

RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA, JACEK KIJOWSKI, EDWARD
NOWAK, JAN ZABIELSKI

WPLYW TEMPERATURY NA DYNAMIKĘ ZMIAN LICZBY BAKTERII W WYBRANYCH WĘDLINACH PRZECHOWYWANYCH W WARUNKACH HANDLU HURTOWEGO I DETALICZNEGO

Streszczenie

Celem badań była ocena wpływu temperatury przechowywania na dynamikę zmian liczby bakterii w wybranych wędlinach, zróżnicowanych pod względem składu, stopnia rozdrobnienia surowca i technologii produkcji. Badania ogólnej liczby bakterii tlenowych prowadzono w dniu dostawy do hurtowni oraz w 3., 5., 7., 9. i 11. dniu przechowywania wędlin w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$, $8 \pm 1^\circ\text{C}$ i $12 \pm 1^\circ\text{C}$. W okresie przechowywania kiełbasy składowane w temp. $12 \pm 1^\circ\text{C}$ charakteryzowały się wyższą liczbą bakterii w porównaniu z próbkami przechowywanymi w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ i $8 \pm 1^\circ\text{C}$. Przeprowadzone badania potwierdzają kluczowy wpływ temperatury przechowywania kiełbas na zanieczyszczenie mikrobiologiczne, widoczne zmiany sensoryczne i okres trwałości. Przechowywanie kiełbas w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ pozwala przedłużyć okres ich przydatności do spożycia o około 4 dni.

Słowa kluczowe: temperatura przechowywania, wędliny, okres trwałości

Wprowadzenie

W czasie chłodniczego przechowywania jakość mięsa i przetworów z mięsa pogarsza się na skutek działania rozwoju mikroflory tlenowej, aktywności enzymów tkankowych i bakteryjnych, utleniania barwników hemowych, utleniania lipidów oraz wysychania powierzchni na skutek odparowywania wody [1]. Produkty żywnościowe, w tym mięso i przetwory z mięsa, charakteryzują się określonym początkowym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym, uzależnionym od wielu czynników, takich jak higiena procesu produkcyjnego czy skład surowcowy. Wskazuje się, że stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego, woda wolna i temperatura są głównymi czynnikami wpływającymi na postępowanie procesu psucia. W całym łańcuchu produkcji mięsa

Dr R. Cegielska-Radziejewska, prof. dr hab. J. Kijowski, mgr inż. E. Nowak, prof. dr hab. J. Zabielski, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

i przetworów mięsnych, począwszy od pozyskania surowca do dostarczenia wyrobu konsumentowi, konieczne jest dążenie do zminimalizowania dynamiki przemian prowadzących do zepsucia. Dla konsumenta najistotniejszym wyróżnikiem jakości produktu, możliwym do bezpośredniej oceny, są cechy sensoryczne, szczególnie barwa, zapach i smak. Deklarowane przez producenta okresy przydatności do spożycia przetworów z mięsa uzależnione są od wielu czynników, takich jak: skład surowcowy, w tym składniki niemięsne, zawartość i rodzaj stosowanych konserwantów, początkowe zanieczyszczenie mikrobiologiczne, a_w , pH, potencjał oksydoredukcyjny. Do czynników zewnętrznych mających wpływ na trwałość tego typu produktów należy zaliczyć: temperaturę przechowywania, sposób i warunki pakowania, zastosowane operacje technologiczne, np. peklowanie i obróbka cieplna oraz wpływ światła. W procesie dystrybucyjnym mięsa i jego przetworów kluczową rolę odgrywa temperatura determinująca wzrost stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego, jak i zmiany wyróżników jakościowych [16].

Przedłużenie okresu zachowania wymaganych cech produktu po zakończeniu procesu przetwórczego, w czasie dostarczania go konsumentowi, można uzyskać stosując: pakowanie w modyfikowanej atmosferze, pakowanie z zastosowaniem kultur ochronnych, wybrane metody utrwalania oraz odpowiednie warunki transportu i przechowywania. System sprzedaży produktów mięsnych, szczególnie przez sieć hurtowni i supermarketów wymaga zapewnienia ich świeżości i pożądaných cech w wydłużonym okresie dystrybucji. W placówkach hurtowych produkty mięsne przechowywane są najczęściej w opakowaniach jednostkowych do 2 kg, w atmosferze modyfikowanej z udziałem dwutlenku węgla oraz azotu i w takiej formie trafiają do handlu detalicznego. Taki sposób przechowywania produktów mięsnych pozwala wydłużyć okres ich trwałości i zwiększyć dyspozycyjność w czasie dystrybucji [1, 3, 4, 5, 7, 8, 16]. Należy jednak podkreślić, że nawet stosowanie pakowania produktów w modyfikowanej atmosferze czy zastosowanie innego sposobu utrwalania nie zwalnia z konieczności utrzymania niskiej temperatury [2]. Przestrzeganie ustalonych warunków transportu i magazynowania zapewniających utrzymanie pożądanęj jakości produktu i ograniczających procesy psucia warunkuje bezpieczeństwo zdrowotne produkowanych wyrobów.

