

Leźnicka, Stanisława

Badania nad bakteriami współżyjącymi z grzybami w procesie rozkładu papieru

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 8 (99), 37-45

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

Stanisława Leźnicka

BADANIA NAD BAKTERIAMI WSPÓŁŻYJĄCYMI Z GRZYBAMI W PROCESIE ROZKŁADU PAPIERU

Zarys treści. Tematem pracy są badania nad rolą bakterii wyodrębnionych z zespołu grzybowo-bakteryjnego w procesie rozkładu błonnika znajdującego się w papierze. Wykazano, że rola badanych bakterii ogranicza się do udziału w trzecim etapie rozkładu celulozy oraz do zużywania glukozy obecnej w środowisku jako źródła węgla i energii.

Drobnoustroje żyjące w różnych środowiskach wydzielają do podłoża różnego rodzaju produkty przemiany materii. Wydzieliny te, mające charakter enzymów, kwasów organicznych i toksyn grzybowych, hamują lub też stymulują wzrost pewnych grup drobnoustrojów¹. Antybiotyki produkowane przez grzyby lub też promieniowce w znacznym stopniu ograniczają wzrost bakterii lub innych grup grzybów². W związku z tym należy stwierdzić, że antagonizm, dominowanie jednych grup, hamowanie innych, jak również współdziałanie to procesy, które ciągle zachodzą obok siebie.

Również proces rozkładu papieru od momentu skrócenia włókna celulozowego i osłabienia papieru do końcowego upłynnienia włókna z wytworzeniem cukrów prostych jest wynikiem zespołowego oddziaływania mikroorganizmów. Pewne typy drobnoustrojów są zdolne do przeprowadzania procesu rozkładu do końca, inne zaś mogą uczestniczyć dopiero w dalszych etapach rozkładu papieru lub korzystać z końcowych produktów przemiany materii tych drobnoustrojów.

¹ W. P. Brian, *The ecological of antibiotic production*, Microbiol. Ecology Symp., 1957; V. G. Lilly, H. L. Barnett, *Fizjologia grzybów*, Warszawa 1959.

² S. Pietrykowska, A. Strzelczyk, *Wzajemne oddziaływanie na siebie promieniowców i grzybów niszczących malowidła olejne w obecności różnych składników tych malowideł*, [w:] AUNC, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo V, Toruń 1974, s. 203—216.

Proces rozkładu błonnika zawartego w papierze uzależniony jest od wydzielania enzymów o charakterze hydrolaz do środowiska. Wyodrębnione zostały dwa rodzaje celulaz: tzw. *exo-wise* i *endo-random* (enzymy scukrzające i upłynniające włókno celulozowe) przeprowadzające celulozę w celobiozę, rozkładaną następnie przez enzym celobiazę do glukozy³.

Mechanizm rozkładu celulozy przez te enzymy od pierwszego zaproponowanego w 1950 r. przez Reese'a modelu działania celulaz na włókno jest ciągle poprawiany i korygowany. Nie podlega natomiast dyskusji fakt, że do całkowitego rozkładu celulozy potrzebne jest synergiczne działanie wszystkich trzech komponentów enzymów celulolitycznych⁴.

Z dotychczasowych badań wynika, że tylko niewiele przedstawicieli grzybów i bakterii posiada pełny zestaw tych enzymów. Do wiodących organizmów celulolitycznych należą wszystkie rodzaje *Trichoderma*, pełni przedstawiciele *Penicillium* i *Aspergillus*, niektóre bakterie z grupy *Cytophaga*. Inne, a jest ich znacznie więcej, odznaczają się zdolnością rozkładu tylko naturalnej celulozy lub tylko jej rozpuszczalnych pochodnych. Związane to jest z posiadaniem lub nieposiadaniem frakcji *exo-* lub *endocelulolitycznej*.

Produkty rozkładu celulozy — celobioza i glukoza w stężeniach przekraczających ilości potrzebne do komórkowej biosyntezy powodują represję tworzenia się celulaz. Proces ten jest typowym mechanizmem indukcji-represji-indukcji przez celulozę, represji czyli inhibicji zwrotnej przez produkty jej rozkładu⁵. Zjawisko to występuje najczęściej w warunkach laboratoryjnych, w jednogatunkowych kulturach drobnoustrojów, gdyż są one zwykle wyposażone w pewien, nie zawsze kompletny zespół enzymów.

