

**Danuta Majewska**

**Jakość jaj i wskaźniki wylęgowości  
strusi afrykańskich (*Struthio camelus*)  
w zależności od wieku ptaków**



**Szczecin 2011**

**Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie**

**Danuta Majewska**

**Jakość jaj i wskaźniki wylęgowości strusi afrykańskich  
(*Struthio camelus*) w zależności od wieku ptaków**

**SZCZECIN 2011**

Recenzenci  
EWA ŁUKASZEWICZ  
EWA ŚWIERCZEWSKA

Opracowanie redakcyjne  
Katarzyna Mitan

WYDANO ZA ZGODĄ  
REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO  
W SZCZECINIE

ISBN 978-83-7663-085-4

WYDAWNICTWO UCZELNIANE ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE  
70-311 Szczecin, al. Piastów 50, tel. 91 449 47 60, e-mail: [wydawnictwo@zut.edu.pl](mailto:wydawnictwo@zut.edu.pl)  
Druk: PPH „Zapól” Dmochowski, Sobczyk, Sp.j., 71-062 Szczecin, al. Piastów 42, tel. 91 434 10 21  
e-mail: [zarzad@zapol.com.pl](mailto:zarzad@zapol.com.pl)

## Spis treści

1. Wstęp i cel badań .....	5
2. Przegląd piśmiennictwa .....	7
3. Materiał i metody .....	13
4. Wyniki i dyskusja .....	19
4.1. Użytkowość nieśna .....	19
4.2. Jakość jaj .....	20
4.3. Wskaźniki reprodukcyjne .....	30
4.4. Analiza zamartwych zarodków .....	33
4.5. Analiza skorup powylęgowych .....	36
5. Podsumowanie i wnioski .....	39
Piśmiennictwo .....	41
Summary .....	49
Zusammenfassung .....	51



## 1. Wstęp i cel badań

Chów strusi jest znany od ponad 100 lat, jednakże wiele zagadnień dotyczących ich biologii, żywienia czy techniki inkubacji pozostaje nadal nierozwiązanych. Istotnym problemem są znacznie niższe wskaźniki lęgu aniżeli u innych gatunków drobiu (około 55–60% i 65% z jaj, odpowiednio, nałożonych i zapłodnionych), wynikające głównie z wysokiej zamieralności zarodków, zwłaszcza w końcowej fazie inkubacji. Wielu badaczy wskazuje na pilną potrzebę prowadzenia badań zmierzających do opracowania kompleksowej technologii sztucznych lęgów strusi (Badley, 1997; Gonzalez i in., 1999; Horbańczuk, 2000; Hassan i in., 2005).

Poprawa cech reprodukcyjnych oraz doskonalenie techniki inkubacji jaj strusi to temat ciągle aktualny, o czym świadczą badania, które podejmowali Malecki i Martin (2003), Hassan i in. (2004), Ipek i Sahan (2004), Malecki i in. (2005), Bronneberg i in. (2007a), Rybnik i in. (2007).

Badania jakości jaj strusich prowadzili Angel (1993), Reiner i in. (1995), Horbańczuk i in. (1999b), Di Meo i in. (2003), jednak dotyczyły one głównie niektórych cech fizycznych jaj, ich składu chemicznego i wartości odżywczej. Nie określono kompleksowo składu mineralnego białka i żółtka jaj strusich, jak również zawartości cholesterolu i składu kwasów tłuszczowych w lipidach żółtka. Niewiele badań poświęcono zagadnieniom jakości jaj w aspekcie ich powiązania ze wskaźnikami wylęgowości. Według Horbańczuka (2000) masa jaj i grubość skorupy wpływają istotnie na wyniki lęgu, natomiast nie potwierdzono związku wylęgowości z kształtem jaja.

Ważną rolę w czasie embriogenezy odgrywa skorupa, która zapewnia nie tylko właściwą wymianę gazową, ale także substancje mineralne służące do budowy ciała rozwijającego się zarodka. W literaturze niewiele informacji dotyczy składu mineralnego skorupy jaja strusiego. Nie bez znaczenia jest również grubość skorupy i jej porowatość, które wpływają na ubytek masy jaja podczas inkubacji. Wszelkie zakłócenia w odparowywaniu wody z jaja mogą prowadzić do przewodnienia woreczków żółtkowych i trudności we wciągnięciu ich do jamy ciała zarodka pod koniec lęgu. Badania nad porowatością skorupy jaj strusich prowadzili między innymi Christensen i in. (1996), Szczerbińska i Dańczak (2002) oraz Cloete Jr i in. (2006). Podejmowano również badania ultrastruktury skorupy jaja strusiego (Richards i in., 2000; Heredia i in., 2005), jednak miały one charakter poznawczy i nie były powiązane ze wskaźnikami wylęgowości.

Zarówno odchów strusi, jak i utrzymanie ptaków dorosłych obarczone są znacznymi kosztami. Strusie to ptaki niosące sezonowo, co rzutuje w zasadniczy sposób na koszt jaja, zwłaszcza wylęgowego. Analiza cech reprodukcyjnych przez kilka sezonów nieśnych może pomóc w odpowiedzi na pytanie, w jakim wieku uzyskuje się najlepsze wskaźniki wylęgowości i kiedy prowadzenie lęgów jest najbardziej opłacalne? Uzyskiwanie korzystniejszych wskaźników wylęgowości może poprawić efekt ekonomiczny, stanowiący częstokroć barierę utrudniającą rozszerzenie hodowli tego gatunku.

Zagadnienia dotyczące jakości jaj są istotne również ze względów poznawczych, mogą ponadto w znaczący sposób przyczynić się do wzrostu zainteresowania konsumpcją jaj strusich, które w Polsce i wielu krajach świata stanowią uzupełnienie asortymentu jajczarskiego. Dla potencjalnych konsumentów ważne są informacje o wartości odżywczej jaj, dotyczące między innymi ich składu chemicznego, a w szczególności zawartości cholesterolu i nienasyconych kwasów tłuszczowych w lipidach żółtka.

Celem badań była:

- ocena jakości jaj z uwzględnieniem ich składu morfologicznego i chemicznego w kolejnych sezonach reprodukcyjnych,
- ocena wskaźników wylęgowości w aspekcie wieku ptaków,
- określenie wpływu grubości i porowatości skorupy na przebieg lęgu.

## 2. Przegląd piśmiennictwa

Strusie mogą być użytkowane przez wiele lat. W sezonie znoszą około 40–60 jaj, jednak w warunkach fermowych obserwuje się duże zróżnicowanie w poziomie nieśności, uwarunkowane czynnikami genetycznymi i środowiskowymi (Adkins, 1993).

Sezonowość produkcji strusi jest uwarunkowana fotoperiodem (Degen i in., 1994; Bronneberg i in., 2007a). Na półkuli północnej ptaki te zwykle rozpoczynają nieśność na przełomie lutego i marca, gdy dzień świetlny zaczyna się wydłużać, a kończą we wrześniu (Horbańczuk, 2003; Ipek i Sahan, 2004) wraz ze znacznym skróceniem dnia świetlnego. Natomiast w Afryce Południowej sezon trwa od czerwca do lutego (Jarvis i in., 1985a; More, 1996b).

W pierwszym roku nieśności pozyskuje się od samicy około 20 jaj (Foggin, 1992), a liczba jaj rośnie w kolejnych latach użytkowania (Horbańczuk i Sales, 2001; Ipek i Sahan, 2004; Zoccarato i in., 2004). Cloete i in. (1998) oraz Bunter (2002) podają, iż szczyt nieśności przypada na 8.–9. rok życia ptaków. Wielkość produkcji jaj zależy również od rytmu nieśności. W trakcie sezonu od jednej strusicy można pozyskać od 2 do 4–6 serii, z których każda składa się z 12–18 jaj (Horbańczuk, 2003; Ipek i Sahan, 2004).

W Afryce nieśność jest w przybliżeniu o 30% wyższa niż w Europie (Horbańczuk, 2003), gdyż sezon rozrodczy trwa tam dłużej (8–10 miesięcy). Z badań prowadzonych w Afryce Południowej wynika, iż od samicy pozyskuje się najczęściej 41–67 jaj w sezonie (Schalkwyk i in., 1996; Cloete i in., 2004; Cloete i in., 2005; Cloete i in., 2006).

Najlepszą nieśnością odznaczają się strusie afrykańskie czarne (Corvini, 1996; Brand, 2006), które wcześniej osiągają dojrzałość płciową niż strusie niebieskoszyje i czerwonoszyje (Hicks, 1992). W badaniach Brand (2006) największą liczbę jaj (54 szt.) od noski uzyskano od strusi afrykańskich czarnych utrzymywanych w czystości krwi, natomiast mieszańce (struś afrykański czarny ♀ x południowoafrykański ♂) znosiły średnio o 9 jaj mniej.

Masa jaj strusich stanowi w przybliżeniu 1,2% masy ciała samicy (Sales i in., 1996) i może się wahać w szerokich granicach – od 1100 g w pierwszym roku nieśności (Foggin, 1992) do 1800 g w kolejnych latach użytkowania. Podawana w literaturze średnia masa jaj, uzyskana na fermach włoskich od samic w wieku 3,5–6,5 lat, wynosiła około 1444 g (Superchi i in., 2002). W badaniach Sahana i in. (2003a) ptaki w wieku 7–8 lat znosiły jaja o masie 1618 g. Według Horbańczuka (2003) jaja z ferm krajowych ważą 1100–1950 g przy średniej masie wynoszącej ponad 1600 g. Jak donoszą Horbańczuk i Sales (2001), liczba i masa jaj rosną w kolejnych latach użytkowania, przy czym w 2. roku nieśności masa zbliżona jest już do średniej i wynosi około 1500 g. Essa i Cloete (2004) określili średnią masę jaja w granicach 1500 g, nie podając jednakże wieku strusic. Bunter i in. (2001) twierdzą, że masa znoszonych jaj osiąga szczyt w 4.–5. roku życia niosek. W badaniach, które prowadzili Di Meo i in. (2003), średnia masa jaj pozyskanych od 4–5-letnich strusi afrykańskich czarnych wahała się w granicach 1492–1544 g. Jak donoszą Ak i in. (2002), 8-letnie samice strusi afrykańskich



czarnych znosiły jaja tylko o nieco wyższej masie (1537–1600 g). We wcześniejszych badaniach własnych (Majewska i in., 2005) masa jaj uzyskanych od ptaków 5-letnich oscylowała w zakresie 1489–1538 g.

Decydujący wpływ na masę jaja ma również ilość i jakość białka w dawce pokarmowej (Trziszka, 2000). Polat i in. (2003) udowodnili, iż przy dużej zawartości białka ogólnego w mieszance dla strusi (23%) następowało istotne zmniejszenie masy jaj, a także obniżenie nieśności i wylęgowości. Cytowani autorzy zalecają, aby w paszy dla stad reprodukcyjnych strusi nie przekraczać 20% udziału białka ogólnego.

W wielu badaniach potwierdzono istotny wpływ masy jaj na wylęgowość. Hassan i in. (2005) uzyskali najkorzystniejsze wskaźniki wylęgowości z jaj małych (< 1450 g). Według Deeminga (1994) wskaźniki wylęgowości jaj strusich ulegają obniżeniu wraz ze wzrostem masy jaja. Gorsze wskaźniki wylęgowości z jaj dużych tłumaczy się tym, iż mają małą powierzchnię w stosunku do masy i w związku z tym upośledzoną wymianę gazową (Hassan i in., 2005), co skutkuje zwiększoną śmiertelnością zarodków w końcowej fazie inkubacji (Button i wsp., 1994). Gonzalez i in. (1999) uzyskali najwyższe wskaźniki wylęgowości (77,1%) z jaj o masie wynoszącej 1450–1650 g. Zbliżone dane przedstawili również Ipek i Sahan (2002). Cytowani autorzy odnotowali 74,4% wylęgu piskląt z jaj, których masa zawierała się w przedziale 1400–1600 g, natomiast poniżej i powyżej tego zakresu wylęgowość była niższa o, odpowiednio, 6,7 i 10,1%. W przypadku innych gatunków drobiu najlepsze wskaźniki wylęgowości uzyskuje się również z jaj o średniej masie (Wilson, 1991; Asuquo i Okon, 1993; Abiola i in., 2008).

Masa jaj wylęgowych jest również wysoko istotnie skorelowana z masą wyklułych piskląt (Gonzalez i in., 1999; Zoccarato i in., 2004; Hassan i in., 2005).

