

„Innowacyjne rozwiązanie w zakresie poprawy wartości żywieniowej
produktów mięsnych z mięsa indyka o cechach żywności wygodnej”
realizowanego w ramach działania M16 „Współpraca” VI nabór, objętego
PROW na lata 2014-2020

(nr umowy 00085.DDD.6509.00064.2022.07)

RAPORT Z BADAŃ

Autorzy:

prof. dr hab. Małgorzata Karwowska
dr hab. Dariusz Stasiak, prof. UPL

Cel projektu

Celem projektu jest opracowanie i wdrożenie u wnioskodawcy innowacyjnego rozwiązania w zakresie poprawy walorów żywieniowych przy jednoczesnym wydłużeniu terminu przydatności do spożycia surowych wyrobów mięsnych, bez dodatku syntetycznych dodatków, wyprodukowanych z mięśni udowych indyków z dodatkiem roślin strączkowych oraz kultur bakteryjnych SafePro. Proponowane rozwiązanie zakłada poprawę bezpieczeństwa produktów mięsnych (kultury bakteryjne SafePro stabilizują mikroflorę bakteryjną występującą w farszu, ograniczają jej namnażanie oraz minimalizują ryzyko wzrostu *Listeria monocytogenes* oraz *Salmonella spp*) i jednocześnie znacząco zwiększa ich walory żywieniowe poprzez wyeliminowanie syntetycznych dodatków oraz wzbogacenie w błonnik pochodzący m.in. z dodatku nasion fasoli czerwonej.

1. Ocena jakości mięsa

Cel badań

Celem badań była ocena wpływu zastosowania czosnku niedźwiedziego w żywieniu indyków na cechy fizykochemiczne, wartość żywieniową i bezpieczeństwo mikrobiologiczne mięśni udowych.

Materiał i metodyka

Doświadczenie przeprowadzono na mięśniach udowych indyczek (typu Big-6) podzielonych na dwie równoliczne grupy (P1 i P2). Ptaki utrzymywano w warunkach zwiększonego dobrostanu (bez antybiotyków i GMO, wolny wybieg z dostępem do trawy) w dwóch grupach doświadczalnych – kontrolnej (P1) oraz z zastosowaniem paszy wzbogaconej czosnkiem niedźwiedzim (P2). Doświadczenie przeprowadzono na 40 ptakach (po 20 z każdej grupy doświadczalnej). Obie grupy ptaków P1 i P2 otrzymywały dawki pokarmowe pełnoporcjowe na bazie pszenicy, otrębów pszennych, śruty słonecznikowej, śruty rzepakowej, śruty sojowej, jęczmienia, oleju sojowego wraz z suplementami mineralno-witaminowymi. Czynnikiem różnicującym grupy był dodatek suszonego czosnku niedźwiedziego do mieszanki paszowej. Indyki utrzymywane w grupie P2 otrzymywały suszony czosnek niedźwiedzi w ilości 0,2% w mieszance paszowej. Uzupełnianie mieszanki paszowej czosnkiem niedźwiedzim stosowano od 3 do 20 tygodnia życia. Po 25 tygodniach chowu wszystkie ptaki poddano standardowej procedurze uboju. Masa ubojowa indyczek wynosiła około 6,5 kg. Po uboju tuszki były schładzane przez 24 h w temperaturze 4 °C. Po schłodzeniu uzyskiwano mięśnie udowe poprzez oddzielenie ich od kości. Próbkę mięsa transportowano w warunkach chłodniczych (4 °C) do laboratorium. Oznaczenia składu chemicznego, pH, aw, parametrów barwy, TBARS, całkowitej zawartości barwników hemowych, potencjału antyoksydacyjnego oraz analizę mikrobiologiczną wykonywano 48 h po uboju.

Próbki mięśni do określenia profili kwasów tłuszczowych przechowywano w próżni w temperaturze -40°C do czasu analizy (≈ 5 dni). Ponadto próbki pakowane próżniowo przechowywano w temperaturze 4°C przez 10 dni. Po tym czasie poddano je ocenie w zakresie wcześniej opisanym.

Podstawowy skład chemiczny mięsa (zawartość białka, tłuszczu, wody, kolagenu) wykonano metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIR) przy użyciu Analizatora mięsa FoodScan (Karwowska i in., 2020),

Przeprowadzono badania pH (PN-ISO 2917:2001), aktywności wody (Karwowska i in. 2020), parametrów barwy (AMSA, 2012), parametrów określających stabilność oksydacyjną tłuszczów TBARS (Pikul, 1989), profil kwasów tłuszczowych (Kononiuk i Karwowska, 2020), aktywność przeciwutleniającą produktów mięsnych (Zhu et al., 2013). Wykonano analizy mikrobiologiczne (*E. coli*, *Enterobacteriaceae*) w produktach mięsnych (Kononiuk i Karwowska, 2020). Oznaczenia *L. monocytogenes* i *Salmonella spp.* wykonywano w Agrolab Polska Sp. z o. o. (Dęblin, Polska) (ISO 11290-1:2017, ISO 6579-1:2017-04). Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 9.1 (StatSoft, Polska). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), istotność różnic między próbami weryfikowano testem Tukeya.

Wyniki badań

Analiza podstawowego składu chemicznego mięśni udowych indyków nie wykazała statystycznie istotnego wpływu suplementacji czosnkiem niedźwiedzim na zawartość tłuszczu, białka, wody i kolagenu (Tabela 1). Średnia zawartość podstawowych składników chemicznych w próbie kontrolnej (P1) i suplementowanej czosnkiem niedźwiedzim (P2) wynosiła odpowiednio 4,71 i 5,30% tłuszczu, 21,57 i 22,12% białka i 72,94 i 73,31% wody. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wykazały, że zastosowanie czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.) w żywieniu indyków nie wpłynęło istotnie na liczbę analizowanych grup drobnoustrojów (Tabela 2). Liczba *Enterobacteriaceae* wzrosła prawie dwukrotnie w próbach w trakcie 10-dniowego przechowywania w warunkach próżniowych. Liczba bakterii *E. coli* nie uległa istotnym zmianom podczas przechowywania. Analizy mikrobiologiczne nie wykazały obecności *Listeria monocytogenes* oraz *Salmonella spp* w próbach mięśni udowych indyków obu grup badawczych.

Wartości ocenianych wyróżników fizykochemicznych mięśni udowych indyków utrzymywanych w grupie suplementowanej czosnkiem niedźwiedzim nie różniły się istotnie statystycznie od prób grupy kontrolnej (Tabela 3). Wartość pH mięśni udowych kształtowała się w zakresie od 5,95 dla próbki P2 w 1 dniu do 6,23 dla próbki P1 w 10 dniu przechowywania. Wartość pH nie była istotnie zależna od czasu przechowywania.

Table 1. Podstawowy skład chemiczny mięśni udowych

Składnik [%]	P1	P2
Fat	$4,71 \pm 0,68$	$5,30 \pm 0,75$
Protein	$22,12 \pm 0,28$	$21,57 \pm 0,51$
Moisture	$73,31 \pm 0,52$	$72,94 \pm 0,27$
Collagen	$1,10 \pm 0,13$	$1,11 \pm 0,07$

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzim

Tabela 2. Wyniki analiz mikrobiologicznych mięśni udowych indyków

	P1		P2	
	Day 1	Day 10	Day 1	Day 10
<i>Enterobacteriaceae</i> [log jtk g ⁻¹]	3,22 ± 0,23 ^a	6.19 ± 0,36 ^b	3,20 ± 0,38 ^a	6,18 ± 0,39 ^b
<i>E. coli</i> [log jtk g ⁻¹]	2,75 ± 0,21 ^a	2.71 ± 0,68 ^a	2,61 ± 0,35 ^a	2,65 ± 0,52 ^a
<i>Salmonella</i> [jtk g ⁻¹]	<10	<10	<10	<10
<i>Listeria monocytogenes</i> [jtk g ⁻¹]	<10	<10	<10	<10

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzim

^{a-b} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Tabela 3. Cechy fizykochemiczne mięśni udowych indyków

	P1		P2	
	Day 1	Day 10	Day 1	Day 10
TBARS [mg MDA kg ⁻¹]	0,57 ± 0,05 ^a	0,91 ± 0,13 ^b	0,51 ± 0,02 ^a	0,76 ± 0,07 ^b
Total heme pigments [mg kg ⁻¹]	84,25 ± 6,43 ^a	83,84 ± 9,69 ^a	82,82 ± 8,85 ^a	86,43 ± 10,55 ^a
pH	6,14 ± 0,11 ^a	6,23 ± 0,09 ^a	5,95 ± 0,12 ^a	6,14 ± 0,17 ^a
a_w	0,979 ± 0,004 ^a	0,992 ± 0,005 ^a	0,987 ± 0,007 ^a	0,998 ± 0,005 ^a
L*	48,97 ± 3,55 ^a	46,21 ± 3,88 ^a	46,95 ± 4,83 ^a	48,05 ± 3,68 ^a
a*	7,89 ± 1,09 ^a	7,41 ± 2,82 ^a	7,79 ± 2,43 ^a	6,56 ± 2,87 ^a
b*	11,13 ± 1,49 ^a	10,05 ± 1,48 ^a	9,92 ± 1,77 ^a	10,42 ± 3,00 ^a
C*	13,69 ± 1,37 ^a	12,59 ± 2,70 ^a	12,74 ± 2,38 ^a	12,41 ± 3,82 ^a
h°	54,51 ± 5,19 ^a	54,72 ± 7,20 ^a	52,25 ± 8,30 ^a	58,12 ± 7,71 ^a

