



WYDZIAŁ  
NAUK O ZWIERZĘTACH  
I BIOGOSPODARKI

UNIwersytet PRZYRODNICZY W LUBLINIE  
WYDZIAŁ NAUK O ZWIERZĘTACH I BIOGOSPODARKI

mgr Lucyna Kibała

**Doskonalenie kur nieśnych w oparciu o nowe cechy kryterium  
selekcyjnego**

**Improvement of laying hens based on new features of the selection  
criterion**

Praca doktorska

Doctoral thesis

Promotor:

**dr hab. prof. uczelni Iwona Rozempolska-Rucińska**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Recenzenci:

**dr hab. Mirosław Lisowski**

*Instytut Zootechniki w Krakowie*

**prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Lublin, 2019



## **Spis treści**

Wykaz publikacji wchodzących w skład pracy doktorskiej.....	- 4 -
Streszczenie.....	- 5 -
Summary .....	- 6 -
Wstęp.....	- 7 -
Wykorzystanie cech jakości skorupy w programach hodowlanych.....	- 8 -
Cel pracy .....	- 11 -
Materiał i metody .....	- 11 -
Omówienie wyników i dyskusja .....	- 12 -
Wnioski .....	- 17 -
Piśmiennictwo .....	- 18 -

## Wykaz publikacji wchodzących w skład pracy doktorskiej

Knaga S., **Kibała L.**, Kasperek K., Rozempolska-Rucińska I., Buza M., Zięba G. Eggshell strength in laying hens' breeding goals: a review. *Animal Science Papers and Reports*. 2019, 37, 2, 119-136

*Liczba punktów w roku publikacji: MNISW = 25; IF=0,725*

*Indywidualny wkład pracy w publikację (40%): autor korespondencyjny, redagowanie manuskryptu, korekta po recenzjach.*

**Kibała L.**, I. Rozempolska-Rucińska, K. Kasperek, G. Zięba, M. Łukaszewicz. Eggshell qualities as indicative of eggshell strength for layer selection. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2018, 20, 1, 99-102, DOI: 10.1590/1806-9061-2017-0590.

*Liczba punktów w roku publikacji: MNISW = 20; IF= 0,463*

*Indywidualny wkład pracy w publikację (70%): opracowanie założeń metodycznych, gromadzenie danych i analiza wyników, redagowanie manuskryptu, korekta po recenzjach.*

**Kibała L.**, Rozempolska-Rucińska I., Kasperek K., Zięba G., Łukaszewicz M. Ultrasonic eggshell thickness measurement for selection of layers. *Poultry Science*. 2015, 94, 10, 2360-2363, DOI: 10.3382/ps/pev254.

*Liczba punktów w roku publikacji: MNISW = 40; IF= 1,685*

*Indywidualny wkład pracy w publikację (70%): opracowanie założeń metodycznych, gromadzenie danych i analiza wyników, redagowanie manuskryptu, korekta po recenzjach.*

**Łącznie: MNiSW = 85\* ; IF = 2,873\*\***

**Udział w publikacjach = 60%**

\* Wykaz czasopism naukowych MNiSW

\*\* Web of Science<sup>TM</sup> – Journal Citation Reports<sup>®</sup>

## Streszczenie

### Doskonalenie kur nieśnych w oparciu o nowe cechy kryterium selekcyjnego

Jakość skorupy jaja jest jedną z cech, która istotnie wpływa na ekonomiczny aspekt produkcji. Najczęściej wykorzystywanym pomiarem, oceniającym jakość skorupy, jest pomiar wytrzymałości skorupy na zgniecenie. Jest to metoda destrukcyjna w związku z tym nieekonomiczna, jednocześnie nie jest możliwe wykonywanie pomiarów wielokrotnych tego samego jaja. Poszukiwane są cechy oraz metody pomiaru, które mogłyby zostać wprowadzone do oceny jakości skorupy i wykorzystane jako kryterium selekcyjne.

Celem prowadzonych badań była modyfikacja dotychczasowego kryterium selekcyjnego kur nieśnych w oparciu o cechy definiujące jakość skorupy jaj.

Do badań wykorzystano jaja dwóch ras zarodowych kur nieśnych Rhode Island Red (RIR) i Rhode Island White (RIW) zebrane w 33 tygodniu życia. W celu oceny jakości skorupy wykonano: niedstrukcyjny (USG) oraz destrukcyjny pomiar grubości (EMM). Niedstrukcyjną ocenę grubości skorupy (USG) wykonano przy pomocy aparatu do ultradźwiękowego pomiaru grubości materiałów EGG Shell Thickness Gauge (ESTG-1) „Orka”. Pomiar przeprowadzono w pięciu punktach jaja: 0° (USG0), 45° (USG45), 90° (USG90), 135° (USG135), 180° (USG180), począwszy od tępego końca, co 45°, w stronę końca ostrego. W każdym z punktów pomiarowych wykonano 3 powtórzenia, co łącznie dało 15 wyników dla jednego jaja i 104 085 pojedynczych pomiarów. Destrukcyjny pomiar grubości skorupy (EMM) wykonano za pomocą elektronicznej śruby mikrometrycznej. Pomiar wykonano w części środkowej osi długiej jaja. Dodatkowo oceniono masę właściwą jaj, wytrzymałość skorupy i masę skorupy. Obliczenia statystyczne wykorzystywały metodę AIREML w celu uzyskania komponentów wariancji analizowanych cech.

