Warszawa, dnia 13.11.2026

INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 36
NIP: 525-000-82-64, REGON: 000053835, KRS: 0000126823
tel. 22 606 36 00, e-mail: ibprs@ibprs.pl, https://www.ibprs.pl

Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

ul. Wspólna 30

00-930 Warszawa

**SPRAWOZDANIE**

**z zadania w zakresie rolnictwa ekologicznego w 2026 r.**

**pt. Produkcja zwierzęca metodami ekologicznymi. Badania dotyczące opracowania innowacyjnych metod dla utrzymania higieny i profilaktyki w ekologicznym chowie zwierząt. Opracowanie przewodnika dla rolnika w tym zakresie. Temat: Zastosowanie mikrobioty serwatki kwasowej w bioprotekcji hodowli drobiu ekologicznego.**

Wykonanego na podstawie dotacji przedmiotowej udzielonej na podstawie § 8 ust. 1 pkt 2, ust. 2 pkt 2 i ust 10 rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 r. *w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa* (Dz. U. z 2019 r. poz. 1522) Decyzja nr DEJ.re.765.12.2026 **z dnia 08.04.2026r.**

**Jednostka badawczo-rozwojowa**

**Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy**

**Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu – Kierownik Zakładu: dr inż. Piotr Szymański**

ul. Rakowiecka 36

02-532 Warszawa

tel.: 848 02 24, 849 50 39, 606 36 00; fax: 849 04 26 (28), e-mail: ibprs@ibprs.pl

**nr konta** 67 1240 1095 1111 0000 0336 5564, Bank PEKAO S.A.

**Status prawny działania jednostki:** KRS nr 0000126823

Signature Not Verified
Dokument podpisany przez
Marek Roszko
Data: 2026.11.13 11:43:54 CET

.....

pieczęć i podpis wnioskodawcy

Otrzymują:

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Departament Rolnictwa Ekologicznego i Jakości Żywności

**SPRAWOZDANIE**

**Z BADAŃ NA RZECZ ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO**

**FINANSOWANYCH PRZEZ MRiRW W 2026 ROKU**

# „PRODUKCJA ZWIERZĘCA METODAMI EKOLOGICZNYMI. BADANIA DOTYCZĄCE OPRACOWANIA INNOWACYJNYCH METOD DLA UTRZYMANIA HIGIENY I PROFILAKTYKI W EKOLOGICZNYM CHOWIE ZWIERZĄT. OPRACOWANIE PRZEWODNIKA DLA ROLNIKA W TYM ZAKRESIE.

## TEMAT: ZASTOSOWANIE MIKROBIOTY SERWATKI KWASOWEJ W BIOPROTEKCJI HODOWLI DROBIU EKOLOGICZNEGO”

KIEROWNIK ZADANIA: Dr inż. Piotr Szymański, Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dolatowski

WARSZAWA, 2026

**REALIZACJA PROJEKTU**

**Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego**
**im. prof. Wacława Dąbrowskiego - Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu**

**Wykonawcy:**
**IBPRS-PIB**

- Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dolatowski
- Dr inż. Piotr Szymański
- Dr inż. Anna Okoń-Łuniewska
- Dr inż. Beata Łaszkiewicz
- Dr inż. Anna Łepecka
- Mgr inż. Urszula Siekierko
- Mgr inż. Dorota Grzeszczak
- Mgr inż. Aneta Kern-Jędrychowska
- Mgr inż. Jakub Kern-Jędrychowski
- Mgr inż. Magdalena Skorupska
- Mgr inż. Zuzanna Moskal
- Mgr inż. Dominika Opat
- Mgr Agnieszka Malitka
- Mgr inż. Marianna Ohanayan
- Martyna Górska
- Magdalena Kaczmarczyk
- Tech. Wiesława Popławska

**Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**

**Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności:**

- Dr hab. Dorota Zielińska, prof. SGGW
- Dr hab. Katarzyna Neffe- Skocińska, prof. SGGW
- Dr hab. Ewa Długosz, prof. SGGW
- Dr hab. Aleksandra Szydłowska
- Dr inż. Barbara Sionek
- Dr inż. Marcin Kruk
- Dr hab. Ewa Długosz, prof. SGGW
- Mgr Klaudia Glegoła

**Katedra Patologii i Diagnostyki Weterynaryjnej:**

- Dr hab. Beata Dolka

## Gospodarstwie ekologiczno-produkcyjnym Jadwiga Farat:

- Jadwiga Farat
- Mariusz Farat

**Spis treści**

Część I (Wprowadzenie do problemu badawczego) ……...…….8

Część II (Wyniki badań)…….....33

Część III (Podsumowanie i wnioski)…….……..……...…….124

Część IV (Literatura i publikacje)……128

Część V (Poradnik)……..131

**Schemat sprawozdania**

Badania zostały przeprowadzone w zakresie dwóch czynnościowych zadań: A i B.

A. Wpływ mikrobioty serwatki kwasowej zastosowanej w procesie chowu brojlerów na zdrowie ptaków i wydajność rzeźną oraz ocena bioróżnorodności przewodu pokarmowego (mikrobiomu) i uzyskanego mięsa.

B. Wpływ zastosowania mikrobioty serwatki kwasowej w chowie brojlerów na jakość żywieniową, zdrowotną, mikrobiologiczną oraz sensoryczną mięsa

Sprawozdanie składa się z czterech części:
- część I - Wprowadzenie do problemu badawczego,
- część II - Wyniki badań,
- część III - Podsumowanie i wnioski,
- część IV - Literatura i publikacje,
- część V – Poradnik.

## Streszczenie badań

Mikrobiotę ekologicznej serwatki kwasowej stanowią głównie bakterie fermentacji mlekowej (LAB). Badania przeprowadzone w IBPRS-PIB wskazują, że bakterie te mają unikalne właściwości, które mogą odgrywać kluczową rolę w naturalnej bioprotekcji drobiu. Poprzez stabilizację środowiska chowu i mikrobioty przewodu pokarmowego ptaków, wspieranie odporności oraz ograniczanie rozwoju patogenów, mogą stanowić naturalną alternatywę dla środków chemicznych i antybiotyków.

Celem proponowanych badań było zastosowanie mikrobioty serwatki kwasowej, pozyskanej regionalnie w bioprotekcji hodowli drobiu ekologicznego. Koncepcja naszych badań zakładała inokulację bakteriami fermentacji mlekowej z serwatki kwasowej paszy dla tuczonych kurczaków oraz środowiska (kurnik, ściółka) dla poprawy higieny i profilaktyki chowu. Dokonana została ocena skuteczności zaproponowanych rozwiązań technologicznych, przygotowania i wprowadzenia do systemu chowu naturalnej mikrobioty serwatki kwasowej poprzez przeprowadzenie niezbędnych badań zdrowotności ptaków, oceny bioróżnorodności, badań mikrobiologicznych, fizykochemicznych i sensorycznych pozyskanego mięsa.

Proponowane badania podzielone zostały na dwa powiązane ze sobą zadania badawcze. W pierwszym etapie zbadano wpływ mikrobioty serwatki kwasowej zastosowanej w procesie chowu brojlerów na zdrowie ptaków i wydajność rzeźną oraz przeprowadzono ocenę bioróżnorodności przewodu pokarmowego (mikrobiomu) i uzyskanego mięsa. W drugim etapie oceniono wpływ zastosowania mikrobioty serwatki kwasowej w chowie brojlerów na jakość żywieniową, zdrowotną, mikrobiologiczną oraz sensoryczną mięsa.

Uzyskane wyniki stanowią podstawę do opracowania innowacyjnych, naturalnych strategii poprawy higieny chowu i profilaktyki zdrowotnej ptaków, opartych na regionalnych niszach mikrobiologicznych, przyczyniających się do ograniczenia ryzyka zoonotycznego oraz wzmocnienia bezpieczeństwa żywności, przy jednoczesnym zachowaniu zasad rolnictwa ekologicznego i zrównoważonego rozwoju.

## Część I
## Wprowadzenie do problemu badawczego

Rolnictwo ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia globalnego bezpieczeństwa żywnościowego i zrównoważonego rozwoju, zwłaszcza w obliczu obecnych wyzwań, takich jak zmiany klimatyczne, wzrost liczby ludności i wyczerpywanie się zasobów. Wzajemne powiązania między rolnictwem, bezpieczeństwem żywności i zrównoważonym rozwojem, koncentrują się na bieżących wyzwaniach, innowacjach i strategiach mających na celu rozwiązanie krytycznych problemów. Przewiduje się, że popyt na żywność znacznie wzrośnie, co będzie wymagało systemów rolniczych, które zwiększą wydajność, ale równocześnie zapewnią zrównoważenie środowiskowe. Jednak obecne konwencjonalne praktyki rolnicze pogłębiły degradację gleby, niedobór wody i emisję gazów cieplarnianych, stwarzając poważne zagrożenia dla długoterminowego bezpieczeństwa żywnościowego.

Chów ekologiczny drobiu stanowi istotny element zrównoważonego systemu produkcji żywności, odpowiadającego na rosnące oczekiwania konsumentów dotyczące dobrostanu zwierząt, bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko. Jednocześnie system ten wiąże się z licznymi wyzwaniami, w szczególności w zakresie utrzymania odpowiedniego zdrowia ptaków oraz uzyskiwania satysfakcjonujących efektów produkcyjnych i ekonomicznych. Problemem w ekologicznym chowie drobiu są restrykcyjne ograniczenia dotyczące stosowania syntetycznych środków chemicznych, w tym antybiotyków, kokcydiostatyków oraz dezynfektantów, które w konwencjonalnych systemach produkcji stanowią podstawowe narzędzie profilaktyki i leczenia chorób. Ograniczone możliwości interwencji farmakologicznej zwiększają ryzyko występowania chorób zakaźnych i pasożytniczych, prowadzą do pogorszenia wskaźników zdrowotnych stad, wzrostu śmiertelności oraz obniżenia wydajności produkcji. Szczególne znaczenie mają również zaburzenia funkcjonowania przewodu pokarmowego, które negatywnie wpływają na wykorzystanie paszy, odporność ptaków oraz sprzyjają kolonizacji jelit przez patogeny bakteryjne, takie jak *Salmonella spp*., *Campylobacter spp*. czy *Escherichia coli*. Drobnoustroje te stanowią zagrożenie nie tylko dla zdrowia drobiu, lecz również dla zdrowia publicznego, ponieważ mogą być przenoszone do człowieka wraz z produktami pochodzenia zwierzęcego, przyczyniając się do zatruć pokarmowych i zakażeń odzwierzęcych. W obliczu globalnych działań ukierunkowanych na ograniczenie stosowania antybiotyków w produkcji zwierzęcej oraz przeciwdziałanie narastającej antybiotykooporności, szczególnego

znaczenia nabiera poszukiwanie naturalnych, skutecznych i bezpiecznych metod bioprotekcji (bioasekuracji) oraz odpowiedniej, naturalnej profilaktyki zdrowotnej stad drobiu, zgodnych z zasadami rolnictwa ekologicznego. Bioprotekcja to system kompleksowych działań i zasad mających na celu ochronę stad zwierząt przed chorobami zakaźnymi, patogenami i zanieczyszczeniami, a także wspieranie ich zdrowia poprzez naturalne metody by zwiększyć odporność. Jednym z najbardziej perspektywicznych kierunków badań jest wykorzystanie mikroorganizmów o właściwościach probiotycznych i antagonistycznych wobec patogenów, które mogą wspierać zdrowie zwierząt poprzez stabilizację mikrobioty jelitowej oraz modulowanie odpowiedzi immunologicznej. Ekologiczna serwatka kwasowa jest naturalnym produktem ubocznym przetwórstwa mleka, charakteryzującym się bogatą i zróżnicowaną mikrobiotą, zdominowaną przez bakterie fermentacji mlekowej (LAB), w tym przedstawicieli rodzajów *Lactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Limosilactobacillus*, *Leuconostoc* oraz *Pediococcus*. Bakterie te wykazują zdolność do produkcji kwasu mlekowego, bakteriocyn oraz innych metabolitów o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, a także konkurują z patogenami o składniki odżywcze i miejsca adhezji w przewodzie pokarmowym gospodarza. Badania prowadzone w Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego – Państwowym Instytucie Badawczym (IBPRS-PIB), Zakładzie Technologii Mięsa i Tłuszczu wskazują, że mikrobiota ekologicznej serwatki kwasowej charakteryzuje się unikalnym składem oraz wysoką aktywnością biologiczną, co stwarza realny potencjał do jej praktycznego zastosowania w bioprotekcji oraz profilaktyce zdrowotnej drobiu ekologicznego. Wprowadzenie tej mikrobioty do środowiska chowu lub do diety ptaków może sprzyjać stabilizacji mikroflory przewodu pokarmowego, poprawie funkcjonowania bariery jelitowej oraz wzmocnieniu mechanizmów odporności nieswoistej. Istotnym aspektem proponowanych przez nas rozwiązań jest również wpływ zwiększonej bioróżnorodności mikrobiologicznej na potencjalne ograniczenie obecności patogenów w stadach drobiu oraz zmniejszenie ryzyka ich przenoszenia na człowieka. Stabilna i zróżnicowana mikrobiota jelitowa odgrywa kluczową rolę w zjawisku oporności kolonizacyjnej, polegającym na konkurencyjnym wypieraniu patogenów przez mikroorganizmy komensalne. W warunkach zwiększonej różnorodności mikrobiologicznej dochodzi do ograniczenia namnażania się bakterii chorobotwórczych w przewodzie pokarmowym ptaków, a w konsekwencji do zmniejszenia ich wydalania do środowiska chowu, w tym do ściółki oraz odchodów. Naturalna różnorodność biologiczna, jak również jej utrata, może wpływać na transmisję patogenów na linii zwierzę–człowiek, a tym samym na prawdopodobieństwo przeniesienia się nowych patogenów na populację ludzką. Przenoszenie międzygatunkowe jest wynikiem złożonych interakcji pomiędzy cechami

patogenu, przebiegiem infekcji oraz zachowaniem i ekologią pierwotnego gospodarza. Co istotne, zróżnicowane zbiorowiska gatunków żywicieli mogą stanowić rezerwuar nowych patogenów, czemu poświęcono szczególnie dużo uwagi w badaniach nad mechanizmami pojawiania się chorób zakaźnych. W najpowszechniejszym modelu koncepcyjnym łączącym różnorodność biologiczną z pojawianiem się chorób, różnorodność biologiczna składa się z gatunków, które są nosicielami różnorodnych patogenów, z których każdy może mieć cechy umożliwiające mu skuteczne przenoszenie do człowieka. Przenoszenie drobnoustrojów ze zwierząt na ludzi odbywało się przez tysiąclecia. Niektóre z tych mikrobów spowodowały plagi naszych przodków, od dżumy, przez ospę prawdziwą, po gruźlicę. Ostatnio ludzie zmierzyli się z AIDS, Ebolą, Covid-19 i innymi zagrożeniami. Wydaje się, że tak zwane choroby odzwierzęce, które wynikają z międzygatunkowego przenoszenia patogenów między ludźmi a innymi kręgowcami, pojawiają się coraz częściej. Różnorodność biologiczna roślin uprawnych i zwierząt gospodarskich jest niezbędna do hodowli nowych odmian odpornych na patogeny, szkodniki, choroby i stresy środowiskowe. Jednak nowoczesne praktyki rolnicze, takie jak monokultura i powszechne stosowanie środków chemicznych, zmniejszyły różnorodność biologiczną gospodarstw i środowiska. Utrata różnorodności biologicznej zmniejsza zdolność rolnictwa do przystosowania się do zmieniających się warunków i osłabia usługi ekosystemowe, takie jak zapylanie, żyzność gleby, różnorodność mikrobiologiczną które mają kluczowe znaczenie dla produkcji prozdrowotnej żywności. Utrzymanie i zwiększanie różnorodności biologicznej w rolnictwie ma zasadnicze znaczenie dla długoterminowej równoważności systemów żywnościowych. Obejmuje to zachowanie tradycyjnych odmian roślin uprawnych, żywienia zwierząt i drobiu oraz ochronę siedlisk przyrodniczych, które wspierają pożyteczne gatunki mikrobiologiczne otoczenia. Działania ochronne na poziomie środowiska, gatunkowym i ekosystemowym są niezbędne do zapewnienia odporności systemów środowiskowych rolnictwa.

Z tego względu zastosowanie naturalnej mikrobioty serwatki kwasowej bogatej w pożyteczne bakterie fermentacji mlekowej, która została pozyskana lokalnie w danym regionie, w procesach hodowli drobiu mogłoby wspomóc kształtowanie bioróżnorodności w aspekcie zwiększenia odporności na zagrożenia zdrowotne podczas hodowli i stanowić naturalną profilaktykę zdrowotną. Z kolei redukcja obciążenia środowiska chowu patogenami może przekładać się na mniejsze ryzyko kontaminacji produktów pochodzenia drobiarskiego, takich jak mięso i jaja, oraz ograniczenie transmisji drobnoustrojów odzwierzęcych na człowieka. Zastosowanie mikrobioty ekologicznej serwatki kwasowej wpisuje się tym samym w

holistyczne podejście do zdrowia zwierząt, bezpieczeństwa żywności i zdrowia publicznego, zgodne z koncepcją zakładającą ścisłe powiązanie zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska. Proponowane badania mogą stanowić podstawę do opracowania innowacyjnych, naturalnych strategii wspierania zdrowia drobiu, ograniczania ryzyka zoonotycznego oraz wzmacniania bezpieczeństwa żywności, przy jednoczesnym zachowaniu zasad rolnictwa ekologicznego i zrównoważonego rozwoju.

**Cel badań**

Celem proponowanych badań było zastosowanie mikrobioty serwatki kwasowej, pozyskanej regionalnie w bioprotekcji hodowli drobiu ekologicznego. Koncepcja naszych badań zakłada inokulację bakteriami fermentacji mlekowej z serwatki kwasowej paszy dla tuczonych kurczaków oraz środowiska (kurnik, ściółka) dla poprawy higieny i profilaktyki chowu. Dokonana została ocena skuteczności zaproponowanych rozwiązań technologicznych, przygotowania i wprowadzenia do systemu chowu naturalnej mikrobioty serwatki kwasowej poprzez przeprowadzenie niezbędnych badań zdrowotności ptaków, oceny bioróżnorodności, badań mikrobiologicznych, fizykochemicznych i sensorycznych pozyskanego mięsa. Proponowane badania podzielone zostały na dwa powiązane ze sobą zadania badawcze.

A. Wpływ mikrobioty serwatki kwasowej zastosowanej w procesie chowu brojlerów na zdrowie ptaków i wydajność rzeźną oraz ocena bioróżnorodności przewodu pokarmowego (mikrobiomu) i uzyskanego mięsa.

Na tym etapie badań pozyskana lokalnie serwatka kwasowa została przygotowana jako inokulum bakteryjne do zaszczepienia paszy zwierząt i środowiska chowu w gospodarstwie. Opracowano technologię przygotowania paszy z bakteriami dla kurcząt, określono ilość dodatku serwatki, sposób podawania i częstotliwość. Zastosowana serwatka kwasowa została scharakteryzowana pod względem cech fizykochemicznych oraz naturalnej mikrobioty z wykorzystaniem metod omicznych, tak aby można było powiązać potencjale efekty zastosowania z profilem mikrobiologicznym. Prace były realizowane w gospodarstwie ekologicznej produkcji brojlerów: Gospodarstwo Ekologiczno-Produkcyjne. Jadwiga Farat. Rososz 36, 07-311 Wąsewo. Eksperyment wprowadzenia mikrobioty serwatki kwasowej do chowu był przeprowadzony na stadzie kurcząt, w przypadku których pasza i środowisko zaszczepione zostały drobnoustrojami środowiskowymi. Grupę kontrolną stanowiły zwierzęta hodowane w tradycyjny sposób w gospodarstwie. Obie grupy ptaków miały swobodny dostęp

do paszy i wody. Z każdej grupy okresowo dokonywano pomiar masy ptaków na wybranej liczbie osobników, losowo wybranych ze stada. Po 82 dniach przeprowadzono ubój ptaków z wykonaniem zaplanowanych badań. Ptaki zostały poddane ocenie przyżyciowej i poubojowej. W trakcie chowu oceniany był dobrostan zwierząt i środowisko. Przeprowadzone zostały badania mikrobiologiczne ściółki i odchodów zwierząt w celu oceny obciążenia środowiska chowu patogenami. Zdrowotność ptaków oceniono na podstawie oceny makroskopowej narządów po uboju oraz badań histopatologicznych tkanek pobranych po sekcji. Po uboju porównano bioróżnorodność przewodu pokarmowego/kału (mikrobiomu) oraz uzyskanego mięsa z grupy kontrolnej i eksperymentalnej ptaków. Przeprowadzono również badania oceniające wpływ zastosowania naturalnej mikrobioty serwatki kwasowej w żywieniu i środowisku drobiu na modulację odpowiedzi immunologicznej zwierząt.

B. Wpływ zastosowania mikrobioty serwatki kwasowej w chowie brojlerów na jakość żywieniową, zdrowotną, mikrobiologiczną oraz sensoryczną mięsa.

Pozyskane elementy mięsne pochodzące od zwierząt z chowu eksperymentalnego oraz kontrolnego zostały poddane ocenie ilościowej i jakościowej po rozbiorze. Jakość mięsa została również oceniona po przechowywaniu w warunkach chłodniczych. Przeprowadzone zostały badania fizykochemiczne, mikrobiologiczne, sensoryczne oraz przechowalnicze. W mięsie oceniono parametry fizykochemiczne (m.in. kwasowość, skład chemiczny, barwa i tekstura), mikrobiologiczne (bakterie fermentacji mlekowej oraz inne drobnoustroje środowiskowe i patogenne) oraz sensoryczne. Ponadto oceniono wartość odżywczą, trwałość oraz bezpieczeństwo zdrowotne wyrobów (elementy kulinarne mięsa). Analizie poddany został również profil kwasów tłuszczowych oraz parametry wskazujące na dynamikę utleniania tłuszczów i równowagę potencjału oksydoredukcyjnego mięsa. Zastosowanie bakterii fermentacji mlekowej w żywieniu zwierząt może wpływać na przyswajalność składników pokarmowych oraz modulować procesy metaboliczne zachodzące w organizmie. Zmiany te mogą przekładać się na modyfikację składu chemicznego mięsa, w tym profilu kwasów tłuszczowych, ze szczególnym uwzględnieniem proporcji kwasów nasyconych i nienasyconych. Ponadto oddziaływanie bakterii fermentacji mlekowej może wpływać na status oksydoredukcyjny tkanek, ograniczając intensywność procesów utleniania lipidów, co ma istotne znaczenie dla stabilności oksydacyjnej, trwałości oraz jakości sensorycznej mięsa. Większość proponowanych badań jakościowych wykonana została we własnym zakresie, część badań zlecono innym specjalistycznym laboratoriom. Na podstawie przeprowadzonych badań

opracowano przewodnik dla rolników w zakresie higieny i profilaktyki w ekologicznym chowie drobiu pt. „Zastosowanie mikrobioty serwatki kwasowej w bioprotekcji hodowli drobiu ekologicznego”.

**Wykonano następujące badania:**

**1. Metody oceny fizyko – chemicznej:**

- Zawartość wody;
- Zawartość białka;
- Zawartość tłuszczu wolnego;
- Zawartość chlorków;
- Zawartość fosforu ogółem;
- Zawartość kolagenu;
- Pomiar parametrów barwy w systemie CIE L*a*b*;
- Pomiar potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP);
- Pomiar wartości pH;
- Oznaczanie wskaźnika TBARS;
- Oznaczanie składu kwasów tłuszczowych;
- Oznaczanie cholesterolu;
- Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów;
- Badania technologiczno-sensoryczne (wydajność procesu obróbki termicznej, instrumentalny pomiar barwy, analiza sensoryczna za pomocą metody Ilościowej Analizy Opisowej – QDA;
- parametry tekstury TPA;
- Ocena dobrostanu ptaków z ocena makroskopowa narządów po uboju;
- Badania histopatologiczne i ocena parametrów zdrowotności ptaków;
- Ocena bioróżnorodności mikrobiologicznej mięsa, serwatki i kału.

**2. Ocena mikrobiologiczna:**

- Ogólna liczba drobnoustrojów (OLD);
- Bakterie kwasu mlekowego (LAB);
- Liczba drożdży i pleśni (DiP);
- Drobnoustroje patogenne (*Enterobacteriaceae* (ENT), *Listeria monocytogenes* (L. MONO)*, Salmonella* spp. (SAL), *Escherichia coli* (*E.coli*)*, Staphylococcus aureus* (*S.aureus*)); *Campylobacter* sp. (CAMP).

**Badania realizowano w:**

- Zakładzie Technologii Mięsa i Tłuszczu, Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie;
- Zakładzie Higieny i Zarządzania Jakością Żywności, Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie;
- Katedrze Patologii i Diagnostyki Weterynaryjnej, Instytutu Medycyny Weterynaryjnej, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie;
- Laboratorium Genomed SA.;

## Układ doświadczenia i materiał badawczy

### Hodowla ptaków

Badania prowadzone były w Gospodarstwie Ekologiczno-Produkcyjnym Jadwiga Farat, Rososz 36 w Wąsewie. Wszystkie stosowane pasze w hodowli miały certyfikat ekologicznej produkcji. Eksperyment dodatku drobnoustrojów do chowu był przeprowadzony w następujący sposób. Wydzielono ze stada 100 sztuk kurcząt (linia Hubbard RedBro), kurczęta podzielono na dwie grupy po 50 sztuk w każdej. Grupę (K) stanowiły kurczęta kontrolne, grupę (S) kurczęta eksperymentalne. Hodowla kurcząt przebiegała w wydzielonych boksach dla całego stada. Dla obu grup zastosowano tą samą paszę bazową stosowaną w gospodarstwie ekologicznym, z tym, że w przypadku grupy (S) pasza dodatkowo została wzbogacona w drobnoustroje środowiskowe. Drobnoustroje środowiskowe do paszy wprowadzano z serwatką kwasową otrzymaną w regionie z ekologicznej produkcji twarogów kwasowych. Do grupy eksperymentalnej (S) do paszy przed skarmianiem dodawano 10 % serwatki kwasowej. Podawanie serwatki ptakom rozpoczęto po ukończeniu przez nie trzeciego tygodnia życia. Obie grupy ptaków miały swobodny dostęp do paszy i wody. Z każdej grupy okresowo dokonywano pomiaru masy ptaków na wybranej liczbie osobników, losowo wybranych ze stada. Po 82 dniach przeprowadzono ubój ptaków z wykonaniem zaplanowanych badań.

**Dokumentacja zdjęciowa przeprowadzanego chowu ptaków:**





















**Pasza**

W zależności od etapu rozwoju ptaków stosowano następujące ekologiczne mieszanki paszowe:

**FJM START BROJLER**

**Skład paszy:** makuch sojowy ekologiczny, pszenica ekologiczna, kukurydza ekologiczna, groch ekologiczny, pszenżyto ekologiczne, makuch rzepakowy ekologiczny, makuch słonecznikowy ekologiczny, gluten kukurydziany, węglan wapnia, premiks FJM DRÓB 1%, białko ziemniaczane, melasa, fosforan jednowapniowy, olej sojowy ekologiczny, chlorek sodu, premiks Blattinpre DJ Mizgier 0,3%, otręby żytnie ekologiczne. Wilgotność mieszanki 14%.

**Skład analityczny:** 22,4% białka surowe, 4,1% tłuszcz surowy, 6,3% popiół surowy, 4,4% włókno surowe, 11,66 MJ energia metaboliczna, 1,13% lizyna, 0,35% metionina, 0,63% fosfor, 1,02% wapń, 0,18% sód, 4% cukry ogółem jako sacharoza.

**Dodatki**:

- Witaminy, pro-witaminy i chemicznie dobrze zdefiniowane substancje o podobnym działaniu 10000 j.m. witamina A 3a67a, 2950 j.m. witamina D3 3a671, 35 mg witamina E octan all-rac-alfa-tokoferolu 3a700.
- Mieszanki pierwiastków śladowych: 50 mg żelazo (siarczan żelaza (II) jednowodny 3b103), 2 mg jod (jodan wapnia bezwodny 3b202), 10 mg miedź (siarczan miedzi (II) pięciowodny 3b405), 100 mg mangan (siarczan manganowy (3b503), 90 mg cynk (jednowodny siarczan cynku 3b605), 0,3 mg selen (selenian sodu 3b801)

**FJM GROWER 1**

**Skład paszy:** pszenica ekologiczna, makuch sojowy ekologiczny, kukurydza ekologiczna, pszenżyto ekologiczne, groch ekologiczny, makuch rzepakowy ekologiczny, makuch słonecznikowy ekologiczny, owies ekologiczny, premiks FJM DRÓB 1%, gluten kukurydziany, melasa, węglan wapnia, fosforan jednowapniowy, białko ziemniaczane, olej sojowy ekologiczny, premiks Blattinpre DJ Mizgier 0,3%, chlorek sodu. Wilgotność mieszanki 14%.

**Skład analityczny:** 20,9% białka surowe, 4,0% tłuszcz surowy, 5,7% popiół surowy, 4,8% włókno surowe, 11,56 MJ energia metaboliczna, 1,02% lizyna, 0,33% metionina, 0,57% fosfor, 0,9% wapń, 0,18% sód, 4% cukry ogółem jako sacharoza.

**Dodatki**:

- Witaminy, pro-witaminy i chemicznie dobrze zdefiniowane substancje o podobnym działaniu 10000 j.m. witamina A 3a67a, 2950 j.m. witamina D3 3a671, 35 mg witamina E octan all-rac-alfa-tokoferolu 3a700.
- Mieszanki pierwiastków śladowych: 50 mg żelazo (siarczan żelaza (II) jednowodny 3b103), 2 mg jod (jodan wapnia bezwodny 3b202), 10 mg miedź (siarczan miedzi (II) pięciowodny 3b405), 100 mg mangan (siarczan manganowy (3b503), 90 mg cynk (jednowodny siarczan cynku 3b605), 0,3 mg selen (selenian sodu 3b801)

**FJM FINISHER 1**

**Skład paszy:** pszenica ekologiczna, kukurydza ekologiczna, pszenżyto ekologiczne, owies ekologiczny, makuch słonecznikowy ekologiczny, makuch sojowy ekologiczny, makuch rzepakowy ekologiczny, groch ekologiczny, premiks FJM DRÓB 1%, melasa, węglan wapnia, chlorek sodu, olej sojowy ekologiczny, premiks Blattinpre DJ Mizgier 0,3%. Wilgotność mieszanki 14%.

**Skład analityczny:** 14,4% białka surowe, 3,4% tłuszcz surowy, 4,3% popiół surowy, 5,0% włókno surowe, 11,81 MJ energia metaboliczna, 0,57% lizyna, 0,24% metionina, 0,4% fosfor, 0,69% wapń, 0,16% sód, 4% cukry ogółem jako sacharoza.

**Dodatki**:

- Witaminy, pro-witaminy i chemicznie dobrze zdefiniowane substancje o podobnym działaniu 1000 j.m. witamina A 3a67a, 2950 j.m. witamina D3 3a671, 35 mg witamina E octan all-rac-alfa-tokoferolu 3a700.
- Mieszanki pierwiastków śladowych: 50 mg żelazo (siarczan żelaza (II) jednowodny 3b103), 2 mg jod (jodan wapnia bezwodny 3b202), 10 mg miedź (siarczan miedzi (II) pięciowodny 3b405), 100 mg mangan (siarczan manganowy (3b503), 90 mg cynk (jednowodny siarczan cynku 3b605), 0,3 mg selen (selenian sodu 3b801)
- Środki przeciwzbrylające: 0,025 g ziemia okrzemkowa oczyszczona E551c.

## Metody badań

### Skład podstawowy produktów

Zawartość wody. Oznaczenie wykonywano metodą wagową według PN-ISO 1442:2000.
Zawartość białka. Oznaczenie wykonywano metodą miareczkową (Kjeldahla).
Zawartość tłuszczu wolnego. Oznaczenie wykonywano metodą wagową (ekstrakcja techniką Soxhleta) według PN-ISO 1444:2000.
Zawartość chlorków. Oznaczenie wykonywano metodą potencjometryczną według PN-ISO 1841-2:2002.

### Zawartość fosforu ogólnego

Metoda polega na zmineralizowaniu próbki, strąceniu fosforu w postaci fosforomolibdenianu choliny i wagowym oznaczaniu zawartości fosforu ogólnego.

