

Tadeusz Szmańko*, Justyna Górecka, Agnieszka Nowakowska

Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WĘDLIN HOMOGENIZOWANYCH, PRZECHOWYWANYCH W TEMPERATURZE BLISKIEJ KRIOSKOPOWEJ (BADANIA MODELOWE)

Streszczenie: Celem badań było określenie wpływu niekorzystnych warunków poprodukcyjnego przechowywania wędlin homogenizowanych w okresie poprzedzającym ich przechowywanie w temperaturze bliskiej krioskopowej (t.b.k.), tj. w temp. $-3^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ przez 0, 7, 14, 21, 28 dób na wybrane wyróżniki fizykochemiczne ww. przetworów. Przechowywanie wędlin w t.b.k. rozpoczynano natychmiast po zakończeniu procesu produkcyjnego (I grupa doświadczalna) lub po 72 h (II) i po 144 h (III) utrzymywania przetworów w temperaturze 14°C . Stworzone warunki eksperymentalne wędlin w okresie poprzedzającym przechowywanie w t.b.k. powodowały wzrost zakwaszenia przetworów. Nie odnotowano natomiast istotnych zmian parametrów barwy oraz właściwości reologicznych przechowywanych wędlin.

Słowa kluczowe: wędliny homogenizowane, poprodukcyjne składowanie wędlin, przechowywanie krioskopowe, jakość.

1. Wstęp

Niedoskonałości zamrażalniczego utrwalania produktów mięsnych stymulują poszukiwania ukierunkowane na kreowanie nowych, bardziej skutecznych rozwiązań, zarówno technicznych jak również technologicznych, zapewniających porównywalną trwałość przechowywanych przetworów jak zamrażanie, lecz równocześnie nie ograniczających ich dyspozycyjności i nie pogarszających jakości [1; 2; 3].

Przetwory mięsne ze względu na znaczną zawartość elektrolitów (w tym głównie chlorku sodu), a niekiedy również zwiększoną zawartość suchej masy, charakteryzuje w porównaniu z mięsem znacznie bardziej obniżona temperatura krioskopowa. Dla większości produktów kształtuje się ona na poziomie niższym aniżeli -3°C . W przypadku niektórych przetworów dojrzewających wartość ta może kształtować się poniżej -10°C . Obniżenie temperatury przechowywania zgodnie z regułą Van't Hoffa powoduje zmniejszenie szybkości reakcji chemicznych, a zatem i de-

* Adres do korespondencji: tadeusz.szmano@up.wroc.pl.

gradacji składników odżywczych znajdujących się w produktach mięsnych. Ponadto obniżenie temperatury poniżej 0°C ogranicza lub wręcz zahamowuje rozwój mikroorganizmów, co dla przechowywanej żywności ma decydujące znaczenie [4; 5; 6; 7].

Powyższe uwarunkowania wskazują na zasadność stosowania w przechowalnictwie przetworów mięsnych warunków głębokiego schłodzenia, tj. temperatury bliskiej krioskopowej (t.b.k.), czyli „wysokich” temperatur minusowych, co potwierdziły liczne badania [2; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12-15; 16; 17]. Jednak infrastruktura chłodnicza zakładów mięsnych, hurtowni, zapleczy magazynowych punktów sprzedaży, a także urządzenia chłodnicze konsumentów nie są jeszcze przystosowane pod względem technicznym do ich eksploatacji w zakresie temperatur charakterystycznych dla przechowywania w t.b.k. Obecnie nie ma możliwości zapewnienia ww. warunków we wszystkich ogniwach obrotu produktów mięsnych. Zatem typowe mogą okazać się warunki, w których przechowywanie w t.b.k. będzie poprzedzone wcześniejszym składowaniem chłodniczym lub po przechowywaniu krioskopowym będą zastosowane warunki chłodnicze. Nieznany jest również wpływ przechowywania krioskopowego na przetwory różnej jakości, w tym także obniżonej. Nie wiadomo na przykład, czy schłodzenie do t.b.k. produktów o zaawansowanych zmianach przechowalniczych istotnie zahamuje dynamikę niepożądanych procesów i przyczyni się do wydłużenia okresu akceptowanej ich jakości.

Celem badań było określenie właściwości fizykochemicznych po różnych okresach krioskopowego przechowywania wędlin homogenizowanych różnej jakości, wygenerowanej w wyniku utrzymywania ww. przetworów przed rozpoczęciem przechowywania krioskopowego w niekorzystnych warunkach termicznych, tj. w temperaturze 14°C przez 3 i 6 dób.

2. Materiał i metodyka badań

Materiał badawczy stanowiły wędliny homogenizowane wyprodukowane w warunkach przemysłowych, pochodzące z trzech partii produkcyjnych. Na próbę indywidualną składało się 6 stugramowych batonów, zapakowanych próżniowo w laminat PA/PE. Przetwory podzielono na trzy grupy doświadczalne (I, II, III), zróżnicowane pod względem sposobu postępowania z nimi, przed rozpoczęciem przechowywania w temperaturze bliskiej krioskopowej. Składowanie wędlin I grupy doświadczalnej w t.b.k. podjęto po zakończeniu procesu produkcyjnego i 12-godzinnym przechowywaniu w warunkach chłodniczych (3°C ± 1°C). Magazynowanie wędlin po wyprodukowaniu traktowano jako etap procesu produkcyjnego. Przetwory II i III grupy po zakończeniu procesu produkcyjnego, przed umieszczeniem ich w warunkach temperatury bliskiej krioskopowej, były utrzymywane w temp. 14°C ± 1°C odpowiednio przez 3 i 6 dób. Podczas składowania w t.b.k. zastosowano temperaturę -3°C ± 0,1°C, a okres przechowywania wynosił 0 (K – próba kontrolna), 7, 14, 21 i 28 dób. W obrębie każdego okresu przechowywania z poszczególnych opakowań wyodręb-

niano 33% batonów, które po zakończeniu krioskopowego przechowywania pakowano próżniowo, a następnie kontynuowano ich składowanie w warunkach chłodniczych przez 7 dób (**B**). Wędliny po przechowywaniu krioskopowym, dodatkowo składowane w warunkach chłodniczych, wykorzystano do określenia dynamiki zmian pH i WHC.

