

Wpływ obecności strużyn garbarskich na wzrost drożdży z rodziny *Dipodascaceae*

Influence of tanning shavings on the growth of yeasts from the
Dipodascaceae family

Dorota Wieczorek^{1*}, Magdalena Lasoń – Rydel^{1,2}, Dorota Gendaszewska¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz-Institut Przemysłu Skórzanego

² Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska/Interdisciplinary Doctoral School, Politechnika
Łódzka/Lodz University of Technology

Abstrakt

Głównym celem badań była analiza zmian w stężeniu aminokwasów, biomasy oraz pH w czasie hodowli drożdży z rodziny *Dipodascaceae* z dodatkiem strużyn garbarskich w podłożu hodowlanym. Obecność strużyn garbarskich w ilości 0,1% lub 1% w podłożu nie wywiera negatywnego wpływu na testowane mikroorganizmy. Co ciekawe, zaobserwowano niewielki przyrost biomasy. Oznacza to, że zastosowane w badaniu drożdże mogą przyswajać źródło węgla i azotu z kolagenu. Podwyższone wartości pH w podłożu, a także przyrost ilości wybranych aminokwasów w próbach właściwych wynikał z intensywnego metabolizmu mikroorganizmów. Można więc zakwalifikować drożdże z rodziny *Dipodascaceae* do dalszych prac związanych z przekształcaniem odpadów garbarskich w sposób biotechnologiczny.

Abstract

The main objective of the research was to analyze changes in the amino acids and biomass concentration, as well as changes in pH during the cultivation of yeasts from the *Dipodascaceae* family with the addition of tanning shavings in the growing medium. During the tests, it turned out that the presence of tannery shavings in the amount of 0.1% or 1% in the substrate did not have a negative effect on the tested microorganisms. Interestingly, a slight increase in biomass was observed. This means that the yeast used in the study can absorb the carbon and nitrogen source from the collagen. The increased pH values in the medium, as well as the increase in the amount of selected amino acids in the appropriate samples, most likely resulted from the intensive metabolism of microorganisms. In summary, yeasts of the *Dipodascaceae* family can be qualified for further work related to the biotechnological conversion of tannery waste.

Słowa kluczowe: aminokwasy, drożdże, biomasa, strużyny garbarskie

Keywords: amino acids, yeast, biomass, tanning shavings

* autor korespondencyjny: dr inż. Dorota Wieczorek: d.wieczorek@ips.lodz.pl

1. Wstęp

Branża skórzano – obuwnicza oddziałuje na środowisko przyrodnicze w całym cyklu życia produktu, czyli od początkowego etapu produkcji, poprzez użytkowanie wyrobu, aż do jego utylizacji – stanowiąc dla środowiska wieloetapowe zagrożenie. Procesy technologiczne wykorzystywane przez branżę skórzano-obuwniczą generują trzy główne grupy zanieczyszczeń:

- stałe odpady,
- ścieki,
- zanieczyszczenia gazowe (odory).

Szacowana ilość odpadów stałych wygenerowana przez branżę skórzano-obuwniczą w Polsce, uwzględniając produkcję wyrobów tekstylnych oraz produkcję skór i wyrobów skórzanych, została określona odpowiednio w Roczniku Statystycznym Przemysłu z 2019 i 2020 r – dane przedstawione zostały w tabeli 1 [1, 2].

Tab. 1. Ilość odpadów wytworzona przez branżę skórzano –obuwniczą w Polsce w latach 2018 i 2019 [1, 2]

Odpady wytworzone w ciągu roku 2018, tyś. ton				
Rodzaj przemysłu	Ogółem	Podane odzyskowi	Unieszkodliwe	Przekazane innym odbiorcom
Produkcja wyrobów tekstylnych	6,6	-	-	6,6
Produkcja skór i wyrobów skórzanych	55,1	-	1,5	53,6
Odpady wytworzone w ciągu roku 2019, tyś. t				
Rodzaj przemysłu	Ogółem	Podane odzyskowi	Unieszkodliwe	Przekazane innym odbiorcom
Produkcja wyrobów tekstylnych	6,0	-	-	6,0
Produkcja skór i wyrobów skórzanych	54,5	-	1,5	53,0