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzim

^{a-b} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Wyniki pomiaru aktywności antyoksydacyjnej mięsa indyczego wykazały statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,05$) między próbą mięsa kontrolnego a próbą suplementowaną czosnkiem niedźwiedzim (Tabela 4). Mięśnie udowe indyka z grupy kontrolnej charakteryzowały się istotnie wyższym potencjałem antyoksydacyjnym wobec rodnika ABTS zarówno w dniu 1., jak i 10., podczas gdy analiza właściwości antyoksydacyjnych wobec rodnikowi DPPH nie wykazała istotnych różnic między próbami P1 i P2. Ponadto potencjał antyoksydacyjny przeciwko wobec rodnika ABTS nie zmienił się podczas 10-dniowego przechowywania dla obu prób, potencjał mierzony przeciwko rodnikowi DPPH zmniejszył się istotnie 10. dnia dla prób P1 i P2.

Tabela 4. Potencjał przeciwutleniający mięśni udowych indyków

	P1		P2	
	Day 1	Day 10	Day 1	Day 10
ABTS [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	0,13 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a
DPPH [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	0,13 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,03 ^a

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzim

^{a-b} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Tabela 5. Parametry barwy mięśni udowych indyków

	P1		P2	
	Day 1	Day 10	Day 1	Day 10
L*	48,90 ± 3,09 ^a	47,20 ± 3,81 ^a	45,93 ± 5,61 ^a	49,05 ± 3,91 ^a
a*	8,34 ± 1,48 ^a	6,93 ± 2,60 ^a	7,93 ± 2,81 ^a	6,01 ± 2,65 ^a
b*	11,54 ± 1,57 ^a	9,79 ± 1,43 ^a	10,11 ± 1,56 ^a	9,98 ± 3,04 ^a
C*	14,28 ± 1,84 ^a	12,09 ± 2,51 ^a	12,99 ± 2,52 ^a	11,73 ± 3,79 ^a
h°	54,15 ± 4,49 ^{ab}	55,74 ± 7,19 ^{ab}	52,77 ± 8,94 ^a	59,33 ± 6,72 ^b

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzim

a–b średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Analiza profilu kwasów tłuszczowych wykazała istotny wpływ zastosowania czosnku niedźwiedziego na wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięśniach udowych indyków (Tabela 5). Zarówno próbka kontrolna (P1), jak i suplementowana czosnkiem niedźwiedzim (P2) zawierały najwyższy udział MUFA, następnie SFA i PUFA. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w zawartości MUFA i SFA między próbami. Istotne różnice zaobserwowano w przypadku PUFA. Mięśnie udowe uzyskane od indyków suplementowanych czosnkiem niedźwiedzim charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością PUFA w porównaniu z mięsem z grupy kontrolnej. Spośród PUFA najwyższy udział odnotowano dla C18:2 n-6 (średnio 23,160 - 28,479%), C22:2 n-6 (średnio 0,235 - 0,140%) i C22:6 n-3 (średnio 0,163-0,085%). Mięśnie udowe uzyskane od ptaków żywionych paszą wzbogaconą czosnkiem niedźwiedzim charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością C18:2 n-6 w porównaniu z grupą kontrolną. Biorąc pod uwagę wartość wskaźników lipidowych w mięśniu uda indyka, stwierdzono istotny wpływ karmienia na n-6/n-3, UFA/SFA, PUFA/SFA, indeks aterosogenności (AI) i indeks trombogenności (TI). Próbki z grupy P2 charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami n-6/n-3, UFA/SFA i PUFA/SFA, a także niższymi wskaźnikami jakości lipidów AI i TI w porównaniu z próbą z grupy P1.

Tabela 6. Profil kwasów tłuszczowych [%] i wskaźniki jakości lipidów mięśni udowych indyków

	P1	P2
C6:0	0,100 ± 0,025 ^a	0,088 ± 0,033 ^a
C8:0	0,153 ± 0,042 ^a	0,135 ± 0,054 ^a
C10:0	0,050 ± 0,008 ^a	0,063 ± 0,015 ^a
C11:0	0,020 ± 0,001 ^a	0,020 ± 0,001 ^a
C12:0	0,223 ± 0,024 ^a	0,883 ± 0,078 ^b
C14:0	1,195 ± 0,111 ^a	1,495 ± 0,119 ^b
C14:1n5	0,173 ± 0,036 ^a	0,198 ± 0,010 ^a
C15:0	0,195 ± 0,021 ^a	0,193 ± 0,025 ^a
C15:1n5	0,093 ± 0,028 ^a	0,063 ± 0,021 ^a
C16:0	22,700 ± 1,786 ^a	20,988 ± 2,911 ^a

C16:1n7	5,853 ± 0,611 ^b	4,765 ± 0,374 ^a
C17:0	0,213 ± 0,035 ^a	0,238 ± 0,028 ^a
C18:0	10,105 ± 0,844 ^a	9,418 ± 0,835 ^a
C18:1n9c + C18:1n9t	29,848 ± 1,795 ^a	29,735 ± 0,670 ^a
C18:2n6c + C18:2n6t	23,160 ± 1,858 ^a	28,478 ± 3,111 ^b
C18:3n3 (alpha)	1,040 ± 0,028 ^a	1,540 ± 0,530 ^a
C20:0	0,143 ± 0,015 ^a	0,133 ± 0,030 ^a
C20:1n9	0,078 ± 0,056 ^a	0,110 ± 0,038 ^a
C21:0	0,030 ± 0,009 ^a	0,077 ± 0,090 ^a
C20:5n3	0,113 ± 0,005 ^a	0,130 ± 0,018 ^a
C22:0	0,113 ± 0,032 ^a	0,295 ± 0,239 ^a
C22:1n9	0,123 ± 0,090 ^a	0,068 ± 0,022 ^a
C22:2n6	0,235 ± 0,057 ^b	0,140 ± 0,010 ^a
C23:0	0,035 ± 0,007 ^a	0,037 ± 0,015 ^a
C23:0	0,058 ± 0,015 ^a	0,050 ± 0,018 ^a
C22:6n3	0,183 ± 0,060 ^a	0,115 ± 0,44 ^a
Σ SFA	36,835 ^a	34,065 ^a
Σ MUFA	36,185 ^a	34,318 ^a
Σ PUFA	23,710 ^a	28,358 ^b
Σ n-3	1,515 ^a	1,785 ^a
Σ n-6	16,395 ^a	28,603 ^b
Σ n-6/Σ n-3	10,233 ^b	15,756 ^a
Σ UFA/Σ SFA	1,691 ^a	1,897 ^b
Σ PUFA/Σ SFA	0,670 ^a	0,847 ^b
AI	0,700 ^b	0,579 ^a
TI	1,101 ^b	0,897 ^a

P1 – próba kontrolna; P2 – próba suplementowana czosnkiem niedźwiedzi

^{a-b} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Wnioski

1. Analiza składu chemicznego, pH, aktywności wody, parametrów barwy, zawartości barwników hemowych, wskaźnika stopnia utleniania lipidów (TBARS) wykazały, że dodatek czosnku niedźwiedziego (na poziomie 0,2% w mieszance paszowej) w żywieniu indyków nie wpłynął istotnie na jakość mięśni udowych.
2. Mimo, że czosnek niedźwiedzi zawiera cenne związki przeciwdrobnoustrojowe, analizy mikrobiologiczne nie wykazały istotnego wpływu jego dodatku w żywieniu indyków na liczbę *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes*.
3. Obserwacje zmian wartości wskaźnika utlenienia tłuszczu (TBARS) i potencjału antyoksydacyjnego mięśni udowych nie wykazały, że dodatek czosnku niedźwiedziego w żywieniu indyków (na poziomie 0,2% w mieszance paszowej) jest istotny w kształtowaniu stabilności oksydacyjnej mięsa.

