

ANTAGONISTYCZNE WŁAŚCIWOŚCI BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ WOBEC *CAMPYLOBACTER* SPP. – GROŹNYCH PATOGENÓW CZŁOWIEKA WYSTĘPUJĄCYCH W MIĘSIE DROBIOWYM

Anna Szosland-Fałtyn, Beata Bartodziejska, Joanna Królasik, Beata Paziak-Domańska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
Zakład Jakości Żywności w Łodzi
anna.szosland@ibprs.pl

Streszczenie

Drób jest jednym z najczęściej konsumowanych na świecie mięs. Jednocześnie jest jednym z bardziej zanieczyszczonych pod względem obecności bakterii *Campylobacter* spp. gatunków mięs, ze względu na powszechne występowanie tego patogenu w układzie pokarmowym żywych zwierząt, co stwarza ryzyko dla bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Średnio aż 80% przypadków kampylobakteriozy u ludzi wywołanych jest przez spożycie mięsa drobiowego skażonego pałeczkami *Campylobacter* spp. Dlatego też opracowywane metody eliminacji tego patogenu dotyczą jego inaktywacji już na poziomie produkcji pierwotnej. Celem artykułu jest przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat bakterii z rodzaju *Campylobacter* spp., groźnych patogenów człowieka, stanowiących zanieczyszczenie mięsa drobiowego, z uwzględnieniem ich wrażliwości na metabolity bakterii fermentacji mlekowej i hamującego działania.

Słowa kluczowe: *Campylobacter*, bakterie fermentacji mlekowej, mięso drobiowe

THE ANTAGONISTIC ACTIVITIES OF LACTIC ACID BACTERIA AGAINST *CAMPYLOBACTER* SPP. DANGEROUS HUMAN PATHOGENS PRESENT IN POULTRY MEAT

Summary

Poultry is one of the most widely consumed meat in the world. At the same time it is one of the most contaminated by the presence of *Campylobacter* spp. meats, because of the prevalence of this pathogen in the gastrointestinal tract of live animals, putting consumers' health safety at risk. On average, up to 80% of human campylobacteriosis cases are caused by the consumption of poultry meat, contaminated with *Campylobacter* spp. Therefore, developed methods to eliminate this pathogen focus on its inactivation at the level of primary production. This article aims to review the current state of knowledge on *Campylobacter* spp., dangerous human pathogens, poultry borne, including their sensitivity to metabolites of lactic acid bacteria and inhibitory effect.

