

ANNA D. KONONIUK, MAŁGORZATA KARWOWSKA

**PORÓWNANIE ZMIAN FIZYKOCHEMICZNYCH
I PROTEOLITYCZNYCH ZACHODZĄCYCH W KIEŁBASACH SUROWO
DOJRZEWAJĄCYCH Z MIĘSA WOŁOWEGO I Z MIĘSA DANIELA
PODCZAS ICH PRZECHOWYWANIA**

Streszczenie

Celem badań było porównanie trwałości przechowalniczej kielbas surowo dojrzewających z mięsa daniela i z mięsa wołowego na podstawie oceny intensywności przemian proteolitycznych i zachodzących zmian fizykochemicznych oraz ich wpływu na barwę i teksturę badanych kielbas.

Wyprodukowano po 4 warianty doświadczalne kielbas z mięsa wołowego oraz z mięsa daniela: C – wariant kontrolny z dodatkiem peklosoli (2,8 %), S – wariant referencyjny z solą morską (2,8 %), SAW – wariant badany z dodatkiem soli morskiej (2,8 %) i serwatki kwasowej (5 %), SAA – wariant badany z dodatkiem soli morskiej (2,8 %), serwatki kwasowej (5 %) i askorbinianu sodu (0,05 %). W celu oceny intensywności przemian proteolitycznych określono zawartość azotu ogólnego (TN) i azotu niebiałkowego (NPN), na podstawie których wyliczono indeks proteolizy (PI). Zmiany fizykochemiczne oceniono na podstawie pomiaru pH i aktywności wody (a_w) po procesie dojrzewania (0), po półrocznym (180) oraz rocznym (360) okresie chłodniczego przechowywania. Barwę badanych kielbas (CIE $L^*a^*b^*$) oraz instrumentalną analizę wyróżników tekstury wykonano po 180 i 360 dniach przechowywania produktów.

Uzyskane wyniki wskazują na istotny wpływ czasu przechowywania, zastosowanego rodzaju mięsa oraz dodatków na wszystkie badane parametry. Zaobserwowano, że kielbasy z mięsa daniela są bardziej podatne na niekorzystne zmiany zachodzące w trakcie długotrwałego ich przechowywania (wyższe wartości pH i aktywności wody, bardziej zaawansowane przemiany proteolityczne). Niezależnie od gatunku mięsa kielbasy, do których produkcji wykorzystano serwatkę kwasową charakteryzowały się zbliżonymi wartościami badanych cech w trakcie długotrwałego przechowywania chłodniczego w porównaniu z kontrolnymi wariantami z dodatkiem mieszanki peklującej. Zastosowanie dodatku serwatki kwasowej i askorbinianu sodu pozwoliło na ograniczenie wzrostu wartości pH, aktywności wody, intensywności przemian proteolitycznych oraz niekorzystnych zmian barwy i tekstury w trakcie przechowywania produktów jedynie w przypadku kielbas wołowych.

Słowa kluczowe: mięso wołowe, mięso z daniela, kielbasa surowo dojrzewająca, serwatka kwasowa, askorbinian sodu, przemiany proteolityczne

Wprowadzenie

W ostatnim czasie obserwuje się wzrost popytu na mięso zwierząt łownych (danieli, saren, jeleni, dzików). Zainteresowanie konsumentów niekonwencjonalnymi gatunkami mięsa wynika zarówno ze zwiększającej się dostępności tych surowców na rynku, jak i z ich walorów odżywczych czy sensorycznych [3]. Według danych GUS w latach 2013 - 2016 obserwowano systematyczny wzrost ilości zwierzyny łownej skupowanej przez podmioty gospodarcze (z 9368 ton tusz w roku 2013 do 13250 ton tusz w roku 2016) [30]. Mięso zwierząt łownych charakteryzuje się większą zawartością białka w porównaniu z wieprzowiną, a także mniejszą zawartością tłuszczu o korzystniejszym profilu kwasów tłuszczowych w stosunku do mięsa wołowego czy wieprzowego [3, 7, 19]. Wśród ekspertów doceniany jest intensywny smak i aromat oraz delikatność mięsa z daniela czy jelenia w porównaniu z mięsem wołowym [3].

Produkcja wyrobów mięsnych surowo dojrzewających pozwala na uzyskanie odpowiedniej trwałości produktów, ograniczając przy tym utratę pożądaných składników odżywczych. Produkty surowo dojrzewające są bogatym źródłem pełnowartościowego białka o korzystnym składzie aminokwasowym, a także wielu związków bioaktywnych, takich jak bioaktywne peptydy, aminokwasy egzogenne czy sprzężony kwas linolowy (CLA) [9, 27, 31]. Wykorzystanie do produkcji wyrobów surowo dojrzewających mięsa zwierząt łownych może pozwolić na uzyskanie produktów o unikatowej wartości odżywczej.

Obecne trendy w przetwórstwie wyrobów mięsnych wskazują na dążenie przedsiębiorców do ograniczania stosowania azotanów. Poszukiwane są substancje naturalne (ekstrakty roślinne, kultury startowe) pozwalające na eliminację dodatku konserwantów [9, 14, 15, 31]. Jedną z alternatyw stosowania azotanów może być wykorzystanie serwatki kwasowej. Istnieje szereg publikacji dokumentujących jej pozytywny wpływ na produkcję bezazotanowych, surowo dojrzewających wyrobów mięsnych [15, 31]. Zastosowanie askorbinianu sodu może dodatkowo wspomagać proces fermentacji i dojrzewania kielbas oraz wpływać na zahamowanie niekorzystnych przemian chemicznych zachodzących podczas długotrwałego przechowywania. Askorbiniany znajdują zastosowanie jako regulatory kwasowości, przeciwutleniacze oraz konserwanty, przez co mogą wpływać na tworzenie aromatu i barwy produktów, ograniczając procesy oksydacyjne, czy hamując namnażanie patogennych mikroorganizmów [11, 22, 23].

W literaturze przedmiotu znajduje się wiele informacji dotyczących produkcji wyrobów surowo dojrzewających z mięsa zwierząt łownych [5, 6, 15, 20, 26]. Jest jednak bardzo niewiele informacji dotyczących zmian zachodzących w trakcie poprodukcyjnego przechowywania wyrobów surowo dojrzewających z mięsa zwierząt dzikich w porównaniu z konwencjonalnie wykorzystywaną wołowiną.

Celem niniejszej pracy było porównanie intensywności zmian proteolitycznych i fizykochemicznych a także zmian tekstury oraz barwy zachodzących podczas chłod-

niczego przechowywania kielbas surowo dojrzewających z mięsa daniela i z mięsa wołowego.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły surowo dojrzewające kielbasy wyprodukowane w warunkach półtechnicznych z 80 % mięsa (daniela lub wołowego) oraz 20 % łoju wołowego. Surowiec mięsny i tłuszczowy został pozyskany z certyfikowanej hodowli ekologicznej i zakupiony z Zakładu Mięsnego „Jasiołka” w Dukli. Mięso było czyste, bez zanieczyszczeń oraz wolne od wad jakościowych. Mięso wołowe i z danieli (po 5 szt. zwierząt) pozyskano ze zwierząt poddanych ubojowi w wieku odpowiednio 25 i 18 miesięcy. Ubój zwierząt prowadzono w ubojni spełniającej warunki higieniczno-sanitarne i weterynaryjne. W przypadku obu gatunków mięsa elementem zasadniczym użytym do badań był zespół mięśni wykrojonych z udźca. Mięso wołowe i mięso z danieli charakteryzowało się wartościami pH_{24} odpowiednio: $5,79 \pm 0,05$ i $5,58 \pm 0,08$.

