

Monitorowanie jakości skorup jaj kurzych w ocenie dobrostanu niosek

Henryk Malec

Badanie jakości skorup jaj wylęgowych jest źródłem wartościowych informacji, szczególnie w przypadku pojawienia się określonych problemów związanych z jakością i ilością wylężonych piskląt. Jakość skorupy można ocenić przy użyciu szeregu wskaźników, zarówno bezpośrednich (wytrzymałość, barwa), jak i pośrednich (masa skorupy, grubość, ciężar właściwy, skład chemiczny, ultrastruktura i mikroanaliza rentgenowska, przebieg lęgu i jakość piskląt). Ostatnio coraz większe znaczenie przypisuje się możliwości wykorzystania parametrów określających jakość skorupy jako wskaźników oceniających czynniki stresogenne, środowisko, żywienie, choroby i zatrucia. Wydaje się, że w złożoności pojęcia jakim jest dobrostan ptaków, monitorowanie jakości skorupy może być wiarygodnym i obiektywnym kryterium jego oceny.

Uzasadniając powód głębszego zajęcia się tym problemem, przytoczyć można dane dotyczące olbrzymich strat ponoszonych przez hodowców i producentów drobiu. Jak podaje Solomon [8], straty przemysłu drobiarskiego, producentów jaj wylęgowych i wylęgarni z tytułu tylko uszkodzeń skorupy wynoszą od 5 do 10% wartości produkcji. Dodatkowo jaja pozbawione skorupy, zniesione i stracone bez śladu, mogą tę liczbę nawet podwoić. Straty te obejmują ponadto producentów żywności, projektantów klatek nieśnych, gniazd

i sprzętu dla niosek, jak i tych, którzy są zaangażowani w zdrowie ptaków i środowisko.

W celu zrozumienia sposobu tworzenia się właściwej struktury skorupy, niezbędny jest wgląd w proces powstawania jaja i jego skorupy. W rozrodzie samic ptaków występują zasadnicze różnice w porównaniu z rozrodem ssaków. Samice ptaków są heterozygotyczne, a więc płeć potomstwa jest determinowana przed owulacją. Układ rozrodczy jest nieparzysty, wykształca się tylko lewy jajnik i jajowód. Oocyt zawiera dużą ilość żółtka. W okresie nieśności owulacja może zachodzić dzień po dniu, w tzw. cyklach nieśności.

Układ rozrodczy dojrzałych kur składa się z pojedynczego lewego jajnika i jajowodu. Jajowód jest morfologicznie i funkcjonalnie podzielony na sześć obszarów: lejek (infundibulum), część białkotwórczą (magnum), cieśń (isthmus), gruczoł skorupowy (uterus) składający się z dwu części, tj. rurkowego gruczołu skorupowego (tubular shell gland) i torebki gruczołu skorupowego (shell gland pouch) oraz pochwy (vagina). Każdy z tych obszarów odgrywa znaczącą rolę w tworzeniu skorupy [7, 9]. U niedojrzałych płciowo ptaków w jajniku występują dwie warstwy – rdzeń i kora. W miarę dojrzewania warstwa rdzenia wnika w warstwę korową, w której rozwijają się pęcherzyki jajnikowe z oocytami. Pęcherzyki jajnikowe pełnią funkcję transportową, ochronną dla powstającej komórki jajowej oraz biorą udział w biosyntezie hormonów sterydowych. Liczba ich może przekraczać parę milionów, lecz niewiele z nich przekształca się w dojrzałe komórki jajowe. W jajniku kury można rozróżnić kilka pokoleń pęcherzyków jajnikowych. Najmniejsze pęcherzyki pierwotne, o średnicy poniżej 1 mm, zawierają oocyty, w których nie rozpoczęła się jeszcze witellogeneza (prewitellogeneza). Średnie pokolenie pęcherzyków to tzw. białe pęcherzyki, o średnicy ok. 2 mm, w których rozpoczęła się witellogeneza. Tak zwane żółte pęcherzyki małe (pierwotne), o średnicy 5-10 mm, zawierają oocyty o bardziej zaawansowanej witellogeniezie. Ostatnią generację stanowią pęcherzyki żółte duże, o średnicy 10-35 mm, dojrzewające przedowulacyjne (hierarchiczne) w ilości 7-10 szt.



*Pogodnych i szczęśliwych Świąt
Wielkanocnych życzy swoim Czytelnikom*

Redakcja



TWORZENIE JAJA

Oocyty wydostają się podczas owulacji z pęcherzyka otoczony jest cytolemmą i błoną okołozótkową. Po wejściu oocyty do jajowodu tworzą się dwie dalsze błony – bardzo cienka błona ciągła i znacznie grubsza pozażótkowa. Błony te tworzą warstwę (błona żótkowa) o grubości od 7 do 24 μm . Błony te zawierają do 20% lizozymu w suchej masie. Dojrzałe jajo wydostaje się do lejka (*infundibulum*). Główną funkcją *infundibulum* jest skierowywanie żótkka do głównego fragmentu jajowodu. Odgrywa ono również rolę w tworzeniu błony żótkowej. Zapłodnienie następuje w *infundibulum*, tu jest także miejsce produkcji i dodawania pierwszej chalcytowanej warstwy białka wokół żótkka [7, 9]. Żótkko spędza w *infundibulum* około 0,5 godziny.

