

ANNA OKOŃ, PIOTR SZYMAŃSKI, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI

WPLYW SERWATKI KWASOWEJ NA JAKOŚĆ FIZYKOCHEMICZNĄ I STABILNOŚĆ BARWY FERMENTOWANYCH KIELBAS EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu serwatki kwasowej na wybrane właściwości fizykochemiczne i stabilność barwy fermentowanej kielbasy wieprzowej po procesie dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania (4 °C).

Materiał doświadczalny stanowiła kielbasa wieprzowa surowo dojrzewająca z dodatkiem serwatki kwasowej i soli morskiej. Przygotowano dwa warianty kielbas: próbę kontrolną poddaną peklowaniu oraz próbę z dodatkiem serwatki kwasowej i soli morskiej. Oceny dokonywano bezpośrednio po procesie dojrzewania oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania. W badaniach oznaczono wartość pH, potencjał oksydacyjno-redukcyjny (ORP), wskaźnik TBARS, a także parametry barwy w systemie CIE L*a*b* po procesie dojrzewania (0) oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że dodatek serwatki kwasowej wpłynął istotnie na wzrost kwasowości kielbas podczas 14-dniowego chłodniczego przechowywania. Bardziej stabilnym poziomem potencjału oksydacyjno-redukcyjnego charakteryzowała się kielbasa kontrolna peklowana. W badaniach nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami wskaźnika TBARS w czasie przechowywania kielbas z dodatkiem serwatki kwasowej, a średnia wartość kształtowała się na poziomie 0,937 mg MDA/kg. Nie wykazano istotnych różnic w zakresie parametrów barwy badanych wyrobów. Kielbasa z dodatkiem serwatki kwasowej charakteryzowała się zbliżonymi wartościami parametrów barwy L*, a*, b*, a kielbasa peklowana – większą stabilnością barwy (ΔE^*) podczas chłodniczego przechowywania. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że możliwe jest zastosowanie serwatki kwasowej pochodzącej z województwa kujawsko-pomorskiego do produkcji kielbasy surowo dojrzewającej bez dodatku azotanu(III) sodu.

Słowa kluczowe: kielbasa surowo dojrzewająca, serwatka kwasowa, barwa, TBARS

Wprowadzenie

Przemiany spowodowane utlenianiem lipidów są główną przyczyną niepożądanych zmian chemicznych i sensorycznych prowadzących do ograniczenia lub uniemożliwienia dalszego przechowywania produktów mięsnych. W efekcie powstają pierwotne i wtórne produkty przemian tłuszczu wpływające na pogorszenie cech fizykochemicznych i walorów sensorycznych produktu, a w konsekwencji na obniżenie jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego wyrobu mięsnego [10, 11]. Zastosowanie azotanów (III) i (V) w produktach mięsnych fermentowanych ma na celu działanie ochronne poprzez hamowanie wzrostu i rozwoju patogennych mikroorganizmów, m.in. *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*. Przyczyniają się również do rozwoju smaku fermentowanych produktów mięsnych i tworzenia charakterystycznej czerwonej barwy. Ponadto azotan(III) sodu wykazuje właściwości przeciwutleniające, opóźniające zmiany oksydacyjne podczas przechowywania [2, 11]. Niezależnie od korzyści wynikających ze stosowania azotanu(III) sodu, od dawna wskazuje się na potencjalne ryzyko zdrowotne wynikające ze stosowania tego składnika, szczególnie w aspekcie udziału w tworzeniu rakotwórczych nitrozoamin w produktach mięsnych i organizmie człowieka [2, 11]. Rozwiązania legislacyjne w Unii Europejskiej zmierzają do ograniczenia tego składnika w produkcji wędlin, co spowodowało intensywne poszukiwanie substancji o podobnych właściwościach funkcjonalnych [5, 6, 24]. Ograniczenie lub całkowite wyeliminowanie azotanu(III) sodu z produkcji wyrobów mięsnych bez wprowadzenia odpowiednich rozwiązań może mieć negatywny wpływ na jakość i trwałość produktów, dlatego podjęto próbę wykorzystania serwatki kwasowej.

Serwatka jest produktem ubocznym powstającym podczas wytwarzania twarogu. Powstaje w trakcie naturalnej fermentacji węglowodanów i kwasowej koagulacji białek mleka. Występuje w postaci żółto-zielonkawego płynu. Serwatka zawiera aminokwasy o rozgałęzionych łańcuchach, białka i peptydy (laktoalbuminy, glutation), laktozę, szereg związków mineralnych, witaminy i śladowe ilości tłuszczu. Serwatka kwasowa (pH 3,8 ÷ 4,6) charakteryzuje się dużym udziałem kwasu mlekowego (ok. 0,7 %). W procesie wytwarzania jednego kilograma twarogu otrzymuje się ok. dziewięć litrów serwatki. Serwatka kwasowa jest źródłem potencjalnie probiotycznych bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus* spp. i *Bifidobacterium* spp.) i wielu innych cennych składników, które kształtują jej właściwości prozdrowotne [20, 25].