Prawidłowa dystrybucja mięsa i jego przetworów polega na takim ich rozdysponowaniu, aby zmiany cech jakościowych w czasie przechowywania i transportu były zminimalizowane. Ostatnie końcowe, a zarazem kluczowe, ogniwo łańcucha produkcji i dystrybucji stanowią placówki handlu detalicznego. Wskazuje się na częste zaniedbania na tym etapie dystrybucji, przejawiające się przede wszystkim niewłaściwym postępowaniem i brakiem dostatecznej wiedzy dotyczącej wymaganych warunków obrotu produktami. Powszechnym postępowaniem w punktach sprzedaży detalicznej jest gromadzenie pewnej ilości zapasów i dłuższe przetrzymywanie produktów, czego

efektem może być znaczne pogorszenie ich jakości w przypadku nieprzestrzegania wymaganych warunków przechowywania. Temperatura w magazynach i ladach chłodniczych powinna odpowiadać wymaganiom umieszczonych w nich produktów. Niezbędne jest monitorowanie pracy urządzeń chłodniczych. Istotne znaczenie ma również szybkie tempo załadunku towaru i brak przestojów, przeciwdziałające przerwaniu łańcucha chłodniczego i niekorzystnym zmianom jakości.

Przydatnym narzędziem kontroli produktów świeżych i łatwo psujących się w jednostkach handlu detalicznego mogą być wskaźniki zmian czas-temperatura (TTI) czy wskaźniki świeżości, dające możliwość oceny jakości produktu w trakcie jego nabywania. Celem stosowania wskaźników TTI jest monitorowanie temperatury produktu i otoczenia i informowanie o jego przydatności do spożycia. Takie wskaźniki stosowane są w USA i Europie Zachodniej, również w opakowaniach schłodzonych produktów mięsnych. Funkcjonują dwa rodzaje wskaźników. W przypadku pierwszego typu zasada działania polega na zmianie właściwości produktu pod wpływem działania temperatury wyższej od wymaganej. Drugi rodzaj umożliwia monitorowanie i rejestrowanie wszelkich odchyłeń od temperatury w całym cyklu dystrybucyjnym, integruje czas i natężenie występowania tych zmian [9, 10, 16].

Celem pracy była mikrobiologiczna ocena wybranych wędlin, przechowywanych bez opakowania w zróżnicowanych warunkach temperaturowych, symulujących warunki spotykane w ladach chłodniczych, w których częstotliwość zamykania i otwierania jest znaczna, a wymagania temperaturowe często nie są przestrzegane. Gromadzenie informacji dotyczących wpływu różnych czynników na jakość mikrobiologiczną produktu umożliwia szacowanie ryzyka mikrobiologicznego. Głównym narzędziem szacowania ryzyka mikrobiologicznego jest mikrobiologia prognostyczna, związana z rozwojem modeli matematycznych opisujących zmiany populacji. Mikrobiologiczne modele prognostyczne stanowią ważne narzędzie wspomagające zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności [19, 20].

Materiał i metody badań

Surowcem do badań były wybrane kiełbasy o różnym stopniu rozdrobnienia (drobno i średnio rozdrobnione) i technologii otrzymywania, znajdujące się w ofercie handlowej magazynu hurtowego, podlegające szybkiej rotacji podczas dystrybucji do punktów sprzedaży detalicznej. Ocenie poddano: kiełbasę parówkową, kiełbasę białą wieprzową, kiełbasę złotopolską i białą drobiową. Wymienione rodzaje kiełbas wyprodukowano zgodnie z zaleceniem normy [17] oraz przyjętą recepturą. Charakterystyka badanych kiełbas przedstawia się następująco:

- kiełbasa parówkowa, parzona, wędzona (homogenizowana) - surowiec stanowiło mięso wieprzowe, wołowe, tłuszcz wieprzowy, sól, woda, przyprawy, substancje dodatkowe;

- kielbasa biała wieprzowa, (średnio rozdrobniona), parzona – surowiec stanowiło mięso wieprzowe 75%, woda, skrobia, sól, białko roślinne, przyprawy, substancje naturalne;
- kielbasa złotopolska (średnio rozdrobniona) – surowiec mięso z piersi kurcząt 52,5%, mięso z kurcząt oddzielone mechanicznie 15,7%, skórki drobiowe, tłuszcz wieprzowy, skrobia ziemniaczana, woda, sól, białko sojowe, przyprawy, laktoza, substancje dodatkowe;
- kielbasa biała drobiowa (średnio rozdrobniona) surowiec mięso z kurcząt oddzielone mechanicznie 30,3%, mięso z ud kurcząt 18,5%, skórki z kurcząt, woda, białko sojowe, sól, skrobia ziemniaczana, przyprawy.

Produkty dostarczane od producenta do magazynu hurtowego pakowane były w modyfikowanej atmosferze (70% N₂ i 30% CO₂), w opakowaniach zbiorczych, o masie 1,5-2 kg, ułożonych w pojemnikach lub kartonach. W czasie przyjęcia produktów mięsnych do magazynu hurtowego każde opakowanie transportowe zaopatrzone było w etykietę z następującymi danymi: nazwa produktu i rodzaj wędliny, wykaz składników wg udziału surowców, termin przydatności do spożycia, masa netto, warunki przechowywania, nazwa i adres producenta lub dystrybutora [17]. Badane produkty były zgodne z deklaracją składu surowcowego określonego w podanej podstawowej charakterystyce danego sortymentu. Surowce mięsno-tłuszczowe użyte do produkcji wędlin pochodziły z tusz zwierząt rzeźnych uznanych przez Inspekcję Weterynaryjną za zdatne do spożycia bez zastrzeżeń. Surowce uzupełniające i substancje dodatkowe odpowiadały aktualnym wymaganiom. Osłonki naturalne odpowiadały wymaganiom normy [17] i miały atest jednostki resortu zdrowia. Przędzę wędliniarską wykonano z bezbarwnych włókien naturalnych. Szpilki drewniane o średnicy od 3-4 mm wykonano z drewna bezwonnego o gładkiej powierzchni. Produkt w opakowaniach jednostkowych o wymienionej masie pakowany w MAP nabywca detaliczny otwiera przed eksponowaniem towaru w ladzie sklepowej.