Do tygla kwarcowego wyprażonego do stałej masy i ostudzonego w eksykatorze, odważono 2,5 g próbki z dokładnością do 0,001 g. Próbkę wstępnie spopielono na płytce grzewczej (Schott Ceran 500®, firmy Robax, Germany) aż do zaprzestania wydzielania się czarnego dymu. Następnie spalono w piecu do spalania (62700 Furnace, firma Barnstead Thermolyne, United States) w temperaturze 560°C do momentu uzyskania popiołu o jednolitej białej lub prawie białej barwie. Po ostudzeniu do spopielonej próbki dodano 25 ml rozcieńczonego kwasu azotowego (V) i ogrzewano przez 30 min we wrzącej łaźni. Następnie zawartość tygla przesączono przez sączek z bibuły (sączki jakościowe średnie 150 mm) do zlewki o pojemności 400 ml, przepłukując wodą tygielek i sączek. Równolegle przygotowano roztwór do próby ślepej przez zmieszanie 25 ml rozcieńczonego kwasu azotowego (V) z 75 ml wody. Do otrzymanych roztworów dodano po 50 ml odczynnika strącającego, zlewki przykryto szkiełkami przykrywkowymi i umieszczono na płytce grzewczej. Gotowano przez 1 min., licząc od momentu zawrzenia. Próbki schłodzono do temperatury pokojowej. Za pomocą szklanego pręcika osad przeniesiono do lejka Goocha, uprzednio wysuszonego do stałej masy w temperaturze 250 °C i umocowanego w kolbie ssawkowej. Osad przemyto 5-krotnie, za każdym razem używając po 25 ml wody. Lejek z osadem wysuszono w temperaturze 250 °C do stałej masy, a następnie po ostudzeniu w eksykatorze zważono na wadze analitycznej.

Zawartość fosforu ogólnego (X), w przeliczeniu na $P_2O_5$ obliczono, w procentach (m/m), ze wzoru:

$$X= 2,29 (1,4 x (a-b) / m),$$

gdzie:

a - masa wysuszonego osadu powstałego z próbki badanej;
b - masa wysuszonego osadu powstałego z próby ślepej;
m - masa próbki;
1,4- współczynnik będący iloczynem współczynnika grawimetrycznego i przeliczenia na procenty;
2,29 - współczynnik przeliczeniowy dla $P_2O_5$

**Zawartość kolagenu**

W próbce surowca mięsnego oznaczono zawartość hydroksyproliny [%] według PN-ISO 3496:2000. Oznaczenie hydroksyproliny obejmowało następujące etapy: 1) hydrolizę próbki w kwasie siarkowym w temperaturze 105 $^oC$, 2) filtrację i rozcieńczenie hydrolizatu, 3) utlenienie hydroksyproliny chloraminą – T i utworzenie czerwonego związku z aldehydem p-diumetyloaminobenzoesowym, 4) pomiar fotometryczny na spektrofotometrze przy długości fali 558 nm. Następnie zawartość kolagenu wyliczono ze wzoru według Regulation (EU) No 1169/2011:

Zawartość kolagenu [%] = Zawartość hydroksyproliny [%] x 8

**Parametry barwy w systemie CIE L*a*b***

Metoda polega na pomiarze barwy za pomocą fotokolorymetru Chroma-Meter serii CR-300 firmy Minolta. Oznaczania wykonywano przy oświetleniu rozproszonym pod kątem 0° i średnicy przesłony 8 mm. Aparat przed użyciem kalibrowano. Kalibrację spektrofotometru przeprowadzono na wzorcu bieli, którego parametry stanowią punkt odniesienia wszystkich dokonywanych analiz. Pomiaru barwy dokonano w systemie CIE L*a*b*.

**Oznaczenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP)**

Pobierano 10 g rozdrobnionej wcześniej próby, mieszano z 50 ml wody destylowanej. Homogenizowano przy prędkości 6500 obr/min w czasie 1 minuty. Następnie umieszczano w homogenacie elektrodę InLab Redox Pro i mierzono potencjał oksydacyjno-redukcyjny urządzeniem SevenCompactTM S220 firmy Mettler Toledo.

**Wartość pH**

Wartość pH oznaczano za pomocą pH-metru. Próbkę 10 g rozdrobnionego uprzednio produktu, zmieszano z 50 $cm^3$ wody destylowanej i homogenizowano przez 1 minutę przy 6500 obrotów na minutę. Pomiaru dokonano urządzeniem SevenCompactTM S220 firmy Mettler Toledo z elektrodą InLab poprzez zanurzenie elektrody w próbie i po ustaleniu wskazań elektrody odczytano wynik z dokładnością do 0,01.

**Oznaczenie wskaźnika TBARS**

Oznaczenie wykonywano według zmodyfikowanej metody Saliha wg Pikula (1989). Dokonywano pomiaru absorbancji przy długości fali 532 nm wobec próby ślepej zawierającej 5 $cm^3$ 4 % kwasu nadchlorowego i 5 $cm^3$ odczynnika TBA.

**Skład kwasów tłuszczowych**

Oznaczanie składu kwasów tłuszczowych wykonywano metodą GC (HP 6890 II z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym) wg EN ISO 5508:1996. Do rozdziału estrów stosowano wysokopolarną kolumnę kapilarną BPX 70 (60 m×0,25 mm, 25 μm). Warunki analizy: temp. kolumny programowana w zakresie 140-210 °C, temp. dozownika: 210 °C, temp. detektora 250 °C, gaz nośny: hel.

**Zawartość cholesterolu**

W badaniu przeprowadzono ekstrakcję frakcji lipidowej z próbki, estryfikację kwasów tłuszczowych i derywatyzację cholesterolu w obecności wzorca wewnętrznego. Próbkę analizowano metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID). Wartość cholesterolu wyrażano w mg/100 g produktu.

**Oznaczenie zawartości azotanów (V) i (III)**

Zawartość azotanów (V) i (III) oznaczono wg PN-EN 120414:2006 ze zmianą Siu i Henshall (1998). Do wykonania oznaczeń zastosowano chromatograf cieczowy wyposażony w detektor UV z kolumną analityczną IonPac® AS11-HC 4 x 250 mm i przedkolumną AG11-HC 4 x 50 mm. Zawartość anionów azotanowych (V) i azotanowych (III) w badanych próbkach podawanow przeliczeniu na sole: $NaNO_3$ i $NaNO_2$.

**Ocena mikrobiologiczna**

W badaniach mikrobiologicznych zastosowano następujące podłoża mikrobiologiczne i metody badań:

- ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) – agar odżywczy – w celu określenia ogólnej liczby drobnoustrojów, zgodnie z normą PN-EN ISO 4833:2013 - Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C.
- liczba bakterii rodziny *Enterobacteriaceae* (ENT) – MacConkey agar w celu określenia liczby pałeczek bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* zgodnie z normą PN-ISO 21528-2:2017 – Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Enterobacteriaceae*.
- obecność *Salmonella* spp. (SAL) – Agar XLD w celu określenia obecności bakterii *Salmonella* zgodnie z normą PN-EN ISO 6579-1: 2017 – Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania *Salmonella* spp.
- obecność *Listeria monocytogenes* (LIST) – agar ALOA i agar PALCAM - w celu określenia obecności bakterii *Listeria monocytogenes* zgodnie z normą PN-EN ISO 11290-1: 2017; Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania obecności i oznaczania *Listeria monocytogenes*. Metoda wykrywania.
- liczba *E.coli* (EC) - agar TBX – w celu określenia liczby bakterii *Escherichia coli* zgodnie z normą ISO 16649-1:2018 – Horyzontalna metoda oznaczania liczby β-glukuronidazo-dodatnich *Escherichia coli*.
- liczba bakterii kwasu mlekowego (LAB) – agar MRS - w celu określenia liczby bakterii fermentacji mlekowej zgodnie z normą PN-ISO 15214:2002 – Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- liczba drożdży i pleśni (DiP) – agar z chloramfenikolem - w celu określenia liczby drożdży i pleśni zgodnie z normą PN-ISO 21527:2009.
- liczba *Staphylococcus aureus* i innych gatunków (SA) zgodnie z normą PN-EN ISO 6888-1:2022-03 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego — Horyzontalna metoda oznaczania liczby gronkowców koagulazo-dodatnich (Staphylococcus aureus i innych gatunków) — Część 1: Metoda z zastosowaniem pożywki agarowej Baird-Parkera.
- obecność *Campylobacter* sp. wykrywano po wstępnym 24-godzinnym namnożeniu pałeczek w wodzie peptonowej, a następnie posiewie powierzchniowym na dedykowane

podłoże agarowe (Campylobacter Blood Free Selective Agar Base, Oxoid). Inkubację prowadzono w warunkach mikroaerofilnych (wkłady CampyGen 2,5 L, Thermo Scientific) w temperaturze 42 °C przez 24 godziny. OLD – agar odżywczy - w celu określenia ogólnej liczby drobnoustrojów, zgodnie z normą PN-EN ISO 4833:2004 - Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C.

**Badania technologiczno-sensoryczne**

**Obróbka termiczna:**

Obróbkę termiczną surowca drobiowego (mięśnie piersiowe i udowe, każda z próbek w wersji kontrolnej i eksperymentalnej – od kurcząt karmionych paszą z dodatkiem serwatki) przeprowadzono z wykorzystaniem metody pieczenia gorącym powietrzem w urządzeniu typu air fryer (frytkownica beztłuszczowa). Zastosowano następujące parametry procesu: mięśnie udowe w temperaturze 180 °C przez 35 minut (z jednorazowym obróceniem próbek po 20 minutach); mięśnie piersiowe w temperaturze 170 °C przez 15 minut (z jednorazowym obróceniem próbek po 7 minutach).

**Zastosowane metody badań:**

**Wydajność metodą wagową**

Wydajność procesu obróbki termicznej obliczono poprzez określenie stosunku masy po obróbce cieplnej do przed obróbką do zgodnie ze wzorem:

$$Wydajność\ (\%) = \frac{masa\ produktu\ po\ obróbce\ termicznej}{masa\ surowca}\ x\ 100\%$$

Masę produktu po obróbce mierzono bezpośrednio po jej zakończeniu i odsączeniu z soku mięsnego.

**Instrumentalny pomiar barwy**

Pomiaru barwy dokonano w systemie CIE L*a*b* za pomocą spektrofotometru Chroma-Meter serii CR-300 firmy Minolta (Konica Minolta Business Technologies, Inc., Osaka, Japonia). Oznaczania wykonywano przy oświetleniu rozproszonym pod kątem 0° i średnicy przesłony 8 mm. Kalibrację spektrofotometru przeprowadzono na wzorcu bieli, którego parametry stanowią punkt odniesienia dla wszystkich analiz.

Wskaźnik względnej różnicy barwy (ΔE), obliczono z następującego wzoru:

$$\Delta E = [ (L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2 ]^{1/2}$$

gdzie:

- **parametr L*** - współczynnik jasności (L* = 0 oznacza barwę czarną, a L* = 100, oznacza barwę białą,
- **parametr a***- współczynnik barwy czerwonej,
- **parametr b***- współczynnik barwy żółtej.

**L*0, a*0, b*0** - współczynniki barwy odnoszące się do wariantu kontrolnego prób mięśni udowych i piersiowych.

**Metody analitycznych badań sensorycznych**

Ocenę jakości sensorycznej produktów przeprowadzono z wykorzystaniem metody profilowania sensorycznego (QDP – *Quantitative Descriptive Profiles)*, postępując zgodnie z założeniami metodycznymi standardu ISO 13299:2016[1]. W ramach powyższej procedury, wyselekcjonowano oraz zdefiniowano szczegółowe wyróżniki jakościowe, a następnie dokonano ilościowej oceny natężenia każdego z nich. Warunki oceny zostały określone według Baryłki-Pikielnej i Matuszewskiej, 2014[2].

W ocenie brał udział przeszkolony, 8-osobowy panel ekspertów z Katedry Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności SGGW w Warszawie. Członkowie zespołu posiadali zweryfikowaną wrażliwość sensoryczną oraz udokumentowane doświadczenie w ocenie produktów spożywczych (ISO 8586:2023[2]).

Próbki do oceny sensorycznej przygotowywano z porcji mięśni piersiowych i udowych, poddanych uprzednio obróbce termicznej (pieczenie, air fryer), dzieląc je na 10 możliwie jednorodnych jednostek analitycznych o średniej masie ok. 30 g. Próbki umieszczano w bezbarwnych pojemnikach z tworzywa sztucznego o pojemności 100 ml, oznaczano losowymi kodami trzycyfrowymi i serwowano oceniającym w układzie zrandomizowanym. Zespół oceniający otrzymywał zakodowane próby wraz z kartami ocen oraz dołączonym zestawem definicji poszczególnych atrybutów jakościowych (tabela 1).

Intensywność poszczególnych cech oznaczano na niestrukturalnej skali graficznej o długości 100 mm, wraz z określeniami brzegowymi. Zadaniem zespołu było naniesienie pionowego znacznika na osi skali. Następnie odległość od lewej krawędzi mierzono i przeliczano na wartości liczbowe (w cm). Ocena każdej próbki została wykonana w dwóch niezależnych powtórzeniach, co pozwoliło uzyskać łącznie 16 jednostkowych oznaczeń dla każdej z ocenianych próbek mięsa drobiowego.

**Literatura**

[1]ISO 13299:2016; Sensory Analysis—Methodology—General Guidance for Establishing a Sensory Profile. ISO: Geneva, Switzerland, 2016. Available online: https://www.iso.org/standard/58042.html (accessed on 10 November 2025).

[2]Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. Sensoryczne badania żywności—Podstawy—Metody—Zastosowanie. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ; Warsaw, Poland: 2014.

[3]ISO 8586:2023; Sensory Analysis—Selection and Training of Sensory Assessors. ISO: Geneva, Switzerland, 2023. Available online: https://www.iso.org/standard/76667.html (accessed on 10 November 2025).

W tabeli 1 poniżej przedstawiono zastosowane wyróżniki i ich definicje do oceny metodą profilowania sensorycznego.

Tabela 1. Wyróżniki i ich definicje do oceny metodą profilowania sensorycznego mięsa drobiowego.

| **Wyróżnik** | **Definicja** | **Określenia brzegowe** |
|---|---|---|
| **Zapach** | | |
| mięsa drobiowego | zapach charakterystyczny dla ugotowanego mięsa drobiowego | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| bulionowy | zapach charakterystyczny dla bulionów przygotowanych z kostek rosołowych | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| ostry, drażniący | zapach wywołujący wrażenie drażniące przy wąchaniu | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| „inny” | zapach nietypowy, proszę zaznaczyć intensywność i wpisać w wolnym miejscu, jaki zapach inny został zidentyfikowany | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| **Barwa** | | |
| barwa mięsa | barwa charakterystyczna dla mięsa drobiowego | różowa – beżowa |
| ton barwy | dotyczy barwy podstawowej | ciemny – jasny |
| jednolitość barwy | stopień w jakim określona próbka jest jednolita pod względem barwy | niejednolita – jednolita |

| Konsystencja | | |
|---|---|---|
| stopień miękkości | opór jaki próba stawia podczas rozgryzienia przy pierwszym kęsie | twardy – bardzo miękkie |
| soczystość | wrażenie wilgotności podczas gryzienia próby | niska – bardzo wysoka |
| kruchość | stopień zwartości próbki pod wpływem gryzienia | niska – bardzo wysoka |
| **Smak** | | |
| mięsa drobiowego | smak charakterystyczny dla mięsa drobiowego poddanego właściwej obróbce termicznej | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| smak bulionowy | smak charakterystyczny dla bulionów drobiowych, słodkawo-słony | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| smak surowego mięsa | smak typowy dla niedogotowanych/poddanych niskotemperaturowej obróbce termicznej prób piersi z kurczaka z posmakiem metalicznym | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| słony | podstawowa jakość smaku, nie wymaga definiowania | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| kwaśny | podstawowa jakość smaku, nie wymaga definiowania | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| „inny” | smak nietypowy, proszę zaznaczyć intensywność i wpisać w wolnym miejscu, jaki smak inny został zidentyfikowany | niewyczuwalny – bardzo intensywny |
| | | |
| jakość ogólna | ogólne wrażenie stopnia zharmonizowania poszczególnych wyróżników jakości | zła – bardzo dobra |

**Parametry tekstury**

Ocenę właściwości teksturalnych przeprowadzono za pomocą testu analizy profilu tekstury (TPA). Wyznaczono następujące parametry: twardość I i II [N], adhezyjność [mJ], spoistość, sprężystość, gumowatość [N], żujność [mJ], odbojność. Do badań wykorzystano teksturometr CT3 Texture Analyzer firmy Brookfield Ametek (USA). Próbki przygotowano w postaci prostopadłościanów dla o wymiarach 20 × 20 × 10 mm. Dla mięśni piersiowych oraz 20 x 20

x 5 mm dla mięśni udowych. Analizę wykonano przy użyciu cylindrycznej głowicy pomiarowej o średnicy 38,1 mm i wysokości 20 mm, wyposażonej w układ umożliwiający pomiar maksymalnej siły nacisku wynoszącej 10 000 g. Próbki poddawano deformacji do poziomu 50% ich początkowej wysokości, przy prędkości przesuwu głowicy wynoszącej 1,00 mm/s. Pomiary wykonywano w czasie 15 ± 5 minut od momentu wyjęcia próbek z komory chłodniczej. Każde oznaczenie przeprowadzono w 3 powtórzeniach.

**Ocena dobrostanu ptaków z ocena makroskopowa narządów po uboju**

W trakcie chowu, obserwacja zachowań i ogólnej kondycji ptaków. Po uboju przeprowadzono sekcję zwłok 12 kurcząt (6 kurcząt S i 6 kurcząt K), podczas której oceniono zmiany makroskopowe w narządach wewnętrznych oraz pobrano próbki narządów (58) do badań histopatologicznych.

**Badania histopatologiczne i ocena parametrów zdrowotności ptaków**

Wycinki narządów wewnętrznych utrwalono w 10% buforowanej formalinie, a następnie materiał przeprowadzono przez standardowy proces histologiczny i zatopiono w parafinie uzyskując bloczki parafinowe. W dalszym etapie bloczki krojono na skrawki parafinowe grubości 4 μm i umieszczono na szkiełkach podstawowych, a następnie barwiono metodą podstawową hematoksylina-eozyna (H-E). Ocenę histopatologiczną przeprowadzono przy pomocy mikroskopu świetlnego BX43 (Olympus, Japonia) wyposażonego w oprogramowanie do analizy obrazu. Pozostałe parametry zdrowotności badano przy wykorzystaniu specjalistycznych analizatorów laboratoryjnych.

W trakcie chowu, wykonano badania krwi brojlerów (morfologia + biochemia). Wykonano następujące analizy: morfologia (WBC, RBC, MCV, MCH, MCHC, Hct, Hb + leukogram manualny (rozmaz), biochemia (LDH, AST, amylaza, kwas moczowy, cholinoesteraza, CK, białko całkowite, Na, K, Ca, P, kw. żółciowe, GLDH, trójglicerydy, cholesterol, ALT, AP, γ-GT, albuminy, mocznik, żelazo).

**Ocena bioróżnorodności mikrobiologicznej mięsa, serwatki i kału**

Metodyka analizy 16S (V3-V4) opiera się na sekwencjonowaniu regionu zmiennego genu kodującego 16S rRNA, który jest obecny w bakteriach i archeonach. Proces obejmuje ekstrakcję DNA, amplifikację specyficznych regionów V3 i V4 za pomocą PCR (reakcji łańcuchowej polimerazy) przy użyciu adapterów do sekwencjonowania, a następnie

sekwencjonowanie następujące po amplifikacji. Ostatnim krokiem jest analiza bioinformatyczna, która pozwala na określenie składu gatunkowego badanej próbki.

## Część II Wyniki badań

### 1. Pasza w żywieniu drobiu ekologicznego

**Badanie paszy**

Tabela 2. Wyniki analizy mikrobiologicznej paszy badanych brojlerów (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| Parametr | | Kod wariantu | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,35±0,11 | 8,09±0,31 |
| | LAB | <1,00 | <1,00 |
| | DiP | 5,23±0,33 | 5,16±0,22 |
| | EC (TBX) | <1,00 | 5,14±0,20 |
| | ENT | 6,28±0,33 | 7,34±0,08 |
| Obecność bakterii | SAL | ob. | ob. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 1, ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) była wyższa w paszy z serwatką kwasową (8,09 ± 0,31 log jtk/g) niż w paszy kontrolnej (6,35 ± 0,11 log jtk/g). W obu wariantach liczba bakterii fermentacji mlekowej (LAB) znajdowała się poniżej granicy oznaczalności (<1,00 log jtk/g). Liczebność drożdży i pleśni (DiP) była zbliżona i wynosiła odpowiednio 5,23 ± 0,33 log jtk/g w wariancie K oraz 5,16 ± 0,22 log jtk/g w wariancie S. W przypadku *Escherichia coli* w paszy kontrolnej liczebność wynosiła <1,00 log jtk/g, natomiast w paszy z serwatką osiągnęła 5,14 ± 0,20 log jtk/g. Również liczebność *Enterobacteriaceae* była wyższa w wariancie S (7,34 ± 0,08 log jtk/g) niż w kontrolnym (6,28 ± 0,33 log jtk/g). W obu rodzajach paszy stwierdzono obecność *Salmonella* sp. i *Campylobacter* sp.

Tabela 3. Wyniki analizy mikrobiologicznej paszy badanych brojlerów (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| Parametr | Kod wariantu |
|---|---|

| | | K | S |
|---|---|---|---|
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,97±0,32 | 6,15±0,33 |
| | LAB | 3,50±0,28 | 4,45±0,16 |
| | DiP | 3,45±0,64 | 5,07±0,09 |
| | EC (TBX) | <1,00 | <1,00 |
| | ENT | 6,36±0,27 | 6,33±0,27 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 2, ogólna liczba drobnoustrojów była nieco wyższa w paszy kontrolnej (6,97 ± 0,32 log jtk/g) niż w wariancie z serwatką kwasową (6,15 ± 0,33 log jtk/g). Jednocześnie pasza z serwatką charakteryzowała się większą liczebnością LAB (4,45 ± 0,16 wobec 3,50 ± 0,28 log jtk/g) oraz drożdży i pleśni (5,07 ± 0,09 wobec 3,45 ± 0,64 log jtk/g). Liczba *E. coli* w obu wariantach znajdowała się poniżej granicy oznaczalności (<1,00 log jtk/g), natomiast liczebność *Enterobacteriaceae* była praktycznie jednakowa (6,36 ± 0,27 log jtk/g w K i 6,33 ± 0,27 log jtk/g w S). *Salmonella* sp. nie została wykryta w żadnym wariancie, podczas gdy *Campylobacter* sp. był obecny zarówno w paszy kontrolnej, jak i badawczej.

Tabela 4. Wyniki analizy mikrobiologicznej paszy badanych brojlerów (czas 3) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,62±0,29 | 7,50±0,43 |
| | LAB | 5,06±0,13 | 7,09±0,15 |
| | DiP | <1,00 | 5,18±0,18 |
| | EC (TBX) | 3,30±0,14 | 4,04±0,04 |
| | ENT | 5,81±0,19 | 7,40±0,29 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 3 ponownie stwierdzono wyższą ogólną liczbę drobnoustrojów w paszy z serwatką kwasową (7,50 ± 0,43 log jtk/g) w porównaniu z paszą kontrolną (6,62 ± 0,29 log jtk/g). Szczególnie wyraźna różnica dotyczyła bakterii fermentacji mlekowej: w wariancie S ich liczebność wynosiła 7,09 ± 0,15 log jtk/g, podczas gdy w wariancie K 5,06 ± 0,13 log jtk/g. W paszy kontrolnej liczba drożdży i pleśni pozostawała poniżej 1,00 log jtk/g, natomiast w paszy z serwatką wynosiła 5,18 ± 0,18 log jtk/g. Liczebność *E. coli* wynosiła odpowiednio 3,30 ± 0,14 oraz 4,04 ± 0,04 log jtk/g. Podobną tendencję obserwowano dla *Enterobacteriaceae* – 5,81 ± 0,19 log jtk/g w wariancie kontrolnym oraz 7,40 ± 0,29 log jtk/g w wariancie z serwatką. W obu wariantach nie stwierdzono *Salmonella* sp., natomiast wykryto *Campylobacter* sp.

**Podsumowanie wyników badań paszy**

Uzyskane wyniki wskazują, że wprowadzenie serwatki kwasowej do paszy wyraźnie modyfikowało jej mikrobiotę, jednak efekt ten nie był zawsze jednoznaczny pod względem poprawy jakości mikrobiologicznej. Szczególnie interesujący był korzystny wzrost liczby LAB w kolejnych terminach. W czasie 1 w obu paszach LAB były poniżej granicy oznaczalności, natomiast w czasie 3 ich liczebność w paszy z serwatką osiągnęła 7,09 log jtk/g, czyli była o około 2 log wyższa niż w paszy kontrolnej. Może to wskazywać, że serwatka kwasowa tworzyła warunki sprzyjające rozwojowi bakterii fermentacji mlekowej. Należy również wziąć pod uwagę, że poszczególne partie serwatki kwasowej mogą różnić się pod względem liczby LAB, co z kolei będzie miało swój wpływ na mikrobiotę paszy do której serwatka została dodana. Takie czynniki jak sposób przygotowania paszy z serwatką kwasową przez rolnika – jej prawidłowe wymieszanie i warunki temperaturowe mogą również mieć wpływ na końcową liczbę LAB. W wariancie S w niektórych terminach obserwowano wyższą liczebność *E. coli* oraz *Enterobacteriaceae*, a w czasie 3 także większą liczbę drożdży i pleśni. Obecność *Campylobacter* sp. stwierdzano w obu wariantach we wszystkich przedstawionych terminach. Korzystnym wynikiem jest brak *Salmonella* sp. w obu wariantach w czasie 2 i 3, choć bakterie te były wykrywane w czasie 1.

**Wniosek końcowy dla badań pasz**

Zastosowanie serwatki kwasowej w paszy dla brojlerów wpływało na jej skład mikrobiologiczny, przede wszystkim sprzyjając rozwojowi bakterii fermentacji mlekowej, co było szczególnie widoczne w późniejszym okresie doświadczenia. Efekt ten nie wiązał się jednak zawsze z jednoznaczną poprawą jakości mikrobiologicznej paszy, ponieważ w wariancie z serwatką okresowo stwierdzano również wyższą liczebność mikroorganizmów wskaźnikowych, w tym *E. coli* i *Enterobacteriaceae*, oraz drożdży i pleśni. Wyniki wskazują zatem, że serwatka kwasowa może istotnie modyfikować mikrobiotę paszy, ale jej zastosowanie wymaga kontroli parametrów mikrobiologicznych oraz warunków przygotowania i przechowywania paszy.

## 2. Badanie ściółki

Analiza mikrobiologiczna ściółki wykazała stosunkowo niewielkie różnice pomiędzy grupą kontrolną (K) a grupą brojlerów otrzymujących paszę z dodatkiem serwatki kwasowej (S). Obserwowane różnice zalezały jednak od terminu badania oraz analizowanej grupy drobnoustrojów (Tabela 4-6).

Tabela 5. Wyniki analizy mikrobiologicznej ściółki badanych brojlerów (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 7,74±0,39 | 6,70±0,35 |
| | LAB | 7,78±0,32 | 6,09±0,04 |
| | DiP | 4,40±0,50 | 4,34±0,26 |
| | EC (TBX) | 4,59±0,36 | 4,36±0,21 |
| | ENT | 5,45±0,23 | 5,29±0,41 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 1 badania, ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) była wyższa w ściółce pochodzącej z grupy kontrolnej i wynosiła 7,74 ± 0,59 log jtk/g, podczas gdy w grupie S wynosiła 6,70 ± 0,35 log jtk/g. Podobną tendencję stwierdzono w przypadku bakterii fermentacji mlekowej (LAB), których liczebność wynosiła odpowiednio 7,78 ± 0,32 oraz 6,09

± 0,04 log jtk/g. Liczebność drożdży i pleśni była zbliżona w obu wariantach (4,40 ± 0,50 log jtk/g w K i 4,34 ± 0,26 log jtk/g w S). Również liczebność *E. coli* i *Enterobacteriaceae* była nieznacznie niższa w ściółce grupy S. *Salmonella* sp. nie stwierdzono w żadnym wariancie, natomiast *Campylobacter* sp. był obecny w obu badanych grupach.

Tabela 6. Wyniki analizy mikrobiologicznej ściółki badanych brojlerów (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 9,10±0,20 | 9,00±0,13 |
| | LAB | 7,93±0,29 | 7,45±0,05 |
| | DiP | 6,04±0,06 | 5,11±0,16 |
| | EC (TBX) | 4,89±0,22 | 5,23±0,33 |
| | ENT | 7,35±0,28 | 8,05±0,11 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 2, ogólna liczba drobnoustrojów była bardzo zbliżona w obu grupach i wynosiła 9,10 ± 0,20 log jtk/g w K oraz 9,00 ± 0,13 log jtk/g w S. Również liczebność LAB była nieco niższa w grupie S (7,45 ± 0,05 log jtk/g) w porównaniu z kontrolą (7,93 ± 0,29 log jtk/g). Wyraźniejszą różnicę zaobserwowano w przypadku drożdży i pleśni, których liczebność była niższa w grupie S – 5,11 ± 0,16 wobec 6,04 ± 0,06 log jtk/g w grupie kontrolnej. Odmienną tendencję stwierdzono dla bakterii wskaźnikowych: liczebność *E. coli* wynosiła 5,23 ± 0,33 log jtk/g w S wobec 4,89 ± 0,22 log jtk/g w K, natomiast *Enterobacteriaceae* odpowiednio 8,05 ± 0,11 i 7,35 ± 0,28 log jtk/g. W obu grupach nie wykryto *Salmonella* sp., natomiast obecny był *Campylobacter* sp.

Tabela 7. Wyniki analizy mikrobiologicznej ściółki badanych brojlerów (czas 3) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| | OLD | 8,46±0,41 | 8,22±0,35 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Liczba bakterii [log jtk/g] | LAB | 7,35±0,27 | 7,43±0,17 |
| | DiP | 5,28±0,25 | 4,32±0,30 |
| | EC (TBX) | 6,00±0,01 | 5,19±0,18 |
| | ENT | 7,51±0,28 | 7,30±0,29 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 3, ogólna liczba drobnoustrojów pozostawała na wysokim i zbliżonym poziomie – 8,46 ± 0,41 log jtk/g w grupie kontrolnej i 8,22 ± 0,35 log jtk/g w grupie S. Liczebność LAB była praktycznie porównywalna (7,35 ± 0,27 vs 7,43 ± 0,17 log jtk/g). W grupie S obserwowano natomiast niższą liczebność drożdży i pleśni (4,32 ± 0,30 wobec 5,28 ± 0,25 log jtk/g), *E. coli* (5,19 ± 0,18 wobec 6,00 ± 0,01 log jtk/g) oraz nieznacznie niższą liczebność *Enterobacteriaceae* (7,30 ± 0,29 wobec 7,51 ± 0,28 log jtk/g). Podobnie jak w poprzednich terminach *Salmonella* sp. nie została wykryta, natomiast *Campylobacter* sp. był obecny w obu wariantach.

**Podsumowanie wyników badań ściółki**

Wyniki wskazują, że żywienie brojlerów paszą z dodatkiem serwatki kwasowej nie powodowało jednoznacznego zwiększenia ogólnego zanieczyszczenia mikrobiologicznego ściółki. Interesujący jest wynik dotyczący drożdży i pleśni. W czasie 2 i 3 ich liczebność była o około 0,9 - 1,0 log jtk/g niższa w ściółce grupy S niż w grupie kontrolnej. Może to wskazywać na potencjalnie korzystny pośredni wpływ zastosowanego wariantu żywienia na rozwój mikroflory grzybowej w ściółce.

W przypadku bakterii higieniczno-sanitarnych obraz nie był jednoznaczny. W czasie 2 liczebność *E. coli* oraz bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* była wyższa w grupie S, natomiast w czasie 3 sytuacja uległa odwróceniu – ich liczebność była niższa niż w kontroli. Nie można więc na podstawie tych wyników stwierdzić trwałego działania serwatki ograniczającego bakterie z grupy *Enterobacteriaceae*.

Istotnym wynikiem z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego jest brak *Salmonella* sp. w ściółce obu grup we wszystkich trzech terminach badania. Jednocześnie

*Campylobacter* sp. był wykrywany zarówno w grupie kontrolnej, jak i badawczej w każdym terminie, co wskazuje, że zastosowanie serwatki kwasowej w żywieniu nie wyeliminowało tego drobnoustroju ze środowiska utrzymania brojlerów.

