

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ rodzaju opakowania na pH oraz barwę wybranych wyrobów mięsnych o podwyższonej wartości prozdrowotnej

*MONIKA MARCINKOWSKA-LESIAK, JAROSŁAW WYRWISZ, ADRIAN STELMASIAK,
URSZULA ULANICKA*

**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE, WYDZIAŁ NAUK
O ŻYWIENIU CZŁOWIEKA I KONSUMPCJI, SAMODZIELNY ZAKŁAD TECHNIKI W ŻYWIENIU**

Słowa kluczowe: EVOH, MAP, polędwica wędzona, żywność funkcjonalna, barwa

STRESZCZENIE

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju opakowania i czasu przechowywania 3 grup wędzonej polędwicy wieprzowej wyprodukowanej ze schabu wieprzowego pozyskanego ze zwierząt skarmianych różnymi sposobami (K, S, O) na zmiany jej pH oraz barwy. Materiał badawczy umieszczono w opakowaniach z modyfikowaną atmosferą o składzie gazów: 30% CO₂ : 70% N₂. Zastosowano 2 rodzaje opakowań różniących się przepuszczalnością względem gazów: PP oraz PP/EVOH/PP. Dokonano pomiaru pH oraz składowych barwy w systemie CIE L*a*b* w dniu pakowania wyrobów oraz w 8 i 16 dniu ich przechowywania. Stwierdzono, że przechowywanie wędzonej polędwicy wieprzowej przez okres 16 dni w opakowaniach o dużej barierowości względem gazów (E) powoduje istotnie mniejsze zmiany ich barwy ($\Delta E_{a,b}$) w stosunku do opakowań bezbarierowych (B), niezależnie od grupy produktów.

The influence of packaging material on pH and colour stability during cold storage of different types of functional smoked pork loin, packaged in modified atmosphere

Keywords: EVOH, MAP, smoked pork loin, functional food, colour

ABSTRACT

The effect of the packaging on pH and colour components of three variants of smoked pork loin produced from the experimental groups which differ depending on the type of fodder was determined. Samples were stored on two types of trays with different gas permeability: PP and PP/EVOH/PP in modified atmosphere (30% CO₂ : 70% N₂). In order to study the modifications on pH and colour stability pork products were examined before packaging and in 8 and 16 day of storage. The study has shown that packaging material and the type of feeding both had a greater effect on pH and colour stability of smoked pork loins.

1. WPROWADZENIE

Istnieje wiele definicji żywności funkcjonalnej – jedna z nich zakłada, że żywność taka powinna mieć postać tradycyjnie produkowanych artykułów spożywczych, które dzięki konwencjonalnym modyfikacjom zawierać powinny składniki pokarmowe korzystnie oddziałujące na zdrowie człowieka, a zarazem będą stanowić podstawowy element codziennej diety. Wg Europejskiej Komisji Żywności Funkcjonalnej (FuFoSE), koordynowanej przez International Life Sciences Institute (ILSI), żywność funkcjonalna definiowana jest jako artykuły spożywcze o udowodnionym, korzystnym, ponad efekt odżywczy oddziaływaniami na jedną lub więcej funkcji organizmu [1, 2].

Zarówno mięso, jak i jego przetwory mogą być zaliczane do żywności funkcjonalnej. Możliwe jest to m.in. dzięki zastosowaniu w produkcji mięsa i jego przetworów składników bioaktywnych, a także modyfikacjom profilu kwasów tłuszczowych [3, 4]. Możliwość wykorzystania pozytywnego oddziaływania takiej żywności na zdrowie otwiera zupełnie nowe kierunki dla rozwoju przemysłu mięsnego. Oprócz tradycyjnych produktów, przemysł mięsny może zaoferować nowe warianty żywności funkcjonalnej m.in. poprzez kontrolę składu surowców wykorzystywanych do ich produkcji [5].

Jakość mięsa wieprzowego oraz jego wyrobów obejmuje zarówno aspekty bezpieczeństwa (obecność drobnoustrojów chorobotwórczych i zmniejszających trwałość mięsa), wartość odżywczą, jego właściwości technologiczne, jak i cechy sensoryczne. Decydują o niej czynniki: środowiskowe, w tym żywieniowe, zdrowotne, dobrostan hodowli; obrót przedubojowy, ubój, obrót poubojowy oraz zastosowany system pakowania, jak również warunki przechowywania [6, 7].

