

DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA

MIKROORGANIZMY W ŻYWNOSCI – ZAGROŻENIA CZY KORZYŚCI

Streszczenie

Historia odkrycia drobnoustrojów. Co to są mikroorganizmy? Niekorzystne działanie mikroorganizmów powodujących psucie się różnych produktów żywnościowych. Groźna mikroflora patogenna wywołująca zatrucia i zakażenia pokarmowe. Stare i nowe metody ograniczenia rozwoju drobnoustrojów w żywności. „Przyjacielska pomoc” mikroorganizmów w utrwalaniu, przetwarzaniu i wytwarzaniu produktów żywnościowych oraz ich składników. Korzystna rola żywieniowa i zdrowotna specjalnych szczepów bakterii, celowo dodawanych do żywności.

Przez wiele tysięcy lat człowiek ich nie znał, chociaż skutki – dobrotliwe lub tragiczne – odczuwał. Pił aromatyczne wina lub miody, sporządzał fermentowane napoje mleczne i sery, nie zdając sobie sprawy co jest przyczyną zachodzących procesów. Z drugiej strony stawał bezradnie wobec tajemniczej zagadki choroby zakaźnej, epidemii wyludniającej miasta i wsie lub epizooocji niszczącej pogłowie zwierząt. Opis ospy znaleźć można w zapiskach chińskich historyków sprzed 4000 lat, o wściekłości wspomina już kodeks Esznana w Babilonii przed okresem Hammurabiego. Historia wina jest tak stara jak nasza cywilizacja. Ludzie zetknęli się więc z przejawami ich działalności, ich – to znaczy bakterii, wirusów, drożdży i pleśni, nic o nich nie wiedząc. Wyjaśnienie zagadki chorób zakaźnych, procesów fermentacji, psucia się żywności i stale odradzającej się żywności ziemi lub przy zaniedbaniu gleby – jej wyjałowienia, stało się możliwe dopiero wtedy, gdy udało się obejrzeć tajemnicze mikroorganizmy. Nastąpiło to po wynalezieniu i skonstruowaniu mikroskopu [7].

Ojcem mikrobiologii nazywa się niekiedy Holendra Antoniego van Leeuwenhoka (1632–1723), który po raz pierwszy ujrzał tajemniczy obcy świat, zaludniony tysiącami istot najrozmaitszego gatunku, od najzłośliwszych i śmiercionośnych, do

przyjaznych i pożytecznych, świat, którego odkrycie było ważniejsze dla ludzkości, niż odkrycie niejednego ładu czy archipelagu. On to właśnie skonstruował pierwszy mikroskop dający powiększenie do 300 razy, umożliwiający zobaczenie drobnoustrojów i sporządził pierwsze znane rysunki drobnoustrojów [8]. Po nim przyszli następnicy: Lazzaro Spallanzani, Ludwik Pasteur, Robert Koch i inni znakomici badacze wyjaśniający tajemnice mikroskopijnego świata drobnoustrojów.

Mikroorganizmy są powszechnie obecne w środowisku życia człowieka, w jego żywieniu, w nim samym. Nie można się od nich uwolnić, nie można bez nich żyć. Co rozumiane jest pod pojęciem mikroorganizmy lub drobnoustroje? Jak podaje Kunicki-Goldfinger [7] nazwa ta obejmuje następujące, nierównorzędne zresztą pod względem systematycznym, grupy organizmów: wirusy, bakterie i organizmy bakteriopodobne, grzyby (zazwyczaj z wyłączeniem grzybów kapeluszowych, niezależnie od ich stanowiska systematycznego), glony jednokomórkowe i kolonijne (z wyłączeniem glonów plechowych), pierwotniaki. Poza tym tradycyjnym podziałem można zastosować nieco inny, opierający się na uwzględnianiu istotnych różnic cytologicznych i fizjologicznych, wyróżniający trzy zasadnicze grupy – nadkrólestwa; *Virales* czyli wirusy, *Prokaryota* (bakterie i organizmy bakteriopodobne), *Eukaryota*. Wszystkie formy należące do dwóch pierwszych nadkrólestw należą do drobnoustrojów. Spośród *Eukaryota* zaliczamy tu tylko pierwotniaki (*Protozoa*), niektóre glony i grzyby oraz śluzowce i *Acrasidae*.

