

**Halina Rosa, Lidia
Gussmann-Bannach, Anna Michaś**

**Konserwacja zabytkowych skór
archeologicznych**

Ochrona Zabytków 48/2 (189), 206-211

1995

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Halina Rosa

Lidia Gussmann-Bannach

Anna Michaś

(Zakład Konserwacji Papieru i Skóry)

KONSERWACJA ZABYTKOWYCH SKÓR ARCHEOLOGICZNYCH

Opracowanie skórzanych obiektów archeologicznych od wielu lat stanowi oddzielną gałąź konserwacji. Motorem jej rozwoju są liczne znaleziska przedmiotów ze skór wydobywane w wielu krajach z ziemi oraz znaleziska podwodne. Skóra jako materiał organiczny nie ma szans przetrwania w płytkich, górnych warstwach kulturowych. Najczęściej wydobywana jest z pokładów głębokich, bogatych w przegnie szczątki roślinne, gdzie leży bez dostępu powietrza, dobrze izolowana od wpływów atmosferycznych. W takich warunkach skóry nie ulegają szybkiemu rozkładowi. Większość znalezisk pochodzi ze środowiska silnie nasyconego wilgocią, np. z wraków statków znajdujących na dnie mórz. Jednocześnie dość dobrze zachowane przedmioty skórzane wydobywa się w klimacie pustynnym, jak również z obszarów wiecznej zmarzliny¹.

Zniszczenia skór archeologicznych

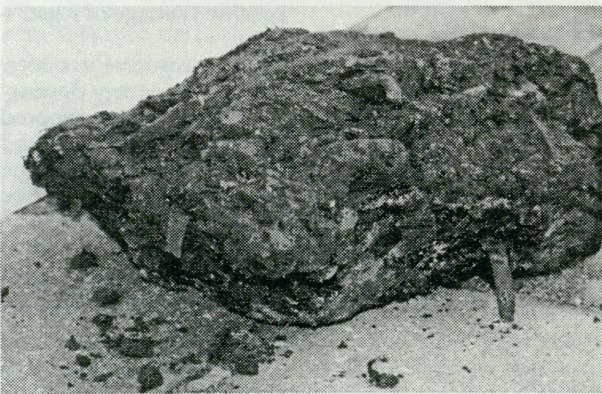
Przyczyny i mechanizm zniszczeń nie są dokładnie przebadane. Wydobywane z ziemi skóry są najczęściej ciemnobrązowe lub czarne i bardzo zabrudzone — często nieczytelna jest granica pomiędzy elementami skózanymi a przylegającą do nich warstwą ziemi i zanieczyszczeń (il. 1). Na ich stan wpływa rodzaj gleby, stopień jej kwasowości, ogólnie jednak są one twarde i kruche. Obiekty wydobyte z wody, również ciemne lub czarne, są rozpułchnione i bardzo miękkie. We wszystkich uległy zniszczeniu substancje łatwo, lub z upływem czasu rozpuszczalne w wodzie, które wprowadzono do skór podczas ich wyprawiania. Znaczącą rolę w ich zniszczeniach odgrywają mikroorganizmy — badania na ten temat podjęto w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry UMK w Toruniu². Bardzo zniszczone skóry pochodzą z czystej gleby. Zaobserwowano, że w najlepszym stanie są skóry wydobyte z dawnych gnojowisk i dołów klo-

acznych. Jak się uważa przetrwały tylko skóry garbowania roślinnego³, przede wszystkim koźłęce, owcze i bydłęce⁴.

Za ciemne, często czarne zabarwienie skór archeologicznych odpowiedzialne są kompleksy tanino-żelazowe, tworzące się w nich ze związków żelaza i siarki zawartych w glebie. Wywołują one również stwardnienie skór⁵.

Skóry wydobyte z zatopionych statków zawierają zanieczyszczenia żelazowe, które są produktami korozji żelaznego wyposażenia statku⁶.