Jako składniki dodatkowe do produkcji kielbas wykorzystano serwatkę kwasową, sól morską (CuordiMare, Włochy), azotan(III) sodu (StanLab, Polska), askorbinan sodu (StanLab, Polska) oraz glukozę (Delecta, Polska). Serwatkę kwasową pozyskano z ekologicznej produkcji sera twarogowego (Ekologiczne Gospodarstwo Mleczne „Pod Kasztanem”, Ludwinów, Polska). Cechowała się kwasowością $4,74 \pm 0,01$ oraz zawartością wody na poziomie $91,70 \pm 0,13$ %. Użyta do produkcji gruboziarnista sól morską była niejodowana i nie zawierała substancji przeciwbrylających. Sól przed zastosowaniem zmielono, aby umożliwić równomierne rozprowadzenie dodatku.

Wychłodzony do temp. 2 °C surowiec mięsny i tłuszczowy krojono, a następnie rozdrabniano w maszynie do mięsa typ KU2-3EK (MESKO-AGD, Polska), w której zastosowano siatkę o średnicy otworów 10 mm. Przygotowane surowce mięsne i tłuszczowe (w obrębie każdego rodzaju mięsa) podzielono na cztery porcje.

Wykonano następujące warianty produkcyjne:

C – próba zawierająca 2,8 % mieszanki peklującej (99,5 % soli morskiej oraz 0,05 % azotanu(III) sodu), 5 % wody i 0,06 % glukozy,

S – próba z dodatkiem soli morskiej (2,8 %), wody (5 %) oraz 0,06 % glukozy,

SAW – próba z dodatkiem soli morskiej (2,8 %), serwatki kwasowej (5 %) i 0,06 % glukozy,

SAA – próba z dodatkiem soli morskiej (2,8 %), serwatki kwasowej (5 %) askorbinianu sodu (0,05 %) oraz 0,06 % glukozy.

Mięso, surowce tłuszczowe oraz dodatki mieszano w robocie gastronomicznym KU2-3EK z dołączoną mieszarką typu R4 (MESKO-AGD, Polska). Tak przygotowane farsze nadziewano w osłonki fibrusowe o średnicy 65 mm, formując batony o masie ok. 700 g. Następnie próbki poddawano procesowi dojrzewania w temp. 16 °C, przy

wilgotności względnej $RH = 75 \div 85 \%$ i przepływie powietrza 30% w komorach fermentacyjnych (IL W STD 240, Pol-Eko-Aparatura, Polska). Proces prowadzono do uzyskania ubytku masy na poziomie 30% (20 - 21 dni). Po tym czasie próby pakowano próżniowo w woreczki z polietylenu o małej gęstości (LDPE) i przechowywano w temp. $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Na fot. 1. przedstawiono przekroje gotowych produktów po zakończeniu procesu dojrzewania produkcyjnego. Po zakończeniu produkcji oraz po 6 i 12 miesiącach chłodniczego przechowywania oznaczano zawartość azotu ogólnego (TN) i niebiałkowego (NPN) w próbkach. Na ich podstawie wyliczano indeks proteolizy (PI). Wykonywano również pomiary pH i aktywności wody. Po 180 i 360 dobach przechowywania oznaczano parametry tekstury i barwy badanych produktów.



Fot. 1. Przekrój kielbas po zakończeniu procesu dojrzewania produkcyjnego: A – z mięsa wołowego, B – z mięsa daniela. Warianty: C – próba z dodatkiem soli morskiej i azotanu(V) sodu, S – próba z dodatkiem soli morskiej, SAW – próba z dodatkiem soli morskiej i serwatki kwasowej, SAA – próba z dodatkiem soli morskiej, serwatki kwasowej i askorbinianu sodu
 Photo 1. Cross-section of sausages after fermentation process: A – from beef meat, B – from fallow deer meat. Variants: C – sample with sea salt and nitrite added, S – sample with sea salt added, SAW – sample with sea salt and acid whey added, SAA – sample with sea salt, acid whey, and sodium ascorbate

Zawartość azotu ogólnego oznaczano metodą Kjeldahla [21] przy użyciu automatycznego analizatora Kjeldahl Foss (Kjeltec 8200, Foss, Polska). Zawartość azotu niebiałkowego (NPN) oznaczano zgodnie z metodą opisaną przez Careri i wsp. [4]. Wyniki pomiarów frakcji azotowych wyrażano w mg azotu/g badanej próbki. Indeks

proteolizy (PI) wyliczano jako stosunek ilości azotu niebiałkowego do ogólnej ilości azotu w próbce i wyrażano w procentach.

Pomiar pH wykonywano w wodnych ekstraktach produktów cyfrowym pH-metrem (CPC-501 Elmetron, Zabrze, Polska) wyposażonym w czujnik temperatury oraz elektrodę pH (ERH-111 Hydromet, Gliwice, Polska).

Badania aktywności wody (a_w) wykonywano na reprezentatywnych próbkach pobranych po rozdrobieniu całych batonów z poszczególnych partii. Pomiaru dokonywano analizatorem aktywności wody (Novasina AG, Lachen, Szwajcaria).

Analizę parametrów tekstury wykonywano aparatem TA.XT2 Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd, Godalming, Wielka Brytania). Za pomocą korkoboru wykrawano z batonów próbki o średnicy 25 mm i długości 25 mm. Prędkość ściskania podczas testu wynosiła 10 mm/min, a poziom kompresji wynosił 50 % pierwotnej wysokości próbki. Pomiar wykonywano na próbkach o temp. 20 ÷ 25 °C. Wyniki opracowano w programie Textue Exponent32 (Stable Micro Systems Ltd, Godalming, Wielka Brytania). Z uzyskanej krzywej siła – czas wyznaczano twardość (N), spójność, sprężystość, gumistość, żujność i ściętność badanych próbek.

Pomiar barwy w systemie CIE L*a*b* wykonywano na przekrojach kielbas metodą odbiciową. Pomiar wykonywano spektrofotometrem sferycznym X-Rite series 8200 (X – Rite Ltd. Cheshire, Wielka Brytania).

Doświadczenie przeprowadzono na dwóch partiach surowca. Do badań pobierano próbki z dwóch różnych batonów pochodzących z jednej partii. Wszystkie pomiary wykonano w minimum 3 powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 13 [8]. Jako czynniki jakościowe określono zastosowany dodatek, czas przechowywania oraz rodzaj mięsa. Wpływ czynników jakościowych na badane parametry określono na trzech poziomach istotności: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ oraz $p \leq 0,001$. Wykonano analizę wariancji (ANOVA) dla układów czynnikowych przy $p < 0,05$. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi szacowano testem Tukeya (HSD). Zależności pomiędzy wybranymi zmiennymi określono na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona przy $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wpływ zastosowanych zmiennych eksperymentalnych na badane właściwości przedstawiono w tab. 1. Wszystkie czynniki, tj. czas przechowywania, rodzaj użytego mięsa oraz zastosowane dodatki, a także interakcje zachodzące pomiędzy nimi wpłynęły wysoko istotnie ($p \leq 0,001$) na pH, aktywność wody, spójność i gumowatość badanych prób. W największym stopniu na badane cechy wpływał rodzaj mięsa, który różnicował ($p \leq 0,001$) prawie wszystkie badane parametry, z wyjątkiem składowej b* barwy. Nie zaobserwowano wpływu zastosowanych dodatków na żujność badanych

próbek. Czas przechowywania nie wpłynął istotnie na sprężystość prób oraz udział barwy żółtej lub niebieskiej w ogólnym tonie barwy (parametr b^*).