Przeprowadzone analizy wykazały, że najkorzystniejszym miejscem pomiaru jest punkt 45° na osi jaja przy tępym końcu. Grubość skorupy oceniana poprzez pomiar USG45 z jednej strony charakteryzuje się odpowiednim poziomem zmienności addytywnej, z drugiej wykazuje bardzo silne powiązania genetyczne z pozostałymi cechami skorupy.

Niedstrukcyjny pomiar grubości skorupy USG45 może być wprowadzony w hodowli komercyjnej a jego zastosowanie pozwala na dalsze wykorzystanie jaj do reprodukcji, co niewątpliwie przekłada się na ekonomiczny aspekt produkcji.

**Słowa kluczowe:** kury nieśne, kryterium selekcyjne, jakość skorupy, niedstrukcyjny pomiar, USG skorupy

## Summary

### Improvement of laying hens based on new features of the selection criterion

The quality of the eggshell is one of the characteristics that significantly influences the economic aspect of eggs production. The most frequently used measure to assess shell quality is the breaking strength (of the shell). Unfortunately, it is a destructive method and therefore uneconomical one. Moreover, it is impossible to take multiple measurements of the same egg. Therefore, we are looking for features and methods of measurement which could have been introduced into the evaluation of the eggshell quality and used as a selection criterion.

The aim of the research was modification of current selection criterion for laying hens based on the features defining the quality of eggshells.

The study used eggs from two breeds of laying hens: Rhode Island Red (RIR) and Rhode Island White (RIW) collected at 33 weeks of age. With the aim of assessing the quality of the shell, performed two methods of measurements - non-destructive ultrasound and destructive thickness measurement (EMM). Non-destructive shell thickness assessment (USG) was performed with an eggshell thickness gauge (ESTG-1). The measurements were performed at five egg points: 0° (USG0), 45° (USG45), 90° (USG90), 135° (USG135), 180° (USG180), starting from the blunt end, every 45°, towards the sharp end. In each of the measurement points 3 repetitions were made, which gave a total of 15 results for one egg and 104085 single measurements. Destructive shell thickness measurement (EMM) was performed by means of an electronic micrometer. The measurement was made in the middle part of the longitudinal axis of the eggshell. Additionally, the egg specific gravity, eggshell strength and eggshell weight was calculated. In statistical calculations there were used AIREML, to obtain all the components of the eggshell thickness variation and its features.

The analyses have shown that the most favourable measure point is the point 45° on the egg's axis in the area of the blunt end. The thickness of the shell measured by ultrasound 45 gauge is dual. On the one hand, it is characterised by an appropriate level of additive variability, and on the other, it shows very strong genetic links with other eggshell characteristics. The non-destructive measurement of the eggshell thickness carried out by USG45, can be introduced into commercial farming and its application allows further eggs for reproduction, which undoubtedly influences economic aspects of production.

**Key words:** laying hens, selection criterion, eggshell quality, non-destructive measurement, USG measurement

## Wstęp

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat przemysł drobiarski przeszedł znaczną przemianę, ewoluując od amatorskich hodowli do koncernów hodowlanych. Jednocześnie już od 50-tych lat ubiegłego stulecia obserwowano stopniową komercjalizację, która obecnie przybrała bardzo wyraźną formę, zagrażając mniejszym fermom hodowlanym. Nastąpiła silna globalizacja hodowli, a 50% światowej produkcji jaj pochodzi od kur mieszańców z koncernów hodowlanych, użytkujących bardzo podobne genetycznie zwierzęta. Doskonalenie kur nieśnych w Polsce prowadzone jest obecnie tylko w 3 fermach utrzymujących stada zarodowe. Konkurencja na rynku drobiarskim zmusza hodowców do modyfikacji programów hodowlanych tak, aby oferowane produkty wyróżniały się swoją jakością na rynku. Zaawansowanym narzędziem, które decyduje o kształcie i jakości produkowanego materiału genetycznego jest program hodowlany, dopasowany do potrzeb i założeń poszczególnych ferm, pozwalający uzyskać konkurencyjny materiał genetyczny. Programy hodowlane kur nieśnych dążą do uzyskania postępu genetycznego ptaków, które powinny ogólnie charakteryzować się wysoką przeżywalnością, optymalną masą ciała i optymalnym wiekiem osiągnięcia dojrzałości płciowej, dobrym wykorzystaniem paszy, wysoką produkcją jaj wylęgowych o odpowiedniej masie i jakości pozwalającej na uzyskanie wysokoprodukcyjnego, mieszańcowego potomstwa.

Różnice wynikające ze specyfiki gospodarczej krajów skutkują różnymi metodami i potrzebami hodowli. Obecnie hodowcy większości krajów dokonują selekcji, lub przynajmniej monitorują stada, pod względem dojrzałości płciowej, tempa nieśności, żywotności, masy jaj i masy ciała, wykorzystania paszy, koloru i wytrzymałości skorupy, wysokości białka, jakości treści jaja oraz temperamentu ptaków [Thiruvenkaden i wsp., 2010]. Jedną z cech, która istotnie wpływa na ekonomiczny aspekt hodowli jest jakość skorupy.

