

WPLYW JONÓW MAGNEZU NA ROZWÓJ BAKTERYJNEJ MIKROFLORY WYSTĘPUJĄCEJ W PRASOWANYCH DROŻDŻACH PIEKARSKICH

Anna Raczyńska-Cabaj, Edyta Lipińska, Eugeniusz Sobczak,
Artur Stosio

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Z drożdży piekarskich wyizolowano i zidentyfikowano pięć szczepów bakteryjnych z rodzaju *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Lactobacillus* i *Escherichia*. Stwierdzono, że zahamowanie wzrostu szczepów z rodzaju *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina* i *Lactobacillus* było tym większe, im więcej magnezu znajdowało się w podłożu hodowlanym. W wypadku szczepu *E. coli* dopiero dodatek Mg^{2+} w ilości 5,0 i 10,0 g/dm³ powodował zahamowanie wzrostu badanego szczepu.

Słowa kluczowe: magnez, wzrost bakterii, jakość drożdży

WSTĘP

Magnez odgrywa bardzo ważną rolę w procesie namnażania biomasy komórkowej drożdży [Duszkiewicz-Reinhard i in. 2002, Błażej i in. 2002]. Dostępność jonów magnezu wpływa na przepuszczalność błon cytoplazmatycznych i utrzymanie ich integralności. Pierwiastek ten wraz z fosfolipidami tworzy związki kompleksowe będące głównym składnikiem struktury błon. Wiązanie magnezu w związki kompleksowe zmniejsza płynność i przepuszczalność błon cytoplazmatycznych. Jego niedobór jest przyczyną zwiększonej przepuszczalności błon, co z kolei powoduje wzrost stężenia wapnia i sodu oraz obniżenie poziomu potasu i fosforu [Pasternak 1999].

Jony Mg^{2+} biorą udział w budowie rybosomów oraz w powstawaniu struktur DNA i RNA [Saltukoglu i Slaughter 1983]. Jak podaje Pasternak [1999] magnez umożliwia agregację rybosomów w polisomy, dzięki którym zachodzi proces translacji. W wypadku kwasu dezoksyrybonukleinowego, jony magnezu zapewniają integralność jego spirali oraz utrzymanie właściwej struktury chromosomów. Niedobór tego pierwiastka prowadzi do różnych anomalii chromosomalnych.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Edyta Lipińska, Zakład Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: lipinskae@alpha.sggw.waw.pl

Magnez aktywuje ponad trzysta enzymów, m.in. syntetazę, fosfofruktokinazę, kinazy kreatynowe czy w końcu ATP-azę membranową, która uczestniczy w aktywnym transporcie cukrów i aminokwasów do wnętrza komórki [Sałek 1988]. Wywiera również istotny wpływ na gospodarkę lipidami, stymuluje syntezę niezbędnych kwasów tłuszczowych oraz wykazuje właściwości ochronne przed szkodliwym działaniem innych metali [Rodney i Greenfield 1984, Tuszyński i Pasternakiewicz 1994]. Poza wymienionymi wyżej właściwościami, jony magnezu wpływają również na podziały komórkowe, wielkość komórek oraz szybkość ich wzrostu [Rees i Stewart 1999].

W badaniach nad wpływem magnezu na cechy biochemiczne przemysłowych drożdży piekarskich stwierdzono, że ich trwałość jest uzależniona od ilości magnezu zawartego w biomacie komórkowej [Raczyńska-Cabaj i in. 2003]. W miarę wydłużania czasu przechowywania drożdży piekarskich następuje stopniowy wzrost zakażeń obcą mikroflorą. Na podstawie wstępnych badań ustalono, że jest on tym intensywniejszy, im mniej magnezu znajduje się w biomacie komórkowej drożdży. W związku z tym postawiono hipotezę, że istnieje możliwość ograniczenia rozwoju zakażeń przez zwiększenie ilości magnezu w biomacie komórkowej drożdży piekarskich [Raczyńska-Cabaj 2001].

Celem pracy było określenie wpływu jonów magnezu na wzrost bakteryjnej mikroflory występującej w prasowanych drożdżach piekarskich.