2. Opracowanie receptury innowacyjnego produktu mięsnego

Cel badań

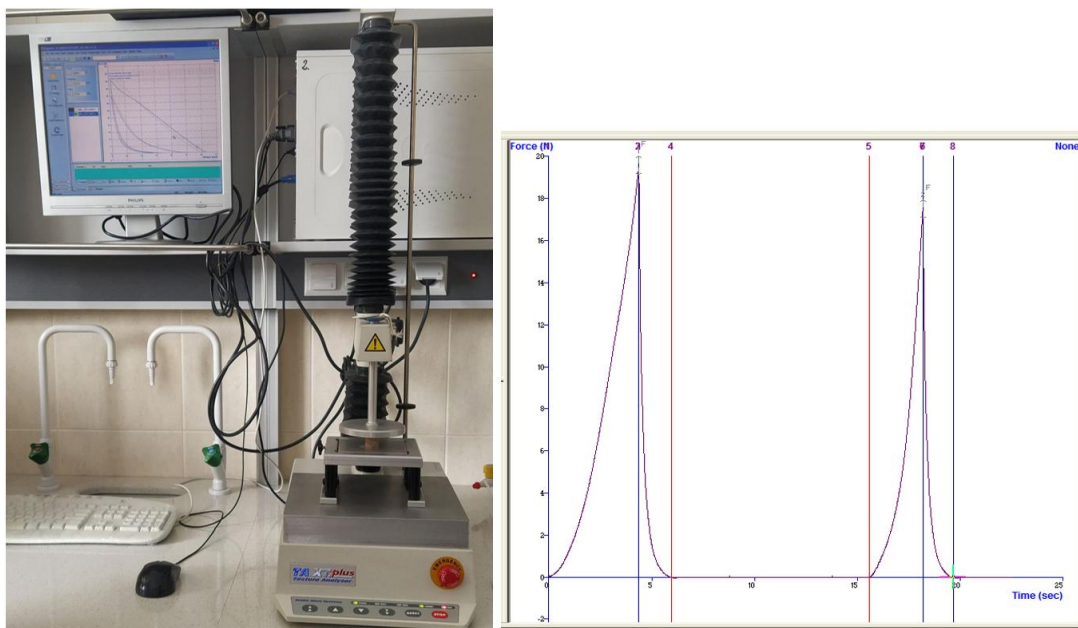
Celem niniejszego badania była ocena jakości i bezpieczeństwa hybrydowych produktów mięsnych wytworzonych z mięsa indyczego i czerwonej fasoli z dodatkiem kultur ochronnych SAFEPRO® B-LC-20.

Materiał i metodyka

Materiałem doświadczalnym były modelowe surowe hybrydowe produkty mięsne wyprodukowane z mięśni udowych indyków i fasoli czerwonej w proporcjach 100:0 (M100_B0), 60:40 (M60_B40), 50:50 (M50_B50) i 40:60 (M40_B60) (Rysunek 1). Receptura produktów hybrydowych uwzględniała dodatek 2% mieszanki peklującej (sól + azotyn sodu). Skład soli peklującej przewidywał wprowadzenie do produktu 50 mg/kg azotynu sodu. Zastosowano również kultury ochronne (SAFEPRO® B-LC-20, Chr. Hansen). Zgodnie z deklaracją producenta, kultury zawierały szczepy *Pediococcus acidilactici*. Przygotowane próbki poddano analizie tuż po ich przygotowaniu (dzień 0). Następnie próbki zapakowano próżniowo i przechowywano przez 15 dni. Podczas przechowywania analizy przeprowadzono po 8 i 15 dniach.

Przeprowadzono badania pH (PN-ISO 2917:2001), aktywności wody (Karwowska i in. 2020), parametrów barwy (AMSA, 2012), tekstury (Kononiuk i Karwowska, 2019), parametrów określających stabilność oksydacyjną tłuszczów TBARS (Pikul, 1989), profil kwasów tłuszczowych (Kononiuk i Karwowska, 2020), aktywność przeciwutleniającą produktów mięsnych (Zhu et al., 2013). Wykonano analizy mikrobiologiczne (*E. coli*, *Enterobacteriaceae*) w produktach mięsnych (Kononiuk i Karwowska, 2020). Obecność *L. monocytogenes* i *Salmonella spp.* wykonywano w Agrolab Polska Sp. z o. o. (Dęblin, Polska) (ISO 11290-1:2017, ISO 6579-1:2017-04).

Parametry tekstury określono przy pomocy teksturometru TA.XTplus firmy Stable MicroSystems metodą dwukrotnego ściskania. Stanowisko do badań było wyposażone w płytkę do ściskania P/100 i stolik przedmiotowy HDP/90. Dane z pomiaru rejestrowano i analizowano przy pomocy programu Texture Exponent 32. Próbkę do badań wycinane przy użyciu noża rurkowego miały kształt walca o średnicy i wysokości 20 mm. Próbkę ustawiano na stoliku przedmiotowym maszyny wytrzymałościowej i dwukrotnie deformowano pomiędzy dwoma równoległymi płaszczyznami z szybkością $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ do osiągnięcia 50% początkowej jej wysokości. Czas relaksacji naprężenia pomiędzy pierwszą a drugą deformacją wynosił 5 sekund. Podczas testu temperatura próbek wynosiła $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Próbkę przeznaczoną do testu chroniono przed osuszką (opakowanie foliowe).



Rysunek 1. Stanowisko do badania tekstury oraz przykładowa charakterystyka podwójnej deformacji próbki

Na podstawie zarejestrowanych zmian siły deformacji w funkcji przemieszczenia głowicy obliczano parametry tekstury przy pomocy specjalnie napisanego makroprogramu:

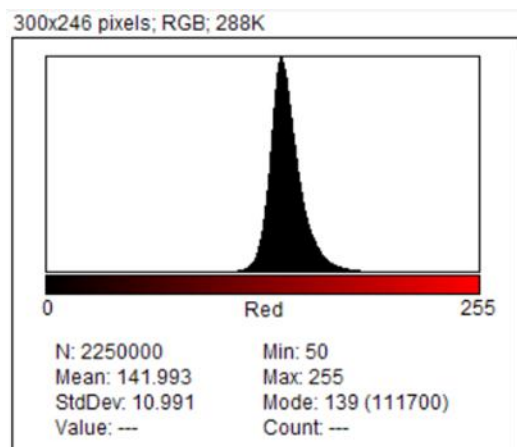
- twardość 1 (hardness) maksymalna siła podczas 1 deformacji, N (pik 2);
- spoistość (cohesiveness) stosunek pracy (dodatniej) wykonanej przez siły podczas kontaktu z próbką podczas 2 deformacji (pole 5-8) do analogicznej pracy podczas 1 deformacji (pole 1-4); opisuje stopień zniszczenia struktury wywołany kolejnymi deformacjami;
- elastyczność (springiness) miara zdolności próbki do odtworzenia wysokości pomiędzy 1 a 2 deformacją; stosunek czasu kontaktu sondy od początku do wystąpienia siły maksymalnej podczas 2 deformacji (odcinek 5-6) do analogicznego odcinka podczas 1 deformacji (odcinek 1-2);
- żujność (chewiness) odnosząca się do produktów o stałej konsystencji jest obliczana jako iloczyn twardości, spoistości i elastyczności.

W celu oceny wyglądu mikrostruktury produktu przeprowadzone zostały obserwacje dokumentowane fotograficznie przy użyciu komputerowego systemu wizyjnego z mikroskopem stereoskopowym (kamera 20MP współpracująca z mikroskopem stereoskopowym MSZ-100T); próbki materiału obserwowano w świetle odbitym; wygląd makrostruktury przekroju próbek dokumentowano / utrwalano przy użyciu komputerowego skanera płytowego; pliki zapisywano w formacie JPG. W tym celu próbki wyrobu były przekrawane ostrym nożem na połowy, układane płasko na szybie komputerowego skanera płytowego. Obrazy zapisywane były w formacie JPG.

Do analizy wykorzystywano m.in. program ImageJ (National Institutes of Health, USA). Program zastosowano do obliczenia i wyświetlenia histogramu rozkładu wartości szarości w aktywnym obrazie. Oś X przedstawia możliwe wartości szarości, a oś Y liczbę pikseli znalezionych dla każdej wartości szarości. W przypadku obrazów RGB domyślny histogram jest obliczany przez konwersję każdego piksela

na skalę szarości przy użyciu wzoru $(0,299 \times \text{czerwony} + 0,587 \times \text{zielony} + 0,114 \times \text{niebieski})$. Ponadto wyznaczone zostały histogramy dla składowych podstawowych czerwony (R), zielony (G) i niebieski (B). Z histogramów odczytywano wartość średnią i odchylenie standardowe jasności.

