

Rosa, Halina / Strzelczyk, Alicja

Badania nad zdolnością tworzenia śluzów przez grzyby wyodrębnione ze skamieniałych książek

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 7 (91),
119-128

1979

Artykuł został 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.

Zakład Konserwacji
Papieru i Skóry

Halina Rosa, Alicja Strzelczyk

BADANIA NAD ZDOLNOŚCIĄ TWORZENIA ŚLUZÓW PRZEZ GRZYBY WYODRĘBNIONE ZE SKAMIENIAŁYCH KSIĄŻEK

Zarys treści: Uzyskane w trakcie badań wyniki wskazują na to, że kamienienie książek jest powodowane nie tylko przez konsolidację strzępkami grzybów, ale i przez gromadzenie się lepkich produktów rozkładu celulozy.

W naszych zbiorach bibliotecznych, archiwalnych, kolekcjach grafik, rysunków i innych, ogromne spustoszenia spowodowały działania ostatniej wojny. Ocalałe obiekty przechowywano w czasie i tuż po okupacji w przypadkowych, nie przystosowanych do takiego celu pomieszczeniach. Obiekty te, poprzez bezpośredni i długotrwały wpływ zmiennych warunków otoczenia ulegały w przyspieszonym tempie zniszczeniom fizyko-chemicznym, jak również zniszczeniom powodowanym rozwojem i działalnością mikroorganizmów. Obecnie stan wielu magazynów bibliotecznych i archiwalnych stwarza także warunki sprzyjające bytowaniu grzybów i bakterii na zabytkowych obiektach z papieru.

Mikroorganizmy rozwijając się na papierze wykorzystują go jako niezbędne do swojego rozwoju źródło węgla i energii. Zużywają ponadto łatwo przyswajalne kleje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, wprowadzane w trakcie produkcji papieru, albo późniejszych zabiegów konserwatorskich.

Rozkład celulozy przez mikroorganizmy jest procesem skomplikowanym¹. Efekty zniszczenia papieru uzależnione są od jego składu i budowy, rodzaju drobnoustrojów, czasu i intensywności przebiegu rozkładu

¹ Najnowsze teorie rozkładu celulozy dopuszczają działanie kompleksu enzymów C_1 i C_x . Na ich podstawie przedstawić można następujący schemat degradacji celulozy:



Por.: J. A. Gascoigne, M. M. Gascoigne, *Biological degradation of cellulose*, Butterworths 1960, s. 167—191.

oraz w sposób decydujący od temperatury i wilgotności otoczenia². Proces ten prowadzi do powstania trudno usuwalnych zaplamień papieru, do naruszenia jego struktury, do zaniku budowy włóknistej papieru — przeskowania się, a w końcowej fazie do całkowitego rozkładu³.

Często obserwowanym objawem zaawansowanego zniszczenia książek jest skamienienie, tzn. utworzenie się z nich zwartego twardego bloku. Występuje to przede wszystkim w obiektach, które uległy silnemu zawilgoceniu i przerośnięciu przez drobnoustroje. Proces kamienienia jest zapoczątkowany przez zgromadzony brud, pozostałości grzybni i substancji powstałych w wyniku rozkładu papieru na brzegach książki. Następujące po pewnym czasie wysychanie konsoliduje zniszczone części książki, powodując nieodwracalne zmiany w strukturze papieru w miejscach zniszczenia. Brzegi książki stają się nierówne, pofałdowane, łatwo kruszą się poza granicą zlepiania. Proces ten może postępować do wewnątrz książki. Na podstawie obrazu zniszczenia można przypuszczać, że grzyby odgrywają dużą rolę w występowaniu tego zjawiska.

Ponieważ proces kamienienia książek jest ściśle związany z silnym rozkładem celulozy, dlatego przypuszcza się, że półprodukty rozkładu celulozy — rozpuszczalne lub pęczniejące w wodzie — przyczyniają się do konsolidacji rozłożonych kartek papieru. Stąd proces tworzenia substancji śluzowych w trakcie rozkładu papieru łączy się ściśle z aktywnością celulaz C₁ i C_x i ich wzajemnym stosunkiem do siebie⁴.