MATERIAŁ I METODY

Material biologiczny

W badaniach wykorzystano mleczo drożdży handlowych pochodzące z Mazowieckiej Fabryki Drożdży Piekarskich w Józefowie k. Warszawy. W celu sprawdzenia wpływu magnezu na zanieczyszczenia bakteryjne występujące w drożdżach pobrano mleczo drożdży handlowych, odfiltrowano zawartą w nim biomasę, a następnie zawieszono ją w trzech roztworach $MgSO_4 \times 7H_2O$ (1, 2 i 3%). Po godzinie wytrząsania biomasę ponownie odfiltrowano i podzielono ją na dwie części. Jedna z nich została umieszczona w warunkach chłodniczych (4°C) w celu przeanalizowania zmian jakie zachodzą w materiale magazynowanym, druga natomiast posłużyła do badań wstępnych.

Izolacja i identyfikacja szczepów

Izolację i identyfikację zakażeń bakteryjnych występujących w analizowanym mleczo drożdżowych przeprowadzono wg Vanderzanta i Nickelsona [1969] – modyfikacja własna. Czyste kultury wyizolowanych bakterii przechowywano na podłożu bulionowym lub MRS [MERCK].

Hodowla wyizolowanych szczepów bakteryjnych na podłożach kontrolnych i wzbogaconych w magnez

Wpływ jonów magnezu na wzrost wyizolowanych szczepów bakteryjnych sprawdzano na modelowym podłożu bulionowym lub MRS oraz na podłożach wzbogaconych jonami magnezu tak, aby końcowe stężenie tego pierwiastka kształtowało się na poziomie

0,25, 0,5, 1,0, 5,0 i 10,0 g Mg²⁺/dm³. Krzywe wzrostu bakterii wyznaczono w układzie OD a czas hodowli. Namnażanie bakterii prowadzono po zaszczepieniu płynnego podłoża hodowlanego 1 cm³ 24-godzinnej hodowli badanego szczepu. Przed zaszczepieniem podłoży dokonywano pomiaru gęstości optycznej *inokulum* po to, aby w kolejnych próbach kontrolować wielkość wsiewu. Pomiaru gęstości optycznej dokonywano w 0, 2, 4, 6, 24, 48 i 72 godzinie hodowli.

Oznaczanie gęstości optycznej OD

Oznaczanie gęstości optycznej wykonywano w celu określenia zmian zachodzących w czasie wzrostu komórek bakteryjnych w podłożach kontrolnych i wzbogaconych jonami magnezu. Pomiaru OD przeprowadzano na spektrofotometrze (Spectronic 20 Genesis, USA) przy długości fali $\lambda = 550$ nm.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

W pierwszym etapie pracy sprawdzono jak dodatek magnezu wpływa na rozwój bakteryjnej mikroflory, naturalnie występującej w prasowanych drożdżach piekarskich. W tym celu przygotowano cztery biomasy komórkowe drożdży różniące się zawartością jonów magnezu. Próbę kontrolną stanowiły drożdże pochodzące z mleczka nie wzbogaconego jonami magnezu. Trzy pozostałe biomasy pochodziły z mleczek, w których stężenie MgSO₄·7H₂O wynosiło odpowiednio 1, 2 i 3%. Najintensywniejszy rozwój zakażeń bakteryjnych odnotowano w drożdżach kontrolnych i znalazło to potwierdzenie w analizie statystycznej (tab. 1). Nie stwierdzono istotnych różnic dla próbek z dodatkiem 2 i 3% soli magnezu, chociaż zakażenia mikrobiologiczne drożdży pochodzących z mleczka o większym stężeniu magnezu miały tendencję do wolniejszego rozwoju w trakcie przechowywania (tab. 1).