Jajo z lejka (*infundibulum*) przechodzi do *magnum*, najdłuższej, 33-centymetrowej białkotwórczej części jajowodu. Tu powstaje większość białka jaja. Białko jest mieszaniną około 40-50 różnych frakcji protein. Pełni co najmniej trzy ważne funkcje – stanowi gęste, wodne środowisko dla rozwijającego się zarodka, jest dodatkowym materiałem odżywczym, ponadto niektóre występujące tu proteiny wykazują właściwości bakteriostatyczne, szczególnie lizozym i owotransferyna. Ciekawym zjawiskiem jest zdolność szybkiego pozbywania się wody z białka (z 88% do ok. 80%). Tym samym obniża się aktywność wody układu, co zmniejsza szansę rozwoju drobnoustrojów. Ubytek CO_2 z białka jaja prowadzi do wzrostu wartości pH do ok. 9,0-9,6. Przyczynia się to do rozkładu kompleksu owumucyna-lizozym (odpowiedzialnego za strukturę żelową białka gęstego). W rezultacie dochodzi do rozrzedzenia się białka. Jednocześnie uwolniony lizozym zwiększa aktywność antybakteryjną. Lizozym zawarty w błonie witelinowej stanowi także obronę dla zarodka. Na obniżenie aktywności i zawartości lizozymu oraz jednostek Haugha (określających zależność pomiędzy wysokością białka gęstego a masą jaja) wpływają negatywnie antybiotyki. Do najważniejszych protein białka jaja należą: owoalbumina (54%), owotransferyna (12%), owomukoid (12%), owomucyna (3,5%), lizozym (3-4%). Pozostałe to: owoinhibitor, owoflawoproteina, owomakroglobulina, awidyna, immunoglobuliny IgA i IgM. Białko dostarczane w *magnum* jest formą skoncentrowaną i reprezentuje tylko połowę objętości białka obecnego w świeżo zniesionym jaju. Dodatkowy płyn jest dodawany do białka w gruczole skorupowym. Jajo przemieszcza się w *magnum* ruchem robaczkowym i pozostaje tam przez ok. 2-3 godziny.

Cieśń (*isthmus*) jest kolejnym obszarem, przez który przemieszcza się powstające jajo. Następuje tu szybki wzrost wewnętrznych i zewnętrznych błon podskorupowych. Cieśń jest węższa od poprzedniego odcinka. Posiada grubą powłokę mięśni i ma ok. 10 cm długości. Błony osadzają się wokół białka w ciągu ok. 2 godzin. Z *isthmus* jajo przechodzi do pierwszego odcinka gruczolu skorupowego (*uterus*), tzw. rurkowatego gruczolu skorupowego, który jest odpowiedzialny za początkowe przekazanie związków wapnia do włókien błon [7]. Osadzanie wapnia odbywa się tutaj na powstałych z końców włókien błony zewnętrznej i organicznej matrycy tzw. jądrach (rdzeniach) brodawkowych. Najwcześniejszą oznaką zwapniania skorupy, które ma miejsce na skrzyżowaniu cieśni i gruczolu skorupowego jest pojawienie się wspomnianych granulek, zawierających wapń. Nie są to jednak węglany. Granulki ulegają zanikowi z chwilą pojawienia się pierwszych brodawek. Zostaje utworzone sztywne wiązanie, po-

przedzające główną fazę tworzenia się skorupy [7]. Czas przebywania w tym odcinku jest bardzo krótki, tylko 15-30 minut. Jednak jest to okres krytyczny dla poprawnego tworzenia skorupy [9].

Kolejnym etapem wędrówki jaja jest woreczek gruczolu skorupowego. W tym odcinku zachodzą równocześnie dwa procesy – trwające ok. 4-5 godzin zwapnianie błon oraz pobieranie płynu pochodzącego prawdopodobnie z gruczolów rurkowatych. W tym czasie zawartość białek w białku jaja zmniejsza się z 20% do 11% [9]. W płynie tym zidentyfikowano siedem do dziewięciu wiązań białkowych. Znajdują się w nim także: dwuwęglan sodu (0,5%), chlorek sodu (0,24%), chlorek potasu (0,16%) i chlorek wapnia (0,05%). Zatem, poza wymienionymi związkami, w gruczole skorupowym nie ma dużej akumulacji wapnia. Proces pęcznienia („plumping”) rozpoczyna rozciąganie błon podskorupowych oraz ekspozycja rdzeni (jąder) brodawkowych. To rozprężenie oddziela i uwidacznia jądra brodawkowe, a tym samym stymuluje fazę szybkiego zwapniania. Po ukończeniu pęcznienia, po okresie 2-3 godzin powolnej mineralizacji, następuje przyspieszenie osadzania się związków mineralnych (ok. 300 mg/godz.). Tworzenie się skorupy, łącznie z powstaniem kutikuli i osadzeniem pigmentu ma miejsce głównie w drugiej części gruczolu skorupowego. Jajo spędza tu ok. 20 godzin. Właściwa skorupa składa się w 95% z węglanu wapnia i 5% materiału organicznego. Węglan wapnia ma normalnie postać kalcytu. Powstałe jajo zostaje wydalone do środowiska zewnętrznego przez pochwę i kloakę [7].

