

JOANNA KRASZEWSKA, WIESŁAW WZOREK, IWONA WOJTASIK

**WPLYW WARUNKÓW HODOWLI SZCZEPÓW Z GATUNKU
LACTOBACILLUS PLANTARUM NA ICH AKTYWNOŚĆ
ANTAGONISTYCZNĄ**

Streszczenie

Obecnie dużym zainteresowaniem cieszy się żywność funkcjonalna, do której należą m.in. produkty zawierające żywe kultury bakterii probiotycznych (np. bakterie fermentacji mlekowej). Bakterie fermentacji mlekowej odgrywają kluczową rolę podczas naturalnej konserwacji produktów spożywczych. Drobnoustroje te wytwarzają wiele związków o właściwościach antagonistycznych wobec bakterii gnilnych i chorobotwórczych, a także drożdży i pleśni. Zdolność produkcji przez bakterie fermentacji mlekowej metabolitów antagonistycznych zależy od wielu czynników m.in. temperatury i czasu hodowli bakterii.

Celem pracy było określenia wpływu warunków (temperatury, czasu) hodowli szczepów z gatunku *Lactobacillus plantarum* na właściwości antagonistyczne w stosunku do bakterii gram-dodatnich oraz gram-ujemnych.

Stwierdzono, że badane szczepy hamują wzrost stosowanych bakterii wskaźnikowych. Wykazano wpływ czasu oraz temperatury inkubacji bakterii fermentacji mlekowej na ich działanie antagonistyczne w stosunku do bakterii wskaźnikowych. Największe strefy zahamowania wzrostu obserwowano - na ogół - stosując 48-godziną inkubację bakterii fermentacji mlekowej w temperaturze 37°C. Badane szczepy *Lactobacillus plantarum* inkubowane w temp. 6°C nie wykazywały zdolności hamowania wzrostu bakterii *E. coli* ATCC 25922, *P. mirabilis* 180, *K. ornithinolytica*.

Słowa kluczowe: probiotyki, bakterie fermentacji mlekowej, *Lactobacillus plantarum*, antagonizm

Wprowadzenie

Zastosowanie bakterii fermentacji mlekowej w produkcji żywności przyczynia się do wyeliminowania lub zahamowania rozwoju drobnoustrojów toksynotwórczych, patogennych oraz powodujących psucie się produktów spożywczych. Udział bakterii fermentacji mlekowej w konserwowaniu żywności związany jest z hamującym wpływem produkowanych przez nie metabolitów. Do związków o charakterze antagonistycznym, produkowanych przez bakterie fermentacji mlekowej należą m.in.: kwas mlekowy i octowy [1], kwas 2-pirolidono-5-karboksyłowy [15], kwasy

tłuszczowe [5], kwas fenylomlekowy i 4-hydroksyfenylomlekowy [14], nadtlenek wodoru [3], bakteriocyny [2], diacetyl [6], aldehyd octowy, etanol [13], kwas benzoesowy, 5-metylohydantoina, lakton kwasu mewalonowego [12]. Według danych literaturowych [7, 8] zdolność bakterii fermentacji mlekowej do syntezy związków o właściwościach antagonistycznych zależy nie tylko od szczepu bakterii, ale również od warunków środowiska, fizycznych i chemicznych, takich jak: wiek hodowli (faza wzrostu drobnoustrojów), skład podłoża, pH środowiska, temperatura czy czas inkubacji.

Celem pracy było określenie antagonistycznej aktywności szczepów z gatunku *Lactobacillus plantarum* w zależności od temperatury i czasu hodowli bakterii fermentacji mlekowej.

Materiał i metody badań

W badaniach stosowano szczepy należące do gatunku *Lactobacillus plantarum*: *L. plantarum* 44, *L. plantarum* 299v, *L. plantarum* ATCC 4080, *L. plantarum* NCAIM B.01834, *L. plantarum* NCAIM B. 01149.

