

Ocena jakości burgerów drobiowych z dodatkiem fermentowanego czarnego czosnku

Quality assessment of chicken burgers with fermented black garlic

Anna Augustyńska-Prejsnar¹, Magdalena Wilk², Małgorzata Ormian¹

¹ Katedra Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-959 Rzeszów, aaugustynska@ur.edu.pl; mormian@ur.edu.pl

² Student Wydziału Technologiczno-Przyrodniczego, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-959 Rzeszów, mw137530@stud.ur.edu.pl

Słowa kluczowe: fermentowany czarny czosnek, burgery drobiowe, jakość

Keywords: fermented black garlic, chicken burgers, quality

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu dodatku fermentowanego czarnego czosnku na jakość burgerów drobiowych. Do masy mięsnej dodano czarny czosnek w ilości 1% (grupa I), 2% (grupa II) oraz 4% (grupa III). Grupę kontrolną stanowiły burgery bez dodatku czosnku. W ocenie jakości produktów gotowych uwzględniono cechy fizykochemiczne (pH i barwę), jakość mikrobiologiczną (ogólną liczbę bakterii tlenowych oraz bakterii z rodzaju *Pseudomonas*) oraz cechy sensoryczne. Dodatek czarnego fermentowanego czosnku korzystnie wpłynął na jakość burgerów drobiowych, powodując obniżenie wartości pH oraz zmianę barwy produktu na ciemniejszą. W ocenie organoleptycznej najwyższą akceptowalność uzyskał wariant z dodatkiem 2% czosnku. Dodatek czarnego fermentowanego czosnku istotnie ograniczał rozwój tlenowych bakterii mezofilnych oraz bakterii z rodzaju *Pseudomonas* we wszystkich grupach badawczych, co wskazuje na jego potencjał w zakresie wydłużania trwałości produktów mięsnych. Burgery drobiowe przechowywane przez 5 dni zachowały akceptowalną jakość sensoryczną.

Summary

The aim of this study was to evaluate the effect of adding fermented black garlic to the quality of chicken burgers. Black garlic was added to the meat mixture at a rate of 1% (Group I), 2% (Group II), and 4% (Group III). Burgers without garlic served as the control group. The

quality assessment of the finished products took into account physicochemical characteristics (pH, color), microbiological quality (total count of aerobic bacteria and *Pseudomonas* bacteria), and sensory characteristics. The addition of fermented black garlic had a positive effect on the quality of the chicken burgers, lowering the pH and darkening the color of the product. In the organoleptic assessment, the variant with a 2% garlic addition achieved the highest acceptability. The addition of fermented black garlic significantly reduced the growth of aerobic mesophilic bacteria and *Pseudomonas* bacteria in all study groups, indicating its potential for extending the shelf life of meat products. Chicken burgers stored for 5 days retained acceptable sensory quality.

Wstęp

Czarny czosnek jest produktem przetworzonym otrzymywanym ze świeżych ząbków czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.), który w ostatnich latach wzbudza rosnące zainteresowanie jako żywność o wysokiej wartości biologicznej i potencjalnych właściwościach prozdrowotnych [1–3]. Powstaje w wyniku długotrwałej obróbki w warunkach podwyższonej temperatury (60–90°C) i wilgotności względnej (60–80%), prowadzonej przez około 21–72 dni. Proces ten, często określany jako fermentacja, w rzeczywistości obejmuje złożone reakcje chemiczne i przemiany fizykochemiczne zachodzące w czosnku pod wpływem temperatury i wilgotności [4–7]. W trakcie dojrzewania dochodzi do istotnych zmian struktury, składu chemicznego oraz właściwości sensorycznych produktu. Barwa zmienia się z ciemnobrązowej na czarną, a ostry aromat świeżego czosnku ulega złagodzeniu. Jednocześnie rozwija się charakterystyczny, słodkawy smak z nutami karmelowymi, przypominający suszone owoce lub ocet balsamiczny. Czarny czosnek charakteryzuje się słodkokwaśnym smakiem z nutami karmelu, lukrecji i anyżu [4]. Zmiany te wynikają głównie z nieenzymatycznych reakcji brązowienia zachodzących między cukrami redukującymi a grupami aminowymi aminokwasów (reakcji Maillarda) [3, 8–9]. Produktami tych przemian są m.in. melanoidyny odpowiedzialne za charakterystyczną barwę czarnego czosnku. W trakcie procesu dochodzi również do rozkładu związków siarkoorganicznych oraz przekształcania związków zapachowych w bardziej stabilne i bezwonne formy, takie jak S-allilo-L-cysteina [2, 10–11]. Jednocześnie powstają związki o właściwościach antyoksydacyjnych, w tym alkaloidy i flawonoidy. Obróbka cieplna powoduje także obniżenie pH oraz zmniejszenie zawartości wilgoci, co zwiększa trwałość produktu [10–12]. Proces dojrzewania prowadzi do zmian w składzie związków bioaktywnych. W czarnym czosnku obserwuje się zwiększoną zawartość związków fenolowych, flawonoidów, polisacharydów, cukrów redukujących oraz organicznych związków siarki [13–14]. Powstają także związki niewystępujące w świeżym czosnku, m.in. 5-hydroksymetylofurfural

