

Charakterystyka i znaczenie bakterii rodzaju *Propionibacterium* w produkcji żywności i pasz

JUSTYNA BORAWSKA, IWONA WARMIŃSKA-RADYKO*, MAŁGORZATA DAREWICZ

Katedra Biochemii Żywności, *Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności Wydziału Nauki o Żywności UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn-Kortowo

Borawska J., Warmińska-Radyko I., Darewicz M.

Role and application of the genus *Propionibacterium* in food and fodder production

Summary

Propionic acid bacteria (PAB) from the genus *Propionibacterium* are the main organisms used as ripening culture in Swiss-type cheese. PAB can utilize a variety of substrates; however, lactate is the main energy source for fermentation. During propionic acid fermentation these bacteria produce metabolites (propionic and acetic acids) which play an important role in the development of the characteristic nutty-sweet flavours of the above-mentioned cheeses. The carbon dioxide that is produced is responsible for the eye formation. Other attributes of *Propionibacterium* important from the technological point of view are the production of vitamins, such as vitamin B12, B5, or K, and folic acid as well as antifungal and bacteriostatic compounds, such as bacteriocins and also short-chain fatty acids. Propionic acid is reported to have a growth-inhibiting effect on fungi as well as on some Gram-positive and Gram-negative bacteria. That is why propionic acid fermentation has great potential in food preservation. Studies over the last few years have confirmed numerous health benefits of these bacteria, and this has resulted in their qualification and increased use as probiotics. Therefore, the role of *Propionibacteria* in food and feed industry is likely to grow.

Keywords: *Propionibacterium*, food industry, probiotics

Bakterie rodzaju *Propionibacterium* zwyczajowo dzieli się na dwie grupy: „skórne” i „klasyczne”. Pierwsza z nich to tzw. grupa acnes, która obejmuje gatunki: *P. acnes*, *P. avidum*, *P. propionicum*, *P. granulatum*, *P. lymphophilum*. Wchodzą one w skład egzo- i endogennej flory bakteryjnej, pokrywającej skórę, błony śluzowe jamy ustnej i przewodu pokarmowego, niekiedy wykazując właściwości patogenne. Do drugiej grupy zalicza się gatunki o znaczeniu przemysłowym, aktywne pod względem fermentacyjnym, a mianowicie: *P. freudenreichii*, *P. thoenii*, *P. jensenii*, *P. acidipropionici*, *P. cyclohexanicum* (20). W języku popularno-naukowym często określane są mianem bakterii fermentacji propionowej (PAB – Propionic Acid Bacteria) lub bakterii propionowych.

Naturalne środowiska bytowania bakterii rodzaju *Propionibacterium* to rośliny trawiaste, żwacz u bydła, odchody zwierząt roślinożernych, gleba, osady ściekowe, mleko, kiszonki (18), woda po produkcji oliwy (14) i sfermentowany sok pomarańczowy (20). Wykorzystywane są one od bardzo dawna w produkcji serów, a obecnie również w produkcji kiszonek spożywczych i paszowych oraz jako probiotyki w żywieniu ludzi i zwierząt (18, 23).

Charakterystyka bakterii rodzaju *Propionibacterium*

Bakterie fermentacji propionowej są Gram-dodatnimi pałeczkami, które nie posiadają zdolności ruchu ani tworzenia przetrwalników. Zalicza się je do beztlenowców bądź względnych beztlenowców. Bakterie te są natomiast katalazo-dodatnie, co jest niespotykane wśród drobnoustrojów beztlenowych. Komórki *Propionibacterium* mogą występować pojedynczo, w parach lub łańcuszkach. W warunkach beztlenowych komórki są bardzo drobne i przypominają ziarniaki, natomiast w obecności tlenu wykazują pleomorfizm – stają się maczugowate bądź przybierają kształt liter V lub Y. DNA bakterii propionowych w 64-68% składa się z par G+C (18). Poza chromosomem bakteryjnym w komórkach stwierdza się także obecność plazmidów (20).