Virales czyli **wirusy** stanowią grupę odmienną od wszystkich istot żywych. Zbudowane są z kwasów nukleinowych, zawierających informację genetyczną niezbędną do odtwarzania potomnych cząstek wirusa i syntezy enzymów, które by ten proces mogły przeprowadzić. Brak im jednak własnych układów enzymatycznych, jakie są potrzebne do pobierania pokarmu i przeprowadzania procesów metabolicznych. Są to więc organizmy niekompletne, które muszą korzystać z systemów pełnych, jakimi są komórki organizmów, zarówno *Prokaryota* jak i *Eukaryota*. Wnikając do nich, wirusy narzucają komórcę gospodarza informację zapisaną we własnym kwasie nukleinowym i powodują w ich metabolizmie zmiany, prowadzące do odtwarzania nowych cząstek wirusowych, zamiast właściwych składników komórki [7].

Bakterie są najmniejszymi istotami żywymi. Najmniejsze z nich, np. *Mycoplasmatales*, mają rozmiary znajdujące się na granicy zdolności rozdzielczej najlepszych mikroskopów świetlnych (ok. 0,15–0,2 μ m), największe zaś, jak niektóre bakterie purpurowe i siarkowe, sięgają kilkunastu mikrometrów. Bakterie występują w kilku podstawowych formach: kulistej lub owoidalnej (ziarenkowiec czyli coccus), cylindrycznej (pałeczka bacterium, laseczka bacillus), cylindra spiralnie skróconego (przecinkowiec – vibrio, śrubowiec – spirillum). Bakterie kuliste mogą też tworzyć charakterystyczne układy. Niektóre bakterie tworzą specjalne formy przetrwalne, o odmiennej budowie i często o dużej oporności na działanie szkodliwych czynników

środowiskowych. Jest to szczególnie istotne przy wyborze metod utrwalania żywności, które muszą uwzględniać oporność bakterii. Pod względem stosunku do tlenu, bakterie dzieli się na tlenowce, mikroaerofile i beztlenowce [7]. Ze względu na optymalną, minimalną i maksymalną temperaturę wzrostu, bakterie dzieli się na: psychrofilne (zimnolubne), mezofilne (rosnące w średnich temperaturach) i termofilne (ciepłolubne).

Następną grupą drobnoustrojów są **grzyby**. Te, które występują w żywności, dzieli się z praktycznego punktu widzenia na **drożdże** i **pleśnie**. **Drożdże** są organizmami jednokomórkowymi, które mogą mieć kształt okrągły, owalny, elipsoidalny lub cylindryczny. Ich wymiary są większe niż bakterii (2–8 μm szerokości i 3–10 μm długości). Rozwijają się w temperaturze 25–32°C, przy pH 4–5. Rozmnażają się najczęściej przez pączkowanie, podział lub zarodnikowanie [2].

Cechą charakterystyczną **pleśni** jest zdolność tworzenia delikatnej, puszystej grzybni. Rozwija się ona na powierzchni; w przypadku grzybów pasożytniczych wytwarza ssawki, które wnikają do komórek żywicieli. Grzybnia może być jedno- lub wielokomórkowa. Pleśnie rozmnażają się najczęściej przez podział, pączkowanie lub przez zarodniki (spory). Są bardzo odporne na niskie wartości pH (min. 2). Rozwijają się w zasadzie tylko w warunkach tlenowych [2].

Przedstawione powyżej bardzo skrótowo grupy drobnoustrojów zastosowane umiejętnie, mogą odgrywać bardzo pożyteczną rolę w utrwalaniu, przetwarzaniu lub nawet tworzeniu żywności; mogą też jednak sprawiać kłopoty, a niekiedy są wręcz groźne.

Zagrożenia związane z obecnością mikroorganizmów w żywności są w zasadzie dwa. Organizmy nie chorobotwórcze, jeśli rozwiną się w żywności w dużej ilości, powodują pogorszenia jej cech smakowych i zapachowych, a w końcu całkowite jej zepsucie. Z kolei organizmy chorobotwórcze mogą wywoływać zatrucia pokarmowe, groźne dla zdrowia lub życia.

