

# Pietrykowska Stanisława, Strzelczyk Alicja

---

## Promieniowce niszczące malowidła olejne

---

Ochrona Zabytków 22/4 (87), 263-272

---

1969

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## PROMIENIOWCE NISZCZĄCE MALOWIDŁA OLEJNE

W praktyce konserwatorskiej często spotyka się malowidła zaatakowane przez drobnoustroje. Są to obiekty, które znajdowały lub znajdują się w warunkach zwiększonej wilgotności. Spośród drobnoustrojów na malowidłach olejnych rozwijają się najczęściej pleśnie i promieniowce. Bakterie rozwijają się na ogół tylko na obiektach pozostających w miejscach bardzo mokrych np. w pobliżu nieszczelnych okien, na przemarzających ścianach itp. Rozwój bakterii możliwy jest w miejscach w których powietrze zawiera duży procent pary wodnej (powyżej 80%). Pleśnie i promieniowce natomiast rozwijają się w warunkach o wiele niższej wilgotności i przez to stanowią znacznie większe niebezpieczeństwo dla obiektów zabytkowych.

Promieniowce są grupą drobnoustrojów wykazujących podobieństwo zarówno do grzybów jak i do bakterii. W systematyce umieszczone są dlatego na pograniczu tych dwu grup mikroorganizmów. Pod względem cech hodowlanych zbliżone są do grzybów (tworzą kolonie o podobnej konsystencji, wytwarzają zarodniki konidialne, rozporządzają podobnym aparatem enzymatycznym). Z drugiej strony ich bardzo drobne wymiary, konidia o kształcie ziarniaków lub pałeczek i niektóre cechy budowy anatomicznej przemawiają za ich pokrewieństwem z bakteriami.

Promieniowce i grzyby tworzą na malowidłach, na stronie licowej i na podobraziu mniejsze lub większe skupiska zwane koloniami. Wrastają w podłoże przy pomocy nitkowatych komórek zwanych strzępkami. W miarę rozwoju i dojrzenia kolonie wytwarzają ogromne ilości zarodników, które rozsypują się z łatwością i zakażają znajdujące się w pobliżu przedmioty.

Wraz z ruchami powietrza mogą się też przenosić w miejsca dalej położone, gdzie znajdują warunki dogodne do rozwoju. Sprzyja temu przede wszystkim pewna ilość wilgoci powstała np. wskutek dobowych lub rocznych zmian temperatury oraz obecność jakichkolwiek związków organicznych. W tych warunkach zarodniki kiełkują w nowe kolonie. Spotyka się je prawie powszechnie na malowidłach ściennych, na malowidłach olejnych, na obrazach o podłożu z papieru itp. Wrastając w głąb niszczą one obiekt przez osłabienie podłoża i nadtrawienie warstwy olejnej. Warstwa malarska staje się matowa, porowata a przez to bardziej hygroskopijna. Do swego rozwoju promieniowce, podobnie jak inne drobnoustroje, wymagają obecności w podłożu węglowych związków organicznych, które wykorzystują w swoim metabolizmie jako źródła energii życiowej i jako materiał do budowy szkieletu własnego ciała (źródło węgla) oraz połączeń azotowych, które wykorzystywane są jako budulec w tworzeniu białek drobnoustrojów (źródło azotu). Zależnie od wyposażenia enzymatycznego drobnoustroje te posiadają różną zdolność do zużywania poszczególnych substancji organicznych jako źródeł węgla lub azotu. Im bogatszy jest aparat enzymatyczny drobnoustrojów tym większa jest ich zdolność do rozrastania się i niszczenia materiału, na którym żyją.

Promieniowce żyjące w glebie są zdolne do hydrolizowania złożonych węglowodanów jak hemiceluloz, skrobi, błonnika oraz białek i połączeń tłuszczowych<sup>1,2,3,4</sup>. Podobne właściwości posiadają napotymane na obiektach zabytkowych drobnoustroje, ponieważ pochodzą one z kurzu powstałego z gleby. Zdolność ich do niszczenia poszczególnych składników organicz-

<sup>1</sup> Din Czian: *Razprostranienie aktinomycetow razlagajuszczich klezczadku w poczwach*, „Mikrobiologia”, XXIX (1960), z. 1, s. 104—109.

<sup>2</sup> M. W. Fiodorow i T. K. Ilina: *Ispolzowanie guminowej kisloty poczwiennymi aktinomycetami w kaczestwi jedinstwiennowo istocznika ugleroda i azota*, „Mikrobiologia”, XXXII (1963), z. 2.

<sup>3</sup> S. A. Waksman: *The Actinomycetes*, Baltimore 1950.

<sup>4</sup> H. Kwarta: *Studium nad promieniowcami rodzaju Streptomyces wyizolowanymi z gleb łąkowych okolic Szczecina*. Pr. doktorska — WSR w Szczecinie, 1965.





a



b



c

1. Chrystus w Ogrójcu — ol. pł. ze zbiorów Muzeum Narodowego w Warszawie. a, b — plamy na licu i odwrociu obrazu wywołane działalnością promieniowców; c — obraz po konserwacji

1. Le Christ au Jardin d'Olives — collection du Musée National de Varsovie. a, b — taches sur le parement et le revers du tableau causées par l'activité des actinomyces, c — le tableau après conservation

nych, zawartych w obiektach zabytkowych, przypisuje się umiejętności tych mikroorganizmów przystosowania się do warunków, w których żyją.

Porastanie obiektów zabytkowych przez grzyby i promieniowce jest faktem często notowanym. Tonolo i Giacobini opisują niszczenie malowideł ściennych przez promieniowce<sup>5</sup>. Ograniczyli się oni tylko do zwrócenia uwagi na występowanie tych drobnoustrojów na zniszczonych malowidłach, nie wnikając w ich rolę na tych obiektach. Boustead wzmiankuje o zdolności drobnoustrojów do niszczenia płótna, spoiw, farb oraz do atakowania niektórych barwników<sup>6</sup>. Hueck zwraca uwagę na niszczenie zabytkowych tkanin przez drobnoustroje zdolne do rozkładania celulozy<sup>7</sup>.