Tabela 1. Poziom statystycznej istotności (p-wartości) wpływu głównych czynników, tj. czasu przechowywania (T), rodzaju użytego mięsa (M) oraz zastosowanych dodatków (A), a także interakcji zachodzących pomiędzy nimi na wartości badanych parametrów

Table 1. Statistical significance level (p-values) of effect of main factors, i.e. time of storage (T), type of meat (M) utilized, additives used (A) and their interactions on research parameters value

Zmienna / Variable		T	M	A	T×M	T×A	M×A	T×M×A
pH		***	***	***	***	***	***	***
Aktywność wody (a_w) / Water activity		***	***	***	***	***	***	***
Azot ogólny / Total nitrogen		***	***	***	—	***	***	***
Azot niebiałkowy / Non-protein nitrogen		***	***	***	—	—	***	**
Indeks proteolizy / Proteolysis index		***	***	***	—	—	***	***
Parametry tekstury Texture parameters	Twardość / Hardness	***	***	***	***	*	***	**
	Spójność / Cohesiveness	***	***	***	***	***	***	***
	Sprężystość / Springiness	—	***	***	***	***	***	***
	Gumowatość / Gumminess	***	***	***	***	***	***	***
	Żujność / Chewiness	**	***	—	**	—	—	—
	Ściągniętość / Stringiness	**	***	*	*	*	***	—
Parametry barwy Colour parameters	L*	*	***	*	—	—	***	**
	a*	**	***	***	***	***	***	**
	b*	—	—	***	***	—	***	*

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 144. Istotność interakcji / Interaction significance: — brak / none; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Zmiany wartości pH oraz aktywności wody kielbas po wyprodukowaniu oraz w trakcie chłodniczego przechowywania przedstawiono w tab. 2. Po zakończeniu dojrzewania oraz podczas późniejszego przechowywania kielbasy z mięsa wołowego charakteryzowały się statystycznie istotnie niższymi wartościami pH w porównaniu z analogicznymi wariantami kielbas z mięsa daniela. Podobne różnice zaobserwowali również Chakanya i wsp. [6] po porównaniu pH kielbas surowo dojrzewających wyprodukowanych z różnych rodzajów mięsa zwierząt łownych (w tym z mięsa daniela) oraz wieprzowiny. Wartości pH zaobserwowane w kielbasach z mięsa daniela po zakończeniu produkcji były wyższe niż wartości uzyskane przez Karwowską i Dolatowskiego [15] w surowo dojrzewających kielbasach z mięsa daniela (pH kielbas $4,47 \pm 0,03 \div 4,59 \pm 0,03$ w zależności od zastosowanego dodatku). Wyniki pH kielbas z mięsa daniela uzyskane w badaniach własnych były niższe od wartości, które odnotowali Cenci-Goga i wsp. [5] w salami z mięsa daniela (pH $6,8 \pm 0,22$) oraz Paleari i wsp.

[20] w surowo dojrzewających produktach z mięsa jelenia ($\text{pH } 6,05 \pm 0,04$). Tak znaczne różnice kwasowości produktów surowo dojrzewających mogą wynikać zarówno z czynników wpływających na jakość surowca użytego do produkcji (sezon i sposób uboju, dieta), dodatków zastosowanych do produkcji oraz warunków procesu sprzyjających rozwojowi bakterii kwasu mlekowego lub, w niektórych przypadkach, ograniczających ich rozwój.

W badanych kielbasach stwierdzono istotny wpływ zastosowanych dodatków (serwatka kwasowa, serwatka kwasowa i askorbinian sodu) na zmiany wartości pH bezpośrednio po procesie dojrzewania oraz w trakcie przechowywania produktów. W przypadku kielbas wołowych w próbkach z dodatkiem serwatki kwasowej (SAW) oraz serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (SAA) zaobserwowano brak istotnych zmian pH w trakcie przechowywania produktów. Próbkę tę cechowały się także znacznie wyższą kwasowością niż próby kontrolna (C) i referencyjna (S). Tak niskie wartości pH ($< 5,0$) są istotnym czynnikiem hamującym rozwój patogennych mikroorganizmów [22]. Statystycznie niższe wartości pH w kielbasach z mięsa daniela zaobserwowano wyłącznie w próbkach z dodatkiem serwatki kwasowej. Zastosowany dodatek serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (SAA) nie wpłynął znacząco na pH w porównaniu z próbą kontrolną (C) czy referencyjną (S). Niższe wartości pH próbek z dodatkiem serwatki kwasowej w trakcie przechowywania produktów wynikają głównie z jej składu. Dodatek serwatki kwasowej umożliwia wprowadzenie do farszu bakterii kwasu mlekowego wpływających na zakwaszenie środowiska [24]. We wszystkich wariantach produkcyjnych kielbas z mięsa daniela wartość pH istotnie wzrastała wraz z upływem czasu przechowywania. Najwyższe wartości pH w trakcie całego eksperymentu obserwowano w kielbasach z mięsa daniela (od 6,11 do 6,33 po 360 dobach przechowywania). Wzrost wartości pH może wynikać z wielu czynników, takich jak zahamowanie rozwoju bakterii kwasu mlekowego (ze względu na wyczerpanie się substratu cukrowego niezbędnego do ich wzrostu) bądź przekształcanie kwasu mlekowego w jego pochodne [10, 25]. Wzrost wartości pH w produktach mięsnych może być również związany ze zwiększoną aktywnością enzymów proteolitycznych (kalpain, katepsyn B i L, peptydaz) powodujących stopniowe uwalnianie peptydów, aminokwasów oraz amoniaku [2, 29] lub z rozwojem pleśni i drożdży powodujących degradację kwasu mlekowego [17].

Aktywność wody we wszystkich wariantach produkcyjnych uległa obniżeniu po 180 dobach przechowywania chłodniczego w stosunku do wartości uzyskanych po zakończeniu procesu produkcyjnego (tab. 3). Po 360 dobach chłodniczego przechowywania aktywność wody wszystkich kielbas była najwyższa podczas całego eksperymentu. Wzrost aktywności wody w produktach po 360 dobach przechowywania może świadczyć o bardzo zaawansowanych procesach degradacyjnych białek, w wyniku których uwalniana jest woda konstytucyjna. Wzrost wartości aktywności wody

kielbas wołowych podczas przechowywania był niższy niż w przypadku kielbas z mięsa daniela. Wartości a_w kielbas wołowych po 360 dobach przechowywania nie różniły się statystycznie istotnie od wartości uzyskanych w przypadku kielbas z mięsa daniela po wyprodukowaniu (0). Zaobserwowano, że próbki z dodatkiem serwatki kwasowej (z mięsa daniela i z mięsa wołowego) cechowały się istotnie niższą aktywnością wody niż próbki kontrolne z dodatkiem azotanu(III) sodu. Po 360 dobach przechowywania chłodniczego próbki kontrolne (C) wykazywały najwyższą aktywność wody. Uzyskane wartości omawianego parametru w kielbasach z mięsa daniela po 360 dobach przechowywania były niższe niż uzyskane w surowo dojrzewających kielbasach z mięsa daniela opisywanych przez innych autorów [6, 15, 20]. Zbliżonymi wartościami aktywności wody cechowały się kielbasy salami z mięsa daniela bez dodatku azotanów [5] oraz surowo dojrzewające kielbasy z mięsa jelenia [16, 26]. Aktywność wody obu rodzajów kielbas (z mięsa wołowego i z mięsa daniela) na każdym etapie przechowywania (0, 180 i 360 dób), bez względu na zastosowany w procesie produkcyjnym dodatek, była niższa niż minimalna niezbędna do rozwoju większości patogennych mikroorganizmów, takich jak: *Pseudomonas* ($a_w > 0,97$), *Clostridium botulinum* ($a_w > 0,93 \div 0,96$), *Salmonella* ($a_w > 0,94$), *Listeria monocytogenes* ($a_w > 0,92$) [22].