Key words: *Campylobacter*; lactic acid bacteria, poultry meat

WPROWADZENIE

Pierwsze doniesienia na temat pałeczek *Campylobacter* spp. pojawiły się w 1886 roku dzięki pediatrze Theodorowi Escherichowi, jednakże dopiero początek lat siedemdziesiątych XX wieku przyniósł wzrost zainteresowania tymi bakteriami. Ukazywało się coraz więcej publikacji i raportów, w których podkreślano wagę problemu. Kampylobakterioza, ostra choroba zakaźna wywoływana przez tę pałeczkę, zajmuje obecnie czołowe miejsce w wykazie najważniejszych chorób odzwierzęcych w świecie. Europejskie raporty zoonotyczne co roku odnotowują powyżej dwustu tysięcy potwierdzonych jej przypadków [EFSA 2013, EFSA 2014, EFSA 2015a]. *Campylobacter* spp. został uznany, obok takich czynników chorobotwórczych jak wirusy, *Salmonella* czy toksyny bakterii, jako najczęstsza przyczyna wykrywanych ognisk zatruc pokarmowych [EFSA 2015b]. Zatrucie po spożyciu żywności, wody czy mleka niepasteryzowanego skażonych tą bakterią objawia się głównie ostrym zapaleniem jelita powiązaniem z biegunką, złym samopoczuciem, gorączką, nudnościami, bólem brzucha. Zakażenie przechodzi zazwyczaj samoistnie, jednakże może się utrzymywać nawet powyżej tygodnia. Ponadto liczne badania wskazują na powiązanie infekcji *Campylobacter* spp. z rozwojem chorób autoimmunizacyjnych i neurologicznych takich jak: reaktywny artretyzm, neuropatia obwodowa układu nerwowego (zespół Guillaina-Barrégo) czy choroby zapalne jelit. Za czynnik etiologiczny zespołu Guillaina-Barrégo uważa się mimikrę cząsteczkową, czyli podobieństwo między rdzeniem lipopolisacharydu z *Campylobacter* spp. a gangliozydami tkanki nerwowej człowieka. Lipopolisacharyd (LPS) jest integralnym i unikatowym składnikiem błony zewnętrznej osłony komórkowej bakterii Gram-ujemnych. Stanowi 3% do 5% suchej masy komórki bakteryjnej i pokrywa 70% jej powierzchni, chroniąc ją przed mechanizmami obronnymi gospodarza, kwasami żółciowymi i antybiotykami [Szewczyk 2010]. Największym rezerwuarem *Campylobacter* spp. jest drób i jego przetwory. Średnio aż 80% przypadków kampylobakteriozy u ludzi wywołanych jest przez spożycie mięsa drobiowego skażonego pałeczkami *Campylobacter* spp. Dawka zakaźna dla człowieka jest bardzo niska i wynosi 500–800 jednostek tworzących kolonie, podczas gdy w 1 g treści jelit kurcząt rzeźnych może znajdować się do 10^6 komórek *Campylobacter* spp. [Godlewska i Jagusztyn-Krynicka 2006; Josefsen i in. 2015]. Ze względu na wzrastającą lekooporność szczepów z rodzaju *Campylobacter* spp. zabroniono w skarmianiu kurcząt stosować antybiotykowe promotory wzrostu oraz ograniczono dodawanie antybiotyków do wody pitnej. W eliminowaniu patogenu zaczęto opierać się na innych metodach, między

innymi przestrzeganiu zasad dobrej praktyki hodowlanej i higienicznej oraz bioasekuracji – biologicznej ochrony fermy przed transmisją czynników zakaźnych [Meunier i in. 2016]. Z tego też powodu poszukuje się nowych fitobiotyków – składników roślinnych, które wprowadzane do pasz lub wody dla zwierząt mają nie tylko poprawiać produktywność, ale przede wszystkim ograniczać wzrost patogenów przewodu pokarmowego. Ostatnio duże nadzieje naukowcy pokładają w terapii bakteriofagowej. Zastosowanie bakteriofagów w celu redukcji liczby bakterii *Campylobacter* wśród zakażonych stad brojlerów okazuje się jednak mało skuteczne [Saint-Cyr i in. 2016]. Mikroorganizm ten bowiem wyposażony jest w specyficzne mechanizmy oporności, a ponadto antagonistyczna aktywność bakteriofagów jest szczepowo zależna. Większą skuteczność odnotowuje się, wykorzystując bakterie fermentacji mlekowej wraz z ich metabolitami, np. skarmiając kurczaki paszą z dodatkiem bakteriocyn. Dodatek enterocyny E-760 do pasz powodował istotny spadek liczby *Campylobacter jejuni* w jelicie drobiu, wynoszący powyżej 8 log jtk [Van Hoang i in. 2011]. Celem artykułu jest przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat bakterii z rodzaju *Campylobacter* spp., groźnych patogenów mięsa drobiowego, z uwzględnieniem ich wrażliwości na metabolity bakterii fermentacji mlekowej i ich hamującego działania.

Charakterystyka i patogenność bakterii z rodzaju *Campylobacter* spp.

