

## **CHARAKTERYSTYKA DROŹDŹY PASZOWYCH YARROWIA LIPOLYTICA SUSZONYCH METODĄ ROZPYŁOWĄ**

Izabela Musiał, Waldemar Rymowicz, Ryszard Kramkowski

**Streszczenie.** Biomasę drożdży *Y. lipolytica* A-101 uzyskaną w hodowli wglębnej w podłożu zawierającym surowy olej rzepakowy suszono metodą rozpyłową w zakresie temperatur od 115 °C do 200 °C. Przeżywalność badanych drożdży zmniejszała się wraz ze wzrostem temperatury suszenia, a niezutilizowany tłuszcz resztkowy był czynnikiem ochronnym w trakcie suszenia rozpyłowego. Biomasa badanych drożdży zawierała 51,2% białka, którego wartość biologiczna wynosiła 80% oraz 8,9% tłuszczu wewnątrzkomórkowego, w którym 90% wszystkich kwasów stanowiły nienasycone kwasy tłuszczowe.

**Słowa kluczowe:** drożdże paszowe, *Yarrowia lipolytica*, suszenie rozpyłowe, olej rzepakowy

### **1. WPROWADZENIE**

W ostatnich latach przedmiotem wielu opracowań naukowych było wykorzystanie odnawialnych i niekonwencjonalnych surowców do produkcji biomasy drożdżowej. Wśród nich znaczącą rolę stanowiły surowce oraz produkty uboczne i odpadowe przemysłu tłuszczowego. W Polsce w ciągu roku w zakładach przemysłu tłuszczowego powstaje kilkanaście tysięcy ton produktów ubocznych i odpadowych, zbierających się m.in. po myciu urządzeń rafinacyjnych, utwardzaniu tłuszczów i w innych operacjach technologicznych. Jednym ze sposobów zagospodarowania takich produktów może być ich mikrobiologiczne przetwarzanie w wartościowy produkt, jakim jest biomasa drożdży bogata w białko, tłuszcze i witaminy [Boze i in. 1992, Boze i in. 1995, Kramarz 1991, Riaublanc i in. 1992, Takata 1992, Tomasik i in. 1993]. Wyprodukowana biomasa może być wykorzystana jako cenny komponent białkowy pasz. Szczególna sytuacja w przemyśle paszowym, związana z wycofaniem mączek mięsno-kostnych z mieszanek paszowych, sprzyja zainteresowaniu drożdżami paszowymi jako alternatywnym źródłem białka.

Drożdże z gatunku *Y. lipolytica* wyróżniają się bardzo dobrym wzrostem na pożywce z udziałem surowców i odpadów przemysłu tłuszczowego, zawierają około 50% białka i akumulują w komórkach znaczne ilości tłuszczu, w którym ponad 90% kwasów tłuszczowych stanowią kwasy nienasycone o znacznym udziale (28–44%) NNKT [Petkov i in. 1999, Puniya i in. 1995, Riaublanc i in. 1992, Rymowicz i in. 1997]. Drożdże

te dobrze rosną przy pH podłoża poniżej 4, co jest bardzo korzystne w procesie przemysłowym, ponieważ umożliwia to prowadzenie procesu w warunkach niesterylnych i eliminuje energochłonny proces jałowienia pożywek i aparatury. Ponadto, prowadzenie procesu produkcji drożdży *Y. lipolytica* na substratach tłuszczowych pozwala uzyskiwać znacznie wyższe wydajności biomasy w porównaniu do procesów, w których substratem są surowce węglowodanowe [Lee i in. 1993, Montet i in. 1983, Musiał i Rymowicz 2002, Puniya i in. 1995, Riaublanc i in. 1992, Takata 1992].

