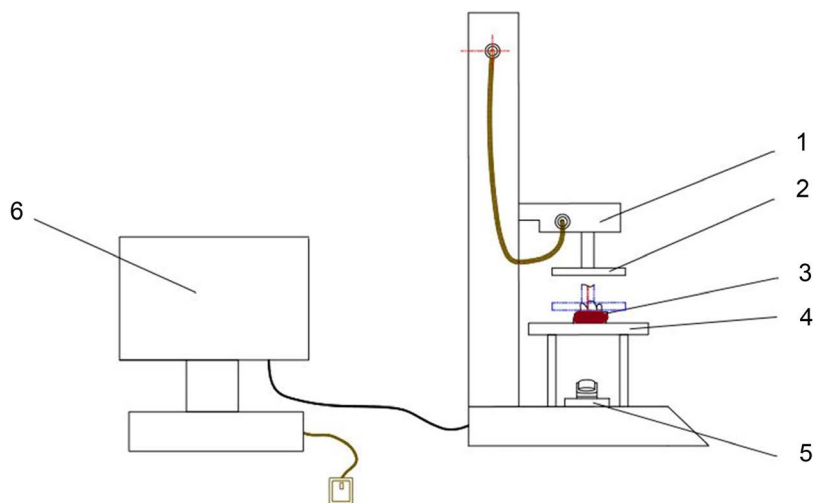
## 2. 实验材料与数据处理

### 2.1. 材料制备

于大连长兴市场购置大小基本一致的鲜活海参，重量为  $120 \pm 10$  g。去除内脏后放入沸水中煮至 30 分钟，取出后随机分成两组，分别在室温下利用饱和食盐水和 10% 的食盐水浸泡 10 天，每 24 小时对食盐水更换一次。10% 的食盐水浸泡的盐渍海参  $< 25\%$  (第一类)，为品质较好的合格品；饱和食盐水浸泡的盐渍海参含盐量  $> 25\%$  (第二类)，为品质较差的不合格品。

### 2.2. 数据采集装置

本实验用仪器如图 1 所示，主要包括 TMS-PRO 质构仪和维视 MV3000UC 工业相机、矩形压板、透明载物台、电脑等。利用质构仪实现下压动作并采集相关力觉参数，利用工业相机跟踪质构仪下压海参过程形变，为保证海参无损，目标力设置为 50N；测试前下行速度为 50 mm/s，测试速度为 30 mm/s；压力保持时间为 12 s；回复速度为 960 mm/s。工业相机参数设置为：分辨率  $1280 \times 960$  pixel<sup>2</sup>，最大帧速 29 fps，图像为 bmp 格式，采集并保存下压前后对应的海参状态图像，作为实验的原始图像数据。



1-质构仪；2-矩形压板；3-物料(海参样品)；4-透明载物台；5-工业相机；6-电脑。

Figure 1. Experimental device

图 1. 实验装置

### 2.3. 特征提取

#### 2.3.1. 下压过程力变化特征提取

利用质构仪下压过程可获得力变化曲线如图 2 所示，由于该过程的数据量较大，不适宜直接作为特征数据用于后续分析处理，对数据进行主成分分析法(PCA) [9]，将累计贡献率大于 95% 的主成分值作为特征用于盐渍海参品质分级模型的建立。

#### 2.3.2. 下压过程力做功特征提取

对于第一类和第二类盐渍海参，由于其质构特性差异，同一目标力作用下，压板下压海参的位移不同，在下压和回复过程中，压板对海参所做的功也不通过。做功计算公式如式 1 所示。