Zgodnie z taksonomią, rodzaj *Campylobacter* należy do rodziny *Campylobacteraceae*, rzędu *Campylobacterales*. Do rodzaju *Campylobacter* należy 28 gatunków [www.bacterio.net]. Z przypadków kampylobakteriozy u ludzi najczęściej izolowane są cztery termotolerancyjne gatunki *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Campylobacter lari*, *Campylobacter upsaliensis*. Są to mikroaerofilne i kapnofilne gatunki wymagające do wzrostu atmosfery z podwyższonym dodatkiem dwutlenku węgla. W badaniu mikroskopowym są Gram-ujemnymi, katalazo-dodatnimi pałeczkami o zagiętym kształcie, o wymiarach 0,2-0,8 μm x 0,5–5,0 μm, nietworzącymi spor. Ze względu na posiadanie rzęski umieszczone na jednym lub dwóch biegunach wykazują ruch korkociągowy. Pomimo specyficznych wymagań mikroorganizmy te są szeroko rozpowszechnione w przyrodzie, stanowiąc naturalną mikroflorę przewodu pokarmowego zwierząt dziko żyjących i hodowlanych. Za właściwości chorobotwórcze odpowiadają mechanizmy molekularne. Do najważniejszych determinant patogenności *Campylobacter* spp. zaliczono geny zjadliwości warunkujące: zdolność ruchu bakterii (*flaA*), adherencję (*cadF*), inwazyjność (sekwencja *iam*) i zdolność do produkcji toksyn (*cdtA*, *cdtB*, *cdtC*).

Kontrola wzrostu *Campylobacter* spp. przez bakterie fermentacji mlekowej

Bakterie fermentacji mlekowej są szeroko wykorzystywane w przemyśle spożywczym, nadając produktom specyficzny smak i aromat oraz chroniąc przed rozwojem niepożądanego mikroflory. Te konserwujące zdolności bakterii mlekowych są znane od tysięcy lat i wykorzystywane przez człowieka. Ze względu na korzystne właściwości co roku pojawiają się nowe produkty wzbogacone nimi. Obok mleka, warzyw i owoców wprowadza się je do zbóż, soi czy mięsa. Dlatego też, uważa się, że odpowiednio wyselekcjonowane szczepy bakterii fermentacji mlekowej mogłyby rozwiązać problem skażenia mięsa drobiowego chorobotwórczymi szczepami z rodzaju *Campylobacter* spp. Antagonistyczne właściwości bakterii mlekowych wynikają ze zdolności do znacznego obniżenia pH w wyniku produkcji kwasów organicznych, z konkurencji o substancje odżywcze z patogenami, z wytwarzania bakteriocyn oraz niskocząsteczkowych produktów przemiany materii. Do najczęściej wymienianych w literaturze a wspomnianych powyżej związków o bakteriobójczym lub bakteriostatycznym efekcie należą: kwasy organiczne (mlekowy, octowy, propionowy, masłowy), nadtlenek wodoru, diacetyl, reuteryna, kwasy tłuszczowe oraz substancje białkowe – bakteriocyny (nizyna, pediocyna, laktacyna, enterocyna).

Anty-*Campylobacter* bakteriocyny bakterii fermentacji mlekowej

Bakteriocyny to hydrofobowe lub amfipatyczne, niskocząsteczkowe związki chemiczne zbudowane z prostych peptydów lub kompleksów polipeptydów o masie cząsteczkowej od kilku do kilkudziesięciu kDa. Wykazują różnicowanie pod względem właściwości fizykochemicznych, aktywności przeciwdrobnoustrojowej, struktury, sposobu działania oraz mechanizmów potranslacyjnej modyfikacji cząsteczek i ich sekrecji [Józefiak, Sip 2013]. Cząsteczki bakteriocyn są aktywne w stosunku do mikroorganizmów blisko spokrewnionych ze swoimi producentami. Są to metabolity pierwotne, kodowane chromosomalnie lub plazmidowo, a syntetyzowane rybosomalnie. Ze względu na swoją białkową budowę większość ulega inaktywacji w wyniku działania enzymów takich jak: pepsyny, trypsyny, proteinazy K i pronazy E. Bakteriocyny będące kompleksami białkowo-węglowodanowymi czy białkowo-lipidowymi są również wrażliwe na działanie odpowiednio enzymów amylolitycznych i lipolitycznych. Większość bakteriocyn jest termooporna i stabilna w środowisku o pH od 2,0 do 8,0 [Józefiak, Sip 2013]. Ich niewątpliwą zaletą jest, że – w odróżnieniu od antybiotyków i chemicznych konserwantów żywności – są całkowicie bezpieczne dla organizmu człowieka. Nie zakłócają naturalnej równowagi mikroflory ekosystemu jelitowego, są niecytotoksyczne i nierakotwórcze. Już w niewielkim stężeniu są efektywne, nie wpływając na właściwości sensoryczne produktów. Do żywności mogą być