W dotychczas przeprowadzonych badaniach [13, 25, 27, 28] zaobserwowano pozytywny wpływ serwatki kwasowej na barwę oraz trwałość mikrobiologiczną produktów mięsnych surowo dojrzewających z jej użyciem, pochodzącej z regionów Podkarpacia oraz Lubelszczyzny. Wykazano również korzystny wpływ serwatki kwasowej i gorczycy na zmiany oksydacyjne tłuszczu, właściwości fizykochemiczne, barwę oraz cechy sensoryczne parzonych i fermentowanych kiełbas [14, 27]. W dostępnej literatu-

rze publikowane są dane potwierdzające skuteczność serwatki kwasowej jako składnika wyrobów mięsnych o właściwościach przeciwutleniających, antybakteryjnych oraz potencjalnie prozdrowotnych. Serwatka kwasowa pochodząca z różnych regionów Polski może różnić się podstawowym składem oraz właściwościami funkcjonalnymi ze względu na różny skład mleka [16, 18].

Celem pracy było określenie wpływu zastosowania serwatki kwasowej pochodzącej z województwa kujawsko-pomorskiego do produkcji kielbasy surowo dojrzewającej na jakość fizykochemiczną i parametry barwy w systemie CIE L*a*b* kielbas po dojrzewaniu oraz podczas 14 dni chłodniczego przechowywania.

Materiały i metody badań

Surowiec do produkcji kielbas dojrzewających stanowiło mięso wieprzowe pochodzące z gospodarstwa ekologicznego w województwie kujawsko-pomorskim. Świnie pochodziły z hodowli ekologicznej, z jednego miotu, chowane były w jednakowych warunkach przez 8 miesięcy do uzyskania masy przyżyciowej ok. 120 ÷ 130 kg. Serwatkę kwasową otrzymano z produkcji ekologicznych serów twarogowych.

Materiał doświadczalny stanowiła kielbasa surowo dojrzewająca, w której skład wchodziło 50 % mięsa kl. IIa i 50 % mięsa kl. IIb. Mięso poddawano soleniu lub peklowaniu metodą „na sucho” 24 h od uboju. Do solenia jednej części mięsa używano 1,8 % soli morskiej (o zawartości 99,7 % NaCl) w stosunku do masy surowca, nie stosowano azotanów. Drugą część mięsa traktowano peklosolą (o zawartości 99,5 % NaCl i 0,5 % azotanu(III) sodu) także w ilości 1,8 %. Oba zabiegi prowadzono w temp. 2 °C przez 48 h. Następnie dodawano glukozę – 0,5 %, serwatkę kwasową lub wodę – 1,3 % oraz przyprawy (pieprz, czosnek, majeranek) – 0,1 %. Wielkość dodatku serwatki kwasowej ustalono na podstawie wstępnych badań modelowych przeprowadzonych w skali półtechnicznej (niepublikowane wyniki badań). Przygotowano dwa warianty kielbas (tab. 1): próbę kontrolną peklowaną (C) oraz próbę z serwatką kwasową i solą morską (AW). Przygotowane próbki poddawano trzytygodniowemu dojrzewaniu w temp. 16 ÷ 18 °C i wilgotności 70 ÷ 80 %. Podczas dojrzewania kielbasy wędzono zimnym dymem (30 °C/30 min). Wyroby analizowano bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania (4 °C) w warunkach próżniowych. Wykonano dwie serie produktów, każdy wyróżnik analizowano w co najmniej dwóch powtórzeniach.

W kielbasach surowo dojrzewających oznaczano:

- potencjał oksydacyjno-redukcyjny (ORP) – określano przy użyciu elektrody InLab Redox Pro z zastosowaniem cyfrowego pH-konduktometru (Mettler, Toledo Seven Compact S220, Greifensee, Szwajcaria) metodą opisaną przez Ahn i wsp. [1];

Tabela 1. Warianty doświadczalne kielbas surowo dojrzewających

Table 1. Experimental variants of raw-ripening sausages

Próba Sample	Mieszanka peklująca Curing salt [%]	Sól morską Sea salt [%]	Glukoza Glucose [%]	Serwatka kwasowa Acid whey [%]	Woda Water [%]	Przyprawy Spices [%]
C	1,8	-	0,5	-	1,3	0,1
AW	-	1,8	0,5	1,3	-	0,1

Objaśnienia / Explanatory notes:

