

JAGODA O. SZAFRAŃSKA

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
Katedra Technologii Surowców Pochodzenia Zwierzęcego
Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin
e-mail: jagoda.szafranska@poczta.fm

BAKTERIOCyny – NATURALNE KONSERWANTY ŻYWNOSCI BACTERIOCINS - NATURAL FOOD PRESERVATIVES

STRESZCZENIE

Z każdym rokiem na rynku zwiększa się ilość produktów spożywczych, których skład jest jak najbardziej zbliżony do naturalnego. Ma na to wpływ rosnąca świadomość konsumenta. Ze względu na to, że specjaliści wiążą coraz więcej chorób ze złym odżywianiem, przeciętny człowiek coraz chętniej sięga po naturalne produkty o małej zawartości sztucznych dodatków i konserwantów, które negatywnie wpływają na organizm. Dlatego też producenci chętnie sięgają po nowatorskie rozwiązania nie tylko jeśli chodzi o procesy produkcyjne, ale także po nowo odkryte substancje. Niektóre z nich o dużym potencjale są już wykorzystywane, ale niestety wciąż w niewielkim stopniu. Takimi substancjami wydają się być bakteriocyny. Produkowane zarówno przez bakterie Gram-dodatnie jak i Gram-ujemne małowcząsteczkowe związki zbudowane z peptydów lub kompleksów polipeptydowych. Ich masa rzadko przekracza 10 kDa. Większość z nich ulega modyfikacjom potranslacyjnym. Ze względu na to, że są łatwo rozkładane przez enzymy proteolityczne przewodu pokarmowego ssaków, ludzie mogą je bezpiecznie spożywać. Substancje te działają na różne sposoby. Mogą oddziaływać na wewnętrzne struktury wrażliwych komórek, zakłócać biosyntezę ściany komórkowej lub powodować powstawanie porów w ścianie komórkowej.

Ze względu na coraz większe zapotrze-

bowanie i zainteresowanie naturalnymi dodatkami spożywczymi-bakteriocyny w przyszłości mogą stać się ciekawą alternatywą dla sztucznych konserwantów. Wraz z rozwojem nauki odkrywa się ich coraz więcej, a dzięki postępowi technologicznemu staje się możliwe ich dokładne zbadanie.

SŁOWA KLUCZOWE: bakteriocyny, środki przeciwdrobnoustrojowe, konserwacja żywności.

ABSTRACT

EVERY year, the market increases the amount of food products whose composition is as close as possible to the natural. It is influenced by the growing consumer awareness. Due to the fact that more and more diseases are associated by specialists with poor nutrition, the average person is more interested in natural products with a low content of artificial additives and preservatives that negatively affect the body. Therefore, manufacturers are eager to reach for innovative solutions not only in terms of production processes, but also for newly discovered substances. Some of them with high potential are already used, but on a small scale. Such substances appear to be bacteriocins. Produced by both Gram-positive and Gram-negative bacteria, they are small molecule compounds made of peptides or polypeptide complexes. Their mass rarely exceeds 10 kDa. Most of them are subjected to post-translational modifications.

Due to the fact that they are easily broken down by proteolytic enzymes of the gastrointestinal tract of mammals, people can safely eat them. These substances work in different ways. They can affect the internal structures of sensitive cells, interfere with cell wall biosynthesis or cause pores in the cell wall.

Due to the growing demand and interest in natural food additives, bacteriocins may become an interesting alternative to artificial preservatives in the future. With the development of science, more and more of them are discovered, and thanks to technological progress it is possible to examine them thoroughly.

KEY WORDS: bacteriocins, antimicrobial agents, food preservation.

WSTĘP

ŻYWNOŚĆ jest źródłem składników odżywczych dla każdego człowieka, ale także pożywką dla niektórych drobnoustrojów, które w konsekwencji powodują jej psucie. Wspomniane mikroorganizmy wpływają na zmianę smaku, zapachu i wyglądu produktów spożywczych, w których się rozwijają. Bardziej niebezpiecznym wydaje się jednak fakt, że podczas ich wzrostu, wytwarzają toksyczne substancje. Taka żywność nie nadaje się już do bezpiecznego spożycia (PAL I SHIBBIRU, 2015).