Istotne jest odpowiednie postępowanie ze skórami archeologicznymi po ich wydobyciu z gleby czy wody. Przez lata doświadczeń wykształciły się zasady postępowania z nimi, obecnie ogólnie przyjęte i stosowane. Z gleby wydobywa się skóry w postaci bryły z ziemią — podobnie jak te wyjęte z wody, mogą być one wypłukane w zmienianej wodzie z dodatkiem dezynfektantów. W oczekiwaniu na konserwację powinny być zamknięte w polietyle-



1. Bryła ziemi z fragmentami skór archeologicznych świeżo wydobyta z wykopu. Toruń, ul. Rabińska 8. Fot. L. Gussmann-Bannach
1. A lump of Earth with fragments of archeological leather, immediately after its extraction from a dig: Toruń, 8 Rabińska Street. Photo: L. Gussmann-Bannach

1. O. Goubitz, K. Offerman, *The Conservation and Restoration of the Sixteenth-Century Leather Jerkin*, „Berichten van de Rijksdienst voor her Oudheidkundig Bodemonderzoek”, Nederland 1981; I. Panter, *Investigation into improved methods for the conservation of waterlogged leather*, „SSLP Bulletin” 1986, nr 7; R. Uziembło, *Sprawozdanie z nadzoru archeologicznego*, Toruń 1994.

2. A. Kurowska, *Badania nad podatnością mikrobiologiczną skór archeologicznych*, praca magisterska pod kierunkiem prof. A. Strzelczyk, UMK 1994.

3. J. Jackman, *Leather Conservation — A Current Survey*, The Leather Conservation Center, London 1982, s. 2–3.

4. J. W. Waterer, *A Guide to the Conservation and Restoration of Objects Made Wholly or in Part of Leather*, London 1973, s. 12–14.

5. D. W. Tilbrooke, *Removal of Iron Contaminant from Wet Leather Using Complexing Agents in Dipolar Aprotic Solvents*, ICOM Committee for Conservation 5th Triennial Meeting, Zagreb 1978, s. 1–9.

6. H. A. B. van Soest, T. Stambolow, P. B. Hallebeek, *Conservation of Leather*, „Studies in Conservation”, vol 21, 1984, no 1, s. 22.

nowych workach i przechowywane w niskich temperaturach, 4–6° C⁷.

Konserwacja skór

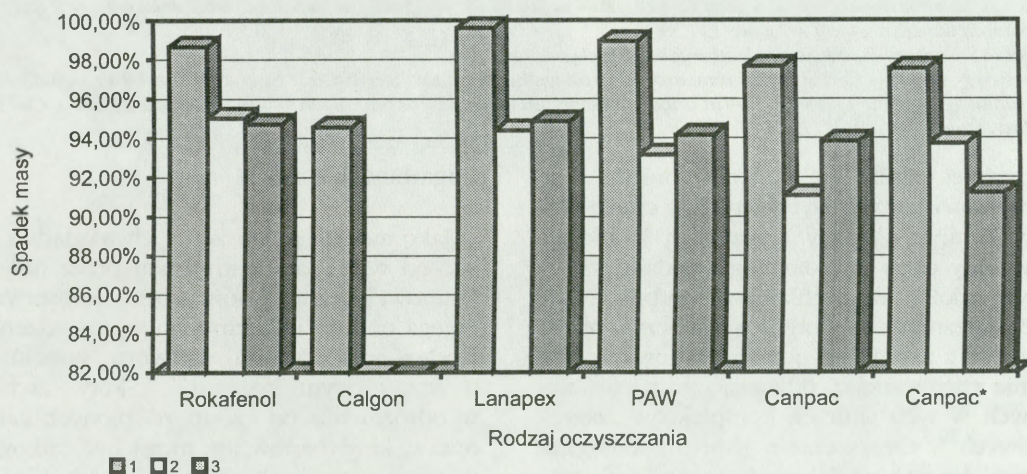
Dogarbowanie skór archeologicznych wydaje się prawidłową drogą do nadania im stabilności umożliwiającej muzealne przechowywanie czy ekspozycję. Jak już wspomniano wcześniej w skórkach tych, przez lata przebywania w ziemi lub wodzie, wypłukane zostały garbniki, tłuszcze, barwniki i inne środki wprowadzone podczas pierwotnej wyprawy. Podejmowane w pracach konserwatorskich, po oczyszczeniu i wysuszeniu skór, ich uelastycznienie tylko poprzez natłuszczenie jest niewystarczające dla ich ustabilizowania. Brak wypełnienia garbnikami przestrzeni między włóknami powoduje zbliżanie i zlepianie się włókien, przez co skóra staje się cienka i łamliwa.