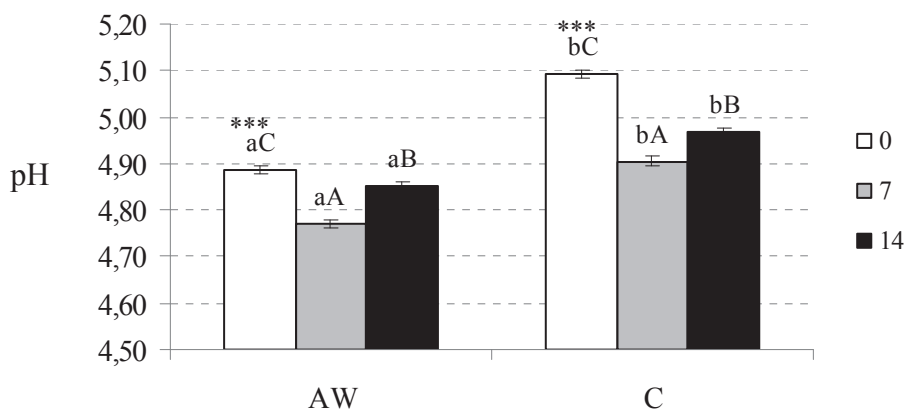
C – próba kontrolna z peklosolą / control sample with curing salt, AW – próba z serwatką kwasową / sample with acid whey.

- kwasowość ogólną – zgodnie z PN [22] pomiar wykonywano przy użyciu pH-metru cyfrowego (Mettler, Toledo, Greifensee, Szwajcaria) i elektrody InLab Cool (Mettler, Toledo Seven Compact S220, Greifensee, Szwajcaria) w wyciągu wodnym produktu; – wskaźnik TBARS oznaczano metodą podaną przez Pikula i wsp. [21];
- parametry barwy w systemie CIE L*a*b* mierzono przy użyciu spektrofotometru Chroma-Meter serii CR-300 (Minolta, Japonia). Oznaczenie wykonywano przy świetle rozproszonym pod kątem 0° i średnicy przesłony 8 mm. Kalibrację spektrofotometru przeprowadzono na wzorcu bieli, którego parametry stanowią punkt odniesienia wszystkich dokonywanych analiz. Na podstawie zmierzonych wartości parametrów L* a* b* poszczególnych próbek obliczano ich całkowitą zmianę zgodnie z równaniem: $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5}$ względem próby odniesienia (wyroby przed przechowywaniem), gdzie: ΔL^* – różnica jasności barwy, Δa^* – różnica składowych czerwonych i Δb^* – różnica składowych żółtych barwy wyrobów przed przechowywaniem i po przechowywaniu.

Otrzymane wyniki poddano statystycznej analizie wariancji (ANOVA) – wykonano dwie niezależne jednoczynnikowe analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya przy $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ serwatki kwasowej na kwasowość kielbas surowo dojrzewających (rys. 1). Kielbasa z dodatkiem serwatki kwasowej charakteryzowała się istotnie niższą wartością pH (4,89) w porównaniu z kielbasą peklowaną (5,09). Po 7 dniach chłodniczego przechowywania wyższą kwasowością charakteryzowały się próbki z serwatką kwasową (4,77) w porównaniu z próbkami peklowanymi (4,91). Obniżenie wartości pH w produktach mięsnych poddanych fermentacji mlekowej w pierwszych tygodniach przechowywania jest naturalnym zjawiskiem, które odnotowano także w innych badaniach [3, 29]. Wzrost kwasowości jest uzależniony od



Objaśnienia / Explanatory notes:

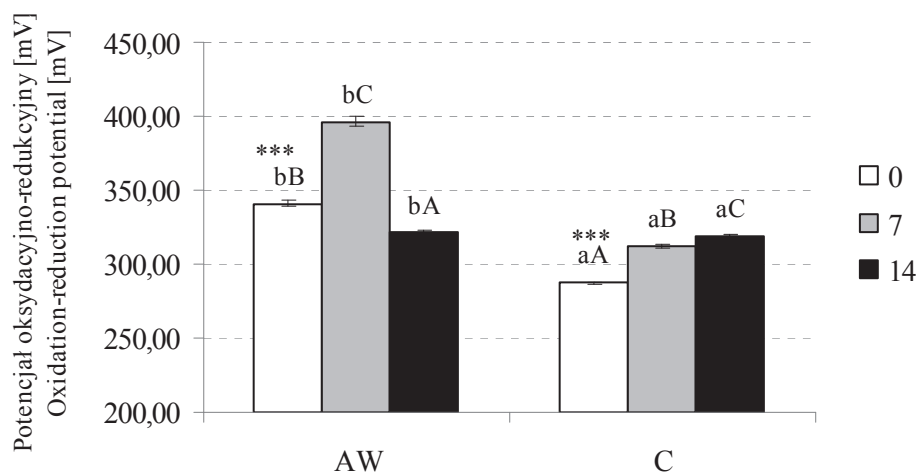
C – próba kontrolna peklowana / control cured sample; AW – próba z serwatką kwasową / sample with acid whey. Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments); a, b (A, B, C) – wartości średnie oznaczone tą samą małą literą w obrębie próbek o tym samym czasie przechowywania i dużymi literami w obrębie tej samej próbki w różnym czasie przechowywania nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / Mean values denoted by the same lowercase and referring to samples of the same storage time and by capital letters and referring to the same sample stored during different storage time periods are not significantly different ($p > 0,05$). Wartości średnie oznaczone asteriskiem w obrębie próby różnią się statystycznie istotnie: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$ / Mean values denoted by asterisks and referring to the same sample differ statistically significantly: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$; N.S. – różnice statystycznie nieistotne / statistically insignificant differences; $n = 4$.

