

# Czynniki jakości mikrobiologicznej spożywczych jaj kurzych

EWELINA WĘSIERSKA

Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Wydziału Technologii Żywności AR,  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

Węsierska E.

## Microbiological quality factors of edible hens' eggs

Summary

As a result of the interactions between pathogens and birds' bodies, in the course of the evolution the selection of features took place which currently successfully limits the range of the microbes' virulence. Therefore eggs possess their own natural defense mechanisms which prevent bacterial and fungal infections and migrations to the yolk sphere. Their work is connected with the laminar construction of eggs (physical barriers) and enzymatic activity of the white's components. Undisturbed physiology and properly controlled and steered breeding-technological interactions (the origin of contents, modernized state of chicken farming, turnover, conditions of storage, processing and pasteurization) guarantee high a quality and microbiological safeness of eggs and products made with their input.

Keywords: quality of eggs

### Naturalne mechanizmy obronne jaja

Funkcji biologicznej jaj podporządkowane są ich cechy morfologiczne oraz funkcjonalność poszczególnych składników budulcowych. W trakcie ewolucji, w wyniku wzajemnych oddziaływań patogenów i organizmów ptaków, doszło do selekcji cech, które dziś w wielu przypadkach skutecznie ograniczają zakres wirulencji drobnoustrojów. Przeciwwykazana odporność makroorganizmu wynika, z jednej strony, ze skuteczności oddziaływania mechanizmów odpornościowych na swoiste czynniki zakaźne, z drugiej zaś – wspomagana jest przez różne nieswoiste mechanizmy obronne. Swoista odpowiedź immunologiczna wymaga czasu do rozwoju, dlatego w początkowym okresie zakażenia główną rolę w jego zwalczaniu pełnią niespecyficzne, lokalne mechanizmy obronne, do których zalicza się bariery fizyczne i mechaniczne (oporność nieuszkodzonej skóry i błon śluzowych ptaków oraz skorupy i obu błon podskorupowych jaj), jak również czynniki humoralne, aktywne na powierzchni ciała, w obrębie układów, narządów, komórek oraz płynów ustrojowych (zdolności żerne makrofagów i granulocytów, a w jaju: pH, aktywność lizozymu, konalbuminy, awidyny i innych związków) (9). Droga do wnętrza jaja prowadzi przez pory skorupy, których liczba waha się od 7 do 17 tysięcy, a średnica od 13 mikronów w tępych końcu do 6 mikronów w ostrym końcu. W czasie przechowywania, przy obecności wilgoci na zewnętrznej powierzchni, podobnie jak w przypadku zjawiska „pocenia się” jaj, dochodzi do zetknięcia się wody z błoną podskorupową. Wni-

kanie wody z powierzchni przez pory do osłonki podskorupowej jest wynikiem działania wewnętrznego podciśnienia jaja oraz ciśnienia kapilarnego w porze i umożliwia bakteriom swobodne przenikanie przez strukturę skorupy. Momentem, w którym jajo jest szczególnie narażone na wniknięcie drobnoustrojów do wnętrza jest czas składania jaja i tworzenia rezerwuaru tlenu dla rozwijającego się zarodka. W wyniku obniżenia temperatury i zmniejszenia się objętości części płynnych, powstaje podciśnienie zasysające z otoczenia powietrze, które rozdziela w części tępego końca jaja błony: podskorupową i okołobiałkową. Pękająca kutikula czopuje pory i zamyka drogę dostępu bakteriom do treści jaja na co najmniej 4 doby. Rzeczywistą rolę ochronną błon podskorupowych pełnią czynniki enzymatyczne białka, aktywne także w miejscach kontaktu z błoną okołobiałkową. Trwałość świeżych jaj, związana z mechanizmem ochronnego działania osłonek, wynosi co najmniej 14 dni (3, 20, 36).

### Humoralne czynniki obrony nieswoistej jaja

Pierwszym nieswoistym czynnikiem, hamującym namnażanie się drobnoustrojów, jest brak łatwo dostępnych substancji odżywczych w treści białka. Czynniki uniemożliwiającymi rozwój drobnoustrojów są także silnie zasadowe pH białka jaja (w jaju świeżo zniesionym: 7,6, w jajach przechowywanych: 9,0 a nawet 9,6) oraz aktywność wodna (0,965-0,985), które powodują związanie wody z białkiem. Większość bakterii rozwija się najdynamiczniej w środowisku o pH obojętnym, a pleśń – przy pH 2-6. Znacznie bardziej sprzy-

jający odczyn charakteryzuje żółtko (pH około 6), jednak dzięki centralnemu położeniu w jaju jego zakażenie jest znacznie opóźnione. W jajach starych, wskutek osłabienia chalaz, żółtko podpływa pod skorupę i przedostawanie się do niego drobnoustrojów jest ułatwione, szczególnie w sytuacji, gdy dochodzi do zakażenia mieszaniną pleśni i bakterii. Strzępki grzybni przerastając błony podskorupowe torują drogę bakteriom. Nie bez znaczenia jest też spoistość białka gęstego i przyżółtkowego, obserwowana w jajach świeżych – lepka, żelowa konsystencja utrudnia przemieszczanie się drobnoustrojów z okolic skorupy w kierunku żółtka (18).