Jaja strusie mają kształt zbliżony do kulistego, co znajduje potwierdzenie w wysokim (powyżej 80%) indeksie kształtu (Sales i wsp., 1996). Średnia wartość tego indeksu wynosi około 82–83%, co potwierdzają Kefen i Jarvis (1984), Deeming i in. (1993), Reiner i in. (1995), Park i in. (2001), Superchi i in. (2002), Majewska i in. (2005) oraz Mushi i in. (2007). Według Horbańczuka (2000) najwyższą wartość tej cechy (84–85%) uzyskuje się w 1. sezonie nieśności, a w kolejnych latach użytkowania indeks kształtu ulega obniżeniu o 2–3%.

Niektórzy autorzy uważają, że kształt jaj istotnie wpływa na wskaźniki wylęgowości, warunkuje bowiem prawidłowe ułożenie zarodka (Narushin i Romanov, 2002). Piśmiennictwo nie przynosi wyczerpujących danych porównawczych o wpływie kształtu na wylęgowość jaj strusich. Horbańczuk (2000) nie potwierdził związku wylęgowości z kształtem jaj. Z obserwacji własnych wynika, iż zarodki strusie mogą mieć trudności z właściwym ułożeniem w jaju tylko w przypadku jaj wydłużonych. Badania prowadzone na innych gatunkach drobiu dowodzą, iż pogorszenie wylęgowości następuje wtedy, gdy indeks kształtu znacznie odbiega od średniej charakterystycznej dla gatunku, a więc w przypadku jaj nadmiernie wydłużonych lub skróconych (Tservedi-Gousi i Yannakopoulos, 1995; Zgłobica i Wężyk, 1995; Harun i in., 2001).

Na wyniki lęgów i prawidłowość rozwoju zarodka znaczący wpływ ma jakość skorupy, a szczególnie jej grubość, porowatość i mikrostruktura (Arad, 1989; Roberts i Braokpool, 1995; Karlson i Lilja, 2008; Mróz i in., 2008). Grubość skorupy jaj strusich z ferm

europijskich wynosi 1,82–2,24 mm (Superchi i in., 2002; Di Meo i wsp., 2003; Horbańczuk, 2003), a z ferm afrykańskich 1,64–1,83 mm (Kefen i Jarvis, 1984; Cloete Jr i in., 2006; Mushi i in., 2007). W dostępnej literaturze nie znaleziono informacji dotyczących zmian grubości skorupy jaj strusich wraz z wiekiem ptaków.

Horbańczuk (2000) stwierdził zależność między grubością skorupy a wylęgowością jaj strusich. Cytowany autor najlepsze wskaźniki wylęgowości uzyskał z jaj, których grubość skorupy wahała się w granicach 1,4–2,1 mm. Natomiast skrajne pogorszenie wyników lęgów stwierdził w przypadku jaj o cenniejszej skorupie (0,9–1,1 mm), w których zarodki zamierały wskutek silnego odwodnienia. Według Foggina (1992) skorupy jaj wylęgowych nie powinny być grubsze niż 2,15 mm, przekroczenie bowiem tej granicy prowadzi do licznych obrzęków zarodków na skutek niewłaściwej wymiany gazowej. W badaniach Sahana i in. (2003a) wskaźniki wylęgowości z jaj o cenniejszej (< 1,8 mm) i grubej skorupie (> 2 mm) wynosiły, odpowiednio, 63,6 i 71,4%, jednak różnice te nie były statystycznie istotne.

W wielu badaniach nad wylęgowością strusi udowodniono istotne powiązanie grubości skorupy z ubytkami masy jaj w czasie inkubacji (Satteneni i Satterlee, 1994; Brown i in., 1996; Gonzalez i in., 1999). Ujemną i wysoką współzależność ( $r = -0,65$ ) między tymi cechami odnotowali Sahan i in. (2003a).

Straty masy jaj w czasie inkubacji uzależnione są również od wielkości powierzchni skorupy (Tullett, 1981; Burke, 1994; Campo i Ruano, 1995). Według Deeminga (1994, 1995b) oraz Blood i in. (1998) prawidłowe ubytki masy jaj strusich w okresie inkubacji winny mieścić się w granicach, odpowiednio, 8–18% i 10–20%.

Ubytek masy jaja podczas inkubacji oraz wymiana gazów pomiędzy jego wnętrzem a otoczeniem zależą od porowatości skorupy (Burton i Tullett, 1983; Arad, 1989). Na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni skorupy jaj strusich przypada średnio od 16 (Kefen i Jarvis, 1984) do 19–22 porów (Christensen i in., 1996; Cloete Jr i in., 2006). Niższe ilości podają Gonzalez i in. (1999) oraz Sahan i in. (2003a), odpowiednio, 10,02 i 9,8 szt./cm<sup>2</sup>, jednak należy dodać, iż autorzy ci, oznaczając porowatość, brali pod uwagę tylko pory duże. W cytowanych badaniach Sahana i in. (2003a) wskaźniki wylęgowości jaj o niewielkiej (< 8 porów/cm<sup>2</sup>) i dużej (> 12 porów/cm<sup>2</sup>) porowatości wynosiły, odpowiednio, 40,9 i 80,9%.

Mała porowatość skorup jaj strusich może być interpretowana jako adaptacja kompensacyjna zapobiegająca zbyt dużej utracie masy w suchych warunkach wysiadywania. Pory w jajach tego gatunku ptaków są widoczne na powierzchni skorupy gołym okiem (Szczerbińska i Dańczak, 2002), a ich średnica może wynosić 52,5 μm (Christensen i in., 1996). Jak podaje Tullett (1984), pory w skorupach jaj strusi przypominają kształtem drzewo z rozgałęzionymi konarami. Analiza ultrastruktury skorupy jaj strusich wykazała, iż główne kanały porów, wychodząc z warstwy brodawkowej, rozgałęziają się na wiele drobnych kanałów, których liczba waha się od 11 (Szczerbińska i Dańczak, 2002) do 42 (Sparks i Deeming, 1996). Jak podaje Board (1980), specyficzna budowa porów u *Ratite* związana jest z dużą masą jaj i intensywną wymianą gazową, jaka zachodzi podczas rozwoju zarodkowego.

Matematycznym wyrażeniem liczby i rozmiaru porów w skorupie jest przewodnictwo pary wodnej przez skorupę, które przedstawione w stosunku do masy jaja, może być traktowane jako miernik jego jakości (Pebles i Brake, 1987).

Skorupy jaj strusich cechują się niewielką porowatością (16–22 pory/cm<sup>2</sup>) w porównaniu z innymi gatunkami ptaków. W jajach kurzych (Szczerbińska, 1997), kaczych (Balkan i in., 2006) i gęsich (Pakulska i in., 2004) na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni skorupy przypada, odpowiednio, około 120, 136 i 81 porów. W jajach emu jest ich mniej, tylko 34–40 na cm<sup>2</sup> (Szczerbińska i in., 1999; Szczerbińska, 2002), w przepiórczych zaś – 25 na cm<sup>2</sup> (Soliman i in., 1994).

Wielu autorów podkreśla, iż skład morfologiczny jaj strusich różni się w porównaniu z innymi gatunkami ptaków użytkowych (Sales i in., 1996; Horbańczuk, 2003), bowiem aż 20% masy jaja przypada na skorupę, a 80% na treść (Shahin i in., 2006). Jak podają A.L. Romanoff i A.J. Romanoff (1949), udział białka, żółtka i skorupy w jajach strusich o masie 1400 g wynosił, odpowiednio, 53,4; 32,5 i 14,1%. Badania prowadzone w ciągu ostatnich lat na tym gatunku przynoszą zgoła odmienne wyniki. Superchi i in. (2002), analizując jaja o podobnej masie (1443 g), stwierdzili większy udział skorupy (19,8%) i białka (55,1%), natomiast mniejszy żółtka (24,2%). W badaniach Reintera i in. (1995) białko stanowiło około 59% masy jaja, a żółtko i skorupa, odpowiednio, 21 i 20%.

Analizując skład chemiczny treści jaj strusich, stwierdzono, iż w suchej masie znajduje się 47,0–47,9% białka, 44,0–45,1% tłuszczu oraz 3,8–5,4% popiołu (Angel, 1993; Di Meo i in., 2003; Shahin i in., 2006; Abu-Salem i Abou-Arab, 2008). Shahin i in. (2006) podają, iż jaja strusie zawierają mniej (o 1,09%) tłuszczu i więcej popiołu (o 0,36%) aniżeli jaja kurze. W badaniach, które prowadzili Abu-Salem i Abou-Arab (2008), treść jaj podanych gatunków różniła się istotnie jedynie zawartością popiołu (3,1% s.m – jaja kurze, 3,8% s.m – jaja strusie). Również zdaniem Horbańczuka (2003), największe różnice w składzie chemicznym między jajem kurzym i strusim występują w zawartości składników mineralnych. Jak donoszą Superchi i in. (2002), udział popiołu w białku i żółtku jaja strusiego wynosi, odpowiednio, 0,88 i 2,10%. Natomiast Wiercińska (2009) odnotowała mniejszy udział omawianego składnika w obu częściach jaja (0,63% białko; 1,38% żółtko). Reinter i in. (1995) stwierdzili małą zawartość białka ogólnego zarówno w białku, jak i żółtku jaj strusich, odpowiednio, 8,9 i 15%. Wiercińska (2009) podała jeszcze mniejszy udział białka w białku wynoszący 8,1%.

Di Meo i in. (2003), badając jakość jaj strusich w czasie trwania sezonu nieśnego, stwierdzili zmniejszenie się procentowego udziału żółtka, a zwiększenie białka w masie jaja w końcowym okresie nieśności, co ma miejsce również u innych gatunków ptaków, zwłaszcza hodowlanych. W cytowanych badaniach w składzie chemicznym treści jaj istotnym zmianom podlegała jedynie zawartość suchej masy w białku i żółtku.

Zdolność wylęgowa jaj zależy również od składu lipidów żółtka, które jest źródłem substancji odżywczych dla zarodka (Noble, 1986). Lipidy zlokalizowane są niemal wyłącznie we frakcji żółtka, a ich przeciętna zawartość w żółtku strusim wynosi 31,4% (Superchi i in., 2002). W ujęciu szczegółowym w składzie lipidów żółtka strusiego dominują triacylglicerole i fosfolipidy (odpowiednio, 64,4 i 25,3%), a udział wolnego i zestryfikowanego cholesterolu sięga 9,02% (Noble i in., 1996).

Reinter i in. (1995) stwierdzili, iż pod względem zawartości cholesterolu w żółtku jaja strusie (19,8 mg/g) zbliżone są do jaj kurzych (15–19 mg/g). Odmienne wyniki prezentują Shahin i in. (2006). Autorzy cytowanych badań stwierdzili znacznie mniejszy udział omawia-

nego składnika w jajach strusich (8,8 mg/g) przy około 14 mg/g w kurzych (ISA Brown i Leghorn). Według Horbańczuka i wsp. (1999b) zawartość tego steroidu była wyższa w żółtkach jaj strusi czerwonoszyich (13,03 mg/g) aniżeli niebieskoszyich (10,8 mg/g). Noble i in. (1996) podali, iż udział cholesterolu we frakcji lipidowej żółtka jaj strusi wolno żyjących i fermowych był zbliżony i wynosił, odpowiednio, 6,5 i 6,8%.

Z punktu widzenia zdolności wylęgowej jaj istotny jest również profil kwasów tłuszczowych zawartych w lipidach żółtka (Noble i Cocchi, 1990; Speake i in., 1998). Reiner i in. (1995) podali, iż w żółtku jaj strusich, podobnie jak innych gatunków ptaków użytkowych (Bitman i Wood, 1980; Simopoulos i Salem, 1992), największy udział procentowy w sumie kwasów tłuszczowych miały kwasy palmitynowy i oleinowy. Kwasy nasycone, jednonienasycone i wielonienasycone stanowiły we frakcji lipidowej żółtka strusiego, odpowiednio, 43,7; 38,7 i 17,7% sumy wszystkich kwasów (Reiner i in., 1995). Pomianowski i Pudyszak (2002) wykazali mniejszy udział kwasów nasyconych (27,3%), a większy wielonienasyconych (28,0%).

Horbańczuk i in. (1999b) stwierdzili, iż jaja strusi czerwonoszyich zawierały istotnie więcej kwasu linolowego i arachidonowego aniżeli niebieskoszyich, natomiast suma kwasów nasyconych, polienowych oraz monoenowych nie różniła się istotnie między podgatunkami. Noble i in. (1996), badając żółtka jaj pochodzących od strusi wolno żyjących i fermowych, nie odnotowali różnic w proporcjach poszczególnych frakcji lipidowych. Badane populacje różniły się natomiast profilem kwasów tłuszczowych, a szczególnie zawartością kwasu  $\alpha$ -linolenowego. Udział tego kwasu zarówno we frakcji triacylgliceroli, jak i estrów cholesterolu w żółtkach jaj strusi wolno żyjących (21–21,8% sumy wszystkich kwasów) był istotnie wyższy aniżeli w jajach fermowych (2,73–3,41% sumy wszystkich kwasów).