Tabela 1. Zmiany ilości zakażeń mikrobiologicznych występujących w drożdżach piekarskich wzbogaconych w magnez w procesie przechowywania w 4°C

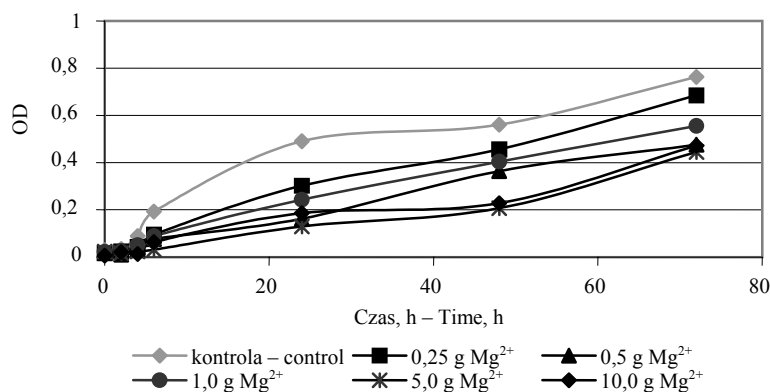
Table 1. Changes in contamination of the bakery yeast enriched with the magnesium during storage in 4°C

Stężenie magnezu w mleczku drożdżowym Concentration of the magnesium in the yeast milk	Czas przechowywania drożdży w 4°C, dni Time of the yeast storage in 4°C, day				
	0	7	14	21	28
0%	6,6 x 10 ⁶ jtk/g	8,9 x 10 ⁶ jtk/g	9,7 x 10 ⁶ jtk/g	1,3 x 10 ⁷ jtk/g	1,5 x 10 ⁷ jtk/g
1%	5,8 x 10 ⁶ jtk/g	7,6 x 10 ⁶ jtk/g	8,2 x 10 ⁶ jtk/g	9,6 x 10 ⁶ jtk/g	1,1 x 10 ⁷ jtk/g
2%	5,3 x 10 ⁶ jtk/g	6,6 x 10 ⁶ jtk/g	7,4 x 10 ⁶ jtk/g	8,3 x 10 ⁶ jtk/g	9,4 x 10 ⁶ jtk/g
3%	5,0 x 10 ⁶ jtk/g	6,2 x 10 ⁶ jtk/g	7,1 x 10 ⁶ jtk/g	7,9 x 10 ⁶ jtk/g	8,8 x 10 ⁶ jtk/g
NIR – LSD	0,522 x 10 ⁶	0,522 x 10 ⁶	0,522 x 10 ⁶	2,65 x 10 ⁶	2,94 x 10 ⁶

Ponieważ biomasa komórkowa drożdży jest układem bardzo złożonym, postanowiono sprawdzić wpływ jonów magnezu na wyizolowane czyste kultury bakteryjne w warunkach modelowych. Dlatego w drugim etapie pracy wyizolowano i zidentyfikowano zakażenia bakteryjne występujące w drożdżach piekarskich.

W ramach pracy wyizolowano z gotowego produktu i zidentyfikowano bakterie z rodzaju *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Lactobacillus* i gramujemne pałeczki *E. coli*. Uzyskane wyniki potwierdzają dane literaturowe, według których do najczęściej występujących zakażeń należą laseczki z rodzaju *Bacillus*, bakterie kwaszące, ziarniaki oraz bakterie wytwarzające śluzę [Januszkiewicz i in. 1984, Jakubczyk i Haber 1983, Sałek 1988].

