

DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, ZDZISŁAWA LIBUDZISZ

JAKOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA ŻYWNOŚCI FUNKCJONALNEJ W ASPEKCIE JEJ ZDROWOTNOŚCI

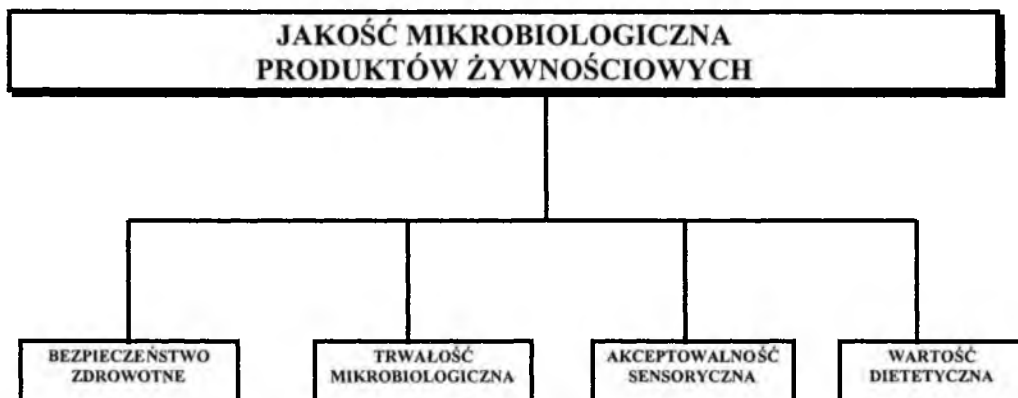
Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono aspekty zagrożeń i korzyści związanych z jakością mikrobiologiczną żywności funkcjonalnej. Zagrożenia bezpieczeństwa zdrowotnego związane są głównie ze wzbogacaniem żywności w składniki korzystne dla zdrowia, obniżaniem zawartości pewnych składników i modyfikacjami technologii w tym przede wszystkim utrwalań. Z drugiej strony grupa produktów probiotycznych z dodatkiem kultur bakterii kwasu mlekowego, jest naturalnie utrwalona i bezpieczna dla zdrowia konsumenta, a dodatkowo wywołuje korzystne efekty, z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego, w przewodzie pokarmowym człowieka.

„Dzisiaj nabiera tempa wyścig między ludzką pomysłowością a mikroorganizmami. „Spryt” mikroorganizmów zakodowany jest w ich genach, ludzie natomiast polegają na swojej wyobraźni i inteligencji. Pierwszy krok musi polegać na uświadomieniu sobie, że zmienność jawi się normalnym elementem związków człowieka z mikroorganizmami.”

Arno Karlen [11]

Zdrowotność produktów żywnościowych związana jest z dwoma głównymi składnikami: bezpieczeństwem i wartością żywieniową. Obie te cechy w sposób mniej lub bardziej bezpośredni zależą od jakości mikrobiologicznej żywności, rozumianej jako stopień bezpieczeństwa zdrowotnego, trwałości mikrobiologicznej, akceptowalności sensorycznej i wartości dietetycznej (rys. 1).



Rys.1. Zestawienie cech składowych jakości mikrobiologicznej żywności (opracowanie własne).

Fig. 1. Microbiological food quality factors.