Większość gatunków bakterii propionowych to mezofile rosnące w zakresie temperatur 25-45°C, przy optimum ok. 30°C. Niektóre szczepy wykazują wzrost w temperaturach chłodniczych – 3,8-7,2°C (4). Obniżenie temperatury środowiska wywołuje zwiększenie ilości wytwarzanego ditlenku węgla, co może wpły-

wać niekorzystnie na właściwości produktów spożywczych, wywołując np. wady serów. Bakterie te są także stosunkowo odporne na obróbkę cieplną w zakresie temperatur pasteryzacji. Większość przeżywa w temperaturze 70°C przez 12-20 sekund, a niektóre nawet w temperaturze 76°C przez 10 sekund (15).

W optymalnych warunkach pH, tj. 6-7 (14), mikroorganizmy z rodzaju *Propionibacterium* są zdolne do wzrostu przy stężeniu NaCl wynoszącym 6,5% (16). Obniżenie pH do 5,2-5,4 powoduje zahamowanie wzrostu i przyczynia się do obniżenia tolerancji na zawartość soli (1, 2, 15). Inhibujący wpływ wywiera zarówno niska temperatura, duża kwasowość, jak i wysokie stężenie soli (2). Natomiast inne badania wykazały, że adaptacja *Propionibacterium freudenreichii* do jednego z parametrów stresowych (niskie pH, obecność soli żółciowych, wysoka temperatura) zwiększa ich tolerancję na pozostałe czynniki (18).

W produktach mleczarskich obserwuje się zahamowanie wzrostu bakterii propionowych przy 3% stężeniu chlorku sodu lub wyższym (15). Graniczne minimalno-maksymalne wartości pH to 4,5-8,5, a optimum produkcji kwasu propionowego zachodzi w pH 7 (16). Zapewnienie odpowiedniej koncentracji jonów wodorowych oraz stężenia soli umożliwia sterowanie procesami fermentacyjnymi *Propionibacterium* (16).

Wpływ na zahamowanie tempa wzrostu i metabolizmu PAB ma także światło o intensywności powyżej $60 \times 10^3 \text{ erg/m}^2 \cdot \text{s}$ (2000-2500 Lx) oraz aktywność wody (całkowite hamowanie wzrostu przy $A_w = 0,955$) (16).

Propionibacterium uzyskują energię w procesie fermentacji propionowej. Produktami końcowymi tych przemian są głównie: kwas propionowy, octowy i CO_2 , a w śladowych ilościach powstaje także kwas izowalerianowy, mrówkowy i mlekowy. Jako źródło węgla wykorzystują one sacharydy (np. glukozę, galaktozę, laktozę, rybozę, fruktozę), kwasy organiczne (np. mleczan) i ich sole. Źródłem azotu są natomiast peptydy, aminokwasy, sole amonowe i aminy (15, 16).

Podczas fermentacji pirogronianu, cytrynianu i glukozy zaobserwowano powstawanie diacetylu – ważnego związku aromatyzującego oraz przeciwbakteryjnego. Mechanizm tego procesu nie jest do końca znany, wiadomo jedynie, że zachodzi w pH poniżej 6,2 (22). Bakterie propionowe mają zdolność syntezy trehalozy. Jest to niskokaloryczny disacharyd nieredukujący, który w postaci czystej wykorzystywany jest jako dodatek do żywności (11). Powstaje on w trakcie fermentacji glukozy i mleczanu. Bakterie te mogą także syntetyzować egzopolisacharydy, które nadają produktom odpowiednią teksturę i zwiększają tolerancję bakterii na warunki stresowe. W zależności od szczepu i środowiska rozwoju mogą być syntetyzowane różne wielocukry (3, 24).

Układ proteolityczny bakterii fermentacji propionowej składa się z proteiny związanej ze ścianą komórkową, peptydaz wewnątrzkomórkowych i systemu transportu przez błony krótkich peptydów i aminokwa-

sów. Mimo syntetyzowania wielu peptydaz aktywność proteolityczna tych bakterii jest stosunkowo niska (8). Cechą charakterystyczną bakterii z rodzaju *Propionibacterium* jest synteza aminopeptydazy prolinowej, uwalniającej z peptydów znaczne ilości proliny (17). Badania wykazały, że prolina jest kumulowana w komórkach bakterii i uwalniana do środowiska po ich autolizie (17). Modyfikacja peptydów prolinowych jest istotna ze względu na ich potencjalną alergenność. Z drugiej strony, aminokwas ten w stanie wolnym nadaje m.in. produktom serowarskim charakterystyczny słodki smak. *Propionibacterium* mają zdolność do przekształcania wolnych aminokwasów w związki aromatyzujące. Największe znaczenie ma przemiana aminokwasów z łańcuchem rozgałęzionym, z pierścieniem aromatycznym lub aminokwasów siarkowych w procesach dekarboksylacji, deaminacji i transaminacji (28). Poza tym PAB syntetyzują esterazy, które uwalniają kwasy tłuszczowe z trójglicerydów mleka. Związki te odgrywają bardzo ważną rolę w tworzeniu aromatu (2, 5). Dodatkową cechą jest zdolność do tworzenia biologicznie aktywnych izomerów sprzężonego kwasu linolowego (CLA) (30).