**Wniosek końcowy dla badań ściółki**

Zastosowanie paszy z dodatkiem serwatki kwasowej w żywieniu brojlerów nie powodowało pogorszenia ogólnej jakości mikrobiologicznej ściółki w porównaniu z żywieniem standardowym. W niektórych terminach w grupie badawczej obserwowano niższą ogólną liczbę drobnoustrojów, a szczególnie interesującym efektem była niższa liczebność drożdży i pleśni w późniejszych etapach doświadczenia. Wpływ zastosowanego żywienia na liczebność *E. coli* i *Enterobacteriaceae* był natomiast zmienny w czasie. Brak *Salmonella* sp. w obu grupach wskazuje na korzystny status sanitarny w odniesieniu do tego patogenu, podczas gdy utrzymująca się obecność *Campylobacter* sp. wskazuje, że zastosowanie serwatki kwasowej nie ograniczyło jego występowania w środowisku chowu.

## 3. Badania odchodów

Na podstawie wyników analizy mikrobiologicznej odchodów stwierdzono różnice między grupą kontrolną a grupą brojlerów żywionych paszą z dodatkiem serwatki kwasowej. Charakter tych różnic zmieniał się w czasie trwania doświadczenia, przy czym szczególnie widoczne zmiany dotyczyły liczebności *Escherichia coli*, bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz drożdży i pleśni (Tabela 7-9).

Tabela 8. Wyniki analizy mikrobiologicznej odchodów badanych brojlerów (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 9,08±0,27 | 8,17±0,22 |
| | LAB | 9,10±0,14 | 8,22±0,21 |
| | DiP | 4,01±0,02 | 5,15±0,11 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | EC (TBX) | 3,22±0,32 | 5,00±0,01 |
| | ENT | 5,24±0,48 | 8,05±0,11 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 1 badania, ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) była niższa w odchodach brojlerów z grupy S i wynosiła 8,17 ± 0,22 log jtk/g w porównaniu z 9,08 ± 0,27 log jtk/g w grupie kontrolnej. Podobną zależność stwierdzono w przypadku bakterii fermentacji mlekowej (LAB), których liczebność wynosiła 8,22 ± 0,21 log jtk/g w grupie S i 9,10 ± 0,14 log jtk/g w grupie K. Odmienną tendencję stwierdzono dla drożdży i pleśni, których liczebność w grupie S wynosiła 5,15 ± 0,11 log jtk/g, a w grupie kontrolnej 4,01 ± 0,02 log jtk/g. Szczególnie wyraźne różnice dotyczyły bakterii wskaźnikowych. Liczebność *E. coli* w grupie S wynosiła 5,00 ± 0,01 log jtk/g wobec 3,22 ± 0,32 log jtk/g w grupie K, natomiast *Enterobacteriaceae* odpowiednio 8,05 ± 0,11 i 5,24 ± 0,48 log jtk/g. W obu grupach nie stwierdzono *Salmonella* sp., natomiast wykryto *Campylobacter* sp.

Tabela 9. Wyniki analizy mikrobiologicznej odchodów badanych brojlerów (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 9,10±0,20 | 9,06±0,11 |
| | LAB | 8,34±0,44 | 8,53±0,18 |
| | DiP | 5,18±0,25 | 6,03±0,05 |
| | EC (TBX) | 5,00±0,01 | <1,00 |
| | ENT | 8,05±0,11 | 8,58±0,50 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 2, ogólna liczba drobnoustrojów była praktycznie jednakowa w obu grupach: 9,10 ± 0,20 log jtk/g w grupie K oraz 9,06 ± 0,11 log jtk/g w grupie S. Podobnie liczebność LAB była zbliżona i wynosiła odpowiednio 8,34 ± 0,41 oraz 8,53 ± 0,18 log jtk/g. Liczebność drożdży i pleśni była natomiast wyższa w grupie S (6,03 ± 0,05 log jtk/g) niż w grupie kontrolnej (5,18 ± 0,25 log jtk/g). Bardzo interesujący wynik uzyskano w przypadku *E. coli*: w grupie kontrolnej jej liczebność wynosiła 5,00 ± 0,01 log jtk/g, natomiast w grupie S znajdowała się poniżej granicy oznaczalności (<1,00 log jtk/g). Jednocześnie liczebność *Enterobacteriaceae* pozostawała stosunkowo wysoka w obu grupach i wynosiła 8,05 ± 0,11 log jtk/g w K oraz 8,58 ± 0,50 log jtk/g w S. W żadnej z grup nie wykryto *Salmonella* sp., natomiast *Campylobacter* sp. był obecny.

Tabela 10. Wyniki analizy mikrobiologicznej odchodów badanych brojlerów (czas 3) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 8,33±0,38 | 8,39±0,50 |
| | LAB | 8,21±0,20 | 8,21±0,35 |
| | DiP | 5,19±0,09 | 4,76±0,42 |
| | EC (TBX) | 5,00±0,01 | <1,00 |
| | ENT | 7,56±0,08 | 8,34±0,26 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 3, ogólna liczba drobnoustrojów była bardzo podobna w obu grupach (8,33 ± 0,38 log jtk/g w grupie K i 8,39 ± 0,50 log jtk/g w grupie S). Również liczebność LAB była praktycznie identyczna i wynosiła odpowiednio 8,21 ± 0,20 oraz 8,21 ± 0,35 log jtk/g. W grupie S stwierdzono niższą liczebność drożdży i pleśni (4,76 ± 0,42 wobec 5,19 ± 0,09 log jtk/g) oraz niższą liczebność *E. coli* (<1,00 log jtk/g w porównaniu z 5,00 ± 0,01 log jtk/g w grupie

kontrolnej). Jednocześnie *Enterobacteriaceae* występowały liczniej w grupie S (8,34 ± 0,26 log jtk/g) niż w grupie kontrolnej (7,56 ± 0,08 log jtk/g). W obu grupach ponownie nie wykryto *Salmonella* sp., natomiast stwierdzono obecność *Campylobacter* sp.

**Podsumowanie wyników badań odchodów**

Na uwagę zasługują zmiany liczebności *E. coli* w odchodach brojlerów otrzymujących serwatkę kwasową. W pierwszym terminie jej liczebność była wyższa w grupie S niż w kontroli (5,00 - 3,22 log jtk/g). Jednak w drugim i trzecim terminie liczba *E. coli* w grupie S obniżyła się poniżej granicy oznaczalności (<1,00 log jtk/g), podczas gdy w grupie kontrolnej utrzymywała się na poziomie około 5,00 log jtk/g. Jest to potencjalnie najważniejszy korzystny efekt zastosowania serwatki kwasowej obserwowany w przedstawionych wynikach. Jednak z drugiej strony, liczebność bakterii należących do rodziny *Enterobacteriaceae* nie uległa analogicznemu obniżeniu. Przeciwnie, we wszystkich trzech czasach badawczych była wyższa w grupie S niż w grupie kontrolnej. Oznacza to, że obserwowanego efektu nie można interpretować jako ogólnego zahamowania bakterii należących do *Enterobacteriaceae*.
W przypadku LAB również nie obserwowano trwałego wzrostu liczebności pod w próbach z dodatkiem serwatki. Początkowo liczba ta była niższa w grupie S, natomiast w kolejnych terminach liczebność była podobna w obu grupach.
W żadnym z trzech terminów nie wykryto *Salmonella* sp. w odchodach brojlerów z obu grup, co jest korzystnym wynikiem z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego. *Campylobacter* sp. był natomiast obecny w obu grupach we wszystkich terminach badawczych, co wskazuje, że zastosowanie serwatki kwasowej nie doprowadziło do jego eliminacji.

**Wniosek końcowy dla badań odchodów**

Zastosowanie paszy z dodatkiem serwatki kwasowej wpływało na profil mikrobiologiczny odchodów brojlerów, jednak efekt był zależny od analizowanej grupy drobnoustrojów i czasu trwania doświadczenia. Najbardziej obiecującym wynikiem było wyraźne ograniczenie liczebności *E. coli* w grupie otrzymującej serwatkę kwasową w drugim i trzecim terminie badania, kiedy liczebność tego drobnoustroju spadła poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy w grupie kontrolnej utrzymywała się na poziomie około 5 log jtk/g. Efekt ten nie obejmował jednak całej rodziny bakterii *Enterobacteriaceae*, której liczebność pozostawała wyższa w grupie badawczej. Nie stwierdzono również trwałego wzrostu liczebności bakterii fermentacji mlekowej. Wyniki wskazują zatem na potencjalny selektywny

wpływ żywienia z udziałem serwatki kwasowej na mikrobiotę przewodu pokarmowego brojlerów, szczególnie w odniesieniu do *E. coli*. Brak obecności bakterii *Salmonella* sp. w obu grupach był korzystny, natomiast obecność *Campylobacter* sp. przez cały okres badania wskazuje, że zastosowany wariant żywienia nie ograniczył występowania tego patogenu.

### 4. Badanie właściwości fizykochemicznych i mikrobiologicznych serwatki:

Tabela 11. Wartość pH i potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) serwatki (n=3).

| **Parametr** | **Serwatka** |
|---|---|
| pH | 4,82±0,00 |
| ORP (mV) | -70,80±23,67 |

Analiza mikrobiologiczna serwatki kwasowej wykazała znaczną liczebność badanych mikroorganizmów, przy czym wartości poszczególnych grup zmieniały się w kolejnych terminach doświadczenia (Tabela 12-14).

Tabela 12. Wyniki analizy mikrobiologicznej serwatki dodanej do paszy brojlerów (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Serwatka** |
|---|---|---|
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 8,85±0,01 |
| | LAB | 9,06±0,12 |
| | DiP | 4,46±0,21 |
| | EC (TBX) | 5,04±0,06 |
| | ENT | 6,42±0,30 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. |
| | CAMP | nb. |

ob.-obecne; nb. -nieobecne; OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 1 badań, ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) wynosiła 8,85 ± 0,01 log jtk/g. Szczególnie wysoką liczebność stwierdzono w przypadku bakterii fermentacji mlekowej (LAB), które osiągały 9,06 ± 0,12 log jtk/g. Liczebność drożdży i pleśni (DiP) wynosiła 4,46 ±

0,21 log jtk/g, natomiast *E. coli* 5,04 ± 0,06 log jtk/g. Bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* występowały na poziomie 6,42 ± 0,30 log jtk/g. Nie stwierdzono obecności *Salmonella* sp. i *Campylobacter* sp.

Tabela 13. Wyniki analizy mikrobiologicznej serwatki dodanej do paszy brojlerów (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Serwatka** |
|---|---|---|
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,13±0,26 |
| | LAB | 7,15±0,19 |
| | DiP | 4,15±0,14 |
| | EC (TBX) | 3,30±0,42 |
| | ENT | 6,25±0,24 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. |
| | CAMP | nb. |

ob.-obecne; nb. -nieobecne; OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 2 zaobserwowano zmniejszenie ogólnej liczby drobnoustrojów do 6,13 ± 0,26 log jtk/g oraz liczebności LAB do 7,13 ± 0,19 log jtk/g. Liczba drożdży i pleśni wynosiła 4,15 ± 0,14 log jtk/g. Jednocześnie liczebność *E. coli* obniżyła się do 3,30 ± 0,42 log jtk/g. Liczebność *Enterobacteriaceae* pozostała zbliżona do wartości z pierwszego terminu i wynosiła 6,25 ± 0,24 log jtk/g. Podobnie jak w czasie 1, nie wykryto *Salmonella* sp. ani *Campylobacter* sp.

Tabela 14. Wyniki analizy mikrobiologicznej serwatki dodanej do paszy brojlerów (czas 3) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | | **Serwatka** |
|---|---|---|
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 8,07±0,13 |
| | LAB | 8,38±0,10 |
| | DiP | 5,31±0,30 |
| | EC (TBX) | 4,91±0,40 |

| | | |
|---|---|---|
| | ENT | 8,15±0,28 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. |
| | CAMP | nb. |

ob.-obecne; nb. -nieobecne; OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W czasie 3 ponownie stwierdzono wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów, która wynosiła 8,07 ± 0,13 log jtk/g. Liczebność bakterii fermentacji mlekowej osiągnęła 8,38 ± 0,10 log jtk/g. Liczba drożdży i pleśni wzrosła do 5,31 ± 0,30 log jtk/g, natomiast *E. coli* wynosiła 4,91 ± 0,40 log jtk/g. Szczególnie wyraźny wzrost odnotowano w przypadku *Enterobacteriaceae* (do 8,15 ± 0,28 log jtk/g). W tym terminie również nie wykryto *Salmonella* sp. ani *Campylobacter* sp.

**Podsumowanie wyników badań serwatki:**

Serwatka kwasowa charakteryzowała się wysoką liczebnością bakterii fermentacji mlekowej we wszystkich trzech terminach doświadczenia (7,13–9,06 log jtk/g), co potwierdza, że stanowiła bogate źródło tej grupy mikroorganizmów. Najwyższą liczebność LAB odnotowano w pierwszym terminie badawczym, następnie jej obniżenie i ponowny wzrost. Zaobserwowano również zmienny przebieg ogólnej liczby drobnoustrojów. Wartość OLD zmniejszyła się z 8,85 log jtk/g w czasie 1 do 6,13 log jtk/g w czasie 2, a następnie wzrosła do 8,07 log jtk/g w czasie 3. Wskazuje to na zmienność mikrobiologiczną serwatki w trakcie doświadczenia. Istotnym aspektem jakości mikrobiologicznej serwatki jest obecność *E. coli* oraz bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae. E. coli* była wykrywana we wszystkich terminach badawczych, przy czym jej liczebność zmniejszyła się z 5,04 log jtk/g w czasie 1 do 3,30 log jtk/g w czasie 2, a następnie wzrosła do 4,91 log jtk/g w czasie 3. *Enterobacteriaceae* utrzymywały się na poziomie około 6,3–6,4 log jtk/g w pierwszych dwóch terminach, natomiast w trzecim terminie ich liczebność wzrosła do 8,15 log jtk/g. Wyniki te wskazują, że obok pożądanych LAB serwatka zawierała również znaczną populację mikroorganizmów wskaźnikowych, co należy uwzględnić przy interpretacji efektów jej zastosowania w żywieniu brojlerów. Jednocześnie korzystnym wynikiem jest brak obecności *Salmonella* sp. i *Campylobacter* sp. w żadnym z trzech terminów badania.

**Wniosek końcowy do serwatki:**

Serwatka kwasowa zastosowana w doświadczeniu charakteryzowała się wysoką liczebnością bakterii fermentacji mlekowej, co mogło stanowić jeden z czynników wpływających na mikrobiotę paszy oraz przewodu pokarmowego brojlerów. Jej profil mikrobiologiczny był jednak zmienny w czasie, a równoczesna obecność *E. coli* i wysokiej liczby *Enterobacteriaceae*, szczególnie w trzecim terminie doświadczenia, wskazuje, że serwatki nie można traktować jako materiał o jednoznacznie korzystnym profilu mikrobiologicznym. Brak *Salmonella* sp. i *Campylobacter* sp. we wszystkich terminach jest wynikiem korzystnym, jednak obecność mikroorganizmów wskaźnikowych uzasadnia potrzebę ścisłej kontroli higienicznej serwatki przeznaczonej do stosowania w żywieniu zwierząt.

W kontekście całego doświadczenia szczególnie interesujące jest zestawienie wysokiej liczby LAB w serwatce z wynikami paszy, ściółki i odchodów. Serwatka mogła być źródłem bakterii fermentacji mlekowej w układzie doświadczalnym, jednak obserwowane efekty nie ograniczały się wyłącznie do mikroorganizmów potencjalnie korzystnych.

## 5. Wpływ serwatki kwasowej na dobrostan, zdrowotność brojlerów i wydajność rzeźną

### I. Waga ptaków przed ubojem

Tabela 15. Średnia waga badanych brojlerów przed ubojem (średnia ± odchylenie standardowe; n=47).

| Kod wariantu | Średnia waga kurczaków [kg] | Suma [kg] |
|---|---|---|
| K | 3,03±0,52 | 142,40 |
| S | 3,20±0,49 | 150,30 |

### II. Waga tuszek po uboju

Tabela 16. Tabela x. Średnia waga badanych tuszek brojlerów po uboju (średnia ± odchylenie standardowe; n=47).

| Kod wariantu | Średnia waga kurczaków [kg] | Suma [kg] |
|---|---|---|
| K | 2,36±0,43 | 111,00 |
| S | 2,48±0,41 | 116,40 |

### III. Rozbiór badanych brojlerów elementy

Tabela 17. Średnie masy uzyskanych elementów i uzyski z rozbioru badanych brojlerów (średnia ± odchylenie standardowe; n=30).

| Element [kg] | Kod wariantu | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Średnie masy uzyskanych elementów | | Całkowity uzysk z rozbioru (suma) | |
| | K | S | K | S |
| Pierś | 0,28±0,06 | 0,32±0,06 | 8,27 | 9,45 |
| Udo | 0,31±0,05 | 0,32±0,04 | 9,15 | 9,50 |
| Podudzie | 0,16±0,03 | 0,18±0,03 | 4,90 | 5,37 |
| Korpus | 1,18±0,05 | 1,24±0,14 | - | - |

### IV. Ocena makroskopowa narządów

Po uboju przeprowadzono sekcję zwłok 12 kurcząt brojlerów (6 kurcząt K i 6 kurcząt S), podczas której oceniono zmiany makroskopowe w narządach wewnętrznych oraz pobrano próbki narządów do badań histopatologicznych.

Wyniki: Zmiany makroskopowe

| **Nr, płeć, masa ciała** | **1K** ♂ ----- | **2K** ♂ 3800 g | **3K**♀ 3000 g | **4K** ♂ ----- | **5K** ♀ 2700 g | **6K** ♀ 2700 g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **OGLĘDZINY ZEWNĘTRZNE** | | | | | | |
| **Stan zwłok** | bardzo dobry (świeże); u 1C, 4C brak głowy i części szyi (po dekapitacji) | | | | | |
| **Stan odżywienia** | bardzo dobry | | | | | |
| **Poduszeczki stóp (FPD-foot pad dermatitis) Skala 0-4** | FPD lewa i prawa: 3/4 | FPD lewa: 1/4 prawa: prawidłowa 0/4 | FPD lewa i prawa: 3/4 | prawidłowe FPD 0/4 | prawidłowe FPD 0/4 | prawidłowe FPD 0/4 |
| **Zmiany na skórze stawów skokowych (HB – hock burns) Skala zmian 0 do 4** | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 |
| **Naturalne otwory ciała** | Okolica oczu, nozdrzy, dzioba, uszu pobrudzona krwią, okolica kloaki bez zmian, otwory słuchowe drożne. Błona śluzowa jamy dziobowej różowa, bez widocznych zmian. | | | | | |
| **Inne** | - | - | pióra w okolicy mostka pozlepiane ściółką | twarde kule z kału i ściółki wokół 2 pazurów w prawej kończynie miednicznej | twarde kule z kału i ściółki wokół 3 pazurów. Rana (ubytek skóry 0,5 cm x 1,0 cm) na przyśrodkowej stronie stępowo-śródstopowej kończyny miednicznej lewej | - |
| **OGLĘDZINY WEWNĘTRZNE** | | | | | | |
| **Tkanka podskórna** | Barwy kremowej, bez widocznych zmian. U 5C- obłożona znaczną ilością tkanki tłuszczowej barwy białoróżowej. | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **BB (Breast Blisters)** | grzebień mostka prawidłowy, bez zmian | | | | | |
| **Kości, głowa kości udowej** | prawidłowe, bez zmian | lewa bez zmian, prawa FHT | lewa bez zmian, prawa FHT | prawa bez zmian; lewa FHN | prawidłowe, bez zmian | prawidłowe, bez zmian |
| **Mięśnie** | mięśnie piersiowe barwy jasnoróżowej o zachowanej teksturze. | | | | | |
| | nieliczne drobne wybroczyny w mięśniach ud w okolicy kolana | - | nieliczne drobne wybroczyny w mięśniach udowych lewej kończyny | - | Mięśnie ud z nasilonym przerostem tkanki tłuszczowej śródmięśniowej. Obecne nieliczne drobne wybroczyny w mięśniach ud. | |
| **Inne** | żółtawa tkanka tłuszczowa trzewna | obecny krwisty wysięk w jamach stawów skokowych | obfita tkanka tłuszczowa trzewna | - | obfita tkanka tłuszczowa trzewna | obfita tkanka tłuszczowa trzewna. W jamie ciała obecny luźny fragment niezresorbowanego woreczka żółtkowego (6 x 4 mm) |
| **Nr** | **1K** | **2K** | **3K** | **4K** | **5K** | **6K** |
| **Układ krążenia** Serce masa (g) długość x szerokość indeks serca (IS) | serce 10,4 g 3,8 cm x 3,0 cm | serce 17,771 g 4,1 cm x 3,3 cm IS 0,5 otłuszczone | serce 15,224 g 4,7 cm x 2,7 cm IS 0,5 otłuszczone wybroczyny w mięśniach lewej komory | serce 11,499 g 4,5 cm x 2,5 cm | serce 13,486 g 4,3 cm x 3,1 cm IS 0,50 | serce 14,011g 4,5 cm x 3,3 cm IS 0,52 otłuszczone |
| | Zastawki przedsionkowo-komorowe oraz zastawki aorty bez widocznych zmian, błona wewnętrzna aorty barwy kremowej. Mięsień sercowy barwy jasnobrunatnej (1C, 3C, 6C). | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wątroba**<br>indeks wątroby (IW) | 41,845 g<br>niepowiększona jasnobrązowa.<br>Pęcherzyk żółciowy wypełniony płynną żółcią barwy ciemnozielonej. | 66,322 g<br>IW 1,75<br>niepowiększona, jasnobrązowa.<br>Nieznaczne wybroczyny<br>Pęcherzyk wypełniony żółcią barwy ciemnozielonej. | 55,48 g<br>IW 1,85<br>jasnobrunatna, niepowiększona, nieliczne drobne wybroczyny w lewym płacie.<br>Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. | 43,882 g<br>niepowiększona, jasnobrunatna z nielicznymi wybroczynami, konsystencja krucha.<br>Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią wodnistą, barwy żółto-zielonej. | 49,315 g<br>IW 1,83<br>niepowiększona, jasnobrązowa.<br>Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. | 45,333 g<br>IW 1,68<br>niepowiększona, jasnobrunatna, kruchej konsystencji.<br>Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. |
| **Układ oddechowy** | W krtani śluz z domieszką krwi, błona śluzowa tchawicy barwy jasnoróżowej do białokremowej. Rozwidlenie tchawicy, oskrzela główne bez widocznych zmian. Płuca jasnoróżowe, powietrzne. Worki powietrzne przezierne, prawidłowe. | | | | | |
| **Przewód pokarmowy:** | Gardło błona śluzowa jasnoróżowa. Przełyk błona śluzowa jasnokremowa lub różowa, u niektórych sztuk w przełyku niewielka ilość śluzu z nieznaczną ilością treści pokarmowej (1C). | | | | | |
| **Wole** | błona śluzowa żółtawo-jasnokremowa | nieznaczna ilość treści pokarmowej i ściółki, brak zmian | błona śluzowa barwy kremowej, obecna nieznaczna ilość wodnistego płynu | puste, błona śluzowa barwy kremowej | błona śluzowa barwy jasnoróżowej, w wolu nieznaczna ilość śluzu | puste, bez zmian |
| **Przedżołądek** | błona śluzowa barwy kremowej, obecna umiarkowana ilość gęstego śluzu barwy kremowej | błona śluzowa barwy kremowej | wypełniony niewielką ilością białego śluzu | bez zmian | błona śluzowa barwy kremowej, bez zmian | błona śluzowa barwy kremowej, bez zmian. |
| **Nr** | **1K** | **2K** | **3K** | **4K** | **5K** | **6K** |
| **Mielec** | wypełniony treścią pokarmową i ściółką, koilina dobrze złuszczalna, błona śluzowa szaro-różowo-kremowa, bez widocznych zmian. U5C i 6C – znacznie obłożony tkanką tłuszczową. | | | | | |
| **Dwunastnica** | nieznacznie pogrubiona ściana, | treść płynna barwy brązowej, brak | pojedyncze okrągłe wybroczyny (1/4), | błona śluzowa barwy kremowej, | błona śluzowa barwy kremowej, | pojedyncze okrągłe wybroczyny (1/4), |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skala (wybroczyny) 0 do 4** | treść półpłynna barwy pomarańczowej do barwy kremowo-pomarańczowej | widocznych wybroczyn w błonie śluzowej (0/4). | błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna zielonkawa | pojedyncze wybroczyny w błonie śluzowej (1/4), treść półpłynna barwy zielono-brązowej z fragmentami ściółki | treść szaro-zielona gęsta do mazistej | błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna barwy szaro-brązowej |
| **Jelito czcze Skala (wybroczyny) 0 do 4** | wypełnione małą ilością treści barwy brązowej ze śluzem o konsystencji papki. | błona śluzowa barwy kremowej, jelito wypełnione dużą ilością półpłynnej treści zielono-brązową, w dalszym odcinku. W dalszym odcinku nieznaczna ilość śluzowatej treści pomarańczowej, ściana jelita nieznacznie pogrubiona. | pojedyncza wybroczyna w błonie śluzowej (1/4), treść półpłynna barwy żółto-zielonej z pasmami śluzu. | błona śluzowa barwy szarokremowej, treść półpłynna kremowo-brązowa ze śluzem. W dalszym odcinku półpłynna szarobeżowa. | błona śluzowa kremowa, treść barwy szaro-zielonej, dalej zielono-pomarańczowa. W dalszym odcinku treść szarokremowa, gęsta w małej ilości. | obfita tkanka tłuszczowa w krezce jelit. Błona śluzowa barwy różowo-kremowej, treść półpłynna barwy zielono-brązowej, dalej kremowo-żółta papkowata nieliczne wybroczyny w błonie śluzowej (1/4). W dalszym odcinku błona śluzowa barwy kremowej, treść gęsta barwy szarozielonej ze śluzem i niestrawionymi fragmentami paszy. |
| **Jelito biodrowe** | wypełnione brązową treścią | błona śluzowa barwy kremowej, wypełnione małą ilością treści brązowej uformowanej | błona śluzowa barwy kremowej, niewielka ilość śluzu | pojedyncze punkcikowate wybroczyny w błonie śluzowej (1/4) | błona śluzowa kremowa, treść zielona gęsta, uformowana | błona śluzowa barwy różowokremowej, w jelicie niewielka ilość śluzu. |

| Nr | 1K | 2K | 3K | 4K | 5K | 6K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Jelito ślepe Skala (zmiany w migdałkach jelit ślepych) 0 do 4** | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (4/4); w trzonie jelita okrągłe ognisko z wybroczynami jelito wypełnione brązową treścią o konsystencji mazistej papki z domieszką śluzu | znaczne wybroczyny w migdałkach j. ślepych (4/4); treść brązowa papkowata | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (2/4), niewielka ilość treści, ciemnozielonej o konsystencji mazistej papki. | migdałki jelit ślepych bez zmian, mała ilość treści w jelitach, treść ciemnozielona o konsystencji papki. | pojedyncze punkcikowate wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (1/4), treść jasnozielona o konsystencji mazistej papki, błona śluzowa barwy kremowej. | drobne wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (2/4), treść o konsystencji mazistej barwy zielonej ze śluzem, obecny gaz. |
| **Jelito proste** | nieznacznie wypełnione brązową papkowatą treścią | wypełnione papkowatą treścią z moczanami | niewielka ilość treści pokarmowej | treść półpłynna brązowa | mała ilość treści pokarmowej, obecne moczany i gaz | nieznacznie wypełnione uformowaną treścią barwy brązowo-zielonej z niestrawionymi fragmentami paszy. Kloaka nieznacznie rozszerzona. |
| **Trzustka:** | barwy jasnokremowej, bez widocznych zmian | barwy jasnokremowej | barwy jasnokremowej | barwy jasnokremowej | barwy kremowej | barwy kremowej |
| **Śledziona** indeks śledziony (IŚ) | 3,727 g<br>2,6 cm x 2,1 cm<br>niepowiększona jasnobrunatna | 5,677 g<br>3,3 x 2,4 cm<br>IŚ 0,15<br>niepowiększona brunatna, miękkiej konsystencji | 3,302 g<br>2,3 cm x 2,0 cm<br>IŚ 0,11<br>mniejsza, brunatna | 2,482 g<br>2,3 cm x 1,8 cm<br>niepowiększona brunatna | 3,593 g<br>2,6 cm x 1,9 cm<br>IŚ 0,13<br>niepowiększona, brunatna | 4,939 g<br>2,9 cm x 2,3 cm<br>IŚ 0,18<br>niepowiększona, ciemnobrunatna |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bursa Fabrycjusza** indeks bursy (IB) Skala wg bursametru (od 1 do 8) | 0,821 g<br>1,7 cm x 1,4 cm<br>Bursametr: 4,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 0,985 g<br>2,0 cm x 1,7 cm<br>IB 0,03<br>Bursametr 4,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 1,346 g<br>2,1 cm x 2,0 cm<br>IB 0,04<br>Bursametr 5,0<br>wysięk w bursie | 0,71 g<br>mała, otoczona obficie tkanką tłuszczową | 0,782 g<br>1,7 x 1,7 cm<br>IB 0,03<br>Bursametr: 4,0<br>mała, błona śluzowa barwy kremowej | 2,08 g<br>2,4 x 2,3 cm<br>IB 0,08<br>Bursametr: 6,0<br>błona śluzowa barwy kremowej |
| **Grasica** | jasnoróżowa, bez zmian | blada z pojedynczymi wybroczynami | bez zmian | bez zmian | bez zmian | bez zmian |
| **Nerki:** | jasnobrunatne niepowiększone | jasnobeżowe, nieznacznie powiększone, w moczowodach widoczne moczany. | brunatne z kremowymi plamkami, nieznacznie powiększone. | brunatne z żółto-kremowymi obszarami otoczonymi obwódką przekrwienia, niepowiększone | jasnobrązowe, niepowiększone, z nielicznymi wybroczynami, konsystencja krucha. | jasnobrunatne, otłuszczone, niepowiększone, z pojedynczymi wybroczynami, konsystencja krucha |
| **Tarczyca:** | jasnoróżowa do jasnobrunatnej ok. 1 cm (1C 0,9 x 0,7 cm; 3C 1,3 cx 0,8 cm), bez widocznych zmian | | | | | |
| **Układ nerwowy:** | nerwy kulszowe symetryczne, prawidłowe, barwy białej, sklepienie czaszki kompletne, mózg barwy szaro-różowej | | | | | |
| **Nr** | **1K** | **2K** | **3K** | **4K** | **5K** | **6K** |

