

Wpływ metod obróbki termicznej i technik marynowania na jakość mięsa

Monika Wereńska

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mail: monika.wereńska@ue.wroc.pl

ORCID: [0000-0001-6174-9881](https://orcid.org/0000-0001-6174-9881)

© 2024 Monika Wereńska

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji dostępna jest online na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Wereńska, M. (2024). Wpływ metod obróbki termicznej i technik marynowania na jakość mięsa. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, (40), 98-111.

DOI: [10.15611/nit.2024.40.09](https://doi.org/10.15611/nit.2024.40.09)

JEL: I12, I19

Streszczenie

Cel: Celem pracy było zbadanie wpływu różnych metod obróbki termicznej mięsa oraz technik marynowania na jego jakość sensoryczną, wartość odżywczą i bezpieczeństwo zdrowotne. Uwzględniono zarówno tradycyjne, jak i nowoczesne techniki przygotowania mięsa, mając na uwadze zmieniające się oczekiwania konsumentów dotyczące jakości, wartości odżywczej i bezpieczeństwa produktów spożywczych.

Metodyka: Przeprowadzono analizę literaturową zagadnień związanych z metodami obróbki termicznej, takimi jak smażenie, pieczenie, grillowanie, gotowanie, *sous-vide*, obróbka mikrofalowa i duszenie, pod kątem ich wpływu na właściwości mięsa. Szczególną uwagę poświęcono także procesowi marynowania, uwzględniając zarówno tradycyjne, jak i innowacyjne techniki, w tym zastosowanie enzymów roślinnych, ziół, przypraw, owoców oraz mikroalg.

Wyniki: Badania wykazały, że metody obróbki termicznej mają istotny wpływ na walory sensoryczne i wartość odżywczą mięsa, ale mogą także prowadzić do powstawania szkodliwych związków chemicznych, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA) i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Z kolei marynowanie z wykorzystaniem naturalnych składników, takich jak owoce, zioła i mikroalgi, poprawia jakość mięsa, zmniejsza ryzyko zdrowotne i wzbogaca jego wartość odżywczą.

Implikacje i rekomendacje: Wyniki badań podkreślają znaczenie odpowiedniego doboru metod obróbki termicznej i marynowania dla poprawy jakości mięsa i ograniczania ryzyka zdrowotnego. Rekomenduje się dalszą analizę preferencji konsumentów, aby lepiej dostosować techniki przygotowania mięsa do ich oczekiwań i potrzeb.

Oryginalność/wartość: Praca łączy analizę tradycyjnych i nowoczesnych metod przygotowania mięsa, podkreślając ich wpływ na jakość sensoryczną i bezpieczeństwo zdrowotne. Szczególnie istotnym aspektem jest uwzględnienie innowacyjnych technik marynowania, które mogą stanowić alternatywę dla konwencjonalnych metod, wspierając jednocześnie zdrowsze nawyki żywieniowe.

Słowa kluczowe: metody termicznej obróbki mięsa, smażenie, pieczenie, grillowanie, gotowanie, *sous-vide*

1. Wstęp

Przetwórstwo mięsa odgrywa kluczową rolę na globalnym rynku spożywczym, a trendy konsumpcyjne związane z tym produktem znacznie się różnią w zależności od regionu (Gornowicz i Lewko, 2016; Huang i in., 2012). W niektórych częściach świata obserwuje się dynamiczny wzrost spożycia mięsa (między innymi w Izraelu, Chile, Rosji, Meksyku czy Japonii), podczas gdy w innych notuje się jego stopniowy spadek (między innymi w Nowej Zelandii, Kanadzie, Nigerii, Etiopii, Paragwaju czy Szwajcarii) (Parlasca i Qaim, 2025; Whitton i in., 2021). Według danych Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju z 2021 roku przewiduje się, że globalne spożycie i produkcja mięsa będą nadal rosły, osiągając średnią światową konsumpcję na poziomie 28,8 kilograma mięsa bez kości na osobę w 2032 roku. Prognozy wskazują, że do 2033 roku globalne spożycie mięsa wzrośnie o 12% w porównaniu z okresem 2021–2023.

W 2023 roku światowa produkcja mięsa osiągnęła około 354 milionów ton, co oznacza wzrost o 0,7% w stosunku do roku poprzedniego. W nadchodzącej dekadzie przewidywany jest wzrost spożycia mięsa drobiowego, wieprzowego, wołowego i baraniego, które ma zwiększyć się odpowiednio o 16%, 8%, 11% i 16%. Z kolei średnia konsumpcja mięsa na świecie ma wzrosnąć o około 2% do 2033 roku, co oznacza dodatkowe 0,5 kilograma na osobę rocznie w przeliczeniu na jadalną masę detaliczną.

W Polsce, według danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2023 roku, spożycie mięsa wykazuje tendencję wzrostową. W 2005 roku wynosiło ono 66,8 kilograma na osobę rocznie, podczas gdy w 2021 roku wzrosło o około 7 kilogramów *per capita* (GUS, 2022). Wzrost ten jest szczególnie widoczny w przypadku mięsa drobiowego, które cieszy się rosnącą popularnością wśród polskich konsumentów. Kurczak, a także drób wodny stają się coraz częściej wybieranymi produktami, co odzwierciedla globalne tendencje (Attia i in., 2017).

Mięso drobiowe, dzięki niskiej zawartości tłuszczu oraz wysokiej wartości odżywczej, stanowi atrakcyjny wybór dla osób dbających o zdrowie. Jak podkreślają najnowsze analizy, jest ono źródłem wysokiej jakości białka oraz licznych składników odżywczych, takich jak witaminy z grupy B (Goluch i Haraf, 2023; Goluch i Pilarczyk, 2022; Guo i in., 2020).

2. Tradycyjne i nowoczesne metody obróbki termicznej mięsa

2.1. Wpływ obróbki termicznej na wartość odżywczą i zdrowotną mięsa

Zanim mięso będzie spożyte przez konsumenta, przechodzi proces obróbki termicznej. Obróbka cieplna nie tylko poprawia smak, teksturę i aromat mięsa, ale także zapewnia jego bezpieczeństwo mikrobiologiczne oraz wydłuża trwałość (Nowicka, 2018; Pathare i Roskilly, 2016). W przypadku mięsa kluczowe jest, aby proces ten nie tylko nadawał pożądane walory sensoryczne, takie jak soczystość czy kruchość, lecz również minimalizował ryzyko powstawania szkodliwych substancji chemicznych oraz pozwalał zachować wysoką wartość odżywczą (Omojola, 2007; Pathare i Roskilly, 2016).

Współczesna sztuka przyrządzania potraw oferuje różnorodne techniki obróbki cieplnej, takie jak *sous-vide*, pieczenie z termoobiegiem czy grillowanie, które umożliwiają precyzyjne kontrolowanie procesu obróbki cieplnej i uzyskanie bardziej równomiernych rezultatów (Oz i Celik, 2015; Roldán i in., 2013, 2015). Metoda *sous-vide* zyskuje szczególną popularność ze względu na zdolność do zachowania naturalnego smaku i soczystości mięsa. *Sous-vide* (z języka francuskiego „w próżni”) polega na gotowaniu mięsa (lub innych produktów spożywczych) w szczelnie zamkniętym plastikowym opakowaniu, w precyzyjnie kontrolowanej temperaturze, najczęściej poniżej punktu wrzenia wody, przez długi czas (Kathuria i in., 2022). Jednocześnie tradycyjne metody, takie jak smażenie, pieczenie czy grillowanie, wciąż pozostają niezastąpione w wielu koncepcjach przyrządzania posiłków na całym świecie. Niemniej jednak każda z tych metod ma swoje zalety i ograniczenia, które wpływają zarówno na jakość mięsa, jak i na potencjalne skutki zdrowotne dla konsumentów.