W przechowywanych wędlinach oznaczano wybrane wyróżniki fizykochemiczne:

- Kwasowość czynną badano bezpośrednio w przetworach pH-metrem MICRO-COMPUTER CP-551, sprzężonym z elektrodą szklano-kalomelową.
- Zdolność utrzymywania wody (WHC) oznaczono metodą Graua-Hamma w modyfikacji Szmańko [18]. Za miarę WHC, wyrażoną w procentach, przyjmowano procentowy udział wody pozostającej w sprasowanych próbach, odniesionej do zawartości H₂O w 300-miligramowych naważkach, oznaczonej w surowcu przed 5-minutowym obciążeniem prób na bibule Whatman 1, 2-kilogramowym obciążnikiem.
- Pomiar fizycznych wyróżników barwy przeprowadzono przy zastosowaniu kolorymetru firmy MINOLTA CR 200b. Barwę wędlin analizowano w systemie CIE w systemie L*a*b*. W oparciu o wartości a* i b* wyliczono nasycenie barwy (N) i odcień (O). Pomiar barwy wykonywano w centrum przekrojów wędlin. W celu oznaczenia trwałości barwy 10-milimetrowej grubości plastry zapakowane próżniowo w woreczki z laminatu PA/PE naświetlano białym światłem jarzeniowym o natężeniu 250 lx przez 3, 6 i 24 h. Trwałość barwy wyliczano w oparciu o wartości wyróżników L*a*b*, oznaczone przed i po naświetleniu prób.

Stosowano następujący wzór:

$$\Delta E_n = \sqrt{\Delta(L^*_0 - L^*_n)^2 + \Delta(a^*_0 - a^*_n)^2 + \Delta(b^*_0 - b^*_n)^2},$$

gdzie: ΔE_n – trwałość barwy po n -godzinnym okresie naświetlania prób,

n – okres 3-, 6- i 24-godzinnego naświetlania prób,

L^*_0, a^*_0, b^*_0 – wartości wyróżników barwy przed naświetlaniem prób,

L^*_n, a^*_n, b^*_n – wartości wyróżników barwy po n -godzinnym okresie naświetlania prób.

- Oznaczenie parametrów reologicznych wykonano za pomocą urządzenia do badań wytrzymałościowych firmy Zwick/Roell, typ Z010. Próbkę w kształcie walca o średnicy 27 mm i wysokości 15 mm poddawano testom dwukrotnego ściskania przy 70% deformacji niszczącej (czas relaksacji międzykompresyjnej – 30 s), prędkość przesuwu głowicy ściskającej ustalono na 60 mm/min [19]. Wyznaczono następujące parametry profilu tekstury:
 - twardość – maksymalna wielkość siły nacisku na próbę podczas pierwszego cyklu ściskania [N],
 - spoistość – stosunek pracy wykonanej podczas drugiego cyklu ściskania do pracy zarejestrowanej przy pierwszej kompresji próby [wielkość bezwymiarowa],

- sprężystość – wielkość dystansu, jaki przebywa głowica w czasie drugiego cyklu ściskania [mm],
- żujność – iloczyn twardości, spoistości i sprężystości [$N \cdot mm$],
- gumowatość – iloczyn twardości i sprężystości [N].

3. Wyniki i dyskusja

Końcowa wartość pH doświadczalnych wędlin uzależniona była głównie od okresu rozpoczęcia przechowywania przetworów w temperaturze bliskiej krioskopowej (tab. 1). W czasie 28-dobowego krioskopowego składowania wędlin miał miejsce systematyczny spadek wartości ich odczynu. W grupie doświadczalnej IA wędlin, od początku eksperymentu przechowywanych w warunkach głębokiego schłodzenia ($-3^{\circ}C \pm 0,1^{\circ}C$), wartość pH przez cały okres trwania badań utrzymywała się na zbliżonym poziomie i wynosiła od 6,27 dla prób kontrolnych do 6,25 w wędlinach składowanych przez 28 dób. Natomiast przetwory, które po zakończonym procesie produkcyjnym były składowane w warunkach chłodniczych (**K(B)**), już po 7. dobach składowania charakteryzowały się istotnym obniżeniem wartości odczynu. Do podobnego poziomu (jak w przypadku **K(B)**) nastąpiło obniżenie wartości pH po 7 dobach składowania chłodniczego przetworów przechowywanych w t.b.k. przez 14, 21 i 28 dób. Jedynie w produktach składowanych przez 7 dób w t.b.k. późniejsze 7-dobowe chłodnicze składowanie skutkowało mniejszym zakwaszeniem.