Istnieje duża liczba związków chemicznych spowalniających wzrost mikroorganizmów lub nawet powodujących całkowite jego zahamowanie. Owotransferyna, zwana konalbuminą, jest glikoproteiną i stanowi najważniejszy składnik części białkowej, co istotnie ogranicza stosowanie pasteryzacji w procesie przetwórczym. Jej zawartość w jajach różnych gatunków ptaków jest inna (białko jaja kurzego zawiera 12-14%, jaja gęsiego 4%, a kaczego – tylko 2% konalbuminy). Owotransferyna ma zdolność wiązania jonów żelaza i innych metali, takich jak miedź i aluminium, dzięki czemu wykazuje silne działanie bakteriostatyczne. Narażone na infekcje jajo „stara się” za wszelką cenę ukryć zawarty w swym składzie pierwiastek – wolne jony żelaza od razu wiązane są przez wysoko spowinowaconą owotransferynę, dzięki czemu ich koncentracja utrzymuje się poniżej poziomu wymaganego do wzrostu przez bakterie (32). Bakterie wytworzyły wiele mechanizmów umożliwiających uwolnienie żelaza ze źródeł gospodarza (m.in. poprzez syntezę i wydzielanie do środowiska niskocząsteczkowych, wysoko spowinowaconych do żelaza chelatów, zwanych sideroforami lub produkcję hemolizyn i innych związków redukujących jony z poziomu  $Fe^{3+}$  do  $Fe^{2+}$ ). Związane są one z bakteryjną wirulencją i są jednym z czynników adaptacyjnych, umożliwiających prawidłowy rozwój, proliferację komórek oraz kolonizację zainfekowanego organizmu (29). Owomukoid oraz owoinhibitor są związkami posiadającymi zdolność hamowania aktywności trypsyny, chymotrypsyny oraz proteinaz pochodzenia bakteryjnego i pleśniowego.

Lizozym jest zasadowym białkiem globularnym, charakteryzującym się wysoką aktywnością enzymatyczną. Aktywność lityczna enzymu związana jest m.in. z hydrolizą składników ścian komórkowych bakterii Gram-dodatnich. U wielu bakterii Gram-ujemnych warstwa mureinowa staje się dostępna dla lizozymu dopiero po dodaniu czynnika chelatującego, gdy uwalniana część lipopolisacharydu odsłania strukturę peptydoglikanu (4). Ponadto lizozym ma zdolność inaktywacji wirusów poprzez wiązanie się z ich DNA w kompleksy (26). Jedną z ważniejszych biologicznych funkcji lizozymu jest trawienie pozostałości ścian uszkodzonych bakterii, co prowadzi do powstania antygenowych fragmentów glikopeptydowych, które inicjują tworzenie wysoce specyficznych przeciwciał w organizmach niosek. Kolejną właściwością lizozymu, chroniącą rozwijający się za-

rodek przed infekcją i kolonizacją drobnoustrojów, jest możliwość utworzenia kompleksu z owomucyną. Kompleks ten odpowiada za żelową strukturę białka, odzwierciedlającą stan świeżości jaja i uniemożliwiająca migrację niepożądanych komórek wewnątrz treści. Wzrost pH charakterystyczny dla procesu starzenia się jaja, powoduje osłabienie wiązań i przy wartościach 9,3-9,6 kompleks lizozym-owomucyna dysocjuje, czego następstwem jest postępujące rozrzedzanie się białka gęstego. Konsekwencją zmiany konsystencji jest wzrost ruchliwości żółtka, co odzwierciedla zaawansowany poziom starzenia się jaja i spadek jego jakości (32). Awidyna, dzięki zdolności do wiązania niezbędnej do wzrostu wielu drobnoustrojów biotyny, traktowana jest jako ważny, naturalny czynnik przeciwbakteryjny jaja. Biotyna jest bardzo istotnym czynnikiem wzrostowym, gwarantującym komórkom mikroorganizmów m.in. prawidłowy przebieg procesów syntezy długołańcuchowych kwasów tłuszczowych i fermentacji propionowej (29). Cystatyna białka jaja kurzego, jako jedna z pierwszych wyizolowana i opisana przez Fossuma i Whitakera w 1968 r., jest niewielkim białkiem o masie cząsteczkowej 12,7 kDa, stanowiącym 0,05% wszystkich protein treści białkowej jaja (27). Inhibycyjne właściwości warunkowane są obecnością trzech wysoce konserwatywnych domen (13). Wynikiem wielu prac eksperymentalnych, wykorzystujących pojedyncze mutacje w sekwencji aminokwasowej cystatyny, było wykazanie znaczenia wszystkich trzech konserwatywnych domen w procesie hamowania aktywności proteinaz cysteinowych, także pochodzenia bakteryjnego i wirusowego (12, 33). Bakteryjne proteinazy cysteinowe, jako aktywne proteolitycznie enzymy pozakomórkowe, są bardzo istotnymi czynnikami zjadliwości. Cystatyna izolowana z białka jaja kurzego, wykazująca się aktywnością substancji bakteriobójczej jest jednocześnie związkiem bardzo stabilnym w szerokim zakresie pH oraz w warunkach przedłużającego się ogrzewania (5, 19, 35, 38). Takie właściwości są bardzo korzystne zarówno z punktu widzenia przemysłu farmakologicznego, jak i spożywczego.

### **Jakość surowca jajczarskiego i jego przetworów**

Czynniki kształtujące jakość jaj oraz odchylenia jakościowe na etapie produkcji surowca zależne są od pochodzenia niosek, sposobu ich żywienia, wieku i pory nieśności, profilaktyki weterynaryjnej, zastosowanych systemów chowu, warunków zoohigienicznych utrzymania ptaków oraz sposobu i warunków dystrybucji surowca jajczarskiego (8, 32).