Propionibacterium sp. są bakteriami trudnymi w hodowli, o dużych wymaganiach pokarmowych. Do wzrostu potrzebują substancji stymulujących, tj.: soli mineralnych (jonów żelaza, magnezu, manganu, kobaltu, miedzi), witamin (B5 i biotyny) oraz pewnych aminokwasów, które zazwyczaj są w odpowiednich ilościach w mleku przeznaczonym do produkcji serów. Badania wykazały, że obecność kwasu asparaginowego w podłożu wpływa na szybszy wzrost bakterii, większą wydajność fermentacji (7) oraz zwiększenie ilości syntetyzowanego CO_2 (4). Nadmiar związków stymulujących oraz produktów końcowych fermentacji (głównie kwasu octowego i propionowego) może jednakże powodować zahamowanie wzrostu bakterii (16). W warunkach laboratoryjnych na podłożach stałych bakterie propionowe rozwijają się bardzo wolno. Ich wzrost następuje w warunkach beztlenowych, w temperaturze 30°C i przy zapewnieniu odpowiedniego pH. Na podłożu mleczanowym z glukozą lub bez i mleczanowym z kloksacyliną ich rozwój trwa nawet do 2 tygodni. Z tego powodu PAB trudno jest oznaczać lub izolować ze środowiska. Aktualnie trwają badania nad opracowaniem metod molekularnych, które można by wykorzystywać w celu wykrycia obecności *Propionibacterium* w środowisku (20, 26).

Znaczenie i wykorzystanie w przemyśle spożywczym i paszach

Bakterie fermentacji propionowej wykorzystuje się w serowarstwie, w produkcji kiszonek dla zwierząt i ludzi, mleka odtłuszczonego dla cieląt, a także probiotyków i preparatów białkowo-witaminowych stosowanych w żywieniu zwierząt (6, 21). Wchodzą one w skład komercyjnych preparatów przedłużających

trwałość produktów mleczarskich (np. MicroGARD™) oraz kiszonek dla zwierząt (np. Bioprofit™) (10).

Właściwości bakterii propionowych ważne z technologicznego punktu widzenia, to: możliwość wykorzystania laktozy i mleczanu, aktywność proteinyzacji ściany komórkowej i peptydaz wewnątrzkomórkowych, zdolność syntezy związków nadających charakterystyczny aromat, smak i teksturę, związków o właściwościach przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych, CO₂, wytwarzanie witaminy B12 i folacyny (11). Bakterie te są zaliczane do organizmów najbardziej wydajnych pod względem ilości tworzonej kobalaminy (witaminy B12) i wykorzystuje się je na skalę przemysłową (11). Niektóre gatunki *Propionibacterium* uzyskały status GRAS, dlatego syntetyzowane przez nie witaminy bądź komórki bakterii mogą być dodawane do żywności.

Bakterie rodzaju *Propionibacterium* stosuje się głównie jako składnik szczepionek w produkcji serów podpuszczkowych twardych typu szwajcarskiego (np. szwajcarski – emmental, gruyère, appenzeller, raclette, holenderski – leerdammer, maasdammer, norweski – jarlsberg czy francuski – comté) (9) oraz polskich półtwardych typu szwajcarsko-holenderskiego (np. tyłżycki, królewski). Są to przede wszystkim szczepy z gatunku *Propionibacterium freudenreichii*.

W trakcie produkcji serów PAB namnażają się powoli. Kwasy wytworzone stosunkowo szybko przez bakterie fermentacji mlekowej (LAB – Lactic Acid Bacteria) obniżają pH, co hamuje rozwój *Propionibacterium*. Pałeczki propionowe zaczynają się rozwijać dopiero po powstaniu mleczanów i zmniejszeniu kwasowości środowiska. Fermentują one sole kwasu mlekowego, wydzielając kwas propionowy i octowy. Związki te nadają serom charakterystyczny aromat, ale przede wszystkim działają jako naturalne konserwanty. Największe znaczenie w produkcji serów odgrywa jednak ditlenek węgla, który odpowiada za oczkowanie serów (4).