Jako drobnoustroje wskaźnikowe zastosowano bakterie gram-dodatnie: *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Bacillus pumilus* ATCC 8241, *Bacillus megaterium*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 oraz gram-ujemne pałeczki z gatunków: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Citrobacter freundii* 488, *Pseudomonas fluorescens* 16/94, *Proteus mirabilis* 180, *Klebsiella ornithinolytica*.

Właściwości antagonistyczne bakterii fermentacji mlekowej badano metodą słupkową [9]. Celem określenia wpływu czasu inkubacji bakterii fermentacji mlekowej na syntezę substancji antagonistycznych 24-godziną hodowlę posiewano na podłoże MRS i inkubowano w temp. 28°C przez 24, 48 oraz 72 godz. Do określenia wpływu temperatury inkubacji hodowlę szczepów z gatunku *L. plantarum* prowadzono przez 48 godz. w temp. 6, 22 oraz 37°C. Następnie z podłoża z wyrosłą hodowlą bakterii fermentacji mlekowej wycinano słupki i przenoszono na płytki z zestalonym bulionem wzbogaconym (BTL Sp.z o.o. Zakład Enzymów i Peptonów) zawierającym 24-godziną hodowlę szczepu wskaźnikowego. W ten sposób przygotowane hodowle inkubowano w temp. 37°C przez 24 godz. w anaerostatach. Po tym czasie mierzono średnicę strefy zahamowania wzrostu szczepu wskaźnikowego (testowego). Wynik podawano w mm po odjęciu średnicy słupka. Wykonano sześć serii doświadczeń, każdą w dwóch powtórzeniach. Wyliczono wartości średnie oraz odchylenia standardowe.

Wyniki i dyskusja

Wpływ czasu inkubacji wybranych szczepów z gatunku *Lactobacillus plantarum* na ich właściwości antagonistyczne przedstawiono w tab. 1. Każdy z badanych

Tabela 1

Wielkość stref zahamowania wzrostu szczepów testowych determinowana czasem inkubacji bakterii fermentacji mlekowej [mm].
Zones inhibition growth of test bacteria was determined by incubation time of lactic acid bacteria [mm].

Szczepy testowe Test strains	Szczepy badane / Studied strains														
	<i>L. plantarum</i> 44			<i>L. plantarum</i> 299v			<i>L. plantarum</i> ATCC 4080			<i>L. plantarum</i> NCAIM B.01834			<i>L. plantarum</i> NCAIM B.01149		
	Czas inkubacji [godz.] / Incubation time [h]														
	24	48	72	24	48	72	24	48	72	24	48	72	24	48	72
Bakterie gram-dodatnie / Gram-positive bacteria															
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	27,8 ±0,4	22,8 ±1,2	10,3 ±0,5	25,0 ±0,9	24,7 ±0,8	11,8 ±1,3	24,3 ±0,5	25,7 ±0,8	13,5 ±1,3	24,2 ±1,3	23,7 ±0,5	14,8 ±1,5	25,2 ±1,5	21,3 ±0,8	12,3 ±0,5
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	5,8 ±0,8	9,2 ±0,4	10,3 ±1,0	6,5 ±1,4	10,2 ±1,5	9,2 ±0,4	5,8 ±0,1	8,8 ±1,2	10,5 ±0,6	5,3 ±0,5	10,0 ±1,3	9,8 ±0,8	6,5 ±1,1	7,5 ±1,1	10,5 ±0,6
<i>B. cereus</i> ATCC 11778	10,2 ±0,4	12,3 ±1,4	8,5 ±0,6	11,2 ±0,4	12,8 ±0,1	6,8 ±0,8	12,0 ±1,1	12,2 ±1,3	6,5 ±0,6	12,2 ±1,2	13,3 ±0,8	6,7 ±0,5	11,2 ±0,8	11,2 ±0,1	6,3 ±0,5
<i>B. pumilus</i> ATCC 8241	5,2 ±0,4	7,8 ±0,1	7,5 ±0,6	5,8 ±0,4	8,0 ±0,6	7,7 ±0,8	6,8 ±1,3	8,2 ±0,8	7,7 ±0,5	7,0 ±0,9	8,7 ±0,5	8,5 ±0,6	6,7 ±1,0	7,8 ±0,1	7,5 ±0,8
<i>B. megaterium</i>	5,0 ±0,0	11,8 ±0,4	5,3 ±0,5	6,3 ±1,5	11,2 ±0,4	4,8 ±0,4	6,2 ±1,5	10,0 ±0,6	5,5 ±0,6	6,0 ±1,6	10,0 ±1,1	5,0 ±0,6	5,8 ±1,3	10,2 ±1,5	4,5 ±0,6
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	7,2 ±0,4	9,2 ±1,5	11,7 ±1,4	7,7 ±1,4	8,5 ±1,2	10,5 ±0,6	8,7 ±0,5	8,8 ±1,3	11,0 ±0,9	9,2 ±1,2	10,5 ±1,7	11,3 ±1,9	8,3 ±1,0	9,8 ±0,8	9,3 ±0,8