dodawane w formie częściowo lub całkowicie oczyszczonej lub w postaci bakteriocynogennych kultur. Bakteriocyny charakterystyczne dla bakterii mlekowych głównie oddziałują na bakterie Gram-dodatnie, a pałeczki *Campylobacter* spp. należą do mikroorganizmów Gram-ujemnych. Dlatego też tak niewiele jest szczepów bakterii mlekowych zdolnych do produkcji bakteriocyn o spektrum aktywności anty-*Campylobacter* [Neal-McKinney i in. 2012]. Bakteriocyny wytwarzane przez bakterie mlekowe o potwierdzonym przeciwdrobnoustrojowym działaniu w odniesieniu do *Campylobacter* spp. przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Zakres aktywności bakteriocyn bakterii fermentacji mlekowej wobec *Campylobacter* spp. [Lohans i in. 2015]

Bakteriocyn a	Producent	Spectrum aktywności
OR-7	<i>Lactobacillus salivarius</i> NRRL B-30514	<i>Campylobacter jejuni</i>
L-1077	<i>Lactobacillus salivarius</i> 1077	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Escherichia coli</i>
saliwarycyna SMXD51	<i>Lactobacillus salivarius</i> SMXD51	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella enterica</i>
E 50-52	<i>Enterococcus faecium</i> NRRL B-30746	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia</i> spp., <i>Staphylococcus</i> spp., <i>Listeria</i> spp.
enterocyna E-760	<i>Enterococcus</i> sp. NRRL B-30745	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Salmonella enterica</i>
nizyna	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Salmonella enterica</i>
mutacyna B-Ny266	<i>Streptococcus mutans</i>	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Neisseria subflava</i> , <i>Helicobacter pylori</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>

Należy jednak pamiętać, że w eksperymentach skuteczność działania bakteriocyn na podłożach laboratoryjnych zwykle jest wyższa niż w matrycy, jaką jest mięso. Z tego też powodu aktywność bakteriocyn musi być potwierdzona już w samym produkcie. Właściwości fizykochemiczne mięsa mogą ograniczać aktywność przeciwdrobnoustrojową bakteriocyn, np. na skutek działania enzymów-proteaz.

Obecnie na świecie intensyfikuje się badania, których celem jest poszukiwanie szczepów bakterii fermentacji mlekowej o szerokim zakresie aktywności antagonistycznej względem patogennych mikroorganizmów, w tym *Campylobacter* spp. W tabeli 2. przedstawiono przegląd literatury dotyczącej takich badań wraz ze szczepami wykazującymi przeciwdrobnoustrojowe właściwości w odniesieniu do *Campylobacter* spp.

Tabela 2. Zakres aktywności bakterii mlekowych wobec szczepów *Campylobacter* spp.

