

WPŁYW OGRZEWANIA MIKROFALOWEGO NA REDUKCJĘ ZANIECZYSZCZENIA MIKROBIOLOGICZNEGO MULI

Anita Kukułowicz  

UM w Gdyni, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa

Streszczenie. Fale elektromagnetyczne można wykorzystać w inaktywacji patogenów w żywności, gdyż działają bakteriobójczo na drobnoustroje. Celem badań była ocena wpływu oddziaływania mikrofalowego na redukcję mikroorganizmów zanieczyszczających mule „à la minute”. Materiał badany stanowiły mule (*Mytilus edulis*) „świeżo ugotowane” po prowansalsku. W pierwszym etapie badań pobierano mule bezpośrednio po otwarciu opakowania, a w drugim etapie te same produkty poddawano ogrzewaniu mikrofalowemu. Po wyjęciu z kuchenki mikrofalowej i przestudzeniu produktu w warunkach jałowych, pobierano go do analiz mikrobiologicznych. W produktach poddanych analizie oznaczano liczbę: *Staphylococcus aureus*, drożdży i grzybów strzępkowych, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, ogólną liczbę drobnoustrojów mezofilnych (OLD) oraz obecność *Salmonella* spp. i *Listeria monocytogenes*. W żadnej badanej próbie nie stwierdzono obecności pałeczek *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* oraz *Escherichia coli*, a przecinkowce *Vibrio parahaemolyticus* obserwowano jedynie w produktach bezpośrednio po otwarciu opakowania. Zastosowane promieniowanie mikrofalowe spowodowało całkowitą redukcję *Vibrio parahaemolyticus*, a liczba grzybów strzępkowych, drożdży i *Staphylococcus aureus*, drobnoustrojów mezofilnych spadła odpowiednio: 4-krotnie, około 3-krotnie, 2,5-krotnie.

Słowa kluczowe: mule, promieniowanie mikrofalowe, drobnoustroje, zanieczyszczenie mikrobiologiczne

WSTĘP

Produkty wygodne, których przygotowanie obejmuje zazwyczaj proste czynności (np. ogrzewanie mikrofalowe), stanowią coraz częstsze źródło pożywienia wśród konsumentów. Jednak aby mogły zostać zaklasyfikowane do tzw. żywności nowej generacji, powinny charakteryzować się: wysokim standardem higienicznym, dużą wartością od-

Anita Kukułowicz  <https://orcid.org/0000-0002-7520-7992>

 a.kukulowicz@wpit.umg.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo SGGW

żywcza, gwarantowaną świeżością, różnorodnym asortymentem [Augustyńska-Prejsnar i in. 2014]. Żywność wygodna pochodzenia wodnego stanowi dynamicznie rozwijający się segment przetwórstwa spożywczego. Z uwagi na specyficzny charakter tych produktów (duża zawartość wody i aktywnych enzymów obecnych na owocach morza) łatwo może w nich dojść do namnożenia niepożądanego mikroflory.

Mięczaki należą do drugiego co do wielkości produktu akwakultury na całym świecie, a omulek niebieski (*Mytilus edulis*) jest najczęściej hodowanym gatunkiem [Oliveira i in. 2013]. Organizmy te oprócz dużej ilości wody stanowią źródło pełnowartościowego białka. W swoim składzie mają także witaminy (B1, B2, B6, B12 i C), składniki mineralne (Se, Ca, Fe, Mg, P) oraz tłuszcz bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe [Kukułowicz i Białas 2014]. Mule swoim ciałem filtrują duże ilości wody, gromadzić się w nich mogą więc toksyczne substancje i niepożądane drobnoustroje obecne w ich środowisku. Dodatkowo wysoki poziom glikogenu, zawartość wolnych aminokwasów, aktywność wody (> 0,95) i wysokie pH (6,7–7,1) tworzą je idealnym podłożem dla rozwoju mikroorganizmów. Na skutek niewłaściwie przeprowadzonej obróbki kulinarnej konsumenci po spożyciu tych produktów są narażeni na ryzyko zatrucia pokarmowego [Ates i in. 2011, Oliveira i in. 2013].