Celem pracy było zbadanie, czy grzyby w trakcie procesu rozkładu celulozy zdolne są do tworzenia substancji śluzowych oraz jaki jest wpływ różnych warunków wzrostu grzybów na przebieg tego procesu i ich aktywność celulolityczną.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

1. WYODRĘBNIENIE SZCZEPÓW GRZYBÓW Z ZAPLEŚNIAŁYCH I SKAMIENIAŁYCH KSIĄŻEK

Do wyodrębnienia grzybów wykorzystano: fragmenty skamieniałej książki drukowanej na czerpanym papierze z XVII w, fragmenty zlepionych dokumentów XIX-wiecznych i fragmenty zapleśniałej i skamieniałej

² Rozkład papieru związany jest z degradacją jego poszczególnych składników: celulozy, substancji włóknistych towarzyszących celulozie, a także szeregu wprowadzonych środków poprawiających własności mechaniczne, optyczne i inne papieru. Towarzyszące włóknom celulozowym substancje niewłókniste stają się bezpośrednimi źródłami zakażenia lub czynnikami uaktywniającymi wzrost i działalność mikroflory. Por.: R. Kowalik, *Kilka zagadnień dotyczących mikrobiologicznego rozkładu papieru*, Konserwacja papieru i pergaminu, B.MiOZ 1969, s. 119—139.

³ J. P. Niuksza, *Mikroskopiczესkije izuczenija bumagi pigmentowannoj gribom *Gymnoascus setosus**, Mikrobiologia 29, s. 132—136.

⁴ H. J. Plenderleith, A. E. A. Werner, *The Conservation of Antiquities and Works of Art*, Oxford 1971, s. 58—59.

książki XX-wiecznej⁵. Spośród wyodrębnionych grzybów do badań wybrano następujące szczepy 1. *Aspergillus sp. I*, 2. *Aspergillus sp. II*, 3. *Chaetomium globosum*, 4. *Fusarium oxysporum*, 5. *Mucor sp.*, 6. *Rhizopus nigricans*, 7. *Sepedonium sp.*, 8. *Stemphylium sp.*, 9. *Trichoderma viride*, 10. *Trichothecium roseum*.

2. BADANIE AKTYWNOŚCI CELULOLITYCZNEJ I ZDOLNOŚCI DO TWORZENIA ŚLUZÓW

Założono hodowle wymienionych szczepów grzybów w 250 ml kolbach Erlenmeyera z 50 ml pożywki mineralnej, w której umieszczono karbowane sączki bibułowe (o średnicy 18 cm) w sposób taki, by tworzyły stożki⁶. Hodowle zaszczepiono zawiesiną zarodników wymienionych grzybów w wodzie.

Użyto następującego materiału celulozowego: a) bibuła filtracyjna⁷, b) bibuła filtracyjna przeklejona 1,5⁰/₀ roztworem kleju skrobiowego, c) bibuła filtracyjna przeklejona 1,5⁰/₀ roztworem kleju żelatynowego, d) bibuła filtracyjna przeklejona 1,5⁰/₀ roztworem alkoholu poliwinylowego, e) bibuła filtracyjna Whatman nr 1⁸.

Czas i temperaturę inkubacji grzybów na poszczególnych substratach podano w tab. 1. Kontrolę stanowiły stożki z bibuły przygotowane jak w pkt 1—5 nie zaszczepione grzybami.

Obecność lepkich produktów rozkładu celulozy określano oznaczając lepkość przesączy pochodowlanych w viskozymetrze Hoesplera⁹. W tych

⁵ Przygotowano wodną zawiesinę rozdrobnionych próbek papieru, pobranych z różnych miejsc skamieniałych materiałów. Po wymieszaniu wysiano metodą rozmazową na szalki Petriego z podłożem glukozowo-peptonowym Martina (agar — 20,0 g, KH_2PO_4 — 0,1 g, MgSO_4 — 0,5 g, pepton — 5,0 g, glukoza — 10,0 g, woda destylowana — 1000 ml, róż bengalski — 10 ml 1 : 300, aureomycyna — 2 mcg/ml) w trzech powtórzeniach z jednej zawiesiny. Inkubowano w cieplarni przez okres dwóch tygodni. Kolejne przesiewy aż do otrzymania czystych kultur przeprowadzono w szalkach Petriego z pożywką słodową (wyciąg słodowy Malto — 20,0 g, glukoza — 20,0 g, pepton — 1,0 g, agar — 25,0 g, woda destylowana — 1000 ml).