Rys. 1. Wartości pH kielbas surowo dojrzewających bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania

Fig. 1. pH value of dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening and after 7 and 14 days of refrigerated storage

dynamiki zmian procesu fermentacji oraz nagromadzenia się w produkcji związków zakwaszających (kwas mlekowy, octowy i inne). Rzepkowska i wsp. [25] zaobserwowali, że tradycyjnie otrzymywana serwatka kwasowa jest potencjalnym źródłem kultur starterowych. Wymienieni autorzy wykazali że, serwatka kwasowa pochodząca z Podkarpacia charakteryzowała się dużą zawartością LAB (*Lb. fermentum* sp. i *Lb. plantarum*). W niniejszych badaniach po czternastu dniach chłodniczego przechowywania nastąpił wzrost wartości pH w badanych kielbasach. Najwyższą wartość pH po 14 dniach przechowywania zaobserwowano w kielbasie kontrolnej peklowanej (4,85), natomiast najniższą – w próbkach z serwatką kwasową (4,97). Wzrost wartości pH po 14 dniach przechowywania może wynikać z rozkładu substancji białkowych na skutek aktywności enzymów własnych mięsa oraz enzymów pochodzenia bakteryjnego. Pep-

tydy, aminokwasy i aminy powstające z degradacji proteolitycznej białek mogą działać jako środek buforujący dla powstających kwasów organicznych wytwarzanych przez bakterie kwasu mlekowego podczas dojrzewania i chłodniczego przechowywania [17, 23]. W czasie całego okresu przechowywania próba AW charakteryzowała statystycznie istotnie niższą ($p \leq 0,001$) wartością pH w porównaniu z próbą kontrolną peklowaną.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 2. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny kielbas surowo dojrzewających bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania

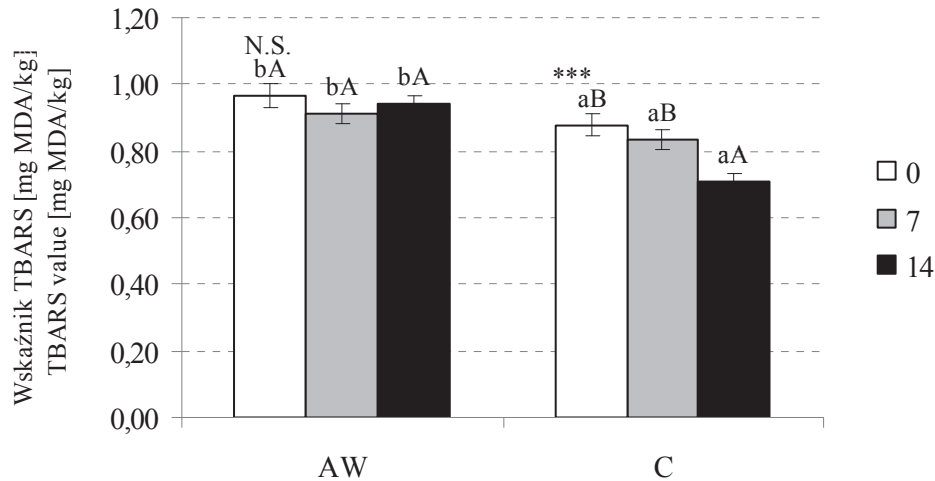
Fig. 2. Oxidation-reduction potential of dry-fermented sausage as analysed immediately after ripening and after 7 and 14 days of refrigerated storage

Procesy oksydacyjne w mięsie rozpoczynają się już po uboju zwierząt, a ich intensywność wzrasta w czasie przetwarzania surowca mięsnego i przechowywania produktu gotowego. Zarówno pierwotne, jak i wtórne produkty utleniania tłuszczu są bardzo reaktywne i łatwo wchodzą w reakcje ze składnikami żywności, wpływając na pogorszenie cech fizykochemicznych i walorów sensorycznych produktu [1, 10, 11]. Bezpośrednio po dojrzewaniu wyrobów próba AW osiągnęła istotnie ($p \leq 0,001$) wyższą wartość potencjału redox (340,73 mV) w porównaniu z próbą kontrolną (287,20 mV). Po 7 dniach chłodniczego przechowywania stwierdzono istotny wzrost wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wszystkich badanych kielbas. Obserwowano istotnie niższą wartość potencjału redox w próbce C (312,17 mV) w porównaniu z próbą z serwatką kwasową (396,57 mV). Wykazano, że serwatka kwasowa wywierała statystycznie istotny ($p \leq 0,001$) wpływ na zmiany potencjału oksydacyjno-redukcyjnego w kielbasach surowo dojrzewających. Istotny wzrost wartości potencjału

redox po 7 dniach chłodniczego przechowywania w próbie AW mógł wynikać z obecności H_2O_2 (rys. 2). Mógł on powstać na skutek działalności mikroflory mięsa i serwatki, a następnie stać się katalizatorem reakcji oksydacji. Wzrost reakcji utleniających może również wynikać z utleniającego oddziaływania soli morskiej na składniki mięsa, co jest potwierdzeniem wyników innych autorów [26].