Szczepy bakterii mlekowych	Spektrum aktywności	Mechanizm	Źródło
<i>Lb. fermentum</i> ATCC 14931 <i>Lb. johnsonii</i> BFE 663 <i>Lb. paracasei</i> IMT 22353	<i>C. jejuni</i> NCTC 11168 <i>C. jejuni</i> DSM 4688 <i>C. coli</i> 5981	produkcja kwasów organicznych	Bratz i in. 2015
<i>Lb. pentosus</i> CWBIB78 <i>E. faecium</i> THT	<i>C. jejuni</i> LMG 6446 <i>C. jejuni</i> CWBI B1444 <i>C. coli</i> LMG 6440 <i>C. coli</i> CWBI B1445	produkcja kwasu mlekowego i octowego	Dubois-Dauphin i in. 2011
<i>Pediococcus parvulus</i> <i>Lb. salivarius</i>	<i>C. jejuni</i>	produkcja kwasów organicznych i bakteriocyn	Menconi i in. 2014
<i>Lb. salivarius</i> SMXD51 <i>Lb. salivarius</i> MMS122 <i>Lb. salivarius</i> MMS151	<i>C. jejuni</i> NCTC 11168 <i>C. jejuni</i> 80-176	produkcja bakteriocyn	Messaoudi i in. 2011
<i>Lb. acidophilus</i> La-5	<i>C. jejuni</i> 81-176	produkcja biologicznie aktywnych molekuł	Mundi i in. 2013
<i>Lb. crispatus</i> JCM 5810	<i>C. jejuni</i> F38011	produkcja kwasu mlekowego	Neal-McKinney i in. 2012
<i>Lactobacillus gasseri</i> SBT2055	<i>C. jejuni</i> 81-176	produkcja kwasów organicznych	Nishiyama i in. 2014
<i>E. faecalis</i> MB 5259	<i>C. jejuni</i> MB 4185	-	Robyn i in. 2012
<i>Lactobacillus plantarum</i> N8, <i>Lactobacillus plantarum</i> N9, <i>Lactobacillus plantarum</i> ZL5 <i>Lactobacillus casei</i> ZL4	<i>C. jejuni</i> NCTC 11168	produkcja kwasów organicznych	Wang i in. 2014

Z badań prowadzonych przez Nishiyama i in. 2014 wynika, że skarmianie kurczaków paszą zawierającą szczep *Lactobacillus gasseri* SBT2055 po 14 dniach powodowało znaczący spadek liczby *Campylobacter jejuni* w jelicie cienkim, co wskazuje na skuteczność walki z tym patogenem już we wczesnej fazie chowu brojlerów.

PODSUMOWANIE

W ostatnich latach obserwuje się wzrost konsumpcji mięsa drobiowego, który do 2019 roku ma się zwiększyć o 38% w porównaniu z latami 2007–2009. Przyczyną popularności mięsa drobiowego jest jego wysoka wartość odżywcza, niska zawartość tłuszczu oraz niewielki koszt jego produkcji, przekładający się na niewygórowaną cenę sprzedaży. Należy jednak podkreślić, że mięso drobiowe jest jednym z bardziej zanieczyszczonych pod względem obecności bakterii *Campylobacter* spp. gatunków mięs, ze względu na powszechne występowanie tego patogenu w układzie pokarmowym żywych zwierząt, co stwarza ryzyko dla bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Celem większości opracowywanych metod eliminacji tego patogenu powinna zatem być walka z tą bakterią już na poziomie produkcji pierwotnej. Jak wynika z raportu EFSA z 2011 roku, stopień redukcji liczby bakterii w jelicie ptaków o 3 log dziesiętne minimalizuje ryzyko dla zdrowia publicznego do 90%. Z kolei spadek liczby drobnoustrojów w tuskach drobiowych o 1 log dziesiętny zmniejsza ryzyko od 50% do 90%. Mając na uwadze przytoczoną ilościową analizę ryzyka, należy stwierdzić, że metody wykorzystujące bakterie fermentacji mlekowej oraz ich metabolity ograniczające wzrost patogennej aktywności warte są dokładniejszego zbadania, a następnie zastosowania w praktyce.

PIŚMIENNICTWO

1. Bratz K., Gözl G., Janczyk P., Nöckler K., Alter T. (2015). Analysis of *in vitro* and *in vivo* effects of probiotics against *Campylobacter* spp. Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr., 128 (3-4), 155-62
2. Dubois-Dauphin R., Vandeplas S., Didderen I., Marcq C., Théwis A., Thonart P. (2011). *In vitro* antagonistic activity evaluation of lactic acid bacteria (LAB) combined with cellulase enzyme against *Campylobacter jejuni* growth in co-culture. J. Microbiol. Biotechnol., 21 (1), 62-70
3. EFSA 2011. Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). EFSA J., 9 (4), 2105
4. EFSA 2013. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2011. EFSA J., 4 (11), 3129
5. EFSA 2014. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012. EFSA J., 2 (12), 3547
6. EFSA 2015a. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. EFSA J., 13 (1), 3991