Promieniowanie mikrofalowe należy do powszechnych metod przetwarzania żywności. Gotowanie, ogrzewanie, suszenie, blanszowanie i rozmrażanie mikrofalami skracają czas trwania procesu, gdyż ciepło wytwarza się wewnątrz ogrzewanego produktu, który nagrzewa się równomiernie z każdej strony. Dodatkowo, jeśli proces jest odpowiednio zaplanowany, pozwala uniknąć zmian w wartości odżywczej produktu [Czerwińska 2006, Marszałek i Mitek 2011, Bauza-Kaszewska 2014] oraz uzyskać lepszą jakość sensoryczną w porównaniu do tradycyjnej pasteryzacji [Marszałek i Mitek 2011]. Obróbka termiczna mikrofalami sprawia, że niszczone są substancje antyodżywcze, przyczyniając się do poprawy jakości żywności [Czerwińska 2006]. Dowiedziono również, że fale elektromagnetyczne działają bakteriobójczo na drobnoustroje, co wykorzystywane jest m.in. w inaktywacji patogenów w żywności. Wysoka temperatura powstająca podczas promieniowania mikrofalowego powoduje nieodwracalne zmiany w strukturze białek, enzymów i kwasów nukleinowych obecnych w komórkach drobnoustrojów. Mikrofałe wytwarzają pory w błonie komórkowej bakterii, powodując m.in. wyciek kwasów nukleinowych oraz białek z komórki, a w rezultacie jej śmierć. W licznie prowadzonych badaniach wykazano wpływ mikrofal na bakterie, tj.: *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria* spp., *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*. Przetrwalniki bakterii i zarodniki pleśni również zostały uznane za wrażliwe na promieniowanie mikrofalowe [Woo i in. 2000, Czerwińska 2006, Bauza-Kaszewska 2014, Sood i in. 2015].

Celem badań była ocena wpływu oddziaływania mikrofalowego na redukcję mikroorganizmów zanieczyszczających mule „à la minute”.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowiły mule (*Mytilus edulis*) „świeżo ugotowane” po prowansalsku. Produkty znajdowały się w opakowaniach z tworzywa sztucznego i zgodnie z informacją na opakowaniach zostały zapakowane w atmosferze ochronnej, a przed spożyciem

należało je poddać obróbce mikrofalowej. Próby do badań zakupiono w sklepach jednej z sieci dyskontów na terenie Trójmiasta w okresie letnim. Mule ze sklepu do laboratorium mikrobiologicznego przewożono w termoizolacyjnej torbie, umożliwiającej zachowanie ciągłości tzw. zimnego łańcucha dystrybucji. Bezpośrednio po dotarciu do laboratorium próby poddawano analizom. W pierwszym etapie badań pobierano 20 lub 25 g muli bezpośrednio po otwarciu opakowania, a następnie homogenizowano razem ze 180 ml płynu fizjologicznego lub 225 ml odpowiedniej pożywki przednamnażającej, wykorzystując w tym celu Stomacher. W drugim etapie te same produkty (zgodnie z instrukcją zawartą na opakowaniu) poddawano promieniowaniu mikrofalowemu o częstotliwości 2,45 GHz i mocy energii mikrofalowej 600 W przez 6,5 min. Podczas tej czynności korzystano z kuchenki firmy Sharp. Po wyjęciu produktu z kuchenki mikrofalowej i przestudzeniu w warunkach jałowych ponownie pobierano po 20 g produktu do analiz mikrobiologicznych. Łącznie przebadano 32 próby (16 bezpośrednio po otwarciu opakowań oraz 16 po poddaniu ich ogrzewaniu mikrofalowemu).