W środowisku naturalnym, a więc również i w wypadku obiektów zabytkowych bogatych w celulozę, gdzie współistnieją drobnoustroje o różnych uzdolnieniach enzymatycznych, drobnoustroje celulolityczne i niecelulolityczne, proces rozkładu błonnika zawartego w papierze jest

³ P. W. Brian, op. cit.; M. Madels, *Microbial sources of cellulase*, Bioeng. Symp. 1975, 5, s. 81—105; K. Nisizawa, Y. Tomita, T. Kanda, *Substrate of C₁ and C_x cellulase components from fungi*, Ferment. Technol., 1972, s. 719—725; G. Petterson, *A cellulolytic enzyme from Penicillium notatum*, [w:] Acta Universitatis Upsaliensis, 1968; S. Toda, H. Suzuki, K. Nisizawa, *The mode of action of Trichoderma cellulases toward normal and reduces cello-oligosaccharides*, Ferment. Technol., 1968, 46.

⁴ B. Norkrans, *Degradation of cellulose*, Phytopatol., 1963, 1, s. 325—350; S. Toda, H. Suzuki, K. Nisizawa, op. cit.

⁵ B. Berg, V. Hofsten, G. Pettersson, *Growth and cellulase formation by Cellvibrio fulvus*, J. Appl. Bact., 1971, 35, s. 201—214; B. Norkrans, op. cit.; D. Sternberg, *Production of cellulase by Trichoderma*, Biotechnol. Bioeng. Symp. 1976, 6, s. 35—53; G. M.: Umezurike, *Production of cellulolytic enzymes by Botryodiplodia theobromae*, Annals of Botany, 1970, 34, s. 134.

pełniejszy i szybciej przebiega poprzez wzajemne uzupełnianie się tych różnych grup drobnoustrojów.

Celem niniejszej pracy było:

1. Wyodrębnienie bakterii współżyjących z grzybami na zniszczonym papierze zabytkowym.
2. Zbadanie czy grzyby, czy też bakterie mają wpływ na kształtowanie się zespołu grzybowo-bakteryjnego.
3. Zbadanie czy te bakterie mają zdolność aktywnego rozkładu błonnika.

I. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem do badań były grzyby i towarzyszące im bakterie wyodrębnione ze zniszczonych ksiąg zabytkowych.

1. Wyodrębnienie bakterii

Szczepy grzybów na agarowych skosach z pożywką Malto (20 g glukozy, 20 g wyciągu słodowego, 1 g peptonu, 20 g agaru, 1 l wody destylowanej) zalewano 5 ml jałowej wody destylowanej. Zawiesinę zarodników odwirowano na wirówce K-21 przy 3000 xg, aby osadziły się zarodniki grzybów. Klarownym płynem z nad osadu szczepiono rysowo-agarową pożywkę bulionową. Sprawdzano wzrost bakterii po jednym dniu inkubacji w temperaturze 23°C. Szczepy przesiewano w odstępach 1-dniowych aż do uzyskania czystych kultur bakteryjnych. Ogółem wyodrębniono 10 szczepów bakterii z 15 szczepów grzybów. Przechowywano je do dalszych doświadczeń na agarowych skosach bulionowych.

2. Badanie antagonistycznego oddziaływania grzybów na bakterie

Do badań użyto 13 szczepów grzybów oraz 10 szczepów bakterii. Po 14-dniowym okresie hodowli grzybów na pożywce Malto wycinano z tych hodowli krążki agarowe o średnicy 1 cm z wyrosniętym szczepem grzyba. Krążki te przenoszono na pożywkę bulionową świeżo zaszczipioną zawiesiną wodną zarodników testowanej bakterii. Antagonizm grzybów wobec bakterii po 48-godzinny okresie inkubacji w temperaturze 23°C określano podając, w milimetrach szerokość strefy zahamowania bakterii w sąsiedztwie krążka agarowego. Doświadczenie przeprowadzono trzykrotnie.