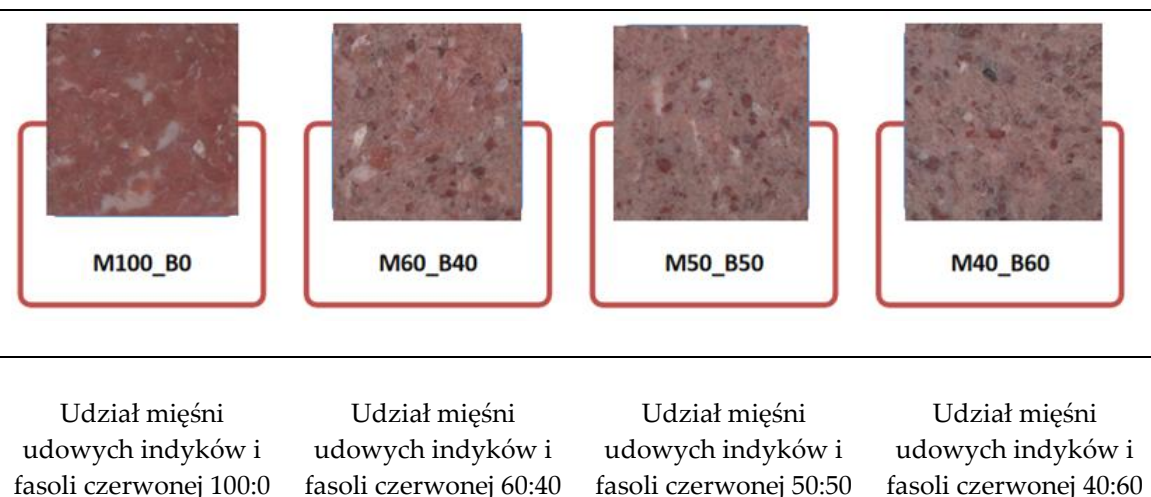
Zarejestrowane komputerowo obrazy farszów zostały poddane analizie optycznej, która obejmowała całość obrazu (N=2,25 MP).



Rysunek 2. Przykładowy histogram jasności koloru czerwonego (M100_B0)

Dodatkowo zostały wyznaczone (ImageJ: Analyze@Plot profile) profile optyczne charakteryzujące jasność próbki wzdłuż przekątnej obrazu (ImageJ: Edit@Drawing).

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 9.1 (StatSoft, Polska). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), istotność różnic między próbkami weryfikowano testem Tukeya.



Rysunek 3. Skład i wygląd przekroju poprzecznego hybrydowych produktów mięsnych

Wyniki badań

Wyniki pomiaru aktywności przeciwutleniającej hybrydowych produktów mięsnych wykazały statystycznie istotne różnice między formułacjami (Tabela 5). Dodatek czerwonej fasoli znacząco zwiększył aktywność przeciwutleniającą produktów w porównaniu z próbą M100_B0. Wraz ze wzrostem procentowej zawartości fasoli zaobserwowano wzrost aktywności przeciwutleniającej zarówno wobec rodnika ABTS, jak i DPPH.

Główne frakcje profilu kwasów tłuszczowych i wskaźniki jakości lipidów hybrydowych produktów mięsnych przedstawiono w tabeli 6. Dodatek fasoli w ilościach 50 i 60% skutkował istotnie wyższą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych SFA, a także istotnie niższymi wartościami sumy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA. Nie stwierdzono istotnych różnic między próbami pod względem jednonienasyconych kwasów tłuszczowych MUFA. Udział kwasów n-3 w profilach kwasów tłuszczowych hybrydowych produktów mięsnych był istotnie niższy w formułacji M50_B50 i M40_B60 niż w M100_B0 i M60_B40. Podobne zależności obserwowano w przypadku kwasów tłuszczowych n-6. Wraz ze wzrostem udziału fasoli czerwonej zawartość n-6 malała.

Wyniki oceny sensorycznej wykazały istotne różnice między analizowanymi produktami (Tabela 7). Różnice wykazano w przypadku wszystkich ocenianych parametrów z wyjątkiem barwy na przekroju, która została oceniona podobnie przez panelistów dla wszystkich produktów hybrydowych. Pod względem soczystości i twardości najwyższe oceny uzyskano dla produktów z 100% i 60% zawartością mięsa indyczego (M100_B0 i M60_B40), podczas gdy znacznie niższe oceny uzyskano dla produktów z 50% i 40% zawartością mięsa (M50_B50 i M40_B60). Podobne zależności uzyskano dla intensywności aromatu i smaku mięsnego, natomiast odwrotne były relacje dla intensywności aromatu i smaku fasolowego. Próba z 40% zawartością fasoli czerwonej (M60_B40) charakteryzowała się niską intensywnością zapachu i smaku fasolowego (odpowiednio 1,47 j.m. i 3,00 j.m.). Próby M100_B0 i M60_B40 uzyskały najwyższe wyniki pod względem ogólnej jakości. Co ciekawe, wynik próby z 40% dodatkiem fasoli nie różnił się znacząco od wyniku próby ze 100% zawartością mięsa.

Analiza statystyczna wyników badań mikrobiologicznych wykazała istotny wpływ udziału materiału roślinnego i czasu przechowywania na liczbę *Enterobacteriaceae*, bakterii kwasu mlekowego i *E. coli* w hybrydowych produktach mięsnych (Tabela 8). Przez cały okres przechowywania próbki zawierające 40, 50 i 60% czerwonej fasoli charakteryzowały się istotnie wyższą liczbą bakterii kwasu mlekowego w porównaniu z próbką zawierającą 100% mięsa indyczego. Do 8. dnia przechowywania nie zaobserwowano istotnych zmian w liczbie bakterii kwasu mlekowego w porównaniu z dniem 0, chociaż istotnie wyższe wartości zaobserwowano w 15. dniu przechowywania. Liczba *E. coli* w dniu 0 nie różniła się istotnie między próbkami i mieściła się w zakresie od 1,90 log CFU g⁻¹ do 2,10 log CFU g⁻¹. W dniach 8 i 15 zaobserwowano istotną redukcję liczby *E. coli* we wszystkich próbkach z wyjątkiem próbki M40_B60. Analiza obecności *Listeria monocytogenes* i *Salmonella spp.* nie wykazała obecności tych patogenów w próbkach na początku ani na końcu eksperymentu. Brak tych patogenów jest istotny w celu spełnienia kryteriów mikrobiologicznych zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 2073/2005.

Tabela 5. Potencjał przeciwutleniający i liczba TBARS hybrydowych produktów mięsnych

		M100_B0	M60_B40	M50_B50	M40_B60
ABTS [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	Dzień 0	0,078 ± 0,007 ^{aB}	0,091 ± 0,005 ^{bB}	0,096 ± 0,005 ^{bb}	0,099 ± 0,004 ^{bb}
	Dzień 8	0,051 ± 0,005 ^{aA}	0,072 ± 0,005 ^{bA}	0,079 ± 0,003 ^{bA}	0,087 ± 0,003 ^{cA}
	Dzień 15	0,101 ± 0,005 ^{aC}	0,107 ± 0,001 ^{bC}	0,114 ± 0,004 ^{cC}	0,127 ± 0,002 ^{dC}
DPPH [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	Dzień 0	0,133 ± 0,005 ^{aA}	0,150 ± 0,002 ^{bA}	0,153 ± 0,003 ^{bA}	0,155 ± 0,002 ^{bA}
	Dzień 8	0,138 ± 0,003 ^{aA}	0,147 ± 0,004 ^{bA}	0,152 ± 0,002 ^{bA}	0,155 ± 0,004 ^{bA}
	Dzień 15	0,137 ± 0,004 ^{aA}	0,146 ± 0,002 ^{bA}	0,149 ± 0,003 ^{bA}	0,152 ± 0,005 ^{bA}
TBARS [mg MDA kg ⁻¹]	Dzień 0	0,547 ± 0,025 ^{aA}	0,968 ± 0,092 ^{bA}	1,178 ± 0,102 ^{cA}	1,182 ± 0,091 ^{cA}
	Dzień 8	0,659 ± 0,026 ^{aB}	1,262 ± 0,231 ^{bb}	1,352 ± 0,193 ^{bb}	1,351 ± 0,127 ^{bb}
	Dzień 15	0,542 ± 0,029 ^{aA}	1,123 ± 0,113 ^{bb}	1,436 ± 0,208 ^{bb}	1,640 ± 0,134 ^{cC}

^{a-b} średnie oznaczone tymi samymi małymi literami w wierszu i wielkimi literami ^{A-C} w kolumnie nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Tabela 6. Profil kwasów tłuszczowych [%] i wskaźniki jakości lipidów hybrydowych produktów mięsnych

	M100_B0	M60_B40	M50_B50	M40_B60
Σ SFA	36,63 ± 0,92 ^a	37,72 ± 0,54 ^a	40,39 ± 0,04 ^b	41,33 ± 4,92 ^b
Σ MUFA	37,36 ± 0,24 ^a	38,02 ± 0,36 ^a	38,65 ± 0,17 ^a	37,26 ± 2,33 ^a
Σ PUFA	18,59 ± 1,87 ^b	15,67 ± 1,69 ^b	10,71 ± 0,31 ^a	12,49 ± 2,49 ^a
Σ n-3	1,21 ± 0,11 ^b	1,15 ± 0,12 ^b	0,84 ± 0,11 ^a	0,81 ± 0,12 ^a
Σ n-6	17,38 ± 1,76 ^c	14,52 ± 1,57 ^b	9,87 ± 0,30 ^a	11,68 ± 2,11 ^a
n-6/n-3	14,39 ± 0,22 ^b	12,62 ± 0,07 ^a	11,75 ± 0,24 ^a	12,51 ± 2,64 ^a
UFA/SFA	1,53 ± 0,09 ^c	1,42 ± 0,06 ^c	1,22 ± 0,01 ^a	1,36 ± 0,03 ^b
PUFA/SFA	0,51 ± 0,06 ^c	0,42 ± 0,05 ^c	0,27 ± 0,01 ^a	0,36 ± 0,02 ^b