W związku z dającym się odczuwać w dotychczasowej literaturze brakiem opracowań, dotyczących mechanizmu destruktywnego oddziaływania promieniowców na malowidła, celem ni-

<sup>5</sup> A. Tonolo i C. Giacobini: *Microbiological changes on frescoes*, „Rec. Adv. in Conserv.”, London, 1963, s. 52—64.

<sup>6</sup> W. Boustead: *The conservation of works of art in tropical and sub-tropical zones*, „Rec. Adv. in Conserv.”, London, 1963, s. 73—78.

<sup>7</sup> H. J. Hueck: *The biodeterioration of textiles and its prevention in antiquities and works of art*, „TNO-Nieuws”, 1965, 20, s. 301—307.



niejszej pracy było zbadanie: 1. który ze składników malowideł olejnych stanowi główne źródło pożywienia dla promieniowców i może być przez nie rozkładany, 2. czy rozwój tych drobnoustrojów może wpływać na zmiany w zabarwieniu pigmentów, 3. jaka jest wrażliwość tychże drobnoustrojów na działanie środków toksycznych, stosowanych do zabezpieczania malowidła po konserwacji.

Jako materiał do badań posłużyły promieniowce wyodrębnione z dwu olejnych malowideł poddanych badaniom i konserwacji w Zakładzie Konserwacji Zabytków Ruchomych Katedry Technologii i Technik Malarskich UMK w Toruniu, a mianowicie: I. Chrystus w Ogrójcu — otrzymany do konserwacji z Muzeum Narodowego w Warszawie,



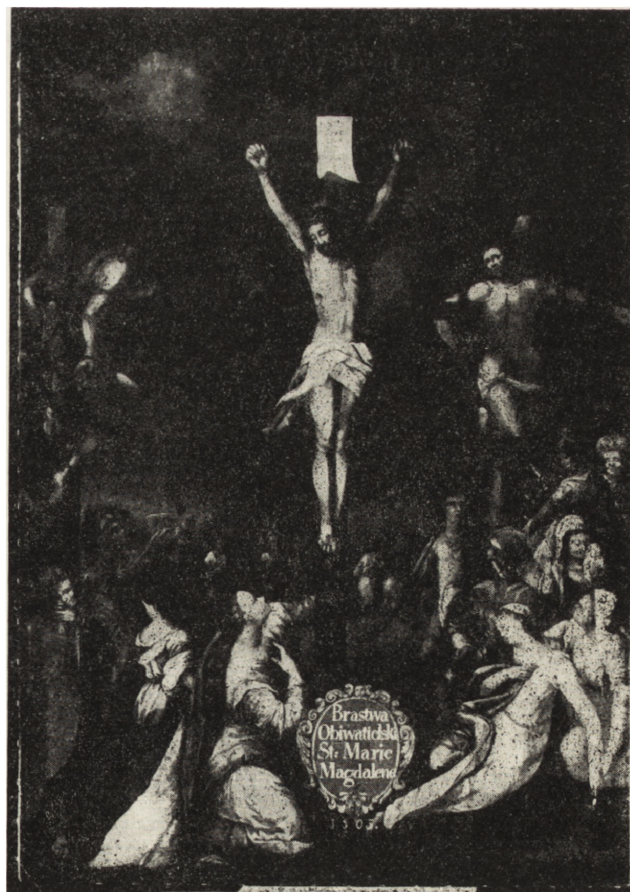
a

2. Ukrzyżowanie — ol. pł. z kaplicy w Barbarce koło Torunia, a, b — nalot na licu i odwrociu obrazu wywołany działalnością promieniowców; c — obraz po konserwacji

2. La Crucifixion — de la chapelle à Barbarka près de Toruń, a, b — tache sur le parement et le revers du tableau causée par l'activité des actinomyces, c — le tableau après la conservation



b



c

II. Ukrzyżowanie — z kaplicy w Barbarce koło Torunia (poddany badaniom technologicznym i konserwacji w ramach pracy magisterskiej<sup>8</sup>).

#### OPIS OBIEKTÓW

Obiekt I. (il. 1a, b, c) Obraz olejny malowany na płótnie. W przeszłości był dublowany przy użyciu kłajstru skrobiowego, którego znaczne ilości stwierdzono na odwrociu<sup>9</sup>. Strona licowa obrazu pokryta była białym delikatnym nalotem promieniowców przesłaniającym rysunek, szczególnie w częściach środkowej i dolnej. Odwrocie obrazu zaatakowane było bardzo intensywnie przez promieniowce. Kolonie ich pokrywały gęsto powierzchnię odwrocia skupiając się szczególnie silnie w częściach środkowej i dolnej. Gdziekolwiek obserwowano nieznaczne kolonie o zabarwieniu brązowym, należące do grzybów.

Obiekt II. (il. 2a, b, c) Obraz olejny malowany na płótnie. Płótno przeklejone klejem glutynowym. Na nim zaprawa również o spoiwie klejowym. Z barwników w warstwie olejnej stwierdzono: biel ołowiową, żółcień ołowiową, barwniki ugrowe, czerwień żelazową i cynober, niebieskie i zielone barwniki miedziowe, smaltę i czerń. Obraz był silnie zniszczony. Posiadał kilka zadarć, które kiedyś podklejono płóciennymi łatami na kłajster skrobiowy. Strona licowa obrazu była cała pokryta białym, suchym nalotem, którego intensywność potęgowała się w miejscach podklejenia łat. Przeważnie nalot ten wypełniał szczeliny spękań, często pokrywał również powierzchnię warstwy malarskiej. Na odwrociu wzrost drobnoustrojów był znacznie mniej obfity. Najbardziej gęste skupiska kolonii zaobserwowano w miejscach naklejenia łat i na ich powierzchni. Na odwrociu oprócz białego nalotu kolonii promieniowców obserwowano również dość obfity wzrost brązoczarnej kolonii grzybów.

