

Przeżywalność *Salmonella* spp. w półtuszkach brojlerów kurzych ogrzewanych mikrofalowo

MAŁGORZATA GOMÓŁKA-PAWLICKA, JAN URADZIŃSKI, MIECZYŚLAW RADKOWSKI,
JOANNA SZTEYN, ALICJA MIGOWSKA-CALIK, TOMASZ LACHOWICZ*

Katedra Weterynaryjnej Ochrony Zdrowia Publicznego, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 14, 10-718 Olsztyn
*Katedra Cyfryzacji, Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
ul. M. Oczapowskiego 12B, 10-719 Olsztyn

Otrzymano 31.03.2014

Zaakceptowano 04.08.2014

Gomółka-Pawlicka M., Uradziński J., Radkowski M., Szteyn J., Migowska-Calik A., Lachowicz T.
Survival of *Salmonella* spp. in half carcasses of chicken broilers during microwave cooking

Summary

The aim of the study was to determine the survival of *Salmonella* spp. in chicken half carcasses subjected to microwave heating for 6-16 minutes. Three strains of *Salmonella* spp. were used in the study: *Salmonella* Enteritidis No. 42/93, *S. Typhimurium* No. 11/93 and *S. Anatum* No 310/81, obtained from the National Veterinary Institute in Puławy. Chilled half carcasses with an average temperature $4 \pm 2^\circ\text{C}$ were immersed for 5 minutes in a bacterial suspension, prepared using the McFarland scale according to turbidity standard 0.5. Using templates of delimited surface 25 cm^2 , two swabs were sampled from the external surface (thoracic and femoral region), and 2 from the internal surface (body cavity). Half carcasses' contamination (both control and heated) were determined by the most probable number (MPN) method, and the identification of viable colonies was carried out according to the methodology given in ISO 6579: 2007 + A1 Standard. Half carcasses were heated in a microwave oven with a power of 930 w, for 6, 8, 10, 12, 14 and 16 min. Then the temperature was measured at six different places of the half carcasses. Three repetitions of the experiment were performed with each bacterial strain (in total 162 heated half carcasses and 162 as a control were examined). The results show a significant effect of the weight of the half carcasses ($p \leq 0.05$) on their temperature after heating. A negative correlation between temperature and weight of half carcasses and a positive one between temperature and applied heating time was observed. The temperature of the half carcasses, depending on their weight, ranged from $54.75 \pm 2.75^\circ\text{C}$ to $74.43 \pm 7.24^\circ\text{C}$ after 6 min. of heating, and from $81.68 \pm 6.77^\circ\text{C}$ to $91.28 \pm 3.95^\circ\text{C}$ after 16 min. In each of the applied heating times, large temperature differences measured at 6 different locations, up to 18.9°C were determined; the lowest value of temperature was observed on the skin of half carcasses. The most sensitive strain was *S. Anatum*, followed by *S. Typhimurium* and *S. Enteritidis*. Regardless of the bacterial strain the reduction in the number and total inactivation of tested bacteria occurred more rapidly on the internal surface. Total destruction of *S. Anatum* from the initial contamination level of $3.11 \pm 0.11\text{ log cfu/cm}^2$ in the body cavity and $3.24 \pm 0.06\text{ log cfu/cm}^2$ on the skin was achieved after 12 and 14 minutes respectively. Elimination of *S. Typhimurium* and *S. Enteritidis* in the body cavity occurred after 14 min. of heating, with the initial contamination level of 4.51 ± 0.09 and $4.30\text{ log cfu/cm}^2 \pm 0.02\text{ log cfu/cm}^2$, respectively. The time required for elimination of the mentioned strains on the skin surface was longer – 16 min. The desired result – i.e. total destruction of *Salmonella* spp. – was achieved by the combination of temperature with a sufficiently long heating time impact.

Keywords: *Salmonella* spp., microwave heating, chicken broilers half carcasses

Pałeczki *Salmonella* nadal są częstą przyczyną zakażeń pokarmowych u ludzi (3, 6, 9). W 2011 r. na terenie Unii Europejskiej odnotowano 95 548 przypadków zachorowań wywołanych przez *Salmonella* spp. (10). Za główne źródło zakażeń tym patogenem, obok jaj, uważa się drób i przetwory drobiarskie (3, 9, 18, 23). Stwierdzono, że produkty ogrzewane mikrofalowo także bywają przyczyną zakażeń pokarmowych

wywołanych przez *Salmonella* spp. (11). Szerokie zastosowanie kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych i gastronomii sprawia, że problem ten nabiera większego znaczenia (13, 15). Średnia zamożność społeczeństwa i stosunkowo niska awaryjność kuchenek mikrofalowych sprawiają, że sprzęt ten użytkowany jest bardzo długo. Współczesny konsument, chętnie sięgający po tzw. „żywność wygodną”

często wybiera produkty, w tym również drobiowe, wymagające niewielkiego nakładu pracy i krótkiego czasu przygotowania, np. tylko ogrzania mikrofalowego. Niewłaściwe przeprowadzenie ogrzewania, skutkujące niedogrzeniem potrawy, może sprawić, że obecne drobnoustroje patogenne nie zostaną zniszczone (11). Z badań przeprowadzonych w USA wynika, że zalecenia producentów żywności wygodnej, dotyczące parametrów obróbki termicznej w kuchniach mikrofalowych, mogą być niewystarczające dla zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego niektórych produktów. (37). Ryzyko wystąpienia zachorowań może mieć też związek z błędami popełnianymi przez konsumentów, zwłaszcza w odniesieniu do produktów drobiowych. Wyizolowanie *Salmonella enterica* var. *Heidelberg* z mrożonych nuggetsów drobiowych i stripsów skłoniło kanadyjskich badaczy (23) do podjęcia dalszych badań z udziałem tych produktów, których część jest surowa, choć obecność panierki może sugerować, że tak nie jest. Część konsumentów uważała mrożone nuggetsy i stripsy za produkty poddane obróbce termicznej na etapie ich wytwarzania, które przed spożyciem wymagają jedynie podgrzania, a ¼ ankietowanych wybierała do tego celu ogrzewanie mikrofalowe, w tym przypadku raczej nie zalecane (23). Niewłaściwe postępowanie konsumentów z mrożonymi panierowanymi produktami drobiowymi podkreślają też inni badacze, upatrując w nim główną przyczynę zachorowań po spożyciu tego rodzaju żywności ogrzewanej mikrofalowo (32).