Wyniki analiz frakcji białkowej badanych kielbas zestawiono w tab. 3. Zawartość azotu ogólnego (TN) po uwzględnieniu przelicznika azotu na białko (w przypadku mięsa – 6,25) może być wykorzystywana do określania całkowitej zawartości surowego białka w próbce. Nie wykazano istotnego wpływu zastosowanego rodzaju mięsa oraz dodatku technologicznego na zawartość azotu ogólnego w badanych kielbasach po zakończeniu dojrzewania produkcyjnego. Podczas przechowywania zaobserwowano, że zawartość azotu ogólnego w kielbasach po 360 dobach chłodniczego przechowywania zmniejszyła się od ok. 7 % (w kielbasach z mięsa wołowego z dodatkiem serwatki kwasowej i askorbinianu sodu – SAA) do ok. 17 % (w kielbasach z mięsa daniela z dodatkiem azotanu sodu – C) w porównaniu z zawartością azotu w próbkach po zakończeniu procesu dojrzewania produkcyjnego. Zmniejszenie zawartości azotu ogólnego, a tym samym ilości białka surowego związane jest z postępującymi procesami degradacyjnymi białek. Największą, istotnie różną ($p \leq 0,05$) od pozostałych wariantów produkcyjnych, zawartość azotu ogólnego po 360 dobach chłodniczego przechowywania wykazano w kielbasach (zarówno wołowych, jak i z mięsa daniela) z dodatkiem soli morskiej (S).

Na podstawie wyników zawartości azotu niebiałkowego w próbkach (tab. 3) stwierdzono, że rodzaj surowca mięsnego wpłynął znacząco ($p \leq 0,05$) na zawartość azotu niebiałkowego wszystkich wariantów kielbas surowo dojrzewających w trakcie chłodniczego przechowywania. Kielbasy z mięsa wołowego odznaczały się istotnie mniejszą (o minimum 10 %) zawartością azotu niebiałkowego w stosunku do kielbas z mięsa daniela. W trakcie chłodniczego przechowywania zawartość NPN we wszyst-

kich wariantach i rodzajach kiełbas wzrastała. Na koniec okresu przechowywania najmniejszy wzrost zawartości azotu niebiałkowego wykazano w kiełbasie z mięsa daniela z dodatkiem mieszanki peklującej (C) – o 136 % oraz w kiełbasie z mięsa wołowego z dodatkiem serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (SAA) – o 94 %.

Tabela 2. Wartości pH i aktywności wody (a_w) surowo dojrzewających kiełbas z mięsa daniela i z mięsa wołowego w trakcie ich chłodniczego przechowywania

Table 2. Values of pH value and water activity (a_w) of dry fermented sausages from beef and fallow deer meat during their refrigerated storage

Cecha Feature	Wariant Batch	Czas przechowywania [doba] / Storage time [day]					
		0		180		360	
		Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat
pH	C	5,25 ^{Cb} ± 0,06	5,03 ^{Ea} ± 0,04	5,94 ^{Ba} ± 0,01	5,14 ^{Da} ± 0,03	6,24 ^{Ab} ± 0,02	5,32 ^{Ca} ± 0,03
	S	5,04 ^{DEc} ± 0,02	4,96 ^{Ea} ± 0,04	5,82 ^{Bb} ± 0,01	5,06 ^{Db} ± 0,01	6,13 ^{Ac} ± 0,02	5,25 ^{Cb} ± 0,00
	SAW	5,28 ^{Cb} ± 0,06	4,74 ^{Dc} ± 0,01	5,66 ^{Bc} ± 0,01	4,80 ^{Dc} ± 0,01	6,11 ^{Ac} ± 0,01	4,79 ^{Dc} ± 0,03
	SAA	5,40 ^{Ca} ± 0,19	4,85 ^{Db} ± 0,07	5,88 ^{Bb} ± 0,02	4,87 ^{Dc} ± 0,02	6,33 ^{Aa} ± 0,02	4,74 ^{Ec} ± 0,03
a_w	C	0,891 ^{Ba} ± 0,003	0,875 ^{Ca} ± 0,003	0,858 ^{Db} ± 0,003	0,838 ^{Ea} ± 0,001	0,920 ^{Aa} ± 0,001	0,891 ^{Ba} ± 0,001
	S	0,885 ^{Bb} ± 0,006	0,875 ^{Ca} ± 0,002	0,849 ^{Dc} ± 0,001	0,831 ^{Eb} ± 0,0001	0,898 ^{Ad} ± 0,001	0,889 ^{Bab} ± 0,001
	SAW	0,887 ^{Bab} ± 0,008	0,868 ^{Cb} ± 0,002	0,856 ^{Db} ± 0,001	0,832 ^{Eb} ± 0,001	0,907 ^{Ac} ± 0,001	0,886 ^{Bb} ± 0,001
	SAA	0,892 ^{Ba} ± 0,003	0,867 ^{Cb} ± 0,002	0,867 ^{Ca} ± 0,003	0,828 ^{Ec} ± 0,002	0,916 ^{Ab} ± 0,000	0,888 ^{Bab} ± 0,002

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; n = 9; Warianty / Batches: C – próba z dodatkiem soli morskiej i azotanu(V) sodu / sample with sea salt and nitrite added; S – próba z dodatkiem soli morskiej / sample with sea salt added; SAW – próba z dodatkiem soli morskiej i serwatki kwasowej / sample with sea salt and acid whey added; SAA – próba z dodatkiem soli morskiej, serwatki kwasowej i askorbinianu sodu / sample with sea salt, acid whey and sodium ascorbate added;

a - d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie (w obrębie danej cechy) przy $p < 0,05$ / mean values in columns denoted by different small superscript letters differ statistically significantly (within a given characteristic) at $p < 0,05$; A - D – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi wielkimi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / mean values in rows denoted by different superscript capital letter differ statistically significant at $p < 0,05$.

Tabela 3. Zawartość azotu ogólnego (TN) i niebiałkowego (NPN) oraz indeks proteolizy (PI) w surowo dojrzewających kielbasach z mięsa daniela i z mięsa wołowego w trakcie ich chłodniczego przechowywania

Table 3. Content of total nitrogen (TN), non-protein nitrogen (NPN) in and proteolysis index (PI) of raw fermented sausages from beef and fallow deer meat during their refrigerated storage