c.d. tab. 1.

Bakterie gram-ujemne / Gram-negative bacteria															
<i>E. coli</i> ATCC 25922	6,7 ±1,4	8,3 ±1,0	10,3 ±1,0	7,2 ±0,4	9,8 ±0,8	9,8 ±0,8	6,0 ±0,0	7,3 ±0,8	11,0 ±0,6	5,7 ±0,5	7,2 ±0,8	10,5 ±0,6	6,8 ±1,3	13,0 ±1,1	10,7 ±0,8
<i>K. ornithinolytica</i>	4,0 ±0,0	5,0 ±1,3	4,7 ±0,5	4,7 ±0,5	5,7 ±0,9	4,0 ±0,0	4,5 ±0,6	5,3 ±0,8	4,0 ±0,0	4,0 ±0,0	4,7 ±1,4	5,3 ±0,5	5,0 ±0,0	4,3 ±1,2	5,3 ±0,5
<i>C. freundii</i> 488	4,0 ±0,0	6,3 ±0,5	8,5 ±0,6	5,0 ±0,0	7,0 ±0,6	6,3 ±0,5	5,0 ±1,6	6,0 ±0,0	7,5 ±0,6	5,0 ±0,9	7,0 ±0,9	8,7 ±0,5	5,8 ±1,3	8,0 ±0,9	8,2 ±0,8
<i>P. fluorescences</i> 16/94	10,7 ±0,5	9,7 ±1,2	9,5 ±0,8	10,7 ±1,0	11,3 ±1,0	10,2 ±0,8	10,5 ±0,6	9,0 ±0,9	8,5 ±1,1	10,8 ±0,8	10,0 ±1,1	9,8 ±0,8	11,3 ±0,5	11,0 ±0,6	9,3 ±0,5
<i>P. mirabilis</i> 180	4,2 ±0,4	6,2 ±0,4	8,3 ±0,5	5,2 ±0,8	5,2 ±0,4	7,2 ±1,6	4,8 ±0,4	6,8 ±1,5	7,7 ±1,0	4,5 ±0,6	5,2 ±0,4	7,8 ±1,0	4,5 ±0,6	6,0 ±0,0	6,7 ±0,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wyniki podano jako średnią z 6 serii / the results were provided as mean from 6 series;

± - odchylenie standardowe / ± - standard deviation

Tabela 2

Wielkość stref zahamowania wzrostu szczepów testowych determinowana temperaturą inkubacji bakterii fermentacji mlekowej [mm].
Zones inhibition growth of test bacteria was determined by incubation temperature of lactic acid bacteria [mm].