Mając na względzie aktualność problemu, podjęto badania własne prowadzące do określenia przeżywalności *Salmonella* spp. w półtuszkach brojlerów kurzych poddanych ogrzewaniu mikrofalowemu.

Materiał i metody

Przedmiotem badań były szczepy: *Salmonella* Enteritidis nr 42/93, *S.* Typhimurium nr 11/93 i *S.* Anatum nr 310/81 pochodzące z kolekcji szczepów Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Wymienionymi patogenami kontaminowano zakupione w handlu detalicznym chłodzone półtuszkami kurcząt brojlerów (bez szyjek i części kuprowej), zanurzając je przez 5 minut w zawiesinie bakterii, świeżo przygotowanej przy użyciu skali McFarlanda standard 0,5. Temperatura wyjściowa półtuszek wynosiła $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Po odsączeniu trwającym 2 minuty półtuszkę układano na jałowych tacach, a następnie określano wyjściowe zanieczyszczenie półtuszek kontrolnych, odpowiadających wagowo półtuszkom przeznaczonym do ogrzewania mikrofalowego. Przy użyciu jałowych tamponów i szablonów ze stali nierdzewnej, ograniczających powierzchnię 25 cm^2 , pobierano po 2 wymazy z powierzchni zewnętrznej półtuszkę (okolice piersiowej i udowej) i 2 wymazy z powierzchni wewnętrznej. Tampony umieszczano w kolbach z perłkami i 50 ml płynu do rozcieńczeń i wytrząsano je przez 2 minuty, otrzymując rozcieńczenie wyjściowe, w którym 1 ml płynu odpowiadał 1 cm^2 badanej powierzchni pół-

tuszki. Następnie sporządzano 10-krotne rozcieńczenia i określano zanieczyszczenie wyjściowe metodą najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL). W tym celu z zawiesiny wyjściowej oraz 10-krotnych rozcieńczeń wysiewano po 1 ml do 3 równoległych probówek ze zbuforowaną wodą peptonową, które inkubowano w temperaturze 37°C przez 20 godz., po czym przesiewano po 0,1 ml płynu do pożywki Rappaport-Vassiliadis (RV – firmy Oxoid, England) i pożywki z kwaśnym seleninem sodowym (SF – firmy Oxoid, England). Po inkubacji trwającej dobę wykonywano przesiewy na podłoże agarowe z zielenią brylantową i czerwienią fenolową (BGA – firmy Oxoid, England) oraz na podłoże bizmutowo-siarczynowe (BSA – firmy Oxoid, England). Identyfikację wyrosłych kolonii przeprowadzano wg normy PN-EN ISO 6579: +A1 2007 (26). Pozostałe półtuszkę ogrzewano w kuchni mikrofalowej o mocy 930 Watt (Model TEC 5011, Germany) przez 6, 8, 10, 12, 14 lub 16 minut. Następnie pozostawiano je na 2 min. w kuchence celem wyrównania temperatury. Temperaturę półtuszek określano przy pomocy termometru elektronicznego (Digital Thermometer, Germany) na głębokości ok. 1,0-1,5 cm, w sześciu różnych miejscach: po stronie zewnętrznej w okolicy mm. piersiowych, udka i podudzia, a po stronie wewnętrznej – w trzech losowo wybranych miejscach. Pobieranie wymazów z półtuszek poddanych ogrzewaniu i dalsze czynności badawcze wykonywano techniką opisaną dla półtuszek kontrolnych. Wykonano po 3 serie badań z każdym szczepem bakteryjnym (łącznie zbadano 162 półtuszkę ogrzewane i 162 kontrolne). Analizę statystyczną wyników badań wykonano za pomocą programu Statistica 9 PL. Testem Shapiro-Wilka zbadano rozkład zmiennych, a testem Levene'a określono jednorodność ich wariancji. Do porównania zmiennych ilościowych o rozkładzie normalnym (i jednorodnych wariancjach) użyto jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). W przypadku braku spełnienia założenia jednorodności wariancji zmiennych, zastosowano test Welcha. W przypadku braku spełnienia założenia o normalności rozkładu badanych zmiennych zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Jako test post-hoc zastosowano test Tukeya. Do porównania przeżywalności badanych szczepów *Salmonella* spp. w półtuszkach drobiowych ogrzewanych mikrofalowo w tym samym czasie, między skórą a jamą ciała, o rozkładzie normalnym (i jednorodnych wariancjach) użyto testu t-Studenta dla prób zależnych. Przyjęto prawdopodobieństwo (p) mniejsze lub równe 0,05 jako istotne statystycznie.