Utrzymywanie wędlin grupy doświadczalnej IA, przez 3 doby w temp. $14^{\circ}C$ spowodowało istotne obniżenie wartości pH. Krioskopowe składowanie tych przetworów, skutkowało po każdym z doświadczalnych okresów, tj. po 7, 14, 21 i po 28 dobach, dalszym istotnym wzrostem zakwaszenia.

Przechowywanie materiału doświadczalnego przez 6 dób w temp. $14^{\circ}C$ generowało istotny wzrost ich zakwaszenia do poziomu dyskwalifikującego wędliny niedojrzewające jako produkt nadający się do spożycia. Prawdopodobnie było to konsekwencją namnożenia się bakterii kwasu mlekowego. Przechowywanie tych przetworów w t.b.k. powodowało dalsze, od 14 doby, istotne obniżenie wartości pH. Również po kolejnych okresach składowania wędlin w t.b.k. późniejsze ich utrzymywanie w chłodniczych warunkach skutkowało systematycznym zakwaszaniem wędlin.

Stwierdzone postępujące obniżenie wartości pH wyrobów, przed rozpoczęciem przechowywania krioskopowego, utrzymywanych w niekorzystnych warunkach termicznych, potwierdzają wyniki wcześniejszych badań własnych, przeprowadzonych na wędlinach homogenizowanych przechowywanych w t.b.k. [14].

Składowanie przetworów I grupy doświadczalnej w t.b.k. przez 14 dób nie powodowało obniżenia zdolności utrzymywania wody. Dopiero od 21 doby odnotowano statystycznie istotne zmniejszenie wartości omawianego parametru. Istotnym zmianom nie ulegała także wodochłonność wyrobów podczas ich 7-dobowego chłodniczego składowania po uprzednim krioskopowym przechowywaniu. Jednak

wartości WHC wędlin przetrzymywanych w warunkach chłodniczych po kolejnych okresach krioskopowego przechowywania ulegały systematycznemu obniżaniu. Po 21 dobach zmniejszenie wartości WHC wędlin składowanych chłodniczo po uprzednim przechowywaniu krioskopowym było istotne w porównaniu z odnotowanym po wcześniejszych okresach.

Pozostawienie wędlin w temp. 14°C przez 3 i 6 dób nie miało wpływu na wartość WHC zarówno podczas przechowywania w t.b.k., jak również w trakcie późniejszego składowania chłodniczego. Także we wcześniejszych badaniach własnych nie odnotowano wpływu przechowywania kielbasy parówkowej w t.b.k. na WHC [14].

Utrzymywanie wędlin przed rozpoczęciem przechowywania krioskopowego w temp. 14°C, odpowiednio przez 3 (KII) i 6 dób (KIII), skutkowało rozjaśnieniem barwy (tab. 3). Przechowywanie w temp. -3°C przetworów wszystkich trzech grup doświadczalnych (I, II, III) powodowało obniżenie wartości parametru L^* barwy. Dynamika tych zmian była największa w wędlinach przechowywanych w t.b.k. bezpośrednio po zakończonym procesie technologicznym (I).

Składowanie wędlin przed rozpoczęciem przechowywania krioskopowego w niekorzystnych warunkach termicznych (II, III) skutkowało wzrostem udziału barwy czerwonej w widmie odbiciowym przetworów (tab. 4). Powyższe zmiany nie znajdują racjonalnego wytłumaczenia. Bardziej uzasadniona wydawać by się mogła degradacja barwników w ww. warunkach przechowywanych przetworach. Po poszczególnych okresach krioskopowego przetrzymywania wędlin odnotowana na początku eksperymentu tendencja do wyższego udziału barwy czerwonej w widmie odbiciowym przetworów II i III grupy doświadczalnej utrzymywała się. Wyjątek stanowiła 14 doba przechowywania, po której wędliny I grupy odznaczały się najwyższą wartością parametru a^* barwy.

Niekorzystne warunki termiczne, poprzedzające krioskopowe przetrzymywanie wędlin (KII, KIII), skutkowały istotnym, proporcjonalnym do czasu trwania ww. okresu, zwiększeniem udziału w widmie odbiciowym przetworów barwy żółtej (tab. 5). Prawdopodobnie było to konsekwencją dynamicznej degradacji barwników mięśniowych, intensywniej przebiegającej w temp. 14°C. Podczas przechowywania wędlin w temp. -3°C przez 7 (II, III) i 14 (I) dób barwa ww. przetworów charakteryzowała się dalszym wzrostem udziału składowej żółtej w widmie odbiciowym. Późniejsze przechowywanie krioskopowe przetworów skutkowało wzrostem wartości parametru b^* barwy jedynie w wędlinach III grupy doświadczalnej.

Utrzymywanie kielbas homogenizowanych przed przechowywaniem krioskopowym w temp. 14°C generowało zwiększenie wartości nasycenia barwy. W grupach doświadczalnych przetworów KII i KIII było ono większe aniżeli w przypadku KI. Przechowywanie wszystkich grup doświadczalnych przetworów w temp. -3°C skutkowało wzrostem wartości nasycenia barwy (tab. 6). Wędliny przechowywane wyłącznie w warunkach temperatury bliskiej krioskopowej (I) charakteryzowały się

tendencją do przyjmowania wyższych wartości parametru N barwy w porównaniu z przetworami grupy doświadczalnej II i III.