W odniesieniu do produktów żywnościowych przemysł opakowalniczy prowadzi działania skierowane na udoskonalanie właściwości wytwarzanych opakowań. Krótki okres przydatności wieprzowiny do spożycia stanowi główny problem przemysłu mięsnego. Nieprawidłowości związane z doborem warunków przechowywania, w tym sposobu pakowania, mogą prowadzić do niekorzystnych zmian fizycznych i sensorycznych zapakowanego produktu oraz determinować rozwój szkodliwej mikroflory [8].

Wraz ze wzrostem znaczenia przemysłowego pakowania porcjowanego mięsa i wyrobów mięs-

nych obserwowany jest wzrost asortymentu opakowań, do których stosowana jest atmosfera gazów, takich jak dwutlenek węgla, tlen i azot [9]. Ochronna rola opakowania zależy w dużym stopniu od jego barierowości. Coraz większe znaczenie zyskują materiały barierowe, takie jak kopolimer etylenu i alkoholu winylowego (EVOH z ang. *Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer*), który należy do tworzyw sztucznych o największej dynamice rozwoju, jak również o rosnącym zainteresowaniu przemysłu opakowalniczego. Barierowość opakowania decyduje o zmianie atmosfery w opakowaniu, stopniu oddziaływania czynników zewnętrznych i szybkości zmian fizykochemicznych w produkcie. Zbyt mała barierowość materiału opakowaniowego w stosunku do wilgoci i tlenu staje się przyczyną zmian sensorycznych, przyspieszenia reakcji utleniania witamin, barwników oraz tłuszczu [10]. EVOH cechuje wyjątkowo niska przepuszczalność w stosunku do gazów. Zabezpiecza on przed przenikalnością gazu około 10 tysięcy razy lepiej niż warstwa polietylenu o tej samej grubości. Ponieważ wilgotność otoczenia zmienia znacznie cechy barierowe tworzywa EVOH stosowany jest w materiałach wielowarstwowych między warstwami takich tworzyw, jak: polietylen (PE), polipropylen (PP), poliamid (PA), bądź politereftalan etylenu (PET) [11].

W związku z powyższym słusznym jest podejmowanie działań dotyczących określenia wpływu zróżnicowanego sposobu przechowywania, uwzględniającego m.in. rodzaj opakowania, na wybrane właściwości fizyczne produktów mięsnych o właściwościach funkcjonalnych, przechowywanych w warunkach odzwierciedlających handlowe.

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu poziomu barierowości opakowania oraz czasu przechowywania na pH oraz składowe barwy wędzonych połów wieprzowych wyprodukowanych z mięsa pozyskanego ze świń hodowanych w 3 różnych systemach skarmiania.

3. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły 3 grupy wędzonej połówki wieprzowej wyprodukowanej zgodnie z ogólnymi zasadami procesu wytwarzania dla tego typu wyrobów w zakładzie mięsnym na terenie

województwa mazowieckiego. Surowiec (schab środkowy – *m. longissimus dorsi*) do produkcji polędwic wędzonych pozyskano z 6 półtuszy wieprzowych z każdej grupy doświadczalnej (Tab. 1).

Tabela 1 Charakterystyka grup doświadczalnych trzody chlewnej

Table 1 Characteristics of experimental groups of pigs

	GRUPA DOŚWIADCZALNA EXPERIMENTAL GROUP		
	K	S	O
CHARAKTERYSTYKA PASZY TYPE OF FEEDING	mieszanka standardowa + 2,0% oleju rzepakowego	mieszanka standardowa + 1,0 mg selenu organicznego	mieszanka standardowa + 1,0% oleju rzepakowego + 2,0% oleju lnianego