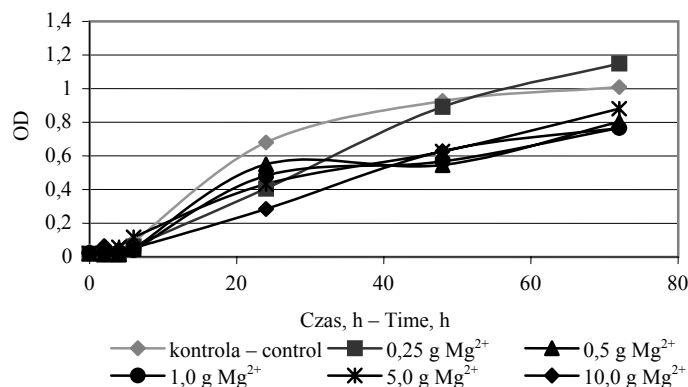
Hodowle wyizolowanych szczepów bakteryjnych przeprowadzono w modelowych podłożach bulionowym i MRS oraz w podłożach wzbogaconych jonami magnezu. W wypadku szczepu bakterii z rodzaju *Bacillus* stwierdzono, że wszystkie zastosowane stężenia magnezu, w porównaniu z hodowlą kontrolną, działały hamująco na jego rozwój (rys. 1). Wyraźny wpływ jonów magnezu na rozwój bakterii z rodzaju *Bacillus* odnotowano już w pierwszych godzinach logarytmicznego wzrostu. Najbardziej zauważalne różnice w przebiegu krzywych wzrostu w warunkach doświadczenia wystąpiły po 24 godzinach hodowli. Stwierdzono, że im większe stężenie magnezu w środowisku, tym silniejsze działanie hamujące i tym samym słabszy wzrost drobnoustrojów. Stężenia 0,5 i 1,0 g Mg^{2+}/dm^3 opóźniały wzrost badanego szczepu o ok. 20% w stosunku do hodowli kontrolnej, a podłoża zawierające największe stężenia, tj. 5,0 i 10,0 g Mg^{2+}/dm^3 , najsilniej hamowały rozwój bakterii, dając o ponad połowę mniejszy wzrost niż na bulionie bez dodatku magnezu (rys. 1).



Rys. 1. Wzrost bakterii z rodzaju *Bacillus* podczas hodowli na podłożu kontrolnym i doświadczalnym wzbogaconym w $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Fig. 1. Growth of *Bacillus* bacteria during the cultivation in the control and experimental media enriched with $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Krzywa wzrostu bakterii z rodzaju *Micrococcus* przedstawiała się podobnie do krzywej wyznaczonej dla szczepu bakterii z rodzaju *Bacillus*. Pierwsze widoczne różnice we wzroście badanego szczepu ujawniły się po ok. 10 godzinach hodowli (rys. 2). Stwierdzono, że wszystkie zastosowane stężenia magnezu działały hamująco na wzrost tych bakterii, przy czym najmniej hamowało stężenie 0,5 g Mg^{2+}/dm^3 (wartość OD na poziomie 0,550) a najbardziej 10,0 g Mg^{2+}/dm^3 (OD na poziomie 0,283).

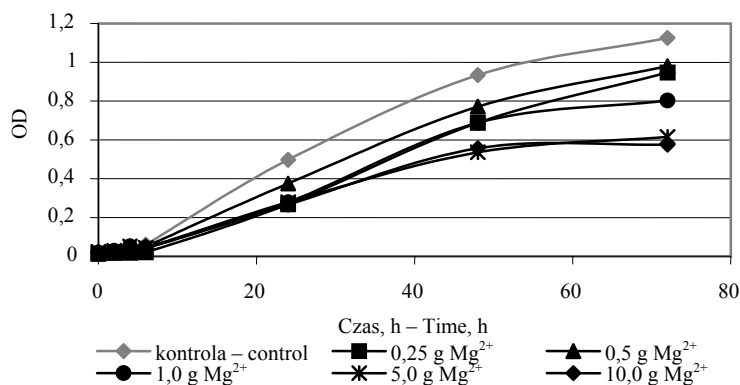


Rys. 2. Wzrost bakterii z rodzaju *Micrococcus* podczas hodowli na podłożu kontrolnym i doświadczalnym wzbogaconym w $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$
 Fig. 2. Growth of *Micrococcus* bacteria during the cultivation in the control and experimental media enriched with $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Z punktu widzenia technologii drożdźownictwa pierwszych 20 godzin hodowli jest najważniejszych i dlatego brak hamowania wzrostu szczepu bakterii z rodzaju *Micrococcus* po 48 godzinach w podłożu zawierającym $0,25 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ nie miał znaczenia. Pozostałe, większe stężenia magnezu w wyraźny sposób ograniczały wzrost badanego szczepu w porównaniu z hodowlą kontrolną (rys. 2).