W produktach poddanych analizie oznaczano: ogólną liczbę drobnoustrojów mezofilnych (OLD) na agarze odżywczym firmy Merck (inkubacja w temperaturze 30°C przez 72 h), liczbę *Staphylococcus aureus* na podłożu selektywnym Baird-Parker RPF firmy bioMérieux (inkubacja w temperaturze 37°C przez 48 h), liczbę drożdży i grzybów strzępkowych na podłożu wybiórczym YGC z chloramfenikolem firmy Merck (inkubacja w temperaturze 25°C przez 120 h), liczbę pałeczek *Escherichia coli* na podłożu selektywnym Coli ID firmy bioMérieux (inkubacja w temperaturze 37°C przez 48 h). Stwierdzenie obecności *Listeria monocytogenes* polegało na wstępnym wzbogacaniu 25 g próbki w 225 ml podłoża płynnego $\frac{1}{2}$ FRASER i inkubacji w temperaturze 30°C \pm 1°C przez 24 h \pm 2 h. Po danym czasie inkubacji wzbogacającej pobierano pipetą 0,1 ml hodowli i wysiewano na podłoże chromogenie Rapid'L.mono firmy Bio-RAD. Po przeprowadzonym posiewie płytki inkubowano w temperaturze 37°C \pm 1°C przez 24 h \pm 3 h. Stosowane podłoże pozwalało na rozróżnienie kolonii pałeczek *L. monocytogenes*, które były niebieskie bez żółtego halo oraz kolonii *L. innocua* rosnących w kolorze białym. Obecność *Salmonella* spp. zaczęto od przednamnażania 25 g próby w 225 ml zbuforowanej wody peptonowej w temperaturze 37°C \pm 1°C przez 18 h \pm 2 h. Tak przygotowaną hodowlę wysiewano na podłoże chromogenne *Salmonella* Agar do izolacji i wstępnego różnicowania firmy Graso (inkubacja w temperaturze 35°C przez 48 h). W celu określenia liczby przecinkowców *Vibrio parahaemolyticus* dokonano wstępnego ich namnożenia w płynie alkalicznym w temperaturze 35°C \pm 1°C przez 8 h \pm 2 h, a następnie posiewano na podłoże selektywne TCBS firmy Merck (inkubacja w temperaturze 35°C przez 24 h). Oznaczenia mikrobiologiczne wykonano metodą zalewową (przy określaniu liczby), posiewając kolejne rozcieńczenia na odpowiednio dobrane podłoża, oraz metodą powierzchniową (przy stwierdzaniu obecności).

W celu określenia istotności zmian obecności mikroorganizmów w próbach pod wpływem działania fal mikrofalowych wykorzystano test χ^2 McNemara (χ^2MN). Dla danych oryginalnych oraz danych poddanych logarytmowaniu – $\log_{10}(x + 1)$ obliczono podstawowe miary położenia i zmienności. Zbadano również zgodność z rozkładem normalnym za pomocą testu Shapiro-Wilka. Istotność różnic między liczbą drobnoustrojów przed działaniem czynnika i po nim analizowano testem t-Studenta dla par wiązanych (\log_{10} OLD) oraz testem Wilcoxon dla pozostałych liczebności (*S. aureus*, *V. parahaemolyticus*).

molyticus, drożdży i grzybów strzępkowych). Wielkość efektu określono za pomocą η^2 [Tomczak i Tomczak 2014].

OMÓWIENIE WYNIKÓW

W żadnej badanej próbie nie stwierdzono obecności pałeczek *Salmonella* spp. oraz *Escherichia coli*, a przecinkowce *Vibrio parahaemolyticus* obserwowano jedynie w produktach bezpośrednio po otwarciu opakowania. Stwierdzono istotny statystycznie wpływ działania fal mikrofalowych na obecność *V. parahaemolyticus* ($p < 0,05$). Przed wystawieniem próbek na działanie fal obecność przecinkowców stwierdzono w 7 próbkach (44%), a po ekspozycji na działanie fal w żadnej (0%) – tabela 1. Nie stwierdzono natomiast istotnego statystycznie związku między ogrzewaniem falami a obecnością pozostałych badanych mikroorganizmów w próbach.

Tabela 1. Obecność *Vibrio parahaemolyticus* w próbach przed wystawieniem i po nim na działanie fal mikrofalowych ($\chi^2MN = 5,14$; $p = 0,0233$)

Table 1. Presence of *Vibrio parahaemolyticus* in samples before and after exposure to microwave radiation ($\chi^2MN = 5.14$; $p = 0.0233$)

Przed działaniem fal Before microwave radiation exposure	Po wystawieniu na działanie fal After microwave radiation exposure		
	+	-	Σ
+	0	7	7 (44%)
-	0	9	9 (66%)
Σ	0 (-)	16 (100%)	16 (100%)