⁶ Skład pożywki według Aschan i Norkrans — winian amonu 5,0 g, KH_2PO_4 — 1,0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,50 g, CaCl_2 bezw. — 0,055 g, cytrynian żelazowy — 0,055 g, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,0044 g, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,0055 g, wyciąg drożdżowy Difco — 0,25 g, woda destylowana — 1000 ml; Por.: C. Szajer, A. Strzelczyk, E. Strzelczyk, *Metody badania aktywności celulolitycznej grzybów*, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Warszawa 1969.

⁷ Bibuła filtracyjna produkcji P.P.Ch. Gliwice.

⁸ Bibuła filtracyjna Whatmana nr 1 produkcji Balston LTD.

⁹ Lepkość przesączy obliczono wg wzoru: $n = t/\text{Gk} - \text{Gc}/k$, n = lepkość w centipoisach, t = czas spadania kulki, Gk = gęstość kulki, Gc = gęstość badanej cieczy, k = stała kulki.

Tabela 1

Warunki hodowli grzybów na badanych substratach celulozowych

Badany materiał	Warunki hodowli			
	czas inkubacji		temperatura inkubacji	
	8 dni	16 dni	21°C	30°C
Bibuła filtracyjna	+	+	+	+
Bibuła filtracyjna + klej skrobiowy	—	+	+	—
Bibuła filtracyjna + klej żelatynowy*	—	+	+	—
Bibuła filtracyjna + alk. poliwinylowy	—	+	+	—
Bibuła Whatman Nr 1	—	+	—	+

Uwagi: + — badano
— — nie badano

* W próbkach z żelatyną wyłączono winian amonu jako źródło azotu. Każdy krążek bibuły wysycano 3 ml od powiedniego roztworu klejowego.

sąmych przesączach po hodowli grzybów określano aktywność enzymów C_x . Odsączoną bibułę przeznaczono do badania procentowego ubytku celulozy.

Badania aktywności celulolitycznej w hodowlach grzybów

Aktywność rozkładu celulozy (bibuły) określano na podstawie ubytku jej wagi metodą Gołębiowskiej¹⁰.

Aktywność kompleksu enzymów C_x badano metodą wiskozymetryczną wg Hortona i Keena¹¹, określając stopień upłynnienia karboksymetylocelulozy (high viscosity — cat. No. 130820, Lot. No. 59824, GBI) przez płyny uzyskane po hodowli grzybów. Badania te przeprowadzono tylko na próbkach z bibułą Whatman nr 1. Spadek lepkości roztworu karboksymetylocelulozy badano w wiskozymetrze Hoepplera podstawiając uzyskane wartości do wzoru:

$$\% \text{ spadek lepkości } L = \frac{ET5 - ET10}{ET5} \cdot 100$$

ET5 — zmiany lepkości po 5 minutach

ET10 — zmiany lepkości po 10 minutach

ZESTAWIENIE I OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki badań nad tworzeniem substancji śluzowych w trakcie rozkładu badanych substratów przedstawiono w tab. 2 i 3. Czuła metoda

¹⁰ C. Szajer, A. Strzelczyk, E. Strzelczyk, op. cit.

¹¹ Ibid.

Tabela 2

Wpływ substratu, temperatury i czasu inkubacji na przyrost lepkości w przesączach pochodowlanych

Badany materiał	Bibuła filtracyjna prod. polskiej			Bibuła filtracyjna Whatmana nr 1
	8 dni	16 dni		16 dni
Grzyby	30°C	21°C	30°C	30°C
	Procentowy wzrost lepkości w porównaniu do próbek kontrolnych			
<i>Trichothecium roseum</i>	1,6	3,6	8,1	2,1
<i>Sepedonium sp.</i>	2,8	0,6	4,5	0,18
<i>Fusarium oxysporum</i>	5,7	1,2	12,0	2,3
<i>Chaetomium globosum</i>	5,8	3,7	3,0	1,4
<i>Trichoderma viride</i>	3,9	5,3	4,5	0,4
<i>Stemphylium sp.</i>	2,6	1,3	6,0	2,7
<i>Aspergillus sp. II</i>	2,3	3,6	5,0	(-1,3)
<i>Aspergillus sp. I</i>	1,4	2,8	2,5	0,4
<i>Mucor sp.</i>	3,6	2,9	2,3	(-0,6)
<i>Rhizopus nigricans</i>	2,4	3,2	1,8	3,0

wiskozymetryczna pozwoliła na zarejestrowanie zmian lepkości poszczególnych przesączy pochodowlanych.