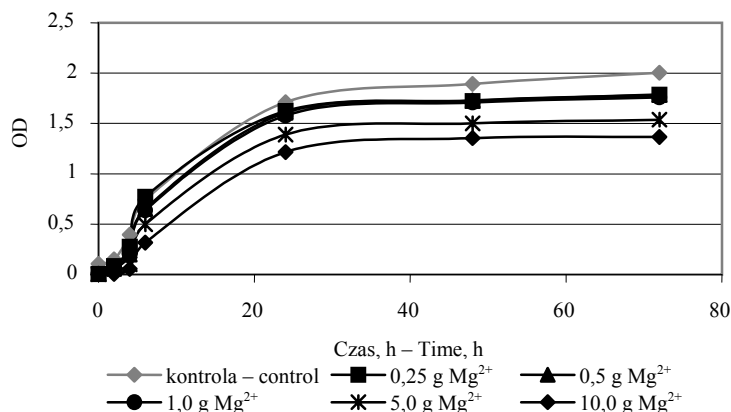
W wypadku szczepu bakterii z rodzaju *Sarcina* stwierdzono, że wszystkie podłoża wzbogacone w magnez działały hamująco na ich rozwój (rys. 3). Po 24 godzinach hodowli najmniejsze różnice w rozwoju badanego szczepu bakterii, w porównaniu z hodowlą kontrolną, dawało podłoże zawierające magnez w ilości $0,5 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$. Po 48 godzinie hodowli nastąpiło większe zróżnicowanie przebiegu krzywych. Podłoże o stężeniu $0,5 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ najslabiej hamowało rozwój bakterii z rodzaju *Sarcina* (OD 0,56), natomiast podłoża z zawartością $0,25$ i $1,0 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ silniej działały na wzrost bakterii i dawały wynik OD na takim samym poziomie, tj. 0,688. Podłoża z największymi dawkami magnezu ($5,0$ i $10,0 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$) wyraźnie hamowały wzrost bakterii do uzyskanej gęstości optycznej na poziomie 0,54. Po 72 godzinach hodowli podłoża zawierające magnez w ilości $5,0$ i $10,0 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ najsilniej hamowały wzrost badanego szczepu, dając o ok. połowę niższą wartość gęstości optycznej (OD 0,6) w stosunku do hodowli kontrolnej (OD 1,266).

W warunkach doświadczenia, już od pierwszych godzin hodowli stwierdzono hamujący wpływ wszystkich zastosowanych stężeń magnezu na badany szczep bakterii z rodzaju *Lactobacillus* (rys. 4). Przez cały czas hodowli była zachowana tendencja, że im większe stężenie magnezu w podłożu tym silniejsze hamowanie rozwoju drobnoustrojów, przy czym stężenia $0,25$; $0,5$ i $1,0 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ dawały podobne rezultaty. Uzyskane w tych podłożach wartości gęstości optycznej od 48 godziny hodowli były niższe w porównaniu z wartościami uzyskanymi na podłożu kontrolnym o ok. 10%. Stężenie $10,0 \text{ g Mg}^{2+}/\text{dm}^3$ najsilniej hamowało rozwój bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Wartości OD po 24 godzinach hodowli w podłożu wzbogaconym tą dawką magnezu były mniejsze od uzyskanych z kontrolnego podłoża MRS o ok. 29%.



Rys. 3. Wzrost bakterii z rodzaju *Sarcina* podczas hodowli na podłożu kontrolnym i doświadczalnym wzbogaconym w $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Fig. 3. Growth of *Sarcina* bacteria during the cultivation in the control and experimental media enriched with $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$



Rys. 4. Wzrost bakterii z rodzaju *Lactobacillus* podczas hodowli na podłożu kontrolnym i doświadczalnym wzbogaconym w $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

