

PRZYGOTOWANIE NASION DO PRODUKCJI KIEŁKÓW KONSUMPCYJNYCH

Joanna Kaniewska, Marek Domoradzki, Wojciech Poćwiardowski

Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz
email: joanna.kaniewska@utp.edu.pl

Streszczenie. W produkcji kiełków konsumpcyjnych rzodkiewki zastosowano odkażanie nasion wodnym roztworem ClO_2 . Zbadano szybkość rozkładu ClO_2 w 10% zawiesinie nasion. Sprawdzone kiełkowanie nasion na bibule nasączonej ClO_2 w szerokim zakresie stężeń początkowych od 1 do 1 000 ppm w czasie do 6 dni. Dla stężeń powyżej 10 ppm zaobserwowano powstawanie siewek nienormalnych. Zbadano odporność nasion na obróbkę w roztworach ClO_2 w czasie 1 godziny i 6 godzin w zakresie stężeń od 50 do 1 000 ppm. Nasiona wykazują odporność na działanie ClO_2 o stężeniu od 50 do 500 ppm w czasie 1 godz. Sprawdzone dwa sposoby produkcji kiełków rzodkiewki: odkażanie nasion w czasie 1 godz. w roztworze o stężeniu 200 ppm i następnie kiełkowanie w wodzie oraz kiełkowanie nasion w roztworze o zawartości 5 ppm ClO_2 .

Słowa kluczowe: dwutlenek chloru, odkażanie nasion, produkcja kiełków

WSTĘP

Kiełki są produktem spożywczym coraz częściej oferowanym konsumentom w sieciach handlowych. Bardzo ważną sprawą jest jakość nasion stosowanych do produkcji kiełków, ponieważ są one spożywane na surowo. Nasiona do produkcji powinny mieć wysoką zdolność kiełkowania (min. 90%), a także być czyste chemicznie i mikrobiologicznie. Szkodliwe mikroorganizmy na nasionach lub produkowane przez nie toksyny mogą spowodować zatrucie pokarmowe. Eliminacja patogenów z wykiełkowanych już nasion jest praktycznie niemożliwa. Zadaniem producentów jest produkcja kiełków z nasion niezaprawianych chemicznie i profilaktycznie odkażonych.

Obecnie w produkcji kiełków stosuje się odkażanie w gorącej wodzie (Enomoto i in. 2002), odkażanie w roztworach podchlorynów sodu (NaOCl) lub wapnia (Ca(OCl)_2), wody utlenionej (H_2O_2) czy nawet odkażanie przy pomocy promieniowania jonizującego (Taormina i in. 1999). Nowy, stabilizowany roztwór dwutlenku chloru ClO_2 z powodzeniem stosuje się w przemyśle spożywczym do odkażania urządzeń produkcyjnych, a także do mycia owoców i warzyw. Dwutlenek chloru coraz częściej stosuje się też w stacjach uzdatniania wody pitnej. Roztwory ClO_2 charakteryzują się wysoką skutecznością w stosunku do wielu bakterii i ich form przetrwalnikowych, wirusów i grzybów (Huang i in. 1997). Powstał pomysł sprawdzenia odkażania nasion w roztworach wodnych dwutlenku chloru.

Dwutlenek chloru jest zielonkawożółtym gazem o charakterystycznym zapachu, zbliżonym do ozonu (Vanderkinderen i in. 2009). Dobrze rozpuszcza się w wodzie i nie hydrolizuje. Dwutlenek chloru jest wysoko selektywnym utleniaczem. Zaletą stosowania dwutlenku chloru do odkażania jest jego niskie efektywne stężenie (nawet 2-5 ppm) w zakresie pH od 2 do 10 (Szymański i in. 2010). Podczas działania roztworów ClO_2 nie powstają szkodliwe produkty uboczne, a w wyniku tego nie zmieniają się cechy organoleptyczne odkażanego produktu.

Produkcja kiełków jest realizowana dwiema metodami (Staniszewska i Domoradzki 1998):

- kiełkowanie nawilżonych nasion na tacach lub na siatkach z dostępem powietrza,
- kiełkowanie nasion zanurzonych w wodzie z przepływem powietrza.

Celem pracy było sprawdzenie przydatności technologii odkażania nasion rzodkiewki w wodnym roztworze dwutlenku chloru oraz określenie wpływu odkażania na energię i zdolność kiełkowania nasion oraz jakość konsumpcyjną uzyskanych kiełków.

