

MARIUSZ RUDY

**ANALIZA WPLYWU OBRÓBK
TERMICZNEJ NA JAKOŚĆ MIĘSA
I JEGO PRODUKTÓW**

***ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF
THERMAL PROCESSING ON THE QUALITY
OF MEAT AND ITS PRODUCTS***

Monografia

Rzeszów 2018

MARIUSZ RUDY

**ANALIZA WPŁYWU OBRÓBKI
TERMICZNEJ NA JAKOŚĆ MIĘSA
I JEGO PRODUKTÓW**

***ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF
THERMAL PROCESSING ON THE
QUALITY OF MEAT AND ITS PRODUCTS***

Monografia

Recenzent
dr hab. Stanisław Rudy

Opracowanie redakcyjne i korekta: Magdalena Baczevska

© Copyright by Food.cba.pl

All right reserved

Książka, ani żaden jej fragment nie może być przedrukowana bez pisemnej
zgody Wydawcy

ISBN 978-83-941790-3-8



Wydawca:
Food.cba.pl
e-mail: food@onet.eu
Format B5; 6 ark. wydaw.

Spis treści

WPROWADZENIE.....	13
ROZDZIAŁ 1. ZASTOSOWANIE NISKICH TEMPERATUR DO UTRWALANIA MIĘSA I JEGO PRZETWORÓW	10
ROZDZIAŁ 2. ZASTOSOWANIE WYSOKICH TEMPERATUR DO UTRWALANIA MIĘSA I JEGO PRZETWORÓW	19
ROZDZIAŁ 3. PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH WPŁYWU NISKICH TEMPERATUR NA JAKOŚĆ MIĘSA I JEGO PRODUKTÓW	41
ROZDZIAŁ 4. PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH WPŁYWU OBRÓBKIE CIEPLNEJ NA JAKOŚĆ MIĘSA I JEGO PRODUKTÓW.....	51
ROZDZIAŁ 5. METODYKA BADANIA WPŁYWU OBRÓBKIE TERMICZNEJ NA JAKOŚCI MIĘSA I JEGO PRODUKTÓW	59
ROZDZIAŁ 6. BADANIA WPŁYWU NISKICH TEMPERATUR NA JAKOŚĆ MIĘSA I JEGO PRODUKTÓW	63
ROZDZIAŁ 7. BADANIA WPŁYWU OBRÓBKIE CIEPLNEJ NA JAKOŚĆ MIĘSA I JEGO PRODUKTÓW	99
PIŚMIENNICTWO	114

Wprowadzenie

Produkty spożywcze, a w tym również mięso i jego przetwory stanowią cenne źródło wielu niezbędnych składników pokarmowych. Nowoczesne zmiany w stylu życia spowodowały, że konsumenci zaczęli coraz częściej zwracać uwagę na korzyści wynikające z wpływu spożywanej żywności na swoje zdrowie.

Mięso to surowiec nietrwały, który często ulega nieodwracalnym zmianom fizycznym, chemicznym, biochemicznym, a także mikrobiologicznym, co powoduje pogorszenie jakości sensorycznej, przydatności konsumpcyjnej, technologicznej oraz bezpieczeństwa zdrowotnego. Istotną rolę w przetwórstwie mięsa odgrywa przechowywanie chłodnicze surowca, a także obróbka cieplna, co oznacza poddawanie surowca działaniu niskich i wysokich temperatur w odpowiednich warunkach i czasie. Obróbka termiczna wpływa przede wszystkim na przedłużenie trwałości produktu, zwiększenie strawności i przyswajalności białek oraz nadaje produktowi odpowiedni smak, zapach, teksturę i barwę.

W niniejszej monografii przedstawiono wpływ niskich i wysokich temperatur na kształtowanie się wielu parametrów technologiczno-użytkowych mięsa i jego przetworów. Zmiany podstawowych cech jakościowych mięsa i jego przetworów pod wpływem działania obróbki termicznej uzależnione są również od wielu czynników. Można do nich zaliczyć na przykład: gatunek zwierząt, rasę, typ użytkowy, płeć, mięsień czy parametry temperatury, wilgotności względnej, czasu itp. Analizę wpływu ww. determinantów na zmiany właściwości jakościowych produktów mięsnych oraz ich charakterystykę opisano w niniejszej pracy.

dr hab. inż. Mariusz Rudy

Rozdział 1.

Zastosowanie niskich temperatur do utrwalania mięsa i jego przetworów

Mięso stanowi surowiec trudny pod względem przechowywania, ponieważ zawiera w swoim składzie duże ilości wody oraz białka, co wiąże się z negatywnym oddziaływaniem na jego trwałość. Wysoka aktywność wody oraz składniki budulcowe, takie jak białko stanowią wspaniałą pożywkę dla drobnoustrojów, dlatego tak ważne jest zachowywanie na wysokim poziomie jakości produktów mięsnych, poprzez różne sposoby konserwacji [Zin i Znamirska 2003]. Proces utrwalania żywności ma szerokie zastosowanie i niesie ze sobą bardzo dużo różnego rodzaju korzyści, przede wszystkim dla nas - jako konsumentów. Dzięki tym operacjom wędliny i produkty mięsne mogą cieszyć się wyjątkowym smakiem i bezpieczeństwem spożycia, poprzez zatrzymanie niekorzystnych zmian mających wpływ, m.in. na psucie się żywności.

Konserwacja produktów żywnościowych ma głównie na celu:

- zahamowanie przemian chemicznych, tj. utlenianie witamin,
- zaprzestanie występowania zmian fizycznych, m.in. zmian konsystencji czy też struktury,
- wstrzymanie biochemicznych mechanizmów tkankowych,
- przeciwdziałanie działalności i rozwoju drobnoustrojów.

Stosowanie zabiegów utrwalających mięso bez wątplenia daje wiele korzyści gospodarczych, ekonomicznych i społecznych. Umożliwia tworzenie rezerw żywnościowych, ułatwia zaopatrzenie i transport, a także uniezależnia przetwórstwo od sezonowych wahań produkcji żywca rzeźnego. Metody utrwalania mię-

sa i przetworów mięsnych mają dążyć do zahamowania rozwoju drobnoustrojów oraz przedłużenia trwałości [Burczyk 2014].

Do najbardziej skutecznych technologii gwarantujących bezpieczeństwo mikrobiologiczne należą metody fizyczne oparte na działaniu niskimi temperaturami, które podzielono na dwie grupy:

□ Chłodzenie - stosuje się temperatury od +4 °C do 0 °C, które nie przekraczają punktu krioskopowego, czyli temperatury zamarzania wody obecnej w danym produkcie;

□ Zamrażanie, w którym temperatura zostaje obniżona do wartości w granicach od -18 °C do -30 °C i w tej temperaturze jest przechowywana;

Chłodzenie jest najbardziej powszechną metodą konserwowania mięsa. Po przez zastosowanie niskich temperatur następuje zahamowanie wzrostu drobnoustrojów oraz reakcji enzymatycznych i chemicznych powodujących znaczne pogorszenie jakości mięsa. Warunkiem zapewnienia odpowiedniej jakości przechowywanego mięsa jest przestrzeganie zasady ciągłości „łańcucha chłodniczego” oraz zachowanie wysokiego standardu higieny [Cegiełka 2009].

Rolą schładzania jest odprowadzenie z mięsa pewnej ilości ciepła oraz obniżenie temperatury w jego najgrubszych warstwach. Zaletą tego procesu jest to, że nie powoduje zasadniczych zmian w strukturze mięsa. Konsystencja po ochłodzeniu staje się jędrna i elastyczna. Otrzymuje się więc te wszystkie cechy, które odzwierciedlają mięso dobrej jakości.

Możemy wyróżnić trzy metody wychładzania tusz:

- jednostopniowa,
- wielostopniowa.
- szybka dwufazowa,

Czas i szybkość tego procesu zależą od:

- ilości ciepła wymagających odprowadzenia (zależnego od masy, temperatury i pojemności cieplnej tusz),
- rozmiarów i kształtu tusz,
- właściwości cieplnych tkanek (współczynników wnikania ciepła i przewodzenia) i otoczenia (parametry otoczenia),
- sposobu rozstawienia tusz (odległości pomiędzy poszczególnymi sztukami) i systemu rozprowadzenia powietrza w schładzalni,

Tabela 1.1. Czas przechowywania mięsa w tuszach w warunkach chłodniczych

Gatunek mięsa	Temperatura [°C]	Wilgotność względna powietrza w chłodni [%]	Maksymalny czas przechowywania [tyg.]
Mięso wieprzowe w półtuszach	-1,5 – 0	85-90	1-2
Mięso wołowe w ćwierćtuszach	-1,5 – 0	90	4-5
Cielęcina w tuszach	-1,0 – 0	90	1-3
Baranina w tuszach	-1,0 – 0	90	1-2

Źródło: [Sobczak i Żukiewicz - Sobczak 2013]

Czas przechowywania mięsa zależy od: gatunku, szybkości schładzania po uboju, higieny uboju i warunków przechowywania. Właściwie wychłodzone mięso w tuszach, półtuszach, ćwierćtuszach może być przechowywane w warunkach chłodniczych:

- do dwóch tygodni (mięso wieprzowe, cielęce, baranie),
- do trzech tygodni (mięso wołowe) [Burczyk 2014].

Zamrażanie jest jedną z najnowocześniejszych metod utrwalania żywności. Pozwala na dłuższe przechowywanie. Jest procesem polegającym na obniżeniu temperatury wewnętrznej produktu poniżej punktu krioskopowego. Temperatura krioskopowa mięsa wynosi od -1,5 °C do -1,8 °C. Zamrażanie ma na celu zahamowanie rozwoju drobnoustrojów, powodujących procesy gnicia mięsa oraz zahamowanie procesów chemicznych i biochemicznych, normalnie zachodzących w mięsie po uboju zwierzęcia.

Prawidłowo przeprowadzony proces mrożenia mięsa pozwala na zachowanie jego wartości odżywczych, czyli białek, tłuszczu, witamin i składników mineralnych. Również mięso w dużym stopniu zachowuje walory odżywcze i organoleptyczne w stosunku do produktu wyjściowego [Kołodziej 2013].

Czas zamrażania mięsa zależy od wielkości masy mięsnej poddawanej mrożeniu, zawartości tłuszczu oraz od temperatury mrożenia.

W zależności od szybkości mrożenia surowca, wyróżniamy [Burczyk 2014]:

- zamrażanie bardzo wolne - prędkość mniejsza niż 0,2 cm/h,
- zamrażanie wolne – 0,2-1 cm/h,
- zamrażanie średnio szybkie – 1-5 cm/h,
- mrożenie szybkie – 5-20 cm/h.

Istnieje również wiele technik zamrażania produktów, z których najbardziej powszechne to [Zin i in. 2008]:

- w powietrzu (owiewowe oraz fluidyzacyjne),
- kontaktowe – poprzez zetknięcie surowca z powierzchnią płytki z czynnikiem chłodzącym,
- immersyjne – w cieczach niewrzących,
- kriogeniczne – z zastosowaniem skroplonych gazów,

Zamrażanie owiewowe w tunelach jest szeroko stosowaną metodą w przemyśle mięsnym. Produkt jest zamrażany strumieniem oziębionego powietrza, które jest przenośnikiem ciepła od produktu do parownika [Zin i in. 2008].

Zalety :

- najtańszy sposób zamrażania produktu,
- wysoki standard higieny,
- prostota konstrukcji,
- łatwa eksploatacja urządzeń,
- mała pracochłonność,
- uniwersalność zastosowania urządzeń oraz możliwość dostosowania ich do warunków zakładów.

Wady :

- najwolniejsza z metod zamrażania,
- powietrze jest złym medium chłodzącym,
- wysokie jednostkowe zużycie energii,
- zbrylanie rozdrobnionych produktów.

Zamrażanie immersyjne to mrożenie w cieczach niewrzących. Polega na zanurzeniu produktu w oziębionej cieczy. Cieczą niewrzącą jako czynnik mrozący może być glikol, glicerol, chlorek sodu lub wapnia wraz z mieszaniną cukru i soli.

Zalety:

- bardzo szybka redukcja temperatury produktu poprzez bezpośrednią wymianę ciepła,
- najszybsza metoda zamrażania.

Wady:

- produkt zamrażany musi mieć większą gęstość od substancji rozpuszczonej,
- roztwór może zostać rozcieńczony przez produkt, spowoduje to zmianę stężenia roztworu i parametry procesu,
- sól powoduje rdzewienie urządzeń.

Zamrażanie kontaktowe należy do najstarszych sposobów zamrażania. Polega na zetknięciu surowca z metalowymi płytami, oziębianymi czynnikiem chłodniczym.

Zalety:

- jedna z najbardziej efektywnych metod pod względem mechanizmu wymiany ciepła (krótki czas mrożenia),
- małe wymiary urządzeń.

Wady:

- pracochłonna obsługa urządzeń,
- trudność w zmechanizowaniu procesu.

W zamrażaniu kriogenicznym wykorzystuje się skroplone gazy, jako czynnik chłodzący- skroplony azot – temperatura wrzenia $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ lub dwutlenek węgla, o temperaturze sublimacji $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ma zastosowanie do mrożenia mięsa porcjowanego. Skroplony azot stosuje się częściej w tej metodzie, ze względu na bardzo niską temperaturę, a także obojętne właściwości chemiczne [Burczyk 2014].

Zalety :

- intensywny przepływ ciepła ze względu na dużą różnicę temperatury między kriocieczą a powierzchnią produktu,
- skrócenie czasu zamrażania,
- dezaktywacja enzymów negatywnie oddziałujących na mięso,
- zmniejszenie strat masy w wyniku utraty wody,
- ograniczenie wycieku rozmrażalniczego i zmiany struktury produktu po rozmrożeniu,
- niski koszt urządzeń,
- zachowanie takich cech jakościowych jak: kruchość, soczystość i trwałość.

Wady:

- prędkość zamrażania powyżej 10cm/h może spowodować rozerwanie tkanki mięśniowej i zniszczenie struktury mięsa,
- wysoki koszt eksploatacji urządzeń, który wynika z konieczności uzupełniania kriocieczy [Dłużewska i Leszczyński 2013].

Najpowszechniej stosowaną metodą w przemyśle mięsnym jest zamrażanie owiewowe ze względu na banalną budowę i łatwą eksploatację urządzeń. Mięso w tuszach, półtuszach i ćwierćtuszach utrwała się w owiewowych tunelach o poprzecznym lub podłużnym przepływie zimnego powietrza. Po osiągnięciu ustalonego poziomu techniki chłodniczej opracowano koncepcję jednorazowego zamrażania tusz bezpośrednio po uboju, w stanie ciepłym przed pojawieniem się

Tabela 1.2. Praktyczny okres przechowywania mięsa w zależności od temperatury

Surowiec	Temperatura		
	- 12°C	-18°C	-24°C
Tusze wołowe	8	15	24
Tusze jagnięce	18	24	>24
Tusze wieprzowe	6	40	15
Mięso kurcząt	9	18	>24
Mięso kaczek	6	12	18

Źródło: [Cegiłka 2009]

procesu stężenia pośmiertnego. Ważnym rezultatem tego systemu jest szybkie przerwanie procesów mikrobiologicznych na powierzchni tusz, zwiększając ich trwałość. Zaletą ekonomiczną procesu jednofazowego jest ograniczenie ubytków masy. Zamrożenie mięsa nie poddane przemianom pośmiertnym może jednakże powodować pogorszenie cech funkcjonalnych i jego jakości. W praktyce przemysłowej przyjmuje się stwierdzenie, że mięso przeznaczone na krótkie okresy przechowywania w niskich temperaturach powinno się zamrażać dwustopniowo, po ustąpieniu stężenia pośmiertnego, z kolei przewidziane na długie przechowywanie – jednostopniowo przed wystąpieniem stężenia pośmiertnego.

Metoda zamrażania kontaktowego jest najstarszym systemem zamrażania, gdzie produkty układane są na metalowych tackach i dociskane do chłodzonych płyt. Pozwala to na identyfikację procesu wymiany ciepła oraz skrócenie czasu zamrażania. Defektem tej metody są trudności z mechanizacją prac. Nie nadaje się ona do pracy ciągłej i trudno ją włączyć do pracy produkcyjnej, wobec tego też ta metoda nie znalazła szerszego zastosowania w przemyśle mięsnym.

Zamrażanie immersyjne opiera się na mrożeniu hermetycznie opakowanych produktów w roztworach soli lub innych mediach. Otrzymane, korzystne warunki wymiany ciepła dają w miarę krótkie czasy zamrażania przy temperaturze czynnika -20 °C.

Metoda zamrażania kriogenicznego przy zastosowaniu skroplonego azotu (temperatura wrzenia -195,8 °C) lub dwutlenku węgla (temperatura sublimacji - 78,5°C) jest stosowana do mrożenia produktów mięsnych o niewielkich wymiarach lub mięsa porcjowanego. Najczęściej stosowany jest skroplony azot, ze względu na obojętne właściwości chemiczne oraz bardzo niską temperaturę.

Ciecze kriogeniczne odznaczają się właściwościami, które pozwalają na spełnienie podstawowych wymagań stawianych zamrażalnictwu.

Trzeba do nich zaliczyć [Burczyk 2014]:

- krótki czas mrożenia;
- ciągłe i automatyczne działanie maszyn;
- wysoką wydajność chłodniczą.

Zamrażanie mięsa i przetworów mięsnych skłania do zmian ich jakości związanych bezpośrednio z procesem zamrażania oraz późniejszym przechowywaniem w stanie zamrożonym. Dobra jakość mięsa po zamrożeniu związana jest z wielkością powstających kryształów lodu, na którą ma wpływ szybkość zamrażania. Zmiany zachodzące w mięsie podczas zamrażania można podzielić na trzy grupy [Kołodziej 2013]:

- fizyczne (zmiany struktury, ubytek masy, oparzelina mrozowa, rekrytalizacja);
- chemiczne i biochemiczne (zmiany barwy, utlenianie tłuszczów, zmiany w obrębie białek);
- mikrobiologiczne (uzależnione od stanu mikrobiologicznego mięsa przed zamrożeniem).

Mięso jest surowcem nietrwałym, podatnym na naturalne, ciągłe i nieodwracalne przemiany fizyczne, chemiczne, biochemiczne a także mikrobiologiczne. W wyniku następujących przemian może dojść do pogorszenia jakości sensorycznej mięsa, jego przydatności technologicznej i konsumpcyjnej oraz bezpieczeństwa zdrowotnego człowieka. Skuteczną, mającą szerokie zastosowanie metodą utrwalania mięsa i produktów mięsnych jest zamrażanie [Piekarska 2012].

Mięso przeznaczone do mrożenia powinno cechować się wysoką jakością, dobrą przydatnością przetwórczo-technologiczną, ponadto pożądanymi cechami sensorycznymi oraz prawidłowym stanem higienicznym. Istotny wpływ na jakość mrożonego surowca ma metoda zamrażania i jej parametry tzn. szybkość zamrażania, warunki przechowywania i metoda rozmrażania. Najlepszą jakość mięsa i produktów mięsnych uzyskuje się metodą szybkiego mrożenia i przetrzymywania w niskiej, na stałym poziomie temperaturze. Celem całego procesu jest wyeliminowanie form wegetatywnych mikroorganizmów, obniżenie aktywności enzymów tkankowych i bakteryjnych, spowolnienie procesów chemicznych i fizycznych. Stosowanie niskich temperatur nie do końca zabezpiecza mięso przed wzrostem pleśni na jego powierzchni.

Podstawą procesu zamrażania jest przemiana fazowa wody w lód, z jednoczesnym wydzielaniem ciepła. Temperatura krioskopowa (jest to początkowa temperatura zamrażania wody) wynosi dla mięsa od $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, natomiast

temperatura eutektyczna (temperatura, w której woda zawarta w mięsie poddaje się wymrożeniu) wynosi $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pomiędzy temperaturą krioskopową a temperaturą od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ zachodzi najwięcej negatywnych zmian w mięsie na skutek przemian fizykochemicznych. Dlatego jednym z głównych zadań technologii zamrażalniczej jest jak najszybsze przekroczenie tych zakresów w trakcie zamrażania, jak i rozmrażania. Przemiana wody w lód wywołuje zmianę konsystencji tkanki mięśniowej, która staje się twarda i sztywna. Wyróżnia się także zmiany barwy na powierzchni mięsa, właściwości cieplnych oraz objętości mięsa. Barwa ulega rozjaśnieniu na skutek utleniania barwnika mięśniowego- mioglobiny. Drugi rodzaj zmian dotyczy przede wszystkim zmniejszenia się ciepła właściwego i zwiększenie przewodności cieplnej. Ich intensyfikacja ma miejsce w pierwszej fazie zamrażania, w temperaturze do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolejny rodzaj zmian skutkuje obniżeniem ciężaru właściwego mięsa (o około 5-8%).

Poprzez wybór właściwej metody zamrażania, która zapewni dostateczną szybkość zamrażania, można w maksymalnym stopniu zachować właściwości przetwórczo-technologiczne i kulinarne produktu. Na właściwości te składają się: soczystość, wodochłonność, barwa, rozpuszczalność białek, smakowitość oraz kruchość. Szybkość zamrażania mięsa wyznacza jego jakość po rozmrożeniu. Kształtowanie się dużych kryształów lodu, w przypadku zamrażania wolnego, potęguje ujemne zmiany strukturalne, polegające na mechanicznym uszkodzeniu ciągłości błon komórkowych oraz utraceniu ich właściwości. Szybkie zamrażanie sprzyja więc lepszej jakości surowca, ponieważ zapewnia szybsze przeprowadzenie procesu przez zakres wysokich stężeń soli w soku mięśniowym, w którym miozyna ulega koagulacji oraz przejście do stanu optymalnego wymrożenia wody wolnej, będącej rozpuszczalnikiem elektrolitów. Mniejsze uszkodzenie natywnej struktury białek dopuszczają pewniejszą ich rehydrację po rozmrożeniu produktu [Cegiełka 2009b].

Współcześnie istnieje kilka metod zamrażania, których zastosowanie zależy od rodzaju produktu, skali produkcji, rodzaju opakowania, a także dostępności i ceny czynników chłodniczych [Burczyk 2014].

Końcowym i istotnym parametrem jest rozmrażanie mięsa, w którym surowiec odzyskuje pierwotne właściwości, ograniczając do minimum niepożądane zmiany, powodujące pogorszenie jakości. Rozmrażanie surowca jest najtrudniejszym etapem technologii zamrażalniczej w przetwórstwie mięsa. Niewłaściwie prowadzony proces może prowadzić do pogorszenia właściwości technologicznych, sensorycznych (smakowitość, barwa, konsystencja) a także jakości mikrobiologicznej. Po rozmrożeniu mięso nie może być ponownie zamrożone, natomiast powinno być niezwłocznie skierowane do przetwórstwa lub sprzedaży

[Cegiełka 2009]. Mięso może być rozmrażane w specjalnych komorach, w których stosuje się natrysk zimną wodą lub parą. Korzystny efekt uzyskuje się, kiedy czas zamrażania mięsa i jego rozmrażania jest w przybliżeniu jednakowy [Sobczak 2013].

Schładzanie, zamrażanie i rozmrażanie pełnią istotną rolę w gospodarce żywnościowej, pomimo ciągłego doskonalenia innych metod utrwalania żywności. Utrwalanie mięsa z wykorzystaniem metod fizycznych umożliwia dłuższe jego przechowywanie, tworzenie rezerw, zabezpiecza jakość produktów podczas transportu na dalsze odległości i zapobiega licznym stratom w czasie magazynowania [Panasiewicz 2014]. Dopuszczalny czas przechowywania mrożonego mięsa jest ograniczony przemianami fizycznymi, chemicznymi i mikrobiologicznymi. Dlatego przestrzeganie odpowiednich warunków higienicznych podczas produkcji, transportu i dystrybucji warunkuje długotrwałe zachowanie wysokiej jakości mrożonego mięsa [Kozłowicz i in. 2006]. Współcześnie konsumenci oczekują od oferowanych produktów długiego terminu przydatności do spożycia, świeżości oraz pożądanej barwy, smaku, wartości odżywczej, konsystencji, aromatu i bezpieczeństwa mikrobiologicznego. W związku z tym rynek technologii schładzania i zamrażania rozwija się szczególnie dynamicznie [Panasiewicz 2016].

Rozdział 2.

Zastosowanie wysokich temperatur do utrwalania mięsa i jego przetworów

Obróbka cieplna jest poprzedzona obróbką wstępną - brudną i czystą. W literaturze znaleźć można pojęcie obróbki technologicznej, zawierającej ogół czynności, podczas których surowiec jest przygotowany do bezpośredniego spożycia lub stanowi półprodukt poddawany obróbce termicznej. Do obróbki technologicznej zakwalifikować można m. in. takie czynności, jak: rozdrabnianie, dojrzewanie, kisenie czy też formowanie półproduktów.

Oddziaływanie termiczne na surowce, półprodukty, a także gotowe wyroby jest jedną z głównych cech procesów stosowanych w przetwórstwie spożywczym.

Procesy cieplne są stosowane zarówno do podnoszenia temperatury przetwarzania żywności, jak również obniżenia jej celem utrwalenia produktu.

W technologii mięsa w zależności od warunków ogrzewania oraz czasu ich działania na surowiec rozróżniamy następujące procesy:

- gotowanie – jest procesem, który odbywa się w temperaturze 100°C; w środowisku wodnym lub parze. Metodę tę stosuje się w produkcji wędlin podrobowych celem przygotowania surowca i wywaru,
- parzenie – jest procesem, którego przedział temperaturowy mieści się od 70-95°C i odbywa się w środowisku wodnym lub parze. Przetwory poddawane parzeniu to: mięso, kielbasy, wędzonki, a także wędliny podrobowe,
- smażenie – jest procesem, którego temperatury wahają się w granicach 160-180°C w obecności niewielkiej ilości tłuszczu,

- duszenie – jest procesem odbywającym się pod przykryciem, w temperaturze 100°C w obecności niewielkiej ilości tłuszczu i wody,
- pieczenie – jest procesem, którego temperatura mieści się w przedziale od 160-190°C w gorącym suchym powietrzu. Znalazło ono zastosowanie w produkcji zapiekanych paszтетów oraz pieczeni,
- pieczenie na ruszcie – jest procesem stosowanym do bezpośrednie przygotowania przetworów mięsnych (wędlin) oraz mięsa.

Oprócz działania wysoką temperaturą bezpośrednio na surowiec mięsny, który ma wpływać na bezpieczeństwo i trwałość gotowego produktu, można działać również wysoką temperaturą na zapakowany surowiec w procesach takich jak:

- pasteryzacja – jest procesem odbywającym się w temperaturze od 72-100°C, w szczelnie zamkniętym opakowaniu. Stosowany jest najczęściej w czasie produkcji szynek, łopatek, mięsa w puszkach.
- tyndalizacja – jest procesem polegającym na 2- lub 3- krotnej pasteryzacji, z zachowaniem odstępów 24 godzinnych pomiędzy kolejną pasteryzacją.
- sterylizacja – jest procesem polegającym na ogrzaniu żywności w hermetycznie zamkniętym opakowaniu w temperaturze w zakresie od 110-121°C. Zastosowanie tej metody nie wymaga magazynowania gotowego produktu w temperaturze chłodniczej.
- apertyzacja – jest procesem polegającym na połączeniu 3 kombinacji obróbki termicznej, tj. pasteryzacji, sterylizacji oraz tyndalizacji, odbywające się w zamkniętym hermetycznie pojemniku (najczęściej metalowym), znajdującym zastosowanie w produkcji konserw [Pisula i Pospiech 2011].

W czasie obróbki termicznej w surowcach zachodzą nieodwracalne zmiany w strukturze włókien mięśniowych. Do zmian tych zaliczyć można:

- procesy: denaturacji, koagulacji, obniżonej rozpuszczalności, kurczliwości, żelowania, reakcji brązowienia nieenzymatycznego (tzw. reakcji Maillarda),
- zmianę wielkości surowca: ubytek masy, wyciek termiczny, twardnienie i zmniejszenie tkanki mięśniowej,
- zmianę struktury tkanki łącznej – głównie kolagenu,
- przekształcenia w tłuszczach: niekorzystne (ogrzewanie w wysokiej temperaturze, powoduje w mięśniach utlenianie oraz gromadzenie we wnętrzu mięśnia produktów rozkładu) oraz pozytywne (upłyn-

- nianie lipidów, wpływające na dynamiczniejsze przenikanie w przestrzenie międzykomórkowe mięśnia),
- modyfikację barwy mięsa poddanego peklowaniu bądź surowca niepeklowanego, wynikająca ze zniszczenia części barwnika hemowego (części białkowej) oraz polimeryzacji tłuszczów,
 - zmianę smaku (tworzenie się specyficznych związków smakowo-zapachowych spowodowanych reakcjami dezaminacji i dekarboksylacji aminokwasów, a także przemian frakcji azotowych związków wyciągowych i interakcja między nimi),
 - zmniejszenie wartości odżywczej: poprzez ubytek części białek rozpuszczalnych w wodzie, składników mineralnych, witamin oraz utratę związków lotnych,
 - zmniejszenie aktywności własnych enzymów mięsa,
 - obniżenie aktywności wody w głównej mierze na powierzchni surowca,

Wyżej wymienione zmiany w surowcach poprawiają ich końcową jakość, a ostatecznie zależne są one od: składu chemicznego surowca, zastosowanej metody ogrzewania oraz dawki ciepła pochłanianego przez mięso [Pisula i Pospiech 2011].

Obróbka cieplna określana mianem pasteryzacji, sterylizacji lub tyndalizacji ma powszechne zastosowanie w produkcji konserw mięsnych, czyli produktów zamkniętych w hermetycznych opakowaniach (puszki i słoje), utrwalonych zazwyczaj jedną z trzech podanych wyżej metod i przeznaczonych do składowania w okresie od 6 miesięcy do 4 lat. Obróbka cieplna ma na celu zniszczenie lub takie osłabienie drobnoustrojów znajdujących się w konserwie, aby dawała ona gwarancję zachowania konserwy na czas dłuższy w stanie nadającym się do użytku. Skutek obróbki cieplnej zależy od wielu czynników, a mianowicie od [Zin i in. 2014]:

- biologicznych właściwości drobnoustrojów występujących w konserwie (formy wegetatywne i przetrwalnikujące, liczba przetrwalników i ich wiek, odporność termiczna);
- właściwości fizykochemiczne produktów (pH produktu, zawartość wody, białek i tłuszczu, stężenie soli lub cukru);
- warunków ogrzewania (temperatura, czas ogrzewania, wielkość konserwy, opakowanie);
- jakość opakowań bezpośrednich (szczelność puszek lub słoików, dokładność powłok cynowych lub lakierowych);
- prawidłowość stosowanej technologii produkcji;

- warunków sanitarno-higienicznych produkcji.

Wegetatywne formy bakterii giną praktycznie w temperaturze 60 – 70o C, natomiast formy przetrwalnikujące wytrzymują temperatury ponad 100o C. Szczególnie wytrzymałe są przetrwalniki *Bacillus subtilis* i *mesentericus*, wywołujące psucie się konserw. Przetrwalnik laseczki jadu kiełbasianego (*Clostridium botulinum*) ginie po 10 min w temperaturze 120o C, podczas gdy jego forma wegetatywna już w temperaturze 70o C. Odporność drobnoustrojów na ogrzewanie jest znacznie większa w tłuszczach i olejach. Bardzo niebezpiecznymi drobnoustrojami dla konserw są bakterie beztlenowe, których obecność z zasady obniża trwałość produktu. Przenikanie ciepła przy ogrzewaniu konserw zależy od stopnia przewodzenia opakowania i zawartości, od tego czy jest ona z zalewą, czy bez zalewy oraz od konwekcji. W konserwach z zalewą na skutek występowania prądów konwekcyjnych przenikanie ciepła jest szybsze. Znaczny wpływ na szybkość przenikania ciepła ma również skład chemiczny zalewy. Obecność np. skrobi obniża szybkość tego procesu. Sól kuchenna (NaCl) natomiast nie wywiera wpływu na przenikanie, a niewielkie stężenie cukru – tylko w nieznacznym stopniu. Temperaturę i czas ogrzewania dobiera się w zależności od przyjętej metody konserwacji oraz wielkość i kształtu puszki. Stwierdzono, że lepsze wyniki konserwowania uzyskuje się przez stosowanie niższej temperatury, ale przy dłuższym jej działaniu na produkt, z jednoczesnym zachowaniem jak najbardziej higienicznych warunków produkcji.