Konserwowanie żywności jest znane i wykorzystywane od czasów starożytnych. Środki konserwujące są to substancje stosowane w celu zapobiegania psucia żywności powodowanego przez mikroorganizmy. Mają one na celu zahamowanie wzrostu drobnoustrojów, takich jak bakterie i grzyby. Ze względu na pochodzenie substancje konserwujące można podzielić na trzy grupy – naturalne, sztuczne i pochodzenia mikrobiologicznego. Związki należące do pierwszej grupy nie szkodzą zdrowiu ludzi. Do tej kategorii należą ekstrakty z cukru, soli, octu i rozmarynu. W każdej domowej

kuchni stosuje się dobrze znane techniki konserwujące, takie jak chłodzenie, gotowanie czy suszenie. Do grupy sztucznych środków konserwujących należą substancje chemiczne, zatrzymujące wzrost i aktywność mikroorganizmów. Są to środki przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwutleniacze. Przykładem związków działających na mikroorganizmy są benzoesany, azotyny, propionian wapnia czy EDTA. przeciwutleniacze są środkami, które są stosowane w celu zapobiegania utlenianiu w materiale spożywczym. Przykładami stosowanych przeciwutleniaczy są: BHT, BHA, formaldehyd i etanol. Ostatnią grupę tworzą mikrobiologiczne środki konserwujące, które hamują wzrost bakterii i grzybów. Do tej grupy należą także przeciwutleniacze, takie jak absorbery tlenu, które hamują utlenianie składników żywności (SEETARAMAIAH I IN., 2011).

–KLASYFIKACJA BAKTERIOCYN–

BAKTERIOCYNY należą do małowcząstkowych związków, których masa rzadko przekracza 10 kDa. Składają się z kompleksów polipeptydowych lub peptydów. Mają zazwyczaj charakter kationowy i w większości ulegają modyfikacji potranslacyjnej. Dzięki temu, że są łatwo rozkładane przez enzymy proteolityczne przewodu pokarmowego ssaków, ludzie mogą je bezpiecznie spożywać (SŁOŃSKA I KLIMUSZKO, 2010; ZACHAROF I LOVITT, 2012).

Substancje te są zróżnicowane pod wieloma względami. Różnią się właściwościami biochemicznymi i fizycznymi, aktywnością biologiczną czy mechanizmem działania. Ich klasyfikacja zmieniała się na przestrzeni czasów, na co przede wszystkim miał wpływ rozwój nauki i poznanie nowych rodzajów tych substancji. Obecnie bakteriocyny dzieli się na produkowane przez bakterie Gram-ujemne i Gram-dodatnie. Pierwszą wspomnianą grupę dzieli się na kolicyny i mikrocynty. Kolicyny

wykazują aktywność antymikrobiologiczną w stosunku do blisko spokrewnionych szczepów. Bakterie wrażliwe na działanie tych bakteriocyn na swojej powierzchni posiadają receptor kolicyny, do którego się przyłączają. Ich działanie najczęściej polega na depolaryzacji błony atakowanej komórki. Hamują także syntezę peptydoglikanu bakterii wrażliwych. Synteza kolicyny powoduje lizę komórki producenta. Mikrocyyny są to syntetyzowane rybosomalnie, hydrofobowe peptydy przeciwdrobnoustrojowe. Można je podzielić na dwie grupy cząsteczek mniejszych >5kDa i cząsteczek o masie od 7kDa do 10 kDa. Mikrocyyny wytwarzane przez *Enterobacteriaceae* działają przeciwko szczepom blisko spokrewnionym. Są termostabilne i odporne na ekstremalne warunki. Dodatkowo ich produkcja nie powoduje lizy komórki produkcyjnej. Cechą różniącą obie grupy jest to, że peptydy bakteriocyn o masie cząsteczkowej mniejszej niż 5kDa ulegają modyfikacji potranslacyjnej oraz działają na wewnętrzne struktury atakowanych komórek. Bakteriocyny należące do grupy mikrocyn o większej masie cząsteczkowej nie ulegają modyfikacji potranslacyjnej i działają na komórki innych mikroorganizmów tworząc w ich błonie komórkowej pory i powodując ich niszczenie (CLEVELAND I IN., 2001; YANG I IN., 2014).

