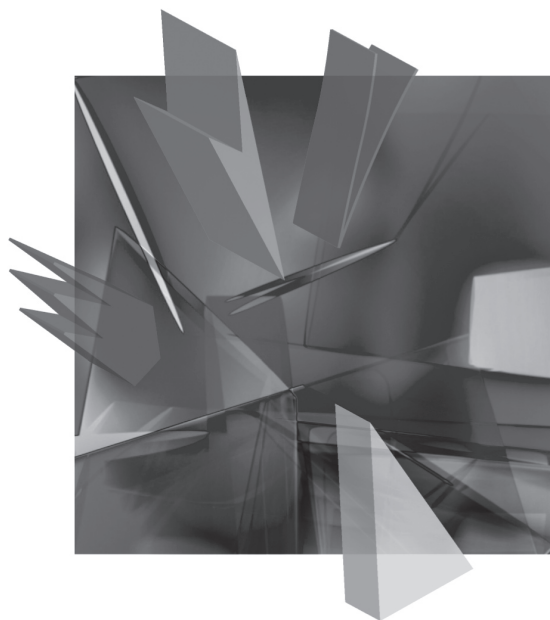


NAUKI INŻYNIERSKIE I TECHNOLOGIE ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES

4(15)•2014



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redaktor Wydawnictwa: Joanna Świrska-Korlub

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Justyna Mroczkowska

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej www.dbc.wroc.pl,

AGRO <http://agro.icm.edu.pl>, <http://journals.indexcopernicus.com>,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2014

ISSN 2080-5985

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk i oprawa:

EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, sp.j.

ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

Spis treści

Wstęp	7
Maria Baranowska, Władysław Chojnowski, Hanna Nowak: Dezynfekcja w zakładach mleczarskich	9
Marta Ciecierska: Ocena poziomu świadomości konsumentów w zakresie migracji niepożądanych substancji chemicznych do żywności z opakowań i materiałów będących w kontakcie z żywnością	23
Aleksandra Gołoś, Dariusz Piotrowski, Piotr Grzegory, Mariusz Wojnowski: Wpływ temperatury na strukturę i barwę truskawek suszonych wybranymi metodami	31
Natalia Kordala, Małgorzata Lewandowska, Artur Kleina, Karolina Świątek: Ocena właściwości celuloリティcznych <i>Cellulosimicrobium cellulans</i> do biokonwersji polisacharydów słomy rzepakowej	43
Tomasz Lesiów, Kamila Orzechowska-Przybyła, Alina Niewelt: Rola przeglądów zarządzania w doskonaleniu jakości i bezpieczeństwa żywności, obsługi klienta oraz systemu zarządzania jakością w dwóch wybranych przedsiębiorstwach przemysłu żywnościowego	56
Alicja Mańka, Karolina Kosatka, Klaudia Dąbrowska, Renata Stańczyk, Małgorzata Krzywonos: Finansowy i ekonomiczny aspekt prowadzenia własnej winnicy	76
Andrzej Okruszek, Teresa Skrabka-Blotnicka: Automatyczne linie uboju bydła i trzody chlewnej.....	84
Agnieszka Pilarska: Wykorzystanie fermentacji metanowej do zagospodarowania wybranych produktów odpadowych przemysłu spożywczego	100
Karolina Świątek, Małgorzata Lewandowska, Andrzej Juszcuk, Natalia Kordala: Otrzymywanie etanolu ze słomy rzepakowej w procesie symultanicznej hydrolizy i fermentacji w systemie półciąglym	112
Maria Wachowska, Marek Adamczak: Wpływ sposobu i czasu solenia oraz dojrzewania sera edamskiego na jego wybrane parametry jakościowe.....	126
Tomasz Lesiów, Ewa Biazik, Andrzej Okruszek: Sprawozdanie z VI Konferencji Naukowo-Technicznej z cyklu Nauka – Praktyce pt. „Zastosowanie nowatorskich rozwiązań technologicznych w przemyśle spożywczym” ...	137

Summaries

Maria Baranowska, Władysław Chojnowski, Hanna Nowak: Disinfection in dairy plants	22
Marta Ciecierska: Evaluation of level of consumer awareness in migration of undesirable chemicals to food from food packaging and food contact materials.....	30
Aleksandra Gołoś, Dariusz Piotrowski, Piotr Grzegory, Mariusz Wojnowski: Influence of the temperature on the structure and color of strawberries dried by selected methods	42
Natalia Kordala, Małgorzata Lewandowska, Artur Kleina, Karolina Świątek: Evaluation of cellulolytic properties of microorganisms for bioconversion of food industry wastes	55
Tomasz Lesiów, Kamila Orzechowska-Przybyła, Alina Niewelt: The role of management reviews in the improvement of food quality and safety, customer service and quality management system in two selected enterprises of food industry	75
Alicja Mańka, Karolina Kosatka, Klaudia Dąbrowska, Renata Stańczyk, Małgorzata Krzywonos: Financial and economic aspect of running own vineyard	83
Andrzej Okruszek, Teresa Skrabka-Blotnicka: Automated commercial slaughter lines of pigs and cattle.....	99
Agnieszka Pilarska: The use of methane fermentation in the development of selected waste products of food industry.....	111
Karolina Świątek, Małgorzata Lewandowska, Andrzej Juszcuk, Natalia Kordala: Obtaining of ethanol from rape straw in the process of simultaneous hydrolysis and fermentation in fed-batch system.....	125
Maria Wachowska, Marek Adamczak: Influence of the brine composition and time of Edam cheese salting and ripening on its selected quality parameters.....	136

Maria Baranowska, Władysław Chojnowski, Hanna Nowak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

e-mail: mbb@uwm.edu.pl

DEZYNFEKCJA W ZAKŁADACH MLECZARSKICH

Streszczenie: Ważnym procesem, zapewniającym odpowiednie standardy higieniczne w zakładach mleczarskich, jest dezynfekcja. Po skończonym procesie technologicznym nie można ograniczyć się tylko do mycia powierzchni kontaktujących się z produktem. Po zabiegu mycia musi być przeprowadzona dezynfekcja wszystkich używanych maszyn i urządzeń, ale również przestrzeni produkcyjnej. W tekście przedstawiono rodzaje oraz sposoby dezynfekcji w zakładach mleczarskich. Omówiono działanie przeciwdrobnoustrojowe wybranych związków dezynfekujących, między innymi: chlorowców i ich pochodnych, aldehydów, związków powierzchniowo czynnych. Określono właściwości, którymi powinny się charakteryzować dezynfektanty, oraz czynniki ich skutecznego działania. W artykule zaprezentowano mechanizmy działania przeciwdrobnoustrojowego podstawowych grup środków dezynfekcyjnych, a także kryteria selekcji środków dezynfekujących do odpowiednich procesów technologicznych oraz obszary najczęściej stosowanych dezynfektantów w przemyśle mleczarskim.