Najwyższy poziom przecinkowców sięgający $30 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$, wykazano w 2 próbach. Badane mule wolne były od pałeczek *Listeria monocytogenes*, a *Listeria innocua* zanieczyszczała 37,5% produktów przed procesem mikrofalowania. Po procesie odsetek zanieczyszczonych prób spadł do 12,5%. Badane mięczaki przed ogrzewaniem mikrofalowym były zanieczyszczone drobnoustrojami mezofilnymi tlenowymi na średnim poziomie $1,4 \cdot 10^3 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ (tab. 2), a największa ich liczba osiągnęła $4,3 \cdot 10^3 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$. Po zastosowaniu promieniowania mikrofalowego średnia liczba tych bakterii spadła o ponad połowę, osiągając wartość $6,3 \cdot 10^2 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ (tab. 2). Największa liczba OLD po zastosowanym procesie osiągnęła $2,2 \cdot 10^3 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$, 2-krotnie redukując liczbę kolonii sprzed procesu. Liczba kolonii drożdży oraz grzybów strzępkowych w pierwszym etapie badań była podobna i wynosiła odpowiednio: $2,3 \cdot 10^1$ i $2,2 \cdot 10^1 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$. Po 6,5-minutowym oddziaływaniu mikrofal liczba tych mikroorganizmów spadła odpowiednio do poziomu $7,5 \cdot 10^0$ i $5,6 \cdot 10^0 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ (tab. 2). Badane mule charakteryzowały się również obecnością *Staphylococcus aureus*, których liczba po obróbce mikrofalowej spadła z $1,7 \cdot 10^1$ do $6,2 \cdot 10^0 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ (tab. 2). Obecność gronkowców stwierdzono przed procesem w prawie 70% produktów, a po zastosowaniu promieniowania w około 44%.

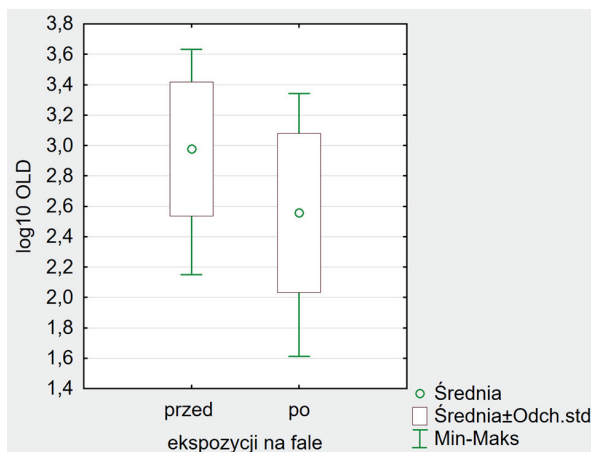
Tabela 2. Statystyki opisowe dla oznaczonej liczby drobnoustrojów w badanych mulach przed ogrzewaniem mikrofalowym i po nim

Table 2. Descriptive statistics for the determined number of microorganisms in the tested mussels before and after microwave heating

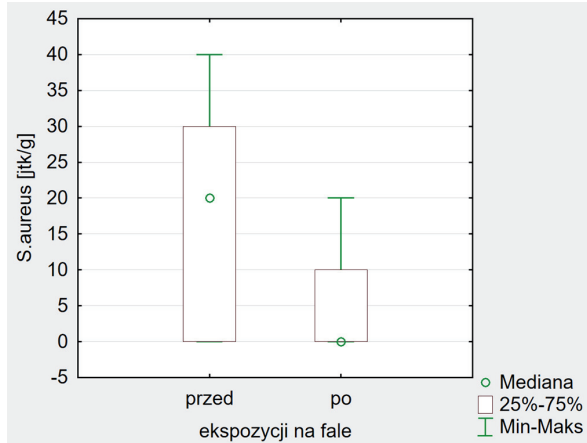
Wyszczególnienie Specification	Rodzaj obróbki mikrofalowej Microwave treatment type	$\bar{x} \pm SD$ [jtk·g ⁻¹]	Me $\pm IQR$ [jtk·g ⁻¹]
Liczba <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> count	przed – before	$1,7 \cdot 10^1 \pm 1,4 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^1 \pm 3,0 \cdot 10^1$
	po – after	$6,2 \cdot 10^0 \pm 7,8 \cdot 10^0$	$0 \pm 1,0 \cdot 10^1$
Liczba <i>Vibrio parahaemolyticus</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i> count	przed – before	$8,1 \cdot 10^0 \pm 1,0 \cdot 10^0$	$0 \pm 1,5 \cdot 10^1$
	po – after	nb	0 ± 0
Ogólna liczba drobnoustrojów mezofilnych (OLD) Total bacterial count (TBC)	przed – before	$1,4 \cdot 10^3 \pm 1,1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3 \pm 1,3 \cdot 10^3$
	po – after	$6,3 \cdot 10^2 \pm 6,1 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^2 \pm 6,3 \cdot 10^2$
Liczba grzybów strzępkowych Moulds count	przed – before	$2,2 \cdot 10^1 \pm 2,4 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1 \pm 2,5 \cdot 10^1$
	po – after	$5,6 \cdot 10^0 \pm 7,0 \cdot 10^0$	$0 \pm 7,3 \cdot 10^0$
Liczba drożdży Yeast count	przed – before	$2,3 \cdot 10^1 \pm 1,7 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1 \pm 1,8 \cdot 10^1$
	po – after	$7,5 \cdot 10^0 \pm 8,3 \cdot 10^0$	$5,0 \cdot 10^0 \pm 8,6 \cdot 10^0$