Szczepy testowe Test strains	Szczepy badane / Studied strains														
	<i>L. plantarum</i> 44			<i>L. plantarum</i> 299v			<i>L. plantarum</i> ATCC 4080			<i>L. plantarum</i> NCAIM B.01834			<i>L. plantarum</i> NCAIM B.01149		
	Temperatura inkubacji [°C] / Incubation temperature [°C]														
	6	22	37	6	22	37	6	22	37	6	22	37	6	22	37
Bakterie gram-dodatnie / Gram-positive bacteria															
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	6,8 ±0,4	7,0 ±0,8	8,0 ±1,4	5,8 ±1,0	7,5 ±1,3	9,5 ±1,3	6,3 ±0,5	8,5 ±0,7	10,8 ±1,7	5,8 ±1,7	9,5 ±0,6	10,8 ±1,5	5,5 ±1,2	8,2 ±0,8	10,5 ±1,3
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	5,5 ±0,6	10,3 ±1,5	4,7 ±0,8	4,7 ±1,4	11,0 ±1,6	5,3 ±1,4	5,5 ±1,4	10,8 ±1,5	6,3 ±1,4	5,0 ±0,0	10,3 ±1,0	7,0 ±1,8	4,8 ±0,4	10,2 ±0,8	6,3 ±0,5
<i>B. cereus</i> ATCC 11778	1,3 ±0,5	7,7 ±1,0	8,5 ±1,5	1,0 ±0,0	7,3 ±1,0	10,0 ±1,7	1,3 ±0,5	5,7 ±1,2	8,8 ±2,1	1,3 ±0,5	6,5 ±1,1	10,0 ±0,8	1,0 ±0,0	6,3 ±1,0	9,0 ±2,7
<i>B. pumilus</i> ATCC 8241	3,2 ±0,4	6,5 ±0,6	4,2 ±2,2	2,8 ±0,8	7,0 ±0,0	6,7 ±1,9	3,5 ±0,6	6,0 ±0,0	6,0 ±1,8	2,7 ±0,5	7,3 ±0,5	8,5 ±0,6	2,2 ±0,4	7,0 ±0,0	5,3 ±0,8
<i>B. megaterium</i>	4,5 ±0,6	5,8 ±0,4	7,0 ±0,0	3,8 ±0,8	6,3 ±0,5	7,5 ±1,2	3,3 ±0,5	6,3 ±0,5	8,2 ±0,8	3,3 ±0,8	5,3 ±0,5	7,5 ±0,6	3,3 ±0,5	5,3 ±0,5	7,5 ±1,1
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	3,3 ±1,2	6,3 ±0,5	7,7 ±1,8	3,7 ±1,0	7,3 ±1,0	8,0 ±0,0	3,3 ±1,0	7,8 ±0,5	7,5 ±1,6	3,5 ±0,8	9,7 ±0,5	7,3 ±0,5	4,0 ±0,0	9,0 ±0,9	8,5 ±1,9

c.d. tab. 2.