Najlepszym sposobem utrwalania drożdży paszowych jest suszenie, które pozwala uzyskać produkt łatwy w przechowywaniu i transporcie. Biomasa różnych gatunków drożdży charakteryzuje się odmienną reakcją na stosowane metody i warunki suszenia. W czasie tego procesu następują istotne zmiany jakościowe, które mogą być zarówno pożądane, jak i niekorzystne. Przebieg i charakter tych zmian zależy od składu bioproduktu oraz stosowanej metody suszenia i parametrów procesu, a w szczególności temperatury i szybkości ogrzewania oraz wilgotności końcowej i szybkości odprowadzenia wilgoci. Podczas suszenia drożdży paszowych najważniejsze są zmiany związane z mechanizmem zniszczenia komórek i zahamowania procesów metabolicznych. Zgodnie z normą PN-81/A-79006 dotyczącą drożdży paszowych suszonych, powinny one być po suszeniu nieaktywne. Jedną z możliwych technik suszenia materiałów biologicznych jest suszenie w suszarkach rozpyłowych, gdzie kontakt drożdży z wysoką temperaturą nie przekracza kilkunastu sekund.

Celem niniejszych badań jest ocena przydatności suszenia rozpyłowego do utrwalania biomasy drożdży paszowych *Y. lipolytica* namnażanych w pożywce z dodatkiem surowców tłuszczowych oraz ocena wartości biologicznej wysuszonych drożdży.

## 2. MATERIAŁ I METODY

### 2.1. Mikroorganizm

Materiał biologiczny stanowiły drożdże *Y. lipolytica* A-101, pochodzące z Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności AR we Wrocławiu.

### 2.2. Suszenie

Suszeniu poddano drożdże wraz z podłożem hodowlanym, uzyskane w hodowlach periodycznych powtórzeniowych, w których surowy olej rzepakowy był jedynym źródłem węgla i energii [Musiał i Rymowicz 2002]. Suszenie rozpyłowe prowadzono w suszarce rozpyłowej typu Büchi 900 w zakresie temperatur od 115 do 200 °C. Szybkość przepływu zawiesiny drożdży, o stężeniu około 65 g s.m. drożdży L<sup>-1</sup>, przez dyszę suszarki rozpyłowej wynosiła 150 mLh<sup>-1</sup>.

### 2.3. Metody analityczne

Tłuszcz reszkowy oznaczano wagowo, 10 mL zawiesiny komórek poddawano dwukrotnej ekstrakcji eterem naftowym (2x2,5 mL), frakcje eterowe odparowywano w naczynkach wagowych w temperaturze 50 °C, a następnie naczynka dosuszano w temperaturze 105 °C do stałej masy.

Tłuszcz wewnątrzkomórkowy oznaczano wagowo po ekstrakcji biomasy drożdży metodą Bligh i Dyer [Kates 1972], fazę chloroformową odparowywano pod próżnią i suszono do stałej masy w naczynkach wagowych w 105 °C.

Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu wewnątrzkomórkowym, otrzymanym po odparowaniu chloroformu pod próżnią, oznaczono na chromatografii gazowym firmy HAWLETT PACKARD 5890, na kolumnie firmy SGE- BPX70, 0,25m.-50mx0,22mm, metodą w programie od temperatury 140 do 210 °C według Państwowej Normy PN-EN ISO 5508.

Białko komórkowe oznaczano metodą biuretową, a jego skład aminokwasowy techniką chromatografii cieczowej według Moore i Stein [Moore i Stein 1963] używając analizatora aminokwasów typu Amino Acid Analyser T-339.