W trakcie produkcji sera bakterie fermentacji mlekowej rozpoczynają proteolizę kazeiny, uwalniając peptydy rozkładane dalej przez peptydazy bakterii propionowych (4). Aminokwasy mogą służyć do budowy nowych związków białkowych, być magazynowane (prolina nadająca słodki smak) lub metabolizowane do związków aromatyzujących. Dzięki syntetyzowanemu przez PAB esterazom w serach uwalniane są duże ilości kwasów tłuszczowych. Aktywność lipolityczna bakterii fermentacji propionowej jest większa niż bakterii mlekowych. Można stwierdzić, że w trakcie produkcji serów bakterie fermentacji mlekowej przygotowują środowisko dla działania szczepów *Propionibacterium sp.*

Tworzone przy udziale bakterii propionowych liczne związki odpowiadają za charakterystyczną nutę zapachową, smak i teksturę serów typu szwajcarskiego (29). Duże znaczenie ma wytwarzanie kwasu propionowego i octowego, które wykazują właściwości

grzybobójcze i bakteriostatyczne, przedłużające trwałość produktów (6, 21). Kwasy te wykazują największe działanie antimikrobiologiczne, gdy występują w stosunku 2 : 1. Możliwe byłoby stosowanie płynów po hodowlach *Propionibacterium* jako biokonserwantów w żywności i paszach, jednak nie robi się tego ze względu na trudności w hodowli i duży koszt. Natomiast syntetyczny kwas propionowy stosuje się do konserwowania pieczywa, serów twarogowych z owocami i warzywami, wilgotnego ziarna zbóż, nasion roślin strączkowych i wilgotnych mieszanek pasz treściwych (6, 16, 27). Wydłużanie okresu trwałości przez dodatek bakterii propionowych zaobserwowano w mlecznych produktach fermentowanych i kiszonkach dla zwierząt (6). Na skalę laboratoryjną prowadzi się badania nad zastosowaniem preparatów zawierających żywe szczepy *Propionibacterium* jako dodatek konserwujący w produkcji fermentowanych produktów mleczarskich (np. serów, jogurtów, twarogów) (16, 25), przetworów owocowych oraz pieczywa (26).

W produkcji kiszonek dla zwierząt stosuje się preparaty zawierające wyselekcjonowane szczepy *Propionibacterium*. Dodatek tych bakterii zapewnia zwierzętom źródło witaminy B12 oraz zabezpiecza kiszonki przed pleśnieniem (6, 21).

Bakterie fermentacji propionowej wykazują zdolność do syntetyzowania bakteriocyn, nazywanych propionicynami. Są to związki o strukturze białek lub peptydów o szerokim spektrum działania, skierowanym przeciwko innym bakteriom z rodzaju *Propionibacterium*, bakteriom fermentacji mlekowej, grzybom, a także niektórym bakteriom szkodliwym technologicznie i chorobotwórczym (np. *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Yersinia sp.*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) (10). W badaniach prowadzonych na 102 szczepach *Propionibacterium* zaobserwowano, że aż 50% z nich hamuje wzrost *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* DSM20081 i *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* AC1 (10). Dlatego w trakcie opracowywania nowych szczepionek konieczne jest badanie wzajemnego oddziaływania między drobnoustrojami.

Propionibacterium jako probiotyki

Niektóre szczepy bakterii propionowych stosowane są jako probiotyki w żywieniu zwierząt. Inne otrzymały status GRAS (Generally Regarded As Safe) i badane są pod kątem właściwości probiotycznych na organizm człowieka (12, 32). *Propionibacterium freudenreichii* JS wykazuje szereg korzystnych cech, które mogą świadczyć o jego działaniu probiotycznym. Po pierwsze, bakterie przeżywają w warunkach układu pokarmowego (3 godz. w pH 3, w stężeniu soli żółciowych 0,5%), są zdolne do adhezji do komórek błony śluzowej przewodu pokarmowego i krótkotrwałej kolonizacji jelit (ok. 2 tygodni) (26). W jelitach szczep ten moduluje skład mikroflory przewodu pokarmowego poprzez stymulację rozwoju bakterii z ro-