Cecha Feature	Wariant Batch	Czas przechowywania [doba] / Storage time [day]					
		0		180		360	
		Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat
TN [mg/g produktu] [mg/g of product]	C	4,42 ^{Aab} ± 0,06	4,24 ^{Aa} ± 0,22	3,93 ^{BCc} ± 0,07	4,11 ^{ABbc} ± 0,14	3,69 ^{Cab} ± 0,05	3,69 ^{Cb} ± 0,31
	S	4,63 ^{Aa} ± 0,11	4,11 ^{BCa} ± 0,13	4,22 ^{Bab} ± 0,03	4,05 ^{BCc} ± 0,11	3,91 ^{Ca} ± 0,14	4,13 ^{Ba} ± 0,23
	SAW	4,42 ^{Aab} ± 0,31	4,22 ^{Aa} ± 0,16	4,15 ^{Aabc} ± 0,00	4,37 ^{Aab} ± 0,08	3,76 ^{Bab} ± 0,08	3,71 ^{Bb} ± 0,28
	SAA	4,21 ^{ABb} ± 0,11	4,13 ^{ABCa} ± 0,13	4,01 ^{BCbc} ± 0,17	4,48 ^{Aa} ± 0,1	3,63 ^{Db} ± 0,05	3,85 ^{CDb} ± 0,26
NPN [mg/g produktu] [mg/g of product]	C	0,49 ^{Da} ± 0,02	0,34 ^{Ea} ± 0,01	1,07 ^{Bc} ± 0,00	0,87 ^{Ca} ± 0,09	1,16 ^{Aa} ± 0,02	1,06 ^{Ba} ± 0,03
	S	0,53 ^{Ea} ± 0,01	0,34 ^{Fa} ± 0,02	1,16 ^{Ba} ± 0,02	0,82 ^{Da} ± 0,13	1,35 ^{Ab} ± 0,03	0,97 ^{Cb} ± 0,03
	SAW	0,50 ^{Ea} ± 0,02	0,34 ^{Fa} ± 0,01	1,09 ^{Babc} ± 0,01	0,81 ^{Da} ± 0,05	1,21 ^{Aa} ± 0,01	0,94 ^{Cb} ± 0,06
	SAA	0,47 ^{Ea} ± 0,01	0,32 ^{Fa} ± 0,01	1,08 ^{Bbc} ± 0,03	0,80 ^{Da} ± 0,07	1,21 ^{Aa} ± 0,01	0,91 ^{Cb} ± 0,01
PI	C	11,12 ^{Da} ± 0,54	7,99 ^{Da} ± 0,34	27,24 ^{Ba} ± 0,50	20,59 ^{Ca} ± 2,62	31,34 ^{Ab} ± 0,51	28,90 ^{ABa} ± 1,55
	S	11,52 ^{Da} ± 0,49	8,31 ^{Da} ± 0,71	27,52 ^{Ba} ± 0,34	20,85 ^{Ca} ± 3,56	34,58 ^{Aa} ± 1,44	23,43 ^{Cb} ± 1,21
	SAW	11,43 ^{Da} ± 0,34	7,97 ^{Da} ± 0,21	26,38 ^{Ba} ± 0,22	19,53 ^{Cab} ± 2,78	32,21 ^{Aab} ± 0,93	25,30 ^{Bb} ± 0,81
	SAA	11,10 ^{Ea} ± 0,18	7,75 ^{Ea} ± 0,23	26,90 ^{Ba} ± 1,77	17,58 ^{Db} ± 2,02	33,39 ^{Aab} ± 0,19	23,80 ^{Cb} ± 1,56

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Table 2.

Zależność pomiędzy zawartością azotu ogólnego i azotu niebiałkowego wpływa bezpośrednio na wartość indeksu proteolizy (PI). Wartości PI w badanych kielbasach po zakończeniu dojrzewania produkcyjnego (0) były zbliżone do wartości publikowanych przez innych autorów [1, 12, 26]. Intensywność zachodzących przemian proteolitycznych związana jest z obecnością i aktywnością enzymów proteolitycznych. Optymalne wartości pH i aktywność wody wpływają na wzrost aktywności enzymów i rozwoju bakterii produkujących enzymy proteolityczne. Zachodzące w przetworach

procesy degradacji białek prowadzą do powstawania peptydów i wolnych aminokwasów, które są odpowiedzialne za specyficzny smak i aromat wyrobów dojrzewających. Zbyt zaawansowane przemiany proteolityczne mogą negatywnie wpływać na walory sensoryczne tych produktów [18, 26, 29].

Największy wzrost PI w trakcie chłodniczego przechowywania stwierdzono po 180 dobach składowania. Po kolejnych 180 dobach (łącznie po 360 dobach) przechowywania produktów obserwowany wzrost intensywności przemian proteolitycznych był już dużo mniejszy. Podobne trendy zaobserwowali Safa i wsp. [25], którzy w trakcie produkcji wyrobów surowo dojrzewających największy wzrost indeksu proteolizy odnotowali po pierwszym tygodniu procesu dojrzewania. W przypadku kielbas z mięsa daniela intensywność przemian proteolitycznych po produkcji oraz po 180 i 360 dobach przechowywania była o ponad 20 % wyższa niż w analogicznych wariantach kielbas wołowych. Przyczynami obserwowanych różnic mogą być zarówno czynniki gatunkowe (np. endogenne enzymy o różnym optimum aktywności, różne gatunki i rodzaje mikroflory na powierzchni mięsa), jak i warunki panujące wewnątrz batonów (wyższe pH obserwowane w kielbasach z mięsa daniela sprzyja rozwojowi mikroorganizmów oraz aktywności enzymów proteolitycznych) [29]. Zastosowane dodatki technologiczne wpłynęły statystycznie istotnie na intensywność przemian proteolitycznych, niemniej jednak próbki z dodatkiem serwatki kwasowej (SAW) oraz serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (SAA) cechowały się najniższymi wartościami indeksu proteolizy po 180 i 360 dobach chłodniczego przechowywania. Zależności te mogą wskazywać na to, że substancje zawarte w serwatce kwasowej wpływają na ograniczenie intensywności przemian proteolitycznych.

Wyniki pomiarów wyróżników tekstury przedstawiono w tab. 4. Zastosowany rodzaj mięsa wpłynął istotnie na twardość, spójność, sprężystość i ścięgnistość badanych kielbas. Kielbasy z mięsa daniela cechowały się ponad dwukrotnie mniejszą twardością w porównaniu z analogicznymi wariantami kielbas wołowych. Tak istotne różnice mogą wynikać z wyraźnie wyższej intensywności przemian proteolitycznych (większy stopień rozkładu białek) w przypadku kielbas z mięsa daniela. Różnice pomiędzy twardością próbek po 180 i 360 dobach przechowywania wskazują na brak istotnych zmian twardości kielbas z mięsa daniela, natomiast w przypadku kielbas wołowych – ich twardość znacząco się obniżyła. Zmiany te mogą wynikać z tego, że dopiero po 360 dobach przechowywania kielbas wołowych intensywność przemian proteolitycznych (IP) była zbliżona do wartości uzyskanych w kielbasach z mięsa daniela po 180 dobach chłodniczego przechowywania. Powyższe obserwacje pozwalają przypuszczać, że określona, wysoka intensywność przemian proteolitycznych może być punktem, powyżej którego następuje niepożądany rozpad białek prowadzący do obniżenia twardości prób. Kielbasy wołowe cechowały się niższymi wartościami parametrów spójno-

ści, sprężystości i ścięgnistości. Nie zaobserwowano jednoznacznego wpływu zastosowanych dodatków na parametry tekstury badanych kielbas.

Tabela 4. Wyniki analizy parametrów tekstury surowo dojrzewających kielbas z mięsa daniela i z mięsa wołowego w trakcie ich chłodniczego przechowywania

Table 4. Analysis results of texture parameters of dry fermented sausages from beef and fallow deer meat during their refrigerated storage