Bakterie gram-ujemne / Gram-negative bacteria															
<i>E. coli</i> ATCC 25922	0,0	2,2 ±0,4	25,0 ±1,6	0,0	3,5 ±0,6	24,8 ±1,5	0,0	3,5 ±0,6	26,0 ±1,4	0,0	3,7 ±0,5	27,0 ±1,8	0,0	3,5 ±0,6	29,0 ±0,0
<i>K. ornithinolytica</i>	0,0	3,0 ±0,0	3,3 ±1,0	0,0	3,5 ±0,6	3,3 ±0,9	0,0	3,2 ±0,4	4,2 ±0,8	0,0	4,2 ±0,4	4,0 ±0,0	4,2 ±0,8	7,5 ±1,1	26,3 ±0,5
<i>C. freundii</i> 488	1,3 ±0,5	5,2 ±0,4	5,0 ±0,0	2,0 ±0,0	5,0 ±0,0	5,8 ±0,8	1,3 ±0,5	5,2 ±0,4	5,5 ±0,8	1,8 ±0,4	6,0 ±0,0	4,7 ±0,5	1,3 ±0,5	5,8 ±1,0	5,3 ±0,5
<i>P. fluorescences</i> 16/94	1,3 ±0,5	9,2 ±1,2	6,7 ±0,8	1,5 ±0,8	5,0 ±0,0	6,3 ±1,8	1,3 ±0,5	8,7 ±0,5	7,0 ±1,7	3,0 ±0,0	7,2 ±0,4	6,0 ±1,1	3,0 ±0,6	7,2 ±0,8	5,3 ±1,5
<i>P. mirabilis</i> 180	0,0	7,0 ±2,4	4,5 ±0,8	0,0	7,7 ±0,5	4,2 ±0,8	0,0	5,3 ±1,4	4,8 ±0,8	0,0	5,7 ±0,5	6,2 ±0,4	0,0	5,5 ±0,6	4,3 ±0,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wyniki podano jako średnią z 6 serii / the results were provided as mean from 6 series;

± - odchylenie standardowe / ± - standard deviation

szczepów wykazywał zdolność hamowania wzrostu zarówno bakterii gram-dodatnich, jak i gram-ujemnych, przy czym zaobserwowano różnice w szerokości stref zahamowania wzrostu, np. mniejsze strefy w przypadku bakterii gram-ujemnych.

Największe strefy zahamowania wzrostu bakterii gram-dodatnich (średnio 7,5–25,7 mm) stwierdzono po zastosowaniu 48-godzinnej hodowli; a najmniejsze strefy (średnio 4,5–14,8 mm) po 72-godzinnej inkubacji bakterii fermentacji mlekowej. Wśród badanych szczepów z rodzaju *Bacillus* sp. największe strefy zahamowania wzrostu obserwowano na ogół po zastosowaniu 48-godzinnej hodowli *Lactobacillus plantarum*. Największą aktywność antagonistyczną wobec *S. epidermidis* ATCC 12228 (strefy zahamowania - 24,2–27,8 mm) wykazywały 24-godzinne hodowle bakterii mlekowych.

Hamowanie wzrostu pałeczek gram-ujemnych, wyrażone szerokością stref, w zależności od czasu inkubacji szczepów badanych było zróżnicowane i przedstawiało się w sposób następujący: strefy zahamowania wzrostu szczepu *E. coli* ATCC 25922 (9,8–11,0 mm), *C. freundii* 488 (6,3–8,7 mm) oraz *P. mirabilis* 180 (6,7–8,3 mm) były największe podczas zastosowania bakterii mlekowych inkubowanych 72 godz. Największe strefy zahamowania wzrostu (10,5–11,3 mm) *P. fluorescens* 16/94 obserwowano po zastosowaniu 24-godzinnej hodowli bakterii fermentacji mlekowej.

Innym z czynników odpowiadających za wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii wskaźnikowych jest temperatura inkubacji bakterii fermentacji mlekowej. W badaniach stosowano temp. 6, 22 i 37°C i jeden przedział czasowy inkubacji tj. 48 godz. (tab. 2).

Największe strefy zahamowania wzrostu bakterii gram-dodatnich (średnio 4,2–10,8 mm) stwierdzono po zastosowaniu hodowli *Lactobacillus plantarum* w temp. 37°C. Natomiast najmniejsze strefy odnotowano po inkubacji bakterii antagonistycznych w temp. 6°C (średnio 1,0–6,8 mm). Jest to prawdopodobnie związane z faktem, że bakterie fermentacji mlekowej produkują mniejsze ilości związków o działaniu antagonistycznym podczas inkubacji w temperaturze niższej od ich optymalnej temperatury wzrostu (28°C).