W przemysłowej produkcji skór dogarbowanie jest elementem tzw. procesu wykończenia. Po garbowa-

niu właściwym magazynowane skóry garbowania roślinnego starzeją się, są sztywne i ulegają częściowemu odgarbowaniu⁸. Pochłaniają także SO₂ z powietrza. Dla nadania im cech takich, jak miękkość, elastyczność, pulchność, konieczne jest dogarbowanie. Zastosowane w tym procesie garbniki wiążą się ze skórą, z garbnikami obecnymi w skórze lub wypełniają wolne przestrzenie w tkance skórnej⁹. Przez analogię wydaje się logiczne założenie, iż wiele cech zniszczonych skór zabytkowych, jak również skór archeologicznych, poprawić można stosując zabiegi dogarbowania. Wprowadzenie garbnika wzmocni skórę, wypełni ją i uelastyczni.

Oczyszczanie skór

Warunkiem przeprowadzenia procesów dogarbowania w skórkach archeologicznych jest odpowiednia aktywność skór, pozwalająca na przyjęcie i choć częściowe związanie garbnika. Jak wykazały przeprowa-



Rys. 1. Zmiany masy próbek skóry archeologicznej po procesie oczyszczania (w %) przy pomocy ultradźwięków w środkach powierzchniowo czynnych.

Rodzaje oczyszczania: 1. Roztwór środków powierzchniowo-czynnych w H₂O; 2. Roztwór środków powierzchniowo-czynnych w H₂O + EDTA; 3. Roztwór środków powierzchniowo-czynnych + cytrynian trójamonowy.

Oczyszczanie było wspomagane działaniem ultradźwięków w płukarce Sonorex.

Badane próbki skór archeologicznych, po oczyszczeniu mechanicznym, moczone przez 2 godz. w wodnych roztworach środków powierzchniowo-czynnych, a następnie poddawano je, w tych roztworach, przez 0,5 godz. działaniu ultradźwięków.

* — zastosowano urządzenie medyczne Ultraton

Fig. 1. Changes in samples of archeological leather following cleansing (in %) with ultra sounds in surface-active methods.

Types of cleansing: 1. Solution of surface-active measures in H₂O; 2. Solution of surface-active measures in H₂O + EDTA; 3. Solution of surface-active measures + ammonium citrate.

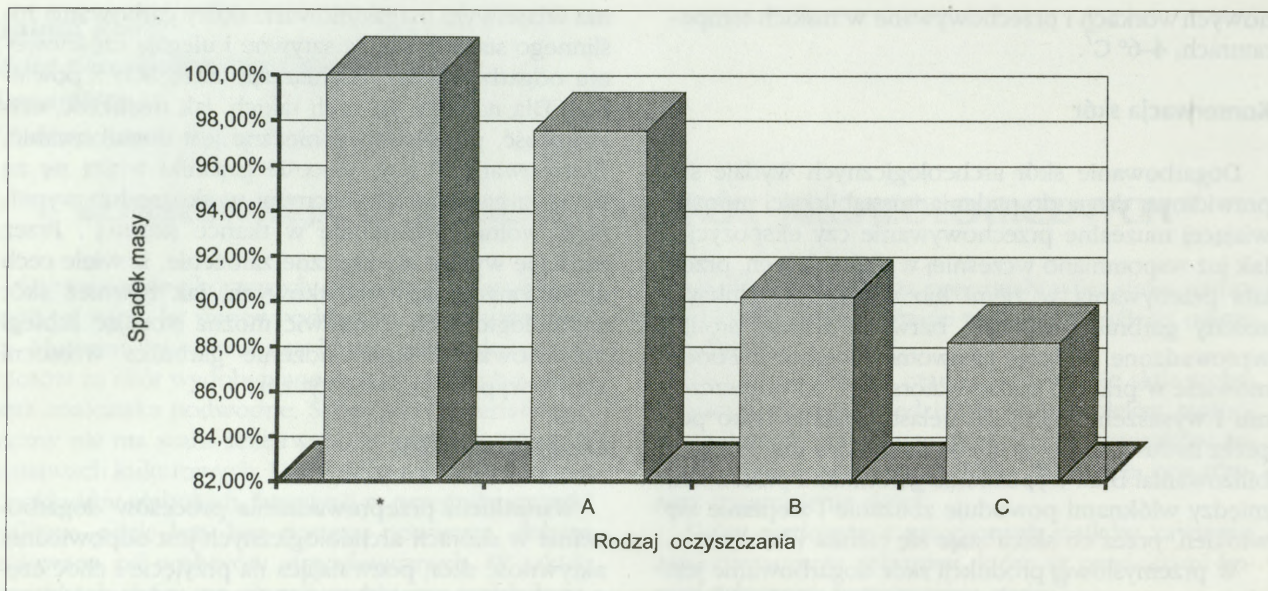
Cleansing was aided by the impact of ultra sound in a Sonorex rinsor.