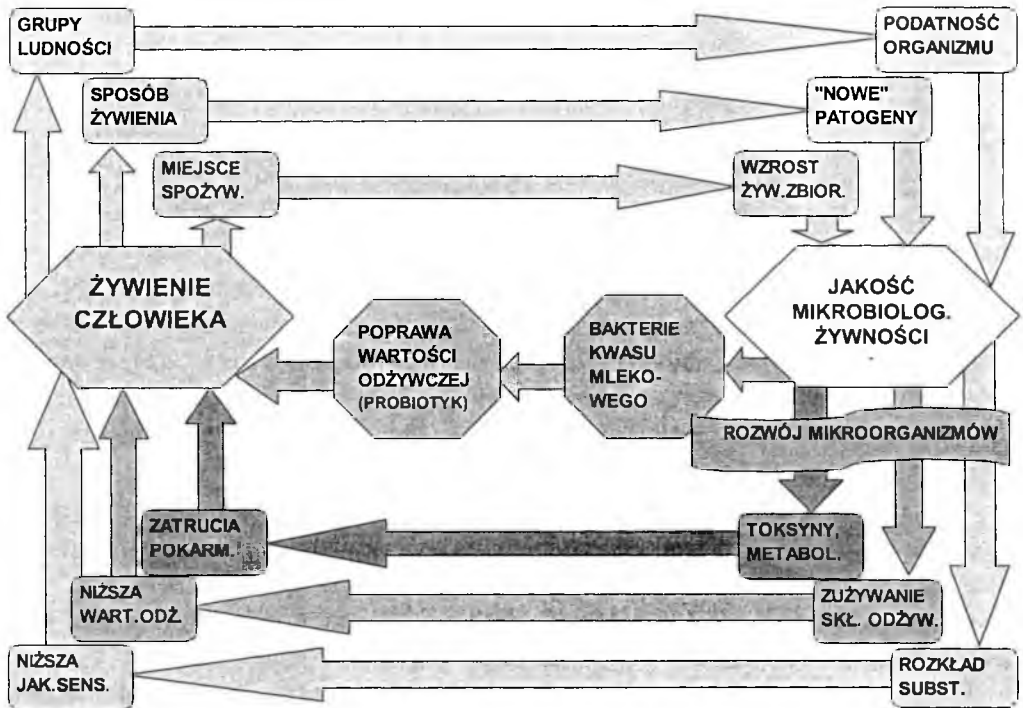
Bezpieczeństwo zdrowotne określane jest jako poziom obecności lub brak mikroorganizmów patogennych i toksyn pochodzenia mikrobiologicznego w danej ilości produktu żywnościowego. Trwałość mikrobiologiczna to maksymalny okres przechowywania produktu żywnościowego, co związane jest ze stopniem zabezpieczenia przed rozwojem obecnych w nim drobnoustrojów i w przybliżeniu odpowiada okresowi przydatności do spożycia. Akceptowalność sensoryczna w odniesieniu do jakości mikrobiologicznej rozumiana jest jako ocena smakowości i tekstury będącej wynikiem zepsucia wywołanego działalnością drobnoustrojów. Wartość dietetyczna rozumiana jest jako obecność żywych mikroorganizmów o znaczeniu dietetycznym i dotyczy jedynie produktów, do których dodano czyste kultury odpowiednich drobnoustrojów [14].

Trzy pierwsze cechy jakości mikrobiologicznej związane są z niekorzystną dla człowieka działalnością mikroorganizmów, czwarta z działaniem pozytywnym. Powiązania między jakością mikrobiologiczną żywności i aspektami żywieniowymi oraz odwrotnie, różnymi uwarunkowaniami żywienia człowieka i związanym z nimi bezpieczeństwem mikrobiologicznym żywności, przedstawiono na rys. 2.

Identyfikuje się dwa podstawowe zagrożenia związane z obecnością mikroorganizmów w żywności. Organizmy saprofityczne, jeśli rozwiną się w dużej liczbie, powodują pogorszenie jej cech smakowych i zapachowych, a w końcu całkowite jej zepsucie. Zużywanie przez drobnoustroje składników odżywczych wpływa na obniżenie wartości odżywczej żywności.

Z kolei organizmy chorobotwórcze mogą wywoływać zatrucia pokarmowe groźne dla zdrowia lub życia. Ryzyko zatrucia mikrobiologicznego związanego z konsumpcją

produktów żywnościowych zależy z jednej strony od rodzaju i liczby mikroorganizmów lub ilości produkowanych przez drobnoustroje toksyn, obecnych w spożywanej żywności, z drugiej zaś od podatności organizmu człowieka na tego typu czynniki. Tak więc, przy analizie ryzyka należy z jednej strony posługiwać się wiedzą mikrobiologiczną, dotyczącą możliwości występowania w danym produkcie żywnościowym potencjalnie niebezpiecznych mikroorganizmów, a z drugiej – wiedzą medyczną określającą liczbę mikroorganizmów i ilość toksyn, które mogą wywołać zakażenie lub zatrucie [2]. Czynnikiem wpływającym na zmianę epidemiologii zatruc i zakażeń pokarmowych są rodzaje spożywanych przez ludzi produktów żywnościowych, ich źródła i zmiana preferencji konsumentów w stronę żywności o niskim stopniu przetworzenia (sposób żywienia). Do tej listy można jeszcze dodać wzrost popularności spożywania posiłków poza domem, a więc wzrost znaczenia żywienia zbiorowego [13, 14].



Rys. 2. Jakość mikrobiologiczna żywności a żywienie człowieka – wzajemne zależności.

Fig. 2. Food microbiological quality and human nutrition – relations.

Jednocześnie stosowanie do różnorodnych produktów żywnościowych, odpowiednich kultur drobnoustrojów (najczęściej są to bakterie kwasu mlekowego – LAB),

powoduje z jednej strony efekt utrwalający wywołany produkcją substancji o działaniu antymikrobiologicznym i/lub obniżeniem pH, a z drugiej poprawę wartości żywieniowej przez bakterie probiotyczne.

Powyższe zagadnienia związane są także z rozwojem produkcji i propagowaniem spożycia grupy żywności, nazywanej z języka angielskiego żywnością funkcjonalną („functional food”) [5, 8, 15], dla której w języku polskim proponuje się między innymi nazwę „żywność prozdrowotna”.