dzaju *Bifidobacterium* (31) oraz hamowanie mikroflory patogennej przez wytwarzane bakteriocyny oraz inne związki (w tym kwas propionowy i octowy). Jednocześnie bakterie propionowe syntetyzują witaminy B12, B5, K, kwas foliowy, trehalozę, a dzięki obecności w jelitach kwasu propionowego zwiększają wchłanianie wapnia i żelaza (9, 11). W jelitach PAB mają zdolność wiązania mikotoksyn i innych substancji toksycznych, stymulują układ immunologiczny oraz redukują aktywność mutagennych enzymów fekalnych. Dodatkowo stwierdzono, że szczep *P. freudenreichii* JS wywołuje apoptozę komórek gruczolaka, co może wpłynąć na zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia raka okrężnicy (11). Badania wykazały, że bakterie fermentacji propionowej podawane w paszy młodym zwierzętom (cielętom, prosiętom i kurczętom), zwiększały jej wykorzystanie i przyspieszały wzrost (19).

Podsumowanie

Bakterie rodzaju *Propionibacterium* są wykorzystywane przez ludzi od setek lat, jednak do tej pory nie poznano dokładnie ich właściwości i możliwości. W trakcie badań prowadzonych z użyciem tych drobnoustrojów i zbierania informacji o nich odnajduje się nowe kierunki ich zastosowania. Poza wykorzystaniem w serowarstwie bakterie te są stosowane jako probiotyki w hodowli zwierząt i potencjalne probiotyki w żywieniu ludzi. Duże znaczenie odgrywają także jako składniki naturalnych preparatów przedłużających trwałość produktów spożywczych i kiszonek dla zwierząt. Nie jest wykluczone, że dalsze badania nad genetyką i metabolizmem bakterii propionowych wskażą kolejne drogi wykorzystania tych drobnoustrojów.