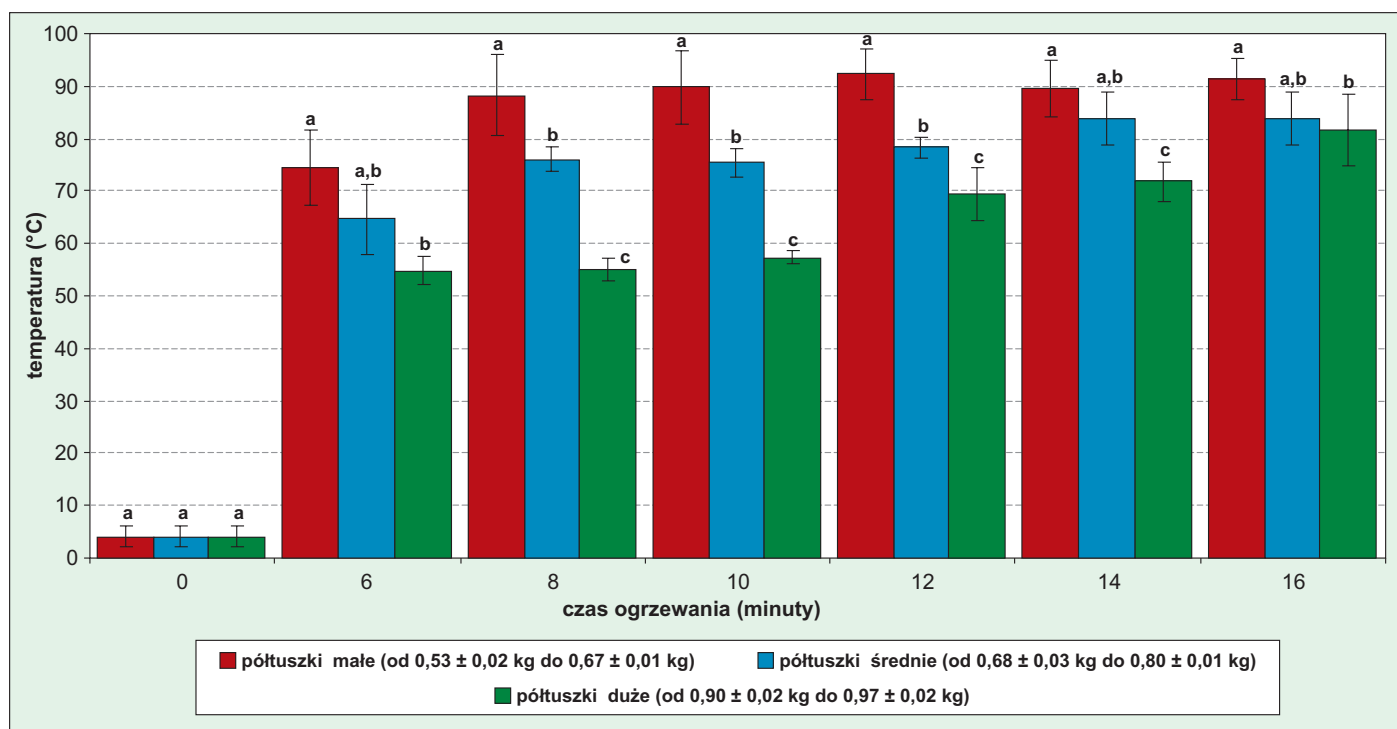
Wyniki i omówienie

Uzyskane w badaniach własnych wyniki przedstawiono w tab. 1 oraz na ryc. 1 i 2. Tabela 1 przedstawia wartości temperatur z sześciu różnych miejsc pomiaru ($\bar{x} \pm s$) odnoszące się do półtuszek o różnej masie, poddanych ogrzewaniu mikrofalowemu trwającemu od 6 do 16 minut. Niezależnie od masy półtuszek i czasu ich ogrzewania odnotowano znaczne różnice temperatury mierzonej w 6 różnych miejscach półtuszkę (sięgające nawet $18,9^\circ\text{C}$), wskazujące na nierównomierny rozkład temperatury w ogrzewanym produkcie; niższe wartości temperatury dotyczyły każdorazowo zewnętrznej