Pozyskiwanie oraz przetwarzanie żywności wiąże się z występowaniem i rozwojem drobnoustrojów. Jakość końcowego wyrobu, a zwłaszcza jego właściwości sensoryczne, wartość odżywcza oraz trwałość, zależą od tego w jakim stopniu przerabiany surowiec był zaatakowany przez drobnoustroje gnilne, jak dalece mogły się one rozwijać podczas przetwarzania, a także, jaka jest liczebność mikroorganizmów w gotowym produkcie. Należy pamiętać, że w optymalnych warunkach środowiskowych w żywności, liczba bakterii lub drożdży może ulec podwojeniu w ciągu 15–20 minut. Komórki potomne po następnych 15–20 minutach są już gotowe do następnego podziału. Ogólnie przyjmuje się, że produkty w których stwierdza się do 10⁶ komórek na gram, nie budzą zastrzeżeń sensorycznych ani mikrobiologicznych [11].

Mikroflora surowców roślinnych pochodzi głównie z gleby i zależy od rodzaju rośliny, rodzaju gleby, warunków klimatycznych wzrostu i zbioru, od warunków transportu i przechowywania. Najbardziej zakażone są rośliny okopowe, najmniej owoce rosące wysoko na drzewach. Na warzywach, wykazujących na ogół wyższe pH i większą zawartość białka, rozwijają się głównie bakterie, przeważnie gnilne, natomiast na owocach zawierających więcej cukrów i mających niższe pH – drożdże i pleśnie, a poza nimi prawie zawsze pałeczki z grupy coli, bakterie z rodzajów *Micrococcus* i *Bacillus*. Na owocach psujących się (fermentujących) rozwijają się bakterie octowe oraz bakterie mlekowe. Mikroflora warzyw zależy od ich rodzaju. Na warzywach zielonych (sałata, kapusta, szpinak) występują głównie bakterie kwasu mlekowego odpowiedzialne za samozakiszenie kapusty, drożdże i pleśnie. Na warzywach korzeniowych (marchew, pietruszka, cebula itp.) spotyka się tlenowe i beztlenowe bakterie przetrwalnikujące, wywołujące gnicie i fermentację masłową oraz drożdże i pleśnie [2, 3, 9, 11].

Zboża i mąka zakażone są głównie pleśniami, w mniejszym stopniu bakteriami. W przypadku zboża wywołują one tzw. stęchliznę w czasie ich przechowywania w warunkach podwyższonej wilgotności i temperatury. Zboża stęchłe wykazują zmiany w barwie, połysku, zapachu i zdolności kiełkowania ziarna oraz mają gorsze właściwości wypiekowe. Mąka przechowywana w odpowiednich warunkach jest w zasadzie trwała, natomiast przy podwyższonej wilgotności może nastąpić pleśnienie, a w jego wyniku utrata właściwości wypiekowych spowodowanych pogorszeniem jakości glutenu, zmianą zapachu i wzrostem kwasowości [3, 9, 11].

Psucie się pieczywa może być spowodowane bakteriami z rodzaju *Bacillus* (*Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Bac. cereus*, *Bac. megatherium*), wywołującymi tzw. chorobę ziemniaczaną polegającą na śluzowaceniu pieczywa. Śluzowacenie najczęściej występuje latem lub przy przechowywaniu w zbyt ciepłych pomieszczeniach i w pieczywie mało kwaśnym o pH powyżej 4,5. Rozpowszechnione w przyrodzie bakterie *Serratia marcescens*, zwane „pałeczkami cudownymi” (*Bacterium prodigiosum*) wywołują czerwone zabarwienie miękiszu chleba. Poza tym na pieczywie mogą rozwinąć się pleśnie, które powodują wystąpienie żółtych plam lub różowego zabarwienia. Tzw. pijany chleb otrzymywany jest z mąki zakażonej toksynotwórczymi gatunkami *Fusarium*. Jego spożycie powoduje objawy podobne do nadużycia alkoholu [3, 11].