3. Badanie antagonistycznego oddziaływania bakterii na grzyby

Po 3-dniowym okresie hodowli bakterii na pożywce bulionowej wycinano z tych hodowli krążki agarowe z wyrosniętym szczepem bakterii.

Krażki te przenoszono na pożywkę Malto zaszczeploną zawiesiną zarodników testowanego szczepu grzyba. Oddziaływanie bakterii na grzyby lub jego brak określano po 48-godzinnym okresie inkubacji w temperaturze 23°C.

4. Badanie upłynniania spęczniałej celulozy przez bakterie

Pożywkę podstawową z dodatkiem spęczniałej celulozy przygotowano wg metody Tanseya⁶. Pożywkę tę wlewano po 6 ml do probówek o wymiarach 12 × 140 mm, jałowiono ją w autoklawie, po czym szybko mieszano w celu uzyskania jednorodnej zawiesiny, a następnie oziębiano w zimnej łaźni wodnej w pozycji jak najdokładniej pionowej. Tak przygotowane probówki szczepiono krążkiem agarowym z wyrośniętym szczepem bakterii. Badano wysokość strefy upłynnienia spęczniałej celulozy w pożywce lub jej brak po 7, 14, 21 i 35 dniach inkubacji w temperaturze 23°C. Doświadczenie przeprowadzono trzykrotnie.

5. Badanie aktywności „exo-wise” i „endo-random” celulaz bakteryjnych na różnych substratach: proszku celulozowym i CMC

Jako podstawową użyto pożywkę wg Berga i Petterssona⁷. Wlewano ją po 50 ml do kolbek Erlenmyera, jałowiono w autoklawie oraz szczepiono zawiesiną wodną bakterii tak przygotowaną, ażeby ilość komórek bakteryjnych w 1 ml była zawsze taka sama. Po 10-dniowej inkubacji w temperaturze 23°C kolbki ze wzrostem bakteryjnym odwirowywano na wirówce K-21 przy 3000 xg, a następnie w klarownym płynie znad osadu oznaczano aktywność celulolityczną.

a) Oznaczanie aktywności „exo-wise”. 10 ml płynu pochodowlanego łączono z 10 ml 0,2 M buforu octanowego o pH = 5,5 i z 10 ml spęczniałej celulozy tak rozcieńczonej, aby 1 ml zawierał 1 mg celulozy. Badano aktywność *exo-wise* celulaz metodą Nelsona-Samogyiego⁸ po 1-, 2- i 3-godzinnym okresie inkubacji. Pomiarów dokonywano na kolorymetrze SPECOL przy długości fali równej 625 nm, wobec próby ślepej, którą stanowił 1 ml mieszaniny inkubacyjnej odbiałaczonej natychmiast po połączeniu przesącza pochodowlanego ze spęczniałą celulozą i buforem. Odczytów dokonywano przy użyciu krzywej standardowej dla glukozy przy rozcieńczeniach 10, 20, 50, 100, 150 i 200 µg/ml. Doświadczenie przeprowadzono sześciokrotnie.

⁶ M. R. Tansey, *Agar-diffusion of cellulolytic ability of thermophilic fungi*, Arch. Microbiol., 1971, 77, s. 1—11.

⁷ B. Berg, V. Hofsten, G. Pettersson, op. cit.

⁸ *Kurs praktyczny z biochemii*, Warszawa 1960, s. 182—183.

b) Oznaczanie aktywności „endo-random” celulaz. Oznaczenia wykonano metodą wiskozymetryczną wg Hortona i Keen'a⁹. Do 9 ml przesączu pochodowlanego dodawano 6 ml 0,2 M buforu octanowego o pH 5,5 oraz 30 ml 1% CMC. Mieszaninę reagującą umieszczano w wiskozymetrze Höpplera i badano spadek lepkości po 1, 5 i 10 minutach inkubacji w temperaturze 37°C. Uzyskane wartości podawano z uwzględnieniem wielkości użytej kulki, jej stałej i gęstości CMC w badanej temperaturze. Doświadczenie przeprowadzono trzykrotnie.