| **Nr, płeć, masa ciała** | **1S** ♂ 3300 g | **2S** ♀ 2900 g | **3S** ♂ 2600 g | **4S** ♂ 3100 g | **5S** ♀ 3100 g | **6S** ♂ 4100 g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **OGLĘDZINY ZEWNĘTRZNE** | | | | | | |
| **Stan zwłok** | bardzo dobry (świeże) | | | | | |
| **Stan odżywienia** | bardzo dobry; | | | | | |
| **Przydatki głowowe** | Prawidłowo wykształcone, barwy od jasnoróżowej do ciemnoróżowej | | | | | |
| **Poduszeczki stóp (FPD-foot pad dermatitis) Skala 0-4** | FPD lewa: 0/4 prawidłowa;<br>FPD prawa: 1/4 | FPD lewa i prawa: 0/4 prawidłowe; | FPD lewa: 0/4 prawidłowa;<br>FPD prawa: 1/4 | FPD lewa i prawa: 0/4 prawidłowe; | FPD lewa i prawa: 2/4 | FPD lewa i prawa: 0/4 prawidłowe; |
| **Zmiany na skórze stawów skokowych (HB – hock burns) Skala zmian 0 do 4** | HB lewy i prawy prawidłowe: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 (brak zmian) | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 | HB lewy i prawy: 0/4 |
| **Naturalne otwory ciała** | Okolica oczu, nozdrzy, dzioba, uszu pobrudzona krwią, okolica kloaki bez zmian, otwory słuchowe drożne.<br>Błona śluzowa jamy dziobowej różowa, bez widocznych zmian. | | | | | |
| **Inne** | - | pióra znacznie pobrudzone ściółką w okolicy piersiowej i brzusznej | - | pióra znacznie pobrudzone ściółką w okolicy piersiowej i brzusznej | - | - |
| **OGLĘDZINY WEWNĘTRZNE** | | | | | | |
| **Tkanka podskórna** | bez zmian; obłożona znaczną ilością tkanki tłuszczowej u 2D | | | | | |
| **BB (Breast Blisters)** | grzebień mostka prawidłowy, bez zmian | | | | | |
| **Kości, głowa kości udowej** | lewa bez zmian, prawa FHS | bez zmian | bez zmian | lewa FHT, prawa FHS | bez zmian | bez zmian |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mięśnie** | mięśnie piersiowe barwy jasnokremowej o zachowanej teksturze, u 6D – barwy różowej | | | | | |
| | nieliczne wybroczyny punkcikowate w mięśniach udowych | nieznaczne wybroczyny punkcikowate w mięśniach udowych | - | - | nieliczne wybroczyny w mięśniach udowych lewej kończyny | - |
| **Inne** | - | znaczna ilość tkanki tłuszczowej trzewnej.<br>W jamie ciała obecny luźny fragment niezresorbowanego woreczka żółtkowego. | - | - | znaczna ilość tkanki tłuszczowej trzewnej.<br>Obecna cysta prawego jajowodu. | - |
| **Układ krążenia**<br>Serce masa (g)<br>długość x szerokość<br>indeks serca (IS) | serce 15,461 g<br>4,4 cm x 3,0 cm<br>IS 0,47<br>worek osierdziowy przezierny o białym odcieniu.<br>Wybroczyny w mięśniu sercowym w lewej komorze. | serce 14,32 g<br>4,2 cm x 2,5 cm<br>IS 0,49 | serce 14,01 g<br>4,4 cm x 3,0 cm<br>IS 0,53<br>nieliczne wybroczyny w mięśniu sercowym w lewej komorze | serce 15,074 g<br>4,4 cm x 3,0 cm<br>IS 0,49<br>nieliczne wybroczyny w mięśniu sercowym w lewej komorze. | serce 14,966 g<br>4,1 cm x 2,9 cm<br>IS 0,48<br>otłuszczone | serce 17,818 g<br>5,0 cm x 3,4 cm<br>IS 0,43<br>płynna krew w komorach serca |
| | Zastawki przedsionkowo-komorowe oraz zastawki aorty bez widocznych zmian, błona wewnętrzna aorty barwy kremowej.<br>Mięsień sercowy barwy brunatnej. | | | | | |
| **Nr** | **1S** | **2S** | **3S** | **4S** | **5S** | **6S** |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wątroba**<br>indeks wątroby (IW) | 54,446 g<br>IW 1,64<br>niepowiększona jasnobrązowa, z nielicznymi wybroczynami. Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy ciemno zielonej. | 46,269 g<br>IW 1,6<br>niepowiększona, brunatna, z nielicznymi wybroczynami. Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. | 46,28<br>IW 1,78<br>niepowiększona, jasnobrunatna z nielicznymi wybroczynami. Konsystencja miękka, mazista. Pęcherzyk żółciowy znacznie wypełniony żółcią barwy zielonej. | 54,457 g<br>IW 1,76<br>niepowiększona, jasnobrązowa z nielicznymi wybroczynami. Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. | 54,614 g<br>IW 1,76<br>niepowiększona, jasnobrązowa z nielicznymi wybroczynami. Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. | 92,527 g<br>IW 2,26<br>niepowiększona, ciemnobrunatna, nieznacznie zalewająca się krwią na przekroju. Pęcherzyk żółciowy wypełniony żółcią barwy zielonej. |
| **Układ oddechowy** | W krtani śluz z domieszką krwi, błona śluzowa tchawicy barwy białokremowej lub jasnoróżowej. Rozwidlenie tchawicy, oskrzela główne bez widocznych zmian. Płuca jasnoróżowe, powietrzne. Worki powietrzne przezierne, prawidłowe. | | | | | |
| **Przewód pokarmowy:** | Gardło błona śluzowa jasnoróżowa. Przełyk błona śluzowa jasnokremowa lub jasnoróżowa, u niektórych sztuk w przełyku niewielka ilość śluzu lub śluzu podbarwionego krwią lub treści pokarmowej. | | | | | |
| **Wole** | błona śluzowa kremowa, niewielka ilość płynu w wolu | puste, brak zmian | puste, brak zmian | puste, błona śluzowa barwy kremowej, brak zmian | brak zmian | puste, brak zmian |
| **Przedżołądek** | błona śluzowa barwy kremowej | pusty, błona śluzowa barwy kremowej | błona śluzowa barwy kremowej, bez zmian | błona śluzowa barwy kremowej, dużo biało-kremowego śluzu | błona śluzowa barwy kremowej, bez zmian | błona śluzowa barwy jasnokremowej, niewielka ilość śluzu. |
| **Mielec** | wypełniony treścią pokarmową, koilina dobrze złuszczalna, błona śluzowa szaro-kremowa, bez widocznych zmian<br>U 1D, 3D - pojedyncze ziarna (owoce) przytuli czepnej w mielcu. U 5D - znacznie obłożony tkanka tłuszczową. | | | | | |
| **Dwunastnica Skala (wybroczyny) 0 do 4** | błona śluzowa barwy beżowej, pojedyncze wybroczyny w błonie śluzowej (1/4) treść zielonkawa, z | błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna zielonkawa | błona śluzowa barwy szarozielonkawej, treść półpłynna barwy beżowo-szaro-zielonej | błona śluzowa barwy kremowej, treść pokarmowa półpłynna barwy pomarańczowo-brązowej | błona śluzowa barwy szarozielonej, treść półpłynna barwy zielonej. | naczynia krwionośne ściany nastrzykane krwią, błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | niestrawionymi elementami paszy. | | | | | barwy szaro-zielonej. |
| **Nr** | **1S** | **2S** | **3S** | **4S** | **5S** | **6S** |
| **Jelito czcze Skala (wybroczyny) 0 do 4** | błona śluzowa barwy kremowej do jasnoróżowej brak widocznych wybroczyn (0/4), jelito wypełnione treścią barwy brązowo-zielonej ze śluzem, w dalszych odcinkach treść gęściejsza ciemnobrązowa. Miejscami obecne brunatne pasma śluzu. | błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna zielonkawa przechodząca w pomarańczową, w dalszych odcinkach z domieszką gęstej zielonej treści. | błona śluzowa barwy kremowej, treść półpłynna barwy ciemnozielono-brązowej, w dalszym odcinku treść śluzowa szarozielona, przechodząca w kremowo-żółtą z brunatnymi pasmami śluzu | jelito wypełnione półpłynną treścią barwy kremowej, w dalszym odcinku treść ciemnozielona. Błona śluzowa barwy jasnoróżowo-kremowej. . | obfita tkanka tłuszczowa w krezce jelit. Błona śluzowa barwy zielono-kremowej, treść półpłynna barwy zielonej ze śluzem i fragmentami paszy, w dalszym odcinku treść półpłynna zielonobrązowa. | błona śluzowa barwy różowo-kremowej, nieznaczne wybroczyny w błonie śluzowej (1/4), treść półpłynna zielona z fragmentami paszy, dalej szaro-kremowa ze śluzem przechodząca w zieloną ze śluzem. |
| **Jelito biodrowe** | jelito wypełnione nieznaczną ilością treści brązowej | znacznie wypełnione treścią papkowatą barwy zielono-brązowej | błona śluzowa barwy beżowej, mała ilość gęstej ciemnozielonej treści pokarmowej | błona śluzowa barwy kremowej, mała ilość treści barwy zielono-brązowej o konsystencji papki | błona śluzowa barwy kremowej, mała ilość gęstej zielonej treści | błona śluzowa barwy kremowej, śluzowa treść pokarmowa barwy pomarańczowo-brązowej. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Jelito ślepe Skala (zmiany w migdałkach jelit ślepych) 0 do 4** | pojedyncze punkcikowate wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (2/4); jelito wypełnione treścią barwy brązowej o konsystencji papki | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (3/4), treść brązowo-zielona konsystencji mazistej | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (3/4), treść brązowa konsystencji mazistej papki | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (1/4), błona śluzowa barwy kremowej, treść ciemnozielona o konsystencji mazistej papki. | drobne punkcikowate wybroczyny w migdałkach jeli ślepych (3/4), pojedyncze okrągłe wybroczyny w trzonie jednego jelita ślepego. Treść brązowa o konsystencji mazistej papki. | wybroczyny w migdałkach jelit ślepych (3/4), błona śluzowa szaro-kremowa, treść pokarmowa ciemnozielona o konsystencji mazistej papki |
| **Jelito proste** | wypełnione uformowaną treścią barwy brązowej, obecna mała ilość moczanów i fragmenty ściółki. | wypełnione treścią zielono-brązową o konsystencji papki | błona śluzowa barwy kremowej, jelito wypełnione uformowaną treścią barwy brązowej, kloaka rozszerzona | rozszerzone, wypełnione zieloną treścią pokarmową papkowatą | wypełnione uformowaną brązową treścią pokarmową o konsystencji papki z moczanami | błona śluzowa barwy kremowej, treść papkowatą barwy brązowo-szarej. Kloaka rozszerzona, obecna treść z moczanami. |
| **Trzustka:** | barwy jasnokremowej | barwy kremowej | barwy kremowej | barwy jasnokremowej | barwy kremowej | barwy jasnoróżowej |
| **Śledziona** indeks śledziony (IŚ) | 6,413 g<br>2,9 cm x 2,6 cm<br>IŚ 0,14<br>niepowiększona brunatna | 5,328 g<br>2,8 x 2,1 cm<br>IŚ 0,18<br>niepowiększona brunatna | 4,516 g<br>3,1 x 2,0 cm<br>IŚ 0,17<br>niepowiększona jasnobrunatna | 5,936 g<br>2,8 cm x 2,4 cm<br>IŚ 0,19<br>niepowiększona ciemnobrunatna | 3,052 g<br>2,6 cm x 2,0 cm<br>IŚ 0,10<br>ciemnobrunatna, o miękkiej, kruchej konsystencji. | 4,397 g<br>2,9 cm x 2,7 cm<br>IŚ 0,10<br>niepowiększona, brunatna z pojedynczymi wybroczynami |
| **Nr** | **1S** | **2S** | **3S** | **4S** | **5S** | **6S** |

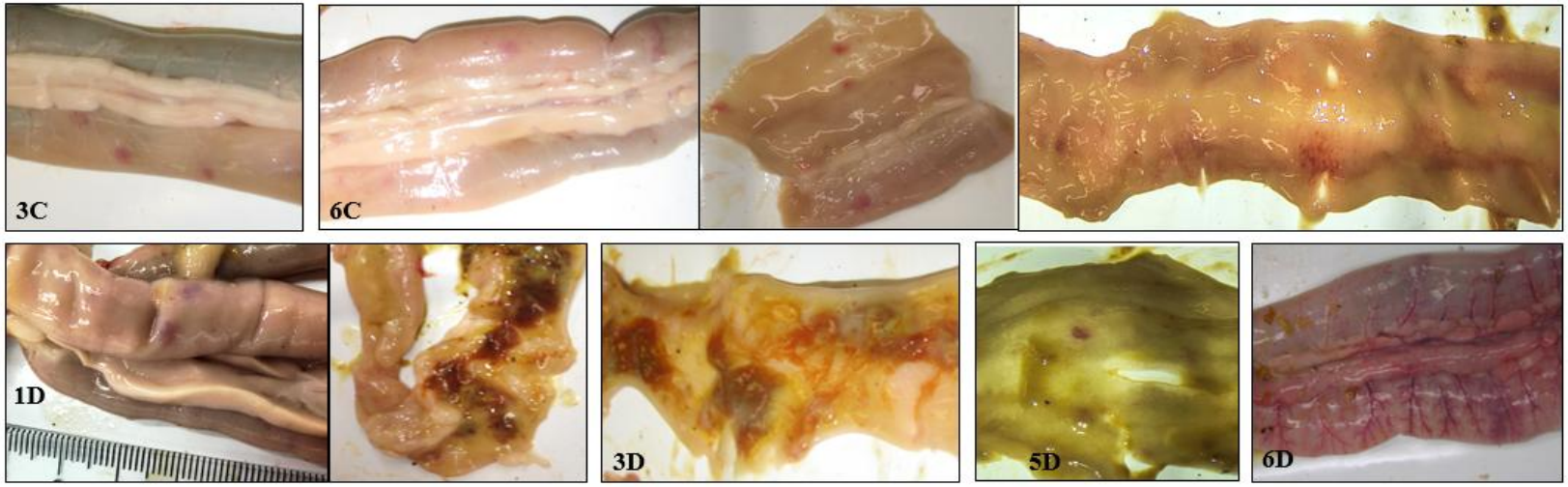
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bursa Fabrycjusza**<br>indeks bursy (IB)<br>Skala wg bursametru (od 1 do 8) | 1,202 g<br>2,3 cm x 2,0 cm<br>IB 0,04<br>Bursametr: 5,0<br>W błonie śluzowej widoczna jedna punkcikowa wybroczyna. | 1,123 g<br>2,1 cm x 2,0 cm<br>IB 0,04<br>Bursametr: 5,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 1,882 g<br>2,3 x 1,9 cm<br>IB 0,07<br>Bursametr: 5,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 1,783 g<br>2,1 cm x 2,0 cm<br>IB 0,06<br>Bursametr: 6,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 1,211 g<br>2,0 x 1,9 cm<br>IB 0,04<br>Bursametr: 5,0<br>błona śluzowa barwy kremowej | 1,15 g<br>2,0 cm x 2,0 cm<br>IB 0,03<br>Bursametr: 5,0<br>błona śluzowa barwy ciemnokremowej |
| **Grasica** | bez zmian, jasnoróżowa; u 2D blada, u 6D jasnobrunatna | | | | | |
| **Nerki:** | jasnobrązowe, niepowiększone, pojedyncze wybroczyny | jasnobrunatne, niepowiększone, wybroczyny w nerkach | niepowiększone, jasnobrunatne z beżowymi plamistościami nielicznymi wybroczynami | jasnobrunatne | jasnobrunatne, niepowiększone, z nielicznymi wybroczynami | jasnobrązowe niepowiększone, z nielicznymi wybroczynami |
| **Tarczyca:** | jasnoróżowa ok. 1 cm, bez widocznych zmian | | | | | |
| **Układ nerwowy:** | nerwy kulszowe symetryczne, prawidłowe, barwy białej, sklepienie czaszki kompletne, mózg barwy szaro-różowej | | | | | |
| **Nr** | **1S** | **2S** | **3S** | **4S** | **5S** | **6S** |

FPD - Foot Pad Dermatitis (zapalenie skóry poduszeczki stopy) skala 0-4.

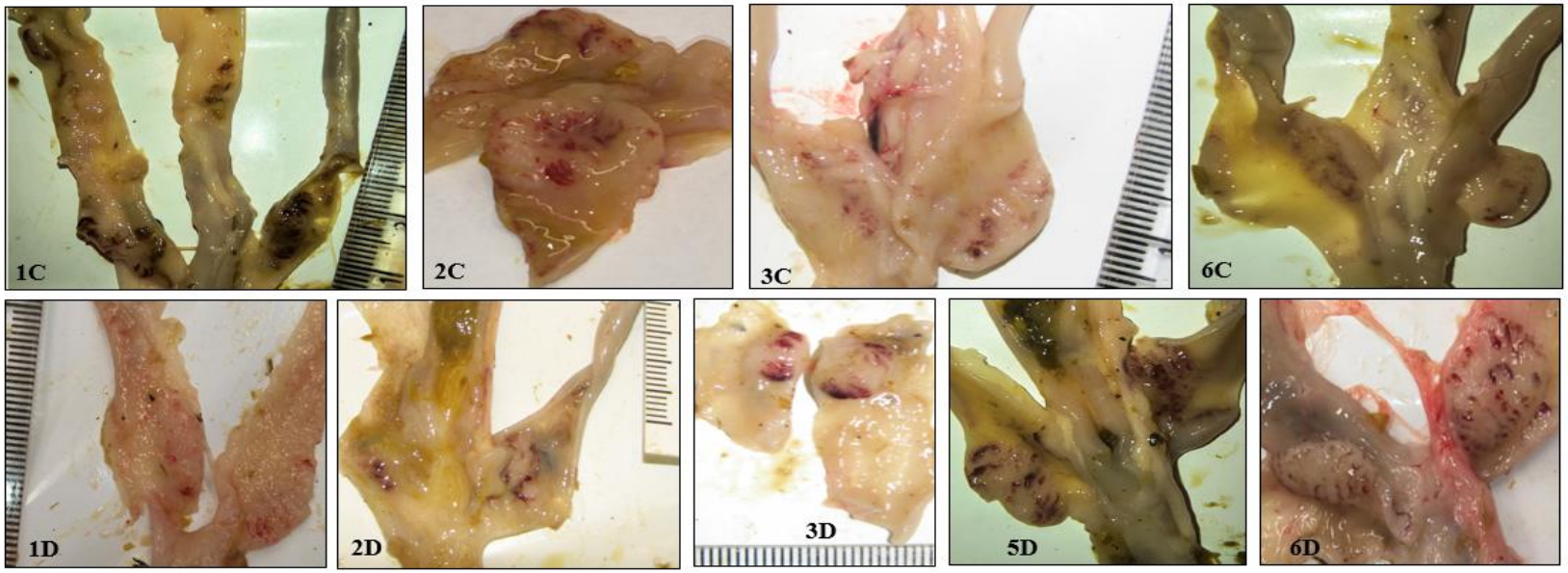
HP – Hock Burns (zmiany zapalne na skórze stawów skokowych) skala 0-4.

BB – Breast Blisters (pęcherze na mostku, zapalenie kaletki maziowej mostka) skala 0-1.

**Jelita**




**Migdałki jelit ślepych**



**Podsumowanie wyników:**

Zmiany makroskopowe u kurcząt były obecne głównie w jelitach, wątrobie, nerkach, sercu, w bursie Fabrycjusza, śledzionie oraz w mięśniach ud. Ogólnie zmiany w dwunastnicy częściej stwierdzano u kurcząt K. Zmiany w jelicie czczym, biodrowym i ślepym były porównywalne u K i S. Zmiany w jelicie czczym u kurcząt K miały większy udział zmian dotyczących błony śluzowej, podczas gdy w grupie S przeważały zmiany związane z charakterem treści jelitowej. Treść ze śluzem w jelicie czczym i biodrowym częściej stwierdzano u kurcząt S. Jelita ślepe wykazywały zmiany u kurcząt K i S, przy czym zmiany w migdałkach jelit ślepych były częstsze i bardziej nasilone u kurcząt S. U kurcząt K częściej stwierdzano otłuszczone serce.

U kurcząt K zmiany na poduszeczkach stóp i w głowie kości udowej były bardziej zaawansowane. Kurczęta S wykazywały bardziej wyrównane parametry makroskopowe bursy Fabrycjusza niż K. U kurcząt S ocena bursametrem była wyższa i bardziej wyrównana. U kurcząt K stwierdzono większe zróżnicowanie wielkości bursy Fabrycjusza. Nie stwierdzono pasożytów w świetle przewodu pokarmowego. Od każdego ptaka pobrano wycinki narządów do badania histopatologicznego.

## V. Badania histopatologiczne

Materiał badawczy: Brojler kurzy Hubbard RedBro (n=12) w wieku 82 dni

Przesłany materiał: wycinki narządów wewnętrznych

**Rozpoznanie:**

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **1K** | Serce | Naciek zapalny | + |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie \otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele | - |
| | | Włóknienie | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie (plazmocytarne) oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle pasożyty | - |
| | Jelito ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **2K** | Wątroba | Zapalenie (jakie?) - limfocytarne ogniskowe | + |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | -- |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Rozrost/ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele | - |
| | | Włóknienie | + |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Złogi | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Grasica | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | - |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń | + |
| | | Torbiele | - |
| | | Zapalenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Żołądek gruczołowy i mięśniowy | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Włóknienie | + |
| | | Zaburzenia krążenia | |
| | Dwunastnica J. czcze J. biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle | - |
| | Jelito ślepe (migdałki) | Rozrost/ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **3K** | Serce | Naciek zapalny | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń | - |
| | | Torbiele | - |
| | | Włóknienie | - |
| | Żołądek gruczołowy i żołądek mięśniowy | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Włóknienie | + |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle pasożyty | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost /ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki chłonne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **4K** | Wątroba | Zapalenie (jakie?) -limfocytarne ogniskowe | + |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Złogi | - |
| | | Zaburzenia krążenie | + |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie (limfocytarno-plazmocytarne oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle pasożyty | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **5K** | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | - |
| | | Torbiele? | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Włóknienie | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle Pasożyty | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | | Zapalenie – ziarniniakowe- oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Mięśnie szkieletowe (udowe) | Zapalenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek (zwyrodnienie szkliste) | + |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | |
| | | Zaburzenia krążenia | + |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **6K** | Serce | Naciek zapalny | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | + |
| | Wątroba | Zapalenie (jakie?) | + |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Złogi? | - |
| | | Zaburzenia krążenia | + |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie {plazmocytarne} oraz grudki limfatyczne | ++ |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Mięśnie szkieletowe (piersiowe) | Zapalenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek {zwyrodnienie szkliste} | + |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **1S** | Serce | Naciek zapalny | +++ |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie/ otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Bursa f. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele? | - |
| | | Włóknienie | + |
| | Grasica | Zmniejszenie tkanki limfoidalnej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń | + |
| | | Torbiele? | - |
| | | Zapalenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie {plazmocytarne} oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ubytek tkanki limfatycznej | ++ |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia w krążeniu | - |
| | Mięśnie szkieletowe (piersiowe) (piersiowe) | Zapalenie {limfocytarne} | + |
| | | Uszkodzenie komórek {zwyrodnienie szkliste} | + |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **2S** | Wątroba | Zapalenie (jakie?) - limfocytarne ogniskowe | ++ |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia (przekrwienie | ++ |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele? | - |
| | | Włóknienie | - |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | + |
| | | Złogi? | - |
| | | Zaburzenia krążenia | ++ |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | ++ |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Mięśnie szkieletowe (udowe) | zapalenie | +++ |
| | | Uszkodzenie komórek {zwyrodnienie szkliste} | +++ |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **3S** | Wątroba | Zapalenie (jakie?) {limfocytarne} | + |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | + |
| | Żołądek gruczołowy i żołądek mięśniowy | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | ++ |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **4S** | Serce | Naciek zapalny | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | + |
| | Wątroba | Zapalenie (jakie?) {limfocytarne} | + |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | + |
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Rozrost/ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | + |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele? | - |
| | | Włóknienie | - |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Złogi? | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Żołądek gruczołowy i żołądek mięśniowy | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Włóknienie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **5S** | Serce | Naciek zapalny | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | Nerki | Zapalenie | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Kłębuszki | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | złogi | - |
| | | Zaburzenia krążenia | ++ |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie i grudki limfatyczne | ++ |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | -- |
| | | Inne, materiał; w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | + |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | Mięśnie szkieletowe (udowe) | Zapalenie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | ++ |
| | | Włóknienie, otłuszczenie | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

| Osobnik | Narząd | Zmiana | Stopień nasilenia |
|---|---|---|---|
| **6S** | Wątroba | Zapalenie (jakie?) | ++ |
| | | Grudki limfatyczne | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Włóknienie | - |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | +++ |
| | Śledziona | Zróżnicowanie miazga czerwona i biała | - |
| | | Grudki limfatyczne | - |
| | | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | + |
| | Bursa F. | Zmniejszenie tkanki limfatycznej | ++ |
| | | Zróżnicowanie kora/rdzeń grudek | + |
| | | Torbiele? | - |
| | | Włóknienie | - |
| | Dwunastnica<br>Jelito czcze<br>Jelito biodrowe | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | ++ |
| | | Uszkodzenie komórek | - |
| | | Zaburzenia krążenia | - |
| | | Inne, materiał w świetle? pasożyty? | - |
| | Jelita ślepe (migdałki) | Rozrost/ ubytek tkanki limfatycznej | - |
| | | Zapalenie oraz grudki limfatyczne | - |
| | | Uszkodzenia komórek | ++ |
| | | Zaburzenia krążenia | - |

## VI. Wpływ serwatki kwasowej na markery surowicy i mikrobiotę przewodu pokarmowego kurcząt

### Cel i układ doświadczenia

Celem badań była ocena związku dodatku serwatki kwasowej do paszy z wybranymi markerami zdrowia kurcząt oraz ocena wpływu na zmiany jakości mięsa. Porównano grupę kontrolną K z grupą eksperymentalną E.

### Materiał i metody badań

Materiałem do badan była surowica krwi kurcząt, treść przewodu pokarmowego kurcząt (jelito ślepe) oraz mięso kurcząt (filet z piersi) i serwatka kwasowa.

Metody badań obejmowały:

1. Wykonanie testów ELISA według instrukcji producenta w kierunku oznaczenie IgY (Abcam ab157693 Chicken IgY ELISA Kit - IgY 96 T); IL-10 (CUSABIO CSB-E12835C, Chicken Interleukin 10- IL-10 ELISA Kit 96 T); IL-1β (CUSABIO CSB-E11230Ch - IL-1β, Chicken Interleukin 1β, IL-1β ELISA Kit (96 T); Haptoglogina/Zonulina (ELK Biotechnology - Chicken Haptoglobin ELISA Kit ELK11201 96 T); IgM (Abcam ab157692 - Chicken IgM ELISA Kit 96 T).
2. Izolację DNA (Genomic Mini AX Stool, A&A Biotechnology), sprawdzenie jakości DNA oraz sekwencjonowanie. Analizę składu populacji bakteryjnej przeprowadzono na podstawie analizowanego regionu 16S (V3-V4) (Klindworth et al. 2013). Do amplifikacji wybranego regionu oraz przygotowania biblioteki zastosowano startery 341F i 785R (Klindworth et al. 2013) zawierające adaptery Illumina. Sekwencje starterów były następujące:

   341F: 5'–TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG

   785R: 5'–GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC

   Amplifikację PCR wykonano z użyciem mieszaniny Q5 Hot Start High-Fidelity 2X Master Mix (New England Biolabs). Otrzymane amplikony zindeksowano przy użyciu

zestawu Illumina DNA/RNA UD Indexes (Illumina). Wielkość bibliotek oceniono z użyciem aparatu Agilent Bioanalyzer 2100 oraz zestawu DNA High Sensitivity chip (Agilent). Po każdej reakcji PCR biblioteki zostały oczyszczone przy użyciu kulek magnetycznych oraz wykonany został pomiar fluorymetryczny na urządzeniu Tecan Infinite® 200 Pro M Plex (Tecan), stężenia biblioteki zmierzono za pomocą odczynnika Quant-iT™ PicoGreen™ dsDNA Assay Kit (Life Technologies). Sekwencjonowanie przeprowadzono na platformie Aviti (Element Biosciences), w trybie paired–end 2 × 300 nt, z wykorzystaniem chemii Cloudbreak Freestyle, zakładając uzyskanie co najmniej 50 000 par odczytów na próbkę. Analizę taksonomiczną przeprowadzono za pomocą programu QIIME 2 (wersja 2024.5) (Bolyen et al. 2019) na podstawie bazy referencyjnej Silva v138.2 (Quast et al. 2013).

Literatura

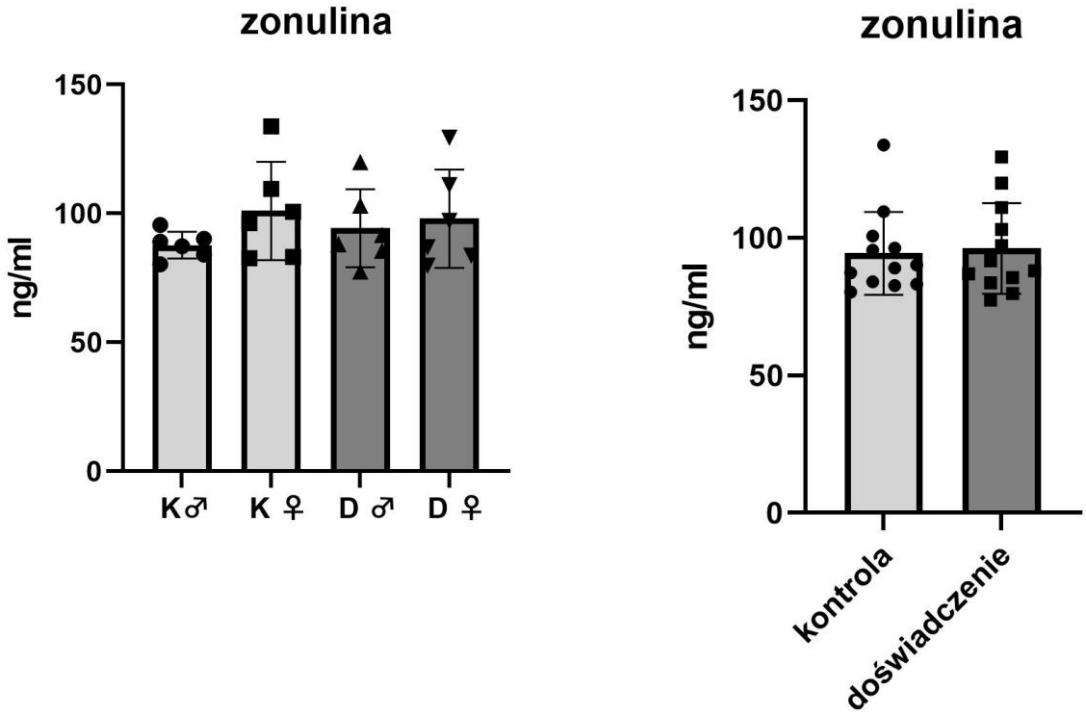

- Bolyen, Evan, Jai Ram Rideout, Matthew R. Dillon, et al. 2019. “Reproducible, Interactive, Scalable and Extensible Microbiome Data Science Using QIIME 2.” *Nature Biotechnology* 37 (8): 852–57. https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9.
- Klindworth, Anna, Elmar Pruesse, Timmy Schweer, Jörg Peplies, Christian Quast, Matthias Horn, and Frank Oliver Glöckner. 2013. “Evaluation of General 16S Ribosomal RNA Gene PCR Primers for Classical and Next-Generation Sequencing-Based Diversity Studies.” *Nucleic Acids Research* 41 (1): e1. https://doi.org/10.1093/nar/gks808.
- Quast, Christian, Elmar Pruesse, Pelin Yilmaz, Jan Gerken, Timmy Schweer, Pablo Yarza, Jörg Peplies, and Frank Oliver Glöckner. 2013. “The SILVA Ribosomal RNA Gene Database Project: Improved Data Processing and Web-Based Tools.” *Nucleic Acids Research* 41 (D1): D590–96. https://doi.org/10.1093/nar/gks1219.

**Wyniki - Wybrane parametry zdrowia kurcząt**

**a) Obecność wybranych cytokin i haptoglobiny/zonuliny w surowicy krwi kurcząt**

W ramach doświadczenia zaplanowano oznaczenie IgY, IgM, IL-1β, IL-10 oraz Haptoglogliny/Zonuliny. W niniejszym raporcie prezentujemy wybrane wyniki badań (Haptoglogina/Zonulina oraz IL-10), pozostałe analizy są w trakcie realizacji lub wymagają opracowania.

Na Rycinie 1 zaprezentowano stężenie zonuliny / haptoglobiny w surowicy kurcząt – wyniki zbiorcze i według płci.

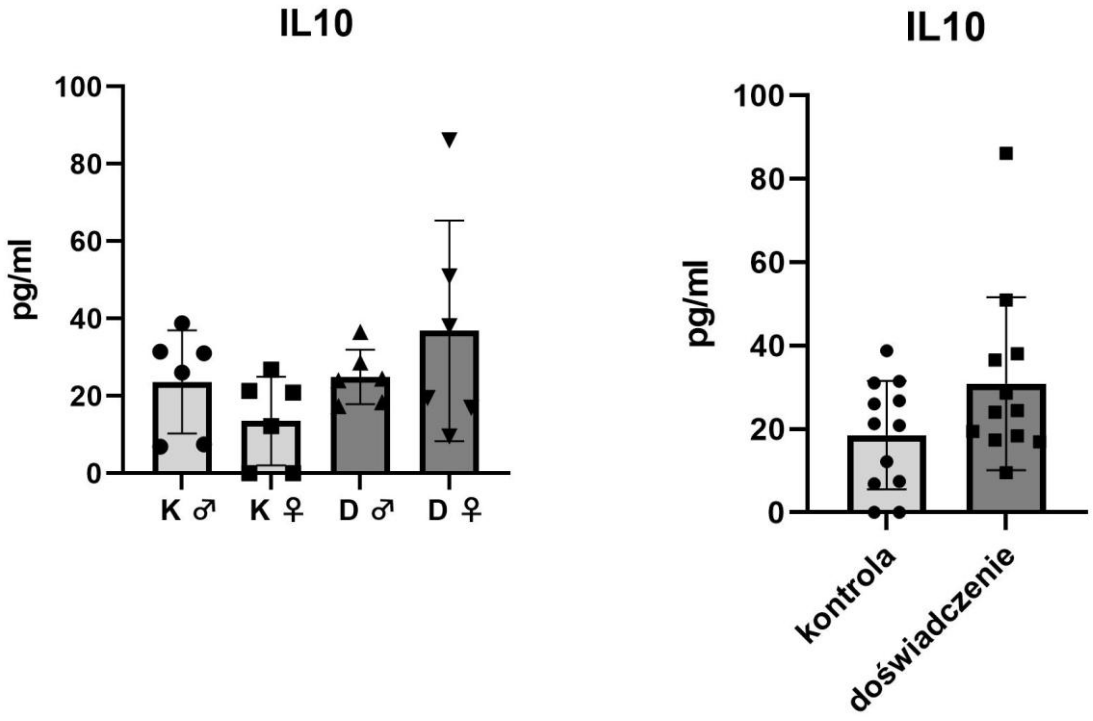



**Rycina 1**. Zonulina w surowicy kurczaków z podziałem na płeć (po lewej) i łącznie (po prawej). K – kontrola; D – grupa doświadczalna, utożsamiona w raporcie z E. Jednostka: ng/ml.