Wszystkie zbadane szczepy grzybów hodowane na pożywce mineralnej i bibule filtracyjnej przez okres 8 i 16 dni w temperaturach 21 i 30° spowodowały wzrost lepkości przesączy pochodowlanych (tab. 2). Jak wynika z tej tabeli, warunki hodowli miały duży wpływ na wzrost lepkości przesączy. Istotne zmiany występowały wraz z podwyższeniem temperatury hodowli, np. *Trichothecium roseum* w temperaturze 21°C powodowało wzrost lepkości o 3,6%, a w temperaturze 30°C o 8,1%. Lepkość przesączy po hodowli *Sepedonium sp.* w temperaturze 21°C wzrosła o 0,6%, w temperaturze 30°C o 4,5%. *Fusarium oxysporum* w podwyższonej temperaturze inkubacji spowodowało wzrost lepkości o 12% w porównaniu z kontrolą.

Wytwarzanie substancji podwyższających lepkość przesączy w czasie inkubacji od 1 do 16 dni było raczej równomierne, chociaż zaobserwować można niewielkie odchylenia na korzyść dłuższego czasu hodowli. Daje się to zauważyć przeważnie u grzybów celulolitycznie aktywnych (tab. 2).

Bibuła Whatmana rozkładana była przez badane szczepy grzybów z mniejszą aktywnością. Lepkość przesączy pochodowlanych z bibułą Whatmana jako substratem była mniejsza niż lepkość przesączy z bibułą filtracyjną (tab. 2).

Wysycenie bibuły klejami wpływało na zmiany lepkości przesączy pochodowlanych. Szczepy grzybów, które wykazały dużą aktywność celulolityczną gromadziły znaczne ilości substancji śluzowych w hodowlach z dodatkiem skrobi i żelatyny. Natomiast u grzybów słabo uzdolnionych celulolitycznie nie stwierdzono przyrostu lepkości (tab. 3 i 4).

Tabela 3

Wzrost lepkości przesączy pochodowlanych grzybów hodowanych na sączkach bibułowych wysyconych klejami i pożywcze mineralnej (czas inkubacji 16 dni, temperatura inkubacji 21°C)

Grzyby	Skrobia	Żelatyna	Alkohol poliwinylowy
	Procentowy wzrost lepkości w porównaniu do próbek kontrolnych		
<i>Trichothecium roseum</i>	6,5	2,4	1,6
<i>Sepedonium sp.</i>	5,2	3,8	2,0
<i>Fusarium oxysporum</i>	11,5	7,0	3,7
<i>Stemphylium sp.</i>	3,6	2,9	(-0,6)
<i>Trichoderma viride</i>	2,5	5,2	1,3
<i>Chaetomium globosum</i>	(-1,2)	1,0	1,3
<i>Aspergillus sp. II</i>	2,0	1,5	1,2
<i>Aspergillus sp. I</i>	(-0,7)	1,8	0,9
<i>Mucor sp.</i>	(-0,6)	0,2	(-0,2)
<i>Rhizopus nigricans</i>	1,7	2,4	(-0,7)

Wykładnikiem aktywności celulolitycznej danego grzyba jest w pierwszym rzędzie ilość zużytego substratu. Wszystkie zbadane szczepy grzybów można nazwać celulolitycznymi (tab. 4), chociaż aktywność ich była różna.

Zróznicowany ubytek bibuły w odmiennych temperaturach wiązał się prawdopodobnie z różną dla poszczególnych szczepów optymalną temperaturą wzrostu i działania enzymatycznego. Wśród grzybów rosnących najbardziej aktywnymi okazały się: *Trichoderma viride*, *Trichothecium roseum*, *Chaetomium globosum*. Słabo aktywne były: *Mucor sp.*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus sp. II*. W temperaturze 30°C, na tymże substracie bardzo aktywne szczepy to: *Stemphylium sp.*, *Sepedonium sp.*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum*. Najmniej aktywnym okazał się *Rhizopus nigricans*, pozostałe wykazywały przeciętny stopień aktywności (tab. 4).

Bibuła Whatmana użyta jako substrat z pożywką mineralną w hodowlach inkubowanych przez 16 dni w temperaturze 30°C, okazała się mniej podatna na rozkład niż zwykła bibuła filtracyjna (tab. 4). Dość łatwo spośród zbadanych grzybów rozkładał ją szczep *Stemphylium sp.*, w niewielkim stopniu *Aspergillus sp. II* i *Trichoderma viride*.