Sussi i in. (2003), wprowadzając do diety strusi 3- i 6-procentowy dodatek oleju lnianego, uzyskali liniowy wzrost zawartości kwasu  $\alpha$ -linolenowego (C18 : 3 n3) w żółtkach jaj z 3,8% (grupa kontrolna) do, odpowiednio, 5,8 i 7,1% (grupy doświadczalne). Jednak ta modyfikacja nie miała istotnego wpływu na wylęgowość.

Z punktu widzenia wartości odżywczej, jak i zdolności wylęgowej jaj istotny jest również ich profil mineralny (Richards, 1997; Miles, 2000; Kovacs-Nolan i in., 2005).

Informacje dotyczące tego zagadnienia w przypadku jaj strusich są nieliczne i dotyczą głównie treści jaja, bez podziału na białko i żółtko. Abu-Salem i Abou-Arab (2008) podali, iż w grupie makropierwiastków zawartość wapnia, fosforu, potasu i sodu w treści jaj strusich wynosiła, odpowiednio, 2065; 6838; 4609 i 4087 mg/kg s.m. Shahin i in. (2006) stwierdzili, iż spośród mikropierwiastków jaja strusie zawierały więcej selenu (1,6 mg/kg) i żelaza (113,9 mg/kg) aniżeli jaja kurze, odpowiednio, 0,71 i 93,9 mg/kg, natomiast mniej manganu i miedzi. Z danych przedstawionych przez Salesa i in. (1996) wynika, iż z wyjątkiem niższej zawartości manganu i fosforu, skład mineralny treści jaj strusich zbliżony jest do kurzych. Golubkina i Papazyan (2006), badając zawartość selenu we wszystkich częściach składowych jaj przepiórczych, gołębich, bażancich, perliczych, kaczych, gęsich oraz strusich, udowodnili, iż te ostatnie zawierały najwięcej omawianego pierwiastka w żółtku, błonach podskorupowych i skorupie.

Ważną rolę w czasie embriogenezy odgrywa skorupa, która zapewnia nie tylko właściwą wymianę gazową, ale także substancje mineralne służące do budowy ciała rozwijającego się zarodka. W podstawowym składzie chemicznym skorupy jaja strusiego znajduje się 1,06% wody, 0,02% tłuszczu i 98,07% popiołu (Shahin i in., 2006). Głównym makroelementem wchodzącym w skład skorupy jaja strusiego, podobnie jak u innych gatunków ptaków, jest wapń, a rozkład tego pierwiastka w poszczególnych częściach skorupy jest względnie stały (Heredia i in., 2005; Wiercińska, 2009). Pozostałymi składnikami występującymi w znaczących ilościach w skorupie jaj tego gatunku są potas, magnez, sód i fosfor (Wiercińska, 2009). Profil mineralny skorup strusi, emu i nandu w badaniach wyżej wymienionej autorki nie różnił się istotnie, z wyjątkiem wapnia, fosforu i sodu, największą bowiem koncentrację tych makroelementów stwierdzono w skorupach emu.

### 3. Materiał i metody

Badania przeprowadzono w latach 2006–2008 na prywatnej fermie strusi w Jaraczu (województwo wielkopolskie). Materiał doświadczalny stanowiły jaja wylęgowe pochodzące od niebieskoszyich strusi afrykańskich (5♂ i 10♀) zestawionych w rozplodowe trójki (1♂:2♀♀). W momencie rozpoczęcia doświadczenia ptaki były w 2. okresie nieśności.

Stado utrzymywano w drewnianych, nieogrzewanych budynkach ze stałym dostępem do wybiegów obsianych trawą. Dla każdej rodziny (1♂:2♀♀) przeznaczono oddzielne pomieszczenie i wybieg o powierzchni, odpowiednio, 24 m<sup>2</sup> i 1200 m<sup>2</sup>.

W 3 kolejnych latach badań strusie żywiono jednakowo, stosując w okresie rozplodowym (marzec–wrzesień) granulowaną mieszankę pełnoporcjową o takim samym składzie komponentowym, produkowaną przez wytwórnię paszową Vitfoss Sp. z o. o. (tabela 1). W okresie reprodukcji ptaki żywiono do woli.

Tabela 1. Skład komponentowy mieszanki dla strusi stosowanej w okresie reprodukcyjnym  
Table 1. Composition of ostrich breeder feed mixture

Wyszczególnienie Item	Udział w mieszance (%) Content (%)
Śruta kukurydziana – Maize meal	20,00
Śruta pszenna – Wheat meal	4,70
Susz z lucerny – Dried alfalfa	38,07
Poekstrakcyjna śruta sojowa (> 47% białka ogólnego w s.m.*) – Soybean meal (> 47% crude protein in dry matter)	10,00
Kiełki słodowe – Malt sprouts	14,80
Olej rzepakowy – Rapeseed oil	2,00
Kreda pastewna – Fodder chalk	5,46
Fosforan jednowapniowy – Calcium phosphate	0,92
NaCl	0,20
Kwaśny węglan sodu – Sodium bicarbonate	0,50
Vitalys dry 41% (lizyna – lysine)	0,49
DL-metionina 98% – DL-methionine 98%	0,15
Bielmo ostropestu – <i>Silybum marianum</i>	1,00
Vipromix (zioła – herbs)	0,40
Bio-mos (prebiotyk – prebiotic)	0,15
Premix Vit Struś – Mineral-vitamin premix	1,00
Elitoks (konserwant – feed preservative)	0,15
Etoksyquin (przeciwutleniacz – antioxidant)	0,01
Razem – Total	100,00
* s.m. – sucha masa.	

Wartość pokarmowa mieszanki (tabela 2) odpowiadała wymaganiom żywieniowym ptaków w okresie rozplodowym (Smith i in., 1995; Sheideler i Sell, 1997).

Tabela 2. Wyliczona wartość pokarmowa mieszanki dla strusi stosowanej w okresie reprodukcyjnym

Table 2. Calculated nutritive value of ostrich breeder feed mixture

Składniki Components	Zawartość energii (MJ) i składników pokarmowych (%) Content of metabolizable energy (MJ) and nutritive value (%)
EM <sub>N</sub> – ME <sub>N</sub>	9,10
Białko ogólne – Crude protein	18,00
Włókno – Fiber	14,90
Lizyna – Lysine	1,00
Metionina – Methionine	0,42
Metionina + cystyna – Methionine + cystine	0,56
Tryptofan – Tryptophan	0,18
Treonina – Threonine	0,65
Wapń – Calcium	3,00
Fosfor ogólny – Total phosphorus	0,59
Fosfor przyswajalny – Available phosphorus	0,35
Sód – Sodium	0,25

W okresie nieśności rejestrowano codziennie liczbę wszystkich zniesionych jaj, od pierwszego do ostatniego, co umożliwiło określenie liczby dni nieśności oraz wyznaczenie krzywej nieśności.

Ocenę jakości jaj przeprowadzano w 5., 10., 15. i 20. tygodniu nieśności, pobierając w poszczególnych terminach oceny po 10 jaj (jedno jajo od każdej samicy) – łącznie 40 jaj w każdym sezonie nieśnym. Uwzględniając, iż w jednym pomieszczeniu znajdowały się 2 samice, a czas tworzenia jaja strusiego trwa około 48 godzin, 2 jaja zniesione w tym samym dniu i jaja zniesione dzień pod dniem traktowano jako pochodzące od różnych niosek.

Analiza jakości obejmowała określenie cech fizycznych jaja i skorupy oraz ich składu chemicznego. Wykonano pomiary masy jaj na wadze RADWAG WPT 24C. Suwmiarką ORION 31079005 mierzono szerokość (oś krótka) i długość (oś długa) jaja. Stosunek szerokości do długości (wyrażony w %) stanowił indeks kształtu jaja.

Po wybiciu treści jaja na szklany stolik mierzono wysokość żółtka oraz średnicę jego rozlewu wzdłuż linii chalaz, co pozwoliło na wyliczenie indeksu żółtka. Oceny konsystencji białka dokonano na podstawie pomiaru indeksu białka, czyli stosunku wysokości białka gęstego do średniej arytmetycznej długości i szerokości jego rozlewu. Za pomocą pehametru elektronicznego SENTRON 301 oznaczano pH żółtka i białka.

W celu ustalenia składu morfologicznego jaja żółtka, białko i skorupę ważono na wadze WPS 600/C/1. Za pomocą śruby mikrometrycznej ORION IP40 mierzono grubość

skorupy z błonami pergaminowymi w 3 miejscach: tęnym i ostrym końcu jaja oraz w jego części równikowej.

Z oddzielonej masy żółtka i białka (z każdego jaja) pobierano do pojemników poli-propylenowych próbki przeznaczone do oznaczeń podstawowego składu chemicznego (sucha masa, białko ogólne, tłuszcz, popiół), kwasów tłuszczowych i wybranych pierwiastków.

Zawartość białka ogólnego oznaczano metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018/Az3, 2002), a suchą masę oraz tłuszcz zgodnie z Polską Normą (PN-A-86509, 1994). Do określenia zawartości popiołu zastosowano metodykę opisaną przez Krełowską-Kułas (1993).

W lipidach żółtka oznaczano zawartość cholesterolu ogólnego oraz kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Przygotowanie próbek do oznaczenia zawartości cholesterolu ogólnego (ekstrakcja, oddzielanie substancji niezmydlających się, sporządzanie sterolowych trimetylosililowych eterów) oraz analizę chromatograficzną przeprowadzono zgodnie z PN-EN ISO 12228 (2002).

Analizy zawartości kwasów tłuszczowych wykonywano według PN-EN ISO 5508 (1996), za pomocą chromatografu gazowego z detektorem masowym (GC MS)-CLARUS 600, produkcji Perkin Elmer. Ekstrakcję związków lipidowych z żółtka, ich hydrolizę oraz przeprowadzenie uzyskanych kwasów tłuszczowych do postaci estrów metylowych wykonano zgodnie z PN-EN ISO 5509 (2001). Wyniki wyrażano procentowym udziałem poszczególnych kwasów tłuszczowych w sumarycznej zawartości wszystkich kwasów w danej próbce.

W białku, żółtku i skorupie oznaczano zawartość wybranych pierwiastków (Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Se, Si, Pb, Zn) metodą spektrometrii emisyjnej w indukcyjnie wzbudzonej plazmie argonowej (ICP-OES), z wykorzystaniem spektrometru Optima 2000 DV produkcji Perkin Elmer. Próbkę mineralizowano 65-procentowym kwasem azotowym w ciśnieniowych naczyniach kwarcowych, umieszczonych w piecu mikrofalowym (Microwave produkcji Anton Paar), zapewniającym stałą kontrolę ciśnienia i temperatury w każdym naczyniu. Jako standardu używano wzorca wielopierwiastkowego „ICP Multielement Standard IV” firmy Merck. Dla ujednoczenia warunków nebulizacji roztworów wzorca i próbek roztwory wzorców uzupełniano dodatkiem kwasów stosowanych do mineralizacji w takim stężeniu, jakie występowało po mineralizacji w badanych próbkach. W celu dalszego zminimalizowania możliwych zakłóceń nebulizacji w plazmie argonowej analizy wykonywano metodą wzorca wewnętrznego, przez wprowadzenie do roztworów próbek oraz wzorców itru w stężeniu 5 mgY/l. Pomiary intensywności emitowanego promieniowania wykonywano przy specyficznej dla każdego pierwiastka i najbardziej rekomendowanej długości fali po wyborze aksjalnej drogi optycznej (wzdłuż plazmy).

Ocenie jakości jaj towarzyszyła analiza wskaźników wylęgowości ze szczegółową biologiczną kontrolą lęgu.

Jaja zbierano codziennie, dezynfekowano preparatem Vircon i przetrzymywano w kontrolowanych warunkach termiczno-wilgotnościowych (15°C i 70–75% wilgotności względnej). Składowane jaja przechowywano pod kątem 45° i obracano 2 razy dziennie o 180° wokół osi długiej, raz zgodnie z ruchem wskazówek zegara, a raz w stronę przeciwną.