Mięso narażone jest na działanie wielu gatunków drobnoustrojów, powodujących pogorszenie jego jakości sensorycznej oraz przydatności kulinarnej i technologicznej. Częstą wadą jest np. jego zielenienie, które może być wywołane przez paciorkowce zieleniejące i drobnoustroje wytwarzające siarkowodór, a także pałeczki fermentacji mlekowej produkujące H_2O_2 oraz pleśnie. Inne rodzaje bakterii powodują niebieskie zabarwienie mięsa, zielononiebieskie i brunatne plamy, czerwone zabarwienie lub

żółte zabarwienie tłuszczu. Bakterie (np. *Achromobacter luminescens*), drożdże i pleśń wywołują także świecenie mięsa [2, 3, 9, 11].

Psucie się kielbas może być wywołane rozwojem: tlenowych laseczek przetrwalnikujących z gatunku *Bacillus subtilis* (powodujących ciągliwość, śluzowatość i amoniakalno–stęchły zapach), ziarniaków i drożdży (wywołujących szary nalot na powierzchni), pałeczek bakterii psychrofilnych (*Pseudomonas*, *Achromobacter*) wywołujących śluzowacenie powierzchni, pleśni *Aspergillus* i *Mucor* [2, 9, 11].

Mięso ryb jest mniej trwałe od mięsa zwierząt stałocieplnych i szybciej ulega zepsuciu, tak więc ryby powinny być mrożone i przechowywane w temperaturze -20°C . Przyczyną zepsucia są najczęściej drobnoustroje psychrofilne, które rozwijają się w temperaturach bliskich 0°C [3, 9, 11].

Mleko jest znakomitym, naturalnym podłożem dla rozwoju drobnoustrojów. Praktycznie każde mleko, nawet to uzyskane w warunkach wyjątkowo aseptycznych, jest zakażone. Na skutek zakażenia i niewłaściwego przechowywania w mleku mogą nastąpić zmiany zabarwienia (niebieskie, żółte), konsystencji (ciągliwość, śluzowatość), smaku (mydlany, poziomkowy, orzechowy, zjełczały) i zapachu (paszy). W mleku pozostawionym w temperaturze pokojowej najpierw rozwijają się drobnoustroje proteolityczne, następnie bakterie fermentacji pseudomlekowej, paciorkowce mlekowe zakwaszające środowisko do pH 4,5–4,1. Na skutek zbyt dużego stężenia kwasu mlekowego zostaje zahamowana działalność bakterii kwaszających. W tym momencie na powierzchni mogą rozwijać się pleśnie i drożdże zużywające kwas mlekowy, co z kolei umożliwia rozwój bakterii gnilnych, powodujących dalszy rozkład mleka [3, 9, 11].

Szkodliwa mikroflora wywołuje też wady serów np. ich wydymanie, butwienie, pleśnienie i zabarwienie naskórka. Podsumowując, można stwierdzić, że działalność życiowa mikroorganizmów saprofitycznych w żywności prowadzi do zmiany:

- smaku i zapachu poprzez wytworzenie niekorzystnych sensorycznie związków,
- tekstury, przede wszystkim z powodu procesów hydrolitycznych, barwy poprzez wytwarzanie barwników lub pośrednie oddziaływanie produktów przemian na naturalne barwniki,
- wartości odżywczej poprzez rozkład wartościowych składników żywności i wytworzenie produktów wpływających ujemnie na zdrowie konsumenta.

Poza mikroorganizmami saprofitycznymi, żywność może być zakażona drobnoustrojami chorobotwórczymi. Tak więc bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności zależy od rodzaju i ilości mikroorganizmów lub ilości produkowanych przez drobnoustroje toksyn, obecnych w spożywanej żywności. Ryzyko zachorowania związane jest poza tym z podatnością organizmu na tego typu czynniki [1].