Wg jedynej prawnie usankcjonowanej definicji Japońskiego Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej [9]: „Żywność funkcjonalna to produkty o działaniu sprzyjającym zdrowiu człowieka, stworzone na podstawie wiedzy o zależnościach między pokarmem, jego składnikami a zdrowiem; żywność, używana w celach zdrowotnych, po spożyciu której można oczekiwać uzyskania takiego właśnie efektu zdrowotnego”. W ogólnym znaczeniu tego rodzaju produkty nie miałyby pełnić roli lekarstwa lecz być stosowane jako część codziennej diety i traktowane jako żywność ogólnego spożycia.

W związku z tym problem zagrożeń mikrobiologicznych i szacowania ryzyka zdrowotnego dotyczy żywności funkcjonalnej w podobnym, a czasem nawet większym stopniu niż innych grup żywności. Bezpieczeństwo i trwałość żywności funkcjonalnej, z jednej strony ze względu na modyfikację składu, a z drugiej na potencjalne zastosowanie w żywieniu konsumentów wysokiego ryzyka, powinny być kontrolowane (opanowane) w sposób jak najbardziej efektywny.

Ze względu na jakość mikrobiologiczną, czyli zagrożenia i korzyści związane z rozwojem mikroorganizmów, podzielono produkty należące do żywności funkcjonalnej na następujące grupy:

1. Produkty wzbogacone w składniki korzystne dla zdrowia.
2. Produkty o obniżonej zawartości składników niepożądanych.
3. Produkty uzyskane w wyniku zmodyfikowanych technologii wytwarzania (w tym utrwalania).
4. Produkty probiotyczne, zawierające bakterie kwasu mlekowego (LAB).

Oddziaływanie mikrobiologiczne (szkodliwe i korzystne) i ewentualne możliwe do zastosowania działania zapobiegawcze w stosunku do ww. grup żywności funkcjonalnej zestawiono w tabeli 1.

Produkty, w których ze względu na korzystne efekty żywieniowe, zwiększono zawartość pewnych składników np.: błonnika, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, białek, witamin, substancji mineralnych itp., stanowią także bogatszą „pożywkę” dla mikroorganizmów. Zwiększenie ilości składników odżywczych sprzyja rozwojowi drobnoustrojów lub stanowi wręcz źródło nowych grup mikroorganizmów, np. wzbogacenie produktu w błonnik pokarmowy dodawany w postaci otrąb (pszennych, sojowych itp.), zwiększa zagrożenie związane z rozwojem grzybów strzępkowych [14]. Konieczna jest więc modyfikacja procesów technologicznych, głównie ze

względu na stosowane metody utrwalania, które muszą być przystosowane do zmienionych warunków w żywności. Także oszacowanie bezpiecznego, z punktu widzenia zagrożeń zdrowotnych, okresu przydatności do spożycia musi być przeprowadzone ponownie.

Tabela 1

Żywność funkcjonalna w aspekcie zagrożeń i korzyści mikrobiologicznych.
Functional food in aspect of microbiological hazards and benefits.

Grupy żywności funkcjonalnej Groups of functional food	Oddziaływanie mikrobiologiczne Microbiological effect	Możliwe do zastosowania działania zapobiegawcze Possible preventive actions
1. Produkty wzbogacone w składniki korzystne dla zdrowia np.: błonnik, NNKT, peptydy, białka, witaminy, substancje mineralne, Oligosacharydy, bakterie kwasu mlekowego	Zwiększenie ilości składników odżywczych sprzyjających rozwojowi mikroorganizmów lub stanowiących źródło nowych grup drobnoustrojów. Prebiotyki i synbiotyki	Modyfikacja procesu technologicznego, przede wszystkim zastosowanie nowych metod utrwalania. Prawidłowe oszacowanie okresu trwałości
2. Produkty o obniżonej zawartości składników niepożądanych	Zmiana składu, zastąpienie pewnych składników innymi, powodującymi większe ryzyko rozwoju mikroorganizmów (np. wzrost zawartości wody). Niektóre substytuty są prebiotykami	Jw., oraz prognozowanie bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktów w zależności od modyfikacji
3. Produkty uzyskane w wyniku zmodyfikowanych technologii wytwarzania, w tym utrwalania np.: minimalnie utwalone	Niebezpieczeństwo zastosowania niewystarczających przeszkód dla rozwoju drobnoustrojów. Niebezpieczeństwo rozwoju innych i „nowych” patogenów	Konieczność zastosowania technologii „płatków” i efektywnego szacowania możliwości rozwoju drobnoustrojów
4. Produkty probiotyczne, zawierające bakterie kwasu mlekowego (LAB)	Wytwarzanie bakteriocyn i innych substancji o działaniu antymikrobiologicznym. W przewodzie pokarmowym człowieka, zapobieganie rozwojowi mikroflory niekorzystnej w tym patogennej	Dodatek prebiotyków

Akapity pogrubione oznaczają korzystne działanie mikrobiologiczne.