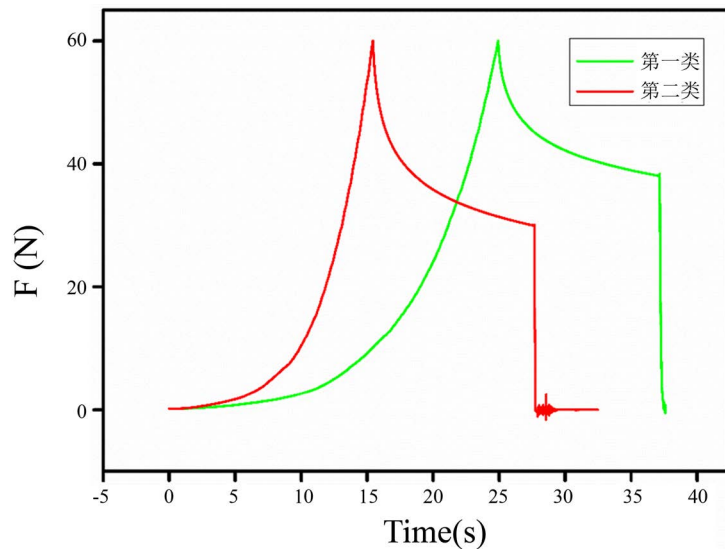


Figure 2. Force curve  
图 2. 力变化曲线

$$W = \int_0^h F(s) ds \tag{1}$$

式中  $W$  表示所作功值、 $h$  表示下压的位移、 $F$  表示下压过程中力的大小， $s$  表示位移变量。

### 2.3.3. 图像几何特征提取

目标的几何特征能够较好的描述物体的形状信息。通过大量实验观察发现，在下压和回复两个过程中，当海参处于下压结束和回复结束状态时，对应图像处于两种状态，即受压后的最大变形状态和撤力后的原始形状，对应图像如图 3 所示。不同含盐量的海参变形状态存在较大差异。基于此，本研究提取每个样品在压缩前后两种状态下二值图像中海参的面积、偏心率和细度比例作为形状参数进行后续处理 [10]，其中海参面积为二值图像中前景的像素个数，偏心率为目标长轴和短轴的比例，细度比例表示目标圆形成度，计算过程如公式 2~4 所示。为降低样品原始形状的影响，将两种状态下提取的几何特征分别做比值处理，计算过程如公式 5~7 所示，将所得形状参数比值作为最终图像特征进行模型的建立。

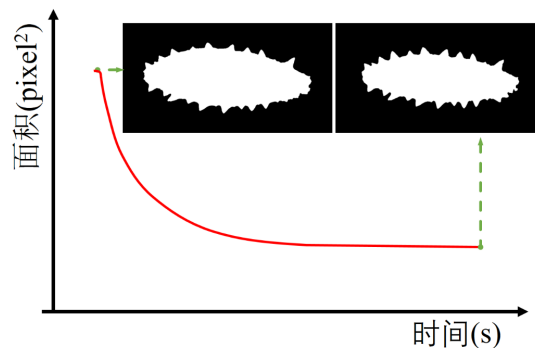


Figure 3. Two states of the target in the process  
图 3. 回复过程中目标的两种状态

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \tag{2}$$

$$e = \frac{a}{b} \tag{3}$$

$$T_i = \frac{4\pi A_i}{P_i^2} \tag{4}$$

式中  $A$  代表海参区域面积,  $n$  代表图像像素总数,  $p_i$  代表图像中每个像素点像素值;  $e$  表示目标的偏心率,  $a$  表示目标区域的长轴,  $b$  表示目标区域的短轴,  $T_i$  表示二值图像目标的细度比例,  $A_i$  表示目标的像素面积,  $P_i$  是二值目标区域的周长。

$$k_1 = \frac{A_2}{A_1} \tag{5}$$

$$k_2 = \frac{e_2}{e_1} \tag{6}$$

$$k_3 = \frac{T_1}{T_2} \tag{7}$$

式中  $k_1$  代表提取的两种状态下面积之比特征,  $k_2$  代表提取的两种状态下偏心率之比特征,  $k_3$  代表提取的两种状态下细度比例之比特征,  $A_2$ 、 $A_1$  分别代表回复后和回复前海参目标两种状态下的像素面积,  $e_2$ 、 $e_1$  分别代表海参目标回复后和回复前两种状态下的偏心率大小。  $T_1$ 、 $T_2$  分别代表海参目标回复后和回复前两种状态下的细度比例值。