Podział bakterii Gram-dodatnich jest bardziej zróżnicowany. Wyróżnia się cztery główne klasy, które ze względu na zróżnicowanie cząsteczek w ich obrębie można podzielić na podklasy. Klasa I to lantynybiotyki, na które składa się podklasa - lantynybiotyki typu A (wytwarzają pory w błonie cytoplazmatycznej komórek wrażliwych) oraz lantynybiotyki typu B, które mogą działać dość różnorodnie na komórki podatkne. Jednym z mechanizmów ich działania jest zakłócenie biosyntezy ściany komórkowej. Głównym przedstawicielem tej grupy jest nizyna. Jest ona jedyną bakteriocyną, stosowaną w technologii żywności, już od 30

lat. Substancja ta uzyskała status GRAS i jest stosowana w około 50 krajach jako naturalny konserwant - oznaczana jest jako E234 (CORBO I IN., 2009).

Klasa II to nielantynybiotyki, której działanie skupia się na powodowaniu permeabilizacji ściany komórkowej. Ta grupa dzieli się na cztery podklasy. Pierwsza z nich to bakteriocyny pediocynopodobne. Wykazują silną aktywność wobec *Listeria spp.* Bakteriocyny należące do podklasy IIb są to substancje dwupeptydowe, które działają komplementarnie względem siebie powodując niszczenie atakowanej komórki. Pojedyncze peptydy także posiadają pewną aktywność, ale nie jest ona duża. Kolejną podklasą – IIc są bakteriocyny wydzielane za pomocą białek sec. Do ostatniej podklasy IId zalicza się wszystkie bakteriocyny odbiegające budową i mechanizmem sekrecji od substancji zaliczanych do wcześniejszych podklas.

Do klasy III zostały zaklasyfikowane bakteriocyny wielkocząsteczkowe. Ze względu na to, że ulegają inaktywacji pod wpływem wysokiej temperatury stanowią mniej interesującą grupę związków dla badaczy zajmujących się zagadnieniami związanymi z produkcją żywności. Należą do niej glikoproteiny i lipoproteiny. Do działania wymagają obecności reszty lipoproteinowej (B-L) lub węglowodanowej (W-L) (YANG I IN., 2014; TODOROV, 2009).

-ZASTOSOWANIE BAKTERIOCYN-

KONSERWANTY żywności otrzymywane za pomocą syntezy chemicznej, które są stosowane do utrwalania żywności, spożywane przez dłuższy okres czasu mogą wykazywać niekorzystny wpływ na organizm człowieka (WASILEWSKA I MAŁGORZEWICZ, 2015) Bakteriocyny wydają się odpowiednimi substancjami mogącymi zastąpić sztuczne dodatki. Ze względu na ich spektrum działania, względną tolerancję na istotne technologicznie