POWSTAWIANIE SKORUPY

Błony podskorupowe

W jajach kurzych są dwie główne błony – wewnętrzna i zewnętrzna. Zewnętrzna błona skorupy jaja kurzego ma ok. 60 μm grubości, a wewnętrzna ok. 20 μm . Przylegają one do siebie na wewnętrznej powierzchni jaja, z wyjątkiem tego końca, w którym są rozdzielone i tworzą komorę powietrzną. Są one również opisywane jako błona jaja i błona skorupy. Pełnią różne role. Ograniczają białko, odpowiadają za zakorzenianie kosmówki omoczniowej podczas embriogenezy, przepuszczanie gazów oraz fizyczną i chemiczną ochronę przed drobnoustrojami. W obu błonach stwierdzono aktywność lizozymu. Natomiast inny antybakteryjny enzym – β -N-acetylglukozaminidaza, wykazuje znaczną aktywność szczególnie w wewnętrznej błonie skorupy.

Badania przeprowadzone przy pomocy mikroskopu elektronowego wykazały, że błony skorupy są utworzone z szorstkich, przeplatających się włókien. Włókna te ułożone są w warstwy równoległe do powierzchni skorupy i tworzą zwartą sieć. Ich wygląd został porównany do filtrów bakteryjnych zbudowanych z włókien celulozy.

Błony zewnętrzne i wewnętrzne posiadają włókna o różnych grubościach i są ułożone w różnych odstępach. W jajach kurzych w grubszej błonie zewnętrznej średnica włókien wynosi od 0,4 do 3,6 μm , w wewnętrznej zaś rzadko przekracza 2 μm . Podobne wielkości zostały podane dla dziewięciu gatunków dzikich ptaków [2]. Włókna składają się z jądra (rdzenia) lub kilku jąder otoczonych przez wspólny płaszcz (korę). Pomiędzy jądrem a płaszczem znajduje się wąska międzywłóknista przestrzeń zawierająca lipidy. W jajach kurzych kora włókna jest wyjątkowo bogata w węglowodany.

Wewnętrzna powierzchnia wewnętrznej błony skorupy jaja kurzego pokryta jest cienką błoną ograniczającą (limiting

membrane), prawdopodobnie zbudowaną z tego samego materiału co kora włókna. Uważa się, że może ona mieć znaczenie w kierowaniu wzrostem kosmówki omoczniowej podczas embriogenezy, a także wykazuje bezpośredni związek z metabolizmem wapnia u zarodka. Wapń jest czynnie pobierany przez błony płodowe. W trofoblaście kosmówki omoczniowej przylegającym do błon są widoczne komórki wstawkowe opatrzone mikrolabiryntem. Przypuszcza się, że wydzielają one substancje rozpuszczające skorupę wapienną lub substancję czynnie przenoszącą jony wapniowe. Komórki te są stymulowane przez parathormon wydzielany przez przytarczycę zarodka, czynne już od połowy okresu jego rozwoju. Sądzi się, że w drugiej połowie rozwoju zarodka zwiększa się pobieranie wapnia z krwi potrzebnego do budowy kości, co powoduje przejściową hipokalcemię. To z kolei stymuluje przytarczycę do wydzielania parathormonu. Pierwotnym źródłem wapnia dla embrionu jest siarczan keratanu, znajdujący się w zaczątkach brodawek.

Na zewnętrznej powierzchni zewnętrznej błony jaj kurzych, kaczych, przepiórczych i indyczych znajduje się blaszkowata struktura, tzw. zewnętrzna struktura blaszkowata. Prawdopodobnie ma ona udział w tworzeniu, wspólnie z włóknami matrycy, zaczątków jąder brodawkowych [2].

Błony skorupy jaja kurzego są połączone włóknami. Błona zewnętrzna jest połączona ze skorupą także włóknami, które przechodzą do jąder (rdzeni) brodawkowych. Chemicznie błony te są w dużym stopniu białkowe, z niewielką ilością lipidów, które zostały prawdopodobnie osadzone pomiędzy jądrem (rdzeniem) a płaszczem (korą) włókien podczas syntezy. Jaja pochodzące od młodych kur zawierają więcej lipidów niż pochodzące od kur starszych.

Większość białek błon jest nierozpuszczalna. Wśród nich jest głównie kolagen, w którego strukturze występują krzyżowe wiązania łańcuchów peptydowych z wiązaniami dwusiarczkowymi i lizynowymi. Te poprzeczne mostki powstają dzięki działaniu oksydazy lizylowej, enzymu zależnego od miedzi. W wyniku kolejnych reakcji powstają stabilne kowalencyjne mostki poprzeczne, odpowiedzialne za odporność włókien na rozciąganie. W hydrolizie błon skorupy u kilku gatunków ptaków oraz gadów odnaleziono desmosine i isodesmosine, które być może są zdolne do krzyżowego wiązania trzech łańcuchów polipeptydowych. Błony skorupy jaj kurzych zawierają niewielkie ilości protein podobnych do kolagenów typu I oraz V. Stanowią one około 0,6% protein błony. Grube włókna (o średnicy 2,5 μm) zawierają w większości kolagen typu I. Typ V kolagenu dominuje we włóknach cienkich (o średnicy 0,6 μm), znajdujących się głównie w błonie wewnętrznej.