Procesy obróbki w wysokich temperaturach, charakterystyczne dla grillowania czy pieczenia, mogą prowadzić do powstawania związków chemicznych, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne

(HAA) oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) (Pathare i Roskilly, 2016; Suleman i in., 2019). Należy podkreślić, że HAA i WWA to związki, które wiąże się ze zwiększonym ryzykiem zachorowania na nowotwory. Obecnie producenci nie są zobowiązani do analizowania zawartości tych substancji w swoich produktach. W konsekwencji, przy braku badań naukowych w tym obszarze, konsumenci pozostają nieświadomi szkodliwych związków, które mogą powstawać podczas procesu obróbki cieplnej.

W 2012 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer, IARC) poinformowała, że rak jelita grubego był trzecim najczęściej występującym nowotworem u mężczyzn i drugim u kobiet na świecie. Do głównych czynników ryzyka tego rodzaju nowotworu należą wiek, rasa, historia rodzinna, a także styl życia, w tym brak aktywności fizycznej, palenie tytoniu i zachodnia dieta, która charakteryzuje się wysoką zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych, przy jednoczesnym niskim spożyciu kwasów wielonienasyconych. Wśród nich konsumpcja mięsa, szczególnie czerwonego i przetworzonego, została zidentyfikowana jako istotny czynnik ryzyka rozwoju raka jelita grubego oraz gruczolaków jelita grubego (Gongora i in., 2019). Na podstawie licznych badań epidemiologicznych Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem w październiku 2015 roku dokonała oceny związku między spożyciem czerwonego i przetworzonego mięsa a nowotworami. Mięso czerwone zostało sklasyfikowane jako „prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi” (grupa 2A) na podstawie ograniczonych dowodów, ale mięso przetworzone zostało uznane za „rakotwórcze dla ludzi” (grupa 1) na podstawie wystarczających dowodów (Gongora i in., 2019).

Z kolei technika *sous-vide*, choć bezpieczniejsza pod tym względem, wymaga dłuższego czasu przygotowania i precyzyjnej kontroli temperatury, co może być wyzwaniem w praktyce kulinarnej (Oz i Celik, 2015).

Współczesne trendy kulinarne i zdrowotne kładą duży nacisk na wysoką jakość produktów spożywczych, ograniczanie ryzyka zdrowotnego oraz stosowanie metod przygotowania dostosowanych do potrzeb świadomego konsumenta. Dlatego tak istotne stają się badania nad wpływem różnych technik obróbki cieplnej na właściwości sensoryczne, wartość odżywczą i zdrowotną mięsa. W odpowiedzi na te potrzeby są prowadzone badania nad nowoczesnymi metodami, takimi jak *sous-vide*, mającymi na celu poprawę jakości gotowego produktu przy jednoczesnym zminimalizowaniu ryzyka zdrowotnego.

2.2. Tradycyjne metody obróbki termicznej mięsa

Ze względu na mnogość danych zaliczono do metod tradycyjnych smażenie, pieczenie, grillowanie czy gotowanie. Mogą one również być metodami nowoczesnymi, gdy zostaną zastosowane z użyciem zaawansowanych technologii, takich jak urządzenia z precyzyjną kontrolą temperatury, technikami minimalizującymi straty składników odżywczych, czy w połączeniu z nowoczesnymi koncepcjami kulinarnymi lub na przykład kuchnią molekularną, oraz oparte na zasadach zdrowego żywienia.

2.2.1. Smażenie

Smażenie to jedna z najczęściej stosowanych metod obróbki termicznej żywności, odbywająca się w zakresie temperatur 130–260°C. Może być przeprowadzane bez tłuszczu, na cienkiej lub średniej warstwie tłuszczu albo w głębokim zanurzeniu. Proces ten jest ceniony za szybkość i nadawanie potrawom atrakcyjnego smaku, aromatu oraz chrupiącej tekstury, jednak ma swoje wady, związane szczególnie z negatywnym wpływem na wartość zdrowotną żywności (Kmieciak i Korczak, 2010).

Kluczowym czynnikiem decydującym o jakości smażonych produktów jest rodzaj i świeżość używanego tłuszczu. W trakcie obróbki termicznej, pod wpływem wysokiej temperatury, w tłuszczach zachodzą zmiany chemiczne, takie jak procesy oksydacyjne i hydrolityczne. Powodują one redukcję wartości odżywczych tłuszczu przez obniżenie zawartości korzystnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz powstawanie szkodliwych związków chemicznych, takich jak izomery trans nienasyconych kwasów tłuszczowych, wolne rodniki czy akroleina. Związki te mogą przyczyniać się do rozwoju chorób układu

sercowo-naczyniowego, zwiększać ryzyko otyłości, insulinooporności, a nawet nowotworów. Negatywne skutki są dodatkowo potęgowane przez wielokrotne używanie tego samego tłuszczu lub smażenie na tłuszczach o niskiej odporności na wysoką temperaturę, jak oleje tłoczone na zimno, na przykład olej rzepakowy o wysokiej zawartości kwasu oleinowego czy olej kokosowy (Kmieciak i Korczak, 2010).

Wysoka temperatura smażenia i długotrwałe spożywanie potraw przygotowywanych tą metodą mogą prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych, w tym zaburzeń lipidowych, podwyższenia poziomu „złego” cholesterolu LDL, a także ryzyka chorób sercowo-naczyniowych i nowotworowych. Aby zminimalizować te zagrożenia, warto stosować tłuszcze odporne na działanie wysokiej temperatury (w tym między innymi tłuszcz kokosowy, smalec czy olej z awokado), unikać przegrzewania tłuszczu, ograniczać smażenie w głębokim tłuszczu i regularnie zmieniać metody obróbki termicznej, na przykład łącząc smażenie z gotowaniem na parze, duszeniem lub pieczeniem. Świadome podejście do smażenia pozwala cieszyć się jego zaletami kulinarnymi, jednocześnie ograniczając negatywny wpływ na zdrowie konsumenta (Kmieciak i Korczak, 2010). Ponadto, w związku ze stosowaniem wysokiej temperatury podczas smażenia, podobnie jak w przypadku pieczenia i grillowania, również powstają WWA i HAA, a także zachodzi reakcja Maillarda, przyczyniająca się do powstawania szkodliwych produktów glikacji odpowiadających za stany zapalne w organizmie człowieka.

2.2.2. Pieczenie

Pieczenie mięsa to proces obróbki kulinarnej, który polega na ogrzewaniu w piekarniku w temperaturze od 160°C do 250°C. W trakcie tego procesu zachodzą liczne reakcje chemiczne, które wpływają na zmianę smaku, barwy i tekstury mięsa. Kluczową reakcją w tym procesie jest reakcja Maillarda, która zachodzi między cukrami redukującymi a aminokwasami. To właśnie ta reakcja przyczynia się do powstania charakterystycznej brązowej barwy oraz nowych związków smakowo-zapachowych, które nadają mięsu unikalny aromat i smak. Karmelizacja cukrów, która następuje podczas pieczenia, tworzy również chrupiącą skórkę na powierzchni mięsa, co wpływa na jego atrakcyjność sensoryczną (Rakowska i in., 2013).

Podczas pieczenia, gdy temperatura osiąga od 220°C do 250°C, zachodzi szybka denaturacja białek na powierzchni mięsa, co skutkuje zamknięciem soków wewnętrznych i zatrzymaniem ich w tkance mięśniowej. Dzięki temu pieczenie pozwala zachować soczystość i miękkość mięsa, mimo że traci ono około 45% swojej masy – głównie z powodu wytapiania tłuszczu i parowania wody. Po początkowym etapie temperatura w piekarniku jest obniżana do 170–180°C, co pozwala na równomierne dogotowanie wnętrza mięsa (Rakowska i in., 2013).