warunki (pH, NaCl, obróbka cieplna) można brać je pod uwagę jako zamienniki sztucznych konserwantów żywności. Dodatkowo niektóre bakteriocynty wykazują wrażliwość względem proteaz, dlatego też ulegają trawieniu w przewodzie pokarmowym człowieka. Tak więc, bakteriocynty są uważane za zasadniczo bezpieczne dodatki do żywności po przyjęciu przez układ żołądkowo-jelitowy (JORDAN I IN., 2014). Bakterie produkujące bakteriocynty wykrywa się w wielu produktach spożywczych tj. mięso, sery czy ryby. Jedyną obecnie komercyjną bakteriocyną używaną jako konserwant jest nizyna produkowana przez *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) uznała ją za bezpieczną. (CHOUDHURI I IN., 2013). Posiada także status GRAS (Generally Recognized as Safe) oraz została pozytywnie zaopiniowana przez FDA (Food and Drug Administration) (MOGHAI I IN., 2010). Pod nazwą handlową Nisaplin® stosowana jest w produktach serowych, aby zapobiegać wzrostowi zarodników, takich jak zarodniki *Clostridium tyrobutyricum*, które mogą przetrwać obróbkę cieplną aż 85-105°C. Zastosowanie nizyny powoduje, że produkty zachowują wysoki poziom wilgotności i niską zawartość NaCl i fosforanów, a także pozwala na przechowywanie ich poza szafkami chłodniczymi bez ryzyka zepsucia. Poziom stosowanej bakteriocynty zależy od składu żywności, prawdopodobnego obciążenia zarodników, wymaganego okresu przechowywania i temperatur, które mogą wystąpić podczas przechowywania (D'AMATO I SINIGAGLIA, 2010). Nizynę stosuje się również w celu przedłużenia okresu przydatności deserów mlecznych, których nie można w pełni wysterylizować nie wpływając na ich teksturę i smak (SETTANNI I IN., 2008). Próbowano także wykorzystać mieszaninę nizyny i kwasu propionowego powodującą zahamowanie sporulacji grzybów strzępkowych z rodzaju *Aspergillus* i *Fusarium*. Nie prowadzono jednak

badania nad efektem zmian w homeostazie mikroflory autochtonicznej przewodu pokarmowego pod wpływem obecności tej mieszaniny w spożywanych przez konsumenta środkach spożywczych (PASTER I IN., 1999).

Innymi bakteriocynami o znaczeniu technologicznym są na przykład bawarycyna, jensenina, kurvatycyna, laktycyna czy sakacyna. Powszechnie za najbardziej bezpieczne dodatki do żywności uważa się bakteriocynty syntetyzowanych przez szczepy bakterii fermentacji mlekowej takie jak *Lactococcus* sp., *Lactobacillus* sp., *Pediococcus* sp., *Carnobacterium* sp., czy *Leuconostoc* sp. (STEINKA, 2009). Do wad stosowania bakteriocyn należy zaliczyć brak stabilności, zmienną aktywność w zależności od warunków fizycznych, chemicznych i biologicznych danego środowiska (STEINKA, 2009). Stwierdzono, że bakteriocynty mogą wpłynąć na właściwości organoleptyczne produktów spożywczych. Przykład może stanowić mięso pakowane próżniowo, do którego została dodana enterocyna. Jej dodatek powodował powstawanie intensywnego zapachu, który wpływał na obniżenie jakości mięsa (AYMERICH I IN., 2002).

Zakres pH, a także związana z nim aktywność antymikrobiologiczna są charakterystyczne dla poszczególnych bakteriocyn. Stabilność tych związków dla bakterii fermentacji mlekowej jest najlepsza w środowisku kwaśnym i neutralnym. Optymalnym pH dla nizyny jest 2,0 a wraz ze wzrostem pH obniża się jej aktywność. Zakres największej aktywności laktostrepcyn występuje w przedziale pH 4,5-5,0. Bakteriocynty bakterii gram dodatnich wydają się być stabilne w szerokim zakresie od 3,0 do 9,0 (GWIAZDOWSKA I TROJANOWSKA, 2005). Wrażliwość bakteriocyn, w zależności od składu mikroflory w środowisku, jego kwasowości czy stężenia związków chelatujących, także stanowi jeden z czynników wpływających na aktywność tych związków. Na skuteczność działania bakte-

riocyn ma także wpływ sposób pakowania produktu spożywczego. Hermetyczne opakowanie może obniżać skuteczność z jaką bakteriocyny działają na mikroorganizmy (STEINKA, 2009).

