

制革鞣制工艺在小布氏鲸皮张脱脂中的应用

宋小晶 唐文乔* 赵振官 王磊 张亚 朱国利

上海海洋大学鱼类研究室 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306

摘要:在分析组织结构并测定脂肪含量的基础上,利用现代制革鞣制工艺对一头小布氏鲸(*Balaenoptera edeni*)的皮作了脱脂效果研究。在控制好对皮肤整体质量影响最小的情况下,本文设计了一套工艺流程,将脱脂操作贯穿到整个皮张的鞣制过程中。经组织切片和氯仿甲醇法检验,胸部和腹部真皮的脂肪体积比,由 $31.78\% \pm 2.69\%$ 和 $44.80\% \pm 3.74\%$ 下降至 4.28% 和 6.83% ;含脂量下降至 4.04% 和 5.57% ,脱脂率达到了 86.24% 和 84.90% ,基本满足了标本制作的脱脂要求。

关键词:小布氏鲸;皮肤;鞣制工艺;脱脂效果

中图分类号:Q34 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)06-36-08

Application of Leather Tanning Process for Degreasing of Bryde's Whale Skin

SONG Xiao-Jing TANG Wen-Qiao* ZHAO Zhen-Guan WANG Lei
ZHANG Ya ZHU Guo-Li

Laboratory of Fishes, Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources,
Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The degreasing effect of leather tanning process on one Bryde's Whale, *Balaenoptera edeni*, skin was evaluated by the adipose content and histological structure. The thickness of derma was varied from 15 to 35 mm at different part with 2.3 times between most and least thickness. The tail contained a few elastic fibers, while the rest of derma were constructed with collagen fiber at $1.08 \pm 0.25 \mu\text{m}$ ($n = 180$) in diameter and those collagen fiber was arranged in a loose reticulation. Adipose cell filled between the collagen fibers and the contents of skin adipose in throat, chest, abdomen and tail were 19.42% , 29.36% , 36.89% and 13.06% , respectively and showed a significant difference ($P < 0.01$) between different parts. In this study the leather was treated throughout a special designed tanning process of degreasing operation at the requirement of minimizing impacts on the skin's quality. The volume proportion of skin adipose in chest and abdomen was reduced from $31.78\% \pm 2.69\%$ and $44.80\% \pm 3.74\%$ to 4.28% and 6.83% measured by chloroform-methanol method; adipose contents in chest and abdomen were reduced to 4.04% and 5.57% . The overall degreasing rates were up to 86.24% and 84.90% , which was fit with the requirement of making a specimen.

Key words: The Bryde's Whale *Balaenoptera edeni*; Skin; Tanning process; Degreasing effect

基金项目 上海科技馆项目(No. D8006100080),公益性行业(农业)科研专项(No. 201203065);

* 通讯作者, E-mail: wqtang@shou.edu.cn;

第一作者介绍 宋小晶,男,硕士研究生;研究方向:保护生物学;E-mail: xiaojingsong23@163.com.

收稿日期:2012-04-23,修回日期:2012-07-17

传统的动物剥制标本主要通过机械去肉,涂抹防腐剂等方法完成去脂和防腐。制成的标本特别是大型海洋哺乳动物标本存在着脱脂不尽,标本易收缩变形等问题^[1-2]。不仅影响标本美观,也不利于长期存放。近年制革业发展迅速,许多新型有效的脱脂剂和脱脂方法孕育而生^[3-5],为解决大型海洋哺乳动物的脱脂提供了可能。

小布氏鲸(*Balaenoptera edeni*)为分布于太平洋、大西洋和印度洋的暖温性大型海洋哺乳动物,成年体长可达 11.5 ~ 14.5 m,体重达 12 ~ 20 t。小布氏鲸在 IUCN 濒危物种红色名录的保护级别中属于 DD 级(数据缺乏)^[6],但在我国较少见,是国家 II 级保护动物^[7]。小布氏鲸体型修长优雅,是科普教育的理想教具,但目前国内的同类标本还很少。2009 年 11 月,在上海市横沙岛发现了一头体长 936 cm 的雄性小布氏鲸,本文研究了其皮肤的组织结构,并把制革的鞣制工艺引入到皮肤的处理过程中,旨在摸索出一套鲸类皮肤脱脂和鞣制的新方法。

1 材料与方 法

1.1 小布氏鲸遗骸 搁浅的小布氏鲸(图 1)发现于长江口横沙岛东滩(31°20'N,121°55'E),遗骸被打捞拖回上海海洋大学之后整体解剖。解剖后的皮张面积约 30 m²,厚度 1.5 ~ 3.5 cm,重约 1 050 kg,放入饱和食盐水中浸泡保存。