Tabela 4

Wpływ substratu, temperatury i czasu inkubacji na aktywność celulozową grzybów

Grzyby	Bibuła filtracyjna prod. polskiej			Bibuła filtracyjna Whatman Nr 1
	8 dni	16 dni		16 dni
	30°C	21°C	30°C	30°C
	Procentowy spadek wagi sączków bibułowych w porównaniu do próbek kontrolnych			
<i>Trichothecium roseum</i>	6,2	15,8	13,8	4,5
<i>Sepedonium sp.</i>	14,4	8,9	30,0	8,0
<i>Fusarium oxysporum</i>	14,0	8,4	22,1	3,6
<i>Chaetomium globosum</i>	4,6	14,8	4,9	3,5
<i>Trichoderma viride</i>	1,8	27,3	6,4	0,9
<i>Stemphylium sp.</i>	5,8	21,0	32,7	15,2
<i>Aspergillus sp. II</i>	1,2	3,0	6,8	0,9
<i>Aspergillus sp. I</i>	1,4	7,8	6,0	2,7
<i>Mucor sp.</i>	0,7	1,3	4,6	1,3
<i>Rhizopus nigricans</i>	1,0	1,3	2,9	1,4

W tab. 5 przedstawiono wyniki badań aktywności przesączy w upłynnieniu rozpuszczalnej pochodnej celulozy — karboksymetylocelulozy. Wysoka aktywność rozkładania karboksymetylocelulozy była wskaźnikiem energicznego przeprowadzania procesu degradacji rozpuszczalnych form celulozy, co się objawiało silnym spadkiem lepkości roztworu CMC. Naj-

Tabela 5

Upłynnianie roztworu karboksymetylocelulozy przez przesącze po hodowli grzybów rosnących na sączkach bibuły filtracyjnej Whatman nr 1 i pożywce mineralnej

Grzyby	Procentowy spadek lepkości roztworu karboksymetylocelulozy w porównaniu do kontroli
<i>Trichothecium roseum</i>	15,0
<i>Sepedonium sp.</i>	12,8
<i>Fusarium oxysporum</i>	12,5
<i>Chaetomium globosum</i>	11,4
<i>Trichoderma viride</i>	8,2
<i>Stemphylium sp.</i>	8,0
<i>Aspergillus sp. II</i>	6,7
<i>Aspergillus sp. I</i>	4,0
<i>Mucor sp.</i>	1,5
<i>Rhizopus nigricans</i>	0

bardziej aktywnymi szczepami grzybów okazały się *Trichothecium roseum* (spowodował spadek lepkości roztworu karboksymetylocelulozy o 15⁰/o), *Sepedomium* sp. (12,8⁰/o), *Fusarium oxysporum*, *Chaetomium globosum*. Przesącz po hodowli *Rhizopus nigricans* nie wykazał tej aktywności. Pozostałe szczepy obniżały lepkość roztworu karboksymetylocelulozy w sposób umiarkowany.

DYSKUSJA

Wiadomym jest, że w trakcie rozkładu celulozy powstają obok cukrów prostych wyższe oligosacharydy rozpuszczalne w wodzie. Są one produktami pośrednimi, jeżeli proces rozkładu przebiega bez zakłóceń, albo produktami, na których rozkład może być zatrzymany, gdy inaktywowane jest działanie enzymów scukrzających. Zahamowanie na etapie oligocukrów może nastąpić w momencie zbytniego nagromadzenia cukrów prostych lub na skutek zmian w środowisku (szczególnie zmian kwasowości powyżej lub poniżej optimum dla danego organizmu) i zmian w temperaturze oraz wilgotności otoczenia ¹².

Fakt degradacji celulozy i substancji jej towarzyszących jest często notowany w przemyśle papierniczym. Mikroorganizmy rozkładają masę papierniczą podczas jej magazynowania i w miejscach jej wolnego przepływu w urządzeniach maszyn. Tworzące się substancje śluzowe zapychają przewody. Literatura dotycząca problemu śluzów i ich zwalczania w przemyśle papierniczym określa je jako mieszaninę hemiceluloz, gum, żelatynowanej formy celulozy, rozłożonych klejów, związków nieorganicznych, fragmentów grzybni i produktów przemiany materii mikroorganizmów ¹³.