Skorupa, jako najbardziej zewnętrzna część jaja ma za zadanie chronić rozwijający się zarodek przed uszkodzeniami mechanicznymi, wnikaniem patogenów oraz umożliwiać wymianę gazową z otoczeniem. Poza tym jest to rezerwuar wapnia, wykorzystywanego przez rozwijający się embrion do budowy układu kostno-szkieletowego. Z drugiej strony, jakość skorupy odgrywa znaczącą rolę w ekonomice produkcji z uwagi na ewentualne sfluczki (Singh et al., 2007). Szacuje się, że w trakcie procesu produkcyjnego, uszkodzeniu ulega 6-8% wszystkich wyprodukowanych jaj. Straty ekonomiczne z tego tytułu w samych tylko Stanach Zjednoczonych wynoszą ok. 247 mln dolarów rocznie (Singh i wsp. 2007). Wynika to z faktu, iż jaja z uszkodzoną skorupą nie mogą być zakwalifikowane jako surowiec

najwyższej jakości. Uszkodzenia skorupy zwiększają ryzyko penetracji do wnętrza bakterii chorobotwórczych między innymi *Salmonella enterica*. Naruszona skorupa może przyczynić się również do wycieku na zewnątrz treści jaja, przez co kontaminacji mogą ulec również inne jaja. Wpływa to negatywnie na bezpieczeństwo żywności (Mertens et al., 2006). Uwzględniając rolę, jaką pełni skorupa jaja nie dziwi fakt, że stale poszukiwane są wskaźniki, które będą ją najlepiej charakteryzowały, a jednocześnie będą możliwe do wykorzystania w kryterium selekcyjnym kur nieśnych. Pomimo, że prowadzone od lat badania sprawiły, że wytrzymałość skorupy na uszkodzenia znacznie się poprawiła (Hocking et al., 2003), ciągle poszukiwane są rozwiązania, które poprawiłyby jej jakość, a jednocześnie byłyby łatwe do wprowadzenia w praktyce hodowlanej. Możliwość wykorzystania w kryterium selekcyjnym jakości skorupy jest znaczna, ponieważ jest to struktura definiowana wieloma wskaźnikami, które niejednokrotnie w znacznym stopniu uwarunkowane są wpływami addytywnymi (np. Begli et al., 2010; Ledur et al., 2003; Rozempolska-Rucińska et al., 2011; Blanco et al., 2014;). Skorupę opisują między innymi jej masa, grubość, wytrzymałość na pęknięcia, masa właściwa jaja, ultra- i mikrostruktura, [np. Dunn et al., 2012; Begli et al., 2010; Blanco et al., 2014].

Problemem pozostaje jednak wybór takiej cechy, która w możliwie najszerszym zakresie zdefiniuje jakość skorupy, pozwalając na uzyskanie postępu genetycznego, a jednocześnie jej pomiar będzie na tyle prosty i ekonomiczny, że zostanie wprowadzony na stałe do praktyki hodowlanej kur nieśnych. O przydatności danej cechy w selekcji genetycznej poza koszty- i pracochłonnością pomiaru decyduje również szybkość i dokładność pomiaru, odpowiednio wysoka zmienność genetyczna oraz korelacje genetyczne z innymi cechami produkcyjnymi.

## **Wykorzystanie cech jakości skorupy w programach hodowlanych**

Znaczenie jakości skorupy oraz metody jej oceny zostały szczegółowo przedstawione w publikacji wchodzącej w skład pracy doktorskiej [Knaga i wsp., 2019].

Jakość skorupy jest cechą determinowaną przez wpływy genetyczne-addytywne i modyfikowaną poprzez czynniki środowiskowe, głównie żywieniowe. Wśród wszystkich jaj o obniżonej klasie jakości, jaja zbite oraz z uszkodzoną skorupą stanowią od 80 do 90%. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest obniżona wytrzymałość skorupy jaja. Uwzględnienie w programach hodowlanych cech jakości skorupy sprawiło, że wytrzymałość na uszkodzenia



znacznie się poprawiła. Jednakże dość wysoki odsetek jaj o niepełnowartościowej skorupie jest nadal ważnym czynnikiem wpływającym na ekonomikę produkcji. Z tego względu ciągle podejmowane są wysiłki w celu opracowania najbardziej optymalnej metody oceny cech jakości skorupy.

Metody pomiaru wytrzymałości skorupy można podzielić na bezpośrednie i pośrednie. Metody bezpośrednie oparte są na analizie siły potrzebnej do uszkodzenia skorupy. Zalicza się do nich test odporności na uderzenie (test udarności - impact fracture force), pomiar wartości siły przebiccia (puncture force) oraz pomiar wytrzymałości skorupy na zgniecenie (eggshell breaking strength).