\bar{x} – wartość średnia – mean value; SD – odchylenie standardowe – standard deviation; Me – mediana – median, IQR – rozstęp międzykwartyłowy – interquartile range; nb – nieobecne – absent.

Odnotowano istotny statystycznie i o dużym efekcie ($\eta^2 = 0,75$) wpływ oddziaływania mikrofalowego na ogólną liczbę drobnoustrojów mezofilnych w próbach (rys. 1).

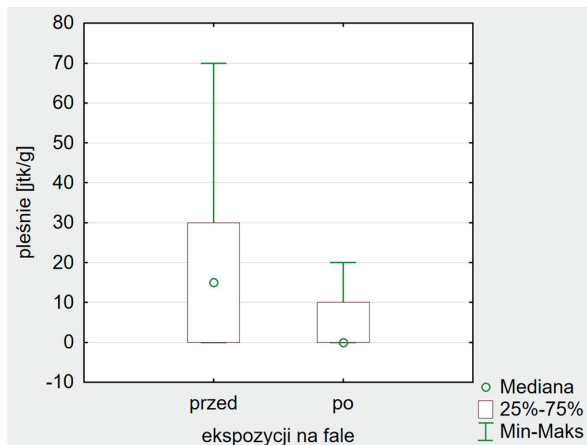
Rys. 1. log₁₀ OLD przed ekspozycją i po niej przez 6,5 min na fale o częstotliwości 2,45 GHz i mocy 600 W ($t = 6,66$; $p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,75$)Fig. 1. log₁₀ TBS before and after exposure for 6.5 min for waves of frequency 2.45 GHz and energy power 600 W ($t = 6.66$; $p < 0.0001$; $\eta^2 = 0.75$)

Fale emitowane przez kuchenkę mikrofalową istotnie redukowały również przeciętną liczbę pozostałych drobnoustrojów (rys. 2–4), przy czym największy efekt obserwowano w przypadku drożdży i *S. aureus* (η^2 odpowiednio 0,59 i 0,54).



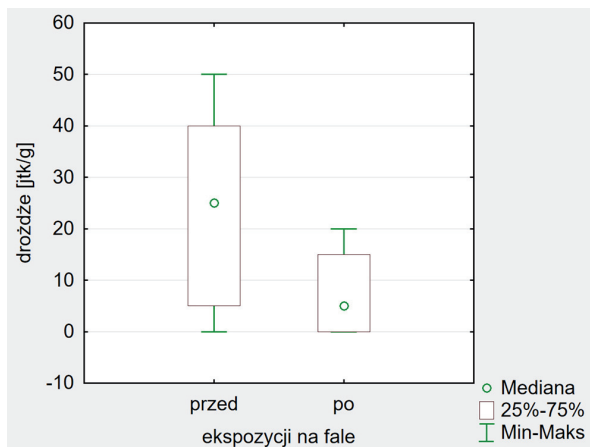
Rys. 2. *Staphylococcus aureus* przed ekspozycją i po niej przez 6,5 min na fale o częstotliwości 2,45 GHz i mocy 600 W ($Z = 2,93$; $p < 0,0033$; $\eta^2 = 0,54$)