Słowa kluczowe: dezynfekcja, środki dezynfekcyjne, mleczarstwo.

DOI: 10.15611/nit.2014.4.01

1. Wstęp

W celu zapewnienia odpowiedniej higieny w zakładzie mleczarskim po skończonym procesie technologicznym musi być przeprowadzony proces mycia oraz dezynfekcji wszystkich stosowanych maszyn i urządzeń, tanków, rurociągów, linii pakujących, drobnego sprzętu oraz otoczenia [Andrzejewski, Szela 2001].

W procesie produkcyjnym surowce, półprodukty, gotowe wyroby stykają się z powierzchniami roboczymi maszyn i urządzeń, a w wyniku działania sił adhezji część przerabianego materiału wraz mikroflorą w nim zawartą pozostaje na ich powierzchni. Mleko stanowi doskonałą pożywkę dla rozwoju wielu rodzajów drobnoustrojów, dlatego wszelkie pozostałości muszą być dokładnie usunięte podczas mycia, a powierzchnia powinna być zdezynfekowana, aby uniknąć zanieczyszczenia wyrobów otrzymywanych w następnym cyklu produkcyjnym [Lewicki 2006; Johnson Diversey 2005].

Zaniedbania higieny produkcji, w tym: brudne środowisko produkcji, zanieczyszczone wyposażenie, brak higieny osobistej pracowników, należą do głównych

przyczyn zatruc pokarmowych żywnością [Lewicki 2005]. Stąd wymóg prawny, ale także moralny wykonania prawidłowo zaprojektowanych procesów mycia i dezynfekcji. Skuteczne ich przeprowadzenie ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa zdrowotnego żywności w całym okresie przydatności do spożycia. Chronią one bowiem zdrowie i życie konsumentów, a ponadto zabezpieczają producentów przed konsekwencjami prawnymi, stratami finansowymi i utratą reputacji [Żarczyński 2010].

Celem artykułu było przedstawienie rodzajów i sposobów dezynfekcji w zakładach mleczarskich oraz charakterystyka środków dezynfekcyjnych, kryteriów ich selekcji i czynników skutecznego działania.

2. Dezynfekcja – metody

Celem dezynfekcji (odkazywania) jest maksymalna redukcja liczby mikroorganizmów obecnych w odkazanym środowisku. Dezynfekcja niszczy formy wegetatywne mikroorganizmów, a nie zawsze usuwa formy przetrwalnikowe. Dezynfekcja, w przeciwieństwie do antyseptyki, dotyczy przedmiotów i powierzchni użytkowych, które po zabiegu nie muszą być jałowe. Zabieg ten umożliwia redukcję liczby żywych form organizmów do poziomu określonego i dopuszczalnego przez prawodawstwo lub wewnętrzne kryteria zakładowe, który zabezpiecza zdrowie konsumentów oraz jakość handlową produktu.

Powierzchnie dezynfekowane muszą być uprzednio dokładnie umyte, w przeciwnym razie mikroorganizmy obecne pod warstwą zanieczyszczenia nie zostaną zniszczone. Nieusunięte w procesie mycia osady zawierające składniki mleka będą ograniczać działanie dezynfektantów [McDonnell 2007; Møretro i in. 2012].

W zakładach produkcji i przetwórstwa mleka, zależnie od stanu i rodzaju powierzchni, typu obiektów, rozwiązań konstrukcyjnych, wymaganego poziomu higieny oraz organizacji pracy, dezynfekcja może być wykonana ręcznie lub mechanicznie w obiegu otwartym (COP, *cleaning out of place*) lub zamkniętym (CIP, *cleaning-in-place*). Dezynfekując powierzchnie mające kontakt z żywnością, należy wziąć pod uwagę różnice wynikające ze specyfiki prowadzenia zabiegu w obiegu zamkniętym a otwartymi zbiornikami.

Jeżeli stopień zabrudzenia nie jest nadmierny, można przeprowadzić mycie i dezynfekcję jako jeden krok w systemie CIP, a koncentracja składników aktywnych może być niższa niż w przypadku zbiorników otwartych, których dezynfekcja musi być poprzedzona myciem [Orth 1998].

W przemyśle mleczarskim dezynfekcję przeprowadza się z wykorzystaniem metod fizycznych i/lub chemicznych, stosując kilka technik. W metodach fizycznych najczęściej stosowanymi czynnikami dezynfekcyjnymi są:

- para wodna o temp. 100-105°C i ciśnieniu 0,05-0,045 mPa;
- gorąca woda – może być stosowana woda wrząca lub o temp. 80-90°C,
- gorące powietrze;

- promieniowanie UV, które jest najskuteczniejsze przy długości fali 256 nm [Dzwolak 2005].

Ciepła dezynfekcja fizyczna polega na bezpośrednim oddziaływaniu pary wodnej, gorącej wody lub powietrza na powierzchnię narzędzi, sprzętu, odzieży, a także instalacji oraz urządzeń w systemach CIP i COP. Wadami metody są energochłonność i czasochłonność oraz stopniowe niszczenie materiału.