W technologii przetwarzania artykułów spożywczych, dokonują się zmiany dotyczące metod obróbki cieplnej, ze względu na potrzebę uzyskania charakterystycznych parametrów jakościowych, które są stawiane przez współczesnego konsumenta. Każdemu wytwórcy żywności są przedstawiane kryteria względem produkowanych surowców określające parametry fizyczne oraz uzyskanie takiej pożądalności końcowej żywności, które gwarantuje optymalną jej jakość. Współczesny odbiorca coraz częściej zwraca uwagę na produkty, które charakteryzują się poszukiwanymi cechami użytkowymi podczas określonego procesu końcowego obróbki surowca. W produkcji przemysłowej wytwarzany produkt powinien odznaczać się zróżnicowanymi parametrami zarówno jakościowymi, jak również odżywczymi [Wierzbicki i in. 2002].

Fundamentalnym celem obróbki termicznej jest przeciwdziałanie, wyeliminowanie bądź ograniczenie działania niepożądanych skutków metabolizmu mikroorganizmów przyczyniających się do rozkładu materii, a także wyeliminowanie chorobotwórczej mikroflory. Ogrzewanie jest procesem, który powoduje w podwyższonej temperaturze inaktywację zarówno enzymów jak i drobnoustrojów [Duda 1990].

Skuteczność przeprowadzonej obróbki termicznej zależy od:

- rodzaju żywności (składu chemicznego i surowcowego); oraz konsystencji (płyn, emulsja proszek itp.),
- tworzenia i stopnia przeżywalności form przetrwalnikowych drobnoustrojów,
- środowiska w jakim produkt został utrwalony (wartość pH: kwaśne, neutralne; warunków środowiska: tlenowe lub beztlenowe) [Dzwolak 2016].

Głównym wyznacznikiem obrazującym przydatność technologiczną surowca mięsnego jest pH. Interakcja tego czynnika na cechy tekstury produktów przetworzonych oraz gotowych jest znana [Biller 2013].

Poza kształtowaniem soczystości bądź kruchości, pH również znacząco wpływa na przebieg reakcji brązowienia (nieenzymatycznego) [Biller 2010; Meynier i Mottram 1995; Monti i in. 1998]. Wartość odżywcza, aktywność biologiczna oraz jej rodzaj mają ogromny wpływ na powstanie w produktach poddawanych obróbce termicznej, takiej jak: smażenie czy pieczenie barwnych związków o brązowej barwie. Procesy te charakteryzują się nierównomiernym działaniem pomiędzy warstwami zewnętrznymi, a wnętrzem produktu poddanego procesom technologicznym, które w rezultacie powoduje niejednorodne zabarwienie w obu warstwach [Biller 2011]. Intensywność zabarwienia gotowych produktów mięsnych, zostaje nadane podczas procesów cieplnych, które powodują także poprawę cech smakowo – zapachowych [Mottram 1998]. Zabarwienia struktury mięsa w wyniku reakcji nieenzymatycznej, doprowadzają do powstawania zarówno substancji o dodatnim działaniu, np. przeciwutleniającym [Biller 2010; Mohammdi i in. 2008], jak również przemiany o działaniu negatywnym – amin aromatycznych, posiadające właściwości kancerogenne i mutagenne [Borgen i in. 2001].

Podczas obróbki termicznej mięsa dochodzi do kontrakcji tkanki mięśniowej, powodującej denaturację białek na skutek skurczu, powstającego w wyniku działania siły hydratacyjnej wyciskającej wodę z wnętrza mięśnia. Wraz z przyrostem skurczu, któremu towarzyszy spadek zdolności utrzymania wody przez białko, następuje wzrost wycieku cieplnego [Pikuła 1993].

Wyciek soku z tkanki mięśniowej peklowanej rozpoczyna się w temperaturze ok. 53 °C. W miarę wnikania ciepła do wnętrza produktu, wyciek wody wzrasta, osiągając najwyższy poziom przy wartości 58 °C wewnątrz surowca. Temperatura, w której dochodzi do wycieku soku mięsnego jest równoznaczna z temperaturą denaturacji miofibrylarnych białek. Wskutek tego procesu dochodzi do wytrącenia denaturowanych białek z roztworu koloidalnego oraz uwolnienia

roztworu wodnego. Pikula [1993] podaje, że wielkość wycieku cieplnego jest uwarunkowana stopniem kontrakcji cieplnej mięsa, która jest wprost proporcjonalna do czasu i temperatury ogrzewania, zaś odwrotnie proporcjonalna do poziomu zniszczenia struktury tkanki mięśniowej (mięso nierozdrobnione charakteryzuje się większym wyciekami termicznymi, niż mięso poddane rozdrobnieniu).

Obróbka cieplna (inaczej termiczna) mięsa to poddawanie tkanek zwierząt rzeźnych działaniu odpowiednio wysokiej temperatury przez ściśle określony czas w określonych warunkach. Poprzez odpowiedni skład chemiczny oraz właściwie dobrany sposób obróbki termicznej można otrzymać produkt końcowy, który będzie się charakteryzował najlepszymi walorami smakowo-zapachowymi [Jiang i in. 2010]. Obróbka termiczna może być stosowana po to, aby przedłużyć trwałość produktu, zwiększyć przyswajalność białek występujących w mięsie, a także nadać produktowi mięsnemu pożądany smak lub konsystencję, zwiększyć strawność oraz przyswajalność składników odżywczych, zniszczyć niepożądanych drobnoustrojów [Schönfeldt i Gibson, 2008, Zhang i in. 2010]. Każdy proces termiczny działa w inny sposób na białka włókien mięśniowych (tj.: miozyna, aktyna, mioglobina, miogen) oraz na białka łącznotkankowe (tj.: retikulina, elastyna, kolagen). Jednak mimo zastosowania konkretnego zabiegu termicznego otrzymuje się odmienne rezultaty w kolejnych próbach. Ma na to wpływ zróżnicowany skład chemiczny. Warunkiem koniecznym, aby uzyskać produkt o najlepszych walorach smakowo-zapachowych i teksturze jest więc poznanie wszystkich przemian, które zachodzą w białkach podczas obróbki termicznej. Tylko wtedy istnieje możliwość kierowania w pełni świadomie procesami technologicznymi oraz dostosowywania ich do wymagań surowca i konsumentów.

Białka występujące we włóknach mięśniowych ulegają procesowi denaturacji termicznej już w 50 °C. Im wyższa temperatura ogrzewania tym proces przebiega intensywniej. Większość białek zawartych w mięśniach denaturuje w przedziale temperatur 60-80°C. Temperatura wyższa niż 80°C powoduje spadek intensywności procesów denaturacyjnych, ponieważ zasoby białka, które nie zostało jeszcze zdenaturowane są coraz mniejsze.

Proces denaturacji prowadzi do zniszczenia wiązań wodorowych, które utrzymują natywną formę spiral oraz fal drugorzędowej i trzeciorzędowej struktury białek. Fale oraz spirale po rozdzieleniu wiązań wodorowych kurczą się, a także przybierają bardziej ścisłą strukturę przestrzenną cząsteczki białkowej (zdenaturowanej) [Zalewski 2009]. Skutkuje to obkurczaniem się włókien tkanki mięśniowej. Następuje skurczenie porcji mięsa wzdłuż włókien, czemu towarzyszy widoczny gołym okiem wyciek termiczny. Tkanka mięśniowa staje się

twardsza. Jednocześnie wraz z utratą wody z mięsa w trakcie obróbki termicznej następuje wzrost ilości składników mineralnych [Kędzior 2005, Lešková 2006].

Metodą stosowaną już od dawna jest suszenie. Operacja ta służy nam jako jeden z etapów w produkcji wędzonek i kiełbas suszonych. Rozwój cywilizacji i technologii pozwolił nam na rozszerzenie funkcjonalności tej techniki utrwalania. Dawniej wystarczyło aby mięso poporcjować na mniejsze kawałki, a następnie wysuszyć w promieniach słonecznych. Otrzymywane produkty były niepodważalnie trwalsze, ale niestety ich zalety sensoryczne i organoleptyczne po tym procesie odbiegały od jakości tego surowca sprzed poddania go tej metodzie konserwacji [Zin i Znamirowska 2003].

Jedną z lepszych odmian suszenia w dzisiejszych czasach jest liofilizacja. Proces ten oparty jest na usuwaniu wody z produktów poddanych wcześniej zamrożeniu. Znajduje on zastosowanie przede wszystkim jako składnik produktów suszonych, głównie zup w postaci sproszkowanej [Litwińczuk 2012].

Wpływ obróbki cieplnej na skład chemiczny mięsa

Białka hemowe

Mioglobina oraz hemoglobina decydują o barwie mięsa surowego. Mają one trzy podstawowe formy:

- podstawowa- mioglobina i hemoglobina z żelazem (+2 stopień utlenienia) o barwie ciemnoczerwonej- na przekroju świeżej tkanki mięsnej;
- utlenowana- mioglobina oraz hemoglobina z żelazem również na +2 stopniu utlenienia - jasnoczerwona barwa na wierzchniej warstwie mięsa świeżego oraz krwi tętnicznej;
- utleniona- mioglobina i hemoglobina z żelazem na +3 stopniu utlenienia- barwa brunatnoczerwona na powierzchni dla mięsa przechowywanego dłuższy czas [Sobczak 2014].

Każda obróbka cieplna powoduje denaturację białkowej części barwnika oraz wywołuje odłączenie go od części porfirynewej. Barwniki hemowe w wyniku utraty ochronnej funkcji białek zostają utlenione do hemichromu z żelazem, który występuje na +3 stopniu utlenienia. Z tego powodu mięso po każdej obróbce termicznej przybiera barwę szarobrunatną. Wyjątek stanowi mięso peklowane, które po działaniu na nie temperaturą zachowuje różową barwę [Zalewski 2009]. W wyniku działania temperatury część żelaza hemowego ulega przemiana-

nie w mniej przyswajalną dla organizmu ludzkiego formę niehemową [Crabera i in. 2010].

W temperaturze powyżej 50 °C zaczyna się proces denaturacji białkowej części hemoglobiny lub mioglobiny. Proces ten intensyfikuje się w temperaturze 65 °C. Barwa ulega wtedy wyraźnej zmianie. Kiedy temperatura osiąga poziom 75 °C całe białko części barwnika zostaje zdenaturowane. Tkanka mięsna ma kolor szarobrazowy. Jeżeli temperatura nadal jest podnoszona mięso przybiera coraz ciemniejszą, brązową barwę.

Białka tkanki łącznej

Białkiem, które dominuje w tkance łącznej jest kolagen. Tworzą go trójłańcuchowe warkocze spiral białkowych, które są powiązane ze sobą wiązaniami wodorowymi. Kiedy temperatura wody przekracza 65 °C następuje rozrywanie tych wiązań. Nierozpuszczalne włókna kolagenowe przechodzą w rozpuszczalne białko żelujące, czyli żelatynę (glutynę). Tworzy się wtedy ścisła siatka błon łącznotkankowych, które oplatają i łączą pęczki włókien mięśniowych. Najpierw stają się one luźniejsze, aby ostatecznie się rozpuścić. Proces skutkuje podziałem się tkanki mięśniowej na włókna. Takiemu samemu przeistoczeniu ulega retikulina. Elastyna natomiast termohydrolizuje w temperaturze powyżej 130 °C co sprawia, że podczas normalnej obróbki termicznej mięsa nie podlega praktycznie żadnym przemianom.

Mięso, które zawiera mało tkanki łącznej oraz pochodzi z młodych, dobrze odżywionych zwierząt powinno się poddawać delikatnej obróbce termicznej. Temperatura wewnątrz mięsa nie powinna wówczas przekraczać 65 °C. Zachowując tę wartość temperaturową oraz wybierając metodę termiczną suchą (pieczenie lub opiekanie na ruszcie) otrzymane mięso będzie miękkie oraz soczyste.

Mięso o dużej zawartości tkanki łącznej

Mięso ścięgniaste jest pozyskiwane ze starych oraz ciężko pracujących zwierząt. Taki surowiec należy poddać procesowi termicznemu, który umożliwi przejście kolagenu w glutynę. Zaleca się, aby dokonać najpierw obróbki wstępnej, mającej na celu częściowe usunięcie lub zmiękczenie elementów łącznotkankowych. Obróbka właściwa tkanki mięśniowej ścięgniastej winna być przeprowadzana „na mokro”. W środowisku wodnym przejście kolagenu w glutynę jest najbardziej efektywne. Mimo zastosowania takich parametrów otrzymane mięso wcale nie musi być twarde i suche. Uwalniają się bowiem łącznotkankowe twory, które z części wydzielającego się soku wytwarzają błony oraz złogi gwa-

rantujące soczystość mięsa. Obróbka termiczna mięsa ścięgnistego „na sucho” bez obecności wody, mimo wysokiej temperatury da produkt twardy, suchy, a więc praktycznie niejadalny [Borrelli i in. 2003].

Przemiany w mięsie nie następują od razu. Bardzo często są to procesy powolne, wieloetapowe. Dlatego poddając tkankę mięśniową obróbce termicznej uwzględnia się trzy fazy.

I faza

Jest to faza pierwotnej soczystości oraz miękkości. Następuje, kiedy temperatura wewnętrzna mięśnia osiąga 65 °C. Niezbyt zaawansowany stopień zdenaturowania białek włókien mięśniowych skutkuje miękkością oraz soczystością mięsa. Jeżeli surowiec nie posiada sporej zawartości tkanki łącznej na tym procesie można zakończyć obróbkę cieplną.

II faza

Ta faza nosi nazwę fazy suchości i twardości. Temperatura wewnętrzna mięsa osiąga poziom 75 °C. Włókna mięśni stają się coraz bardziej zdenaturowane. Na tym etapie potrawa cechuje się większą twardością i mniejszą soczystością. Jednocześnie następuje jednak powolne uwadnianie kolagenu, które prowadzi do zmiękczenia otoczek łącznotkankowych. Jest to bardziej widoczne w przypadku zwierząt młodych, gdzie pewna część kolagenu istnieje w postaci prokolagenu, który łatwiej rozkłada się pod wpływem działania temperatury. Otrzymane mięso jest mniej soczyste oraz twarde. Obróbkę termiczną można zakończyć na tej fazie w przypadku zastosowania smażenia oraz pieczenia mięsa zwierząt młodych, w których występuje mała ilość tkanki łącznej.

III faza

Trzecia faza tzw. wtórnej soczystości i miękkości. Temperatura wewnątrz surowca wskazuje 100 °C. Denaturacja białek w mięśniach jest kompletna. Nasilają się tutaj jednak procesy rozkładu oraz uwodnienia tkanki łącznej. Skutkuje to powtórny wzrost soczystości oraz miękkości. Dzieje się to za sprawą wchłaniania soku i wody przez tkankę łączną, jak również przez rozkład otoczek łączących włókna oraz pęczki włókien mięśniowych. Jeżeli w mięsie jest odpowiednia zawartość tkanki łącznej, a także proces dojrzewania został przeprowadzony prawidłowo, to otrzymamy produkt soczysty i miękki [Zalewski 2009].

Tabela 2.1. Ubytki spowodowane obróbką cieplną mięsa zwierząt rzeźnych

Mięso	Ubytki w %
Gotowane	25-52
Duszone	30-40
Smażone	35-45
Pieczone w temp. 150-175°C	20-30
Pieczone w temp. 175-235°C	30-50

Źródło: [Flis i Konaszewska 2007]

Gotowanie

Gotowanie jest procesem długotrwałym. Polega on na oddziaływaniu na tkankę mięśniową wodą, gorącym wilgotnym powietrzem lub parą wodną, których temperatura jest bliska 100 °C. Podczas tej obróbki termicznej witaminy zawarte w mięsie nie ulegają zniszczeniu. Większość z nich jednak ulega degradacji w temperaturach do 100 °C (B₁, B₂, kwas pantotenowy oraz nikotynowy). W zależności od temperatury wody, w której umieszczone zostaje mięso otrzymujemy zróżnicowane skutki gotowania. Mięso włożone do zimnej wody, która stopniowo staje się coraz cieplejsza będzie mniej smaczne, twarde i łykowate. Dzieje się tak dlatego, że wiele rozpuszczalnych białek i substancji wyciągowych przechodzi do wody. Natomiast mięso włożone do gotującej się wody będzie miękkie i soczyste. W trakcie gotowania tkanka mięsna ulega skurczeniu. Masa mięsa ulega zredukowaniu. Kiedy mięso zawiera mniej tłuszczu, jest w mniejszych kawałkach oraz czas gotowania jest dłuższy, odnotowuje się większe ubytki masy.

Pieczenie

Proces pieczenia bazuje na działaniu suchym, gorącym powietrzem, którego temperatura waha się od 160 °C do 190 °C. Cały proces odbywa się w naczyniu zamkniętym- najczęściej piekarniku. Ten rodzaj obróbki cieplnej ogranicza ubytki masy spowodowane wyciekami termicznym. Ma to miejsce za sprawą białka, które ścina się na powierzchni mięsa przez co zmniejsza parowanie wody. Dodatkowo podczas pieczenia nie następuje proces wymywania składników

rozpuszczalnych. Straty masy są więc stosunkowo małe i wynoszą około 15-20%.

Smażenie

Jest to rodzaj obróbki termicznej, która polega na oddziaływaniu rozgrzane-
go tłuszczu w naczyniu otwartym. Tłuszcz musi posiadać temperaturę powyżej
100 °C. Wysoka temperatura powoduje początkowo odwodnienie warstwy
wierzchniej mięsa. Gdy temperatura osiągnie 105 °C zaczynają wytwarzać się
substancje lotne. Dzięki nim potrawy mięsne zyskują swój złożony i unikatowy
smak oraz zapach. Ubytki masy powstałe podczas tej obróbki termicznej wyno-
szą od 6% do 25% [Litwińczuk 2012]. Podczas procesu smażenia tworzą się
związki Maillarda. Są to połączenia cukrowców oraz białek. Za ich sprawą sma-
żone potrawy zyskują złote zabarwienie, a także specyficzne walory smakowo-
zapachowe [Borrelli i in. 2002, Christensen i in. 2011].

Wyróżnia się dwa typy smażenia:

- smażenie płytkie - odbywa się ono w niedużej ilości tłuszczu. Pod-
czas procesu konieczne jest obracanie potrawy w taki sposób, aby
ciepło dotarło do jej wnętrza.
- smażenie zanurzeniowe - w przeciwieństwie do smażenia płytkiego
potrzeba do niego dużej ilości tłuszczu. Mięso jest wtedy całkowicie
zanurzone w gorącym tłuszczu.

Do metod obróbki cieplnej mięsa i jego przetworów bardzo często zalicza
się wędzenie [Zin i in. 2014].

Wędzenie

Utrwalanie mięsa i jego przetworów przy użyciu dymu nosi nazwę wędze-
nia. Jest to specyficzny rodzaj obróbki cieplnej, w czasie której produkt jest pod-
dawany działaniu ciepła i związków chemicznych zawartych w dymie otrzyma-
nym podczas spalania drewna. Zadaniem wędzenia jest nadanie i utrwalenie ty-
powego aromatu oraz barwy, głównie na powierzchni produktów, poprzez obsu-
szanie i działanie zawartych w dymie substancji bakteriobójczych i bakteriosta-
tycznych. Podczas wędzenia następuje zmniejszenie zawartości wody w produk-
cie, a także wiele zmian chemicznych i fizykochemicznych. Ubytek wody jest
tym większy, im dłuższy jest czas wędzenia. Najmniejsze straty występują przy
krótkotrwałym wędzeniu dymem gorącym. Ubytek wody jest mniejszy także w
produktach o dużej zawartości tłuszczu, które jednak, na skutek zbyt wysokiej
temperatury wytapiają się, co obniża ich ciężar. Utrata wody przy wędzeniu pro-

duktów solonych lub peklowanych powoduje zwiększenie się zawartości soli w produkcie. W czasie wędzenia, szczególnie dymem gorącym, na powierzchni produktów tworzy się warstewka z białek ściętych wysoką temperaturą, co znacznie utrudnia przenikanie dymu do głębszych warstw mięsa podczas wędzenia. Dlatego też produkty, które mamy zamiar wędzić długo, wędzimy dymem zimnym. Natomiast solenie i peklowanie produktów mięsnych bardzo ułatwia przenikanie składników dymu w głąb produktu. Podwyższona temperatura wędzenia polepsza peklowanie mięsa (szybsze krążenie soków), co powoduje, iż produkt nabiera w tym czasie ładniejszej barwy.

Dym wędzarniczy jest produktem niecałkowitego spalania drewna i jego pochodnych. Stanowi złożony, wieloskładnikowy zespół substancji gazowych, par i cząsteczek stałych (sadza). Ilość dymu oraz rodzaj związków chemicznych w nim zawartych, są uzależnione od rodzaju czynnika dymotwórczego, oraz warunków jego spalania. Skład chemiczny dymu (%) otrzymanego ze spalania mieszaniny wiórów bukowych i trocin, o wilgotności ok. 90% w stosunku do suchej masy drewna, wygląda następująco:

- związki żywiczne 12,2
- aldehyd mrówkowy 0,81
- wyższe aldehydy 0,27
- ketony 0,91
- kwas octowy 4,93
- woda oraz alkohole – 60,0

Podczas wędzenia, duże znaczenie, ze względu na swe właściwości, mają fenole, stanowiące jeden z głównych składników związków żywicznych oraz aldehydy. Fenole charakteryzują się swoistym zapachem – aromatem, który jest wchłaniany przez mięso i tłuszcz. Efektem niecałkowitego spalania drewna i jego pochodnych jest również tlenek węgla, który występuje w dymie w znacznych ilościach. Czynniki ważnymi dla procesu wędzenia są:

- Gęstość dymu i szybkość jego przepływu.
- Stopień przenikania związków chemicznych i ich działanie.

Gęstość dymu można określić badając przenikanie światła przez dym. Szybkość przepływu dymu, stosowana w wędzarnictwie, wynosi 7 – 15 m/min. Przy większych szybkościach uzyskujemy bardziej równomierne rozmieszczenie dymu w komorze wędzarniczej i różnica temperatury dymu wchodzącego i opuszczającego wędzarnię jest mniejsza. Przy wędzeniu produktu o mniejszej objętości, szybkość przepływu dymu powinna być większa, gdyż przy wolniejszym przepływie, dymu o wysokiej temperaturze może dojść do przypiekania

produktów. Podczas wędzenia, do mięsa przenikają substancje mające zasadniczy wpływ na przedłużenie jego trwałości oraz znaczne podniesienie wartości smakowych. Substancje te, to przede wszystkim aldehyd mrówkowy i fenole. Powodują one również zwolnienie procesów autolitycznych (psucie się mięsa), oraz działają bakteriobójczo na mikroflorę. Na drobnoustroje znajdujące się w głębi mięśni (głównie beztlenowce) działają zawarte w dymie wędzarniczym fenole, przenikające w głąb wędzonego produktu tylko wtedy, gdy produkt przed wędzeniem był solony lub peklowany. Działanie bakteriobójcze zwiększa wysoka temperatura dymu – wędzenie gorące i pieczenie wędzarnicze. Pozostałe składniki dymu (np. kwasy) również przenikają do mięsa, lecz ich działanie jest niekorzystne z naszego punktu widzenia jako konsumenta, gdyż stwarzają warunki dla rozwoju drobnoustrojów.

Stosowanie zasady używania do wędzenia drewna z drzew liściastych, ma w Polsce kilkuwieczną tradycję. Obecnie, w związku z rozwojem techniki wędzarniczej, oprócz drewna w kawałkach, stosuje się jego pochodne – zrębki wędzarnicze (grube wióry) oraz trociny. Do wędzenia wykorzystuje się najczęściej drewno takie jak: buk, olcha, klon, jawor, brzoza (okorowana) oraz drewno drzew owocowych. W celu nadania produktom specyficznego smaku i aromatu dodaje się podczas wędzenia jałowca w formie jagód, chrustu czy drewna. Nie stosuje się natomiast drewna z drzew iglastych z uwagi na zawartość w nim dużych ilości związków żywicznych, które wpływają na gorzkawy smak wędzonek, ich nieprzyjemny zapach oraz dużych ilości sadzy powstających podczas procesu palenia. Drewnem z drzew iglastych wędzi się tradycyjne szynki i boczki w górskich regionach Niemiec. Rodzaj użytego podczas wędzenia drewna wpływa na barwę produktu. I tak: drewno bukowe, jawor i klon nadają wędzonkom zabarwienie żółtozłociste, dębu i olchy - brązowe gruszy ciemnoczerwone, a akacji cytrynowe.

Bardzo istotną rolę odgrywa również jakość i wilgotność drewna i jego pochodnych. Dopuszczalna wilgotność wynosi 25%. To powoduje, że drewno, zrębki i trociny powinny być przechowywane w pomieszczeniach zadaszonych, chronione przed wilgocią (trociny i zrębki muszą być co jakiś czas przerzucane na pryzmach, aby powietrze mogło wnikać w głąb pryzm). Oprócz tradycyjnego źródła ciepła i dymu jakim jest drewno i pochodne, od niedawna stosuje się w wędzarnictwie również alternatywne źródła ciepła. Są to gaz, węgiel i para wodna. Jednak źródłem dymu pozostało jak dawniej drewno i trociny. Oczywiście ta zmiana źródła ciepła ma zastosowanie jedynie w zakładach przemysłowych.

Poszczególne asortymenty wędlin różnią się między sobą zapachem, barwą oraz stopniem trwałości. Wpływ na to ma wiele czynników, jak choćby: skład i przygotowanie surowca, metoda, czas i temperatura wędzenia czy dalsze postępowanie z produktem po wędzeniu. Reżimy technologiczne podczas wędzenia poszczególnych grup wędlin określają granice temperatury i jej działanie, co jest cechą różnych metod wędzenia. Szczegółowe warunki wędzenia, tj. temperatura i czas, są dla każdego asortymentu różne, gdyż skład produktu, jego średnica, masa oraz określona wydajność decydują, w jakich warunkach produkt ma być wędzony.

Obecnie stosowane są trzy metody wędzenia [Zin i in. 2014]:

1. Wędzenie zimne.
2. Wędzenie gorące:
 - a) wędzenie dymem ciepłym,
 - b) wędzenie dymem gorącym,
3. Wędzenie z równoczesnym pieczeniem

1. Wędzenie zimne

Prowadzi się je w temperaturze 16-22°C, przy różnej gęstości dymu, wilgotności względnej od 90 do 95% i przy szybkości przepływu powietrza od 7 do 15 m/min. Czas wędzenia waha się od kilku godzin do 14 dni. Ze względu na wymaganą niską temperaturę, wędzenie zimne powinno odbywać się w wędzarniach gwarantujących utrzymanie odpowiedniej temperatury (w porze letniej nawet przez oziębianie). Wymagane granice temperatury osiąga się żarzeniem drewna lub trocin regulowane ilością i wielkością ogniska oraz intensywnością jego żarzenia, w zależności od dopływu powietrza. Odpowiednią gęstość dymu uzyskujemy przez:

- zwiększanie lub zamykanie dopływu powietrza,
- zwiększanie intensywności spalania drewna lub zwiększanie ilości zrębów bądź trocin,
- odpowiednie użycie trocin – w postaci sprasowanej bądź luźnej; grubości warstwy w stosunku do powierzchni jej rozłożenia.

Szybkość ruchu powietrza regulujemy za pomocą zasuw regulujących dostęp powietrza do wędzarni. Wilgotność zaś, przez zwilżanie drewna lub trocin i odpowiednią wymianę powietrza lub umieszczanie w wędzarni naczyń z wodą. Podczas wędzenia dymem zimnym przetwory wysychają równomiernie na całym przekroju, tracąc przy tym wodę w ilości od 5 do 20% ciężaru produktu

przed wędzeniem, zależnie od rodzaju asortymentu i czasu wędzenia. Składniki dymu przenikają produkt całkowicie. Barwa mięsa i skóry na powierzchni waha się od jasnobrązowej do ciemnobrązowej, a tłuszczu od słomkowej do złocistej. Gotowy produkt jest twardy i odporny na psucie się. Na zimno wędzi się: wędzonki trwałe, kiełbasy surowe trwałe, kiełbasy surowe półtrwałe, słoninę, boczek i niektóre asortymentu z grupy kiełbas półtrwałych parzonych i powtórnie wędzonych, czy też kiskę paszтетową i wątrobianą. Jeśli nie dysponujemy możliwością przeprowadzenia procesu wędzenia zimnego, dopuszcza się zastosowanie w zastępstwie, wędzenia w temperaturze do 28°C.

2. Wędzenie gorące

Wędzenie gorące przeprowadza się w temperaturze powyżej 22°C. Rozróżniamy dwa jego rodzaje:

- wędzenie dymem ciepłym,
- wędzenie dymem gorącym.

Wędzenie dymem ciepłym:

Przeprowadza się je w temperaturze od 22°C do 45°C, przy różnej gęstości dymu, wilgotności względnej od 70 do 90 % i szybkości ruchu powietrza od 7 do 15 m/min. Czas wędzenia wynosi od 4 do 48 godz. Wymagane warunki wędzenia osiągamy w taki sam sposób jak przy wędzeniu na zimno (bez stosowania chłodzenia wędzarni w okresie letnim). W czasie wędzenia przetwory tracą od 2 do 10% ciężaru w stosunku do ich wagi przed wędzeniem. Produkt nasycy się składnikami dymu w warstwach zewnętrznych, przez co zyskuje na trwałości. Na powierzchni produktu powstają zeschnięcia i stwardnienia tkanki mięsnej, które hamują ubytki wody podczas parzenia i działają dodatnio na jego trwałość podczas przechowywania. Uzyskana barwa – od żółtej do brązowej z odcieniem od różowego do czerwonego, oraz połysk. Dymem ciepłym wędzi się wszystkie wędzonki półtrwałe, wędzonki poddawane potem obróbce cieplnej, oraz niektóre półtrwałe podczas powtórnego wędzenia.