Najczęściej wykorzystywanym pomiarem bezpośrednim wytrzymałości skorupy jest pomiar **wytrzymałości skorupy na zgniecenie** (fracture lub breaking force) określany przy użyciu quasi-statycznego testu zgniatania. Pomiar wytrzymałości skorupy na zgniecenie jest niestety metodą destrukcyjną i nie jest możliwe wykonywanie pomiarów wielokrotnych tego samego jaja. Jednocześnie jest wiele czynników, które wpływają na pomiar za pomocą quasi-statycznego testu zgniatania. Należą do nich między innymi prędkość poruszania się głowicy dokonującej nacisku na jajo, punkt przyłożenia głowicy. Wytrzymałość skorupy jaja na zgniecenie zmniejsza się wraz z wiekiem niosek. Większość firm hodowlanych kur nieśnych wprowadziła tę cechę jako kryterium selekcyjne. Pomimo, że metoda ta jest prosta i szybka jednak wymaga dość kosztownego urządzenia do pomiaru wytrzymałości materiałów. W przypadku wszystkich metod destrukcyjnych nie bez znaczenia jest fakt, że badane jaja ulegają uszkodzeniu i nie mogą być dalej wykorzystywane. Przez to pomiary destrukcyjne wpływają na ekonomiczny aspekt produkcji, zwiększając koszt rejestracji fenotypu.

Drugą grupą metod oceniających wytrzymałość skorupy są metody pośrednie, zarówno destrukcyjne, jak i niedstrukcyjne. Szacowanie wytrzymałości skorupy opiera się na założeniu, że wartości pomiarów pośrednich skorelowane są z wartościami pomiarów bezpośrednich. Jednak liczne badania z tego zakresu wskazują, że korelacja pomiędzy pomiarami pochodzącymi z obydwu grup metod są co najwyżej umiarkowane. Metody pośrednie obejmują pomiar m.in. masy właściwej (specific gravity), odkształcenia elastycznego (non-destructive deformation), grubości skorupy oraz masy i udziału skorupy w masie jaja.

Do najczęściej stosowanych pośrednich metod oceny wytrzymałości skorupy jaja należy opracowany przez Olsson pomiar **masy właściwej jaja**. Cecha ta może być mierzona poprzez zanurzenie jaja w roztworach soli o różnym stężeniu i określenie, w którym z nich jajo tonie. Druga możliwość polega na wykorzystaniu do tego celu odpowiednio skonstruowanej wagi

umożliwiającej pomiar masy jaja suchego i zanurzonego w wodzie. Masę właściwą jaja wylicza się następnie korzystając z prawa Archimedesesa. Masa właściwa jest ściśle związana udziałem skorupy w jajach dlatego wraz ze wzrostem jej wartości wzrasta również grubość i wytrzymałość skorupy.

Jedną z najważniejszych metod pośrednich opisujących jakość skorupy jest pomiar jej **grubości**. Znaczenie tego parametru wynika z faktu, iż istnieje wysoko istotna korelacja pomiędzy grubością skorupy a procentem jaj stłuczonych. Pomiar grubości przeprowadzany jest najczęściej przy użyciu śruby mikrometrycznej w 3 punktach skorupy w części równikowej jaja.

Szybka i niedestrukcyjna ocena wytrzymałości skorupy w jajach nieuszkodzonych może być też przeprowadzona w oparciu o zaproponowaną przez Coucke, a udoskonaloną przez innych badaczy, metodę opartą o rezonans akustyczny. Technika ta polega na wzbudzeniu drgań skorupy poprzez uderzenie niewielkim młotkiem oraz ich analizie i zdefiniowaniu częstości rezonansowej. Częstość rezonansowa służy następnie do oszacowania wytrzymałości skorupy jaja nieuszkodzonego. Wyniki uzyskane pomiędzy poszczególnymi grupami badaczy badającymi wytrzymałość skorupy za pomocą rezonansu akustycznego różnią się pomiędzy sobą. Jest to spowodowane prawdopodobnie różną masą oraz rodzajem materiału użytego do wykonania młoteczka wzbudzającego rezonans. Metoda ta, w przeciwieństwie do pomiaru grubości i wytrzymałości skorupy na zgniecenie, nie jest odpowiednia do porównywania różnych linii genetycznych pomiędzy sobą.

Nie wszystkie cechy jakości skorupy jaja mogą zostać uwzględnione w programie hodowlanym. Wynika to z m.in. z korelacji genetycznych z innymi cechami produkcyjnymi. Ponadto włączenie kolejnej cechy do kryterium selekcyjnego powoduje zmniejszenie intensywności selekcji pozostałych cech indeksu selekcyjnego. Dlatego mając na uwadze zrównoważony postęp genetyczny decyzja o włączeniu określonej cechy do kryterium selekcyjnego musi być poprzedzona dokładnymi i wiarygodnymi badaniami. Powinny one uwzględniać nie tylko zmienność genetyczną typowanej cechy, ale i jej powiązania z pozostałymi cechami kryterium.

Podsumowując można stwierdzić, że większość stosowanych metod odznacza się niestety istotną wadą, wpływającą na ekonomiczny aspekt hodowli. Po przeprowadzeniu analiz, jaja nie mogą już być zakwalifikowane jako konsumpcyjne jaja najwyższej jakości, natomiast w przypadku jaj wylęgowych nie mogą zostać poddane inkubacji. Metody oceny właściwości materiałowych skorupy ze względu na ich czasochłonność i wysoki koszt urządzeń pomiarowych mają ograniczone zastosowanie w ocenie jakości skorupy na dużą skalę.

Z tego względu poszukiwane są metody niedestrukcyjnego pomiaru jakości skorupy, mogące być jednocześnie wykorzystane w pracy hodowlanej.