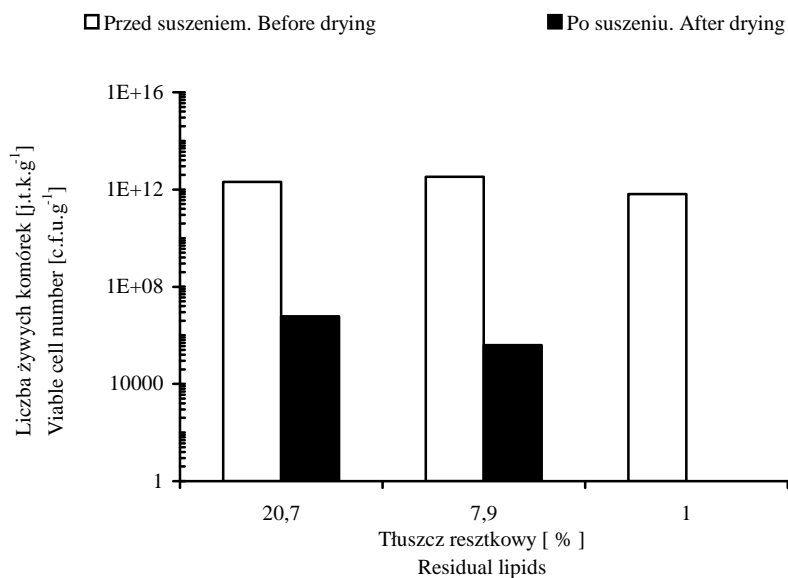
Wartość biologiczną białka oceniano metodą chemiczną, obliczając wskaźnik aminokwasowy metodą Osera [Oser 1951].

Ogólną liczbę komórek oznaczano w komorze Thoma, a liczbę żywych komórek w suchej masie drożdży oznaczano metodą płytkową na podłożu YM.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

#### 3.1. Suszenie drożdży w suszarce rozpyłowej

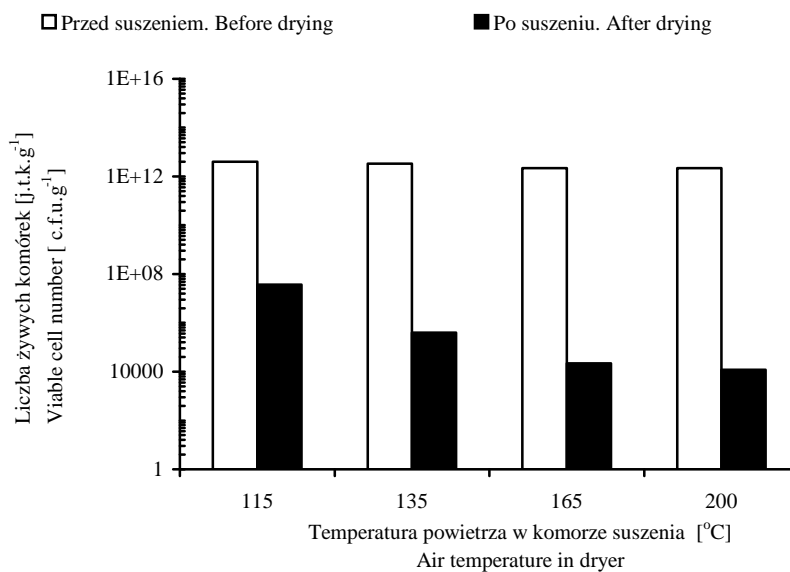
Procesowi suszenia poddano biomasę drożdży *Y. lipolytica* A-101 razem z pożywką, z trzech kolejnych hodowli, różniącą się zawartością tłuszczu resztkowego, tzn. nieużytego w trakcie procesu drożdżowania, wynoszącą od 1,0% do 20,7% (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ zawartości tłuszczu resztkowego w podłożu na przeżywalność drożdży *Y. lipolytica* A-101 suszonych w temperaturze 135 °C

Fig. 1. Influence of residual lipids concentration in the medium on survival of *Y. lipolytica* A-101 yeast dried in temperature 135 °C