Skrócenie okresu czasu od zakończenia procesu produkcyjnego przetworów do rozpoczęcia ich przechowywania w t.b.k. powodowało wyższe wartości odcienia barwy wędlin (tab. 7). Było to konsekwencją zwiększającego się udziału barwy żółtej w widmie odbiciowym analizowanych przetworów. Omawiany wyróżnik barwy, w obrębie poszczególnych grup doświadczalnych wędlin (I, II, III), podczas przechowywania krioskopowego utrzymywał się na niemal niezmiennym poziomie.

Trzygodzinne naświetlanie światłem białym wędlin I grupy doświadczalnej generowało najwyższą wartość wyróżnika ΔE_3 , co może być utożsamiane z najmniejszą trwałością barwy w obrębie badanych przetworów (tab. 8). Prawdopodobnie warunki utrzymywania wędlin II i III grupy doświadczalnej przed późniejszym przechowywaniem krioskopowym w tak znaczącym stopniu spowodowały zmianę barwy, że późniejsze testowanie jej trwałości nie wykazywało już tak istotnych różnic. W miarę upływu czasu przechowywania przetworów I grupy doświadczalnej w warunkach „wysokich” temperatur minusowych zaobserwowano tendencję do pogarszania się trwałości barwy. Sześć- i dwudziestoczęterogodzinna ekspozycja przetworów na działanie światła o natężeniu 250 lx powodowała pomiędzy poszczególnymi grupami doświadczalnymi (I, II, III) znacznie mniejsze zróżnicowanie pod względem trwałości barwy (tab. 9, tab. 10). Po 24-godzinnym naświetlaniu prób, zaobserwowano tendencję do niższej trwałości barwy wędlin III grupy doświadczalnej.

Utrzymywanie doświadczalnych wędlin w temp. 14°C skutkowało zwiększeniem twardości przetworów grup doświadczalnych KII i KIII (tab. 11). Otrzymane wyniki jedynie częściowo są potwierdzeniem wcześniejszych badań własnych, w których wędliny homogenizowane były przechowywane krioskopowo w temp. o 0,6°C niższej aniżeli w referowanych badaniach [14]. Przetrzywanie materiału doświadczalnego, bezpośrednio po zakończeniu procesu technologicznego w t.b.k., początkowo (do 14 doby składowania) generowało wzrost twardości, a w późniejszym okresie zmniejszenie wartości omawianego wyróżnika. Twardość wędlin przez 3 doby przed rozpoczęciem przechowywania krioskopowego utrzymywanych w temp. 14°C, podczas przechowywania w t.b.k. po 7 dobach istotnie obniżyła się, a po 21 dobach magazynowania utrzymywała się na poziomie podobnym jak w grupie I. Również tendencją spadkową charakteryzowała się twardość wędlin III grupy doświadczalnej, przechowywanych w t.b.k., jednak po każdym z doświadczalnych okresów oznaczone wartości twardości były wyższe aniżeli w przetworach grupy I i II. Odnotowano tendencję do współzależności twardości wędlin z ich zdolnością utrzymywania wody. Prawdopodobnie tę potwierdzają również badania innych autorów [20; 21; 22].

Podczas przechowywania doświadczalnych przetworów w t.b.k. stwierdzono tendencję do większej spoistości i sprężystości wędlin, których składowanie w temp. -3°C rozpoczęto bezpośrednio po zakończeniu procesu technologicznego (I),

(tab. 12, tab. 15). Odnotowany kierunek zmian jest potwierdzeniem obserwacji pozycjonowanych we wcześniej przeprowadzonych badaniach własnych [14].

Zastosowane czynniki doświadczalne nie miały wpływu na gumowatość i żujność doświadczalnych wędlin (tab. 13, tab. 14). Powyższych zmian nie odnotowano również w cytowanych badaniach własnych [14].

Tabela 1. Odczyn (pH) wędlin ($n = 18$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
		I	II	III		
K	A	x	6,27 ^{cBb*}	5,82 ^{bEb}	5,27 ^{aBb}	0,05
		sd	0,02	0,06	0,06	
	B	x	6,21 ^{caA}	5,57 ^{baC}	5,11 ^{aaC}	0,05
		sd	0,02	0,15	0,06	
NIR _{a,b}		0,02	0,08	0,06		
7	A	x	6,27 ^{cBb}	5,74 ^{bDb}	5,33 ^{aBb}	0,06
		sd	0,02	0,11	0,10	
	B	x	6,24 ^{caB}	5,34 ^{baB}	5,02 ^{aaBC}	0,07
		sd	0,02	0,13	0,10	
NIR _{a,b}		0,02	0,07	0,07		
14	A	x	6,27 ^{cBb}	5,48 ^{bCB}	5,34 ^{aCb}	0,05
		sd	0,02	0,11	0,10	
	B	x	6,22 ^{caA}	5,24 ^{baA}	5,00 ^{aaB}	0,05
		sd	0,04	0,13	0,11	
NIR _{a,b}		0,02	0,05	0,06		
21	A	x	6,27 ^{cBb}	5,46 ^{bBb}	5,36 ^{aCb}	0,06
		sd	0,02	0,14	0,17	
	B	x	6,20 ^{baA}	5,26 ^{aaA}	5,06 ^{aaC}	0,06
		sd	0,04	0,12	0,13	
NIR _{a,b}		0,02	0,06	0,07		
28	A	x	6,25 ^{cAb}	5,44 ^{bAb}	4,99 ^{aAb}	0,06
		sd	0,02	0,13	0,15	
	B	x	6,20 ^{caA}	5,25 ^{baA}	4,93 ^{aaA}	0,05
		sd	0,05	0,13	0,15	
NIR _{a,b}		0,03	0,05	0,06		
NIR A _{A,B}		0,02	0,02	0,04		
NIR B _{A,B}		0,03	0,05	0,06		

* – patrz legenda.