W każdym sezonie reprodukcyjnym inkubację przeprowadzano w 6., 11., 16. i 21. tygodniu nieśności. Z partii jaj zniesionych w ciągu 7–10 dni wybierano w poszczególnych



terminach oceny po 40 jaj o zbliżonej masie, kształcie i prawidłowym zabarwieniu skorupy. Ogółem w trzech kolejnych sezonach rozrodczych inkubowano 480 jaj.

Lęgi prowadzono w inkubatorach szafkowych „Agraria”, znajdujących się w Katedrze Hodowli Ptaków Użytkowych i Ozdobnych (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie).

Przed umieszczeniem w inkubatorze jaja prześwietlano, znakowano kolejnymi numerami, ważono, a następnie przez 30 minut poddawano dezynfekcji parami formaliny w temperaturze 24°C (17 g KMnO<sub>4</sub>, 25 ml 40-procentowej formaliny i 21 ml wody na 1 m<sup>3</sup> komory do gazowania). W komorze lęgowej jaja inkubowano w temperaturze 36,4°C, przy wilgotności względnej 25%, w pozycji pionowej i obracano co godzinę o kąt 90°. W 39. dniu inkubacji jaja przenoszono do komory klujnikowej, gdzie temperaturę obniżano o 0,4°C, a wilgotność względną zwiększano do 40%. Komora klujnikowa była wyposażona w szuflady przystosowane do prowadzenia lęgów indywidualnych.

Przed przełożeniem do komory klujnikowej jaja powtórnie ważono i obliczono straty ich masy w trakcie 39 dni inkubacji.

Prowadzono również obserwacje tempa wykluwania się piskląt i ewidencjonowano przypadki, w których potrzebna była pomoc. Kierując się wcześniejszymi obserwacjami własnymi oraz Horbańczuka (2000), pomocy udzielano w przypadku, gdy:

- od chwili przebiccia błony obiałkowej pisklę w ciągu 48 godzin nie nakłuło skorupy,
- od chwili przebiccia skorupy nie stwierdzono w ciągu 24 godzin postępu w wykluwaniu się.

Bezpośrednio po wykluciu piskląta ważono w celu obliczenia ich udziału w masie jaja.

W każdym tygodniu lęgów jaja prześwietlono w celu usunięcia jaj niezapłodnionych i z zarodkami zmarłymi. Następnie jaja otwierano i przeprowadzono ocenę zmarłych zarodków. Wiek zamarcia zarodków określono, posługując się danymi zamieszczonymi w badaniach Gefena i Ara (2001). Rozkład zamieralności embrionów w czasie inkubacji przedstawiono w procentach w stosunku do liczby jaj z zmarłymi zarodkami. Analizując zmarłe zarodki, zwrócono uwagę na stan błon płodowych, wady ułożenia, odkształcenia morfologiczne, stopień wciągnięcia woreczka żółtkowego, zrost powłok brzusznych, a także wygląd skóry i narządów wewnętrznych, głównie nerek, wątroby i płuc.

Przy wylęgu określono liczbę piskląt zdrowych oraz kalekich i słabych. Wyliczono procent jaj zapłodnionych, zarodków zmarłych oraz wylęgowość piskląt z jaj nałożonych i zapłodnionych.

Skorupy powylęgowe podzielono na 3 grupy:

- I – skorupy jaj, z których piskląta wykluły się samodzielnie,
- II – skorupy jaj, z których wykluły się piskląta wymagające pomocy podczas klucia,
- III – skorupy jaj z zarodkami zmarłymi po 21. dobie inkubacji.

W każdym roku prowadzenia badań z grupy I wybierano losowo po 40 skorup, z grupy II po 25, a grupę III wykorzystano w całości do dalszych analiz (tabela 3).

Tabela 3. Liczba skorup, które poddano analizie grubości i porowatości (szt.)

Table 3. The number of eggshells in which thickness and porosity were analyzed (pcs.)

Grupa Group	Sezon nieśności Laying season		
	2.	3.	4.
I	40	40	40
II	25	25	25
III	17	11	6

Skorupy powylęgowe pozbawiano błon pergaminowych i suszono. W obrębie wydzielonych grup wykonywano pomiary grubości (za pomocą śruby mikrometrycznej) i porowatości skorup w 3 miejscach: na tępym i ostrym końcu jaja oraz w części równikowej.

Skorupy zostały przygotowane do oznaczeń porowatości według metodyki podanej przez Tylera (1953), zmodyfikowanej przez autorkę niniejszej publikacji (wydłużono czas gotowania skorup o 25 minut i zrezygnowano z zanurzania ich w roztworze kwasu azotowego). Fragmenty skorup gotowano w 5-procentowym roztworze wodorotlenku sodu przez 30 minut, a następnie płukano w wodzie destylowanej i po wysuszeniu pokrywano błękitem metylenowym we wnętrzu skorupy. Porowatość określano na powierzchni 1 cm<sup>2</sup> z użyciem mikroskopu stereoskopowego wyposażonego w kamerę cyfrową (2 Mpx). Obraz oglądano i analizowano, wykorzystując oprogramowanie Phmias 2006.

Do statystycznego opracowania wyników badań zastosowano pakiet oprogramowania Statistica 7.1. Pl. W obliczeniach wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic zweryfikowano za pomocą testu Duncana.



## 4. Wyniki i dyskusja

### 4.1. Użytkowość nieśna

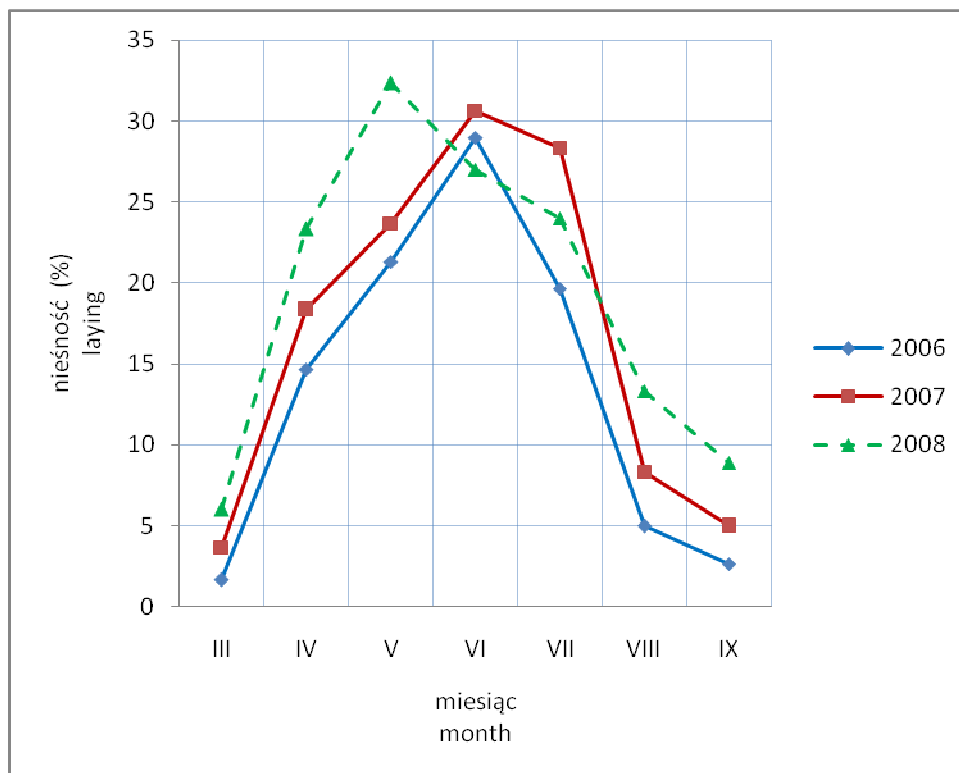
W 3 analizowanych sezonach rozrodczych strusice rozpoczynały nieśność w marcu, a kończyły we wrześniu. Wraz z wiekiem ptaków stwierdzono wydłużanie się okresu nieśności, co wpłynęło na zwiększenie liczby zniesionych jaj. W 2. sezonie reprodukcyjnym nieśność trwała 166 dni, a w 3. i 4. dłużej o, odpowiednio, 11 i 32 dni (tabela 4). W badaniach Horbańczuka (2000) średnia długość okresu nieśności strusi w ciągu 3 kolejnych lat użytkowania zwiększyła się o 46 dni. Podobną tendencję w stadzie strusi afrykańskich czarnych utrzymywanych w Turcji odnotowali Ipek i Sahan (2004). Pięcioletnie strusie afrykańskie niebieskoszyje z ferm włoskich niosły przez 126 dni, a 6- i 7-letnie – przez 140 dni (Zoccarato i in., 2004).

Tabela 4. Użytkowość nieśna strusi w kolejnych sezonach reprodukcyjnych  
Table 4. Laying performance of ostriches in successive laying seasons

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age		
	2/3	3/4	4/5
Początek sezonu nieśności* – The beginning of the laying season	24.03.2006 r.	18.03.2007 r.	11.03.2008 r.
Koniec sezonu nieśności** – The end of the laying season	08.09.2006 r.	15.09.2007 r.	29.09.2008 r.
Długość okresu nieśności (dni) – Length of laying period (days)	166	177	198
Liczba jaj zniesionych ogółem (szt.) – Total number of eggs laid (pcs)	282	354	403
Liczba jaj od nioski w sezonie (szt.) – Number of eggs laid per female per season (pcs)	28,2	35,4	40,3
* Dzień zniesienia 1. jaja w stadzie – the day when flock layed the first egg. ** Dzień zniesienia ostatniego jaja w stadzie – the day when flock layed the last egg.			

Średnia liczba jaj pozyskanych od nioski zwiększała się w kolejnych sezonach rozrodczych. W 2. sezonie nieśności na jedną strusicę przypadało 28 jaj, a w 4. – 40. Nieco większą nieśność w stadzie strusi utrzymywanych w Polsce odnotował Horbańczuk (2000). W cytowanych badaniach od niosek 3-letnich pozyskano średnio 37 jaj, a od 5-letnich – 44. Jak donoszą Ipek i Sahan (2004), nieśność strusi afrykańskich czarnych w ciągu pierwszych 5 lat użytkowania zwiększyła się z 25 do 57 jaj od samicy. Strusie afrykańskie czarne z ferm włoskich znoszą średnio po 50 jaj rocznie (Corvini, 1996), a z ferm afrykańskich ponad 60, co wynika z odmiennych warunków klimatycznych. Dzoma i Motshegwa (2009) na fermach strusich w Botswanie pozyskali mniejszą liczbę jaj (43) od nioski.

Krzywe nieśności dotyczące 2. i 3. sezonu nieśności miały podobny przebieg, a szczyt nieśności przypadał na czerwiec. Natomiast w 4. sezonie reprodukcyjnym ptaki osiągnęły szczyt produkcji o miesiąc wcześniej (rys. 1).



Rys. 1. Krzywa nieśności strusi w kolejnych sezonach reprodukcyjnych  
Ryc. 1. Ostrich laying curve in successive laying seasons

W analizowanych sezonach rozrodczych wysoka nieśność utrzymywała się przez 3 kolejne miesiące (maj, czerwiec i lipiec), natomiast w sierpniu, wraz ze skróceniem dnia świetlnego, wyraźnie spadała. Zbliżony przebieg nieśności u strusi odnotowali Horbańczuk (2003), Ipek i Sahan (2004) oraz Zoccarato i in. (2004).

## 4.2. Jakość jaj

Średnia masa jaj w badaniach własnych wynosiła 1515,5 g i była zbliżona do wyników uzyskanych wcześniej w fermach krajowych (Majewska i in., 2005; Wiercińska, 2009) i zagranicznych (Reiner i in., 1995; Corvini, 1996; Rizzi i in., 2002; Di Meo i in., 2003; Essa i Cloete, 2004). Horbańczuk i Sales (2001) twierdzą, iż w 2. sezonie nieśności masa jaj tego gatunku zbliżona jest do średniej i oscyluje w granicach 1500 g.

Masa ocenianych jaj zmieniała się wraz z wiekiem strusi (tabela 5), jednak nie były to różnice statystycznie istotne. Najlżejsze jaja (1498,4 g) znosiły najmłodsze samice. Natomiast jaja pozyskane od starszych samic (w 3. i 4. sezonie nieśności) były cięższe o, odpowiednio, 28,9 i 22,6 g.