Tab. 1. Temperatura półtuszek ogrzewanych mikrofalowo w różnym czasie

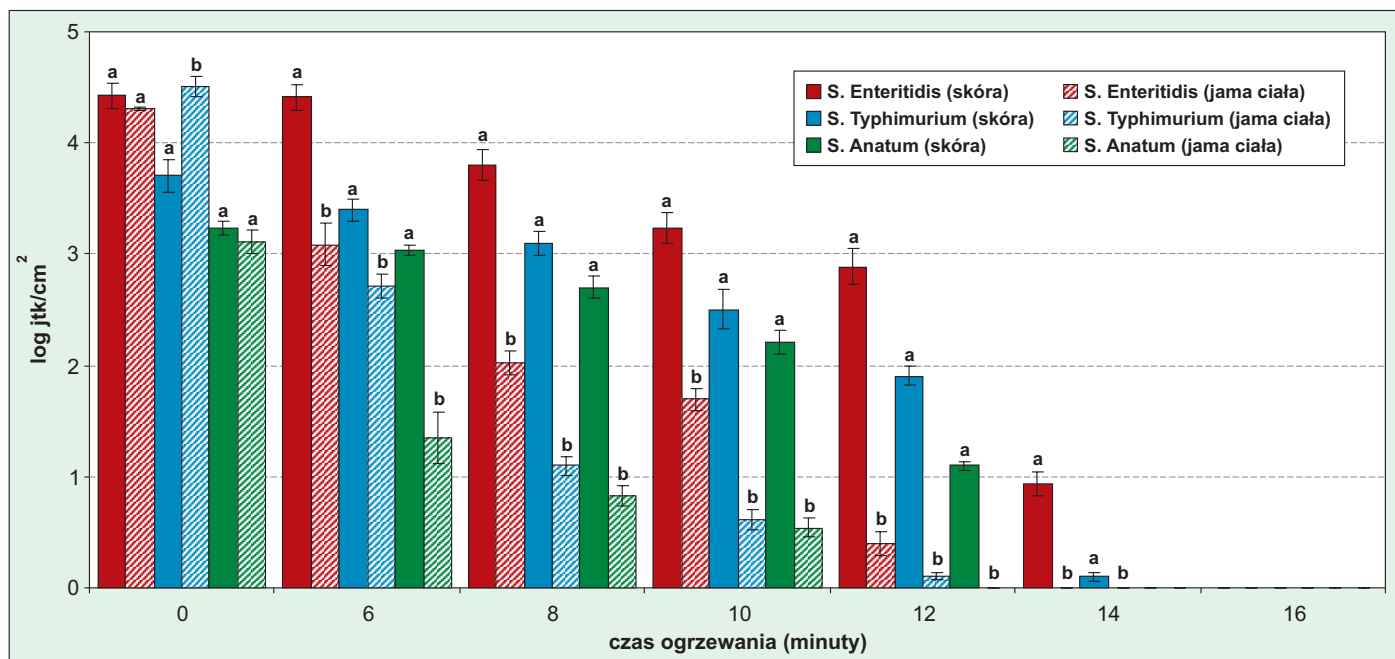
Czas ogrzewania (min.)	Masa półtuszek ($\bar{x} \pm s$) (kg)	Temperatura mierzona w sześciu różnych miejscach półtuszeki ($\bar{x} \pm s$) (°C)					
		strona zewnętrzna*			strona wewnętrzna**		
		1	2	3	4	5	6
6	0,53 ± 0,02	69,2 ^a ± 0,2	69,6 ^{a,b} ± 0,1	69,9 ^b ± 0,2	70,5 ^c ± 0,3	82,4 ^d ± 0,1	85,0 ^e ± 0,1
	0,72 ± 0,03	57,6 ^a ± 0,2	58,8 ^b ± 0,1	58,8 ^b ± 0,1	70,2 ^c ± 0,1	70,8 ^d ± 0,2	71,2 ^e ± 0,2
	0,94 ± 0,02	52,5 ^a ± 0,2	52,5 ^a ± 0,1	52,5 ^a ± 0,2	55,6 ^b ± 0,2	56,2 ^c ± 0,1	59,2 ^d ± 0,2
8	0,54 ± 0,02	78,6 ^a ± 0,2	79,5 ^b ± 0,1	88,2 ^c ± 0,1	91,4 ^d ± 0,2	94,5 ^e ± 0,2	97,5 ^f ± 0,2
	0,68 ± 0,03	72,5 ^a ± 0,2	74,7 ^b ± 0,1	75,5 ^c ± 0,2	75,8 ^c ± 0,2	78,2 ^d ± 0,2	78,8 ^e ± 0,2
	0,95 ± 0,02	52,5 ^a ± 0,2	53,7 ^b ± 0,1	54,1 ^c ± 0,1	55,5 ^d ± 0,2	56,1 ^e ± 0,1	58,7 ^f ± 0,2
10	0,55 ± 0,02	78,6 ^a ± 0,2	85,6 ^b ± 0,1	88,2 ^c ± 0,1	93,5 ^d ± 0,3	95,4 ^e ± 0,2	97,5 ^f ± 0,1
	0,77 ± 0,03	72,5 ^a ± 0,2	72,9 ^a ± 0,2	74,8 ^b ± 0,2	75,3 ^c ± 0,2	77,9 ^d ± 0,1	78,8 ^e ± 0,1
	0,96 ± 0,02	55,0 ^a ± 0,2	56,8 ^b ± 0,1	57,4 ^c ± 0,3	57,9 ^d ± 0,1	58,2 ^d ± 0,2	58,7 ^e ± 0,1
12	0,56 ± 0,03	82,8 ^a ± 0,3	92,2 ^b ± 0,1	93,2 ^c ± 0,1	94,6 ^d ± 0,2	95,2 ^e ± 0,1	96,1 ^f ± 0,2
	0,80 ± 0,01	74,8 ^a ± 0,3	77,5 ^b ± 0,1	78,5 ^c ± 0,3	78,9 ^c ± 0,2	79,6 ^d ± 0,2	80,4 ^e ± 0,1
	0,97 ± 0,02	62,6 ^a ± 0,2	63,5 ^b ± 0,2	70,0 ^c ± 0,1	73,1 ^d ± 0,1	73,2 ^d ± 0,2	74,0 ^e ± 0,1
14	0,64 ± 0,02	80,7 ^a ± 0,3	85,8 ^b ± 0,2	91,1 ^c ± 0,2	92,1 ^d ± 0,2	93,9 ^e ± 0,1	94,5 ^f ± 0,1
	0,78 ± 0,02	74,9 ^a ± 0,2	82,0 ^b ± 0,2	84,7 ^c ± 0,2	86,0 ^d ± 0,1	87,2 ^e ± 0,2	88,8 ^f ± 0,2
	0,90 ± 0,02	68,9 ^a ± 0,2	69,2 ^a ± 0,1	69,9 ^b ± 0,2	70,8 ^c ± 0,1	73,3 ^d ± 0,2	79,0 ^e ± 0,1
16	0,67 ± 0,01	86,8 ^a ± 0,3	87,9 ^b ± 0,2	89,5 ^c ± 0,2	92,6 ^d ± 0,1	93,6 ^e ± 0,2	97,3 ^f ± 0,1
	0,80 ± 0,01	77,2 ^a ± 0,1	78,9 ^b ± 0,2	84,5 ^c ± 0,2	85,3 ^d ± 0,1	85,5 ^d ± 0,2	91,6 ^e ± 0,2
	0,90 ± 0,03	75,2 ^a ± 0,2	77,1 ^b ± 0,1	78,8 ^c ± 0,1	79,3 ^d ± 0,2	86,8 ^e ± 0,2	92,9 ^f ± 0,1