Jednak pieczenie wiąże się również z pewnymi wadami. Proces ten może prowadzić do utraty niektórych składników odżywczych, w tym aminokwasów i składników mineralnych, a także do powstawania niepożądanych związków chemicznych, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne i akryloamid. Na przykład HAA powstają w wyniku reakcji białek między innymi z kreatyniną, kreatyną, tłuszczem czy węglowodanami w wysokich temperaturach (około 200°C), a akryloamid powstaje jako reakcja cukrów i aminokwasów również w obecności wysokiej temperatury. Oba te związki są uznawane za potencjalnie rakotwórcze, co stanowi istotne zagrożenie zdrowotne przy nadmiernym spożywaniu pieczonych potraw (Rakowska i in., 2013).

2.2.3. Gotowanie

Gotowanie mięsa jest procesem kulinarnym, który polega na zanurzeniu surowego mięsa w gorącej wodzie lub w bulionie w temperaturze od 80°C do 100°C. W przeciwieństwie do technik takich jak pieczenie czy grillowanie, gotowanie odbywa się w środowisku wilgotnym. To z kolei wpływa na strukturę i smak mięsa, powodując łagodniejszą denaturację białek. W wyniku tego procesu mięso zachowuje swoją soczystość i miękkość, co czyni tę metodę wyjątkowo popularną w obróbce twardszych kawałków mięs, bogatych w kolagen. Warto dodać, że w przeciwieństwie do pieczenia, smażenia i grillowania, gotowanie nie powoduje przypiekania, co skutkuje brakiem reakcji Maillarda – procesu, który wytwarza brązową barwę mięsa i charakterystyczny jego smak, lecz również może prowadzić do tworzenia

szkodliwych związków, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

Gotowanie, ze względu na stosowanie niższych temperatur i wilgotnego środowiska, minimalizuje ryzyko powstawania wspomnianych niebezpiecznych substancji, co czyni tę metodę korzystniejszą alternatywą, szczególnie z punktu widzenia dbania o zdrowie i bezpieczeństwo żywności. W procesie gotowania zachodzi także przekształcenie kolagenu, białka tkanki łącznej, w żelatynę, co przyczynia się do zmiękczenia mięsa i nadania mu pożądanego kształtu. Jest to szczególnie istotne w przypadku twardszych kawałków mięsa, które po obróbce stają się bardziej soczyste i łatwiejsze do przeżucia. Niemniej jednak gotowanie może prowadzić do utraty części witamin i składników mineralnych, które przechodzą do wody. W związku z tym, aby zminimalizować te straty, warto wykorzystać powstały wywar do przygotowania zup czy sosów, co pozwala na odzyskanie wartości odżywczych i smakowych, które mogłyby zostać utracone w trakcie gotowania (Kmieciak i Korczak, 2010; Rakowska i in., 2013).

2.2.4. Grillowanie

Grillowanie, podobnie jak pieczenie, jest techniką obróbki cieplnej, w której mięso jest wystawione na działanie bardzo wysokich temperatur, często przekraczających 200°C. W wyniku tego procesu zachodzi intensywna reakcja Maillarda, która odpowiada za przypiekanie powierzchni mięsa i nadanie mu charakterystycznej brązowej barwy oraz bogatego smaku. Jednak grillowanie, szczególnie w wypadku temperatur powyżej 200°C, wiąże się z powstawaniem dużej ilości HAA i WWA, sprzyja również szybkiemu odparowywaniu wody z mięsa, co może prowadzić do jego odwodnienia, a w konsekwencji do utraty soczystości. Ponadto wysoka temperatura przyspiesza proces utleniania tłuszczu w mięsie, co może prowadzić do powstawania szkodliwych produktów ich oksydacji, które z kolei wykazują niekorzystny wpływ na zdrowie (Kmieciak i Korczak, 2010; Rakowska i in., 2013).

Zarówno pieczenie, jak i grillowanie to techniki, które, mimo że generują powstawanie intensywnego smaku i atrakcyjnego wyglądu, niosą ze sobą pewne ryzyko zdrowotne. Oba procesy prowadzą do powstawania szkodliwych związków chemicznych, zwłaszcza w wyniku długotrwałego działania wysokiej temperatury. Dlatego warto dbać o odpowiednią kontrolę temperatury i czasu obróbki, aby zminimalizować negatywne skutki i cieszyć się korzyściami smakowymi bez nadmiernego ryzyka dla zdrowia.

2.3. Nowoczesne metody obróbki termicznej

Celem nowoczesnych metod obróbki cieplnej jest poprawa jakości potraw, skrócenie czasu przygotowania, zachowanie wartości odżywczych oraz wprowadzenie nowych smaków i tekstur. Przykładami takich metod są obróbka mikrofalowa, *sous-vide*, obróbka w piecach parowych, obróbka w piecach konwekcyjno-parowych, gotowanie indukcyjne oraz techniki wysokociśnieniowe (*high pressure processing*, HPP). Są one uznawane za nowoczesne, ponieważ pozwalają na precyzyjną kontrolę parametrów procesu, minimalizują straty składników odżywczych, wspierają zdrowe odżywianie, zrównoważone wykorzystanie energii oraz umożliwiają otrzymanie unikalnych walorów sensorycznych przygotowanych potraw.

2.3.1. *Sous-vide*

W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie konsumentów na zdrową żywność oraz dbałość o jakość spożywanych produktów w ostatnich latach na całym świecie zyskują na popularności posiłki przygotowywane metodą *sous-vide*. Metoda *sous-vide*, rozwijana od lat dziewięćdziesiątych, polega na gotowaniu żywności w szczelnie zamkniętych opakowaniach próżniowych, w precyzyjnie kontrolowanej temperaturze przez wydłużony czas (Baldwin, 2012). Dzięki takim warunkom można znacznie ograniczyć niekorzystne zmiany w strukturze i jakości produktów spożywczych. Temperatura w zakresie 50-85°C oraz próżniowe pakowanie pozwalają na zachowanie pełni smaku, aromatu, minimalizując jednocześnie straty wartości odżywczych. Dodatkowo metoda *sous-vide* zwiększa trwałość produktów

spożywczych przy minimalnej obecności syntetycznych dodatków i konserwantów oraz zmniejsza ryzyko zanieczyszczeń mikrobiologicznych, co ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa żywności (Głuchowski i in., 2020; Kurp i in., 2022; Roldán i in., 2013; Wereńska i in., 2023). Dodatkowo dzięki tej technologii przemysł spożywczy ma możliwość produkcji potraw gotowych do spożycia, które zachowują wysoką jakość i bezpieczeństwo żywności, spełniając oczekiwania współczesnych konsumentów (Głuchowski i in., 2020; Kurp i in., 2022; Roldán i in., 2013; Wereńska i in., 2023).

Sous-vide jest szczególnie cenione w obróbce mięsa, ponieważ zapewnia równomierne gotowanie, co eliminuje typowy dla tradycyjnych technik ciepłych problem, jakim jest przesuszenie lub niedogotowanie. Temperatury stosowane w *sous-vide* są niższe niż w konwencjonalnych metodach, stąd dłuższy czas przygotowania potraw tą metodą (Baldwin, 2012). Dzięki temu mięso staje się wyjątkowo miękkie i delikatne, a rozkład enzymatyczny i denaturacja białek przebiegają stopniowo, co sprzyja uzyskaniu idealnej tekstury.