6. Zbadanie intensywności wzrostu bakterii na celobiozie i glukozie

Pożywkę podstawową, jak również sposób szczepienia kolbek, zastosowano jak w pkt. 5. Stężenia celobiozy i glukozy tak przygotowano, żeby ilość węgla w celobiozie odpowiadała ilości C w 10% roztworze glukozy. Badano stopień zmętnienia jako wykładnik wzrostu na kolorymetrze SPECOL przy długości fali 500 nm w odstępach 1-dniowych. Notowano również w tych samych odstępach czasu ewentualne zmiany odczynu środowiska. Doświadczenie przeprowadzono trzykrotnie.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

1. Charakterystyka wyodrębnionych bakterii

Jak wynika z tab. 1, wyodrębnione bakterie były różnorodne w zależności od rodzaju grzyba. Przeważały bakterie zbliżone do *Sarcina* (Gram +), paciorkowce (Gram +) oraz pałeczki (Gram -). Zaobserwowano ponadto, że nie wszystkim grzybom towarzyszą bakterie. Grzyby, z których nie udało się wyodrębnić bakterii, należą do znanych producentów substancji antybiotycznych. Były to: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus ustus*, *Cephalosporium* sp., *Fusarium orthoceras*.

2. Antagonistyczne oddziaływanie grzybów na bakterie

Jak wynika z danych przedstawionych w tej tabeli, do grzybów, które hamowały wzrost większości zbadanych szczepów bakterii, należały szczepy: *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ochraceus*, *Trichoderma viride* oraz *Fusarium orthoceras*. Do grzybów, które dawały znaczną strefę zahamowania wzrostu bakterii należały kolejno: *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium orthoceras*, *Papularia* sp., *Verticillium* sp., *Cephalosporium* sp., oraz *Trichothecium roseum*.

⁹ C. Szajer, A. Strzelczyk, E. Strzelczyk, *Metody badania aktywności celuloitycznej grzybów* (metoda wiskozymetryczna wg Hortona i Keen'a), Warszawa 1969.

Tabela 1

Grzyby i bakterie wyodrębnione ze zniszczonych ksiąg zabytkowych

Grzyby	Bakterie towarzyszące szczepom grzybów
<i>Penicillium funiculosum</i>	Ziarniaki (Gram+) zbliżone do Sarcina
<i>Penicillium notatum</i>	Ziarniaki (Gram+) zbliżone do Sarcina
<i>Aspergillus ochraceus</i>	_____
<i>Aspergillus glaucus</i>	Ziarniaki (Gram+) zbliżone do Sarcina
<i>Aspergillus ustus</i>	_____
<i>Aspergillus sp.</i>	Paciorkowce (Gram+)
<i>Trichothecium roseum</i>	Pałeczki (Gram-)
<i>Trichoderma viride</i>	Pałeczki (Gram-)
<i>Gliocladium sp.</i>	Ziarniaki (Gram+) zbliżone do Sarcina
<i>Verticillium sp.</i>	Pałeczki (Gram-)
<i>Cephalosporium sp.</i>	_____
<i>Fusarium orthoceras</i>	_____
<i>Chaetomium globosum</i>	Paciorkowce (Gram+)
<i>Cladosporium herbarum</i>	Paciorkowce (Gram+)
<i>Papularia sp.</i>	_____

Objaśnienia: _____ — brak bakterii

Tabela 2

Antagonistyczne oddziaływanie grzybów na bakterie

Rodzaj grzyba	Liczba szczepów bakterii hamowanych przez grzyb	Liczba szczepów bakterii niehamowanych przez grzyb	Maksymalna sfera zahamowania wzrostu w mm
<i>Aspergillus ochraceus</i>	10	—	15,0
<i>Penicillium funiculosum</i>	10	—	13,0
<i>Fusarium orthoceras</i>	7	3	8,0
<i>Trichoderma viride</i>	6	4	4,3
<i>Aspergillus glaucus</i>	5	5	4,3
<i>Papularia sp.</i>	4	6	9,3
<i>Chaetomium globosum</i>	4	6	5,0
<i>Cephalosporium sp.</i>	3	7	6,7
<i>Verticillium sp.</i>	2	8	7,3
<i>Trichothecium roseum</i>	1	9	8,3
<i>Penicillium notatum</i>	—	10	—
<i>Aspergillus ustus</i>	—	10	—
<i>Cladosporium herbarum</i>	—	10	—
<i>Aspergillus sp.</i>	—	10	—