Tabela 1

Bakteryjne zatrucia pokarmowe, czynniki wywołujące je i produkty najczęściej powodujące zatrucia [5]

Czynniki wywołujące (choroba)	Warunki wzrostu	Czas inkubacji	Art. spożywcze najczęściej wywołujące zatrucia
<i>Salmonella enteritidis</i> i inne (enteritis)	7–48°C opt. 37°C pH 4–8	6–8 h rzadziej 2–72 h	mięso świeże (mielone), drób, jaja, produkty z dodatkiem jaj, żywność zakażona fekaliami
<i>Staphylococcus aureus</i> (enterotoksykoza gronkowcowa)	7–47.8°C opt. 40–45°C pH 4–9.8	3–6 h rzadziej 1–3 h	mleko i produkty mlecz., lody, pieczywo z kremem, sałatki, wyroby mięsne i wędliny, konserwy rybne
<i>Clostridium botulinum</i> (botulizm)	10–50°C opt. 25–37°C pH 4.8–8	12–36 h także 4 h do 4 dni	konserwy o pH > 4.5, mięso i wędliny produkowane w warunkach domowych, ryby i konserwy rybne
<i>Clostridium perfringens</i>	20–50°C opt. 37–45°C pH 5–8.5	10–12 h rzadziej 6–22 h	podgotowane i źle studzone potrawy, kiełbasa, drób, ryby
<i>Shigella</i> (czerwonka bakteryjna)	opt. 37°C	1–7 dni	mleko i produkty mlecz., masło, żywność skażona fekaliami
<i>Bacillus cereus</i>	5–50°C pH 4.3–9	2–6 h rzadziej 6–18 h	leguminy z produktów zbożowych, zupy, kluski, warzywa
<i>Streptococcus faecalis</i>	10–45°C opt. 37°C pH 9.2–9.7	4–12 h rzadziej 2–18 h	mięso, szynka konserwowa, drób, mleko, ser, pieczywo z kremem, warzywa
<i>Listeria monocytogenes</i> (listerioza)	1–45°C opt. 30–37°C	2 dni – 3 tygod.	warzywa, mleko, sery maziowe
<i>Yersinia enterocolitica</i> (yersinioza)	-2–45°C opt. 22–29°C pH 4.6–9	1–3 dni	surowe mleko kozie, mleko czekoladowe, woda, wieprzowina i inne surowe mięsa
<i>Campylobacter jejuni</i> (kampylobakterioza)	30–47°C opt. 42°C	48–82 h rzadziej 7–10 dni	świeże mleko, torty lodowe, jaja, drób, surowa wołowina, woda
<i>Escherichia coli</i>	opt. 37°C pH 4.2–9	2–4 dni	surowe mleko, drób
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10–44°C opt. 30–35°C pH 7.6–8.6	3–76 h	żywność pochodzenia morskiego: ryby, małże, kraby, ostrygi, mięczaki

Pod pojęciem **zatruc pokarmowych** rozumie się schorzenia wywołane spożyciem artykułów żywnościowych, jednak ich przyczyny, drogi przenoszenia, a także przebieg tych schorzeń mogą być różne. Wiadomości na temat zatruc pokarmowych znalazły się w poprzednich publikacjach autorki [4, 5, 6], dlatego obecnie ograniczono się jedynie do zestawień tabelarycznych (tabela 1, 2 i 3).

Tabela 2

Ważniejsze mikrotoksyny spotykane w żywności [2, 14]

Nazwa	Gatunek pleśni	Produkty
aflatoksyna	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i>	mleko, piwo, kakao rodzynki, orzeszki
ochratoksyna	<i>A. ochraceus</i> <i>A. alliaceus</i> <i>P. viridicatum</i>	kukurydza, fasola soja, orzechy kawa, cytrusy
patulina	<i>P. patulum</i> <i>P. claviforme</i> <i>A. clavatus</i>	Kielbasa, owoce sok jabłkowy zapleśniały chleb
kwas penicylinowy	<i>P. puberulum</i> <i>P. cyclopium</i>	kukurydza, fasola sałami, sery

Tabela 3

Wirusy, które mogą stanowić potencjalne skażenie żywności [2, 11]

1. Picornawirusy: – poliomyelitis, – wirusy ECHO, – wirus zapalenia wątroby A.
2. Reowirusy
3. Parwovirusy
4. Adenowirusy

Tradycyjne i nowe metody ograniczenia rozwoju drobnoustrojów w żywności

Tylko nieliczne produkty żywnościowe np. miód, suche orzechy i nasiona strączkowe, są trwałe w naturalnym stanie przez dłuższy czas. Wszystkie pozostałe wymagają zastosowania zabiegów utrwalających, mających na celu zachowanie ich dobrej jakości przez jak najdłuższy czas oraz zapobieganie wszelkim szkodliwym wpływom. Najważniejsze metody konserwowania podzielić można na:

1. Fizyczne:

- termiczne, związane z oddawaniem ciepła (chłodzenie i zamrażanie) lub z ogrzewaniem (pasteryzacja, sterylizacja),
- związane z obniżeniem aktywności wody (zagęszczanie, suszenie, metody osmoaktywne),
- napromieniowanie,
- prądy wysokiej częstotliwości.