Zastosowanie *sous-vide* do obróbki różnych rodzajów mięs, takich jak wołowina, wieprzowina, jagnięcina, kurczak oraz indyk, jest szeroko opisywane w literaturze naukowej (Falowo i in., 2017; Jeong i in., 2018; Kato i in., 2016; Roldán i in., 2013; Zielbauer i in., 2016). Jednakże istnieje luka badawcza w odniesieniu do mięsa drobiu wodnego, zwłaszcza gęsiny, która charakteryzuje się odmiennymi właściwościami strukturalnymi i zawartością tłuszczu niż inne rodzaje mięsa. Warto dodać, że metoda *sous-vide* może być stosowana również do owoców, warzyw oraz ryb. Równomierne gotowanie i precyzyjne kontrolowanie temperatury wpływają na teksturę i zachowanie delikatnych smaków, co czyni *sous-vide* wszechstronnym narzędziem w nowoczesnej gastronomii. Dodatkowo *sous-vide* jest cenione za możliwość łatwego powtórzenia rezultatów, co sprawia, że proces jest niezawodny w kuchniach profesjonalnych, jak i domowych. Technika ta wymaga jednak odpowiedniej wiedzy i umiejętności, aby efektywnie wykorzystywać jej potencjał, szczególnie w odniesieniu do surowców mniej popularnych, jak wspomniane mięso gęsie.

2.3.2. Obróbka mikrofalowa

Obróbka mikrofalowa wykorzystuje energię pola elektromagnetycznego do szybkiego i efektywnego podgrzewania żywności (Czarnecka-Skubina, 2023; Pielak i in., 2022). Dla porównania, w tradycyjnych metodach ciepłych zewnętrzne warstwy są najpierw ogrzewane, a ciepło jest następnie przenoszone do wnętrza produktu (Czarnecka-Skubina, 2023; Pielak i in., 2022). W metodzie mikrofalowej najpierw jest ogrzewany środek, później – warstwy zewnętrzne.

Obróbka mikrofalowa jest często wybierana przez osoby ceniące szybkość i wygodę przygotowywania posiłków. W Stanach Zjednoczonych, Japonii oraz Australii niemal 100% gospodarstw domowych ma kuchenki mikrofalowe, podczas gdy w Europie wskaźnik ten wynosi około 90%. W Europie mikrofalówki najczęściej wykorzystuje się do rozmrażania mięsa, choć znajdują one również zastosowanie w przygotowywaniu gotowych dań, w tym dań mięsnych. Metoda ta pozwala na użycie mniejszej ilości wody oraz krótszy czas obróbki, co zmniejsza intensywność wrzenia oraz ryzyko uszkodzenia tkanek i komórek. W konsekwencji ograniczone jest wypłukiwanie witamin i składników mineralnych do wody, co pozwala na zachowanie większej ilości tych cennych substancji. Ponadto gwałtowne podgrzewanie od wewnątrz prowadzi do szybkiej inaktywacji enzymów (Czarnecka-Skubina, 2023).

Jedną z istotnych zalet kuchenek mikrofalowych jest ich zdolność do eliminacji wielu bakterii, w tym *Salmonella* spp. Dodatkowo obróbka ta pozwala na zachowanie wysokiej aktywności przeciwutleniającej, w tym obecności polifenoli oraz innych składników bioaktywnych. Jednak metoda ta ma również swoje ograniczenia – nie pozwala na uzyskanie kruchości i zbrązowienia powierzchni mięsa, co jest typowe dla tradycyjnych metod, takich jak pieczenie, smażenie i grillowanie (Ling i in., 2015; Pielak i in., 2022).

Mimo swoich zalet obróbka mikrofalowa nie zawsze jest uznawana za idealną metodę przygotowywania mięsa. Może prowadzić do utraty wilgoci i zmian w teksturze, a większe kawałki mięsa mogą być gorące na zewnątrz, ale wciąż zimne w środku, co wpływa na jakość i bezpieczeństwo spożywania

potraw (Ling i in., 2015). Energia mikrofal najpierw penetruje i podgrzewa wodę zawartą wewnątrz żywności (czyli w środkowych warstwach). Jednak przy większych kawałkach mięsa może dojść do efektu odwrotnego, czyli przegrzania warstw zewnętrznych przy niedostatecznym podgrzaniu wnętrza. Wynika to z ograniczonej głębokości przenikania fal mikrofalowych oraz nierównomiernego rozprzeczania ciepła. Nierównomierność pola mikrofalowego pozostaje dużym wyzwaniem, ponieważ może powodować powstawanie gorących i zimnych punktów w produktach, co negatywnie wpływa na ich jakość i bezpieczeństwo. Konieczne są dalsze badania nad udoskonaleniem tej technologii, aby zminimalizować te problemy. Niskotemperaturowa obróbka żywności pozwala na zachowanie składników odżywczych, jednak wykorzystanie mikrofal w tym względzie wymaga dalszych badań (Guo i in., 2017).

2.3.3. Duszenie

Duszenie, które polega na gotowaniu mięsa w niewielkiej ilości płynu pod przykryciem w temperaturze do 100°C, łączy w sobie elementy smażenia i gotowania (Rakowska i in., 2013). Metoda ta jest szczególnie skuteczna w przypadku mięsa bogatego w tkankę łączną, ponieważ prowadzi do rozkładu kolagenu, co sprawia, że mięso staje się miękkie i soczyste.

3. Marynowanie mięsa – technika tradycyjna i innowacyjna

Marynowanie od wieków stanowi kluczową technikę obróbki mięsa, której celem jest poprawa cech sensorycznych, trwałości i bezpieczeństwa mikrobiologicznego. Tradycyjnie proces ten polega na zanurzeniu mięsa w roztworach zawierających sól, cukier, kwasy (na przykład octowy, winowy czy mlekowy), przyprawy oraz inne składniki wspomagające, takie jak zioła. Rezultatem jest poprawa smaku, aromatu i tekstury mięsa, a także wydłużenie jego przydatności do spożycia dzięki ograniczeniu utleniania lipidów oraz wzrostu niepożądanych mikroorganizmów (Augustyńska-Prejsnar i in., 2021; Latoch, 2020; Rupasinghe i in., 2022; Yang i in., 2018).

Szczególnym zainteresowaniem cieszy się w procesie marynowania stosowanie enzymów roślinnych, takich jak bromelaina (zawarta w ananasie) czy aktynidyna (obecna w owocach kiwi i minikiwi). Enzymy te wykazują zdolność do rozkładu białek mięsa, co prowadzi do zwiększenia jego kruchości i skrócenia czasu obróbki termicznej. Dzięki temu ogranicza się powstawanie szkodliwych związków chemicznych, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA) czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) (Gagaoua i in., 2021).

Marynowanie przed obróbką termiczną przynosi dodatkowe korzyści. Odpowiednio dobrane składniki marynat, takie jak zioła, przyprawy, owoce czy mikroalgi, poprawiają smak, teksturę oraz ochronę mięsa przed wysokimi temperaturami. Dzięki temu mięso staje się bardziej odporne na utratę wilgoci, wysychanie oraz powstawanie szkodliwych substancji podczas procesów termicznych. Antyoksydanty zawarte w ziołach i przyprawach zmniejszają ryzyko utleniania tłuszczu, a enzymy proteolityczne, takie jak bromelaina czy aktynidyna, zapewniają większą kruchość i soczystość mięsa przy jednoczesnym zachowaniu większej wartości odżywczych.

Współczesne marynowanie pozwala zatem nie tylko na uzyskanie lepszego smaku i aromatu, ale także na poprawę jakości zdrowotnej mięsa oraz ochronę przed szkodliwymi substancjami powstającymi w trakcie obróbki termicznej (Gagaoua i in., 2021).

3.1. Marynowanie w ziołach i przyprawach

Marynowanie w ziołach i przyprawach to jedna z najbardziej tradycyjnych, a zarazem powszechnych metod poprawy smaku, aromatu i jakości mięsa. Zioła i przyprawy nie tylko wzbogacają potrawy o intensywne smaki, lecz niosą również wiele korzyści zdrowotnych, które przyczyniają się do poprawy jakości mięsnych produktów. Wykorzystanie tych składników w marynatkach nie tylko nadaje mięsu pożądany smak, ale także może poprawić jego właściwości zdrowotne i bezpieczeństwo spożycia (Ehsanur Rahman i in., 2023).