Cecha Feature	Wariant Batch	Czas przechowywania [doba] / Storage time [day]			
		180		360	
		Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat
Twardość [N] Hardness	C	44,52 ^{Cbc} ± 2,96	158,35 ^{Aa} ± 21,44	45,21 ^{Cb} ± 5,46	123,78 ^{Ba} ± 23,67
	S	78,11 ^{Ca} ± 7,69	147,03 ^{Aab} ± 11,74	69,66 ^{Ca} ± 4,45	107,83 ^{Ba} ± 28,18
	SAW	60,57 ^{Bab} ± 3,15	129,38 ^{Ab} ± 4,95	46,05 ^{Bb} ± 4,36	112,48 ^{Aa} ± 15,09
	SAA	37,75 ^{Cc} ± 3,11	162,56 ^{Aa} ± 8,33	31,80 ^{Cb} ± 4,39	106,30 ^{Ba} ± 16,11
Spójność [-] Cohesiveness	C	2,54 ^{Aa} ± 0,17	1,57 ^{Ba} ± 0,09	2,30 ^{Ab} ± 0,23	1,68 ^{Ba} ± 0,21
	S	1,99 ^{ACb} ± 0,09	1,61 ^{Ba} ± 0,07	2,26 ^{Ab} ± 0,10	1,84 ^{BCa} ± 0,22
	SAW	2,04 ^{Ab} ± 0,15	1,89 ^{Aa} ± 0,15	2,07 ^{Ab} ± 0,69	2,00 ^{Aa} ± 0,17
	SAA	2,68 ^{Aa} ± 0,28	1,78 ^{Ba} ± 0,10	2,82 ^{Aa} ± 0,13	2,03 ^{Ba} ± 0,18
Sprężystość [-] Springiness	C	4,90 ^{Aab} ± 0,55	3,00 ^{Ba} ± 0,34	2,72 ^{Bc} ± 0,41	3,22 ^{Ba} ± 0,44
	S	3,69 ^{Ab} ± 0,36	3,15 ^{Aa} ± 0,46	4,23 ^{Ab} ± 0,52	3,84 ^{Aa} ± 1,54
	SAW	4,11 ^{Ab} ± 0,56	3,93 ^{Aa} ± 0,84	4,10 ^{Ab} ± 1,43	4,02 ^{Aa} ± 0,59
	SAA	5,66 ^{Aa} ± 0,92	3,21 ^{Ba} ± 0,47	6,15 ^{Aa} ± 1,33	4,24 ^{Ba} ± 0,87
Gumowatość [-] Gumminess	C	0,43 ^{Aa} ± 0,24	0,19 ^{Aa} ± 0,05	10,38 ^{Bb} ± 1,53	0,18 ^{Aa} ± 0,08
	S	0,22 ^{Aa} ± 0,11	0,16 ^{Aa} ± 0,04	0,29 ^{Aa} ± 0,15	0,20 ^{Aa} ± 0,10
	SAW	0,18 ^{Aa} ± 0,06	0,20 ^{Aa} ± 0,06	0,38 ^{Aa} ± 0,34	0,24 ^{Aa} ± 0,10
	SAA	0,37 ^{Aa} ± 0,21	0,17 ^{Aa} ± 0,06	0,56 ^{Aa} ± 0,35	0,19 ^{Aa} ± 0,06
Żujność [-] Chewiness	C	2,15 ^{Ba} ± 1,49	0,59 ^{Ba} ± 0,18	2,86 ^{Aa} ± 0,76	0,49 ^{Ba} ± 0,28
	S	0,68 ^{Aa} ± 0,48	0,46 ^{Aa} ± 0,23	2,29 ^{Aa} ± 1,98	0,52 ^{Aa} ± 0,22
	SAW	0,69 ^{Aa} ± 0,33	0,70 ^{Aa} ± 0,16	2,57 ^{Aa} ± 2,69	0,62 ^{Aa} ± 0,19
	SAA	2,20 ^{Ba} ± 1,36	0,39 ^{Ba} ± 0,32	3,02 ^{Aa} ± 2,72	0,58 ^{Ba} ± 0,22
Ścięgnistość [mm] Stringiness	C	32,37 ^{Aa} ± 0,44	26,34 ^{Ba} ± 0,78	30,91 ^{Aab} ± 0,83	27,25 ^{Bab} ± 1,73
	S	30,86 ^{Aa} ± 0,71	26,00 ^{Ba} ± 0,62	31,67 ^{Aab} ± 0,65	26,96 ^{Bb} ± 0,95
	SAW	28,77 ^{ABb} ± 1,38	27,10 ^{Ba} ± 1,19	29,91 ^{Ab} ± 1,02	28,82 ^{ABa} ± 1,33
	SAA	31,77 ^{Aa} ± 0,70	26,60 ^{Ba} ± 1,10	32,26 ^{Aa} ± 1,40	26,94 ^{Bb} ± 1,70

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Table 2.

W tab. 5. przedstawiono wyniki pomiarów parametrów barwy badanych próbek w trakcie chłodniczego przechowywania. Rodzaj zastosowanego do produkcji mięsa wpływał istotnie wyłącznie na jasność uzyskanych wyrobów surowo dojrzewających

(L*). Kielbasy z mięsa wołowego zarówno po 180, jak i 360 dobach przechowywania cechowały się jaśniejszą barwą niż analogiczne warianty kielbas z mięsa daniela. Różnice te mogą wynikać z rodzaju mięsa, gdyż kielbasy wołowe cechowały się niższymi wartościami pH, co mogło bezpośrednio wpływać na różne formy redoks barwników mięsa. Potwierdzono zależność pomiędzy parametrem L* produktów a wartością pH ($r = -0,581$). Zastosowane do produkcji dodatki technologiczne istotnie wpłynęły na wszystkie parametry barwy, przy czym (zgodnie z wynikami przedstawionymi w tab. 1) największe istotne różnice pomiędzy wariantami kielbas obserwowano w przypadku parametrów a* i b*. Zgodnie z przewidywaniami najwyższy udział barwy czerwonej w ogólnym tonie barwy (wartości parametru a*) obserwowano w próbach z dodatkiem barwotwórczego azotanu(III) sodu. Wysokie wartości parametru a* wystąpiły również w przypadku kielbas z mięsa daniela po 360 dobach chłodniczego przechowywania z dodatkiem serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (SSA, nie zaobserwowano istotnych różnic w porównaniu z próbą kontrolną) oraz soli morskiej (S, wartość nieznacznie niższa od wartości uzyskanej w próbach z dodatkiem serwatki kwasowej i askorbinianu sodu). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic wskazujących na wyraźny wpływ zastosowanego dodatku technologicznego, rodzaju mięsa czy długości czasu przechowywania na zmiany wartości parametru b* barwy. Po 180 i 360 dobach chłodniczego przechowywania najwyższy udział barwy żółtej w ogólnym tonie barwy obserwowano w przypadku kielbas z mięsa daniela z dodatkiem serwatki kwasowej i askorbinianu sodu (odpowiednio: $6,79 \pm 1,31$ i $8,16 \pm 1,01$) oraz kielbas wołowych z dodatkiem soli morskiej (po 180 dobach przechowywania: $b^* = 7,23 \pm 1,44$) i z dodatkiem serwatki kwasowej (po 360 dobach przechowywania: $b^* = 6,24 \pm 0,85$). Pérez-Alvarez i wsp. [33] interpretują zmiany udziału barwy żółtej w ogólnym tonie barwy jako skutek wykorzystania tlenu przez bakterie, co wpływa na zmniejszenie zawartości oksymyoglobiny.

Niemal wszystkie zmienne wykazywały statystycznie istotne korelacje ($p \leq 0,05$) pomiędzy sobą. W celu wyznaczenia najwyższych korelacji pomiędzy badanymi parametrami do analizy wybrano zależności, których wartość współczynnika korelacji Pearsona była większa niż $\pm 0,500$. Zmiany kwasowości produktów były istotnie skorelowane z zawartością azotu niebiałkowego ($r = 0,858$), wartościami indeksu proteolizy ($r = 0,813$), aktywnością wody ($r = 0,555$), wyróżnikami tekstury: żujnością próbek ($r = 0,560$), ścięgniętością ($r = 0,780$) oraz parametrami barwy L* ($r = -0,581$) i a* ($r = 0,509$). Jak wcześniej nadmieniono, zmiany pH w znaczący sposób determinują aktywność enzymów i mikroorganizmów odpowiedzialnych za przemiany proteolityczne białek mięsa. Wysoki poziom korelacji pomiędzy wartością pH a zawartością NPN czy IP potwierdził współzależność tych parametrów.