## **Cel pracy**

Celem prowadzonych badań była modyfikacja kryterium selekcyjnego kur nieśnych w oparciu o cechę definiującą jakość skorupy jaj.

Realizacja celu głównego została przeprowadzona poprzez:

- 1) Opracowanie metodyki pomiaru grubości skorupy jaj z wykorzystaniem diagnostyki obrazowej z zastosowaniem ultradźwięków (USG)
- 2) Wybór cechy, która mogłaby zostać włączona do kryterium selekcyjnego kur nieśnych, jako wskaźnik definiujący jakość skorupy jaj.

## **Materiał i metody**

Materiał do badań stanowiły jaja dwóch ras zarodowych kur nieśnych Rhode Island Red (RIR) i Rhode Island White (RIW) zebrane w 33 tygodniu życia. Ptaki utrzymywane w Ośrodku Hodowli Zarodowej „Messa” w Mieni, objęte były indywidualną oceną użytkowości. Jaja zebrano tego samego dnia, od każdej niosącej się nioski, w tym: 4571 kur rodu RIW i 2426 RIR.

W celu oceny jakości skorupy wykonano: niedestrukcyjny (USG) oraz destrukcyjny pomiar grubości (EMM). Niedestrukcyjną ocenę grubości skorupy (USG) wykonano przy pomocy aparatu do ultradźwiękowego pomiaru grubości materiałów EGG Shell Thickness Gauge (ESTG-1) „Orka”. Pomiar przeprowadzono w pięciu punktach jaja: 0° (USG0), 45° (USG45), 90° (USG90), 135° (USG135), 180° (USG180), począwszy od tępego końca, co 45°, w stronę końca ostrego. W każdym z punktów pomiarowych wykonano 3 powtórzenia, co łącznie dało 15 wyników dla jednego jaja i 104085 pojedynczych pomiarów.

Destrukcyjny pomiar grubości skorupy (EMM) wykonano za pomocą elektronicznej śruby mikrometrycznej wchodzącej w skład zestawu urządzeń do oceny jakości jaj (TSS-York, UK). Pomiar wykonano w części środkowej osi długiej jaja.

Następnie oceniono: masę właściwą jaj - wyliczona z prawa Archimedesesa, wytrzymałość skorupy - określoną przy użyciu instrumentu do analiz wytrzymałości materiałów Instron Mini 55, masę skorupy - określoną na wadze elektronicznej z dokładnością do 0,1g.

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości cech definiujących jakości skorupy obu rodów oraz liczbę przebadanych jaj.

Tabela 1. Średnia wartości cech definiujących jakości skorupy w RIR i RIW

Rasa	Liczba kur	Cecha	Liczba jaj	$\bar{x}$	sd
RIW	4571	Masa właściwa	4468	72,2	7,7
		Wytrzymałość skorupy	4431	40,2	9,0
		Masa skorupy	4462	7,4	0,7
		Grubość skorupy destrukcyjna	4447	315,4	31,0
		Niedestrukcyjny pomiar grubości skorupy	4472	412,1	34,9
RIR	2426	Masa właściwa	2407	71,3	8,9
		Wytrzymałość skorupy	2369	40,0	10,2
		Masa skorupy	2400	7,3	0,6
		Grubość skorupy destrukcyjna	2397	312,0	30,9
		Niedestrukcyjny pomiar grubości skorupy	2403	402,6	33,2

Oceniono zmienność genetyczną-addytywną analizowanych cech oraz powiązania genetyczne występujące pomiędzy nimi.

Obliczenia statystyczne wykorzystywały metodę AIREML w celu uzyskania komponentów wariancji analizowanych cech. Model biometryczny uwzględniał losowy genetyczny wpływ addytywny ptaka oraz stały wpływ grupy rówieśniczej.

## Omówienie wyników i dyskusja

Szczegółowe opracowanie uzyskanych wyników przedstawiono w publikacjach tworzących rozprawę doktorską [Kibała i wsp., 2015; 2018].

Zmienność genetyczna grubości skorupy jaj, oceniona metodą niedestrukcyjną (USG) wynosiła od 9 do 19% w rodzie RIW i od 12 do 23% w rodzie RIR całkowitej zmienności (tabela 2). Najwyższą wartość współczynnika odziedziczalności w obydwu rodach

stwierdzono w punkcie pomiaru USG45. Jednocześnie w tym miejscu jaja charakteryzowały się znacznie cieńszą skorupą w porównaniu do pozostałych punktów pomiarowych. Należy zaznaczyć, że punkt USG45 jest miejscem, w którym następuje pęknięcie skorupy podczas klucia się pisklęcia. Fakt ten pozwala wyjaśnić przyczynę mniejszej grubości skorupy w punkcie USG45. Biologiczne znaczenie punktu USG45 wskazuje, że jest to odpowiednie miejsce do prowadzenia kontroli grubości skorupy, ponieważ cecha ta jest w znacznym stopniu powiązana z wylęgowością, a także masą jaj, która również odgrywa znaczącą rolę w poziomie wylęgowości [Sahan i wsp., 2003; Zhang i wsp., 2005; Rozempolska-Rucińska i wsp. 2011].