Grzyb na ogół nie oddziaływał antagonistycznie na szczep bakteryjny wyodrębniony w jego sąsiedztwie z wyjątkiem szczepu *Penicillium funiculosum*, który hamował wzrost towarzyszącej mu bakterii (tab. 1 i 2). Zjawisko to w zastosowanej przez nas metodzie oznaczania można byłoby tłumaczyć nagromadzeniem się dużej ilości wydzielin grzyba (anty-

biotyku) w 14-dniowych hodowlach grzyba. W środowisku naturalnym, gdzie równocześnie rozwijają się grzyby i bakterie, następuje adaptacja komórek bakteryjnych do coraz większych stężeń wydzielin grzybowych. Wyizolowanie bakterii z tego szczepu grzyba mogłoby być przykładem tej adaptacji, a natychmiastowe podziałanie dużego stężenia substancji hamującej, jakie zastosowano w naszej metodzie na młode komórki bakteryjne, było przyczyną występowania dość dużej strefy zahamowania wzrostu tej bakterii w sąsiedztwie krążka agarowego z wyrośniętym szczepem *Penicillium funiculosum*.

Znany jest fakt produkcji antybiotyków i toksyn grzybowych hamujących lub ograniczających wzrost innych drobnoustrojów¹⁰. Antybiotyki wydzielane do środowiska przez *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* lub *Cephalosporium* znane pod nazwą penicyliny, aflatoksyny, viridyny i cephalosporyny należą do substancji hamujących wzrost wielu szczepów bakterii. Być może to silne oddziaływanie antagonistyczne zbadanych grzybów było przyczyną dość ubogiej mikroflory bakteryjnej towarzyszącej zbadanym grzybom.

3. Antagonistyczne oddziaływanie bakterii na grzyby

Nie zaobserwowano hamującego działania bakterii na zbadane szczepy grzybów. Świadczy to o tym, że w procesie kształtowania się kompleksu grzybowo-bakteryjnego dominantami były grzyby, które poprzez swoje wydzieliny wybierały tylko takie bakterie, które mogły z nimi współżyć.

4. Uplynnienie spęczniałej celulozy przez bakterie

W badanych warunkach hodowlanych nie stwierdzono zdolności upłynniania spęczniałej celulozy przez testowane szczepy bakteryjne.

5. Aktywność enzymów bakteryjnych „exo-wise” i „endo-random”

Na pożywkach z celulozą i CMC nie stwierdzono aktywności tych enzymów, pomimo dość wyraźnego wzrostu bakteryjnego. Wzrost bakterii mógł być stymulowany przez śladowe ilości wyciągu drożdżowego, dodawanego do pożywki. Fakt nieposiadania enzymów typu „exo-wise” i „endo-random” świadczy o tym, że bakterie współżyjące z grzybami nie mogły inicjować rozkładu celulozy. Było to spowodowane brakiem enzymów scukrzających i upłynniających włókno celulozowe w hodowlach zbadanych bakterii. Rzuca to wyraźne światło na wtórną rolę bakterii towarzyszących grzybom w procesie rozkładu celulozy.

¹⁰ P. W. Brian, op. cit.; V. G. Lilly, H. L. Barnett, op. cit.

6. Intensywność wzrostu bakterii na celobiozie i glukozie

Jak wynika z tab. 3, wzrost 3 z 10 wyodrębnionych bakterii był podobny na celobiozie i glukozie. Wzrost pozostałych 7 szczepów bakteryjnych był lepszy lub znacznie lepszy na celobiozie. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że bakterie mają zdolność do syntetyzowania celobiozy rozkładającej celobiozę do glukozy.