(5-HMF), melanoidyny oraz tiosulfiny. Jednocześnie wzrasta zawartość kwasów fenolowych wykazujących silne właściwości przeciwutleniające [3, 5]. Całkowita zawartość związków fenolowych może być nawet cztero- do dziesięciokrotnie wyższa niż w czosnku świeżym, co znacząco zwiększa potencjał antyoksydacyjny produktu. Czarny czosnek cechuje się również wysoką wartością odżywczą. Jego głównymi składnikami są węglowodany złożone, kwasy organiczne oraz aminokwasy [15]. W 100 g produktu znajduje się około 50 g węglowodanów, w tym około 27 g cukrów, 13 g białka oraz około 20 g błonnika pokarmowego, natomiast nie zawiera on tłuszczu. Produkt ten stanowi również źródło witamin, w tym witaminy C oraz witamin z grupy B (B_1 , B_2 , B_3 , B_6), a także kwasu foliowego. Zawiera również liczne składniki mineralne, takie jak wapń, potas, sód, cynk, żelazo, magnez, fosfor, mangan i siarka [6, 16]. Czarny czosnek jest także źródłem aminokwasów egzogennych: tryptofanu, lizyny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny, treoniny i waliny. Wśród aminokwasów endogennych występują m.in. kwas glutaminowy, asparagina, glicyna, cysteina, alanina, seryna i tyrozyna [15]. Badania naukowe [4–5, 7] wskazują na korzystny wpływ czarnego czosnku na zdrowie człowieka. Czarny czosnek wykazuje właściwości prozdrowotne, wśród których szczególnie podkreśla się działanie kardioprotekcyjne. Spożywanie fermentowanego czosnku może przyczyniać się do obniżenia stężenia trójglicerydów i cholesterolu we krwi oraz poprawy krążenia, co potencjalnie zmniejsza ryzyko wystąpienia choroby niedokrwiennej serca, udaru mózgu i zawału serca [16]. Badania wskazują także na możliwe działanie przeciwnowotworowe czarnego czosnku, polegające na hamowaniu rozwoju komórek nowotworowych oraz zwiększaniu aktywności enzymów antyoksydacyjnych [17–18]. Czarny czosnek może także wspierać funkcjonowanie wątroby poprzez ograniczanie odkładania tłuszczu w jej komórkach oraz wspomaganie procesów detoksykacyjnych [16]. Obecne w nim związki fenolowe i flawonoidy wykazują silne właściwości przeciwutleniające, chroniąc komórki przed stresem oksydacyjnym oraz wspierając funkcjonowanie układu odpornościowego [5, 10]. Istotną rolę odgrywają również fruktooligosacharydy (FOS), które działają jako prebiotyki wspomagające rozwój korzystnej mikroflory jelitowej [19]. Dzięki wysokiej zawartości stabilnych związków bioaktywnych czarny czosnek może również ograniczać procesy starzenia się organizmu oraz zmniejszać ryzyko chorób neurodegeneracyjnych [13]. Z tego względu uznawany jest za wartościowy produkt żywnościowy o szerokim potencjale prozdrowotnym.

Przegląd literatury [7, 15, 20] wskazuje, że czarny czosnek może stanowić funkcjonalny składnik produktów mięsnych, poprawiający ich jakość i wartość biologiczną.

Celem pracy była ocena wpływu dodatku fermentowanego czarnego czosnku na jakość burgerów drobiowych.