### **Czynniki wpływające na jakość mikrobiologiczną jaj i ich przetworów**

Stan higieny jest najważniejszym parametrem decydującym o jakości i trwałości surowca oraz powstałych z niego produktów. Czystość kliniczna jaj, redukująca zakażenia mikrobiologiczne skorupy i treści, stanowi jedno z głównych kryteriów oceny wartości tego surowca w handlu i przetwórstwie. Ocena mikrobiologiczna treś-

ci ma związek z zabezpieczeniem przydatności konsumpcyjnej jaj. Na jakość mikrobiologiczną jaj wpływa szereg istotnych czynników, z których najważniejsze to: wiek i zdrowotność drobiu, system hodowli, oddziaływanie mikroflory stałej i przejściowej, której źródłem może być człowiek, gryzonie, w pewnym stopniu także owady, zanieczyszczenia mikrobiologiczne paszy i pomieszczeń produkcyjnych fermy, sposób i warunki pakowania oraz przechowywanie i dystrybucja surowca.

### Higiena pomieszczeń gospodarskich

Stan mikrobiologiczny pomieszczeń produkcyjnych odzwierciedla poziom higieny kurnika. Jest także wskaźnikiem warunków mikroklimatycznych, w których przetrzymywane są nioski. Wprowadzenie niewłaściwych parametrów temperatury, wilgotności oraz zła cyrkulacja w pomieszczeniach inwentarskich pozwala na rozwój mikroflory i pasożytów, czym doprowadza do pogorszenia jakości powietrza i ściółki.

### Biologiczne zanieczyszczenie powietrza

W powietrzu, oprócz zanieczyszczeń mechanicznych i gazowych, występują wirusy oraz drobnoustroje prowadzące zarówno saprofityczny, jak i pasożytniczy tryb życia. Zróżnicowanie gatunków mikroflory stanowi wskaźnik czystości sanitarno-higienicznej. W pomieszczeniach dla drobiu często stwierdza się obecność mikrokoków (*Micrococcus sp.*), streptokoków (*Streptococcus sp.*), gronkowców (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*), laseczek tlenowych rodzaju *Bacillus* oraz pałeczek *Escherichia coli*. Najczęściej izolowanymi grzybami są przedstawiciele rodzajów *Aspergillus* oraz *Candida*. W kurnikach dla niosek liczba drobnoustrojów może wynosić nawet 26,7 mln komórek/m<sup>3</sup>. Na ogół uważa się 250 tys./m<sup>3</sup> za górną granicę zanieczyszczenia powietrza bakteriami i grzybami. Wysoka liczba komórek bakterii i zarodników grzybów osłabia mechanizmy odpornościowe niosek i jaj, potęguje zanieczyszczenie powierzchni skorup oraz umożliwia zasiedlenie treści mikroorganizmom chorobotwórczym. Jeżeli źródło drobnoustrojów chorobotwórczych nie zostało wcześniej zidentyfikowane i pozostaje w pomieszczeniach kurnika, komórki bakterii łączą się z pyłami, parą wodną i śluzem, tworząc aerozol bakteryjny zakaźny, a przy obecności drobnoustrojów saprofitycznych – aerozol bakteryjny mieszany. W nieprawidłowo wentylowanych pomieszczeniach inwentarskich następuje wzrost temperatury i wilgotności powietrza. Zwiększa się także stopień zawilgocenia ściółki, podłóg oraz przegród konstrukcyjnych pomieszczenia. Po pewnym czasie zaobserwować można podwyższenie poziomu stężeń toksycznych gazów, pyłów i drobnoustrojów w powietrzu. Warunki korzystne dla wzrostu flory bakteryjnej powstają w momencie, gdy wilgotność względna powietrza przekracza 80%. Przeżycie bakterii opadłych z powietrza na elementy konstrukcyjne w takim pomieszczeniu warunkowane jest utrzymaniem podwyższonych temperatur w zakresie od 29°C do 49°C. W tak dogodnych warunkach przeżywają 2,5 roku pałeczki *Escheri-*

*chia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz bakterie z rodzaju *Klebsiella*. W celu zagwarantowania wysokiego poziomu higieny proponowane są wielofazowe programy dezynfekcji pomieszczeń i sprzętu ferm, np. poprzez usunięcie sprzętu, suche, mechaniczne czyszczenie, jałowienie instalacji wodnych, mycie powierzchni pomieszczeń i wyposażenia, dezynfekcję, zamglawianie pomieszczeń, dezinwazję mającą na celu zwalczanie oocyst kokcydiów i jaj pasożytów wyższych (17, 22, 32).

### Biologiczne zanieczyszczenie ściółki

Wilgotne ściany i nieświeża ściółka stwarzają bardzo korzystne warunki do wzrostu pleśni, drożdży oraz wielu gatunków bakterii. Ich liczba jest zróżnicowana, zależna od materiału ściółkowego, wilgotności oraz czasu użytkowania i może wynosić nawet kilkanaście miliardów w gramie podłoża. Biorąc pod uwagę właściwości chorobotwórcze, za najważniejsze uważa się następujące gatunki bakterii: pałeczki *Salmonella*, komórki *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila* oraz *Bacillus cereus*. Wymienione, obecne w ściółce drobnoustroje będą wchodziły w skład mikroflory stanowiącej zanieczyszczenia skorup jaj. Co najmniej 19 gatunków bakterii oraz 25 gatunków grzybów i promieniowców zdolnych jest do rozkładu kwasu moczowego, zawartego w odchodach ptaków. Szybkość produkcji i uwalniania amoniaku z podłoża zależy od świeżości, temperatury, wilgotności i pH ściółki. Z 1 g azotu zawartego w pomociu kurzym powstaje 1,21 g amoniaku, co daje w ciągu roku ogromną emisję tego związku. Szkodliwość NH<sub>3</sub> polega nie tylko na podrażnianiu błon śluzowych układu oddechowego i obniżeniu odporności drobiu. Niewielkie stężenia związku zbyt szybko podwyższają pH białka świeżego jaja, czym ograniczają aktywność naturalnych mechanizmów obronnych treści. W dobrze utrzymanej ściółce, przy zachowaniu właściwych wartości czynników mikroklimatycznych, na ogół występują mikroorganizmy niepatogenne, a ich liczba nie przekracza 1-3 · 10<sup>9</sup>/g (3, 20, 21).