### 2.4. 图像处理

采集的原始图像如图 4 所示, 主要包括海参和背景两部分。本研究主要针对图像中的海参目标进行形状特征提取、分析。因此, 需对采集到的图片进行目标与背景分割。图像分割在数字图像处理领域非常重要, 根据图像内容在各个区域上的差异特性, 对其进行边界或区域上的分割, 实现感兴趣目标的提取[11]。分别采集每个海参样品下压至目标里力和撤力回复至原始形状的两张图像为目标图像进行后续处理。为了降低图像数据量并便于研究分析, 将采集的 RGB 图像转换为灰度图像。通过 SG 平滑去除图像噪声, 利用最大类间方差法实现背景与海参的分割[12], 从而提取出感兴趣区域(ROI), 采用图像形态学处理, 去除毛刺、凹坑等小区域干扰[13]。



**Figure 4.** Image preprocessing  
**图 4.** 图像预处理

### 2.5. 盐渍海参品质分级模型

模式识别中模型的建立主要都包含两个阶段, 即训练阶段和测试阶段[14], 因此需要划分样本集。本研究将 60 个两类盐渍海参样本划分为训练集和预测集, 其中 20 个为第一类盐渍海参样品, 40 个为第二

类盐渍海参样品。根据相关文献资料[15]，将训练集与测试集按 7:3 比例划分，这样本次试验训练集共有 42 个，测试集 18 个。其中训练集中第一类样品有 14 个，第二类样品有 28 个，测试集中第一类样品有 6 个，第二类样品有 12 个，将训练集与测试集数据划分完毕后，用于后续分类器的建模使用。

在用于模式识别的分类建模中，基于最邻近算法(KNN)的分类器，具有结构简单、算法理论基础完善[16]，应用普遍等优势。本研究选择 KNN 分类器，以提取的下压力、做功、形状比值特征为输入建立盐渍海参品质分级模型。

本研究数据处理、图像处理和建模过程基于 MATLAB R2014b 软件(The Math Works Inc., USA)软件平台展开。

### 3. 模型的建立与讨论

观察提取的各种特征数据发现，原始不同属性的数据特征值大小差别很大，为了消除各个特征属性在量纲方面对建立模型的影响。采用归一化消除不同属性之间的量纲影响，计算过程如式 8 所示。

$$y = \frac{(y_{\max} - y_{\min}) \times (x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} + y_{\min} \quad (8)$$

式中  $y$  为归一化后的特征值大小， $y_{\max}$ 、 $y_{\min}$  为设定的归一化范围，这里设定为 1、-1， $x$  为训练集中各个属性对应的原始特征值， $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$  对应为训练集各属性中的最大值和最小值。

KNN 分类器参数主要为样本集对应标签和分类器紧邻参数  $k$  值[17] [18]。用于构建模型的样本集需进行归一化处理；两类海参对应的类别标签为-1 和 1，表示第一类和第二类盐渍海参。根据最近邻算法和盐渍海参分类特性，将分类器紧邻参数  $k$  设定为 3。

如表 1 所示，对于两类盐渍海参，当提取归一化后的做功特征作为分类器输入用于建模时，最后预测集的认识率为 88.8%。对下压力原始数据进行 PCA，前 6 个主成分值得累计贡献率达到 95%，说明前 6 个主成分已能够包含大部分下压力信息，以前六个主成分值为分类器输入用于建模，最后预测集的认识率为 77.22%。将形状比值特征进行归一化后作为分类器输入建模，预测集的认识率为 88.8%。

**Table 1.** Feature modeling result

**表 1.** 特征建模结果

分类器	建模特征集	训练集		测试集		特征个数	识别率/%	运行时间(s)
		第一类	第二类	第一类	第二类			
KNN	做功特征集	14	28	6	12	3	88.8	0.5444
KNN	下压力数据集	14	28	6	12	6	72.22	0.0415
KNN	图像特征集	14	28	6	12	3	88.8	0.0352
KNN	特征融合集	14	28	6	12	12	94.44	0.1067