W zestawieniu łącznym (po prawej) wysokości słupków są bardzo podobne i brak jest istotnych statystycznie różnic ($p>0,05$). Indywidualne wyniki obu grup w znacznym stopniu się pokrywają; widoczne są również pojedyncze wyższe wartości, sięgające około 130–135 ng/ml. U samców grupa E ma nieco wyższą średnią niż K, natomiast u samic kierunek niewielkiej różnicy jest odwrotny. Na podstawie tego eksperymentu nie można ustalić spójnego efektu w odniesieniu do zonuliny po dodatku serwatki kwasowej. Podobieństwo słupków i nakładanie się wyników nie dowodzą jednak równoważności grup ani braku efektu. Podobne stężenia

parametru oznaczonego jako haptoglobina/zonulina nie stanowią dowodu poprawy ani pogorszenia bariery jelitowej.

Na Rycinie 2 zaprezentowano stężenie IL-10 w surowicy kurcząt – wyniki zbiorcze i według płci.




**Rycina 2.** IL-10 w surowicy kurczaków z podziałem na płeć (po lewej) i łącznie (po prawej). K – kontrola; D – grupa doświadczalna, utożsamiona w raporcie z E. Jednostka: pg/ml.

Zaobserwowano, że w grupie E łączna średnia (po prawej) IL-10 jest wyższa niż w K o około 12 pg/ml. U samców średnie pozostają podobne. U samic różnica wynosi około 23 pg/ml, ale towarzyszy jej duży rozrzut: w E widoczne są wyniki od około 10 do 86 pg/ml.

IL-10 pełni u kurczaków funkcję regulatora zwrotnego odpowiedzi immunologicznej, ograniczając wybrane reakcje zapalne (Wu i wsp., 2016). Wyższe stężenie w grupie E jest zgodne z hipotezą zmiany regulacji immunologicznej po zastosowaniu dodatku paszowego. Sam wzrost IL-10 nie dowodzi jednak zmniejszenia stanu zapalnego ani poprawy zdrowia. Może również towarzyszyć odpowiedzi kompensacyjnej na pobudzenie immunologiczne. Pełna interpretację wyników zostanie dokonana po zestawieniu z cytokinami prozapalnymi, stanem klinicznym oraz wskaźnikami produkcyjnymi. Dotychczas zebrane dane sugerują

większą różnicę pomiędzy grupami u samic, ale nie pozwalają potwierdzić działania zależnego od płci.

Literatura


- Wu Z. i wsp. (2016). Analysis of the function of IL-10 in chickens using specific neutralising antibodies and a sensitive capture ELISA. Developmental & Comparative Immunology, 63, 206–212. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27108075/


**Wnioski**

1. Dodatek serwatki kwasowej wiązał się z wyższą średnią IL-10, przy największej różnicy i największym rozrzucie u samic. Różnice te nie były jednak istotne statystycznie.
2. Stężenia parametru opisanego jako zonulina/haptoglogina były zbliżone w grupie kontrolnej i eksperymentalnej; nie zaobserwowano spójnego efektu w badanych próbach, ani w odniesieniu do płci.
3. Obserwacje uzasadniają dalszą weryfikację wpływu suplementacji na regulację odpowiedzi immunologicznej. Nie potwierdzają jednak istotności statystycznej, poprawy bariery jelitowej ani korzyści zdrowotnej lub produkcyjnej.

### b) Kompozycja mikrobioty przewodu pokarmowego kurcząt

Analiza obejmowała po 7 prób treści pokarmowej kurcząt w grupie kontrolnej K: próbki K-1 do K-7 oraz w grupie doświadczalnej E: E-1 do E-7. K oznacza kontrolę, a E dodatek serwatki kwasowej. Treść pokarmowa pochodziła z jelita ślepego.

W tabeli 18 zaprezentowano odczyty, które reprezentują głębokość sekwencjonowania oraz przypisanie ich do rodzaju. Mediana odsetka odczytów przypisanych do nazwanych rodzajów wynosiła 65,96% w K i 66,43% w E. Zakresy: 55,28–79,48% i 44,47–73,88%. „Nierozstrzygnięte” to dopełnienie wskaźnika klasyfikacji; obejmuje także brak rozstrzygnięcia na wyższych poziomach, zgodnie z definicją raportów źródłowych.

Tabel 18. Zestawienie wielkości odczytów sekwencji dla poszczególnych prób

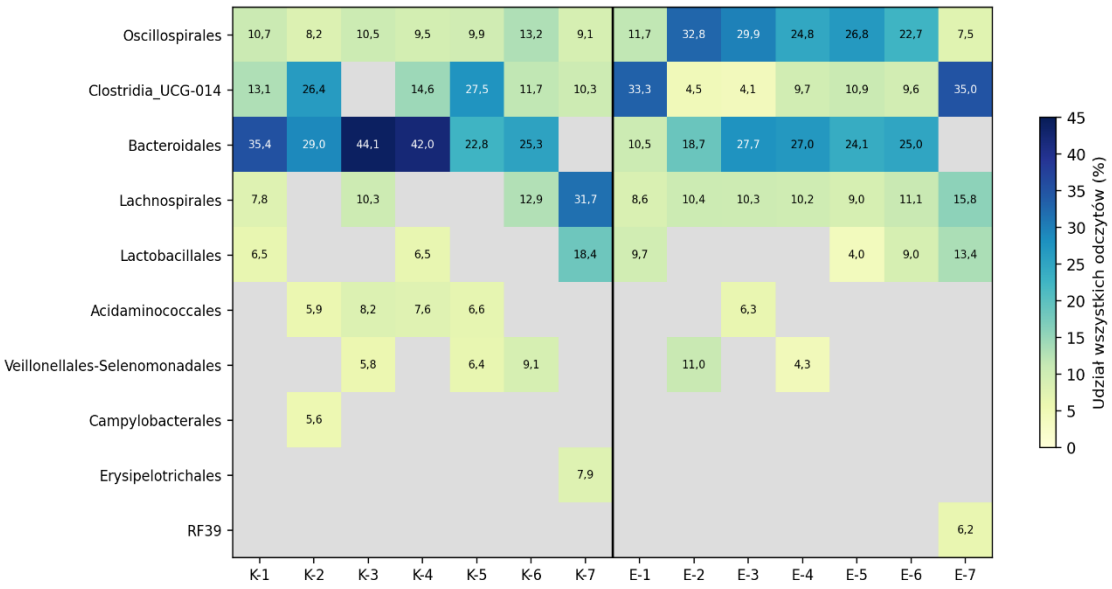
| Próbka | Odczyty niechimeryczne | Przypisane do rodzaju % | Nierozstrzygnięte % |
|---|---|---|---|
| K-1 | 364 597 | 70,11 | 29,89 |
| K-2 | 235 979 | 60,96 | 39,04 |
| K-3 | 280 113 | 79,48 | 20,52 |

| Próbka | Odczyty niechimeryczne | Przypisane do rodzaju % | Nierozstrzygnięte % |
|---|---|---|---|
| K-4 | 381 851 | 71,94 | 28,06 |
| K-5 | 320 966 | 55,28 | 44,72 |
| K-6 | 358 668 | 65,96 | 34,04 |
| K-7 | 396 062 | 62,35 | 37,65 |
| E-1 | 413 783 | 44,47 | 55,53 |
| E-2 | 454 235 | 66,54 | 33,46 |
| E-3 | 320 478 | 73,88 | 26,12 |
| E-4 | 442 910 | 66,43 | 33,57 |
| E-5 | 332 572 | 64,16 | 35,84 |
| E-6 | 357 910 | 67,10 | 32,90 |
| E-7 | 396 967 | 46,20 | 53,80 |

Na Rycienie 3 zaprezentowano różnorodność mikrobioty w poszczególnych próbach na poziomie taksonomicznym rzędu. Dane obejmują pięć najliczniejszych pozycji na próbkę.

W przypadku Ryciny 3 *Oscillospirales* występuje w pierwszej piątce wszystkich próbek obu grup; różnica median E − K wynosi +14,901 punktu procentowego. *Bacteroidales* nie zaobserwowano tylko dla K-7 i E-7, gdzie jego udział nie przekraczał odpowiednio 7,873% i 6,231%. Różnica median wynosi −4,915 punktu procentowego.

*Oscillospirales i Lachnospirales* znalazły się w pierwszej piątce wszystkich siedmiu próbek. W E-1 i E-7 pierwsze miejsce zajęła pozycja *Clostridia*_UCG-014 (odpowiednio 33,338% i 35,026%). *Bacteroidales* dominował w pięciu próbkach i osiągnął najwyższy udział w K-3 (44,053%). W K-5 pierwsze miejsce zajęła pozycja *Clostridia*_UCG-014 (27,452%), a w K-7 *Lachnospirales* (31,707%). Wyższa mediana *Oscillospirales* i częstszy udział *Lachnospirales* wśród dominujących rzędów E wskazują na zmianę struktury społeczności jelitowej. Rzędy te obejmują wiele rodzajów i zróżnicowane funkcje. Ich udziały nie są jednak miarą produkcji maślanu, ani sprawności bariery jelitowej. Próbki E-1 i E-7 wyróżniają się wysokim udziałem *Clostridia*, co współwystępuje z niższym stopniem rozstrzygnięcia taksonomii do rodzaju w tych próbkach i pokazuje wartość analizy wyższej rangi.




**Rycina 3**. Profile mikrobioty treści przewodu pokarmowego na poziomie taksonomicznym rzędu

W Tabeli 19 zaprezentowano najliczniejsze rzędy mikroorganizmów w grupie kontrolnej w poszczególnych próbach, a w Tabeli 20 zaprezentowano najliczniejsze rzędy mikroorganizmów w grupie eksperymentalnej.

**Tabela 19. Najliczniejsze rzędy mikroorganizmów w grupie kontrolnej - K bez serwatki**

| Próbka | Rzędy według malejącego udziału |
|---|---|
| K-1 | Bacteroidales (35,403%) · Clostridia_UCG-014 (13,060%) · Oscillospirales (10,697%) · Lachnospirales (7,837%) · Lactobacillales (6,467%) |
| K-2 | Bacteroidales (28,970%) · Clostridia_UCG-014 (26,389%) · Oscillospirales (8,241%) · Acidaminococcales (5,860%) · Campylobacterales (5,556%) |
| K-3 | Bacteroidales (44,053%) · Oscillospirales (10,521%) · Lachnospirales (10,259%) · Acidaminococcales (8,245%) · Veillonellales-Selenomonadales (5,775%) |
| K-4 | Bacteroidales (42,047%) · Clostridia_UCG-014 (14,586%) · Oscillospirales (9,461%) · Acidaminococcales (7,600%) · Lactobacillales (6,493%) |
| K-5 | Clostridia_UCG-014 (27,452%) · Bacteroidales (22,849%) · Oscillospirales (9,859%) · Acidaminococcales (6,581%) · Veillonellales-Selenomonadales (6,376%) |
| K-6 | Bacteroidales (25,314%) · Oscillospirales (13,180%) · Lachnospirales (12,887%) · Clostridia_UCG-014 (11,653%) · Veillonellales-Selenomonadales (9,051%) |
| K-7 | Lachnospirales (31,707%) · Lactobacillales (18,369%) · Clostridia_UCG-014 (10,302%) · Oscillospirales (9,061%) · Erysipelotrichales (7,873%) |

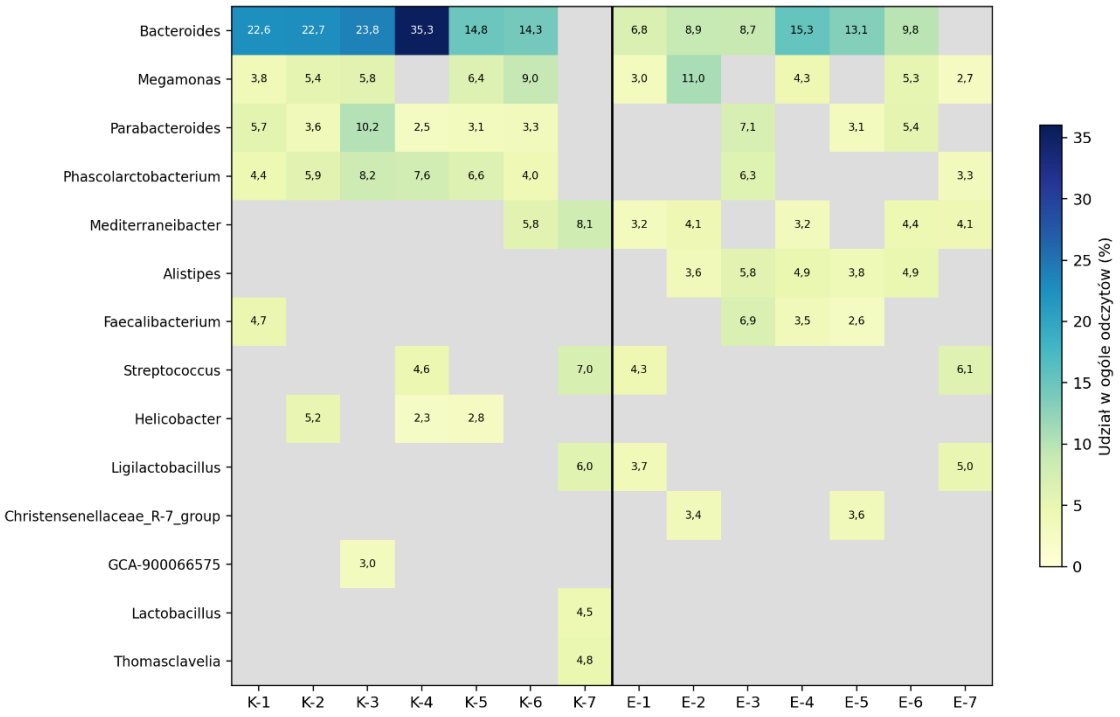
**Tabela 20. Najliczniejsze rzędy mikroorganizmów w grupie eksperymentalnej - E z serwatką**

| Próbka | Rzędy według malejącego udziału |
|---|---|

| | |
|---|---|
| E-1 | Clostridia_UCG-014 (33,338%) · Oscillospirales (11,695%) · Bacteroidales (10,502%) · Lactobacillales (9,681%) · Lachnospirales (8,560%) |
| E-2 | Oscillospirales (32,822%) · Bacteroidales (18,661%) · Veillonellales-Selenomonadales (10,972%) · Lachnospirales (10,424%) · Clostridia_UCG-014 (4,493%) |
| E-3 | Oscillospirales (29,880%) · Bacteroidales (27,728%) · Lachnospirales (10,285%) · Acidaminococcales (6,268%) · Clostridia_UCG-014 (4,138%) |
| E-4 | Bacteroidales (26,955%) · Oscillospirales (24,760%) · Lachnospirales (10,165%) · Clostridia_UCG-014 (9,720%) · Veillonellales-Selenomonadales (4,293%) |
| E-5 | Oscillospirales (26,804%) · Bacteroidales (24,055%) · Clostridia_UCG-014 (10,885%) · Lachnospirales (9,003%) · Lactobacillales (3,996%) |
| E-6 | Bacteroidales (25,028%) · Oscillospirales (22,748%) · Lachnospirales (11,061%) · Clostridia_UCG-014 (9,602%) · Lactobacillales (9,010%) |
| E-7 | Clostridia_UCG-014 (35,026%) · Lachnospirales (15,763%) · Lactobacillales (13,412%) · Oscillospirales (7,480%) · RF39 (6,231%) |

Na Rycienie 4 zaprezentowano różnorodność mikrobioty w poszczególnych próbach na poziomie taksonomicznym rodzaju.

*Bacteroides* zajmował pierwszą pozycję w 6/7 próbek K i 5/7 próbek E; w E-2 przeważał *Megamonas.* W K-7 przeważał *Mediterraneibacter*, a w E-7 *Streptococcus.* Próbki E-1 i E-7 wyróżniał udział *Streptococcus* oraz *Ligilactobacillus* w pierwszej piątce i niższy stopień przypisania odczytów do rodzaju. Różnica median E − K wynosi −13,732 punktu procentowego.



**Rycina 4.** Profile mikrobioty treści przewodu pokarmowego na poziomie taksonomicznuym rodzaju

W Tabeli 21 zaprezentowano najliczniejsze rodzaje mikroorganizmów w grupie kontrolnej w poszczególnych próbach. W pierwszej piątce K najczęściej występowały *Bacteroides, Parabacteroides i Phascolarctobacterium* (po 6/7 próbek), a następnie *Megamonas* (5/7). *Helicobacter* występował w K-2, K-4 i K-5. Należy zauważyć, że wynik jest częstością pojawiania się w rankingu dominacji, a nie częstością wykrycia w całej grupie. Natomiast w Tabeli 22 zaprezentowano najliczniejsze rodzaje mikroorganizmów w grupie eksperymentalnej w poszczególnych próbach. W pierwszej piątce E najczęściej występował *Bacteroides* (6/7), następnie *Alistipes, Mediterraneibacter i Megamonas* (po 5/7). *Faecalibacterium* występował w pierwszej piątce 3/7 próbek, a *Christensenellaceae*_R-7_group w 2/7. *Helicobacter* nie pojawiał się w pierwszej piątce E, co nie dowodzi to jego eliminacji.

Tabela 21. Najliczniejsze rodzaje mikroorganizmów w grupie K -kontrolnej bez serwatki

| **Próbka** | **Pięć najliczniejszych pozycji** |
|---|---|
| K-1 | Bacteroides (22,632%); Parabacteroides (5,691%); Faecalibacterium (4,710%); Phascolarctobacterium (4,367%); Megamonas (3,781%) |
| K-2 | Bacteroides (22,684%); Phascolarctobacterium (5,860%); Megamonas (5,366%); Helicobacter (5,150%); Parabacteroides (3,563%) |
| K-3 | Bacteroides (23,810%); Parabacteroides (10,151%); Phascolarctobacterium (8,245%); Megamonas (5,775%); GCA-900066575 (3,019%) |
| K-4 | Bacteroides (35,349%); Phascolarctobacterium (7,600%); Streptococcus (4,585%); Parabacteroides (2,542%); Helicobacter (2,336%) |
| K-5 | Bacteroides (14,842%); Phascolarctobacterium (6,581%); Megamonas (6,376%); Parabacteroides (3,085%); Helicobacter (2,774%) |
| K-6 | Bacteroides (14,301%); Megamonas (9,041%); Mediterraneibacter (5,771%); Phascolarctobacterium (4,020%); Parabacteroides (3,268%) |
| K-7 | Mediterraneibacter (8,054%); Streptococcus (6,976%); Ligilactobacillus (6,044%); Thomasclavelia (4,786%); Lactobacillus (4,489%) |

Tabela 22. Najliczniejsze rodzaje mikroorganizmów w grupie eksperymentalnej E- z serwatką

| Próbka | Pięć najliczniejszych pozycji |
|---|---|
| E-1 | Bacteroides (6,764%); Streptococcus (4,266%); Ligilactobacillus (3,699%); Mediterraneibacter (3,177%); Megamonas (2,980%) |
| E-2 | Megamonas (10,968%); Bacteroides (8,900%); Mediterraneibacter (4,117%); Alistipes (3,615%); Christensenellaceae_R-7_group (3,386%) |
| E-3 | Bacteroides (8,734%); Parabacteroides (7,064%); Faecalibacterium (6,872%); Phascolarctobacterium (6,268%); Alistipes (5,813%) |
| E-4 | Bacteroides (15,304%); Alistipes (4,898%); Megamonas (4,257%); Faecalibacterium (3,460%); Mediterraneibacter (3,239%) |
| E-5 | Bacteroides (13,097%); Alistipes (3,840%); Christensenellaceae_R-7_group (3,554%); Parabacteroides (3,060%); Faecalibacterium (2,599%) |
| E-6 | Bacteroides (9,750%); Parabacteroides (5,408%); Megamonas (5,325%); Alistipes (4,852%); Mediterraneibacter (4,385%) |
| E-7 | Streptococcus (6,128%); Ligilactobacillus (5,014%); Mediterraneibacter (4,146%); Phascolarctobacterium (3,310%); Megamonas (2,711%) |

Najbardziej spójną obserwacją jest niższy względny udział *Bacteroides* w grupie eksperymentalnej E, co może sugerować odmienną produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych i ekspresję markerów odporności (Fan i wsp., 2023). Wynik ten dotyczył innego układu badań i nie dowodzi działania serwatki w nieniejszych badaniach.

Częstsza obecność *Alistipes, Mediterraneibacter i Faecalibacterium* w pierwszej piątce próbek E sugeruje przesunięcie struktury dominujących taksonów. Nie określa funkcji metabolicznej całej społeczności. Obecność *Streptococcus, Ligilactobacillus* lub *Helicobacter* na poziomie rodzaju nie rozstrzyga o właściwościach probiotycznych lub chorobotwórczych konkretnych szczepów, może jesdnak wskazywać na trend i kierunek zmian.

W surowicy grupy E średnia IL-10 była wyższa, a zonulina zbliżona do kontroli. Zmiany mikrobioty są zgodne z możliwością odpowiedzi ekosystemu jelitowego na żywienie, ale nie potwierdzają mechanizmu immunologicznego. Brak identyfikatorów łączących próbki treści i surowicy oraz informacji o płci uniemożliwia analizę korelacji indywidualnych. Nie należy łączyć grupowych średnich IL-10 z udziałami rodzajów jako dowodu zależności przyczynowej.

Literatura


- Fan Y., Ju T., Bhardwaj T., Korver D.R., Willing B.P. (2023). Week-Old Chicks with High Bacteroides Abundance Have Increased Short-Chain Fatty Acids and Reduced Markers of Gut Inflammation. Microbiology Spectrum, 11(2), e03616-22. https://doi.org/10.1128/spectrum.03616-22


### c) Kompozycja mikrobioty serwatki kwaśnej oraz mięsa kurcząt

Mikrobiotę serwatki kwasowej użytej w badaniu prezentuje tabela 23. *Lactococcus* stanowił 88,770% profilu serwatki, a *Leuconostoc* 1,434%. Dominacja *Lactococcus* jest zgodna z charakterem fermentowanego surowca mlecznego, lecz identyfikacja rodzaju nie potwierdza właściwości probiotycznych ani aktywności żywych komórek. *Klebsiella* (3,677%), *Acinetobacter* (3,142%) i *Raoultella* (0,716%) uzasadniają weryfikację mikrobiologiczną surowca; same udziały DNA nie rozstrzygają jego jakości sanitarnej ani obecności szczepów chorobotwórczych.

Tabela 23. Mikrobiota serwatki kwasowej użytej w badaniu

| **Rodzaj w serwatce** | **Udział %** |
|---|---|
| *Lactococcus* | 88,770 |
| *Klebsiella* | 3,677 |
| *Acinetobacter* | 3,142 |
| *Leuconostoc* | 1,434 |
| *Raoultella* | 0,716 |
| Suma pięciu | 97,739 |
| **Rząd w serwatce** | **Udział %** |
| *Lactobacillales* | 90,284 |
| *Pseudomonadales* | 3,268 |
| *Flavobacteriales* | 0,121 |
| *Enterobacterales* | 5,636 |
| *Sfingobakterie* | 0,533 |

W serwatce dominował rząd *Lactobacillales* (90,284%). Jest to spójne z dominacją *Lactococcus* i udziałem *Leuconostok* na poziomie rodzaju. *Enterobacterales* stanowił 5,636%, a *Pseudomonadales* 3,268%. Profil wskazuje na przewagę taksonów związanych z fermentacją

mleczną, ale nie potwierdza właściwości probiotycznych całego surowca. Sygnał *Enterobacterales* wymaga odrębnej oceny ilościowej i identyfikacji drobnoustrojów, jeśli ma służyć ocenie higienicznej.

W Tabeli 24 zaprezentowano mikrobiotę mięsa kurcząt z grupy kontrolnej K – bez serwatki oraz z grupy eksperymentalnej E- z serwatką.

Pięć rodzajów stanowi łącznie 89,018% profilu K i 93,823% profilu E. W K dominuje Acinetobacter (31,716%), natomiast w E *Brochothrix* (41,209%). Największe różnice dotyczą wyższego udziału *Brochothrix* w E o 19,905 punktu procentowego oraz niższego *Chryseobacterium* o 17,295 punktu procentowego. Udział *Psychrobacter* jest wyższy o 12,314 punktu procentowego, *Acinetobacter* niższy o 10,758, a *Pseudomonas* wyższy o 0,639.

Analizując wyniki załączone w tabeli na poziomie taksonomicznym rzędu można zauważyć, że w obu profilach dominował *Pseudomonadales*: 47,844% w K i 49,965% w E. Na poziomie rodzaju grupa E wykazywała obniżenie *Acinetobacter*, ale wzrost *Psychrobacter* i niewielki wzrost *Pseudomonas*. *Acinetobacter, Brochothrix, Pseudomonas i Psychrobacter* należą do typowej mikrobioty świeżych filetów kurcząt.

*Lactobacillales* ma wyższy udział w mięsie E (42,603%) niż K (22,722%), o 19,881 punktu procentowego. Niemal tej samej wielkości jest różnica *Brochothrix* (+19,905 punktu procentowego). Wzrost *Lactobacillales* w mięsie może być związany ze wzrostem *Lactococcus* pochodzącego z serwatki.

Tabela 24. Mikrobiota mięsa piersiowego w grupach K i E

| **Rodzaj** | **K %** | **E %** | **E − K p.p.** |
|---|---|---|---|
| *Brochothrix* | 21,304 | 41,209 | +19,905 |
| *Acinetobacter* | 31,716 | 20,958 | −10,758 |
| *Psychrobacter* | 8,121 | 20,435 | +12,314 |
| *Pseudomonas* | 7,919 | 8,558 | +0,639 |
| *Chryseobacterium* | 19,958 | 2,663 | −17,295 |
| **Rząd** | **K %** | **E %** | **E − K p.p.** |
| *Pseudomonadales* | 47,844 | 49,965 | +2,121 |
| *Lactobacillales* | 22,722 | 42,603 | +19,881 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Flavobacteriales* | 23,594 | 3,247 | −20,347 |
| *Enterobacterales* | 1,441 | 0,915 | −0,526 |
| Inne | 1,241 | 1,041 | −0,200 |

Wnioski

1. W grupie kurcząt otrzymującej serwatkę kwasową średnie stężenie cytokiny przeciwzapalnej IL-10 w surowicy było o około 12 pg/ml wyższe niż w grupie kontrolnej. Największą różnicę oraz największy rozrzut wyników odnotowano u samic. Różnica między grupami nie osiągnęła jednak istotności statystycznej. Stężenie haptoglobiny było zbliżone w obu grupach. Wyniki stanowią podstawę do dalszej oceny odpowiedzi immunologicznej i wpływu suplementacji na szczelność bariery jelitowej.
2. W siedmiu próbkach treści jelita ślepego z każdej grupy zaobserwowano różnice w składzie dominujących taksonów. W grupie kurcząt E mediana udziału *Oscillospirales* była wyższa niż w K o 14,90 punktu procentowego, a mediana udziału *Bacteroides* niższa o 13,73 punktu procentowego. Częstsze występowanie *Mediterraneibacter, Megamonas, i Faecalibacterium* w przewodzie pokarmowym kurcząt z grupy E może sugerować potencjalną zmianę profilu na „prozdrowotny". Jednakże znaczenie tych zmian dla zdrowia kurcząt wymaga dalszych badań i analiz funkcjonalnych.
3. W serwatce kwasowej dominował *Lactococcus* (88,77% odczytów), a na poziomie rzędu *Lactobacillales* (90,28%). W obu profilach mięsa piersiowego dominował *Pseudomonadales* (około 48–50%). W mięsie kurcząt z grupy eksperymentalnej E stwierdzono większy udział *Lactobacillales*, co może być związane z suplementacją paszy serwatką kwasową, jednak hipoteza ta wymaga potwierdzenia.

### d) Wpływ serwatki kwasowej na morfologię i biochemię krwi brojlerów

**Gatunek:** kura domowa (*Gallus gallus domesticus*)
**Typ:** brojler kurzy Hubbard Redbro
**Ilość ptaków:** 24 (12 grupa K + 12 grupa S)

Tabela 25. Morfologia i biochemia krwi brojlerów

| **Lp.** | **Parametr** | **Jednostka** | **Kurczęta grupy K** | **Kurczęta grupy S** |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Średnia±SD** | **Średnia±SD** |
| 1 | RBC | T/l | 2,32 ± 0,15 | 2,27 ± 0,21 |
| 2 | Hb | g/dl | 9,63 ± 0,84 | 9,37 ± 0,87 |
| 3 | Hct | % | 31,42 ± 2,91 | 30,16 ± 2,62 |
| 4 | MCV | fl | 123,04 ± 4,72 | 120,97 ± 3,02 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | MCH | pg | 37,75 ± 1,84 | 37,59 ± 1,69 |
| 6 | MCHC | g/dl | 30,69 ± 1,02 | 31,07 ± 0,96 |
| 7 | WBC | G/l | 39,61 ± 8,06 | 30,48 ± 5,48 |
| 8 | Limfocyty | % | 53,92 ± 10,08 | 58,50 ± 8,91 |
| 9 | Heterofile | % | 31,25 ± 6,65 | 30,25 ± 5,94 |
| 10 | Monocyty | % | 8,25 ± 4,35 | 6,17 ± 2,95 |
| 11 | Eozynofile | % | 1,75 ± 1,29 | 1,42 ± 0,90 |
| 12 | Bazofile | % | 4,83 ± 2,82 | 3,67 ± 2,23 |
| 13 | Atypowe | % | bd | bd |
| 14 | Liczba płytek krwi | opis | bd | bd |
| 15 | Opis leukogramu | opis | bd | bd |
| 16 | H/L | - | 0,62 ± 0,25 | 0,54 ± 0,18 |
| 17 | OB 15 min | mm | 0,17 ± 0,58 | 0,00 ± 0,00 |
| 18 | OB. 30 min | mm | 0,75± 0,97 | 0,67 ± 0,89 |
| 19 | OB 45 min | mm | 1,33 ± 0,98 | 1,50 ± 1,00 |
| 20 | OB 60 min | mm | 2,08 ± 0,90 | 2,17 ± 0,58 |
| 21 | OB 120 min | mm | 4,58 ± 1,08 | 4,92 ± 1,00 |
| 22 | Alfa-amylaza | U/l | 440,00 ± 93,99 | 579,41±433,32 |
| 23 | ALT (GPT, ALAT) | U/l | 2,40 ± 1,36 | 2,16±1,17 |
| 24 | AP (fosfataza alkaliczna) | U/l | 2920,42 ± 1976,02 | 1523,08±659,13 |
| **Lp.** | **Parametr** | **Jednostka** | **Kurczęta grupy C** | **Kurczęta grupy D** |
| | | | **Średnia±SD** | **Średnia±SD** |
| 25 | AST (aminotransferaza asparaginianowa,, AspAT, GOT) | U/l | 312,57 ± 69,62 | 308,00±61,80 |
| 26 | Cholinoesteraza | U/l | 1323,13 ± 121,84 | 1142,41±209,37 |
| 27 | CK (kinaza kreatynowa) | U/l | 8764,43 ± 5262,94 | 8957,20±7659,66 |
| 28 | γ-GT (gamma-glutamylotransferaza GGTP,GGT) | U/l | 25,62 ± 4,33 | 27,48±6,90 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 29 | GLDH | U/l | 5,30 ±2,43 | 5,21±2,02 |
| 30 | LDH (dehydrogenaza mleczanowa) | U/l | 667,58 ±113,56 | 754,17±187,52 |
| 31 | Albuminy | g/l | 19,56 ±2,32 | 18,33±2,37 |
| 32 | Cholesterol | mg/dl | 120,33 ±14,70 | 115,22±13,17 |
| 33 | Białko całkowite | g/dl | 3,79 ±0,31 | 3,51±0,25 |
| 34 | Kwasy żółciowe | µmol/l | 9,84 ±4,18 | 9,45±6,36 |
| 35 | Kwas moczowy | mg/dl | 2,73 ±0,79 | 2,14±0,65 |
| 36 | Mocznik | mg/dl | 2,77 ±1,43 | 2,77±1,77 |
| 37 | Trójglicerydy | mg/dl | 124,23 ±38,93 | 86,90±43,07 |
| 38 | Ca (wapń) | mg/dl | 10,49 ±0,49 | 10,23±0,56 |
| 39 | Fe (żelazo) | µg/dl | 94,13 ±12,99 | 92,61±15,28 |
| 40 | K (potas) | mmol/L | 3,34 ±0,34 | 3,85±0,55 |
| 41 | Na (sód) | mmol/L | 147,82 ±2,48 | 146,80±2,63 |
| 42 | P (fosfor) | mg/dl | 7,46 ±0,80 | 7,11±0,93 |
| 43 | Globuliny | g/dl | 1,84 ±0,18 | 1,68±0,19 |
| 44 | A/G | | 1,07 ±0,17 | 1,11±0,20 |
| 45 | Ca/P | | 1,42 ±0,16 | 1,46±0,18 |

**Podsumowanie:**

Kurczęta S w porównaniu do kurcząt K miały **wyższe wartości:**

limfocytów, alfa-amylazy, LDH (dehydrogenaza mleczanowa), γ-GT (gamma-glutamylotransferaza GGTP, GGT), K (potas)

Kurczęta S w porównaniu do kurcząt K miały **niższe wartości**:

WBC, monocytów, H/L, AP (fosfataza alkaliczna), cholinoesterazy, kwasu moczowego, trójglicerydów

1) Parametry czerwonokrwinkowe w obu grupach są nieznacznie obniżone (lub przy dolnej wartości granicznej) w porównaniu do wartości z piśmiennictwa. Wartości parametrów czerwonokrwinkowych są podobne w obu grupach, ale w grupie K wartości RBC, Hb i Hct

są nieco wyższe, różnice są jednak stosunkowo niewielkie (różnica RBC +2,2%, Hb +2,8%, Hct +4,2%).