Tabela 5. Cechy fizyczne jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )Table 5. Physical traits of ostrich eggs in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Masa jaja (g) – Egg weight	1498,40 ± 76,90	1527,30 ± 62,10	1521,00 ± 73,80	1515,50 ± 71,70
Indeks kształtu (%) – Shape index	84,75 ± 2,64	84,11 ± 2,67	84,00 ± 2,26	84,29 ± 2,53
Indeks żółtka – Yolk index	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,24 ± 0,03
pH żółtka – Yolk pH	6,33 ± 0,32	6,24 ± 0,29	6,36 ± 0,28	6,31 ± 0,30
Indeks białka – Albumen index	0,062 <sup>A</sup> ± 0,011	0,065 <sup>a</sup> ± 0,009	0,07 <sup>Aa</sup> ± 0,009	0,066 ± 0,01
pH białka – Albumen pH	8,44 ± 0,31	8,37 ± 0,23	8,45 ± 0,32	8,42 ± 0,29
Grubość skorupy z błonami (mm) – Shell thickness with membranes:				
koniec tępy – blunt end	1,95 ± 0,11	1,94 ± 0,08	1,91 ± 0,11	1,93 ± 0,10
część równikowa – equatorial part	1,93 <sup>a</sup> ± 0,10	1,91 ± 0,07	1,88 <sup>a</sup> ± 0,11	1,91 ± 0,09
koniec ostry – sharp end	1,96 ± 0,12	1,95 ± 0,08	1,93 ± 0,12	1,95 ± 0,11

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Horbańczuk (2000), kontrolując użytkowość tych ptaków przez 3 sezony nieśności, podał, iż masa jaj pozyskanych od strusi 3-, 4- i 5-letnich zmieniała się w niewielkim zakresie i wynosiła, odpowiednio, 1629, 1641 i 1645 g. W badaniach Horbańczuka i Salesa (2001) masa jaj strusi niebieskoszyich uległa stabilizacji po 1. roku produkcji, natomiast czerwono-szyich rosła wraz z wiekiem. Nieco inne wyniki uzyskali Zoccarato i in. (2004), prowadząc badania na 5-, 6- i 7-letnich strusiach niebieskoszyich na jednej z ferm włoskich. Cytowani autorzy stwierdzili istotne zmiany masy jaj wraz z wiekiem ptaków, bowiem najlżejsze jaja znosiły najmłodsze strusice. Nie odnotowano natomiast różnic w wielkości tego wskaźnika u samic 6- i 7-letnich. Z kolei Bunter i in. (2001) twierdzą, iż masa jaj osiąga szczyt w 4.–5. roku życia strusi, a następnie stopniowo maleje.

W badaniach prowadzonych na emu – gatunku, który może być również użytkowany przez wiele lat – udowodniono zwiększanie się masy jaj wraz z wiekiem ptaków i stopniową stabilizację tego parametru po 2 pierwszych latach nieśności (Szczurbińska, 2002). Potwierdzeniem są późniejsze badania Majewskiej i in. (2008), którzy nie odnotowali zmian w masie jaj emu pomiędzy 6. a 8. sezonem nieśności. Puchajda i in. (2000), prowadząc badania na gęsiach, istotne zwiększenie masy jaj odnotowali w 2. roku użytkowania, a Tilki i Inal (2004) dopiero w 3. roku.

W 3 kolejnych sezonach reprodukcyjnych samice znosiły jaja o zbliżonym kształcie (tabela 5). Uzyskane wartości indeksu kształtu mieściły się w przedziale między 76 (Krumbiegel, 1966) a 85,5% (Jarvis i in., 1985b), uznanym za charakterystyczny dla tego gatunku.

Zdaniem Horbańczuka (2003), wysoki indeks kształtu cechuje jaja w 1. sezonie nieśności, natomiast w kolejnych ulega on obniżeniu o 2–3%. Elsayed (2009), oceniając jakość jaj strusi na fermach egipskich, wykazał, iż kształt jaj zmieniał się nieregularnie w czasie 10 miesięcy nieśności. Di Meo i in. (2003) uzyskali największą wartość indeksu kształtu (84,3–84,7%) pomiędzy 110. a 150. dniem nieśności strusi, najmniejszą zaś (81,2%) pod koniec sezonu reprodukcyjnego. Należy jednak podkreślić, iż kształt jaj jest cechą charakterystyczną noski i może podlegać zmianom w trakcie sezonu reprodukcyjnego, co potwierdzono również w przypadku jaj innych gatunków ptaków (Adamski, 2004; Kisiel i Książkiewicz, 2004).

Najwyższą jakością białka gęstego (indeks białka wynoszący 0,07), potwierdzoną analizą statystyczną, charakteryzowały się jaja pochodzące z 4. sezonu reprodukcyjnego (tabela 5). Podobną wartość indeksu białka uzyskała również Wiercińska (2009).

Indeks żółtka nie zmieniał się istotnie w kolejnych sezonach nieśności, aczkolwiek największą wartość (0,25) odnotowano w ostatnim roku badań. Elsayed (2009) uzyskał najniższą wartość indeksu żółtka (0,15–0,17) w pierwszych 2 (styczeń–luty) i ostatnich 3 (sierpień–październik) miesiącach nieśności strusi.

Kwasowość (pH) żółtka i białka, będąca wyznacznikiem świeżości jaja, wynosiła – odpowiednio – 6,31 i 8,42 i wartości te można uznać za prawidłowe. W dostępnym piśmiennictwie brakuje danych dotyczących tej cechy jaj strusich, toteż wyniki badań własnych można odnieść jedynie do jaj innych gatunków ptaków. Kokoszyński i in. (2007) donoszą, iż wraz z wiekiem kaczek pogorszeniu uległa jakość obu części składowych jaja, odnotowano bowiem istotne zwiększenie wartości pH zarówno białka, jak i żółtka. Jak wiadomo, zwiększanie się wartości pH białka powoduje jego rozrzedzenie, co przyczynia się do przyspieszenia starzenia się jaja i osłabienia mechanizmów odpornościowych. W badaniach Adamskiego (2004) nie wykazano istotnych zmian odczynu pH żółtka w czasie nieśności kaczek, a pH białka było największe w szczycie nieśności. Yildirim (2005), oceniając jakość jaj 10- i 40-tygodniowych przepiórek, nie stwierdził zmian odczynu pH białka i żółtka.

Grubość skorupy w badanym materiale wynosiła średnio 1,93 mm (tabela 5) i była zbliżona z danymi, które uzyskali wcześniej Brown i in. (1996), Superchi i in. (2002) oraz Sahan i in. (2003b). Niższą wartość tej cechy odnotowali Mushi i in. (2007) oraz Kefen i Jarvis (1984), odpowiednio, 1,65 i 1,83 mm. Natomiast w badaniach, które prowadzili Di Meo i in. (2003) oraz Wiercińska (2009), skorupy były grubsze o, odpowiednio, 0,25 i 0,2 mm aniżeli w materiale własnym. Skorupy ocenianych jaj wraz z wiekiem ptaków stawały się cieńsze, jednak statystycznie istotne różnice ( $P \leq 0,05$ ) w ich grubości odnotowano jedynie w części równikowej (tabela 5). Piśmiennictwo nie przynosi wyczerpujących, możliwych do porównania danych dotyczących zmian grubości skorupy jaj strusi w kolejnych latach użytkowania. W eksperymencie Superchi i in. (2002) grubość skorupy na początku i końcu sezonu nieśnego wynosiła, odpowiednio, 2,02 i 1,82 mm. Natomiast Di Meo i in. (2003) oraz Elsayed (2009) odnotowali nieregularne zmiany wartości tej cechy podczas sezonu reprodukcyjnego. W publikacjach dotyczących innych gatunków ptaków przeważa pogląd, iż grubość skorupy maleje wraz z wiekiem niosek (Mazanowski i Adamski, 2002; Szczerbińska, 2002; Mangiagalli i in., 2003; Czaja i Gornowicz, 2006; Kokoszyński i in., 2007).

W tabeli 6 przedstawiono skład morfologiczny jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności.

Tabela 6. Skład morfologiczny jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )  
Table 6. Morphological composition of ostrich eggs in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Masa jaj (g) – Egg weight	1498,42 ± 76,96	1527,30 ± 62,16	1521,05 ± 73,80	1515,59 ± 71,75
Białko (%) – Albumen	60,54 ± 2,33	61,37 ± 1,98	61,27 ± 1,78	61,06 ± 2,06
Żółtko (%) – Yolk	20,50 ± 2,14	20,06 ± 1,98	20,15 ± 1,93	20,24 ± 2,01
Skorupa z błonami (%) – Shell with membranes	18,96 ± 1,00	18,57 ± 0,60	18,58 ± 1,12	18,70 ± 0,97
Stosunek białka do żółtka – Ratio of white to yolk	3,00 : 1 ± 0,43	3,10 : 1 ± 0,41	3,08 : 1 ± 0,39	3,06 : 1 ± 0,41

Białko, żółtko i skorupa w badanych jajach stanowiły, odpowiednio, 61,06; 20,24 i 18,70% (tabela 6). Wyższy udział żółtka (23,3%) w masie jaja odnotowali Di Meo i in. (2003). Superchi i in. (2002) podali wyniki różniące się znacznie od uzyskanych w badaniach własnych. Cytowani autorzy, analizując jaja o masie 1443 g, stwierdzili mniejszy udział białka (55,2%), a większy żółtka (24,3%).

Uzyskane wyniki w najmniejszym stopniu różnią się od danych zaprezentowanych przez Reinera i in. (1995) oraz Wiercińską (2009). Pierwsi z wymienionych autorów, oceniając jaja o masie 1522 g, odnotowali duży udział białka (59,4%), a małą zawartość żółtka (20,9%) i skorupy (19,5%). Wiercińska (2009), analizując jaja o podobnej masie, uzyskała mniejszy udział białka (o 0,6 p.p.), a większy żółtka (o 1,46 p.p.) i skorupy (o 0,88 p.p.). Stwierdzone różnice między wynikami omawianego doświadczenia a rezultatami badań innych autorów mogą być konsekwencją różnego pochodzenia materiału hodowlanego.

Wiek niosek w analizowanym materiale nie spowodował istotnych zmian w składzie morfologicznym jaj. Superchi i in. (2002) oraz Di Meo i in. (2003), badając jakość jaj strusich w czasie sezonu nieśnego, stwierdzili zmniejszenie się procentowego udziału żółtka, a zwiększenie białka w masie jaja w końcowym okresie nieśności. Jak podaje Fahmy (2008), istotny wpływ na skład morfologiczny jaj strusich miała wartość pokarmowa mieszanki. Ptaki żywione paszą o wyższej koncentracji białka i energii znosiły jaja o większym udziale żółtka i białka, a mniejszym skorupy.

Analiza składu chemicznego treści jaj strusich wykazała małą zawartość białka ogólnego zarówno w białku, jak i żółtku, wynoszącą, odpowiednio, 7,99 i 15,57% (tabela 7).



Tabela 7. Skład chemiczny (%) jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )  
 Table 7. Chemical composition (%) of ostrich eggs in successive laying season ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
<b>Białko – Albumen:</b>				
sucha masa – dry matter	11,35 <sup>a</sup> ± 0,63	11,66 <sup>ab</sup> ± 0,56	11,35 <sup>b</sup> ± 0,61	11,45 ± 0,61
białko ogólne – crude protein	7,78 <sup>Aa</sup> ± 0,54	8,17 <sup>A</sup> ± 0,40	8,02 <sup>a</sup> ± 0,50	7,99 ± 0,50
popiół – ash	0,68 <sup>A</sup> ± 0,03	0,69 ± 0,02	0,70 <sup>A</sup> ± 0,04	0,69 ± 0,03
<b>Żółtko – Yolk:</b>				
sucha masa – dry matter	53,80 <sup>A</sup> ± 0,75	53,82 <sup>B</sup> ± 0,77	53,28 <sup>AB</sup> ± 0,99	53,63 ± 0,89
białko ogólne – crude protein	15,52 <sup>A</sup> ± 0,46	15,41 <sup>B</sup> ± 0,46	15,76 <sup>AB</sup> ± 0,49	15,57 ± 0,48
tłuszcz – fat	33,03 <sup>A</sup> ± 1,29	33,38 <sup>a</sup> ± 1,30	34,13 <sup>Aa</sup> ± 1,56	33,53 ± 1,46
popiół – ash	1,65 <sup>a</sup> ± 0,13	1,73 <sup>a</sup> ± 0,18	1,68 ± 0,11	1,69 ± 0,15
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – P ≤ 0,01; a, b – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – P ≤ 0.01; a, b – P ≤ 0.05).				

W porównaniu z badaniami własnymi Wiercińska (2009) otrzymała zbliżony (8,1%), natomiast Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) większy (o 1,6 p.p.) udział omawianego składnika w białku. Zawartość białka ogólnego w żółtku nie odbiegała znacząco od wyników uzyskanych przez wyżej wymienionych badaczy.