Dezynfekcja radiacyjna stosowana jest do odkażania odsłoniętych małych i dużych powierzchni o małej porowatości, powietrza, opakowań przez naświetlenie promieniami UV. Skuteczność zależy od czasu naświetlania, temperatury oraz wilgotności powietrza i maleje w miarę oddalania lampy od obiektu [Dzwolak 2005].

Zaletą fizycznych metod dezynfekcji jest brak pozostałości, które należałoby usunąć z powierzchni, co ma miejsce, gdy stosowana jest dezynfekcja chemiczna.

Do dezynfekcji chemicznej używane są związki chemiczne o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Do najczęściej stosowanych należą:

- chlorowce i ich pochodne – podchloryn, chloramina T, ditlenek chloru,
- jodofory,
- związki nadtlenu – nadtlenek wodoru, kwas nadoctowy,
- ozon,
- alkohole – etylowy, propylowy, izopropylowy,
- aldehydy – mrówkowy, glutarowy,
- związki powierzchniowo czynne – czwartorzędowe związki amoniowe (*quaternary ammonium compounds*, QAC),
- związki azotu – poliamidy, izotiocyanoguanidyna,
- kwasy organiczne i nieorganiczne oraz ich pochodne – kwas octowy, o-fosforowy, propionowy, mlekowy, cytrynowy, undecenowy, dehydrooctowy,
- związki metali ciężkich,
- barwniki organiczne,
- tlenki alifatyczne oraz inne związki gazowe – tlenek etylenu, tlenek propylenu [Mahmoud, Bhagat, Linton 2007; Pascual, Llorca, Canut 2007, Møretro i in. 2012].

Dezynfekcję chemiczną można przeprowadzić techniką natryskową (aerolożową), która polega na rozprowadzeniu dezynfektanta w formie aerozolu przy użyciu rozpryskiwaczy ręcznych lub mechanicznych. Może być stosowana do dezynfekcji miejscowej oraz dużych powierzchni i powietrza. Drobnny sprzęt, narzędzia produkcyjne, demontowane elementy wyposażenia linii produkcyjnych można dezynfekować techniką zanurzeniową (immersyjną). Przedmioty przez określony czas zanurzone są w zbiorniku z roztworem dezynfekującym. W chemicznej dezynfekcji pianowej/żelowej dezynfektant w postaci piany lub żelu rozprowadzany jest na powierzchni dezynfekowanej za pomocą agregatów nisko- lub wysokociśnieniowych. Może być stosowana do dużych powierzchni, w tym pionowych, oraz skomplikowanych konstrukcyjnie elementów instalacji, których demontowanie nie jest wskazane. Ważnym czynnikiem skuteczności dezynfekcji tym sposobem jest odpowiedni czas kontaktu z powierzchnią, który warunkowany jest stabilnością piany [Dzwolak 2005].

3. Charakterystyka związków dezynfekcyjnych

3.1. Chlorowce i ich pochodne

Preparaty dezynfekcyjne zawierające aktywny chlor obok związków fenolowych należą do najstarszych dezynfektantów.

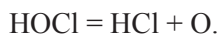
Chlorowce i ich pochodne to grupa substancji o charakterze przeciwdrobnoustrojowym, która jest niezwykle różnorodna i obejmuje zarówno nieorganiczne, jak i organiczne związki chloru. Substancje te skutecznie niszczą bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne, przetrwalniki bakteryjne, drożdże, pleśnie, wirusy, w tym bakteriofagi. Zaletą tych preparatów, poza dużą aktywnością biobójczą, jest brak powstawania oporności drobnoustrojów.

Nieorganiczne związki chloru stosowane są w temp. ok. 20°C. Wyższe temperatury zwiększają skuteczność ich działania, ale powodują szybszy rozkład tych związków i zwiększają niebezpieczeństwo korozji.

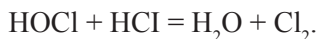
Przykładem substancji o silnych właściwościach przeciwdrobnoustrojowych jest ditlenek chloru. Jest stabilnym związkiem chemicznym typu rodnikowego. Występuje w postaci zielono-żółtego gazu bardzo dobrze rozpuszczalnego w wodzie, o temperaturze wrzenia ok. 10°C. Ma możliwość przyjęcia pięciu elektronów, co świadczy o dużej aktywności utleniającej. Te właściwości zapewniają mu doskonałe możliwości biobójcze w szerokim zakresie wartości pH. Najprawdopodobniej wynika to z podwyższonej przepuszczalności błon żywych komórek dla rodników ditlenku chloru w fazie gazowej. Wadą jest jego nietrwałość i niebezpieczeństwo użytkowania w podwyższonej temperaturze, ponieważ w ok. 50°C i stężeniu ok. 10% może nastąpić jego samozapłon [Godlewska 2007; Laufer 2006; Mahmoud, Bhagat, Linton 2007].

W porównaniu z innymi rodzajami dezynfektantów, takimi jak: czwartorzędowe związki amoniowe, podchloryn sodu, aldehyd glutarowy, aktywny jod oraz kwas nadoctowy, ditlenek chloru charakteryzują: niska toksyczność i korozyjność, wysoka biodegradowalność (podobnie jak kwasu nadoctowego) oraz duża skuteczność biójczą w szerokim zakresie pH, przy niskim stężeniu (0,1-100 ppm) i krótkim czasie kontaktu (min/sek) [Laufer 2006].

Doświadczenia przeprowadzone w zakładzie mleczarskim przez Chojnowskiego i in. [2008] wykazały, że efektywność dezynfekcji wodnym roztworem ditlenku chloru była porównywalna z działaniem podchlorynu. To właśnie podchloryn sodu lub wapnia jest bardzo często stosowanym dezynfektantem w zakładach mleczarskich. Przy kontakcie z wodą podchloryny rozkładają się i w pierwszym etapie powstaje kwas podchlorawy (HOCl), któremu przypisywana jest najwyższa aktywność biójczą. Kwas ten dysocjuje do mniej aktywnej formy jonu podchlorynu (OCl⁻). Podchloryn sodu działa najefektywniej przy pH słabo zasadowym.