Po przeanalizowaniu wartości wskaźnika TBARS kiełbas wykazano statystycznie istotny wpływ zastosowania serwatki kwasowej na uzyskane wartości (rys. 3). Wartość wskaźnika TBARS próby z dodatkiem serwatki (AW) w czasie całego okresu przechowywania kształtował się na wyższym poziomie (odpowiednio: 0,964, 0,913 i 0,941 mg MDA/kg) w porównaniu z próbą kontrolną peklowaną (odpowiednio: 0,877, 0,835 i 0,710 mg MDA/kg). Niższe wartości wskaźnika TBARS próby kontrolnej peklowanej potwierdzają właściwości przeciwutleniające azotanów(III) w produkcji [15, 27, 28]. Azotan(III) jest dodatkiem używanym w przemyśle mięsnym, spełniającym szereg ważnych aspektów technologicznych, zapewniającym odpowiednią barwę produktów, smak ale również jego bezpieczeństwo. Trudno znaleźć pojedynczy związek, który spełniałby tyle funkcji. Są jednak metody, które pozwalają na osiąganie podobnych skutków takie jak np. zastosowanie serwatki kwasowej i naturalnych przeciwutleniaczy roślinnych [14, 28]. Jednak ważne jest wyjaśnienie mechanizmów i skutków utleniania lipidów z użyciem kwaśnej serwatki w produktach mięsnych. Kiełbasa z serwatką kwasową charakteryzowała się najbardziej stabilną wartością wskaźnika TBARS podczas chłodniczego przechowywania – średnio ok. 0,937 mg MDA/kg. Wskaźnik TBARS w czasie chłodniczego przechowywania nie przekraczał wartości 0,960 mg MDA/kg i wskazywała na wysoką jakość badanych kiełbas.

Karwowska i Kononiuk [13] oraz Karwowska i wsp. [14] badali produkty mięsne surowo dojrzewające z użyciem serwatki kwasowej i również wykazali wyższe wartości współczynnika TBARS bezpośrednio po procesie dojrzewania (do ok. 2 mg MDA/kg). Kontrolowane zmiany oksydacyjne w produktach surowo dojrzewających mogą wpływać pozytywnie na tworzenie odpowiedniego bukietu smakowo-zapachowego akceptowanego przez konsumentów. Lorenzo i wsp. [17] oraz Qingfeng i wsp. [23] zaobserwowali, że czas przechowywania produktów surowo dojrzewających ma istotny wpływ na zachodzące w nich zmiany oksydacyjne. W pierwszych dwóch miesiącach przechowywania zaobserwowano wzrost wartości wskaźnika TBARS wynikający z nagromadzenia produktów degradacji tłuszczu. W kolejnych miesiącach obserwowali zmniejszenie wartości tego wskaźnika, co mogło być spowodowane tworzeniem stałych kompleksów z innymi składnikami produktu, np. z aminokwasami, cukrami i in. [17, 23].



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Wskaźnik TBARS kielbas surowo dojrzewających bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania

Fig. 3. TBARS value of dry-fermented sausage as analysed immediately after ripening and after 7 and 14 days of refrigerated storage

Autooksydacja lipidów mięsa i produktów mięsnych ma niekorzystny wpływ na ich barwę, która jest jednym z najważniejszych wyróżników jakości mięsa i wyrobów mięsnych. Jeśli barwa produktów mięsnych nie będzie akceptowana przez nabywcę, wszystkie pozostałe cechy jakościowe oceniane wzrokowo tracą znaczenie [7, 15]. W subiektywnej ocenie barwy wyrobów mięsnych największe znaczenie przypisuje się jej jasności. Jasna barwa utożsamiana jest zwykle ze świeżością, natomiast ciemna budzi wątpliwości co do jakości produktu i zmniejsza jego pożądalność [4, 8].