Tłuszcz resztkowy był czynnikiem ochronnym w trakcie suszenia rozpyłowego. Najwyższą przeżywalnością charakteryzowały się drożdże z hodowli, w której zawartość substratu resztkowego kształtowała się na poziomie 20,7%. W takim przypadku liczba żywych komórek obniżyła się o 6 rzędów logarytmicznych. Natomiast w drożdżach suszonych, otrzymanych z zawiesiny o najniższej zawartości resztkowego surowego oleju rzepakowego (1%), nie stwierdzono żywych komórek. Proces suszenia drożdży *Y. lipolytica* A-101 prowadzono w suszarce rozpyłowej w szerokim zakresie temperatur, od 115 do 200 °C, a suszeniu poddano zawiesinę drożdży zawierającą 7,9% tłuszczu resztkowego (rys. 2). Wraz ze wzrostem temperatury suszenia zmniejszała się przeżywalność badanych drożdży. Liczba żywych komórek w drożdżach suszonych w temperaturze 115 i 200 °C wynosiła odpowiednio  $3,7 \cdot 10^7$  i  $1,2 \cdot 10^4$  j.t.k.g<sup>-1</sup>.



Rys. 2. Wpływ temperatury suszenia rozpyłowego na przeżywalność drożdży *Y. lipolytica* A-101 zawieszonych w podłożu zawierającym 7,9% tłuszczu resztkowego

Fig. 2. Influence of drying temperature on number of viable cells of *Y. lipolytica* A-101 suspended in medium containing 7,9% residual lipids

Najczęściej głównym celem procesu suszenia materiałów biologicznych, takich jak biomasa mikroorganizmów, jest zachowanie ich aktywności biologicznej po procesie suszenia. Dlatego też rzadko stosuje się w tych procesach temperatury przekraczające 100 °C. Substancje ochronne są bardzo przydatne w czasie procesu suszenia drożdży piekarniczych, gdzie stopień przeżywalności powinien być jak najwyższy. Proces suszenia takich drożdży związany jest z przejściem żywych komórek w stan anabiozy wskutek obróbki termicznej i utraty wody. Suszenie drożdży piekarniczych w temperaturze 60 °C w tunelu suszarniczym metodą kontaktowo-sorpcyjną jest jedną z zalecanych metod suszenia. Stwierdzono, że suszenie konwekcyjne drożdży *S. cerevisiae* na nośnikach takich jak otręby pszenne, mąka sojowa lub kreda w proporcji wagowej 1:1 wpływa korzystnie, nie tylko na przeżywalność komórek drożdżowych, ale także na

aktywność sacharolityczną oraz zdolność do wiązania wody. Nośniki porowate działają jak substancje ochronne [Mitura i Kamiński 1994]. Niektóre składniki komórki, jak np. trehaloza, spełniają również funkcję czynnika ochronnego dla błon komórkowych w procesie suszenia drożdży piekarskich. Trehaloza jest także substancją zapasową w czasie rehydratacji wysuszonych komórek. Dobre efekty suszenia drożdży piekarniczych uzyskiwano w dwustopniowym układzie fluidyzacyjnym, gdzie temperatura powietrza na wlocie w I i II stopniu wynosiła odpowiednio, 80 i 40 °C [Strumiłło i in. 1990]. Suszenie rozpyłowe stosowano między innymi do suszenia zarodników *Pantoea agglomerans*, mającego antygrzybowe właściwości przeciwko grzybom strzępkowym z rodzaju *Penicillium*. Stosując takie nośniki jak  $MgSO_4$ ,  $K_2SO_4$  i  $Na_2CO_3$ , uzyskano ponad 50% przeżywalności [Costa i in. 2002].

### 3.2. Charakterystyka składu chemicznego drożdży *Y. lipolytica*

Badane drożdże *Y. lipolytica* A-101 charakteryzowały się wysoką zawartością białka ogólnego wynoszącą od 47,5 do 51,2% suchej masy, w zależności od zawartości niewykorzystanego substratu tłuszczowego. Zdaniem Lee i in. [1993] oraz Montet i in. [1983] zawartość białka w biomase drożdży z gatunków *C. tropicalis* i *C. lipolytica* wyprodukowanych na oleju palmowym była niska i wynosiła odpowiednio, 35 i 32%. O walorach biomasy drożdżowej jako dodatku do pasz, świadczy nie tylko wysoka zawartość w niej białka, ale także jego skład aminokwasowy. Dalszej ocenie poddano biomasę drożdży *Y. lipolytica* A-101, w której nie stwierdzono żywych komórek. Oszacowanie wartości odżywczej białka analizowanych drożdży przeprowadzono na podstawie ich składu aminokwasowego.