W kolejnych etapach reakcji uwalniany jest chlor cząsteczkowy:



Stosowanie podchlorynu do dezynfekcji urządzeń i wyposażenia jest ograniczane ze względu na jego dużą korozyjność i niszczenie armatury.

W grupie chlorowców stosowanych do dezynfekcji znajdują się również związki jodu, zwłaszcza jego kompleksy z polimerami oraz związkami powierzchniowo czynnymi, zwane jodoforami.

Wadą związków zarówno chloru, jak i jodu jest ich szybka dezaktywacja w obecności materii organicznej. Nieco mniejszą wrażliwością na obecność osadów organicznych na dezynfekowanej powierzchni charakteryzują się organiczne związki chloru, przy wysokiej zawartości chloru aktywnego.

Ozon

Ozon jest jedną z odmian alotropowych tlenu. Ma bardzo silne właściwości utleniające, dzięki czemu ma wyjątkowo skuteczne działanie dezynfekujące. Ozon wykazuje skuteczniejsze i szybsze działanie mikrobiobójcze niż chlor. Obniża liczebność bakterii, w tym: *Salmonella*, gronkowca, *E. coli*, *Clostridium* oraz pleśni i drożdży.

Ozon jest cięższy od powietrza, przez co doskonale penetruje porowate powierzchnie. Dobrze rozpuszcza się w wodzie i stosowany jest w postaci wody ozonowej. Po kilku lub kilkunastu minutach rozkłada się do czystego tlenu, nie pozostawiając toksycznych produktów ubocznych, dzięki czemu możemy pominąć płukanie, którego celem jest usunięcie chemicznych środków dezynfekcyjnych [Pascual, Llorca, Canut 2007].

Ozon można stosować do dezynfekcji wody, ścieków, pomieszczeń produkcyjnych i magazynowych, hal, chłodni, owoców, ziół, przypraw, basenów, likwidacji glonów i sinic w wodzie. W przemyśle mleczarskim ozon, mimo wielu zalet, nie jest powszechnie wykorzystywany.

Kwas nadoctowy (PAA)

Kwas nadoctowy należy do grupy związków nadtlennych o szerokim spektrum działania. Wykazuje aktywność przeciw bakteriom i ich przetrwalnikom, wirusom, bakteriofagom, drożdżom i pleśniom. Ma niewielkie działanie korozyjne, pomimo możliwości stosowania w szerokim zakresie temperatury i pH. Aktywność tego związku wyraźnie zmniejsza się w obecności resztek organicznych. Zaletą kwasu nadoctowego jest mała toksyczność, dzięki czemu nie stanowi zagrożenia dla produktów i nie wymaga wypłukiwania po procesie dezynfekcji. Z kolei wadą jest nieprzyjemny, drażniący zapach stężonych roztworów. Kwas nadoctowy można stosować do dezynfekcji tanków, nalewaczek, wyparek i linii w systemie CIP.

Aldehydy

Aldehydy wykazują wysoką aktywność przeciwdrobnoustrojową, obejmującą bakterie Gram-dodatnie, Gram-ujemne, wirusy oraz przetrwalniki, przy czym w tym ostatnim przypadku aldehyd glutarowy jest szczególnie skuteczny. Jednakże ich działanie jest bardzo wolne i wymagany jest długi czas kontaktu. Wadą tych związków jest również osłabienie aktywności w obecności substancji organicznych.

Związki powierzchniowo czynne

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa związków powierzchniowo czynnych, a w szczególności czwartorzędowych soli amoniowych, zależy od długości łańcucha alkilowego i jest największa dla związków zawierających od 12 do 14 atomów węgla w łańcuchu. Dialkylowe czwartorzędowe sole amoniowe charakteryzują się największą aktywnością przeciwdrobnoustrojową oraz, co jest ważne, minimalną zdolnością narastania oporności drobnoustrojów na ich działanie.

Chemiczne środki dezynfekujące charakteryzują się różnymi właściwościami i aktywnością przeciwdrobnoustrojową. Pożądane jest, aby wykazywały szybkie działanie w niskich stężeniach na szerokie spektrum mikroorganizmów, nie dopuszczając do narastania ich oporności. Powinny dobrze się rozpuszczać w wodzie nawet o wysokiej twardości oraz cechować się wysoką tolerancją w stosunku do substancji organicznych pozostałych na dezynfekowanej powierzchni. Ponadto chemiczne środki dezynfekujące powinny wykazywać brak działania korodującego oraz drażniącego na skórę i błony śluzowe, a także stosunkowo niską toksyczność. Ważna jest również duża trwałość koncentratów i roztworów użytkowych w warunkach przechowywania i użycia, przy wysokim stopniu biodegradacji oraz korzystnych aspektach ekonomicznych [Gasik 2007].

3.2. Mechanizm działania przeciwdrobnoustrojowego

Środki dezynfekcyjne, w zależności od stężenia, mogą działać bakteriostatycznie lub bakteriobójczo. W pierwszej fazie działania dezynfektant adsorbuje się na powierzchni żywych komórek, czego następstwem są zmiany w przepuszczalności błony cytoplazmatycznej. Wpływ składników cytoplazmy, np. puryn, pirymidyn, fosforanów, pentoz, uszkadza błonę komórkową, ale nie zawsze jest przyczyną śmierci komórki. Jeżeli stężenie dezynfektanta jest dostatecznie duże, następuje koagulacja cytoplazmy. Denaturacji ulegają białka enzymatyczne oraz kwasy nukleinowe [Rosiak 2006; Møretro i in. 2012].

Sposób, w jaki związki o działaniu dezynfekującym wpływają na poszczególne mikroorganizmy, jest różny i uwarunkowany zmianą odczynu środowiska oraz ciśnienia osmotycznego, wydzielaniem tlenu w środowisku wodnym, denaturacją białek ustrojowych i zmianami fizykochemicznymi protoplazmy drobnoustroju.