Kury żywione paszą ubogą w miedź znoszą nieprawidłowe jaja, które mogą być większe niż normalne i zniekształcone lub mniejsze z pomarszczoną powierzchnią. Niedobór miedzi prowadzi do osłabienia aktywności oksydazy lizylowej w jajowodzie, czego skutkiem jest blokowanie powstawania zwykłych wiązań krzyżowych w błonach skorup. Nieproteinowe kwasy aminowe i ich pochodne znajdujące się w paszy blokują oksydazę lizylową. Błony wówczas mają wygląd i kształt „białych lepkich membran”, podobnych do tych otrzymanych wskutek braku miedzi (oksydaza zawiera miedź). Dodatkowo związek ten powoduje wzrost przepuszczalności błon, w konsekwencji czego dochodzi do nadmiernego pobierania cieczy do białka podczas „plumping” (powstawanie zbyt dużych jaj z osłabioną skorupą). Ponadto w skorupach na przekroju widoczne są duże ilości ciałek A i B oraz wielojądrowe węzły

brodawkowe o nierównomiernej wielkości i kształcie. Nie jest do końca jasne, czy podczas dodatkowego „plumping” nie dochodzi do wydłużenia indywidualnych włókien błon. Natomiast faktem jest, że dochodzi wtedy do zwiększenia ogólnego rozdzielania pojedynczych włókien.

Patologię błon podobną do wcześniej opisanych zaobserwowano także przy zanieczyszczeniu paszy dla niosek ochratoksyną A [6]. Pogorszenie jej jakości zaobserwowano u kur starszych. Udział wagowy aminokwasów w suchej masie błon podskorupowych był istotnie niższy u kur w wieku 75 tyg. niż w wieku 43 tyg. Nie stwierdzono korelacji między masą jaja a udziałem wagowym aminokwasów w skorupie. Jaja pochodzące od młodszych kur miały większą gęstość właściwą. Skład aminokwasowy błon podskorupowych może być wskaźnikiem w ocenie jakości jaja.

Matryca warstwy brodawkowej

W procesie tworzenia skorupy ważną rolę odgrywa włóknisto-pęcherzykowata struktura matrycy (matrix). Stanowi ona 2 do 3% zwapnionej warstwy i zawiera około 11% białka skorupy. Jest obecna we wszystkich warstwach skorupy. Choć jej rola nie jest do końca poznana, to twierdzi się, że rdzenie (jądra) brodawkowe są tworzone w wyniku kowalentnego i niekowalentnego wzajemnego oddziaływania włókien błony skorupy z matrycą warstwy brodawkowej. Ponadto bierze ona udział w syntezie i resorpcji zwapnionej warstwy w trakcie embriogenezy. Na końcu warstwy brodawkowej jest skoncentrowany tzw. „czop” matrix, znany jako stożek brodawkowy, który pozostaje w kontakcie z wewnętrzną błoną skorupy.

Matryca warstwy brodawkowej skorupy składa się, podobnie jak błony, z włóknistej sieci oraz z pęcherzyków (o średnicy ok. 0,4 μm), które dotykają lub są blisko włókien. W warstwie brodawkowej włókna są cienkie, ich maksymalna grubość wynosi 0,008 μm . W pozostałej części zwapnionej warstwy dominują większe włókna (o długości 10 μm i grubości 0,01 μm), które umieszczone są równoległe do powierzchni skorupy. Nie są znane funkcje pęcherzyków, które najwyraźniej zawierają powietrze. Pęcherzyki występują w większej ilości w jajach ptaków tropikalnych. Mogą odgrywać rolę w wymianie gazowej, a być może również w izolacji termicznej.

W składzie chemicznym tej części organicznego matrix co najmniej 70% stanowią białka, 11% węglowodany, a także kolagen, proteoglikany (siarczan keratanu i siarczan dermatanu). Wśród różnorodnych związków chemicznych znajduje się kwas hialuronowy i siarczan chondroityny, należące do glikozaaminoglikanów (GAG). Są one ważnymi składnikami substancji podstawowej tkanki łącznej i pełnią wiele istotnych biologicznych funkcji. W syntezie proteoglikanów niezbędne są mikroelementy, między innymi mangan. Białka kowalencyjnie wiążące GAG nazywamy rdzeniami białkowymi. Znanych jest 7 rodzajów GAG: kwas hialuronowy, siarczan chondroityny, siarczan keratynu I i II, heparyna, siarczan heparyny i siarczan dermatanu. Kwas hialuronowy występuje w komórkach bakteryjnych, tkankach zwierzęcych, skórze, płynie stawowym, ciałku szklistym oka i w luźnej tkance łącznej. Siarczany chondroityny łączą się bardzo silnie z kwasem hialuronowym za pośrednictwem „białek wiążących” i tworzą w tkance łącznej makrocząsteczki, nazywane agregatami. Kwas hialuronowy i siarczan chondroityny (kwas chondroitynosiarczyny) biorą udział w nieswoistej odporności pozakomórkowej (mechaniczna obrona przed działaniem czynników patogen-

nych). W ocenie dobrostanu niosek, a w szczególności w szybkim wykrywaniu czynników toksycznych w paszy (np. kadm), duże znaczenie może mieć pojawianie się zmian w zawartości i składzie białek w matrix. Zmiany w matrycy warstwy brodawkowej są możliwe do wychwycenia przed uwidocznieniem się zmian morfologicznych w skorupie [2], czy w wielkości produkcji jaj.

Warstwa brodawkowa

Początkowe zwapnienie skorupy zaczyna się w cieśni (*isthmus*). Kontakt płynu wydzielniczego z włóknami rdzeni brodawkowych powoduje zmianę struktury płaszcza włókien i krystalizację płynu wydzielniczego. Matrix organiczna skorupy ze związkami wiążącymi wapń (kwas karboksylglutaminowy) bierze czynny udział w zapoczątkowaniu osadzania się skorupy. Pierwsze krople płynu zwapniającego penetrują między włóknami błony zewnętrznej skorupy. W miarę kontynuacji pęcznienia (plumping), te przestrzenie między włóknami powiększają się i coraz więcej płynu dokonuje penetracji. Zewnętrzna część zewnętrznej błony skorupy zostaje w ten sposób osadzona w wewnętrznej części warstwy brodawkowej.