Materiał i metody badań

Wykonano dwie serie doświadczalne, w których wytworzono trzy warianty burgerów o stałym składzie: mięśnie udowe indyków rzeźnych oraz wodę (10%), sól (0,8%) i pieprz (0,5%) – dodatki wyrażono w stosunku do masy surowca mięsnego. Burgery różniły się zawartością dodatku ekologicznego fermentowanego czarnego czosnku (Juleko, Polska, PL-EKO-07), który zastosowano w ilości 1% (grupa I), 2% (grupa II) oraz 4% (grupa III) w odniesieniu do masy mieszaniny obejmującej mięso, wodę i przyprawę. Doboru surowca mięsnego dokonano ze względu na wysoką wartość odżywczą mięsa indyczego oraz jego dużą przydatność do produkcji drobiowych wyrobów mielonych. Surowiec mięsny zakupiono u tego samego producenta. Mięso rozdrobniono dwukrotnie w wilku (Zelmer, Polska) wyposażonym w siatkę o średnicy otworów wynoszącej 3,0 mm. Masę mięsną podzielono na trzy części. Burgery przygotowane z masy bez dodatku czarnego czosnku stanowiły grupę kontrolną. Masę mieszano w mieszarce (Kenwood Major Titanium, USA), rozpoczynając od mieszania surowca mięsnego, przypraw i wody. Z przygotowanych mas mięsnych przy użyciu formierki ręcznej formowano burgery (o masie około 80 g), nadając im kształt płaskich krążków o średnicy około 80 mm i wysokości 6 mm. Burgery pieczono w piecu elektrycznym z termoobiegiem w temperaturze 180°C do uzyskania temperatury wewnętrznej 75°C w centrum produktu, a następnie studzono je w temperaturze pokojowej przez 24 godziny, po czym przeprowadzono ocenę ich jakości.

Ocenę cech fizycznych i sensorycznych oraz jakości mikrobiologicznej wykonano po 48 godzinach (2 dni) przechowywania produktów w szafie chłodniczej (Liebherr, Niemcy) w temperaturze 4°C±2°C. Badania powtórzono po 5 dniach przechowywania, z zachowaniem tych samych warunków i procedury badawczej.

Kwasowość produktów oznaczano za pomocą cyfrowego pehametru HI 99163 (Hanna Instrument Company, Woonsocket, USA), wyposażonego w zespoloną elektrodę FC232 (Hanna Instrument Company, Woonsocket, USA). Przed każdym pomiarem aparat kalibrowano z użyciem standardowych roztworów buforowych o pH 4,01 oraz 7,01, zgodnie z zaleceniami producenta. Pomiar pH wykonywano poprzez wprowadzenie elektrody na głębokość około 2/3 jej długości w badany produkt. Odczytu dokonywano po uzyskaniu stabilnych wskazań aparatu. Średnią wartość pH dla każdej grupy badawczej wyznaczano na podstawie dziesięciu pomiarów wykonanych w obrębie tej samej partii produktu, przy zachowaniu jednolitej metodyki badawczej dla wszystkich próbek. Pomiar parametrów barwy na powierzchni burgerów wykonano metodą odbiciową w systemie kolorymetrycznym CIE L*a*b*. Do pomiarów wykorzystano kolorymetr Chroma Meter (Konica Minolta, Osaka, Japonia), stosując standardowe źródła światła D65 oraz obserwatora 2°. Parametry pomiarów instrumentalnych ustalono na podstawie