Stałe odpady przemysłu garbarskiego można podzielić na dwie kategorie: białkowe i chemiczne. Odpady garbowane białkowe składają się głównie z substancji organicznej i chromu (do 5%). Do tej grupy zaliczane będą małe odzierki, cypłowiny, niezużyte dwoiny czy chromowane strużyny garbarskie. Te ostatnie to małe cienkie kawałki skóry powstałe podczas operacji golenia. Materiały te nie są biostabilizowane. Z drugiej strony strużyny garbarskie zawierają dużą ilość cennego kolagenu (do 90%) [3]. Frakcje odpadowe niezanieczyszczone lub zanieczyszczone w niewielkim stopniu środkami chemicznymi mogą być odzyskiwane w innych sektorach przemysłu, takich jak produkcja żelatyny, osłonek wędliniarskich, nici, gąbek, tworzyw skóropodobnych, klejów, kosmetyków i pasz. Znacznie trudniejszym zagadnieniem jest zagospodarowanie odpadów powstałych po procesie właściwego garbowania [4].

Państwa Unii Europejskiej są już na etapie wdrażania przepisów wynikających z pierwszego Planu działań na rzecz gospodarki obiegu zamkniętego, w skrócie GOZ [5]. Z tego powodu w ostatnich latach działania w zakresie zarządzania odpadami z garbarni skierowane są na 3 kierunki: biodegradacja [6], ponowne wykorzystanie odpadów [7] i/lub odzyskiwanie produktów ubocznych [8].

Odpady białkowe takie jak strużyny garbarskie ulegają w czasie składowania degradacji. Mechanizm tego procesu jest uzależniony od składu i rodzaju materiału, a także od struktury łańcucha, morfologii czy warunków ekspozycji. Proces degradacji należy do procesów nieodwracalnych i wieloetapowych, polegających na biochemicznym rozpadzie związków organicznych do związków prostych. Rozkład biopolimerów (kolagenu), czyli podział łańcucha polimerowego początkowo do produktów oligomerycznych (polipeptydy), a następnie do monomerów (aminokwasy), uzależniony jest od wielu czynników. Z jednej strony zależy od budowy i własności samego biopolimeru takich jak: budowa chemiczna, masa molowa, hydrofilowość i obecności innych zanieczyszczeń, w tym substancji

nieorganicznych usieciowanych z biopolimerem w jedną strukturę, takich jak chrom. Z drugiej strony istotny wpływ mają warunki panujące w otaczającym środowisku takie jak temperatura, wilgotność, pH, siła jonowa oraz obecność enzymów wytwarzanych przez mikroorganizmy [9, 10].

Mikroorganizmy mogą rozwijać się na naturalnych materiałach na bazie kolagenu, takich jak skóra i pergamin, uszkadzając substancje poprzez rozkład mikrobiologiczny. Procesy biodegradacji związków organicznych z udziałem drożdży i bakterii zachodzą w odmienny sposób [12]. Dotychczas nie zostało ocenionych zbyt wiele gatunków drożdży pod kątem ich przydatności do ograniczania/usuwania/odzyskiwania produktów z odpadów garbarskich. W literaturze na ten temat można znaleźć tylko nieliczne informacje o drożdżach z rodzaju *Candida*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulasporea delbrueckii*, *Rhodotorula mucilaginosa* [13, 14, 15].

Wybór odpowiedniej strategii przekształcania strużyn garbarskich do procesów biotechnologicznych jest niezwykle ważny i musi obejmować zbadanie i zrozumienie kluczowych mechanizmów związanych z opornością drobnoustrojów i zmianami jakie zachodzą w podłożu mikrobiologicznym podczas wzrostu drobnoustrojów w obecności odpadów. Poszerzenie wiedzy w tym zakresie wymaga dogłębnego rozważenia wpływu strużyn garbarskich na zmiany w podłożu hodowlanym podczas wzrostu drożdży wyizolowanych z zanieczyszczonej gleby, wstępnie zidentyfikowanych jako drożdże z rodziny *Dipodascaceae*.