Rdzeń brodawkowy zawiera kryształy kalcytu, które promieniują z niego w formie sferycznej w czasie, gdy proces zwapniania rozszerza rdzenie do uwypukleń w kształcie kopuły. Rozrost warstwy kalcytu do wewnątrz jest hamowany przez błony skorupowe. Struktury kształtu kopułowego rozszerzają się, by stworzyć ostateczną warstwę brodawkową. Charakterystyczne dla warstwy brodawkowej zdrowej skorupy są brodawki dobrze zaokrąglone, ściśle związane z błonami skorupy.

Warstwa palisadowa

Warstwa palisadowa jest głównym zwapnionym składnikiem skorupy i uważa się, że odpowiada w największym stopniu za jej wytrzymałość. Wewnętrzna wytrzymałość tej warstwy zależy od stabilności warstwy brodawkowej [3]. Warstwa palisadowa (gąbczasta) zaczyna się formować na warstwie brodawkowej. Proces ten nie jest jednolity. Tworzenie się tej warstwy może zostać zapoczątkowane, jak też i zaburzone, przez różne czynniki. W gruczole skorupowym musi się też znajdować wystarczająca ilość jonów węglanowych, tak aby było możliwe powstanie odpowiedniej ilości węglanu wapnia. Jednak jony węglanowe są zazwyczaj pomijane przy analizowaniu przyczyn słabej jakości skorupy. Jednym z głównych źródeł jonów węglanowych jest dwutlenek węgla, powstający w wyniku metabolizmu komórek gruczolu skorupowego albo przedostający się z krwi.

Anhydraza węglanowa, enzym zależny od cynku, odgrywa istotną rolę w tworzeniu jonów dwuwęglanowych, powstających z dwutlenku węgla i wody. Dotąd rola biologicznej dostępności innych pierwiastków, poza wapniem i fosforem, w tworzeniu się skorupy była pomijana.

Zaburzenia powstawania warstwy palisadowej mogą się objawiać wieloma defektami (skorupy obkroszczone, nakrapiane, tłuczki jajowodowe, cienkie, słabe i kruche skorupy) i mogą mieć różne podłoże (stres, żywienie, warunki środowiskowe, choroby). Częstą nieprawidłowością jest nakrapianie skorupy, znane również jako efekt „glassy shell” (szklistej skorupy). Skorupy dotknięte tą wadą mają blade, przezroczyste plamy różnych rozmiarów, które mogą zostać wykryte podczas świetlenia. Takie jaja wydają się być normalne podczas znoszenia, a nakrapianie ujawnia się później. Możliwe, że to nadmiar wody jest odpowiedzialny za obecność po-

wierzchni przezroczystych, które są równocześnie słabymi obszarami skorupy, nadmiernie porowatymi. Ta nieprawidłowość jest wyraźnie dziedziczna, choć podobny efekt można uzyskać na skutek niedoboru magnezu w paszy.

Jaja zwane tłuczki jajowodowymi to jaja, które zostały uszkodzone w jajowodzie zanim zakończyło się zwapnianie, najczęściej w czasie tworzenia warstwy palisadowej. Jest to efekt uderzenia lub większego ciśnienia, za które może być odpowiedzialny stres. Pęknięcia, które powstają zwykle na końcach jaja lub wokół obszaru równikowego, są wypełniane przez dalsze zwapnienie (warstwa krystaliczna) i często tworzy się grzbiet równikowy. W rezultacie skorupa jest osłabiona i nie przedstawia żadnej wartości biologicznej. Duże zakłócenia w strukturze warstwy brodawkowej i palisadowej, które wskazują na zakłócenia w metabolizmie składników mineralnych, zaobserwowano przy obecności ochratoksyny A w paszy. Zmniejszenie grubości skorupy i nadmierna mikroporowatość warstwy palisadowej może być wywołana przez kilka czynników, takich jak: niedostatek wapnia i witaminy D, hipertermia, nadmierna wilgotność, wiek kur, pestycydy, stres.

Powierzchniowa powłoka krystaliczna

Powierzchniowa warstwa krystaliczna jest osadzana na warstwie palisadowej i może mieć różną grubość. W gruczole skorupowym mogą się pojawić zmiany w trakcie osadzania się wapnia na powierzchni, co może być odpowiedzialne za przemianę krystalicznych kolumn palisadowych w małe polikrystaliczne szeregi. Powierzchniowa warstwa krystaliczna osadza się dosyć wolno, ponieważ tempo zwapniania zmniejsza się przy końcu tworzenia skorupy.