#### BADANIA WŁASNE

Wstępna bezpośrednia analiza mikroskopowa obu obiektów wykazała, że na ich stronach licowych i na podobrazicach dominują promieniowce. Potwierdziły to również wysiewy. Dokonano ich przenosząc odrobinę nalotu z obiektu na pożywkę dla promieniowców. Zastosowano również metodę odciskania wzrostu promieniowców na jałową bibulę, którą następnie umieszczano na pożywkę dla promieniowców<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> H. Sobolewska: *Badanie zniszczeń spowodowanych rozwojem mikroorganizmów na przykładzie „Ukrzyżowania” z kaplicy w Barbarce koło Torunia*. Pr. magisterska wykonana w Kat. Technologii i Technik Mal. UMK w Toruniu, 1967, s. 12—50.

<sup>9</sup> Dokumentacja tego obiektu znajduje się w Zakładzie Konserwacji Zabytków Ruchomych — Kat. Technologii i Technik Malarskich UMK w Toruniu.

Wszystkie szczepy poddano szczegółowym badaniom. Z obiektu I uzyskano 9 szczepów, a z obiektu II uzyskano 13 szczepów. Szczepy te zidentyfikowano na podstawie klucza Waksmana i Krasilnikowa<sup>11</sup>.

a. Oznaczanie rozkładu płótna przez promieniowce

Szare płótno lniane pocięto na paski w wymiarach 12×2 cm. wzdłuż osnowy i następnie wyjałowiono w autoklawie. Wilgotne paski układano w szalkach Petriego na cienkiej warstwie jałowego agaru wodnego dla zapewnienia stałego dopływu wilgoci. Paski płótna szczepiono następnie zawiesiną zarodników promieniowców i inkubowano w cieplarni w temperaturze 22°C przez 15 dni. Po tym czasie paski wyjałowiono w parach formaliny, po czym zdjęto z powierzchni agaru, wysuszono przez 24 godz. w temperaturze pokojowej i badano ich wytrzymałość na zrywanie. Jako kontrole służyły jałowe paski płótna nie szczepione promieniowcami inkubowane w takich samych warunkach w płytkach. Badania przeprowadzono w 10 równoległych powtórzeniach.

Względny spadek wytrzymałości płótna w %/0 obliczano

$$\text{wg wzoru: } W = 100\% - \frac{n}{m} \times 100$$

gdzie: W — względny spadek wytrzymałości w %/0  
n — średnia wytrzymałość paszków po oddziaływaniu promieniowca,  
m — średnia wytrzymałość paszków kontrolnych.

Tą metodą zbadano wpływ 7 wybranych szczepów na spadek wytrzymałości płótna na zrywanie.

b. Oznaczanie zdolności hydrolizowania kleju kostnego przez promieniowce

Przygotowano pożywkę wg Waksmana, którą zmodyfikowano przez dodanie 3 g agaru na litr (zamiast 20 g na litr) oraz 20 g na litr kleju kostnego takiego, jakiego używa się do przeklejania płótna i do zapraw. Pożywkę tę jałowiono przez trzykrotną pasteryzację i wylewano do szalek Petriego. Po zastygnięciu szczepiono ją zawiesiną zarodników w jałowej wodzie agarowej (0,1% agaru w wodzie) nanosząc 1 kroplę zawiesiny na środek szalki. Po

<sup>10</sup> S. A. Waksman: *The Actinomycetes, their Nature, Occurrence, Activities and Importance*, Waltham, Mass., 1960. Skład pożywki dla promieniowców: skrobia rozpuszczalna — 0,5 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O — 0,2 g, CaCl<sub>2</sub> — 0,05 g, NaNO<sub>3</sub> — 0,05 g, asparagina — 0,05 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O — ślady, agar — 20,0 g, woda destylowana — 1000 ml.

<sup>11</sup> S. A. Waksman i H. Lechevalier: *Actinomycetes and their antibiotics*, Baltimore, 1953.



7 dniach hodowli w temperaturze 22°C na powierzchni płytki nalewano ok. 2 ml roztworu Frazier<sup>12</sup>. Roztwór ten jest wskaźnikiem stopnia rozkładu białek. W obecności białka daje zabarwienie białe, a pozostaje bezbarwny w miejscach gdzie nastąpił rozkład. Intensywność rozkładu kleju oznaczano przez określenie szerokości bezbarwnej strefy powstałej dookoła kolonii. Doświadczenie przeprowadzano w trzech równoległych powtórzeniach.

c. Oznaczanie zdolności rozkładu skrobi przez promieniowce

Na środek płytki z pożywką glukozowo-ziemniaczaną<sup>13</sup> наносono po 1 kropli zawiesiny zarodników badanych promieniowców w agarze wodnym. Po 7 dniach hodowli w temperaturze 22°C po dodaniu kilku kropel płynu Lugola<sup>14</sup> dookoła kolonii promieniowców obserwowano obecność żółtych stref powstałych wskutek zużycia skrobi przez wyrosłe promieniowce. Pozostała część pożywki przyjmowała zabarwienie ciemno niebieskie. Dla określenia różnic w intensywności rozkładu skrobi mierzone szerokość tych stref. Doświadczenia przeprowadzono w trzech równoległych powtórzeniach.

d. Oznaczanie zdolności rozkładu oleju lnianego przez promieniowce

Doświadczenie przeprowadzono na wybranych 6 szczepach promieniowców. Jako kryterium oceny stopnia zużycia oleju przyjęto liczbę kwasową, liczbę zmydlenia i liczbę jodową<sup>15</sup>. Oznaczenia chemiczne oleju przeprowadzono w pożywce, w której hodowano promieniowce przez 3 tygodnie w obecności oleju jako jedyne źródła węgla i energii. Zastosowano płynną pożywkę Waksmana z pominięciem agaru i skrobi rozpuszczalnej. Pożywkę tę w ilości po 15 ml rozlewano do kolbek 100 ml i jałowiono. Następnie szczepiono ją 0,5 ml zawiesiny zarodników promieniowców. Po trzydniowej inkubacji do kolb dodawano jałowy olej lniany w ilości 0,1 g w próbach przeznaczonych do określania liczby jodowej, lub 1,0 g w próbach

przeznaczonych do określania liczby kwasowej i liczby zmydlenia. Jako kontrola służyła pożywka nie zaszczerpią promieniowcami, inkubowana w tych samych warunkach. Po inkubacji oznaczano wartości odpowiednich liczb<sup>16</sup>.