图 1 小布氏鲸遗骸的发现现场

Fig. 1 The stranded Bryde's Whale

1.2 方 法

1.2.1 皮张的处理 参照一般的制革鞣制工序来处理皮张^[8-10],主要包括浸水、脱脂、浸灰与脱灰、软化与浸酸、鞣制和复鞣。整个处理过程在一个长 5 m、宽 3 m 的水泥池中完成。选用了制革厂常用的化学制剂,但在每道工序中选用的化学制剂及其配比、机械处理过程以及工艺条件等,都依据了本研究材料的组织结构特点而进行了特别的设计。

1.2.1.1 浸水 采用两次浸水方式。

第一次浸水:水为皮质量的 600%;用碳酸钠调节 pH 到 10;漂白粉杀菌消毒;20℃ 水温下处理 24 h。

第二次浸水:水为皮质量的 600%;加入一定量的阴离子表面活性剂;用碳酸钠调节 pH 到 10;漂白粉杀菌消毒;20℃ 水温下处理 36 h。

1.2.1.2 脱脂 采用多次脱脂和联合脱脂的方法。

皂化法加乳化法:水为皮质量的 100%;加入一定比例的碳酸钠和阴离子表面活性剂脱脂,30℃ 水温下处理 6 h。重复 4 次。

乳化法加脂肪酶法:水为皮质量的 100%;加入一定比例的非离子表面活性剂和脂肪酶脱脂;30℃ 水温下处理 6 h。重复 4 次。

1.2.1.3 浸灰与脱灰 采用氢氧化钙与氢氧化钠联合浸灰,硫酸铵脱灰的方法。

浸灰:水为皮质量的 300%;用熟石灰和氢氧化钠浸灰,pH 控制在 12.5 以上,25℃ 水温下浸灰 36 h。

脱灰:水为皮质量的 100%;硫酸铵脱灰,pH 8.0;25℃ 水温下脱灰 12 h。

1.2.1.4 软化与浸酸

软化:水为皮质量的 100%;胰酶作为软化酶;pH 8.0,30℃ 水温下软化 12 h。

浸酸:水为皮质量的 100%;加入皮质量 8% 的食盐;硫酸和甲酸按照 2:1 的量加入,调节 pH 到 2.8;25℃ 水温下处理 6 h。

1.2.1.5 鞣制与复鞣

铬鞣液鞣制:水为皮质量的 100%;加入一定量铬鞣液,鞣制 12 h;碳酸氢钠提升 pH 到

4.0, 25℃ 水温下鞣制 12 h; 升温到 40℃, 鞣制 24 h。在树脂复鞣之前, 加大铬鞣液用量, 重复鞣制一次。

树脂复鞣: 水为皮质量的 150%; 碳酸氢钠调节 pH 到 4.5, 处理 2 h; 加入一定量树脂鞣剂, 处理 4 h; 甲酸调节 pH 到 4.0, 处理 2 h; 加入一定量铬鞣液, 处理 4 h; 碳酸氢钠调节 pH 到 4.0, 过夜。整个处理过程水温控制在 40℃。

1.2.2 组织结构及皮脂肪含量测定

1.2.2.1 取样 处理前分别在喉、胸、腹和尾部剪取小块皮, 各分成 2 份, 一份用于切片和染色, 一份用于脂肪含量测定。为保持皮张的完整性, 仅用胸部和腹部作为脱脂效果的评价样本。所取样本保存于 -40℃ 冰箱。

1.2.2.2 切片和染色 样品从冰箱取出后, 直接在 Leica CM1900 冰冻切片机上切片, 切片厚度 20 μm。将组织切片粘贴于载玻片上, 放入 10% 中性甲醛液固定 2 min。每个部位准备 20~30 个片子, 放入 40℃ 烘箱烘干^[11-13]。用 Weigert 间苯二酚复红染色法染弹性纤维; H. E 染色法染胶原纤维; Sudan IV 染色法染脂肪组织。从染好的切片中, 每种染色法挑选 6 片作观察和分析之用。用 Nikon Eclipse 80i 显微镜观察组织的微观结构, Nikon SMZ1500 解剖镜观察组织的整体结构。拍成的照片用 Adobe Photoshop CS3 及 Image J 软件分析。