W kielbasach bezpośrednio po dojrzewaniu nie wykazano statystycznie istotnych różnic parametrów barwy między badanymi próbkami (tab. 2). Najwyższą jasnością barwy – L^* po dojrzewaniu oraz po 7 dniach chłodniczego przechowywania charakteryzowała się próbka AW (odpowiednio: 52,79 i 53,89), niższą zaś stwierdzono w próbce C (odpowiednio: 52,03 i 53,29). Nie wykazano statystycznie istotnych różnic wartości składowej L^* pomiędzy próbkami wyrobów mięsnych podczas chłodniczego przechowywania. Zaobserwowano, że wartość parametru L^* kielbas podczas przechowywania uległa wzrostowi w obu próbkach, przejawiając się rozjaśnieniem barwy. Po 14 dniach chłodniczego przechowywania stwierdzono istotny wzrost ($p \leq 0,001$) wartości parametru L^* w badanych kielbasach: o 5,4 jednostki w próbce AW i 7,3 jednostki w próbce C. Po 14 dniach przechowywania wyrobów najwyższą wartość jasności osiągnęła próbka kontrolna C (60,59), niższą zaś – próbka AW (59,31). Fernandez-Lopez i wsp. [9]

wykazali, że peroksydacja lipidów wpływa na jasność barwy w mięsie, powodując obniżenie jej wartości w wyrobie. Nam i Ahn [19] również wykazali, że niski poziom potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wpływa na większe zachowanie pożądanej barwy mięsa. Podobne tendencje zaobserwowano w badaniach własnych, co skutkowało stwierdzeniem, że stabilny potencjał redox oraz niski wskaźnik TBARS w próbie C wpływały korzystnie na wartości parametru L* barwy kiełbas.

Tabela 2. Wartości parametrów barwy L*, a*, b* kiełbas surowo dojrzewających bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania

Table 2. L*, a*, b* values of raw-ripening pork sausage after ripening (0), 7 and 14 days cold storage

Czas przechowywania [dni] Storage time [days]		Próba / Sample	
		C	AW
L*	0	52,03 ^{aa} ± 2,46	52,79 ^{aa} ± 2,34
	7	53,29 ^{aa} ± 2,02	53,89 ^{aa} ± 0,74
	14	60,59 ^{ab} ± 1,74	59,31 ^{ab} ± 2,08
a*	0	10,23 ^{aa} ± 1,07	11,97 ^{aa} ± 1,55
	7	11,43 ^{aa} ± 1,03	11,52 ^{aa} ± 0,90
	14	10,64 ^{aa} ± 0,82	10,98 ^{aa} ± 0,71
b*	0	10,01 ^{aa} ± 3,22	8,95 ^{aa} ± 1,20
	7	8,31 ^{aa} ± 1,38	8,57 ^{aa} ± 0,64
	14	8,61 ^{aa} ± 0,78	8,02 ^{aa} ± 0,42
ΔE*		6,65	8,68

Objaśnienia / Explanatory notes:

C – próba kontrolna peklowana / control cured sample, AW – próba z serwatką kwasową / sample with acid whey. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6. Wartości średnie oznaczone tą samą małą literą w obrębie próbek w tym samym czasie przechowywania i dużą literą w obrębie tej samej próbki w różnym czasie przechowywania nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / Mean values denoted by the same lowercase and referring to the samples of the same storage time and by capital letters and referring to the same sample stored during different storage time periods are not significantly different ($p > 0,05$).

Nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami parametru a* (określającego udział barwy czerwonej) uzyskanymi w poszczególnych próbach w ciągu 14 dni chłodniczego przechowywania (tab. 2). Najniższy udział barwy czerwonej bezpośrednio po dojrzewaniu zanotowano w kiełbasie kontrolnej peklowanej (10,23), wyższy natomiast w próbie AW (11,97). Najniższą wartość składowej a* po 7 dniach chłodniczego przechowywania zanotowano w próbie kontrolnej peklowanej (11,43), wyższą zaś – w próbie AW (11,52). Wzrost wartości składowej czerwonej po 7 dniach chłodniczego przechowywania w próbie C może być przypisana wzrostowi zawartości powstałej nitrozylomioglobiny, która odpowiada za charakterystyczną czerwoną barwę mięsa. Obniżenie wartości parametru a* w próbie AW po 7 dniach

chłodniczego przechowywania może być wynikiem działania kwasu mlekowego na różne stadia mioglobiny, który może częściowo lub całkowicie denaturować barwniki hemowe. Obniżenie to może również wynikać ze zmniejszenia zawartości nitrozylo-mioglobiny spowodowanego wyczerpaniem się resztkowej zawartości azotanów (III) i (V).

Nie stwierdzono statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu zastosowania serwatki kwasowej na zmiany parametru b^* , określającego udział barwy żółtej, bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po 7 i 14 dniach chłodniczego przechowywania wyrobów. Kiełbasa kontrolna peklowana charakteryzowała się nieistotnie wyższymi ($p > 0,05$) wartościami parametru b^* w porównaniu z wartościami tego parametru kiełbasy AW, zarówno po produkcji (10,01), jak i po 14 dniach chłodniczego przechowywania (8,61). Najniższą wartość składowej żółtej po produkcji, jak i po 14 dniach chłodniczego przechowywania odnotowano w przypadku próby AW (odpowiednio: 8,95; 8,02). Zaobserwowano, że wartość parametru b^* barwy w próbie AW systematycznie zmniejszała się podczas chłodniczego przechowywania wyrobów. Johansson i wsp. [12] zauważyli, że obniżenie wartości parametru b^* może być spowodowane zmniejszeniem ilości oksymioglobiny w wyniku wzrostu bakterii zużywających tlen podczas dojrzewania wyrobów. W badaniach własnych wyższą intensywność barwy żółtej (o 0,59) w końcowym okresie badawczym (po 14 dniach) osiągnęła próba C (8,61) w porównaniu z próbą AW.