Zioła takie jak rozmaryn, tymianek, oregano, szalwia czy bazylia są bogate w naturalne przeciwutleniacze, które mają zdolność neutralizowania wolnych rodników. Dzięki temu nie tylko chronią mięso przed utlenianiem, lecz również spowalniają procesy psucia się, poprawiając jego trwałość. Przeciwutleniacze zawarte w ziołach mogą działać na poziomie komórkowym, zmniejszając ryzyko powstawania szkodliwych produktów ubocznych wynikających z procesów utleniania tłuszczu, a także pomagając w ochronie zdrowia konsumentów przed chorobami cywilizacyjnymi, takimi jak nowotwory czy choroby serca. Dodatkowo niektóre zioła, takie jak oregano, wykazują właściwości przeciwbakteryjne, co pomaga w zapobieganiu rozwojowi mikroorganizmów w mięsie i poprawia jego bezpieczeństwo mikrobiologiczne (Ehsanur Rahman i in., 2023; Latoch i in., 2023; Wereńska, 2013). Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że przyprawy są wprowadzane do mięsa w małych ilościach, ponadto najczęściej nie są wyjąławiane i mogą zawierać znaczne ilości mikroorganizmów patogennych. Dodatkowo mikroorganizmy te, pochodzące z mikrośrodków suchych, są bardziej odporne na temperaturę. Z tego powodu korzyści wynikające ze stosowania przypraw jako składnika przeciwdrobnoustrojowego i konserwującego mogą być mocno ograniczone i zależne od między innymi sposobu zbierania i suszenia roślin i surowców zielarskich.

Przyprawy takie jak cynamon, goździki, kurkuma czy imbir mają długą historię stosowania nie tylko w kuchni, ale także w medycynie ludowej. Kurkuma, zawierająca kurkuminę, ma silne właściwości przeciwzapalne i przeciwutleniające, co sprawia, że jest szczególnie cennym składnikiem marynat, zwłaszcza z punktu widzenia ochrony konsumentów przed rozwojem chorób degeneracyjnych, takich jak Alzheimer. Cynamon i goździki z kolei zawierają związki aromatyczne, które działają jako naturalne konserwanty, poprawiając trwałość mięsa, a także nadając mu charakterystyczny zapach. Imbir, znany ze swoich właściwości przeciwwirusowych i przeciwzapalnych, może wspomagać poprawę trawienia oraz łagodzić działanie substancji drażniących zawartych w tłuszczu mięsa, co sprawia, że potrawy są bardziej lekkostrawne (Wereńska, 2013).

Zioła i przyprawy, w połączeniu z innymi składnikami marynaty, takimi jak oliwa z oliwek, ocet, wino czy cytryna, tworzą mieszanki, które nie tylko podnoszą walory smakowe, ale także pełnią funkcję ochronną. Oliwa z oliwek, bogata w jednonienasycone kwasy tłuszczowe i przeciwutleniacze, stanowi doskonałą bazę do marynowania mięsa, wzmacniając jego kruchość i nadając mu delikatną konsystencję. Z kolei ocet oraz sok z cytryny tworzą kwaśne środowisko, które pomaga w rozkładzie białek, co przyczynia się do uzyskania bardziej miękkiego mięsa. Wino, zwłaszcza czerwone, zawiera taniny i inne bioaktywne składniki, które również mogą wspomagać procesy rozkładu białek oraz dodają mięsu głębokiego smaku i aromatu (Ehsanur Rahman i in., 2023; Topuz i in., 2014; Trabelsi i in., 2021).

Łączenie ziół, takich jak rozmaryn i tymianek, z przyprawami korzennymi – cynamonem i goździkami – może wywołać efekt synergii, w którym poszczególne składniki wzmacniają swoje działanie, tworząc całościowy ekstrakt zdrowotny i smakowy. Dodatkowo składniki, takie jak czosnek i cebula, zawierają związki siarkowe, które wykazują właściwości przeciwdrobnoustrojowe i pomagają w eliminowaniu bakterii i innych mikroorganizmów, które mogą występować na powierzchni surowego mięsa.

Współczesne badania wskazują również, że tradycyjne zioła i przyprawy w marynatach nie tylko poprawiają właściwości sensoryczne, ale także mogą pomóc w ochronie przed powstawaniem szkodliwych substancji chemicznych, takich jak wspomniane HAA i WWA. Zawarte w ziołach związki fenolowe i terpenowe skutecznie redukują powstawanie tych związków, zapewniając nie tylko lepszą jakość organoleptyczną, lecz również poprawę bezpieczeństwa konsumentów.

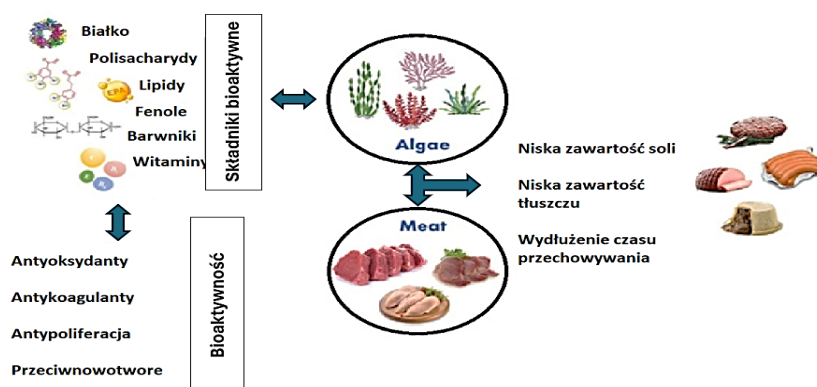
Marynowanie w ziołach i przyprawach ma także wpływ na wartość odżywczą mięsa. Zioła i przyprawy dostarczają organizmowi wielu cennych substancji, takich jak witaminy, składniki mineralne oraz związki o właściwościach przeciwzapalnych i przeciwnowotworowych. Warto zauważyć, że część przypraw, jak kurkuma, cynamon czy imbir, wykazuje silne właściwości przeciwdziałające stanom zapalnym w organizmie, co może wspierać profilaktykę wielu chorób cywilizacyjnych (Wereńska, 2013).

3.2. Zastosowanie owoców w marynatach

Jednym z najbardziej innowacyjnych trendów w marynowaniu mięsa jest wykorzystanie enzymów roślinnych, szczególnie zawartych w owocach takich jak ananas czy minikiwi. To enzymatyczne działanie jest szczególnie przydatne przy obróbce mięsa twardszego, na przykład mięsa wołowego czy dziczyzny, które po odpowiednim marynowaniu staje się znacznie bardziej soczyste i łatwiejsze do przyrządzenia. Dodatkowo owoce te wzbogacają marynaty o cenne witaminy, między innymi witaminę C, która ma działanie przeciwutleniające i wspomaga system odpornościowy organizmu. Z kolei minikiwi, oprócz enzymu aktynidyny, zawiera również witaminy z grupy B, składniki mineralne (takie jak wapń, potas i cynk) oraz polifenole, które pełnią funkcję naturalnych antyoksydantów. Polifenole te działają na mięso jak naturalna ochrona przed utlenianiem, zmniejszając ryzyko powstawania niepożądanych związków chemicznych podczas obróbki termicznej, takich jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne i heterocykliczne aminy aromatyczne. Marynowane mięso, dzięki enzymatycznemu działaniu owoców, nie wymaga tak wysokiej temperatury ani długiego czasu obróbki, co przekłada się na mniejsze straty składników odżywczych oraz mniejsze ryzyko powstawania szkodliwych substancji. Ponadto włączenie owoców do marynat przyczynia się do zachowania większej ilości witamin i składników mineralnych, które w przeciwnym razie mogłyby zostać zniszczone podczas długotrwałej obróbki cieplnej (Baranowska-Wójcik i Sz wajgier, 2019; Latocha, 2017).