e. Badanie zdolności wytwarzania siarkowodoru przez promieniowce w obecności różnych źródeł siarki, węgla i azotu

e. 1. Wpływ związków siarki na wytwarzanie siarkowodoru. Dla badania zdolności wytwarzania siarkowodoru hodowano promieniowce w próbkach z płynną pożywką wg Küstera<sup>17,18</sup> w skład której wchodziło jedno z następujących połączeń siarki: l-cystyna, l-cysteina lub dl-metionina w ilości 100 mg czystej siarki dostępnej dla drobnoustrojów na 1 litr pożywki, kazeina lub proszek jajeczny w ilości 1 g na 1 litr pożywki lub zhomogenizowane świeże jajko (1 szt. na 1 litr pożywki). Probówki z pożywką po wyjałowieniu szczepiono zarodnikami promieniowców, a następnie wprowadzano do nich paski bibuły nasyczone octanem ołowiu — wskaźnikiem wydzielania siarkowodoru. Na podstawie intensywności ciemnienia pasków z octanem określano optymalne źródło siarki. Po wytypowaniu związku, w obecności którego następowało najsilniejsze wytwarzanie siarkowodoru, używano następnie tegoż związku do pożywki przy określaniu optymalnego źródła węgla.

e. 2. Wpływ połączeń węglowych na wytwarzanie siarkowodoru. Intensywność wydzielania siarkowodoru określano w sposób podany wyżej na pożywce z cysteiną i z jednym z następujących źródeł węgla: glicerol, glukoza, maltoza, skrobia rozpuszczalna lub kazeina.

e. 3. Wpływ związków azotu na wytwarzanie siarkowodoru. Promieniowce hodowano, jak podano w punkcie e. 1. na pożywce z cysteiną (optymalne źródło siarki) i kazeiną (źródło węgla) oraz z jednym z następujących źródeł azotu: żelatyna, pepton, lub azotan potasu.

<sup>12</sup> W. C. Frazier: *A new method for detection of proteolysis by bacteria*, „Journal of Bacteriology”, XI (1929), s. 80.

<sup>13</sup> A. Strzelczyk: *Metody badania grzybów glebowych*, „Roczniki Gleboznawcze”, XIX (1968), z. 2, s. 420. Skład pożywki: wyciąg ziemniaczany — 500 ml, glukoza 20,0 g, woda 500 ml, agar 17 g.

<sup>14</sup> A. Filutowicz i A. Kuźdowicz: *Mikrotechnika roślinna*, Warszawa 1951, s. 159. Skład płynu Lugola: jod 2 g, jodek potasu 1 g, woda dest. 300 ml.

<sup>15</sup> Liczba kwasowa jest to ilość mg KOH potrzebna do zobojętnienia wolnych kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g badanego oleju.

Liczba zmydlenia jest to ilość mg KOH po-

trzebna do zobojętnienia wolnych i związanych kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g oleju.

Liczba jodowa jest to ilość gramów jodu jaka może przyłączyć się do 100 g oleju. Wskazuje ona na ilość podwójnych wiązań w łańcuchu kwasu tłuszczowego, a tym samym na stopień ich utlenienia.

<sup>16</sup> M. Struszyński: *Analiza ilościowa i techniczna*, Warszawa 1954, s. 467—471, 478—480.

<sup>17</sup> E. Küster i S. T. Williams: *Production of hydrogen sulfide by Streptomyces and methods for its detection*, „Appl. Microbiol.” XII (1964), z. 1, s. 46—52.

<sup>18</sup> J. Szmidt: *Zdolność promieniowców do produkcji siarkowodoru w zależności od różnych źródeł siarki*. Pr. magisterska wykonana w Zakładzie Mikrobiologii Ogólnej UMk w Toruniu. 1968, 1—25.

f. Wpływ siarkowodoru wytwarzanego przez promieniowce na zmiany zabarwienia barwników malarskich

Promieniowce hodowano na pożywce Küstera z cysteiną, kazeiną i peptonem, jak podano w poprzednich punktach. Pożywka o takim składzie najbardziej pobudzała wytwarzanie siarkowodoru przez promieniowce. Jako wskaźnika wytwarzania siarkowodoru użyto tu pasków bibuły pomalowanych farbami (minia lub żółcień chromowa w roztworze gumy arabskiej) zamiast pasków wysyconych octanem ołowiu. Przeprowadzono również porównawcze badania nad reagowaniem pasków wysyconych octanem ołowiu i pasków powleczonych farbą olejną z bielą ołowiową na siarkowodor wytwarzany przez promieniowce. Badania te przeprowadzono w dwu wariantach na pożywce dla promieniowców wg Waksmana: 1. z dodatkiem cystyny (100 mg siarki na 1 litr pożywki) — pożywka bogata w azot i siarkę, 2. z dodatkiem 500 mg proszku jajecznego, jako jedynego źródła siarki i azotu w podłożu — pożywka uboga w azot i siarkę.

g. Określanie wrażliwości promieniowców na środki grzybobójcze

Paski bibuły do sączenia o rozmiarach 1×7 cm. wysycono 0,5 ml dawkami alkoholowych roztworów następujących środków grzybobójczych: 1. octan fenylortęciowy (ok. 0,1%), 2. pięciochlorofenol (0,3%), 3. p-chloro-m-krezol (0,3%). Po odparowaniu rozpuszczalnika paski układano wzdłuż cięciwy na płytkach z pożywką agarową wg Waksmana. Płytki szczepiono następnie zawieszając zarodników promieniowców, prowadząc po trzy rysy prostopadłe od paska do przeciwległego brzegu płytki. Po 7 dniach hodowli oznaczano długość odcinków zahamowania wzrostu promieniowców w sąsiedztwie paska wysyconego środkiem grzybobójczym.