MATERIAŁY I METODY

Nasiona

Do badań wybrano niezaprawione nasiona rzodkiewki odmiany Śnieżka z upraw tradycyjnych o celowo niskiej zdolności kiełkowania dla sprawdzenia ewentualnej poprawy jakości nasion po odkażaniu.

Preparat do odkażania

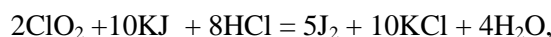
Do odkażania użyto:

- odkażacza o nazwie ArmeX-5 będącego stabilizowanym roztworem dwutlenku chloru o stężeniu ok. 50 000 ppm,
- aktywatora Mexacid w postaci wodnego roztworu kwasu cytrynowego.

Obydwa roztwory dozowano do wody destylowanej w proporcji: 1 część odkażacza, 1 część aktywatora i 23 części wody, uzyskując roztwór wyjściowy

o stężeniu ClO₂ około 2 000 ppm, który podlegał dalszym rozcieńczeniom w wodzie destylowanej. Stężenie roztworu wyjściowego sprawdzano za pomocą chemicznej analizy jodometrycznej. Preparat, po sporządzeniu według powyższego przepisu, przechowywano w laboratorium w temperaturze 20°C w szklanej zlewce. Z naczynia pobierano próby do oznaczenia zawartości ClO₂ metodą jodometryczną wg Supniewskiego (1958).

W kwaśnym środowisku, podczas miareczkowania ClO₂ zachodzi reakcja:



co pozwala na obliczenie zawartości ClO₂ na podstawie wzoru:

$$X[\text{ppm}]_{\text{ClO}_2} = \frac{A \cdot V \cdot n}{V_3} \cdot 10^6$$

gdzie: X [ppm]_{ClO₂} – zawartość (ppm), $A = 0,1349$, V – objętość roztworu tiosiarczanu sodowego do miareczkowania (ml), n – miano roztworu tiosiarczanu sodowego, V_3 – objętość lub masa próbki (ml).

Ponieważ zastosowanie roztworów ClO₂ do odkażania nasion rzodkiewki dla uzyskania kiełków nastąpiło po raz pierwszy, sprawdzono szeroki zakres stężeń ClO₂ od 2 do 1 000 ppm.

Program badań obejmował:

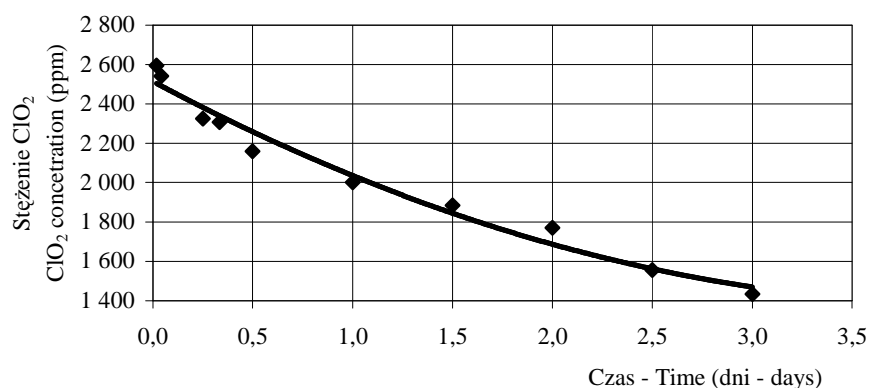
- kinetykę rozkładu i odgazowania aktywowanego wodnego roztworu ClO₂ o stężeniu początkowym około 2 000 ppm w czasie przechowywania,
- kinetykę rozkładu i odgazowania ClO₂ w zawiesinie 10% nasion rzodkiewki,
- badania kiełkowania nasion na bibule w obecności różnych stężeń odkażalnika w postaci roztworu ClO₂,
- odkażanie nasion w czasie 1 i 6 godzin w roztworze ClO₂,
- porównanie dwóch powszechnie stosowanych metod produkcji kiełków z zastosowaniem odkażania nasion.