Tested samples, after chemical cleansing, were soaked for 2 hours in water solutions of surface-active measures, and then they were subjects in the same solutions, to 1/2 hour of ultra sounds - the applied.

* — the applied device was the medical Ultraton.

7. J. Jackman, op. cit., s. 2–3; H. A. B. van Soest, op. cit., s. 29; E. van Dienst, *Some Remarks on the Conservation of Wet Archeological Leather*, „Studies in Conservation”, vol. 30, 1985, no 2.

8. K. J. Bienkiewicz, *Fizykochemia wyprawy skór*, Warszawa 1986.
9. W. Lasek, *Wykończalnictwo skór miękkich*, Warszawa 1984.



Rys. 2. Zmiany masy próbek skóry archeologicznej po procesie oczyszczania (w %).

Rodzaje oczyszczania: * — kontrola (próby kontrolne stanowiły skóry archeologiczne oczyszczone mechanicznie z brudu), A — w roztworze Canpacu za pomocą ultradźwięków — 0,5 godz (2,45%), B — w kwasie orto-fosforowym za pomocą ultradźwięków — 2 godz. (9,8%), C — w EDTA za pomocą ultradźwięków — 7 godz. (11,8%).

Fig. 2. Changes in samples of archeological leather following cleansing (in %).

Types of cleansing: * — control (control trials were archeological leather cleansed mechanically from dirt), A — in a canpac solution with the help of ultra sound — 1/2 hour (2,45%), B — in ortho -phosphorous acid with the help of ultra sound — 2 hours (9,8%), C — in EDTA with the help of ultra sound — 7 hours (11,8%)

dzione wcześniej przez nas badania, próbki skór wczesnośredniowiecznych wydobytych w czasie wykopalisk w Toruniu na ulicy Rabińskiej 16 (ścinki skór i fragmenty obuwia z dawnego zakładu szewskiego) były zdolne do wchłaniania garbnika. Ich aktywność uzależniona była od sposobu oczyszczania mechanicznego z zabrudzeń powierzchniowych oraz oczyszczania chemicznego, polegającego na usunięciu obecnych w tych skórkach kompleksów żelazo-taninowych¹⁰. Oczyszczanie skór archeologicznych, szczególnie tych wydobytych z ziemi, ma ogromne znaczenie dla ich ostatecznego wyglądu, jak i możliwości późniejszego wprowadzania garbników i tłuszczu. Dobre oczyszczenie skór, a więc usunięcie brudu, związków mineralnych z powierzchni i wewnętrznej struktury skór, odsłania ich lico i poprawia ogólną elastyczność.

Na rys. 1 przedstawiono wyniki oczyszczania skór za pomocą urządzeń ultradźwiękowych i różnych środków wspomagających procesy oczyszczania. Efekty oczyszczania mierzone były ubytkiem masy skór.

Dogarbowanie skór

Jako metoda polepszenia ich wyglądu i stabilności jest od wielu lat stosowanym przez nas zabiegiem i stanowi jeden z etapów procesu konserwatorskiego. Polega ono na kilkakrotnym wprowadzaniu do skór wodno-acetonowego roztworu sumaku, najlepiej o wzrastającym stężeniu¹¹. Skóry archeologiczne w odróżnieniu od często zdobionych zabytkowych opraw, kurdybanów itp. mogą być całkowicie zanurzone w roztworach garbujących, toteż stanowią idealny materiał do prowadzenia takich zabiegów. Udoskonalając je zwróciliśmy uwagę na możliwość zastosowania garbowania kombinowanego, roślinno-glinowego. Garbowanie roślinno-glinowe VAL (Vegetable Al tanning) zdobyło uznanie między innymi w technologii garbowania skór introligatorskich, odpornych na działanie SO₂. Badania wykazały, że związki glinu tworzą trwałe, nierozpuszczalne w wodzie kompleksy z cząsteczkami garbników roślinnych, mających w pierścieniu dwie grupy OH. Za najbardziej prawdopodobny sposób reagowania garbników roślinnych i związków glinu z kolagenem