Wartość biologiczna biomasy drożdżowej ściśle wiąże się z zawartością w niej niezbędnych aminokwasów. Skład aminokwasowy badanych drożdży przedstawiono w tabeli 1. Białko drożdży *Y. lipolytica* A-101 miało wysoką wartość biologiczną wynoszącą 80%, co wynikało z wysokiej zawartości w nim lizyny i fenyloalaniny, których stężenia znacznie przewyższały normy FAO. Z pozostałych aminokwasów tylko tyrozyna, metionina i leucyna były na nieco niższym poziomie niż wymagania tej normy. Wartość biologiczna białka innych drożdży z gatunku *Y. lipolytica* kształtowała się w zakresie od 46,6 do 77,4% [Petkov i in. 1999, Rymowicz 1997]. Podobnie kształtował się skład aminokwasowy białka innych drożdży wyprodukowanych z substratów tłuszczowych. Lee i in. [1993] stwierdzili niską zawartość metioniny i cysteiny oraz wysoką zawartość lizyny i fenyloalaniny w drożdżach *C. tropicalis* wyprodukowanych w podłożu zawierającym olej palmowy. Montet i in. [1983] badali 9 różnych gatunków drożdży, oceniając ich zdolność do wzrostu w podłożu zawierającym olej rzepakowy i palmowy. Spośród badanych gatunków białko drożdży *Y. lipolytica* charakteryzowało się wysoką zawartością lizyny i niską metioniny. Wysoką zawartość aminokwasów siarkowych (metioniny i cysteiny) stwierdzono natomiast w białku zawartym w drożdżach *Pichia pinus* wyprodukowanych z ekstraktu ze skórek mango [Iwanny i in. 1989]. Poziom aminokwasów w białku drożdży *C. lipolytica* wyprodukowanych w pożywce z metanolem był podobny do wymagań FAO; odnotowano wysoką zawartość treoniny, a niską waliny i izoleucyny [Iwanny i in. 1987]. W bilansowaniu potrzeb żywieniowych zwierząt coraz większą uwagę przywiązuje się obecnie do proporcji aminokwasów do energii. Pozwala to na zmniejszenie udziału białka w paszy nie ograniczając efektów produkcyjnych zwierząt, a redukując wydzielenie azotu do środowiska [Wójcik 2000].

Tabela 1. Porównanie zawartości aminokwasów egzogennych w białku drożdży *Y. lipolytica* A-101 namnożonych w pożywce z olejem rzepakowym z wzorcem dla drożdży paszowych według FAO

Table 1. Comparison of the essential amino acids content in protein of *Y. lipolytica* A-101 yeast produced on crude rapeseed oil with FAO standards for fodder yeast

Aminokwas Amino acid	Zawartość aminokwasów [G(100G BIAŁKA) <sup>-1</sup> ] Amino acids content [g (100g protein) <sup>-1</sup> ]	
	<i>Y. lipolytica</i> A-101	wzorzec FAO dla drożdży FAO standards for fodder yeast
Lizyna Lysine	9,0	6,4
Tyrozyna Tyrosine	3,1	3,7
Feniloalanina Phenylalanine	8,6	3,8
Tryptofan Tryptophan	1,5	1,2
Metionina Methionine	1,3	1,5
Cystyna Cysteine	1,0	0,9
Leucyna Leucine	7,4	7,7
Izoleucyna Isoleucine	3,7	3,1
Walina Valine	4,9	3,8