#### WYNIKI BADAŃ

Stwierdzono, że wszystkie wyodrębnione szczepy należały do rodzaju *Streptomyces*. Gatunek

Wpływ promieniowców na obniżenie wytrzymałości płótna na zrywanie

Tabl. I

Symbol szczepu	Wytrzymałość płótna w kg/cm <sup>3</sup>	Względny spadek wytrzymałości w %
Kontrola	2,90	
I 4	2,48	13
I 6	2,42	20
I 8	2,31	25
II 5	2,83	3
II 6	2,77	5
II 9	2,27	28
II 11	2,83	3

objaśnienia: I — szczepy wyodrębnione z obiektu I  
II — szczepy wyodrębnione z obiektu II

zbliżony do *Streptomyces globisporus* reprezentowany był przez 11 szczepów, zbliżony do *S. annulatus* przez 4 szczepy, zbliżony do *S. rochei* przez 2 szczepy, zbliżony do *S. longisporus* przez 1 szczep. Nie zidentyfikowano przynależności gatunkowej 4 szczepów.

a. Rozkład płótna przez promieniowce. Wyniki badań przedstawiono w tabeli I. Wszystkie zbadane szczepy promieniowców oddziaływały destrukcyjnie na płótno. Spadek wytrzymałości płótna sięgał u niektórych szczepów średnio od 25—28% w porównaniu z kontrolą.

b. c. Rozkład kleju kostnego i skrobi przez promieniowce. Tabela II przedstawia uzyskane wyniki badań. Z danych tych wynika, że zdolność do rozkładu kleju była wśród szczepów wyodrębnionych z malowidła II bardziej powszechna i odznaczała się większą intensywnością. Szczepy pochodzące z malowidła I w większości nie były zdolne do upłynnienia kleju kostnego. Szczepy te posiadały wyraźnie rozwiniętą zdolność rozkładania skrobi przejawiającą się znacznie silniej, niż u szczepów pochodzących z malowidła II.

Zdolność promieniowców do rozkładu kleju kostnego i skrobi

Tabl. II

Symbol szczepu	Szerokość strefy rozkładu w mm		Symbol szczepu	Szerokość strefy rozkładu w mm	
	kleju	skrobi		kleju	skrobi
II 9	—	12	I 5	6	12
II 4	6	10	I 4	0	11
II 10	—	9	I 6	1	11
II 11	—	8	I 11	0	7
II 12	—	8	I 7	2	6
II 13	—	4	I 3	0	5
II 8	11	2	I 2	0	4
II 6	10	2	I 8	0	4
II 2	8	2			
II 1	10	4			
II 3	4	1			
II 5	3	1			
II 7	2	1			

objaśnienia: „—” nie badano

d. Oddziaływanie promieniowców na olej lniany. We wszystkich hodowlach doświadczalnych stwierdzono obfity wzrost promieniowców, świadczący o ich zdolności do zużywania oleju lnianego jako jedynego źródła węgla. Wzrost skupiał się szczególnie obficie na powierzchni kropel oleju, na granicy zetknięcia się jego z pożywką. Krople oleju stawały się przy tym białe i matowe, co świadczy o powstawaniu kwasów tłuszczowych nierozpuszczalnych w wodzie. O zdolności promieniowców do hydrolizowania oleju świadczy również przedstawiony w tablicy III wzrost liczb kwasowych, oznaczonych w pożywkach, w których hodowano promieniowce. Hydrolizie tej towarzyszy uwalnianie glicerolu, który jest bardzo łatwo przyswajalnym źródłem węgla i energii dla drobnoustrojów. Przedstawione

wyniki, dotyczące zmian w wartościach liczb zmydlenia, świadczą o daleko idących przemianach zachodzących w kwasach tłuszczowych pod wpływem działania enzymów promieniowców. W większości wypadków po hodowli promieniowców nastąpiło wyraźne zwiększenie ogólnej ilości kwasów obecnych w środowisku w porównaniu z hodowlami kontrolnymi (bez promieniowców). Kwasy tłuszczowe powstałe w czasie enzymatycznej hydrolizy ulegały w dalszych etapach powolnemu utlenianiu, czego wynikiem jest wzrost liczb jodowych (tab. III).

#### Oddziaływanie promieniowców na olej lniany

Tabl. III

Symbol szczepu	Liczba kwasowa	Liczba zmydlenia	Liczba jodowa
Kontrola (bez promieniowców)	4,9	200	189
I 6	9,9	158	—
I 7	11,3	188	228
I 8	8,9	222	199
Kontrola (bez promieniowców)	5,7	185	191
II 2	7,6	198	192
II 9	6,1	200	223
II 9 a	—	210	225

e. f. Wytwarzanie siarkowodoru przez promieniowce w obecności różnych źródeł siarki, węgla i azotu i wpływ siarkowodoru na barwniki malarskie. Wyniki badań zebrano w tabelach IV—VI. Jak widać z tab. IV cysteina i cystyna były połączeniami siarki, z których promieniowce najłatwiej tworzyły siarkowodór. Dlatego w dalszych badaniach użyto cysteiny jako jedynego źródła siarki. Znacznie mniejsze ilości siarkowodoru tworzyły się w obecności metioniny, chociaż do pożywki dodano taką samą ilość siarki dostępnej dla drobnoustrojów. Tworzenie siarkowodoru w obecności pozostałych substratów było znacznie słabsze. Fakt ten należałoby tłumaczyć nierównoważnymi ilościami siarki dostarczonej w postaci tych związków. W czasie wykonywania pracy autorzy nie mieli jednak możliwości wykonania ilościowych oznaczeń zawartości siarki w tych produktach.

Ogólne ilości szczepów promieniowców wytwarzających z różną intensywnością siarkowodór w obecności różnych źródeł siarki

Tabl. IV

Źródło siarki	Szerokość strefy zaciemnienia pasków bibuły w mm				
	<1	1—2	2—5	5—10	>10
l-cysteina	0	2	2	3	11
l-cystyna	0	1	3	9	5
dl-metionina	0	1	6	8	3
kazeina	16	1	1	0	0
proszek jaj.	15	1	1	1	0
jajko świeże *	3	0	4	0	0

\* — badaniom poddano tylko 7 szczepów

Promieniowce hodowane na pożywkę z cysteiną i różnymi źródłami węgla produkowały najintensywniej siarkowodór w obecności kazeiny. Pozostałe połączenia organiczne również sprzyjały dość intensywnemu tworzeniu tego gazu (tab. V).