Pomiary wykonywano w trzech powtórzeniach, a wyniki przedstawiono jako średnie. W statystycznej ocenie wyników korzystano z jednoczynnikowej analizy wariancji, a istotność różnic średnich oznaczano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Zmiana stężenia aktywowanego roztworu ClO₂

Sporządzono stężony roztwór wodny odkażacza, wlewając do kolby miarowej o pojemności 1 l 40 ml odkażacza ArmeX-5 i 40 ml aktywatora. Kolbę dopełniono wodą destylowaną. Zmianę stężenia roztworu wyjściowego w czasie sprawdzano za pomocą chemicznej analizy jodometrycznej.

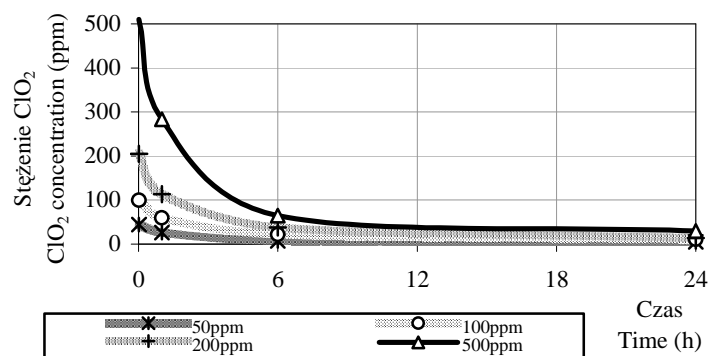
Stężenie początkowe preparatu po sporządzeniu i odczekaniu 1 godz. wynosiło 2 400 ppm przy deklarowanym przez producenta stężeniu około 2 000 ppm. Należy się liczyć z faktem, że w czasie przechowywania stężenie ClO_2 cały czas maleje. Roztwór wyjściowy po 24 godz. od czasu sporządzenia osiąga stężenie około 2 000 ppm i do drugiego dnia posiada jeszcze stężenie około 1 700 ppm (rys. 1).



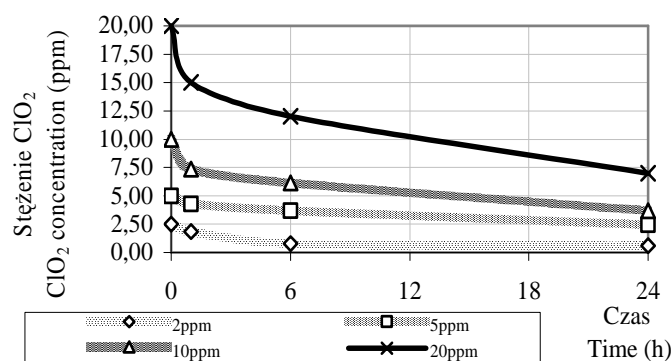
Rys. 1. Zmiana wyjściowego stężenia ClO_2 w czasie przechowywania
Fig. 1. ClO_2 initial concentration change during storage

Kinetyka zaniku ClO_2 w 10% zawiesinie nasion

Sporządzano roztwory, zawierające ClO_2 w wodzie destylowanej, o stężeniu początkowym: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 ppm ClO_2 , do którego dodawano nasiona rzodkiewki tak, aby otrzymać około 10% zawiesinę. Zmianę stężenia dwutlenku chloru w roztworze w czasie odkażania śledzono za pomocą analizy chemicznej. Wyniki przedstawiono na wykresach (rys. 2 i 3).



Rys. 2. Zmiana stężenia ClO_2 w zakresie 50-500 ppm w czasie odkażania nasion rzodkiewki
Fig. 2. ClO_2 concentration change in the range between 50 and 500 ppm during disinfection of radish seeds



Rys. 3. Zmiana stężenia ClO₂ w zakresie stężeń 2-20 ppm w czasie odkażania nasion rzodkiewki
Fig. 3. ClO₂ concentration change in the range between 2 and 20 ppm during disinfection of radish seeds

Podczas odkażania 10% zawiesiny nasion rzodkiewki w preparacie ArmeX-5 o różnych stężeniach następuje zmiana stężenia ClO₂ w zależności od czasu i stężenia początkowego. Dla dużych stężeń 100-500 ppm ClO₂ następuje spadek stężenia od 50% do 75% stężenia początkowego, a dla małych stężeń ClO₂ w zakresie 2 do 20 ppm spadek po 1 godz. wynosi 75 do 80% stężenia początkowego.