Niska zawartość białka w biomase drożdży otrzymanej z substratów tłuszczowych zazwyczaj wiąże się z wysoką zawartością w niej tłuszczów. Kramarz [1991] w produkcji biomasy drożdży *T. cutaneum* namnażanych w pożywce z olejem rzepakowym uzyskał w niej 48,0% białka, natomiast tłuszcze stanowiły aż 24% suchej masy. Proporcje pomiędzy poszczególnymi kwasami tłuszczowymi zawartymi w lipidach drożdży, w głównej mierze zależą od stosowanego substratu jak i składu pożywki. Drożdże *Y. lipolytica* A-101 zawierały 8,9% tłuszczu wewnątrzkomórkowego w suchej masie, który charakteryzował się znaczną ilością nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym 51,5% kwasu oleinowego, 27,2% kwasu linolowego i 9,6% kwasu linolenowego (tab. 2).

Tabela 2. Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu wewnątrzkomórkowym drożdży *Y. lipolytica* A-101 namnożonych w podłożu z olejem rzepakowym

Table 2. Fatty acids composition of intracellular lipids of *Y. lipolytica* A-101 yeast produced in the medium containing crude rapeseed oil

Kwas tłuszczowy Fatty acid	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1 T	18:1 C9	18:1 C11	18:2 T	18:2	18:3 T	18:3	20:0	20:1
%	3,5	3,4	0,1	0,1	0,7	0,1	51,1	1,6	0,1	7,2	0,1	9,6	0,1	0,5

T – trans, C – cis

Ze względu na atrakcyjny skład tłuszczu wewnątrzkomórkowego mikroorganizmy nagromadzające go w dużych ilościach są oceniane jako alternatywne źródła lipidów, tzw. Single Cell Oil [Papanikolaou i Aggelis 2002, Papanikolaou i in. 2002]. Drożdże *Y. lipolytica* ACA-DC 50109 rosnące na pożywce z udziałem odpadów tłuszczowych pochodzenia zwierzęcego zawierały od 0,44 do 0,54 g tłuszczu w 1 g s.m. drożdży, a w ogólnej puli tłuszczów triacyloglicerole stanowiły 55%, wolne kwasy tłuszczowe 35%, w których kwas stearynowy stanowił aż 80%. Według Papanikolaou i in. [2002] dodatek technicznego glicerolu powodował zwiększenie ilości kwasów nienasyconych w lipidach drożdży. Drożdże *Y. lipolytica* LGAM S(7)1 wyprodukowane w podłożu z technicznym glicerolem zawierały do 43% tłuszczów w suchej masie drożdży, gdzie głównymi komponentami tłuszczu był kwas oleinowy (45%), kwas linolenowy (20%), stearynowy (10%) i kwas palmitynowy (15%) [Papanikolaou i Aggelis 2002]. Odmienny skład kwasów tłuszczowych stwierdzono w lipidach drożdży *C. lipolytica* wyprodukowanych na pożywce z metanolem, w których dominowały nasycone kwasy tłuszczowe (71,8–76,6%), głównie kwas palmitynowy (45,8–56,0%) i stearynowy (20,6–25,9%) [Iwanny i Rashad 1984]. Kamzolova i wsp. [1996] badając wpływ pH podłoża na skład kwasów tłuszczowych w lipidach drożdży *Y. lipolytica* hodowanych w pożywce z etanolem wykazali, że w zakresie pH od 4,0 do 7,0 skład i proporcje kwasów tłuszczowych były podobne. Natomiast obniżenie pH do 3,2 spowodowało znaczny wzrost ilości kwasów palmitynowego, palmitooleinowego i oleinowego oraz obniżenie ilości kwasu linolowego i pojawienie się kwasu eikozenowego. Wewnątrzkomórkowe lipidy syntetyzowane przez *Apiotrichum curvatum* na pożywce z tłuszczem odpadowym z zakładów tłuszczowych zawierały, w porównaniu do składu kwasów tłuszczowych lipidów otrzymanych na pożywce z glukozą, zwiększony udział kwasu mirystynowego, linolowego i linolenowego oraz niższy udział kwasu stearynowego [Tomasik i in. 1993].