### Biologiczne zanieczyszczenie jaj

Występowanie mikroflory jaj związane jest z jej obecnością na powierzchni skorup lub wewnątrz treści. Liczba bakterii na całej powierzchni skorupy jaja czystego, bezpośrednio po złożeniu, waha się od 10<sup>4</sup> do 10<sup>6</sup> (36). Treść jaj świeżo zniesionych w ponad 90% przypadków jest jałowa (2). W większości przypadków do zakażenia treści jaja dochodzi w kurniku oraz w czasie przechowywania surowca. Sprzyja temu wyjściowe zakażenie skorupy i nieodpowiednie warunki przechowywania: niedostateczna higiena pomieszczeń i opakowań, wysoka temperatura i wilgotność. Drobnoustroje osadzają się na powierzchni skorupy w czasie przechodzenia przez kloakę i składania. Wrotami zakażenia są pory skorupy. Zakażenie treści świeżych jaj pałeczkami *Salmonella* lub prątkiem gruźlicy ptasiej *Mycobacterium tuberculosis avium* związane jest z obecnością patogen-

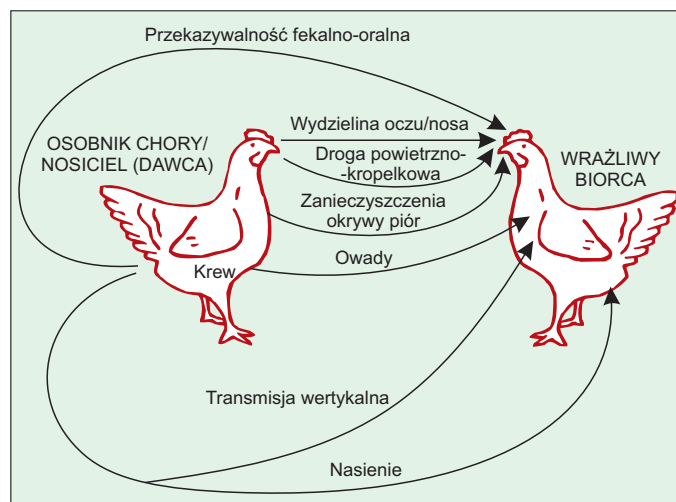
nych gatunków w układzie rozrodczym niosek. Komórki drobnoustrojów zostają zamknięte w jajach w czasie jego formowania w jajowodzie i lokalizują się w żółtku. W przewodzie pokarmowym niosek liczba *Salmonelli* waha się od 100 do 1000 w gramie treści, a *Campylobacter* od  $10^5$  do  $10^7$  w gramie (8). Obecnie przyjmuje się, że około 150 znanych gatunków, w obrębie których wydzielono ponad 2300 serotypów, może zakażać drób i przez to stanowić ryzyko zakażenia dla człowieka (25, 30).

Jednym z czynników ułatwiających rozprzestrzenianie się pałeczek *Salmonella* wśród ptaków jest zanieczyszczenie paszy drobnoustrojami. Badania przeprowadzone w latach 1991-1997 wykazały, iż 2,94% próbek mieszanek paszowych, 5,11% mączek mięsno-kostnych, 4,48% mączek rybnych oraz 4,31% koncentratów białkowo-tłuszczowych zanieczyszczonych było pałeczkami *Salmonella* (6). Przeżywalność pałeczek *Salmonella* w kałomoczu jest duża, w znacznym stopniu zależna od temperatury i wilgotności. W sprzyjających warunkach, w miejscach bytowania zwierząt bakterie mogą przetrwać kilka tygodni, pomimo stosowania zabiegów czyszczenia i odkażania. Niektóre chemiczne środki myjące niszczą kutikulę jaja i sprzyjają tym samym przenikaniu drobnoustrojów. Istnieją zasadnicze różnice w mikrostrukturze skorupy jaj mytych różnymi środkami w zakładach przetwórczych. Preparaty zawierające węglan sodu usuwają kutikulę z większej części powierzchni skorupy. Roztwór podchlorynu sodowego o stężeniu 100 ppm oraz czwartorzędowe związki amoniowe (QAC) nie uszkadzają osłonki, pomimo iż powodują nieznaczny chropowatość skorupy. Wykazują też wysoką skuteczność w eliminowaniu pałeczek *Salmonella* (34). Młode kury znoszą jaja względnie czyste, zabezpieczone mocną i grubą skorupą, uniemożliwiającą przedostanie się bakterii do wnętrza jaja. Problemy z czystością pojawiają się zwykle po 45. tygodniu życia niosek, co można tłumaczyć użytkowaniem zabrudzonego sprzętu i znacznymi ilościami nagromadzonych w ściółce odchodów (20, 21). Dodatkowo, wraz z wiekiem niosek, zmieniają się proporcje pomiędzy masą jaja a grubością jego skorupy – masa wzrasta, a skorupa staje się cieńsza. Stąd potrzeba stosowania właściwej diety. Dzielne zapotrzebowanie niosek na wapń wynosi około 4,5-5,0 g związku dostarczanego w paszy wraz z witaminą D<sub>3</sub>, wspomagającą przyswajalność pierwiastka (11). Stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego zależy także od sposobu żywienia niosek i związanej z tym konsystencji kału. Rzadka konsystencja kału umożliwia bakteriom przyleganie do po-

Tab. 1. Środowisko występowania najpopularniejszych drobnoustrojów związanych z jajami oraz produktami i przetworami jajowymi