1.2.2.3 脂肪含量测定 用氯仿甲醇法测定脂肪的含量^[14-16], 脱脂率用公式计算, 脱脂率 = $(1 - \text{脱脂后脂肪含量} / \text{脱脂前脂肪含量}) \times 100\%$ 。用 Image J 软件分析脂肪组织所占真皮层切面的体积比例, 体积比 = $\text{脂肪组织面积} / \text{所测量的真皮层切面的总面积} \times 100\%$ 。

2 结果

2.1 小布氏鲸皮的基本结构与脂肪含量 组织切片可以看出小布氏鲸皮的基本结构(图 2): 表皮由一些角质化和非角质化细胞组成; 真皮是制作标本的主要部分, 主要由纤维和脂肪细胞组成(图 3)。Weigert 间苯二酚复红染色显示, 除尾部含有少量的弹性纤维外(图 4), 喉部、胸部

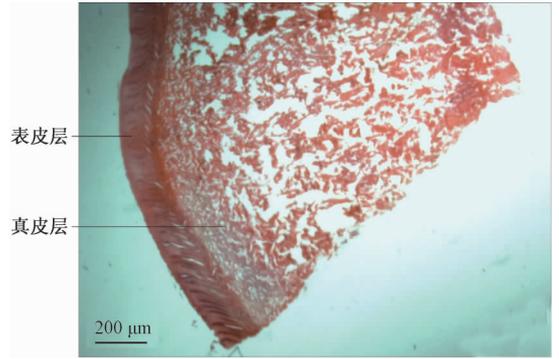


图 2 喉部组织(H. E 染色法, ×1, 纵切)

Fig. 2 Laryngeal tissue

(H. E staining, ×1, longitudinal)

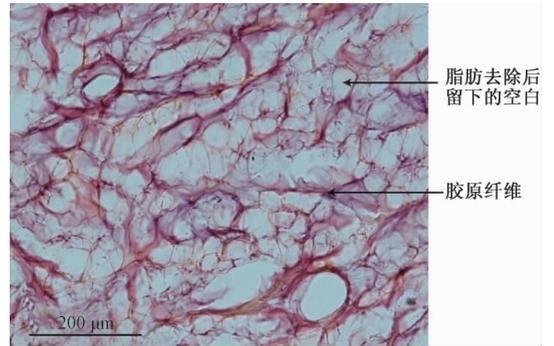


图 3 腹部组织的显微结构

(H. E 染色法, ×10, 纵切)

Fig. 3 Microstructure of abdomen tissue

(H. E staining, ×10, longitudinal)

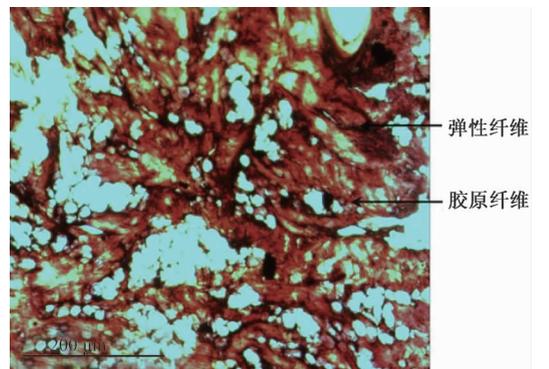


图 4 尾部纤维的显微结构

(Weigert 染色法, ×10, 纵切)

Fig. 4 Microstructure of tail fibers

(Weigert staining, ×10, longitudinal)

和腹部真皮层的纤维都是胶原纤维。胶原纤维比较粗大,直径 $0.72 \sim 1.66 \mu\text{m}$, 平均 $(1.08 \pm 0.25) \mu\text{m}$ ($n = 180$)。纤维之间结构不是很紧密,排列成网状。脂肪组织充斥于胶原纤维之间,贯穿整个真皮层。真皮随着顶端往下深入,胶原纤维逐渐变得疏松,脂质部分则逐渐增多。

Sudan IV 染色观察表明,脂肪组织所占的体积比例随着部位的不同而不同,胸部和腹部要明显大于喉部和尾部(图 5)。Image J 软件分析所得,小布氏鲸喉、胸、腹和尾部皮脂肪组织占真皮层切面的体积比例分别为 $12.99\% \pm 1.95\%$ 、 $31.78\% \pm 2.69\%$ 、 $44.80\% \pm 3.74\%$ 和

$10.70\% \pm 0.36\%$ 。氯仿甲醇法测定的喉、胸、腹和尾部皮的脂肪含量分别为 $19.42\% \pm 2.24\%$ 、 $29.36\% \pm 0.84\%$ 、 $36.89\% \pm 2.27\%$ 和 $13.06\% \pm 1.62\%$,各个部位的差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 鞣制过程中小布氏鲸皮的结构和脂肪含量变化