Kutikula i barwniki skorupy

Kutikula jest relatywnie cienką warstwą, znajdującą się na zewnątrz jaja. Po wyschnięciu nadaje świeżo zniesionym jajom lśniący wygląd. Grubość jej jest zróżnicowana i trudna do określenia; najczęściej podaje się, że wynosi ona od 5 do 30 μm . Charakterystyczną cechą kutikuli jest nieregularna, pokryta grudkami powierzchnia zawierająca pęcherzyki (do 1 μm). W miarę starzenia się jaja pęcherzyki powiększają swoje rozmiary, natomiast ich liczba się zmniejsza. Sucha kutikula ma pęknięcia, w większości pokrywające pory skorupy. Kutikula składa się z dwóch lub więcej warstw. Nie rozpuszcza się zbyt dobrze w wodzie i roztworach solnych, chociaż może zostać częściowo usunięta ze skorupy poprzez mycie wodą o temperaturze powyżej 40°C; roztwory czyszczące i rozcieńczone kwasy są bardziej skuteczne. Jest zbudowana z białek z grupy mucyn, zawiera mukopolisacharydy i barwniki skorupy. Kwaśny charakter tych białek i siateczka keratynowa uodparniają kutikulę na denaturację. Z doświadczeń Solomon, która zapoczątkowała badania ultrastruktury skorupy jaja dla potrzeb hodowlanych, wiadomo, że pęknięcia kutikuli penetrują pory skorupy i stanowią kanały dla przepływu gazów.

Jajo we wszystkich swoich częściach posiada substancje barwnikowe, przy czym najwięcej zawiera ich żółtko (0,4 mg). Pigmenty żółtko dzielą się na lipochromy i liochromy. Lipochromy należą do grupy karotenoidów i nadają barwę pomarańczową, żółtą i czerwoną. Liochromy nadają kolor pomarańczowożółty. Znane są doniesienia mówiące o mniejszej utracie wody z jaj, które zawierały większą ilość karotenoidów w żółtku.

Do barwników skorupy należą porfiryny, które są związkami cyklicznymi zbudowanymi z 4 pierścieni pirolowych połączonych mostkami metinowymi. Właściwością porfiryn jest tworzenie kompleksów z jonami metali, łączących się z atomami azotu pierścieni pirolowych. Są to żelazoporfiryny, np. hem z żelazem, chlorofil – porfiryne z magnezem. W przyrodzie występują one w połączeniu z białkami (hemoglobina, erytrokrorony, moglobiny, cytochromy, katalazy). Metabolizm zawartych w zewnętrznej warstwie skorupy porfiryn może zostać zakłócony, między innymi, przez zatrucia metalami ciężkimi. Zatrucie ołowiem może wpływać na metabolizm hemu. W badaniach porfiryn i ich pochodnych duże znaczenie mają charakterystyczne widma pochłaniania zarówno w świetle widzialnym, jak i nadfioletowym. Właściwość ta jest wykorzystywana do wykrywania, między innymi reflektometrem, nawet małych ilości wolnych porfiryn. Istnieje także możliwość, przy użyciu spektrofotometru, oznaczenia koproporfiryn i uroporfiryn w przypadku chorób związanych z zaburzeniami metabolizmu hemu zwanych porfiriami. Absorpcja i fluorescencja porfiryn spowodowane są obecnością wiązań podwójnych. Cecha ta była dawniej wykorzystywana do identyfikacji jaj mytych. Może być ona także zastosowana do oceny świeżości jaj; świeże jaja o skorupie ciemnej wykazują fluorescencję purpurową, natomiast stare – ciemnoniebiesko-czerwoną.

Pory skorupy

Pory skorupy są otworami, które przenikają zwapnione warstwy skorupy. Pod mikroskopem wydają się być nieregularnymi przerwami pomiędzy kryształkami. System porów pozwala na pobór tlenu, wydalanie dwutlenku węgla i innych gazów oraz parę wodnej przez skorupę podczas inkubacji. Liczba porów, ich wielkość, rozmiar i kształt zależy od gatunku ptaków. Szczególnie skorupy jaj pochodzących od bezgrzebieniowców charakteryzują się niezwykleymi kształtami [1]. Kształt porów wpływa na wymianę gazową. Skorupa jaja kurzego posiada od 7×10^3 do 17×10^3 porów, o średnicy od 15 do 65 μm z zewnątrz i od 6 do 23 μm wewnątrz; całkowita powierzchnia porów w jaju wynosi 2,3 mm^2 . Pory nie są rozmieszczone jednorodnie. Są zakryte białkowymi ciałkami kulistymi lub czopami. Liczba porów jest proporcjonalna do liczby brodawek. Gęstość porów jest regulowana przez syntezę brodawek. Wszelkie zaburzenia w syntezie warstwy brodawkowej oraz błon powodują powstawanie nieprawidłowości w budowie, rozmieszczeniu i ilości porów (taka sama wewnętrzna i zewnętrzna średnica, brak możliwości zwiększenia intensywności wymiany pod koniec inkubacji, nadmierna lub niewystarczająca ich liczba, niewłaściwe rozmieszczenie).

WPLYW ŚRODOWISKA I STRESU

Stres jest nieodłącznym zjawiskiem towarzyszącym życiu ludzi i zwierząt. Według ogólnej definicji stan stresu jest reakcją organizmu na czynnik środowiska zmuszający organizm do przystosowania się do nowej sytuacji. Odkrycia Cannona i Selyego [4] zapoczątkowały rozwój nauki o adaptacji i stresie. Dąty solidne podwaliny pod współcześnie znane pojęcia stresu psychogenego (emocjonalnego, u ludzi psychologicznego) oraz stresu somatycznego (fizjologicznego). Autorzy ci wykazali, że podczas stresu psychogenego uruchamiana jest oś współczulno-rdzeniowo-nadnerczowa, uwalniająca do krwi katecholaminy (adrenalina i noradrenalina). Natomiast stres somatyczny aktywuje oś podwzgórzowo-przysadkowo-korowonadnerczową, czego efektem jest wydzielanie

nie do krwi kortykoidów (kortyzol u człowieka, świni i bydła, a kortykosteron u drobiu). Wszystkie czynniki stresotwórcze powodują podwyższenie poziomu katecholamin we krwi. Prekursorem adrenaliny i noradrenaliny, które są wytwarzane w komórkach pochodzenia nerwowego jest tyrozyna. W ciągu metabolicznym bierze także udział enzym beta-monooksydaza zależny od miedzi, który do wytworzenia noradrenaliny wykorzystuje witaminę C. W rdzeniu nadnerczy z noradrenaliny powstaje adrenalina. Dlatego też duże znaczenie w zmniejszaniu wpływu stresu na jakość skorupy ma odpowiednia zawartość witaminy C w paszy.