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych sformułowano następujące wnioski:

1. Niezutylizowany olej reszkowy, pozostały w zawieszynie drożdży *Y. lipolytica* A-101, był czynnikiem ochronnym w czasie suszenia rozpyłowego. Suszone drożdże, otrzymane po procesie suszenia rozpyłowego (135 °C) zawiesziny drożdży zawierającej 1% tłuszczu reszkowego, nie zawierały aktywnych komórek. Natomiast przy zawartości 7,9% tłuszczu reszkowego, po procesie suszenia rozpyłowego w temperaturze 200 °C, wykazano obecność żywych komórek w ilości  $1,2 \cdot 10^4$  w 1 g otrzymanego suszu.

2. Białko drożdży *Y. lipolytica* A-101 zawierało wysoką ilość lizyny (9%), fenyloalaniny (8,6%) i waliny (4,9%). Aminokwasami limitującymi wartość pokarmową drożdży były aminokwasy siarkowe; cystyna (1%) i metionina (1,3%). Ponadto białko drożdży charakteryzowało się wysoką wartością biologiczną, wynoszącą około 80%.

3. W tłuszczu wewnątrzkomórkowym badanych drożdży, nienasycone kwasy tłuszczowe stanowiły ponad 90% wszystkich kwasów tłuszczowych, które zawierały 51,5% kwasu oleinowego, 27,2% kwasu linolowego oraz 9,6% kwasu linolenowego.

## PIŚMIENNICTWO

- Boze H., Moulin G., Galzy P., 1992. Production of food and fodder yeasts. Crit. Rev. Biotechnol., 12(1/2), 65–86.
- Boze H., Moulin G., Galzy P., 1995. Biomass in Biotechnology. Vol.9, edyted Rehm H.J. and Reed G., Weinheim.