Tabela 5. Wartości wyróżników barwy CIE L*a*b* surowo dojrzewających kiełbas z mięsa daniela i z mięsa wołowego w trakcie ich chłodniczego przechowywania
 Table 5. Colour parameters in CIE L*a*b* colour space during refrigerated storage of dry fermented sausages from beef and fallow deer meat

Cecha Feature	Wariant Batch	Czas przechowywania [doba] Storage time [day]			
		180		360	
		Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat	Mięso z daniela Fallow deer meat	Mięso wołowe Beef meat
L*	C	47,05 ^{ABa} ± 1,85	51,08 ^{Aa} ± 1,57	45,80 ^{Ba} ± 3,26	49,55 ^{ABa} ± 3,02
	S	41,66 ^{Cb} ± 2,98	54,09 ^{Aa} ± 3,48	43,87 ^{Ca} ± 2,12	49,83 ^{Ba} ± 2,20
	SAW	48,17 ^{ABa} ± 2,70	50,88 ^{Aa} ± 2,81	45,42 ^{Ba} ± 2,50	49,66 ^{Aa} ± 2,20
	SAA	47,34 ^{Aa} ± 2,66	50,00 ^{Aa} ± 1,25	47,84 ^{Aa} ± 2,95	50,90 ^{Aa} ± 2,20
a*	C	6,69 ^{BCa} ± 0,59	7,80 ^{Aa} ± 0,72	6,84 ^{ABa} ± 0,62	5,79 ^{Ca} ± 1,07
	S	3,76 ^{Bb} ± 0,53	3,46 ^{Bb} ± 0,79	5,47 ^{Ab} ± 0,72	3,21 ^{Bb} ± 0,31
	SAW	3,21 ^{ABb} ± 0,42	2,72 ^{Bb} ± 0,25	3,78 ^{ABc} ± 0,65	2,93 ^{Ab} ± 0,60
	SAA	3,96 ^{Bb} ± 0,61	2,65 ^{Cb} ± 0,33	6,18 ^{Aab} ± 0,67	2,60 ^{Cb} ± 0,55
b*	C	5,49 ^{Aab} ± 1,30	5,42 ^{Ab} ± 0,90	6,19 ^{Ab} ± 0,89	4,78 ^{Aa} ± 0,88
	S	4,70 ^{Bb} ± 1,11	7,23 ^{Aa} ± 1,44	5,94 ^{ABb} ± 1,02	6,11 ^{ABa} ± 0,84
	SAW	6,29 ^{Aab} ± 1,34	6,61 ^{Aab} ± 0,38	5,72 ^{Ab} ± 0,97	6,24 ^{Aa} ± 0,85
	SAA	6,79 ^{ABa} ± 1,31	6,53 ^{Bab} ± 0,45	8,16 ^{Aa} ± 1,01	5,84 ^{Ba} ± 0,71

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Table 2.

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia pozwoliły na stwierdzenie, że wzrost aktywności wody związany jest ze zmniejszeniem zawartości azotu ogólnego ($r = -0,717$), a także wzrostem zawartości azotu niebiałkowego ($r = 0,657$), indeksu proteolizy ($r = 0,776$) oraz twardości próbek ($r = 0,590$). Wszystkie cechy skorelowane z aktywnością wody opisywały zmiany frakcji białkowej kiełbas. Potwierdza to, że aktywność wody jest jednym z czynników limitujących intensywność przemian proteolitycznych.

Wraz ze wzrostem zawartości azotu niebiałkowego w próbkach obserwowano istotne zmniejszenie ich twardości ($r = -0,744$) oraz wzrost wartości ściętności ($r = 0,708$), a także obniżenie wartości jasności (L*) badanych próbek ($r = -0,605$). Zmiany parametrów tekstury wynikały z postępującej degradacji białek tworzących strukturę tkanki mięśniowej. Na zmniejszenie jasności barwy mógł mieć natomiast wpływ rozkład białek zaliczanych do barwników mięsa. Podobne korelacje zaobser-

wowano również pomiędzy wartościami indeksu proteolizy, co dowodzi, że wartości PI są ściśle związane ze zmianami zawartości azotu niebiałkowego w próbkach.

Wnioski

1. Czas przechowywania, rodzaj surowca mięsnego oraz zastosowane do produkcji dodatki technologiczne wpływają wysoko istotnie na parametry fizykochemiczne, przemiany proteolityczne, barwę i teksturę kielbas surowo dojrzewających podczas chłodniczego przechowywania.
2. Niższe wartości pH, aktywności wody oraz intensywności proteolizy wskazują na wyższą trwałość w trakcie przechowywania kielbas surowo dojrzewających z mięsa wołowego niż kielbas z mięsa daniela.
3. Zastosowanie dodatku serwatki kwasowej wpływa na obniżenie wartości pH i aktywności wody kielbas surowo dojrzewających z mięsa wołowego i mięsa daniela oraz intensywności przemian proteolitycznych kielbas wołowych podczas ich przechowywania.
4. Zastosowanie dodatku serwatki kwasowej łącznie z askorbinianem sodu w przypadku kielbas wołowych wpływa korzystnie na trwałość przechowalniczą (obniżenie wartości pH oraz intensywności przemian proteolitycznych).

Literatura

- [1] Abellán A., Salazar E., Vázquez J., Cayuela J.M., Tejada L.: Changes in proteolysis during the dry-cured processing of refrigerated and frozen loin. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2018, 96, 507-512.
- [2] Berardo A., Devreese B., De Maere H., Stavropoulou D.A., van Royen G., Leroy F., De Smet S.: Actin proteolysis during ripening of dry fermented sausages at different pH values. *Food Chem.*, 2017, 221, 1322-1332.
- [3] Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Hakl J.: Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *J. Sci. Food Agric.*, 2015, 95 (11), 2299-2306.
- [4] Careri M., Mangia A., Barbieri G., Bouoni L., Virgili R., Parolari G.: Sensory property relationships to chemical data of Italian-type dry-cured ham. *J. Food Sci.*, 1993, 58 (5), 968-972.
- [5] Cenci-Goga B.T., Rossitto P.V., Sechi P., Parmegiani S., Cambiotti V., Cullor J.S.: Effect of selected dairy starter cultures on microbiological, chemical and sensory characteristics of swine and venison (*Dama dama*) nitrite-free dry-cured sausages. *Meat Sci.*, 2012, 90 (3), 599-606.
- [6] Chakanya C., Arnaud E., Muchenje V., Hoffman L.C.: Changes in the physico-chemical attributes through processing of salami made from blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*), eland (*Taurotragus oryx*), fallow deer (*Dama dama*), springbok (*Antidorcas marsupialis*) and black wildebeest (*Connochaetes gnou*) in comparison to pork. *Meat Sci.*, 2018, 146, 87-92.
- [7] Daszkiewicz T., Kubiak D., Hołdyńska E., Piaskowska N.: The comparison of meat quality from different carcass cuts of male fallow deer (*Dama dama* L.). *Pol. J. Nat. Sci.*, 2017, 32, 273-281.
- [8] Dell Inc.: Dell Statistica (data analysis software system), 2016, version 13. <http://software.dell.com>