Inną komercyjnie dostępną bakteriocyną jest pediocyna PA-1 sprzedawana na rynku Alta[®]2341, która hamuje wzrost *Listeria monocytogenes*, *Pediococcus*, *Lactobacillus* oraz *Leuconostoc mesenteroides* (SETTANNI I CORSETTI, 2008). Szerokie działanie przeciwdrobnoustrojowe wykazuje także pediocyna AcH. Działa ona antybakteryjnie na bakterie z rodzaju *Lactobacillus* i *Lactococcus*. Jest bakteriobójcza wobec *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* i *Pseudomonas putida*. (GWIAZDOWSKA I TROJANOWSKA, 2005). Z kolei najlepiej poznaną bakteriocyną o budowie cyklicznej i o zdolnościach do utrwalania żywności posiada enterocyna AS-48. Ma ona wpływ na ograniczenie rozwoju *Staphylococcus aureus* w odtłuszczonym mleku. Po połączeniu jej z nizyną zaobserwowano wzmocnienie jej działania. Dodatkowo wykorzystanie AS-48 w połączeniu z techniką pulsacyjnego pola elektrycznego o wysokiej intensywności (HIPEF – High Intensity Pulsed Electric Field), także skutkowało zwielokrotnieniem efektu inhibicji wobec *Staphylococcus aureus* (BŁASZCZYK I DĄBROWSKA, 2017).

— BIOAKTYWNE OPAKOWANIA —

KOLEJNYM przykładem wykorzystania bakteriocyn jest bioaktywne pakowanie. Bakteriocyny są wbudowywane w opakowanie produktu spożywczego i mają z nim stały kontakt. Opakowanie tego typu chroni produkt przed zewnętrznymi zanieczyszczeniami, a bakteriocyna dodatkowo powoduje zahamowanie rozwoju mikroorganizmów wewnątrz opakowania (MOGHA I IN., 2010). Opracowano kilka sposobów tworzenia tego rodza-

ju opakowań zawierających omawiane substancje. Pierwszym z nich jest wprowadzenie bakteriocyny bezpośrednio do polimerów za pomocą prasy cieplnej. Kolejna metoda polega na opłaszczeniu lub adsorpcji bakteriocyn do powierzchni specjalnego polimeru. Jak wynika z przeprowadzonych obserwacji stopniowe uwalnianie substancji z opakowania na powierzchnię produktu znajdującego się w jego wnętrzu jest znacznie skuteczniejsze od innych sposobów, np. rozpylania czy zanurzania produktu w samej bakteriocynie. Wynika to z większego prawdopodobieństwa częściowej utraty lub znacznego osłabienia aktywności przeciwbakteryjnej z powodu inaktywacji bakteriocyny przez składniki żywności lub rozcieńczenia bakteriocyny poniżej stężenia aktywnego na skutek migracji do produktu (GWIAZDOWSKA I TROJANOWSKA, 2005).

METODY APLIKOWANIA BAKTERIOCYN

BAKTERIOCYN mogą być wprowadzanie do żywności na różne sposoby i w różnej formie. Najczęściej szczepi się produkty bakteriami fermentacji mlekowej, które mają zdolność do produkcji bakteriocyn. W przypadku mięsa dobrym przykładem wykorzystania tej metody jest *Enterococcus faecium* CTC492, które dodane do produktu jakim jest gotowana szynka po pokrojeniu jej na plastry, a przed pakowaniem, powoduje zahamowanie pojawienia się śluzowatego nalotu wytwarzanego przez *Lactobacillus sakei* CTC746 nawet do 7 dni przechowywania. Innym ciekawym przykładem jest dodanie *Enterococcus faecalis* produkującego bakteriocynę, która aktywnie działa na *Listeria monocytogenes* pojawiającą się w serze Manchego (BAGENDA I YAMAZAKI, 2007). Taka metoda nazywa się „metodą *in situ*”. Uwalnianie się bakteriocyny wraz z upływem czasu do produktu spożywczego