Fig. 2. *Staphylococcus aureus* before and after exposure for 6.5 min for waves of frequency 2.45 GHz and energy power 600 W ($Z = 2.93$; $p < 0.0033$; $\eta^2 = 0.54$)



Rys. 3. Grzyby strzępkowe (pleśnie) przed ekspozycją i po niej przez 6,5 min na fale o częstotliwości 2,45 GHz i mocy 600 W ($Z = 2,43$; $p < 0,0150$; $\eta^2 = 0,37$)

Fig. 3. Moulds before and after exposure for 6.5 min for waves of frequency 2.45 GHz and energy power 600 W ($Z = 2.43$; $p < 0.0150$; $\eta^2 = 0.37$)



Rys. 4. Drożdże przed ekspozycją i po niej przez 6,5 min na fale o częstotliwości 2,45 GHz i mocy 600 W ($Z = 3,06$; $p < 0,022$; $\eta^2 = 0,59$)

Fig. 4. Yeasts before and after exposure for 6.5 min for waves of frequency 2.45 GHz and energy power 600 W ($Z = 3.06$; $p < 0.022$; $\eta^2 = 0.59$)

DYSKUSJA WYNIKÓW

Zespół Atesa w badanych mulach stwierdził występowanie *Escherichia coli* w 100% analizowanych prób, z czego prawie 47% zawierało liczbę pałeczek na poziomie przekraczającym dopuszczalne limity [Ates i in. 2011]. Pałeczki *Salmonella* spp. obserwowali w prawie 47% badanych prób, wskazując tym samym na higienę na niskim poziomie wytwarzanych produktów. Zespół Lomotowskiego podał, że mikrofałe szczególnie bakteriobójczo działają na pałeczki *Salmonella* i *Escherichia coli* [Łomotowski i in. 2002].

Kukułowicz i Białas [2014] w badanych małżach pakowanych w słoiki szklane stwierdzili występowanie *Vibrio parahaemolyticus* w 14% prób, co było ponad 3-krotnie niższym wynikiem od uzyskanego w niniejszych badaniach. W analizowanych produktach najwyższy poziom tych bakterii nie przekroczył $30 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$, a Kukułowicz i Białas [2014] wykazali poziom *V. parahaemolyticus* sięgający $60 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$. Zgodnie z danymi literaturowymi poddanie produktów działaniu wysokiej temperatury (nawet do 80°C przez 15 min) może okazać się nieefektywną metodą eliminacji *Vibrio* [Kukułowicz i Białas 2014]. Tradycyjna kuchenka mikrofalowa przepuszczająca przez żywność niejonizujące promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz (długość fali 122 mm), powoduje „nagrzewanie dielektryczne”. Ruch molekularny cząsteczki wody pochłaniających mikrofałe wytwarza ciepło, a gdy jedna cząsteczka wirująca uderza w inną, ciepło jest rozpraszane [Sood i in. 2015]. Ciepło wytwarzane wewnątrz produktu nagrzewającego się równomiernie z każdej strony oraz wzajemne przenikanie drgań elektrycznych i magnetycznych czynią promieniowanie mikrofalowe skuteczną metodą eliminacji drobnoustrojów. Produkty pochodzenia wodnego częściej zawierają *L. innocua* niż *L. monocytogenes*. Oba gatunki dzielą te same nisze ekologiczne, dlatego też obecność