2.2.1 胸部

表 1 列出了皮张在处理过程中胸部脂肪组织所占体积比例的变化,可见从处理前的 31.78% ,最终下降到 4.28% ,其中以浸水、脱脂和软化这 3 道工序下降得最快(图 6)。伴随着脂肪所占空间的不断减少,胶原纤维也变得越来越大松散(图 7)。图 8 列出了皮张处理过程中

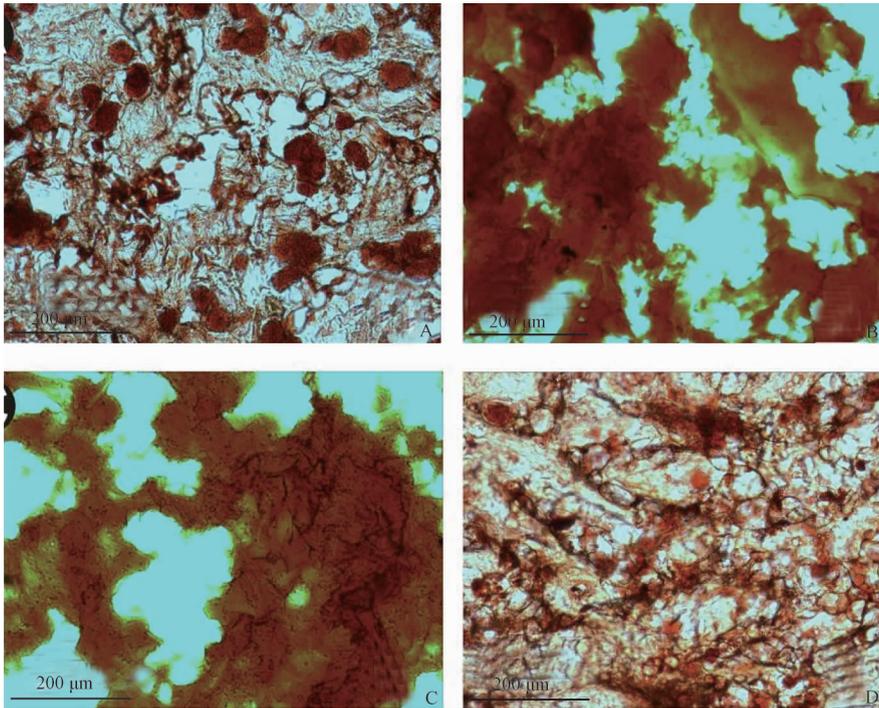


图 5 小布氏鲸皮肤的脂肪组织 (Sudan IV 染色法, $\times 10$, 纵切)

Fig. 5 Adipose tissue of the Bryde's Whale skin (Sudan IV staining, $\times 10$, longitudinal)

A. 喉部; B. 胸部; C. 腹部; D. 尾部。A. Throat; B. Chest; C. Abdomen; D. Tail.

表 1 脱脂过程中胸部、腹部脂肪组织所占的体积比例 (%) 的变化

Table 1 The volume proportion change of skin adipose tissue at chest and abdominal parts under each step of degreasing treatment

| | 对照 Control | 鞣制过程 Tanning process | | | | |
|------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 浸水 Soaking | 脱脂 Degreasing | 软化 Soften | 鞣制 Tanning | 复鞣 Retanning |
| 胸部 Chest | 31.78 ± 2.69 | 21.76 ± 1.14 | 7.97 ± 0.26 | 4.71 ± 0.60 | 4.43 ± 0.07 | 4.28 ± 0.04 |
| 腹部 Abdomen | 44.80 ± 3.74 | 38.37 ± 1.94 | 12.47 ± 1.16 | 7.45 ± 0.07 | 7.29 ± 0.06 | 6.83 ± 0.18 |

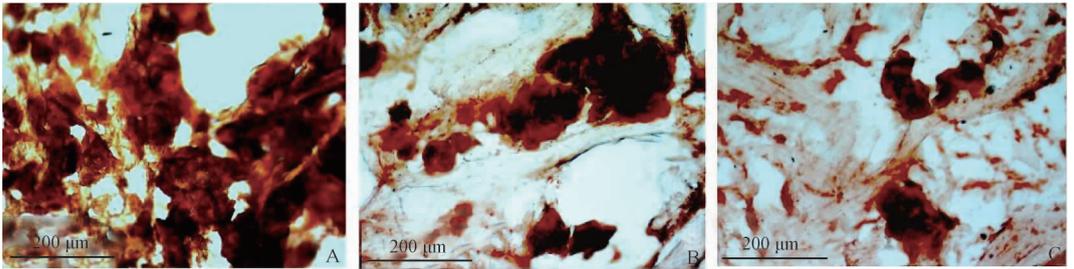


图 6 小布氏鲸胸部皮肤的脂肪组织变化 (Sudan IV 染色法, ×10, 纵切)