3.3. Mikroalgi i liście roślin jako składniki innowacyjnych marynat

Mikroalgi, takie jak spirulina i chlorella, to bogate źródła białka roślinnego, kwasów tłuszczowych omega-3, witamin (w tym witaminy B₁₂) oraz minerałów (na przykład żelaza, magnezu i wapnia). Wykorzystanie tych alg w marynatach nie tylko wzbogaca smak mięsa, ale także poprawia jego wartość odżywczą, wprowadzając do diety konsumentów dodatkowe składniki odżywcze i bioaktywne. Mikroalgi są również źródłem antyoksydantów, które przeciwdziałają utlenianiu tłuszczów w mięsie, co pozytywnie wpływa na jego trwałość, smak oraz zapach. Dzięki takim właściwościom mikroalgi mogą znacznie poprawić jakość mięsa, a ich dodanie do marynaty pozwala na uzyskanie bardziej świeżego produktu o dłuższym okresie przechowywania. Ponadto algi wykazują również właściwości przeciwnowotworowe i obniżające ciśnienie krwi. Dzięki naturalnym właściwościom alg można zmniejszyć zawartość soli w mięsie, co jest możliwe dzięki ich naturalnym minerałom i glutaminianom wzmacniającym smak, a także obniżyć zawartość tłuszczu bez utraty walorów sensorycznych. Dodatkowo związki fenolowe i polisacharydy zawarte w algach chronią mięso przed procesami utleniania oraz ograniczają rozwój mikroorganizmów, co wydłuża trwałość produktów. Algi wpływają także na poprawę smaku, wzbogacając go o nuty umami, a ich właściwości stabilizujące i emulgujące poprawiają teksturę mięsa (rys. 1) (Espinosa-Ramírez i in., 2023; Ścieszka i Klewicka, 2019; Wang i in., 2023).



Rys. 1. Właściwości mikroalg dodanych do mięsa

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Wang i in., 2023).

Dodatkowo mikroalgi zawierają enzymy proteolityczne, które mogą wspomagać rozkład białek mięsa, poprawiając jego teksturę i sprawiając, że staje się ono bardziej miękkie i soczyste. Zastosowanie alg w marynatach nie tylko przynosi korzyści zdrowotne, lecz również wspiera zrównoważony rozwój, ponieważ mikroalgi są szybkie w uprawie i wymagają minimalnej ilości wody oraz zasobów w porównaniu z tradycyjnymi źródłami białka zwierzęcego (Ścieszka i Klewicka, 2019; Wang i in., 2023).

Innym interesującym kierunkiem jest wykorzystanie liści bzu czarnego, maliny czy lauru. Liście te są bogate w antyoksydanty, które działają jako naturalne konserwanty, a ich zastosowanie w marynatach może poprawić trwałość mięsa oraz wspomóc jego właściwości zdrowotne. Zawierają one również substancje bioaktywne, które mogą wpływać na poprawę metabolizmu tłuszczu i zapobiegać powstawaniu stanów zapalnych w organizmie. Liście roślinne, które normalnie stanowią odpady w produkcji rolniczej, mogą być skutecznie wykorzystane w marynatach, co przyczynia się do zmniejszenia marnotrawstwa żywności i wspiera ideę gospodarki o obiegu zamkniętym (Baranowska i in., 2015; Baranowska-Wójcik i Szwałgier, 2019; Dembczyński i in., 2015; Gouveia-Figueira i Castilho, 2015; Kałwa i Wilczyński, 2016; Ky i Teissedre, 2015; Pliszka i in., 2016; Teleszko i Wojdyło, 2015; Zhen i in., 2016).

3.4. Korzyści zdrowotne marynowania

Marynowanie mięsa, oprócz poprawy jego cech sensorycznych, może również przyczynić się do poprawy zdrowia konsumentów. Włączenie owoców, takich jak mini kiwi czy ananas, które są bogate w witaminy i antyoksydanty, może wspierać prewencję chorób cywilizacyjnych, takich jak choroby układu sercowo-naczyniowego, nadciśnienie, a także niektóre rodzaje nowotworów. Witamina C zawarta w tych owocach działa nie tylko jako silny antyoksydant, ale także wspiera układ odpornościowy organizmu, a składniki mineralne takie jak potas i cynk są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego i serca (Ehsanur Rahman i in., 2023).

Ograniczenie powstawania szkodliwych związków chemicznych, takich jak HAA i WWA, podczas obróbki mięsa jest jednym z najistotniejszych skutków zdrowotnych wynikających z nowoczesnych technik marynowania. Ochrona lipidów przed utlenianiem zapobiega powstawaniu szkodliwych aldehydów i ketonów, które mogą prowadzić do rozwoju chorób degeneracyjnych. W związku z tym wykorzystanie naturalnych składników marynaty, na przykład owoców bogatych w polifenole, mikroalg czy liści niektórych roślin, ma duże znaczenie w zmniejszaniu ryzyka zdrowotnego i wspomaganiu ochrony organizmu przed wolnymi rodnikami (Gamage i in., 2017; Jinap i in., 2016; Ozturk i Sengun, 2019).

4. Dyskusja i wnioski

Obróbka termiczna mięsa, będąca kluczowym etapem w jego przygotowywaniu, łączy tradycję kulinarną z nowoczesnymi technologiami i zmieniającymi się oczekiwaniami konsumentów. Metoda *sous-vide* pozwala na zachowanie większej soczystości mięsa oraz wartości odżywczych przy jednoczesnym ograniczeniu ryzyka powstawania szkodliwych substancji chemicznych, takich jak heterocykliczne aminy aromatyczne czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Istotną rolę w poprawie jakości mięsa odgrywa także marynowanie, zarówno w tradycyjnej, jak i innowacyjnej formie, z wykorzystaniem enzymów roślinnych, ziół, przypraw, owoców oraz mikroalg. Proces ten wpływa nie tylko na walory smakowe, lecz również na bezpieczeństwo i wartość odżywczą mięsa, chroniąc je przed utlenianiem oraz ograniczając tworzenie potencjalnie szkodliwych związków chemicznych.

Dobór odpowiedniej metody obróbki cieplnej i techniki marynowania powinien być dostosowany do rodzaju mięsa oraz oczekiwań konsumentów, a kluczowym wyzwaniem pozostaje minimalizacja negatywnego wpływu wysokich temperatur na jakość i bezpieczeństwo produktów mięsnych. Dalsze badania powinny skupiać się na optymalizacji parametrów tych procesów, szczególnie w odniesieniu do mniej popularnych rodzajów mięsa, takich jak gęszina, oraz na pogłębianiu wiedzy o chemicznych i fizycznych zmianach zachodzących podczas duszenia i obróbki mikrofalowej. Istotnym kierunkiem rozwoju jest również wprowadzanie zrównoważonych i ekologicznych technologii, takich jak wykorzystanie mikroalg, co może przyczynić się do lepszego dostosowania przemysłu spożywczego do potrzeb współczesnych konsumentów.