Tabela 2. Zdolność utrzymywania wody [%], ($n = 18$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
		I	II	III		
K	A	x	70,53 ^{AB*}	71,53	69,26	4,01
		sd	5,78	5,60	4,10	
	B	x	73,05 ^B	70,35	70,82	4,07
		sd	3,63	4,28	4,08	
NIR _{a,b}		4,01	4,19	5,40		
7	A	x	71,17 ^B	68,54	69,80	4,28
		sd	7,33	3,28	3,68	
	B	x	70,80 ^B	70,19	71,21	5,24
		sd	4,30	4,85	3,99	
NIR _{a,b}		5,26	4,85	5,97		
14	A	x	68,26 ^{AB}	66,49	69,42	4,88
		sd	3,08	4,16	3,24	
	B	x	69,18 ^{AB}	69,96	70,37	5,91
		sd	4,01	5,20	5,28	
NIR _{a,b}		6,11	5,43	5,63		
21	A	x	64,76 ^A	65,63	69,07	5,24
		sd	5,70	4,72	7,16	
	B	x	65,40 ^A	69,13	70,25	4,99
		sd	5,17	6,25	3,75	
NIR _{a,b}		6,13	5,52	4,87		
28	A	x	62,51 ^{Aa}	65,45 ^{ab}	68,13 ^b	5,01
		sd	8,64	5,38	7,06	
	B	x	64,37 ^A	68,16	67,98	5,61
		sd	5,50	6,98	4,15	
NIR _{a,b}		5,46	4,99	4,82		
NIR _{A,B}		5,20	4,91	5,44		
NIR _{B_{A,B}}		5,34	5,60	5,43		

* – patrz legenda.

Tabela 3. Barwa wędlin. Parametr L* ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	70,30 ^{aB*}	71,23 ^{bC}	70,99 ^{bC}	0,50
	sd	0,56	1,04	1,20	
7	x	70,68 ^{bC}	70,45 ^{abB}	70,04 ^{aA}	0,46
	sd	0,64	0,77	0,83	
14	x	70,37 ^{bB}	69,82 ^{aA}	70,61 ^{bC}	0,30
	sd	0,85	0,93	0,72	
21	x	70,10 ^{aB}	70,47 ^{aB}	70,42 ^{aB}	0,28
	sd	1,01	0,91	0,73	
28	x	69,51 ^{aA}	70,37 ^{bB}	69,74 ^{aA}	0,29
	sd	1,24	1,14	0,97	
NIR _{A,B}		0,30	0,43	0,40	

Tabela 4. Barwa wędlin. Parametr a* ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	10,55 ^{aA*}	10,94 ^{bA}	11,30 ^{cA}	0,35
	sd	0,66	0,80	0,87	
7	x	11,39 ^{aB}	11,67 ^{bB}	11,65 ^{aB}	0,28
	sd	1,03	0,86	0,91	
14	x	11,76 ^{bC}	11,73 ^{bB}	11,47 ^{aA}	0,24
	sd	0,67	0,62	0,77	
21	x	11,49 ^{aB}	11,66 ^{aB}	12,08 ^{bC}	0,24
	sd	0,73	0,80	1,04	
28	x	11,68 ^{aBC}	11,78 ^{aB}	12,01 ^{bC}	0,21
	sd	0,95	0,73	0,76	
NIR _{A,B}		0,25	0,20	0,26	

* – patrz legenda.

Tabela 5. Barwa wędlin. Parametr b* ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	9,80 ^{A*}	9,63 ^B	9,52 ^A	0,39
	sd	1,12	1,08	0,95	
7	x	10,40 ^{cB}	9,34 ^{aA}	9,99 ^{bB}	0,30
	sd	0,96	0,87	0,76	
14	x	10,80 ^{bC}	10,22 ^{aC}	10,07 ^{aB}	0,25
	sd	1,31	1,28	0,88	
21	x	10,99 ^{bC}	10,45 ^{aCD}	10,37 ^{aC}	0,25
	sd	0,81	1,37	0,94	
28	x	10,86 ^{cC}	10,64 ^{bD}	10,15 ^{aBC}	0,20
	sd	0,77	0,95	0,83	
NIR _{A,B}		0,36	0,28	0,25	

Tabela 6. Barwa wędlin. Nasycenie ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	14,40 ^{A*}	14,57 ^A	14,77 ^A	1,11
	sd	2,04	1,99	1,87	
7	x	15,42 ^A	14,95 ^B	15,35 ^B	0,90
	sd	1,01	0,84	0,86	
14	x	15,97 ^{bB}	15,56 ^{aC}	15,26 ^{aB}	0,33
	sd	1,12	0,88	0,80	
21	x	15,90 ^B	15,66 ^C	15,92 ^C	0,35
	sd	0,78	0,76	0,75	
28	x	15,95 ^B	15,87 ^C	15,72 ^C	0,39
	sd	0,86	0,91	0,94	
NIR _{A,B}		0,30	0,34	0,34	

* – patrz legenda.