Elementy do produkcji wędzonek (schab wieprzowy bez kości) pochodziły z tusz loszek i wieprzów rasy Polska Biała Zwistoucha (pbz). Proces produkcyjny wędzonek przebiegał w warunkach przemysłowych. Zważone elementy nastrzykiwano solanką o składzie: 82 kg woda/lód, 7 kg peklosól, 11 kg preparat nastrzykowy, sól, przeciwutleniacz E301, ekstrakty przypraw. Stosowano nastrzyk 20% solanki w stosunku do masy elementów. Nastrzyknięte mięśnie masowano przez 5 godzin w cyklu: 20 minut praca (5 obrotów bębna masownicy, przy 90% próżni) / 10 minut relaksacja (w warunkach ciśnienia atmosferycznego). Wędzonki poddano leżakowaniu (6-24 h w pomieszczeniu o temperaturze nie wyższej niż 7°C) oraz formowaniu, a następnie suszono w temperaturze 60°C przez około 3 godziny, wędzono w temperaturze 60°C do odpowiedniej barwy oraz parzono w temperaturze 76-78°C do uzyskania 74°C wewnątrz produktu. Po wygrzaniu produktów w temperaturze 74°C przez 10 min. poddano je schłodzeniu do temperatury poniżej 8°C w centrum geometrycznym przetworu.

Materiał badawczy zapakowano w modyfikowaną atmosferę przy użyciu pakowarki SEALPAC M3 w 2 rodzaje opakowań wielowarstwowych wraz z odpowiednio dobranymi do nich foliami górnymi (B – tacki bezbarierowe wykonane z PP; E – tacki wykonane z laminatu PP/EVOH/PP z warstwą barierową w folii wyjściowej = 30 µm) wyprodukowane przez firmę Marcato Sp. z o.o. z zastosowaniem mieszanki gazowej o składzie gazów 30% CO₂ : 70% N₂. Próbkę przechowywano w temperaturze 2°C ± 1°C przez okres 16 dni. Przepr

wadzano pomiar pH (n=3) oraz barwy (n=10) materiału badawczego w dniu pakowania „0” oraz w 8 i 16 dniu przechowywania. Pomiar pH przeprowadzono wg normy PN-ISO 2917:2001 (Mięso i przetwory mięsne – pomiar pH – Metoda odwoławcza), zaś instrumentalny pomiar parametrów barwy w systemie L*a*b* za pomocą chromometru CR-400 firmy Minolta wykorzystując iluminat D65 oraz kąt obserwacji 2°. System ten zakłada określenie jasności próby (L*), jej nasycenia barwy czerwonej/zielonej (a*) oraz nasycenia barwy żółtej/niebieskiej (b*). Wykonano pomiar składowych barwy L*, a* oraz b* przykładając głowicę pomiarową do powierzchni próby (10 odczytów wartości parametrów barwy z całej powierzchni próby z losowo wybranych pól, charakteryzujących się jednolitą barwą, reprezentatywną dla analizowanej powierzchni). Na podstawie parametrów L*, a*, b* wyznaczono współczynnik zmiany barwy wg wzoru (1):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Analizę wyników przeprowadzono za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA 10.0 firmy StatSoft. Wyniki pH oraz składowych barwy polędwic wędzonych porównywano przy użyciu trójczynnikowej analizy wariancji w zależności od sposobu skarmiania, dnia i rodzaju zastosowanego opakowania. Istotność różnic określono przy prawdopodobieństwie testowym na poziomie $\alpha=0,01$.

4. WYNIKI I DYSKUSJA

W Tabeli 2 przedstawiono wartości pH oraz składowe barwy wędzonych polędwic wieprzowych w zależności od grupy surowca zastosowanego do ich produkcji (K, S, O), od czasu przechowywania (0, 8, 16 dni) oraz rodzaju zastosowanego opakowania (E, B).

Stwierdzono istotną ($p \leq 0,01$) różnicę wartości pH przechowywanych produktów w zależności od zastosowanej grupy produktów (K, S, O). Najniższą wartością pH charakteryzowała się polędwica otrzymana z surowca z grupy K (5,9) i była ona istotnie niższa ($p \leq 0,01$) od wartości pH produktów z grupy S (6,06) i O (6,12) niezależnie od czasu przechowywania, jak i barierowości opakowania. Analizując wartości pH w zależności od dnia przechowywania stwierdzono istotne ($p \leq 0,01$) zmniejszenie wartości pH badanych

Tabela 2 Zmiany pH oraz barwy wędzonych polędwic wieprzowych
Table 2 Changes in pH and colour components of smoked pork loins