Źródło: opracowanie własne na podstawie m. in. [5, 8, 9, 15, 22].

Tabela 2

Produkty metabolizmu bakterii fermentacji mlekowej o aktywności antagonistycznej.
Antimicrobial products of lactic acid bacteria origin.

Produkt / Product	Spektrum aktywności / Activity spectrum
<u>Niespecyficzne</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • Kwasy organiczne (mlekowy, octowy, 2-pirolidono-5-karboksylowy) • obniżony potencjał redox • kompetycja o laktozę 	Większość drobnoustrojów (szczególnie bakterie gnilne, Gram-, nieliczne drożdże i pleśnie) Mikroorganizmy tlenowe i względnie beztlenowe Drobnoustroje sacharolityczne
<u>Enzymy</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • układ laktoperoksydazy + H₂O₂ • lizozym (niektóre mutanty) 	Mikroorganizmy patogenne, głównie w mleku Bakterie Gram+
<u>Niskoczasteczkowe produkty</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • reuteryna • diacetyl • kwasy tłuszczowe 	Szerokie spektrum aktywności (drożdże, pleśnie)
<u>Bakteriocyny</u>	
H ₂ O ₂	Różne bakterie, zależnie od rodzaju bakteriocyny Mikroorganizmy beztlenowe, psychrotrofy

Źródło: [3, 7].

Niektóre ze składników wzbogacających mogą mieć korzystne z punktu widzenia mikrobiologicznego, działanie. Związane jest ono z wprowadzaniem bakterii kwasu mlekowego i np. oligosacharydów stanowiących prebiotyki umożliwiające rozwój mikroflory probiotycznej. Omówione one zostaną dokładniej w dalszej części opracowania.

Wytwarzanie produktów żywnościowych o obniżonej zawartości składników żywieniowo niepożądanych lub których ilość w diecie powinna być, szczególnie dla osób z pewnymi schorzeniami, niewielka – powoduje technologiczną konieczność zastąpienia ich innymi składnikami. Dotyczy to np. tłuszczu, który może być zastąpiony wielocukrem inuliną. Zmiana składu i zastąpienie pewnych składników innymi, może powodować większe ryzyko rozwoju niekorzystnej mikroflory, np. w przypadku wyższej zawartości wody. Podobnie jak w pierwszej grupie żywności funkcjonalnej, niektóre substytuty mogą być prebiotykami [22].

W przypadku produktów uzyskanych w wyniku zmodyfikowanych technologii wytwarzania, istnieje niebezpieczeństwo zastosowania nieprawidłowych lub nieskutecznych metod utrwalania, a tym samym niebezpieczeństwo rozwoju innych i „nowych” patogenów. Np. zastosowanie przechowywania w atmosferze modyfikowanej lub pakowanie próżniowe, stwarza niebezpieczeństwo rozwoju względnie beztlenowej bakterii *Yersinia enterocolitica* lub produkcji toksyn przez beztlenową bakterię *Clo-*

stridium botulinum. Dotyczy to przede wszystkim żywności minimalnie utrwalonej, gdzie istnieje konieczność zastosowania technologii utrwalania kombinowanego („technologia płatków”). We wszystkich omówionych powyżej grupach żywności funkcjonalnej polecane jest opracowywanie i zastosowanie efektywnych mikrobiologicznych modeli wzrostu, inaktywacji i przeżywalności drobnoustrojów [13, 14].

Czwartą, wyróżnioną z punktu widzenia jakości mikrobiologicznej, grupą żywności funkcjonalnej są produkty probiotyczne, zawierające bakterie kwasu mlekowego, których działanie jest korzystne zarówno ze względu na bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności, jak i zapobiegania rozwojowi mikroflory niekorzystnej w przewodzie pokarmowym człowieka.

Słowo probiotyk pochodzi z języka greckiego „pro bios” co znaczy „dla życia”. Określenie probiotyk jest zastrzeżone dla preparatów lub produktów, które zawierają żywe komórki drobnoustrojów, poprawiają stan zdrowia człowieka i zwierząt, korzystny efekt wywierają w jamie ustnej bądź w przewodzie pokarmowym (podawane jako dodatki do żywności lub preparaty farmaceutyczne), w górnych drogach oddechowych (stosowane w postaci aerozoli) lub w przewodzie moczowo-płciowym (preparaty miejscowe). Wpływ ten wynika głównie z zapewnienia przez kultury probiotyczne właściwej równowagi mikroflory zasiedlającej organizm człowieka.

W celu zrozumienia definicji oraz potrzeby stosowania probiotyków konieczna jest znajomość zasad rządzących składem jakościowym i ilościowym mikroflory człowieka.