Celem niniejszej pracy była analiza zmian stężenia aminokwasów, biomasy oraz pH w czasie hodowli wybranych mikroorganizmów z dodatkiem 0,1% bądź 1% strużyn garbarskich w podłożu.

2. Materiały i metody

2.1. Materiał do badań

Strużyny garbarskie (rysunek 1) zostały uzyskane po procesie garbowania metodą wet-blue z terenu garbarni znajdującej się w Polsce. Wilgotność strużyn wykorzystywanych do procesu wynosiła 15% m/m. pH strużyn garbarskich w roztworze wodnym (stosunek 1:10) wynosiło 3,09. Strużyny garbarskie wykorzystywane w badaniach miały analogiczne cechy do opisanych we wcześniejszej pracy Ławińskiej i współpracowników z roku 2019 [15]. Strużyny cechowały się następującymi parametrami: ilość całkowitego popiołu na poziomie 8,6%, ilość azotu na poziomie 16,5% oraz tlenku chromu na poziomie 4,4%.



Rys. 1. Rozdrobnione strużyny garbarskie pod mikroskopem (KEYENCE VHX 950F), okular VH Z20R - powiększenie 20x [źródło: opracowanie własne].

2.2. Mikroorganizmy

Trzy szczepy drobnoustrojów zostały wyizolowane z gleby zanieczyszczonej substancjami organicznymi z terenów przemysłowych. Izolacja miała miejsce w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytut Przemysłu Skórzanego. Zastosowano standardową metodę izolacji z gleby tj.: rozcieńczenie populacji organizmów w roztworze fizjologicznym chlorku sodu. Następnie wykonano posiew rozcieńczonych zawiesin na płytce Petriego, z odpowiednio dobranym podłożem stałym, stymulującym wzrost poszukiwanych organizmów. Wykonano posiewy redukcyjne na odpowiednich podłoża dla grzybów (podłoże YPG) i bakterii (pożywka TSA), uzyskując pojedyncze kolonie. Wszystkie szczepy zostały włączone do wewnętrznej kolekcji mikroorganizmów Laboratorium Badań Mikrobiologicznych znajdującego się w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytut Przemysłu Skórzanego. Metodami biologii molekularnej przeprowadzono wstępną identyfikację mikroorganizmów poprzez określenie ich właściwości biochemicznych. Dotychczas wskazano, że drożdże zdecydowanie bardziej nadają się do przemysłowych procesów biotechnologicznych ze względu na szybki wzrost oraz większą odporność na stres środowiskowy np. obecność chromu, aniżeli bakterie [16]. Z tego względu do dalszych badań wytypowano wyizolowany i zidentyfikowany szczep drożdży z rodziny *Dipodascaceae*.

2.3. Przygotowanie inokulum i warunki hodowli mikrobiologicznej

Drożdże z rodziny *Dipodascaceae* przechowywane były na skosach w temperaturze 4°C na zmodyfikowanym podłożu YPG o składzie 1,5% w/o ekstrakt drożdżowy, 0,5% (w/o) chlorek sodu, 2% (w/o) agar. Tak przygotowany skos zalano 10 ml soli fizjologicznej i pozostawiano na 10 min. Następnie po zmyciu komórek mikroorganizmów ze skosu wykonywano pomiar gęstości optycznej

(OD₆₀₀) na spektrofotometrze przy długości fali 600 nm. Uzyskaną zawiesinę rozcieńczano solą fizjologiczną, aż do uzyskania gęstości hodowli OD₆₀₀ = 1,000. Tak przygotowaną zawiesinę podstawową w ilości 0,4 ml lub 0,8 ml przenoszono do kolb o pojemności 100 ml zawierających sterylną pożywkę YPG w ilości 40 ml oraz strużyny garbarskie w ilości 0,1% (w/o) lub 1% (w/o). Hodowlę prowadzono przez 48 h w 30°C na wytrząsarce orbitalnej (190 obr/min). pH medium przed sterylizacją (121°C, 45 min) wynosiło 7,0. Zastosowano następujące warianty hodowli:

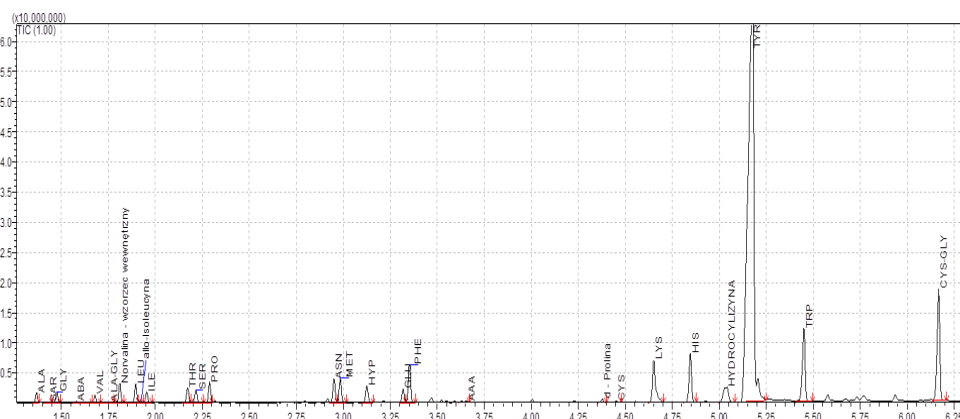
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG - próba **1**,
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskim 0,1% - próba **2**,
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1% - próba **3**,
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG i drożdżami – próba **4**,
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 0,1 % i drożdżami – próba **5**,
- Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1 % i drożdżami – próba **6**.

2.4. Przeprowadzone badania

Oznaczenie ilości aminokwasów w przesączach hodowlanych przeprowadzono metodą chromatografii gazowej z detektorem masowym (GC-MS). Do analizy wykorzystano próbki cieczy o objętości 0,1 ml. Próbki analizowano za pomocą chromatografu 2010 Plus GC (Shimadzu, Kyoto, Japonia) wyposażonego w model MS GCMS-QP2020 i automat nastrzykujący AOC-20i. Autosampler miał jedną strzykawkę z regulowaną objętością wstrzyknięcia. Do wstrzykiwania wzorców wewnętrznych i próbek użyto strzykawkę z dokładnością ± 0,01 ml. Zastosowano

kolumnę ZB-AAA GC (Phenomenex Inc., Torrence, USA; 15 m x 0,25 mm, grubość folii 0,1 μm). Temperaturę pieca początkowo utrzymywano na poziomie 110°C przez 1 min, a następnie podwyższano o krok 30°C min^{-1} do 320°C. Przepływ kolumny ustawiono na 1,0 ml He min^{-1} . Objętość nastrzyku wynosiła 0,2 ml, a stosunek podziału wynosił 1:10. Temperaturę nastrzyku MS ustawiono na 300°C. Przetestowano następujące wkładki: dezaktywowaną wykładkę szklaną z przegrodami, wykładkę wypełnioną watą szklaną, wykładkę wypełnioną wełną kwarcową. Linia transferowa do spektrometru mas była utrzymywana w 200°C. MS operowano w trybach skanowania (40–450 m/z) i SIM (monitorowanie wybranych jonów). W przypadku SIM wybrano odpowiednie zestawy jonów i zastosowano dwa charakterystyczne fragmenty masy derywatyzowanych aminokwasów dla prawie wszystkich aminokwasów, z wyjątkiem aminokwasów znakowanych. Wzorcowy roztwór aminokwasów zakupiono w firmie Sigma-Aldrich (Taufkirchen, Niemcy). Certyfikowany roztwór aminokwasów zakupiono w NIST (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA). Metanol, propanol, etanol (klasa LC-MS) i heksan (klasa HPLC) zakupiono od Fisher Scientific GmbH (Ulm, Niemcy). Wyniki podano w mg/l, wynik jest uśrednioną wartością z trzech lub czterech wykonanych prób. Na rysunku 2 przedstawiono chromatogram wzorcowego roztworu aminokwasów (i niektórych dipeptydów) wykonany techniką GC-MS. Stężenie roztworu – 50 mg/ml.