Środowisko	Izolowane rodzaje i gatunki bakterii, grzybów i promieniowców
Nioski	<i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella pullorum</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis avium</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Acinetobacter lwoffii</i> , <i>Staphylococcus gallinarum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus xylosum</i>
Powietrze	<i>Micrococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Candida sp.</i> , <i>Klebsiella sp.</i>
Ściółka	<i>Salmonella sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus xylosum</i> , <i>Staphylococcus gallinarum</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Bacillus cereus</i>
Woda	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Acinetobacter lwoffii</i>
Pasza	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella sp.</i>
Gnojowica	<i>Micrococcus sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>
Skorupa	<i>Micrococcus sp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Acinetobacter sp.</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Penicillium glaucum</i> , <i>Cladosporium herbarum</i>
Błony podskorupowe	<i>Aeromonas liquefaciens</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>
Treść jaj zakażonych	<i>Aeromonas sp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> (wtórne zakażenie), <i>Serratia marcescens</i> , <i>Citrobacter sp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>
Produkty i przetwory z jaj	<i>Salmonella sp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> (wtórne zakażenie), <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , bakterie z rodziny <i>Enterobacteriaceae</i>

wierzchni skorup. Niedobory aminokwasów występujące w praktycznym żywieniu wpływają m.in. na skład mikroflory przewodu pokarmowego. Różnorodność mikroflory przewodu pokarmowego drobiu kształtuje mikroflorę kurników oraz zakładów przetwórczych. Stałymi rezydentami steku ptaków są mikrokoki (około 45% składu mikroflory), enterokoki i pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae*. Najliczniej występującą na skorupach grupą bakterii są mikrokoki, stanowiące około 45%



Ryc. 1. Drogi transmisji horyzontalnej i wertykalnej drobnoustrojów patogennych dla drobiu

Tab. 2. Wybrane rodzaje i gatunki bakterii związane środowiskiem bytowania z człowiekiem i drobiem (Kolodyński 1998;

Rodzaj lub wybrany gatunek	Występowanie	Chorobotwórczość
<i>Escherichia coli</i>	Woda, gleba, przewód pokarmowy człowieka i zwierząt (symbiont wspomagający rozkład treści pokarmowej i syntezę witamin z gr. B, K i C)	Infekcje oportunistyczne, zakażenia jelitowe, zakażenia układu moczowego, posocznice; nieliczne szczepy produkują adhezyny (fimbrie) i toksyny typu LT i S
<i>Salmonella typhi</i> , <i>S. gallinarum</i> , <i>S. paratyphi A</i> , <i>S. pullorum</i> , <i>S. enteritidis</i>	Przewód pokarmowy zwierząt i człowieka	<i>S. typhi D</i> – dur brzuszny, <i>S. paratyphi A, B, C</i> – dury rzekome. Pozostałe serotypy wywołują salmonellozy, kwalifikowane do chorób zakaźnych odzwierzęcych
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Wewnątrzkomórkowe bakterie namnażające się w makrofagach i fibroblastach	Odzwierzęca jersinioza. Produkują m.in. siderofory i enterotoksyny typu LT i ST
<i>Klebsiella sp.</i>	Płuca, jama nosowo-gardłowa i przewód pokarmowy ludzi i zwierząt	<i>Klebsiella pneumoniae</i> – pierwotne zapalenie płuc, zakażenia ucha, zatok nosowych, dróg moczowych
<i>Proteus vulgaris</i> <i>Citrobacter freundii</i>	Komensalna flora przewodu pokarmowego człowieka i zwierząt Naturalna flora fizjologiczna jelit	Biegunkowe zakażenia pokarmowe, zakażenia dróg moczowych i ran, bakteriemie Infekcje oportunistyczne, a także zakażenia dróg moczowych, ran, bakteriemie i posocznice
<i>Serratia marcescens</i> , <i>S. liquefaciens</i>	Naturalna flora fizjologiczna człowieka i zwierząt	Infekcje oportunistyczne, często wtórne po antybiotykoterapii. Zakażenia szpitalne
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Środowisko naturalne, oportunistyczne w stosunku do człowieka i zwierząt (błony śluzowe układu oddechowego i skóry)	Zakażenia dróg moczowych, dolnych dróg oddechowych, zakażenia głębokie gałki ocznej, bakteriemie i posocznice
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	Mikroflora skóry (izolowany zawsze jako flora towarzysząca)	Zapalenie płuc, posocznice u osób z obniżoną odpornością; zakażenia dróg moczowych, skóry i ran
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Plwocina, ropa, drogi moczowe	Zakażenia oportunistyczne u osób z obniżoną odpornością
<i>Oligella sp.</i>	Naturalna flora układu moczowo-płciowego, śluzówki jamy ustno-gardłowej i górnych dróg oddechowych	Zakażenia układu moczowego
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Przewód pokarmowy, rany, krew	Ostra choroba biegunkowa krótkiego okresu, posocznica jako następstwo zakażenia jelitowego lub ropnego, zakażenia dróg moczowych
<i>Campylobacter jejuni</i>	Przewód pokarmowy i układ moczowo-płciowy	Kampylobakterioza, zatrucia pokarmowe, zakażenia układowe (zapalenie dróg żółciowych), ropnie narządowe (wątroba), bakteriemie i posocznice
<i>Staph. aureus</i> , <i>Staph. gallinarum</i> , <i>Staph. xylosus</i>	Skóra, gruczoły skórne, błony śluzowe	Zakażenia ran, choroby skórne, dróg oddechowych i moczowych, zatrucia pokarmowe, zapalenie wsierdza, bakteriemie
<i>Streptococcus sp.</i>	Błony śluzowe gardła, rzadziej skóry	Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, bakteriemie, miejscowe zakażenia związane z rozprzestrzenianiem się bakterii drogą krwi, ostre zapalenia gardła, liszajec, zanokcica, głębokie zakażenia podskórne
<i>Enterococcus sp.</i> (paciorkowiec fekalny)	Przewód pokarmowy człowieka, ptaków i bydła	Zakażenia dróg moczowych, skóry i tkanek miękkich, zakażenia wewnętrzbrzuszne (zapalenie otrzewnej)
<i>Bacillus cereus</i>	Flora fizjologiczna człowieka i zwierząt	Oportunistyczne zakażenia dróg oddechowych, epidemiczne zatrucia pokarmowe
<i>Listeria monocytogenes</i>	Przewód pokarmowy, rzadziej układ oddechowy małych ssaków, dużych zwierząt, ptaków i zdrowych ludzi	Listerioza objawiająca się zapaleniem mózgu i opon mózgowo-rdzeniowych, węzłów chłonnych, wsierdza, otrzewnej, szpiku, skóry, zakażeniami jelitowymi
<i>Mycobacterium avium</i>	Płuca, przewód pokarmowy	Gruźlica płucna drobiu