Badania kielbas prowadzono w dniu dostawy oraz po różnych okresach przechowywania: w 3., 5., 7., 9. i 11. dniu. Pierwszy dzień badań oznacza dzień dostawy produktów do hurtowni. Kielbasy przechowywano w temperaturze: $1 \pm 1^\circ\text{C}$, $8 \pm 1^\circ\text{C}$ i $12 \pm 1^\circ\text{C}$. Stosując obowiązujące metody [14, 18] oznaczano ogólną liczbę bakterii tlenowych. Próby o masie 10 g pobierano ze środkowej części kielbas i homogenizowano z płynem do rozcieńczeń. Oznaczenie liczby bakterii wykonywano metodą zalewową, stosując Standard Plate Count Agar firmy Oxoid. Inkubację prowadzono w temp. 30°C przez 72 h. Wyniki podawano w przeliczeniu na 1 g produktu. Liczbę komórek bakterii obliczano z płytek, na których wyrosło od 30 do 300 kolonii. Prowadzono również obserwacje wyglądu zewnętrznego kielbas, szczególnie barwy i zapachu.

Obliczenia statystyczne wykonywano przy zastosowaniu programu Statistica 7.1. Do opisu wzrostu i przeżywalności ogólnej liczby bakterii we wszystkich badanych kielbasach stosowano modele Gompertza (program Bacterial Growth Kinetics). Podano parametry kinetyczne wzrostu bakterii oszacowane na podstawie funkcji Gompertza: współczynnik szybkości wzrostu bakterii [$\log(\text{cfug})/\text{h}$] i czas generacji [h].

Wyniki i dyskusja

W czasie przechowywania obserwowano wzrost liczby bakterii tlenowych zależny od rodzaju kielbasy i temperatury przechowywania (tab. 1). Oznaczenie liczby bakterii w gotowych kielbasach w dniu dostawy do magazynu hurtowego wykazało zróżnicowane początkowe zanieczyszczenie mikroflorą na poziomie 2,64-3,66 log jtk/g. Największą wyjściową liczbą bakterii tlenowych charakteryzowała się kielbasa biała wieprzowa, podczas gdy najmniejszą liczbę bakterii stwierdzono w próbach kielbasy złotopolskiej (tab. 1). Różnice w początkowym zanieczyszczeniu mikrobiologicznym badanych wędlin mogą wynikać z rodzaju i jakości użytych surowców, zastosowanych dodatków, np. przypraw, sposobów obróbki oraz poziomu higieny produkcji [12, 21]. W tym przypadku istotny może być wpływ sanitarno-higienicznych warunków wytwarzania, ponieważ należy zaznaczyć, że wędliny pochodziły od różnych producentów. Dwie spośród badanych wędlin (kielbasa złotopolska i parówkowa), charakteryzujące się najmniejszą wyjściową liczbą bakterii, poddano w procesie technologicznym procesowi wędzenia.

W badanym okresie próby wszystkich kielbas przechowywane w temp. $12 \pm 1^\circ\text{C}$ charakteryzowały się większą liczbą bakterii w porównaniu z próbami przechowywanymi w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ i $8 \pm 1^\circ\text{C}$ (tab. 1). Znacznie statystycznie istotne zróżnicowanie liczby bakterii w próbach kielbas przechowywanych w trzech zakresach temperatury miało miejsce w 7. dniu przechowywania. Jedynie w przypadku kielbasy białej wieprzowej różnice stwierdzono już w 5. dniu przechowywania w temp. $12 \pm 1^\circ\text{C}$, na co wpływ mógł mieć najwyższy poziom początkowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego. W tym okresie liczba bakterii w próbach kielbas przechowywanych w niższych zakresach temperatury (1 i 8°C) kształtowała się na poziomie 10^3 - 10^4 jtk/g, podczas gdy w próbach przechowywanych w temp. 12°C wynosiła 10^4 - 10^5 jtk/g. Wtedy też stwierdzono widoczne różnice w wyglądzie zewnętrznym, szczególnie w barwie i zapachu badanych kielbas przechowywanych w różnych zakresach temperatury. Najmniejsze niekorzystne zmiany organoleptyczne obserwowano w przypadku prób kielbas przechowywanych w najniższej temperaturze ($1 \pm 1^\circ\text{C}$). Pełna ocena sensoryczna zostanie przeprowadzona w kolejnym etapie badań. W badaniach Nowak i Krysiak [15], dotyczących pakowanych próżniowo parówek, największy wzrost liczby bakterii stwierdzono w pierwszym tygodniu przechowywania, niezależnie od zastosowanej temperatury.

Tabela 1

Ogólna liczba bakterii tlenowych w kielbasach przechowywanych w zróżnicowanej temperaturze [log jtk/g].

Total number of aerobic bacteria in sausages stored at different temperatures [log cfu/g].