^{a-c} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Tabela 7. Wyniki analizy sensorycznej hybrydowych produktów mięsnych

	M100_B0	M60_B40	M50_B50	M40_B60
Barwa na przekroju	8,43 ± 1,36 ^a	7,64 ± 1,90 ^a	7,50 ± 1,66 ^a	6,25 ± 2,25 ^a
Soczystość	5,43 ± 1,04 ^b	5,22 ± 1,37 ^b	2,38 ± 1,44 ^a	1,83 ± 1,31 ^a
Twardość	6,00 ± 2,06 ^b	5,58 ± 0,49 ^b	3,07 ± 1,24 ^a	1,58 ± 0,86 ^a
Intensywność zapachu mięsnego	7,97 ± 1,19 ^c	7,36 ± 1,17 ^c	5,56 ± 1,04 ^b	2,50 ± 1,54 ^a
Intensywność zapachu fasolowego	0,14 ± 0,21 ^a	1,47 ± 1,35 ^b	5,50 ± 1,73 ^c	7,10 ± 1,43 ^d
Intensywność smaku mięsnego	8,46 ± 1,8 ^b	6,98 ± 1,16 ^b	3,93 ± 1,34 ^a	3,48 ± 1,83 ^a
Intensywność smaku fasolowego	0,11 ± 0,15 ^a	3,00 ± 1,53 ^b	6,79 ± 1,75 ^c	7,75 ± 1,41 ^c
Jakość ogólna	8,11 ± 1,75 ^b	7,14 ± 1,34 ^b	3,10 ± 1,75 ^a	2,66 ± 0,59 ^a

^{a-c} średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Tabela 8. Wyniki analizy mikrobiologicznej hybrydowych produktów mięsnych

		M100_B0	M60_B40	M50_B50	M40_B60
<i>Enterobacteriaceae</i> [log CFU g ⁻¹]	Day 0	3,20 ± 0,11 ^{aA}	3,13 ± 0,16 ^{aA}	3,13 ± 0,18 ^{aA}	3,09 ± 0,21 ^{aA}
	Day 8	5,40 ± 0,33 ^{aB}	5,36 ± 0,57 ^{aB}	5,69 ± 0,30 ^{aB}	4,99 ± 0,44 ^{aB}
	Day 15	7,59 ± 0,63 ^{aC}	6,95 ± 0,28 ^{aC}	6,88 ± 0,31 ^{aC}	6,80 ± 0,24 ^{aC}
<i>Lactic acid bacteria</i> [log CFU g ⁻¹]	Day 0	7,72 ± 0,25 ^{aA}	8,18 ± 0,21 ^{bA}	8,05 ± 0,20 ^{bA}	8,42 ± 0,26 ^{bA}
	Day 8	7,31 ± 0,54 ^{aA}	8,09 ± 0,26 ^{bA}	8,11 ± 0,29 ^{bA}	8,17 ± 0,17 ^{bA}
	Day 15	8,06 ± 0,50 ^{aA}	9,28 ± 0,05 ^{bB}	9,41 ± 0,03 ^{bB}	9,57 ± 0,31 ^{bB}
<i>E. coli</i> [log CFU g ⁻¹]	Day 0	2,04 ± 0,12 ^{aB}	2,04 ± 0,15 ^{aA}	2,10 ± 0,10 ^{aB}	1,90 ± 0,35 ^{aA}
	Day 8	1,71 ± 0,27 ^{aA}	1,97 ± 0,28 ^{aA}	1,67 ± 0,28 ^{aA}	1,77 ± 0,24 ^{aA}
	Day 15	1,40 ± 0,25 ^{aA}	1,90 ± 0,19 ^{bA}	1,78 ± 0,16 ^{bA}	1,75 ± 0,15 ^{bA}
<i>L. monocytogenes</i> [CFU g ⁻¹]	Day 0	<10	<10	<10	<10
	Day 15	<10	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp. [CFU g ⁻¹]	Day 0	<10	<10	<10	<10
	Day 15	<10	<10	<10	<10

a–c średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Pomiary właściwości fizykochemicznych wykazały istotny wpływ stosunku mięsa do materiału roślinnego i czasu przechowywania na pH hybrydowych produktów mięsnych (Tabela 9). W dniach 0 i 8 próba z największym udziałem fasoli czerwonej (M40_B60) wykazała istotnie niższe pH w porównaniu do pozostałych prób. W ostatnim okresie przechowywania (dzień 15) produkty hybrydowe z fasolą czerwoną charakteryzowały się istotnie niższym pH (o około 0,4–0,5 jednostki) w porównaniu do próby wyprodukowanej w 100% z mięsa indyczego (M100_B0). Wartości aktywności wody nie różniły się istotnie między próbami. Nie zaobserwowano wpływu czasu przechowywania na ten parametr.

Tabela 9. Wyniki pH i aktywności wody hybrydowych produktów mięsnych

		M100_B0	M60_B40	M50_B50	M40_B60
pH	Day 0	5,95 ± 0,11 ^{bA}	5,93 ± 0,01 ^{bB}	5,91 ± 0,02 ^{bB}	5,79 ± 0,03 ^{aB}
	Day 8	5,94 ± 0,02 ^{aA}	5,88 ± 0,01 ^{bB}	5,88 ± 0,04 ^{bB}	5,81 ± 0,02 ^{aB}
	Day 15	5,95 ± 0,06 ^{bA}	5,39 ± 0,04 ^{aA}	5,45 ± 0,09 ^{aA}	5,55 ± 0,11 ^{aA}
a _w	Day 0	0,976 ± 0,002 ^{aA}	0,975 ± 0,002 ^{aA}	0,973 ± 0,003 ^{aA}	0,977 ± 0,001 ^{aA}
	Day 8	0,974 ± 0,006 ^{aA}	0,974 ± 0,006 ^{aA}	0,977 ± 0,005 ^{aA}	0,976 ± 0,006 ^{aA}
	Day 15	0,975 ± 0,003 ^{aA}	0,974 ± 0,004 ^{aA}	0,976 ± 0,005 ^{aA}	0,976 ± 0,004 ^{aA}

a–c średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią istotnie statystycznie przy $p \leq 0.05$

Najwyższą twardość (tabela 10) wykazywała próba bez dodatku fasoli (M100_B0 - 29,06 N). Twardość jej malała wraz ze wzrostem dodatku fasoli. Najniższą twardością cechowały się produkty z największym dodatkiem fasoli (M40_B60 - 7,77 N). Przechowywanie spowodowało wzrost twardości farszu bez dodatku fasoli (M100_B0) do 55,22 N. Należy zauważyć, że zastąpienie 40% mięsa przez fasolę (M60_B40) nie wpłynęło na twardość farszu na przestrzeni 10 dni przechowywania (16,37 N). Zamiana 50% mięsa przez fasolę (M50_B50)

spowodowała obniżenie twardości (6,75 N). Przy czym zamiana 60% mięsa (M40_B60) spowodowała nieznaczny wzrost twardości (8,67 N). Powyższe świadczy o tym, że dodatek fasoli (w zakresie przyjętym w eksperymencie) do farszu z mięsa indyka znacząco modyfikuje teksturę obniżając wartość ich twardości. Podobne spostrzeżenia dotyczą spoistości i elastyczności próbek farszu. Pierwsza z tych cech tekstury malała od wartości 0,4012 (M100_B0) do wartości 0,1544 (M40_B60). Druga malała od wartości 0,7729 (M100_B0) do wartości 0,2792 (M40_B60). Żujność będąca w sensie matematycznym iloczynem twardości, spoistości i elastyczności potwierdza powyższe spostrzeżenia.