Tabela 2.2. Utrwalające działanie dymu wędzarniczego [Kubiak i Borowy 2010]

Działanie	Grupa związków
Przeciwutleniające	fenole, pochodne fenoli
Mikrobiologiczne	aldehydy (formaldehyd) kwasy(octowy, mrówkowy), fenole
Smakotwórcze	fenole (gwajakol, syringol) , związki karbonylowe, laktony
Barwotwórcze	związki karbonylowe (glikoloaldehyd), aldehydowe pochodne fenoli
Utwardzające (wtórna skórka)	Aldehydy (formaldehyd)

Tabela 2.3. Parametry procesu wędzenia [Litwińczuk 2012]

Metoda wędzenia	Temperatura [°C]	Czas wędzenia	Ubytek masy [%]	
Wędzenie zimne	16-22	Od kilku godzin do 14 dni	5-20	
Wędzenie gorące	dymem ciepłym	22-45	4-48 godzin	2-10
	dymem gorącym	40-90	40 min do 2,5 godziny	5-12
Wędzenie z równoczesnym pieczeniem	50-90	1,5-2,5 godziny	15-20	

Wędzenie dymem gorącym:

Dzielimy je na trzy etapy:

1. Suszenie powierzchni przetworu.
2. Zasadnicze wędzenie.
3. Powierzchniowe przypieczenie produktu.

Suszenie powierzchni przeprowadza się w temperaturze 40 – 50°C, w zależności od średnicy przetworów, w ciągu 10 – 40 min., przy pełnym i szybkim ruchu powietrza, w rzadkim dymie lub bez dymu. Oprócz osuszania produktu, ten etap ma na celu również wzmocnienie działania saletry. Drugą fazą jest właściwe wędzenie w temperaturze 40 – 60°C. w ciągu 30 – 90 min., w dymie od średnio do bardzo gęstego, przy małym dopływie i powolnym ruchu powietrza. Przetwory zostają przesycone składnikami dymu, barwa powierzchni waha się od jasnożółtej do ciemnobrązowej z odcieniem od różowego do ciemnoczerwonego, a osłonki z jelit naturalnych stają się ściśle i mocne. Trzecią fazą jest powierzchniowe przypieczenie produktów. Odbywa się ono w temperaturze 60 do 90°C w ciągu 10 - 20 min., przy szybkim przepływie powietrza (powyżej 15 m/min.). W tej fazie następuje ścięcie białka w zewnętrznej warstwie produktu, natomiast wewnętrzne warstwy pozostają surowe. Powierzchnia przetworów ulega nieznacznemu pomarszczeniu oraz nabiera dość ściślej konsystencji i połysku. W czasie wędzenia (wszystkie trzy fazy) przetwory tracą od 5 do 12% ciężaru w stosunku do wagi przed wędzeniem i zyskują na trwałości. Dymem gorącym wędzi się tylko kielbasy nietrwałe przeznaczone po uwędzeniu do parzenia, oraz kielbasy trwałe i półtrwałe przeznaczone do parzenia i powtórnego wędzenia w dymie ciepłym, a następnie do suszenia.

3. Wędzenie z równoczesnym pieczeniem

Sposób ten stosuje się przede wszystkim przy wędzeniu kielbas i przeprowadza podobnie jak wędzenie w dymie gorącym, z tą różnicą, że w trzeciej fazie, zależnie od przekroju i składu kielbasy, podwyższa się temperaturę do 75 – 90°C i przedłuża się czas pieczenia do 20 – 50 min., aż nastąpi całkowite ścięcie białka tj. do osiągnięcia temperatury 68 – 70°C wewnątrz kielbasy. Kielbasy pieczone, gorące w dotyku są jędrne, a przy ucisku można wewnątrz nich wyczuć pewne szmery powodowane ruchem nie zastygłych cieczy. Kielbasy pieczone tracą 15 – 20% pierwotnej wagi, są trwalsze od kielbas wędzonych parzonych, oraz zawierają większą ilość białka, które nie zostało wypłukane przez wodę. Wędzenia z równoczesnym pieczeniem przetworów w jednym kawałku, prawie się nie stosuje ze względu na długi czas trwania i związane z tym duże ubytki

wagowe, wynoszące ok. 30%. W przypadku przeznaczenia do pieczenia produktów z jednego kawałka o małym przekroju, wędzenie z równoczesnym pieczeniem przebiega następująco: Pierwsza faza – wędzenie w dymie rzadkim, w temperaturze 50 – 60°C, aż do wyschnięcia powierzchni i osiągnięcia barwy żółtej. Druga faza – przypieczenie powierzchni przetworu w temperaturze ok. 85 – 90°C przez czas ok. 1 godz. Trzecia faza – pieczenie całego produktu w temperaturze ok. 75°C do całkowitego ścięcia białka i osiągnięcia wewnątrz produktu temperatury 68 – 70°C.

Studzenie produktów wędzonych jest końcowym etapem wędzenia. Przetwory wystudzone równomiernie w całym przekroju do wymaganej temperatury i w określonym czasie, są znacznie trwalsze od produktów źle wystudzonych, gdyż niższa temperatura działa hamująco na rozwój drobnoustrojów. W celu uzyskania dobrej jakości produktu, kiełbasy podsuszane parzone lub pieczone powinny być wystudzone do temperatury 4 – 12° C, inne zaś asortymenty, do temperatury 2 – 18°C, przy czym, czas studzenia, w zależności od asortymentów, powinien wynosić 6 – 24 godz. Studzenie może być przeprowadzane w pojemniku z zimną wodą, natryskiem lub powietrzem, w odpowiednich pomieszczeniach. W czasie studzenia następuje wyparowanie części wody zawartej w produkcie, co powoduje ubytek masy w granicach 0,5 – 4%, w stosunku do ilości produktu gorącego. W czasie lub po wystudzeniu, można niektóre produkty (w jelitach naturalnych i zgodnie z zaleceniem receptury) oblać wrzątkiem lub skierować na nie strumień pary. Powoduje to wygładzenie (odświeżenie) powierzchni jelit i splukanie nagromadzonego na kiełbasie tłuszczu.

Urządzenie do wędzenia składa się z następujących zasadniczych części: paleniska, komory wędzarniczej i komina. Poza tym w razie potrzeby stosuje się urządzenia chłodzące i wentylatory. W Polsce najczęściej do wędzenia wykorzystuje się szafy wędzarniczo-parzelnicze produkowane w na licencji Atmos. Szafy wędzarnicze o uniwersalnym charakterze działania są instalowane w nowo budowanych i modernizowanych zakładach mięsnych. W urządzeniach tych po odpowiednim zaprogramowaniu można:

- osuszyć produkt,
- wędzić produkty wszystkimi metodami,
- parzyć i piec produkty,
- studzić produkty.

Do innych metod obróbki (utrwalania) mięsa i jego przetworów można zaliczyć także: grillowanie, pulsujący strumień światła widzialnego, promieniowanie

ultrafioletowe, promieniowanie jonizujące, pulsacyjne pole elektryczne, wysokie ciśnienie hydrostatyczne czy skojarzone metody utrwalania mięsa [Zin i in. 2014].

Grillowanie

Grillowanie - pieczenie potraw bez użycia tłuszczu, zwłaszcza na ruszcie opalonym węglem drzewnym. Podstawowym produktem grillowania jest mięso, przede wszystkim wieprzowina, wołowina, baranina, drób, ryby, konina oraz mięso z królików. Zakłada się, że mięso powinno posiadać formę kotleta lub filetu o grubości nie przekraczającej 2,5 cm (nigdy nie cieńsze niż 2 cm). Gdy mamy do czynienia z drobiem, wówczas trzeba z niego uformować takie kawałki (udka z kością, części piersi, mostek), których całkowita grubość nie będzie większa niż 3 cm. Ta sama zasada obowiązuje przy formowaniu różnego rodzaju „burgerów” i sznyceli. Natomiast kiełbasę trzeba pokrajać na kawałki 3-4 cm grubości. Prawidłową temperaturę grilla określa się w domowych warunkach w następujący sposób: jeśli ręki umieszczonej 2-3 cm nad rusztem nie da się utrzymać dłużej niż 5 sekund, można przystąpić do pieczenia.

Pulsujący strumień światła widzialnego

Światło w widzialnym zakresie widma z uwagi na właściwości fotodynamiczne wielu substancji występujących w komórkach mikroorganizmów ma zdolność do niszczenia drobnoustrojów. Na skutek absorpcji energii światła przez cząsteczki fotosensybilizatorów tworzone są substancje letalne (kilerowe), jak np. tlen singletonowy. Natężenie światła widzialnego stosowanego w celach dekontaminacji musi być wielokrotnie większe niż światła słonecznego. Silniejsze oddziaływanie uzyskuje się przyłączeniu działania impulsów światła widzialnego z promieniowaniem UV.

Promieniowanie ultrafioletowe (UV)

Promieniowanie ultrafioletowe (UV) jest standardowo wykorzystywane do odkażania powietrza, wody, powierzchni w szpitalach i laboratoriach. W ostatnich latach znajduje ono również zastosowanie do bezpośredniej dekontaminacji produktów żywnościowych. Mechanizm bakteriobójczego działania tego niskoenerygetycznego i mało przenikliwego promieniowania polega na niszczeniu wiązań poprzecznych w DNA mikroorganizmów, co uniemożliwia im zdolność

namnażania się. Letalny efekt oddziaływania promieni UV zależy od czasu ekspozycji, wysokości temperatury, pH, aw, stopnia wyjściowego zanieczyszczenia drobnoustrojami, ich rodzaju, gładkości napromieniowywanej powierzchni oraz przede wszystkim od długości emitowanej fali promieniowania. Bakteriobójczo efektywny zakres długości fal UV mieści się w przedziale 210-300 nm. Organizmy beztlenowe są wrażliwsze na oddziaływanie promieniowania UV niż tlenowe. Gram-ujemne pałeczki są wrażliwsze niż Gram-dodatnie paciorkowce. Stwierdzono również skuteczne oddziaływanie UV wobec *Salmonella* i *Pseudomonas aeruginosa* na powierzchni tuszek drobiowych. Pewne długości fal UV powodują wytwarzanie ozonu, który intensyfikuje oddziaływanie antybakteryjne. Jednakże nadmierne stężenie ozonu może inicjować reakcje oksydacji, przyspieszone utlenianie lipidów i brązowienie (powstawanie metmioglobiny), szczególnie w mięsie wieprzowym i drobiowym.

Promieniowanie jonizujące

W celu utrwalenia żywności przy użyciu promieniowania jonizującego stosuje się oddziaływanie energii promieniowania gamma, emitowanego przez izotopy promieniotwórcze: Co60 lub Cs137, promienie X wytwarzane w generatorach o energiach poniżej 5 MeV lub strumienie przyspieszonych elektronów generowanych przez akceleratory o energiach poniżej 10 MeV. Promieniowanie to działa zarówno na formy wegetatywne, jak i przetrwalnikujące mikroflory oraz na endogenne enzymy mięsa, a skutek utrwalający jest uzależniony od dawki pochłoniętego promieniowania. W wielu krajach obowiązuje sygnowanie (graficzne informowanie konsumentów) produktów żywnościowych utrwalonych promieniowaniem jonizującym specjalnym symbolem. Przy utrwalającym zastosowaniu ww. rodzajów promieniowania żywność się nie ogrzewa, co zachodzi przy oddziaływaniu mikrofal i/lub promieniowania podczerwonego. Taka „zimna” dekontaminacja może być zatem z powodzeniem wykorzystywana do utrwalania, np. zapakowanych produktów mrożonych. Rodzaje promieniowania jonizującego i jego dawki stosowane przy utrwalaniu żywności nie wywołują zjawiska radioaktywności wzbudzonej, nie adsorbują się w produktach żywnościowych, które po napromienieniu nie są radioaktywne. Prawo żywnościowe ponad 50 krajów dopuszcza radiacyjne utrwalanie określonych grup towarowych żywności, a w ponad 30 napromienianie promieniowaniem jonizującym jest metodą stosowaną w celach komercyjnych na skalę przemysłową. Polskie prawo ogranicza możliwość napromieniania tylko do kilku produktów pochodzenia roślinnego, spośród których ilościowo największą grupą są przyprawy i zioła. Le-

talna skuteczność promieniowania jonizacyjnego wobec mikroflory zasiedlającej mięso zależy od: dawki, czasu ekspozycji i gatunku drobnoustroju, a dodatkowo (zgodnie z „teorią plotków”) od zmienności takich m.in. czynników, jak: aw, pH, siła jonowa, energia cieplna.

Pulsacyjne pole elektryczne

Pulsacyjne pole elektryczne (ang. Pulsed Electric Field - PEF) jest techniką polegającą na niszczeniu drobnoustrojów oddziaływaniem, między dwiema elektrodami, impulsów pola wysokiego napięcia (do ok. 40 kV/cm). Indukowany ruch elektronów i cząsteczek spolaryzowanej wody powoduje elektroperforację błon komórkowych mikroflory, co skutkuje zakłóceniem homeostazy uniemożliwiającym ich rozmnażanie. Ze względu na wyzwianie się w trakcie procesu energii cieplnej produkty dekontaminowane tą metodą wymagają chłodzenia. Aktualnie w USA rozwiązania przemysłowe stosowane są głównie do sterylizacji żywności płynnej i półpłynnej. Mimo iż metoda PEF wydaje się być rozwojową (szczególnie dla produktów ciekłych), to jej szybkie i powszechne przemysłowe wykorzystanie w przetwórstwie mięsa ze względów technicznych, bezpieczeństwa oraz kosztów instalacji wydaje się być mało prawdopodobne.

Wysokie ciśnienie hydrostatyczne

Metoda konserwowania mięsa z zastosowaniem wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (ang. High Hydrostatic Pressure Processing - HHPP) polega na poddawaniu zapakowanego mięsa i/lub wyrobów mięsnych oddziaływaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego w przedziale od 100 MPa do ponad 1000 MPa. Mechanizm niszczenia drobnoustrojów tą metodą polega na uszkodzeniu błon cytoplazmatycznych w wyniku zmian makrocząsteczek (np. zmian w II- i III-rzędowej strukturze białek lub w strukturze DNA i RNA) oraz na inaktywacji i/lub aktywacji niektórych enzymów, co prowadzi do śmierci komórek. W wielu próbach w skali technicznej udowodniono, że zastosowanie procesu HHPP (600 MPa, 10 minut, 30°C) umożliwia istotne przedłużenie przechowalniczej trwałości wędzonek surowych i parzonych. Spośród wszystkich ww. niekonwencjonalnych metod utrwalania technologia HHPP (mimo znacznych kosztów instalacji) wydaje się być najbardziej prawdopodobną do szerszego przemysłowego wdrożenia, szczególnie jako alternatywa umożliwiająca ograniczenie stosowania konserwantów chemicznych.

Skojarzone metody utrwalania mięsa

W przetwórstwie mięsa znajdują praktyczne zastosowanie skojarzone metody utrwalania żywności. Polegają one na wykorzystaniu odpowiedniej kombinacji znanych od dawna i nowoczesnych technik utrwalania, tzw. płotków (barier rozwoju mikroorganizmów), których obecne w żywności drobnoustroje nie będą w stanie pokonać, chociaż każdy z nich zastosowany osobno nie byłby w pełni skuteczny. Nie ma przetworu mięsnego, który byłby wyprodukowany (utrwalony) przy zastosowaniu jedynie jednej metody. Różne metody utrwalania odpowiednio dobrane, z zachowaniem określonej sekwencji i intensywności zastosowania, umożliwiają wykorzystanie ich synergistycznego współdziałania i uzyskanie pożądanego efektu stabilności mikrobiologicznej, przy znacznie niższych poziomach płotków i metod utrwalania, niż każdy z nich oddzielnie. Jednoznacznie przekonującym przykładem, ilustrującym konserwujący skutek zastosowania koncepcji płotków, jest proces produkcji kiełbasy typu salami, w którym, w odpowiedniej sekwencji i z różnym nasileniem, stosuje się utrwalające działanie: mieszanki peklującej, zmieniającego się potencjału oksydo-redukującego, kultur startowych, obniżonego pH oraz odwadniania (suszenia).

Rozdział 3.

Przegląd badań dotyczących wpływu niskich temperatur na jakość mięsa i jego produktów

Proces zamrażania i przechowywania zamrażalniczego poza zabezpieczeniem początkowych cech sensorycznych i wartości odżywczych surowca wpływa również na zdolność żelowania białek mięśniowych po obróbce termicznej. Jest to niezwykle istotne przy produkcji wędlin, gdzie białka tkanki mięśniowej powinny odznaczać się maksymalnymi właściwościami żelującymi [Farouk i Wieliczko 2003]. Farouk i in. [2001] stwierdzili, że mięso wołowe przechowywane w stanie zamrażalniczym przez 30 dni odznaczało się wyższą zdolnością żelowania w porównaniu do mięsa świeżego tuż po wystąpieniu stężenia. Związane to było z większą rozpuszczalnością białek mięśniowych w surowcu po mrożeniu. Przechowywanie zamrażalnicze i późniejsze rozmrażanie mięsa wpływa bowiem na wydłużenie czasu aktywności endogennych enzymów proteolitycznych, odpowiedzialnych za degradację białek tkanki mięśniowej i rozluźnienie jej struktury.

Celem pracy Domaradzkiego i in. [2011] była ocena wpływu zamrażalniczego przechowywania (przez 30 dni) na parametry tekstury i właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. Autorzy ci stwierdzili, że przechowywanie zamrażalnicze mięsa wołowego w warunkach konwencjonalnych w powietrzu spowodowało nieodwracalne zmiany w strukturze tkankowej oraz zmiany właściwości białek mięsa, o czym świadczy istotny wzrost

przewodności elektrycznej właściwej i wielkość wycieku rozmrażalniczego. Utrwalenie mięsa poprzez mrożenie spowodowało istotny ($P < 0,05$) wzrost udziału barwy żółtej. Stwierdzili także istotny ($P < 0,01$) wzrost gumistości i twardości oraz spadek sprężystości i siły cięcia mięsa wołowego przechowywanego w warunkach zamrażalniczych. Wykazali również, że jakość fizykochemiczna mięsa wołowego pakowanego próżniowo i następnie przechowywanego w warunkach zamrażalniczych przez 30 dni była zadowalająca.

Negatywnym skutkiem krystalizacji soku komórkowego w mięsie i przetworach mięsnych podczas zamrażania jest naruszenie struktury tkankowej i koloidalnej z jednoczesnym obniżeniem właściwości fizykochemicznych białek mięśniowych, zwłaszcza miofibrylarnych przez częściową denaturację. Towarzyszy temu również wzrost objętości powstałego lodu, zwiększenie siły jonowej tego roztworu, zmiana napięcia powierzchniowego i pH środowiska. Pogorszeniu ulegają właściwości funkcjonalne mięsa, między innymi: rozpuszczalność białek mięsa, wodochłonność, zdolność emulgowania tłuszczu oraz stabilność termiczna tworzonych emulsji [Krala i Dziomdziora 2000, Stodolni i in. 2004, Tomaniak i Tyszkiewicz 1996]. W wyniku wymienionych zmian jakościowych pogarsza się przydatność rozmrożonego mięsa do przetwórstwa. Ilość wymrożonej wody uzależniona jest od końcowej temperatury mięsa, a lokalizacja, kształt i wielkość powstających kryształków lodu koreluje z warunkami i szybkością zamrażania [Krala i Dziomdziora 1998, Tomaniak i Tyszkiewicz 1996]. Najlepszą jakość mrożonego mięsa można uzyskać podczas szybkiego zamrażania i późniejszego przechowywania w stałej, możliwie niskiej temperaturze [Gruda i Postolski 1999, Kondratowicz 1991].

Pliquett i in. [1990] wykazali związek przewodności elektrycznej właściwej (EC) tkanki mięśniowej z wielkością wycieku naturalnego. Niską wartością EC charakteryzuje się tkanka mięśniowa o nienaruszonych błonach komórkowych. Wraz ze wzrostem zawartości wody wewnątrz mięśnia i przemieszczaniem się płynów w przestrzeniach śród- i międzykomórkowych wartość przewodności elektrycznej wzrasta, co związane jest z osłabieniem błon strukturalnych. Wielkość wycieku w procesie rozmrażania uważana jest za syntetyczny wskaźnik ogólnej jakości zamrożonego produktu. Wielkość wycieku z tkanki mięśniowej podczas rozmrażania w standardowych warunkach może być jedną z miar stopnia uszkodzenia struktury histologicznej tkanki mięśniowej w procesie zamrażania, a więc może stanowić pośrednią ocenę różnych metod mrożenia [Sobina 1998]. Ponadto wraz z wyciekami zamrażalniczymi ubywa wielu cennych substancji odżywczych m.in. białek, niebiałkowych związków azotowych, cukrów, a także substancji mineralnych i witamin

[Kopeć 2003]. Potwierdzeniem naruszenia integralności błon komórkowych oraz osłabienia utrzymywania wody przez miofilamenty w trakcie przechowywania zamrażalniczego surowca jest zarówno istotny wzrost przewodności elektrycznej właściwej w mięsie po mrożeniu, jak również wielkość (4,62 %) wycieku rozmrażalniczego [Domaradzki i in. 2011]. Uzyskany wynik zbliżony jest do wartości podawanych przez Chwastowską i Kondratowicza [2005], którzy, w zależności od sposobu rozmrażania i czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa wieprzowego, stwierdzili ubytki masy w zakresie od 3,74 do 6,98 %. Z kolei Stanisławczyk i Znamirska [2005] oznaczyły od 6,74 do 8,68 % wycieku rozmrażalniczego w mięsie końskim składowanym zamrażalniczo. Domaradzki i in. [2011] nie stwierdzili istotnego wpływu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania na ilość wycieku termicznego. W przypadku mięsa przed i po mrożeniu wynosił on około 30 %.

Barwa jest podstawową cechą sensoryczną wołowiny i oceniana jest przez konsumentów przed kruchością i smakowitością, stanowiąc widoczną wskazówkę jakości i świeżości mięsa [Carpenter i in. 2001]. Dlatego też w sprzedaży detalicznej barwa jest najważniejszym ocenianym samodzielnie wyróżnieniem związanym z wyglądem i to na jej podstawie nabywca decyduje się na zakup wołowiny [Florek i in. 2007]. Barwa mięsa jest określana przede wszystkim przez ilość i chemiczny status mioglobiny. Siła i penetracja tlenu w powierzchniowej warstwie mięsa powoduje szybkie utlenianie purpurowo czerwonej mioglobiny do jasnoczerwonej oksymoglobiny i powolną autooksydację do brązowej metmioglobiny [Kończak 2008]. Szybkość i zakres zmian barwy mięsa są determinowane przez dostęp tlenu atmosferycznego. Ulegają one nasileniu wraz z wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa. Sprzyja im również silne odwodnienie powierzchniowej warstwy surowca, ułatwiając penetrację cząsteczek tlenu w głąb tkanki. Częściowa tylko odwracalność negatywnych zmian barwy uzyskiwana po rozmrożeniu surowca sprawia, że są one wysoce niepożądane. Najprostszą metodą zapobiegania jest zabezpieczanie powierzchni mięsa przed wysuszeniem oraz dostępem tlenu atmosferycznego, co można osiągnąć m.in. poprzez zastosowanie odpowiedniej metody przechowywania mięsa [Cegiełka 2009].

Domaradzki i in. [2011] w przeprowadzonych badaniach nie stwierdzili istotnego wpływu przechowywania zamrażalniczego na wartość TBARS. Świadczy to o nieznacznych zmianach związanych z utlenianiem lipidów, dobrych warunkach przechowywania zamrażalniczego oraz ochronnej roli pakowania próżniowego. Do podobnych wniosków doszli wcześniej Viera i in. [2009], którzy mimo stopniowego zwiększania wartości TBARS podczas za-

mrażalniczego przechowywania wołowiny nie wykazali istotnych zmian w mięsie mrożonym przez 30 dni. Dopiero w próbach mięsa przechowywanego przez 3 miesiące w stanie zamrożonym, ww. autorzy stwierdzili istotnie wyższą wartość wskaźnika TBARS w odniesieniu do mięsa niemrożonego.

Tekstura jest podstawowym parametrem jakościowym i zarazem stanowi bardzo ważną cechę sensoryczną mięsa czerwonego [Florek i in. 2007]. Domaradzki i in. [2011] oceniając wyróżniki profilowej analizy tekstury, stwierdzili istotnie ($P \leq 0,01$) wyższą gumistość i twardość w mięsie po rozmrożeniu (odpowiednio 52,90 N i 164,25 N) w porównaniu z mięsem niemrożonym (odpowiednio 37,32 N i 100,40 N). Przechowywanie zamrażalnicze spowodowało natomiast istotne ($P \leq 0,01$) zmniejszenie sprężystości (o 0,11 mm) oraz siły cięcia (blisko 1,5 raza) w porównaniu wynikami prób niemrożonych.

W dostępnej literaturze nie ma zgodności co do wpływu przechowywania zamrażalniczego na teksturę mięsa wołowego. Zdaniem Shanks i in. [2002] przechowywanie zamrażalnicze zwiększa kruchość mięsa wołowego i jest szczególnie ważne w przypadku mięsa niepoddanego procesowi dojrzewania. Przeciwnie Litwińczuk i in. [2005] podają, że mięso wołowe przechowywane w stanie zamrożonym przez 60 dni charakteryzowało się najwyższą siłą cięcia ocenianą instrumentalnie, w porównaniu z mięsem analizowanym w różnych dniach chłodniczego dojrzewania. Kołczak i in. [2005] nie zaobserwowali istotnych zmian parametrów TPA mięsa wołowego po rozmrożeniu. Stwierdzili natomiast zmniejszenie jego kruchości (wzrost siły cięcia) w porównaniu z mięsem przed mrożeniem. Różnice kruchości były szczególnie widoczne w mięsie krów, co mogło być związane, jak zauważają cytowani autorzy, z największym, spośród ocenianych kategorii bydła, wyciekaniem rozmrażalniczym w mięsie tych zwierząt.

Według Litwińczuka i in. [2006] średnia zawartość wody w mięśni MLL młodego bydła rzeźnego rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej wynosiła 75,9 %, białka 21,3 %, tłuszczu 1,3 % oraz związków mineralnych w postaci popiołu 1,3 %. Także Florek i in. [2007] podają udział podstawowych składników chemicznych na podobnym poziomie, zaznaczając jednocześnie, że zmienność składu chemicznego mięsa wołowego zależy od rodzaju mięśnia, płci zwierząt, stopnia umięśnienia i otluszczenia tuszy oraz wieku, rasy czy kategorii bydła. Z kolei Pospiech i in. [2003] podają, że w przypadku mięśnia najdłuższego grzbietu, jednego z najbardziej bogatych w białko, zawartość tego składnika zawiera się najczęściej w granicach od 19 do 23 %.

Wskaźnik pH jest podstawowym parametrem oceny jakości mięsa, a jego graniczna wartość w przypadku mięsa świeżego wynosi 6,0, natomiast do pro-

dukcji wołowiny kulinarnej nadaje się tylko mięso o pH poniżej 5,8 [Wajda 2007]. Pod względem właściwości fizykochemicznych mięsa wołowego, Domaradzki i in. [2011] nie stwierdzili istotnego wpływu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania na wartość pH. Świadczy to o dobrej wyjściowej jakości surowca i właściwych warunkach przechowywania zamrażalniczego.

Następstwem utrwalania mięsa za pomocą niskiej temperatury są między innymi ubytki masy. W zależności od ich wielkości następują zmiany w składzie chemicznym rozmrożonego mięsa, a także w tych jego właściwościach technologicznych, które zależą od zawartości wody [Bąk i in. 1998, Kondratowicz i Matusiewicz 2003, Sobina 1998]. Przyjmuje się, że wielkość wycieku z mięsa podczas rozmrażania różnymi metodami może być jedną z miar stopnia uszkodzenia struktury tkanki mięśniowej w procesie zamrażania, jak również pośrednią oceną różnych metod rozmrażania [Kondratowicz 1991, Sobina 1998]. Łączne ubytki masy mięsa wieprzowego rozmrażanego metodą mikrofalową po 2 tygodniach zamrażalniczego przechowywania były istotnie mniejsze o 1,87% w porównaniu z ubytkami masy prób rozmrażanych w powietrzu atmosferycznym [Chwastowska i Kondratowicz 2005]. Ubytki masy mięsa wykazywały tendencję wzrostu w miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 3 miesięcy, lecz ich wzrost był większy w mięsie rozmrażanym metodą mikrofalową w porównaniu z ubytkami masy mięsa rozmrażanego w powietrzu. W rezultacie po 3 miesiącach zamrażalniczego przechowywania stwierdzono stopniowe zmniejszanie się różnic pomiędzy wielkością ubytków masy mięsa wieprzowego rozmrażanego szybko metodą mikrofalową (5,15%) i wolniejszą w powietrzu atmosferycznym (6,98%). A zatem, zastosowanie mikrofalowej metody rozmrażania mięsa wieprzowego zmniejszyło straty masy surowca mięsnego w porównaniu ze stosowaną powszechnie metodą rozmrażania w powietrzu atmosferycznym, w przypadku krótkotrwałego zamrażalniczego przechowywania [Chwastowska i Kondratowicz 2005].

Chwastowska i Kondratowicz [2005] analizując podstawowy skład chemiczny mięsa wieprzowego, uwzględnili zawartość suchej masy, białka ogółem, tłuszczu i związków mineralnych oznaczonych w postaci popiołu. Cytowani autorzy wykazali, że czas zamrażalniczego przechowywania i metoda rozmrażania wpłynęły istotnie na zawartość suchej masy mięsa wieprzowego. Zasobniejsze w suchą masę było mięso rozmrażane w powietrzu atmosferycznym po 2 tygodniach zamrażalniczego przechowywania niż próby rozmrażane metodą mikrofalową. W miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 3 miesięcy stwierdzono procentowy wzrost udziału suchej masy w mięsie, lecz był on większy w próbach rozmrażanych w powietrzu w porówna-

niu z próbami rozmrażanymi metodą mikrofalową. Tendencje wzrostu względnej zawartości suchej masy w mięsie w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania są zrozumiałe w świetle omawianych poprzednio zmian ubytków masy mięsa w badanych grupach doświadczalnych. Zmiany zawartości białka ogółem w mięsie kształtowały się podobnie jak suchej masy. Zawartość tego składnika wzrastała, szczególnie w miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 3 miesięcy w mięsie rozmrażanym w powietrzu atmosferycznym. Jak już wykazano, przy dłuższym zamrażalniczym przechowywaniu ubytki wody w mięsie były większe, ilość suchej masy wzrastała, a tym samym zwiększała się procentowa zawartość jej składników. Potwierdzeniem analizowanych zależności są wyniki charakteryzujące zawartość popiołu w mięsie. Wyrażony w liczbach względnych spadek wartości tego parametru w czasie 3-miesięcznego zamrażalniczego przechowywania spowodowany był prawdopodobnie większym wyciekaniem z mięsa w czasie rozmrażania, a tym samym większym ubytkiem składników mineralnych [Kondratowicz 1991, Sobina 1998].

Maksymalny czas przechowywania produktów mięsnych w stanie zamrożenia jest ograniczony przede wszystkim niekorzystnymi zmianami mikrobiologicznymi oraz zachodzącymi w tłuszczu procesami oksydacyjnego i hydrolytycznego rozpadu lipidów. W czasie długotrwałego przechowywania zamrażalniczego w mięsie lub jego przetworach następują również w niewielkim stopniu procesy denaturacji białek oraz przemiany enzymatyczne. Mrożenie jest dobrym sposobem pozwalającym na ograniczenie skażenia mikrobiologicznego produktów mięsnych. Z licznych badań wynika, że zamrażanie do temperatury poniżej -18°C hamuje rozwój mikroorganizmów. Pod względem mikrobiologicznym mięso zamrożone jest bardziej bezpieczne w porównaniu do mięsa świeżego. Nie mniej ryzyko skażenia mikrobiologicznego nawet w produktach mrożonych w bardzo niskich temperaturach nadal występuje. Szczególnie wysokie ryzyko skażenia mikrobiologicznego obserwuje się w przypadku mięsa drobiowego [Grabowski i Kijowski (red.) 2004, Selwet i in. 2016].

Zamrażalnictwo uznawane jest za najważniejszą metodę zagospodarowania nadwyżek surowca i tworzenia rezerw rynkowych produktów spożywczych [Berliński i Bonca 2000]. Ta metoda dzięki zachowaniu łańcucha chłodniczego umożliwia realizację funkcji logistycznych w obszarze organizacji dostaw, transportu, dystrybucji i zaopatrzenia gospodarstw domowych w szeroką grupę różnorodnych artykułów spożywczych w tym mięsa.