2) Natomiast grupy wyraźnie różnią się profilem leukocytarnym. Grupa K charakteryzuje się większą liczbą leukocytów (WBC) oraz wyższym H/L, przy jednocześnie większym udziale monocytów (różnica WBC ok. +30%, monocyty +34%, H/L +15%). **Wyższe wartości analizowanych parametrów w grupie K wskazują na zróżnicowanie obrazu leukocytarnego pomiędzy grupami. Nie można jednak na jednoznacznie stwierdzić nasilenia stresu lub procesu zapalnego, szczególnie, że wartości H/L mieszczą się w zakresie obserwowanym u zdrowych kurcząt.**

3) Największe zmiany parametrów biochemicznych krwi w grupie S względem K to:
   - wyraźny wzrost alfa-amylazy o 31,68%
   - wyraźne obniżenie AP o 47,85%
   - wyraźne obniżenie trójglicerydów o 30,05%
   - obniżenie kwasu moczowego o 21,61%

4) Grupa S różniła się przede wszystkim w zakresie aktywności **fosfatazy alkalicznej (AP) oraz parametrów związanych z metabolizmem lipidowym (spadek stężenia trójglicerydów) i azotowym (spadek stężenia kwasu moczowego)**, podczas gdy większość parametrów związanych z funkcją wątroby utrzymywała się na zbliżonym poziomie w obu grupach, co **nie wskazuje na wyraźne różnice w profilu wątrobowym**. Również parametry związane z mięśniami i parametry gospodarki mineralnej pozostawały na zbliżonym poziomie, co **wskazuje na brak wyraźnych różnic między grupami w zakresie metabolizmu mięśniowego i mineralnego.**

5) Obniżenie w grupie S stężenia trójglicerydów może świadczyć o zmianach w gospodarce lipidowej, zaś obniżenie kwasu moczowego przy niezmienionym poziomie mocznika może wskazywać na modyfikację metabolizmu azotowego. Zmiany te mogą być związane z bardziej efektywnym wykorzystaniem składników pokarmowych (np. lepsze wykorzystanie azotu z paszy), ale nie można tego stwierdzić wyłącznie na podstawie krwi.

Jeśli były jednocześnie dobre przyrosty i wykorzystanie paszy, to taka interpretacja byłaby bardziej przekonująca.

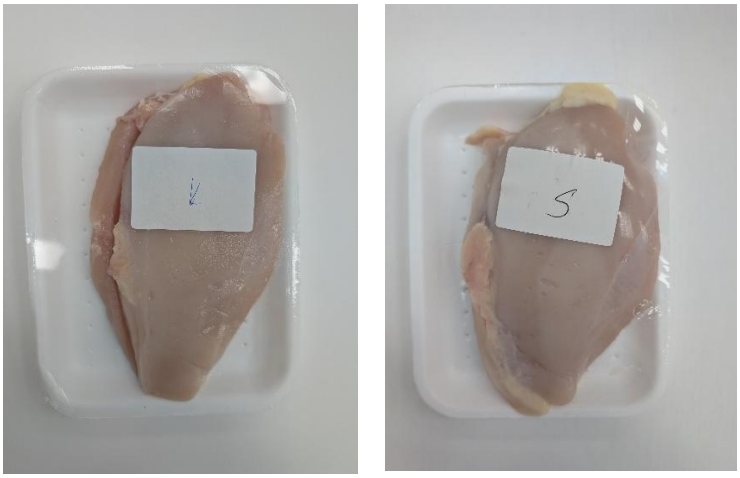
6) Różnica fosfatazy alkalicznej (AP) między grupami jest bardzo duża, ale nie można przypisać jej wyłącznie zmianom wątrobowym. **U młodych brojlerów trzeba uwzględnić komponent kostny, gdyż duża część aktywności AP może pochodzić z tkanki kostnej związanej z wzrostem.**

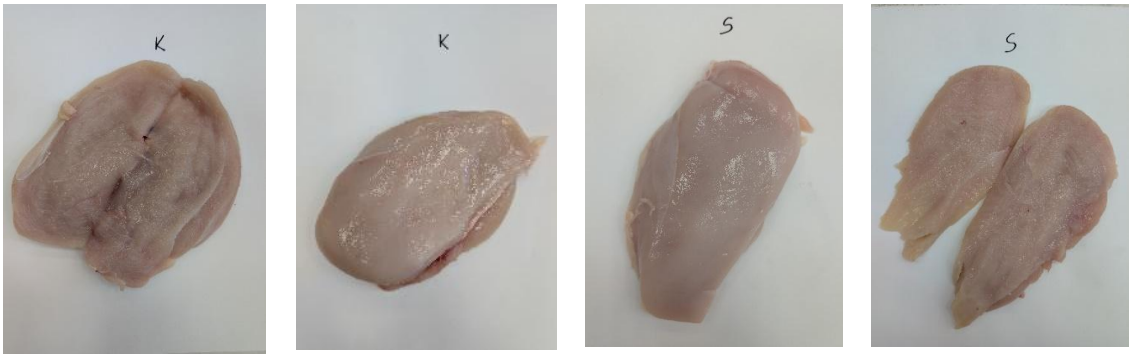
7) W obu grupach aktywność CK była podwyższona w porównaniu do wartości z piśmiennictwa. Wysoka aktywność CK rosnących brojlerów może mieć związek z dużą masą i metabolizmem mięśni.

8) W obu grupach aktywność AST w obu grupach była podwyższona w porównaniu do wartości z piśmiennictwa. Należy jednak zaznaczyć, że AST nie jest enzymem swoistym dla wątroby, a jego aktywność może odzwierciedlać również przemiany zachodzące w tkance mięśniowej (enzym AST występuje głównie w komórkach wątroby, mięśnia sercowego i mięśni szkieletowych). Podwyższony poziom AST we krwi może wskazywać na uszkodzenie lub stres w wątrobie i mięśniach. **Wysokiej aktywności AST towarzyszyła w obu grupach wysoka aktywność CK, co może wskazywać na istotny udział tkanki mięśniowej w obserwowanych wartościach AST.**

## VII. Wpływ serwatki kwasowej na jakość mięsa kurcząt brojlerów

### I. Badanie właściwości fizykochemicznych piersi brojlerów




Rys. 1. Zdjęcia wybranych elementów piersi brojlerów.

**Warianty badawcze:**

**K -** kontrola brojlery karmione paszą bez dodatków

**S** – brojlery karmione paszą z dodatkiem serwatki

Tabela 26. Skład chemiczny mięśni piersiowych badanych brojlerów (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| Parametr chemiczny [%] | Kod wariantu | |
|---|---|---|
| | K | S |
| Woda | 71,20±1,53 | 71,91±1,65 |
| Białko | 24,71±1,50 | 23,91±0,77 |
| Tłuszcz | 2,40±0,86 | 2,72±1,63 |

| | | |
|---|---|---|
| NaCl | 0,20±0,01 | 0,20±0,01 |
| Fosfor ogółem | 0,53±0,01 | 0,48±0,04 |
| Kolagen | 0,42±0,05 | 0,32±0,04 |

Tabela 27. Parametry barwy w systemie L*a*b* mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 55,61±2,49 | 1,66±0,73 | 2,39±1,31 |
| S | 55,73±2,49 | 1,85±0,63 | 1,90±1,08 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |
| K | 58,51±3,24 | 0,96±0,65 | 1,74±1,16 |
| S | 58,84±3,02 | 1,02±0,64 | 1,50±1,32 |

Tabela 28. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 281,64±3,39 |
| S | 283,05±3,82 |

Tabela 29. Wartość pH mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 5,84±0,07 |
| S | 5,85±0,06 |

Tabela 30. Wskaźnik TBARS mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| Kod wariantu | TBARS (mg MDA/kg) |
|---|---|
| K | 0,66±0,11 |
| S | 0,31±0,06 |

Tabela 31. Skład kwasów tłuszczowych mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| KT [%] | K | S |
|---|---|---|
| 12:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 14:0 | 0,51±0,04 | 0,57±0,06 |
| 14:1 | 0,12±0,04 | 0,14±0,05 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 23,76±1,28 | 24,78±0,92 |
| 16:1 | 4,85±0,87 | 5,01±1,10 |
| 17:0 | 0,12±0,04 | 0,10±0,00 |
| 17:1 | 0,14±0,09 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 7,60±0,74 | 7,56±0,86 |
| 18:1trans | 0,23±0,05 | 0,28±0,07 |
| 18:1cis9 | 34,31±2,73 | 34,32±2,48 |
| 18:1cis11 | 3,00±0,22 | 3,02±0,26 |
| 18:1 c inne | 0,47±0,48 | 0,36±0,12 |
| 18:2 | 18,40±1,84 | 17,12±1,45 |
| 18:3 n3 | 0,95±0,11 | 0,83±0,09 |
| 18:2c9t11 | - | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,48±0,05 | 0,47±0,05 |
| 20:2 | 0,30±0,08 | 0,27±0,08 |
| 20:3n6 | 0,42±0,14 | 0,43±0,14 |
| 20:4n6 | 2,69±1,20 | 2,68±1,04 |
| 20:3n3 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:5 | 0,10±0,00 | 0,12±0,04 |
| 22:4n6 | 0,73±0,30 | 0,78±0,31 |
| 22:5n3 | 0,43±0,19 | 0,44±0,19 |
| 22:6 DHA | 0,30±0,14 | 0,31±0,16 |

| | | |
|---|---|---|
| Σ SFA | 32,27±1,30 | 33,36±0,88 |
| Σ MUFA | 43,57±3,16 | 43,69±2,93 |
| Σ PUFA | 24,25±3,38 | 22,97±2,86 |
| Σ n3 | 1,68±0,26 | 1,59±0,31 |
| Σ n6 | 3,80±1,64 | 3,89±1,47 |
| Cholesterol (mg/100g) | 52,69±4,63 | 39,51±2,81 |

Tabela 32. Parametry barwy w systemie L*a*b* mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 55,20±2,60 | 1,30±0,68 | 3,07±1,14 |
| S | 55,13±1,80 | 1,49±0,86 | 3,03±1,33 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |
| K | 56,89±3,16 | 0,92±0,64 | 2,55±1,18 |
| S | 57,63±1,86 | 0,57±0,58 | 2,02±1,38 |

Tabela 33. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 297,88±8,26 |
| S | 299,27±3,55 |

Tabela 34. Wartość pH mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 5,97±0,13 |
| S | 5,93±0,05 |

Tabela 35. Wskaźnik TBARS mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| Kod wariantu | TBARS (mg MDA/kg) |
|---|---|
| K | 0,81±0,13 |
| S | 0,71±0,15 |

Tabela 36. Skład kwasów tłuszczowych mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| KT [%] | K | S |
|---|---|---|
| 10:0 | 0,10±0,00 | 0,00±0,00 |
| 12:0 | 0,11±0,02 | 0,00±0,00 |
| 14:0 | 0,47±0,09 | 0,53±0,04 |
| 14:1 | 0,11±0,03 | 0,11±0,02 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 24,60±1,32 | 25,12±1,11 |
| 16:1 | 4,44±0,89 | 4,41±0,76 |
| 17:0 | 0,11±0,03 | 0,13±0,04 |
| 17:1 | 0,11±0,02 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 7,90±0,66 | 8,01±0,75 |
| 18:1trans | 0,21±0,02 | 0,18±0,04 |
| 18:1cis9 | 32,91±2,45 | 32,30±1,92 |
| 18:1cis11 | 3,32±0,31 | 3,23±0,24 |
| 18:1 c inne | 0,22±0,04 | 0,31±0,13 |
| 18:2 | 17,65±1,85 | 17,75±1,78 |
| 18:3 n3 | 0,84±0,14 | 0,76±0,13 |
| 18:2c9t11 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,47±0,06 | 0,45±0,09 |
| 20:2 | 0,33±0,09 | 0,33±0,06 |
| 20:3n6 | 0,53±0,14 | 0,60±0,13 |
| 20:4n6 | 3,52±1,16 | 3,49±0,86 |
| 20:3n3 | 0,11±0,02 | 0,00±0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| 20:5 | 0,11±0,03 | 0,14±0,05 |
| 22:4n6 | 0,96±0,32 | 1,04±0,24 |
| 22:5n3 | 0,55±0,17 | 0,61±0,12 |
| 22:6 DHA | 0,31±0,11 | 0,49±0,13 |
| Σ SFA | 33,45±1,25 | 34,04±1,45 |
| Σ MUFA | 41,75±2,86 | 40,82±2,52 |
| Σ PUFA | 24,94±3,22 | 25,26±2,52 |
| Σ n3 | 1,79±0,28 | 1,85±0,19 |
| Σ n6 | 5,00±1,60 | 5,12±1,19 |
| Cholesterol (mg/100g) | 38,38±4,72 | 37,64±4,31 |

Tabela 37. Zawartość azotynów i azotanów mięśni piersiowych badanych brojlerów (średnia ± odchylenie standardowe; n=10).

| **Kod wariantu** | Zawartość $NO_{2-}$ [mg /kg] | Zawartość $NO_{3-}$ [mg /kg] |
|---|---|---|
| **K** | 2,70±0,43 | <2,0 |
| **S** | <2,0 | <2,0 |

## II. Badanie właściwości mikrobiologicznych piersi brojlerów

Tabela 38. Wyniki analizy mikrobiologicznej mięśni piersiowych badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,05±0,44 | 6,45±0,29 |
| | LAB | <1,00±0,00 | <1,00±0,00 |
| | DiP | 6,09±0,20 | 6,29±0,30 |
| | EC (TBX) | <1,00±0,00 | <1,00±0,00 |
| | ENT | 5,05±0,66 | 5,26±0,42 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | nb. | nb. |
| | STA | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

Tabela 39. Wyniki analizy mikrobiologicznej mięśni piersiowych badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 7,08±0,22 | 7,35±0,19 |
| | LAB | 3,38±0,15 | 4,62±0,21 |
| | DiP | 7,23±0,24 | 7,44±0,34 |
| | EC (TBX) | <1,00±0,00 | <1,00±0,00 |
| | ENT | 6,09±0,41 | 6,37±0,24 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | nb. | nb. |
| | STA | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W tabelach 38 i 39 przedstawiono wyniki oceny jakości mikrobiologicznej mięśni piersiowych badanych brojlerów. Ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) w czasie 0 była zbliżona (ok. 6 log jtk/g). Po przechowywaniu stwierdzono wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów o ok. 1 rząd logarytmiczny w obu wariantach. Liczba bakterii kwasu mlekowego (LAB) w czasie 0 była poniżej granicy wykrywalności metody (<1,00 log jtk/g), natomiast po przechowywaniu stwierdzono wyższą liczbę LAB w próbie S niż w próbie kontrolnej (odpowiednio dla wariantów K i S: 3,38 i 4,62 log jtk/g). Liczebność bakterii rodziny *Enterobacteriaceae (ENT)* była poniżej poziomu wykrywalności metody w czasie 0 i 1 dla obu prób. *Salmonella* i *Campylobacter* (CAMP) nie były obecne w żadnym wariancie, w przypadku *St.aureus* (SA) stwierdzono obecność w czasie 0 i 1.

## III. Badania technologiczno-sensoryczne

### a) Wpływ sposobu karmienia paszą konwencjonalną oraz z dodatkiem serwatki na wydajność obróbki cieplnej drobiu

W ramach przeprowadzonego eksperymentu oceniono wydajność technologiczną procesu pieczenia mięśnia piersiowego oraz udowego, w dwóch wariantach: eksperymentalnym i kontrolnym. Zestawienie wartości wydajności procesu obróbki cieplnej mięśni piersiowych i udowych z uwzględnieniem sposobu karmienia kurcząt, przedstawiono poniżej w tabelach 39 i 40.

Tabela 40. Wydajność obróbki cieplnej mięsa drobiu w zależności od sposobu karmienia (mięśnie piersiowe)

| Parametr | Sposób karmienia drobiu | |
|---|---|---|
| | Próba kontrolna (n=3) | Próba eksperymentalna (n=3) |
| Średnia wydajność (%) $\bar{x}$ ± SD | 73,32±2,71 | 79,30±12,40 |

Tabela 41. Wydajność obróbki cieplnej mięsa drobiu w zależności od sposobu karmienia (mięśnie udowe)

| Parametr | Sposób karmienia drobiu | |
|---|---|---|
| | Próba kontrolna (n=3) | Próba eksperymentalna (n=3) |
| Średnia wydajność (%) $\bar{x}$ ± SD | 66,07±3,75 | 62,63±4,10 |

Dodatek serwatki do paszy w grupie eksperymentalnej (PS) wpłynął na zwiększenie średniej wydajności obróbki cieplnej mięśni piersiowych o ponad 5% w porównaniu z próbą kontrolną. W grupie eksperymentalnej odnotowano przy tym wyższe odchylenie standardowe, co świadczy o większej zmienności wyników w ramach wykonanych powtórzeń (Tabela 40). Z kolei w przypadku oceny elementów udowych zaobserwowano odmienną zależność (Tabela 41).

**Wniosek:**

1. Niezależnie od rodzaju zastosowanej paszy w żywieniu kurcząt, wydajność przy obróbce cieplnej mięśni piersiowych charakteryzowała się wyższą wartością (73,32% – 79,30%) w porównaniu z wartościami odnotowanymi w przypadku mięśni udowych (62,63% – 66,07%).

### b) Wpływ sposobu karmienia paszą konwencjonalną oraz z dodatkiem serwatki na barwę drobiu poddanego obróbce cieplnej

W tabeli 42 przedstawiono wyniki instrumentalnej oceny parametrów barwy w systemie CIELab* mięśni udowych i piersiowych po obróbce termicznej z uwzględnieniem sposobu żywienia kurcząt.

Tabela 42. Parametry barwy w systemie CIELab* mięśni udowych i piersiowych po obróbce termicznej w zależności od sposobu żywienia kurcząt (średnia ± odchylenie standardowe; n=10).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | | **ΔE** |
|---|---|---|---|---|
| | **L*** | **a*** | **b*** | |
| **PK** | 33,04±14,86 | 3,94±3,15 | 22,21±4,62 | 8,94±3,45 |
| **PS** | 36,74±9,20 | 1,42±0,54 | 15,78±3,17 | |
| **UK** | 35,95±10,30 | 7,31±3,18 | 27,47±5,01 | 6,22±2,23 |
| **US** | 37,65±6,52 | 8,52±2,61 | 30,65±6,20 | |

próby eksperymentalne (pierś - PS; mięsień udowy - US); próby kontrolne (pierś - PK; mięsień udowy – UK

Zastosowanie w diecie kurcząt dodatku serwatki zawierającej bakterie kwasu mlekowego (LAB) było pozytywnie skorelowane z wzrostem wartości parametru L*, czyli jasności mięsa po obróbce termicznej, niezależnie od analizowanego wariantu próby. Jednocześnie w próbach eksperymentalnych (PS; US) odnotowano znacznie mniejsze wartości odchylenia standardowego w porównaniu z próbami kontrolnymi (PK; UK), co świadczy o większej stabilności i wyrównaniu barwy w obrębie tych prób (Tabela 42).

Wartości dodatnie parametru a* w instrumentalnej ocenie barwy (system CIELab*), określają udział i nasycenie barwy czerwonej. Im wyższa wartość dodatnia ww. parametru, tym mięso jest bardziej czerwone. Uzyskane wyniki oceny parametru barwy a* mięśnia piersiowego pokazują, że dodatek serwatki do paszy drobiu (PS), spowodował wyraźne obniżenie nasycenia barwy czerwonej produktu (obniżenie wartości parametru a*). Z kolei w przypadku oceny barwy mięśni udowych (UK; US), odnotowano odwrotną tendencję (Tabela 42).

Wartości dodatnie parametru b* określają udział oraz nasycenie barwy żółtej. Im wyższa jest wartość dodatnia, tym próba charakteryzuje się bardziej intensywnym, żółtym lub

złocistym odcieniem barwy. Obniżenie nasycenia barwy żółtej (obniżenie wartości parametru b*) w porównaniu do próby kontrolnej, zaobserwowano w próbach mięśni piersiowych kurcząt karmionych paszą z dodatkiem serwatki (PS). Ten produkt uzyskał po obróbce cieplnej jaśniejszy i bardziej stonowany kolor. Z kolei w mięśniach udowych próba z dodatkiem serwatki (US) uzyskała wyższą wartość parametru b* w porównaniu z grupą kontrolną (UK), co oznacza wzrost udziału barwy żółtej.

**Wnioski**

1. Na podstawie uzyskanych wyników instrumentalnego pomiaru barwy w systemie CIELab* mięsa drobiu po obróbce cieplnej stwierdzono, że dodatek serwatki do paszy kurcząt:

   - wpływa na podwyższenie wartości parametru L* (jaśniejsza barwa) tych wyrobów, niezależnie od rodzaju badanego mięśnia.

   - wpływa także na wartość parametru barwy a* ww. produktów i jest powiązany z rodzajem badanej tkanki mięśniowej. W mięśniu piersiowym dodatek serwatki powoduje obniżenie nasycenia czerwieni (a*) przy jednoczesnym ujednoliceniu barwy próbek. W mięśniach udowych, dodatek serwatki prowadzi do zwiększenia nasycenia barwy czerwonej (a*), podnosząc intensywność i atrakcyjność wizualną wyrobu.

   - powoduje wzrost wartości parametru b* określającego udział barwy żółtej w przypadku oceny mięśni udowych. Te produkty po obróbce cieplnej uzyskały bardziej wyrazisty, złocisty odcień.

2. Na podstawie obliczonych wartości ΔE wykazano, że w obydwu przypadkach badanych części anatomicznych kurcząt, dodatek serwatki do paszy spowodował uzyskanie wartości parametru $\Delta E > 5$, co świadczy o wyraźnym wpływie sposobu żywienia drobiu na parametry barwy mięsa po obróbce cieplnej.

Wpływ serwatki na zmianę barwy w stosunku do próby kontrolnej, był zaobserwowany w większym stopniu w mięśniu piersiowym (średnia wartość ΔE wynosiła 8,94 ± 3,45), co może być związane z odmienną strukturą histologiczną, zawartością barwników hemowych oraz tłuszczu.

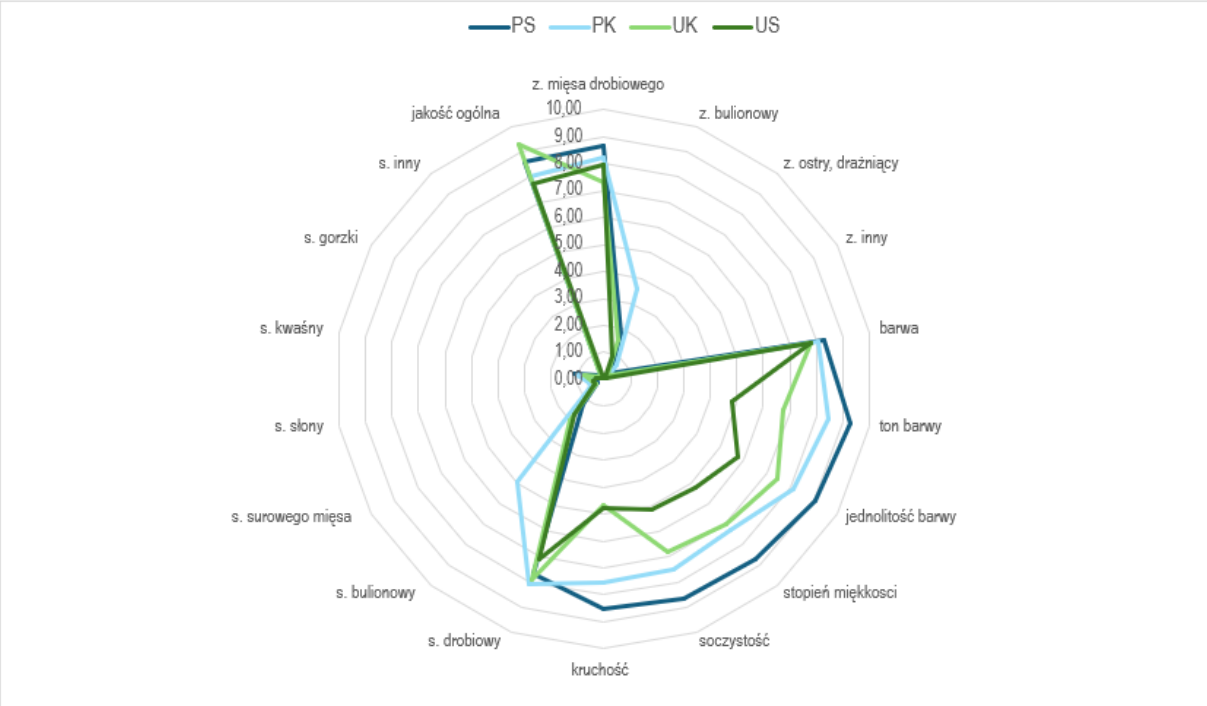
**c) Wpływ sposobu karmienia paszą konwencjonalną oraz z dodatkiem serwatki na jakość sensoryczną drobiu poddanego obróbce cieplnej**

Uzyskane wyniki oceny sensorycznej metodą QDP mięśni piersiowych i udowych po procesie obróbki termicznej umieszczono poniżej w tabelach 43 i 44.

Na podstawie wyników oceny sensorycznej mięśni piersiowych po obróbce cieplnej (Tabela 43, Rys. 2), zastosowanie paszy z dodatkiem serwatki (PS) w żywieniu kurcząt wpłynęło pozytywnie na cechy tekstury tych produktów. W grupie eksperymentalnej PS, odnotowano wyższy w porównaniu do próby kontrolnej, stopień miękkości (8,74 ± 0,96 wobec 7,27 ± 1,48 w PK) oraz wyższe noty dla wyróżnika soczystości (8,65 ± 1,10 wobec 7,49 ± 2,02 w PK). Dodatkowo mięso z próby eksperymentalnej wyróżniało się bardziej wyrównaną barwą – ocena tonu barwy wzrosła z 8,45 ± 0,92 do 9,26 ± 0,44, a jednolitość barwy na przekroju uległa zmianie z wartości 8,12 ± 1,47 do poziomu 9,04 ± 0,74. W przypadku analizy profilu smakowego próby eksperymentalnej PS, odnotowano zmniejszenie intensywności odczucia nut bulionowych (obniżenie intensywności zapachu bulionowego z 3,59 ± 2,84 do 1,76 ± 0,87 oraz smaku bulionowego z 4,98 ± 2,75 do 1,24 ± 1,03) przy zachowaniu wysokiej intensywności pożądanego zapachu mięsa drobiowego (8,64 ± 1,06) i braku istotnych niepożądanych nut smakowo-zapachowych. Ocena ogólnej jakości sensorycznej mięśni piersiowych wyniosła powyżej 8.

Tabela 43. Ocena jakości sensorycznej mięśni piersiowych po obróbce termicznej z zastosowaniem metody QDP w zależności od sposobu żywienia kurcząt (średnia ± odchylenie standardowe; n = 16).

| Nazwa wyróżnika | Próba kontrolna PK (n=16) | Próba eksperymentalna PS (n=16) |
|---|---|---|
| zapach mięsa drobiowego | 8,24 ±1,04 | 8,64±1,06 |
| zapach bulionowy | 3,59± 284 | 1,76±0,87 |
| zapach ostry, drażniący | 0,71± 0,76 | 0,39±0,74 |
| zapach inny | 0,16± 0,22 | 0,51±1,16 |
| barwa mięsa | 8,06±0,99 | 8,27±1,02 |
| ton barwy | 8,45±0,92 | 9,26±0,44 |
| jednolitość barwy | 8,12±1,47 | 9,04±0,74 |
| stopień miękkości | 7,27±1,48 | 8,74±0,96 |
| soczystość | 7,49±2,02 | 8,65±1,10 |
| kruchość | 7,57±1,77 | 8,53±2,12 |
| smak drobiowy | 8,09±1,54 | 7,71±2,18 |
| smak bulionowy | 4,98±2,75 | 1,24±1,03 |
| smak surowego mięsa | 0,61±0,61 | 0,26±0,46 |
| smak słony | 0,59±0,63 | 0,28±0,41 |
| smak kwaśny | 1,04±1,22 | 1,16±2,55 |
| smak gorzki | 0,14±0,26 | 0,29±0,68 |
| smak inny | 0,09±0,16 | 0,09±0,26 |
| jakość ogólna | 8,04±0,51 | 8,59±1,58 |




Rys. 2 Profil sensoryczny mięsa drobiu poddanego obróbce cieplnej z uwzględnieniem sposobu karmienia drobiu**.**

Z kolei analiza wyników oceny sensorycznej dla mięśni udowych (Tabela 44, Rys. 2) wykazała większą różnicę pomiędzy próbą eksperymentalną (US), kontrolną (UK). W przypadku próby mięsa z grupy eksperymentalnej (US) odnotowano wyższe wartości dla wyróżników takich jak miękkość i soczystość, podczas gdy kruchość pozostała na zbliżonym poziomie w obydwu wariantach prób. Mięśnie udowe z grupy eksperymentalnej (US) uzyskały znacznie wyższe noty pod względem oceny barwy – tonu barwy i jednolitości barwy. Ponadto w grupie US odnotowano podwyższoną intensywność smaku drobiowego (7,89 ± 0,45 vs 7,12 ± 1,34 w UK) przy minimalnym nasileniu posmaków i zapachów obcych (poniżej 0,75 pkt), co przełożyło się na uzyskanie najwyższej oceny jakości ogólnej spośród wszystkich analizowanych wariantów, wynoszącej 9,26.