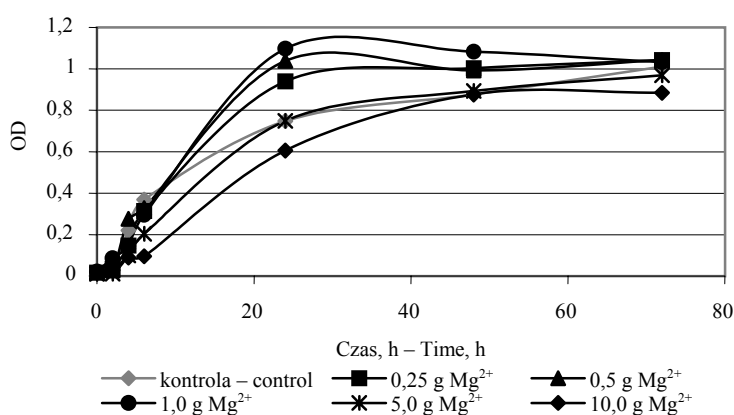
Fig. 4. Growth of *Lactobacillus* bacteria during the cultivation in the control and experimental media enriched with $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Podobne wyniki uzyskał Maliszewski [2001] w badaniach dotyczących wpływu magnezu na wzrost bakterii mlekowych *Lactobacillus fermentum*. Stosowane przez niego podłoża, zawierające magnez w ilości 0,25, 0,5 i 1,25 g /dm³, dawały przeszło 2-krotnie mniejszy plon biomasy komórkowej bakterii w stosunku do prób kontrolnych.

Wpływ jonów magnezu na wyizolowany szczep bakterii *E.coli* kształtował się nieco inaczej od pozostałych. Stężenia 0,25, 0,5 i 1,0 g Mg²⁺/dm³ ograniczały rozwój badanego szczepu jedynie w ciągu pierwszych sześciu godzin hodowli. Interesujące różnice we wzroście badanego szczepu *E. coli*, w zależności od stężenia magnezu w podłożu hodowlanym zaobserwowano po 24 godzinach. Po tym czasie stwierdzono, że najmniejsze

stężenia, tj. 0,25, 0,5 i 1,0 g Mg^{2+}/dm^3 , działały stymulująco na badany szczep w porównaniu z hodowlą kontrolną. Największą wartość OD, tj. 1,098, uzyskano przy stężeniu 1,0 g Mg^{2+}/dm^3 . Przy stężeniu 5,0 g Mg^{2+}/dm^3 po 24 godzinach gęstość optyczna hodowli była podobna do uzyskanej na podłożu kontrolnym i wynosiła 0,749, natomiast podłoże zawierające 10,0 g Mg^{2+}/dm^3 wyraźnie hamowało wzrost bakterii. Po 48 godzinach hodowli najmniejsze stężenia 0,25 i 0,5 g Mg^{2+}/dm^3 wykazywały działanie stymulujące na badany szczep. W tym samym czasie wartość OD uzyskana w podłożach wzbogaconych magnezem w ilości 5,0 i 10,0 g Mg^{2+}/dm^3 była porównywalna z wartością w hodowli kontrolnej i wynosiła ok. 0,85.

Hodowlę drobnoustrojów prowadzono na podłożach standardowych (bulion i MRS), które zapewniały optymalne warunki wzrostu. W tej sytuacji stwierdzone różnice we wzroście bakterii na tych podłożach można wiązać z obecnością jonów Mg^{2+} w środowisku.



Rys. 5. Wzrost bakterii *E. coli* podczas hodowli na podłożu kontrolnym i doświadczeniowym wzbogaconym w $MgSO_4 \times 7H_2O$

Fig. 5. Growth of *E. coli* bacteria during the cultivation in the control and experimental media enriched with $MgSO_4 \times 7H_2O$

WNIOSKI

1. Przez zwiększenie zawartości magnezu w biomase komórkowej drożdży piekarskich możliwe jest ograniczenie rozwoju występujących w niej zakażeń bakteryjnych.

2. Jony magnezu dodawane w postaci $MgSO_4 \times 7H_2O$ do modelowego podłoża hodowlanego wpływały znacząco na rozwój czystych kultur bakteryjnych.

3. W warunkach doświadczenia zahamowanie wzrostu szczepów bakteryjnych z rodzaju *Bacillus*, *Micrococcus Sarcina* i *Lactobacillus* było tym większe, im więcej magnezu znajdowało się w podłożu hodowlanym.