Ilości szczepów promieniowców wytwarzających z różną intensywnością siarkowodór w pożywkę: a. z cysteiną i różnymi źródłami węgla, b. z cysteiną, kazeiną i innymi źródłami azotu

Tabl. V

Źródło węgla (a)	Szerokość strefy zaciemnienia pasków bibuły w mm			
	1—2	2—5	5—10	>10
Kazeina	0	0	8	10
Glicerol	2	2	3	11
Glukoza	1	3	7	7
Maltoza	1	5	7	3
Skrobia	0	10	7	1
Źródło azotu (b)				
Żelatyna	0	2	15	1
Pepton	0	2	16	0
Azotan potasu	1	11	6	0

Spośród źródeł azotu zarówno obecność żelatyny jak i peptonu wpływała silniej na produkcję siarkowodoru, niż nieorganiczne źródło azotu (tab. V). Zdolność promieniowców do produkcji siarkowodoru w obecności połączeń białkowych, jakimi są żelatyna i pepton, może się wiązać z adaptacją tych drobnoustrojów do wzrostu na malowidłach, w skład których wchodziły połączenia białkowe. Na pobudzenie tworzenia siarkowodoru w obecności tych substratów mogły też mieć wpływ zawarte w nich dodatkowe ilości siarki.

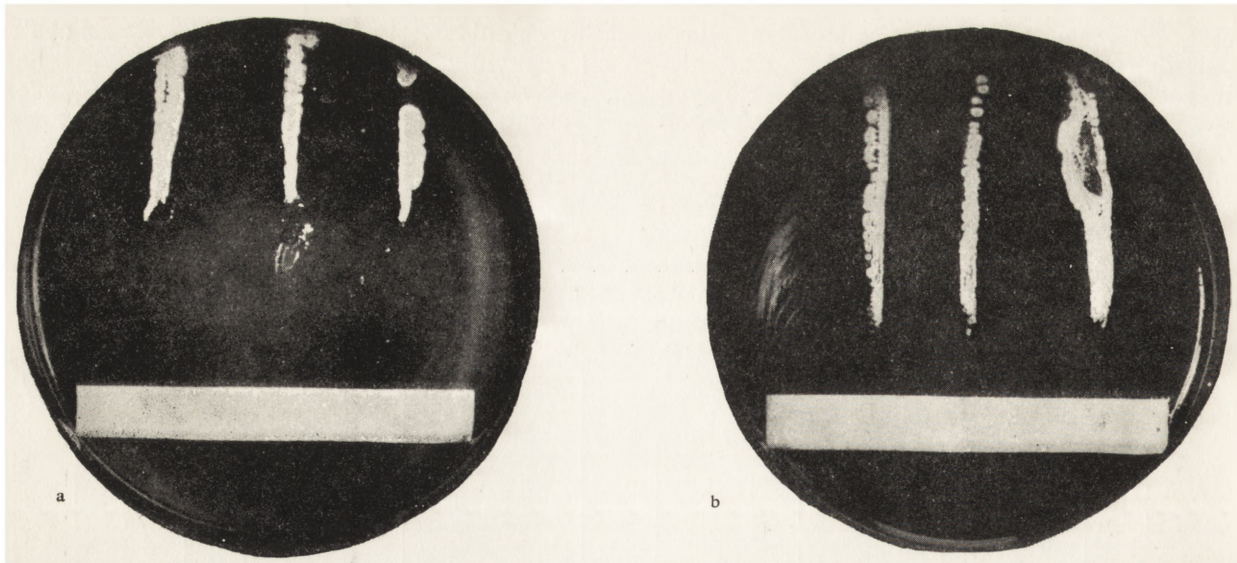
Siarkowodór wytwarzany na omawianych podłożach był zdolny do zmiany barwy barwników malarskich, co przedstawiono w tab. VI. Paski bibuły powleczone farbą z minią lub żółcią chromową po okresie 7—14 dniowym pokrywały się czarnym osadem siarczku ołowiu. Podobne zmiany obserwowano na powierzchni farby z bielą ołowiową w hodowlach promieniowców na pożywkę Waksmana z cystyną i na tejże pożywkę z dodatkiem proszku jajecznego, jako jedynego źródła siarki i azotu. W tym ostatnim wypadku pożywka miała bardziej ubogi skład i prawdopodobnie dlatego wytwarzanie siarkowodoru było słabsze. Proszek jajeczny zastosowano jako substrat dla spraw-

Ogólne ilości szczepów promieniowców zaczerniających z różną intensywnością paski pomalowane farbami

Tabl. VI

Rodzaj barwnika	Szerokość strefy zaciemnienia pasków w mm			
	1—2	2—5	5—10	≥10
Minia Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0	1	14	3
Żółcień chromowa PbCrO <sub>4</sub>	0	3	12	3





3. Wrażliwość szczepu promieniowca II 6 na działanie środków grzybobójczych. a — octanu fenylortęciowego; b — p-chloro-m-krezolu

3. Sensibilité de l'espèce d'actinomyce II 6 à l'action des agents fongicides. a — acetate phénylmercure, b — p-chlore m-crésol

dzenia możliwości zużywania spoiw jajecznych jako pożywki i źródła sianki dla promieniowców.

g. Wpływ środków grzybobójczych na promieniowce. Spośród trzech zbadanych środków grzybobójczych octan fenylortęciowy wykazywał najsilniej hamujące działanie (il. 3a, b), mimo zastosowania go w stężeniu 3-krotnie mniejszym od pozostałych związków (tab. VII). Promieniowce okazały się najbardziej odporne na działanie p-chloro-m-krezolu, w przeciwieństwie do grzybów pleśniowych wyodrębnionych z tego samego obiektu<sup>19</sup>.