Tabela 7. Barwa wędlin. Odcień ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	42,89 ^{ba*}	41,35 ^{abB}	41,10 ^a	1,55
	sd	3,21	3,54	2,73	
7	x	42,40 ^{ca}	38,66 ^{aA}	40,60 ^b	1,10
	sd	3,66	2,99	2,74	
14	x	42,55 ^{ba}	41,05 ^{ab}	41,28 ^a	0,96
	sd	4,11	3,40	2,55	
21	x	43,71 ^{cb}	41,86 ^{bb}	40,63 ^a	0,84
	sd	2,56	3,16	3,08	
28	x	42,92 ^{ca}	42,08 ^{bb}	40,20 ^a	0,76
	sd	2,68	2,83	2,84	
NIR _{A,B}		0,87	1,13	1,06	

Tabela 8. Trwałość barwy wędlin naświetlanych przez 3 godz., $\Delta E3$ ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	0,69	0,58	0,50	0,48
	sd	0,88	0,73	0,72	
7	x	0,68	0,54	0,48	0,53
	sd	0,81	0,66	0,75	
14	x	0,78	0,39	0,60	0,53
	sd	0,63	0,79	0,52	
21	x	0,94	0,34	0,64	0,57
	sd	0,48	0,67	0,92	
28	x	1,02 ^{b*}	0,52 ^a	0,53 ^{ab}	0,50
	sd	0,58	0,64	0,60	
NIR _{A,B}		0,60	0,57	0,55	

* – patrz legenda.

Tabela 9. Trwałość barwy wędlin naświetlanych przez 6 godz., $\Delta E6$ ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]	Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}	
	I	II	III		
K	x	0,57 [*]	0,48	0,43	0,89
	sd	0,54	0,51	0,67	
7	x	0,51	0,51	0,34	0,75
	sd	0,49	0,46	0,79	
14	x	0,37	0,50	0,45	0,43
	sd	0,77	0,87	0,63	
21	x	0,49	0,44	0,41	0,37
	sd	0,72	0,64	0,58	
28	x	0,66	0,37	0,40	0,30
	sd	0,74	0,81	0,65	
NIR _{A,B}		0,50	0,63	0,54	

Tabela 10. Trwałość barwy wędlin naświetlanych przez 24 godz., ΔE_{24} ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	0,40	0,32	0,57	0,78
	sd	0,61	0,79	0,64	
7	x	0,33	0,56	0,41	0,65
	sd	0,71	0,68	0,51	
14	x	0,64	0,51	0,80	0,38
	sd	0,69	0,60	0,37	
21	x	0,56 ^{ab*}	0,48 ^a	0,76 ^b	0,27
	sd	0,62	0,74	0,76	
28	x	0,52	0,44	0,84	0,43
	sd	0,64	0,73	0,35	
NIR _{A,B}		0,45	0,70	0,56	

* – patrz legenda.

Tabela 11. Właściwości reologiczne wędlin. Twardość [N], ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	52,60 ^{aa*}	62,27 ^{bb}	67,77 ^{cb}	3,20
	sd	3,23	4,11	4,06	
7	x	61,35 ^{bb}	53,07 ^{aa}	61,30 ^{ba}	3,18
	sd	4,73	3,85	3,27	
14	x	58,68 ^{bb}	53,64 ^{aa}	61,27 ^{ba}	4,03
	sd	3,01	3,51	5,60	
21	x	50,62 ^{aa}	52,36 ^{aa}	61,87 ^{ba}	2,20
	sd	1,19	1,20	2,63	
28	x	51,47 ^{aa}	52,29 ^{aa}	60,92 ^{ba}	2,18
	sd	4,60	1,31	1,94	
NIR _{A,B}		2,87	3,65	4,50	

Tabela 12. Właściwości reologiczne wędlin. Spoistość ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	0,258 ^{A*}	0,261	0,268	0,02
	sd	0,05	0,03	0,02	
7	x	0,267 ^A	0,259	0,276	0,03
	sd	0,01	0,03	0,06	
14	x	0,277 ^B	0,255	0,244	0,04
	sd	0,07	0,06	0,03	
21	x	0,350 ^{bc}	0,286 ^a	0,254 ^a	0,04
	sd	0,02	0,07	0,04	
28	x	0,297 ^{bb}	0,266 ^{ab}	0,257 ^a	0,04
	sd	0,03	0,03	0,05	
NIR _{A,B}		0,03	0,04	0,04	

* – patrz legenda.

Tabela 13. Właściwości reologiczne wędlin. Gumowatość [N], ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	14,40 ^{a*}	15,82 ^a	18,36 ^b	2,30
	sd	1,13	3,29	4,14	
7	x	15,92 ^{ab}	13,70 ^a	17,38 ^b	3,21
	sd	3,13	4,87	4,56	
14	x	17,00	14,42	15,47	5,40
	sd	10,92	8,84	3,93	
21	x	18,62	15,10	16,68	5,69
	sd	13,70	7,36	4,62	
28	x	15,39	15,43	17,55	4,20
	sd	3,44	5,81	2,39	
NIR _{A,B}		5,50	5,28	4,11	

Tabela 14. Właściwości reologiczne wędlin. Żujność [N·mm], ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	13,2 ^{a*}	14,9 ^{ab}	17,1 ^b	3,0
	sd	1,0	2,7	3,4	
7	x	14,7 ^{ab}	12,6 ^a	15,6 ^b	3,0
	sd	1,7	5,1	4,8	
14	x	16,4	12,7	14,0	5,0
	sd	11,0	8,4	3,7	
21	x	16,2	12,9	17,5	6,0
	sd	13,4	7,5	3,2	
28	x	13,1 ^a	14,0 ^a	18,3 ^b	4,0
	sd	3,1	6,7	2,5	
NIR _{A,B}		4,0	6,0	5,0	

* – patrz legenda.