对比不同特征数据集模型预测结果，除在识别率方面有所差异外，在运行时间方面也有一定差异，由于特征数据维数都不大，运行时间处于本实验可接受范围，故将以上提取的下压力、做功、形状比值特征进行特征融合，构成 12 维的特征向量。将特征融合后的数据集归一化后输入分类器用于模型建立，预测识别率达到 94.44%。得到了优于各自特征数据集单独建模效果，且运行用时在 0.1 秒左右。

### 4. 结论

为了实现对不同品质盐渍海参品质分级，提取下压力、做功、形状比值特征，利用 KNN 分类器，分

别建立盐渍海参品质分级模型, 预测集分级准确率分别为 77.22%、88.8%和 88.8%。鉴于单特征建模特征较少、程序运行时间较少、准确率较低, 将上述特征共 12 个特征向量进行数据融合, 基于 KNN 分类器建立盐渍海参品质分级模型, 模型准确率可达 94.44%, 程序运行时间仅为 0.167 s。说明基于上述方法进行盐渍海参品质分级是具有一定潜力的。

## 基金项目

本项目受国家自然科学基金(31701696)、大连市青年科技之星项目支持计划(2017RQ128)资助。

## 参考文献

- [1] 张春云, 王印庚, 荣小军, 等. 国内外海参自然资源、养殖状况及存在问题[J]. 渔业科学进展, 2004(3): 90-98.
- [2] 郑杰. 海参自溶过程中生化变化及抗氧化活性寡肽的研究[D]: [博士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2012.
- [3] 李焯. 干海参质量评价关键指标的研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [4] 朱文嘉, 王联珠, 丁海燕, 等. 我国海参产业现状及质量控制对策[J]. 中国渔业质量与标准, 2012(4): 59-62.
- [5] 李志超. 海参质量评定方法与加工工艺对品质的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2014.
- [6] 纪宗亚. 质构仪及其在食品品质检测方面的应用[J]. 食品工程, 2011(3): 22-25.
- [7] 罗斌, 赵有斌, 尹学清, 等. 质构仪在果蔬品质评定中应用的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 217-221.
- [8] 赵晶. 不同盐渍工艺对海参品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连工业大学, 2015.
- [9] 用主成分分析法选择纽荷兰脐橙品质的评价因素[J]. 华中农业大学学报, 2004(6): 76-79.
- [10] 肖爱玲, 潘斌. 基于形态学参数的红枣品种识别[J]. 农机化研究, 2015(8): 174-176.
- [11] 祁想想, 马本学, 屈年巍, 等. 基于 MATLAB 与 VB 混合编程的哈密大枣品质检测研究[J]. 农机化研究, 2011(8): 162-166.
- [12] Chen, C., Liang, J., Zhao, H., et al. (2009) Frame Difference Energy Image for Gait Recognition with Incomplete Silhouettes. *Pattern Recognition Letters*, **30**, 977-984. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.04.012>
- [13] Zhang, E.H., Zhao, Y.W. and Xiong, W. (2010) Active Energy Image plus 2DLPP for Gait Recognition. *Signal Processing*, **90**, 2295-2302. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2010.01.024>
- [14] Sathyanath, S. and Sahin, F. (2001) An AIS Approach to a Color Image Classification Problem in a Real Time Industrial Application. *Proceedings of the IEEE International Conference on System Man & Cybernetics*, **4**, 2285-2290.
- [15] 鲁恒润, 王卫东, 徐志强, 等. 基于机器视觉的煤矸特征提取与分类研究[J]. 煤炭工程, 2018, 487(8): 147-150.
- [16] Fraiman, R., Justel, A. and Svarc, M. (2010) Pattern Recognition via Projection-Based NN Rules. *Computational Statistics & Data Analysis*, **54**, 1390-1403. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2009.12.009>
- [17] 张磊, 丁香乾, 赵雪岑. 基于改进 KNN 算法在近红外光谱中的模式识别研究[J]. 现代电子技术, 2012, 35(20): 121-123.
- [18] 喻荣超. 最近邻搜索方法在大可视目标识别中的应用[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2013.