Temperatura [°C] Temperature [°C]	Okres przechowywania [dni] Storage time [days]	Rodzaj kielbasy Type of sausage			
		złotopolska local brand pork sausage	biała drobiowa non-smoked poultry sausage	parówkowa wiener type sausage	biała wieprzowa non-smoked pork sausage
1	1*	2,64±0,52a	3,14±0,21a	3,19±0,15a	3,66±0,12a
	3	2,84±0,06ab	3,18±0,09a	3,47±0,34ab	3,79±0,44ab
	5	3,16±0,06ab	3,34±0,49ab	3,49±0,58ab	3,96±0,59ab
	7	3,19±0,38ab	3,73±0,18bcd	3,61±0,13abc	4,05±0,27abc
	9	3,59±0,08bc	4,05±0,72cde	4,16±0,25bcd	4,23±0,36abcd
	11	3,98±0,43bc	4,50±0,11f	4,17±0,16cd	4,30±0,30abcd
8	1	2,64±0,52a	3,14±0,21a	3,19±0,15a	3,66±0,12a
	3	3,02±0,21ab	3,32±0,33ab	3,57±0,34abc	4,08±0,27abc
	5	3,36±0,19abc	3,67±0,13abc	3,96±0,03abc	3,97±0,72abc
	7	3,81±0,37c	4,18±0,16def	4,75±0,43def	4,86±0,25d
	9	3,94±0,59c	4,33±0,63ef	4,85±0,34def	5,03±0,49d
	11	4,75±0,15d	5,14±0,29fg	5,35±0,17efg	5,06±0,79d
12	1	2,64±0,52a	3,14±0,21a	3,19±0,15a	3,66±0,12a
	3	3,38±0,02abc	3,32±0,22ab	3,88±0,37abc	4,45±0,25bcd
	5	3,47±0,03abc	3,70±0,36bcd	3,97±0,35abc	4,73±0,21cd
	7	4,54±0,16d	4,30±0,07ef	5,14±0,47ef	5,08±0,18de
	9	4,56±0,12d	5,17±0,23g	5,31±0,17efg	5,73±0,30e
	11	4,95±0,31d	6,46±0,02h	5,84±0,36g	5,97±0,17e

Objaśnienia: / Explanatory notes:

1* - dzień dostawy / delivery day

Wyniki wyrażono jako wartości średnie (n = 4) / Results expressed as mean values (n = 4)

a-h różne litery przy wartościach średnich dotyczące czasu i temperatury przechowywania tej samej kielbasy oznaczają statystycznie istotne różnice na poziomie p = 0,05 / different letters used for mean values concerning the influence of time and storage temperatures designate statistically significant differences at the level of p = 0.05.

W 11. dniu przechowywania prób w temp. 12°C największą liczbę bakterii na poziomie 10^6 jtk/g stwierdzono w próbach kielbasy białej drobiowej, a najmniejszą w próbach kielbasy złotopolskiej. W parówkach pakowanych próżniowo liczba bakterii po 12 dniach przechowywania kształtowała się na wyższym poziomie 10^6 – 10^7 jtk/g [15]. Wzrost liczby bakterii w produktach pakowanych próżniowo może wynikać ze znacznego wzrostu liczby bakterii fermentacji mlekowej [6, 11, 13, 15]. W końcowym okresie przechowywania liczba bakterii była najniższa w próbach kielbasy złotopolskiej charakteryzującej się najmniejszym początkowym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym, pomimo wzrostu bakterii w badanym okresie o 187,5% (tab. 2).

W czasie przechowywania wędlin w temp. 12°C największy wzrost bakterii obserwowano w próbach kielbasy białej drobiowej, a najmniejszy w próbach kielbasy białej wieprzowej, odpowiednio o 3,32 i o 2,11 rzędu logarytmicznego. Wysoki wzrost liczby bakterii w tej temperaturze stwierdzono również w kielbasie parówkowej, co może wynikać ze znacznego rozdrobnienia surowca, charakterystycznego dla tego rodzaju wędliny. W czasie okresu przechowywania największy wzrost liczby bakterii stwierdzono w kielbasie białej drobiowej i złotopolskiej odpowiednio o 205,7 i 187,5% (tab. 2), do produkcji których użyto mięsa drobiowego, w tym odkostnionego mechanicznie oraz skórek drobiowych. Wyższym procentowym udziałem mięsa odkostnionego mechanicznie charakteryzowała się kielbasa biała drobiowa, co przypuszczalnie miało wpływ na najwyższy poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego w końcowym okresie przechowywania. Mięso odkostnione mechanicznie, ze względu na swój skład i sposób uzyskiwania, jest szczególnie podatne na rozwój mikroflory [21]. Podobną tendencję obserwowano również w przypadku prób wędlin przechowywanych w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$. W tej temperaturze największy wzrost bakterii stwierdzono w kielbasie białej drobiowej i złotopolskiej (odpowiednio o 1,36 i 1,34 rzędu logarytmicznego), a mniejszy w kielbasie białej wieprzowej i parówkowej (o 0,64 i 0,98 rzędu logarytmicznego).

Tabela 2

Ogólna liczba bakterii w badanych kielbasach w czasie przechowywania [% log jtk/g].
Total bacterial number in tested sausages during storage time [% log cfu/g].