Badanie kiełkowania nasion na bibule w obecności odkażalnika

Zastosowano roztwory wyjściowe, których stężenia zawierały się w zakresie od 1 do 1 000 ppm. Nasiona kiełkowano na szalkach Petriego rejestrując energię i zdolność kiełkowania, wskaźnik zasiedlenia grzybami (WZG) i zawartość siewek nienormalnych, czyli kiełków uszkodzonych, zdeformowanych, częściowo lub całkowicie zgniłych- niezdolnych do dalszego rozwoju w normalne rośliny. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wpływ obecności roztworów odkażacza na parametry jakościowe nasion rzodkiewki
Table 1. Influence of disinfectant solutions' presence on quality parameters of radish seeds

Parametr Parameter	Stężenie ClO ₂ – ClO ₂ concentration (ppm)										Próba kontrolna Raw seeds
	1000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	
EK = 3 dni/days	3	45	55	65	54	50	48	50	43	42	40
ZK = 6 dni/days	5	50	65	71	67	62	68	74	73	72	53
WZG %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
nn %	100	100	100	100	60	30	1	0	0	0	0

EK – energia kiełkowania po 3. dniu/germination energy on the 3rd day, ZK – zdolność kiełkowania po 6. dniu/germination capacity of the 6th day, WZG – wskaźnik zasiedlenie grzybami/percentage of fungal infections (%), nn – nasiona nienormalne/abnormal seedlings (%).

Odkazanie nasion w roztworze ClO₂ w czasie 1 i 6 godzin

Do badania odkazania nasion zastosowano czasy odkazania równy 1 i 6 godzinom i stężenia ClO₂ 50, 100, 200, 500 i 1 000 ppm.

Nasiona w ilości 20g zalewano w zlewce wodnym rozcieńczonym roztworem dwutlenku chloru w ilości 180 ml i mieszano w czasie 1 godziny i 6 godzin. Po obróbce nasiona odmywano 3 razy po 15 min wodą wodociągową i suszono w temperaturze 40°C. Z każdej obróbki pobierano próbę 4x50 szt. nasion i kiełkowano na bibule w temperaturze 20°C wg normy PN- R 65950. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wpływ odkazania roztworami ClO₂ na parametry jakościowe nasion rzodkiewki
Table 2. Influence of ClO₂ solutions disinfection on quality parameters of radish seeds

Czas odkazania Time of disinfection	Parametr Parameter	Stężenie ClO ₂ – ClO ₂ concentration (ppm)					Próba kontrolna Raw seeds
		1000	500	200	100	50	
1 h	EK=3dni/days	51	50	46	45	40	41
	ZK = 6dni/days	58	67	70	68	61	50
	WZG %	0	0	0	0	0	25
	nn %	1	2	1	1	1	3
6 h	EK = 3dni/days	50	50	48	45	42	41
	ZK = 6dni/days	51	52	51	54	52	50
	WZG %	6	2	1	0	0	25
	nn %	9	8	7	4	3	3

EK – energia kiełkowania po 3. dniu/germination energy on the 3rd day, ZK – zdolność kiełkowania po 6. dniu/germination capacity of the 6th day, WZG – wskaźnik zasiedlenia grzybami/percentage of fungal infections (%), nn- nasiona nienoemalne/abnormal seedlings (%)

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Podczas przechowywania stężenie roztworu wyjściowego ClO₂ maleje od 2400 ppm po sporządzeniu, po 24 godz. osiąga stężenie ok. 2 000 ppm. i po 48 godz. wynosi około 1 700 ppm (rys. 1). W czasie przechowywania następuje desorpcja ClO₂ z roztworu. Wynika stąd konieczność sporządzania każdorazowo świeżej porcji ClO₂ i jej wykorzystanie do drugiego dnia.

Podczas odkazania 10% zawiesiny nasion rzodkiewki następuje zmiana stężenia ClO₂. Dla stężeń 100-500 ppm ClO₂ spadek stężenia jest większy niż w przypadku roztworów o mniejszej (2-20 ppm) zawartości dwutlenku chloru. Wynika

z tego, że im mniejsza zawartość ClO_2 w roztworze, tym roztwór jest bardziej stabilny.

Obecność roztworów odkaźnika o stężeniu poniżej 10 ppm w czasie 6 dni kiełkowania nasion nie powodowała formowania się siewek nienormalnych. Przy zastosowaniu wyższych stężeń ClO_2 istotnie rośnie ilość siewek nienormalnych dla 6 dni kiełkowania nasion. Oznacza to, że jedynie roztwory o stężeniu ClO_2 od 1 do 10 ppm nie działają szkodliwie na nasiona. W porównaniu do nasion nieodkażanych (kontrolnych) nastąpił wzrost zarówno energii, jak i zdolności kiełkowania. Istotną statystycznie poprawę ZK uzyskano w przypadku zastosowania odkaźnicy o zawartości dwutlenku chloru od 1 do 5 ppm (tab. 1).