2. Chemiczne:

- dodatek konserwantów chemicznych,
- wędzenie,
- solenie i peklowanie,

- obniżenie wartości pH poprzez dodatek kwasów;
- warunki próżniowe lub atmosfera modyfikowana.

3. Mikrobiologiczne:

- fermentacje (mlekowe, alkoholowe),
- szczepionki mikrobiologiczne (bakteriocyny).

Wiele z tradycyjnych metod powoduje duże zmiany w wyglądzie, smakowości, teksturze, a także możliwościach zastosowania zakonserwowanych produktów. Obecnie obserwuje się tendencję do spożywania żywności jak najmniej przetworzonej, w minimalny sposób zakonserwowanej. Często utrwalana jest ona jedynie poprzez próżniowe opakowanie i przechowywanie chłodnicze. Może to stwarzać problemy mikrobiologiczne. Aby produkty takie zachowały przydatność do spożycia przez pewien czas, a przy tym były bezpieczne, konieczne jest stosowanie kilku metod utrwalania naraz. Jest to zgodne z tzw. teorią „płatków” Leistnera, mówiącą że im więcej płatków (czyli przeszkód dla drobnoustrojów), tym większe prawdopodobieństwo osiągnięcia wymaganej trwałości. Podstawowymi płatkami są: wartość pH, aktywność wody, wartość F w obróbce cieplnej, potencjał redox, modyfikowana atmosfera, konserwanty itd. [9].

„Przyjacielska pomoc” mikroorganizmów

Jednym z najstarszych sposobów praktycznego wykorzystania działalności mikrobów są wszelkiego rodzaju fermentacje. Część z nich zaliczana jest do mikrobiologicznych metod utwalania żywności. Z biologicznego punktu widzenia fermentacje stanowią specjalny typ oddychania drobnoustrojów w warunkach tlenowych i beztlenowych. Nazwy poszczególnych fermentacji pochodzą od nazw otrzymywanych produktów np. fermentacja alkoholowa, mlekowa, octowa, cytrynowa itp. Procesy fermentacji prowadzone na skalę przemysłową, są wywoływane przez określony gatunek drobnoustrojów, wprowadzonych w postaci czystej kultury, noszącej miano szczepionki.

Fermentacja alkoholowa prowadzona jest głównie przez drożdże należące do rodzaju *Saccharomyces*, niektóre pleśnie (*Mucor*, *Rhizopus*) a także bakterie. Polski przemysł spirytusowy wykorzystuje tylko jeden gatunek drożdży – *Saccharomyces cerevisiae*. W procesie fermentacji alkoholowej następuje utlenianie cukrów prostych do alkoholu i CO₂. Proces ten wykorzystywany jest w gorzelnictwie, piwowarstwie, winiarstwie do produkcji napojów alkoholowych, a także w piekarnictwie – do spulchniania ciasta przez wytwarzany dwutlenek węgla [12].

Fermentacja mlekowa prowadzona jest przez bakterie fermentacji mlekowej, w mleku, kiełbasach typu salami oraz surowcach roślinnych. Bakterie fermentacji mlekowej należą do rodzin *Streptococcaceae* i *Lactobacillaceae* [2, 10, 13]. W wyniku