Tabela 15. Właściwości reologiczne wędlin. Sprężystość [mm], ($n = 10$)

Okres przechowywania [doby]		Sposób przechowywania wędlin			NIR _{a,b}
		I	II	III	
K	x	0,937	0,949 ^B	0,941	0,035
	sd	0,028	0,028	0,049	
7	x	0,940	0,910 ^{AB}	0,894	0,054
	sd	0,066	0,083	0,059	
14	x	0,923 ^{b*}	0,877 ^{abAB}	0,847 ^a	0,050
	sd	0,093	0,045	0,043	
21	x	0,962 ^c	0,834 ^{aA}	0,906 ^b	0,053
	sd	0,047	0,084	0,055	
28	x	0,964 ^b	0,862 ^{aA}	0,921 ^b	0,048
	sd	0,052	0,059	0,042	
NIR _{A,B}		0,045	0,080	0,063	

* – patrz legenda.

Legenda do tabel 1-15:

- **t.b.k.** – temperatura bliska temperatury krioskopowej,
- **K(A)** – próby kontrolne nieprzechowywane w temperaturze bliskiej krioskopowej,
- **K(B)** – próby kontrolne nieprzechowywane w temperaturze bliskiej krioskopowej, przechowywane przez 7 dób w warunkach chłodniczych,
- **K, 7, 14, 21, 28** – próby przechowywane w temperaturze bliskiej krioskopowej odpowiednio przez 0, 7, 14, 21, 28 dób,
- **B** – próby po przechowywaniu krioskopowym składowane w temp. 3°C przez 7 dób, również w przypadku grupy **K** (po zakończeniu procesu produkcyjnego), (tab. 1 i 2),
- **I** – próby po zakończeniu procesu produkcyjnego przechowywane w t.b.k.,
- **II** – próby po zakończeniu procesu produkcyjnego przechowywane przez 3 doby w temp. 14°C ± 1°C, a następnie w t.b.k.,
- **III** – próby po zakończeniu procesu produkcyjnego przechowywane przez 6 dób w temp. 14°C ± 1°C, a następnie w t.b.k.,
- **x** – wartość średnia,
- **n** – liczba powtórzeń,
- **sd** – odchylenie standardowe,
- **NIR** – najmniejsza istotna różnica,
- **a, b, c...** – średnie w tych samych wierszach, oznaczone różnymi małymi pogrubionymi literami, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$,
- **a, b, c...** – średnie w poszczególnych kolumnach (I, II, III) w obrębie grup doświadczalnych (K, 7, 14, 21, 28), oznaczone różnymi małymi, pochyłymi, niepogrubionymi literami, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ (dotyczy tylko tab. 1 i 2),
- **A, B, C...** – średnie w obrębie kolumn (I, II, III), prób przechowywanych w t.b.k., oznaczone różnymi dużymi pogrubionymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$,
- **A, B, C...** – średnie w obrębie kolumn I, II, III, wyliczone dla prób po przechowywaniu krioskopowym, składowanych w temp. 3°C ± 0,1°C (B – dotyczy tab. 1 i 2), oznaczone różnymi dużymi, pochyłymi, niepogrubionymi literami, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

4. Wnioski

1. Zapewnienie warunków krioskopowego przetrzymywania bezpośrednio po zakończeniu procesu produkcyjnego wędlin sprzyjało stabilizacji pH na niemal niezmiennym poziomie podczas całego, tj. 28-dobowego, okresu składowania przetworów.

2. Zróżnicowane temperatury przechowywania, tj. zastosowane przemiennie warunki chłodnicze i krioskopowe, a także oddziaływanie na wędliny czynników

sprzyjających pogorszeniu jakości (przechowywanie w temp. 10°C), nie wywarły niekorzystnego wpływu na zdolność utrzymywania wody oraz wyróżniki reologiczne eksperymentalnych przetworów.

3. Barwa wędlin, nieprzerwanie utrzymywanych w warunkach temperatury bliskiej krioskopowej, charakteryzowała się ustabilizowanym udziałem składowej żółtej widma oraz najwolniej (porównaniu z pozostałymi grupami doświadczalnymi) zmieniającym się odcieniem podczas magazynowania. Zachowanie wyższych wartości parametrów barwy (L^* , a^* , b^*) przetworów przechowywanych wyłącznie w warunkach temperatury bliskiej krioskopowej skutkowało bardziej dynamicznymi jej zmianami podczas 3-godzinnego naświetlania prób.