Energia kiełkowania nasion odkażanych roztworem dwutlenku chloru (tab. 2) w czasie 1 i 6 godz. pozostaje na tym samym poziomie osiągając maksymalne wartości dla stężenia 500-1 000 ppm. Wydłużenie czasu odkażania do 6 godzin powoduje istotny wzrost liczby siewek nienormalnych.

Zdolność kiełkowania nasion odkażonych w czasie 1 godziny roztworami o stężeniu od 50 do 500 ppm ClO_2 istotnie wzrosła w porównaniu do nasion surowych i po obróbce w roztworze ClO_2 o stężeniu 200 ppm osiąga wartość najwyższą równą 74%, podczas gdy ZK nasion niepoddanych obróbce wynosi 51%. Wskaźnik zasiedlenia nasion grzybami WZG maleje dla nasion odkażonych do zera. Przy odkażaniu nasion rzodkiewki przez 6 godzin jedynie zastosowanie roztworu ClO_2 o stężeniu 1000 ppm nie spowodowało istotnego spadku wartości WZG%.

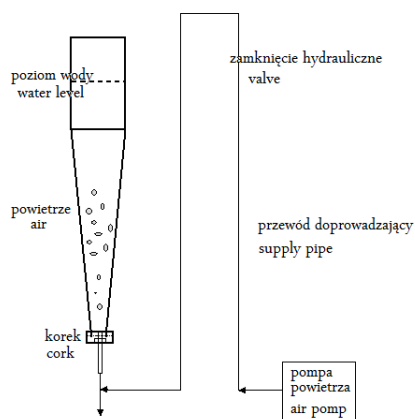
Odkażenie nasion w czasie 1 godziny w roztworze o stężeniu 100 do 500 ppm, pozwala na uzyskanie największych przyrostów zdolności kiełkowania, przy czym stężenie aktywnego dwutlenku chloru maleje po 1 godz. do ok. 60% wartości początkowej.

Porównanie technologii produkcji kiełków z nasion rzodkiewki

Sprawdzano technologię kiełkowania nasion rzodkiewki w wodzie wodociągowej z dodatkiem dwutlenkiem chloru. W czasie kiełkowania nasion w wodnym roztworze ClO_2 o stężeniu 5 ppm następuje rozłożenie się preparatu aktywnego po 24 godz. W związku z tym kolejne etapy kiełkowania powinny się odbywać w świeżej wodzie wodociągowej o zawartości około 5 ppm ClO_2 .

Przygotowano trzy reaktory laboratoryjne mieszane powietrzem. Porcję 20 g nasion dodawano do 380 g wody i kiełkowano w temperaturze około 20°C (5% zawiesina). W pierwszym reaktorze prowadzono kiełkowanie nieodkażanych nasion w czystej wodzie wodociągowej. W drugim reaktorze kiełkowano nasiona w roztworze o stężeniu 5 ppm ClO_2 , zmieniając roztwór co 24 godziny. W trzecim reaktorze najpierw odkażano nasiona rzodkiewki w czasie 1 godziny w roztworze

o stężeniu 200 ppm, po czym nasiona odsączano i poddawano kiełkowaniu w wodzie wodociągowej.



Rys. 4. Schemat reaktora do kiełkowania nasion w wodzie

Fig. 4. Schematic of reactor for seeds sprouting in water

W pierwszym i trzecim reaktorze po każdym 24 godzinach usuwano roztwór i wymieniano na czystą wodę wodociągową oraz oddzielano nasiona pływające. Podczas kiełkowania mierzono przewodność elektrolityczną i pH roztworów w reaktorze i po każdej dobie określano masę kiełków w reaktorze. Wyniki zebrano w tabeli 3 i na rysunkach 5 i 6. Nasiona po trzech dniach zwiększały swoją masę z 20 g do około 77 g.

W czasie pierwszej doby zaobserwowano wzrost przewodności elektrolitycznego roztworu, co można przypisać łągowaniu substancji jonowych z nasion. W drugiej i trzeciej dobie obserwowano obniżanie się przewodności elektrolitycznego wody, co można powiązać ze

wzrostem kiełków i pobieraniem przez rosnące siewki soli mineralnych z roztworu reakcyjnego.