przeprowadzonych badań wstępnych. Odczyt wartości parametrów barwy dokonywano na świeżo przeciętej powierzchni produktu przez przyłożenie głowicy pomiarowej urządzenia. Każdą próbkę analizowano w trzech różnych punktach jej powierzchni, a następnie obliczano średnią wartość poszczególnych parametrów barwy. Pomiary wykonano w dziesięciu powtórzeniach dla każdej z badanych grup, przy zachowaniu identycznej procedury pomiarowej. W ocenie mikrobiologicznej burgerów uwzględniono ogólną liczbę drobnoustrojów oraz liczbę bakterii z rodzaju *Pseudomonas* spp. W tym celu jałowym skalpelem pobrano po 10 g produktu z każdej grupy badawczej i przeniesiono je na jałowe szalki. Próbkę homogenizowano w 90 ml rozcieńczalnika (0,9% NaCl+ 0,1% peptonu) w homogenizatorze laboratoryjnym BagMixer® (stomacher), a następnie wykonano seryjne rozcieńczenia 10^{-2} – 10^{-5} . Następnie wykonano posiewy na podłożu PCA (Biocar) i inkubowano w temperaturze 30°C przez 72h +/-3h. W próbkach określono ogólną liczbę drobnoustrojów (jednostki tworzące kolonie/g). W celu identyfikacji bakterii *Pseudomonas* spp. wykonano posiewy na podłożu CFC Agar Base i inkubowano je w temperaturze 25°C przez 44h +/-4h. Określono liczbę bakterii *Pseudomonas* spp. (jednostki tworzące kolonie/g). Oceny organoleptycznej dokonano przy udziale 10-osobowego zespołu, w dwóch powtórzeniach. Do oceny zastosowano pięciopunktową skalę hedoniczną z możliwością stosowania ocen połówkowych, umożliwiającą określenie stopnia akceptacji badanych produktów. Skala obejmowała zakres od 1 do 5 punktów, przy czym 5 oznaczało najwyższą ocenę. Każdy oceniający otrzymał trzy próbki każdego produktu, zakodowane w celu zapewnienia anonimowości ocen. Próbkę podawano w białych pojemnikach z przezroczystą pokrywką, umieszczonych na białych tackach; pojemniki otwierano bezpośrednio przed rozpoczęciem oceny. Panelistom zapewniono wodę mineralną do przepłukiwania ust między ocenami kolejnych próbek. Procedura oceny była identyczna dla wszystkich próbek. Badanie przeprowadzono w pomieszczeniu przygotowanym tak, aby zminimalizować wpływ obcych zapachów oraz innych czynników mogących zaburzać koncentrację panelistów. Ocena odbywała się w warunkach kontrolowanego oświetlenia, temperatury i wilgotności.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica 13.3. Normalność rozkładu zmiennych zweryfikowano za pomocą testu Kołmogorowa–Smirnowa. Wpływ dodatku czarnego czosnku na cechy fizyczne i mikrobiologiczne burgerów drobiowych oceniono przy użyciu jednokierunkowej analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami w badanych grupach określono za pomocą testu *post hoc* Tukeya przy poziomie ufności 95% ($\alpha = 0,05$). Różnice uznawano za statystycznie istotne przy wartości $p < 0,05$. Wpływ dodatku czarnego czosnku na cechy sensoryczne burgerów drobiowych zweryfikowano za pomocą nieparametrycznego testu Kruskala–Wallisa.

Wyniki i dyskusja

W przeprowadzonym badaniu stwierdzono, że wartość pH burgerów drobiowych istotnie obniżała się ($p < 0,05$) wraz ze wzrostem dodatku czarnego czosnku (tabela 1). Uzyskane wyniki są zgodne z doniesieniami literaturowymi. Cayré i in. [21] wskazują, że niskie pH czarnego czosnku (4,47) może wpływać na obniżenie pH produktów mięsnych po jego dodaniu. Spadek wartości pH w produktach mięsnych z udziałem fermentowanego czosnku odnotowali również Shin i in. [17], Lishianawati i in. [22], Jin i in. [23], Kim i in. [7], Barido i in. [24] oraz Yoon i in. [25]. Jednocześnie należy podkreślić, że zbyt niskie pH może być niekorzystne z technologicznego punktu widzenia. Jak wskazują Huff-Lonergan i Lonergan [26], zbyt niskie pH może prowadzić do obniżenia zdolności wiązania wody, pogorszenia tekstury i spadku wydajności technologicznej. W grupie kontrolnej wraz z czasem przechowywania wartość pH wzrastała, natomiast w grupach doświadczalnych z niższym udziałem dodatku czarnego czosnku zmiany wartości pH były statystycznie nieistotne (tabela 1).

Tabela 1. Wpływ dodatku czarnego czosnku na właściwości fizyczne burgerów drobiowych przechowywanych w warunkach chłodniczych ($\bar{x} \pm SD$)

Table 1. Effect of black garlic addition on physical characteristics of refrigerated chicken burgers ($\bar{x} \pm SD$)