Należy nadmienić, że kwas askorbinowy, podobnie jak adrenalina, biliwerdyna, witamina E, ceruloplazmina, metalotioneiny, pełnią ważne funkcje ochronne w zapobieganiu tworzenia się reakcji wolnorodnikowych (stres oksydacyjny), przerywają te reakcje oraz wymiatają z komórek reaktywne metabolity tlenu: anionorodnik ponadtlenkowy, rodnik nadtlenkowy, nadtlenek wodoru, rodnik hydroksylowy. Przed cytotoksycznym działaniem ponadtlenku organizmy tlenowe chroni dysmutaza ponadtlenkowa (enzym ten występuje w cytoplazmie wielu komórek, zawiera miedź i cynk, podczas gdy enzym mitochondrialny zawiera mangan) i peroksydaza glutationowa (zawierająca selen). W ostatnich latach wielu autorów zwraca uwagę na metalotioneiny, jako zmiatacze rodników hydroksylowych. Są to białka o niskiej masie cząsteczkowej i dużej zawartości siarki, które są w stanie wiązać metale ciężkie. Ma to coraz większe znaczenie w obliczu działania czynników stresotwórczych. Znane jest zjawisko kumulacji metali ciężkich w narządach mięsnych, jako zabezpieczenie przed ich toksycznością. Jednak pod wpływem stresów lub stanów chorobowych dochodzi do gwałtownego ich włączenia do procesów biochemicznych oraz groźnego w skutkach dla organizmu rozchwiania homeostazy ustrojowej. Kadm i ołów wypierają z metabolizmu cynk, a to z kolei powoduje zakłócenia w procesach powstawania jonów dwuwęglanowych.

Procesom uwalniania metali ciężkich można zawdzięczać, między innymi, obecność na powierzchni zmienionej skorupy aluminium, krzemu czy innych pierwiastków. Miejsce ich kumulacji w skorupie zależy od miejsca w jakim znajduje się proces tworzenia skorupy w jajowodzie w chwili zadziałania czynników stresowych. Fakt ten świadczy, że proces dostarczania węglanów niezbędnych do tworzenia skorupy może podlegać wpływom czynników zewnętrznych. Dobrze znane jest także zjawisko konkurencyjności absorpcji między wapniem a cynkiem, miedzią i manganem. Wynika stąd, że wysoki poziom wapnia może bezpośrednio wpływać na aktywność anhidrazy węglanowej. Wiadomo, że wilgotne, gorące środowisko podczas produkcji jaja negatywnie wpływa na skorupę, która staje się cieńsza. Ponadto, wskutek nieprawidłowości w tworzeniu się brodawek, kolumny kalcytu nie rozwijają się w normalnym kierunku i tworzą się dziury w skorupie.

Nawet względnie średni stres, jakim jest np. wykluczenie z miejsca regularnego gniazda, może prowadzić do nieprawidłowości. Wady skorupy dzielą się na dwie główne klasy: wybrzuszenia oraz tworzenie powierzchniowej warstwy amorficznego wapnia. Natura nieprawidłowości zależy od fazy tworzenia jaja w czasie działania czynnika stresowego. Stres występujący w okresie, gdy jajo jest tylko nieznacznie zwapnione prowadzi do zaburzeń kształtu, podczas gdy stres w okresie przed jajczkowaniem może spowodować zatrzy-

manie jaja w gruczole skorupowym. Niewielkie wydłużenie czasu przebywania jaja w gruczole skorupowym powoduje powstawanie jaj „okurzonych” lub wpływa na zmianę barwy od ciemnej do różowej, natomiast znaczne wydłużenie tego czasu skutkuje powstaniem jaja z białymi obwódkami. Wpływ stresu, powodujący tworzenie się jaj nieprawidłowych, może się utrzymywać nawet przez 8-10 dni. Stres spowodowany czynnikami farmakologicznymi (wstrzyknięcia adrenaliny) lub środowiskowymi (zbyt duża obsada stada) powodował degenerację komórek we wszystkich częściach jajowodu, mógł też być czynnikiem powstawania patologii we wszystkich sześciu warstwach skorupy [10].

Badania prowadzone między innymi przez Mills i współpracowników [5], dotyczące wpływu stresu na strukturę i ultrastrukturę skorupy, sugerują, że parametry te mogą być

użyte jako wskaźniki czynników stresogennych u kur niesnych, a tym samym charakteryzować dobrostan niosek.