CZNNIK	pH	L*(D ₆₅)	a*(D ₆₅)	b*(D ₆₅)
<i>SPOSÓB SKARMIANIA/TYPE OF FEEDING</i>				
K	5,90 ^{*a**} ±0,09	72,93 ^a ±1,66	6,50 ^a ±2,75	7,54 ^b ±0,63
S	6,06 ^b ±0,08	73,94 ^b ±1,55	6,38 ^a ±2,06	6,79 ^a ±0,59
O	6,12 ^c ±0,12	74,87 ^c ±1,49	7,64 ^b ±2,26	6,95 ^a ±0,54
<i>CZAS PRZECHOWYWANIA/TIME OF STORAGE</i>				
0	6,16 ^c ±0,15	72,90 ^a ±1,36	9,89 ^c ±1,26	6,44 ^a ±0,40
8	5,96 ^a ±0,11	73,01 ^a ±1,41	6,83 ^b ±1,08	7,26 ^b ±0,68
16	6,03 ^b ±0,09	75,33 ^b ±1,18	5,33 ^a ±2,34	7,26 ^b ±0,54
<i>RODZAJ OPAKOWANIA/PACKAGING MATERIAL</i>				
E	5,95 ^a ±0,10	73,28 ^a ±1,64	7,51 ^b ±0,85	7,39 ^a ±0,52
B	6,05 ^b ±0,09	75,06 ^b ±1,35	4,65 ^a ±1,67	7,13 ^a ±0,67

* średnie ± odchylenia standardowe

* mean ± standard deviation

** wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie statystycznie (p≤0,01)

** mean values marked with different letters in columns differ significantly (p≤0.01)

wariantów produktów w 8 dniu przechowywania (5,96) w stosunku do ich pH w dniu zapakowania (6,16), jednakże w dniu 16 wystąpił istotny wzrost pH (6,03) niezależnie od zastosowanego rodzaju opakowania i grupy produktów. Wartości pH w zależności od wykorzystanego rodzaju opakowania istotnie (p≤0,01) różnią się między sobą. Większymi wartościami pH charakteryzowały się produkty przechowywane w opakowaniach o wyższej przepuszczalności względem gazów (B).

Niezależnie od rodzaju produktu mięsnego odnotowuje się spadek pH wyrobów przechowywanych w modyfikowanej atmosferze w odniesieniu do dnia ich zapakowania. Koresponduje to z wynikami Gajewskiej-Szczerbel i wsp., którzy tłumaczą zmiany pH produktów pakowanych w MAP występowaniem na ich powierzchni wody wolnej [12]. Stosowany podczas pakowania dwutlenek węgla rozpuszczając się w wodzie wolnej powoduje tym samym spadek pH produktu. Przechowywanie polędwic powodowało obniżenie ich pH, przy czym w opakowaniach o wysokiej przepuszczalności względem gazów (B) odnotowano mniejsze zmiany pH produktów, ponieważ ten rodzaj opakowania mógł umożliwić przenikanie CO₂ na zewnątrz opakowania, co w następstwie może ograniczać przydatność do spożycia pakowanego produktu.

Stwierdzono istotną (p≤0,01) różnicę parametru jasności L*(D₆₅) wędzonych polędwic w zależności od rodzaju surowca użytego do ich produkcji. Najmniejszą jasność L* stwierdzono w produktach z grupy K (72,93), zaś największą w przypadku produktów z grupy O (74,87). Biorąc pod uwagę czas przechowywania, istotny wzrost (p≤0,01) parametru L* zaobserwowano dopiero w 16 dniu przechowywania, zaś jasność produktów z dnia pakowania i po 8 dniach przechowywania kształtowała się na porównywalnym poziomie niezależnie od grupy produktu i barierowości opakowania. Wartości parametru L* różniły się istotnie statystycznie (p≤0,01) ze względu na zastosowany rodzaj opakowania. Jaśniejszą barwą charakteryzowały się polędwice przechowywane w opakowaniach o niższej barierowości względem gazów (L*=75,06).