Tabela 10. Parametry tekstury hybrydowych produktów mięsnych

		Twardość 1	Spoistość	Elastyczność	Żujność
M100_B0	1	29,06 ± 6,39	0,4012 ± 0,0313	0,7729 ± 0,0132	9,12 ± 2,55
M100_B0	10	55,22 ± 4,82	0,5193 ± 0,0527	0,7983 ± 0,0172	23,01 ± 3,93
M60_B40	1	16,37 ± 3,21	0,2790 ± 0,0259	0,5866 ± 0,0474	2,72 ± 0,78
M60_B40	10	16,37 ± 2,70	0,2807 ± 0,0255	0,6027 ± 0,0426	2,82 ± 0,76
M50_B50	1	12,46 ± 2,81	0,2302 ± 0,0462	0,5873 ± 0,2966	1,62 ± 0,73
M50_B50	10	6,75 ± 2,00	0,1640 ± 0,0405	0,3716 ± 0,0992	0,46 ± 0,31
M40_B60	1	7,77 ± 1,19	0,1544 ± 0,0280	0,2792 ± 0,0832	0,35 ± 0,23
M40_B60	10	8,67 ± 0,52	0,1569 ± 0,0075	0,3696 ± 0,0446	0,50 ± 0,05

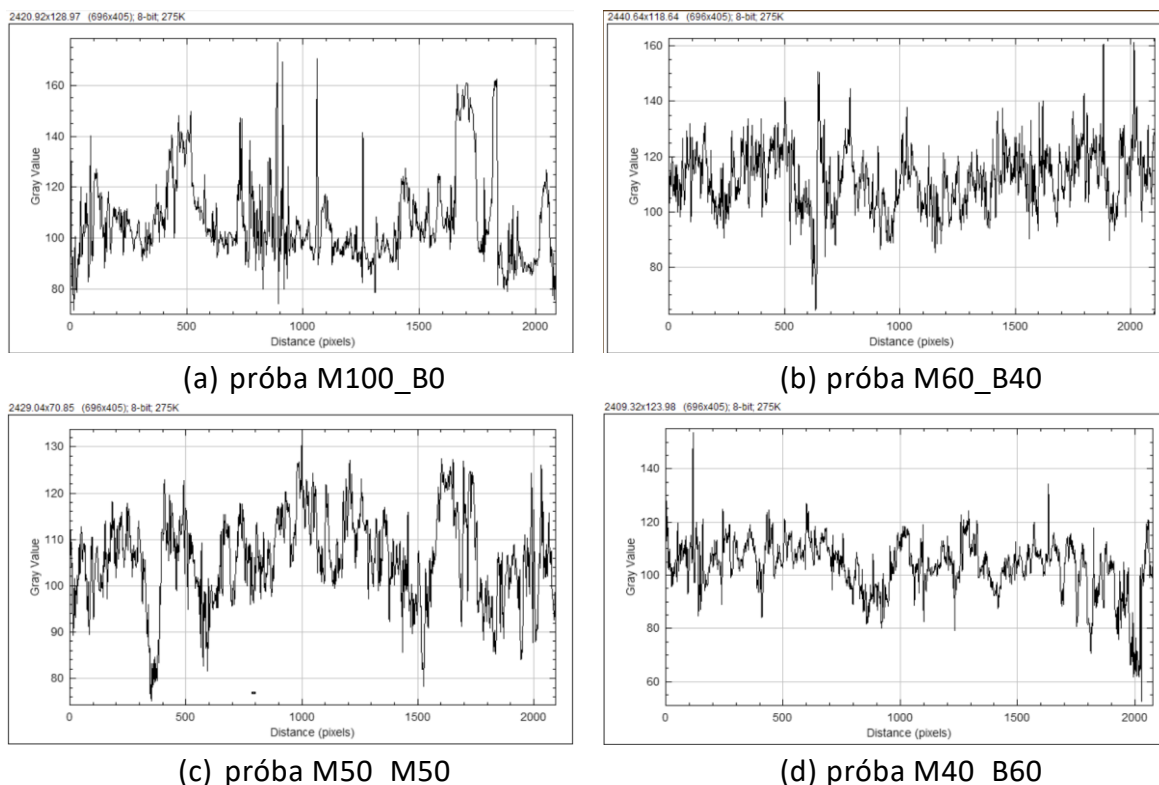
Zarejestrowane komputerowo obrazy farszów (Rysunek 2) poddano analizie optycznej, której skróconą charakterystykę zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 11. Parametry histogramów obrazów (N=2,25 MP) makroskopowych

Próba	Szary	Czerwony	Zielony	Niebieski
M100_B0	104,7 ± 14,4	142,0 ± 11,0	89,5 ± 16,4	85,6 ± 17,7
M60_B40	114,3 ± 15,7	140,2 ± 14,0	103,6 ± 16,9	101,4 ± 17,1
M50_B50	104,6 ± 10,4	123,5 ± 9,8	93,7 ± 11,1	95,5 ± 11,1
M40_B60	102,4 ± 11,4	117,4 ± 10,3	96,2 ± 12,2	95,2 ± 11,9

Dane ukazują, że próbka M60_B40 wykazywała najwyższą wartość jasności dla szarego, a także jasności składowych zielonej i niebieskiej. Pozostałe próbki wykazywały podobną wartość jasności barwy. Należy zauważyć, że farsze z dodatkiem fasoli wykazywały większą równomierność barwy, co wyraża się w mniejszych wartościach odchylenia standardowego od wartości średnich odczytanych z histogramów. Wraz ze wzrostem udziału fasoli w składzie farszu malała jasność barwy czerwonej od 142,0 do 117,4 i wzrastała wartość jasności składowej zielonej oraz niebieskiej, co należy wiązać z wprowadzeniem fasoli do receptury. W efekcie uzyskano szereg charakterystyk, z których wynika, że najmniejsze zróżnicowanie jasności barwy wykazuje próbka M40_B60 i M50_B50. Podczas gdy próbki M60_B40 i M100_B0 wykazują szerszy zakres zmienności jasności barwy. Jest to zgodne z danymi odnoszącymi się do pomiaru całej powierzchni (tabela 11). Ze względów praktycznych do oceny jednorodności

farszów można wykorzystać tak metodę analizy histogramów całej powierzchni obrazu próbki, jak też analizę histogramu liniowego przekątnej powierzchni obrazu.



Rysunek 4. Histogramy ukazujące zróżnicowanie optyczne jasności na przekątnych obrazów prób

Wnioski

1. Ilość czerwonej fasoli w składzie hybrydowych produktów mięsnych ma istotny wpływ na skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne, właściwości antyoksydacyjne, profil kwasów tłuszczowych i cechy sensoryczne.
2. Wraz ze wzrostem udziału czerwonej fasoli w składzie hybrydowych produktów, zaobserwowano mniej korzystny profil kwasów tłuszczowych i wskaźniki jakości lipidów, a także zmienione parametry sensoryczne w porównaniu do produktu w 100% mięsnego.
3. Produkty hybrydowe z większym udziałem materiału roślinnego wykazały wyższą aktywność antyoksydacyjną.
4. Formułacja hybrydowego produktu mięsnego z udziałem mięsa indyczego i fasoli w stosunku 60:40 jest zalecany jako optymalny, ponieważ taka kombinacja daje bezpieczny hybrydowy produkt mięsny o właściwościach podobnych do produktu wyprodukowanego z 100% udziałem mięsa.
5. Przeprowadzone badanie pozwoliło na opracowanie hybrydowych formułacji produktów mięsnych (z mięsem indyczym i fasolą w stosunku 60:40), które mogłyby potencjalnie spełnić oczekiwania konsumentów.
6. Badania tekstury wykazują, że wprowadzenie rozdrobnionej fasoli do składu farszu indyczego powoduje istotne zmniejszenie wielkości parametrów tekstury.

3. Zastosowanie innowacyjnego rozwiązania celem przedłużenia trwałości produktów mięsnych

Cel badań

Celem badań była ocena wpływu wprowadzania kultur bakteryjnych SafePro na powierzchnię produktu mięsnego w formie powłok ochronnych celem wydłużenia terminu przydatności do spożycia surowych produktów mięsnych oraz fortyfikacji błonnikiem cytrusowym na jakość hybrydowych produktów wyprodukowanych z mięsa indyczego oraz fasoli czerwonej w stosunku 40:60.

Materiał i metody

Materiałem badanym były surowe hybrydowe produkty mięsne (kiełbaski bezosłonkowe oraz pulpety) wyprodukowane w Zakładzie Mięsnym „Mościbrody”. Surowcem do produkcji wyrobów były mięśnie udowe z indyka oraz fasola czerwona w stosunku 60:40. Receptura produktów mięsnych uwzględniała również dodatek kultur bakteryjnych SAFEPRO® B-LC-20. Wyprodukowano dwa warianty hybrydowych wyrobów mięsnych: kontrolną (bez dodatku błonnika) oraz badawczą (z 1,5% dodatkiem błonnika cytrusowego).

Dodatkowo zastosowano wprowadzanie kultur bakteryjnych SafePro B-LC-48 na powierzchnię produktu mięsnego w formie powłok ochronnych celem wydłużenia terminu przydatności do spożycia surowych produktów mięsnych. Układ doświadczenia przedstawiono w Tabeli 8.