Najbardziej istotny i złożony ekosystem stanowi mikroflora jelitowa, w skład której wchodzi do około 500 różnych gatunków mikroorganizmów. Mikroorganizmy te zasiedlają blisko 400 m² powierzchni nabłonka jelitowego i łącznie stanowią około 10¹⁴ komórek.

Przewód pokarmowy noworodka w trakcie porodu jest jałowy, ale natychmiast po nim zostaje skolonizowany przez drobnoustroje pochodzące od matki i ze środowiska, aż do osiągnięcia pełnej i zrównoważonej flory dorosłego człowieka. Proces nabywania mikroflory u człowieka przebiega najintensywniej podczas pierwszych dwu lat życia.

Przewód pokarmowy jest wstępnie kolonizowany przez bakterie kwasu mlekowego, pałeczki jelitowe i paciorkowce, aż do odstawienia dziecka od pokarmu matczynego i wprowadzenia stałych posiłków. Od tego momentu zwiększa się liczba i różnorodność beztlenowców, aż do osiągnięcia stanu typowego dla dorosłego człowieka. W zasadzie w drugim roku życia flora jelitowa składa się już ze wszystkich podstawowych grup, jedynie różnorodność bakterii beztlenowych może się zwiększać.

Najmniejsza liczba drobnoustrojów występuje w żołądku, zależnie od poziomu pH od ok. 10³ do 10⁴ komórek/g. U człowieka mikroflorę tę stanowią głównie gram dodatnie względnie beztlenowe bakterie, np. streptokoki. W pierwszym odcinku jelita

ciężkiego liczbą drobnoustrojów jest w dalszym ciągu niska i dopiero w odcinku dwunastnicy zwiększa się zarówno ich liczba, jak i różnorodność. Poza gram dodatnimi bakteriami pojawiają się względnie beztlenowe gram ujemne bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*. W jelicie grubym liczba bakterii bardzo silnie rośnie i osiąga poziom 10^{10} – 10^{11} komórek/g treści. Wśród tych mikroorganizmów dominują gram ujemne bakterie z rodzaju *Bacteroides* (ok. 30% całej populacji bakterii jelitowych) oraz gram dodatnie z rodzajów *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Ruminococcus* i różne gatunki *Clostridium*; są to gatunki bezwzględnie beztlenowe, bardzo wrażliwe na kontakt z tlenem. Bakterii względnie beztlenowych jest ok. 100–1000 razy mniej i znajdują się wśród nich bakterie z rodzaju *Lactobacillus*. Tak liczny i różnorodny zespół mikroorganizmów stanowi ogromny potencjał katalityczny w organizmie człowieka, którego aktywność może przynosić zarówno korzyści, jak i stanowić zagrożenie dla jego zdrowia.

Układ jakościowy i ilościowy mikroflory jelitowej człowieka jest dość stabilny, ponieważ głównym ich substratem pokarmowym są składniki śluzu oraz martwe komórki nabłonka jelitowego. Istnieje jednak bardzo istotna współzależność pomiędzy gospodarzem (człowiekiem) i ekosystemem mikroorganizmów. Zespół mikroorganizmów jelitowych może ulegać zmianie, a nawet zniszczeniu pod wpływem leczenia chemioterapeutykami, radioterapii czy infekcji wirusowych i bakteryjnych.

Układ mikroflory jest także determinowany warunkami środowiskowymi, stanem zdrowia, stresem psychicznym oraz cechami osobniczymi człowieka. Bardzo istotny wpływ wywiera również rodzaj diety i jej stan mikrobiologiczny. Drobnoustroje patogene przenoszone drogą pokarmową (*Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus*, *Listeria*, *Campylobacter*, enteropatogenne szczepy *Escherichia coli* czy niektóre gatunki *Bacillus* i *Clostridium*) mogą powodować różnego rodzaju zatrucia pokarmowe. Tworzą ponadto metabolity toksyczne dla człowieka oraz enzymy, które mogą być odpowiedzialne za przekształcanie prokancerogenów w substancje kancerogenne. Naturalną obroną człowieka przed ich nadmiernym rozwojem w przewodzie pokarmowym jest odpowiednio ukształtowany zespół mikroorganizmów jelitowych z odpowiednio licznym udziałem bakterii o aktywności antagonistycznej w stosunku do szczepów patogennych. Jako niezmiernie ważne uznaje się tutaj bakterie należące do gatunku *Lactobacillus acidophilus* i rodzaju *Bifidobacterium*, często nazywane bakteriami probiotycznymi. Są to szczepy izolowane z przewodu pokarmowego zdrowych ludzi lub niemowląt i w postaci preparatów farmaceutycznych lub w żywności podawane ludziom w celu wytworzenia lub rekonstrukcji zrównoważonej mikroflory jelitowej. Zmniejszony udział tych bakterii probiotycznych w przewodzie pokarmowym powoduje u ludzi różne objawy, począwszy od uczucia wzdęcia do poważnych kłopotów trawienia i stanów chorobowych przewodu pokarmowego.