Pomiar zmiany pH podczas hodowli wykonywano co 24 godziny przy użyciu pH-metru Elmetron CP404. Do pomiaru pobierano 5 ml cieczy pohodowlanej. Pomiar ciężaru suchej biomasy drożdży dokonano metodą wagową, po przesączeniu komórek pod ciśnieniem na sączku jakościowym Whatman i przemyciu komórek roztworem acetonu i heksanu (3:1) oraz jałową wodą destylowaną, a następnie wysuszeniu do stałej masy w 105 °C. Wyniki podano w g/l cieczy pohodowlanej.



Rys. 2. Chromatogram wzorcowego roztworu aminokwasów (i niektórych dipeptydów) wykonany techniką GC-MS, metodyka 1. Stężenie roztworu – 50 mg/ml
[źródło: opracowanie własne].

3. Wyniki badań i ich dyskusja

Praca ta dotyczyła możliwości wykorzystania wybranych rodzajów drożdży do przekształcania odpadowych struzyn garbarskich w procesach biotechnologicznych. Skupiono się na analizie aminokwasów, przyroście biomasy oraz zmianach pH hodowli. Ponadto porównano ilości aminokwasów w próbach kontrolnych i próbach właściwych z dodatkiem mikroorganizmów.

Przyrost biomasy mikroorganizmów w zależności od składu podłoża indukcyjnego przedstawiono w tabeli 2. Największy przyrost biomasy drożdży zaobserwowano w czasie trwania hodowli w 48 h w próbie właściwej 2,20 g s.m./l, do której poza materiałem mikrobiologicznym wprowadzono struzyny garbarskie jako źródło węgla i azotu.

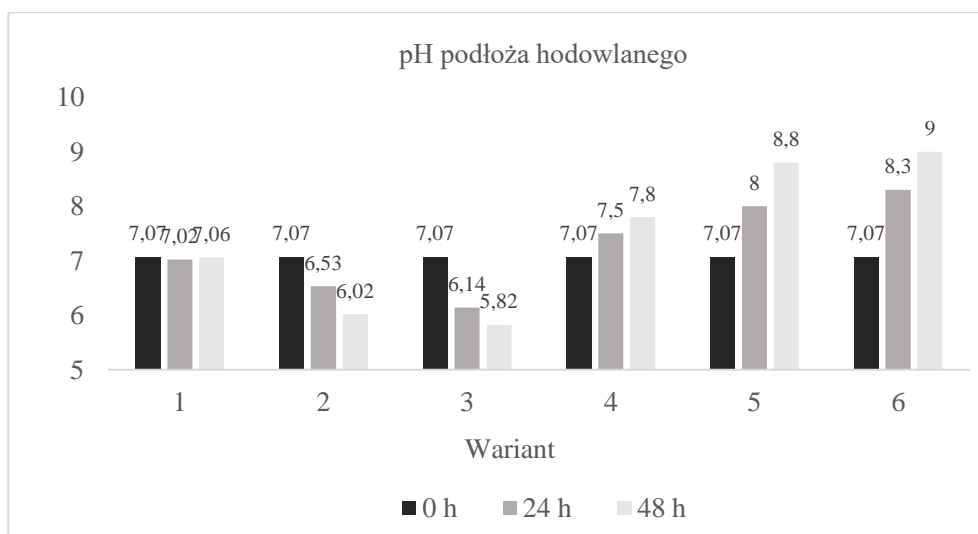
Tab. 2. Wpływ składu podłoża hodowlanego na przyrost biomasy drożdży z rodziny *Dipodascaceae*

Wariant	24 h	48 h
	Przyrost biomasy [g s.m./l]	
Podłoże hodowlane z pożywką YPG i drożdżami	1,45 ± 0,07	1,78 ± 0,09
Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 0,1 % i drożdżami	1,65 ± 0,08	2,08 ± 0,10
Podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1 % i drożdżami	1,71 ± 0,08	2,20 ± 0,10