Dezynfektanty chemiczne niszczą mikroorganizmy poprzez oddziaływanie na elementy ich struktury lub metabolizm. Skutkiem działania środków dezynfekcyjnych, poza uprzednio wymienionymi, może być:

- destrukcja ściany komórkowej;
- uszkodzenie błony cytoplazmatycznej – np. ditlenek chloru niszczy membranę komórki, a następnie jądro komórkowe bakterii, przechodząc przez ściany komórek i penetrując ich wnętrze w wyniku reakcji z aminokwasami cytoplazmy;
- utlenianie białek – podchloryn i kwasy nadtlenowe oraz inne związki o charakterze utleniaczy mogą powodować utlenienie: podwójnych wiązań w błonie komórkowej bakterii, enzymów, RNA, DNA, a także grup sulfhydrylowych do mostków disiarczkowych;
- przerwanie aktywnego transportu przez błonę komórkową – zachodzi pod wpływem działania czwartorzędowych związków amoniowych i amfoterycznych związków powierzchniowo czynnych;
- koagulacja białek i/lub hamowanie procesów syntezy białek w mikroorganizmach – np. aldehydy powodują denaturację białek, podobnie jak fenole (niszczone są czwarto- i trzeciorzędowe struktury), ponadto oddziałując z grupami aminowymi, tworzą mostki metylenowe, co ostatecznie uniemożliwia normalne funkcjonowanie komórki;
- blokowanie centrów aktywnych enzymów [McDonnell, Russell 1999; Laufer 2006; Flores i in. 2012].

4. Czynniki wpływające na skuteczność dezynfekcji chemicznej

Skuteczność dezynfekcji zależy od czynników, które przedstawia zasada TACTu, a mianowicie:

- temperatury (*Temperature*),
- oddziaływania mechanicznego (*Mechanical Action*),
- czynnika chemicznego (*Chemical Action*),
- czasu (*Time*) [Wendrych 2003].

Są to parametry o empirycznie ustalonych wartościach, które są kontrolowane i zapisywane podczas realizacji procesu dezynfekcji. Poza dotrzymywaniem wartości parametrów dezynfekcji skuteczność tego procesu warunkują również drobno-ustroje, a mianowicie: gatunek, liczba, aktywność fizjologiczna oraz faza wzrostu. Duże znaczenie mają fizykochemiczne właściwości środków dezynfekcyjnych, ich stężenie oraz czas oddziaływania. Efektywność dezynfekcji istotnie zależy od rodzaju i kondycji powierzchni. Niezmiernie ważnymi czynnikami decydującymi o skuteczności tego procesu są specyficzne cechy środowiska, takie jak: temperatura, wilgotność, kwasowość, obecność i rodzaj materii organicznej, poziom kationów Ca^{2+} i Mn^{2+} itp. [McDonnell, Russell 1999; Møretro i in. 2012].

Bardzo duży wpływ na aktywność chemiczną środków dezynfekujących ma odczyn środowiska, w jakim są stosowane. Ma on wpływ na stopień dysocjacji zwią-

ku dezynfekującego oraz zmiany ładunku na powierzchni komórki bakteryjnej. Kwasy organiczne, fenole, podchloryny i jodofory są aktywniejsze w środowisku o niższym pH. Dotyczy to szczególnie aktywności chloru i jodu uzależnionej od stopnia dysocjacji cząsteczek kwasów podchlorynowego (HClO) i podjodynowego (HJO). Podwyższanie wartości pH obniża ich reaktywność przeciwdrobnoustrojową wskutek zmniejszania się liczby cząsteczek niezdysocjowanych. Odczyn środowiska nie oddziałuje na bójcze działanie ditlenku chloru, który zachowuje skuteczność przy wartości pH od 2 do 10. Z kolei czwartorzędowe sole amoniowe, będące słabymi zasadami, są skuteczniejsze w środowisku o wyższej wartości pH. Większa liczba ładunków ujemnych na powierzchni komórki umożliwia przyłączenie dezynfektanta niosącego ładunek dodatni.

Ze względu na fakt, iż środki chemiczne zwykle nie działają w środowisku suchym, ważny jest również stopień jego wilgotności, co jest szczególnie ważne w dezynfekcji powietrza. Ponadto im dłuższy jest czas działania, wyższa temperatura i stężenie środka dezynfekcyjnego, tym większa liczba drobnoustrojów zostanie zniszczona. Niemniej jednak należy pamiętać o optymalizacji wartości parametrów dezynfekcji (czasu działania, temperatury, stężenia), ponieważ z ich wzrostem zwiększa się reaktywność związków chemicznych, co nie zawsze jest pożądane, gdyż niekoniecznie intensyfikuje działanie biobójcze, ale zawsze niszczące oddziaływanie na powierzchnię.

Istotnym czynnikiem warunkującym skuteczną dezynfekcję chemiczną jest dokładne usunięcie z powierzchni osadów organicznych oraz wypłukanie środków używanych do mycia. Złogi osadów, stanowiąc pożywkę, mogą się stać idealnym miejscem rozwoju ocalałych mikroorganizmów i w konsekwencji doprowadzić do zakażenia produktów spożywczych. Utrudniają przenikanie związków dezynfekcyjnych do komórki, a w efekcie stężenie środka dezynfekcyjnego w komórce jest znacznie niższe od założonego. Ponadto mogą neutralizować środki dezynfekcyjne lub je absorbować. Istnieje ryzyko koagulacji substancji organicznych przez środek dezynfekcyjny i utworzenia warstwy ochronnej wokół komórek drobnoustrojów, a w efekcie utrudnienia kontaktu i wnikania dezynfektanta. Substancje organiczne, a także pozostałości środków myjących mogą wchodzić w reakcje chemiczne ze związkami dezynfekcyjnymi, osłabiając ich działanie przeciwbakteryjne.