fermentacji cukrów prostych powstaje kwas mlekowy, który hamuje rozwój bakterii gnilnych oraz masłowych. Przyczynia się do tego także spadek pH, szczególnie poniżej 4,2 oraz wytwarzanie przez bakterie mlekowe substancji antybakteryjnych tzw. bakteriocyn, mających właściwości konserwujące. Wynika stąd szerokie zastosowanie fermentacji mlekowej do utrwalania żywności. Kwas mlekowy, w przeciwieństwie do kwasu octowego jest nieszkodliwy i przyswajalny przez organizm człowieka. Znane są także inne korzyści zdrowotne związane ze spożywaniem produktów fermentowanych [2, 13]. Np. mleczne napoje fermentowane są „bezpieczniejsze” dla osób z nietolerancją laktozy w porównaniu z mlekiem słodkim, są lepiej przyswajalne. Uważa się także, że obniżają poziom cholesterolu. Szczególnie korzystne z żywieniowego punktu widzenia są tzw. napoje biologicznie aktywne tzn. zawierające żywe kultury bakteryjne (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*) o właściwościach antagonistycznych wobec patogenów i bakterii gnilnych. Wymienione oba gatunki bakterii zasiedlają się trwale w przewodzie pokarmowym człowieka, a dzięki obniżaniu ilości bakterii gnilnych, zapobiegają powstawaniu nowotworów dolnych odcinków przewodu pokarmowego. Fermentacja mlekowa znalazła szerokie zastosowanie w przemyśle mleczarskim do produkcji mlecznych napojów fermentowanych (jogurt, kefir, mleko zsiadłe, ukwaszone mleko acidofilne i in.), serów, a także przy wytwarzaniu masła. W przemyśle owocowo-warzywnym wytwarzane są kiszonki: kapusta, ogórki czasem cukinia. Oddzielne zagadnienie stanowi produkcja kiełbas tzw. fermentowanych lub dojrzewających np. salami, do których stosowane są specjalne szczepy tzw. bakterii starteryowych.

Inne rodzaje fermentacji stosowane są nie w celu utrwalenia żywności, ale aby uzyskać związki wykorzystywane przez przemysł żywnościowy lub inne gałęzie przemysłowe. Są to np. **fermentacja octowa, cytrynowa, propionowa**. Bakterie fermentacji octowej wytwarzają kwas octowy (który po rozcieńczeniu stanowi ocet), najczęściej z alkoholu. Należy wspomnieć, że bakterie fermentacji octowej często wykazują działanie niekorzystne, powodując psucie się soków owocowych i uszkodzonych owoców jagodowych, a także wina i piwa.

Kwas cytrynowy występuje w dużej ilości w owocach cytrusowych, które przez długi czas służyły także do jego wytwarzania w postaci krystalicznej. Dzięki poznaniu mikroorganizmów, stało się możliwe wytwarzanie kwasu cytrynowego na drodze fermentacji tzw. cytrynowej, prowadzonej przez pleśnie (*Aspergillus niger*) [12].

Bakterie propionowe są także wykorzystywane przemysłowo, głównie do produkcji kwasu propionowego i witaminy B₁₂. Propioniany wapnia i sodu są wykorzystywane do utrwalania żywności oraz podnoszenia wartości odżywczej, ze względu na wzbogacanie wielu artykułów w witaminę B₁₂.

Wiele innych szczepów bakterii, drożdży i pleśni wykazuje zdolność do biosyntezy witamin; B₁₂, B₂, beta-karotenu. Hodowane są one na pożywkach węglowodanowych (odpadowych) z dodatkiem soli mineralnych [12].

Na drodze biosyntezy mikrobiologicznej wytwarzane są także inne substancje pomocnicze lub składniki żywności: enzymy, aminokwasy, a także stosowane głównie w medycynie antybiotyki. Do produkcji antybiotyków wykorzystywane są głównie pleśnie.

Niektóre mikroorganizmy odgrywają także rolę w poprawianiu cech smakowo-zapachowych produktów. Np. przy dojrzewaniu serów podpuszczkowych, obok bakterii mlekowych i propionowych, biorą udział inne drobnoustroje, zależnie od rodzaju sera. Sery pleśniowe dojrzewają pod wpływem określonych pleśni np. *Penicillium roqueforti*, *P. camemberti*, *P. candidum*, których zarodniki wprowadzane są bezpośrednio do mleka lub do skrzepu [10, 12].

Należy wspomnieć również o możliwości hodowli mikroorganizmów w celu otrzymania ich biomasy. W biosyntezie białka przez mikroorganizmy wykorzystuje się najczęściej drożdże, glony, bakterie i pleśnie oraz grzyby wyższe. W ten sposób wytwarza się na przykład drożdże piekarskie i gorzelnicze.