10. H. Rosa, L. Gussmann, *Konservierungsversuche an archäologischem Leder*, „Arbeitsblätter für Restauratoren”, Verlag Zentralmuseums Mainz, 1993, Heft 1, s. 89–95.

11. A. Kujawska, *Dalsze badania nad zabezpieczaniem skóry zaatakowanej przez czerwoną korozję*, praca magisterska, UMK 1982; B. Utnicka, *Dokumentacja konserwatorska obuwia z krypty*

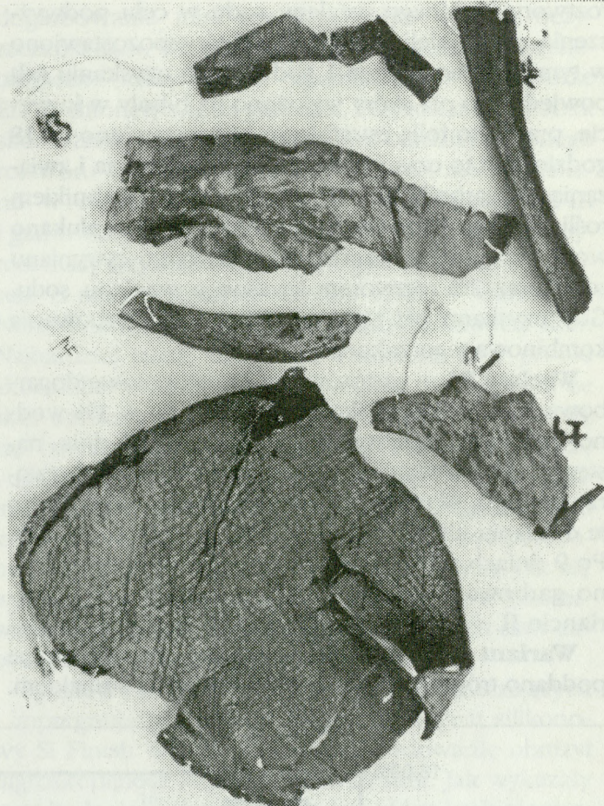
Kościola Garnizonowego w Kaliszu, UMK 1985; L. Gussmann, *Badania nad konserwacją skóry archeologicznej*, praca magisterska, UMK 1987; H. Rosa, L. Gussmann, *Raporty etapowe z badań RPBP za lata 1988–1989*, Dokumentacje konserwatorskie wykonane i przechowywane w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry UMK.



2. Suche skóry archeologiczne przed konserwacją. Fot. A. Michaś
2. Dry archaeological leather prior to conservation. Photo: A. Michaś

skóry uważa się powstanie kompleksów garbniko-roślinnych o dużej masie cząsteczkowej, nierozpuszczalnych w wodzie. Tworzą one trójwymiarową sieć przestrzenną, przenikającą sieć przestrzenną kolagenu skóry. Powstająca całość jest „polimieszaniną” kolegeny i spolimeryzowanych garbników roślinnych. Te ostatnie tworzą sztywną sieć przestrzenną o takim stopniu upakowania, że pomiędzy nią a kolagenem powstaje największa możliwa liczba oddziaływań i wiązań chemicznych. Wiązaniemi stabilizującymi całość układu są wiązania wodorowe pomiędzy spolimerowanymi garbnikami a kolagenem skóry. Są one tak liczne, że skóra osiąga temperaturę skurczu ponad 100°C ¹². Dla porównania efektów dogarbowania proces ten wykonano w różnych wariantach, używając próbek skór archeologicznych pochodzących z wykopalisk w Toruniu na ulicy Rabińskiej.