Cecha jakościowa	Dzień przech.	Warianty produktów			
		Grupa K	Grupa I	Grupa II	Grupa III
pH	1	^A 6,10 ^a ± 0,02	6,06 ^{ab} ± 0,00	6,04 ^{ab} ± 0,00	^A 5,96 ^b ± 0,01
	5	^B 6,15 ^a ± 0,01	6,03 ^b ± 0,01	5,98 ^{bc} ± 0,01	^B 5,88 ^c ± 0,02
Barwa L*	1	^A 70,06 ^a ± 14,72	56,59 ^a ± 0,35	^A 53,77 ^b ± 0,33	50,72 ^c ± 0,54
	5	^B 79,12 ^a ± 0,23	55,12 ^b ± 0,88	^B 51,73 ^c ± 0,30	50,50 ^d ± 1,41
a*	1	^A 14,73 ^a ± 0,80	15,55 ^b ± 0,12	15,87 ^b ± 0,05	16,19 ^c ± 0,07
	5	^B 16,32 ± 0,12	16,22 ± 0,09	16,43 ± 0,06	16,81 ± 0,06
b*	1	^A 8,79 ^a ± 1,87	10,89 ^b ± 0,29	11,71 ^c ± 0,17	12,10 ^c ± 0,09
	5	^B 10,33 ^a ± 0,22	11,12 ± 0,18	11,51 ± 0,27	13,24 ^b ± 0,18
Ogólna liczba drobnoustrojów (log cfu.g ⁻¹)	1	^A 2,69 ^b ± 0,01	^A 2,45 ^a ± 0,10	^A 2,36 ^a ± 0,10	^A 2,11 ^a ± 0,20
	5	^B 5,69 ^a ± 0,49	^B 3,58 ^b ± 0,10	^B 3,47 ^b ± 0,24	^B 3,13 ^c ± 0,01
<i>Pseudomonas spp.</i> (log cfu.g ⁻¹)	1	^A 1,40 ± 0,00	^A 1,26 ± 0,00	^A <1,0 ± 0,00	^A <1,0 ± 0,00
	5	^B 5,08 ^a ± 0,01	^B 3,16 ^b ± 0,23	^B 3,06 ^{bc} ± 0,23	^B 2,90 ^c ± 0,23

Grupa K – burgery drobiowe bez dodatku czarnego czosnku, Grupa I – burgery drobiowe z 1% udziałem czarnego czosnku, Grupa II – burgery drobiowe z 2% udziałem czarnego czosnku, Grupa III – burgery drobiowe z 4% udziałem czarnego czosnku.

Średnie oznaczone różnymi literami w wierszach (a–c) lub kolumnach (A–B) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Wykazano, że dodatek czarnego czosnku istotnie wpływał ($p < 0,05$) na parametry barwy burgerów drobiowych (tabela 1). Wraz ze wzrostem jego udziału obserwowano wyraźne zmiany wartości parametrów barwy. W szczególności stwierdzono spadek wartości parametru L^* (jasności). Zmiany barwy wynikały z charakterystycznego, ciemnego zabarwienia czarnego czosnku. Produkt ten powstaje w procesie fermentacji, podczas której zachodzi reakcja Maillarda, powodująca zmianę barwy oraz aromatu czosnku [23]. Obniżenie wartości parametru L^* (jasności) w produktach mięsnych z dodatkiem czarnego czosnku odnotowali Lishianawati i in. [22], Kim i in. [7], Jin i in. [23] oraz Mancini i in. [27]. Również Barido i in. [24], stosując ekstrakt z czarnego czosnku do mięsa z kurcząt brojlerów poddanego obróbce cieplnej, uzyskali produkt o ciemniejszym zabarwieniu w porównaniu z próbą kontrolną. Podobne wnioski przedstawili Fernandez-Lopez i in. [28] w badaniach nad klopsikami wołowymi z dodatkiem ekstraktu czosnkowego. W badaniach własnych zaobserwowano niewielki wzrost jego wartości wraz ze zwiększaniem dodatku czarnego czosnku oraz w trakcie przechowywania. Natomiast wartość parametru b^* (żółtości) wykazywała tendencję wzrostową wraz ze wzrostem udziału dodatku czarnego czosnku, co wskazuje na intensyfikację żółtego zabarwienia badanych produktów (tabela 1).

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że dodatek czarnego czosnku istotnie statystycznie ($p < 0,05$) ograniczał rozwój tlenowych bakterii mezofilnych oraz bakterii *Pseudomonas* spp. w burgerach drobiowych (tabela 1). Najsilniejsze działanie hamujące rozwój drobnoustrojów po 5 dniach przechowywania burgerów zaobserwowano w próbkach zawierających 4% czarnego czosnku. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania ogólna liczba bakterii wzrastała we wszystkich analizowanych wariantach, przy czym najbardziej intensywny przyrost drobnoustrojów odnotowano w próbie kontrolnej. Uzyskane rezultaty wskazują, że obecność czarnego czosnku w recepturze może skutecznie ograniczać rozwój mikroflory, a tym samym przyczyniać się do wydłużenia trwałości produktu podczas przechowywania. Działanie to jest związane z obecnością związków o silnych właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, głównie pochodnych siarkoorganicznych, takich jak allicyna, siarczki diallilowy, disiarczki diallilowy oraz S-allilocysteina [29]. Związki te wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe wobec wielu bakterii, pierwotniaków i grzybów. Istotną rolę w tym procesie odgrywa allicyna, która wnika do komórki drobnoustroju, reaguje z białkami i enzymami oraz hamuje syntezę lipidów i RNA, prowadząc do zahamowania wzrostu bakterii [30]. Bioaktywne właściwości czarnego czosnku, w tym jego działanie przeciwdrobnoustrojowe w mielonych produktach drobiowych, potwierdzają również badania Augustyńskiej-Prejsnar i in. [31].