Tabela 3

Intensywność wzrostu wyodrębnionych bakterii na pożywce z celobiozą i glukożą po 7-dniowym okresie inkubacji w temp. 23°C *

Rodzaj bakterii	Celobioza E 1 cm 500 nm	Glukoza E 1 cm 500 nm
Bakterie z <i>Aspergillus glaucus</i>	0,012	0,022
Bakterie z <i>Penicillium notatum</i>	0,010	0,020
Bakterie z <i>Chaetomium globosum</i>	0,082	0,090
Bakterie z <i>Aspergillus sp.</i>	0,280	0,540
Bakterie z <i>Verticillium sp.</i>	0,018	0,030
Bakterie z <i>Trichoderma viride</i>	0,013	0,023
Bakterie z <i>Aspergillus sp.</i> (II rodzaj.)	0,237	0,263
Bakterie z <i>Penicillium funiculosum</i>	0,026	0,610
Bakterie z <i>Trichothecium roseum</i>	0,0135	0,0140
Bakterie z <i>Gliocladium sp.</i>	0,028	0,038

* Badano wobec próby ślepej, którą stanowiła pożywka z celobiozą lub glukożą bez zawiesiny bakteryjnej.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie zanotowano zmian pH, które mogłoby mieć ewentualny wpływ na jego przebieg.

Przedstawione dane świadczą o tym, że wyodrębnione bakterie ze względu na brak enzymów typu: *exo-wise* i *endo-random* nie mogły brać aktywnego udziału w procesie rozkładu błonnika. Uczestniczyły one dopiero w dalszych etapach rozkładu celulozy dzięki syntezie celobiozy. Obecna w środowisku glukoza powstająca jako wynik ich własnej działalności lub też jako produkt końcowy celulolizy prowadzonej przez inne drobnoustroje wykorzystują jako źródło węgla i energii. Zużycie glukozy przez te bakterie odblokowuje mechanizm indukcji-represji i prowadzi do coraz większej syntezy celulaz, czego konsekwencją jest postępujący proces destrukcji i osłabiania papieru.

Zjawisko to jest z jednej strony przykładem współdziałania bakterii i grzybów w niszczonej materii, z drugiej zaś świadczy o dominowaniu grzybów w tym procesie.

Z punktu widzenia rozkładu papieru zjawisko tak doskonałego „uzupełniania” się mikroorganizmów nabiera szczególnego znaczenia.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Bakterie towarzyszące grzybom celulolitycznym należały do różnych grup morfologicznych (tab. 1).

2. Grzyby wpływały antagonistycznie na testowane szczepy bakteryjne (tab. 2), natomiast bakterie nie oddziaływały hamująco na wzrost grzybów.

3. Do najbardziej antagonistycznych przedstawicieli grzybów należały: *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium orthoceras* i *Trichoderma viride* (tab. 2).

4. Zbadane bakterie nie posiadały enzymów typu *exo-wise* i *endo-random*.

5. Bakterie te były zdolne do zużywania celobiozy i glukozy. Fakt ten świadczy o ich udziale w ostatnich etapach rozkładu celulozy (tab. 3).

6. Mogą odgrywać one ważną rolę w usuwaniu produktów rozkładu celulozy i tym samym przyczyniać się do całkowitego i szybkiego jej rozkładu.

Stanisława Leźnicka

STUDIES ON BACTERIA COEXISTING WITH FUNGI
DURING PROCESS OF PAPER DECOMPOSITION

(Summary)

The aims of this work were: isolation of bacteria coexisting with fungi on damaged old paper, examination whether fungi or bacteria influence formation of fungi-bacteric system and also determination of the bacteria role in cellulolysis process.

Conclusions:

1. Bacteria have not demonstrated any conflicting interaction with examined tribes of fungi. Fungi, on the other hand, have had great restraining effect on growth of tested bacteric tribes. May be, it restricts remarkably the composition of bacteria species.

2. Isolated bacteria tribes have not any enzymes liquefying and saccharifying cellulosic fibre. So, they could not take an active part in cellulose decomposition.

3. These bacteria can synthesize small amounts of cellobiase which decomposes cellobiose to glucose.

4. The bacteria role is limited to a participation in III stage of cellulose decomposition and to consumption of glucose existing in the medium and being then the source of carbon and energy. The consumption of glucose and cellobiose is connected with unblocking of induction-repression mechanism. In the case of the paper decomposition at natural conditions, then also in monumental objects, this fact results in permanent synthesis of cellulases and in further destruction and weakening of paper.