Najmniejszy przyrost biomasy uzyskano w 24 h w próbie kontrolnej 1,45 g s.m./l (tabela 1). Uzyskane wartości w tabeli 1 wskazują na pozytywny wpływ dodatku strużyn garbarskich na przyrost biomasy mikroorganizmów. W przypadku podłoży hodowlanych bogatych w organiczne źródło azotu, przyrost mikroorganizmów i wejście w fazę stacjonarną następuje bardzo szybko (do 48 h hodowli), przez co kinetyka wzrostu mikroorganizmów jest wypłaszczona już po 24 h. Największy wzrost w próbie z dodatkiem strużyn w ilości 1% świadczy o tym, iż badane mikroorganizmy mogą rosnąć w obecności chromowanych strużyn garbarskich oraz przyswajając źródło węgla i azotu z kolagenu, który jest zawarty w odpadach. To potencjalnie klasyfikuje je do dalszych prac związanych z przekształcaniem odpadów garbarskich w sposób biotechnologiczny. Otrzymane wyniki są zgodne z wcześniejszymi pracami [17,18] wskazującymi w jak odmienny sposób przebiegają procesy adaptacji u drożdży i bakterii, narażonych na stres środowiskowy.

Kolejnym parametrem monitorowanym podczas hodowli były zmiany pH w podłożu hodowlanym. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunku 3. W przypadku podłoża z dodatkiem strużyn garbarskich (0,1% oraz 1%) zaobserwowano wyraźny wzrost odczynu środowiska w ciągu 48 godzin. Największą wartość pH odnotowano w próbie z modyfikowaną pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1% i drożdżami, a wartość ta była w 48 godzinie równa 9,0. Znaczny wzrost pH w podłożu wynikał prawdopodobnie z intensywnego metabolizmu drożdży i przyswajania azotu organicznego z pożywki i strużyn

garbarskich i wytwarzania metabolitów wtórnych lub/i wydzielania do podłoża alkalicznych proteaz zewnątrzkomórkowych. Zgodnie z doniesieniami literaturowymi, drożdże z rodziny *Dipodascaceae* np.: *Candida sp.* czy *Yarrowia sp.* to znani producenci zewnątrzkomórkowych proteaz alkalicznych czy biosurfaktantów [19, 20].



Rys. 3. Wpływ składu podłoża hodowlanego na zmiany pH w czasie eksperymentu w podłożu hodowlanym: 1) z pożywką YPG; 2) z pożywką YPG i strużynami garbarskim 0,1 %; 3) z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1 %; 4) z pożywką YPG i drożdżami; 5) z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 0,1 % i drożdżami; 6) z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1 % i drożdżami.

Najmniejszą wartość odczynu środowiska zaobserwowano z kolei po 48 godzinach w próbie z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1% (5,82). Spadek pH był związany z obecnością w podłożu surowych strużyn garbarskich, których pH jest stosunkowo niskie. Początkowo w roztworze wodnym odczyn pH wynosił 3,09. Charakter kwasowy skóry garbowanej chromem wynika z użycia kwaśnych soli

chromu do procesu wet-blue oraz z samego charakteru surowca – skóry świńskiej, która ma lekko kwaśne pH 6,3.

Ostatnim z przeprowadzonych badań była identyfikacja składu aminokwasów w podłożu hodowlanym w obecności strużyn garbarskich. Profil aminokwasowy we wszystkich badanych próbach ujawnił 33 piki. Zidentyfikowano w każdym przypadku 30 aminokwasów (ALA, SAR, GLY, ABA, VAL, BAIB, LEU, AILE, ILE, THR, SER, PRO, ASN, TPR, ASP, MET, HYP, GLU, PHE, AAA, APA, GLN, ORN, GPR, LYS, HIS, HLY, TYR, PHP, TRP, CTH, C-C) oraz 3 dipeptydy takie jak prolina – hydroksyprolina, hydroksylizyna oraz glicyna-prolina (Tabela 3.). Każdy aminokwas zidentyfikowano porównując czas retencji ze standardową próbką wzorca. W tabeli 3 zaprezentowano wyniki dla 6 prób. Sumaryczna ilość zidentyfikowanych aminokwasów w przesączach pochodzących była najwyższa w próbie 6 (podłoże hodowlane z pożywką YPG i strużynami garbarskimi 1 % i drożdżami) i wyniosła 6946,599 mg/l. Natomiast najniższa sumaryczna ilość zidentyfikowanych aminokwasów została oznaczona w próbie 1 (podłoże hodowlane z pożywką YPG) i wynosiła 244,573 mg/l. Przyrost ilości wybranych aminokwasów w próbach właściwych może świadczyć o intensyfikacji procesów metabolicznych z udziałem drożdży w obecności strużyn garbarskich, które w składzie mają ponad 90% kolagenu. Drożdże charakteryzują się wysoką zawartością wielu aminokwasów egzogennych w biomasie, a szczególnie dużą ilością lizyny [21]. Duża ilość aminokwasów w podłożu hodowlanym wskazuje, że komórki nie tylko wbudowały aminokwasy w biomasę, ale również powstał nadmiar tych związków w procesach hydrolizy ekstraktu drożdżowego. Wysoka ilość aminokwasów jest również wynikiem obecności białek zawartych w strużynach garbarskich. Ilość lizyny w próbach właściwych wyniosła od 761,978 mg/l do 5134 mg/l.