Wrażliwość promieniowców na środki grzybobójcze

Tabl. VII

Symbol szczepu	Octan fenylortęciowy	Pięciochloro-fenol	P-chloro-m-krezol
	0,1%	0,3%	0,3%
długość zahamowania odcinka wzrostu			
I 4	37	25	0
I 6	brak wzrostu	28	0
I 8	48	26	0
I 8a	brak wzrostu	26	0
II 1	33	45	12
II 2	38	37	9
II 3	34	38	18
II 4	58	50	19
II 5	33	34	7
II 6	32	38	15
II 7	32	34	—
II 8	39	36	14
II 9	38	36	10
II 11	45	34	24
III 13	38	34	19

Objaśnienia: „—” nie badano.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy wskazują na zdolność zbadanej grupy drobnoustrojów do aktywnego niszczenia większości materiałów składających się na malowidło olejne. Materiały te wykazywały różną podatność na enzymatyczną działalność drobnoustrojów. Niektóre z nich, np. skrobia lub klejster są łatwo zużywane przez promieniowce. Inne natomiast, jak błonnik we włóknie płóciennym, werniks<sup>20</sup> lub olej<sup>21</sup> są bardziej odporne, gdyż są to związki nierozpuszczalne w wodzie. Czas potrzebny do rozłożenia tych substancji jest znacznie dłuższy. Drobnoustroje wykorzystują go do przyzwyczajania się do warunków w których się znalazły i do wytworzenia enzymów adaptacyjnych. Przystawiają wówczas swój aparat trawienny w kierunku zużywania substancji dostępnej w środowisku w które się dostały. Działają tu w myśl popularnej zasady: „Jak się nie ma co się lubi ...”. Zjawisko to wyraźnie wystąpiło przy określaniu zdolności rozkładu kleju kostnego i skrobi (tab. II) przez promieniowce pochodzące z obu obrazów. Zastanawiała wyrażna różnica między nimi w intensywności rozkładu tych dwu klejów. Staje się to jasne, kiedy przypomnimy, że cały obiekt I był niegdyś dublowany z użyciem klejsteru skrobiowego, natomiast płótno obiektu II było silnie wy-

<sup>19</sup> H. Sobolewska: j.w., s. 35—37.

<sup>20</sup> Z. Karczewski: *Próby zwalczania mikroflory atakującej werniksy konserwacyjne*. Pr. magisterska wykonana w Kat. Technologii i Technik Malarzkich, UMK w Toruniu, 1965.

<sup>21</sup> B. Slansky: *Technika malarstwa*, Warszawa, 1960, t. I, s. 148.

sycone klejem zwierzęcym. Zaprawa obiektu II przygotowana była także na tym kleju. Tym można byłoby tłumaczyć silny wzrost promieniowców na powierzchni malowidła i w siatce spękań.

Promieniowce wyodrębnione z obiektu I miały przez długi okres czasu styczność z produktami skrobiowymi, co spowodowało u nich rozwinięcie się zdolności do rozkładania skrobi. Promieniowce z malowidła II były natomiast zaadaptowane lepiej do rozkładu białka.

Zbadane drobnoustroje były też zdolne do rozwoju w obecności bardziej skomplikowanych substancji pokarmowych. Intensywny wzrost promieniowców obserwowano w pożywce z olejem lnianym (tab. III). Wiadome jest, że rozkładowi tłuszczów przez drobnoustroje towarzyszy hydroliza, w wyniku której powstają: glicerol i wyższe kwasy tłuszczowe. Wskaźnikiem tego procesu jest wzrost liczby kwasowej w hodowlach (tab. III). Glicerol odłączony od tłuszczu jest zużywany przez promieniowce w bardzo szybkim tempie. Dopiero gdy wyczerpią się jego zapasy następuje powolne nadtrawianie kwasów tłuszczowych. Procesowi temu towarzyszy powstawanie niskocząsteczkowych kwasów organicznych (kwasu mrówkowego, octowego i in.), dwutlenku węgla i wody co prowadzi do skracania łańcucha kwasu tłuszczowego. Odzwierciedleniem tego jest wzrost liczby zmydlenia. W kwasach tych przejściowo tworzą się podwójne wiązania<sup>22</sup> (wzrost liczby jodowej). Rozkład może prowadzić do całkowitego utlenienia kwasu tłuszczowego do dwutlenku węgla i wody. Jest to proces bardzo energiodajny dla drobnoustrojów, ale zachodzi powoli.

Rozkład olejów w farbách i werniksach przez drobnoustroje jest uzależniony na pewno od stopnia polimeryzacji oleju i tworzenia linoksydu<sup>23</sup>. Nie można jednak całkowicie wykluczyć możliwości zużywania linoksydu przez drobnoustroje biorąc pod uwagę jego zdolność pęcznienia w środowisku wodnym. Często obserwuje się intensywny wzrost drobnoustrojów nie tylko w siatce spękań, ale i na powierzchni powłok malarskich. Niestety dotychczas nie napotkano w literaturze na żadne doniesienie dotyczące tych procesów. Zagadnienia te mają być przedmiotem przyszłych badań.

Wykazano, że produkty przemiany materii promieniowców mogły oddziaływać na zabarwienie farb zawierających połączenia ołowiowe

w omawianych obiektach. Przypisywanie tego zjawiska wyłącznie działaniu zanieczyszczeń z powietrza byłoby nieścisłością, jeśli weźmie się pod uwagę dużą aktywność drobnoustrojów pod tym względem.

W laboratorium zapewniono promieniowcom optymalne warunki do tworzenia siarkowodoru. Na obiektach nie posiadają one takiego bogactwa pokarmów, dlatego intensywność wytwarzania tego gazu może być słabsza i powolniejsza. Niewielkie ilości siarkowodoru działające przez dziesiątki lat mogą jednak spełniać swoją szkodliwą rolę.