Stężenie jonów wodorowych – pH roztworu utrzymuje się na stałym poziomie od 6,9 do 7,3 i jest mało charakterystyczne dla przebiegu i kontroli procesu.

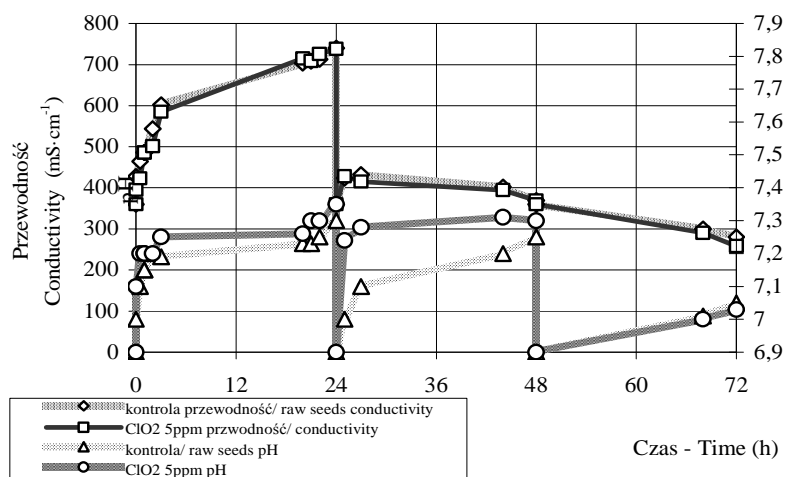
Tabela 3. Zmiana masy kiełków w reaktorze laboratoryjnym

Table 3. Sprouts mass change in laboratory reactor

Kiełkowanie Sprouting	Nasiona pływające po 24 godz. Seeds floating after 24 h	Czas kiełkowania (godz.) / Masa (g) Sprouting time (h) / Mass (g)				
		0	3	24	48	72
Obiekt kontrolny (woda) Raw seeds in water	2,7%	20	40,6	47,6	60,5	76,1
Odkazanie w ClO ₂ 200 ppm 200 ppm ClO ₂ disinfection	2,2%	20	40,0	47,1	59,7	75,6
Woda + ClO ₂ 5 ppm Water + ClO ₂ 5 ppm	2,6%	20	40,4	47,5	60,4	77,2

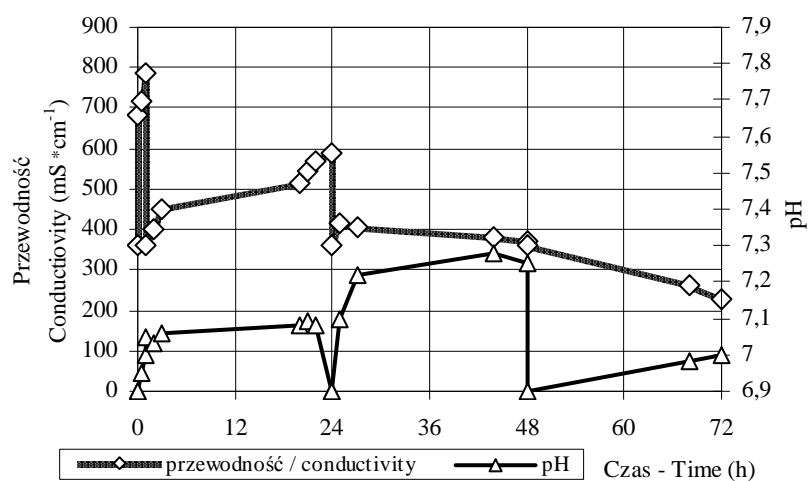
Uwaga: W tabeli podano masę sumaryczną nasion wraz nasionami pływającymi i łuskami.

Note: The table gives the total mass of the seeds, including the floating fraction and hulls.