mikroflory. Pozostałą część stanowią drobnoustroje z rodzaju *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Escherichia*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* i *Aeromonas* (14). Produkcja drobiarsko-jajczarska ma ścisły związek ze środowiskiem bytowania drobiu i człowieka. W tym zakresie istnieją istotne współzależności w transmisji drobnoustrojów w obszarze tych środowisk, co ma przełożenie na surowiec finalny i dalej – na jego jakość zdrowotną. W tab. 1 i 2 przedstawiono, w oparciu o dane piśmiennictwa, oryginalne

zestawienie gatunków mikroorganizmów związanych ze środowiskiem bytowania człowieka i drobiu. Drogi transmisji bakterii pomiędzy poszczególnymi osobnikami stada przedstawiono na ryc. 1.

### Skutki obecności mikroflory w jajach, ich przetworach i na powierzchni skorup

Obecność mikroflory wpływa na zmianę jakości mikrobiologicznej jaj, która polega na zmniejszeniu trwałości surowca lub jego zepsuciu. Aktywność enzyma-

Schlegel 1996; Zaremba 1997; Jabłoński 1986)

Możliwość kolonizacji	Rezerwuar	Drogi przenoszenia
Skóra, błony śluzowe układu oddechowego, cewka moczowa	Zwierzęta gospodarskie, dzikie, skażona odchodami woda	Pokarmowa (fekalno-oralna)
Rzadko kolonizują błony śluzowe dróg moczowych, układu oddechowego, skórę	Zwierzęta gospodarskie, dzikie, zakażone produkty spożywcze, woda i gleba zanieczyszczone ludzkimi lub zwierzęcymi odchodami	Pokarmowa, do jaj: transmisja wertykalna
Rzadko kolonizują skórę, torebki stawowe, węzły chłonne końcowego odcinka jelita krętego, krew	Drób, szczególnie indyki, gryznie, owady, wody powierzchniowe i wodociągowe, pokarm	Pokarmowa, w jajach i ich produktach: wynik wtórnego zakażenia
Jelita, krew	Środowisko naturalne (dzięki otoczkom są obecne w powietrzu)	Powietrzno-kropelkowa, pokarmowa
Wyjątkowo: układ oddechowy i skóra	Środowisko naturalne, skażona woda, zwierzęta mięso- i wszystkożerne	Pokarmowa, z układu rozrodczego do moczowego
Układ nerwowy, drogi moczowe, krew, jama ustna	Gleba, woda, ssaki, ptaki, gady i płazy	Pokarmowa, hematogenna, z układu rozrodczego do moczowego
Jama ustna, drogi moczowe, układ oddechowy, krew	Woda, gleba, zakażone inhalatory, cewki	Powietrzno-kropelkowa, pokarmowa, hematogenna
Miejsca poparzone, tkanki i narządy osób z osłabionymi mechanizmami odpornościowymi	Środowisko naturalne, woda, wilgotne miejsca w pomieszczeniach hodowlanych, zwierzęta domowe, ścieki	Kontakt bezpośredni, powietrzno-kropelkowa, za pomocą przedmiotów
Rzadziej występuje w przewodzie pokarmowym i jamie nosowo-gardłowej	Gleba, woda, produkty spożywcze	Pokarmowa
Krew, płyn mózgowo-rdzeniowy	Woda, gleba	Bezpośredni kontakt, hematogenna
-	Ludzie, zwierzęta	Powietrzno-kropelkowa, pokarmowa, z układu rozrodczego do moczowego
Wątroba, drogi żółciowe, układ nerwowy	Naturalne zbiorniki wody słodkiej, pitnej (także chlorowanej), wody morskie, mączki rybne	Pokarmowa
Krew	Zwierzęta hodowlane, pokarm, woda, surowe mleko, niedogotowane mięso drobiowe	Pokarmowa, do wnętrza jaj: głównie przez pęknięcia skorupy
Górne drogi oddechowe (powszechnie u ludzi i zwierząt), drogi moczowe, rany, przewód pokarmowy	Przedsionek nosa, przewód słuchowy, woda, gleba, powietrze	Pokarmowa, do przetworów jajowych: podczas wybierania jaj
Drogi oddechowe, układ nerwowy, krew	Drobiny kurzu, zwierzęta hodowlane, niepasteryzowane mleko, zakażony sprzęt	Powietrzno-kropelkowa, przez skórę, chłonna, hematogenna, poprzez przedmioty
Jama nosowo-gardłowa, skóra, błony śluzowe dróg moczowych i płciowych	Kurczęta, psy, koty, świnie, kozy, owce, mleko i przetwory mleczne	Pokarmowa (fekalno-oralna), kontakt bezpośredni
Przewód pokarmowy, drogi oddechowe	Woda, gleba, zboże i ryż, przewód pokarmowy zwierząt trawożernych	Pokarmowa, kropelkowa, w przetworach jajowych: po niepełnej pasteryzacji
Układ nerwowy, węzły chłonne, skóra, spojówka	Gryznie rozprzestrzeniające bakterie poprzez wodę, produkty spożywcze, ścieki, silosy, zwierzęta hodowlane	Pokarmowa, pyłowa, hematogenna, chłonna, transmisja wertykalna
Wydzieliny łojotokowe skóry	Woda, gleba	Kropelkowa, pokarmowa, wertykalna