Istotnym problemem w przemyśle mleczarskim jest tworzenie się biofilmów bakteryjnych, których powstawanie jest uwarunkowane stanem powierzchni, ale co najważniejsze, zaniedbaniami w utrzymaniu higieny. Składniki suchej masy mleka oraz obecność wody zapewniają dobre warunki wzrostu i rozwoju mikroorganizmów oraz sprzyjają szybkiemu powstawaniu biofilmów. Tworzenie biofilmu może trwać od kilku minut do kilku miesięcy i dlatego można przypuszczać, że prawie po każdym procesie produkcyjnym będą one usuwane podczas mycia i dezynfekcji, której nie można pominąć [Simões, Simões, Vieira 2010].

Biofilm to przestrzenna kolonia bakterii i innych mikroorganizmów wykazujących zdolność adsorpcji do powierzchni stałych oraz do siebie nawzajem. To kon-

glomerat różnych grup mikroorganizmów, osadzonych w macierzy i mocno przytwierdzonych do powierzchni. Drobnoustroje w biofilmie chronione są żelową substancją – glikokaliksem, składającym się w głównej mierze z egzopolisacharydów oraz substancji białkowych, który utrudnia przenikanie dezynfektanta. Mikroorganizmy znajdujące się wewnątrz biofilmu są dużo bardziej odporne na działanie substancji mikrobójczych niż pojedyncze komórki oraz znajdujące się w warstwach powierzchniowych. Skuteczność dezynfekcji jest obniżona również ze względu na: cechy fizyczne lub obecność elementów starszych biofilmów, zmiany genotypowe bakterii, produkcję substancji, w tym enzymów neutralizujących oraz kwasowość w obrębie biofilmu [Teh i in. 2014]. W ich usuwaniu niezmiernie ważny jest dobór dezynfektanta. Dużą efektywnością cechują się środki o silnych właściwościach utleniających zawierających: chlor, ozon, nadtlenek wodoru, jod czy ditlenek chloru. Skuteczną dezynfekcję umożliwia stosowanie kwasu nadoctowego oraz roztworu ditlenku chloru [Jang 2006; Knight, Craven 2010]. W celu zwiększenia skuteczności dezynfekcji stosuje się enzymy hydrolizujące polisacharydy i białka zewnątrzkomórkowe drobnoustrojów.

Poza metodami chemicznymi biofilmy usuwane są metodami fizycznymi i biologicznymi. W metodach biologicznych wykorzystuje się bakteriofagi [Jang 2006; Myszka, Czaczyk 2007].

Innym poważnym problemem zaburzającym skuteczność dezynfekcji jest adaptacja mikroorganizmów do warunków środowiska, czyli pojawienie się oporności bakterii dotychczas wrażliwych na dany dezynfektant. Oporność drobnoustrojów można zdefiniować jako zdolność mikroorganizmów do przeżycia w obecności szkodliwego preparatu. Nie odnosi się to do związków dezynfekcyjnych o właściwościach utleniających [Russell 1999].

Oporność najczęściej dotyczy bakterii Gram-ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz *Pseudomonas*, które potrafią nie tylko przetrwać, ale i rozmnażać się w obecności środków biobójczych. *Pseudomonas* izolowano z takich środków, jak: pochodne fenolu – sterinol oraz czwartorzędowe sole amoniowe. Niektóre rodzaje bakterii Gram-ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae*, np. *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, mają zdolność wytwarzania barier strukturalnych hamujących przenikanie związku do komórki. Niektóre drobnoustroje wytwarzają enzymy inaktywujące związki przeciwbakteryjne. Jednakże mikroorganizmy te nie wykazują oporności w stosunku do ditlenku chloru [Laufer 2006; Teh i in. 2014].

Do najważniejszych przyczyn powstania oporności drobnoustrojów należą błędy w stosowaniu środków odkażających polegające między innymi na: używaniu zbyt niskich, subletalnych stężeń, które nie są w stanie zatrzymać namnażania się drobnoustrojów, zbyt długim czasie stosowania tego samego środka, a także, co jest bardzo istotne, niewłaściwym doborze metody i parametrów dezynfekcji czy rodzaju dezynfektanta, bez uwzględnienia rodzaju i właściwości mikroflory, którą chcemy wyeliminować lub zredukować do akceptowalnego poziomu [Knight, Craven 2010].

5. Kryteria selekcji środków dezynfekujących

Wybór właściwych środków i ich stosowanie muszą być zdeterminowane rodzajem procesu, a co za tym idzie – określonym składem zabrudzenia, daną mikroflorą oraz zdefiniowanymi parametrami [McDonnell, Russell 1999; Møretro i in. 2012].

W tabeli 1 przedstawione zostały środki dezynfekcyjne najczęściej stosowane w przemyśle mleczarskim z określonymi wartościami stężenia, warunków i obszarów stosowania.

Tabela 1. Dezynfektanty najczęściej stosowane w przemyśle mleczarskim, warunki oraz obszary ich stosowania

Table 1. Conditions and areas of application of disinfectants most frequently used in the dairy industry

Substancja aktywna Disinfecting active agents	Warunki stosowania Conditions of application	Obszary stosowania Fields of application
1	2	3
Nadtlenek wodoru Hydrogen peroxide	CIP – dezynfekcja natryskowa, rozpylenie oparów: – 0,1-10,0 g/l zimna dezynfekcja – 0,01-1,0 g/l gorąca dezynfekcja – 30-300 g/l gorąca dezynfekcja powierzchni wewnątrz opakowania CIP – vapourisation-spray disinfection: – 0,1-10,0 g/l cold disinfection – 0,01–1,0 g/l hot disinfection – 30-300 g/l hot disinfection of packaging surfaces	tanki, rurociągi, filtry, napełniacze, zewnętrzne powierzchnie maszyn i urządzeń tanks, pipelines, filters, fillers, external disinfection of machines and equipment
Kwas nadoctowy Peracetic acid	CIP – rozpylanie – dezynfekcja krótkotrwała: – 50-200 mg/l zimna dezynfekcja – 400-2000 mg/l gorąca dezynfekcja przetrwalników, bakteriofagów i wirusów CIP – spray-short time disinfection: – 50-200 mg/l cold disinfection – 40-2000 mg/l hot disinfection spores, bacteriophages, viruses	tanki, rurociągi, pasteryzatory, filtry, napełniacze, membrany UF tanks, pipelines, pasteurizer, filter, fillers, cationic exchanger ultrafiltration
Zasadowe nośniki chloru (organiczne i nieorganiczne) Active alkaline chlorine anorganic and organic carrier	CIP – dezynfekcja natryskowa: – 0,3-100 mg/l system cyrkulacji wody – 25-50 mg/l dezynfekcja CIP – 100-400 mg/l łączne mycie i dezynfekcja – 1-5 g/l otwarte powierzchnie – 0,3 mg/l – 10 mg/l water circulation system – 25-50 mg/l CIP-disinfection – 100-400 mg/l combined cleaning and disinfection – 1,0-5,0 g/l open surfaces	tanki, rurociągi, napełniacze, myjka butelek pipelines, tanks, fillers, rinse water bottle washing machine