Lipidy we frakcji żółtka stanowiły średnio 33,53%, a Reiner i in. (1995) i Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) uzyskali wartości mniejsze, odpowiednio, 31,3; 29,6%.

Wyniki dotyczące składników popielnych w białku i żółtku różnią się od danych prezentowanych w literaturze. Wiercińska (2009) odnotowała niższy ich udział w obu częściach jaja (0,6% białko; 1,4% żółtko). Cytowani zaś wcześniej: Reiner i in. (1995), Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) uzyskali 0,9% popiołu w białku i 1,9–2,1% w żółtku.

Wiek niosek wpłynął istotnie ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) na skład chemiczny jaj. Jaja starszych ptaków charakteryzowała większa zawartość białka ogólnego i popiołu w obu częściach jaja, a także tłuszczu w żółtku (tabela 7). W ostatnim okresie badań zmniejszyła się natomiast zawartość suchej masy w żółtku.

W piśmiennictwie brakuje danych na temat składu chemicznego jaj tego gatunku ptaków podczas wieloletniego użytkowania. Jedynie Superchi i in. (2002), oceniając jakość jaj 4- i 5-letnich strusi w trakcie sezonu nieśnego, stwierdzili liniowy wzrost zawartości białka ogólnego w białku i tłuszczu w żółtku, a pozostałe składniki chemiczne ulegały nieregularnym zmianom. W podobnych badaniach, które na 5- i 6-letnich strusiach prowadzili Di Meo i in. (2003), istotne zmiany dotyczyły jedynie suchej masy, której zawartość pod koniec sezonu reprodukcyjnego w białku wzrosła (z 11,1 do 12,5%), w żółtku zaś obniżyła się (z 52,7 do 50,7%). Brand i in. (2003) wskazują na istotny wpływ wartości energetycznej mieszanki paszowej na zawartość suchej masy w żółtku jaj strusich.

W tabeli 8 przedstawiono zawartość cholesterolu ogólnego i profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka.

Tabela 8. Zawartość cholesterolu (mg/g) i kwasów tłuszczowych\* (%) w lipidach żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )

Table 8. Cholesterol (mg/g) content and fatty acids profiles\* (%) in the ostrich egg yolk lipids in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Cholesterol całkowity – Total cholesterol	13,15 ± 1,07	12,85 ± 1,31	12,86 ± 1,23	12,95 ± 1,21
Kwasy tłuszczowe – Fatty acids:				
kaprylowy C8 : 0	0,0091 <sup>A</sup> ± 0,0007	0,0093 <sup>b</sup> ± 0,0004	0,0097 <sup>bA</sup> ± 0,0008	0,0094 ± 0,0007
kaprynowy C10 : 0	0,096 <sup>A</sup> ± 0,008	0,099 <sup>B</sup> ± 0,004	0,104 <sup>AB</sup> ± 0,010	0,100 ± 0,008
undekanowy C11 : 0	0,103 <sup>A</sup> ± 0,009	0,105 <sup>Ab</sup> ± 0,004	0,111 <sup>b</sup> ± 0,011	0,106 ± 0,009
laurynowy C12 : 0	0,17 <sup>A</sup> ± 0,01	0,18 <sup>B</sup> ± 0,008	0,19 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,18 ± 0,016
tridekanowy C13 : 0	0,136 <sup>A</sup> ± 0,011	0,141 <sup>b</sup> ± 0,005	0,146 <sup>Ab</sup> ± 0,01	0,141 ± 0,012
mirystynowy C14 : 0	0,78 <sup>A</sup> ± 0,09	0,80 <sup>B</sup> ± 0,08	0,87 <sup>AB</sup> ± 0,11	0,82 ± 0,12
pentadekanowy C15 : 0	0,27 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,32 <sup>A</sup> ± 0,02	0,32 <sup>B</sup> ± 0,04	0,30 ± 0,03
palmitynowy C16 : 0	29,41 <sup>A</sup> ± 1,35	29,4 <sup>B</sup> ± 1,53	32,14 <sup>AB</sup> ± 2,61	30,34 ± 2,31
heptadekanowy C17 : 0	0,37 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,42 <sup>A</sup> ± 0,03	0,41 <sup>B</sup> ± 0,05	0,40 ± 0,04
stearynowy C18 : 0	3,23 <sup>A</sup> ± 0,62	3,26 <sup>B</sup> ± 0,45	3,89 <sup>AB</sup> ± 0,65	3,47 ± 0,65
arachidowy C20 : 0	0,30 <sup>A</sup> ± 0,03	0,31 <sup>B</sup> ± 0,01	0,33 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,31 ± 0,03
heneikozanowy C21 : 0	0,25 <sup>A</sup> ± 0,02	0,26 <sup>b</sup> ± 0,01	0,27 <sup>Ab</sup> ± 0,03	0,26 ± 0,02
behenowy C22 : 0	0,35 <sup>A</sup> ± 0,03	0,36 <sup>B</sup> ± 0,01	0,38 <sup>AB</sup> ± 0,04	0,36 ± 0,03
trikozaenowy C23 : 0	0,27 <sup>A</sup> ± 0,02	0,28 <sup>B</sup> ± 0,01	0,29 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,28 ± 0,02
lignocerynowy C24 : 0	0,46 <sup>A</sup> ± 0,04	0,47 <sup>B</sup> ± 0,02	0,50 <sup>AB</sup> ± 0,05	0,48 ± 0,04
mirystoleinowy C14 : 1 n5	0,22 <sup>A</sup> ± 0,02	0,22 <sup>B</sup> ± 0,01	0,24 <sup>AB</sup> ± 0,04	0,23 ± 0,03
palmitoleinowy C16 : 1 n7	7,52 <sup>A</sup> ± 0,97	6,80 <sup>AB</sup> ± 0,81	7,47 <sup>B</sup> ± 1,23	7,26 ± 1,06
heptadekaenowy C17 : 1	0,18 <sup>A</sup> ± 0,01	0,19 <sup>b</sup> ± 0,01	0,20 <sup>Ab</sup> ± 0,02	0,19 ± 0,01
elaidynowy C18 : 1 n9t	2,02 <sup>AB</sup> ± 0,39	2,15 <sup>AC</sup> ± 0,18	2,38 <sup>BC</sup> ± 0,41	2,18 ± 0,37
oleinowy C18 : 1n9c	29,62 <sup>a</sup> ± 1,60	29,56 <sup>b</sup> ± 1,37	28,56 <sup>ab</sup> ± 2,12	29,24 ± 1,78
eikozaeenowy C20 : 1	0,31 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,33 <sup>A</sup> ± 0,02	0,33 <sup>B</sup> ± 0,03	0,32 ± 0,03
dokozaenowy C22 : 1 n9	0,20 <sup>A</sup> ± 0,02	0,21 <sup>B</sup> ± 0,01	0,22 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,21 ± 0,02
nerwonowy C24 : 1 n9	0,30 <sup>A</sup> ± 0,02	0,31 <sup>B</sup> ± 0,01	0,33 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,31 ± 0,02
linolowy C18 : 2n6c	16,24 <sup>A</sup> ± 1,62	18,18 <sup>AB</sup> ± 1,54	16,17 <sup>B</sup> ± 2,46	16,88 ± 2,13
γ-linolenowy C18 : 3 n6	0,29 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,32 <sup>Ac</sup> ± 0,02	0,33 <sup>Abc</sup> ± 0,03	0,31 ± 0,03
α-linolenowy C18 : 3 n3	5,18 <sup>AB</sup> ± 0,70	4,09 <sup>AC</sup> ± 0,64	3,22 <sup>BC</sup> ± 0,81	4,11 ± 1,07
eikozadienowy C20 : 2 n6	0,28 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,30 <sup>A</sup> ± 0,01	0,31 <sup>B</sup> ± 0,03	0,29 ± 0,03
eikozatrienowy C20 : 3 n6	0,155 <sup>A</sup> ± 0,013	0,159 ± 0,005	0,164 <sup>A</sup> ± 0,015	0,160 ± 0,012
eikozatrienowy C20 : 3 n3	0,25 <sup>A</sup> ± 0,02	0,26 <sup>B</sup> ± 0,01	0,27 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,26 ± 0,02
arachidonowy C20 : 4 n6	0,62 <sup>A</sup> ± 0,06	0,63 <sup>B</sup> ± 0,04	0,67 <sup>AB</sup> ± 0,07	0,645 ± 0,06

Tabela 8. Zawartość cholesterolu (mg/g) i kwasów tłuszczowych\* (%) w lipidach żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ ) (cd.)Table 8. Cholesterol (mg/g) content and fatty acids profiles\* (%) in the ostrich egg yolk lipids in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ ) (continued)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
dokozadienowy C22 : 2 n6	0,14 <sup>A</sup> ± 0,01	0,14 <sup>B</sup> ± 0,01	0,15 <sup>AB</sup> ± 0,01	0,147 ± 0,01
eikozapentaenowy C20 : 5 n3	0,27 <sup>A</sup> ± 0,03	0,27 <sup>B</sup> ± 0,01	0,30 <sup>AB</sup> ± 0,05	0,28 ± 0,04
dokozahexaenowy C22 : 6 n3	0,35 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,35 ± 0,03
Razem kwasy – Total fatty acids:				
nasycone – SFA	36,23 <sup>A</sup> ± 1,87	36,45 <sup>B</sup> ± 1,91	39,98 <sup>AB</sup> ± 3,22	37,59 ± 2,97
nienasycone – UFA	63,76 <sup>A</sup> ± 1,86	63,55 <sup>B</sup> ± 1,91	59,88 <sup>AB</sup> ± 3,48	62,36 ± 3,10
UFA : SFA	1,76 <sup>A</sup> ± 0,14	1,75 <sup>B</sup> ± 0,14	1,51 <sup>AB</sup> ± 0,20	1,67 ± 0,20
jednonienasycone – MUFA	39,96 <sup>AB</sup> ± 1,79	38,82 <sup>AC</sup> ± 1,73	37,90 <sup>BC</sup> ± 2,02	38,86 ± 2,02
wielonienasycone – PUFA	23,80 <sup>A</sup> ± 2,05	24,73 <sup>B</sup> ± 2,01	21,98 <sup>AB</sup> ± 2,83	23,50 ± 2,59
n3	6,06 <sup>AB</sup> ± 0,69	4,98 <sup>AC</sup> ± 0,62	4,17 <sup>BC</sup> ± 0,76	5,04 ± 1,03
n6	17,74 <sup>A</sup> ± 1,61	19,74 <sup>AB</sup> ± 1,55	17,80 <sup>B</sup> ± 2,43	18,45 ± 2,11
n6/n3	2,94 <sup>AB</sup> ± 0,32	4,00 <sup>AC</sup> ± 0,38	4,35 <sup>BC</sup> ± 0,71	3,80 ± 0,77

\* W przeliczeniu na sumę kwasów tłuszczowych – Based on the sum of fatty acids.  
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a, b, c – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a, b, c – P ≤ 0.05).

Zawartość cholesterolu całkowitego wynosiła średnio 12,95 mg/g i podlegała istotnym zmianom w trakcie kolejnych sezonów nieśności (tabela 8). Horbańczuk i in. (1999b) uzyskali podobny udział omawianego steroidu w żółtkach jaj strusi czerwonoszych (13,03 mg/g), a u niebieskoszych niższy (10,80 mg/g).

Di Meo i in. (2003) stwierdzili mniejszą zawartość cholesterolu w żółtku i uważają, że składnik ten w czasie sezonu reprodukcyjnego strusi waha się tylko w niewielkim zakresie i wynosi 10,6–10,9 mg/g. Podobne wyniki podali również Pomianowski i Pudyszak (2002). Wartości większe (16,29 mg/g) od danych uzyskanych w badaniach własnych i przedstawionych w cytowanej uprzednio literaturze odnotowali Kaźmierska i in. (2005). Autorzy ci nie podają jednak wieku czy podgatunku strusi, których jaja poddano analizie.

Wyników badań własnych dotyczących zawartości cholesterolu w żółtkach jaj strusich w kolejnych latach użytkowania nie można odnieść do innych danych, ponieważ takich doświadczeń na tym gatunku jak dotąd nie przeprowadzono. Pewne porównania można poczynić, uwzględniając inne gatunki ptaków użytkowanych wieloletnio. W badaniach Szczerbińskiej (2002) prowadzonych na emu zawartość cholesterolu obniżała się istotnie wraz z wiekiem ptaków, co autorka tłumaczyła zwiększającą się w kolejnych sezonach produkcją nieśną. Z kolei Majewska i in. (2008) oraz Wnukiewicz (2007) nie stwierdzili zmian zawartości tego steroidu w żółtkach jaj emu w analizowanych sezonach rozrodczych. Rozbieżności te zwi-

zane są najprawdopodobniej z mało porównywalnym wiekiem emu, których jaja poddawano analizie.