Na podstawie uzyskanych wyników należy stwierdzić, że:

1. Zbadane szczepy promieniowców odznaczały się zdolnością do rozkładania i zużywania wszystkich wymienionych składników malowideł. Następowo to jednakże z różną intensywnością.
2. Kleje były atakowane najłatwiej. Stwierdzono dużą zdolność promieniowców do przeprowadzania tego rozkładu. Przemawia za tym także bardzo silny wzrost promieniowców w siatce spękań, gdzie warstwa zaprawy jest najbardziej odsłonięta. Te związki były najprawdopodobniej głównym podłożem dla rozwoju promieniowców.
3. Promieniowce wykazywały stosunkowo małą aktywność w rozkładaniu błonnika zawartego w płótnie. Mogło to być wywołane obecnością w środowisku łatwo dostępnych substancji organicznych w postaci klejów.
4. Wyraźnie zaznaczała się zdolność promieniowców do atakowania oleju lnianego.
5. Oprócz działania destruktywnego na materiały zawarte w obiektach promieniowce mogły oddziaływać na obniżenie efektu estetycznego obrazów przez ściemnienie pigmentów wskutek tworzenia siarkowodoru.
6. Wobec znacznej roli w niszczeniu malowideł pełnionej przez promieniowce i częstotliwości ich występowania na obiektach zabytkowych należy przy zabiegach konserwatorskich dbać o zabezpieczenie obiektów przed rozwojem tych drobnoustrojów.\*

dr Alicja Strzelczyk  
mgr Stanisława Pietrykowska  
Katedra Technologii  
i Technik Malarskich UMK  
Toruń

<sup>22</sup> W. Kunicki-Goldfinger: *Życie bakterii*, Warszawa 1968, s. 165—168.

<sup>23</sup> Spolimeryzowany olej lniany jest z pewnością bardziej odporny na działanie drobnoustrojów. Jednakże określenie jego podatności stanowi dużą trudność ze względu na brak metod chemicznych, pozwalają-

cych na wyznaczenie parametrów świadczących o tym rozkładzie.

\* Autorki składają serdeczne podziękowanie kierownikowi katedry doc. dr Wiesławowi Domańskiemu za pomoc i życzliwe uwagi udzielone podczas przygotowywania pracy do druku.

La cause directe de l'étude du présent problème sont les fréquents cas des peintures à l'huile attaquées par les actinomycètes. Ils se développent sur le parement et le support des objectifs pour la plupart très endommagés. Ces microorganismes pénétrant profondément peuvent détruire l'objectif affaiblissant le substrat et la couche de la préparation, ils s'attaquent à la couche d'huile la rendant mate et poreuse et par là-même plus hygroscopique.

Les actinomycètes ont besoin pour leur développement, de même que d'autres microorganismes, la présence dans le substrat de compositions carboniques organiques et de compositions azotiques sous forme minérale ou organique. Ces composés sont mis à profit comme source d'énergie et matière pour la formation de leur propre corps et ceux de leurs descendants. Le rôle de ces microorganismes dans la décomposition des résidus végétaux et animaux dans les conditions naturelles, est connu, mais nous ne possédons aucune étude concernant le rôle de ces microorganismes dans la destruction des peintures à l'huile. A cet effet, le but de l'ouvrage présent était d'examiner:

1. quels éléments des peintures à l'huile constituent la source principale de nutrition pour les microorganismes et peuvent être par ceux-ci décomposés,
2. le développement de ces microorganismes sur la peinture peut-il influencer sur les changements dans la couleur des pigments,
3. quelle est leur sensibilité à l'action des agents toxiques.

Comme matériel d'étude ont servi deux peintures à l'huile examinées au point de vue technologique et conservées à l'Etablissement de Conservation des Biens Mobiliers de la Chaire de Technologie et Techniques picturales de l'Université Nicolas Copernic à Toruń: „Le Christ au Jardin d'Olives (il. 1a, bc) et „La Crucifixion" (il. 2a bc). On a prélevé sur les deux peintures 22 spécimens d'actinomycètes, appartenant à la famille de Streptomyces (genre: globisporus, annulatus, rochei et autres).

Les actinomycètes isolés ont subi les examens suivants:

- a. détermination de l'intensité de décomposition de la toile,
- b et c. définition de la capacité d'hydrolyse de la colle d'os et de l'amidon,
- d. détermination de la capacité de décomposition de l'huile de lin,
- e. production de sulfure d'hydrogène en présence de divers composés de soufre, de charbon et d'azote, influence du sulfure d'hydrogène produit par les actinomycètes sur les changements de teintes des colorants picturaux,

f. détermination de la sensibilité des actinomycètes aux agents fongicides.

Les résultats des recherches indiquent la capacité des actinomycètes à la décomposition de toutes les substances organiques examinées entrant dans la composition des peintures. La sensibilité de ces substances à la destruction était cependant différente. Les actinomycètes ont causé des changements proportionnellement peu importants dans la résistance de la toile (tabl. 1). Il convient d'expliquer ce fait par la présence dans le milieu de composés organiques, beaucoup plus assimilables pour les actinomycètes, comme par ex. les colles.

Dans le tabl. II on a présenté les différences entre les actinomycètes des deux peintures dans leur capacité de décomposition de la colle d'os et de l'amidon. On a observé que les espèces prélevées des deux peintures n'avaient pas cette même capacité. Les espèces de la peinture I usaient l'amidon plus facilement, et les espèces de la peinture II étaient mieux adaptées à la décomposition de la colle animale. La cause de ces différences dans la capacité de ces deux groupes d'actinomycètes consiste peut être dans le fait de leur adaptation à la décomposition de la colle particulière qui se trouve dans la peinture. Il ressort des examens technologiques des peintures que l'objectif I contenait de nombreux restes de colle d'amidon, dont il était autrefois recouvert, et la peinture II contenait beaucoup de colle animale dans la toile et le liant dans la préparation.

Chez tous les groupes d'actinomycètes on a constaté la capacité à hydrolyser l'huile (tabl. III) et à créer le glycérol et des acides gras libres (accroissement de l'indice d'acide après la culture). Le glycérol est pour les microorganismes une source de charbon et d'énergie facilement accessible, tandis que les acides gras se consomment très lentement. Sur la base des indices de saponification et d'iode on peut conclure que la consommation des acides gras par les actinomycètes examinés conduit à briser la chaîne des acides gras et à créer des acides organiques à faibles molécules, ce qui prouve leur capacité à la désintégration complète de ces composés.

On a également constaté que les actinomycètes sont capables de produire des sulfures d'hydrogène en présence de diverses sources de soufre ainsi que de charbon et d'azote (tabl. IV—VI). Ce gaz pouvait occasionner des changements dans la couleur des pigments picturaux préparés sur un liant d'huile et de gomme (tabl. VI). Il serait inexact d'attribuer ce phénomène uniquement à l'action des impuretés de l'air, si l'on prend en considération la grande activité des microorganismes.