Ogromna zmienność międzyszczepowa w obrębie jelitowych gatunków bakterii mlekowych, istnienie wielu biotypów *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* czy innych gatunków tego rodzaju, narzuca konieczność precyzowania jaki szczep jest wprowadzany do preparatów czy produktów fermentowanych jako szczep probiotyczny. Właściwości te są bowiem związane ze szczepem, a nie gatunkiem bakterii [18, 19].

Istnieje szereg kryteriów, jakie powinny spełniać szczepy probiotyczne, stanowiących o skuteczności ich działania. Do podstawowych wymogów należą:

1. Antagonizm w stosunku do drobnoustrojów chorobotwórczych.
2. Tworzenie lub rekonstrukcja zrównoważonej mikroflory autochtonicznej człowieka.
3. Zdolność kolonizacji określonych miejsc w organizmie człowieka.
4. Wzrost odporności człowieka na kolonizację przez mikroflorę allochtoniczną, a szczególnie chorobotwórczą.
5. Zdolność obniżania poziomu cholesterolu we krwi.
6. Asymilacja lub unieczynnianie związków toksycznych i rakotwórczych.
7. Hamowanie aktywności kancerogennej mikroflory fekalnej.
8. Niespecyficzna stymulacja systemu immunologicznego człowieka.
9. Zmniejszenie skutków defektu laktazowego.
10. Odporność na niskie pH i żółć.
11. Poprawa wartości odżywczych i dietetycznych żywności fermentowanej.
12. Konieczne jest również, aby szczepy probiotyczne nie wytwarzały substancji toksycznych dla organizmu człowieka oraz nie wywoływały reakcji alergicznych, nie tworzyły związków mutagennych czy kancerogennych; również składniki komórek po śmierci nie mogą wykazywać takich właściwości.

W kontroli układu mikroflory jelitowej człowieka ogromną rolę odgrywają metabolity bakterii mlekowych o aktywności antagonistycznej (tabela 2).

Wśród związków hamujących rozwój mikroflory patogennej za najistotniejsze uważa się kwasy organiczne, w tym szczególnie aktywny kwas octowy, ponadto aldehyd octowy, nadtlenek wodoru oraz substancje antybiotykoopodobne czyli bakteriocyyny.

Bakteriocyyny stanowią dużą grupę heterogennych substancji chemicznych, różniących się zarówno ciężarem cząsteczkowym, budową chemiczną, właściwościami biochemicznymi, jak i zakresem aktywności i sposobem działania na drobnoustroje. Jednym, z głównych producentów bakteriocyn są szczepy należące do gatunku *Lactobacillus acidophilus*, syntetyzujące bakteriocyyny o dość szerokim spektrum aktywności, hamujące między innymi bakterie chorobotwórcze z gatunków *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* czy *Mycobacterium* spp. [12, 16, 10].

Podawanie preparatów probiotycznych czy spożywanie produktów fermentowanych przez bakterie probiotyczne może być więc korzystne w leczeniu biegunek czynnościowych oraz może skrócić czas nosicielstwa pałeczek z rodzaju *Salmonella* [23, 24], a także przyspiesza leczenie ostrych biegunek. Ponadto po kuracji antybiotykowej pozwala na przywrócenie równowagi naturalnej mikroflory jelitowej człowieka.

Do korzystnych funkcji bakterii probiotycznych należy ponadto aktywacja systemu immunologicznego gospodarza. Stwierdzono bowiem, że podawanie żywych (w produktach fermentowanych) lub liofilizowanych preparatów bakterii *Lactobacillus acidophilus* i z rodzaju *Bifidobacterium*, w ilościach rzędu 10^9 - 10^{12} komórek dziennie, w czasie kilku tygodni może powodować wzrost liczby leukocytów, makrofagów, limfocytów, komórek plazmatycznych, wzrost aktywności fagocytarnej leukocytów, zwiększenie aktywności makrofagów i limfocytów, a także zwiększenie poziomu g-interferonu i immunoglobuliny A w surowicy krwi [21].

Właściwości przeciwnowotworowe bakterii probiotycznych mogą być wynikiem [6; 1]:

- eliminacji prokancerogenów lub kancerogenów – niektóre bakterie mlekowe wykazują aktywność reduktazy azotynowej i są zdolne są do asymilacji azotynów. Ogranicza to możliwość tworzenia kancerogennych nitrozoamin,
- obniżenia poziomu enzymów fekalnych (β -glukuronidaza, azoreduktaza, nitroreduktaza) odpowiedzialnych za przekształcenie prokancerogenów do kancerogenów,
- stymulacji systemu immunologicznego człowieka.