tyczna drobnoustrojów prowadzi do powstania zmian w wyglądzie, zapachu, smaku i składzie chemicznym treści jaja. Bakteriami produkującymi enzymy lipolityczne są: *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, *Aeromonas hydrophila*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus aureus* oraz *Staphylococcus epidermidis*. Proteazy wytwarzane są przez: *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, *Aeromonas hydrophila*, *Serratia marcescens*, *Proteus*

*vulgaris*, *Clostridium perfringens* i inne. Aktywność bakteryjnych proteaz i lipaz zależy od wpływu różnych czynników środowiskowych i wpływa na obraz barwnych zmian zepsutej treści jaja (32). Występowanie drobnoustrojów na powierzchni lub wewnątrz treści jaj oraz w ich przetworach stanowi ryzyko zdrowotne dla konsumenta. *Salmonella*, głównie *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila* oraz toksynotwórcze grzyby pleś-

niowe są przyczyną większości zatruc pokarmowych, toksykoinfekcji i septicemii.

### Utrwalanie przetworów jajczarskich

Głównym zagrożeniem zdrowia publicznego związanym z produkcją żywności pochodzenia zwierzęcego, w tym drobiu i jaj, jest możliwość zanieczyszczenia bakteriami z rodzajów *Salmonella* i *Campylobacter*. Dużych trudności w oznaczeniu ich obecności w populacji osobników stada przysparza fakt, iż gatunki przynależne do obu rodzajów, pomimo obecności u żywego drobiu, nie powodują wystąpienia oznak chorobowych u ptaków. Dlatego w krajach UE wprowadzono kompleksowe programy administracyjnego zwalczania przede wszystkim salmonelloz (10). Obecnie w Polsce wdrażany jest system ujednoczonego postępowania służb weterynaryjnych w odniesieniu do chorób zakaźnych podlegających obowiązkowemu zwalczaniu, mający na celu redukcję liczby bakterii w żywności pochodzenia zwierzęcego, a w szczególności w mięsie drobiowym i produktach jajczarskich. Nie mniejsze zagrożenie niesie ze sobą obecność w produktach jajczarskich Gram-dodatnich pałeczek *Listeria monocytogenes*, charakteryzujących się znacznie większą termoopornością niż *Salmonella* i dużo większymi możliwościami wywołania skomplikowanej, często wieloobjawowej listeriozy (37). Pasteryzacja masy jajowej przeprowadzana w temperaturze 62,5°C przez 60 sekund powoduje redukcję liczby komórek *Salmonella* o 9 rzędów logarytmicznych, ale jest niewystarczająca dla *Listeria monocytogenes*, która podobną redukcję wykazuje po przeprowadzeniu inkubacji w temperaturze 68°C przez 60 sekund (1). Ocenia się, iż na rynku amerykańskim 12% surowej masy jajowej jest zanieczyszczone komórkami *Listeria*, w tym prawie 9% stanowi masa zawierająca dodatkowo pałeczki *Salmonella* (15). Istotne jest więc przeprowadzenie skutecznych zabiegów utrwalających surowe przetwory uzyskane z jaj. Konwencjonalna pasteryzacja, pomimo iż stanowi kluczowe ogniwo technologiczne w nowoczesnym przemyśle przetwórstwa jaj oraz gwarantuje czystość mikrobiologiczną płynnych, mrożonych i suszonych produktów, z uwagi na wrażliwość koagulacyjną materiału, pociąga za sobą zmiany cech funkcjonalnych przetworów jajowych (7, 16, 31). Stąd duże zainteresowanie niekonwencjonalnymi rozwiązaniami w przemyśle. Stosunkowo nową technologią jest pasteryzacja z użyciem impulsów pola elektrycznego. Stworzenie technologii i przedstawienie pierwszego zestawu prototypowego do elektropasteryzacji produktów jajczarskich jest dziełem Korporacji Raztek z Kalifornii (23). Firma wykorzystuje możliwości nowatorskiej metody do eliminacji drobnoustrojów w płynnych i pastowatych produktach żywnościowych w USA na skalę przemysłową. Prowadzone są też badania łączące oddziaływania polem elektrycznym (Pulsed Electrical Field) z innymi czynnikami o działaniu bakteriobójczym, np. mikrofalami, ultradźwiękami, bakteriocynami czy lizozymem (24, 28, 39).