Objaśnienia: * – średnia temperatura z trzech serii badań wraz z odchyleniem standardowym ($\bar{x} \pm s$), mierzona na głębokości ok. 1,0-1,5 cm po zewnętrznej stronie półtuszeki w trzech różnych miejscach (1, 2, 3); ** – średnia temperatura z trzech serii badań wraz z odchyleniem standardowym ($\bar{x} \pm s$), mierzona na głębokości ok. 1,0-1,5 cm po wewnętrznej stronie półtuszeki w trzech różnych miejscach (4, 5, 6); a, b, c, d, e, f – średnie oznaczone różnymi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$



Ryc. 1. Średnia temperatura półtuszek zróżnicowanych wagowo, ogrzewanych mikrofalowo w różnym czasie, z uwzględnieniem odchyżeń standardowych i różnic istotnych statystycznie

Objaśnienia: a, b, c – średnie wartości temperatury półtuszek ogrzewanych w tym samym czasie, oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$



Ryc. 2. Przeżywalność badanych szczepów *Salmonella* spp. w półtuszkach drobiowych ogrzewanych mikrofalowo, z uwzględnieniem odchyłań standardowych i różnic istotnych statystycznie ($p \leq 0,05$)

Objaśnienia: a, b – średnie liczby *Salmonella* tego samego szczepu (\log jtk/cm²) na powierzchni zewnętrznej (skórce) i wewnętrznej (jamy ciała) półtuszek ogrzewanych w tym samym czasie, oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

strony półtuszkę (tab. 1). Rycina 1 obrazuje dynamikę wzrostu średnich temperatur ($\bar{x} \pm s$) wraz z wydłużaniem czasu ogrzewania, obserwowaną w półtuszkach podzielonych na trzy kategorie wagowe: małe (od $0,53 \pm 0,02$ kg do $0,67 \pm 0,01$ kg), średnie (od $0,68 \pm 0,03$ kg do $0,80 \pm 0,01$ kg) i duże (od $0,90 \pm 0,02$ kg do $0,97 \pm 0,02$ kg). Po 6 min. ogrzewania średnia temperatura półtuszek wahała się, zależnie od ich masy, od $54,75 \pm 2,75^\circ\text{C}$ do $74,43 \pm 7,24^\circ\text{C}$, następnie rosła wraz z wydłużaniem czasu ogrzewania, a po 16 minutach wynosiła od $81,68 \pm 6,77^\circ\text{C}$ do $91,28 \pm 3,95^\circ\text{C}$. Rycina ta wskazuje na korelację dodatnią między temperaturą półtuszek i czasem ich ogrzewania, przy jednoczesnej korelacji ujemnej między temperaturą półtuszek i ich masą. W każdym z zastosowanych czasów ogrzewania średnie temperatury półtuszek dużych były istotnie niższe ($p \leq 0,05$) niż półtuszek małych, a w przypadku ogrzewania trwającego 8 i 10 minut statystycznie istotne różnice temperatur ($p \leq 0,05$) stwierdzono między półtuszkami wszystkich kategorii wagowych (ryc. 1). Rycina 2 obrazuje stopniowy spadek liczby komórek badanych szczepów *Salmonella* spp., wyrażony w postaci \log jtk/cm² powierzchni zewnętrznej (skóry) i wewnętrznej (jamy ciała) badanych półtuszek, postępujący w miarę wydłużania czasu ich ogrzewania, po całkowitą destrukcję bakterii włącznie. W przypadku szczepu *S. Enteritidis*, przy zanieczyszczeniu wyjściowym skóry wynoszącym $4,43 \pm 0,11 \log$ jtk/cm², odnotowano redukcję liczby bakterii o 1 cykl log po 10 min. ogrzewania, o kolejne 2 cykle po 14 min., a po 16 min. całkowitą ich inaktywację. Natomiast w jamie ciała zanieczyszczenie wyjściowe rzędu $4,30 \pm 0,02 \log$ jtk/cm² uległo redukcji o 2,5 cyklu

log po 8 min. ogrzewania, a po 14 min. stwierdzono całkowitą inaktywację patogenu. W przypadku szczepu *S. Typhimurium*, przy zanieczyszczeniu początkowym skóry rzędu $3,71 \pm 0,15 \log$ jtk/cm², odnotowano redukcję liczby bakterii o 1 cykl log po 10 min. ogrzewania, o dalsze dwa cykle po 14 min., po ich całkowitą eliminację po 16 min. ogrzewania. W jamie ciała, przy zanieczyszczeniu wyjściowym rzędu $4,51 \pm 0,09 \log$ jtk/cm², już po 8 min. ogrzewania liczba bakterii uległa zmniejszeniu o 3,5 cyklu log, po 12 min. stwierdzono obecność pojedynczych komórek, a po 14 min. – zupełny ich brak. W przypadku szczepu *S. Anatum* początkowa liczba bakterii na skórze ($3,24 \pm 0,06 \log$ jtk/cm²) uległa zmniejszeniu o 1 cykl log po 10 min. ogrzewania, o kolejny cykl po 12 min., a po 14 min. nie stwierdzono obecności badanych bakterii. Na powierzchni wewnętrznej półtuszek po 8 min. ogrzewania odnotowano redukcję liczby bakterii o 2,5 cyklu log, a po 12 min. – całkowitą ich inaktywację. Spośród badanych szczepów *Salmonella* spp. najbardziej wrażliwy na działanie mikrofal okazał się szczep *S. Anatum*, następnie *S. Typhimurium*, a najmniej *S. Enteritidis* (ryc. 2). W przypadku wszystkich badanych szczepów, zarówno redukcja liczby bakterii, jak i całkowita ich inaktywacja następowały szybciej na powierzchni wewnętrznej półtuszek, a różnice w ich przeżywalności na powierzchni skóry w stosunku do jamy ciała były istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) (ryc. 2).