4. Hamujący wpływ na rozwój szczepu *E. coli* wyizolowanego z biomasy komórkowej drożdży piekarskich miały podłoża zawierające magnez w ilości 5,0 i 10,0 g Mg^{2+}/dm^3 .

PIŚMIENNICTWO

- Duszkiewicz-Reinhard W., Gniewosz M., Błażej S., Bańkowski A., 2002. Badanie zdolności wiązania magnezu przez drożdże piekarskie *Saccharomyces cerevisiae* w hodowli stacjonarnej. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 1 (1), 17-26.
- Błażej S., Duszkiewicz-Reinhard W., Gniewosz M., Rostkowska-Demner E., Domurad E., 2002. Badanie zdolności wiązania magnezu przez drożdże piwowarskie *Saccharomyces cerevisiae* w hodowli stacjonarnej. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 1 (2), 55-69.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW Warszawa, 221, 329.
- Januskiewicz K., Kubicki K., Łabendziński S., Malanowska J., Żółtowska I., 1984. *Poradnik Technologa drożdży*. Wyd. NOT SIGMA Warszawa, 13, 20.
- Maliszewski P. *Badania nad wiązaniem magnezu przez szczep bakterii mlekowych Lactobacillus fermentum*. 2001. *Maszyn. Zakładu Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności SGGW, Warszawa*.
- Pasternak K., 1999. Magnez w fizjologii człowieka. *Biul. Magnezol.* 4, 2, 480.
- Pasternak K., 1994. Magnez w fizjologii człowieka. *Magaz. Magnezol.* 19, 22-27.
- Raczyńska-Cabaj A., 2001. Wpływ wybranych stymulatorów wzrostu na cechy biochemiczne przemysłowych drożdży piekarskich w procesie hodowli i przechowywania. *Pr. Dokt. SGGW, Warszawa*.
- Raczyńska-Cabaj A., Lipińska E., Sobczak E., 2003. Wpływ jonów magnezu na wzrost drożdży piekarskich *Saccharomyces cerevisiae*. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4 (37), 69-76.
- Rees E.M., Stewart G.G., 1999. Effect of magnesium, calcium and wort oxygenation on the fermentative performance of Ale and Lager strains fermentative normal and high gravity worts. *J. Inst. Brew.* 105, 4, 211.
- Rodney P.J., Greenfield P.F., 1984. A review of yeast ionic nutrition. Part I: Growth and Fermentation Requirements. *Proc. Biochem.* 4, 48-60.
- Sałek A., 1988. Kontrola procesu produkcji drożdży piekarskich. Part II. *Metody Mikrobiol.* 6, 17: 26.
- Saltukoglu A., Slaughter J., 1983. The effect of magnesium and calcium on yeast growth. *J. Inst. Brew.* 89: 81.
- Tuszyński T., Pasternakiewicz A., 1994. Wpływ jonów metali na wzrost drożdży piekarskich rasy Mauter i hybrydu XT₄₁₁ x 5p. *Zesz. Nauk. AR Krak. Ser. Technol. Żywn.* 6: 246.
- Vanderzant C., Nickelson R., 1969. A microbiological examination of muscle, tissue of beef, pork and lamb carcasses. *Microbiological examination*. Animal Science Department. Texas AM University, 357-361.

INFLUENCE OF MAGNESIUM IONS ON THE GROWTH OF BACTERIAL CONTAMINATION IN THE BAKERY YEAST

Abstract. Five strains of bacteria were isolated from bakery yeast and identified as *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Lactobacillus* and *Escherichia*. The results indicated that the growth inhibition of *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina* and *Lactobacillus* increased with the amount of magnesium in the cultivation media. The highest magnesium content (5.0 and 10.0 g Mg²⁺/dm³) inhibited the growth of *E. coli*.

Key words: magnesium, growth of bacteria, yeast quality

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.09.2004 r.

Do cytowania - For citation: Raczyńska-Cabaj A., Lipińska E., Sobczak E., Stosio A., 2004. Wpływ jonów magnezu na rozwój bakteryjnej mikroflory występującej w prasowanych drożdżach piekarskich. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 3(2), 111-118.