Piśmiennictwo

1. Benjelloun H., Rabe Ravelona M., Lebeault J.-M.: Characterization of growth and metabolism of commercial strains of propionic acid bacteria by pressure measurement. *Eng. Life Sci.* 2007, 7, 143-148.
2. Boyaval P., Deborde C., Corre C., Blanco C., Bégué É.: Stress and osmoprotection in propionibacteria. *Lait* 1999, 79, 59-69.
3. Cerning J.: Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria. *Lait* 1995, 75, 463-472.
4. Daly D. F. M., McSweeney P. L. H., Sheehan J. J.: Split defect and secondary fermentation in Swiss-type cheeses – A review. *Dairy Sci. Technol.* 2009.
5. Dupuis C., Boyaval P.: Esterase activity of dairy Propionibacterium. *Lait* 1993, 73, 345-356.
6. Filya I., Sucu E., Karabulut A.: The effect of Propionibacterium acidipropionici, with or without Lactobacillus plantarum, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. *J. Appl. Microbiol.* 2004, 97, 818-826.
7. Fröhlich-Wyder M. T., Bachmann H. P., Casey M. G.: Interaction between propionibacteria and starter/non-starter lactic acid bacteria in Swiss-type cheeses. *Lait* 2002, 82, 1-15.
8. Gagnaire V., Mollé D., Sorhaug T., Léonil J.: Peptidases of dairy propionic acid bacteria. *Lait* 1999, 79, 43-57.
9. Hojo K., Watanabe R., Mori T., Taketomo N.: Quantitative measurement of tetrahydromenaquinone-9 in cheese fermented by propionibacteria. *J. Dairy Sci.* 2007, 90, 4078-4083.
10. Holo H., Faye T., Brede D. A., Nilsen T., Odegard I., Langsrud T., Brendehaug J., Nes I. F.: Bacteriocins of propionic acid bacteria. *Lait* 2002, 82, 59-68.
11. Hugenholtz J., Hunik J., Santos H., Smid E.: Nutraceutical production by propionibacteria. *Lait* 2002, 82, 103-112.
12. Jan G., Leverrier P., Proudly I., Roland N.: Survival and beneficial effects of propionibacteria in the human gut: in vivo and in vitro investigations. *Lait* 2002, 82, 131-144.
13. Kerjean J. R., Condon S., Lodi R., Kalantzopoulos G., Chamba J. F., Suomalainen T., Cogan T., Moreau D.: Improving the quality of European hard-cheeses by controlling of interactions between lactic acid bacteria and propionibacteria. *Food Res. Int.* 2000, 33, 281-287.
14. Koussémon M., Combet-Blanc Y., Ollivier B.: Glucose fermentation by Propionibacterium microaerophilum: Effect of pH on metabolism and bioenergetic. *Curr. Microbiol.* 2003, 46, 141-145.
15. Kujawski M., Rymaszewski J., Cichosz G., Łaniewska-Moroz Ł., Fetliński A.: Wpływ bakterii fermentacji propionowej na tworzenie cech smakowo-zapachowych sera i twarogów. *Przegl. Mlecz.* 1994, 10, 263-266.
16. Kujawski M., Rymaszewski M., Łaniewska-Moroz Ł., Cichosz G.: Możliwości zastosowania bakterii fermentacji propionowej w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.* 1996, 6, 35-37.
17. Langsrud T., Sorhaug T., Vegarud G. E.: Protein degradation and amine acid metabolism by propionibacteria. *Lait* 1995, 75, 325-330.
18. Leverrier P., Vissers J. P. C., Rouault A., Boyaval P., Jan G.: Mass spectrometry proteomic analysis of stress adaptation reveals both common and distinct response pathways in Propionibacterium freudenreichii. *Arch. Microbiol.* 2004, 181, 215-230.
19. Mantere-Alhonen S.: Propionibacteria used as probiotics – A review. *Lait* 1995, 75, 447-452.
20. Meile L., Dasen G., Miescher S., Stierli M., Teuber M.: Classification of propionic acid bacteria and approaches to applied genetics. *Lait* 1999, 79, 71-78.
21. Merry R. J., Davies D. R.: Propionibacteria and their role in the biological control of aerobic spoilage in silage. *Lait* 1999, 79, 149-164.
22. Piveteau P.: Metabolism of lactate and sugars by dairy propionibacteria: A review. *Lait* 1999, 79, 23-41.
23. Ranadheera R. D. C. S., Baines S. K., Adams M. C.: Importance of food in probiotic efficacy. *Food Res. Int.* 2010, 43, 1-7.
24. Schalkwyk C. van, Joubert H., Britz T. J.: Extracellular polymer production and potential for aggregate formation by classical propionibacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2003, 19, 285-289.
25. Schwenninger S. M., Meile L.: A mixed culture of Propionibacterium jenseinii and Lactobacillus paracasei subsp. paracasei inhibits food spoilage yeasts. *System Appl. Microbiol.* 2007, 27, 229-237.
26. Suomalainen T., Sigvart-Mattila P., Mättö J., Tynkkynen S.: In vitro and in vivo gastrointestinal survival, antibiotic susceptibility and genetic identification of Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii JS. *Int. Dairy J.* 2008, 18, 271-278.
27. Suomalainen T. H., Mäyrä-Mäkinen A. M.: Propionic acid bacteria as protective cultures in fermented milks and breads. *Lait* 1999, 79, 165-174.
28. Thierry A., Maillard M. B.: Production of cheese flavour compounds derived from amino acid catabolism by Propionibacterium freudenreichii. *Lait* 2002, 82, 17-32.
29. Thierry A., Maillard M. B., Richoux R., Kerjean J. R., Lortal S.: Propionibacterium freudenreichii strains quantitatively affect production of volatile compounds in Swiss cheese. *Lait* 2005, 85, 57-74.
30. Wang L.-M., Lv J.-P., Chu Z.-Q., Cui Y.-Y., Ren X.-H.: Production of conjugated linoleic acid by Propionibacterium freudenreichii. *Food Chem.* 2007, 103, 313-318.
31. Warmińska-Radyko I., Łaniewska-Moroz Ł., Babuchowski A.: Possibilities for stimulation of Bifidobacterium growth by propionibacteria. *Lait* 2002, 82, 113-121.
32. Zárate G., Pérez-Chaia A., Oliver G.: Some characteristics of practical relevance of the β -galactosidase from potential probiotic strains of Propionibacterium acidipropionici. *Anaerobe* 2002, 8, 259-267.

Adres autora: mgr Justyna Borawska, pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn-Kortowo; e-mail: justyna.borawska@uwm.edu.pl