Badania jakości hybrydowych produktów, wyprodukowanych w warunkach przemysłowych, przeprowadzono w 1, 7 i 14 dobie przechowywania (MAP) w temperaturze 3°C oraz po 3 miesiącach przechowywania w temperaturze -18°C. Zakres badań obejmował analizy podstawowego składu chemicznego (białko, tłuszcz, woda, kolagen, sól), pH, aw, TBARS, profil kwasów tłuszczowych oraz analizy mikrobiologiczne w kierunku obecności *Listeria monocytogenes* oraz *Salmonella* spp. Przeprowadzono również ocenę cech sensorycznych hybrydowych produktów mięsnych oraz właściwości przeciwutleniających. Analizy prowadzono oparciu o metody opisane w pkt. 2. Parametry tekstury określono przy pomocy teksturometru TA.XTplus firmy Stable MicroSystems metodą dwukrotnego ściskania. Dane z pomiaru rejestrowano i analizowano przy pomocy programu Texture Exponent 32. Próbkę do badań wycinano przy użyciu noża rurkowego miały kształt walca o średnicy i wysokości 20 mm. Próbkę dwukrotnie deformowano pomiędzy dwoma równoległymi płaszczyznami z szybkością 2 mm·s⁻¹ do osiągnięcia 50% początkowej jej wysokości. Na podstawie zarejestrowanych zmian siły deformacji w funkcji przemieszczenia głowicy obliczano parametry tekstury przy pomocy specjalnie napisanego makroprogramu:

- ✓ twardość 1 (hardness) maksymalna siła podczas 1 deformacji. N;
- ✓ spoistość (cohesiveness) stosunek pracy (dodatniej) wykonanej przez siły podczas kontaktu z próbką podczas 2 deformacji do analogicznej pracy podczas

1 deformacji; opisuje stopień zniszczenia struktury wywołany kolejnymi deformacjami;

- ✓ elastyczność (springiness) miara zdolności próbki do odtworzenia wysokości pomiędzy 1 a 2 deformacją;
- ✓ żujność (chewiness) odnosząca się do produktów o stałej konsystencji jest obliczana jako iloczyn twardości, spoistości i elastyczności.

W celu oceny wyglądu mikrostruktury produktu przeprowadzone zostały obserwacje dokumentowane fotograficznie przy użyciu komputerowego systemu wizyjnego z mikroskopem stereoskopowym (kamera 20MP współpracująca z mikroskopem stereoskopowym MSZ-100T); próbki materiału obserwowano w świetle odbitym; wygląd makrostruktury przekroju próbek dokumentowano / utrwalano przy użyciu komputerowego skanera płytowego; pliki zapisywano w formacie JPG. W tym celu próbki wyrobu były przekrawane ostrym nożem na połowy, układane płasko na szybie komputerowego skanera płytowego. Obrazy zapisywane były w formacie JPG. Do analizy wykorzystywano m.in. program ImageJ (National Institutes of Health, USA).

Tabela 10. Układ doświadczenia

Kiełbasa biała, pulpety	
Próba P1	Próba P2
✓ Próba wyprodukowana z mięśni udowych indyka i fasoli czerwonej konserwowej w stosunku 60:40 ✓ z dodatkiem SafePro B-LC-20 (dodane do farszu w ilości 25 g/100 kg)	✓ Próba wyprodukowana z mięśni udowych indyka i fasoli czerwonej konserwowej w stosunku 60:40 ✓ z dodatkiem błonnika cytrusowego (1,5%) ✓ z dodatkiem SafePro B-LC-20 (dodane do farszu w ilości 25 g/100 kg) ✓ z powłoką żelu alginianowego z dodatkiem bakterii pro biotycznych SafePro B-LC-48 (w ilości 25g/200 kg żelu)

Wyniki badań

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały nieznaczny wpływ wprowadzenia błonnika cytrusowego oraz wprowadzenia powłoki żelu alginianowego z dodatkiem bakterii pro biotycznych SafePro B-LC-48 na oceniane wyróżniki sensoryczne (Tabela 12). Jakość ogólna produktów P1 i P2 (zarówno pulpetów, jak i kiełbasek) została oceniona przez panel oceniający na bardzo zbliżonym poziomie (odpowiednio 6,59, 6,31). Wprowadzenie błonnika do receptury hybrydowych produktów mięsnych wpłynęło na wzrost ocenianych parametrów tekstury, w szczególności twardości i żójności (Tabela 13, 14). Przechowywanie produktów przez 15 dni w warunkach chłodniczych spowodowało również obniżenie twardości, spoistości, elastyczności i żójności w przypadku zarówno pulpetów jak i kiełbasek.

Tabela 12. Wyniki oceny sensorycznej pulpetów i kielbasek

	P1	P2
barwa na przekroju	5,34 ± 0,55	5,06 ± 0,90
Soczystość	4,49 ± 1,07	4,53 ± 1,45
Twardość	3,29 ± 1,07	3,17 ± 1,67
Int. zapachu mięsnego	5,31 ± 1,88	5,29 ± 2,09
Int. zapachu fasolowego	2,67 ± 1,88	2,45 ± 2,54
Int. zapachu mięsnego	5,89 ± 2,24	5,32 ± 2,03
Int. zapachu fasolowego	2,82 ± 1,66	2,89 ± 1,50
Int. zapachu słonego	4,56 ± 1,90	4,49 ± 1,44
Jakość ogólna	6,59 ± 1,62	6,31 ± 1,12

Tabela 13. Parametry tekstury pulpetów podczas przechowywania w temperaturze 3°C (1 i 14 doba) oraz w temperaturze -18°C (3 m-ce)

		Twardość	Spoistość	Elastyczność	Żujność
P1	1 dzień	23,65 ± 1,66	0,3266 ± 0,0190	0,4470 ± 0,0194	3,46 ± 0,45
P2	1 dzień	28,58 ± 1,39	0,4117 ± 0,0136	0,5517 ± 0,0271	6,50 ± 0,52
P1	15 dzień	12,91 ± 0,57	0,3379 ± 0,0143	0,4081 ± 0,0293	1,78 ± 0,13
P2	15 dzień	15,29 ± 1,92	0,3747 ± 0,0333	0,5005 ± 0,0607	2,93 ± 0,79
P1	3 miesiąc	22,04 ± 2,48	0,3348 ± 0,0187	0,4098 ± 0,0204	3,03 ± 0,43
P2	3 miesiąc	24,35 ± 2,34	0,4266 ± 0,0516	0,5368 ± 0,0434	5,57 ± 0,94

Tabela 14. Parametry tekstury kielbasek podczas przechowywania w temperaturze 3°C (1 i 14 doba) oraz w temperaturze -18°C (3 m-ce)

		Twardość	Spoistość	Elastyczność	Żujność
P1	1 dzień	15,49 ± 0,62	0,2945 ± 0,0096	0,3767 ± 0,0224	1,72 ± 0,12
P2	1 dzień	21,35 ± 1,17	0,3666 ± 0,0082	0,4926 ± 0,0259	3,86 ± 0,35
P1	15 dzień	10,82 ± 0,49	0,2867 ± 0,0118	0,3537 ± 0,0131	1,10 ± 0,05
P2	15 dzień	14,92 ± 0,59	0,3266 ± 0,0089	0,5234 ± 0,0458	2,55 ± 0,25
P1	3 miesiąc	17,46 ± 1,01	0,2878 ± 0,0180	0,3739 ± 0,0280	1,89 ± 0,30
P2	3 miesiąc	22,59 ± 0,95	0,3369 ± 0,0078	0,4880 ± 0,0099	3,71 ± 0,19

Tabela 15. Wyniki analiz mikrobiologicznych pulpetów i kiełbasek podczas przechowywania w temperaturze 3°C (1 i 14 doba) oraz w temperaturze -18°C (3 m-ce)

		Pulpety		Kiełbaski	
		P1	P2	P1	P2
<i>Enterobacteriaceae</i> [log CFU g ⁻¹]	1 dzień	3,23	3,08	2,66	3,20
	7 dzień	2,44	2,54	2,36	2,43
	15 dzień	2,25	2,07	1,77	2,18
	3 miesiąc	2,18	1,52	1,93	2,28
<i>Lactic acid bacteria</i> [log CFU g ⁻¹]	1 dzień	7,25	7,20	6,32	6,74
	7 dzień	8,32	7,30	7,51	8,46
	15 dzień	8,07	8,78	8,89	8,38
	3 miesiąc	6,64	6,77	6,89	6,59
<i>F. coli</i> [log CFU g ⁻¹]	1 dzień	2,25	1,86	1,32	1,65
	7 dzień	1,65	1,50	1,86	1,32
	15 dzień	1,63	1,32	1,33	1,34
	3 miesiąc	1,32	1,32	1,32	1,52
<i>M. monocytogenes</i> [CFU g ⁻¹]	1 dzień	<10	<10	<10	<10
	15 dzień	<10	<10	<10	<10
	3 miesiąc	<10	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp. [CFU g ⁻¹]	1 dzień	<10	<10	<10	<10
	15 dzień	<10	<10	<10	<10
	3 miesiąc	<10	<10	<10	<10

Tabela 16. Wyniki analiz aktywności przeciwutleniającej pulpetów i kiełbasek podczas przechowywania w temperaturze 3°C (1 i 14 doba) oraz w temperaturze -18°C (3 m-ce)