Ocena organoleptyczna wykazała, że dodatek fermentowanego czarnego czosnku wpływał na wybrane cechy jakościowe burgerów drobiowych (tabela 2). Najwyższe oceny intensywności zapachu, konsystencji, smaku oraz ogólnej pożądalno-

ści w pierwszym dniu przechowywania uzyskały próbki z dodatkiem 2% czarnego czosnku, które istotnie różniły się od grupy kontrolnej. Po pięciu dniach przechowywania intensywność zapachu nieznacznie spadła, jednak produkty z dodatkiem czarnego czosnku nadal charakteryzowały się wyższymi ocenami niż próba kontrolna. Wyniki te są zgodne z literaturą wskazującą, że czarny czosnek poprawia cechy sensoryczne produktów mięsnych dzięki związkom powstającym w reakcji Maillarda oraz wysokiej zawartości związków fenolowych [17–18]. Lishianawati i in. [22] podają, że akceptowalny poziom dodatku suszonego czarnego czosnku do nuggetsów z mięsa kaczki wynosił 1%, natomiast Kim i in. [7] wskazują, że dodatek na poziomie 2% poprawia właściwości sensoryczne kotletów wieprzowych. Przy większym udziale czarnego czosnku efekt ten może być ograniczony, co potwierdzają również wyniki badań własnych.

Tabela 2. Wpływ dodatku czarnego czosnku na właściwości sensoryczne burgerów drobiowych przechowywanych w warunkach chłodniczych

Table 2. Effect of black garlic addition on the sensory characteristics of refrigerated poultry burgers

Cecha jakościowa	Dzień przech.	Warianty produktów			
		Grupa K	Grupa I	Grupa II	Grupa III
zapach (intensywność)	1	3,75 ^a ± 0,43	4,00 ^{ab} ± 0,43	^A 4,75 ^b ± 0,25	4,63 ^b ± 0,41
	5	3,50 ^a ± 0,50	3,75 ± 0,61	^B 4,00 ^b ± 0,53	4,38 ^b ± 0,48
zapach (pożądalność)	1	^A 4,04 ^a ± 0,26	^A 4,58 ^b ± 0,51	^A 4,65 ^b ± 0,39	4,00 ^a ± 0,37
	5	^B 3,00 ^a ± 0,33	^B 3,90 ^b ± 0,21	^B 4,00 ^b ± 0,45	3,63 ^{ab} ± 0,38
smak (intensywność)	1	^A 4,00 ^a ± 0,20	^A 4,38 ^{ab} ± 0,47	^A 4,88 ^b ± 0,23	4,00 ^b ± 0,26
	5	^B 3,63 ^{ab} ± 0,38	^B 3,80 ^{ab} ± 0,31	^B 4,00 ^b ± 0,42	3,38 ^a ± 0,21
smak (pożądalność)	1	^A 3,83 ^a ± 0,33	^A 4,83 ^b ± 0,25	^A 4,42 ^{ab} ± 0,33	3,63 ^a ± 0,38
	5	^B 3,00 ^a ± 0,71	^B 4,00 ^b ± 0,21	^B 3,88 ^{ab} ± 0,26	3,50 ^a ± 0,37
barwa	1	^A 4,50 ^b ± 0,21	4,19 ^{ab} ± 0,24	4,25 ^{ab} ± 0,61	3,50 ^a ± 0,37
	5	^B 3,00 ^a ± 0,63	4,00 ^{ab} ± 0,25	4,06 ^b ± 0,53	3,13 ^a ± 0,93
konsystencja	1	3,88 ^a ± 0,22	^A 4,25 ^{ab} ± 0,25	4,44 ^b ± 0,39	4,50 ^b ± 0,21
	5	3,50 ^a ± 0,43	^B 3,94 ^{ab} ± 0,46	4,13 ^{ab} ± 0,60	4,44 ^b ± 0,46
ogólna pożądalność	1	3,63 ^a ± 0,54	^A 4,42 ^{ab} ± 0,33	^A 4,60 ^b ± 0,25	4,00 ^{ab} ± 0,35
	5	3,30 ^a ± 0,74	^B 3,90 ^{ab} ± 0,21	^B 4,00 ^b ± 0,30	3,80 ^{ab} ± 0,56