Mięso należy do grupy produktów spożywczych szybko psujących się, stąd wymaga utrwalenia lub przetworzenia. Głównym celem utrwalenia mięsa jest zahamowanie procesów biochemicznych o charakterze endogennym, wstrzymanie zmian chemicznych i fizycznych oraz niedopuszczenie do skażenia mikrobiologicznego.

Efektom zmian zachodzącym w surowcu mięsnym w czasie przechowywania zamrażalniczego jest pogorszenie jego przydatności przetwórczej, a zwłaszcza parametrów kulinarnych. Główną przyczyną obniżenia parametrów jakościowych mrożonego mięsa są zmiany o charakterze fizycznym, z których główne znaczenie ma przemiana fazowa wody zawartej w produktach w lód. Negatywnym skutkiem przemiany fazowej wody zawartej w mięsie w lód podczas zamrażania jest naruszenie struktury tkankowej na skutek wzrostu objętości powstałego lodu. W ich efekcie następuje mechaniczne uszkodzenie błony komórkowej oraz utrata charakterystycznych dla niej właściwości w postaci półprzepuszczalności. Naruszenie integralności błon komórkowych osłabia zdolność utrzymania wody i jej wyciek po rozmrożeniu który stanowi istotny wskaźnik przebiegu procesu zamrażalniczego [Domaradzki i in. 2011].

Następstwem przechowywania mięsa w ujemnych temperaturach są ubytki jego masy na skutek ususzki, która dodatkowo obniża jego cechy jakościowe na skutek zmian powierzchniowych przyspieszających procesy denaturacji białek oraz zmian barwy. Z danych źródłowych wynika, że ubytki w czasie przechowywania zamrażalniczego mogą wynosić od 1-5% masy produktów. Chwaśtowska i Kondratowicz [2007] wykazali, że w zależności od czasu przechowywania i sposobu rozmrażania mięsa wieprzowego ubytki zawierały się w przedziale od 3,74 do 6,98%. Według Berlińskiego i Boncy [2000] wielkość ususzki zależy od metody mrożenia. Wykazano, że mięso mrożone w powietrzu charakteryzowało się niższym zakresem ususzki w porównaniu do mięsa mrożonego w ciekłym azocie. Według autorów [Berliński i Bonca 2000, Panasiewicz 2015] skuteczną ochroną przed zjawiskiem ususzki jest izolowanie produktu od otoczenia przez stosowanie opakowań najlepiej próżniowych oraz przechowywanie produktów w stałej i możliwie niskiej temperaturze.

Skrajnym przypadkiem zmian fizycznych powodujących bardzo wysokie straty masy w mrożonym mięsie jest oparzelina mrozowa, stanowiąca szczególną formę silnego odwodnienia części powierzchniowych produktu. Pod wpływem mrożenia pogorszeniu ulegają także właściwości funkcjonalne mięsa zwłaszcza rozpuszczalność białek, wodochłonność, zdolność emulgowania tłuszczu oraz stabilność termiczna tworzonych emulsji.

Według Pisuli i in. [2011] współcześnie najczęściej stosowanymi metodami identyfikacji zmian i wad jakościowych mięsa wykorzystywanymi w warunkach praktyki przemysłowej są pomiary wartości pH, przewodności elektrycznej (PE), barwy w tym szczególnie jej jasności oraz wodochłonności. W przeprowadzonych badaniach [Tereszkiewicz i in. 2018] oznaczono zmiany powyższych parametrów jakie nastąpiły w czasie trzymiesięcznego okresu przechowywania mięsa drobiowego i wieprzowego. W badaniach tych określono zawartości wody obu gatunków mięsa w okresie przechowywania zamrażalniczego. Początkowa zawartość wody w mięsie drobiowym wyniosła 74,47%. W dwóch kolejnych miesiącach przechowywania odnotowano obniżenie zawartości wody w tym gatunku mięsa do poziomu 65,90%. Podobne zmiany zawartości wody obserwowano w przypadku wieprzowiny, przy czym nie zachodziły one z tak dużą intensywnością. Stwierdzono bowiem, że w czasie pierwszych dwóch miesięcy przechowywania zawartość wody w tym gatunku mięsa obniżyła się o 3,11%. Podczas gdy w mięsie drobiowym ubytek ten wynosił 8,57%.

Z badań przeprowadzonych przez Chwastowską i Kondratowicza [2007] wynika, że w czasie trzymiesięcznego przechowywania mięsa wieprzowego kwasowość utrzymywała się na stałym i niskim poziomie wynoszącym około 5,6 pH. W badaniach tych nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między średnimi wartościami tego parametru w zależności od zastosowanej metody rozmrażania (mikrofalowe, powietrzne). Podobnie w innych badaniach [Domaradzki i in. 2007] nie wykazano istotnego wpływu mrożenia i przechowywania zamrażalniczego na zmiany wartości pH mięsa wołowego. Według autorów świadczy to o dobrej wyjściowej jakości surowca i właściwych warunkach jego przechowywania zamrażalniczego.

W badaniach Tereszkiwicza i in. [2018] wykazano, że przed zamrożeniem średnia wartość pH mięsa drobiowego wynosiła 5,75 pH. Po 30 i 90 dniach przechowywania odnotowano wzrost wartości tego parametru do około 5,9 pH. Należy uznać, że zakres zmian pH w czasie analizowanego okresu przechowywania mieścił się w przyjętych granicach wskazujących na wysoką jakość technologiczną surowca [Pisula i in. 2011]. Z kolei w przypadku mięsa wieprzowego obserwowano znacznie niższe wartości pH. Przed zamrożeniem odnotowano wartość wynosząca 5,39 pH i niemal identyczną 5,38 pH po 30 dniach zamrożenia. Najniższy wskaźnik zakwaszenia 5,17 pH mięsa wieprzowego odnotowano po 60 dniach mrożenia. Stwierdzone wartości pH dla tego gatunku mogą wskazywać, że badany surowiec charakteryzował się obniżoną jakością wskazującą na objawy mięsa PSE [Pisula i in. 2011]. Według Kondra-

towicza i Łączkowskiej [2007] mięso PSE nie powinno być przeznaczane do zamrażania, ponieważ charakteryzuje się bardzo wysokimi ubytkami masy na skutek wycieku zamrażalniczego.

Ważnym kryterium technologicznej jakości mięsa jest jego barwa. Na barwę mięsa wpływają dwa podstawowe czynniki: jego kwasowość oraz zawartość tłuszczu śródmięśniowego. Chwastowska i Kondratowicz [2005], którzy analizowali zmiany jasności barwy mięsa w funkcji czasu zamrażalniczego przechowywania zaobserwowali istotne wyjaśnienie barwy mięsa wraz wydłużaniem czasu przechowywania. Otrzymane przez tych autorów wyniki pomiarów barwy po trzymiesięcznym okresie przechowywania wykazały, że po tym okresie może zaistnieć zjawisko oparzeliny zamrażalniczej, które przyczynia się do istotnego rozjaśnienia powierzchni mięsa. W badaniach Tereszkiewicz i in. [2018] jasność barwy znacząco wzrosła w przypadku mięsa drobiowego z poziomu 77,00% do 85,50%. Nie stwierdzono istotnych zmian jasności barwy mięsa wieprzowego, poza pomiarem po 60 dniach przechowywania.

Istotnym wskaźnikiem przemian i oceny procesu zamrażania mięsa i jego przetworów są zmiany wodochłonności. Jak powszechnie wiadomo negatywnym skutkiem utrwalania żywności poprzez jej mrożenie jest naruszenie integralności strukturalnej produktów oraz utrata naturalnych właściwości błon komórkowych. Następstwem tych zmian jest wyciek zamrażalniczy, czyli powstanie wymiernych strat ilościowych w masie produktu oraz jakościowych związanych z utratą części wartościowych składników odżywczych rozpuszczalnych w wodzie. Wielkość wycieku z tkanki mięśniowej podczas rozmrożenia może być jedną z miar stopnia uszkodzenia struktury histologicznej tkanki mięśniowej w procesie zamrażania, a więc może stanowić pośrednią ocenę różnych metod mrożenia. Na skutek procesu zamrażania następuje ograniczenie wskaźnika wodochłonności mięsa. Według Chwastowskiej i Kondratowicza [2007], istnieją zależności między zmianą wodochłonności mięsa, a wielkością ubytków masy w procesie technologii zamrażalniczej. Większe straty masy wody w czasie przechowywania ograniczają ilość wycieku, co pozornie może wskazywać na lepszą wodochłonność dłużej przechowywanego mięsa.

Z badań Tereszkiewicz i in. [2018] wynika, że wodochłonność obu gatunków mięsa przed zamrażaniem była niemal identyczna i wynosiła ok. 29%. Przechowywanie zamrażalnicze wpłynęło na wyraźny wzrost wskaźnika wodochłonności mięsa drobiowego. W 30 dniu przechowywania zamrażalniczego wskaźnik wodochłonności wyrażony wielkością wycieku wymuszonego wnosił 36,44%. W kolejnych miesiącach wzrastał do 37,57% (60 dni) i 38,63% (90

dni). Znacząco niższe wartości wycieku wymuszonego w czasie przechowywania zamrażalniczego odnotowano dla mięsa wieprzowego. Warto zauważyć, że po 30 dniach przechowywania tego gatunku mięsa wodochłonność była niższa niż przed zamrożeniem.

Rozdział 4.

Przegląd badań dotyczących wpływu obróbki cieplnej na jakość mięsa i jego produktów

Mięso pod względem smakowitości jest neutralne, ponieważ nie posiada naturalnych substancji smakowo - zapachowych. Natomiast zawiera ono ich prekursorów, które na skutek obróbki cieplnej wchodzi we wzajemne reakcje chemiczne tworząc nowe związki, które nadają mięsu smak i zapach, pozytywne jego właściwości oraz cechy smakowitości. Do prekursorów tych zalicza się: cukry redukujące, aminokwasy oraz kwasy tłuszczowe.

Zmiany spowodowane obróbką cieplną powodują jakościowe i ilościowe straty składników odżywczych i bioaktywnych w mięsie. Straty ilościowe następują na skutek odparowania wody i składników lotnych wraz z parą wodną, wyciekaniem soku wraz z wytopieniem się tłuszczu oraz wskutek przechodzenia składników rozpuszczalnych do wody.

Straty ilościowe składników odżywczych uzależnione są od metody ogrzewania. Największe straty składników odżywczych następują na skutek długiego gotowania, które działa negatywnie na wszystkie składniki rozpuszczalne w wodzie oraz wrażliwe na bardzo wysokie temperatury. Natomiast najmniejsze straty składników odżywczych występują podczas gotowania na parze, duszenia oraz ogrzewania mikrofalowego [Kędzior 2005].

Witaminy znajdujące się w mięsie są bardzo wrażliwe na procesy obróbki cieplnej. Na skutek trwania obróbki cieplnej ich zawartość ulega obniżeniu nawet do kilkudziesięciu procent. Obróbka termiczna w głównej mierze powoduje straty witamin z grupy B. Największym stratom ulega najbardziej labilna tiamina, natomiast niacyna i ryboflawina prawie nie ulega rozkładowi. Mało wrażliwa

na obróbkę cieplną przy pH 4 - 5 jest kobalamina, której straty wynoszą 7 - 30%. Odparowanie wody przy wysokim pH powoduje jej szybki rozpad. Witamina E ulega również częściowej denaturacji. Pod względem zróżnicowanych metod obróbki cieplnej, najmniejsze straty powoduje smażenie, natomiast największe grillowanie.

Składniki mineralne charakteryzują się dość dobrą odpornością na procesy termiczne. Utrata tych składników z mięsa jest uzależniona od ich postaci w jakiej występują w mięsie. Składniki występujące w postaci rozpuszczalnej przechodzą do wycieku. Wyróżniamy tutaj sód, wapń, fosfor oraz potas. Minerale, które są połączone z białkami zostają w mięsie. Wśród nich wyróżnić można żelazo, które pod wpływem czynnika grzewczego zostaje przekształcone z formy hemowej do niehemowej, która jest mniej przyswajalna. Utrata wody podczas obróbki cieplnej wpływa korzystnie na zawartość witamin i składników odżywczych, ponieważ ulega ona wzrostowi.

Na skutek działania wysokiej temperatury białko mięsa ulega denaturacji. Proces ten podnosi strawność mięsa. Zmienia on również właściwości reologiczne mięsa, ponieważ na skutek ogrzewania następuje skurcz włókien mięśniowych, który powoduje stwardnienie oraz przemianę kolagenu w rozpuszczalną żelatynę. Na skutek danego procesu zachodzi również reakcja nieenzymatycznego brązowienia - Maillarda pomiędzy cukrami redukcyjnymi aminami i aminokwasami. Podczas tych procesów tworzą się związki kształtujące smak, zapach oraz barwę mięsa poddanego obróbce. Powstanie pożądanych substancji smakowych w reakcji Maillarda zależne jest od temperatury, czasu, pH oraz zawartości wody w mięsie. Za rodzaj powstałych substancji odpowiada rodzaj aminokwasów i cukrów biorących udział w danym procesie. Zapach powstały na skutek obróbki cieplnej uzależniony jest od czasu i temperatury ogrzewania oraz od stężenia i proporcji substancji zawartych w mięsie. Do tych związków zaliczmy furany oraz ich pochodne. Za barwę mięsa odpowiadają barwne polimery, które są końcowym produktem reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Melanoidy odpowiedzialne są za właściwości sensoryczne, tj. trwałość substancji zapachowych oraz fizyczne - barwę. Reakcja Maillarda odpowiada nie tylko za kształtowanie cech sensorycznych mięsa, powoduje ona również niekorzystne działania, tj. obniżenie wartości odżywczej mięsa na skutek spadku strawności białka. Podczas obróbki termicznej mogą powstać toksyczne związki - heterocykliczne aminy aromatyczne oraz akryl amid, które są szkodliwe dla organizmu człowieka. W celu zapobiegania wyżej wymienionym niekorzystnym zmianom należy kontrolować temperaturę oraz skrócić czas trwania obróbki termicznej, ponieważ dłu-

gotowały proces przyczynia się do strat składników odżywczych oraz utleniania aminokwasów [Rutkowska 2008].

Wpływ obróbki termicznej nie jest obojętny na zawartość i skład kwasów tłuszczowych w mięsie. Na skutek zwiększenia temperatury procesu cieplnego następuje zwiększenie ubytku tłuszczu. Dochodzi do rozkładu tłuszczu zawartego w mięsie. Wysoka temperatura, tlen atmosferyczny oraz para wodna zawarta w mięsie przyczyniają się do powstania produktów rozpadu. Woda wraz z parą wodną powoduje hydrolizę, tlen atmosferyczny utlenianie, natomiast wysoka temperatura polimeryzację wraz z cyklizacją. Dzięki tym procesom powstają związki odpowiedzialne za smak, zapach i barwę mięsa. Warunki obróbki termicznej wpływają na szybkość powstania niekorzystnych zmian mięsa. Na skutek procesów cieplnych dochodzi do zmniejszenia zawartości niezbędnych kwasów tłuszczowych i wzrostu ich utleniania. Powoduje również powstanie cyklicznych monomerów i polimerów, które obniżają strawność tłuszczów oraz smażonych z ich udziałem produktów. Spożycie większej ich ilości może powodować biegunki oraz zaburzenia żołądkowe i jelitowe. Monomery cykliczne powstają z kwasów wielonienasyconych, wchłaniają się dobrze w produkt i mogą prowadzić do uszkodzenia nerek, serca i wątroby. Przypisuje się im również właściwości kancerogenne i mutagenne [Kędzior 2005].

Wołowina zawiera w swoim składzie wiele substancji bioaktywnych. Obróbka termiczna wpływa na obniżenie zawartości w mięsie tauryny, koenzymu Q, karnozyny i kraetyny, natomiast podwyższa poziom kreatyniny. Straty karnozyny i tauryny następują na skutek ich wodno - rozpuszczalnej struktury, ponieważ na skutek wysokiej temperatury są tracone wraz z wyciekami mięsa. Pomimo znacznej ilości utraty substancji bioaktywnej na skutek przemian cieplnych wołowina stanowi dobre źródło tych substancji w codziennej diecie człowieka [Rutkowska 2008].

Celem pracy Pomianowskiego i in. [2016] była ocena wpływu wybranych metod obróbki cieplnej na cechy sensoryczne mięsa. Cytowani autorzy stwierdzili, że wyższa wydajność obróbki cieplnej mięsa została uzyskana w procesie gotowania oraz pieczenia w rękawie. Natomiast pieczenie cechowało się niższą o ok. 5% wydajnością, niezależnie od gatunku mięsa. Wyniki oceny sensorycznej wykazały, iż pieczenie było najlepszą spośród ocenianych metodą obróbki cieplnej wołowiny. Najwyższe noty dla wieprzowiny uzyskano w przypadku pieczenia oraz pieczenia w rękawie. Najmniej pożądaną ze względu na cechy sensoryczne metodą obróbki cieplnej mięsa było gotowanie.

Uzyskane wydajności są charakterystyczne dla mięsa poddanego określonej obróbce cieplnej. Wielkość ubytków cieplnych zależna jest zatem od: me-

tody obróbki cieplnej, rodzaju surowca, wielkości jego kawałków oraz temperatury i czasu trwania procesu [Koj 1968, Kopta i Łuszczki 1999, Zalewski (red.) 2003, Gerber i in. 2009]. Spośród stosowanych w badaniach metod, najwyższe straty występują w procesie pieczenia i mogą wynikać ze znacznego odparowania wody z surowca, podobną zależność wykazał Żmijewski i in. [2012]. Gotowanie oraz pieczenie w rękawie charakteryzuje się znacznie większą wilgotnością środowiska prowadzonej obróbki, co przyczynia się do wyższej wydajności procesu. W ocenie sensorycznej mięsa po obróbce cieplnej kruchość i soczystość są jednymi z ważniejszych cech jakościowych [Jurczak 2005, Cierach i in. 2009].

Jakość mięsa wołowego jest określana przez jego wartość odżywczą, bezpieczeństwo zdrowotne i atrakcyjność konsumencką. Znaczący wpływ na właściwości kulinarne mięsa wołowego ma obróbka cieplna. Jest ona jedną z ważniejszych metod obróbki technologicznej, od której zależy zarówno jakość, jak i trwałość przechowywanych wędlin. Podstawowym celem obróbki cieplnej jest zapobieganie, ograniczenie lub wyeliminowanie niepożądanych skutków metabolizmu drobnoustrojów. Obecnie stosowany w przemyśle mięsnym zakres temperatur pozwalający uzyskać trwałość i jakość wyrobów jest dość duży i waha się w przedziale od 20 do 121°C w zależności od produktu. Skuteczność i związany z tym czas obróbki cieplnej zależą od takich czynników, jak: wielkość elementów (kawałków mięsa), zawartości wody i tłuszczu (w tkance mięsnej) oraz właściwości cieplnych mięsa czy farszu mięsnego.

Ze względu na wyższą zawartość kwasów polienowych w mięsie drobiowym niż w mięsie dużych zwierząt wykazuje ono większą podatność na procesy utleniania. Reakcje utleniania w mięsie i produktach mięsnych przyspieszają takie procesy, jak mielenie, obróbka cieplna, solenie oraz chłodnicze przechowywanie na skutek współdziałania nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz prooksydantów takich jak żelazo niehemowe [Pikul 1999]. W przemyśle drobiarskim w celu ograniczenia procesu utleniania do wyrobów stosuje się dodatek izoaskorbinianu sodu. Naturalnym dodatkiem, który nie tylko może poprawić jakość sensoryczną wyrobów, ale także ograniczyć procesy oksydacji we frakcji tłuszczowej są przyprawy. Silne właściwości przeciwutleniające wykazują przyprawy z rodziny wargowych (Labiatae) zwłaszcza rozmaryn i szalwia [Korczak i in. 1990]. Właściwości przeciwutleniające rozmarynu wiązane są z obecnością kwasu karnozynowego i karnozolu. Jeżeli zastosujemy zbyt duże ilości tej przyprawy to możemy pogorszyć jakość sensoryczną gotowych wyrobów, więc lepszą formą jest zastosowanie ekstraktu przyprawy częściowo pozbawionego związków aromatycznych. Ekstrakty z

rozmarynu produkowane są na skalę przemysłową jednak ich stosowanie jest w pewnym stopniu ograniczone ze względu na nadanie produktom specyficznego smaku, który może być pozytywny tylko w wybranych produktach oraz niewielkich ilościach [Szajdek i Borowska 2004].

Celem badań Karpińskiej-Tymoszczyk i Danowskiej-Oziewicz [2012] było porównanie wpływu ekstraktu rozmarynu i izoaskorbinianu sodu oraz obróbki cieplnej na zmiany oksydacyjne i hydrolityczne oraz udział kwasów tłuszczowych we frakcji tłuszczowej wyrobów z mięsa indyczego. Cytowani autorzy stwierdzili, że proces pieczenia wyrobów z mięsa indyczego w piecu konwekcyjno-parowym spowodował niewielkie zmiany w zawartości kwasów tłuszczowych a jednocześnie istotne zmiany oksydacyjne i hydrolityczne we frakcji tłuszczowej. Ponadto zastosowane dodatki ograniczały niekorzystne zmiany we frakcji tłuszczowej wyrobów. Najwyższą zdolnością hamowania zmian oksydacyjnych charakteryzował się ekstrakt rozmarynu a najniższą izoaskorbinian sodu. Jednocześnie stwierdzono efekt synergistyczny ekstraktu rozmarynu w stosunku do izoaskorbinianu sodu. Dodatek izoaskorbinianu sodu hamował zaś zmiany hydrolityczne zarówno zastosowany sam jak i w mieszance z ekstraktem rozmarynu.

Spowolnienie zmian oksydacyjnych przez dodatek ekstraktu rozmarynu w czasie obróbki cieplnej wyrobów z mięsa wołowego wykazali między innymi Thongtan i in. [2005] oraz Fernández-López i in. [2005]. Zmiany hydrolityczne zachodzą pod wpływem wody znajdującej się w surowcu, temperatury oraz enzymów znajdujących się w tkankach zwierzęcych i prowadzą do powstania wolnych kwasów tłuszczowych, które w pierwszej kolejności biorą udział w procesie autooksydacji tłuszczów a w konsekwencji może to wpływać na jakość sensoryczną produktów mięsnych [Summo i in. 2010].

Karpińska i in. [2000] wykazali korzystny wpływ dodatku ekstraktu rozmarynu na ograniczenie procesów hydrolitycznych w czasie smażenia wyrobów z mięsa drobiowego, natomiast Sánchez-Escalante i in. [2001] stwierdzili, że dodatek izoaskorbinianu sodu ograniczał tempo tych przemian w czasie parzenia parówek z mięsa wołowego.

Badiani i in. [2002] oraz Jiang i in. [2010], wykazali bardzo niewielkie zmiany zawartości niektórych kwasów tłuszczowych w wyniku obróbki cieplnej mięsa wołowego. Sarriés i in. [2009] nie stwierdzili zmian zawartości zarówno poszczególnych kwasów tłuszczowych jak i grup kwasów w mięsie wołowym poddanym pieczeniu w 140°C.

Celem badań Karpińskiej-Tymoszczyk i Danowskiej-Oziewicz [2012b] była ocena zmian wybranych wskaźników jakości wyrobów z rozdrobnio-

nego mięsa wieprzowego z dodatkiem izolatu białka sojowego pod wpływem obróbki cieplnej. Autorki stwierdziły, że wyroby ogrzewane charakteryzowały się wyższą wartością liczby TBA i zawartością HMF, oraz niższą liczbą kwasową niż odpowiednie próbki nieogrzewane. Badania wykazały także pozytywny wpływ zastosowania izolatu białka sojowego na ograniczenie niekorzystnych zmian jakości wyrobów z mięsa wieprzowego w wyniku obróbki cieplnej. Ponadto wraz ze wzrostem ilości białka sojowego w wyrobach odnotowano mniejszy ubytek masy wyrobów oraz mniejsze zmiany hydrolytyczne i oksydacyjne w tłuszczu wyrobów w wyniku ogrzewania. Po obróbce cieplnej najlepszą jakością charakteryzowały się zaś wyroby z dodatkiem 10% izolatu białka sojowego.

Stosowanie białka sojowego w produkcji przetworów mięsnych jest powszechne ze względu na możliwość zapewnienia pożądanej jakości sensorycznej produktów przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów produkcji [Liu i in. 2008]. Obecnie zjawisko to nabiera nowego znaczenia wobec zaleceń dietetyków oraz zainteresowania konsumentów żywnością o obniżonej zawartości tłuszczu. Zmniejszenie poziomu tłuszczu w wyrobach z mięsa rozdrobnionego pociąga za sobą negatywne zmiany ich cech organoleptycznych, które mogą być ograniczone poprzez wprowadzenie na jego miejsce substancji białkowych lub węglowodanowych [Cengiz i Gokoglu 2007]. Działanie takie wykazuje białko sojowe, które jednocześnie charakteryzuje się właściwościami przeciwutleniającymi [Ulu 2004] oraz pozytywnym wpływem na zdrowie człowieka [Friedman i Brandon 2001]. Wobec obserwowanej niechęci konsumentów odnośnie stosowania dodatków do żywności w ostatnich latach podejmowane są badania analizujące skuteczność stosowania preparatów białkowych w ilościach znacznie mniejszych niż miało to miejsce u schyłku XX wieku.

Redukcję ubytków masy w wyniku dodania białka sojowego do wyrobów z mięsa wieprzowego odnotowali między innymi Peña-Ramos i Xiong [2003]. Podwyższona temperatura i obecność wody są znaczącymi czynnikami wpływającymi na hydrolizę wiązań estrowych w tłuszczach [White 1991]. Wyniki dotyczące zmian liczby kwasowej w niskotłuszczowych wyrobach z mięsa wieprzowego z dodatkiem izolatu białka sojowego są niedostępne w literaturze, niemniej jednak Karpińska i in. [2001] odnotowali redukcję liczby kwasowej klopsów z mięsa indyczego w wyniku obróbki cieplnej, zaś Shams El-Din i Ibrahim [1990] stwierdzili zwiększenie tego wskaźnika w wyniku ogrzewania mięśni udowych i piersiowych kurcząt.

Przeprowadzone badania potwierdzają przeciwutleniające właściwości preparatów białka sojowego opisane przez innych autorów [Peña-Ramos i Xiong 2003, Das i in. 2008], nawet wtedy gdy preparaty te dodawane są do wyrobów mięsnych w stosunkowo niewielkich ilościach. Hydroksymetylofurfural (HMF) jest jednym z produktów reakcji Maillarda, które prowadzą do powstawania związków kształtujących smakowość i barwę ogrzewanej żywności, w tym produktów mięsnych [Kus i in. 2005, Ramírez-Jiménez i in. 2001]. Obecność HMF stwierdzono między innymi w koncentratkach, sokach i pastach owocowych i warzywnych [Kus i in. 2005], pieczywie [Ramírez-Jiménez i in. 2001] oraz surowym i ogrzewanym mięsie wieprzowym, drobiowym, rybach, ziemniakach i marchwi [Danowska-Oziewicz i in. 2007].

Zmiany oksydacyjne lipidów mogą być znacznie przyspieszone podczas przetwarzania mięsa na skutek takich zabiegów, jak mechaniczne oddzielenie mięsa od kości, rozdrabnianie, emulgowanie, restrukturyzacja i ogrzewanie [Pikul 1992a]. Wszystkie procesy, w wyniku których następuje uszkodzenie błon komórkowych, powodują odsłanianie i wystawianie fosfolipidów na działanie tlenu atmosferycznego, enzymów, barwników hemowych i jonów metali. Czynniki te są przyczyną szybkiego psucia się tłuszczów nawet w surowym (nieogrzewanym) mięsie. Nawet nieznaczne napowietrzenie rozdrobnionego surowca jest przyczyną występowania w krótkim czasie po zakończeniu produkcji, a szczególnie po chłodniczym lub zamrażalniczym przechowywaniu, wysoce niepożądanych, lub wręcz dyskwalifikujących produkt, sensorycznych objawów oksydacyjnego rozkładu tłuszczu. Objawy te nasilają się szczególnie podczas powtórnej obróbki cieplnej, tj. w czasie podgrzewania, smażenia, grillowania itp. Nieprzyjemny smak i zapach charakterystyczny dla nawet bardzo krótko (48 h) chłodniczo przechowywanego mięsa lub przetworów mięsnych, uprzednio poddanych obróbce cieplnej i ponownie ogrzanych, lub spożywanych na zimno, jest opisany w literaturze przez pojęcie „warmed - over flavor” [Pikul 1992a, Smith i in. 1987, Gros i in. 1986, Pearson i in. 1977]. Nie ma ono odpowiednika w języku polskim, ale jest m.in. określane jako smakowość: zjeźczała, rybna, nieświeża, obca, niepożądana, stęchła, zestarzała, rozkładowa, metaliczna, z nutą farby, a nawet przypominająca zapach żołądka drobiu [Duda 1998].

Badania nad wpływem wybranych metod ogrzewania, tj. pieczenia, ogrzewania mikrofalowego i smażenia zanurzeniowego, różnych części tuszek kurcząt na zakres utleniania się lipidów mięśni i skóry kurcząt zostały przeprowadzone przez Pikula [1988]. Autor wykazał, że zastosowanie powyższych metod ogrzewania powoduje istotny wzrost zawartości aldehydu malonowego

w ekstrahowanych lipidach, liczby TBA i fluoryzujących produktów utleniania lipidów w mięśniach i skórze. Dalszy istotny wzrost zawartości badanych wyróżników autor obserwował podczas przechowywania w warunkach chłodniczych uprzednio ogrzanych części tuszek.

Rozdział 5.

Metodyka badania wpływu obróbki termicznej na jakości mięsa i jego produktów

Badania przeprowadzono na mięśniach: najdłuższym grzbiecie (*m. longissimus dorsi*) czworogłowym uda (*m. quadriceps femoris*) pochodzącym z tuszy wołowej. Po uboju z 30 tusz (15 tusz jałówek i 15 tusz buhajków) pobierano próbki (po około 0,8 kg) z każdego mięśnia. Następnie po około 5 godzinach od uboju, a także po 24, 48, 72, 96 godzinach chłodniczego przechowywania (temp. ok. 2° C), w laboratorium Katedry Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego UR w Rzeszowie z mięśni uzyskanych z poszczególnych tusz wołowych wycinano próbki (150 próbek), po czym przeprowadzono na mięsie ocenę takich właściwości fizykochemicznych jak: pH, siła cięcia, wyciek wymuszony, wyciek termiczny, parametry barwy (jasność, udział barwy czerwonej, udział barwy żółtej).

PH tkanki mięśniowej mierzono PH- METREM CPC-411 (elektroda OSH 12-01) z dokładnością do 0,01.

Wyciek wymuszony ustalono według metody Grau – Hamma w modyfikacji Pohja i Ninivaary na podstawie ilości wody wolnej (wyrażonej w %) utraczonej przez próbkę mięsa umieszczoną na bibule (Whatman No 1) i poddaną stałemu naciskowi (masa odważnika 2 kg) pomiędzy dwiema płytkami szklanymi. Po planimetrycznym określeniu powierzchni nacieku (wyrażonej w cm²), ilość wody wolnej obliczono przyjmując, że 1 cm² powierzchni nacieku stanowi 10 mg soku mięśniowego wchłoniętego przez bibułę. Pomiar ten wykonano dwukrotnie i obliczono wartość średnią.