Profil kwasów tłuszczowych występujących w lipidach żółtka jaja strusiego zmieniał się znacząco w trakcie 3-letniego okresu badań (tabela 8). Jaja pozyskane w 4. sezonie nieśności były bardziej zasobne w kwasy nasycone i różnice te były statystycznie istotne ( $P \leq 0,05$ ) w odniesieniu do dwóch poprzednich sezonów reprodukcyjnych. W tej grupie kwasów, podobnie jak w lipidach żółtka jaj innych gatunków drobiu (Decker i Cantor, 1992; Kaźmierska i in., 2005), największy udział miały kwasy palmitynowy i stearynowy. Wraz ze wzrostem wieku ptaków istotnie zmniejszała się zawartość kwasu oleinowego i  $\alpha$ -linolenowego, co wpłynęło na niski odsetek kwasów nienasyconych w ostatnim roku badań (tabela 8). Stosunek  $\Sigma$  UFA :  $\Sigma$  PUFA w lipidach żółtek jaj strusich w 2. i 3. sezonie nieśności był zbliżony i wynosił, odpowiednio, 1,76 i 1,75, a w 4. sezonie obniżył się o 0,25. Z punktu widzenia wartości odżywczej najkorzystniejszy indywidualny stosunek kwasów linolowego do  $\alpha$ -linolenowego, jak i sum wielonienasyconych kwasów tłuszczowych należących do rodzin n6 i n3 stwierdzono w 3. i 4. sezonie nieśności.

We frakcji lipidowej żółtka kwasy nasycone, monoenowe i polienowe stanowiły, odpowiednio, 37,59; 38,86 i 23,50% sumy wszystkich kwasów. Reiner i in. (1995) uzyskali większy udział kwasów nasyconych (43,7%), natomiast mniejszy wielonienasyconych (17,7%). Według Horbańczuka i wsp. (1999b) w jajach strusi kwasy nasycone, monoenowe i polienowe stanowią, odpowiednio, 29,7; 44,9 i 25,0% sumy wszystkich kwasów. Różnice te najprawdopodobniej wynikają z faktu, iż profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka zależy nie tylko od wieku i genotypu ptaków (Speake i in., 1999; Surai i in., 2001; Yilmaz-Dikmen i Sahan, 2009), ale również od składu kwasów tłuszczowych w dawce pokarmowej, co w przypadku strusi udowodnili Noble i in. (1996) oraz Sussii i in. (2003).

Wyniki analizy profilu mineralnego białka i żółtka jaj strusich przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Zawartość wapnia w żółtku wahała się w granicach 1762,78–1794,83 mg/kg świeżej masy, przy czym nie były to różnice statystycznie istotne (tabela 9). Analizując pozostałe makropierwiastki, odnotowano liniowy wzrost zawartości potasu, magnezu i fosforu, natomiast stężenie sodu zmieniało się nieregularnie i było największe w 3. sezonie nieśności (283,85 mg/kg świeżej masy). Najzasobniejsze w mangan, żelazo, cynk, selen i krzem były żółtka jaj najmłodszych ptaków. Zawartość tych pierwiastków w kolejnych sezonach nieśnych obniżyła się istotnie ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ).

Najmniejszą koncentrację sodu, potasu, wapnia i fosforu w białku stwierdzono w 3. sezonie nieśności (tabela 10). Wraz ze wzrostem wieku ptaków w białku jaja zmniejszała się również ilość magnezu, żelaza, cynku i krzemu, a zwiększała manganu i selenu.

Tabela 9. Skład mineralny (mg/kg świeżej masy) żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )

Table 9. The mineral composition (mg/ kg wet weight) of ostrich egg yolk in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
P	4783,75 <sup>AB</sup> ± 520,70	5750,93 <sup>A</sup> ± 185,30	5861,54 <sup>B</sup> ± 182,60	5465,41 ± 589,40
Ca	1794,83 ± 226,85	1762,78 ± 96,47	1792,94 ± 134,75	1783,52 ± 161,51
K	793,20 <sup>AB</sup> ± 111,53	937,57 <sup>A</sup> ± 55,35	942,63 <sup>B</sup> ± 51,96	891,14 ± 103,95
Na	213,16 <sup>AB</sup> ± 37,13	283,85 <sup>AC</sup> ± 27,44	239,12 <sup>BC</sup> ± 24,12	245,38 ± 41,82
Mg	105,06 <sup>A</sup> ± 18,33	110,47 ± 10,01	113,32 <sup>A</sup> ± 6,42	109,62 ± 12,97
Fe	84,50 <sup>AB</sup> ± 10,12	77,06 <sup>Aa</sup> ± 6,59	72,03 <sup>Ba</sup> ± 10,18	77,69 ± 10,35
Zn	46,37 <sup>AB</sup> ± 3,88	33,05 <sup>Aa</sup> ± 2,89	34,59 <sup>Ba</sup> ± 2,50	37,79 ± 6,66
Si	9,25 <sup>AB</sup> ± 1,63	7,11 <sup>AC</sup> ± 0,95	5,57 <sup>BC</sup> ± 1,58	7,26 ± 2,05
Mn	0,80 <sup>AB</sup> ± 0,14	0,65 <sup>A</sup> ± 0,15	0,68 <sup>B</sup> ± 0,15	0,71 ± 0,15
Pb	0,17 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,21 <sup>AC</sup> ± 0,02	0,23 <sup>BC</sup> ± 0,03	0,20 ± 0,03
Se	0,08 <sup>AB</sup> ± 0,01	0,06 <sup>AC</sup> ± 0,004	0,07 <sup>BC</sup> ± 0,01	0,07 ± 0,01
Cd	0,013 <sup>AB</sup> ± 0,001	0,017 <sup>AC</sup> ± 0,001	0,021 <sup>BC</sup> ± 0,003	0,017 ± 0,004

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Tabela 10. Skład mineralny (mg/kg świeżej masy) białka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )

Table 10. The mineral composition (mg/kg wet weight) of ostrich egg albumen in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 40)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Na	1547,79 ± 107,47	1502,31 <sup>a</sup> ± 97,72	1558,51 <sup>a</sup> ± 116,90	1536,00 ± 109,53
K	602,65 <sup>A</sup> ± 53,62	556,64 <sup>Aa</sup> ± 61,09	592,06 <sup>a</sup> ± 71,70	583,06 ± 71,55
Ca	263,28 <sup>A</sup> ± 55,53	203,05 <sup>AB</sup> ± 41,70	275,27 <sup>B</sup> ± 53,37	246,93 ± 59,36
Mg	136,74 <sup>A</sup> ± 10,39	138,77 <sup>B</sup> ± 11,69	124,11 <sup>AB</sup> ± 11,50	133,15 ± 12,91
P	94,01 <sup>A</sup> ± 8,60	89,63 <sup>B</sup> ± 8,14	108,68 <sup>AB</sup> ± 13,09	97,49 ± 13,06
Si	1,24 <sup>AB</sup> ± 0,28	0,72 <sup>AC</sup> ± 0,18	0,92 <sup>BC</sup> ± 0,20	0,95 ± 0,30
Cu	0,77 <sup>AB</sup> ± 0,16	0,93 <sup>Aa</sup> ± 0,21	1,04 <sup>Bb</sup> ± 0,17	0,92 ± 0,21
Fe	0,40 <sup>a</sup> ± 0,15	0,32 <sup>a</sup> ± 0,16	0,38 ± 0,19	0,37 ± 0,17
Zn	0,18 <sup>AB</sup> ± 0,09	0,11 <sup>A</sup> ± 0,03	0,13 <sup>B</sup> ± 0,05	0,14 ± 0,07
Pb	0,009 <sup>AB</sup> ± 0,005	0,044 <sup>AC</sup> ± 0,007	0,060 <sup>BC</sup> ± 0,009	0,039 ± 0,009
Mn	0,016 <sup>ab</sup> ± 0,018	0,024 <sup>a</sup> ± 0,015	0,023 <sup>b</sup> ± 0,005	0,021 ± 0,014
Se	0,013 <sup>A</sup> ± 0,003	0,012 <sup>B</sup> ± 0,001	0,014 <sup>AB</sup> ± 0,002	0,013 ± 0,002
Cd	0,0007 <sup>AB</sup> ± 0,0002	0,0031 <sup>AC</sup> ± 0,0005	0,004 <sup>BC</sup> ± 0,0004	0,0028 ± 0,0015

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a, b – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a, b – P ≤ 0.05).

Większą kumulację metali ciężkich (Pb, Cu i Cd) stwierdzono w żółtku i białku starszych ptaków, przy czym zawartość miedzi była zbliżona w obu częściach jaja. Z kolei stężenie ołowiu było 5-krotnie, a kadmu 6-krotnie większe w żółtku aniżeli w białku. Strusie utrzymywane są systemem ekstensywnym lub półintensywnym i wydaje się, że względu na długowieczność i wszystkożerność, mogą być dobrym bioindykatorem skażenia środowiska, podobnie jak kaczki i gęsi (Dobrzański i in., 2003).

Zawartość większości pierwiastków oznaczonych w białku i żółtku zmieniała się nieregularnie w trakcie 3-letniego okresu badań i trudno było określić prawidłowość tych zmian. Jak wiadomo, skład mineralny jaja zależy w dużym stopniu od czynników żywieniowych (Naber, 1979; Stadelman i Pratt, 1989), pewien wpływ może odgrywać również wiek niosek (Cunningham i in., 1960).

W dostępnej literaturze brakuje danych dotyczących składu mineralnego białka i żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach reprodukcyjnych. Dyskusję dodatkowo utrudnia fakt, iż nieliczne badania z tego zakresu dotyczą treści jaja bez podziału na białko i żółtko. Ponadto w badaniach, które prowadzili Shahin i in. (2006) oraz Abu-Salem i Abou-Arab (2008), analizy dotyczyły wybranych pierwiastków (Ca, P, Mg, Mn, Se, Zn, Cu) i ograniczonego materiału lub jaj niezapłodnionych wyjętych z inkubatora (Angel, 1993). Brand i in. (2003) badali wprawdzie profil mineralny obu części składowych jaj strusich pozyskanych na jednej z ferm afrykańskich, ale w zależności od koncentracji białka i energii w diecie. Wyniki badań własnych odbiegają znacznie od przedstawionych w omawianej publikacji, co może być konsekwencją odmiennego żywienia ptaków.

Największą koncentrację podstawowych makroelementów budujących skorupę – wapnia i fosforu – stwierdzono u najstarszych ptaków, natomiast w przypadku magnezu wystąpiła zależność odwrotna (tabela 11). Wraz ze wzrostem wieku niosek zwiększała się zawartość miedzi i krzemu, zmniejszała się natomiast zawartość żelaza, cynku i selenu.

Wyniki badań własnych różnią się od danych przedstawionych przez Wiercińską (2009). Autorka, analizując profil mineralny skorup jaj 4-letnich strusi, odnotowała mniejszą koncentrację fosforu (0,21 mg/g), magnezu (0,62 mg/g) i sodu (0,41 mg/g), a większą wapnia (369,6 mg/g), cynku (2,02 µg/g) i manganu (0,53 µg/g). W badaniach, które prowadzili Klös i in. (1976), zawartość magnezu była zbliżona do uzyskanej w badaniach własnych, natomiast pozostałe makroelementy występowały w niższych stężeniach.

W literaturze brakuje informacji dotyczących zmian składu mineralnego skorupy jaj wraz z wiekiem strusi, więc dyskusję na ten temat można odnieść jedynie do innych gatunków ptaków użytkowych. W trakcie 3-letnich badań prowadzonych na emu (Majewska i in., 2008) istotnemu zwiększeniu w skorupach jaj uległa ilość magnezu, cynku, ołowiu i jodu, natomiast zawartość sodu i strontu znacznie się zmniejszyła. Szczerbińska (2002) w trakcie 3-letniego okresu badań jakości jaj emu stwierdziła wraz ze wzrostem wieku ptaków istotne zwiększenie się w skorupach ilości wapnia, siarki i ołowiu, a zmniejszenie żelaza i manganu.