Literatura

- [1] Szmańko T., *Entwicklung der Bakterienflora vakuumverpackter, gefrier gelagerter Kochschinken*, Fleischwirtschaft 1992, 72, 3, 336-338.
- [2] Szmańko T., Duda Z., Kośna D., *Geräucherte Schinken aus Rindfleisch Einfluss des Einfrierens und der Gefrierlagerung auf ausgewählte qualitative Kennziffern*, Fleischwirtschaft 1989, 69, 1, 99-103.
- [3] Szmańko T., Duda Z., Szymanowska S., *Auftaubbedingungen für nicht eingedoste Schweineschinken. Versuch einer Optimierung*, Fleischwirtschaft 1985, 65, 7, 786-793.
- [4] Szmańko T., Duda Z., Kajdan L., Kubis B., *Storage of selected sort of processed meat product at cryoscopic temperature – an attempt at energy conservation. Changes in proteins, amino acids balance and in vitro digestibility of cured smoked raw pork-loin*, Acta Alimentaria Polonica 1988, 2, 145-156.
- [5] Szmańko T., Duda Z., Kuba J., *Changes of selected quality parameters of cured, smoked raw pork-loin during storage at near cryoscopic temperature*, Proc. 36th ICoMST, Cuba Havana 1990, III, 819-826.
- [6] Szmańko T., Duda Z., Ogonowska D., *The quality of uncanned ham as influenced by long-term storage at cryoscopic temperature. Recent advances and developments in the refrigeration of meat by chilling*, Proc. International Institute of Refrigeration, Bristol, 1986, Commission C 2, 329-337.
- [7] Szmańko T., Sieniakowski S., *Gefrierlagerung von geräuchertem Schweinefleisch. Veränderungen der Sarkoplasmaproteine und ausgewählter physikalisch-chemischer Eigenschaften bei Lagerung in Gefrierpunktnähe*, Fleischwirtschaft 1991, 71, 11, 1337-1340.
- [8] Szmańko T., *Ocena efektywności przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej oraz w stanie zamrożonym (badania modelowe)*, Zesz. Nauk. AR Wroc. Rozp. 1998, 334, CLIV, 1-124.
- [9] Szmańko T., Dorobisz A., Szczepański J., *Struktura i wybrane właściwości fizykochemiczne wędzonek z mięsa wołowego przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2003, 1, 59-71.
- [10] Szmańko T., Duda Z., Szczepański J., *Wpływ przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej i w stanie zamrożonym na ich jakość sensoryczną*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2004, 1 (38), 105-119.

- [11] Szymańko T., Duda Z., Szczepański J., Dworecka E., *Zmiany przechowalnicze tłuszczu oraz zanieczyszczenie mikrobiologiczne wędzonek w zależności od warunków przechowywania*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2004, 2 (39), 46-58.
- [12] Szymańko T., Honikel K.O., Hofmann K., *Changes in histological structure and physicochemical properties of raw, cured, smoked pork loins resulting from freezing near cryoscopic temperature*, Die Nahrung 1995, 39, 5/6, 432-451.
- [13] Szymańko T., Malicki A., Cichoń A., Brużewicz S., Dworecka E., *Quality of sopocka pork loin wrapped directly post thermal treatment or after chilling and stored at near cryoscopic temperature*, Pol. J. Food. Nutr. Sci. 2005, 14/55, 111-116.
- [14] Szymańko T., Malicki A., Nawrat A., Brużewicz S., Dworecka E., *Shelf-life of homogenized sausage depends on the moment it was placed at near cryoscopic temperature*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Veterinary Medicine 2006, 9, 1, 1-10.
- [15] Szymańko T., Malicki A., Nowara M., Brużewicz S., Dworecka E., *Ocena trwałości wędzonek powierzchniowo traktowanych substancjami bakteriostatycznymi, przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej*, Acta Sci. Pol. Medicina Veterinaria 2006, 6, 11-24.
- [16] Szymańko T., Zawada R., *Ocena możliwości przechowywania wybranych dań kulinarnych w stanie głębokiego schłodzenia*, Prace Instytutu Zarządzania i Inżynierii Rolnej PWSZ w Sulechowie 2009, 3, 22-32.
- [17] Szymańko T., Wasilewska B., Dzieszuk W., *Wpływ warunków obróbki cieplnej oraz przechowywania na strukturę polędwicy sopockiej*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2003, 2, 57-70.
- [18] Szymańko T., *Urządzenie do pomiaru zdolności utrzymywania wody*, Prawo Ochronne nr 40767, Biuletyn Urzędu Patentowego RP5 1986, 38.
- [19] Bourne M.C., *Ford Texture and Viscosity: Concept and Measurement*, Academic Press, New York 1982.
- [20] Dolata W., Makala H., Olkiewicz M., *Charakterystyka wyróżników reologicznych i sensorycznych modelowych wyrobów mięsnych produkowanych z dodatkiem skrobi ziemniaczanej*, Żywność. Technologia. Jakość 2001, 1, 37-46.
- [21] Jarmoluk A., Zimoch A., Tomaszek A., *Wpływ mąki kukurydzianej na zmienność wybranych cech jakościowych homogenatów mięsnotłuszczowych*, Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego 2007, XLV/1, 133-144
- [22] Jasiewicz K., Słowiński M., Wróbel R., *Wpływ wielkości dodatku skrobi ziemniaczanej i kukurydzianej na jakość drobiowych farszów i kielbas drobno rozdrobnionych*, Mięso i Wędliny 2002, 6, 44-48.

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF HOMOGENIZED SAUSAGES STORED AT NEAR CRYOSCOPIC TEMPERATURE (MODEL RESEARCH)

Summary: The aim of study is to determine the impact of unfavourable conditions on physicochemical parameters of homogenized sausages stored at near cryoscopic temperature. After completing the production the sausages were stored at once at -3°C (group I), or after storage at 14°C for 72 hours (II) and 144 hours (III). Subsequently, all the products were stored at near cryoscopic temperature ($-3^{\circ}\text{C}\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) for 0, 7, 14, 21, 28 days. The sausages were exposed to unfavourable conditions prior the cryoscopic storage, reflected to their increased acidity. However, they changed neither the colour nor rheological parameters value of the products.

Key words: homogenized sausages, post-production storage meat products, storage at near cryoscopic temperature, quality.