Rys. 5. Zmiana pH i przewodności elektrolitycznej roztworu podczas kiełkowania nasion rzodkiewki w wodzie pitnej bez dodatku i z dodatkiem 5 ppm ClO_2

Fig. 5. Changes of pH and electrical conductivity of the solution during sprouting of radish seeds in drinking water with and without addition of 5 ppm ClO_2



Rys. 6. Zmiana pH i przewodności elektrycznej nasion rzodkiewki odkażanych w ClO_2 200 ppm

Fig. 6. Changes of pH and electrical conductivity of the solution during disinfection of radish seeds in 200 ppm ClO_2

Nasiona odkażone w roztworze ClO_2 o stężeniu początkowym 200 ppm kiełkowano w wodzie wodociągowej (rys. 6). Zmiany przewodnictwa elektrolitycznego i pH przebiegały analogicznie jak w poprzednich dwu przypadkach.

WNIOSKI

1. Dwutlenek chloru w określonych warunkach nie jest szkodliwy dla kiełkujących nasion, a nawet polepsza ich kiełkowanie nie pozostawiając niekorzystnych smaków i zapachów.

2. W aktywowanym roztworze ClO_2 następuje odgazowanie i rozkład dwutlenku chloru w czasie przechowywania. W przypadku obecności w roztworze odkażalnika nasion rzodkiewki zużycie ClO_2 następuje szybciej.

3. Z wielu możliwych sposobów odkażania nasion proponuje się dwie równocenne metody:

- odkażanie nasion w czasie 1 godz. w roztworze o stężeniu od 100 do 500 ppm i następnie kiełkowanie w wodzie z wymianą wody co 24 godziny,
- kiełkowanie nasion w roztworze wodnym o zawartości ClO_2 od 5 do 10 ppm z wymianą roztworu co 24 godziny.

4. Możliwe ze szczegółowe badania mikrobiologiczne pozwoliłyby wybrać z dwóch wyżej wymienionych metod metodę skuteczniejszą w ogólności lub w stosunku do określonego patogenu.

PIŚMIENNICTWO

- Enomoto K., Takiyawa T., Ishikawa N., Suzuki T., 2002. Hot-water treatments for disinfecting alfalfa seeds inoculated with *Escherichia coli*. Food Science and Technology Research, Vol. 8, 247-251.
- Huang J., Wang L., Ren N. Ma F., Ma J., 1997. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. Water Research, 31(3), 607-613.
- Staniszewska M., Domoradzki M., 1998. Produkcja kiełków konsumpcyjnych. VIII Konferencja N-T: Budowa i eksploatacja maszyn w przemyśle chemicznym. Materiały konferencyjne. Białystok, 117-124.
- Supniewski J., 1958. Preparatyka nieorganiczna. PWN.
- Szymański J., Chruściel A., Hreczuch W., 2010. Dwutlenek chloru a chlor aktywny: podobieństwa, różnice i nieporozumienia. <http://www.mexeo.pl/> 10.03.2010.
- Taormina P.J., Beuchat L.R., Slutsker L., 1999. Infections associated with eating seed sprouts: an international concern. Emerging Infectious Diseases, 5, 626-634.
- Vandekinderen I., Devlieghere F., Van Camp J., Kerkaert B., Cucu T., Ragaert P., De Bruyne J., De Meulenaer B., 2009. Effects of food composition on the inactivation of foodborne microorganisms by chlorine dioxide. International Journal of Food Microbiology, 131, Issues 2-3, 138-144.

PREPARATION OF SEEDS FOR THE PRODUCTION OF EDIBLE SPROUTS

Joanna Kaniewska, Marek Domoradzki, Wojciech Poćwiardowski

Department of the Chemical and Food Technology and Apparatus,
Faculty of Chemical Technology and Engineering,
University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz
email: joanna.kaniewska@utp.edu.pl

Abstract. ClO₂ water solution disinfection was applied to produce radish seeds sprouts. The ClO₂ decomposition rate in 10% seeds suspension was investigated. The seeds were sprouted on ClO₂ soaked blotting paper in a broad range of concentrations between 1 and 1 000 ppm for up to 6 days. The formation of abnormal seedlings was observed for concentrations above 10 ppm. The seeds tolerance to ClO₂ solutions treatment lasting for 1 hour and 6 hours was studied. The ClO₂ solution concentration range was from 50 to 1000 ppm. The seeds showed tolerance to 1 hour ClO₂ solutions treatment in the concentration range of 50 to 500 ppm. Two methods of radish sprouts production were tested: 1 hour seed disinfection with the 200 ppm ClO₂ solution and the sequential seeds sprouting in pure water as well as seeds sprouting in the 5 ppm ClO₂ solution.

Key words: chlorine dioxide, seed disinfection, sprouts production