1	2	3
Kwaśne jodofory Acid iodophores	CIP – dezynfekcja natryskowa, zimna (do 40°C): – 15-50 mg/l dezynfekcja CIP – 50-200 mg/l łączne mycie i dezynfekcja – 300-1000 mg/l otwarte powierzchnie CIP – spray disinfection cold-40°C temperature limit: – 15-50 mg/l CIP-disinfection – 50-200 mg/l combined cleaning and disinfection – 30-1000 mg/l open surfaces	tanki, rurociągi, napelniacze tanks, pipelines, fillers
Związki powierzchniowo czynne – czwartorzędowe sole amoniowe Surface active agents – quaternary ammonium compounds	CIP – dezynfekcja, pH 5-10: – 100 mg/l G(+) bakterie, drożdże – 100-1000mg/l G(-) bakterie, pleśnie CIP – spray disinfection pH 5-10: – 100 mg/l grampositive bacteria, yeasts – 10-1000 mg/l grammegative bacteria, mould	otwarte powierzchnie, tanki, rurociągi, napelniacze, zewnętrzne powierzchnie maszyn i urządzeń, podłogi itp open surface, pipelines, tanks, fillers, external disinfection of machines/equipment floors
Związki azotu – biguanidyny Biguanidines	CIP – dezynfekcja pH 5-7: – 0,2-1,0 g/l dezynfekcja CIP – 0,5-3,0 g/l otwarte powierzchnie – CIP – spray disinfection pH 5-7:0,2-1,0 g/l CIP-disinfection – 0,5-3,0 g/l open surfaces	powierzchnie otwarte, namaczanie małych naczyń i przyrządów open surfaces, soaking of small utensils and instruments
Aldehydy – Aldehyd glutarowy Aldehydes formaldehyde-glutarialdehyde	dezynfekcja: 0,1-10,0 g/l zimna dezynfekcja otwartych powierzchni spray disinfection: 0,1-10,0 g/l cold disinfection of open surfaces	podłogi, ściany, ogólna dezynfekcja maszyn i urządzeń floors, walls, general disinfection of machinery and equipment

Źródło: [Orth 1998].
Source: [Orth 1998].

Dużym niebezpieczeństwem podczas produkcji mlecznych produktów fermentowanych, zarówno napojów, jak i serów dojrzewających oraz niedojrzewających, są bakteriofagi. Można je znaleźć wszędzie tam, gdzie w środowisku występują bakterie. Znane są liczne ich odmiany, przy czym bakteriofagi określonego typu atakują tylko bakterie należące do jednego gatunku lub nawet do jednego szczepu.

Zlekceważenie tego zagrożenia może doprowadzić do spowolnienia fermentacji mlekowej lub nawet zatrzymania tego procesu [Chr. Hansen 1997; Orth 1998].

W tabeli 2 przedstawiono efekt oddziaływania różnych związków dezynfekcyjnych na bakteriofagi bakterii z rodzaju *Lactococcus*. Z danych tych wynika, że dostatecznie skuteczne w redukcji tych bakteriofagów są środki dezynfekcyjne bazujące na chlorze lub kwasie nadoctowym. Redukcja fagów za pomocą nadtlenu wodoru, formaliny czy czwartorzędowych związków amoniowych w ciągu 10 min jest wyraźnie mniejsza w porównaniu z wyżej wymienionymi związkami.

Tabela 2. Skuteczność różnych dezynfektantów wobec bakteriofagów rodzaju *Lactococcus*
Table 2. Efficiency of various disinfectants against lactococcal bacteriophages

Aktywna substancja Active agent	Stężenie [%] Conc. [%]	Logarytmiczne tempo redukcji Log reduction rates	
		po 10 min after 10 min	po 60 min after 60 min
Formalina Formaldehyde	0,6	0,5	4,5
Podchloryn sodu Sodium-hypochlorite	0,5	4-9	5-9
Kwas nadoctowy Peracetic acid	0,5	6,8-9	9
Nadtlenek wodoru Hhydrogen peroxide	6,0	0,1-0,3	0,5-1
Czwartorzędowe związki amoniowe Quaternary ammonium compounds	0,5	brak efektu	4

Źródło: [Orth 1998].
 Source: [Orth 1998].

Przy doborze zarówno metody dezynfekcji, jak i środków dezynfekcyjnych należy mieć na uwadze ich rodzaj działania (bakteriobójcze, grzybobójcze, wirusobójcze), uwzględniając wymagane i dopuszczalne, w danych okolicznościach, parametry ich działania, a mianowicie: odpowiedni czas i temperaturę oraz stężenie [Møretro i in . 2012].

6. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionego materiału można stwierdzić, jak ważnym procesem, zapewniającym odpowiednie standardy higieniczne w zakładach mleczarskich, jest dezynfekcja. Po skończonym procesie technologicznym nie można ograniczyć się tylko do przeprowadzenia dokładnego mycia. Po każdym zabiegu mycia musi być przeprowadzona dezynfekcja wszystkich używanych maszyn, urządzeń oraz przestrzeni produkcyjnej. Bardzo ważny jest dobór odpowiednich metod i środków dezynfekcyjnych, które powinny być bezpieczne dla urządzeń, a jednocześnie gwaran-

tować eliminację drobnoustrojów lub redukcję liczby do poziomu akceptowalnego przez ustawodawstwo lub ustalone kryteria zakładowe.