Wyciek termiczny określono metodą Walczaka, w której próbkę mięsa poddawano obróbce termicznej w temperaturze 85° C przez 10 minut i schładzano przez 20 minut, a następnie na podstawie różnicy mas przed i po obróbce, określono procentową ilość utraconej wody.

Instrumentalny pomiar barwy w systemie CIE $L^*a^*b^*$ wykonywano przy użyciu elektronicznego spektrofotokolorymetru HunterLab UltraScan PRO (źródło światła D65, otwór głowicy pomiarowej 8 mm, kalibracja wzorcem bieli: $L^* - 99,18$, $a^* - 0,07$, $b^* - 0,05$). W systemie tym L^* oznacza jasność, która jest wektorem przestrzennym, natomiast a^* i b^* są współrzędnymi trójchromatyczności, gdzie dodatnie wartości a^* odpowiadają barwie czerwonej, ujemne - barwie zielonej, dodatnie b^* - żółtej, ujemne b^* - niebieskiej.

Siłę cięcia oznaczono przy użyciu szerometru Warnera-Bratzlera. Pomiaru dokonano na próbkach mięsa wyciętych korkoborem o średnicy 1 cm (w kształcie walca) wzdłuż włókien mięśniowych. Tak przygotowane próbki umieszczano na nożach kruchościomierza, a następnie rejestrowano wartość siły nacisku (N/cm^2) potrzebnej do przecięcia próbki.

Wszystkie otrzymane wyniki uporządkowano i poddano obliczeniom statystyczno-matematycznym. W tabelach zamieszczono średnie arytmetyczne każdej z badanych cech, a także wartości odchylenia standardowego (SD). Celem stwierdzenia istotności wpływu płci bydła na zmianę wybranych parametrów fizykochemicznych mięsa podczas chłodniczego przechowywania, korzystano z testu istotności różnic pomiędzy średnimi, sprawdzając odpowiednie hipotezy zerowe. Procedura analizowania hipotez zerowych polega na obliczeniu wartości liczbowej funkcji testowej (na podstawie otrzymanych wyników) i porównaniu jej z krytyczną wartością odczytaną z odpowiednich tablic. W obliczeniach posłużono się metodą jednoczynnikowej analizy wariancji, a istotność różnic między średnimi określono na podstawie testu RIR (rozsądnej istotnej różnicy) Tukeya, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Obliczenia statystyczne wykonano w oparciu o program STATISTICA PL wer. 13.

Poszczególne próbki mięśni podzielono na 4 równe części, z których 3 poddano procesom cieplnym (gotowanie, smażenie, pieczenie). Na poszczególnych próbkach mięsa surowego, a także tych po obróbce termicznej przeprowadzono badania dotyczące oznaczenia zawartości wody, białka i tłuszczu (ogółem 240 próbek).

W tym celu próbki mięsa mielono trzykrotnie w wilku laboratoryjnym, z zastosowaniem siatki o średnicy otworów 4,0 mm, po czym dokonano oznaczenia składu chemicznego przy pomocy urządzenia – analizatora składu chemicznego.

nego NIR – FoodCheck (firmy Bruins), przedstawionego na rysunku 5.1. Jest to sterowany komputerowo spektrofotometr, którego działanie obejmuje zakres fal 730 – 1100 nm.



Rysunek 5.1. Analizator składu chemicznego FoodCheck

W pracy Boguń [2016] zbadano m.in. zróżnicowanie zmian parametrów tekstury mięsa wieprzowego i wołowego przechowywanego zamrażalniczo. W tym celu przygotowano próbki w kształcie sześciianu o boku 20 mm. Cechy tekstury badanego mięsa oznaczono z zastosowaniem profilowej analizy tekstury (TPA – Texture Profile Analysis), która została wykonana za pomocą teksturometru Texture Analyser – CT3 – 25 firmy Brookfield (rys. 5.2) z przystawką cylindryczną o średnicy 38,1 mm i długości 20 mm. Próbki poddano testowi 2-krotnego ściskania do 50% ich wysokości. Przerwa pomiędzy naciśkami wynosiła 2s, zaś prędkość przesuwu walca podczas testu wynosiła 2mm/s. Z pomocą programu Texture Pro CT określono następujące parametry

tekstury: twardość, adhezyjność, sztywność, spoistość, sprężystość, odbojność, gumistość oraz żujność. Podczas pomiarów wszystkie parametry tekstury były określone automatycznie.



Rysunek 5.2. Teksturometr Texture Analyser – CT3 – 25 firmy Brookfield

Rozdział 6.

Badania wpływu niskich temperatur na jakość mięsa i jego produktów

Celem pracy Angrys [2017] było zbadanie zmian wybranych właściwości fizykochemicznych mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła.

Odczyn mięsa jest jednym z ważniejszych wskaźników jego jakości oraz przydatności do spożycia. Bezpośrednio po uboju mięso wykazuje odczyn zbliżony do obojętnego. W wyniku biochemicznych przemian glikogenu prowadzących do powstania kwasu mlekowego oraz kwasu fosforowego z ATP, następuje obniżenie wartości pH. W miarę upływu czasu wartość pH przechowywanego mięsa ulega podwyższeniu wskutek zobojętniania kwasu mlekowego przez substancje o charakterze zasadowym oraz w wyniku działania drobnoustrojów powodujących procesy gnilne.

W tabeli 6.1. zamieszczono wyniki pH badanego mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych dniach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Z danych tych wynika, że nie wykazano statystycznie istotnych różnic pod względem wartości pH mięśnia najdłuższego grzbietu pomiędzy jałówkami i buhajkami.

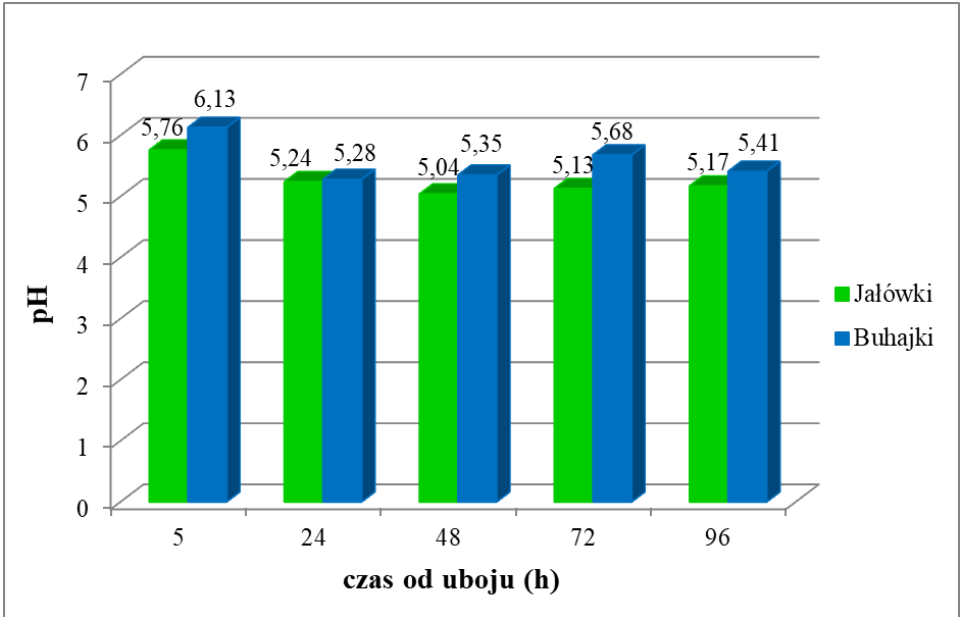
Na wykresie 6.1. przedstawiono zmiany wartości pH mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Z danych zamieszczonych na wykresie wynika, że pH mięśnia najdłuższego grzbietu u jałówek znacząco różni się od pH mięśnia pochodzącego od buhajków. Wartości te są niższe w mięsie jałówek. Zaobserwowano tendencję

spadkową z pH 5,76 w mięsie jałówek w pierwszym okresie przechowywania do pH 5,04 w trzecim okresie przechowywania. Jednak po 48 h przechowywania zauważono nieznaczny wzrost wartości pH. W badaniach przeprowadzonych na mieszańcach towarowych z bydłem rasy czarno-białej Sakowski i in. [2001] oznaczyli pH mięsa po 48 h przechowywania na poziomie 5,4. W niniejszych badaniach po 72 h przechowywania wartość pH mięsa jałówek kształtuje się na poziomie 5,13 i lekko wzrasta do wartości 5,17 w 96 h przechowywania chłodniczego. Jeżeli chodzi o mięso buhajków to zauważono wahania w pomiarze pH, a wartości te są zróżnicowane. Po 5 h przechowywania następuje spadek wartości pH z 6,13 do 5,28. Jednak po 24 h przechowywania stwierdzono wzrost wartości pH odpowiednio do: 5,35 i 5,68. Po 96 h przechowywania nastąpił spadek pH, kształtując się na poziomie 5,41.

Tabela 6.1. Zmiany pH mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	5,76	5,24	5,04	5,13	5,17
	SD	0,3	0,09	0,04	0,07	0,08
Buhajki	\bar{x}	6,13	5,28	5,35	5,68	5,41
	SD	0,35	0,61	0,4	0,64	0,21

A, B – różnice statystycznie istotne przy poziomie $p \leq 0,05$



Wykres 6.1. Zmiany pH mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach

Dane dotyczące zmian wartości wycieku termicznego mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła przedstawiono w tabeli 6.2. Z danych tych wynika, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy mięśniem jałówek i buhajków pod względem wycieku termicznego oznaczonego w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Zdaniem Cetin i in. [2012] nie występuje zależność pomiędzy czasem przechowywania a wyciekami termicznymi. Natomiast Li i in. [2014] zaobserwowali zależność między pH mięsa a jego wyciekami termicznymi – w próbach o pH wysokim występował mniejszy wyciek niż w próbach o pH średnim lub niskim. Badania Tornberga i in. [2000] wskazują, iż tempo wychładzania tusz (wychładzanie szybkie, średnio szybkie i wolne) nie wpływa na wartość wycieku termicznego.

Tabela 6.2. Zmiany wartości wycieku termicznego (%) mięśnia najdłuższego grzbietu podczas jego przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

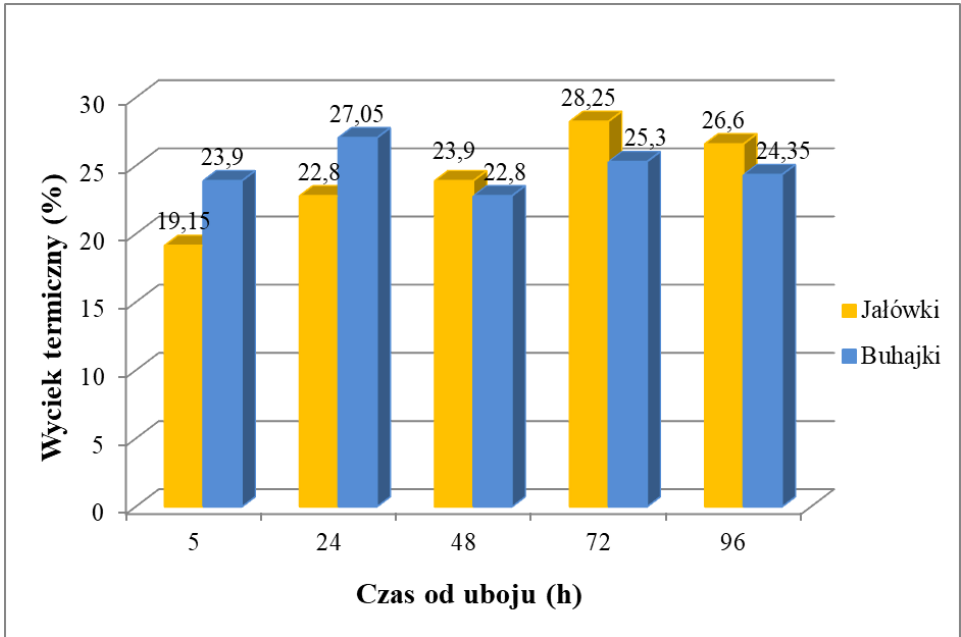
Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	19,15	22,80	23,90	28,25	26,60
	SD	3,70	4,15	2,40	0,95	3,05
Buhajki	\bar{x}	23,90	27,05	22,80	25,30	24,35
	SD	3,05	5,30	5,60	6,25	5,75

A, B – różnice statystycznie istotne przy poziomie $p \leq 0,05$

Na wykresie 6.2. przedstawiono zmiany wartości wycieku termicznego mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Z wykresu tego wynika, że ilość wycieku termicznego mięśnia najdłuższego grzbietu jałówek stosunkowo wzrasta od pierwszego dnia przechowywania chłodniczego. Najmniejszy wyciek termiczny stwierdzono po 5 h przechowywania chłodniczego i wartość ta kształtuje się na poziomie 19,15%. Po 24 h przechowywania wartość znacznie wzrasta do 22,80%. Tendencja jest dalej wzrastająca, aż do 72 h przechowywania chłodniczego, gdzie wartość ta wynosi 28,25%. Jednak po 96 h przechowywania chłodniczego nastąpił nieznaczny spadek wycieku termicznego do 26,60%.

Ilość wycieku termicznego mięśnia najdłuższego grzbietu buhajków w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego nie wykazuje tendencji liniowej i ulega wahaniom. Po 5 h przechowywania chłodniczego wartość wycieku termicznego mięśnia buhajków jest znacznie większa od tej cechy oznaczonej w mięśniu jałówek i kształtuje się na poziomie 23,90%. Wartość ta rośnie do

27,05% po 24h przechowywania. Następnie znacznie spada do wartości 22,80%. Po 72 h przechowywania zauważamy powtórnie wzrost ilości wycieku termicznego do 25,30%. Z kolei po 96 h przechowywania chłodniczego widoczny jest nieznaczny spadek wartości tej cechy do 24,35%.



Wykres 6.2. Zmiany wartości wycieku termicznego mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Mięso uzyskuje największą wodochłonność tuż po uboju i po uzyskaniu pełnej dojrzałości, natomiast w czasie stężenia pośmiertnego ulega ona zmniejszeniu. Zdolność wiązania i zatrzymywania wody podczas procesu dojrzewania jest uzależniona od przemian biochemicznych i strukturalnych tkanki mięśniowej. W efekcie rozluźnienia struktur wewnątrz- i międzykomórkowych następuje zwiększenie wodochłonności mięsa. Farouk i in. [2001] określają to zjawisko jako tzw. efekt gąbki. W temperaturze chłodniczej na skutek obecności substancji rozpuszczalnych w wodzie wzrasta wodochłonność mięsa wołowego.

W tabeli 6.3. zamieszczono wyniki badań dotyczących zmian wycieku wymuszonego mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła.

Tabela 6.3. Zmiany wycieku wymuszonego (%) mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

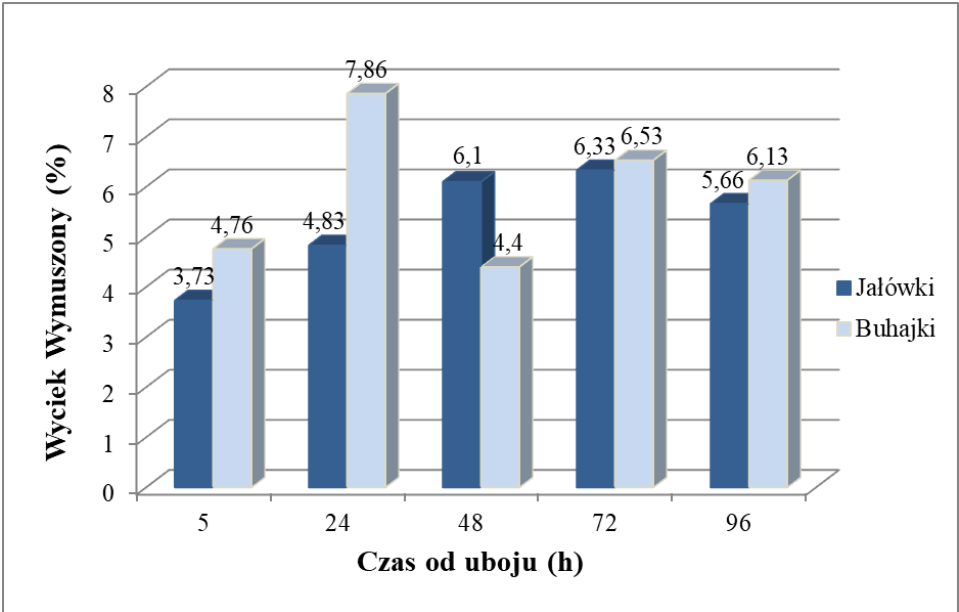
Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	3,73	4,83	6,10	6,33	5,66
	SD	0,93	1,20	1,50	0,90	1,40
Buhajki	\bar{x}	4,76	7,86	4,40	6,53	6,13
	SD	1,16	1,93	1,06	1,60	1,53

A, B – różnice statystycznie istotne przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy mięśniem jałówek a buhajków pod względem wycieku wymuszonego oznaczonego w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Zbieżne tendencje utrzymywania wody przez mięsień mieszańców towarowych uzyskali Choroszy i in. [2000].

Na wykresie 6.3. Przedstawiono zmiany wycieku wymuszonego mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Najmniejszą wartość wycieku wymuszonego stwierdzono w mięsie jałówek przechowywanym chłodniczo 5 h po uboju i wartość to wynosiła 3,73%.

Z kolei największą wartość tej cechy uzyskano w mięsie buhajków przechowywanym 24 h po uboju – 7,86%. W miarę wydłużania czasu chłodniczego przechowywania zaobserwowano procentowy wzrost wycieku wymuszonego, lecz był on większy w próbach mięsa pochodzącego od buhajków w porównaniu z próbami mięsa pochodzącego od jałówek.



Wykres 6.3. Zmiany wycieku wymuszonego mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Ilość wycieku wymuszonego wzrastała w miarę wydłużania czasu chłodniczego przechowywania do 72 h w mięsie pochodzącym od jałówek, gdzie wartość ta wynosiła (6,33%). Jednak po 96 h przechowywania nastąpił spadek wartości tego parametru do 5,66%. W mięsie buhajków zanotowano najniższy wyciek wymuszony podczas 48 h przechowywania w warunkach chłodniczych (4,40%). Porównywalne wartości, lecz nieco wyższe zaobserwowano po 5 h przechowywania (4,76%). Po 24 h przechowywania wartość tej cechy ukształ-

towała się na poziomie (7,86%). Zbliżone wartości odnotowano po 72 i 96 h przechowywania chłodniczego odpowiednio: 6,53% i 6,13%.

Wartość maksymalnej siły cięcia w ocenie jakości mięsa jest parametrem mówiącym o jego kruchości. Kruchość mięsa wołowego jest uznawana przez konsumentów za najważniejszą cechę jego jakości. Na wartość siły cięcia wpływa wiele czynników przyżyciowych i poubojowych, takich jak: gatunek, rasa, wiek, płeć, cechy osobnicze, system utrzymania zwierząt [Cierach i in. 2009]. Wielu autorów, m.in. Bratcher i in. [2005] oraz White i in. [2006] zaobserwowali znaczący wpływ warunków prowadzenia uboju i wychładzania tusz, a także przechowywania i dojrzewania mięsa na jego oporność mechaniczną.

W tabeli 6.4. zamieszczono wyniki badań dotyczące zmian wartości siły cięcia mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła.

Tabela 6.4. Zmiany wartości siły cięcia (N/cm^2) mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	41,67	42,16	57,11	38,00 _A	40,45
	SD	7,44	8,84	14,4	3,43	2,17
Buhajki	\bar{x}	47,07	56,87	48,53	57,85 _B	45,6
	SD	4,66	13,49	12,10	9,90	6,27

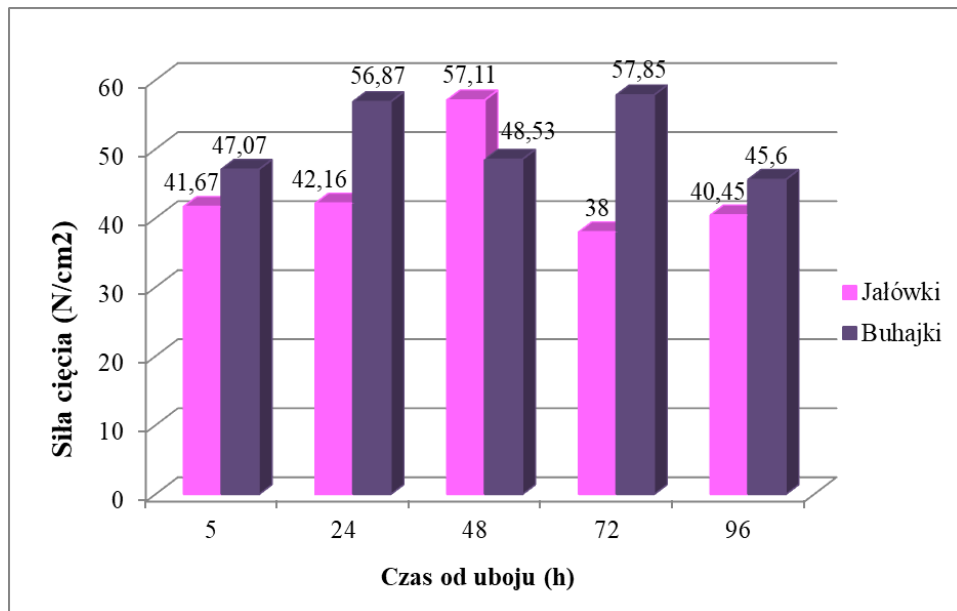
A, B – różnice statystyczne istotne przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, że różnice statystycznie istotne wystąpiły pomiędzy mięśniem jałówek i buhajków pod względem siły cięcia oznaczonej 72 h po uboju. W badaniach naukowych zaobserwowano wpływ rasy na pomiar siły cięcia. Również stwierdzono zasadniczy wpływ żywienia buhajów na pomiar siły cięcia. Vestergaard i in. [2000] podają, że mięso buhajków żywionych na pastwisku odznaczało się mniejszą ilością tłuszczu międzymięśniowego i było mniej kruche.

Na wykresie 6.4. zamieszczono zmiany wartości siły cięcia (N/cm^2) mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Stwierdzono, że mięsień pochodzący od jałówek charakteryzował się najmniejszą opornością mechaniczną po 72 h przechowywania chłodniczego ($38,00 \text{ N/cm}^2$). Największą zaś, mięsień pochodzący od buhajków ($57,85 \text{ N/cm}^2$) również po takim samym okresie przechowywania. Z wykresu tego można odczytać, że znacznie większe wartości siły cięcia występują w mięśniach pochodzącym od buhajków. W mięśniach pochodzącym od jałówek pomiar wzrasta od pierwszego okresu przechowywania chłodniczego ($41,60 \text{ N/cm}^2$) aż do wartości ($57,11 \text{ N/cm}^2$) w trzecim okresie przechowywania (48 h). Jednak po 72 h przechowywania chłodniczego nastąpił spadek wartości tego pomiaru do ($38,00 \text{ N/cm}^2$). W mięśniach buhajków wartości te ulegają wahaniom, jednak w ostatnim okresie przechowywania chłodniczego, czyli po 96 h wartość kształtuje się na poziomie ($45,60 \text{ N/cm}^2$). Według Destefanisa i in. [2008] instrumentalna siła cięcia „kruchego” mięsa wołowego nie powinna być większa niż $42,90 \text{ N/cm}^2$. Wyniki badań innych autorów Byrne i in. [2000] oraz Florka i in. [2007] wskazują bowiem na zmniejszenie siły cięcia różnych mięśni szkieletowych bydła po próżniowym chłodniczym przechowywaniu. Również o tym dowodzą badania prowadzone przez Maher i in. [2004] oraz Oliete i in. [2006]. Z kolei Miller i in. [2001] sugerują, że konsumenci postrzegają wołowinę z wartością siły cięcia poniżej 4,3 kg jako kruchą i powyżej 4,9 kg jako twardą.

Barwa jest podstawową cechą sensoryczną wołowiny, a także jest oceniana przez konsumentów przed kruchością i smakowitością, stanowiąc widoczną wskazówkę świeżości i jakości mięsa. Jest określana przede wszystkim przez

ilość i chemiczny status mioglobiny [Carpenter i in. 2001]. Szybkość oraz zakres zmian barwy mięsa są determinowane przez dostęp tlenu atmosferycznego. W tabeli 6.5 zamieszczono wyniki dotyczące parametrów barwy mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła.



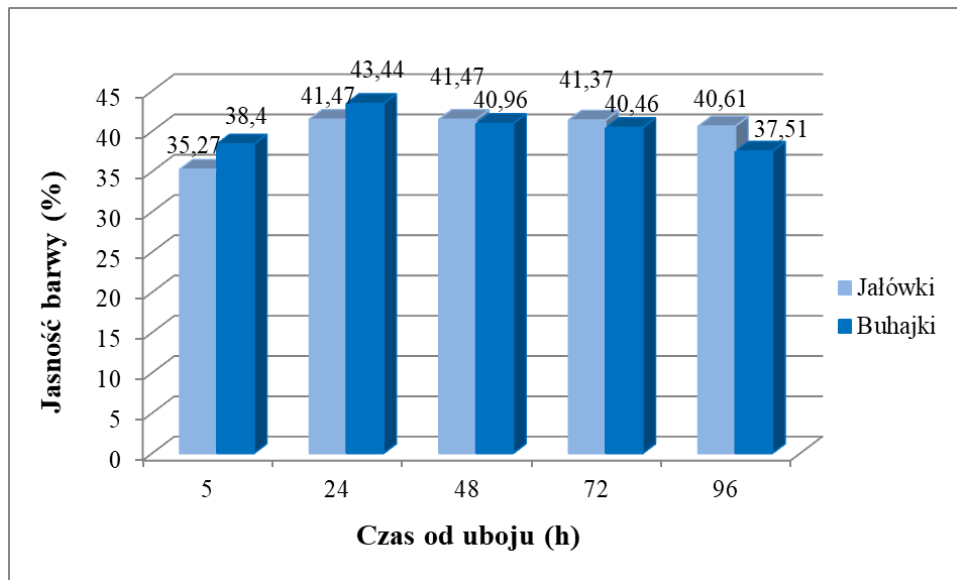
Wykres 6.4. Zmiany wartości siły cięcia mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Oceniając parametry barwy mięsa jałówek i buhajków w okresie 5 dni przechowywania chłodniczego, nie stwierdzono żadnych istotnych statystycznie różnic pod względem tych cech. Na wykresie 6.5 przedstawiono dane dotyczące zmian jasności barwy (%) mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Najmniejszą wartość jasności barwy zaobserwowano w mięśniu pochodzącym od jałówek po 5 h przechowywania chłodniczego (35,27%). Z kolei największą wartość tego parametru stwierdzono

Tabela 6.5. Zmiany paramentów barwy mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie			Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
				5	24	48	72	96
Jałowki	Parametry barwy	L (%)	\bar{x}	35,27	41,47	41,47	41,37	40,61
			SD	1,6	4,5	5,02	5,73	4,21
		a	\bar{x}	13,93	21,16	15,78	13,24	11,64
			SD	1,4	2,11	2,62	2,51	2,71
		b	\bar{x}	9,18	16,26	14,01	12,99	12,5
			SD	1	2,12	2,01	1,95	1,3
Buhajki	Parametry barwy	L (%)	\bar{x}	38,4	43,44	40,96	40,46	37,51
			SD	4,22	4,95	4,84	2,63	5,19
		a	\bar{x}	13,3	17,83	16,11	15,33	11,36
			SD	1,12	3,78	2,32	1,39	2,32
		b	\bar{x}	8,34	15,27	13,72	13,35	10,93
			SD	2	2,61	3,68	2,67	2,18

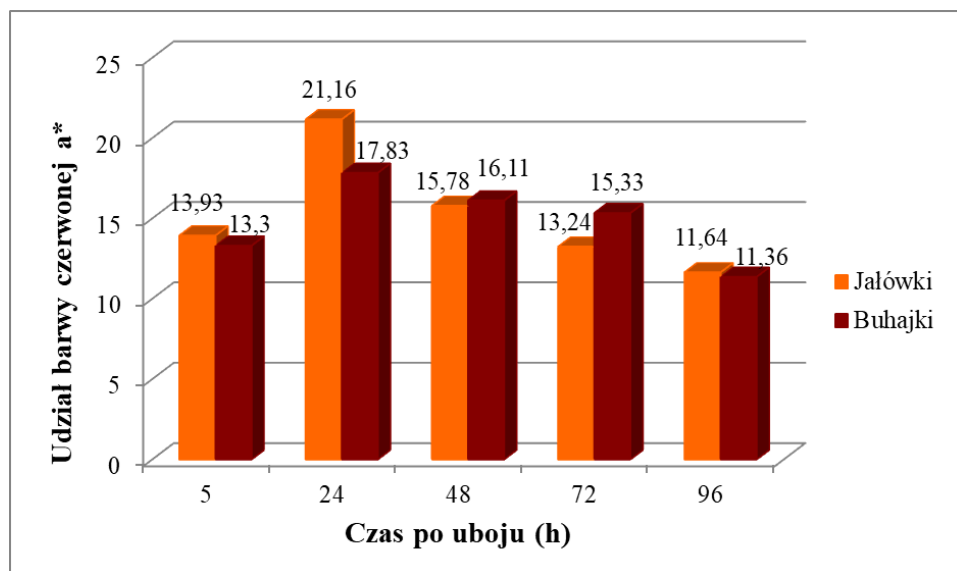
A, B – różnice statystycznie istotne przy poziomie $p \leq 0,05$



Wykres 6.5. Zmiany jasności barwy (%) mięśnia najdłuższego grzbiecia w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

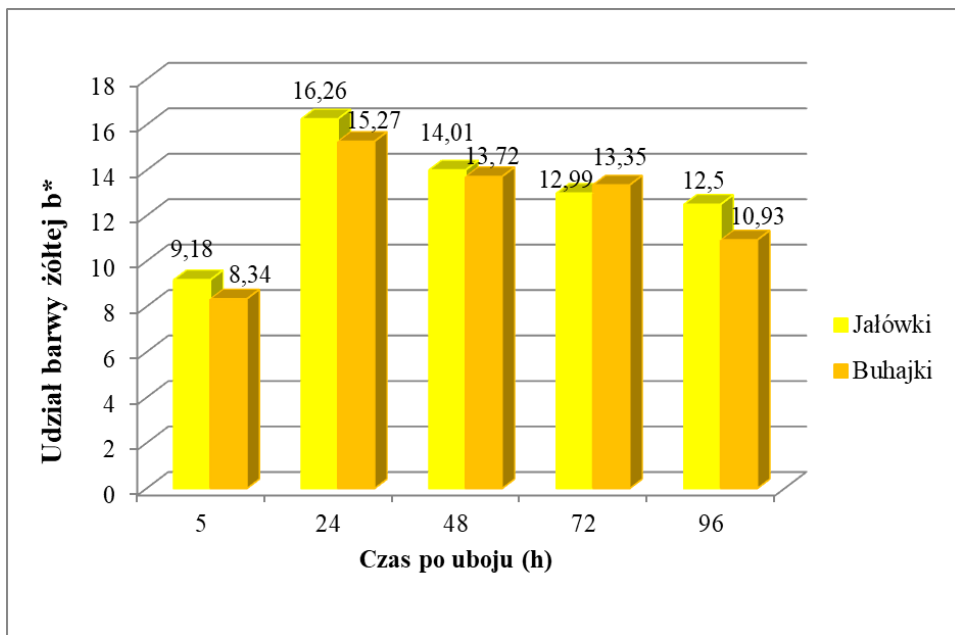
w mięśni buhajków po 24 h przechowywania chłodniczego (43,44%). Niemniej jednak w mięsie przechowywanym chłodniczo przez 5 h zaobserwowano niewielkie różnice w jasności barwy pomiędzy mięsem pochodzącym od jałówek, a mięsem buhajów wynoszącą 3,13%. Natomiast w mięsie buhajków zaobserwowano niższe wartości jasności barwy po 48 i 72 h przechowywania chłodniczego w porównaniu z mięśniem jałówek. Według Lindahl i in. [2006] występowanie poszczególnych form chemicznych mioglobiny na powierzchni mięsa ma wpływ na jasność L^* jego barwy. Również Warren i in. [2008], w badaniach mieszańców rasy holsztyńsko-fryzyjskiej z buhajami rasy *aberdeen angus*, oznaczyli jasność barwy L^* na poziomie od 43,9% do 45,5%. Wartości te były większe niż uzyskane w badaniach własnych. Na wykresie 6.6 przedstawiono zmiany wartości udziału barwy czerwonej (a^*) w mięsie jałówek i buhajków w czasie przechowywania chłodniczego. W przypadku składowej barwy a^* nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy mięsem pochodzącym od jałówek i buhajków. Największym udziałem barwy czerwonej (a^*) charakteryzowało się mięso jałówek

przechowywane chłodniczo przez 24 h (21,16). Z kolei najmniejszy udział tej barwy zaobserwowano w mięsie buhajków przechowywanym przez 96 h (11,36). W badaniach prowadzonych przez Litwińczuka i in. [2014] udowodniono, że mięso buhajków rasy PHF charakteryzowało się istotnie najniższym udziałem barwy czerwonej (a^*). W niniejszych badaniach po 24 h przechowywania chłodniczego udział barwy czerwonej (a^*) był większy w mięsie jałówek. Jednak po 48 h i 72 h przechowywania chłodniczego mięso buhajów charakteryzowało się wyższym udziałem barwy czerwonej (a^*). Badania prowadzone przez McKenna i in. [2005] dowodzą, że o stabilności barwy mięśni wołowych decyduje raczej typ włókien mięśniowych, zawartość mioglobiny, pH, czy koncentracja endogennych anty- i pro oksydantów modyfikujących stopień oksydacji mioglobiny i lipidów. Podobne tendencje zmniejszenia oraz wzrostu wartości zauważono dla parametru b^* .