Wielu badaczy podkreśla, że nierównomierny rozkład temperatur w ogrzewanych produktach jest jednym z głównych problemów związanych z ogrzewaniem mikrofalowym, mogącym skutkować przeżyciem potencjalnych patogenów (12, 14, 17, 19, 21, 24, 25,

28-30), przez co stanowi jeden z istotnych czynników limitujących wykorzystanie mikrofal w przemyśle spożywczym (36). Niejednorodny rozkład temperatur zależy od sposobu przepływu ciepła w ogrzewanych produktach, na który mogą mieć wpływ zarówno grubość i kształt kawałków, jak i właściwości dielektryczne żywności zależne od rodzaju produktu i składu chemicznego poszczególnych jego części (36). Nie bez znaczenia są także: sprawność i parametry techniczne stosowanego urządzenia grzewczego, które w warunkach gospodarstw domowych rzadko są kontrolowane.

Wrażliwość drobnoustrojów obecnych w mięsie i produktach drobiowych na działanie mikrofal może być bardzo różna (2, 4, 5, 8, 13, 16, 20, 22, 27, 31, 33-35). W surowym mięsie drobiowym kontaminowanym powierzchniowo bakteriami psychrotrofowymi (o zakażeniu wyjściowym 10^4 jtk/cm²), ogrzewanym mikrofalowo 20 s, odnotowano redukcję ich liczby o 1 cykl log, a w ogrzewanym 40 s – o 2 cykle log (7). W wątróbkach drobiowych poddanych działaniu mikrofal przez 30 s obserwowano redukcję liczby bakterii psychrotrofowych o 4-6 cykli log (1). Ogrzewanie mikrofalowe nuggetsów drobiowych trwające 90 s, w kuchni o mocy 340 i 480 W powodowało zniszczenie *Campylobacter jejuni* i *coli* w tym produkcie, a zwiększenie mocy grzania do 760 W skutkowało inaktywacją tych bakterii już po 60 s ogrzewania (8). Wykazano też, że sposób rozmieszczenia nuggetsów w komorze grzewczej i liczba sztuk poddawanych jednoczesnemu ogrzewaniu, a także moc kuchenki mogą znacząco wpływać na skuteczność eliminacji *Salmonella* spp. w tego rodzaju produktach (37). Zwiększenie liczby ogrzewanych nuggetsów do 8 pociągało za sobą konieczność zastosowania dłuższego czasu ogrzewania niezbędnego do osiągnięcia temperatury granicznej niż czas zalecany przez producenta nuggetsów przewidziany dla 10 sztuk (37). Badający przeżywalność *Campylobacter jejuni* i *coli* w ćwierćtuszkach tylnych brojlerów kurzych ogrzewanych mikrofalowo w kuchni o mocy 480 W odnotowali całkowitą inaktywację tych bakterii po 8-10 min. ogrzewania, a przy zwiększeniu mocy grzania do 760 W – po czasie krótszym o 2 minuty (34). Inni badacze (13) stwierdzili, że przeżywalność *Listeria* spp. w tuszkach brojlerów kurzych ogrzewanych mikrofalowo zależała od masy tuszek i temperatury osiągniętej wskutek ogrzewania. Bakterie te przeżyły obróbkę mikrofalową w 1,2% tuszek o masie $\leq 1,8$ kg i w 9,7% tuszek większych, których temperatura mierzona po zakończeniu ogrzewania w 6 miejscach tuszki wynosiła $\geq 87^\circ\text{C}$. Zauważono też, że większość tuszek, w których przeżyły badane bakterie, ogrzewano w dwóch spośród 17 typów kuchenek zastosowanych w badaniach. Göksoy i wsp. (16), badając wpływ krótkotrwałego działania mikrofal na wybrane bakterie stwierdzili, że ogrzewanie piersi kurcząt trwające ≤ 30 s nie powoduje istotnych zmian w liczbie bakterii obecnych na ich powierzchni, a na-

wet liczba komórek *E. coli* i *Campylobacter jejuni* może ulec nieznacznemu wzrostowi.

Z danych piśmiennictwa wynika, że *Salmonella* spp. nie zawsze ulega destrukcji pod wpływem działania mikrofal (2, 5, 22, 31, 37). W tuszkach indyków ogrzewanych w kuchni o mocy 600 W do momentu osiągnięcia temperatury $76,6^\circ\text{C}$ obserwowano redukcję liczby komórek *Salmonella* Typhimurium o 4 do 7 cykli log, podczas gdy liczba komórek *Clostridium perfringens* uległa zmniejszeniu o 1-2 cykle log, a *Staphylococcus aureus* – o 6 cykli log; nie odnotowano jednak całkowitej eliminacji żadnego z wymienionych drobnoustrojów (2). W udkach drobiowych poddanych działaniu mikrofal w kuchni o mocy 400 W, po 30 s ogrzewania stwierdzono redukcję liczby komórek *Salmonella* Enteritidis o jeden cykl log, po 1 minucie – o 3 cykle log, a po 2 minutach, gdy temperatura udek wynosiła 75°C , stwierdzono całkowitą eliminację patogenu (27). W skrzydełkach kurcząt kontaminowanych *Salmonella* Typhimurium (przez 10-minutowe zanurzenie w zawiesinie bakterii o koncentracji 8×10^7 jtk/ml) poddanych działaniu mikrofal przez 5, 10, 15, 20, 25, 30 i 35 s, w kuchni o mocy 850 W, obserwowano stopniowy spadek liczby patogenów, do ich całkowitej destrukcji po 35 s ogrzewania, gdy temperatura skrzydełek wynosiła 72°C (20). Do całkowitej eliminacji *Salmonella* Senftenberg 775, którymi kontaminowano podudzia indycze, niezbędne było ogrzewanie trwające co najmniej 2 minuty (33).