Grupa K – burgery drobiowe bez dodatku czarnego czosnku,

Grupa I – burgery drobiowe z 1% udziałem czarnego czosnku,

Grupa II – burgery drobiowe z 2% udziałem czarnego czosnku,

Grupa III – burgery drobiowe z 4% udziałem czarnego czosnku.

Średnie oznaczone różnymi literami w wierszach (a–c) lub kolumnach (A–B) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Podsumowanie

Dodatek fermentowanego czarnego czosnku do burgerów drobiowych, niezależnie od jego udziału, korzystnie wpływał na ich cechy jakościowe, obniżając wartość pH oraz modyfikując barwę produktów. W badaniach wykazano wysoką jakość sensoryczną burgerów wzbogaconych czarnym czosnkiem, przy czym wariant z dodatkiem 2% uzyskał najwyższe oceny smaku, zapachu i ogólnej pożądalności. Jednocześnie czarny czosnek istotnie ograniczał rozwój tlenowych bakterii mezofilnych oraz bakterii z rodzaju *Pseudomonas* spp., co może przyczyniać się do wydłużenia trwałości produktu podczas przechowywania. Ze względu na swoje właściwości sensoryczne i bioaktywne oraz potencjalne korzyści zdrowotne czarny czosnek stanowi wartościowy składnik funkcjonalny, którego zastosowanie w produktach mięsnych może przyczyniać się do poprawy jakości sensorycznej, wydłużenia trwałości oraz uzyskania dodatkowych efektów prozdrowotnych.

Literatura

- [1] Lei F. C., Hao G., Zhu L., Yang Y., Zhang Y. L., Study progress on nutritional value and health effect of black garlic, *Food Science and Engineering*, 2012, 13, s. 429–432.
- [2] Choi I. S., Cha H. S., Lee Y. S., Physicochemical and antioxidant properties of black garlic, *Molecules*, 2014, 19, s. 16811–16823.
- [3] Zhang X., Li N., Lu X., Liu P., Qiao X., Effects of temperature on the quality of black garlic, *Journal of the Science of Food Agriculture*, 2016, 96, s. 2366–2372.
- [4] Kimura S., Tung Y. C., Pan M. H., Su N. W., Lai Y. J., Cheng K. C., Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application, *Journal of Food and Drug Analysis*, 2017, 25(1), s. 62–70.
- [5] Anoraga S. B., Ruspitasari A., Sabarisman I., Wikarta J., Aging process of black garlic using natural material as spontaneous fermentation medium, *Journal of Applied Food Technology*, 2020, 7(2), s. 38–40.
- [6] Oktari K., Azizah Z., Chandra B., Asra R., A Review: Antioxidant and immunomodulator effects of black garlic, *EAS Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2020, 2, s. 193–198.
- [7] Kim J. H., Jang H. J., Lee C. H., Effect of aged garlic powder on physicochemical characteristics, texture profiles, and oxidative stability of ready-to-eat pork patties, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2019, 32, s. 1027–1035.
- [8] Nassur de R. C. M. R., Boas B. V. E. V., Resende F. V., Black garlic: Transformation effects, characterization and consumer purchase intention, *Comunicata Scientiae*, 2017, 8(3), s. 444–451.
- [9] Toledano-Medina M. A., Pérez-Aparicio J., Moreno-Rojas R., Merinas-Amo T., Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves, *Food Chemistry*, 2016, 199, s. 135–139.