7. EFSA 2015b. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2014. *EFSA J.*, 13 (12), 4329
8. Godlewska R., Jagusztyn-Krynicka E. K. (2006). Magiczna pałeczka. *Academia*, 4 (8), 40-42
9. Józefiak D., Sip A. (2013). Bacteriocins in poultry nutrition – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 13 (3), 449-462
10. Lohans C. T., van Belkum M. J., Li J., Vederas J. C. (2015). Characterization of bacterial antimicrobial peptides active against *Campylobacter jejuni*. *Can. J. Chem.* 93, 381-388
11. Menconi A., Kallapura G., Latorre J. D., Morgan M. J., Pumford N. R., Hargis B. M., Tellez G. (2014). Identification and characterization of lactic acid bacteria in a commercial probiotic culture. *Biosci. Microbiota Food Health*, 33 (1), 25-30
12. Messaoudi S., Kergourlay G., Rossero A., Ferchichi M., Prévost H., Drider D., Manai M., Dousset X. (2011). Identification of lactobacilli residing in chicken ceca with antagonism against *Campylobacter*. *Int. Microbiol.*, 14, 103-110
13. Meunier M., Guyard-Nicodème M., Dory D., Chemaly M. (2016). Control strategies against *Campylobacter* at the poultry production level: biosecurity measures, feed additives and vaccination. *J. Appl. Microbiol.*, 120 (5), 1139-1173
14. Josefsen M. H., Bhunia A. K., Engvall O. E., Fachmann M. S. R., Hoorfar J. (2015). Monitoring *Campylobacter* in the poultry production chain- from culture to genes and beyond. *J. Microbiol. Meth.*, 112 (5), 118-125
15. Mundi A., Delcenserie V., Amiri-Jami M., Moorhead S., Griffiths M. W. (2013). Cell-free preparations of *Lactobacillus acidophilus* strain La-5 and *Bifidobacterium longum* strain NCC2705 affect virulence gene expression in *Campylobacter jejuni*. *J. Food Protect.*, 76, 1740-1746
16. Neal-McKinney J. M., Lu X., Duong T., Larson C. L., Call D. R., Shah D. H., Konkel M. E. (2012). Production of organic acids by probiotic lactobacilli can be used to reduce pathogen load in poultry, *Plos One*, 7(9), 1-11
17. Nishiyama K., Seto Y., Yoshioka K., Kakuda T., Takai S., Yamamoto Y. Mukai T. (2014). *Lactobacillus gasseri* SBT2055 reduces infection by and colonization of *Campylobacter jejuni*. *Plos One*, 9 (9), 108827-108836
18. Robyn J., Rasschaert G., Messens W., Pasmans F., Heyndrickx M. (2012). Screening for lactic acid bacteria capable of inhibiting *Campylobacter jejuni* in *in vitro* simulations of the broiler chicken caecal environment. *Benef. Microbes*, 3 (4), 299-308

19. Saint-Cyr M. J., Guyard-Nicodème M., Messaoudi S., Chemaly M., Cappelier J.-M., Dousset X., Haddad N. (2016). Recent advances in screening of anti-*Campylobacter* activity in probiotics for use in poultry. *Front. Microbiol.*, 7, 553-598
20. Szewczyk M. (2010). Rola niefimbrialnych adhezyn: białek błony zewnętrznej i lipopolisacharydu w adhezji i inwazji bakterii do komórek gospodarza. *Kosmos*, 59, 161-171
21. Van Hoang K. V., Stern N. J., Saxton A. M., Xu F., Zeng X., Lin J. (2011). Prevalence, development, and molecular mechanisms of bacteriocin resistance in *Campylobacter*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 4, 2309-2316
22. Wang G., Zhao Y., Tian F., Jin X., Chen H., Liu X. (2014). Screening of adhesive lactobacilli with antagonistic activity against *Campylobacter jejuni*. *Food Control*, 44, 49-57
23. <http://www.bacterio.net> 09.06.2016