Tabela 44. Ocena jakości sensorycznej mięśni udowych po obróbce termicznej metodą QDP w zależności od sposobu żywienia kurcząt (średnia ± odchylenie standardowe; n = 16).

| **Nazwa wyróżnika** | **Próba kontrolna UK (n=16)** | **Próba eksperymentalna US (n=16)** |
|---|---|---|
| zapach mięsa drobiowego | 7,96±0,66 | 7,31±0,29 |
| zapach bulionowy | 0,89±0,88 | 1,57±1,33 |
| zapach ostry, drażniący | 0,08±0,18 | 0,25±0,32 |
| zapach inny | 0,08±0,18 | 0,27±0,33 |
| barwa mięsa | 7,77±1,05 | 7,81±0,29 |
| ton barwy | 4,81±1,17 | 6,74±1,51 |
| jednolitość barwy | 5,74±1,17 | 7,41±0,79 |
| stopień miękkości | 5,26±1,66 | 7,03±0,75 |
| soczystość | 5,13±1,40 | 6,82±1,04 |
| kruchość | 4,79±1,57 | 4,64±1,62 |
| smak drobiowy | 7,12±1,34 | 7,89±0,45 |
| smak bulionowy | 1,70±2,70 | 1,99±1,17 |
| smak surowego mięsa | 0,38±0,90 | 0,38±0,81 |
| smak słony | 0,39±0,92 | 0,49±0,65 |
| smak kwaśny | 0,29±0,73 | 0,75±1,01 |
| smak gorzki | 0,13±0,43 | 0,17±0,23 |
| smak inny | 0,07±0,15 | 0,19±0,25 |
| jakość ogólna | 7,71±0,92 | 9,26±0,70 |

**Wnioski:**

Na podstawie wyników oceny sensorycznej mięsa drobiu poddanego obróbce cieplnej stwierdzono, że stosowanie dodatku serwatki w żywieniu kurcząt wpływa korzystnie:

- na barwę uzyskanych produktów. Próby z dodatkiem serwatki (PS; US) charakteryzowały się jaśniejszym, bardziej pożądanym tonem barwy oraz bardziej jednolitą barwą na przekroju, co znajduje także potwierdzenie w odnotowanych wyższych wartościach parametru L*, uzyskanych w instrumentalnej ocenie barwy.
- na parametry tekstury mięsa drobiowego, wywołując wzrost not dla wyróżników t.: miękkość (o 1,47 pkt. dla piersi i 1,77 pkt. dla ud), soczystość (o 1,16 pkt. dla piersi i 1,69 pkt. dla ud) czy kruchość w przypadku mięśni piersiowych (o 0,96 pkt.)

- Na ograniczenie intensywności odczucia tonów bulionowych (smaku i zapachu) w mięśniu piersiowym przy jednoczesnym zwiększeniu natężenia odczucia charakterystycznego smaku drobiowego w tkance udowej, przy braku odczucia obcych posmaków i zapachów.
- na uzyskane noty wyróżnika ogólnej jakości sensorycznej mięsa drobiowego (niezależnie od ocenianej części anatomicznej).

**d) Wpływ sposobu karmienia kurcząt paszą konwencjonalną oraz z dodatkiem serwatki na parametry tekstury mięsa drobiu poddanego obróbce cieplnej**

Wyniki oceny parametrów tekstury mięsa drobiowego poddanego obróbce cieplnej przedstawiono w tabelach 45 i 46.

Tabela 45. Parametry tekstury mięśni udowych badanych brojlerów po obróbce cieplnej (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|
| | **K** | **S** |
| **Twardość 1 [N]** | 17,93±4,84 | 12,81±0,51 |
| **Adhezyjność [mJ]** | 0,15±0,05 | 0,25±0,15 |
| **Twardość 2 [N]** | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |
| **Spoistość** | 0,60±0,11 | 0,72±0,01 |
| **Sprężystość** | 3,73±0,11 | 4,07±0,03 |
| **Gumowatość [N]** | 10,30±1,28 | 9,27±0,52 |
| **Żujność [mJ]** | 38,25±3,65 | 37,75±2,35 |
| **Odbojność** | 0,28±0,08 | 0,25±0,22 |

Pomiary parametrów tekstury metodą TPA wykazały niższą twardość mięśni udowych brojlerów karmionych paszą z dodatkiem serwatki (12,81 N) w porównaniu do prób kontrolnych (17,93 N). Oba warianty charakteryzowały się zbliżoną żujnością: 38,25 i 37,75 odpowiednio dla próby: K i S. Wartości wyrażające adhezyjność, spoistość, sprężystość były niższe dla próby kontrolnej.

Tabela 46. Parametry tekstury mięśni piersiowych badanych brojlerów po obróbce cieplnej (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| **Parametr** | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|
| | **K** | **S** |
| Twardość 1 [N] | 56,44±6,51 | 47,71±2,72 |
| Adhezyjność [mJ] | 0,33±0,21 | 0,33±0,31 |
| Twardość 2 [N] | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |
| Spoistość | 0,62±0,18 | 0,63±0,05 |
| Sprężystość [mm] | 3,46±0,18 | 3,31±0,35 |
| Gumowatość [N] | 34,95±2,58 | 28,83±2,81 |
| Żujność [mJ] | 121,13±13,34 | 95,40±13,04 |
| Odbojność | 0,28±0,05 | 0,26±0,04 |

W odniesieniu do wariantu kontrolnego stwierdzono wyższe wartości twardości (56,44 N) w porównaniu do mięśni piersiowych brojlerów karmionych paszą z dodatkiem serwatki (47,71 N). W przypadku gumowatości i żujności odnotowano niższe wartości dla próby S. Oba warianty charakteryzowały się podobną adhezyjnością i spoistością.

**Wnioski:**

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek serwatki w żywieniu kurcząt brojlerów wpływa na obniżenie twardości mięśni udowych i piersiowych po obróbce cieplnej. Wartości wyrażające adhezyjność i spoistość były zbliżone w przypadku mięśni piersiowych w obu wariantach. W przypadku mięśni udowych, parametry te były niższe dla próby kontrolnej.

## IV. Badanie właściwości fizykochemicznych ud brojlerów



Rys. 3. Zdjęcia wybranych elementów ud brojlerów.

Tabela 47. Skład chemiczny ud brojlerów (średnia ± odchylenie standardowe; n=10).

| **Parametr chemiczny [%]** | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|
| | **K** | **S** |
| Woda | 73,93±1,55 | 73,70±1,30 |
| Białko | 19,20±0,57 | 19,66±0,96 |
| Tłuszcz | 5,28±1,27 | 5,14±1,10 |
| NaCl | 0,22±0,01 | 0,22±0,01 |
| Fosfor ogółem | 0,43±0,01 | 0,44±0,04 |
| Kolagen | 0,65±0,11 | 0,83±0,16 |

Tabela 48. Parametry barwy w systemie L*a*b* ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 51,16±3,41 | 6,58±3,11 | 4,41±1,74 |
| S | 51,00±2,95 | 7,06±2,95 | 4,42±1,84 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| K | 54,07±2,12 | 3,55±2,02 | 2,25±1,42 |
| S | 54,22±2,33 | 3,77±2,11 | 1,36±1,35 |

Tabela 49. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 258,83±9,75 |
| S | 257,67±2,54 |

Tabela 50. Wartość pH ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 6,57±0,14 |
| S | 6,42±0,04 |

Tabela 51. Wskaźnik TBARS ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **TBARS (mg MDA/kg)** |
|---|---|
| K | 0,38±0,07 |
| S | 0,38±0,07 |

Tabela 52. Skład kwasów tłuszczowych ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **KT [%]** | K | S |
|---|---|---|
| 14:0 | 0,55±0,07 | 0,61±0,04 |
| 14:1 | 0,17±0,04 | 0,20±0,04 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 24,31±0,97 | 24,69±1,25 |
| 16:1 | 6,09±0,68 | 6,32±0,91 |

| | | |
|---|---|---|
| 17:0 | 0,14±0,06 | 0,11±0,02 |
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 6,64±0,48 | 6,55±0,58 |
| 18:1trans | 0,21±0,02 | 0,28±0,04 |
| 18:1cis9 | 36,89±1,75 | 37,43±1,71 |
| 18:1cis11 | 2,53±0,15 | 2,63±0,17 |
| 18:1 c inne | 0,20±0,00 | 0,23±0,05 |
| 18:2 | 18,43±1,92 | 17,44±1,87 |
| 18:3 n3 | 1,09±0,10 | 1,01±0,10 |
| 18:2c9t11 | 0,00±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,48±0,04 | 0,43±0,04 |
| 20:2 | 0,17±0,06 | 0,16±0,05 |
| 20:3n6 | 0,20±0,04 | 0,17±0,04 |
| 20:4n6 | 1,02±0,20 | 0,89±0,28 |
| 22:4n6 | 0,27±0,08 | 0,24±0,07 |
| 22:5n3 | 0,10±0,00 | 0,11±0,03 |
| 22:6 DHA | 0,16±0,08 | 0,10±0,00 |
| Σ SFA | 31,99±1,23 | 32,27±1,29 |
| Σ MUFA | 46,67±2,20 | 47,62±1,74 |
| Σ PUFA | 21,41±2,29 | 20,13±2,27 |
| Σ n3 | 1,33±0,12 | 1,23±0,11 |
| Σ n6 | 1,49±0,31 | 1,30±0,39 |
| Cholesterol (mg/100g) | 61,09±6,95 | 55,68±9,20 |

Tabela 53. Parametry barwy w systemie L*a*b* ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 52,63±3,00 | 5,86±2,25 | 3,56±1,48 |
| S | 52,96±2,63 | 6,70±2,63 | 3,45±1,82 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| K | 53,36±3,91 | 4,50±2,88 | 3,13±2,60 |
| S | 54,05±2,12 | 3,52±1,76 | 2,17±1,17 |

Tabela 54. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 238,92±4,96 |
| S | 241,71±6,05 |

Tabela 55. Wartość pH ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 6,78±0,11 |
| S | 6,52±0,07 |

Tabela 56. Wskaźnik TBARS ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **Kod wariantu** | **TBARS (mg MDA/kg)** |
|---|---|
| K | 0,36±0,04 |
| S | 0,37±0,07 |

Tabela 57. Skład kwasów tłuszczowych ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=15).

| **KT [%]** | K | S |
|---|---|---|
| 14:0 | 0,53±0,05 | 0,60±0,05 |
| 14:1 | 0,15±0,05 | 0,17±0,04 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 24,97±1,28 | 24,24±0,84 |
| 16:1 | 6,11±0,92 | 5,91±0,72 |
| 17:0 | 0,11±0,03 | 0,11±0,03 |
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 6,74±0,59 | 6,77±0,68 |

| | | |
|---|---|---|
| 18:1trans | 0,21±0,02 | 0,26±0,05 |
| 18:1cis9 | 39,18±1,54 | 37,59±1,92 |
| 18:1cis11 | 2,59±0,04 | 2,53±0,17 |
| 18:1 c inne | 0,19±0,02 | 0,20±0,00 |
| 18:2 | 16,05±2,00 | 17,87±1,51 |
| 18:3 n3 | 0,97±0,11 | 1,05±0,08 |
| 18:2c9t11 | 0,10±0,00 | 0,16±0,09 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,52±0,04 | 0,51±0,02 |
| 20:2 | 0,14±0,05 | 0,16±0,05 |
| 20:3n6 | 0,15±0,05 | 0,17±0,04 |
| 20:4n6 | 0,69±0,24 | 0,88±0,26 |
| 22:4n6 | 0,17±0,06 | 0,26±0,07 |
| 22:5n3 | 0,11±0,02 | 0,13±0,04 |
| 22:6 DHA | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| Σ SFA | 32,67±1,15 | 32,04±1,06 |
| Σ MUFA | 49,05±1,85 | 47,27±2,06 |
| Σ PUFA | 18,37±2,46 | 20,65±1,91 |
| Σ n3 | 1,16±0,13 | 1,28±0,09 |
| Σ n6 | 1,02±0,34 | 1,31±0,36 |
| Cholesterol (mg/100g) | 56,13±4,21 | 68,61±14,50 |

## V. Badanie właściwości mikrobiologicznych ud brojlerów

Tabela 58. Wyniki analizy mikrobiologicznej ud badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,21±0,18 | 6,09±0,35 |
| | LAB | <1,00±0,00 | <1,00±0,00 |
| | DiP | 6,05±0,33 | 5,87±0,29 |
| | EC (TBX) | <1,00±0,00 | 4,84±0,45 |
| | ENT | 5,16±0,26 | 5,01±0,38 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | nb. | nb. |
| | STA | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

Tabela 59. Wyniki analizy mikrobiologicznej ud badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Parametr** | | **Kod wariantu** | |
|---|---|---|---|
| | | **K** | **S** |
| Liczba bakterii [log jtk/g] | OLD | 6,74±0,40 | 6,26±0,29 |
| | LAB | 3,67±0,28 | 3,91±0,32 |
| | DiP | 7,55±0,31 | 7,49±0,04 |
| | EC (TBX) | <1,00±0,00 | <1,00±0,00 |
| | ENT | 5,78±0,38 | 5,43±0,21 |
| Obecność bakterii | SAL | nb. | nb. |
| | CAMP | nb. | nb. |
| | STA | ob. | ob. |

ob.-obecne, nb. -nieobecne, OLD – ogólna liczba drobnoustrojów; LAB – bakterie fermentacji mlekowej; DiP - drożdże i pleśnie; EC - *Escherichia coli*; ENT - rodzina *Enterobacteriaceae*; SAL – *Salmonella* sp.; CAMP – *Campylobacter* sp.

W tabelach: 58 i 59 przedstawiono wyniki analiz mikrobiologicznych mięśni udowych badanych brojlerów. W czasie 0 oba warianty (K i S) charakteryzowały się zbliżoną ogólną liczbą drobnoustrojów (OLD) około 6 log jtk/g. Po przechowywaniu nastąpił wzrost OLD w obu wariantach. Liczba bakterii kwasu mlekowego (LAB) w obu wariantach była poniżej poziomu detekcji metody w czasie 0 (<1,00 log jtk/g). Po przechowywaniu liczba bakterii kwasu mlekowego była zbliżona w obu wariantach. Liczebność *E.coli* (EC) w próbie S w czasie 0 wynosiła 4,84 log jtk/g, natomiast po przechowywaniu liczba *E.coli* była poniżej poziomu wykrywalności metody w obu wariantach. Po przechowywaniu stwierdzono niewielki wzrost liczby bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* (ENT) w próbach K i S. Stwierdzono obecność *S.aureus* (SA) w czasie 0 i w czasie 1 w obu wariantach. Patogeny: *Salmonella* (SAL) i *Campylobacter* (CAMP) nie zostały wykryte w żadnym wariancie.

**Wnioski do oceny jakości mikrobiologicznej mięśni udowych i piersiowych kurcząt po obróbce cieplnej**

Po przechowywaniu zarówno w przypadku mięśni udowych, jak i piersiowych stwierdzono nieco wyższą liczbę bakterii kwasu mlekowego (LAB) w próbach kurcząt brojlerów żywionych paszą z dodatkiem serwatki. Obecność serwatki w żywieniu kurcząt mogła wpłynąć na stworzenie odpowiednich warunków do rozwoju bakterii kwasu mlekowego. W mięśniach piersiowych i udowych stwierdzono obecność *St. aureus* w czasie 0 i po przechowywaniu.

## VI. Badanie właściwości fizykochemicznych podudzi brojlerów



Rys. 4. Zdjęcia wybranych elementów podudzi brojlerów.

Tabela 60. Parametry barwy w systemie L*a*b* podudzi badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 51,46±3,89 | 7,15±1,70 | 4,02±1,84 |
| S | 54,15±4,36 | 6,86±2,73 | 4,30±1,69 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |
| K | 57,70±3,18 | 3,68±1,31 | 0,32±1,60 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S | 59,46±4,20 | 3,54±1,94 | -0,63±2,94 |

Tabela 61. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) podudzi badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 241,78±3,98 |
| S | 243,40±1,56 |

Tabela 62. Wartość pH podudzi badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 6,93±0,12 |
| S | 6,78±0,10 |

Tabela 63. Wskaźnik TBARS podudzi badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **TBARS (mg MDA/kg)** |
|---|---|
| K | 0,48±0,02 |
| S | 0,37±0,03 |

Tabela 64. Skład kwasów tłuszczowych podudzi badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **KT [%]** | K | S |
|---|---|---|
| 14:0 | 0,52±0,04 | 0,62±0,04 |
| 14:1 | 0,20±0,00 | 0,18±0,04 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 23,94±1,17 | 23,32±0,60 |
| 16:1 | 7,00±0,34 | 6,02±0,44 |
| 17:0 | 0,10±0,00 | 0,12±0,04 |
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| 18:0 | 6,52±0,51 | 6,82±0,53 |
| 18:1trans | 0,20±0,00 | 0,24±0,05 |
| 18:1cis9 | 36,76±1,20 | 36,06±2,16 |
| 18:1cis11 | 2,72±0,13 | 2,50±0,11 |
| 18:1 c inne | 0,20±0,00 | 0,20±0,00 |
| 18:2 | 17,30±1,35 | 18,90±1,82 |
| 18:3 n3 | 1,04±0,05 | 1,12±0,07 |
| 18:2c9t11 | 0,00±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,48±0,04 | 0,48±0,04 |
| 20:2 | 0,20±0,00 | 0,20±0,06 |
| 20:3n6 | 0,28±0,04 | 0,26±0,05 |
| 20:4n6 | 1,46±0,14 | 1,68±0,42 |
| 20:5 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 22:4n6 | 0,42±0,07 | 0,50±0,14 |
| 22:5n3 | 0,15±0,05 | 0,22±0,07 |
| 22:6 DHA | 0,10±0,00 | 0,14±0,05 |
| Σ SFA | 31,38±1,70 | 31,20±0,93 |
| Σ MUFA | 47,66±1,32 | 45,78±2,82 |
| Σ PUFA | 21,02±1,53 | 23,04±2,76 |
| Σ n3 | 1,34±0,05 | 1,48±0,19 |
| Σ n6 | 2,16±0,24 | 2,44±0,67 |
| Cholesterol (mg/100g) | 62,10±3,05 | 61,34±2,75 |

Tabela 65. Parametry barwy w systemie L*a*b* podudzi badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=20).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 49,64±3,12 | 8,93±2,11 | 4,74±1,48 |
| S | 50,71±2,14 | 7,51±1,92 | 4,21±1,78 |
| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na powierzchni/pod skórą** | | |
| | L* | a* | b* |
| K | 55,43±3,53 | 4,15±1,49 | 0,29±2,86 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S | 56,86±4,82 | 3,07±1,61 | 1,12±2,65 |

Tabela 66. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) podudzi badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 223,08±2,33 |
| S | 227,64±4,26 |

Tabela 67. Wartość pH podudzi badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 7,31±0,08 |
| S | 7,06±0,07 |

Tabela 68. Wskaźnik TBARS podudzi badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **TBARS (mg MDA/kg)** |
|---|---|
| K | 0,26±0,05 |
| S | 0,32±0,06 |

Tabela 69. Skład kwasów tłuszczowych podudzi badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **KT [%]** | K | S |
|---|---|---|
| 12:0 | 0,00±0,00 | 0,10±0,00 |
| 14:0 | 0,56±0,03 | 0,62±0,04 |
| 14:1 | 0,14±0,03 | 0,18±0,04 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 23,40±1,06 | 23,18±1,08 |
| 16:1 | 6,58±0,76 | 6,44±1,04 |
| 17:0 | 0,10±0,00 | 0,12±0,04 |

| | | |
|---|---|---|
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 6,68±0,23 | 7,06±0,56 |
| 18:1trans | 0,20±0,00 | 0,22±0,04 |
| 18:1cis9 | 35,56±0,40 | 34,44±2,02 |
| 18:1cis11 | 2,94±0,11 | 2,82±0,08 |
| 18:1 c inne | 0,24±0,03 | 0,22±0,04 |
| 18:2 | 18,10±1,20 | 18,60±2,32 |
| 18:3 n3 | 1,06±0,03 | 1,08±0,08 |
| 18:2c9t11 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,50±0,00 | 0,50±0,00 |
| 20:2 | 0,22±0,06 | 0,22±0,04 |
| 20:3n6 | 0,28±0,01 | 0,32±0,04 |
| 20:4n6 | 1,96±0,38 | 2,24±0,63 |
| 20:3n3 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:5 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 22:4n6 | 0,54±0,11 | 0,58±0,15 |
| 22:5n3 | 0,26±0,03 | 0,32±0,11 |
| 22:6 DHA | 0,20±0,07 | 0,24±0,09 |
| Σ SFA | 31,04±1,04 | 31,32±0,74 |
| Σ MUFA | 46,26±3,20 | 44,92±2,87 |
| Σ PUFA | 22,74±4,11 | 23,74±3,44 |
| Σ n3 | 1,58±0,33 | 1,70±0,29 |
| Σ n6 | 2,78±0,97 | 3,14±0,82 |
| Cholesterol (mg/100g) | 70,20±8,34 | 69,84±1,51 |

## VII. Badanie właściwości fizykochemicznych skrzydeł brojlerów





Rys. 5. Zdjęcia wybranych elementów skrzydeł brojlerów.

Tabela 70. Parametry barwy w systemie L*a*b* skrzydeł badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=12).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 54,57±3,74 | 4,49±1,58 | 4,49±2,04 |
| S | 54,54±1,72 | 5,10±0,90 | 3,84±1,48 |

Tabela 71. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) skrzydeł badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 260,60±1,63 |
| S | 256,80±1,20 |

Tabela 72. Wartość pH skrzydeł badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 6,50±0,01 |
| S | 6,48±0,03 |

Tabela 73. Wskaźnik TBARS skrzydeł badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **TBARS (mg MDA/kg)** |
|---|---|
| K | 0,47±0,09 |
| S | 0,40±0,07 |

Tabela 74. Skład kwasów tłuszczowych skrzydeł badanych brojlerów po produkcji (czas 1) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **KT [%]** | K | S |
|---|---|---|
| 14:0 | 0,50±0,00 | 0,60±0,00 |
| 14:1 | 0,10±0,00 | 0,20±0,00 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 22,50±0,45 | 23,83±0,68 |
| 16:1 | 6,03±0,39 | 7,40±0,065 |
| 17:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 6,40±0,28 | 5,73±0,40 |
| 18:1trans | 0,23±0,05 | 0,23±0,05 |
| 18:1cis9 | 36,90±0,54 | 38,30±0,22 |
| 18:1cis11 | 2,57±0,05 | 2,50±0,08 |
| 18:1 c inne | 0,20±0,00 | 0,20±0,00 |
| 18:2 | 20,13±0,76 | 17,43±0,84 |
| 18:3 n3 | 1,17±0,05 | 1,07±0,05 |
| 18:2c9t11 | 0,00±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,50±0,00 | 0,47±0,05 |
| 20:2 | 0,20±0,00 | 0,17±0,05 |
| 20:3n6 | 0,20±0,00 | 0,17±0,05 |
| 20:4n6 | 1,23±0,21 | 0,77±0,09 |
| 20:5 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |
| 22:4n6 | 0,33±0,05 | 0,23±0,05 |
| 22:5n3 | 0,20±0,00 | 0,10±0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| 22:6 DHA | 0,13±0,05 | 0,10±0,00 |
| Σ SFA | 29,80±0,29 | 30,57±0,66 |
| Σ MUFA | 46,63±0,68 | 49,40±0,85 |
| Σ PUFA | 23,60±0,99 | 20,03±1,08 |
| Σ n3 | 1,50±0,08 | 1,27±0,05 |
| Σ n6 | 1,77±0,25 | 1,17±0,17 |
| Cholesterol (mg/100g) | 64,23±4,48 | 65,23±3,70 |

Tabela 75. Parametry barwy w systemie L*a*b* skrzydeł badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **Parametry barwy na przekroju mięśni** | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| K | 55,19±5,50 | 4,30±1,98 | 3,96±2,72 |
| S | 54,75±4,79 | 5,80±3,52 | 1,49±2,99 |

Tabela 76. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) skrzydeł badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **ORP (mV)** |
|---|---|
| K | 227,97±4,86 |
| S | 233,47±1,32 |

Tabela 77. Wartość pH skrzydeł badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| **Kod wariantu** | **pH** |
|---|---|
| K | 6,86±0,07 |
| S | 6,82±0,07 |

Tabela 78. Wskaźnik TBARS skrzydeł badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=3).

| Kod wariantu | TBARS (mg MDA/kg) |
|---|---|
| K | 0,25±0,03 |
| S | 0,16±0,05 |

Tabela 79. Skład kwasów tłuszczowych skrzydeł badanych brojlerów po przechowywaniu (czas 2) (średnia ± odchylenie standardowe; n=5).

| KT [%] | K | S |
|---|---|---|
| 10:0 | 0,00±0,00 | 0,10±0,00 |
| 12:0 | 0,10±0,00 | 0,20±0,00 |
| 14:0 | 0,57±0,06 | 0,60±0,17 |
| 14:1 | 0,10±0,00 | 0,13±0,06 |
| 15:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 16:0 | 23,27±0,55 | 23,97±0,35 |
| 16:1 | 5,07±0,42 | 5,40±0,36 |
| 17:0 | 0,10±0,00 | 0,13±0,06 |
| 17:1 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 18:0 | 8,50±0,92 | 8,13±0,29 |
| 18:1trans | 0,30±0,00 | 0,27±0,06 |
| 18:1cis9 | 34,53±3,04 | 34,70±2,31 |
| 18:1cis11 | 3,03±0,38 | 3,00±0,10 |
| 18:1 c inne | 0,27±0,06 | 0,23±0,06 |
| 18:2 | 16,83±0,74 | 16,80±1,04 |
| 18:3 n3 | 0,87±0,12 | 0,87±0,06 |
| 18:2c9t11 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:0 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:1 | 0,50±0,00 | 0,50±0,00 |
| 20:2 | 0,23±0,06 | 0,27±0,06 |
| 20:3n6 | 0,47±0,15 | 0,37±0,06 |
| 20:4n6 | 3,03±1,10 | 2,53±0,55 |
| 20:3n3 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 20:5 | 0,10±0,00 | 0,10±0,00 |
| 22:4n6 | 0,83±0,31 | 0,70±0,17 |

| | | |
|---|---|---|
| 22:5n3 | 0,47±0,15 | 0,40±0,10 |
| 22:6 DHA | 0,47±0,23 | 0,37±0,06 |
| Σ SFA | 32,83±0,96 | 33,27±0,52 |
| Σ MUFA | 43,87±2,33 | 44,33±1,87 |
| Σ PUFA | 23,33±1,60 | 22,50±1,70 |
| Σ n3 | 1,83±0,24 | 1,73±0,17 |
| Σ n6 | 4,33±1,27 | 3,60±0,64 |
| Cholesterol (mg/100g) | 65,47±8,04 | 63,80±3,24 |

**Część III Podsumowanie i wnioski**

Przez wieki hodowla drobiu polegała na pełnym dostępie do substancji znajdujących się na obszarze bytowania ptaków. Przy takiej hodowli ptaki miał dostęp do różnych substancji w tym składników paszy z mikroflorą danego środowiska. Współczesne systemy chowu drobiu, szczególnie intensywnego, w znacznym stopniu ograniczają kontakt ptaków z naturalnym środowiskiem, a podstawowym źródłem składników pokarmowych i związanych z nimi drobnoustrojów jest dostarczana pasza. Można powiedzieć, że drób jest odcięty od środowiska mikrobiologicznego miejsca hodowli. Uważamy, że powoduje to zasadniczą zmianę środowiska mikrobiologicznego przewodu pokarmowego. Przemysł drobiarski, aby sprostać nowym wymaganiom handlu oraz konsumentów, musi sięgać po nowe technologie.

Coraz większego znaczenia nabierają przedsięwzięcia mające na celu zapobieganie rozwojowi w żywności drobnoustrojów chorobotwórczych oraz powodujących jej psucie się. Oczekuje się, że będą to jak najbardziej „naturalne" rozwiązania. Należy do nich stosowanie tzw. kultur ochronnych. Kultury starterowe używane do produkcji żywności fermentowanej posiadają dodatkową zaletę, jaką jest możliwość produkcji bakteriocyn, a także specyficznych białek. Substancje te mogą zapobiegać wzrostowi pokrewnych gatunków lub szczepów bakterii, przez co również można je nazwać „kulturami ochronnymi". Są to głównie bakterie mlekowe, które w ten sposób stwarzają kolejne przeszkody bakteriom chorobotwórczym oraz gnilnym i dlatego są wykorzystywane do wytworzenia bezpiecznego produktu. Obserwujemy to zjawisko również w ocenie mikrobiologicznej mięsa drobiowego. Zaburzenia mikroflory jelitowej (dysbioza) u drobiu prowadzi do spadku wydajności produkcyjnej, obniżenia odporności, pogorszenia dobrostanu ptaków, co generuje straty ekonomiczne na fermach, ale i również jakości mięsa. Ogólne skutki dysbiozy dla ptaków to: zanik kosmków jelitowych - zmniejsza powierzchnię wchłaniania składników odżywczych; pojawiają się przewlekłe, wodniste biegunki; brak bakterii LAB prowadzi do namnażania patogenów i innych niekorzystnych skutków. Prowadzone przez nas badania mają na celu wzrost udziału w paszy dla drobiu środowiskowych bakterii kwasu mlekowego pozyskanych z serwatki lokalnego przetwórstwa. Mając na uwadze wzrost lokalnej produkcji przetwórczej mleka i małe wykorzystanie serwatki, proponujemy sprawdzenie dodatku serwatki, jako bardzo zasobnej w mikroflorę, w podniesieniu dobrostanu ptaków oraz zmiany mikroflory pozyskiwanego mięsa. Mając świadomość bogactwa serwatki w wiele różnych składników, w naszych badaniach jesteśmy ukierunkowani na poznanie wpływu serwatki kwasowej lokalnego środowiska na dobrostan ptaków i poziom mikroflory LAB w surowcu mięsnym. Uważamy, że w naszej propozycji jest pełne uzasadnienie badań związanych z dobrostanem zwierząt. Stan zdrowia

drobiu świadczy o poziomie dobrostanu, którego poziom wpływa na ich zdrowotność. Obniżenie poziomu dobrostanu zwierząt sprzyja powstawaniu chorób oraz wszelkiego rodzaju technopatii, czyli schorzeń i urazów związanych z niewłaściwymi warunkami utrzymania. Do najczęściej wyliczanych technopatii u drobiu należą schorzenia kończyn. Schorzenia te są opisywane u kur, które utrzymywano w systemach ograniczających powierzchnię do aktywności. Dochodzić może również do pojawienia stereotypii, czyli nienaturalnych zachowań zwierząt. Do stereotypii ptaków zalicza się min. pterofagię, czyli wydziobywanie piór innym ptakom oraz kanibalizm. Kury mają naturalną potrzebę dziobania i grzebania, wysiadywania na grzędzie, stroszenia piór, kąpieli piaskowych i zażywania ruchu. Pozbawienie ptaków możliwości manifestowania swoich naturalnych potrzeb jest czynnikiem stresogennym. Może to doprowadzić do pojawienia się zaburzeń, które dla zwierząt, jak i dla hodowców stają się dużym problemem i mogą powodować straty. Inne elementy badawcze wymienione w pracy są bardzo ważne na tym etapie badań i przyszłych hodowli. Uważamy, że wzrost spożycia mięsa drobiowego uzasadnia podjęcie tej problematyki przez nasz Instytut, będący wiodącą krajową jednostką naukową w zakresie badań mikrobiologicznych środowiska rolniczego i przetwórstwa żywności.

Nasze badania pozwoliły na wielokierunkową ocenę możliwości wykorzystania ekologicznej serwatki kwasowej, zawierającej naturalną mikrobiotę środowiskową, w żywieniu brojlerów utrzymywanych w ekologicznym systemie chowu. Uzyskane wyniki wskazują na potencjał tego rozwiązania zarówno w zakresie kształtowania mikrobioty przewodu pokarmowego i wybranych wskaźników fizjologicznych ptaków, jak również cech jakościowych pozyskiwanego mięsa. Jednocześnie pozwoliły zidentyfikować istotne uwarunkowania technologiczne i mikrobiologiczne, które należy uwzględnić przy dalszych badaniach i opracowywaniu zasad praktycznego stosowania serwatki w gospodarstwach ekologicznych.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. W grupie brojlerów otrzymujących paszę z dodatkiem serwatki kwasowej uzyskano większą średnią masę przedubojową ptaków po 82 dniach chowu oraz masę tuszek w porównaniu z grupą kontrolną. Większe były również średnie masy wybranych elementów rozbiorowych, w szczególności mięśni piersiowych i podudzi. Uzyskane wyniki wskazują na potencjalne korzyści produkcyjne związane z zastosowaniem serwatki kwasowej w żywieniu brojlerów.