Temperatura [°C] Temperature [°C]	Rodzaj kielbasy Type of sausage			
	złotopolska local brand pork sausage	biała drobiowa non-smoked poultry sausage	parówkowa wiener type sausage	biała wieprzowa non-smoked pork sausage
1	150,7	143,3	117,5	130,7
8	179,9	163,7	153,0	167,7
12	187,5	205,7	163,1	183,1

Uzyskane wyniki mogą wskazywać, że szybkość wzrostu bakterii w wędlinach uzależniona była od ich składu surowcowego, jak też od temperatury przechowywania. W kielbasach przechowywanych w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$, w końcowym okresie przydatności do spożycia, liczba bakterii była statystycznie istotnie niższa aniżeli w kielbasach przechowywanych w temp. $8 \pm 1^\circ\text{C}$ i $12 \pm 1^\circ\text{C}$ (odpowiednio o 0,76-1,18 i 0,97-1,96 rzędu logarytmicznego). W 11. dniu, niezależnie od zastosowanej temperatury przechowywania, żadna z badanych prób kielbas nie nadawała się do konsumpcji na skutek widocznych zmian wyglądu zewnętrznego, takich jak śluzowacenie, obsuszanie, nieprzyjemny zapach i obecność pleśni. Biorąc pod uwagę liczbę bakterii tlenowych oraz widoczne zmiany wyglądu, szczególnie barwy i zapachu, można stwierdzić, że próby wędlin przechowywane w temp. 12°C charakteryzowały się o około 4 dni krótszym okresem przydatności do spożycia aniżeli próby przechowywane w najniższej temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$. Procesy psucia badanych kielbas nie są związane jedynie z liczbą bakterii tlenowych. Niekorzystne zmiany wyglądu zewnętrznego, szczególnie na powierzchni, obserwowano wcześniej, zanim liczba bakterii osiągnęła poziom 10^6 - 10^7 jtk/g. Wskazuje się, że zmiany sensoryczne wędlin pakowanych próżniowo uzależnione są nie tylko od liczby bakterii, ale również od rodzaju mikroflory powodującej psucie [15].

W celu opisu wzrostu i przeżywalności ogólnej liczby bakterii we wszystkich badanych kielbasach wykorzystano modele Gompertza (rys. 1, 2, 3 i 4). Aproksymacja modeli do danych empirycznych była wysoka (tab. 3). Parametry kinetyczne wzrostu bakterii ocenione na podstawie funkcji Gompertza przedstawiono w tab. 3.

W przypadku wszystkich badanych kielbas, z wyjątkiem białej wieprzowej, maksymalna szybkość wzrostu wyliczona z krzywej Gompertza była najwyższa w temp. 12°C . Wyższy współczynnik szybkości wzrostu bakterii w przypadku kielbasy białej wieprzowej przechowywanej w temp. 8°C wynika ze znacznego wzrostu liczby bakterii pomiędzy 5. a 7. dniem przechowywania, co może być związane z rodzajem mikroflory (rys. 4). Najniższe współczynniki szybkości wzrostu stwierdzono w przypadku prób kielbas przechowywanych w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$. Podobną zależność obserwowano porównując obliczony czas generacji (tab. 3). Najkrótszy czas generacji bakterii stwierdzono w przypadku prób przechowywanych w temp. 12°C , natomiast najdłuższy czas generacji charakteryzował próby przechowywane w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ (tab. 3). Na podstawie parametrów krzywej Gompertza można stwierdzić, że tempo wzrostu bakterii było największe w przypadku kielbas przechowywanych w temp. 12°C , niezależnie od jej rodzaju.

Tabela 3

Parametry krzywej wzrostu Gomperta i szybkości wzrostu wyliczone z krzywej dot. badanych kielbas przechowywanych w różnych zakresach temperatury.

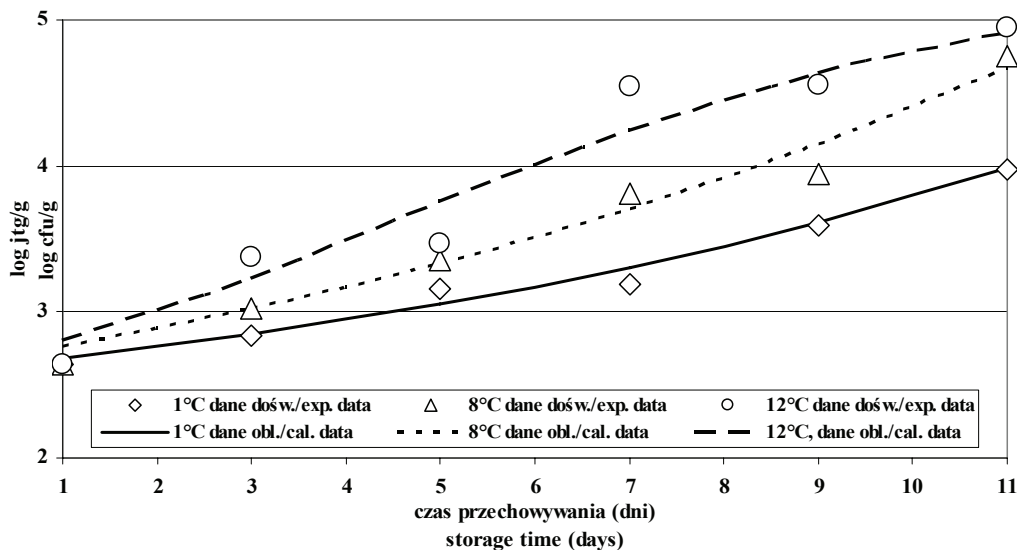
Parameters of the Gompertz growth curve and growth rates calculated from the curve for tested sausages stored at different temperatures.