		Pulpety		Kiełbaski	
		P1	P2	P1	P2
ABTS [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	1 dzień	0,124 ± 0,005	0,129 ± 0,002	0,121 ± 0,002	0,122 ± 0,004
	7 dzień	0,078 ± 0,003	0,088 ± 0,002	0,058 ± 0,006	0,074 ± 0,004
	15 dzień	0,070 ± 0,008	0,077 ± 0,006	0,028 ± 0,005	0,057 ± 0,008
	3 miesiąc	0,136 ± 0,004	0,143 ± 0,004	0,125 ± 0,004	0,145 ± 0,002
DPPH [mg Trolox eqv. g ⁻¹]	1 dzień	0,141 ± 0,003	0,145 ± 0,001	0,140 ± 0,002	0,143 ± 0,002
	7 dzień	0,142 ± 0,004	0,145 ± 0,003	0,139 ± 0,002	0,142 ± 0,002
	15 dzień	0,118 ± 0,004	0,143 ± 0,002	0,107 ± 0,007	0,139 ± 0,003
	3 miesiąc	0,139 ± 0,004	0,149 ± 0,002	0,132 ± 0,002	0,142 ± 0,002



P1



P2

Rysunek 2. Obrazy makroskopowe przekrojów pulpetów i kiełbasek

Wnioski

1. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały nieznaczny wpływ wprowadzenia błonnika cytrusowego oraz powłoki żelu alginianowego z dodatkiem bakterii probiotycznych SafePro B-LC-48 na oceniane wyróżniki sensoryczne.
2. Wprowadzenie błonnika do receptury hybrydowych produktów mięsnych wpłynęło na wzrost ocenianych parametrów tekstury, w szczególności twardości i żółności.
3. Analizy mikrobiologiczne nie wykazały obecności *Listeria monocytogenes* oraz *Salmonella spp* w próbach produktów hybrydowych.
4. Wprowadzenia błonnika cytrusowego oraz powłoki żelu alginianowego z dodatkiem bakterii probiotycznych SafePro B-LC-48 nie wpłynęło znacząco na potencjał przeciwutleniający pulpetów i kiełbasek.
5. Fortyfikacja hybrydowych wyrobów mięsnych błonnikiem cytrusowym istotnie podwyższyła ich walory żywieniowe. Wyroby wyprodukowane z mięśni udowych indyków oraz fasoli czerwonej (60:40) z dodatkiem błonnika cytrusowego (1,5%) wykazują cechy żywności funkcjonalnej, gdyż są źródłem błonnika pokarmowego.

Literatura

1. American Meat Science Association (2012), Meat Color Measurements Guidelines, Pp, 45–52, Champaign, IL, USA: AMSA.
2. Hornsey H, C (1956), The color of cooked cured pork, I, Estimation of the nitric oxide-heme pigments, Journal of the Science of Food and Agriculture, 7, 534–540.
3. Karwowska M, Kononiuk A, Wójciak K, (2020), Impact of Sodium Nitrite Reduction on Lipid Oxidation and Antioxidant Properties of Cooked Meat Products, Antioxidants 9, 1, 9.
4. Kononiuk A, Karwowska M, (2019), Porównanie zmian fizykochemicznych i proteolitycznych zachodzących w kiełbasach surowo dojrzewających z mięsa wołowego i z mięsa daniela podczas ich przechowywania, Żywność Nauka Technologia Jakość 26, 1 (118), 137-154.

5. Kononiuk A, Karwowska M, (2020), Bioactive compounds in fermented sausages prepared from beef and fallow deer meat with acid whey addition, *Molecules*, 25, 10.
6. Kononiuk A, Karwowska M, (2020), Comparison of selected parameters related to food safety of fallow deer and beef uncured fermented sausages with freeze-dried acid whey addition, *Meat Science* 161, 108015.
7. Pikul, J, Leszczyński, D,E, & Kummerow, F,A, (1989), Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 1309-1315.
8. PN-ISO 2917:2001 Mięso i przetwory mięsne - Pomiar pH - Metoda odwoławcza.
9. ISO 11290-1:2017—Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp.
10. ISO 6579-1:2017-04 - Microbiology of the food chain - Horizontal method for detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: Detection of *Salmonella* spp.
11. Zhu, C,Z, Zhang, W,G, Zhou, G,H, Xu, X,L, Kang, Z,L, Yin, Y, Isolation and identification of antioxidant peptides from Jinhua ham, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2013, 61(6), 1265-1271.

Upowszechnianie wyników badań

Doniesienia konferencyjne:

1. MAŁGORZATA KARWOWSKA, DARIUSZ M, STASIAK, ELŻBIETA SOLSKA, AGATA NOWACZYK, KRZYSZTOF BORKOWSKI 2024, Trwałość przechowalnicza surowych wyrobów z mięśni udowych indyków z dodatkiem fasoli czerwonej oraz kultur bakteryjnych SAFEPRO® B-LC-20, Materiały VIII sympozjum naukowego "Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności", s, 9-10, Kiry (k, Zakopanego), 15 - 17 kwietnia 2024.
2. DARIUSZ M, STASIAK, MAŁGORZATA KARWOWSKA, ELŻBIETA SOLSKA, AGATA NOWACZYK, MATEUSZ NIEDZIELAK 2024, Wpływ zastosowania czosnku niedźwiedziego (*Allinum ursinum* L,) w żywieniu indyków na cechy fizykochemiczne i bezpieczeństwo mikrobiologiczne mięśni udowych, Materiały VIII sympozjum naukowego "Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności", s, 29-30, Kiry (k, Zakopanego), 15 - 17 kwietnia 2024,
3. PATRYCJA SKWAREK, MAŁGORZATA KARWOWSKA 2024, Wpływ zastosowania czosnku niedźwiedziego (*Allinum Ursinum* L) w żywieniu indyków na potencjał przeciwutleniający mięsa, Żywność wobec wyzwań współczesnego świata, Materiały XXVIII sesji naukowej sekcji młodej kadry naukowej, Gdańsk 16-17 maj 2024, s, 43.
4. MAŁGORZATA KARWOWSKA, DARIUSZ M, STASIAK, PATRYCJA SKWAREK, KRZYSZTOF BORKOWSKI 2024, Zastosowanie bioprotekcji w produkcji wyrobów z mięsa indyka o cechach żywności wygodnej, Materiały Konferencji naukowej "Przyszłość żywności czy żywność przyszłości?",s, 32, Kraków 27-28 czerwiec 2024, Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, 978-83-962880-5-9
5. MAŁGORZATA KARWOWSKA, DARIUSZ M, STASIAK, PATRYCJA SKWAREK, Application of biprotective cultutres in hybrid meat products, Proceedings of the 10th International Conference on the Quality and Safety in Food Production Chain, s, 44, Wrocław 12-13 wrzesień 2024, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, DOI: 10,30825/4,18,2024
6. MAŁGORZATA KARWOWSKA, PATRYCJA SKWAREK, ELŻBIETA SOLSKA, AGATA NOWACZYK, PRZEMYSŁAW WOJTAŚ 2024, Hybrydowe produkty mięsne jako żywność funkcjonalna, Materiały konferencyjne X Ogólnopolskiej konferencji naukowej Żywność - Żywienie - Dietetyka, Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne, s, 37-38, Częstochowa 21-22 listopada 2024.

Artykuły w czasopismach krajowych branżowych:

1. MAŁGORZATA KARWOWSKA 2024, Wpływ bioprotekcji na jakość i bezpieczeństwo produktów mięsnych (The impact of bioprotection on the quality and safety of meat products), *Przemysł Spożywczy*, T, 78, nr 12, s, 34 – 37.
2. MAŁGORZATA KARWOWSKA 2025, Hybrydowe produkty mięsne – szanse i wyzwania dla przemysłu mięsnego, *Przemysł Spożywczy*, T, 79, nr 1, s, 34-37.

Artykuły w czasopismach o zasięgu międzynarodowym:

6. MAŁGORZATA KARWOWSKA, PATRYCJA SKWAREK, ELŻBIETA SOLSKA, AGATA NOWACZYK, ANDRZEJ GOŁAWSKI, PRZEMYSŁAW WOJTAŚ, DARIUSZ M, STASIAK 2025, Safety, sensory quality and nutritional value of hybrid meat products made from turkey meat and red beans preserved with a bioprotective culture, *Molecules*, 30, 3, 691, DOI: 10,3390/molecules30030691
7. MAŁGORZATA KARWOWSKA, PATRYCJA SKWAREK, ELŻBIETA SOLSKA, AGATA NOWACZYK, DARIUSZ M, STASIAK, MATEUSZ NIEDZIELAK 2025, Nutritional values, physicochemical and microbiological properties of turkey thigh muscle—effect of wild garlic (*Allium ursinum* L.) supplementation, *Applied Sciences*, 15, 5, 2715, DOI: 10,3390/app15052715