Tab. 3. Wyniki analizy ilościowej aminokwasów w przesączu hodowlanym uzyskane za pomocą chromatografii gazowej GC-MS (n=3/4).

Warianty	Próba 1	Próba 4	Próba 2	Próba 5	Próba 3	Próba 6
Skrót	mg/l					
ALA	1,125	2,373	0,500	53,617	88,746	20,593
SAR	0,000	6,226	0,000	0,000	0,000	0,000
GLY	0,064	0,235	0,040	2,070	1,972	2,786
ABA	1,878	1,416	0,000	0,000	0,000	21,355
VAL	0,102	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
BAIB	0,099	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
LEU	0,000	0,296	0,000	0,000	0,000	0,000
AILE	0,355	0,794	0,066	26,034	41,431	4,407
ILE	0,336	1,106	0,091	35,723	57,650	6,068
THR	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SER	0,703	1,467	0,136	27,409	39,328	8,078
PRO	0,024	0,901	0,004	156,867	668,080	0,107
ASN	1,356	0,485	0,017	11,478	28,319	0,000
TPR	0,091	0,011	0,001	0,028	0,022	0,032
ASP	26,469	166,367	32,285	280,228	374,256	511,235
MET	14,206	41,608	4,512	211,478	247,195	30,750
HYP	0,142	0,238	0,017	9,987	15,772	1,767
GLU	0,277	0,344	0,169	0,000	0,000	3,306
PHE	5,490	19,671	1,846	71,884	104,561	14,573
AAA	0,253	0,578	0,043	26,323	42,201	4,168
APA	0,135	0,205	0,036	0,096	0,044	1,647
GLN	8,747	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ORN	0,898	1,216	0,123	1,053	0,696	3,697
GPR	0,238	0,633	0,029	2,426	9,541	5,622
LYS	124,789	229,671	212,344	1425,076	761,978	5134,391
HIS	1,200	2,048	0,211	20,281	77,673	12,608
HLY	1,113	0,918	0,042	17,249	15,032	1,352
TYR	16,736	56,605	3,757	123,683	0,000	917,395
PHP	2,251	4,642	0,264	218,696	346,705	0,522
TRP	10,689	23,468	1,285	43,483	30,506	136,373
CTH	0,239	0,421	0,019	10,491	13,623	1,349
C-C	28,084	29,231	5,433	110,566	118,385	109,914
Suma bez dipeptydów	244,573	586,990	262,935	2647,849	2712,438	6946,599

Skład aminokwasowy białka drożdży zależy głównie od doboru szczepu i podłoża do ich produkcji, czyli może być w znacznym stopniu regulowany [22]. Wysoka ilość lizyny w podłożu hodowlanym bądź w komórkach drożdży jest pożądana [23] i może stanowić kierunek do dalszych prac związanych z

przekształceniem odpadów garbarskich z udziałem drożdży z rodziny *Dipodascaceae* przy jednoczesnej produkcji związków o wysokiej wartości dodanej.