Sortyment kielbasy Sausage assortment	Temperatura [°C] Temperature [°C]	Parametry krzywej wzrostu Gomperta Parameters of Gompertz growth curve				Parametry szybkości wzrostu wyliczone z krzywej Gomperta Parameters of growth rate calculated from Gompertz curve		Dopasowanie R ² Fit R ²
		A	C	B	M	Maks. szyb. wzrostu Max. growth [log(cfug)/day]*	Czas wzrostu 1 generacji [dni] Time of 1 generation [days]**	
Biała drobiowa Non-smoked poultry sausage	1	3.12	2.54	0.22	8.86	0,18	1,64	0,9962
	8	2.64	76.48	0.04	43.42	0,95	0,32	0,9794
	12	2.94	107.90	0.06	30.88	2,18	0,14	1,0000
Złotopolska Local brand pork sausage	1	2.14	163.37	0.02	73.01	0,23	1,27	0,9783
	8	2.03	55.99	0.03	43.14	0,63	0,48	0,9736
	12	2.50	2.99	0.24	4.36	1,29	0,23	0,947
Parówkowa Wiener type sausage	1	3.17	2.28	0.15	9.20	0,11	2,78	0,9133
	8	3.17	2.54	0.30	5.19	0,24	1,23	0,9814
	12	3.11	3.66	0.22	5.62	0,27	1,12	0,9569
Biała wieprzowa Non-smoked pork sausage	1	3.62	0.91	0.22	5.25	0,06	4,64	0,9917
	8	3.87	1.18	1.31	5.69	0,50	0,60	0,9527
	12	1.58	5.73	0.11	0.07	0,21	1,45	0,9700

Objaśnienia: / Explanatory notes:

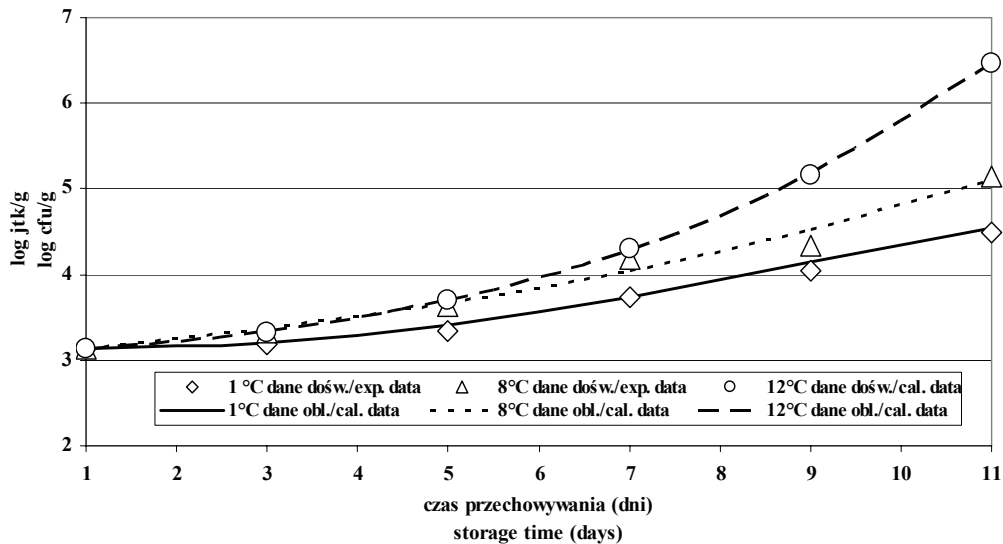
*Maksymalna szybkość wzrostu = BC/e / Max. growth = BC/e

**Czas wzrostu 1 generacji = Ln (2) e/BC / Time of 1 generation = Ln (2) e/BC



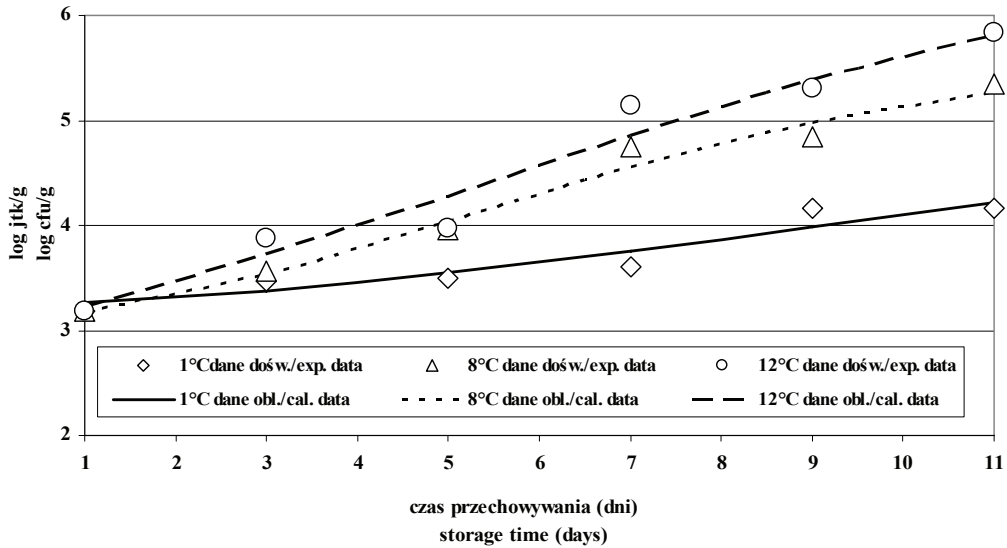
Rys. 1. Model Gompertza wzrostu ogólnej liczby bakterii tlenowych w kielbasie zlotopolskiej przechowywanej w zróżnicowanej temperaturze [log jtk/g].