Badania mające na celu porównanie skuteczności ogrzewania konwencjonalnego i mikrofalowego w niszczeniu *Salmonella* Typhimurium i *Staphylococcus aureus* w wybranych produktach drobiowych wykazały, że w przypadku części z nich (pieczeń z mięsa kurcząt i pieczony kurczak) wpływ ogrzewania w obydwu urządzeniach na bakterie był podobny – spadek liczby bakterii z 10^6 - 10^8 jtk/g do < 1 jtk/g; ogrzewanie mikrofalowe było jednak mniej skuteczne w przypadku burgerów drobiowych, w których liczba badanych bakterii wynosiła 100-150 jtk/g (5). Ogrzewanie w kuchni mikrofalowej okazało się też mniej skuteczne w destrukcji *Salmonella* Typhimurium na powierzchni tuszek kurcząt ogrzewanych do temperatury 74°C , 77°C , 79°C i 85°C niż ogrzewanie z użyciem kuchenki konwekcyjnej i konwencjonalnej elektrycznej – tylko z tuszek ogrzewanych mikrofalowo do temperatury 85°C w dalszym ciągu izolowano badane patogeny (31). Wyniki innych badań wskazują, że *Salmonella* spp. przeżyła zarówno na powierzchni, jak i we wnętrzu tarty z mięsem indyka ogrzewanej mikrofalowo do momentu uzyskania temperatury granicznej produktu wynoszącej $73,8^\circ\text{C}$ – tj. po 9 minutach i 31 sekundach ogrzewania w kuchence o niskiej mocy, oraz po 7 minutach i 1 s – w kuchence o wysokiej mocy (37). Lindsay i wsp. (22) ogrzewając mikrofalowo tuszki kurcząt kontaminowane *Salmonella* Typhimurium o zanieczyszczeniu początkowym 5×10^5 jtk/g

do momentu uzyskania temperatury 85°C, wyizolowali żywe patogeny z 56% ogrzewanych tuszek.

W badaniach własnych wykazano, że do całkowitej inaktywacji *Salmonella* spp. w półtuszkach kurcząt potrzebny był czas ogrzewania mikrofalowego (w kuchni o mocy 930 W) wynoszący nawet 16 minut, któremu towarzyszyło uzyskanie temperatury od 81,68 ± 6,77°C do 91,28 ± 3,95°C. Należy jednak podkreślić, że temperatura półtuszek rzędu 91-92°C, skutkowałą całkowitą inaktywacją badanych bakterii lub ich przeżyciem na poziomie ≤ 2,89 log jtk/g produktu, w zależności od długości czasu ogrzewania (16 lub 12 minut). Osiągnięcie w ogrzewanym produkcie określonego zakresu temperatur nie było więc jednoznaczne z uzyskaniem pożądanego efektu w postaci eliminacji badanych bakterii.