Największe strefy zahamowania wzrostu bakterii gram-ujemnych (średnio 3,3–29,0 mm) stwierdzono w przypadku użycia hodowli bakterii fermentacji mlekowej inkubowanych w temp. 37°C. Natomiast najmniejsze strefy zahamowania wzrostu testowych pałeczek gram-ujemnych wystąpiły po zastosowaniu hodowli inkubowanych w temp. 6°C (średnio 0,0–4,2 mm). Badane szczepy *Lactobacillus plantarum* inkubowane w temp. 6°C nie wykazywały zdolności hamowania wzrostu bakterii *E. coli* ATCC 25922, *P. mirabilis* 180, *K. ornithinolytica*, podczas gdy inkubowane w temp. 22 i 37°C wykazywały tę cechę.

Według Łaniewskiej-Moroz i Warmińskiej-Radyko [10], najsilniejszą aktywność antybakteryjną wobec *Yersinia enterocolitica* wykazywał szczep z gatunku

Lactobacillus plantarum po 48-godzinnej hodowli w temp. 30°C. Cheigh i wsp. [4] podają, że po 30-godzinnej inkubacji *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* A164 w temp. 30°C produkcja bakteriocyny była o 50% wyższa niż po inkubacji tego szczepu w temp. 25 i 37°C. Mataragas i wsp. [11] badali zdolność produkcji bakteriocyny przez *Lactobacillus curvatus* L442 w temp. 20, 25 i 30°C. Autorzy stwierdzili, że badany szczep produkuje największą ilość bakteriocyny podczas inkubacji w temp. 25°C.

Podczas określania metodą słupkową efektu antagonistycznego oddziaływania bakterii fermentacji mlekowej należy pamiętać, że na strefy zahamowania wzrostu drobnoustrojów wskaźnikowych może wpływać zarówno czas, jak i temperatura hodowli bakterii antagonistycznych. Celowe wydaje się określenie wpływu pH środowiska, jak również składu podłoża na zdolności antagonistyczne tych bakterii.

Wnioski

1. Czas inkubacji badanych szczepów *Lactobacillus plantarum* wpływa na produkcję metabolitów o właściwościach antybakteryjnych. Największe strefy zahamowania wzrostu testowych bakterii gram-dodatnich stwierdzono po zastosowaniu 48-godzinnej hodowli bakterii fermentacji mlekowej, a pałeczek gram-ujemnych po 72-godzinnej inkubacji *Lactobacillus plantarum*.
2. Temperatura inkubacji bakterii fermentacji mlekowej również wpływa na produkcję metabolitów antybakteryjnych. Największą aktywność antagonistyczną w stosunku do bakterii gram-dodatnich oraz gram-ujemnych obserwowano po użyciu hodowli bakterii fermentacji mlekowej w temp. 37°C. Stwierdzano brak stref zahamowania wzrostu *Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus mirabilis* 180 oraz *Klebsiella ornithinolytica* po zastosowaniu bakterii mlekowych inkubowanych w temp. 6°C.

Literatura

- [1] Annuk H., Shchepetova J., Kullisaar T., Songisepp E., Zilmer M., Mikelsaar M.: Characterization of intestinal lactobacilli as putative probiotic candidates. *J. Appl. Microbiol.*, 2003, **94** (3), 403-412.
- [2] Ayad E.H.E., Verheul A., Wouters J.T.M., Smit G.: Antimicrobial-producing wild lactococci isolated from artisanal and non-dairy origins. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 145-150.
- [3] Brauncajs M., Sakowska D., Krzemiński Z.: Występowanie w jamie ustnej pałeczek kwasu mlekowego wytwarzających nadtlenek wodoru. *Med. Dośw. Mikrobiol.*, 2001, **53**, 331-336.
- [4] Cheigh C-I., Choi H.-J., Park H., Kim S.-B., Kook M.-C., Kim T.-S., Hwang J.-K., Pyun Y.-R.: Influence of growth conditions on the production of a nisin-like bacteriocin by *Lactococcus lactis* subsp. *lactic* A164 isolated from kimchi. *J. Biotechnol.*, 2002, **95**, 225-235.
- [5] Corsetti A., Gobbetti M., Rossi J., Damiani P.: Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1998, **50**, 253-256.
- [6] Jay J.M.: Antimicrobial properties of diacetyl. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1982, **44** (3), 525-532.