* * *

W podsumowaniu należałoby zastanowić się nad rozwiązaniem problemu zawartego w tytule: czy mikroorganizmy występujące w żywności stanowią przede wszystkim zagrożenie czy też przynoszą korzyści? Odpowiedzi jednoznacznej nie ma (tabela 4). Wydaje się, że człowiek dzięki zgłębieniu wielu tajemnic życia mikroorganizmów, skutecznie „zmusił” je do pracy dla siebie. Jednocześnie istnieje jeszcze wiele nie wykorzystanych możliwości, które stwarza biotechnologia, bez wątpienia technologia przyszłości. Ogromne są więc korzyści związane z wykorzystaniem mikroorganizmów: technologiczne, ekonomiczne, żywieniowe. Biorąc to wszystko pod uwagę być może należałoby powiedzieć, że mikroorganizmy są naszym przyjacielem... gdyby jednak nie te prawdziwe zagrożenia, które mogą nieść ze sobą. Na szczęście, dzięki poznaniu możliwości wzrostu i rozwoju mikroorganizmów, możliwe jest zapobieganie nieszczęściom. Służy temu także rozwój nauki o drobnoustrojach, idący m.in. w kierunku prognozowania mikrobiologicznego. Stworzenie modeli matematycznych dla mikroorganizmów patogennych i saprofitycznych, w różnych warunkach środowiskowych, będzie zapewne ważnym narzędziem walki z niepożądaną mikroflorą.

Tabela 4

Mikroorganizmy w żywności – wróg czy przyjaciel?

WRÓG	PRZYJACIEL
Zepsucie żywności	Fermentacje
Pogorszenie jakości	Poprawa jakości
Obniżenie wartości żywieniowej	Poprawa wartości żywieniowej
Zatrucia pokarmowe	Wytwarzanie substancji konserwujących
	Biosynteza składników żywności
	Produkcja biomasy

LITERATURA

- [1] Baird–Parker A.C.: „Development of industrial procedures to ensure the microbiological safety of food”, *Food Control*, 1995, 6, 1, 29.
- [2] Jay J.M.: „Modern Food Microbiology” VNR New York 1986, 5.
- [3] Frazier W.C.: „Food Microbiology” Mc Graw Book Company Inc., New York Toronto London 1958.
- [4] Kołożyn–Krajewska D.: „Jakość mikrobiologiczna żywności wygodnej”, *Przem. Spoż.*, 1993, 47, 9, 238.
- [5] Kołożyn–Krajewska D., Chrostowska–Gońda B.: „Zatrucia pokarmowe o etiologii bakteryjnej”, *Przem. Spoż.*, 1993, 47, 12, 326.
- [6] Kołożyn–Krajewska D.: „Gwarantowana jakość mikrobiologiczna żywności a metody predyktywne”, *Żywność. Technologia. Jakość.* 1995, 2(3), 53.
- [7] Kunicki–Goldfinger W.J.H.: „Życie bakterii”, *Wyd. Nauk. PWN*, Warszawa 1994.
- [8] Kruif P.: „Łowcy mikrobów” PZWL Warszawa 1956.
- [9] Leistner L, Gorris L.G.M.: „Food preservation by hurdle technology” *Trends Food Sci. Technol.* 1995, 6, 2, 41.
- [10] Maleszewski J.: „Higiena w przemyśle spożywczym. Aspekty mikrobiologiczne” WNT, Warszawa 1976.
- [11] Müller G.: „Podstawy mikrobiologii żywności” WNT, Warszawa 1990.
- [12] Pr. zbiorowa „Teoria i ćwiczenia z mikrobiologii ogólnej i technicznej” *Wyd. SGGW*, Warszawa 1993.
- [13] Pijanowski E.: „Zarys chemii i technologii mleczarstwa” t.1, *PWRiL*, Warszawa 1984.
- [14] Rhodes M.E.: „Food Mycology” G.K. Hall & Co., Boston 1979.

Summary

Microorganisms – historical developments. What are microorganisms? Microbial spoilage of some food products. Food-borne pathogenes and food poisonings. Food preservation – old and modern methods. „Friendly” role of microrganisms in preservation, processing and production of food products and their constituents. Nutrition and health benefits of special bacterial strains purposely added to food. ❖