Bibliografia

- Attia, Y. A., Al-Harathi, M. A., Korish, M. A. i Shiboob, M. M. (2017). Fatty Acid and Cholesterol Profiles, Hypocholesterolemic, Atherogenic, and Thrombogenic Indices of Broiler Meat in the Retail Market. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0423-8>
- Augustyńska-Prejsnar, A., Hanus, P., Sokołowicz, Z. i Kačaniová, M. (2021). Assessment of Technological Characteristics and Microbiological Quality of Marinated Turkey Meat with the Use of Dairy Products and Lemon Juice. *Animal Bioscience*, 34(12), 2003-2011. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0120>
- Baldwin, D. E. (2012). Sous vide Cooking: A Review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>
- Baranowska, A., Radwańska, K., Zarzecka, K., Gugafa, M. i Mystkowska, I. (2015). Właściwości prozdrowotne owoców maliny właściwej (*Rubusidaeus L.*). Healthbenefits of Red Raspberryfruit (*Rubusidaeus L.*). *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 96(2).
- Baranowska-Wójcik, E. i Sz wajgier, D. (2019). Characteristics and Pro-Health Properties of Mini Kiwi (*Actinidia arguta*). *Horticulture Environment and Biotechnology*, 60(2), 217-225. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0107-y>
- Czarniecka-Skubina, E. (2023). Sztuka przygotowania potraw. W: K. Gutkowska i A. Harton (red.), *Prawdy i półprawdy w żywieniu człowieka* (s. 21-46). Wydawnictwo SGGW.
- Dembczyński, R., Biały, W., Olejnik, A., Kowalczewski, P., Drożdżyńska, A. i Jankowski, T. (2015). Separacja antocyjanów z owoców aronii, czarnego bzu, czarnej porzeczki i korzenia czarnej marchwi za pomocą chromatografii preparatywnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 22(6), 41-52. <https://doi.org/10.15193/zntj/2015/103/086>
- Ehsanur Rahman, S. M., Islam, S., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., Yang, Y., Wang, J., Oh, D. H. i Han, R. (2023). Marination Ingredients on Meat Quality and Safety – a Review. *Food Quality and Safety*, 7. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad027>
- Espinosa-Ramírez, J., Mondragón-Portocarrero, A. C., Rodríguez, J. A., Lorenzo, J. M. i Santos, E. M. (2023). Algae as a Potential Source of Protein Meat Alternatives. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1254300>
- Falowo, A. B., Muchenje, V. i Hugo, A. (2017). Effect of Sous-vide Technique on Fatty Acid and Mineral Compositions of Beef and Liver from Bonsmara and Non-Descript Cattle. *Annals of Animal Science*, 17(2), 565-580. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0078>
- Gagaoua, M., Dib, A. L., Lakhdara, N., Lamri, M., Botineştean, C. i Lorenzo, J. M. (2021). Artificial Meat Tenderization Using Plant Cysteine Proteases. *Current Opinion in Food Science*, 38, 177-188. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.002>
- Gamage, H. G. C. L., Mutucumarana, R. K. i Andrew, M. S. (2017). Effect of Marination Method and Holding Time on Physicochemical and Sensory Characteristics of Broiler Meat. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(3), 172. <https://doi.org/10.4038/jas.v12i3.8264>
- Głuchowski, A., Czarniecka-Skubina, E. i Buła, M. (2020). The Use of the Sous-Vide Method in the Preparation of Poultry at Home and in Catering – Protection of Nutrition Value Whether High Energy Consumption. *Sustainability*, 12(7606), 1-14. <https://doi.org/doi:10.3390/su12187606>
- Goluch, Z. i Haraf, G. (2023). Goose Meat as a Source of Dietary Manganese – A Systematic Review. *Animals*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/ani13050840>
- Goluch, Z. i Pilarczyk, B. (2022). Goose Meat as a Nutritional Source of Dietary Selenium. *Journal of Elementology*, 27(3), 521-531. <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.3.2311>
- Gongora, V. M., Matthes, K. L., Castaño, P. R., Linseisen, J. i Rohrmann, S. (2019). Dietary Heterocyclic Amine Intake and Colorectal Adenoma Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 28(1), 99-109. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-17-1017>
- Gornowicz, E. i Lewko, L. (2016). *Gęsi – Mięso – Produkcja – Spożycie – Tradycja. Broszura 2*. Instytut Zootechniki, Państwowy Instytut Badawczy, 1-36.
- Gouveia-Figueira, S. C. i Castilho, P. C. (2015). Phenolic Screening by HPLC-DAD-ESI/MSn and Antioxidant Capacity of Leaves, Flowers and Berries of *Rubus grandifolius* Lowe. *Industrial Crops and Products*, 73, 28-40. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.022>
- Guo, B., Li, D., Zhou, B., Jiang, Y., Bai, H., Zhang, Y., Xu, Q., Yongzhang i Chen, G. (2020). Research Note: Effect of Diet with Different Proportions of Ryegrass on Breast Meat Quality of Broiler Geese. *Poultry Science*, 99(5), 2500-2507. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.039>
- Guo, Q., Sun, D. W., Cheng, J. H. i Han, Z. (2017). Microwave Processing Techniques and their Recent Applications in the Food Industry. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 236-247. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.007>
- GUS (2022). *Dostawy na rynek krajowy oraz spożycie niektórych artykułów konsumpcyjnych na 1 mieszkańca w 2021 r.* Główny Urząd Statystyczny.
- Huang, J. F., Pingel, H., Guy, G., Łukaszewicz, E., Baéza, E. i Wang, S. D. (2012). A Century of Progress in Waterfowl Production, and a History of the WPSA Waterfowl Working Group. *World's Poultry Science Journal*, 68(3), 551-563. <https://doi.org/10.1017/S0043933912000645>

- Jeong, K., Hyeonbin, O., Shin, S. Y. i Kim, Y. S. (2018). Effects of Sous-vide Method at Different Temperatures, Times and Vacuum Degrees on the Quality, Structural, and Microbiological Properties of Pork Ham. *Meat Science*, 143, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.010>
- Jinap, S., Iqbal, S. Z., Talib, N. H. i Hasnol, N. D. S. (2016). Heterocyclic Aromatic Amines in Deep Fried Lamb Meat: The Influence of Spices Marination and Sensory Quality. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1411-1417. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2137-0>
- Kałwa, K. i Wilczyński, K. (2016). Właściwości przeciwutleniające naparów z liści morwy białej (*Morus alba* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technica Agraria*, 15(4).
- Kato, H. C. A., Lourenço, L. F. H., Araújo, E. A. F., Sousa, C. L., Peixoto Joele, M. R. S. i Ribeiro, S. C. A. (2016). Change in Physical and Chemical Characteristics Related to the Binomial Time-Temperature Used in Sous Pasteurization See Tambaqui (*Colossomamacropomum*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 68(1), 224-232. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8096>
- Kmieciak, D. i Korczak, J. (2010). Tłuszcz smażalnicze – jakość, degradacja termiczna i ochrona. *Nauka. Przyroda. Technologie*, 2(4), 1-11.
- Kurp, L., Danowska-Oziewicz, M. i Kłębukowska, L. (2022). Sous Vide Cooking Effects on Physicochemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Pork Loin. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/app12052365>
- Ky, I. i Teissedre, P. L. (2015). Characterisation of Mediterranean Grape Pomace Seed and Skin Extracts: Polyphenolic Content and Antioxidant Activity. *Molecules*, 20(2), 2190-2207. <https://doi.org/10.3390/molecules20022190>
- Latoch, A. (2020). Effect of Meat Marinating in Kefir, Yoghurt and Buttermilk on the Texture and Color of Pork Steaks Cooked Sous-vide. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.07.003>
- Latoch, A., Czarniecka-Skubina, E. i Moczowska-Wyrwisz, M. (2023). Marinades Based on Natural Ingredients as a Way to Improve the Quality and Shelf Life of Meat: A Review. *Foods*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/foods12193638>
- Latocha, P. (2017). The Nutritional and Health Benefits of Kiwiberry (*Actinidia arguta*) – a Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 325-334. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0637-y>
- Ling, B., Tang, J., Kong, F., Mitcham, E. J. i Wang, S. (2015). Kinetics of Food Quality Changes During Thermal Processing: a Review. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 343-358. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1398-3>
- Min, B. i Ahn, D. U. (2005). Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products – a Review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152-163.
- Nowicka, K. (2018). Variability in Nutritional Value of Traditional Goose Meat Product. *Animal Science Papers and Reports*, 36(4), 405-420.
- Omojola, A. B. (2007). Carcass and Organoleptic Characteristics of Duck Meat as Influenced by Breed and Sex. *International Journal of Poultry Science*, 6(5), 329-334. <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.329.334>
- Oz, F. i Celik, T. (2015). Proximate Composition, Color and Nutritional Profile of Raw and Cooked Goose Meat with Different Methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2442-2454. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12494>
- Ozturk, B. i Sengun, I. Y. (2019). Inactivation Effect of Marination Liquids Prepared with Koruk Juice and Dried Koruk Pomace on Salmonella Typhimurium, Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes Inoculated on Meat. *International Journal of Food Microbiology*, 304, 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.013>
- Parlasca, M. C. i Qaim, M. (2025). *Meat Consumption and Sustainability*, 57, 51.
- Pathare, P. B. i Roskilly, A. P. (2016). Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Engineering Reviews*, 8(4), 435-447. <https://doi.org/10.1007/s12393-016-9143-5>
- Pielak, M., Czarniecka-Skubina, E. i Kraujutienė, I. (2022). Microwave Heating Process – Characteristics, Benefits, Hazards and Use in Food Industry and Households. A Review. Ogrzewanie mikrofalowe – charakterystyka, korzyści i zagrożenia oraz zastosowanie w przemyśle spożywczym i gospodarstwach domowych – przegląd. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego (Technological Progress in Food Processing)*, 1, 152-167.
- Pliszka, B., Huszcza-Ciołkowska, G. i Wierzbička, E. (2016). Effects of Solvents and Extraction Methods on the Content and Antiradical Activity of Polyphenols from Fruits *Actinidia arguta*, *Crataegus monogyna*, *Gaultheria procumbens* and *Schisandra chinensis*. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 15(1), 57-63. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.1.6>
- Rakowska, R., Sadowska, A., Batogowska, J. i Waszkiewicz-Robak, B. (2013). Wpływ obróbki termicznej na zmiany wartości odżywczej mięsa. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 113-117.
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I. i Ruiz, J. (2013). Effect of Different Temperature-Time Combinations on Physicochemical, Microbiological, Textural and Structural Features of Sous-vide Cooked Lamb Loins. *Meat Science*, 93(3), 572-578. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.014>
- Roldan, M., Loebner, J., Degen, J., Henle, T., Antequera, T. i Ruiz-Carrascal, J. (2015). Advanced Glycation End Products, Physico-Chemical and Sensory Characteristics of Cooked Lamb Loins Affected by Cooking Method and Addition of Flavour Precursors. *Food Chemistry*, 168, 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.100>
- Rupasinghe, R. A., Alahakoon, A. U., Alakolanga, A. W., Jayasena, D. D. i Jo, C. (2022). Oxidative Stability of Vacuum-Packed Chicken Wings Marinated with Fruit Juices during Frozen Storage. *Food Science of Animal Resources*, 42(1), 61-72. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e62>