Wartości parametru ΔE^* barwy świadczącego o stabilności barwy produktu podczas przechowywania przedstawiono w tab. 2. Po przeanalizowaniu wartości ΔE^* stwierdzono wpływ serwatki kwasowej na trwałość barwy. Wykazano największą zmianę parametru ΔE^* barwy po 14 dniach chłodniczego przechowywania w próbie AW (8,68). Najbardziej stabilną barwą podczas przechowywania wyrobów odznaczała się próba kontrolna peklowana, której wartość ΔE^* kształtowała się na poziomie 6,65. Świadczy to o zahamowaniu zmian barwy w próbie C oraz wyższej jej trwałości. Można przypuszczać, że zmiany barwy wynikały z przemian barwników hemowych, głównie mioglobiny odpowiedzialnej za dominującą barwę czerwoną. Niższe wartości parametru ΔE^* można również wiązać ze zmniejszeniem zdolności wyrobów do utleniania. Przypuszcza się, że niższe wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego mogły spowodować mniejsze zmiany barwy wyrobów.

Wnioski

1. Dodatek serwatki kwasowej miał wpływ na zwiększenie kwasowości kiełbas surowo dojrzewających w porównaniu z kiełbasą kontrolną peklowaną.
2. Wyższą stabilnością oksydacyjną charakteryzowały się kiełbasy peklowane.
3. Nie stwierdzono istotnych zmian parametrów barwy wyprodukowanych kiełbas. Kiełbasa kontrolna charakteryzowała się zbliżonymi parametrami barwy do wyro-

bu z dodatkiem serwatki kwasowej, przy czym kiełbasa kontrolna peklowana charakteryzowała się większą stabilnością barwy (ΔE^*) podczas chłodniczego przechowywania.

4. Wykazano, że możliwe jest zastosowanie serwatki kwasowej pochodzącej z województwa kujawsko-pomorskiego do produkcji kiełbasy surowo dojrzewającej bez dodatku azotanu(III) sodu.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego Nr: HOR.re.027.27.2017 finansowanego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura

- [1] Ahn D.U., Nam K.C., Lee E.J.: Lipid oxidation and flavor. *Appl. Muscle Biology Meat Sci.*, 2009, 12, 227-246.
- [2] Bedale W., Sindelar J.J., Milkowski A.L.: Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Sci.*, 2016, 120, 85-92.
- [3] Casaburi A., Aristoy M.C., Cavella S., Monaco R.D., Ercolini D., Toldrà F.: Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. *Meat Sci.*, 2007, 76, 295-307.
- [4] Daszkiewicz T., Wajda S.: Selected parameters of pig carcasses of different weight groups. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2004, 22 (3), 219-227.
- [5] 2010/561/UE: Decyzja Komisji z dnia 25 maja 2010 r. dotycząca przepisów krajowych zgłoszonych przez Danię w sprawie dodawania azotynów do niektórych produktów mięsnych (notyfikowana jako dokument nr C(2010) 3301). *Dz. UE L 247*, ss. 55-65, z 21.09.2010.
- [6] Dyrektywa 2006/52/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 lipca 2006 r. zmieniająca dyrektywę 95/2/WE w sprawie dodatków do żywności innych niż barwniki i substancje słodzące oraz dyrektywę 94/35/WE w sprawie substancji słodzących używanych w środkach spożywczych. *Dz. UE L 204*, ss. 10-22, z 26.07.2006.
- [7] Faustman C., Cassens R.G.: The biochemical basis for meat discoloration in fresh meat: A review. *J. Muscle Foods.*, 1990, 1, 217-243.
- [8] Feldhusen F.: Einflüsse auf die postmortale Farbveränderung der Oberfläche von Schweinemuskulatur. *Fleischwirtsch.*, 1994, 74 (9), 989-991.
- [9] Fernández-López J., Sevilla L., Sayas-Barberá E., Navarro C., Marin F., Pérez-Alvarez J.A.: Evaluation of the antioxidant potential of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in cook pork meat. *J. Food Sci.*, 2003, 68 (2), 660.
- [10] Heś M., Korczak J.: Wpływ produktów utleniania lipidów na wartość odżywczą białka. *Nauka. Przyroda. Technologie*, 2007, 1 (1), 1-15.
- [11] Holck A., Axelsson L., McLeod A., Rode T.M., Heir E.: Health and safety considerations of fermented sausages. *J Food Qual.*, 2017, 3, 1-25.
- [12] Johansson G., Tornberg E., Londström K.: Meat colour in loin and ham muscles of normal meat quality from Hampshire, Swedish Landrace and Yorkshshire pigs. *Proc. 37th IcomMST Kulmbach Germany*, 1991, 37, pp. 394-397.
- [13] Karwowska M., Kononiuk A.: Addition of acid whey improves organic dry-fermented sausage without nitrite production and its nutritional value. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2018, 53, 246-253.
- [14] Karwowska M., Wójciak K.M., Dolatowski Z.J.: The influence of acid whey and mustard seed on lipid oxidation of organic fermented sausage without nitrite. *J. Sci. Food Agric.*, 2015, 95 (3), 628-634.