Tabela 2. Wskaźniki odziedziczalności ( $h^2$ ) i powtarzalności ( $r^2$ ) analizowanych cech [Kibała i wsp., 2015]

cechy	RIW				RIR			
	$h^2$	se	$r^2$	se	$h^2$	se	$r^2$	se
EMM	0,19	0,003	-	-	0,23	0,004	-	-
USG0	0,12	0,003	0,93	0,001	0,15	0,005	0,96	0,001
USG45	0,17	0,004	0,94	0,001	0,21	0,006	0,98	0,001
USG90	0,09	0,002	0,94	0,001	0,13	0,004	0,98	<0,001
USG135	0,09	0,002	0,92	0,001	0,15	0,005	0,97	0,001
USG180	0,10	0,003	0,95	0,001	0,12	0,004	0,97	0,001

EMM- destrukcyjny pomiar grubości skorupy, USG-niedstrukcyjny pomiar grubości skorupy; USG0 – w 0°, USG45 – w 45°, USG90 – w 90°, USG135 – w 135°, USG180 – w 180°, począwszy od grubego końca jaja.

Niewskazana jest zarówno zbyt gruba skorupa, ponieważ utrudnia ona klucie się pisklęcia jak i cienka, prowadząc do uszkodzeń jaja i niewłaściwej wymiany gazowej [Sahan i wsp., 2003]. Istotnym jest również fakt, że grubość skorupy w punkcie USG45 jest wysoko skorelowana genetycznie z grubością skorupy w pozostałych punktach (tabela 3). Fakt ten oraz najwyższa zmienność addytywna w punkcie USG45 jest podstawą do wykorzystania wartości z tego pomiaru w doskonaleniu genetycznym kur pod względem grubości skorupy jaj.

Prowadzenie skutecznej pracy hodowlanej związane jest z wiarygodnością pozyskiwanych wyników oceny użyteczności zwierząt. Parametrem, który może charakteryzować wiarygodność jest między innymi powtarzalność. Wartości przedstawione w tabeli 2 świadczą o możliwości wykorzystania technik USG w ocenie grubości skorupy. Powtarzalność wyników pomiaru w poszczególnych punktach była bardzo wysoka i wynosiła od 0,92 do 0,98.

Kolejnym ważnym elementem, decydującym o wykorzystaniu badanych technik, jest korelacja pomiędzy wynikami pomiarów pośrednich i bezpośrednich grubości skorupy (tabela 3).

Tabela 3. Korelacje genetyczne (rg) między pomiarami grubości skorupy w rasie RIW (pod przekątną) i RIR (nad przekątną) [Kibała i wsp., 2015]

RIW	RIR	EMM	USG0	USG45	USG90	USG135	USG180
	EMM		0,91	0,94	0,91	0,91	0,88
	USG0	0,90		0,86	0,83	0,80	0,82
	USG45	0,92	0,87		0,87	0,90	0,81
	USG90	0,89	0,77	0,87		0,85	0,76
	USG135	0,90	0,78	0,83	0,85		0,75
	USG180	0,84	0,73	0,71	0,69	0,77	

EMM – pomiar destrukcyjny; USG0 – w 0°, USG45 – w 45°, USG90 – w 90°, USG135 – w 135°, USG180 – w 180°, począwszy od grubego końca jaja

Najwyższe korelacje genetyczne uzyskano pomiędzy metodą destrukcyjną, a pomiarem USG wykonanym w punkcie USG45. Wartość ta wynosiła 0,92 i 0,94 odpowiednio w rodzie RIW i RIR. Tak wysokie korelacje genetyczne potwierdzają, że metody ultrasonograficzne z powodzeniem mogą zastąpić metodę destrukcyjną, która może być stosowana wyłącznie do niewielkiej liczby ocenianych jaj.

O przydatności danej cechy do selekcji genetycznej decydują wpływy genetyczne-addytywne, odzwierciedlone odpowiednio wysoką wartością współczynnika odziedziczalności oraz powiązania genetyczne-addytywne pomiędzy poszczególnymi cechami. W przeprowadzonych badaniach określono poziom zmienności addytywnej i powiązania genetyczne pomiędzy najczęściej wykorzystywanymi wskaźnikami oceniającymi jakość skorupy (tabela 4). Uwzględniono łącznie 5 cech, które w różnym stopniu definiują jeden, szeroko rozumiany wskaźnik – jakość skorupy jaja.

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zmienność genetyczna cech określających jakość skorupy stanowiła od 16 do 22% zmienności ogólnej w rodzie RIW i od 24 do 42% w rodzie RIR (tabela 4). Najwyższą wartością w rodzie RIW charakteryzował się pomiar USG45, natomiast w rodzie RIR masa skorupy i analogicznie niedstrukcyjny pomiar grubości USG45.

Tabela 4. Parametry genetyczne cech jakości skorupy rody RIR i RIW [Kibała i wsp., 2018]

Cechy	Ród	RIW		RIR	
		$h^2$	se	$h^2$	se
Masa właściwa		0,16	0,03	0,26	0,05
Wytrzymałość skorupy		0,16	0,03	0,24	0,04
Masa skorupy		0,21	0,03	0,42	0,05
Grubość skorupy destrukcyjna		0,16	0,03	0,30	0,05
Pomiar USG45		0,22	0,03	0,37	0,05

Wielkość zmienności genetycznej nie może być jednak jedynym wyznacznikiem decydującym o włączeniu cechy do kryterium selekcyjnego. Istotne znaczenie w tym przypadku ma również biologiczne znaczenie cech. Jakość skorupy jest często utożsamiana z jej wytrzymałością, która faktycznie określa odporność skorupy jaja na pęknięcie pod wpływem przyłożonej z zewnątrz siły (Hamilton, 1982).