Na podstawie przedstawionego materiału można stwierdzić, że najlepszym środkiem dezynfekującym, ze względu na rodzaj działania, charakterystykę właściwości fizykochemicznych oraz bezpieczeństwo stosowania, jest dwutlenek chloru.

Literatura

- Andrzejewski R., Szeląg Z., 2001, *Nowoczesne technologie mycia i dezynfekcji*, „Przegląd Mleczarski”, 10, s. 450-453.
- Chojnowski W., Nowak H., Kmiec M., Symoń B., 2008, *Dezynfekcja dwutlenkiem chloru w przemyśle mleczarskim*, „Przegląd Mleczarski”, 9, s. 22-26.
- Chr. Hansen, 1997, *Zapobieganie infekcji fagowej w zakładach mleczarskich*, „Przegląd Mleczarski”, 10, s. 346-347.
- Dzwolak W., 2005, *Ogniem i pianą*, „Bezpieczeństwo i Higiena Żywności”, 2, s. 38-40, 14.
- Flores M.J., Brandi R.J., Cassano A.E., Labas M.D., 2012, *Chemical disinfection with H_2O_2 – The proposal of a reaction kinetic model*, “Chemical Engineering Journal”, s. 198-199, 388-396.
- Gasik A., Mitek M., 2007, *Higiena produkcji bezalkoholowych napojów orzeźwiających*, „Przemysł Spożywczy”, 2, s. 14-17.
- Godlewska K., 2007, *Nowoczesne rozwiązania mycia i dezynfekcji*, „Przemysł Spożywczy”, 8, s. 68-71.
- Jang A., Szabo J., Hosni A.A., Coughlin M., Bishop P.L., 2006, *Measurement of chlorine dioxide penetration in dairy process pipe biofilms during disinfection*, “Applied Microbial and Cell Physiology”, 72, s. 368-376.
- Johnson D., 2005, *Umiejętność budowy optymalnych stacji CIP*, „Przegląd Mleczarski”, 1, s. 20-21.
- Knight G.C., Craven H.M., 2010, *A model system for evaluating surface disinfection in dairy factory environments*, „International Journal of Food Microbiology”, 137, s. 161-167.
- Laufer, 2006, *Dwutlenek chloru jako najskuteczniejszy dezynfektant*, „Przemysł Spożywczy”, 2, s. 32-33, <http://www.laufer.pl/>.
- Lewicki P.P., 2005, *Mycie maszyn i urządzeń w przemyśle spożywczym*, „Przemysł Spożywczy”, 2, s. 24-27.
- Lewicki P.P., 2006, *Skuteczność procesów mycia w przemyśle spożywczym*, „Przemysł Spożywczy”, 2, s. 26-31.
- Mahmoud S.M., Bhagat A.R., Linton R.H., 2007, *Inactivation kinetics of inoculating Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes and Salmonella enteric on strawberries by chlorine dioxide gas*, “Food Microbiology”, 24, s. 736-744.
- McDonnell G.E., 2007, *Antisepsis, Disinfection and Sterilization*, Washington DC, ASM Press.
- McDonnell G., Russell D., 1999, *Antiseptics and disinfectants: Activity, action and resistance*, “Clinical Microbiology Reviews”, 12, s. 147-179.
- Møretro T., Heir E., Nesse L.L., Vestby L.K., Langsrud S., 2012, *Control of Salmonella in food related environments by chemical disinfection*, “Food Research International”, 45, s. 532-544.
- Myszka K., Czaczyk K., 2007, *Metody usuwania biofilmów bakteryjnych z powierzchni stałych*, „Przemysł Spożywczy”, 2, s. 18-21.
- Orth R., 1998, *The importance of disinfection for the hygiene in the dairy and beverage production*, “International Biodeterioration & Biodegradation”, 41, s. 201-208.
- Pascual A., Llorca I., Canut A., 2007, *Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities*, “Trends in Food Science & Technology”, 18, s. S29-S35.
- Rosiak E., 2006, *Czysty zakład*, „Bezpieczeństwo i Higiena Żywności”, 9, s. 36-38.

- Russell A.D., 1999, *Bacterial resistance to disinfectants: Present knowledge and future problems*, "The Journal of Hospital Infection", 43, s. S57-S68.
- Simões M., Simões L.C., Vieira M.J., 2010, *A review of current and emergent biofilm control strategies*, "Food Science and Technology", 43, s. 573-583.
- Teh K.H., Flint S., Palmer J., Andrewes P., Bremer P., Lindsay D., 2014, *Biofilm – an unrecognised source of spoilage enzymes in dairy products?*, "International Dairy Journal", 34, s. 32-40.
- Wendrych L., 2003, *Porównanie uregulowań prawnych w Polsce i UE*, „Bezpieczeństwo i Higiena Żywności”, 6, s. 18-19.
- Żarczyński K., 2010, *Walidacja zanieczyszczeń*, „Forum Mleczarskie Biznes”, 3(09), <http://www.forummleczarskie.pl/RAPORTY/139/walidacja-zanieczyszczen>.

DISINFECTION IN DAIRY PLANTS

Summary: Disinfection is an important process of ensuring adequate standards of hygiene in dairy plants. After completing a manufacturing process a thorough sanitization is not sufficient. Disinfection of production lines, dairy equipment and production area must be performed after the cleaning operation. Different types and methods of disinfection used in dairy plants are presented in this work. The antimicrobial activity of some disinfectants, such as: chlorine compounds and their derivatives, aldehydes and surface-active compounds was characterized. The paper depicted desirable attributes of disinfectants and factors for their successful outcome. The mechanisms of antimicrobial effect of the main groups of disinfectants as well as the selection criteria for applying a proper disinfectant to a selected technological process and areas for using different disinfectants were presented.

Keywords: disinfection, disinfectants, dairy.