### Piśmiennictwo

1. Barlett F. M., Hawke A. E.: Heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A and HAL 957E1 in various liquid egg products. J. Food Prot. 1995, 58, 1211-1214.
2. Burbianka M., Pliszka A., Janczura E., Teisseyre T., Załęska H.: Mikrobiologia Żywności – Mikrobiologiczne metody badania produktów żywnościowych. PZWL, Warszawa 1977.
3. Chowdhury S. D.: Shell membrane protein system in relation to lathrogen toxicity and copper deficiency. World's Poultry Sci J. 1990, 46.
4. Gill A. O.: Inhibition of bacterial growth on ham and bologna by lysozyme, nisin and EDTA. Food Res. Internat. 2002, 33, 83-90.
5. Henskens Y. M. C., Veerman E. C. I., Amerongen A. V. N.: Cystatins in health and disease. Biol. Chem. 1996, 377, 71-86.
6. Janowiec M.: Mikrobiologia i serologia. PZWL, Warszawa 1988.
7. Kijowski J.: Innowacje w przemyśle drobiarskim. Przemysł Spożywczy 1999, 2, 12-16.
8. Kijowski J.: Systemowe zapewnienie jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego produktów drobiarskich. Polskie Drobiarstwo 2001, 1, 37-41.
9. Kolodyński J.: Podstawy bakteriologii. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1998.
10. Kwiatek K.: Pałeczka *Salmonella* – aspekty epidemiologiczne w powiązaniu z krajowym programem zwalczania salmonelloz u drobiu. Polskie Drobiarstwo 2000, 4, 24-27.
11. Lawrence K.: What are antimicrobials? International Health Review. Internat. Poultry Prod. 1998, 6, 3-5.
12. Lilley C. J., Devlin P., Urwin P. E., Atkinson H. J.: Parasitic nematodes, proteases and transgenic plants. Parasitology Today 1999, 15, 414-417.
13. Machleidt W., Nagler D. K., Machleidt I. A., Stubbs M. T., Fritz H., Auerswald E. A.: Temporary inhibition of papain by hairpin loop mutants of Chicken Cystatin. Distorted binding of the loops results in cleavage of the Gly-Ala bond. FEBS Letters 1995, 361, 185-190.
14. Malicki A.: Jakość produktów drobiarskich – wybrane aspekty higieniczne. Polskie Drobiarstwo 2001, 4, 35-38.
15. Moore J.: *Listeria* species in egg processing: their detection, identification and physiology. Dissertation Abstracts Internat. 1994, 55.
16. Niewiarowicz A., Pikul J., Reksiński T., Kijowski J., Banasiak I.: Niektóre właściwości funkcjonalne ciepłych koagulatów (żeli) białek jaj kaczyc. Zesz. Nauk. Drobiarstwa 1990, t. 7, 79-91.
17. Pawiak R.: Program dezynfekcji pomieszczeń drobiarskich. Polskie Drobiarstwo 2004, 3, 55-57.
18. Potemkowska E.: Drobiarstwo. PWRiL, Warszawa 1975.
19. Que X., Reed S. L.: Cysteine proteinases and the pathogenesis of amebiasis. Clin. Microbiol. Rev. 2000, 13, 196-206.
20. Rachwał A.: Jakość treści jaj – produkcja i przechowywanie. Cechy fizyczne, organoleptyczne i mikrobiologiczne jaj decydujące o ich walorach spożywczych. Część I. Polskie Drobiarstwo 2001, 2, 6-8.
21. Rachwał A.: Jakość treści jaj – produkcja i przechowywanie. Część II. Polskie Drobiarstwo 2001, 3, 10-12.
22. Rachwał A.: Higiena środowiska bytowania ptaków – szczególna rola oczyszczania i dezynfekcji pomieszczeń drobiarskich. Polskie Drobiarstwo 2004, 3, 52-54.
23. Reznik D.: Electroheating technology promises to send shock waves through the food processing industry. Raztek Corporation. 1039 Kiel Court, Sunnyvale, CA 94089, 1998.
24. Rosenberg U., Bogi W.: Microwave pasteurization, sterilization, blanching and pest control in the Food Industry. Food Technol. 1987, 92-99.
25. Sadowski A.: Bakteryjne choroby odzwierzęce. Polskie Drobiarstwo 2000, 12, 9-11.
26. Schlegel H. G.: Mikrobiologia ogólna. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1996.
27. Semba U., Shibuya Y., Okabe H., Hayashi I., Yamamoto T.: Whale high-molecular-weight and low-molecular-weight kininogens. Thrombosis Res. 2000, 97, 481-490.
28. Smith K., Mittal G. S., Griffiths M. W.: Pasteurization of milk using Pulsed Electrical Field and antimicrobials. J. Food Sci. 2002, 67, 2304-2308.
29. Stryer L.: Biochemia. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1999.
30. Szeleszczuk P.: Przepisy regulujące zwalczanie salmonelloz w stadach drobiu rzeźnego. Polskie Drobiarstwo 2000, 2, 9-14.
31. Świdorski F.: Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. WNT, Warszawa 1999.
32. Trziszka T.: Jajczarstwo – Nauka, Technologia, Praktyka. Wyd. Akademii Rolniczej, Wrocław 2000.
33. Umemoto T., Naito Y., Li M., Suzuki I., Namikawa I.: Growth inhibition of a human oral bacterium *Porphyromonas gingivalis* by rat cysteine proteinase inhibitor Cystatin S. Lett. Appl. Microbiol. 1996, 23, 151-153.
34. Wang H., Slavik M.: Przenikanie *Salmonella* przez skorupę jaja. Międzynarod. Wiad. Drob. 1998, 3, 11-12.
35. Wesierska E., Saleh Y., Trziszka T., Kopec W., Siewinski M., Korzekwa K.: Antimicrobial activity of chicken egg white cystatin. World J. Microbiol. Biotechnol. 2005, 21, 59-64.
36. Zaleski S. J.: Mikrobiologia żywności pochodzenia zwierzęcego. WNT, Warszawa 1985.
37. Zaremba M. L., Borowski J.: Mikrobiologia lekarska dla studentów medycyny. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1997.
38. Zerownik E., Cimerman N., Kos J., Turk V., Lohner K.: Thermal denaturation of human Cystatin C and two of its variants. Comparison to chicken cystatin. Biol. Chem. 1997, 378, 1199-1203.
39. Zhang Q., Barbosa-Canovas G. V., Swanson B. G.: Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. J. Food Engin. 2002, 25, 261-281.

Adres autora: dr Ewelina Węsierska, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków;  
e-mail: ewesierska@ar.krakow.pl