może być skuteczniejszą metodą niż namaczenie produktu w bakteriocynie lub jej rozpylenie na powierzchni, jak ma to miejsce w przypadku bakteriocyn syntetyzowanych *ex situ*. Ze względu na to, że bakteriocyny mogą wiązać się z cząstkami żywności wpływając w ten sposób na dyfuzję i ograniczając jej rozpuszczalność (GHANBARI I IN., 2013; TOCMO I IN., 2014). Bezpośredni kontakt bakteriocyny z produktem spożywczym może powodować jej inaktywację i zmniejszać jej stężenie aktywne, na skutek migracji do wnętrza produktu spożywczego (VESKOWĆ MORAČANIN I IN., 2014). Kolejną metodą aplikowania bakteriocyn do produktów spożywczych jest wprowadzanie częściowo oczyszczonej lub całkowicie oczyszczonej bakteriocyny do produktu. Lactocin 705 produkowana przez *Lactobacillus curvatus* CRL 705 powoduje inhibicję *Brochotrix thermosphacta* przechowywanych w chłodzie potraw mięsnych. Podobne działanie wykazuje dodanie nizyny do produktów serowych w celu inhibicji wzrostu *Clostridium botulinum*. Do różnego rodzaju serów dodaje się także czyste bakteriocyny w celu zahamowania wzrostu *Listeria spp.* oraz *Clostridium*. Ostatnią metodą jest wprowadzanie produktu, który wcześniej był poddany fermentacji z wykorzystaniem bakterii fermentacji mlekowej, które produkują bakteriocyny. Na przykład dodając do mięsa mielonego liofilizowaną serwatkę w proszku fermentowaną z *Carnobacterium piscicola* CS526, wpływa się na zahamowanie rozwoju *Listeri monocytogenes* (BAGENDA I YAMAZAKI, 2007).

Ważnym aspektem stosowania bakteriocyn jest odpowiedni dobór bakterii produkujących omawiane związki. Wzrost wybranych mikroorganizmów nie powinien być hamowany przez składniki żywności, wyselekcjonowane bakterie nie mogą wpływać na strukturę i smak produktu, muszą przetrwać proces produkcji oraz rozwijać się podczas przechowywania żywności. Co najważniejsze,

powinny cały czas wytwarzać wystarczającą ilość bakteriocyn hamujących wzrost mikroorganizmów patogennych (VESKOWĆ MORAČANIN I IN., 2014; ZACHAROF I LOVITT, 2012).

ZWIĘKSZANIE SKUTECZNOŚCI BAKTERIOCYN

CORAZ częściej stosuje się także metody zwiększające skuteczność działania poszczególnych bakteriocyn. Na przykład wykorzystuje się kombinacje bakteriocyn z chemicznymi konserwantami żywności tj. sacharozą, azotanami czy kwasami organicznymi. Łączy się także poszczególne bakteriocyny o podobnym spektrum działania lub wprost przeciwnie o różnej aktywności antybakteryjnej (TOMASZEWSKA I IN., 2014). LÜDERS I IN. badali wpływ bakteriocyn produkowanych przez bakterie prokariotyczne, tj. pediocyny PA-1, saka-cyny P i kurwacyny A wraz z eukariotyczną plerocydyną, na wzrost *Listeria ivanovii* oraz *E. coli*. Badacze wykazali, że wszystkie prokariotyczne bakteriocyny w stężeniu nanomolarnym wpływają na zahamowanie wzrostu *L. ivanovii*, natomiast nie hamują wzrostu *E. coli*. Nie zaobserwowano synergistycznego działania badanych bakteriocyn względem *L. ivanovii*, natomiast działanie tego typu było widoczne w stosunku do *E. coli*. Dodanie bakteriocyn w stężeniach nanomolarnych zwiększało blisko czterokrotnie przeciwbakteryjne działanie pleurocydyny. W stężeniach mikromolarnych wpływało na całkowite zahamowanie wzrostu *E. coli*. Naukowcy potwierdzili istnienie synergistycznego działania bakteriocyn prokariotycznych i eukariotycznych wobec bakterii patogennych (LÜDERS I IN., 2003). Czasami w celu poprawy działania związków dodaje się do mieszaniny antybiotyki. Stosowane są także połączenia z substancjami, które powodują dezintegrację zewnętrznej ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych jak EDTA czy enzy-