Analizując powiązania pomiędzy cechami wykazano, że wytrzymałość była w znacznym stopniu powiązana z pozostałymi cechami jakości skorupy (tabela 5), przy czym najwyższe korelacje odnotowano pomiędzy wytrzymałością a pomiarem ultrasonograficznym grubości i dodatkowo w RIR pomiędzy destrukcyjną grubością skorupy. Wynik ten nie powinien zaskakiwać ponieważ grubość skorupy jest pośrednią metodą określającą jej wytrzymałość. Znacznym problemem w przypadku wytrzymałości jest destrukcyjny pomiar i związany z tym fakt braku możliwości wykonywania wielokrotnych pomiarów tego samego jaja. Mogą zatem wystąpić różnice pomiędzy wynikami testów zgniatania przeprowadzonych w różnych punktach skorupy (De Ketelaere, 2002). Ma to związek ze zmiennością grubości skorupy w jaju, która jest z kolei silnie skorelowana z wytrzymałością skorupy na zgniecenie (Yan i wsp., 2014).

Jednym z najważniejszych pomiarów pośrednich opisujących jakość skorupy jest jej grubość, jednocześnie wartość tej cechy ma duże znaczenie w przypadku jaj wylęgowych. Wylęgowość z jaj o cienkiej skorupie jest od 3 do 9% niższa (Bennett, 1992) w porównaniu do jaj o skorupie normalnej grubości tzn. pomiędzy 0,35 a 0,40 mm (Icken et al., 2006). Grubość skorupy należy do cech o znacznym udziale zmienności addytywnej. Cechę tę

można mierzyć wykorzystując stosowane dotychczas najczęściej analizy destrukcyjne, które nie są możliwe do wykorzystania na fermach komercyjnych oraz pomiary niedestrukcyjne np. przy wykorzystaniu ultrasonografii.

Tabela 5. Korelacje genetyczne i ich błędy standardowe pomiędzy cechami jakości skorupy w rasie RIW (pod przekątną) i RIR (nad przekątną) [Kibała i wsp., 2018]

cechy	Masa właściwa	Wytrzymałość skorupy	Masa skorupy	Grubość skorupy destrukcyjna	USG45
Masa właściwa		<b>0,89</b> 0,06	<b>0,40</b> 0,11	<b>0,87</b> 0,05	<b>0,81</b> 0,06
Wytrzymałość skorupy	<b>0,67</b> 0,08		<b>0,50</b> 0,10	<b>0,84</b> 0,07	<b>0,83</b> 0,06
Masa skorupy	<b>0,31</b> 0,11	<b>0,32</b> 0,11		<b>0,64</b> 0,08	<b>0,61</b> 0,08
Grubość skorupy destrukcyjna	<b>0,83</b> 0,01	<b>0,61</b> 0,09	<b>0,60</b> 0,08		<b>0,95</b> 0,03
USG45	<b>0,75</b> 0,07	<b>0,73</b> 0,07	<b>0,53</b> 0,09	<b>0,82</b> 0,06	

W prowadzonych badaniach wykazano, że grubość, mierzona metodą destrukcyjną jak niedestrukcyjną (USG45) jest bardzo silnie powiązana z pozostałymi cechami, co wskazuje, że definiuje ona pozostałe cechy określające jakość skorupy. Najwyższe korelacje genetyczne w obu rodach odnotowano pomiędzy grubością a masą właściwą, która analogicznie jak grubość skorupy jest pośrednią metodą oceny wytrzymałości. Jednak wykorzystanie masy właściwej w doskonaleniu genetycznym jakości skorupy budzi niekiedy kontrowersje. Obiekcje dotyczące wykorzystania masy właściwej jako cechy definiującej jakość skorupy wynikają głównie z faktu, że wiarygodność jej pomiaru zależy w znacznym stopniu od czynników środowiskowych np. czasu przechowywania jaj, długości trwania pomiaru (Sloan et al., 2000).

Pośrednim pomiarem wytrzymałości skorupy jest pomiar masy skorupy. Jednak jest to również metoda destrukcyjna i pracochłonna, ponieważ wymaga rozbicia jaja, wypłukania skorupy z resztek białka, wysuszenia a następnie jej zważenie.

W obu rasach najwyższe współzależności stwierdzono pomiędzy destrukcyjną grubością skorupy, a pozostałymi cechami jakości. Niewiele niższe korelacje genetyczne, o niewielkich błędach standardowych, odnotowano dla pomiaru ultrasonograficznego.



Jednocześnie korelacja genetyczna pomiędzy destrukcyjną grubością skorupy i pomiarem ultrasonograficznym grubości w obu rodach była bardzo wysoka, wynosząc odpowiednio 0,82 i 0,95 w RIW i RIR. W prowadzonych badaniach wykazano, że grubość, mierzona metodą destrukcyjną jak nie destrukcyjną (USG45) jest bardzo silnie powiązana z pozostałymi cechami, co wskazuje, że definiuje ona pozostałe cechy określające jakość skorupy.