Zdolność asymilowania cholesterolu, wykazana w warunkach *in vitro*, [4] jest również bardzo istotną cechą niektórych bakterii mlekowych. Może to mieć istotne znaczenie w zapobieganiu miażdżycy i choroby wieńcowej serca. Znaczenie fizjologiczne dla człowieka tych uzdolnień bakterii nie jest jeszcze w pełni udokumentowane i podlega intensywnym badaniom.

W przypadku stosowania bakterii o uzdolnieniach probiotycznych w produkcji żywności fermentowanej można również oczekiwać wzrostu wartości odżywczej surowca [20]. Kwas mlekowy będący podstawowym produktem końcowym metabolizmu węglowodanów u bakterii mlekowych, spełnia w organizmie człowieka wiele korzystnych funkcji fizjologicznych. Główne z nich to: przyspieszenie trawienia białek, np. białek mleka po strąceniu ich w postaci sernika, zwiększenie wchłaniania wapnia, żelaza, fosforu i innych pierwiastków, pobudzenie wydzielania soków żołądkowych oraz przyspieszenie perystaltyki jelit. Organizm człowieka wykorzystuje ponadto formę kwasu L-mlekowego jako źródło energii; jego wartość energetyczna wynosi 15 kJ/g w porównaniu z 16 kJ/g laktozy.

Ze względu na rosnącą świadomość znaczenia układu mikroflory jelitowej, obserwuje się w ostatnich latach bardzo intensywny rozwój produkcji nowych rodzajów

żywności fermentowanej i to zarówno pochodzenia zwierzęcego (produkty typu „bio” z mleka), jak i roślinnego (np. tzw. biosoki z buraków czy marchwi). Do fermentacji tych surowców stosuje się specjalnie selekcjonowane, o udokumentowanych właściwościach probiotycznych szczepy bakterii fermentacji mlekowej z gatunków *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* czy bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*.

Przy rozpatrywaniu potencjalnych terapeutycznych wartości preparatów probiotycznych i produktów fermentowanych z udziałem mikroflory jelitowej należy jednak pamiętać, że produkt musi zawierać dostateczną liczbę żywych i aktywnych komórek w chwili spożycia, minimalnie 10^6 komórek/ml produktu [17].

W 1995 roku Gibson i Roberfroid zaproponowali określenie prebiotyków dla grupy składników żywności, która nie ulega strawieniu w przewodzie pokarmowym człowieka i która korzystnie wpływa na organizm gospodarza przez selektywną stymulację wzrostu i aktywności jednego lub niewielkiej liczby gatunków bakteryjnych, a szczególnie bakterii probiotycznych w okrężnicy. W efekcie może to poprawić stan zdrowia gospodarza. Autorzy ci stwierdzili, że takie składniki:

- nie mogą ulegać hydrolizie ani wchłanianiu w jelicie cienkim,
- muszą stanowić selektywny substrat dla jednego lub ograniczonej liczby pożytecznych gatunków bakterii, bytujących w okrężnicy,
- powinny stymulować rozwój korzystnej dla zdrowia flory przewodu pokarmowego,
- powinny powodować wystąpienie korzystnych dla gospodarza skutków miejscowych w świetle przewodu pokarmowego bądź efektów układowych.

Uznaje się, że najistotniejszą grupą o właściwościach probiotycznych są wspomniane już oligosacharydy. W chwili obecnej jako najkorzystniejsze uznaje się stosowanie preparatów lub produktów fermentowanych przez bakterie probiotyczne z dodatkiem odpowiednich oligosacharydów.

Takie kombinowane preparaty składające się z probiotyków i prebiotyków określa się mianem synbiotyków. Podejście to jest szczególnie ważne dla dalszego rozwoju żywności funkcjonalnej.

Podsumowując, żywność funkcjonalna czy jak zaproponowano w dyskusji na konferencji – prozdrowotna, ma w założeniu stanowić składnik codziennej diety. W związku z tym, że duża część produktów przeznaczona jest dla osób o obniżonej odporności (niemowląt i małych dzieci, osób w starszym wieku, chorych i rekonwalescentów itp.), musi być bezwzględnie bezpieczna zdrowotnie, w tym także mikrobiologicznie. Pewne modyfikacje związane z wytwarzaniem produktów funkcjonalnych mogą stanowić zagrożenie z mikrobiologicznego punktu widzenia i wymagają efektywnego opanowania w całym cyklu produkcji i dystrybucji. Z drugiej strony grupa produktów probiotycznych z dodatkiem kultur bakterii kwasu mlekowego, jest natu-

ralnie utrwalona i bezpieczna dla zdrowia konsumenta, a dodatkowo wywołuje korzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego efekty, w przewodzie pokarmowym człowieka. Zwiększa to bezpieczeństwo mikrobiologiczne nie tylko żywności, ale także żywienia człowieka.