- [9] Fernández M., Benito M.J., Martín A., Casquete R., Córdoba J.J., Córdoba M.G.: Influence of starter culture and a protease on the generation of ACE-inhibitory and antioxidant bioactive nitrogen compounds in Iberian dry-fermented sausage “salchichón”. *Heliyon*, 2016, 2 (3), #e00093.
- [10] Flores M., Durá M.A., Marco A., Toldrá F.: Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Sci.*, 2004, 68 (3), 439-446.
- [11] Górska K., Pietkiewicz J.J.: Funkcje technologiczne i charakterystyka kwasów dodawanych do żywności. *Prace Nauk. UE we Wrocławiu. Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2009, 1 (57), 141-158.
- [12] Hughes M.C., Kerry J.P., Arendt E.K., Kenneally P.M., McSweeney P.L.H., O'Neill E.E.: Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Sci.*, 2002, 62 (2), 205-216.
- [13] Jokanovic M., Ikonic P., Skaljic S., Tasic T., Tomovic V., Sojic B., Ivic M., Petrovic L., Dzinic N.: Proteolysis and texture profile of traditional dry-fermented sausage as affected by primary processing method. *Meat Technol.*, 2017, 58 (2), 103-109.
- [14] Jones M., Hoffman L.C., Muller M.: Oxidative stability of blesbok, springbok and fallow deer droëwors with added rooibos extract. *S. Afr. J. Sci.*, 2015, 111 (11-12), 1-8.
- [15] Karwowska M., Dolatowski Z.J.: Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite-/nitrate-free fermented sausage made from deer meat. *Asian Austral. J. Anim. Sci.*, 2017, 30 (1), 85.
- [16] Maksimovic A.Z., Zunabovic-Pichler M., Kos I., Mayrhofer S., Hulak N., Domig K.J., Fuka M.M.: Microbiological hazards and potential of spontaneously fermented game meat sausages: A focus on lactic acid bacteria diversity. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2018, 89, 418-426.
- [17] Mendonça R.C., Gouvêa D.M., Hungaro H.M., Sodrê A.D.F., Querol-Simon A.: Dynamics of the yeast flora in artisanal country style and industrial dry cured sausage (yeast in fermented sausage). *Food Control*, 2013, 29 (1), 143-148.
- [18] Molly K., Demeyer D., Johansson G., Raemaekers M., Ghistelinck M., Geenen I.: The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First results of a European project. *Food Chem.*, 1997, 59 (4), 539-545.
- [19] Nowak D.: Mięso zwierząt egzotycznych – nietypowe źródło białka. *Przem. Spoż.*, 2008, 62, 16-20.
- [20] Paleari M.A., Moretti V.M., Beretta G., Mentasti T., Bersani C.: Cured products from different animal species. *Meat Sci.*, 2003, 63 (4), 485-489.
- [21] PN-A-04018:1975. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
- [22] Principles of preservation of shelf-stable dried meat products. [on line] USDA – United States Department of Agriculture. Dostęp w Internecie [24.10.2014]: https://www.fsis.usda.gov/shared/PDF/FSRE_SS_7Principles.pdf
- [23] Rozporządzenie komisji (UE) nr 1129/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 poprzez ustanowienie unijnego wykazu dodatków do żywności. *Dz. U. L* 295, ss. 1-177, z 12.11.2011.
- [24] Rzepkowska A., Zielińska D., Ołdak A., Kołożyn-Krajewska D.: Organic whey as a source of *Lactobacillus* strains with selected technological and antimicrobial properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2017, 52 (9), 1983-1994.
- [25] Safa H., Gatellier P., Lebert A., Picgirard L., Mirade P.S.: Effect of combined salt and animal fat reductions on physicochemical and biochemical changes during the manufacture of dry-fermented sausages. *Food Bioprocess. Technol.*, 2015, 8 (10), 2109-2122.
- [26] Soriano A., Cruz B., Gómez L., Mariscal C., Ruiz A.G.: Proteolysis, physicochemical characteristics and free fatty acid composition of dry sausages made with deer (*Cervus elaphus*) or wild boar (*Sus scrofa*) meat: A preliminary study. *Food Chem.*, 2006, 96 (2), 173-184.

- [27] Stadnik J., Kęska P.: Meat and fermented meat products as a source of bioactive peptides. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2015, 14 (3), 181-190.
- [28] Stajić S., Stanišić N., Tomovic V., Petricevic M., Stanojković A., Radovic C., Gogić M.: Changes in color and texture during storage of Sremska sausage, a traditional Serbian dry-fermented sausage. *Fleischwirtschaft Int.*, 2017, 6, 54-58.
- [29] Toldra F.: Biochemistry of fermented meat. In.: *Food Biochemistry and Food Processing*, 2nd ed. Eds. B.K. Simpson, L.M. Nollet, F. Toldrá, S. Benjakul, G. Paliyath, Y.H. Hui. Willey-Blackwell, Ames, Iowa, 2012, pp. 331-344.
- [30] Użytkowanie lasu – skup ubocznych produktów leśnych. [on line]. GUS. Dostęp w Internecie [31.08.2018]: http://swaid.stat.gov.pl/Lesnictwo_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_LES_7.aspx
- [31] Wójciak K.M., Karwowska M., Dolatowski Z.J.: Fatty acid profile, color and lipid oxidation of organic fermented sausage during chilling storage as influenced by acid whey and probiotic strains addition. *Sci. Agric.*, 2015, 72 (2), 124-131.
- [32] Żochowska-Kujawska J.: Effects of fibre type and structure of *longissimus lumborum* (Ll), *biceps femoris* (Bf) and *semimembranosus* (Sm) deer muscles salting with different NaCl addition on proteolysis index and texture of dry-cured meats. *Meat Sci.*, 2016, 121, 390-396.
- [33] Pérez-Alvarez J.A., Sayas-Barberá M.E., Fernández-López J., Aranda-Catalá V.: Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. *Food Res. Int.*, 1999, 32 (9), 599-607.

**COMPARISON OF PHYSICOCHEMICAL AND PROTEOLYTIC CHANGES
OCCURRING IN DRY FERMENTED SAUSAGES MADE FROM FALLOW DEER
AND BEEF MEET DURING THEIR STORAGE**

S u m m a r y

The objective of the research study was to compare the shelf life of dry fermented sausages made from fallow deer and beef meet; the comparison was made on the basis of both the intensity of proteolytic transformations and physicochemical changes occurring therein and their effect on the colour and texture parameters of the sausages studied.

There were produced four experimental batches of sausages from fallow deer meat and beef meat: C – control batch with cured salt added (2.8 %); S – reference batch with sea salt (2.8 %); SAW – the tested batch with the addition of sea salt (2.8 %) and acid whey (5 %); SAA – the tested batch with the addition of sea salt (2.8 %) and sodium ascorbate (0.05 %). In order to assess the intensity of proteolytic transformations, the contents of total nitrogen (TN) and non-protein nitrogen (NPN) were determined; based on the measured content amounts, a proteolysis index (PI) was calculated. The physicochemical changes were assessed on the basis of the measured pH level and water activity (a_w) after the fermentation process accomplished (0) and after the half-year (180) and one-year storage (360) under the refrigerated conditions. After 180 and 360 days of storing the products, the colour of the sausages analysed (CIE $L^*a^*b^*$) was determined and an instrumental analysis of the texture properties was performed.

The results obtained indicate a significant effect of storage time, the type of meat and the additives used on all the parameters analysed. It was found that the fallow deer sausages were more susceptible to the adverse changes occurring during long-term storage (higher values of pH and water activity, more advanced proteolysis transformations). Regardless of the meat type, sausages produced using acid whey were characterized by similar values of the characteristics studied during long-term refrigerated storage compared to the control variants with the curing mix added. Only in the case of beef sausages the addition of acid whey and sodium ascorbate made it possible to hold down the pH value and water activity and to

limit the intensity of proteolysis transformations and adverse changes in colour and texture properties during storage of those products.

Key words: beef meat, fallow deer meat, dry fermented sausage, acid whey, sodium ascorbate, proteolysis transformations ☒



Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy
im. Jana Długosza w Częstochowie
Polskie Towarzystwo Technologów Żywności
Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

zapraszają na

**VIII Ogólnopolską Konferencję Naukową
z cyklu
Żywność – Żywnienie – Dietetyka
nt. „Żywnienie i dietetyka osób starszych”**

Częstochowa, 16 – 17 października 2019 r.

Informacje: www.dietkonf.ujd.edu.pl
Kontakt: mgr Sylwia Ptak; tel.: (34) 361-49-18;
e-mail: dietkonf@ujd.edu.pl