Stwierdzono istotną (p≤0,01) różnicę nasycenia barwy czerwonej a*(D₆₅) w zależności od grupy produktów (K, S, O). Najwyższym nasyceniem barwy czerwonej a* charakteryzowały się produkty otrzymane z mięsa z grupy O (7,64). Parametr ten był istotnie większy (p≤0,01) od parametru a* produktów otrzymanych z pozostałych grup surowca. Wartość parametru a* wędzonych polędwic uległa istotnym zmianom w czasie przechowywania (p≤0,01). Nasycenie barwy czerwonej produktów w dniu zapakowania (a*=9,89) było istotnie większe niż w 8 (a*=6,83), jak i w 16 dniu przechowywania (a*=5,33), niezależnie od grupy produktów i rodzaju zastosowanego opakowania. Rodzaj opakowania miał również istotny (p≤0,01) wpływ na stabilność parametru barwy a*. Większą czerwonością charakteryzowa-

ły się produkty przechowywane w opakowaniach z warstwą barierową EVOH ($a^*=7,51$).

Najwyższą wartość parametru b^* stwierdzono w produktach otrzymanych z grupy surowca K, istotnie większą od wartości tego parametru w produktach z grup S i O. Odnotowano istotnie większe ($p \leq 0,01$) wartości parametru b^* badanych produktów w dniu pakowania niż w 8 i 16 dniu przechowywania. Wartości żółtości uległy zmniejszeniu w trakcie przechowywania bez względu na zastosowany rodzaj opakowania oraz grupę surowca zastosowanego do produkcji polędwic wędzonych. Wartości parametru b^* nie różniły się natomiast ($p > 0,01$) w zależności od rodzaju opakowania.

Analizę wartości parametru ogólnej zmiany barwy ($\Delta E_{a,b}$) podczas przechowywania (8 i 16 dni) wędzonych polędwic wykonano w odniesieniu do prób z dnia ich pakowania (Tab. 3) dla każdej grupy produktów (K, S, O) i rodzaju opakowania (E, B).

Tabela 3 Ogólna zmiana barwy ($\Delta E_{a,b}$) wędzonej polędwicy w czasie przechowywania

Table 3 The total colour change ($\Delta E_{a,b}$) of smoked pork loin during chill storage

Grupa doświadczalna	Rodzaj opakowania	Czas przechowywania	
		8	16
K	E	3,29 ^{a**} ±0,30	4,74 ^b ±0,99
	B	5,93 ^b ±1,47	8,72 ^d ±1,64
S	E	2,32 ^a ±0,60	2,56 ^a ±0,62
	B	3,02 ^a ±0,66	6,57 ^{b,c} ±0,88
O	E	2,60 ^a ±0,72	2,51 ^a ±0,72
	B	3,80 ^a ±0,56	7,14 ^{c,d} ±0,93

* średnie ± odchylenia standardowe

* mean ± standard deviation

** wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,01$)

** mean values marked with different letters in columns differ significantly ($p \leq 0,01$)

Oceniając wpływ okresu przechowywania oraz rodzaju zastosowanego opakowania na całkowitą zmianę barwy, stwierdzono istotne zróżnicowanie międzyvariantowe. Przyjmuje się, że obserwator odnosi wrażenie dwóch różnych barw jeśli $\Delta E_{a,b} > 5$. Największą wartością parametru $\Delta E_{a,b}$ (8,72), a tym samym największą zmianą barwy w porównaniu do prób zbadanych w dniu zapakowania, charakteryzowały się polędwice wieprzowe przechowywane przez okres 16 dni w opako-

waniach o dużej przepuszczalności względem gazów (B).

Trwałość produktów ogranicza rozwój bakterii oraz procesy oksydacyjne, których następstwem są niekorzystne zmiany barwy. Literatura nie wskazuje jednoznacznej zależności między sposobem pakowania, okresem przechowywania oraz składowymi barwy. Może to wynikać z obecności w produktach mięsnych azotynów, które wiążąc się z mioglobina tworzą strukturę nie podlegającą utlenianiu [13]. W celu maksymalnego wydłużenia trwałości, w tym również zapobiegania niekorzystnym zmianom barwy, zalecane jest jednak stosowanie mieszanki gazów o stężeniu od 25% do 50% CO_2 i od 50% do 75% N_2 [14-16]. Natomiast stosowanie materiałów o niskiej przepuszczalności gazów może być skutecznym sposobem na zachowanie odpowiedniej atmosfery wewnątrz opakowania, a tym samym na utrzymanie pożądanej barwy podczas ich chłodniczego przechowywania.