LITERATURA

- [1] Adachi S.: Lactic acid bacteria and tumor control. W: Lactic Acid Bacteria in Health and Disease (ed. B.J.B. Wood) Elsevier Appl. Sci., 1992.
- [2] Baird-Parker A.C.: Development of industrial procedures to ensure the microbiological safety of food. Food Control, **6**, 1995, 1.
- [3] Breidt F., Fleming H.P.: Using lactic acid bacteria to improve the safety of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol., **51**, 1997, 44.
- [4] Gilliland S.E., Nelson C.R., Maxwell C.: Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. Appl. Environ. Microbiol., **49**, 1985, 377.
- [5] Goldberg I.: Functional foods for health – the current state and future prospects. Vitafoods International Conference, Copenhagen, March 11-13, 1997.
- [6] Goldin B.R., Gorbach S.L.: The effect of milk and lactobacillus feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. Am. J. Clin. Nutr., **39**, 1984, 756.
- [7] Gudkow A.V.: Starters: As a means of controlling contaminating organisms. XXII Int. Dairy Congress, Milk - The vital force, ed. D. Reidel Publ. Co., 1986.
- [8] Hasler C.M.: Functional Foods: Their role in disease prevention and health promotion, Food Technol., **52**, 1998, 63.
- [9] Heasman M.: The regulation of functional foods and beverages in Japan, Vitafoods International Conference, Copenhagen, March 11-13, 1997.
- [10] Jack R.W., Tagg J.R., Ray B.: Bacteriocins of Gram-positive bacteria. Microbiol. Rev., **59**, 1995, 171.
- [11] Karlen A.: „Człowiek i mikroby”, Warszawskie Wydawnictwo Literackie, MUZA S.A., Warszawa 1997.
- [12] Klaenhammer T.R.: Bacteriocins of lactic acid bacteria. Biochimie, **70**, 1995, 337.
- [13] Kołożyn-Krajewska D.: Zagrożenia mikrobiologiczne związane z minimalnym przetwarzaniem żywności. Materiały Konferencji Naukowej "Żywność minimalnie przetworzona", 19-20.06.1997, Kraków, 42, 1997.
- [14] Kołożyn-Krajewska D.: Studium zapewnienia jakości żywności w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego na przykładzie wybranych produktów mięsnych. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa 1998.
- [15] Knorr D.: Technology aspects related to microorganisms in functional foods. Trends Food Sci. Technol., **9**, 1998, 295
- [16] Kok J., Holo H., Van Belkum M.J., Haandrikman A.J., Nes I.F.: Nisin bacteriocins in Lactococci: Biochemistry, genetics, and mode of action. W: Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria (Eds D.G. Hoover & L.R. Steenson) Academic Press, Inc. New York, 1993.
- [17] Kurmann J.A., Rasic J.Lj.: Technology of fermented special products. Bulletin of the International Dairy Federation (IDF), **227**, 1988, 101.
- [18] Salminen S.: Uniqueness of probiotic strains. Nutrition Newsletter of IDF, **5**, 1996, 18-19.

- [19] Saxelin M., Korpela R.: *Lactobacillus* GG products with clinical documentation. Nutrition Newsletter of IDF, **5**, 1996, 35.
- [20] Shahani K.M., Chandan R.C.: Nutritional and healthful aspects of cultured and culture-containing dairy foods. J. Dairy Sci., **62**, 1979, 1685.
- [21] Usajewicz I.: Fizjologiczne i immunologiczne uwarunkowania stosowania bakterii fermentacji mlekowej w żywieniu człowieka. W: Bakterie fermentacji mlekowej (Red. Z. Libudzisz, P. Walczak, J. Bardowski), Polit. Łódzka, 1998, 123.
- [22] Voragen A.G.J.: Technological aspects of functional food-related carbohydrates, Trends Food Sci. Technol., **9**, 1998, 328.
- [23] Zychowicz C., Surażyńska A., Siewierska B., Cieplińska T.: Effect of *Lactobacillus acidophilus* cultures (acidophilus milk) on the carrier state of *Shigella* and *Salmonella* organisms in children. Ped. Pol., **49**, 1974, 997.
- [24] Zychowicz C., Kowalczyk S., Cieplińska T.: Results of administration of *Lactobacillus acidophilus* culture (acidophilus milk) in an endemic focus of dysentery. Ped. Pol., **50**, 1975, 429.

HEALTH ASPECTS RELATED TO MICROBIOLOGICAL QUALITY OF FUNCTIONAL FOOD

S u m m a r y

Hazard and benefits aspects related to microbiological quality of functional food were discussed in this paper. Hazards are mainly connected with enrichment of foods with beneficial for health constituents, lowering of some constituent's level and technology (mainly preservation) modifications. On another hand group of probiotics with lactic acid bacteria addition, are naturally preserved and safe for consumer. Additionally these products have beneficial effect in human body. ❖