2. Ocena zdrowotności i dobrostanu brojlerów, obejmująca badania makroskopowe i histopatologiczne, wykazała zróżnicowanie występowania i nasilenia wybranych zmian w narządach i tkankach pomiędzy grupą kontrolną a eksperymentalną. W grupie otrzymującej serwatkę kwasową obserwowano mniejsze nasilenie niektórych zmian, co wskazuje na potrzebę dalszych badań w tym zakresie.
3. Zastosowanie serwatki kwasowej w żywieniu brojlerów wiązało się ze zmianami składu mikrobioty przewodu pokarmowego. Analizy omiczne wykazały różnice w udziale wybranych grup bakterii w treści jelit ślepych pomiędzy grupą kontrolną a eksperymentalną. Wyniki wskazują na możliwość modulowania mikrobioty jelitowej poprzez zastosowany sposób żywienia, jednak znaczenie obserwowanych zmian dla zdrowotności ptaków wymaga dalszych badań.
4. W odchodach brojlerów otrzymujących serwatkę kwasową stwierdzono istotne ograniczenie liczebności *Escherichia coli* w drugim i trzecim terminie badań, do poziomu poniżej granicy oznaczalności metody (<1 log jtk/g), podczas gdy w grupie kontrolnej liczebność tych bakterii utrzymywała się na poziomie około 5 log jtk/g. To wynik o istotnym znaczeniu praktycznym, wskazujący na potencjał zastosowanego rozwiązania w ograniczaniu wybranych drobnoustrojów niepożądanych w hodowli drobiu. Podobnego efektu nie stwierdzono jednak w odniesieniu do całej rodziny *Enterobacteriaceae,* co wymaga dalszych badań.
5. W grupie brojlerów otrzymujących serwatkę kwasową stwierdzono różnice w wybranych parametrach hematologicznych i biochemicznych krwi, w tym niższe stężenie trójglicerydów i kwasu moczowego oraz zmiany profilu leukocytarnego. Wyniki te wskazują na możliwość oddziaływania zastosowanego sposobu żywienia na wybrane procesy metaboliczne i fizjologiczne ptaków, jednak ich znaczenie dla zdrowotności brojlerów wymaga dalszej oceny.
6. Mięso brojlerów z grupy kontrolnej i eksperymentalnej charakteryzowało się zbliżonym podstawowym składem chemicznym. Zaobserwowano natomiast różnice w zawartości kolagenu. W mięśniach piersiowych jego zawartość była mniejsza w grupie ptaków otrzymującej serwatkę kwasową. Wyniki te wskazują na potrzebę dalszych badań nad wpływem zastosowanego sposobu żywienia na skład białkowy mięsa i jego wartość żywieniową.
7. Sposób żywienia brojlerów wiązał się z różnicami w wybranych właściwościach technologicznych pozyskanego mięsa. W mięśniach piersiowych i udowych po obróbce cieplnej obserwowano mniejszą twardość, natomiast w przypadku mięśni piersiowych

również wyższą średnią wydajność obróbki termicznej. Wyniki wskazują na możliwość kształtowania wybranych właściwości technologicznych mięsa poprzez zastosowany sposób żywienia.

8. Mięso brojlerów otrzymujących paszę z dodatkiem serwatki kwasowej uzyskało wyższe oceny wybranych wyróżników sensorycznych po obróbce cieplnej, przede wszystkim miękkości i soczystości. Korzystne różnice stwierdzono zarówno w mięśniach piersiowych, jak i udowych, co wskazuje na potencjalne znaczenie zastosowanego sposobu żywienia dla kształtowania jakości sensorycznej mięsa drobiowego.
9. W mięsie brojlerów otrzymujących serwatkę kwasową zaobserwowano różnice w stabilności oksydacyjnej lipidów w porównaniu z grupą kontrolną. W wybranych elementach tuszki, szczególnie w mięśniach piersiowych, stwierdzono niższe wartości wskaźnika TBARS. Wyniki te wskazują na możliwość ograniczania przemian oksydacyjnych lipidów mięsa poprzez zastosowany sposób żywienia.
10. Badania mikrobiologiczne i analizy omiczne mięsa wykazały różnice w składzie zbiorowisk drobnoustrojów pomiędzy grupą kontrolną a eksperymentalną. Wyniki te wskazują na możliwość pośredniego oddziaływania sposobu żywienia brojlerów na profil mikrobiologiczny pozyskiwanego mięsa. Określenie znaczenia obserwowanych zmian dla jego jakości mikrobiologicznej i trwałości wymaga dalszych badań.
11. Przeprowadzone badania wskazują na potencjał wykorzystania w żywieniu brojlerów ekologicznych serwatki kwasowej, której naturalna mikrobiota zdominowana jest przez środowiskowe bakterie fermentacji mlekowej (LAB). Uzyskane wyniki, obejmujące zmiany mikrobioty przewodu pokarmowego, ograniczenie liczebności wybranych drobnoustrojów niepożądanych oraz korzystne parametry produkcyjne i wybrane cechy jakościowe mięsa, wskazują na możliwość dalszego rozwoju tego rozwiązania w kierunku bioprotekcji ekologicznego chowu drobiu. Niemniej jednak, jego praktyczne wykorzystanie wymaga dalszych badań, w szczególności dotyczących oceny powtarzalności uzyskanych efektów w kolejnych cyklach produkcyjnych i przy większej skali chowu, optymalizacji warunków stosowania serwatki oraz zapewnienia jej odpowiedniej jakości mikrobiologicznej w gospodarstwie.

## Część IV (Literatura i publikacje)

Literatura


1. Buffie, C.G., & Pamer, E.G. (2013). Microbiota-mediated colonization resistance against intestinal pathogens. Nature Reviews Immunology, 13, 790–801.
2. Castanon, J.I.R. (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. Poultry Science, 86, 2466–2471.
3. Gaggìa, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International Journal of Food Microbiology, 141, S15–S28.
4. Kabir, S.M.L. (2009). The role of probiotics in the poultry industry. International Journal of Molecular Sciences, 10, 3531–3546.
5. Kamada, N., Seo, S.U., Chen, G.Y., & Núñez, G. (2013). Role of the gut microbiota in immunity and inflammatory disease. Nature Reviews Immunology, 13, 321–335.
6. Karbowiak, M., Wójcicki, M., Hyun, J-E., Szymański, P., Niu, J-D., & Zielińska, D. (2025). Novel antimicrobial compounds from fermented food-derived Lacticaseibacillus paracasei B1 and Lactiplantibacillus plantarum O24 strains: Genomic and proteomic analysis. LWT, 234, 118597. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118597
7. Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. Trends in Food Science & Technology, 15, 67–78.
8. Łaszkiewicz, B., Łepecka, A., Okoń, A., Siekierko, U., & Szymański, P. (2025). Application of Environmental Lactic Acid Bacteria in the Production of Mechanically Separated Poultry Meat Against Coagulase-Positive Staphylococci. Applied Sciences, 15(24), 13032. https://doi.org/10.3390/app152413032
9. Łepecka, A., Szymański, P., & Okoń, A. (2025). Isolation, identification, and evaluation of the antioxidant properties of lactic acid bacteria strains isolated from meat environment. PLOS ONE, 20(7), e0327225. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0327225
10. Panesar, P.S., Kennedy, J.F., Gandhi, D.N., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. Food Chemistry, 105(1), 1-14.
11. Patterson, J.A., & Burkholder, K.M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. Poultry Science, 82(4), 627–631.
12. Szymański, P., Okoń, A., Zielińska, D., Łaszkiewicz, B., Kołożyn-Krajewska, D., & Dolatowski, Z.J. (2025). Use of Selected Environmental Lactic Acid Bacteria During Industrial Production of Heat-Treated Nitrite-Free Organic Sausage. Foods, 14(6), 1028. https://doi.org/10.3390/foods14061028
13. Thompson, L.R., Sanders, J.G., McDonald, D., Amir, A., Ladau, J., Locey, K.J., Prill, R.J., Tripathi, A., Gibbons, S.M., Ackermann, G., et al. (2017). A communal catalogue reveals Earth's multiscale microbial diversity. Nature, 551, 457–463.
14. Van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A., & Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(18), 5649–5654.
15. Łepecka, A., Szydłowska, A., Okoń, A., & Szymański, P. (2026). Lactiplantibacillus plantarum OP5: a novel strain with antioxidant properties for quality improvement of fermented sausage. Scientific Reports
16. Szydłowska A, Łepecka A, Okoń A, Marciniak-Lukasiak K, Siekierko U, Szymański P. The Impact of Lactiplantibacillus plantarum OP1 and Lacticaseibacillus paracasei OP3 Strains on the Quality of Beef Dry Fermented Sausages. Applied Sciences. 2026; 16(15):7832. https://doi.org/10.3390/app16157832

17. Łepecka, A., Szymański, P., Okoń, A., & Zielińska, D. (2023). Antioxidant activity of environmental lactic acid bacteria strains isolated from organic raw fermented meat products. LWT, 174, 114440.
18. Łepecka, A., Szymański, P., Okoń, A., Siekierko, U., Zielińska, D., Trząskowska, M., ... & Dolatowski, Z. J. (2023). The Influence of the Apple Vinegar Marination Process on the Technological, Microbiological and Sensory Quality of Organic Smoked Pork Hams. Foods, 12(8), 1565.
19. Łepecka, A.; Szymański, P.; Okoń A.; Łaszkiewicz, B.; Onacik-Gür, S.; Zielińska, D.; Dolatowski, Z.J. The Use of Apple Vinegar from Natural Fermentation in the Technology Production of Raw-Ripened Wild Boar Loins. Foods 2023, 12, 3975.
20. Łepecka A, Szydłowska A, Marciniak-Lukasiak K, Okoń A, Świder O, Onacik-Gür S, Łaszkiewicz B, Siekierko U, Grzeszczak D, Szymański P. Application of Meat-Derived Lactic Acid Bacteria Strains to Improve the Quality of Organic Fermented Beef Sausages. Molecules. 2026; 31(11):1948. https://doi.org/10.3390/molecules31111948
21. Szymański, P., Okoń, A., Łaszkiewicz, B., & Zielińska, D. (2026). Potential use of autochthonous Lactiplantibacillus plantarum strains isolated from organic acid whey as nitrite alternatives in fermented dry sausages: Effects on colour formation, physicochemical properties, microbiological quality and safety. NFS Journal, 100275.
22. Szymański P., Łaszkiewicz B., Kern Jędrychowska A., Siekierko U. Kołożyn-Krajewska D.: The effect of the use of Limosilactobacillus fermentum S8 isolated from organic acid whey on nitrosyl pigment concentration and the colour formation of uncured cooked meat products. Meat Science 2023, 01, 196.
23. Szymański P., Zielińska D., Okoń A., Łepecka A. Meat Microflora and the Quality of Meat Products. Foods. 2023; 12 (9):1895.
24. Sionek B.*; Okoń A.; Łepecka A.; Zielińska D.*; Jaworska D.*; Kajak-Siemaszko K.*; Neffe-Skocińska K.*; Trząskowska M.*; Karbowiak M.*; Szymański P.; Dolatowski Z. J.; Kołożyn-Krajewska D.* The Role of Autochthonous Levilactobacillus brevis B1 Starter Culture in Improving the Technological and Nutritional Quality of Cow's Milk Acid-Rennet Cheeses—Industrial Model Study. Foods 2024, 13, 392.
25. Marcelina Karbowiak, Michał Wójcicki, Jae-Eun Hyun, Piotr Szymański, Yan-Dong Niu, Dorota Zielińska. Novel antimicrobial compounds from fermented food-derived Lacticaseibacillus paracasei B1 and Lactiplantibacillus plantarum O24 strains: Genomic and proteomic analysis, LWT, Volume 234, 2025, 118597, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118597.
26. Łaszkiewicz, B., Szymański, P., & Kołożyn-Krajewska, D. (2021). The effect of selected lactic acid bacterial strains on the technological and microbiological quality of mechanically separated poultry meat cured with a reduced amount of sodium nitrite. Poultry Science, 100, 1, 263-272.
27. Szymański, P.; Okoń, A.; Zielińska, D.; Łaszkiewicz, B.; Kołożyn-Krajewska, D.; Dolatowski, Z.J. Use of Selected Environmental Lactic Acid Bacteria During Industrial Production of Heat-Treated Nitrite-Free Organic Sausage. *Foods* 2025, *14*, 1028. https://doi.org/10.3390/foods14061028
28. Okoń, A.; Łepecka, A.; Szymański, P.; Neffe-Skocińska, K. The Effect of the Use of the Beneficial Acetic Acid Bacteria Starter Cultures on the Microbiological and Physicochemical Quality of Raw Ripening Sausages. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 263. https://doi.org/10.3390/app15010263
29. Okoń A., Szymański P., Zielińska D., Szydłowska A., Siekierko U., Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. (2021). The Influence of Acid Whey on the Lipid Composition and Oxidative Stability of Organic Uncured Fermented Bacon after Production and during Chilling Storage. Antioxidants, 10(11), 1711.

30. Bolyen, Evan, Jai Ram Rideout, Matthew R. Dillon, et al. 2019. “Reproducible, Interactive, Scalable and Extensible Microbiome Data Science Using QIIME 2.” *Nature Biotechnology* 37 (8): 852–57. https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9.
31. Klindworth, Anna, Elmar Pruesse, Timmy Schweer, Jörg Peplies, Christian Quast, Matthias Horn, and Frank Oliver Glöckner. 2013. “Evaluation of General 16S Ribosomal RNA Gene PCR Primers for Classical and Next-Generation Sequencing-Based Diversity Studies.” *Nucleic Acids Research* 41 (1): e1. https://doi.org/10.1093/nar/gks808.
32. Quast, Christian, Elmar Pruesse, Pelin Yilmaz, Jan Gerken, Timmy Schweer, Pablo Yarza, Jörg Peplies, and Frank Oliver Glöckner. 2013. “The SILVA Ribosomal RNA Gene Database Project: Improved Data Processing and Web-Based Tools.” *Nucleic Acids Research* 41 (D1): D590–96. https://doi.org/10.1093/nar/gks1219
33. Wu Z. i wsp. (2016). Analysis of the function of IL-10 in chickens using specific neutralising antibodies and a sensitive capture ELISA. Developmental & Comparative Immunology, 63, 206–212. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27108075/
34. ISO 13299:2016; Sensory Analysis-Methodology-General Guidance for Establishing a Sensory Profile. ISO: Geneva, Switzerland, 2016. Available online: https://www.iso.org/standard/58042.html (accessed on 10 November 2025).
35. Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. Sensoryczne badania żywności-Podstawy-Metody-Zastosowanie. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ; Warsaw, Poland: 2014.
36. ISO 8586:2023; Sensory Analysis—Selection and Training of Sensory Assessors. ISO: Geneva, Switzerland, 2023. Available online: https://www.iso.org/standard/76667.html (accessed on 10 November 2025).
37. Fan Y., Ju T., Bhardwaj T., Korver D.R., Willing B.P. (2023). Week-Old Chicks with High Bacteroides Abundance Have Increased Short-Chain Fatty Acids and Reduced Markers of Gut Inflammation. Microbiology Spectrum, 11(2), e03616-22. https://doi.org/10.1128/spectrum.03616-22

**Część V (Poradnik)**

# PORADNIK

## pt. „Zastosowanie mikrobioty serwatki kwasowej w bioprotekcji hodowli drobiu ekologicznego”

Poradnik został przygotowany przez: Prof. dr hab. inż. Zbigniewa Dolatowskiego i dr inż. Piotra Szymańskiego

## Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania wpływem mikroflory na zdrowie zwierząt i drobiu. Mikroflora zasiedlająca organizm zawiera zarówno szczepy korzystne o działaniu prozdrowotnym, jak i patogenne dla organizmów zwierząt. Utrzymanie równowagi ekosystemu jest zmienne i zależy od wielu czynników; wieku, dostarczanej paszy oraz czynników środowiskowych. Kształtowanie jakości, a przede wszystkim właściwości prozdrowotnych żywności zależy od przebiegu procesów zarówno biologicznych jak i fizykochemicznych, dodawania różnych substancji oraz jakości surowca. Bardzo istotne jest wprowadzenie do praktyki żywieniowej zwierząt i drobiu nowych produktów wzbogaconych w cenne składniki o właściwościach prozdrowotnych. Mięso drobiowe jest obecnie jednym z ważniejszych źródeł pełnowartościowego białka zwierzęcego. Posiada wysoką wartość odżywczą ze względu na duży udział białka i stosunkowy niski udział tłuszczu i kolagenu. Ponadto, jest łatwo przyswajalna i ma stosunkowo niską wartość energetyczną. Jednym z kluczowych czynników wpływających na oddziaływanie chowu drobiu na środowisko jest sposób żywienia ptaków. W ostatnich latach naukowcy i specjaliści od żywienia zwrócili uwagę na potencjał pewnych składników diety w redukcji emisji gazów cieplarnianych. Dodanie pewnych składników do diety drobiu nie tylko korzystnie wpływa na zdrowie ptaków, ale także może znacząco obniżać produkcję metanu, jednego z najsilniejszych gazów cieplarnianych. To ważne odkrycie może przyczynić się do transformacji w sposobie, w jaki podchodzimy do żywienia drobiu, czyniąc go bardziej zrównoważonym z punktu widzenia ekologii. Społeczności mikrobiologiczne jelit zwierząt gospodarskich i drobiu odgrywają znaczącą rolę w utrzymaniu zdrowia. Fermentacja poprawia strawność i dostępność składników odżywczych paszy, co prowadzi do lepszego wchłaniania składników odżywczych w jelicie cienkim. To ulepszone wchłanianie składników odżywczych może stymulować wzrost kosmków jelitowych, zwiększając ich wysokość. Wyższe kosmki zapewniają większą powierzchnię wchłaniania składników odżywczych, zwiększając ogólną wydajność procesu

trawienia. Ponadto niektóre produkty uboczne fermentacji, takie jak krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA), wytwarzane podczas fermentacji mogą sprzyjać rozwojowi i utrzymaniu zdrowej bariery jelitowej. Wykazano, że krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA) stymulują produkcję mucyny i białek połączeń ścisłych, wzmacniając integralność bariery jelitowej. To wzmocnienie może zmniejszyć ryzyko zapalenia jelit i poprawić ogólny stan zdrowia jelit. Poprzez fermentację do przewodu pokarmowego wprowadzane są pożyteczne mikroorganizmy, wpływające na skład i różnorodność mikrobioty jelitowej. Zrównoważona i zróżnicowana mikrobiota jelitowa ma kluczowe znaczenie dla zachowania zdrowia i funkcjonalności jelit. Sfermentowane składniki paszy mogą stymulować wzrost pożytecznych bakterii, jednocześnie tłumiąc szkodliwe patogeny, sprzyjając korzystniejszej społeczności drobnoustrojów w jelitach. Ponadto fermentacja składników paszy może dać kwasy organiczne, takie jak kwas mlekowy i octowy, które mogą obniżyć pH przewodu pokarmowego, tworząc środowisko sprzyjające rozwojowi pożytecznych bakterii, jednocześnie hamując namnażanie się bakterii chorobotwórczych. Z otrzymanych wyników badań widzimy, że w przewodzie pokarmowym z udziałem LAB w paszy oraz mięsie otrzymanym z uboju drobiu, dominują m. in. bakterie kwasu mlekowego z rodzajów *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*. Niezwykle istotną cechą bakterii prozdrowotnych jest antagonizm w stosunku do mikroorganizmów patogennych i gnilnych. Ma to związek z wytwarzaniem kwasu mlekowego, octowego i innych związków jak bakteriocyn, niskocząsteczkowe peptydy które hamują lub ograniczają wzrost wielu patogenów jelitowych (głównie z rodzajów *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Listeria*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*). Jedną z metod zwiększania liczby korzystnych bakterii wśród mikroflory jest ich systematyczne spożywanie z odpowiednią karmą i środowiskiem. Dodanie drobnoustrojów do diety drobiu i miejsca chowu w zrealizowanych badaniach nie tylko korzystnie wpływa na zdrowie ptaków (ocena narządów wewnętrznych po uboju i obserwacja zachowania ptaków podczas chowu), ale także zwiększa przyrost masy w okresie hodowli. To ważne stwierdzenie może przyczynić się do zmiany sposobu, w jaki podchodzimy do żywienia drobiu, czyniąc go bardziej zrównoważonym z punktu widzenia ekologii.

**Przygotowanie drobnoustrojów**

W przemyśle mleczarskim bakterie kwasu mlekowego (LAB) zajmują centralne miejsce na różnych etapach, od produkcji napojów mlecznych, poprzez zakwaszanie mleka, aż po wytwarzanie serów i proces ich dojrzewania. Produkcja mleka fermentowanego, zarówno z mleka pełnego, częściowego, jak i całkowicie odtłuszczonego, obejmuje pasteryzację lub

sterylizację przed poddaniem fermentacji LAB. W wyniku tego procesu powstają różnorodne produkty i serwatka jako pozostałość z produkcji serów twarogowy i podpuszczkowych. Serwatka często jest produktem ubocznym, szczególnie przy produkcji rzemieślniczej. Jest bardzo bogatym źródłem mikroorganizmów, ale i wielu innych związków prozdrowotnych. Serwatka kwasowa i podpuszczkowa składają się w około 93-95% z wody, jednak różnią się zawartością białka, minerałów, kwasu mlekowego oraz poziomem kwasowości (pH) ze względu na odmienny sposób ich pozyskiwania. Głównym czynnikiem różnicującym jest proces technologiczny: serwatka podpuszczkowa (słodka) powstaje przy produkcji serów podpuszczkowych (np. sery żółte) za pomocą enzymów, natomiast serwatka kwasowa (kwaśna) powstaje podczas produkcji twarogów w wyniku ukwaszania mleka kwasem mlekowym.

**Porównanie składu i właściwości fizykochemicznych**

| Składnik / Cecha | Serwatka podpuszczkowa (słodka) | Serwatka kwasowa (kwaśna) |
|---|---|---|
| Odczyn (pH) | Wyższy: 5,2 – 6,7 | Niski: 3,8 – 4,6 (wyraźnie kwaśna) |
| Białko całkowite | Wyższe: 0,65% – 1,0% | Niższe: 0,55% – 0,8% |
| Kwas mlekowy | Śladowy lub niski | Bardzo wysoki |
| Wapń i minerały | Mniejsza zawartość (część zostaje w serze) | Znacznie wyższa zawartość (kwas wypłukuje wapń do serwatki) |
| Laktoza | Około 3,9% – 4,9% | Nieco niższa: około 3,7% – 4,0% (część ulega fermentacji) |
| Tłuszcz | Około 0,3% – 0,6% | Około 0,1% – 0,5% |
| Woda | Około 93% – 94% | Około 94% – 95% |

**Kluczowe różnice w profilu białkowym i mineralnym**

Białka specyficzne: W serwatce podpuszczkowej występuje glikomakropeptyd (GMP). Powstaje on w wyniku rozszczepienia kazeiny przez chymozynę (podpuszczkę). Serwatka kwasowa jest całkowicie wolna od GMP, ale zawiera więcej osteopontyny (OPN). Obie zawierają cenne białka serwatkowe, takie jak alfa-laktoalbumina i beta-laktoglobulina.

Składniki mineralne: Serwatka kwasowa zawiera znacznie więcej wapnia, magnezu, fosforu oraz soli potasu i sodu. Z tego powodu jej proszkowana forma charakteryzuje się bardziej słono-kwaśnym smakiem i jest trudniejsza w przetwórstwie przemysłowym niż serwatka słodka.

Witaminy: Obie odmiany serwatki są bogate w witaminy rozpuszczalne w wodzie, w tym w ryboflawinę (witaminę B2), która nadaje płynowi charakterystyczny zielonkawo-żółty odcień.

**Rodzaje bakterii w serwatce kwasowej**

W serwatce kwasowej (pochodzącej z tradycyjnej produkcji twarogów lub jogurtów typu greckiego) spotyka się dwa główne profile mikrobiologiczne:

1. Bakterie mezofilne (optimum temperaturowe 20-30°C)

Są to podstawowe bakterie używane do produkcji tradycyjnego polskiego twarogu. W serwatce dominują wówczas gatunki:

- *Lactococcus lactis subsp.* lactis – odpowiedzialny za szybkie ukwaszanie mleka,
- *Lactococcus lactis subsp.* cremoris – współodpowiedzialny za strukturę i czysty, maślankowy smak.
- *Leuconostoc mesenteroides* oraz *Lactococcus lactis subsp.* lactis biovar diacetylactis – bakterie aromatotwórcze, produkujące m.in. diacetyl (związek nadający charakterystyczny zapach masła i twarogu).

2. Bakterie termofilne (optimum temperaturowe 35-45°C)

Jeśli serwatka kwasowa pochodzi z produkcji jogurtów gęstych (np. typu greckiego, gdzie odcedza się kwaśną serwatkę), jej skład bakteryjny opiera się na kulturach jogurtowych:

- *Streptococcus thermophilus* – bardzo aktywny w wysokich temperaturach.
- *Lactobacillus delbrueckii subsp.* bulgaricus – silnie ukwaszający szczep, nadający głęboki aromat.
- *Lactobacillus acidophilus* – często dodawany jako szczep biotyczny.

**Procentowy udział i dynamika mikroflory**

1. Bakterie kwasu mlekowego (LAB) dominują w mikrobiocie świeżej serwatki kwasowej. Ze względu na bardzo niskie pH (3,8-4,6) środowisko to staje się naturalną barierą, która hamuje rozwój większości innych mikroorganizmów.
2. Mikroflora towarzysząca: W niepasteryzowanej serwatce kwasowej, oprócz bakterii fermentacji mlekowej, mogą występować również drożdże, pleśnie oraz inne mikroorganizmy. Ich obecność i liczebność zależą m.in. od jakości surowca oraz warunków produkcji i przechowywania serwatki.
3. Wpływ przetwarzania: Powyższe dane dotyczą świeżej serwatki płynnej. Jeśli serwatka kwasowa zostanie poddana wysokiej pasteryzacji i wysuszeniu na proszek, żywe komórki bakterii zostają niemal całkowicie zniszczone.

**Potencjalna rola serwatki w chowie drobiu**

- ✓ Trawienie paszy: Rozkładają trudne do strawienia składniki roślinne (np. włókno).
- ✓ Produkcja energii: Wytwarzają lotne kwasy tłuszczowe (VFA) stanowiące źródło energii.
- ✓ Synteza witamin: Produkują niezbędne witaminy, głównie z grupy B oraz witaminę K.
- ✓ Ochrona przed patogenami: Blokują miejsce zasiedlenia szkodliwym bakteriom (np. *Salmonella*, *E. coli*).
- ✓ Konkurencja o pokarm: Zużywają składniki odżywcze, uniemożliwiając namnażanie się patogenów.
- ✓ Stymulacja odporności: Pobudzają rozwój tkanki limfatycznej związanej z jelitami.
- ✓ Budowa bariery jelitowej: Stymulują produkcję śluzu chroniącego ścianki jelit.
- ✓ Wpływ na anatomię: Zwiększają wysokość kosmków jelitowych, co poprawia wchłanianie paszy.

**Etapy produkcji serwatki w warunkach domowych:**

1. Ukwaszanie mleka

Mleko surowe odstawiamy pod przykryciem na kilkadziesiąt godzin w temperaturze otoczenia, dodając śmietany lub serwatkę w ilości około 0,5%. Po 24 godzinach zbieramy śmietanę z powierzchni mleka. Proces ukwaszenia prowadzimy od 2 do 4 dni w temperaturze pokojowej. Dobrze skwaszone mleko powinno utworzyć zwartą galaretowatą substancje

twarogową, którą można pokroić nożem. Po ukwaszeniu otrzymany skrzep kroimy i podgrzewamy do temperatury 45-50$^{o}$ C.

2. Podgrzewanie ukwaszonego mleka

Dobrze ukwaszone mleko w postaci pokrojonego skrzepu podgrzewamy, bardzo powoli, do temperatury około 45 - 50$^{o}$ C. Proces ma zachodzić bardzo powoli, a mleka nie wolno zagotować. Po podgrzaniu serwatka jest oddzielana od gęstwy serowej, chłodzona i przechowywana.

**Zastosowanie serwatki do paszy**

Do paszy dodajemy około 10% serwatki kwasowej lub podpuszczkowej po jej ukwaszeniu. Do ściółki możemy wprowadzić serwatkę na poziomie 3-5% - rozprowadzamy w pomieszczeniu chowu. Karmienie drobiu z udziałem fermentowanej serwatki mlecznej jako dodatku do paszy i ściółki wykazało pozytywny wpływ na wydajność produkcji i jakość mięsa. Niemniej jednak skutki mogą się różnić w zależności od takich czynników, jak rodzaj fermentowanych składników paszy, zastosowany proces fermentacji oraz gatunki i praktyki zarządzania zwierzętami gospodarskimi. Na przykład zaobserwowano, że karmienie kurcząt brojlerów paszą z udziałem serwatki mlekowej do paszy w ilości około 10 % znacznie zwiększyło średni przyrost masy i wydajność wykorzystania paszy w trakcie wzrostu. Dzieje się tak, ponieważ fermentacja poprawia strawność składników paszy poprzez rozkład węglowodanów złożonych, błonnika i czynników antyodżywczych. Ta poprawa strawności pozwala na lepsze wchłanianie składników odżywczych w jelitach, co prowadzi do poprawy wykorzystania paszy i ogólnej wydajności. Serwatkę podpuszczkową przed wykorzystaniem w chowie drobiu należy przetrzymać w temperaturze 15-20°C około 12-24 godz. w celu namnażania bakterii fermentacji mlekowej i zakwaszenia. Serwatkę kwasową można stosować bezpośrednio. Hodowla drobiu wymaga zachowania wysokich standardów higieny ściółki. Aby uniknąć ryzyka rozwijania się chorobotwórczych grzybów i pleśni oraz zapewnić ptakom zdrowy mikroklimat do rozwoju i życia, niezbędne jest odpowiednie ścielenie kurnika z wykorzystaniem bakterii kwasu mlekowego. Ścielenie drobiu z udziałem LAB może przekładać się na dobrostan ptactwa oraz wydajność hodowli ekologicznych brojlerów.

Ze względu na naturalną zmienność składu mikrobiologicznego serwatki kwasowej jej wykorzystanie w żywieniu drobiu wymaga zapewnienia odpowiedniej jakości higienicznej oraz wykluczenia obecności drobnoustrojów chorobotwórczych.

**Podsumowanie**

Bakterie fermentacji mlekowej (LAB) odgrywają istotną rolę w produkcji żywności, szczególnie w procesach fermentacji oraz naturalnej biokonserwacji. Dzięki zdolności do wytwarzania kwasów organicznych, bakteriocyn i innych metabolitów o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych mogą ograniczać rozwój niepożądanych mikroorganizmów, przyczyniając się do poprawy bezpieczeństwa i trwałości produktów spożywczych. Rosnące zainteresowanie naturalnymi metodami utrwalania żywności sprzyja poszukiwaniu nowych możliwości wykorzystania LAB i ich metabolitów w przemyśle spożywczym.

Potencjał bakterii fermentacji mlekowej wykracza jednak poza ich tradycyjne zastosowanie w produkcji żywności. Coraz większe znaczenie zyskują innowacyjne rozwiązania wykorzystujące te mikroorganizmy również w produkcji zwierzęcej, w szczególności w żywieniu i profilaktyce zdrowotnej zwierząt gospodarskich. W przypadku ekologicznego chowu drobiu poszukuje się naturalnych metod wspierania prawidłowego funkcjonowania przewodu pokarmowego, kształtowania mikrobioty jelitowej oraz ograniczania występowania niepożądanych drobnoustrojów. Wykorzystanie bakterii fermentacji mlekowej stanowi jeden z perspektywicznych kierunków rozwoju takich rozwiązań.

Szczególnie interesującym źródłem naturalnej mikrobioty LAB może być serwatka kwasowa, powstająca jako produkt uboczny przetwórstwa mleka. Jej wykorzystanie jako dodatku do paszy wpisuje się zarówno w założenia rolnictwa ekologicznego, jak i gospodarki o obiegu zamkniętym, umożliwiając zagospodarowanie lokalnie dostępnych surowców. Dotychczasowe wyniki badań wskazują na potencjał zastosowania serwatki kwasowej w żywieniu drobiu, w tym możliwość korzystnego oddziaływania na wybrane parametry produkcyjne oraz cechy jakościowe pozyskiwanego mięsa. Praktyczne wykorzystanie serwatki kwasowej wymaga jednak zapewnienia jej odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa mikrobiologicznego, a także dalszej weryfikacji skuteczności stosowania w różnych warunkach chowu. Rozwój tego rodzaju rozwiązań może w przyszłości stanowić wartościowe uzupełnienie metod żywienia i profilaktyki zdrowotnej drobiu, zgodnych z zasadami produkcji ekologicznej i zrównoważonego rolnictwa.