Wariant I — oczyszczone mechanicznie i chemicznie (w roztworze EDTA i kwasu ortofosforowego) próbki skór archeologicznych umieszczono w 10%



3. Skóry archeologiczne po konserwacji (dogarbowane wg wariantu IV, impregnowane Si Finish WS 80M). Fot. L. Gussman-Bannach
3. Archeological leather after conservation (tanned according to variant IV impregnated with Si Finish WS 80M). Photo: L. Gussman—Bannach

wodno-acetonowym roztworze sumaku i odstawiono na 9 dni¹³. Roztwór mieszano codziennie. W pierwszym dniu garbowania zastosowano 1 godzinne działanie ultradźwięków (Ultratron).

Wariant II — podobnie oczyszczone skóry archeologiczne umieszczono w 1% wodno-acetonowym roztworze sumaku. Podobnie też zastosowano działanie ultradźwięków. Po 6 dniach dogarbowania skóry odsączono na bibułach i poddano garbowaniu glinowemu. Poziom pH skór powinien wynosić 2,8–3,0. Jeżeli pH jest wyższe, należy skóry zakwasić do wyżej wspomnianego pH, stosując 5% roztwór kwasu octowego. Dogarbowanie glinowe prowadzono roztworem składającym się z 120 g siarczanu glinu — $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (12% całości) i octanu sodu 1% całości w 1000 ml wody destylowanej. Utrzymywano temperaturę kąpieli (30°C) przez 2 godziny, często mieszając roztwór. Po tym czasie dodano 2% wodnego

12. O. Rodziewicz, W. Łaski, *Zasady garbowania roślinno-glinowego (VAL)*, „Przegląd Skórzany”, R. XLIII, 1988.

13. We wcześniejszych pracach próbki skór archeologicznych dogarbowywano sumakiem w czasie 18 dni. W każdym ze sposobów dogarbowania dynamiczny przyrost masy próbek notowa-

no w czasie do 9 dni trwania procesu. Po tym czasie tempo przyrostu wagi próbek, a więc tempo pochłaniania garbnika malało. Na tej podstawie przyjęto w niniejszych badaniach 9-dniowy proces dogarbowania sumakiem.

roztworu kwaśnego węgla sodu w celu podwyższenia pH kąpeli do 3,8–4,0. Skóry pozostawiono w tym roztworze przez 1 godzinę. Po uzyskaniu odpowiedniego pH skóry wyłożono na bibuły w kuwecie, przykryto folią estrafolową i pozostawiono na 18 godzin. Jest to czas potrzebny do wchłonięcia i związania się garbnika glinowego ze skórą i garbnikiem roślinnym. Po 18 godzinach próbki skóry przepłukano wodą i zneutralizowano 0,5% roztworem cytrynianu sodu oraz 2% roztworem kwaśnego węgla sodu. Gdy uzyskano pH skór 4,5–5,0 proces garbowania kombinowanego zakończono.

Wariant III — zastosowano dwustopniowe dogarbowanie sumakiem. Skóry umieszczono w 1% wodno-acetonowym roztworze sumaku na 4,5 dnia, następnie na podobny czas zostawiono je w 5% roztworze sumaku. W pierwszym dniu garbowania poddano je działaniu ultradźwięków (Ultraton) przez 1 godzinę. Po 9 dniach garbowania roślinnego przeprowadzono garbowanie glinowe w taki sposób, jak w wariantie II.