Literatura: 1. Board R.G., Love G., 1980 – Comparative, Biochemistry & Physiology 66A, 667-672. 2. Burley R.W., Vadehra D.V., 1989 – The avian egg. Chemistry and biology. New York, Toronto, Singapore. 3. Carnarius K.M., Conrad K.M., Mast M.G., Macneil J.H., 1996 – Poultry Sci. 75, 656-663. 4. Kowalski A., 2002 – Medycyna Wet. 4, 256-260. 5. Mills A.D., Marche M., Faure J.M., 1987 – Brit. Poultry Sci. 28, 177-181. 6. Niemiec J., Cywa-Benko K., Stępińska M., Wężyk S., Świerczewska E., 1993 – Proceedings of 5th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Tours, France, 163-173. 7. Roberts J.R., Brackpool C.E., 1994 – Poultry Sci. Rev. 5, 245-272. 8. Solomon S.E., 1988 – Poultry Int. 8, 62-75. 9. Solomon S.E., 1991 – Egg and eggshell quality. Wolfe Publishing Limited, London. 10. Solomon S.E., Watt J.M., 1990 – Poultry Int. 9, 12-14.

Prewencja zootechniczna u piskląt w okresie powylęgowym

Iwona Pijarska

Powszechnie wiadomo, że pierwszy okres odchowu bądź wychowu piskląt jest najważniejszy. Sposób postępowania z ptakami w pierwszych dniach po wylęgu istotnie wpływa na efekty dalszej produkcji. Zanim jednak pisklęta po opuszczeniu skorupy trafią do środowiska odchowni bądź wychowalni przebywają przez pewien czas w magazynie piskląt w wylęgarni, a następnie w komorze ładunkowej środka transportu. Na każdym etapie „podróży” nowo wylężonych ptaków z jaja do kurnika należy zapewnić im właściwe warunki mikroklimatyczne i postępować z nimi tak, aby nie zakłócać ich dobrostanu [1, 4].

Na mikroklimat składa się zespół właściwości fizykochemicznych powietrza, takich jak: temperatura, wilgotność, światło, ruch, jonizacja powietrza, a także jego skład gazowy i obecność cząstek niegazowych.

Bardzo ważne przy projektowaniu poszczególnych pomieszczeń w zakładzie wylęgowym jest położenie nacisku na to, aby były one odpowiednio duże i zapewniały warunki do wykonywania określonej pracy. Podstawową zasadą dotyczącą magazynowania piskląt jest zapewnienie im właściwego mikroklimatu i wystarczającej powierzchni. Wielkość pomieszczenia magazynowego zależy od przewidywanej liczby przetrzymywanych, przed dostawą na fermę, ptaków. Przyjmuje się, że na 1000 piskląt powinno przypadać 1,1 m² powierzchni.

Ptaki są zwierzętami stałocieplnymi, tzn. temperatura wewnętrzna ich ciała nie ulega wyraźnym wahaniom w zależności od zewnętrznej temperatury powietrza [2]. Pisklęta po wylęgu nie mają w pełni wykształconego ośrodka termoregulacji w podwzgórze. Swoją sprawność ośrodek ten osiąga

w pierwszych 7. dniach życia ptaków, pod warunkiem zetknięcia się z temperaturą otoczenia niższą o ok. 10°C od temperatury panującej w klujniku. Wszelkie zabiegi zootechniczno-weterynaryjne, jakim są poddawane pisklęta po wylęgu (brakowanie, seksowanie, sortowanie, pakowanie, szczepienie, magazynowanie i dystrybucja), przeprowadzane w temperaturze 24-28°C korzystnie wpływają na hartowanie kurcząt [2, 3, 14].

Temperatura w magazynie piskląt wzrasta w wyniku ciepła produkowanego przez ptaki, dlatego też pomieszczenia te powinny być klimatyzowane. Zastosowanie urządzeń klimatyzacyjnych daje możliwość utrzymywania stałej, pożądanej temperatury. Ważnym czynnikiem regulującym parametry termiczno-wilgotnościowe w magazynie piskląt jest ruch powietrza. Słupki pojemników z pisklętami muszą być oddalone od siebie tak, aby powietrze mogło swobodnie między nimi cyrkulować. Wymiana powietrza nie powinna być mniejsza niż 35 m³/godzinę/1000 ptaków. Sprawnie działająca wentylacja zapewnia pisklętom dostarczanie odpowiedniej ilości tlenu i usuwanie zbędnych produktów przemiany gazowej, nadmiaru ciepła i zanieczyszczeń powietrza. Im gorsza wymiana powietrza, tym większe obciążenie układu oddechowego florą bakteryjną, zanieczyszczeniami, co z kolei obniża efektywność szczepień aerozolowych wykonywanych u piskląt po wylęgu.

Konsekwencją nieprawidłowych warunków mikroklimatycznych w czasie przetrzymywania piskląt w magazynie może być ich przegrzanie lub wyziębienie. Ptaki narażone na stres termiczny źle znoszą późniejszy transport do fermy (szczególnie ten długotrwały) i gorzej się odchowują [7, 13, 15, 16]. Długotrwałe przegrzanie może być powodem odwodnienia. Wiąże się to z kolei ze zbytnim zagęszczeniem treści woreczka żółtkowego i utrudnioną jego resorpcją. Nie wpływa to korzystnie na prawidłowe zasiedlanie się fizjologicznej flory jelitowej oraz poziom przekazywanych immunoglobulin żółtkowych [2, 11].

Podłogi i ściany pomieszczenia magazynowego dla piskląt powinny być wykonane z materiałów nieprzepuszczalnych, nienasiąkliwych i łatwo zmywalnych. Całe pomieszczenie musi być dokładnie myte i dezynfekowane każdorazowo po ekspedycji ptaków. Utrzymanie właściwego stanu sanitarno-higienicznego oraz systematyczne monitorowanie czystości