L. innocua uważana jest za wskaźnik możliwego skażenia *L. monocytogenes* [Parihar i in. 2008]. Zespół Parihara stwierdził obecność *Listeria monocytogenes* w około 9% badanych owoców morza, a *Listeria innocua* w 15,6% [Parihar i in. 2008]. W prowadzonych badaniach własnych występowanie *L. innocua* stwierdzono w ponad 2-krotnie większej liczbie (37,5%) analizowanych prób. Zastosowane promieniowanie mikrofalowe o mocy 600 W nie spowodowało całkowitej redukcji *L. innocua*. Wiązać się to może z tym, że wiele struktur komórkowych, rybosomów, kwasów nukleinowych, enzymów oraz białek zachowuje w pewnych zakresach wartości temperatury stabilność, która może decydować o ciepłooporności bakterii [Wałęcka-Zacharska i Bania 2014]. Średni poziom zanieczyszczenia muli *Staphylococcus aureus*, podobnie jak w badaniach Kukułowicz i Białas [2014], nie przekroczył $100 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$, co zgodnie z kryteriami higieny procesu świadczyło o zadowalającej jakości muli [Rozporządzenie Komisji (WE) 1441/2007]. Średnia liczba kolonii gronkowców po procesie mikrofalowania spadła prawie 3-krotnie. Zgodnie z deklaracją producenta badane produkty charakteryzowały się 1,2% zasoleniem, co według danych literaturowych czyni komórki *Staphylococcus* bardziej podatnymi na uszkodzenia cieplne podczas ogrzewania mikrofalowego [Woo i in. 2000]. Janković i współpracownicy podają, że do zabicia bakterii *Staphylococcus aureus* skuteczne jest promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz, mocy energii mikrofalowej 650 W przez 2–5 min lub przy tej samej częstotliwości 800 W przez 1 min [Janković i in. 2014]. Najwyższy poziom komórek OLD sięgał $4,3 \cdot 10^3 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ (tab. 2) produktu, co zgodnie z wytycznymi mikrobiologicznymi stanowiło klasę dopuszczalną [Risk Assessment Section CFS 2007]. Źródła literaturowe podają, że zastosowanie mikrofal powoduje nieznaczną redukcję liczby drobnoustrojów [Brodowska i in. 2014], jednak zespół Łomotowskiego stwierdził 300-krotną redukcję drobnoustrojów mezofilnych dla mocy 1000 W, a 10-krotną redukcję tych bakterii dla mocy 500 W [Łomotowski i in. 2002]. W prowadzonych badaniach własnych stwierdzona redukcja OLD była na znacznie niższym poziomie (ok. 2,5-krotna). Częstotliwość promieniowania 2,45 GHz, moc energii mikrofalowej 650 W i zastosowany czas 2–5 min są skutecznymi parametrami do całkowitej destrukcji drożdży *Candida albicans*.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny statystycznie wpływ działania fal mikrofalowych na obecność *Vibrio parahaemolyticus*, a także odnotowano istotny statystycznie i o dużym efekcie wpływ ekspozycji na fale na ogólną liczbę drobnoustrojów mezofilnych w badanych mulach.

2. Zastosowane promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz, mocy energii mikrofalowej 600 W przez 6,5 min spowodowało całkowitą redukcję *V. parahaemolyticus*, a liczba grzybów strzępkowych, drożdży i *Staphylococcus aureus*, drobnoustrojów mezofilnych spadła odpowiednio: 4-krotnie, około 3-krotnie, 2,5-krotnie.