Wykres 6.6. Zmiany wartości parametru a^* mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Na wykresie 6.7 zamieszczono zmiany wartości udziału barwy żółtej (b^*) w przechowywanym chłodniczo mięsie jałówek i buhajków. W przypadku składowej barwy b^* nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy mięsem jałówek i buhajków. Zaobserwowano, że większy udział barwy żółtej występuje w mięsie jałówek. Najmniejszym udziałem barwy żółtej (b^*) charakteryzowało się mięso buhajków przechowywanych chłodniczo przez 5 h. Z kolei największy udział tej barwy wykazywało mięso jałówek przechowywane chłodniczo przez 24 h. Również większy udział barwy żółtej (b^*) stwierdzono w mięsie buhajków przechowywanym przez 72 h. Po 48 i 96 h przechowywania chłodniczego zaobserwowano niższe wartości parametru (b^*) w mięsie buhajków. Jak podają Karamucki i in. [2013] oksymyoglobina (OMb) charakteryzuje się dużym udziałem barwy czerwonej (a^*), a także żółtej (b^*).



Wykres 6.7. Zmiany wartości parametru b^* mięśnia najdłuższego grzbietu w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Celem pracy Bober [2017] było zbadanie zmian wybranych właściwości fizykochemicznych mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Wyniki dotyczące zmian pH mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła zamieszczono w tabeli 6.6. Z danych tych wynika, że pH mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych po 24-godzinach od uboju, zarówno w przypadku jałówek jak i buhajków, wykazywało istotne różnice statystyczne. Wartość pH decyduje o przydatności mięsa wołowego do dojrzewania. Proces dojrzewania jest związany z rozkładem glikogenu w tkance mięśniowej. Według Niedźwiedzia i Cieracha [2009] wysoki poziom glikogenu w mięśniach przed ubojem pozwala otrzymać mięso prawidłowo zakwaszone, tj. w zakresie 5,5-5,8.

Tabela 6.6. Zmiany wartości pH mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju [h]				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	5,71	5,29*	5,06	5,35	5,34
	SD	0,18	0,15	0,02	0,15	0,15
Buhajki	\bar{x}	6,26	6,04*	5,25	5,88	6,05
	SD	0,42	0,50	0,17	0,61	0,66

*- różnice istotnie statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

W tabeli 6.7 i 6.8 zamieszczono dane dotyczące zmian ilości wycieku termicznego wymuszonego mięśnia czworogłowego uda w czasie przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła.

Tabela 6.7. Zmiany wycieku termicznego mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju [h]				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	26,75	30,00	29,25	31,30	32,60*
	SD	5,05	3,20	2,10	2,90	2,60
Buhajki	\bar{x}	24,95	21,30	26,75	30,85	25,40*
	SD	3,65	5,15	6,60	7,70	1,85

*- różnice istotnie statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Tabela 6.8. Zmiany wycieku wymuszonego mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju [h]				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	3,23	7,43	10,23*	7,16	6,7
	SD	0,80	1,83	1,83	1,1	1,9
Buhajki	\bar{x}	4,00	6,43	5,5*	8,26	4,73
	SD	0,97	1,6	1,3	1,53	1,16

*- różnice istotnie statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych zamieszczonych w tabeli 6.7 wynika, że różnice istotne statystycznie wystąpiły w ostatnim dniu przechowywania chłodniczego, tj. 96 godzin od uboju. W pozostałym okresie przechowywania nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Przez cały okres badawczy obserwuje się w mięsie jałówek większe ilości wycieku termicznego, niż w przypadku mięśnia buhajków. Z danych zamieszczonych w tabeli 6.8 wynika, że w czasie 48 godzin od uboju mięsień czworogłowy uda bydła wykazuje różnice istotnie statystycznie. Różnic natomiast nie stwierdzono w pozostałych okresach badawczych. Mięso wołowe wykazuje największą wodochłonność bezpośrednio po uboju i po uzyskaniu pełnej dojrzałości, a w wyniku przemian poubojowych ulega zmniejszeniu [Domaradzki 2016]. Wodochłonność to zdolność utrzymywania wody własnej przez mięso oraz zdolność do wchłaniania wody dodanej podczas procesu technologicznego. Decyduje o wydajności przetwórczej i kształtuje cechy organoleptyczne mięsa [Kolożyn – Krajewska i Sikora 2004].

W instrumentalnej ocenie tekstury mięsa często stosowanym parametrem, współzależnym z kruchością jest wartość maksymalnej siły cięcia. Kruchość mięsa wołowego z kolei jest uznawana przez konsumentów za najważniejszą cechę jego jakości [Niedźwiedź i in. 2013]. W tabeli 6.9 zamieszczono dane dotyczące zmian wartości siły cięcia mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Na jej wartość ma wpływ wiele czynników przyżyciowych i poubojowych, takich jak: gatunek, rasa, płeć, wiek czy system utrzymania zwierząt. Mięśnie jałówek i buhajków nie wykazywały różnic statystycznie istotnych pod względem maksymalnej siły cięcia. Hwang i in. [2004] oraz White i in. [2006] zaobserwowali istotny wpływ warunków prowadzenia uboju i wychładzania tusz, a także przechowywania i dojrzewania mięsa na jego oporność mechaniczną. Safari i in. [2001] odkryli istotną ujemną korelację między wartością siły cięcia i ocenianą organoleptycznie kruchością. Natomiast Platter i in. [2003] w swoich badaniach nie odnotowali tego typu znaczącej korelacji.

Jednym z najważniejszych wyróżników konsumenckiej oceny mięsa jest jego barwa. Zależy ona od ilości i stopnia utlenienia barwników hemowych [Strzyzewski i in. 2008]. W tabeli 6.10 zamieszczono dane dotyczące zmian barwy mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Mięso wołowe nie wykazywało różnic statystycznie istotnych w zależności od płci pod względem barwy.

Tabela 6.9. Zmiany wartości maksymalnej siły cięcia (N/cm^2) mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju [h]				
		5	24	48	72	96
Jałówki	\bar{x}	52,46	41,18	60,55	38,73	43,88
	SD	10,64	4,80	15,13	3,96	11,36
Buhajki	\bar{x}	42,90	39,22	51,97	54,92	44,86
	SD	3,03	7,16	7,64	14,70	5,09

Najczęściej stosowany jest pomiar barwy mięsa w systemie CIE $L^*a^*b^*$, który pozwala na rozróżnienie mięsa normalnego od mięsa wadliwego typu PSE (blade, miękkie, wodniste) i DFD (ciemne, twarde, suche) [Kończak 2007]. Parametr L^* pozwala na określenie jasności barwy, parametr a^* to miara czerwoności, natomiast b^* określa miarę żółtości. Barwa jest istotnym wyróżnikiem jakości mięsa powiązany z innymi właściwościami kształtującymi technologiczną i konsumpcyjną jakość i wydajność przetwórczą tego surowca. Bardzo ważną właściwością barwy jest jej zdolność długotrwałego zachowania atrakcyjnego wyglądu mięsa świeżego [Bocian i in. 2015]. Analizując dane zamieszczone w tabeli 6.10 można zaobserwować, że w mięśniu czworogłowym uda jałówek parametr L^* zawierał się w zakresie 35,66%– 42,79%. Najniższą jego wartość odnotowano 5 godzin od uboju, najwyższą zaś po 24 godzinach przechowywania. W mięsie pochodzącym od buhajków obserwuje się wartości parametru L^* na poziomie od 35,04% do 39,48%. Wartości te zaobserwowano w tych samych okresach badawczych, jak w przypadku mięsa ja-

łówek (5 h i 24 h). Wyższą wartość parametru L* (większą jasność) wykazuje mięsień czworogłowy uda jałówek. Chromatyczne parametry barwy (a* i b*) przyjmują wartości dodatnie. Parametr a* (czerwoność) zawierał się w zakresie 12,34 - 22,20 u jałówek i 12,65 - 19,19 u buhajków. Najwyższe średnie wartości tego parametru zaobserwowano w obu przypadkach po 24 godzinach przechowywania w warunkach chłodniczych. Najwyższe wartości parametru b* (żółtość) odnotowano 24 godziny od uboju (17,90 w mięsie jałówek, 15,74 w mięsie buhajków), najmniejsze zaś 5 godzin od uboju (odpowiednio 9,58 i 8,72).

Tabela 6.10. Zmiany parametrów barwy mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła

Wyszczególnienie			Miara statystyczna	Czas od uboju (h)				
				5	24	48	72	96
Jałówki	Parametry barwy	L (%)	\bar{x}	35,66	42,79	41,45	40,22	39,05
			SD	3,38	1,12	0,97	1,15	0,77
	a	\bar{x}	13,88	22,20	17,68	15,08	12,34	
		SD	1,50	2,48	2,69	3,77	3,08	
	b	\bar{x}	9,58	17,90	15,56	13,55	12,67	
		SD	1,33	0,35	0,44	1,46	1,50	
Buhajki	Parametry barwy	L (%)	\bar{x}	35,04	39,48	38,91	38,29	37,88
			SD	2,86	6,01	6,52	6,40	6,41
	a	\bar{x}	12,65	19,19	15,27	15,64	12,90	
		SD	1,09	3,49	2,79	1,73	3,19	
	b	\bar{x}	8,72	15,74	13,28	12,93	11,33	
		SD	1,27	3,93	3,32	3,20	2,83	

Celem pracy Boguń [2016] było zbadanie wpływu przechowywania zamrażalniczego (1 miesiąc) na zróżnicowanie zmian zawartości podstawowych składników chemicznych oraz parametrów tekstury mięsa wieprzowego i wo-

łowego. Wyniki dotyczące składu chemicznego mięsa wieprzowego i wołowego mrożonego i niemrożonego zamieszczono w tabelach 6.11 i 6.12.

Tabela 6.11. Skład chemiczny mięsa wieprzowego i wołowego niemrożonego

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Zawartość wody [%]	\bar{x}	73,92	74,83
	SD	4,64	2,10
Zawartość tłuszczu [%]	\bar{x}	3,58	3,33
	SD	2,83	2,83
Zawartość białka [%]	\bar{x}	20,85	20,89
	SD	1,49	1,32

Tabela 6.12. Skład chemiczny mięsa wieprzowego i wołowego mrożonego

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Zawartość wody [%]	\bar{x}	73,98	73,87
	SD	1,51	3,62
Zawartość tłuszczu [%]	\bar{x}	4,27	4,46
	SD	1,84	4,53
Zawartość białka [%]	\bar{x}	20,39	20,30
	SD	0,41	1,04

Pomiędzy surowcem niemrożonym a mrożonym wieprzowym i wołowym nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych pod względem składu chemicznego. Według Olszewskiego [2007] prawidłowej jakości mięso powinno zawierać średnio następujące ilości podstawowych składników: dla mięsa wołowego zawartość wody 74,2%, zawartość tłuszczu 3,5%, zawartość białka 20,6%, a także odpowiednio dla mięsa wieprzowego 72,3%, 6,3%, 20,1%. Uzyskane przez Boguń [2016] wyniki badań nie odbiegają od tych przedstawionych przez Olszewskiego [2007]. Ilość każdego z podstawowych składników mięsa, tj. woda, tłuszcz i białko przed mrożeniem i po rozmrożeniu kształtowała się na podobnym poziomie. Zawartość białka w badanym mięsie wieprzowym uległa niewielkim zmianom. Przed mrożeniem ilość ta wynosiła 20,85%, natomiast po rozmrożeniu mięsa, zawartość białka uległa zmniejszeniu jedynie do 20,39%. Jak podkreśla Kołodziej [2013] zmiany w obrębie białek kształtują się w samej strukturze białek, przez co ulegają pogorszeniu jego właściwości. Zawartość wody również pozostała na podobnym poziomie, aczkolwiek zaobserwowano, że po rozmrożeniu mięsa jej ilość w niewielkim stopniu zwiększyła się. Mogło to być spowodowane tym, iż woda zmieniając się w lód podczas mrożenia zwiększa swoją objętość [Panasiewicz 2015]. Inaczej było w przypadku mięsa wołowego, w którym zawartość wody uległa małemu zmniejszeniu z 74,83% do 73,83% (zawarta w nim woda odparowała z powierzchni mięsa w skutek procesu sublimacyjnego) [Panasiewicz 2015]. Jeżeli chodzi o zawartość tłuszczu w mięsie wieprzowym oraz wołowym, w przypadku surowca niemrożonego, jak mrożonego, również nie zaobserwowano różnic statystycznie istotnych. Kołodziej [2013] twierdzi, że wzmożone utlenianie tłuszczu zachodzi w bardziej rozdrobnionym surowcu, niż elementach lub półtuszach.

W tabeli 6.13 zamieszczono wyniki dotyczące parametrów twardości i sztywności mięsa wieprzowego i wołowego niemrożonego.

Tabela 6.13. Twardość i sztywność mięsa wieprzowego i wołowego niemrożonego

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Twardość 1 [N]	\bar{x}	36,64 ^A	61,02 ^B
	SD	14,98	41,86
Twardość 2 [N]	\bar{x}	28,77 ^A	40,15 ^B
	SD	12,01	26,40
Sztywność do 5mm [N]	\bar{x}	5,48	5,89
	SD	1,76	2,61
Sztywność do 10mm [N]	\bar{x}	18,31 ^A	23,47 ^B
	SD	7,80	14,29

A, B- średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie $p \leq 0,05$

W tabeli 6.14 znajdują się wyniki parametrów twardości i sztywności mięsa wieprzowego i wołowego poddanych procesowi mrożenia. W przypadku mięsa niemrożonego wieprzowego i wołowego, pod względem parametru twardości 1 i twardości 2 stwierdzono różnice statystycznie istotne. Różnice statystycznie istotne stwierdzono również pomiędzy tymi rodzajami mięs pod względem sztywności do 10 mm. Zaś cecha sztywności do 5mm nie wykazuje różnic statystycznie istotnych pomiędzy mięsem wieprzowym a wołowym niemrożonym. Z kolei w mięsie wieprzowym i wołowym poddanym mrożeniu nie zaobserwowano różnic statystycznie istotnych pod względem takich parametrów tekstury jak: twardość 1, twardość 2, sztywność do 5mm oraz sztywność do 10mm.

Tabela 6.14. Twardość i sztywność mrożonego mięsa wieprzowego i wołowego

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Twardość 1 [N]	\bar{x}	41,60	48,59
	SD	15,84	17,02
Twardość 2 [N]	\bar{x}	31,27	33,58
	SD	12,75	11,41
Sztywność do 5mm [N]	\bar{x}	6,88	5,61
	SD	3,36	1,87
Sztywność do 10mm [N]	\bar{x}	22,20	20,47
	SD	9,59	7,72

Domaradzki i in. [2011] w swoich badaniach stwierdzili wyższą twardość po rozmrożeniu mięsa wołowego, która wzrosła ze 100,40 N do 154,25 N. Uzyskane wyniki mogą być inne, ze względu na niewielkie różnice w zawartościach podstawowych składników chemicznych mięsa. Jeżeli chodzi o analizę pod tym względem mięsa wieprzowego to twardość 1 tego surowca uległa zwiększeniu po rozmrożeniu z wartości 36,6 N do 41,6 N. Również w przypadku twardości 2 pomiędzy mięsem niemrożonym, a mrożonym obserwuje się wzrost tej wartości z 28,77 N do 31,27 N.

Na podstawie danych w tabelach 6.13 i 6.14 zaobserwowano, że sztywność do 5mm mięsa wołowego uległa niewielkiemu spadkowi z wartości 5,89 N do 5,61 N. Podobnie, wartość parametru sztywności do 10 mm w tym mięsie spadła z 23,47 N do 20,47 N. Odwrotną sytuację obserwuje się w przypadku mięsa wieprzowego, gdzie zarówno sztywność do 5 mm, jak i sztywność do 10 mm wzrosła. W przypadku parametru pierwszego wartość początkowa kształ-

towała się na poziomie 5,48 N, a po rozmrożeniu wzrosła do 6,88 N. Natomiast w tym surowcu sztywność do 10 mm zmieniła się z 18,31 N do 22,2 N.

Pozostałe parametry tekstury niemrożonego mięsa wieprzowego i wołowego zostały zamieszczone w tabeli 6.15.

Tabela 6.15. Pozostałe parametry tekstury mięsa wieprzowego i wołowego nie poddawane mrożeniu

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Adhezyjność [mJ]	\bar{x}	2,61 ^A	3,44 ^B
	SD	1,47	2,33
Odbojność	\bar{x}	0,14	0,15
	SD	0,05	0,03
Kohezyjność	\bar{x}	0,24	0,24
	SD	0,06	0,05
Sprężystość [mm]	\bar{x}	5,38 ^A	6,05 ^B
	SD	0,86	1,57
Gumiastość [N]	\bar{x}	8,89 ^A	14,02 ^B
	SD	3,72	7,95
Żujność [mJ]	\bar{x}	48,99 ^A	89,45 ^B
	SD	25,70	53,63

A, B- średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie $p \leq 0,05$

Te same parametry dla mięsa mrożonego wieprzowego i wołowego zamieszczono w tabeli 6.16.

Tabela 6.16. Pozostałe parametry tekstury mrożonego mięsa wieprzowego i wołowego

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj mięsa	
		wieprzowe	wołowe
Adhezyjność [mJ]	\bar{x}	3,27	4,38
	SD	1,74	2,62
Odbojność	\bar{x}	0,13	0,23
	SD	0,04	0,19
Kohezyjność	\bar{x}	0,24	0,28
	SD	0,05	0,04
Sprężystość [mm]	\bar{x}	6,13	7,49
	SD	1,15	2,64
Gumiastość [N]	\bar{x}	9,89 ^A	13,71 ^B
	SD	2,50	5,23
Żujność [mJ]	\bar{x}	60,86 ^A	113,16 ^B
	SD	22,15	86,95

A, B - średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie $p \leq 0,05$

Po analizie uzyskanych wyników stwierdzono pomiędzy mięsem wieprzowym, a wołowym niemrożonym różnice statystycznie istotne pod wzglę-

dem cechy adhezyjności. Adhezyjność surowca wieprzowego oraz wołowego wzrasta po przeprowadzeniu procesu mrożenia. Cecha ta wzrosła po przechowywaniu zamrażalniczym z 3,44 mJ do 4,38 mJ w przypadku mięsa wołowego i z 2,61 mJ do 3,27 mJ w przypadku mięsa wieprzowego. Przyczyną zmiany wartości tego parametru mogła być zmiana konsystencji mięsa po jego rozmrożeniu. Zaobserwowano także, iż pod względem odbojności i kohezji mięso wieprzowe nie różni się istotnie statystycznie od mięsa wołowego. Odbojność mięsa wołowego wzrasta po mrożeniu z 0,15 do 0,23. Caine i in. [2003] stwierdzili w swoich badaniach, że cecha odbojności jest silnie związana z zawartością tłuszczu śródmięśniowego zawartego w surowcu, natomiast Zajac i in. [2011] we własnych badaniach nie potwierdzili jednak korelacji pomiędzy odbojnością a ilością tłuszczu.

Z danych zamieszczonych w tabelach 6.15 i 6.16. wynika, że sprężystość mięsa wołowego jest wyższa niż średnia wartość tej cechy obliczona dla surowca wieprzowego zarówno mrożonego, jak i niemrożonego. Natomiast różnice statystycznie istotne pod względem tej cechy stwierdzono tylko pomiędzy mięsem wieprzowym a wołowym niemrożonym. Sprężystość surowca wieprzowego wzrosła z 5,38 mm do 6,13 mm, natomiast wołowego z 6,05 mm do 7,49 mm. Inne wyniki uzyskali Domaradzki i in. [2011], mroząc mięso wołowe zapakowane próżniowo. Sprężystość tego mięsa po rozmrożeniu zmniejszyła się tylko o 0,11 mm w stosunku do wartości początkowej. Z badań tych autorów wynika, iż przechowywanie zamrażalnicze nie miało większego wpływu na zmianę parametru sprężystości mięsa wieprzowego oraz wołowego. Gumiaistość mięsa wieprzowego uległa zwiększeniu po rozmrożeniu do 9,89 N w porównaniu do wartości przed mrożeniem, która wynosiła 8,89 N. Jeżeli chodzi o wołowinę, to po przechowywaniu zamrażalniczym nastąpił spadek tego parametru z 14,02 N do 13,71 N. Domaradzki i in. [2011] w swoich badaniach uzyskały wyższą gumiaistość po rozmrożeniu mięsa wołowego w porównaniu z surowcem niemrożonym. Pomiędzy mięsem wieprzowym a wołowym stwierdzono różnice statystycznie istotne pod względem tego parametru tekstury, zarówno w przypadku surowca niemrożonego, jak i poddanego mrożeniu. Można też stwierdzić, że w przypadku obu rodzajów surowców parametr żujności wykazuje tendencję wzrostową po mrożeniu mięsa i jego przechowywaniu zamrażalniczym. W literaturze dostrzega się wiele rozbieżności dotyczących wpływu procesu zamrażania na zmianę parametrów tekstury mięsa wołowego. Na przykład Kołczak i wsp. [2005] nie wykazali w swoich doświadczeniach zmian w teksturze mrożonego mięsa, jednak stwierdzili, iż zmniejszeniu uległa kru-

chość surowca. Podczas gdy Schanks i in. [2002] twierdzą, iż przechowywanie zamrażalnicze mięsa powoduje zwiększenie kruchości mięsa wołowego.

Celem pracy Pociask [2016] było porównanie dwóch mięśni wieprzowych: mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus dorsi*) oraz mięśnia czworogłowego uda (*m. quadriceps femoris*): pod względem zmian w czasie przechowywania chłodniczego wybranych właściwości fizykochemicznych (pH, wodochłonności, wycieku termicznego, siły cięcia i parametrów barwy).

W tabeli 6.17 zamieszczono dane dotyczące zmian pH mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego.

Tabela 6.17. Zmiany pH mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas po uboju (h)					
	Miara statystyczna	5	24	48	72	96
LD	\bar{x}	5,70 ^A	5,45*	5,64	5,41 ^{B*}	5,60*
	SD	0,20	0,15	0,20	0,39	0,44
QF	\bar{x}	5,91	5,80*	5,86	5,78*	5,89*
	SD	0,37	0,39	0,23	0,18	0,27

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, iż różnice statystycznie istotne pomiędzy mięśniami wystąpiły w drugiej, czwartej i piątej dobie od uboju. Mięsień najdłuższy grzbietu (LD) zarówno w drugiej (5,45), czwartej (5,41), jak i piątej dobie (5,60) cechował się niższą wartością pH, niż mięsień czworogłowy uda w dru-

giej (5,80), czwartej (5,78) i piątej dobie od uboju (5,89). Zauważono również istotne różnice wartości pH w mięśniu longissimus dorsi pomiędzy pierwszą, a czwartą dobą od uboju. Wartość pH w pierwszej dobie od uboju (5,70) była znacznie wyższa niż w dobie piątej (5,41).

W badanych mięśniach nie odnotowano mięsa z wadą DFD ($\text{pH}_{24} > 6,3$). Wartość pH odnotowana w mięśniu najdłuższym grzbieta w drugiej dobie od uboju (5,45) jest zbliżona do wyników badań uzyskanych przez Kasprzyka [2015]. W badaniach przeprowadzonych przez Kajak i in [2007] wartość pH mierzona 24 godziny od uboju wynosiła 5,43 w grupie tuczników w mięsie których pH_{24} kształtowało się poniżej 5,5 i jest to wartość zbliżona do odnotowanej wartości w drugiej dobie od uboju 5,45 (tab. 6.17). Jednak w badaniach Grześkowiak i in. [2010] wartości tej samej cechy były wyższe (5,54 i 5,58). Wartość pH w mięśniu longissimus dorsi zmierzona w trzeciej dobie od uboju wynosiła 5,64 natomiast w badaniach przeprowadzonych przez Przybylskiego i in [2008] pH mierzone 48 godzin po uboju w mięśniu *longissimus dorsi* tuczników z 1 klasy jakości wynosiła 5,59.

W tabeli 6.18 zamieszczono wyniki badań dotyczące zmian wycieku wymuszonego z mięsa w czasie jego przechowywania chłodniczego.

Tabela 6.18. Zmiany wycieku wymuszonego (%) z mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas po uboju (H)					
	Miara statystyczna	5	24	48	72	96
LD	\bar{x}	14,03 ^A	18,07	21,77 ^B	23,67 ^B	16,77
	SD	1,60	1,67	1,12	3,91	1,62
QF	\bar{x}	11,70 ^A	21,50 ^B	19,77 ^B	19,27 ^B	17,77
	SD	1,27	2,53	1,46	2,29	2,35

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, iż odnotowano statystycznie istotne różnice wycieku wymuszonego w mięśniu *longissimus dorsi* pomiędzy pierwszą, a trzecią i czwartą dobą od uboju. Mięsień najdłuższy grzbietu w pierwszej dobie od uboju charakteryzował się najmniejszym wyciekem wymuszonym (14,03%), znacznie wyższa wartość wycieku wymuszonego odnotowana została w trzeciej dobie (21,77 %). Największy wyciek wymuszony, a co za tym idzie najmniejsza wodochłonność została zaobserwowana w czwartej dobie od uboju (23,67%). Z danych w tab. 6.18 wynika także, że zostały odnotowane istotne różnice statystyczne wodochłonności mięśnia czworogłowego uda (QF) pomiędzy pierwszą a drugą, trzecią i czwartą dobą od uboju. Mięsień *quadriceps femoris* w pierwszej dobie od uboju cechował się największą wodochłonnością (11,70%). Znacznie większy wyciek wymuszony został odnotowany w czwartej (19,27%) i trzeciej dobie od uboju (19,77%). Najmniejsza wodochłonność została zaobserwowana w drugiej dobie po uboju (21,50%).

Z badań przeprowadzonych przez Kasprzyka [2015] wynika, iż mięsień *longissimus dorsi* pozyskany od tuczników rasy polskiej białej zwisłouchej cechował się wodochłonnością na poziomie 20,25% i jest to wartość znacznie większa niż odnotowana w pierwszej dobie od uboju 14,03% (tab. 6.18).

Badania przeprowadzone przez Grześkowiak i in. [2010] wskazują, iż wodochłonność mierzona 24 godziny po uboju w mięśniu *longissimus dorsi* mieszańców: pbz x wbp wynosiła 31,63 %; (pbz x (d x p) - 29,35 %). Wskazuje to na dużo niższy stopień wodochłonności niż wartość tej cechy odnotowana w drugiej dobie po uboju w mięśniu najdłuższym grzbietu (tab. 6.18).

W tabeli 6.19 zamieszczono wyniki dotyczące zmian wycieku termicznego z mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego. Z danych tych wynika, iż odnotowano istotne różnice wycieku termicznego w mięśniu najdłuższym grzbietu pomiędzy drugą, a trzecią i piątą dobą. Najmniejszym wyciekem termicznym, a tym samym największą wodochłonnością cechowało się mięso w trzeciej dobie od uboju (23,59%). Nieco gorsza wodochłonność zaobserwowana została w mięsie w piątej dobie (24,41%). Największy wyciek termiczny został odnotowany w drugiej dobie po uboju (28,58 %).

Tabela 6.19. Zmiany wycieku termicznego (%) z mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas po uboju (h)					
	Miara statystyczna	5	24	48	72	96
LD	\bar{x}	26,56	28,58 ^A	23,59 ^B	26,56	24,41 ^B
	SD	2,23	4,86	2,06	1,71	4,90
QF	\bar{x}	27,84	29,77 ^A	26,47	27,62	24,80 ^B
	SD	5,04	3,24	5,71	3,66	3,15

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Różnice istotnie statystycznie wycieku termicznego zaobserwowano także w mięśni czworogłowym uda pomiędzy drugą a piątą dobą od uboju. Mięso w drugiej dobie od uboju cechowało się najgorszą wodochłonnością (29,97 %), zaś w dobie piątej wodochłonność była najwyższa (24,80 %).

Kasprzyk [2015] w mięśni *longissimus dorsi* tuczników rasy polskiej białej zwisłouchej odnotował wyciek termiczny na poziomie 33,32 %, co daje znacznie wyższą wartość tej cechy zmierzonej w poszczególnych okresach w mięśniach LD i QF (tab. 6.19).

W tabeli 6.20. Zamieszczono wyniki dotyczące zmian siły cięcia mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Tabela 6.20. Zmiany siły cięcia (N/cm^2) mięsa w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas po uboju (h)					
Rodzaj mięśnia	Miara statystyczna	1	2	3	4	5
LD	\bar{x}	56,88	65,21	50,31	53,05	63,25*
	SD	0,89	0,88	1,22	1,45	2,32
QF	\bar{x}	66,10 ^A	58,74	50,11	51,58	42,95 ^{B*}
	SD	3,40	2,28	1,99	1,42	0,54

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Różnice statystycznie istotne siły cięcia mięsa pomiędzy mięśniami zostały zauważone w piątej dobie. W tej dobie mięsień czworogłowy uda cechował się znacznie wyższą wartością tej cechy ($42,94 \text{ N}/\text{cm}^2$) niż mięsień najdłuższy grzbietu ($63,25 \text{ N}/\text{cm}^2$). Wyniki badania instrumentalnego wskazują więc na większą kruchość mięśnia czworogłowego uda w porównaniu do mięśnia najdłuższego grzbietu. Istotne różnice statystyczne siły cięcia zostały zaobserwowane również w mięśniu *quadriceps femoris* pomiędzy pierwszą, a piątą dobą. Mięso w pierwszej dobie odznaczało się znacznie większą odpornością mechaniczną ($66,10 \text{ N}/\text{cm}^2$) niż w dobie piątej ($42,95 \text{ N}/\text{cm}^2$). Wynik tego pomiaru wskazuje na znacznie większą kruchość mięsa w piątej dobie.