4. Podsumowanie

Artykuł opisuje ocenę przydatności drożdży z rodziny *Dipodascaceae* w procesach biotechnologicznych prowadzących do wykorzystania odpadów generowanych przez przemysł garbarski. Na podstawie zebranych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Strużyny garbarskie w ilości 0,1% lub 1% nie mają negatywnego wpływu na komórki drożdży z rodziny *Dipodascaceae*, ale również stymulują przyrost biomasy mikroorganizmów przez co proces biodegradacji przebiega sprawniej.
2. Drożdże z rodziny *Dipodascaceae* mogą być sprzymierzeńcem w procesach rozkładu, przekształcania bądź odzyskiwania produktów z odpadów przemysłu garbarskiego i wpisywać się w założenia Planu na rzecz GOZ.

Praca została wykonana w ramach subwencji Ministerstw Edukacji i Nauki pt.: „Optymalizacja procesów przetwórstwa odpadowych surowców pochodzenia organicznego umożliwiającą ich ponowne wykorzystanie w GOZ”00/NOŚ/01/00/4/23.

Praca ta została ukończona w czasie, gdy Magdalena Lason Rydel była doktorantem w Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej Politechniki Łódzkiej / Interdisciplinary Doctoral School/Lodz University of Technology.

Literatura

- [1] Rocznik Statystyczny Przemysłu 2019
- [2] Rocznik Statystyczny Przemysłu 2020

- [3] Jonnalagadda R.R., Palanisamy T., Kalarical J.S., Balachandran U.N.: *Green Route for the Utilization of Chrome Shavings (Chromium-Containing Solid Waste) in Tanning Industry*, Environmental Science & Technology **36**(6), 2002, str. 1372-6.
- [4] Ławińska K., Obraniak A., Modrzewski R.: *Granulation Process of Waste Tanning Shavings*, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe **27**, 2(134), 2019, str. 107-110.
- [5] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rad, Komitety Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym. Bruksela 2 grudnia 2015 r.
- [6] Sanjaya M.S., Sudarsanama D., Gnanaprakasam A.R., Baskarb K.: *Isolation and identification of chromium reducing bacteria from tannery effluent*, Journal of King Saud University – Science **32**(1), 2020, str. 265-271. DOI: 10.1016/j.jksus.2018.05.001
- [7] Skwarek M., Wala M., Kołodziejek J., Sieczyńska K., Lasoń-Rydel M., Ławińska K., Obraniak A.: *Seed Coating with Biowaste Materials and Biocides—Environment-Friendly Biostimulation or Threat?* Agronomy **11**, 2021, str. 1034.
DOI: 10.3390/agronomy11061034
- [8] Pietrellia L., Ferrob S., Pietro A., Vocciantec R.M.: *Removal and recovery of heavy metals from tannery sludge subjected to plasma pyro-gasification process*, Journal of Cleaner Production **273**, 2020, str. 123-166. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123166
- [9] Rabek J.F., Współczesna wiedza o polimerach, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- [10] Dąbrowska D., Kot-Wasik A., Namieśnik J.: *Degradation of organic compounds in the environment*, Ecological Chemistry and Engineering S **9**(10), 2002, str. 1077-1096.
- [11] Oleszczuk P.: *Biodostępność i bioakumulacja hydrofobowych zanieczyszczeń organicznych. Część II. Sorpcja zanieczyszczeń oraz czynniki wpływające na ten process*, Biotechnologia **1**(76), 2007, str. 26-39.
- [12] Wieczorek D., Marchut-Mikolajczyk O., Strzelecki B., Gajewska M., Polewczyk A., Antczak T.: *The effect of tert-butylhydroquinone (TBHQ) on biodiesel bioremediation in soil samples inoculated with bacterial cells*. International Biodeterioration & Biodegradation **115**, 2016, str. 205-211. DOI: 10.1016/j.ibiod.2016.08.016.
- [13] Chengtao L., Guojun P., Xuechuan W., Xihuai Q., Taotao Q.: *The effects of non-metallic organic tanning agents on the microbial community structure in wastewater*, Journal of Cleaner Production **279**, 2021, str. 123-553.
DOI: 10.1080/15730620500042502