- [7] Klewicka E., Libudzisz Z.: Przeciwdrobnoustrojowa aktywność bakterii mlekowych. *Przegl. Mlecz.*, 1998, **12**, 411-416.
- [8] Klewicka E., Libudzisz Z., Czajka D., Kuc K.: Antagonistyczna aktywność bakterii fermentacji mlekowej *Lactobacillus acidophilus*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **4 (21)**, Supl., 168-175.
- [9] Kraszewska J., Wzorek W., Sztando E., Raczyńska-Cabaj A.: Aktywność antagonisticzna bakterii fermentacji mlekowej z gatunku *Lactobacillus plantarum*. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2005, **4 (1)**, 39-52.
- [10] Łaniewska-Moroz Ł., Warmińska-Radyko I.: Antibacterial activity of the preparation from *Lactobacillus plantarum* culture against *Yersinia enterocolitica*. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1999, **8 (49)**, 31-36.
- [11] Mataragas M., Metaxopoulos J., Galiotou M., Drosinos E.H.: Influence of pH and temperature on growth and bacteriocin production by *Leuconostoc mesenteroides* L124 and *Lactobacillus curvatus* L442. *Meat Sci.*, 2003, **64**, 265-271.
- [12] Niku-Paavola M.-L., Laitila A., Mattila-Sandholm T., Haikara A.: New types of antimicrobial compounds produced by *Lactobacillus plantarum*. *J. Appl. Microbiol.*, 1999, **86**, 29-35.
- [13] Nosova T., Jousimies-Somer H., Jokelainen K., Heine R., Salaspuro M.: Acetaldehyde production and metabolism by human indigenous and probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *Alcohol Alcohol.*, 2000, **35 (6)**, 561-568.
- [14] Valerio F., Lavermicocca P., Pascale M., Visconti A.: Production of phenyllactic acid by lactic acid bacteria: an approach to the selection of strains contributing to food quality and preservation. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2004, **233**, 289-295.
- [15] Yang Z., Suomalainen T., Mäyrä-Mäkinen A., Huttunen E.: Antimicrobial activity of 2-pyrrolidone-5-carboxylic acid produced by lactic acid bacteria. *J. Food Protect.*, 1997, **60 (7)**, 786-790.

INFLUENCE OF CULTURAL CONDITIONS OF *LACTOBACILLUS PLANTARUM* STRAINS ON THEIR ANTAGONISTIC ACTIVITY

S u m m a r y

In recent years functional foods have become increasingly popular. Products which include viable probiotic culture (for example lactic acid bacteria) belong to functional foods. Lactic acid bacteria play a main role in the natural preservation of food products. These microorganisms produce several metabolic compounds with antagonistic properties against spoilage, pathogenic bacteria, yeasts and moulds. Production ability of antagonistic compounds depends on several factors among other things temperature and time incubation.

The aim of this study was to determine of growth conditions (temperature, time) of *Lactobacillus plantarum* strains and to determine the antagonistic properties against gram-positive and gram-negative bacteria.

All the chosen *Lactobacillus plantarum* strains are able to inhibit used indicator bacterial strains. The influence of the time and temperature incubation lactic acid bacteria on antagonistic activity against indicator bacteria was observed. The biggest inhibition zones were obtained applying incubation time 48 hours at temperature 37°C. The *Lactobacillus plantarum* strains, which were incubated at 6°C did not inhibit growth of *E. coli* ATCC 25922, *P. mirabilis* 180, *K. ornithinolytica*.

Key words: probiotic, lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum*, antagonism ☒