W tabeli 6.21 zamieszczono wyniki dotyczące zmian jasności barwy mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego.

Tabela 6.21. Zmiany jasności barwy mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas od uboju (doba)					
	Miara statystyczna	1	2	3	4	5
LD	\bar{x}	52,59 ^{A*}	52,96 ^{A*}	49,13*	46,99 ^{B*}	47,20 ^{B*}
	SD	8,55	5,37	4,54	4,10	3,98
QF	\bar{x}	43,04*	44,22*	42,39*	40,64*	39,93*
	SD	5,14	3,38	3,94	3,58	4,25

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, iż stwierdzono istotne statystycznie różnice jasności barwy pomiędzy mięśniem najdłuższym grzbietu a mięśniem czworogłowym uda w każdej dobie po uboju. W pierwszej dobie po uboju mięsień czworogłowy uda cechował się mniejszą jasnością barwy (43,04%) niż mięsień najdłuższy grzbietu (52,59%). Istotne różnice jasności barwy w dobie drugiej wskazują większą wartość tej cechy mięśnia *longissimus dorsi* 52,96% niż *quadriceps femoris* 44,22%. Również w dobie trzeciej, czwartej i piątej mięsień najdłuższy grzbietu cechował się większą jasnością barwy, niż mięsień czworogłowy uda. Dane umieszczone w tabeli 6.21 wskazują, iż zaobserwowano istotne różnice statystyczne jasności barwy mięśnia najdłuższego grzbietu (LD) pomiędzy dobą pierwszą, a czwartą i piątą. Zarówno w dobie czwartej (46,99%), jak i piątej (47,20%) mięsień *longissimus dorsi* cechował się znacznie niższą wartością tej cechy niż w dobie pierwszej (52,59%). Stwierdzono również istotne różnice statystyczne jasności barwy mięśnia najdłuższego grzbietu pomiędzy dobą drugą (52,96%), a czwartą (46,99%) i piątą (47,20%).

W dobie drugiej mięsień *longissimus dorsi* odznaczał się znacznie większą jasnością barwy niż w dobie czwartej i piątej.

W badaniach przeprowadzonych przez Przybylskiego i in. [2008] odnotowano parametry jasności barwy mięśnia *longissimus dorsi* w 48 h od uboju wynoszące w zależności od klasy jakości:

- 1 klasa: 53,69 %,
- 2 klasa: 56,99 %,
- 3 klasa: 54,83 %.

Porównując wyniki tych parametrów z jasnością barwy mięśnia LD w trzeciej dobie po uboju (tab. 6.21), zauważono większą jasność barwy mięśni *longissimus dorsi* w badaniach przeprowadzonych przez Przybylskiego i in. [2008].

W badaniach Kajak i in. [2007] analizowano parametry jasności barwy mięśnia *longissimus dorsi* 96 godzin po uboju w zależności od pH końcowego. Dla grupy tuczników o pH 24 większym niż 5,5, parametr jasności wynosił 56,42%. Wyniki te wskazują na znacznie większą jasność barwy mięśnia najdłuższego grzbietu niż te zamieszczone w tabeli 6.21.

W tab. 6.22 zamieszczono wyniki dotyczące zmian parametru „a” barwy mięsa w czasie jego przechowywania chłodniczego.

Tabela 6.22. Zmiany parametru „a” barwy mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas od uboju (h)					
	Miara statystyczna	5	24	48	72	96
LD	\bar{x}	6,07 ^{A*}	12,73 ^{B*}	14,68 ^{B*}	14,90 ^C	16,63 ^D
	SD	1,94	2,35	2,44	1,67	2,00
QF	\bar{x}	11,56 ^{A*}	16,97 ^{B*}	17,20 ^{B*}	16,17 ^B	17,31 ^B
	SD	1,51	1,28	2,23	2,33	2,26

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B, C, D- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, iż zaobserwowano istotne statystycznie różnice zmian parametru „a” barwy pomiędzy mięśniem najdłuższym grzbietu a mięśniem czworogłowym uda. Istotne statystycznie różnice pomiędzy mięśniami zanotowano w pierwszej, drugiej oraz trzeciej dobie od uboju. Zarówno w pierwszej (11,56), drugiej (16,97) jak i trzeciej dobie (17,20) od uboju mięsień czworogłowy uda cechował się znacznie większą wartością parametru „a”, niż mięsień najdłuższy grzbietu w tych samych okresach (1 doba - 6,07; 2 doba - 12,73; 3 doba - 14,68). Wartości te świadczą o wyższym udziale barwy czerwonej w mięśniu QF w porównaniu do mięśnia najdłuższego grzbietu.

Statystycznie istotne różnice zaobserwowano również w mięśniu LD pomiędzy pierwszą, a drugą, trzecią, czwartą i piątą dobą od uboju. Najmniejszy udział czerwonej barwy w mięśniu najdłuższym grzbietu zanotowano w pierwszej dobie (6,07). Najwyższy wynik parametru „a” został zaobserwowany w piątej dobie (16,63). Nie zanotowano natomiast różnic pod względem tej cechy w mięśniu LD pomiędzy dobą drugą, a trzecią.

Zaobserwowano również istotne różnice statystyczne parametru „a” barwy w mięśniu czworogłowym uda. Różnice takie zauważono pomiędzy dobą pierwszą: a drugą, trzecią, czwartą i piątą. Najniższą wartość parametru „a” barwy w mięśniu tym został zaobserwowany w pierwszej dobie od uboju (11,56). Największy wynik „parametru a” barwy w mięśniu czworogłowym uda zanotowano w dobie piątej (17,31). Nie zauważono statystycznie istotnych różnic parametru „a” pomiędzy dobą drugą, trzecią, czwartą i piątą.

W badaniach przeprowadzonych przez Kajak i in. [2007] wartość parametru „a” mięśnia najdłuższego grzbietu w 48 godzin po uboju dla grupy tuczników o $\text{pH}_{24} \geq 5,5$ wynosiła 14,67, natomiast w czasie 96 godzin od uboju wynik tego parametru dla tej samej grupy wynosił 14,18. Porównując te wyniki do rezultatów zamieszczonych w tabeli 6.22 zauważono podobieństwo wartości parametru „a” w dobie trzeciej (14,68).

W tabeli 6.23 zamieszczono dane dotyczące zmian parametru „b” barwy mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego.

Tabela 6.23. Zmiany parametru „b” barwy mięsa wieprzowego w czasie jego przechowywania chłodniczego

Wyszczególnienie	Czas po uboju (doba)					
Rodzaj mięśnia	Miara statystyczna	1	2	3	4	5
LD	\bar{x}	13,83 ^A	19,00 ^B	19,89 ^{B*}	19,51 ^{B*}	20,14 ^{B*}
	SD	2,07	1,08	1,78	1,89	1,86
QF	\bar{x}	12,60 ^A	17,58 ^B	17,27 ^{B*}	16,23 ^{B*}	16,19 ^{B*}
	SD	2,11	1,04	1,15	1,33	2,01

*- różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

A, B - różnice istotne statystycznie przy poziomie $p \leq 0,05$

Z danych tych wynika, iż zostały zaobserwowane statystycznie istotne różnice parametru „b” barwy pomiędzy mięśniem *longissimus dorsi*, a mięśniem *quadriceps femoris*. Statystycznie istotne różnice pomiędzy tymi mięśniami zaobserwowano w dobie trzeciej, czwartej i piątej. W mięśniu najdłuższym grzbietu odnotowano znacznie wyższe wyniki parametru „b” zarówno w trzeciej (19,89), czwartej (19,51) jak i piątej dobie (20,14) od uboju w porównaniu do mięśnia czworogłowego uda w tych samych dobach (3 doba- 17,27, 4 doba- 16,23, 5 doba -16,19). Wyniki tej analizy świadczą o większym udziale barwy żółtej w mięśniu najdłuższym grzbietu w porównaniu do mięśnia czworogłowego uda w poszczególnych okresach pomiarowych.

Różnice statystycznie istotne zanotowano również w mięśniu LD pomiędzy pierwszą a: drugą, trzecią, czwartą i piątą dobą. Najniższą wartość parametru „b” barwy w mięśniu tym zaobserwowano w dobie pierwszej (13,83). Najwyższą wartość parametru „b” barwy w mięśniu najdłuższym grzbietu zauważono w dobie piątej (20,14).

Zostały zaobserwowane także istotne statystyczne różnice wartości parametru „b” barwy w mięśniu QF pomiędzy dobą pierwszą a: drugą, trzecią, czwartą i piątą. Najniższą wartość parametru „b” barwy w mięśniu tym zano-

towano w dobie pierwszej (12,60). Wynik ten świadczy o najmniejszym udziale barwy żółtej w tym mięśni w dobie pierwszej. Najwyższą wartość parametru „b” barwy w mięśni QF zaobserwowano w drugiej dobie (17,58).

Rozdział 7.

Badania wpływu obróbki cieplnej na jakość mięsa i jego produktów

Celem pracy Boguń [2017] było zbadanie wpływu rodzaju obróbki cieplnej na podstawowe parametry składu chemicznego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła. Wyniki dotyczące składu chemicznego surowego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła zamieszczono w tabeli 7.1. Z danych wynika, że w mięsie surowym (5 godzin od uboju) zawartość tłuszczu kształtowała się na poziomie 13,27%, natomiast po 96 godzinach chłodniczego przechowywania wartość ta wynosiła 20,17%. Według Olszewskiego [2007] prawidłowy skład chemiczny surowca wołowego jest następujący: zawartość wody ok. 74,2%, tłuszczu 3,5% i białka 20,6%. W tym przypadku nie zaobserwowano różnic statystycznie istotnych.

Jeżeli chodzi o zawartość wody, to w tym przypadku również nie zaobserwowano różnic statystycznie istotnych w jej zawartości w surowym mięśniu najdłuższym grzbietu bydła przechowywanym chłodniczo przez 5 i 96 godzin od uboju. W obu przypadkach jej ilość wahała się na podobnym poziomie, a mianowicie po 5 godzinach od uboju wynosiła 65,38 %, a po 96 godzinach 62,32 %. Wyniki te niewiele różnią się od wartości jaką podaje Olszewski [2007], a także Domaradzki i in. [2010], którzy uzyskali średnią zawartość wody w mięśniu najdłuższym grzbietu na poziomie 75,36 %. Florek i in. [2007] podobnie jak i Domaradzki i in. [2010] otrzymali porównywalne zawartości wody w mięsie surowym (ok. 74,81% w przypadku buhajków i 73,91 % u jałówek). Jak podkreśla Florek i in. [2007] zmienność składu chemicznego jest różna w zależności od płci, stopnia otluszczenia i umięśnienia oraz rasy, wieku i kategorii bydła.

Tabela 7.1. Skład chemiczny surowego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz (%)	\bar{x}	13,28	20,17
	SD	3,28	4,94
Woda (%)	\bar{x}	65,37	62,32
	SD	6,58	13,31
Białko (%)	\bar{x}	19,71	18,09
	SD	1,74	2,3

*- brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Przechowywanie chłodnicze przez 5 i 96 godzin od uboju nie spowodowało różnic statystycznie istotnych w zawartości białka w mięśniu najdłuższym grzbietu bydła. Zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu bydła po 5 godzinach od uboju kształtowała się na takim samym poziomie (ok. 18%), jak i po 96 godzinach przechowywania chłodniczego. Dlatego też można stwierdzić, iż przechowywanie chłodnicze nie miało wpływu na zmiany tego składnika. Domaradzki i in. [2010] badając związek kolagenu z wybranymi parametrami technologicznymi mięsa cielęcego otrzymali zawartość białka w tym surowcu na poziomie ok. 22,06%.

Jak podaje Rakowska i in. [2013] w czasie obróbki termicznej zachodzą różne procesy, które powodują znaczne zmiany wartości odżywczej, konsystencji, barwy czy zapachu. Wielkość zmian wartości odżywczej mięsa, poprzez wysoką temperaturę uwarunkowana jest przede wszystkim rodzajem zastosowanego procesu cieplnego i czasem jego trwania. W przeprowadzonych badaniach największe straty składników stwierdzono w czasie procesu pieczenia (tab. 7.2). Jednakże pomiędzy mięśniami najdłuższym grzbietu bydła przechowywanym chłodniczo przez 5 godzin od uboju i 96 h nie wykazano różnic statystycznie istotnych ($P \leq 0,05$) (tabele od 7.2 do 7.4). Według Ormian i in. [2015] zbyt wysoka temperatura i wydłużony czas pieczenia mięsa może doprowadzić do nad-

miernego wysychania produktu przez działanie ciepłego powietrza. Wysoka temperatura działająca na mięso prowadzi również do zmian strukturalnych łańcuchów polipeptydowych. W procesie gotowania następuje szybka denaturacja białka, co skutkuje zatrzymywaniem się większych ilości wody w mięśniach.

W tabeli 7.2 przedstawiono dane dotyczące składu chemicznego gotowanego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła.

Tabela 7.2. Skład chemiczny gotowanego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz (%)	\bar{x}	14,67	17,02
	SD	3,26	3,98
Woda (%)	\bar{x}	65,78	64,21
	SD	9,2	9,78
Białko (%)	\bar{x}	18,45	18,35
	SD	2,47	2,87

*- brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Zawartość białka w trakcie pieczenia wzrasta. Ormian i in. [2015], badając wpływ obróbki termicznej na wybrane cechy jakościowe mięśni piersiowych kurcząt, również wykazali, iż pieczenie surowca spowodowało wzrost zawartości białka. Cytowani autorzy w swoich badaniach wykazali, iż przeprowadzona obróbka termiczna (gotowanie i pieczenie) na mięśniu piersiowym kurcząt spowodowała straty w zawartości wody. Z tabel 7.2 – 7.4 wynika, że smażenie, gotowanie oraz pieczenie spowodowało wzrost zawartości wody w mięśniu najdłuższym grzbietu zarówno po 5, jak i 96 godzinach chłodniczego przechowywania. Jedynie w przypadku pieczenia zawartość wody w tym mięśniu w niewielkim stopniu zmalała. Natomiast w tym mięśniu po 5 godzinach od uboju zawartość wody w trakcie pieczenia wzrosła z 65,38% do 71,61%. Jeżeli chodzi o proces smażenia, ilość wody w produkcie, jaką zanotowano po obróbce wyno-

siła 68,15 % po 5 godzinach od uboju i 67,9 % po 96 godzinach przechowywania chłodniczego. W trakcie gotowania mięsa wołowego zawartość wody również uległa wzrostowi odpowiednio do 65,78% oraz 64,21%.

W tabeli 7.3 zamieszczono dane, które dotyczą składu chemicznego pieczonego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła.

Tabela 7.3. Skład chemiczny pieczonego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz (%)	\bar{x}	8,49	19,9
	SD	2,02	4,65
Woda (%)	\bar{x}	71,61	62,07
	SD	5,50	15,15
Białko (%)	\bar{x}	20,08	17,58
	SD	1,52	4,84

*- brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Tabela 7.4. Skład chemiczny smażonego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz (%)	\bar{x}	11,61	12,19
	SD	2,65	2,98
Woda (%)	\bar{x}	68,15	67,9
	SD	8,19	7,57
Białko (%)	\bar{x}	19,3	19,29
	SD	1,9	2,04

*- brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Z przeprowadzonych badań wynika, iż obróbka termiczna (gotowanie, pieczenie, smażenie) spowodowała niewielkie ubytki w zawartości tłuszczu, jednak nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych pod tym względem (tabele 7.5 i 7.6). Przechowywanie chłodnicze w połączeniu z obróbką cieplną również nie wpłynęło na zmiany zawartości tłuszczu w mięśni najdłuższym grzbiecie mięsa bydła. Wiadome jest, iż zawartość tłuszczu w połączeniu z odpowiednio dobraną obróbką termiczną jest wyróżnikiem jakości finalnej produktu. Im dłuższy jest czas działania wysokiej temperatury, tym większe następują ubytki w wyniku wytapiania się tłuszczu. Clausen i Ovesen [2005] twierdzą, że wielu badaczy wskazuje na znaczący wpływ ogrzewania na zawartość lipidów w mięsie i skład kwasów tłuszczowych.

Po 5 h od uboju największą zawartością tłuszczu charakteryzował się mięsień najdłuższy grzbiecie poddany gotowaniu, natomiast najniższą mięsień pieczony. Najwyższą zawartość wody odnotowano w przypadku pieczenia mięsa przechowywanego chłodniczo przez 5 godzin, zaś najniższą w mięśni pieczonym, ale przechowywanego chłodniczo przez 96 godzin. Jeżeli chodzi o składnik jakim jest białko, najwyższą jego zawartością charakteryzował się mięsień najdłuższy grzbiecie poddany pieczeniu, a największą mięsień smażony (tabela 7.5). Po 96 godzinach chłodniczego przechowywania najwyższą zawartością tłuszczu charakteryzował się mięsień surowy, najniższą zaś smażony. W przypadku ilości wody, najwyższą jej zawartość zaobserwowano podczas smażenia mięsa, a najniższą spowodowało pieczenie mięśnia najdłuższego grzbiecie bydła. Najniższą zawartością białka charakteryzowało się mięso poddane pieczeniu, natomiast najwyższą mięso smażone (tabela 7.6).

W tabeli 7.5 przedstawiono skład chemiczny mięśnia najdłuższego grzbiecie (5 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej.

Tabela 7.5. Skład chemiczny mięśnia najdłuższego grzbietu (5 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Rodzaj obróbki cieplnej			
		brak	gotowanie	pieczenie	smażenie
Tłuszcz [%]	\bar{x}	13,28	14,67	8,49	11,61
	SD	3,28	3,26	2,02	2,65
Woda [%]	\bar{x}	65,37	65,78	71,61	68,15
	SD	6,58	9,2	5,50	8,19
Białko [%]	\bar{x}	19,71	18,45	20,08	19,3
	SD	1,74	2,47	1,52	1,9

W tabeli 7.6 przedstawiono skład chemiczny mięśnia najdłuższego grzbietu (96 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej.

Tabela 7.6. Skład chemiczny mięśnia najdłuższego grzbietu (96 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej

Wyszczególnienie	miara statystyczna	Rodzaj obróbki cieplnej			
		brak	gotowanie	pieczenie	smażenie
Tłuszcz [%]	\bar{x}	20,17	17,02	19,9	12,19
	SD	4,94	3,98	4,65	2,98
Woda [%]	\bar{x}	62,32	64,21	62,07	67,9
	SD	13,31	9,78	15,15	7,57
Białko [%]	\bar{x}	18,09	18,35	17,58	19,29
	SD	2,30	2,87	4,84	2,04

Celem pracy Hospod [2017] było zbadanie zmian składu chemicznego mięśnia czworogłowego uda bydła (*m. quadriceps femoris*) w zależności od czasu przechowywania chłodniczego i rodzaju obróbki termicznej (gotowanie, pieczenie, smażenie). W tabeli 7.7 przedstawiono skład chemiczny surowego mięśnia czworogłowego uda bydła. Z danych tych wynika, że analizowany mięsień nie różnił się statystycznie istotnie pod względem parametrów składu chemicznego, w zależności od czasu przechowywania chłodniczego. Analizując dane stwierdzono, że mięsień niepoddany obróbce cieplnej cechuje się nieco wyższą zawartością tłuszczu (11,59%) 5 h po uboju w porównaniu z mięśniem przechowywanym w warunkach chłodniczych 96 h od uboju (10,90%). Mniejszą zawartością wody cechował się mięsień przechowywany 96 h po uboju (68,45%), w porównaniu do 5 godzinowego przechowywania chłodniczego (69,04%). Natomiast zawartość białka w mięśniu kształtowała się na podobnym poziomie, niezależnie od czasu przechowywania chłodniczego.

Tabela 7.7. Skład chemiczny surowego mięśnia czworogłowego uda bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz [%]	\bar{x}	11,59	10,90
	SD	2,90	2,72
Woda [%]	\bar{x}	69,04	68,45
	SD	4,49	5,37
Białko [%]	\bar{x}	18,96	19,21
	SD	1,40	1,22

* - brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Malczyk i in. [2012] przedstawiają podstawowy skład chemiczny mięśni wołowych surowych (*m.semintendinosus* oraz *m. longissimus lumborum*) pochodzących z tusz bydła mieszańców ras czarno - białych z rasą limousine oraz 20 - sto miesięcznych buhajów rasy czarno - białej. Z badań tych wynika, że *m. semintendinosus* w porównaniu do badanego mięśnia *m. quadriceps femoris* charakteryzuje się dużo niższą zawartością tłuszczu (2,07%) oraz wyższą zawartością wody (75,46%) i białka (21,53%). Z kolei *m. longissimus lumborum* w porównaniu do *m. quadriceps femoris* cechuje się niższą zawartością tłuszczu (5,74%) oraz wyższą zawartością białka (20,87%) i wody (73,27%).

Z kolei Nowak i in. [2005] w swoich badaniach przedstawili skład chemiczny różnych mięśni wołowych surowych : *m. longissimus dorsi*, *m. biceps femoris*, *m. semimembranosus*, *m. semitendinosus*, *m. infraspinatus*, *m. pectoralis profundus*, *m. triceps brachii*, *m. serratus ventralis*, pozyskanych od jałowic mieszańców. W porównaniu do analizowanego mięśnia czworogłowego uda mięśnie te wykazywały wyższą zawartość wody (średnio ok. 75,5%) oraz białka (największą - *m. longissimus dorsi* ok. 22,41%, a najmniejszą w *m. infraspinatus* ok. 19,32%).

Zając i in. [2011] w swoich badaniach przedstawiają średni skład chemiczny mięśni wołowych surowych pochodzących od jałowic rasy nizinnej czarno - białej (LD - *m. longissimus dorsi*, BF - *m. biceps femoris*, SM - *m. semimembranosus*, ST - *m. semitendinosus*, IS- *m. infraspinatus*, PP- *m. pectoralis profundus*, TB- *m. triceps brachii*, SV- *m. serratus ventralis*). We wszystkich wymienionych mięśniach oznaczono zawartość wody na podobnym poziomie od 74% (LD) - 76% (SD) oraz zawartość białka w granicach 19,85% (IS) - 22,30% (SM), co daje wyższe wartości w porównaniu do mięśnia czworogłowego uda. Zawartość tłuszczu w mięśniach oznaczono na poziomie 2,38% (SM) - 5,30% (SV), co oznacza niższą niż wartość w analizowanym mięśniu w niniejszej pracy. Z innych badań Grześkowiak i in. [2002], które przeprowadzono na mięśniach bydła rasy czarno - białej wynika, że zawartość tłuszczu w analizowanych mięśniach wynosiła średnio 2,9 - 6,9% i również mięśnie SM zawierały go najmniej, a mięśnie SV zawierały go najwięcej.

Rudy i in. [2014] w badaniach przeprowadzonych na mięsie cieląt różnych ras bydła stwierdzili, że zawartość wody w tym surowcu wynosiła średnio ok. 75 - 76%. Zawartość tłuszczu była najniższa w mięsie cieląt rasy limousine i wynosiła ona 2,06% oraz w surowcu pochodzącym od cieląt rasy polskiej holsztyńsko - fryzyskiej odmiany czarno - białej, która wynosiła 2,11%. W przypadku cieląt pozostałych ras zawartość tłuszczu wynosiła 2,76% - rasa polska holsztyńsko -

fryzyjska odmiany czerwono - białej i 2,62% - rasa simentalska. Zawartość białka w surowcu pozyskanym od wszystkich ras cieląt była bardzo zbliżona i mieściła się w granicach 20 - 21%.

W tabeli 7.8 przedstawiono skład chemiczny mięśnia czworogłowego uda bydła poddanego gotowaniu. Z analizowanych danych wynika, że czas przechowywania chłodniczego nie miał statystycznie istotnego wpływu na parametry składu chemicznego gotowanego mięśnia czworogłowego uda bydła.

Tabela 7.8. Skład chemiczny gotowanego mięśnia czworogłowego uda bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz [%]	\bar{x}	11,73	15,64
	SD	2,93	3,91
Woda [%]	\bar{x}	67,91	66,21
	SD	5,22	10,30
Białko [%]	\bar{x}	19,33	18,01
	SD	1,23	3,73

* - brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Można jedynie stwierdzić, że zawartość tłuszczu w badanym mięsie po 96 h przechowywania chłodniczego (15,64%) była nieco wyższa niż w surowcu przechowywanym 5 h po uboju (11,73%). Z kolei mięsień przechowywany 5 h po uboju charakteryzował się nieznacznie wyższą zawartością wody (67,91%) i białka (19,33%).

W badaniach Dąbrowskiej i in. [2010] wykonanych na mięśniu gotowanym podgrzebieniowym pochodzącym od mieszańców bydła otrzymano wyniki, z których wynika, że zawartość wody w tym surowcu wynosiła 76,02%, białka

20,13% (co daje wyższe wartości w porównaniu do tych stwierdzonych w analizowanym mięśniu). Natomiast w przypadku zawartości tłuszczu w mięśniu (2,79%) oznaczonej przez cytowanych autorów była ona wielokrotnie niższa niż określona w analizowanym w niniejszej pracy mięśniu.

Podczas gotowania mięsa w wodzie następuje wypłukiwanie znacznej ilości składników odżywczych. Ilość tych strat jest uzależniona od ilości zużytej wody oraz czasu gotowania. Na skutek tej obróbki cieplnej białko zawarte w mięsie ulega denaturacji. Mięso ulega skurczeniu, które powoduje wyciek soku a wraz z nim części rozpuszczalnych białek i składników odżywczych zawartych w mięsie [Zin i in. 2008].

W tabeli 7.9 przedstawiono skład chemiczny pieczonego mięśnia czworogłowego uda bydła. Analiza statystyczna nie stwierdziła statystycznie istotnych różnic pod względem analizowanych parametrów składu chemicznego pieczonego mięśnia czworogłowego uda bydła w zależności od czasu przechowywania chłodniczego.

Tabela 7.9. Skład chemiczny pieczonego mięśnia czworogłowego uda bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz [%]	\bar{x}	12,89	10,45
	SD	3,22	2,61
Woda [%]	\bar{x}	66,85	69,15
	SD	8,97	7,29
Białko [%]	\bar{x}	19,39	19,63
	SD	2,50	1,90

* - brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

W analizowanym mięśniu przechowywanym chłodniczo przez 96 h stwierdzono nieco niższą zawartość tłuszczu (10,45%). Natomiast w mięśniu przechowywanym 5 h oznaczono niższą zawartość wody (66,85%) oraz białka (19,39%). Na skutek pieczenia następują duże ubytki masy mięsa, które są spowodowane wytopieniem się tłuszczu i parowaniem wody zawartej w mięsie. Dochodzi również do denaturacji białka wewnątrz mięśnia, która jest uzależniona od wielkości kawałków mięsa i zastosowanej temperatury. Na skutek tych procesów dochodzi do kurczenia się mięsa i wycieku soków z mięsa. Hydrolizie ulega tłuszcz zawarty w mięsie oraz ten, który został użyty do smażenia [Zin i in. 2008].

W tabeli 7.10 przedstawiono skład chemiczny smażonego mięśnia czworogłowego uda bydła.

Tabela 7.10. Skład chemiczny smażonego mięśnia czworogłowego uda bydła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Czas od uboju (h)	
		5*	96*
Tłuszcz [%]	\bar{x}	13,23	16,04
	SD	3,30	4,01
Woda [%]	\bar{x}	66,30	64,95
	SD	9,16	8,48
Białko [%]	\bar{x}	19,10	18,35
	SD	1,95	2,18

* - brak różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$)

Analiza statystyczna nie stwierdziła statystycznie istotnych różnic pod względem analizowanych parametrów składu chemicznego smażonego mięśnia czworogłowego uda bydła w zależności od czasu przechowywania chłodniczego.

Można jednak stwierdzić, że mięsień przechowywany 5 h od uboju charakteryzował się niższą zawartością tłuszczu (13,23%) w porównaniu do surowca przechowywanego 96 h. Z kolei mięsień dłużej przechowywany wykazywał niższą zawartość wody (64,95%) i białka (18,35%). Podczas smażenia mięsa dochodzi do nadmiernego nasiąkania mięsa tłuszczem, co zapobiega wyciekaniu soków z wnętrza mięsa. Kolagen zawarty w tkance łącznej pobiera wodę znajdującą się w tkance, która wyciekła z mięsa na skutek ścinania i kurczenia białek zawartych w mięśniu [Zin i in. 2008].

W tabeli 7.11 przedstawiono skład chemiczny mięśnia czworogłowego uda bydła (5 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej.

Tabela 7.11. Skład chemiczny mięśnia czworogłowego uda bydła (5 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Mięsień czworogłowy uda			
		surowy	gotowany	pieczony	smażony
Tłuszcz [%]	\bar{x}	11,59	11,73	12,89	13,23
	SD	2,90	2,93	3,22	3,30
Woda [%]	\bar{x}	69,04	67,91	66,85	66,30
	SD	4,49	5,22	8,97	9,16
Białko [%]	\bar{x}	18,96	19,33	19,39	19,10
	SD	1,40	1,23	2,50	1,95

Z danych tych wynika, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy mięśniem surowym a poddanym obróbce cieplnej.

Natomiast w surowcu przechowywanym 5 h od uboju największą zawartość tłuszczu wykazywało mięso smażone (13,23%), a najmniejszą (11,59%) - surowe. Wynik ten może być spowodowany tym, że podczas smażenia w mięso wnika tłuszcz, który jest użyty podczas tej obróbki cieplnej co daje nieco zawyżony wynik. [Konarzewska i in. 2005]. Najwyższy udział wody stwierdzono w mięśniu surowym (69,04%), a najniższy w surowcu smażonym (66,30%), ponieważ podczas tego procesu następuje znaczne odparowanie wody. Największą zawartość białka wykazuje mięsień pieczony (19,39%) oraz nieco mniej gotowany (19,33%), a najniższą mięsień surowy (18,96%).

W mięsie gotowanym wzrasta udział tłuszczu i białka, a obniża się zawartość wody, następuje również wypłukiwanie składników mineralnych. W skutek obróbki cieplnej dochodzi do denaturacji białek, co prowadzi do zmian strukturalnych mięsa. Dochodzi do niszczenia ścian komórkowych i kurczenia ścian włókien mięśniowych, dzięki czemu zwiększeniu ulega przyswajalność białek.

W tabeli 7.12 przedstawiono skład chemiczny mięśnia czworogłowego uda bydła (96 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej.

Tabela 7.12. Skład chemiczny mięśnia czworogłowego uda bydła (96 h od uboju) w zależności od rodzaju obróbki termicznej

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Mięsień czworogłowy uda			
		surowy	gotowany	pieczony	smażony
Tłuszcz [%]	\bar{x}	10,90	15,64	10,45	16,04
	SD	2,72	3,91	2,61	4,01
Woda [%]	\bar{x}	68,45	66,21	69,15	64,95
	SD	5,37	10,30	7,29	8,48
Białko [%]	\bar{x}	19,21	18,01	19,63	18,35
	SD	1,22	3,73	1,90	2,18

Wykazano również, że w surowcu przechowywanym 96 h od uboju najniższą zawartością tłuszczu charakteryzowało się mięso pieczone (10,45%). Dzieje

się tak, ponieważ w mięsie na skutek pieczenia dochodzi do wytopu tłuszczu. Najwyższy wynik wykazuje mięso smażone (16,04%), co może być spowodowane wchłonięciem tłuszczu obcego, który był przeznaczony do smażenia surowca. Najniższą zawartość wody uzyskał mięsień smażony (64,95%) oraz nieco wyższe wyniki mięsień gotowany (66,21%). Być może jest to spowodowane tym, że na skutek tego procesu następuje kurczenie się surowca, które tym samym powoduje wyciek soków własnych z produktu [Konarzewska i in. 2005]. Największy udział wody występuje w mięsie pieczonym (69,15%). Najwyższy udział białka uzyskano w surowcu pieczonym (19,63%), wynik ten jest spowodowany niewielką denaturacją białka. Natomiast najniższy udział białka występuje w mięśniu gotowanym, ponieważ tutaj najgwałtowniej przebiegł proces denaturacji białka. Gotowanie powoduje wyciek soków własnych mięsa, a wraz z nimi traci ono część rozpuszczalnych białek [Konarzewska i in. 2005].