Fig. 6 The adipose tissue changes of skin at chest part (Sudan IV staining, ×10, longitudinal)

A. 浸水; B. 脱脂; C. 软化。A. Soaking; B. Degreasing; C. Soften.

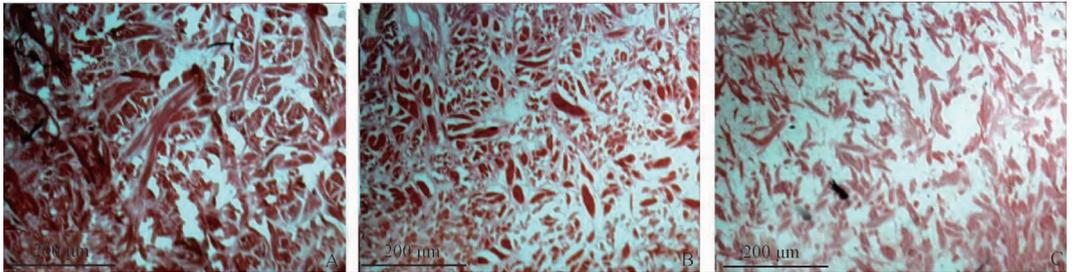


图 7 小布氏鲸胸部皮肤的胶原纤维变化 (H. E 染色法, ×1, 纵切)

Fig. 7 The collagen fiber changes of skin at chest part (H. E staining, ×1, longitudinal)

A. 浸水; B. 脱脂; C. 软化。A. Soaking; B. Degreasing; C. Soften.

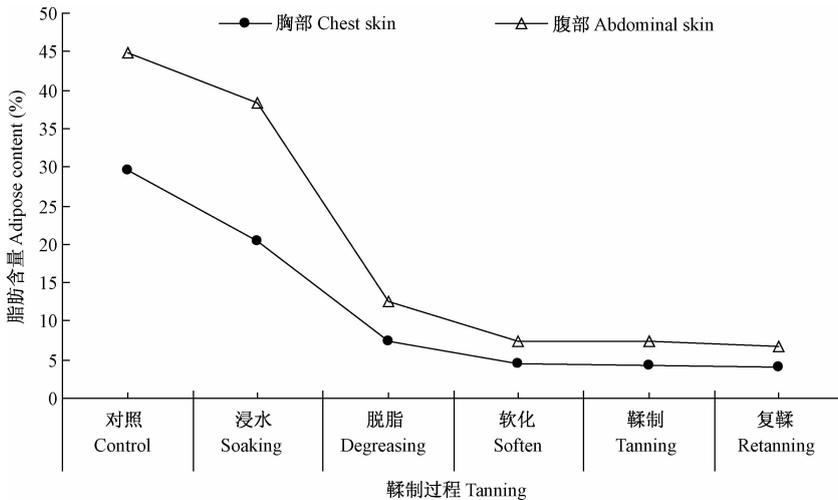


图 8 鞣制过程中小布氏鲸胸、腹部皮肤脂肪含量变化

Fig. 8 The adipose content changes of skin at chest and abdominal part under each step of tanning process

胸部皮肤脂肪的含量变化,可见从一开始的 29.36% 降至最终的 4.04%,总的脱脂率达到了 86.24%。浸水、脱脂、软化、鞣制和复鞣的

脱脂率分别为 30.31%、63.78%、40.89%、4.11% 和 3.81%,其中以浸水、脱脂和软化三个步骤的脱脂效率最高,仅三个步骤即去除脂

肪 85.08%。

2.2.2 腹部 腹部是小布氏鲸皮肤中脂肪含量最高的部位。在皮张的处理过程中,腹部脂肪组织所占的空间逐渐变小(图 9),所占的体积比例由最初的 44.80% 下降到 6.83% (表 1),胶原纤维的结构也慢慢变得松散(图 10)。皮肤脂肪含量从处理前的 36.89% 逐渐降至最终的 5.57%,总的脱脂率达到了 84.90% (图 8)。浸水、脱脂、软化、鞣制和复鞣的脱脂率分别为 31.34%、62.38%、36.94%、0.50% 和 6.86%,其中浸水、脱脂和软化三个步骤的累计脱脂率达 83.71%。