Podsumowując przeprowadzone badania można stwierdzić, że istnieje możliwość skutecznego wykorzystania techniki ultrasonograficznej w ocenie grubości skorupy jaj i zastosowania jej w hodowli kur nieśnych. Najkorzystniejszym miejscem pomiarowym jest punkt w pozycji 45° na osi jaja. Punkt ten jest jednocześnie niezwykle istotny z przyczyn biologicznych, związanych z wylęgowością i kluciem piskląt. Ze względu na wysoką powtarzalność pomiarów wystarczający jest jednokrotny pomiar w wybranym punkcie powierzchni jaja. Grubość skorupy oceniana poprzez pomiar USG45 z jednej strony charakteryzuje się odpowiednim poziomem zmienności addytywnej, z drugiej wykazuje bardzo silne powiązania genetyczne z pozostałymi cechami skorupy. Tym samym, za pomocą jednego wskaźnika, można zdefiniować złożone, kompleksowe pojęcie jakości skorupy.

## **Wnioski**

1. Nową cechą w kryterium selekcyjnym kur nieśnych może być grubość skorupy mierzona przy pomocy ultrasonografu.
2. Najkorzystniejszym miejscem pomiaru jest punkt 45° na osi przy tępych końcu jaja.
3. Uwzględniając fakt, że jest to niedestrukcyjna metoda pomiaru grubości skorupy istnieje możliwość wykorzystania techniki ultrasonograficznej w hodowli komercyjnej.
4. Wykorzystanie pomiaru ultrasonograficznego pozwala na dalsze wykorzystanie jaj do reprodukcji, co niewątpliwie przekłada się na ekonomiczny aspekt produkcji.

## Piśmiennictwo

1. Begli, H. E., Zerehdaran, S., Hassani, S., Abbasi, M. A., & Ahmadi, A. K. (2010). Heritability, genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in Iranian native fowl. *British Poultry Science*, 51,6, 740-744.
2. Bennett, C. D. (1992). The influence of shell thickness on hatchability in commercial broiler breeder flocks. *The Journal of Applied Poultry Research*, 1,1, 61-65.
3. Blanco, A. E., Icken, W., Ould-Ali, D., Caverro, D., & Schmutz, M. (2014). Genetic parameters of egg quality traits on different pedigree layers with special focus on dynamic stiffness. *Poultry Science*, 93,10, 2457-2463
4. De Ketelaere, B. (2002). Data analysis for the non-destructive quality assessment of agro-products using vibration measurements (Doctoral dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen).
5. Dunn, I. C., Rodríguez-Navarro, A. B., Mcdade, K., Schmutz, M., Preisinger, R., Waddington, D., Bain, M. M. (2012). Genetic variation in eggshell crystal size and orientation is large and these traits are correlated with shell thickness and are associated with eggshell matrix protein markers. *Animal Genetics*, 43, 4, 410-418.
6. Hamilton R.M.G. (1982). Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. *Poultry Science*, 61, 2022-2039
7. Hocking, P. M., Bain, M., Channing, C. E., Fleming, R., Wilson, S. (2003). Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *British Poultry Science*, 44, 3, 365-373.
8. Icken, W., Schmutz, M., Preisinger, R. (2006). Dynamic stiffness measurements with the " crack detector": a new method to improve egg shell strength. *Lohman Information*, 41, 13-19
9. Ledur, M. C., Liljedahl, L. E., McMillan, I., Asselstine, L., & Fairfull, R. W. (2003). Genetic effects of aging on fitness and nonfitness traits in laying hens housed three per cage. *Poultry Science*, 82, 8, 1223-1234.
10. Mertens, K., Bamelis, F., Kemps, B., Kamers, B., Verhoelst, E., De Ketelaere, B., De Baerdemaeker, J. (2006). Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science*, 85, 9, 1670-1677.

11. Rozempolska-Rucińska I., Zięba G., Łukaszewicz M., Ciechońska M., Witkowski A., Ślaska B. (2011). Egg specific gravity in improvement of hatchability in laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20, 84-92.
12. Sahan U., Altan Ö., Ipek A., Yilmaz B. (2003). Effects of some egg characteristics on the mass loss and hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. *British Poultry Science*. 44, 3, 380–385
13. Singh, J. A., Ferrier, C., Singh, P. (2007). Measurement and analysis of the shocks generated during egg production. *Industrial Technology*, 7
14. Sloan, D. R., Harms, R. H., Abdullah, A. G., Kuchinski, K. K. (2000). Variation in egg content density makes egg specific gravity a poor indicator of shell weight. *Journal of Applied Animal Research*, 18, 2, 121-128.
15. Thiruvankaden A.K., Panneerselvam S., Prabakaran R. (2010). Layer breeding strategies: an overview. *World's Poultry Science Journal*, 66, 477-501.
16. Yan Y.-Y., C.-J. Sun, L. Lian, J.-X. Zheng, G.-Y. Xu, and N. Yang. (2014). Effect of uniformity of eggshell thickness on eggshell quality in chickens. *Journal of Poultry Science*. 51:338-342
17. Zhang, L. C., Ning, Z. H., Xu, G. Y., Hou, Z. C., Yang, N. (2005). Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poultry Science*, 84, 8, 1209-1213.