my lityczne (TOMASZEWSKA I IN., 2014). Ostatnią metodą poprawy aktywności bakteriocyn jest łączenie ich razem z nietermicznymi metodami konserwowania żywności jak wysokie ciśnienie, zmienne pole elektryczne PEF czy pakowanie próżniowe VP. Zastosowanie 5% stężenia NaCl wraz z niziną i pakowaniem pod wpływem modyfikowanej atmosfery znacznie wpływało na wydłużenie okresu przydatności do spożycia filetów rybnych przechowywanych w temperaturze 0°C z 10 do 48 dni (TSIRONI I TAOUKIS, 2010). Pozytywnie efekty dało również badanie hamowania wzrostu *Listeria innocua*, *Shewanella putrefaciens* i bakterii psychrofilnych przy wykorzystaniu synergistycznego działania nizyny, chitozanu i mleczanu sodu (SCHELEGUEDA I IN., 2016).

PODSUMOWANIE

W dzisiejszych czasach konsument kupując produkt spożywczy przykłada coraz większą wagę do jego jakości i doboru składników, które się w nim znajdują. Ze względu na rosnące zainteresowanie produktami naturalnymi, wolnymi od sztucznych barwników i chemicznych konserwantów producenci poszukują nowych rozwiązań, które będą mogły z powodzeniem zostać wdrożone do procesów produkcyjnych na dużą skalę. Takimi substancjami mogą stać się bakteriocyny. Dzięki nizynie, która jest już od dawna komercyjnie wykorzystywana można przekonać się w praktyce jak przydatne są bakteriocyny w walce z patogennymi mikroorganizmami występującymi w żywności. W związku z wciąż rosnącym zapotrzebowaniem na nowe technologie związane z konserwacją żywności, wykorzystanie bakteriocyn może być krokiem naprzód. Dzięki temu, że związki te mogą być łączone między sobą, ale także z różnymi innymi technikami stwarza to duże możliwości. W przyszłości warto się skupić na połączeniu bakteriocyn z takimi technikami

jak ultradźwięki czy ogrzewanie mikrofalowe. Możliwe, że chemiczne środki konserwujące zostaną częściowo lub całkowicie zastąpione naturalnymizwiązkami, co zapewni konsumentom bezpieczniejszą i zdrowszą żywność.

LITERATURA

AYMERICH M.T., GARRIGA M., COSTA S., MONFORTI J.M., HUGAS M. 2002. Prevention of ropiness in cooked pork by bacteriocinogenic cultures. *International Dairy Journal*. 12, 239-246

BAGENDA D. K., YAMAZAKI K. 2007. Application of Bacteriocins in Food Preservation and Safety. *Global Science Books. Food*. 1(2), 137-148.

BŁASZCZYK U., DĄBROWSKA K., 2017. Charakterystyka i potencjalne zastosowanie bakteriocyn cyklicznych. *Postępy Mikrobiologii*. 4, 451-464.

CHOUDHURI S., DINOWA M., SINHA-SENI P., SRINIVASAN J. 2013. Nisin. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. *WHO Food additives Series*. 68, 91-112.

CLEVELAND J., MONTVILLE T. J., NES I. F., CHIKINDA M. L. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*. 71, 1-20.

CORBO M.R., BEVILACQUA A., CAMPANELLO D., D'AMATO D., SPERANZA B., SINIGAGLIA M. 2009. Prolonging microbial shelf life of foods through the use of natural compounds and non-thermal approaches – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 44, 1-20.