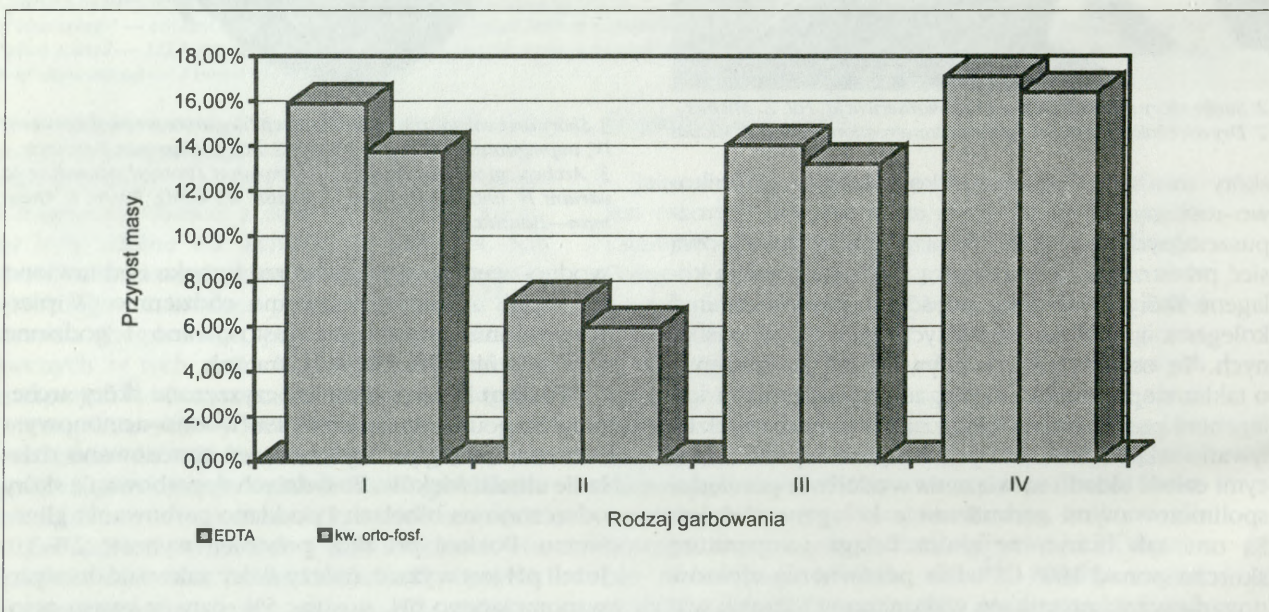
Wariant IV — oczyszczone skóry archeologiczne poddano trójstopniowemu dogarbowaniu sumakiem.

Przez 3 dni skóry przebywały w 1% wodno-acetonowym roztworze sumaku. Na dalsze 3 dni podwyższono stężenie roztworu do 5%, a na kolejne 3 dni do 10%. Po tym czasie skóry poddano garbowaniu glinowemu jak w wariantach II i III.

Po każdym ze sposobów garbowania ustalano stałą masę próbek, susząc je w suszarce próżniowej w temperaturze 40° C. Rezultaty dogarbowania, mierzone przyrostem mas próbek, przedstawiono na rys. 3. Efekty procesu oceniono także na podstawie wyglądu i giętkości próbek. Zabiegiem kończącym proces konserwacji było natłuszczenie skór archeologicznych. Dla porównania, do próbek podzielonych na trzy grupy wprowadzono 5% impregnat silikonowy Si Finish WS 80M¹⁴, albo natłustkę van Soesta lub oliwkę Penaten¹⁵, w ilości do 10% na masę każdej ze skór.

Wyniki badań

W mechanicznym oczyszczaniu suchych próbek skór archeologicznych dobrze spisały się zastosowane mikroszlifierki firmy Proxon z końcówkami takimi,



Rys. 3. Procentowy przyrost masy próbek skóry archeologicznej po procesach dogarbowania.

Rodzaj i czas garbowania: I — wariant I: 10% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 9 dni; II — wariant II: 1% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 6 dni, garbowanie glinowe — 24 godz.; III — wariant III: 1% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 4,5 dnia, 5% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 4,5 dnia, garbowanie glinowe — 24 godz.; IV — wariant IV: 1% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 3 dni, 5% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 3 dni, 10% wodno-acetonowy roztwór sumaku — 3 dni, garbowanie glinowe — 24 godz.

Fig. 3. Percentage mass increase of samples of archeological leather after additional tanning.

Type and time of tanning: I — variant I: 10% water - acetone solution of sumach - 9 days; II - variant II: 1% water - acetone of sumach — 6 days, calcimine tanning — 24 hours; III — variant III: 1% water-acetone solution of sumach — 4,5 days, 5% water-acetone solution of sumach — 4,5 days, calcimine tanning — 24 hours; IV — variant IV: 1% water-acetone solution of sumach — 3 days, 5% water-acetone solution of sumach — 3 days, 10% water-acetone solution of sumach — 3 days, calcimine tanning — 24 hours.

14. D. Supryn-Jutrzenka, *Badania nad zastosowaniem silikonów w konserwacji skóry zabytkowej* (praca magisterska, UMK 1993).