Fig. 1. The Gompertz growth model for total number of aerobic bacteria in the zlotopolska local brand pork sausage stored at different temperatures [log cfu/g].



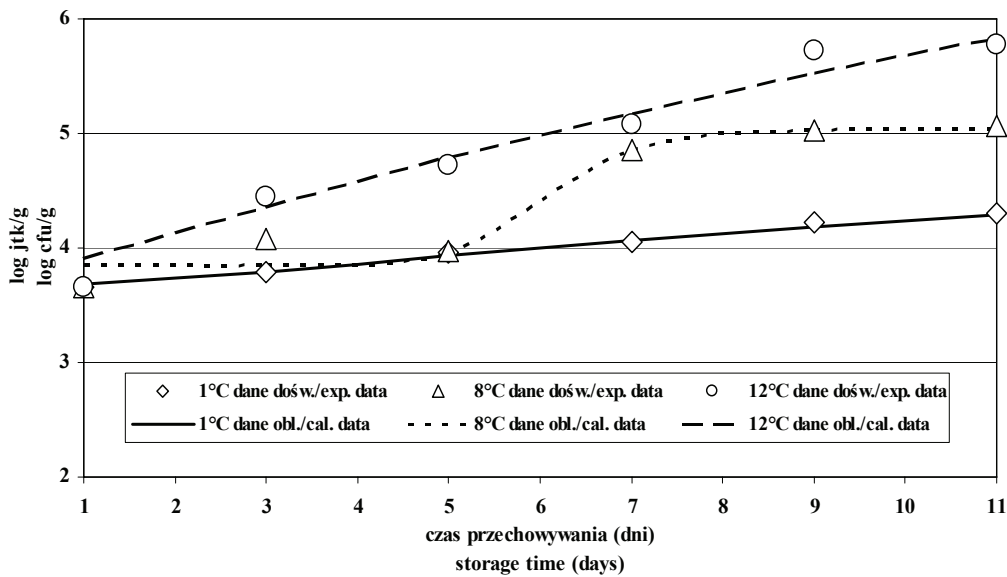
Rys. 2. Model Gompertza wzrostu ogólnej liczby bakterii tlenowych w kielbasie białej drobiowej przechowywanej w zróżnicowanej temperaturze [log jtk/g].

Fig. 2. The Gompertz growth model for total number of aerobic bacteria in non-smoked poultry sausage stored at different temperatures [log cfu/g].



Rys. 3. Model Gompertza wzrostu ogólnej liczby bakterii tlenowych w kielbasie parówkowej przechowywanej w zróżnicowanej temperaturze [log jtk/g].

Fig. 3. The Gompertz growth model for total number of aerobic bacteria in wiener type sausage stored at different temperatures [log cfu/g].



Rys. 4. Model Gompertza wzrostu ogólnej liczby bakterii tlenowych w kielbasie białej wieprzowej przechowywanej w zróżnicowanej temperaturze [log jtk/g].

Fig. 4. The Gompertz growth model for total number of aerobic bacteria in non-smoked pork sausage stored at different temperatures [log cfu/g].

Przeprowadzone badania potwierdzają kluczowy wpływ temperatury przechowywania kielbas na zanieczyszczenie mikrobiologiczne i zmiany w wyglądzie zewnętrznym. Wskazują, że warunkiem dostarczenia konsumentowi produktów mięsnych o gwarantowanej jakości jest przestrzeganie wymaganych warunków temperaturowych w jednostkach handlu hurtowego i detalicznego, stanowiących ostatnie ogniwo łańcucha produkcyjnego. Przechowywanie badanych kielbas w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ pozwala przedłużyć okres ich przydatności do spożycia o około 4 dni, w stosunku do prób przechowywanych w temp. 12°C . W celu pełnej oceny zmian zachodzących w przechowywanych wędlinach, w kolejnym etapie badań przeprowadzona zostanie ocena zmian wyróżników sensorycznych umożliwiającą ich powiązanie ze zmianami mikrobiologicznymi.

Wnioski

1. W czasie przechowywania kielbas stwierdzono wzrost liczby bakterii tlenowych, zależny od jej rodzaju i temperatury przechowywania. W badanym okresie kielbasy składowane w temp. $12 \pm 1^\circ\text{C}$ charakteryzowały się wyższą liczbą bakterii w porównaniu z próbami przechowywanymi w temp. $1 \pm 1^\circ\text{C}$ i $8 \pm 1^\circ\text{C}$.
2. W ciągu 11 dni przechowywania największy wzrost liczby bakterii stwierdzono w kielbasie złotopolskiej i białej drobiowej, do produkcji których wykorzystano mięso drobiowe, w tym odkostnione mechanicznie.
3. Badania potwierdzają kluczowy wpływ temperatury na dynamikę zmian mikrobiologicznych w przechowywanych wędlinach. Wskazują, że monitorowanie pracy urządzeń chłodniczych i warunków magazynowania w jednostkach handlu hurtowego i detalicznego, stanowiących ostatnie ogniwo łańcucha produkcyjnego, jest warunkiem dostarczenia konsumentowi produktów o pożądanej jakości w deklarowanym okresie przydatności do spożycia.