- D'AMATO D., SINIGAGLIA M. 2010. Antimicrobial Agents of Microbial Origin : Nisin. Application of Alternative Food-Preservation Technologies to Enhance Food Safety & Stability. 83-91.
- GHANBARI M., JAMI M., DOMIG K. J., KNEIFEL W. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – a review. LWT – Food Science and Technology. 54(2), 315–324.
- GWIAZDOWSKA D., TROJANOWSKA K. 2005. Bakteriocynty – właściwości i aktywność przeciwdrobnoustrojowa, Biotechnologia. 1(68), 114–130.
- JORDAN K., CASEY A., HOEHL A., BRUGGEMAN G. 2014. 14 - Biocontrol of *Listeria monocytogenes* on fresh produce. Global Safety of Fresh Produce. 187-202.
- LÜDERS T., BIRKEMO G.A., FIMLAND G., NISSEN-MEYER J., NES I.F. 2003. Strong synergy between a eukaryotic antimicrobial peptide and bacteriocins from lactic acid bacteria. Applied and Environmental Microbiology. 69(3), 1797–1799.
- MOGHA K., SREEJA V., GAWAI K., PRAJAPATI J. B. 2010. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria: Potential Biopreservative in Dairy Industry. National Seminar on Indian Dairy Industry - Opportunities and Challenges. 161-164.
- PAL M., SHIBBIRU T. 2015. The Role of Bacteriosin as Food Preservative. Beverage & Food World. 42 (1).
- PASTER N., LECONG Z., MENASHROV M., SHAPIRA R. 1999. Possible synergistic effect of nisin and propionic acid on the growth of the mycotoxigenic fungi *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus ochraceus* and *Fusarium moniliforme*. Journal of food protection. 62(10), 1223-7.
- SEETARAMAIAH K., SMITH A.A., MURALI R., MANAVALAN R. 2011. Preservatives in Food Products. International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives. 2(2), 583-599.
- SETTANNI L., CORSETTI A. 2008. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. International Journal of Food Microbiology. 121, 123–138.
- SCHELEGUEDA L.I., ZALAZAR A.L., GLIEMMO M.F., CAMPOS C.A. 2016. Inhibitory effect and cell damage on bacterial flora of fish caused by chitosan, nisin and sodium lactate. International Journal of Biological Macromolecules. 83, 396–402.
- SŁOŃSKA A., KLIMUSZKO D. 2010. Bakteriocynty probiotycznych pałeczek *Lactobacillus plantarum*. Postępy Mikrobiologii. 40(2), 87-96.
- STEINKA I. 2009. Innowacje technologiczne a bezpieczeństwo żywności. Annales Academiae Medicae Gedanensis. 39, 123–132.
- TOCMO R., KRIZMAN K., KHOO W.J., PHUA L.K., KIM M., YUK H.G. 2014. *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed smoked fish products: occurrence, routes of contamination, and potential intervention measures. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 13(2), 172–189.
- TODOROV S. D. 2009. Bacteriocins from *Lactobacillus plantarum* – production, genetic organization and mode of action. The Brazilian Journal of Microbiology. 40, 209–221.
- TOMASZEWSKA M., GRZESIŃSKA W.,

BILSKA B., TRAFIAŁEK J. 2014. Charakterystyka bakteriocyn jako naturalnych konserwantów żywności. Postępy techniki przetwórstwa spożywczego. 1/2014, 84-89.

TSIRONI T. N., TAOUKIS P.S. 2010. Modeling microbial spoilage and quality of gilthead seabream fillets: combined effect of osmotic pretreatment, modified atmosphere packaging, and nisin on shelf life. *Journal of Food Science*. 75(4), 243–251.

WASILEWSKA E., MAŁGORZEWICZ S. 2015. Niepożądane reakcje pokarmowe na dodatki do żywności. *Forum Zaburzeń Metabolicznych*. 6(1), 8-13.

VESKOVIĆ MORAČANIN S.M., ĐUKIĆ D.A., MEMIŠI, N.R. 2014. Bacteriocins produced by lactic acid bacteria – a review. *Acta Periodica Technologica*. 45, 271–283.

YANG S.-C., LIN C.-H., SUNG C. T, FANG J.-Y. 2014. Antibacterial activities of bacteriocins: application in foods and pharmaceuticals. *Frontiers in Microbiology*. 5, 1-10.

ZACHAROF M.P., LOVITT R.W. 2012. Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria A Review Article. 3rd International Conference on Biotechnology and Food Science. 2, 50–56.