3 讨论

3.1 小布氏鲸皮肤的组织结构特点 绵羊 (*Ovis aries*)、山羊 (*Capra hircas*) 皮的厚度一般 1~3 mm,面积 0.4~0.9 m²。黄牛 (*Bos taurus*)、水牛 (*Bubalus bubalus*)、牦牛 (*Bos mutus*) 皮的厚度一般 3~12 mm,面积 2.0~5.5 m²,厚度差 1:(2.0~2.9) 倍^[17-19]。海豹

(*Hydrurga leptonyx*) 皮的厚度 6.3~7.0 mm^[20]。小布氏鲸具有特殊的喉腹褶,喉胸部的真皮厚达 35 mm 左右,但背部和下腹部仅 15 mm,厚度差为 1:2.3 倍。皮肤总面积和重量也远较常用制革动物大。

一般制革动物的真皮由胶原纤维、脂肪组织和少量弹性纤维所组成。猪 (*Sus scrofa*) 皮的胶原纤维占纤维总量的 99%,弹性纤维分布在毛囊、脂腺、汗腺及血管等处。胶原纤维的直径多在 0.1 μm 左右^[21-22],含脂量约占皮质量的 20%~30%^[17]。小布氏鲸除尾部含有少量弹性纤维,在真皮层的其他部位均没有发现弹性纤维。脂肪组织充斥于胶原纤维之间,贯穿整个真皮层,其中胸、腹部的含脂量高达 29.36% 和 36.89%。胶原纤维粗大,直径达 1 μm 左右。

3.2 脱脂效果 防腐是标本制作的关键环节,而良好的脱脂效果又是长期防腐的前提。传统的机械脱脂和砒霜防腐方法,不适用于大型海洋哺乳动物的标本制作,需要摸索新的

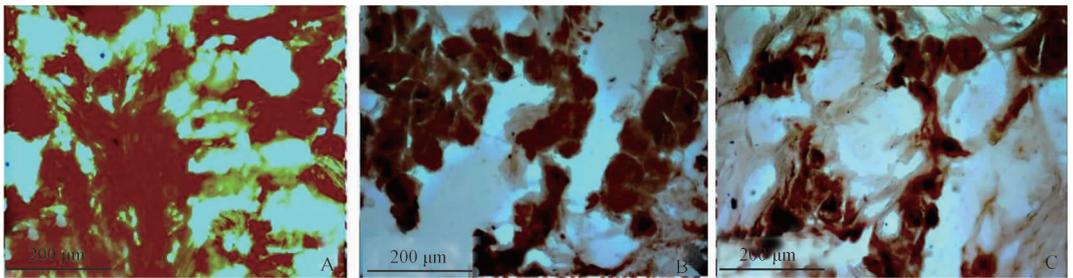


图 9 小布氏鲸腹部皮的脂肪组织变化 (Sudan IV 染色法, ×10, 纵切)

Fig.9 The adipose tissue changes of adipose tissue of skin at abdominal part (Sudan IV staining, ×10, longitudinal)

A. 浸水; B. 脱脂; C. 软化。A. Soaking; B. Degreasing; C. Soften.

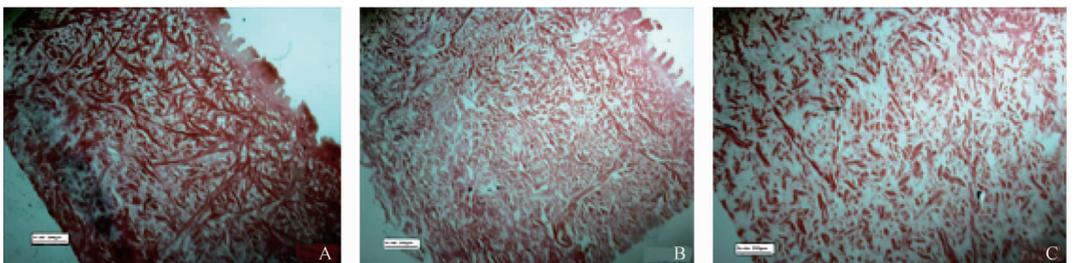


图 10 小布氏鲸腹部皮的胶原纤维变化 (H. E 染色法, ×1, 纵切)

Fig.10 The collagen fiber changes of skin at abdominal part (H. E staining, ×1, longitudinal)