W naszych badaniach stwierdzono, że substancje śluzowe wytwarzane były zarówno w obecności celulozy jako jedynej źródła energii, jak również w obecności dodatkowych substancji, jakimi były kleje wprowadzone do bibuły filtracyjnej. Dodatek klejów nie hamował wytwarzania lepkich produktów rozkładu przez badane szczepy grzybów. Fakt, że notowano wzrost lepkości przesączy w większości hodowli grzybów na przeklejonej bibule, wskazuje naszym zdaniem na całkowity rozkład klejów i częściowe rozpuszczenie celulozy.

¹² J. A. Gascoigne, op. cit., s. 135—155.

¹³ L. L. Wolfson, *Slime control*, Paper Mill News, 1963, s. 12; B. E. Purkiss, *Slime control in Paper Industry*, International Paper Board Industry 1966, s. 15—18; R. A. Zabel, *Fungus Losses in the Paper Industry and Related Research Needs*, TAPPI, vol. 42, 5/1959, s. 38A—34A, J. R. Sandborn, *Nature of Slime-forming and Other Troublesome Mikro-organisms*, Paper Trade Journal, 1965, s. 42—49, C. J. K. Wang, *Preliminary Report on the Fungus Flora of Pulp and Paper in New York*, TAPPI vol. 44, nr 21, s. 785—788.

Przesącze pohodowlane badanych szczepów grzybów obniżały lepkość roztworu karboksymetylocelulozy. Świadczy to o bogatych uzdolnieniach tych szczepów do produkowania enzymów C_x i o ich znaczeniu w procesie całkowitego rozkładu produktów powstających w czasie hydrolizy celulozy. Należałoby tu podkreślić, że aktywne tworzenie kompleksu enzymów C_x było odwrotnie proporcjonalne do wzrostu lepkości przesączy tych samych szczepów grzybów (tab. 2 i 5), jak to stwierdzono na bibule Whatmana.

W naturalnych warunkach istnieje wszelkie prawdopodobieństwo większego zróżnicowania przebiegu procesu degradacji papieru zabytkowego. Przyczyną tego jest bogatszy zestaw składników papieru, działanie wielogatunkowych zespołów mikroorganizmów, a przede wszystkim działanie zmiennych warunków wilgotnościowych, które wpływają na przerywanie i odradzanie się procesów rozkładu.

Proces kamienienia książek obserwowany jest w punktach dużego wzrostu grzybów. Są to miejsca, w których klej i papier są prawie całkowicie rozłożone.

Na podstawie wyników uzyskanych w niniejszej pracy, obserwacji zniszczeń zabytkowych obiektów oraz literatury, należy uważać, że kamienienie książek spowodowane jest nie tylko konsolidacją przez strzępki grzybów, ale i gromadzeniem się utworzonych lepkich produktów rozkładu celulozy, zagęszczających się w trakcie wysychania bloku książki.

Halina Rosa, Alicja Strzelczyk

STUDIES ON THE ABILITY OF SLIMES FORMATION BY FUNGI SEPARATED FROM PETRIFIED BOOKS

(Summary)

It is known that the petrified ancient books are always very damaged, stained and overgrown by microorganisms. All sheets are uniformed into the hard mass.

During the paper-cellulose decomposition by microorganisms the water soluble products are being formed. These products have strong gluing properties. This fact would suggest that the products of cellulose degradation take part in consolidation of the paper sheets into a hardly separatable block. The petrification of books occurs most often on their margins. The paper in those regions is almost completely decomposed, porous and glued.

The purpose of this work was to solve, whether during the growth of fungi on the paper, the substances of high viscosity are formed and whether the glues present in the paper are affecting that process.

To detect the ability of the fungi to produce the slimes, the viscosimetric method was used.

The following results were obtained:

1. In the course of cellulose decomposition the fungi may produce substances of high viscosity (table 2 i 3).

2. The ammount of these substances depends on the cellulolytic activity, on the equilibrium between C_1 and C_x enzymes and on the incubation temperature (table 2 i 5).

3. The glues contained in the paper have exhibited a considerable effect on the slime production (table 3).

On the ground of the results obtained in our studies, of the observations of ancient moulded books and of the bibliography cited we can conclude, that the petrification of ancient books occurs not only due to their consolidation by the fungal hyphae, but also due to gathering of viscous products of the cellulose degradation, hardening the sheets into the block during their desiccation.