- [15] Krysztofiak K.: Proces tworzenia i modyfikowania barwy wyrobów mięsnych. W: Substancje dodatkowe w przetwórstwie mięsa. Red. W. Uchman. Wyd. AR, Poznań 2001.
- [16] Lievore P., Simões D.R.S., Silva K.M.: Chemical characterisation and application of acid whey in fermented milk. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, 2052, 2083-2092.
- [17] Lorenzo J.M., Gómez M., Fonseca S.: Effect of commercial starter cultures on physicochemical characteristics, microbial counts and free fatty acid composition of dry-cured foal sausage. *Food Control*, 2014, 46, 382-389.
- [18] Miciński J., Zwierzchowski G., Kowalski I.M., Szarek J.: Health-promoting properties of selected milk components. *J. Elem.*, 2013, 18 (1), 165-186.
- [19] Nam K.C., Ahn D.U.: Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. *J. Food Sci.*, 2003, 68 (5), 1686-1690.
- [20] Odila Pereira J., Soares J., Monteiro M.J.P., Gomes A., Pintado M.: Impact of whey protein coating incorporated with *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* on sliced ham properties. *Meat Sci.*, 2018, 139, 125-133.
- [21] Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow F.A.: Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.*, 1989, 37, 1309.
- [22] PN-ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH. Metoda odwoławcza.
- [23] Ge Q., Pei H., Liu R., Chen L., Gao X., Gu Y., Hou Q., Yin Y., Yu H., Wu M., Zhang W., Zhou G.: Effects of *Lactobacillus plantarum* NJAU-01 from Jinhua ham on the quality of dry-cured fermented sausage. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2019, 101, 513-518.
- [24] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1129/2011 z dnia 11 listopada 2011r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 poprzez ustalenie unijnego wykazu dodatków do żywności. *Dz. U. L 295*, ss. 1-177, z dnia 12.11.2011.
- [25] Rzepkowska A., Zielińska D., Ołdak A., Kołozyn-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.
- [26] Sebranek J.G., Jackson-Davis A.L., Myers K.L., Lavieri N.A.: Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Sci.*, 2012, 92, 267-273.
- [27] Wójciak K.M., Dolatowski Z.J.: Shelf life of organic roast pork enriched with acid whey-plant extracts combination. *J. Food Quality*, 2016, 39, 171-180.
- [28] Wójciak K.M., Karwowska M., Dolatowski Z.J.: Use of acid whey and mustard seed to replace nitrites during cooked sausage production. *Meat Sci.*, 2014, 96, 750-756.
- [29] Zhao L., Ye J., Ma C., Song H., Li H., Wang Z., Xiao S.: Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Sci.*, 2011, 88, 761-766.

EFFECTS OF ACID WHEY ON PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND COLOUR STABILITY OF FERMENTED ORGANIC SAUSAGE

S u m m a r y

The objective of the research study performed was to assess the effect of acid whey on the selected physicochemical properties and colour stability of the fermented pork sausage after ripening and after 7 and 14 days of refrigerated storage (4 °C).

The research material consisted of the ripening pork sausages with acid whey and sea salt added. Two variants of sausages were prepared: a cured control sample and a sample with acid whey and sea salt added. The assessment was performed immediately after ripening and after 7 and 14 days of refrigerated storage. During the tests, the following was determined: pH value, oxidation-reduction potential (ORP), TBARS index, and colour parameters in the CIE L * a * b * system after the ripening process (0) and after 7 and 14 days of refrigerated storage.

During the research study conducted, it was found that the acid whey added significantly affected the increase in the acidity of sausages during the 14-day refrigerated storage. The cured control sample was characterised by a more stable level of oxidation and reduction potential. The studies did not show any significant differences in the TBARS index during the storage of sausages with the acid whey added, and the mean value was about 0.937 mg MDA/kg. No significant differences were reported in the colour parameters of the products tested. The sausages with the acidic whey added had the similar values of the $L^* a^* b^*$ colour parameters; however, the cured sausage was characterised by a higher colour stability (ΔE^*) during the cold storage. Based on the results obtained, it has been concluded that it is possible to use acid whey derived from the Kuyavian-Pomeranian Voivodeship to produce the raw-ripening sausage without adding sodium nitrate(III).

Key words: raw-ripening sausage, acid whey, colour, TBARS ☒