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy statystycznej sformułowano następujące wnioski:

- 1) Różnice wartości pH oraz stabilności parametrów barwy w trakcie przechowywania spowodowane były zarówno czasem przechowywania i zastosowanym rodzajem opakowania, jak i zależne były od sposobu skarmiania trzody chlewnej, z której mięsa wyprodukowano wędzoną polędwicę.
- 2) Wyroby przechowywane w opakowaniach o niższym stopniu przepuszczalności względem gazów (E) mogą charakteryzować się w późniejszym okresie przechowywania wolniejszą dynamiką zmian pH, co może wpływać na wydłużenie ich terminu przydatności do spożycia.
- 3) Większa stabilność parametru barwy a^* , w przypadku polędwic przechowywanych w opakowaniach barierowych w warunkach odzwierciedlających handlowe, przyczynić się może do ich większej akceptowalności konsumenckiej.
- 4) Zastosowanie opakowań o dużej barierowości (E) wpływa na lepszą stabilizację barwy (mniejsze zmiany $\Delta E_{a,b}$) w czasie przechowywania przez okres 8 dni, jak również 16 dni, niezależnie od grupy produktów mięsnych (K, S, O).
- 5) Modyfikacja składu paszy stosowanej do skarmiania trzody chlewnej może wpływać na stabilizację pH oraz na parametry barwy wyprodukowanych z nich wędzonek, podczas ich przechowywania.

Badania zrealizowano w ramach projektu "BIO-ŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego" nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013.



LITERATURA

- [1] Bech-Larsen T., Grunert K. G., The perceived healthiness of functional foods – A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers perception of functional foods. *Appetite*, 40, 2003, 9-14.
- [2] Diplock A., Aggett P., Ashwell M., Bornet F., Fern E., Robertfroid M., Scientific concepts of functional food in Europe Consensus Document. *Br. J. Nutr.*, 81, 1999, 1-27.
- [3] Decker E. A., Park Y., Healthier meat products as functional foods, *Meat Sci.*, 86, 2010, 49-55.
- [4] Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H., Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products, *Meat Sci.*, 86, 2010, 196-213.
- [5] Siró I., Kápolna E., Kápolna B., Lugasi A., Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite*, 51, 2008, 456-467.
- [6] Krupa E., Oravcova M., Polak P., Huba J., Krupova Z., Factors affecting growth traits of beef cattle breeds raised in Slivakie. *Czech J. of Animal Sci.*, 50, 2005, 14-21.
- [7] Bernard C., Cassar-Malek I., Renand G., Hocquette J.-F., Changes in muscle gene expression related to metabolism according to growth potential in young bulls. *Meat Sci.*, 82, 2009, 205-212.
- [8] Viana E. S., Gomide L. A. M., Vanetti M. C. D., Effect of modified atmospheres on microbiological, colour and sensory properties of refrigerated pork, *Meat Sci.*, 71, 2005, 696-705.
- [9] Zhou G. H., Xu X. L., Liu Y., Preservation technologies for fresh meat – A review, *Meat Sci.*, 86, 2010, 119-128.
- [10] Czapski J., Michniewicz J., Wpływ opakowania na zmiany jakości żywności podczas przechowywania, *Przem. Spoż.*, 10, 1997, 15-19.
- [11] Czerniawski B., Analiza krajowego rynku opakowań z tworzyw sztucznych, *Polimery*, 52 (11-12), 2007, 811-819.
- [12] Gajewska-Szczerbel H., Danyluk B., Sakowicz M., Dynamics of water activity changes in portioned meat products packed in multilayer foils, *Acta Agrophysica*, 4(2), 2004, 313-324.
- [13] García-Cachán M. D., Jaime I., Martínez B., Rovira J., Rubio B., Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented sausage salchichón manufactured with raw material with high level of mono and polyunsaturated fatty acids, *Meat Sci.*, 80, 2008, 1182-1187.
- [14] Mullan M., McDowell D., Modified atmosphere packaging. (W:) Coles R., McDowell D., Kirwan M. J. (red.), *Food Packaging Technology*, Blackwell Publishing, 2003, 303-339.
- [15] McMillin K. W., Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat, *Meat Sci.*, 80, 2008, 43-65.
- [16] Zhou G. H., Xu X. L., Liu Y., Preservation technologies for fresh meat – A review, *Meat Sci.*, 86, 2010, 119-128.