Piśmiennictwo

1. *Abel El-Aal S. S.*: Effect of microwave radiation on psychrotrophic bacteria and coliforms in some Egyptian foods. *Az. J. Microbiol.* 1996, 32, 62-70.
2. *Aleixo J. A. G., Swaminathan B., Jamesen K. S., Pratt D. E.*: Destruction of pathogenic bacteria in turkeys roasted in microwave ovens. *J. Food Sci.* 1985, 50, 873-880.
3. *Angulo F. J., Swerdlow D. K. L.*: Salmonella enteritidis infections in United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1998, 213, 1729-1731.
4. *Apostolou I., Papadopoulou C., Levidiotou S., Ioannides K.*: The effect of short-time microwave exposures on *Escherichia coli* O157:H7 inoculated onto chicken meat portions and whole chickens. *Int. J. Food Microbiol.* 2005, 101, 105-110.
5. *Baker R. C., Poon W., Vadehra V.*: Destruction of Salmonella typhimurium and *Staphylococcus aureus* in poultry products cooked in a conventional and microwave oven. *Poult. Sci.* 1983, 62, 805-810.
6. *Crook P. D., Aguilera J. F., Threlfall E. J., O'Brien S. J., Sigmondstöttir G., Wilson D., Fisher I. S. T., Ammon A., Briem H., Cowden J. M., Locking M. E., Tschäpe H., Van Pelt W., Ward L. R., Widdowson M. A.*: A European outbreak of Salmonella enterica serotype Typhimurium definitive phage type 204b in 2000. *Clin. Microbiol. Infect.* 2003, 9, 839-845.
7. *Cunningham F. E.*: Influence of microwave radiation on psychrotrophic bacteria. *J. Food Prot.* 1980, 43, 651-655.
8. *Dąbrowski P. P., Józwick E., Wysok B., Uradziński J.*: Effect of microwave heating on the survivability of *Campylobacter* spp. in poultry nuggets. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2009, 59, 335-338.
9. Dyrektywa 2003/99/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 listopada 2003 w sprawie monitorowania chorób odzwierzęcych i odzwierzęcych czynników chorobotwórczych, zmieniająca decyzję Rady 90/424/EWG i uchylająca dyrektywę Rady 92/117/EWG.
10. EFSA The Community Summary Report 2013.
11. *Evans M. R., Parry S. M., Ribeiro C. D.*: Salmonella outbreaks from microwave cooked food. *Epidemiol. Infect.* 1995, 115, 227-230.
12. *Fakhouri M. O., Ramaswamy H. S.*: Temperature uniformity of microwave heated foods as influenced by product type and composition. *Food Res. Int.* 1993, 26, 89-95.
13. *Farber J. M., DAoust J. Y., Diotte M., Sewell A., Daley E.*: Survival of *Listeria* spp. on raw whole chickens cooked in microwave ovens. *J. Food Prot.* 1998, 61, 1465-1469.
14. *Geedipalli S. S. R., Rakesh V., Datta A. K.*: Modeling the heating uniformity contributed by a rotating turntable in microwave ovens. *J. Food Eng.* 2007, 82, 359-368.
15. *Giese J.*: Advances in microwave food processing. *Food Technol.* 1992, 46, 118-123.
16. *Göksöy E. O., James C., Corry J. E. L.*: The effect of short – time microwave exposure on inoculated pathogens on chicken and the shelf – life of uninoculated chicken meat. *J. Food Eng.* 2000, 45, 153-160.
17. *Göksöy E. O., James C., James S. J.*: Non-uniformity of surface temperatures after microwave heating of poultry meat. *J. Microwave Power E.E.* 1999, 34, 149-160.
18. *Guard-Petter J.*: The chicken, the egg and Salmonella enteritidis. *Environ. Microbiol.* 2001, 3, 421-430.
19. *Gunasekaran S., Yang H.*: Effect of experimental parameters on temperature distribution during continuous and pulsed microwave heating. *J. Food Eng.* 2007, 78, 1452-1456.
20. *Jamshidi A., Ghasemi A., Mohammadi A.*: The effect of short-time microwave exposure on Salmonella typhimurium inoculated onto chicken drumettes. *Iran. J. Vet. Res.* 2009, 10, 378-382.
21. *Lee D. S., Shin D., Yam K. L.*: Improvement of temperature uniformity in microwave-reheated rice by optimizing heat/cold cycle. *Food Service Technology* 2002, 2, 87-93.
22. *Lindsay R. E., Krissinger W. A., Fields B. F.*: Microwave vs. conventional cooking of chicken: Relationship of internal temperature to surface contamination by Salmonella typhimurium. *J. Am. Dietet. Assoc.* 1986, 86, 373-374.
23. *MacDougall L., Fyfe M., McIntyre L., Paccagnella A., Corder K., Kerr A., Aramini J.*: Frozen chicken nuggets and strips – A newly identified risk factor for Salmonella Heidelberg infection in British Columbia, Canada. *J. Food Prot.* 2004, 67, 1111-1115.
24. *Manickavasagan A., Jayas D. S., White N. D. G.*: Non-uniformity of surface temperatures of grain after microwave treatment in an industrial microwave dryer. *Dry. Technol.* 2006, 24, 1559-1567.
25. *Mullin J., Bows J.*: Temperature measurements during microwave cooking. *Food Addit. Contam.* 1993, 10, 663-672.
26. PN-EN ISO 6579: +A1 2007 Mikrobiologia żywności i pasz – Horyzontalna metoda wykrywania Salmonella spp.
27. *Pucciarelli A. B., Benassi F. O.*: Inactivation of Salmonella Enteritidis on raw poultry using microwave heating. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2005, 11, 939-945.
28. *Ryynanen S., Ohlsson T.*: Microwave heating uniformity of ready meals as affected by placement, composition, and geometry. *J. Food Sci.* 1996, 61, 620-624.
29. *Ryynanen S., Tuorila H., Hyvonen L.*: Perceived temperature effects on microwave heated meals and meal components. *Food Service Technology* 2001, 1, 141-148.
30. *Sakai N., Wang C.*: An analysis of temperature distribution in microwave heating of foods with non-uniform dielectric properties. *J. Chem. Eng. Jpn.* 2004, 37, 858-862.
31. *Schnepf M., Barbeau W. E.*: Survival of Salmonella typhimurium in roasted chicken cooked in microwave, convection and conventional electric oven. *J. Food Safety* 1989, 9, 245-252.
32. *Smith K. E., Medus C., Meyer S. D., Boxrud D. J., Leano F., Hedberg C. W., Eljering K., Braymen C., Bender J. B., Danila R. N.*: Outbreaks of Salmonellosis in Minnesota (1998 through 2006) Associated with Frozen, Microwaveable, Breaded, Stuffed Chicken Products. *J. Food Protect.* 2008, 71, 2153-2160.
33. *Teotia J. S., Miller B. F.*: Destruction of salmonellae on poultry meat with lysozyme, EDTA, X-ray, microwave and chlorine. *Poult. Sci.* 1975, 54, 1388-1394.
34. *Uradziński J., Nyesvetowa M.*: Survival rate of thermotolerant *Campylobacter* on poultry meat during microwave heating. *Pol. J. Vet. Sci.* 2009, 12, 41-44.
35. *Uradziński J., Sztajn J., Gomółka M., Józwick E., Radkowski M.*: Survival of *Campylobacter jejuni* in chicken carcasses during microwave cooking. *Fleischwirtschaft Int.* 1997, 1, 28-30.
36. *Vadivambal R., Jayas D. S.*: Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials – a review. *Food Bioprocess. Technol.* 2010, 3, 161-171.
37. *Valenzuela C. J.*: Validation of microwave heating instructions for the destruction of Salmonella spp. in microwaveable foods. *Praca doktorska* 2013, Uniwersytet Nabrasca-Lincoln, 1-122. <http://digitalcommons.unl.edu/food-sciddiss/34>

Adres autora: dr Małgorzata Gomółka-Pawlicka, ul. Popieluszki 5/14, 10-696 Olsztyn; e-mail: mag@uwm.edu.pl