A. 浸水; B. 脱脂; C. 软化。A. Soaking; B. Degreasing; C. Soften.

方法^[23-24]。

制革工艺中常用的脱脂方法,有机械法、皂化法、乳化法、脂肪酶法和溶剂法等,但单一或单次的脱脂很难取得良好效果,一般需要综合运用。王全杰等^[25]和杨宗邃等^[26]用表面活性剂对猪皮脱脂,脱脂率 80% 和 50% 左右。范金石等^[27]在猪皮和绵羊皮的脱脂中添加了 CEB 型脱脂剂,脱脂率为 34.8% 和 37.2%。田育斌等^[28]用复合型表面活性剂处理海豹皮和绵羊皮,脱脂率为 62% 和 65%。徐海菊^[29]、李佳等^[30]和应巧玲等^[31]用脂肪酶对大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*)、罗非鱼 (*Tilapia*) 和海鳗 (*Muraenesox cinereus*) 皮进行脱脂,脱脂率为 67.32%、67.5% 和 50.02%。Cassano 等^[32]和 Sivakumar 等^[33]在对绵羊皮的脱脂过程中加入超声波处理,得到了 55% 和 80% 的脱脂率。张琦等^[34]在猪皮的有机溶剂脱脂中加入超声波处理,将脱脂率提高到 95.68%。Marsal 等^[35]用超临界二氧化碳法对羊皮进行脱脂,获得了 94% 的脱脂率。陈萍等^[36]用碱性脂肪酶 Greasex 50L 对猪皮脱脂后,余脂仅为 1%。

本实验在将制革工艺引入到小布氏鲸皮处理过程的同时,针对皮的组织结构特点,将脱脂贯穿到整个皮张的处理过程中。如在浸水过程中添加了表面活性剂,进行预脱脂;在浸灰过程中采用了氢氧化钙与氢氧化钠联合浸灰法,加大胶原纤维的松散和脂肪的去除;在软化过程中增加了胰酶用量并延长软化时间,以增加脂肪分解和胶原纤维松散;在鞣制与复鞣之间用表面活性剂和脂肪酶进行联合脱脂,增强脱脂和鞣制效果。经切片和氯仿甲醇法验证,胸部和腹部真皮的脂肪含量由原来的 29.36% 和 36.89% 降至 4.04% 和 5.57%,总的脱脂率达到了 86.24% 和 84.90%,基本达到了标本制作的脱脂要求。

3.3 皮张处理需要注意的问题 削皮是皮张处理的第一步,可以除去皮下脂肪,降低真皮层厚度。但削皮后的鲸皮还有 15~35 mm 厚,这样的厚度给化学药品的渗透带来了困难,需要通过加大用药量、增加处理时间和次数、以及锐

化处理环境等来弥补。特别需要增加机械作用,这样可增加脱脂剂与鲸皮接触的机会,松散胶原纤维的结构,促进脂肪的溢出和脱脂剂往皮内的渗透。各类药剂也需要在一定的水温和 pH 条件下才能发挥最佳功效,但水温和 pH 都会随着多种药剂在同一时刻发生的化学反应而变化,因此水温和 pH 等反应条件的控制也是一个关键环节。

参 考 文 献

- [1] 伍玉明,张春光,覃海宁,等. 生物标本的采集、制作、保存与管理. 北京: 科学出版社, 2010: 3-4.
- [2] 张波. 现代动物标本制作、展示及保养技术. 大自然, 2010, (2): 45-47.
- [3] 范贵堂. 制革技术发展史. 皮革与化工, 2010, 26(6): 42-43.
- [4] 范贵堂. 制革技术发展史(续). 皮革与化工, 2010, 27(3): 43-44.
- [5] 范贵堂. 制革技术发展史(续). 皮革与化工, 2010, 27(4): 42-44.
- [6] IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. [DB/OL]. [2012-04-20]. <http://www.iucnredlist.org>.
- [7] 周开亚. 中国动物志: 兽纲 第 9 卷 鲸目 食肉目 海豹总科 海牛目. 北京: 科学出版社, 2004: 78-82.
- [8] 魏世林. 制革工艺学. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 57-283.
- [9] 马兴元. 制革生产技术问答: 羊皮、猪皮制革. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 35-106.
- [10] 孙静. 制革生产技术问答: 牛皮、杂皮制革. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 27-104.
- [11] 王晓东, 汤乐民. 生物光镜标本技术. 北京: 科学出版社, 2007: 24-93.
- [12] 盖斯塔费里, 托里奇; 张际维, 陈志伟, 孙丽慧, 译. 组织学图鉴指南. 上海: 世界图书出版公司, 2009: 13-283.
- [13] 孙丹红, 石碧, 廖学品, 等. 菜花蛇皮组织结构的研究. 中国皮革, 2001, 30(21): 35-37.
- [14] 高艳, 吴永红, 张成岗. 整合平均光密度和面积比两种参数用于显微图像定量分析的初步研究. 军事医学科学院院刊, 2009, 33(5): 405-408.
- [15] Lambert P, Dehnel P A. Seasonal variations in biochemical composition during the reproductive cycle of the intertidal gastropod *Thais lamellose* Gmelin (Gastropoda, Prosobranchia). *Canadian Journal of Zoology*, 1974, 52(3): 305-318.