- Costa E., Teixeira N., Usall J., Fons E., Gimeno V., Delgado J., Vinas I., 2002. Survival of *Pan-tocaea agglomerans* strain CPA-2 in a spray-drying process. *J. Food Prot.*, 65 (1), 185–191.
- FAO/WHO, 1989. Protein Quality Evaluation, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Rome.
- Iwanny E. W., Rashad M. M., 1984. Lipid contents and fatty acid composition from *Candida lipolytica* and *Pichia guilliermondii* grown on methanol. *Egypt. J. Food Sci.*, 12(1-2), 21–28.
- Iwanny E. W., Rashad M. M., 1987. Assimilation of Methanol by Yeasts. *Acta Biotechnol.*, 7(1), 31–38.
- Iwanny E. W., Rashad M. M., Moharib S. A., 1989. Microbial biomass protein and polysaccharide production from vegetable processing wastes. *J. Basic Microbiol.*, 29 (9), 581–586.
- Kamzolova S.V., Christyakova T.I., Dedyukhina E.G., Shishkanova N.V., Finogenova T.V., 1996. Effects of temperature, pH, and ethanol concentration on the maximal specific growth rate and biomass composition of *Yarrowia lipolytica*, mutant strain no.1., *Mikrobiologija*, 65(2), 202–207.
- Kates M., 1972. Techniques of lipidology: isolation, analysis and identification of lipids. *Lab. Tech. Biochem. Mol.*, ed. T. S. Work and E. Work, Amsterdam.
- Kramarz M., 1991. Próby okresowej hodowli drożdży *Trichosporon cutaneum* w kadzi Fringsa z użyciem substratu tłuszczowego jako jedyne go źródła węgla i energii w podłożu. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu*, nr 605, 23–31.
- Lee C., Yamakawa T., Komada T., 1993. Rapid growth of thermotolerant yeast on palm oil. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 9, 187–190.
- Mitura E., Kamiński W., 1994. Suszenie na nośnikach porowatych drożdży piekarskich *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnologia*, 3 (26), 54–59.
- Montet D., Ratamahenina R., Ba A., Pina M., Graille J., Galzy P., 1983. Production of Single Cell Protein from vegetable oils. *J. Ferment. Technol.*, 61(4), 417–420.
- Moore S., Stein W.H., 1963. *Methods Enzymol.*, Ed. Colowick S.P. and Kaplan N.O., New York Acad. Press, 6, 819–831.
- Musiał I., Rymowicz W., 2002. Charakterystyka produkcji single-cell-biomass z oleju rzepakowego w różnych systemach hodowlanych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 3, 108–109.
- Oser B. L., 1951. Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Dietetic Ass.*, 27, 396.
- Papanikolaou S., Aggelis G., 2002. Lipid production by *Yarrowia lipolytica* growing on industrial glycerol in a single-stage continuous culture. *Bioresour. Technol.*, 82(1), 43–49.
- Papanikolaou S., Chevalot I., Komaitis M., Marc I., Aggelis G., 2002. Single cell oil production by *Yarrowia lipolytica* growing on an industrial derivative of animal fat in batch cultures. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 58, 308–312.
- Petkov K., Kinal S., Rymowicz W., Łukaszewski Z., Biel W., 1999. Charakterystyka składu chemicznego biomasy drożdży *Yarrowia lipolytica*. *Pasze Przemysłowe*, 2/3, 60–63.
- PN-81/A-79006, 1981. Drożdże paszowe suszone.
- PN-EN ISO 5508, 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- Puniya A. K., Singh S., Kumar C. G., Singh K., 1995. Single cell protein: A promising dietary substitute. *Ind. J. Exp. Biol.*, 33, 545–551.
- Riaublanc A., Boze H., Domuyneck M., Maulin G., Ratamahenina R., M., Grailla J., Galzy P., 1992. Optimisation of biomass production from palm oil culture using *Candida rugosa*. *Fat. Sci. Technol.*, 2, 41–46.
- Rymowicz W., Kinal S., Wojtatowicz M., Musiał I., Bodarski R., 1997. Charakterystyka biomasy drożdży *Yarrowia lipolytica* wyprodukowanej na substratach tłuszczowych. *Biotechnologia*, 3(38), 70–77.



- Strumiłło Cz., Markowski A.S., Adamiec J., 1990. Zmiany właściwości produktów biosyntezy w czasie suszenia. *Biotechnologia*, 4(10), 39–50.
- Takata Y., 1992. Production of SCP from soybean oil and waste soybean oil. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 39, 253–256.
- Tomasik J., Bednarski W., Kowalewska E., 1993. Mikrobiologiczne przetwarzanie roślinnych tłuszczów odpadowych., *Biotechnologia*, 3 (22), 196–207.
- Wójcik S., 2000. Tłuszcze paszowe. *Pasze Przemysłowe*, 4/5, 5–7.

## **CHARACTERISTIC OF SPRAY-DRIED FODDER YEAST *YARROWIA LIPOLYTICA***

**Abstract.** Biomass of *Y. lipolytica* A-101 yeast obtained from crude rapeseed oil has been spray-dried in the range of temperature from 115 °C to 200 °C. Amount of viable cells decreased with temperature increase. Residual substrate played role of protective agent. The biomass contained 51,2% of protein with high biological value of 80% and 8,9% intracellular lipids with high level unsaturated fatty acids about 90%.

**Key words:** fodder yeast, *Yarrowia lipolytica*, spray-drying, rapeseed oil

*Izabela Musiał, Waldemar Rymowicz, Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, ul. C. K. Norwida 25, 50–375 Wrocław, e-mail izmus@ozi.ar.wroc.pl*  
*Ryszard Kramkowski, Katedra Inżynierii Procesowej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, ul. J. Chelmońskiego 37/41, 51–630 Wrocław*