Literatura

- [1] Blakistone B.A.: Meats and poultry. In: „Principles and Application of Modified Atmosphere packaging of Foods”. Ed. B.A. Blakistone, Blackie Academic and Professional, Londyn 1998, p. 240.
- [2] Cegielska-Radziejewska R., Pikul J.: Influence of storage temperature on the quality and shelf-life of sliced poultry sausage packaged under modified atmosphere. *Food Sci. Technol.*, 2000, **4**, 17-28.
- [3] Czapski J., Michniewicz J.: Wpływ opakowania na zmiany jakości żywności podczas przechowywania. *Przem. Spoż.*, 1997, **10 (51)**, 15-19.
- [4] Czerniawski B.: Pakowanie mięsa i przetworów mięsnych próżniowo oraz w mieszaninie gazów. *Mięso i Wędliny*, 1998, **6**, 26-30.
- [5] Danyluk B., Gajewska-Szczerbal H., Pyrcz J., Kowalski R.: Trwałość mikrobiologiczna wędlin pakowanych próżniowo. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria*, 2004, **3, 2**, 37-44.
- [6] Hamasaki Y., Ayaki M., Fuchu H., Sugiyama M., Morita H.: Behavior of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from spoiling cooked meat products. *Appl. Environm. Microbiol.*, 2003, **69, 6**, 3668-3671.

- [7] Kijowski J., Cegielski-Radziejewska R., Krala L.: Shelf-life extension of meat and its further-processed products stored under modified atmosphere packaging (MAP) – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2001, **10/51**, 4, 3-12.
- [8] Korkeala H., Alanko T., Makrela P., Lindroth S.: Shelf-life of vacuum-packed cooked ring sausages at different chill temperatures. *Int. J. Food Microbiol.*, 1989, **9**, 237-247.
- [9] Lesiów T., Kosiorowska M.: Opakowania aktywne i inteligentne w przetwórstwie mięsa. *Ogólnopolski Informator Masarski*, 2005, 51-59.
- [10] Labuza T., Fu B.: Growth kinetics for shelf-life prediction: theory and practice. *J. Industr. Microbiol.* 1993, 309-323.
- [11] Leszczyńska-Fik A., Fik M.: Jakość mikrobiologiczna próżniowo pakowanych wędlin plasterkowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **4 (33)**, 54-60.
- [12] Malicki A., Brużewicz S.: Stan mikrobiologiczny przypraw i przeżywalność wybranych drobnoustrojów w ich środowisku. *Mat. 37. Sesji Nauk. KNoŻ PAN*, Gdynia 2006, s. 121.
- [13] Metaxopoulos J., Mataragas M., Drosinos E.H.: Microbial interaction in cooked cured meat products under vacuum or modified atmosphere at 4°C. *J. Appl. Microbiol.*, 2002, **93**, 363-373.
- [14] *Mikrobiologia żywności – pod red. M. Burbianki, A. Pliszki, H. Burzyńskiej. PZWL, Warszawa 1983.*
- [15] Nowak A., Krysiak E.: Predominant microflora of vacuum-packed frankfurters. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2005, **14/55**, 91-94.
- [16] Optymalne „okno logistyczne” Rozważania na temat logistyki mięsa i produktów mięsnych w aspekcie specyfiki branży. *Mięso i Wędliny*, 2005, 8, 34-38, 40 (źródło: Pastors P.M. Das optimale logistische Fenster. *Fleischwirtschaft*, 9, 64-67, 2005).
- [17] PN-A-82007/A1: 1998. Przetwory mięsne. Wędliny.
- [18] PN-A-82055-6:1994. Mięso i wędliny. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie ogólnej liczby drobnoustrojów.
- [19] Rosiak E., Kołożyn-Krajewska D.: Modele wzrostu bakterii *Pseudomonas* w produktach gotowych do spożycia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44) Supl.** 191-206.
- [20] Rosiak E., Kołożyn-Krajewska D.: Zastosowanie metod prognozowania mikrobiologicznego do określania rozwoju mikroflory saprofitycznej w produktach mięsnych utrwalonych lizozymem w formie monomeru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, **3 (36)**, 5-20.
- [21] Wyslouch W., Cegielska-Radziejewska R.: Zasady sanitarne i weterynaryjne w produkcji mięsa i przetworów drobiowych. W: *Mięso i przetwory drobiowe technologia, higiena, jakość*, pod red. T. Grabowskiego i J. Kijowskiego, WNT, Warszawa 2004, s. 507-535.

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON THE DYNAMICS OF CHANGES IN BACTERIAL COUNTS IN SELECTED SAUSAGES STORED AT WHOLESALE AND RETAIL FACILITIES

Summary

The aim of the study was to assess storage temperature on the dynamics of changes in bacterial counts in selected sausages, varying in terms of their formulation, the rate of raw material comminution and production technology. Analyses of total counts of aerobic bacteria were performed at the day of delivery to the warehouse and at day 3, 5, 7, 9 and 11 of sausage storage at a temperature of $1\pm 1^\circ\text{C}$, $8\pm 1^\circ\text{C}$ and $12\pm 1^\circ\text{C}$. During the analyzed storage time sausage samples stored at $12\pm 1^\circ\text{C}$ were characterized by higher bacterial counts in comparison to samples stored at $1\pm 1^\circ\text{C}$ and $8\pm 1^\circ\text{C}$. Conducted tests confirmed the crucial effect of storage temperature on microbial contamination, visible organoleptic changes and shelf life. Storage of tested sausages at $1\pm 1^\circ\text{C}$ makes it possible to extend their shelf life by approx. 4 days.

Key words: wheat storage temperature, processed meats, shelf life 