- [16] 王少梅, 陈少莲, 崔奕波. 用氯仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究. 水生生物学报, 1993, 17(2): 193 - 196.
- [17] 王宏博, 梁丽娜, 高雅琴, 等. 制革原料皮组织结构特点的比较分析. 中国皮革, 2010, 39(11): 46 - 48.
- [18] 苟秉琼, 孙丹红, 黄育珍. 黄牛皮组织结构的研究. 皮革科学与工程, 1997, 7(2): 16 - 23.
- [19] 黄育珍, 苟炳琼, 郭梦能, 等. 中国牦牛皮组织结构的研究. 皮革科学与工程, 1992, 2(4): 20 - 25.
- [20] 卢荣, 李景梅, 李华芳, 等. 提琴海豹皮组织结构的研究. 西北轻工业学院学报, 1994, 12(4): 138 - 143.
- [21] 郭佩佩, 刘一山, 廖学品, 等. 不同打浆度胶原纤维形态及抄片性质. 纸和造纸, 2011, 30(8): 41 - 43.
- [22] 李志强, 王英梅, 陈敏, 等. 猪皮组织胶原原纤维的三维结构. 四川大学学报: 医学版, 2003, 34(2): 200 - 202.
- [23] 李大建, 江智华. 浅谈我国动物剥制标本的历史和发展. 生物学通报, 2008, 43(5): 17 - 18.
- [24] 梁沛文, 贾晓平, 黄健生. 海豚剥制标本制作工艺研究. 广东农业科学, 2011, (7): 134 - 136.
- [25] 王全杰, 谭小军. 皮革乳化脱脂中常用表面活性剂的性能、制备方法及应用. 皮革与化工, 2011, 28(1): 26 - 29.
- [26] 杨宗邃, 程凤侠, 靳立强, 等. 表面活性剂的结构、性能及其对猪皮的脱脂效果. 精细化工, 1995, 12(2): 22 - 25.
- [27] 范金石, 徐桂云. CEB型皮革脱脂剂的研制. 皮革化工, 1998, 15(6): 30 - 32.
- [28] 田育斌, 李铭. L-高效皮革脱脂剂的研制与应用. 皮革化工, 1995, 12(1): 14 - 16.
- [29] 徐海菊. 养殖大黄鱼片碱性脂肪酶脱脂工艺优化. 食品科学, 2011, 32(12): 54 - 56.
- [30] 李佳, 许永安. 罗非鱼鱼皮提取明胶的酶法脱脂工艺研究. 福建水产, 2010, (3): 26 - 30.
- [31] 应巧玲, 傅玉颖, 陆海霞, 等. 响应面法优化海鳗酶法脱脂工艺的研究. 中国粮油学报, 2010, 25(12): 56 - 63.
- [32] Cassano A, Criscuoli A, Drioli E, et al. Clean operations in the tanning industry: aqueous degreasing coupled to ultrafiltration. Clean Technologies and Environmental Policy, 1999, 1(4): 257 - 263.
- [33] Sivakumara V, Chandrasekara F, Swaminathana G, et al. Towards cleaner degreasing method in industries: ultrasound-assisted aqueous degreasing process in leather making. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(1): 101 - 104.
- [34] 张琦, 王进美, 王为. 猪皮两步法有机溶剂脱脂的研究. 陕西科技大学学报: 自然科学版, 2010, 28(3): 78 - 82.
- [35] Marsal A, Celma P J, Cot J, et al. Supercritical CO₂ extraction as a clean degreasing process in the leather industry. The Journal of Supercritical Fluids, 2000, 16(3): 217 - 223.
- [36] 陈萍, 陈敏, 廖隆理, 等. 碱性脂肪酶 Greasex 50L 在猪皮上的脱脂作用. 中国皮革, 2000, 29(9): 22 - 24.