Rozbieżności w otrzymanych wynikach dotyczących mięśnia czworogłowego uda bydła przechowywanego 5 h, zarówno jak i 96 h w warunkach chłodniczych i poddanego obróbce termicznej mogą być spowodowane różnicami w stopniu przetłuszczenia mięsa pozyskiwanego z wykrawania i poddanego obróbce cieplnej, a także zmiennością osobniczą między zwierzętami, z których było pozyskane mięso do badań.

Piśmiennictwo

- Angrys P. 2017. Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-41.
- Badiani A., Stipa S., Bitossi F., Gatta P.P., Vignola G., Chizzolini R.: Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Sci.*, 2002; 60: 169-186.
- Bąk T., Kondratowicz J., Denaburski J.: Zmiany fizykochemiczne mięsa wieprzowego normalnego oraz z wadami PSE i DFD mrożonego metodą owiewową i za pomocą ciekłego dwutlenku węgla. *Mat. Konf. Nauk. "Agrobiznes w regionie południowo-wschodniej Polski"*. Rzeszów 1998, s. 51-61.
- Berliński Ł. Bonca Z., Wpływ metody zamrażania produktów żywnościowych na ich cechy jakościowe, *Technika chłodnicza i klimatyzacyjna 2000*, nr 8 i 9.
- Biller E.: „Nieenzymatyczne brązowienie w zależności od obróbki wstępnej”, *Zesz. Prób. Post. Nauk Rol.*, 2010, nr 546, s 29-34
- Biller E.: „Studia nad brązowienie nieenzymatycznym i kształtowaniem cech smakowo-zapachowych w warunkach modelowych i w mięsie pieczonym”, *Wyd. SGGW, Warszawa*, 2011
- Biller E.: „Wpływ wybranych cech surowca na wskaźnik zbrązowienia i teksturę modelowego wyrobu pieczonego z mięsa mielonego”, *Żywność. Nuka. Technologia. Jakość*, 2013, nr 1, s 43-58

- Bober M. 2017. Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięśnia czworogłowego uda podczas przechowywania chłodniczego w zależności od płci bydła. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-39.
- Bocian M., Jankowiak H., Kapelański W. 2015. Zmiany barwy mięsa w trakcie przechowywania. Nauka Przyroda Technologie.
- Boguń J. 2016. Analiza wpływu przechowywania zamrażalniczego na zróżnicowanie cech tekstury i podstawowych składników chemicznych wieprzowiny oraz wołowiny. Praca inżynierska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-39.
- Boguń J. 2017. Zmiany składu chemicznego mięśnia najdłuższego grzbietu bydła w zależności od czasu przechowywania chłodniczego i rodzaju obróbki cieplnej. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-40.
- Borgen E., Sloyakov A., Skog K.: „Effects of prekursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model system”, *Food Chem.*, 2001, nr 74, s 11 19
- Borrelli R., Fogliano V., Monti S. M., Ames J. M.: Characterization of melanoidins from a glucose-glycine model system, “*European Food Research and Technology*”, t. 215, 3, 210–215, 2002.
- Borrelli R.C., Mennella C., Barba F., Russo M, Russo G., Krome K., Erbersdobler H.F., Faist V., Fogliano V.: Characterization of colored compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products, “*Food and Chemical Toxicology*”, t. 41, 10, s. 1367–1374, 2003.
- Bratcher C.L., Johnson D.D., Littell R.C., Gwartney B.L. 2005. The effects of quality grade, aging, and location within muscle on Warner-Bratzler shear force in beef muscles of locomotion. *Meat Science*, 70, 279-284
- Burczyk E. 2014. Zastosowanie niskich temperatur do utrwalania mięsa i przetworów mięsnych. *Gospodarka Mięsna*. 04: 22-28.
- Byrne C.E., Troy D.J., Buckley D.J. 2000. Post mortem changes muscle electrical properties og bovine muscle longissimus dorsi and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Sci.* 54:23-24.
- Caine W.R., Aalhus J.L., Best D.R., Dugan M.E.R., Jeremiach L.E. 2003.: Relationship of the texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat Sci.*, 64. str. 333-339.
- Carpenter C.E., Cornforth D.P., Whittier D. 2001. Consumer preferences for beef colour and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Sci.* 57:359-363.
- Cegiełka A. 2009 b. Technologiczne aspekty procesu zamrażania i rozmrażania mięsa a jego jakość. *Gospodarka Mięsna*. 07: 12-18
- Cegiełka A. 2009. Metody wychładzania tusz a jakość mięsa. *Gospodarka Mięsna*. 06:6-13.

- Cengiz E., Gokoglu N.: Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2007; 42(3):366-372.
- Cetin O., Bingol E. B., Colak H., Hampikyan H. (2012): Effects of electrical stimulation on meat quality of lamb and goat meat,” *The Scientific World Journal*, ID 574202
- Choroszy Z., Choroszy B., Czaja H. 2000. Jakość tusz i mięsa buhajków rasy simental, czerwono-białej i mieszańców mięsnych opasanych systemem żywienia półintensywnego. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.* 6:29-33.
- Christensen M., Ertbjerg P., Failla S., Sañudo C., Richardson R., Nute G., Oletta J., Panea B., Alberti P., Hocquette M., Williams J.: Relationship between collage characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds, “*Meat Science*”, t. 87, 1, s. 61-65, 2011.
- Chwastowska I., Kondratowicz J., Wpływ warunków zamrażalniczego przechowywania i technologii rozmrażania na jakość mięsa. *Chłódnictwo* 2007, nr 4.
- Chwastowska I., Kondratowicz J.: Właściwości technologiczne mięsa wieprzowego w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 3 (44), 11-20.
- Cierach M., Borzyszkowski M., Niedźwiedz J. 2009. Wołowina kulinarna – czynniki poubojowe a jakość. *Przemysł spożywczy*. 8:58-63.
- Cierach M., Niedźwiedz J., Borzyszkowski M., 2009, Zmiany poubojowe w wołowej tkance mięśniowej a jakość mięsa, *Inż. Ap. Chem.*, 48, 2, 27-28.
- Clausen L., Ovesen L. 2005. Changes in fat content pork and beef after pan- frying under different conditio. *Journal of Food Composition and Analysis*, t. 18, 2-3, 201-211.
- Danowska-Oziewicz, M., Karpińska-Tymoszczyk, M., Borowski, J.: The effect of cooking in a steam-convection oven on the quality of selected dishes. *J. Foodservice*, 2007; 18(5):187-197.
- Das A.K., Anjaneyulu A.S.R., Verma A.K., Kondaiah N.: Physicochemical, textural, sensory characteristics and storage stability of goat meat patties extended with full-fat soy paste and soy granules. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008; 43(3):383-392.
- Dąbrowska E., Modzelewska – Kapituła M., Kwiatkowska A., Jankowska B., Cierach M. 2010. Wpływ obróbki cieplnej w środowisku pary wodnej na teksturę, soczystość i rozpuszczalność białek kolagenowych wołowego mięśnia podgrzbietowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (73): 209 – 218
- Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge M.T. Dal Molin E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Sci.* 78:153-156.
- Dłużewska E., Leszczyński K. 2013. *Ogólna technologia żywności*. Wydawnictwo SGGW Warszawa. Str. 33-40.
- Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Litwińczuk A. 2016. Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. Str. 35-53.

- Domaradzki P., Skąlecki P., Florek M., Litwińczuk A. 2011. Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (77), 117 – 126.
- Domaradzki P., Skąlecki P., Florek., Litwińczuk C. 2010. Związek kolagenu z wybranymi parametrami technologicznymi mięsa cielęcego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 4 (71), 50-62.
- Duda Z., 1998. Wybrane zagadnienia stosowania azotynu w przetwórstwie mięsa. *Żywn. Technol. Jakość* 3, 16: 5-42.
- Duda Z.: „Dorobek naukowy i publicystyczny w dziedzinie technologii mięsa”, *Gospodarka mięsa*, 1990, nr 3, s 10-17
- Dzwolak W.: „Tajniki temperatury”, *Przegląd Gastronomiczny*, 2016, nr 1-2, s 4-5
- Farouk M.M., Wieliczko K., Podmore C., Agnew M.P., Frost D.A. 2001. Loss of protein functionality in frozen beef May be caused by interactions involving fat oxidation products and free amino groups. *ICoMST. Str.* 282-283.
- Farouk M.M., Wieliczko K., Podmore C., Agnew M.P., Frost D.A. 2001. Loss of protein functionality in frozen beef may be caused by interactions involving fat oxidation products and free amino groups. *Proc 47th ICoMST, Krakow, Poland 2001, vol. 1, p. 282-283.*
- Farouk M.M., Wieliczko K.J. 2003. Optimum time for using chilled beef in gelled products. *J. Food Sci.*, 2003, 68 (1), 164-167.
- Fernández-López J., Zhi N., Aleson-Carbonell L., Pérez-Alvarez J.A., Kuri V.: Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. *Meat Sci.*, 2005; 69: 371-380.
- Flis K., Konaszewska W.: *Podstawy żywienia człowieka*. WSiP. Warszawa 2007.
- Florek M., Litwińczuk A., Skąlecki P., Ryszkowska-Siwko M. 2007. The changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat Turing 14 days of ageing under vacuum. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57(3):281-288.
- Florek M., Litwińczuk Z., Kędzierska- Matysek M., Grodzicki T., Skąlecki P. 2007. Wartość odżywcza mięsa z lędźwiowej części mięśnia najdłuższego grzbietu i półścięgienistego uda młodego bydła rzeźnego. *Medycyna Wet.* 63 (2).
- Friedman M., Brandon D.L.: Nutritional and health benefit of soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, 2001; 49(3):1069-1086.
- Gerber N., Scheeder M.R.L., Wenk C., 2009, The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat, *Meat Science*, 81, 1, s. 148-154.
- Gros J.N., Howat P.M., Younathan M.T., Saxon A.M., McMELLIN K.W., 1986. Warmed-over flavor development in beef patties prepared by three dry heat methods. *J. Food Sci.* 51:1152--1155.
- Gruda Z., Postolski J., 1999: *Zamrażanie żywności*. WNT, Warszawa.
- Grześkowiak E., Borzuta K., Lisiak D., Strzelecki J., Janiszewski P. 2010. Właściwości fizykochemiczne i sensoryczne oraz skład kwasów tłuszczowych mięśnia longissi-

- mus dorsi mieszańców PBZ X WBP oraz PBZ X (D X P). „ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość”, nr. 6 (73), s. 189 – 198.
- Grześkowiak E., Borzuta K., Wichłacz H., Strzelecki J. 2002. Sensory traits of 13 culinary cuts obtained from carcasses of young Black – and – White slaughter cattle. *Anim. Sci. Papers and Rep.* 20 S, 1: 179 - 186
- Hospod U. 2017. Zmiany składu chemicznego mięśnia czworogłowego uda bydła w zależności od czasu przechowywania chłodniczego i rodzaju obróbki cieplnej. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-43.
- Jiang T., Busboom J.R., Nelson M.L., O’Fallon J, Ringkob T.P., Joos D., Piper K.: Effect of sampling fat location and cooking on fatty acid composition of beef steaks. *Meat Sci.*, 2010; 84: 86-92.
- Jurczak M., 2005, Towaroznawstwo produktów zwierzęcych – ocena jakości mięsa, SGGW, Warszawa.
- Kajak K., Przybylski W., Jaworska D., Rosiak E. 2007. Charakterystyka jakości technologicznej, sensorycznej i trwałości mięsa wieprzowego o zróżnicowanej końcowej wartości pH. „ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość”, nr.1 (50), s. 26 – 34.
- Karmaucki T., Gardzielewska J., Jakubowska M., Rybak K., Garczewska J. 2013. The relationship between colour and pH in cold-stored quail breast muscle. *Ann. Anim. Sci.* 13:401-413.
- Karpińska M., Borowski J., Danowska-Oziewicz M.: Antioxidative activity of rosemary extract in lipid fraction of minced meatballs during storage in a freezer., *Nahrung*, 2000; 44 (1): 38-41.
- Karpińska M., Borowski J., Danowska-Oziewicz M.: The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. *Food Chem.*, 2001; 72(1):5-9.
- Karpińska-Tymoszczyk M., Danowska-Oziewicz M. 2012. Wpływ dodatku przeciwutleniaczy i obróbki cieplnej na jakość wyrobów z mięsa indyczego. *BROMAT. CHEM. TOKSYKOL.* – XLV, 2012, 3, 556–561.
- Karpińska-Tymoszczyk M., Danowska-Oziewicz M. 2012b. Wpływ obróbki cieplnej i dodatku białka sojowego na wybrane wskaźniki jakości wyrobów z mięsa wieprzowego. *BROMAT. CHEM. TOKSYKOL.* – XLV, 2012, 3, 543–548.
- Kasprzyk A. 2015. Porównanie parametrów chemicznych i fizycznych mięśnia longissimus dorsi dzików i tuczników. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EE: Zootechnica*, nr.1, s. 2-9.
- Kędzior W. 2005. Wpływ obróbki termicznej na zawartość składników odżywczych w mięsie jagniąt. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej. Kraków*, 678: 129 – 140.
- Koj F., 1968, Podstawy technologii gastronomicznej, WPLiS, Warszawa.
- Kończak T. 2007. Barwa mięsa. *Gospodarka mięsna*. 09: 12-16.

- Kończak T., Pałka K., Łacki J. 2005.: Water retentions, shear force and texture parameters of cattle psoas and semitendinosus muscles unfrozen and frozen during post-mortem ageing. *Pol.J. Food Nutr. Sci.* 1, 17-26.
- Kończak T.: Jakość wołowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 1 (56), 5-22.
- Kołodziej J. 2013. Wpływ zamrażania na jakość mięsa wieprzowego. *Gospodarka Mięsną*. 07:18-20.
- Kołożyn- Krajewska D., Sikora T. 2004. Towaroznawstwo żywności. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna. Str 64-70.
- Konarzewska M., Zielonka B., Konarzewska – Sokołowska M. 2005. Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem cz. 2 REA, Warszawa
- Kondratowicz J., 1991: Wpływ nowoczesnych metod mrożenia na jakość mięsa i tłuszczu wieprzowego po różnym okresie przechowywania w niskich temperaturach. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst. Zoot.*, 34,3–61.
- Kondratowicz J., Łańczkowska E., Zastosowanie różnorodnych technologii do mrożenia wadliwego mięsa wieprzowego (część 2). *Chłodnictwo* 2007, nr 8.
- Kondratowicz J., Matusewicz P.: Właściwości technologiczne mięsa wieprzowego zamrożonego przy użyciu ciekłego azotu i metodą owiewową w różnym czasie od uboju. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, 4 (37) Supl., 173-183.
- Kopeć A.: Czy swobodny wyciek rozmrażalniczy może być obiektywnym wskaźnikiem zmian jakości mięsa w czasie przechowywania zamrażalniczego? *Gosp. Mięs.*, 2003, 6, 18-20.
- Kopta A., Łuszczki B., 1999, Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem, WSiP, Warszawa.
- Korczak J., Pazoła Z., Goglewski M. 1990. Właściwości przeciwutleniające przypraw ziołowych z rodziny wargowych (Labiatae) cz. I. Ocena aktywności w układach modelowych. *Rocz. AR Pozn. Tech. Żywn.*, 18: 61-70.
- Kozłowicz K., Kluza F., Góral D. 2006. Uwarunkowania jakości mięsa zamrożonego i przechowywanego w niskich temperaturach. *Chłodnictwo*, 60-64.
- Krała L., Dziomdziora M., 1998: Krioprotekcja białek mięśniowych. *Chłodnictwo*, 2, 38–41.
- Krała L., Dziomdziora M., 2000: The effect of selected cryoprotectants on the properties of frozen pork. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, Vol. 9(50), 1, 47–50.
- Kubiak M.S., Borowy T. (2010), Utrwalające działanie dymu wędzarniczego, *Gospodarka Mięsną*, nr.7, s.22-23.
- Kus S., Gogus, F., Eren, S.: Hydroxymethyl furfural content of concentrated food products. *Int. J. Food Properties*, 2005; 8(2):367-375.
- Lešková E., Kubiková J., Kováčikova E., Košická M., Porubská J., Holčíková K.: Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models, “*Journal of Food Composition and Analysis*”, t.19, 4, s. 252–276, 2006.

- Li P. Wang T., Mao Y., Zhang Y., Niu L., Liang R., Zhu L., Luo X (2014): Effect of Ultimate pH on Postmortem Myofibrillar Protein Degradation and Meat Quality Characteristics of Chinese Yellow
- Lindahl G., Karlsson A.H., Lundstom K., Andersen H.J. 2006. Significance of storage time on degree of blooming and colour stability of pork loin from different crossbreeds. *Meat Sci.* 72:603-612.
- Litwińczuk Z., Florek M., Domaradzki P., Żółkiewski P. 2014. Właściwości fizykochemiczne mięsa buhajków trzech rodzimych ras – polskiej czerwonej, białogrzebkiej i polskiej czarno-białej oraz simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyskiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 5(96):63-62.
- Litwińczuk Z., Florek M., Pietraszek K.: Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and White (BW) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial BW crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2006, 24 (2 suppl.), 179-186.
- Litwińczuk Z., Florek M., Ryszkowska-Siwko M.: Changes in beef meat colour and tenderness after different cold storage and freezing periods. *Ann. Anim. Sci.*, 2005, 2 suppl., 91-94.
- Litwińczuk Z.: „Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa”. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 2012.
- Liu C., Wang, X., Ma, H., Hang, Z., Gao, W. Xiao, L.: Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions. *Food Chem.*, 2008; 111(1):29-37.
- Maher S.C., Mullen A.M., Moloney A.P., Drennam M.J., Buckley D.J., Kerry J.P. 2004. Colour, composition and eating quality of beef from the progeny of two Charolais sires. *Meat Sci.* 67:73-80.
- Malczyk E., Marchel J., Dudek M., Cierach M. 2012. Skład podstawowy i kruchość mięsa wołowego mieszańców ras mięsnych i ras typu użytkowego mlecznego. *Inżynieria Przemysłu Spożywczego*, 3: 29 - 32
- Mckenna D.R., Mies P.D., Baird B.E., Pfeiffer K.D., Ellebracht J.W., Savell J.W. 2005. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Sci.* 70:665-682.
- Meynier A., Mottram D.S.: „The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model system” *Food Chem*, 1995, nr 52, s 361-366
- Miller M.F., Carr M.A., Ramsey C.B., Crockett K.L., Hoover L.C. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79, 3062-3068.
- Mohammdi A., Rafiee SH., Emm-Djomeh Z., Keyhani A.: „Kinetic models for colour change in kiwifruit slices during hot air drying”, *World J. Agric. Sci.*, 2008, nr 4, s 378-383

- Monti S. M., Bailey R.G., Ames J.M.: „The influence of pH on the non-volatile reaction products of aqueous Maillard model system by HPLC with diode array detection”, *Food Chem.*, 1998, nr 62, s 415-424
- Mottram D.S.: „Flavour formation in meat and meat products: a review”, *Food Chem.*, 1998, nr 63, s 415-424
- Niedźwiedz J. 2009. Cierach M.: Kruchość mięsa- metody poprawy. *Gospodarka Mięсна.* 05: 10-11.
- Niedźwiedz J., Ostoja H., Cierach M. 2013. Instrumentalny pomiar parametrów tekstury i ocena organoleptyczna kruchości wołowego mięsa kulinarnego. *Inżynieria i aparatura chemiczna.* Str. 62-64.
- Nowak M., Palka K., Troy D. 2005. Skład chemiczny i jakość wybranych mięśni bydłowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (44): 176 - 181
- Oliete B., Carballo J.A., Varela A., Moreno T., Monserrat L., Sanchez L. 2006. Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. *Meat Sci.* 73:102-108.
- Olszewski A. 2007. *Technologia przetwórstwa mięsa.* Wyd. Naukowo-Techniczne, str. 19-21.
- Ormian M., Augustyńska- Prejsnar A., Sokołowicz Z. 2015. Wpływ obróbki termicznej na wybrane cechy jakości mięśni piersiowych kurcząt z chowu wybiegowego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 43-46.
- Panasiewicz M. 2014. Fizyczne metody utrwalania żywności. Schładzanie i zamrażanie mięsa. *Informator Technologia*, 64- 74.
- Panasiewicz M. 2015. Utrwalanie mięsa i jego wyrobów poprzez schładzanie i zamrażanie. *Gospodarka Mięсна.* 11:12-17.
- Panasiewicz M. 2016. Inteligentne zamrażanie i rozmrażanie. *Gospodarka Mięсна*, 03: 22-33.
- Pearson A., Love J., Shorland F., 1977. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Adv. Food Res.* 23: 2-61.
- Peña-Ramos E.A., Xiong Y.L.: Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Sci.*, 2003; 64(3):259-263.
- Piekarska J. 2012. Transport żywności- kluczowe ogniwo łańcucha chłodniczego. *Gospodarka Mięсна.* 05: 18-21
- Pikul J., 1988. Oddziaływanie różnych metod ogrzewania oraz chłodniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w podstawowych częściach tuszek kurczak *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 175.
- Pikul J., 1992a. Utlenianie lipidów i powstawanie obcego zapachu oraz smaku w ogrzewanym i przechowywanym mięsie. *Cz. I. Gosp. Mięсна* 7: 20-23.
- Pikul J., 1992b. Utlenianie lipidów i powstawanie obcego zapachu oraz smaku w ogrzewanym i przechowywanym mięsie. *Cz. II. Gosp. Mięсна* S: 22-26.

- Pikul J.: Utlenianie lipidów w wyrobach z rozdrobnionego mięsa drobiowego ogrzewanego różnymi metodami i przechowywanych w warunkach chłodniczych, *Chłodnictwo*, 1999;34 (8): 76-80.
- Pikuła J.: „Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego”, wyd. AR, 1993, Poznań, s 58
- Pisula A., Pospiech E. „Mięso - podstawy nauki i technologii”, wyd. SGGW, Warszawa, 2011
- Platter J., Tatum D., Belk E., Chapman L., Scanga A., Smith C. 2003. Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip loin steaks. *Journal of Animal Science*, 2741-2750.
- Pliquett F., Pliquett U., Robekamp W.: Beurteilung der reifung des M. long. dorsi und M. semitendinosus durch impulsimpedanzmessungen. *Fleischwirtschaft*, 1990, 70, 1468-1470.
- Pociask A. 2016. Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa wieprzowego w zależności od rodzaju mięśni. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Rudego. Wydział Biologiczno-Rolniczy, 1-45.
- Pomianowski J. F., Żmijewski T., Mozolewski W. 2016. Wpływ wybranych metod obróbki cieplnej na cechy sensoryczne mięsa. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 1 (20), 59-65.
- Pospiech E., Grześ B., Łyczyński A., Borzuta K., Szalata M., Mikołajczak B., Iwańska E.: Białka mięśniowe, ich przemiany a kruchość mięsa. *Mięso i Wędliny*, 2003, 1, 26-33.
- Praca zbiorowa pod red. Grabowskiego T. Kijowskiego J., *Mięso i przetwory drobiowe, technologia, higiena, jakość*, Warszawa-WNT 2004.
- Przybylski W., Jaworska D., Czarniecka- Skubina E., Kajak- Siemaszko K. 2008. Ocena możliwości wyodrębniania mięsa kulinarnego o wysokiej jakości z uwzględnieniem mięsności tuczników, pomiaru barwy i pH z zastosowaniem analizy skupień. „*ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*”, nr. 4 (59), s. 43 – 51.
- Rakowska R., Sadowska A., Batogowska J., Waszkiewicz- Robak B. 2013. Wpływ obróbki termicznej na zmiany wartości odżywczej mięsa. *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego*. 2. str. 113-117.
- Ramírez-Jiménez A., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E.; Effect of toasting time on the browning of sliced bread. *J. Sci. Food Agric.* 2001; 81(5):513-518.
- Rudy M., Roch A., Stanisławczyk R., Duma P. 2014. Wpływ rasy bydła na wybrane cechy jakościowe cielęciny przechowywanej w warunkach chłodniczych. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 1: 45 – 53
- Rutkowska J. 2008. Przewodnik do ćwiczeń z chemii żywności. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Safari, E., Fogarty M., Ferrier R., Hopkins L., Gilmour, R. 2001. Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. *Meat Science*. Str. 153– 159.

- Sakowski T., Dasiewicz K., Słowiński M., Oprządek J., Dymnicki E., Wiśnioch A., Słowniewski K. 2001. Jakość mięsa buhajków ras mięsnych. *Met Wet.* 57(10):748-752.
- Sanchez-Escalante A., Djenane D., Torrescano G., Beltran J., Roncales P.: The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on color and lipid stability of beef patties packed in modified atmosphere. *Meat Sci.*, 2001; 58: 421-429.
- Sarriés M.V., Murray B., E., Moloney A.P.: Troy D., Beriain M.J., The effect of cooking on the fatty acid composition of longissimus muscle from beef heifers fed rations designed to increase the concentration of conjugated linoleic acid in tissue. *Meat Sci.*, 2009; 81: 307-312.
- Schönfeldt H. C., Gibson N.: Changes in the nutrient quality of meat in an obesity context., "Meat Science", s. 20-27, 2008.
- Selwet, M. Galbas, M. Borkowski, A. Cłapa, T. Porzucek, F. Auguścik-Lipka, M., Wpływ schładzania mięsa drobiowego na występowanie *Campylobacter coli*. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2016, nr 1.
- Shams El-Din M.H.A., Ibrahim H.M.: Cooking effects on fat and fatty acids composition of chicken muscles. *Die Nahrung*, 1990; 34(3):207-212.
- Shanks, B.C., Wulf, D.M., Maddock, R.J. 2002.: Technical note: The effect of freezing on Warner-Bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several post-mortem ageing periods. *J. Anim. Sci.*, 80(81), 2122-2125.
- Smith D.M., Salih A.M., Morgan R.G., 1987. Heat treatment effects on warmed-over flavor in chicken breast meat. *J. Food Sci.* 52: 842-845.
- Sobczak P., Żukiewicz - Sobczak W. 2013. Magazynowanie i przechowywanie mięsa. *Gospodarka Mięsna.* 11: 12-14.
- Sobczak P.: Przemiany biochemiczne mięsa podczas obróbki termicznej, „Ogólnopolski informator masarski”, nr 5 (225), s. 64- 68, 2014.
- Sobina I.: Badania zmian jakości mięsa wieprzowego normalnego i wadliwego (PSE i DFD) w procesie autolizy w zależności od temperatury składowania. *Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Zootechnica*, 1998, 1, 5-98.
- Stanisławczyk R., Znamirska A.: Changes in physico-chemical properties of horse-meat during frozen storage. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2005, 4 (2), 89-96.
- Stodolni L., Rosiński P., Grzegorzka A., 2004: Kriochronne właściwości pektyny i lecytyny w tkance mięśniowej drobiu w czasie zamrażalniczego przechowywania. *Chłodnictwo*, 8, 74–77.
- Strzyżewski T., Biliska A., Krzysztofiak K. 2008. Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. *Nauka Przyroda Technologie.*
- Summo C. Caponio, F., Paradiso, V.M., Pasqualone, A., Gomes, T.: Vacuum-packed ripened sausages: Evolution of oxidative and hydrolytic degradation of lipid fraction during long-term storage and influence on the sensory properties. *Meat Sci.*, 2010; 84: 147-151.
- Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2004; 4(41): 5-28.

- Tereszkiewicz K., Pigoń M., Molenda P., Choroszy K. 2018. Wpływ warunków przechowywania zamrażalniczego na wybrane parametry jakościowe mięsa drobiowego i wieprzowego. *Autobusy*, 6, 1137-1140.
- Thongtan K., Toma, R.B., Reiboldt, W., Daoud, A.Z.: Effect of rosemary extract on lipid oxidation and sensory evaluation of frozen precooked beef patties. *Food Serv. Res. Intern.*, 2005; 16: 93-104.
- Tomaniak A., Tyszkiewicz I., 1996: Krioprotektanty mrożonego mięsa. Wstępne próby zastosowawcze. Materiały XXVII Sesji Naukowej KTiChZ .PAN, 27–28 czerwca, Szczecin, 230–233.
- Tornberg E., M Wahlgren M., J Brøndum J., Engelsen S.B. (2000): Pre-rigor conditions in beef under varying temperature- and pH-falls studied with rigometer, NMR and NIR. *Food Chemistry* 69, s. 407–418.
- Ulu H.: Effect of wheat flour, whey protein concentrate and soya protein isolate on oxidative processes and textural properties of cooked meatballs. *Food Chem.*, 2004; 87(4): 523-529.
- Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci.* 54:187-195.
- Vieira C., Diaz M.T., Martínez B., García-Cachán M.D.: Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Sci.*, 2009, 83, 398-404.
- Wajda S.: Wartość uzysku elementów detalicznych i kulinarnych w porównaniu z mięsem drobnym tusz jałówek. *Gosp. Mięś.*, 2007, 9, 8-10.
- Warren H.E., Scollan N.D., Nute G.R., Hughes S.I., Wood J.D., Richardson R.I. 2008. Effect of breed and a concentrate or grass silage diDet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat Stability and flavor. 78:270-278.
- White A., O'Sullivan A., Troy D.J., O'Neill E.E. 2006. Effects of electrical stimulation, chilling temperature and hot-boning on the tenderness of bovine muscles. *Meat Science*. 73.2:196-203.
- White P.J.: Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technol.*, 1991; 10:75-80.
- Wierzbicka A., Chochowski A., Neryng A., Grzebińska W., Półtorak A., Zaremba R.: „Wyposażenie zakładów gastronomicznych z elementami techniki i projektowania.” Skrypt dla studentów. Warszawa SGGW. Wydanie II poprawione i uzupełnione, 2002
- Zajac M., Midura A., Palka K., Węsierska E., Krzysztoforski K. 2011. Skład chemiczny, rozpuszczalność kolagenu śródmięśniowego i tekstura wybranych mięśni wołowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (77): 103 - 116
- Zalewski S. (red.), 2003, Podstawy technologii gastronomicznej, WNT, Warszawa.

- Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E. J., Ahn D. U.: Improving functional value of meat product, "Meat Science", t. 86, 1, s. 15-31, 2010.
- Zin M. (red.), Rudy M., Głodek E., Stanisławczyk R., Gil M.: Technologia żywności i żywienia. Podręcznik dla studentów. Wydawnictwo UR, Rzeszów 2014.
- Zin M., Znamirowska A. (2003), Historia konserwowania mięsa, Gospodarka Mięсна, tom 55 , nr 01, s.22-26.
- Zin M., Znamirowska A., Rudy M., Głodek E., Stanisławczyk R., Gil M. 2008. Utrwalanie i przechowywanie żywności. Wyd. UR, Rzeszów
- Żmijewski T., Cierach M., Ostoja H., Niedźwiedź J., Ziomek A., 2012. Ocena wybranych cech jakościowych wołowiny dostępnej na rynku, Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego, nr 4/4, s. 39-40.