15. K. Wawrzyniak, *Badania nad możliwością zastosowania na-*

tluszczających środków kosmetycznych w konserwacji skóry zabytkowej, (praca magisterska, UMK 1992, mpis).

jak: ściernice karborundowe, gumki dentystyczne, szczoteczki oraz miękkie flanelki. Usunięcie twardych nawarstwień z powierzchni skór uplastyczało je. Wzrost ich elastyczności uzyskiwany był także czysto mechanicznym działaniem podczas oczyszczania: ugnanie i ruch skóry.

Przy oczyszczaniu skór wilgotnych lub mokrych należy zachować dużą ostrożność stosując działania mechaniczne — w spęczniałych skórkach można łatwo uszkodzić powierzchnię. Zastosowanie znajdują tu przede wszystkim pędzle i miękkie szczoteczki. Podczas oczyszczania na sucho należy używać osobistych środków ochrony (maseczki, rękawice), do oczyszczania w kąpielach wodnych należy dodać dezynfektantów.

Rezultaty oczyszczania chemicznego przedstawiono na rys. 1 i 2. Wynika z nich przede wszystkim fakt dużego udziału środków kompleksujących związki żelaza i wapnia (EDTA i cytrynian trójamonowy) w oczyszczaniu skór (rys. 1). Dużą rolę odegrały też środki powierzchniowo-czynne, wśród nich najefektywniejszy okazał się Canpac. Stosując EDTA uzyskano lepsze rezultaty niż w przypadku cytrynianu trójamonowego. Potwierdzono skuteczność oczyszczania z udziałem ultradźwięków — efekty zastosowania Ultratonu i Sonorexu były porównywalne. Rezultaty oczyszczania skór uzależnione są również od czasu trwania całego procesu.

Procentowy przyrost masy w zależności od wariantu dogarbowania był zróżnicowany (rys. 3). Na proces

dogarbowania miał również wpływ sposób oczyszczania skór. We wszystkich wariantach skóry archeologiczne oczyszczone chemicznie w roztworze EDTA chłonęły więcej garbnika. Przyrost masy próbek skór wzrastał wraz z dodawaniem bardziej stężonego roztworu sumaku. Największy przyrost masy uzyskano w skórkach oczyszczonych w roztworze EDTA i garbowanych według wariantu IV. Najmniejszy przyrost masy uzyskano w skórkach garbowanych roztworem o małym stężeniu sumaku (1%) — wariant II. Notowano duże różnice w wyglądzie i chwycie skór. Najbardziej jasne, elastyczne i miękkie były próbki skór dobarbowane według wariantu IV. Niektóre ze skór uzyskały zabarwienie jasnobrazowe (il. 3), stały się bardzo elastyczne, dały się rozciągać, zginać i ugniatać. Efekty te nie uległy zmianie po kilkunastomiesięcznym przechowywaniu skór. Dogarbowanie kombinowane, roślinno-glinowe, może być polecane przy konserwacji skór archeologicznych. Jak się wydaje, może mieć także duże znaczenie w konserwacji zniszczonych i zakwaszonych innych skór zabytkowych.

Spośród zastosowanych środków natłuszczających i impregnujących zwraca uwagę impregnat silikonowy Si Finish WS 80 M, który zdecydowanie obniżył higroskopijność impregnowanych skór. Jak wykazały inne badania¹⁶ obniżał on podatność mikrobiologiczną nasyconych nim skór archeologicznych.

16. A. Kurowska, op. cit.

The Conservation of Old Archeological Leather

Archeological leather objects discovered in water and soil call for suitable protection immediately after excavation. The Department of Paper and Leather Conservation at the Institute of Historical Monuments and Conservation in the Mikołaj Kopernik University has recently undertaken research on methods for the conservation of archeological leather. This procedure is composed of the following stages — mechanical and chemical cleaning which consists of the removal of dirt from the surface and inner structure of the leather, followed by the removal of tanine elements. Excellent effects were obtained by the application of the Sonorex

Ultra Sound device combined with the use of the active surface Canpac and the EDTA Solution which causes blocking the above mentioned complexes responsible for the dark hues of the leather:

- additional three-stage tanning combined with calcimine tanning
- the introduction of lubricants or permeation with Si Finish WS 80 M silicone. The latter lowered the microbiological susceptibility of the treated leather.