- [10] Ramli N. K. C. M., Ujang S., Ramli N., Awareness of black garlic benefits to health: A preliminary study, *Gading Journal of Science and Technology*, 2020, 3(2), s. 148155.
- [11] Ammelia S. M., Suharti R., Retnosari R., Utomo Y., Sukarianingsih D., Wonorahardjo S., The changing profiles of organosulfur compounds during black garlic processing, *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy. IOP Conference Series Earth Environmental Science*, 2020, 475, 012037.
- [12] Najman K., Król K., Sadowska A., The physicochemical properties, volatile compounds and taste profile of black garlic (*Allium sativum* L.) cloves, paste and powder, *Applied Sciences*, 2022, 12(9), 4215.
- [13] Sunanta P., Chung H.-H., Kunasakdakul K., Ruksiriwanich W., Juntrawutt P., Hongsi-song S., Sommano S. R., Genomic relationship and physiochemical properties among raw materials used for Thai black garlic processing, *Food Science & Nutrition*, 2020, 8(8), s. 4534–4545.
- [14] Doronio J. P., Salazar J. R., Monserate J. J., Arevalo B. J. A., Eugenio P. J. G., Sarong M. M., Nanoencapsulation of anthocyanin extract from fermented black garlic (FBG) based on biocompatible polymeric materials, *Annales de Chimie Science des Matériaux*, 2022, 46(1), s. 37–43.
- [15] Sasaki J. I., Overview of the black garlic movement in the fields of research and marketing, *Journal of Life Sciences*, 2015, 9(2), s. 65–74.
- [16] Lade P. N., Naidu K., Yenarkar S., Benefits of using black garlic and its role in treating liver diseases along with boosting immunity, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2021, 8(5), s. 4482–4488.
- [17] Shin J. H., Kang M. J., Kim R. J., Sung N. J., The quality characteristics of sausage with added black garlic extracts, *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 2011, 27(6), s. 702–711.
- [18] Toledano Medina M. A., Merinas-Amo T., Fernandez-Bedmar Z., Font R., del Rio-Collesto M., Perez-Aparicio J., Moreno-Ortega A., Alonso-Moraga A., Moreno-Rojas R., Physicochemical characterization and biological activities of black and white garlic: *In vivo* and *in vitro* assays, *Foods*, 2019, 8(6), 220.
- [19] Arreola R., Quintero-Fabián S., López-Roa R. I., Flores-Gutiérrez E. O., Reyes-Grajeda J. P., Carrera-Quintanar L., Ortuño Sahagún D., Immunomodulation and anti-inflammatory effects of garlic compounds, *Journal of Immunology Research*, 2015, 2015, 401630.
- [20] Ryu J. H., Kang D., Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: A review, *Molecules*, 2017, 22, 919.
- [21] Cayré M. E., Vignolo G., Garro O., Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures, *Food Microbiology*, 2003, 20(5), s. 561–566.
- [22] Lishianawati T. U., Yusiati L. M., Jamhari A., Antioxidants effects of black garlic powder on spent duck meat nugget quality during storage, *Food Science and Technology*, 2022, 42, e62220.

- [23] Jin S. K., Kim I. S., Jeong J. Y., Kang S. N., Yang H. S., Quality characteristics of low-salt and -fat meatball added black garlic (*Allium sativum* L.) during cold storage, Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2010, 30(6), s. 1031–1037.
- [24] Barido F. H., Jang A., Pak J. I., Kim Y. J., Lee S. K., Combined effects of processing method and black garlic extract on quality characteristics, antioxidative, and fatty acid profile of chicken breast, Poultry Science, 2022, 101(4), 101723.
- [25] Yoon H. S., Shin J. H., Kang M. J., Quality characteristics of sausage prepared with black garlic extract and dried powder of specialized crops cultivated in Namhae, Korean Journal of Food and Cookery Science, 2014, 30(4), s. 444–453.
- [26] Huff-Lonergan E., Lonergan S. M., Mechanisms of water holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes, Meat Science, 2005, 7(1), s. 194–204.
- [27] Mancini S., Mattioli S., Nuvoloni R., Pedonese F., Dal Bosco A., Paci G., Effects of garlic powder and salt on meat quality and microbial loads of rabbit burgers, Foods, 2020, 9(8), 1022.
- [28] Fernandez-Lopez J., Zhi N., Aleson-Carbonell L., Perez-Alvarez J. A., Kuri V., Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: Application in beef meatballs, Meat Science, 2005, 69(3), s. 371–380.
- [29] Javed M., Ahmed W., Black garlic: A review of its biological significance, Journal of Food Biochemistry, 2022, 46(11), e14394.
- [30] Mahros M., Eltanahy A., Abd-Elghany S., Sallam K., The antimicrobial effect of fresh garlic and garlic oil supplemented with ground beef, Mansoura Veterinary Medical Journal, 2021, 22(2), s. 48–51.
- [31] Augustyńska-Prejsnar A., Kačániová M., Ormian M., Topczewska J., Sokołowicz Z., Hanus P., Quality assessment of minced poultry products including black fermented garlic, Foods, 2023, 13(1), s. 70.