LITERATURA

- Ates M., Ozkizilcik A., Tabakoglu C., 2011. Microbiological analysis of stuffed mussels sold in the streets. *Indian J. Microbiol.* 51 (3), 350–354. DOI 10.1007/s12088-011-0174-6
- Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Gajdek G., 2014. Preferencje nabywcze „żywności wygodnej” pochodzenia drobiowego w opinii młodzieży akademickiej. *J. Agribus. Rural. Dev.* 4 (34), 17–26.
- Bauza-Kaszewska J., Skowron K., Paluszak Z., Dobrzański Z., Śrutek M., 2014. Effect of microwave radiation on microorganisms in fish meals. *Ann. Anim. Sci.* 14 (3), 623–636. DOI: 10.2478/aoas-2014-0020
- Brodowska A., Śmiągowski K., Nowak A., 2014. Porównanie metod dekontaminacji przypraw i ziół. *Chemik.* 68 (2), 97–102.
- Czerwińska D., 2006. Mikrofała na fali. Wpływ mikrofalowego ogrzewania żywności na wartość odżywczą potraw. *Przegląd Gastronom.* 4, 12–13.
- Janković S.M., Milošev M.Z., Novaković M.L.J., 2014. The effects of microwave radiation on microbial cultures. *Hosp. Pharmacol.* 1 (2), 102–108.
- Kukułowicz A., Białas J., 2014. Ocena mikrobiologiczna mały pakowanych w słoiki szklane. *Bromat. Chem. Toksykol.* 47 (3), 732–736.
- Lomotowski J., Radosz M., Markowska A., 2002. Mikrofalowa higienizacja osadów ściekowych. *Inżynieria Ekologiczna 7. Ekoinżynieria dla Ekorozwoju*, Warszawa, 77–82.
- Marszałek K., Mitek M., 2011. Wpływ utrwalania mikrofalowego w przepływie na zmiany antocyjanów, witaminy C i barwy puree truskawkowego. *ZPPNR* 566, 135–142.
- Oliveira J.M., Cunha Â.S., Almeida A.P., Castilho F.B., Pereira M.J., 2013. Comparison of methodologies for the extraction of bacterial DNA from mussels—relevance for food safety. *Food Anal. Methods.* 6, 201–209. DOI 10.1007/s12161-012-9419-1
- Parihar V.S., Barbuddhe S.B., Danielsson-Tham M.L., Tham W., 2008. Isolation and characterization of *Listeria* species from tropical seafoods. *Food Control.* 19, 566–569.
- Risk Assessment Section CFS, 2007. Wytyczne mikrobiologiczne dla żywności gotowej do spożycia. Transkrypt pol. M. Brzozowska. Centre for Food Safety Food and Environmental Hygiene Department, Hong Kong.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007 z dnia 5 grudnia 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. *Dz.U. L* 322 z 07.12.2007, s. 12–29.
- Sood P., Sood N., Gokhale T., 2015. Microwaves: an alternative bacterial sterilization technique? *GSTF J. BioSci.* 3 (2), 1–5. DOI 10.7603/s40835-014-0003-x
- Tomczak M., Tomczak E., 2014. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *TRENDS in Sport Sci.* 1 (21), 19–25.
- Wałęcka-Zacharska E., Bania J., 2014. *Listeria monocytogenes* – patogen, który wie, jak przetrwać. *Życie Wet.* 89 (11), 917–919.
- Woo I-S., Rhee I-K., Park H-D., 2000. Differential damage in bacterial cells by microwave radiation on the basis of cell wall structure. *Appl. Environmental Microbiol.* 66 (5), 2243–2247.

EFFECT OF MICROWAVE HEATING ON THE REDUCTION OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION OF BLUE MUSSELS

Summary. Microwave radiation is commonly used in food processing. Electromagnetic waves have been proved to evoke a bactericidal effect on microorganisms, which is exploited in, e.g. inactivation of food pathogens. Molluscan shellfish are the second largest aquaculture product worldwide, and the blue mussel (*Mytilus edulis*) is among the most widely produced species. Mussels represent an ideal medium for the development of microorganisms due to a high water activity. Additionally, they filter large quantities of water through their body, as a result they can accumulate toxic substances and unnecessary microorganisms present in their environment. This study was aimed at evaluating the effect of microwave treatment on the reduction of microorganisms contaminating “à la minute” mussels. The experimental material included blue mussels (*Mytilus edulis*) “freshly cooked” in the Provençal style. At the first stage of the study, 16 samples were collected for analyses from mussels taken out from packages immediately after their opening, whereas at the second stage 16 samples were collected under sterile conditions from the same mussels heated with microwaves (oven power 600 W, time 6.5 min) and cooled. In total, 32 samples were analyzed in our study for numbers of: *Staphylococcus aureus*, yeast and moulds, *Escherichia coli* bacilli, *Vibrio parahaemolyticus* bacteria, and total count of mesophilic bacteria (TBS), as well as for the presence of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. No *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* bacilli were found in any of the analyzed samples, whereas *Vibrio parahaemolyticus* bacteria were detected only in the products analyzed immediately after being taken out from freshly-opened package. There was a statistically significant effect of microwave radiation on the presence of *V. parahaemolyticus*, as well as statistically significant and high impact of exposure to waves on the total number of mesophilic bacteria in the studied mussels. The microwave radiation applied with the frequency of 2.45 GHz and microwave energy power of 600 W for 6.5 min caused complete elimination of *Vibrio parahaemolyticus*, while counts of moulds, yeast, *Staphylococcus aureus*, and mesophilic bacteria decreased 4-fold, approx. 3-fold, and 2.5-fold, respectively.

Key words: mussels, microwave radiation, microorganisms, microbial contamination