- Ścieszka, S. i Klewicka, E. (2019). Algae in Food: A General Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(21), 3538-3547. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>
- Suleman, R., Hui, T., Wang, Z., Liu, H. i Zhang, D. (2019). Comparative Analysis of Charcoal Grilling, Infrared Grilling and Superheated Steam Roasting on the Colour, Textural Quality and Heterocyclic Aromatic Amines of Lamb Patties. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 1057-1068. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14388>
- Kmiecik, D. i Korczak, J. (2010). Tłuszcze smażalnicze – jakość, degradacja termiczna i ochrona. *Nauka. Przyroda. Technologie*, 2(4), 1-11.
- Teleszko, M. i Wojdyło, A. (2015). Comparison of Phenolic Compounds and Antioxidant Potential Between Selected Edible Fruits and Their Leaves. *Journal of Functional Foods*, 14, 736-746. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.041>
- Topuz, O. K., Yerlikaya, P., Ucak, I., Gumus, B. i Büyükbenli, H. A. (2014). Effects of Olive Oil and Olive Oil – Pomegranate Juice Sauces on Chemical, Oxidative and Sensorial Quality of Marinated Anchovy. *Food Chemistry*, 154, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.103>
- Trabelsi, N., Nalbhone, L., Di Rosa, A. R., Ed-Dra, A., Nait-Mohamed, S., Mhamdi, R., Giuffrida, A. i Giarratana, F. (2021). Marinated Anchovies (*Engraulis encrasicolus*) Prepared with Flavored Olive Oils (chétoi cv.): Anisakicidal Effect, Microbiological, and Sensory Evaluation. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095310>
- Wang, M., Zhou, J., Tavares, J., Pinto, C. A., Saraiva, J. A., Prieto, M. A., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J. i Barba, F. J. (2023). Applications of Algae to Obtain Healthier Meat Products: A Critical Review on Nutrients, Acceptability and Quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(26), 8357-8374. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2054939>
- Wereńska, M. (2013). Naturalne antyutleniacze stosowane do mięsa. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 1(8), 79-90.
- Wereńska, M., Wołoszyn, J., Okruszek, A., Marcinkowska, W. i Haraf, G. (2023). The Effects of Sous-vide, Microwave Cooking and Stewing of Goose Meat on Fatty Acid Profile and Lipid Indices. *Poultry Science*, 102(2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102337>
- Whitton, C., Bogueva, D., Marinova, D. i Phillips, C. J. C. (2021). Are We Approaching Peak Meat Consumption? Analysis of Meat Consumption From 2000 to 2019 in 35 Countries and its Relationship to Gross Domestic Product. *Animals*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123466>
- Yang, Y., Ye, Y., Wang, Y., Sun, Y., Pan, D. i Cao, J. (2018). Effect of High Pressure Treatment on Metabolite Profile of Marinated Meat in Soy Sauce. *Food Chemistry*, 240, 662-669. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.006>
- Zhen, J., Villani, T. S., Guo, Y., Qi, Y., Chin, K., Pan, M. H., Ho, C. T., Simon, J. E. i Wu, Q. (2016). Phytochemistry, Antioxidant Capacity, Total Phenolic Content and Anti-Inflammatory Activity of Hibiscus sabdariffa Leaves. *Food Chemistry*, 190, 673-680. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.006>
- Zielbauer, B. I., Franz, J., Viezens, B. i Vilgis, T. A. (2016). Physical Aspects of Meat Cooking: Time Dependent Thermal Protein Denaturation and Water Loss. *Food Biophysics*, 11, 34-42. <https://doi.org/10.1007/s11483-015-9410-7>

The Impact of Thermal Processing Methods and Marination Techniques on Meat Quality

Abstract

Aim: The aim of the study was to examine the impact of various thermal processing methods and marination techniques on the sensory quality, nutritional value, and health safety of meat. Both traditional and modern meat preparation techniques were considered, taking into account the changing consumer expectations regarding quality, nutritional value, and food safety.

Methodology: A literature review was conducted on thermal processing methods such as frying, baking, grilling, boiling, sous-vide, microwave treatment, and braising, focusing on their impact on meat properties. Special attention was given to the marination process, including both traditional and innovative techniques, such as the use of plant enzymes, herbs, spices, fruits, and microalgae.

Results: The study found that thermal processing methods significantly influence the sensory qualities and nutritional value of meat but can also lead to the formation of harmful chemical compounds, such as heterocyclic aromatic amines (HAA) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). In contrast, marination using natural ingredients, such as fruits, herbs, and microalgae, improves meat quality, reduces health risks, and enhances its nutritional value.

Implications and recommendations: The findings highlight the importance of selecting appropriate thermal processing methods and marination techniques to improve meat quality and minimize health risks. It is recommended to further analyze consumer preferences to better tailor meat preparation techniques to their expectations and needs.

Originality/value: This study combines an analysis of traditional and modern meat preparation methods, emphasizing their impact on sensory quality and health safety. A key aspect is the consideration of innovative marination techniques, which may serve as alternatives to conventional methods while promoting healthier eating habits.

Keywords: methods of thermal meat processing, frying, baking, grilling, boiling, *sous-vide*