Tabela 11. Skład mineralny skorupy jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )  
 Table 11. The mineral composition of ostrich eggshell in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Ca (mg/g)	334,54 <sup>AB</sup> ± 7,42	345,55 <sup>AC</sup> ± 11,18	354,78 <sup>BC</sup> ± 10,12	344,96 ± 12,71
Mg (mg/g)	1,54 <sup>AB</sup> ± 0,17	1,35 <sup>A</sup> ± 0,14	1,40 <sup>B</sup> ± 0,17	1,43 ± 0,18
Na (mg/g)	1,38 <sup>A</sup> ± 0,10	1,50 <sup>AB</sup> ± 0,10	1,34 <sup>B</sup> ± 0,11	1,41 ± 0,12
P (mg/g)	0,70 <sup>A</sup> ± 0,11	0,74 <sup>B</sup> ± 0,10	0,81 <sup>AB</sup> ± 0,10	0,75 ± 0,10
K (mg/g)	0,42 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,43 ± 0,06	0,43 ± 0,05
Mn (mg/g)	0,13 <sup>A</sup> ± 0,04	0,12 <sup>B</sup> ± 0,02	0,10 <sup>AB</sup> ± 0,02	0,12 ± 0,03
Si (µg/g)	2,45 <sup>A</sup> ± 0,66	2,76 <sup>B</sup> ± 1,27	4,60 <sup>AB</sup> ± 0,96	3,29 ± 1,40
Fe (µg/g)	1,87 <sup>A</sup> ± 0,79	2,02 <sup>B</sup> ± 0,48	1,26 <sup>AB</sup> ± 0,20	1,72 ± 0,63
Zn (µg/g)	1,64 <sup>A</sup> ± 0,45	1,82 <sup>B</sup> ± 0,57	1,29 <sup>AB</sup> ± 0,39	1,58 ± 0,52
Cu (µg/g)	0,21 ± 0,12	0,20 <sup>a</sup> ± 0,09	0,25 <sup>a</sup> ± 0,11	0,22 ± 0,11
Pb (µg/g)	0,094 <sup>Aa</sup> ± 0,004	0,127 <sup>AB</sup> ± 0,011	0,088 <sup>Ba</sup> ± 0,016	0,103 ± 0,021
Se (µg/g)	0,039 <sup>a</sup> ± 0,008	0,040 <sup>A</sup> ± 0,008	0,035 <sup>Aa</sup> ± 0,008	0,038 ± 0,008
Cd (µg/g)	0,0090 <sup>AB</sup> ± 0,0005	0,0106 <sup>AC</sup> ± 0,0015	0,0099 <sup>BC</sup> ± 0,0004	0,0098 ± 0,0011
Cr (µg/g)	0,0088 <sup>Aa</sup> ± 0,0011	0,0092 <sup>Ba</sup> ± 0,0008	0,0078 <sup>AB</sup> ± 0,0005	0,0087 ± 0,001

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Badania prowadzone na jajach kurzych dotyczą podstawowych makroelementów (Ca, P, Mg) budujących skorupę. W badaniach Kamińskiej i Skraby (1992) zawartość wapnia w skorupie zmniejszyła się pod koniec okresu użytkowania, starsze ptaki bowiem mają mniejsze możliwości wykorzystania tego składnika z paszy (Ousterhout, 1980). Natomiast Britton (1977) i Szczerbińska (1997) nie odnotowali istotnych zmian koncentracji tego pierwiastka w skorupach jaj kurzych na początku i końcu nieśności. W cytowanych badaniach Kamińskiej i Skraby (1992) oraz Szczerbińskiej (1997) ilość magnezu w skorupie podczas użytkowania nieśnego była różna i nie można było określić żadnej prawidłowości tych zmian.

### 4.3. Wskaźniki reprodukcyjne

Analizując zdolność rozrodczą strusi, stwierdzono poprawę zapłodnienia wraz ze wzrostem wieku ptaków (tabela 12). Najniższe zapłodnienie odnotowano w 2. sezonie nieśności (86,25%), a w kolejnych latach użytkowania wartość ta była wyższa o, odpowiednio, 3,12 i 5,0 p.p. Ipek i Sahan (2004), prowadząc kontrolę wylęgowości strusi przez 5 kolejnych sezonów, stwierdzili podobną zależność, w 1. bowiem roku reprodukcji odsetek jaj zapłodnionych wyniósł 58,3%, a w 5. wzrósł do 70,7%.

Zapłodnienie jaj w analizowanych sezonach rozrodczych należy uznać za wysokie, na fermach krajowych bowiem stwierdzano niższe wartości: 66,1–77,1% (Horbańczuk, 2000; Horbańczuk i Sales, 2001), 62–85% (Horbańczuk i in., 1999a), 73,0% (Wiercińska, 2009). Zdaniem Foggina (1992), zapłodnienie u tego gatunku ptaków wynosi średnio 70%, co potwierdzają Brand i in. (1998), Verwoerd i wsp. (1998), Schiavone i in. (2000), Zoccarato i in. (2004) oraz Ipek i Sahan (2006).

Tabela 12. Wskaźniki reprodukcyjne strusi w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )Table 12. Reproductive indicators of ostrich in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value
	2/3	3/4	4/5	
Jaja zapłodnione (%) – Fertile egg	86,25 ± 7,40	89,37 ± 6,92	91,25 ± 3,38	88,95 ± 6,27
Zarodki zmarłe (%) – Dead embryo	23,19 ± 7,69	11,18 ± 5,40	10,27 ± 5,53	14,75 ± 8,56
Pisklęta kalekie i słabe (%) – Crippled and weak chicks	0,72 ± 0,00	0,70 ± 0,00	–	0,71 ± 0,01
Pisklęta zdrowe (n) – Healthy chicks w tym – including:	105	126	131	
wyklute z pomocą obsługi (%) – hatched with personel help	28,57 ± 4,53	26,19 ± 5,17	19,08 ± 3,45	24,31 ± 5,89
Wyląg z jaj nałożonych (%) – Hatchability to set eggs	65,62 ± 11,45	78,75 ± 10,14	81,87 ± 6,23	75,42 ± 12,06
Wyląg z jaj zapłodnionych (%) – Hatchability to fertile eggs	76,08 ± 9,13	87,70 ± 6,01	89,73 ± 4,27	84,78 ± 9,06

Niejednokrotnie stwierdzano również znacznie niższy odsetek jaj zapłodnionych: 55,0 (Ar i Gefen, 1998), 51,3 (More, 1997), 58,7 (Kennou Sebei i Bergaoui, 2009), 46,6 (Majewska i in., 2005), 42,6 (Deeming, 1996a), 30,0 (Foggin i Honywill, 1992). Według More'a (1996a, b) i Elsayeda (2009) procent zapłodnienia u strusi jest najwyższy w szczycie, a najniższy na początku i końcu okresu nieśności.

Wiek stada reprodukcyjnego wpłynął znacząco na wyniki inkubacji. Najniższy wskaźnik wylęgowości z jaj zapłodnionych (76,08%) i wysoką śmiertelność zarodków (23,19%) stwierdzono w 2. roku użytkowania (tabela 12). W kolejnych sezonach rozrodczych wylęgowość znacznie się poprawiła (odpowiednio, o 11,62 i 13,65 p.p) wskutek zmniejszenia odsetka zamierających zarodków. Zbieżne z prezentowanymi wynikami są rezultaty doświadczenia, które prowadzili Ipek i Sahan (2004). Autorzy ci uzyskali wprawdzie niższe wskaźniki wylęgowości, ale udowodnili zależność między wiekiem strusic a rezultatami inkubacji. W cytowanych badaniach wskaźnik wylęgowości z jaj zapłodnionych wzrósł z 63,4% w 1. sezonie nieśności do 73,1% w 5. sezonie.

We wcześniejszych badaniach własnych (Majewska i in., 2005) w stadzie 5-letnich strusi uzyskano 55,5–84,6% wylęgu z jaj zapłodnionych. W podanym przedziale mieściły się również wyniki uzyskane na fermach krajowych przez innych autorów (Horbańczuk i in., 1999b; Horbańczuk, 2000; Horbańczuk i Sales, 2001; Wiercińska, 2009). Kenou Sebei i Ber-



gaoui (2009) uzyskali 70% wylęgowości z jaj zapłodnionych pochodzących od strusi utrzymywanych w warunkach fermowych, jednakże inkubowanych naturalnie.

Wskaźniki wylęgowości zależą od wielu czynników, między innymi żywienia stada, wieku ptaków, techniki inkubacji, toteż podawane w literaturze średnie wartości tego parametru (w odniesieniu do jaj zapłodnionych) wahają się w szerokich granicach: 31,9% (Deeming, 1996b), 56,4% (Cloete i in., 1998), 67,5% (Mushi i in., 2007), 73,9% (Rizzi i in., 2002), 95,44% (Zoccarato i in., 2004).

Największy odsetek piskląt, którym udzielono pomocy w czasie klucia, odnotowano w 1. i 2. sezonie nieśności, odpowiednio, 28,57 i 26,19% (tabela 12), natomiast w 3. wskaźnik ten obniżył się do 19,08%. Również w badaniach, które prowadzili Ipek i Sahan (2004), odsetek strusiąt, którym pomagano przy kluciu, malał wraz ze wzrostem wieku stada reprodukcyjnego.

Problem pomagania strusiątom podczas klucia jest sprawą kontrowersyjną, ich przeżywalność bowiem jest niska, co potwierdzają Deeming i in. (1993) oraz Deeming i Ayres (1994). Z kolei Horbańczuk i Sales (2000) stwierdzili, iż chociaż pomoc udzielona podczas klucia nie miała wpływu na wyniki odchowu do 2. tygodnia życia, to jednak późniejsza śmiertelność piskląt była podwyższona. Celowość stosowania tego zabiegu jest uzasadniona jedynie w przypadku niewłaściwego ułożenia zarodka (Brown i in. 1996; Horbańczuk i in. 1997) lub gdy skorupa jaja jest grubsza niż 2 mm (spostrzeżenia własne).

Straty masy jaj w czasie 39-dniowej inkubacji w komorze lęgowej wynosiły średnio 13,9%, nie różniąc się statystycznie istotnie (tabela 13). Nieco niższe ubytki przy podobnych parametrach inkubacji odnotowali Wiercińska (2009) – 11,1%, Hassan i in. (2004) – 12,14% oraz Gonzales i in. (1999) – 13,2%.

Tabela 13. Zmiany masy jaj strusich w czasie inkubacji w kolejnych sezonach nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )  
Table 13. Changes in weight of ostrich eggs during incubation in successive laying seasons ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 362)
	2/3 (n = 105)	3/4 (n = 126)	4/5 (n = 131)	
Masa jaja (g) – Egg weight: w dniu nałożenia – on day set w 39. dniu inkubacji – on 39 day	1517,79 ± 103,88 1303,78 ± 101,11	1528,32 ± 81,77 1314,82 ± 87,85	1529,84 ± 69,76 1317,91 ± 78,50	1525,81 ± 84,91 1312,7 ± 88,7
Ubytek masy jaja (%) do 39. dnia inkubacji – Egg weight loss by day 39	14,12 ± 2,35	13,98 ± 3,08	13,84 ± 3,52	13,97 ± 3,05
Masa pisklęcia – Chick weight: g %	968,73 ± 84,87 63,78 ± 2,75	999,84 ± 75,48 64,85	977,45 ± 79,30 63,86 ± 3,91	978,04 ± 81,52 64,07 ± 3,51

Zadowalające wskaźniki wylęgowości można uzyskać, gdy ubytek masy jaj mieści się w granicach 10–15,5% (Jarvis i in., 1985b; Bowsher, 1992; Deeming i in., 1993). Przy ubytku mniejszym niż 10% strusięta klują się przewodnione (Deeming i in., 1993; Horbańczuk i in., 1999b) lub zamierają w końcowej fazie inkubacji (Brown i in., 1996).

Przewodnienie piskląt stanowi także problem podczas inkubacji jaj emu. W przypadku tego gatunku stwierdzono we wcześniejszych badaniach własnych, iż zbyt niskie są również straty masy jaj, wynoszące 11–12% (Majewska, 2001).

Masa ciała jednodniowych piskląt we wszystkich sezonach nieśności była wyrównana i wynosiła średnio 978 g, stanowiąc 64,07% masy jaja (tabela 13). Podobną masę wyklutych piskląt odnotowała Wiercińska (2009) przy wyższej o 2,73 p.p. ich masie względnej.

W badaniach, które prowadzili Rizzi i in. (2002), Essa i Cloete (2004) oraz Majewska i in. (2005), względna masa piskląt była mniejsza o, odpowiednio, 1,7; 2,37 i 4,07%. Horbańczuk (2003) podaje, iż wyklute strusie powinno ważyć 850–1100 g, co stanowi 60–68% początkowej masy jaja.

#### 4.4. Analiza zamarych zarodków

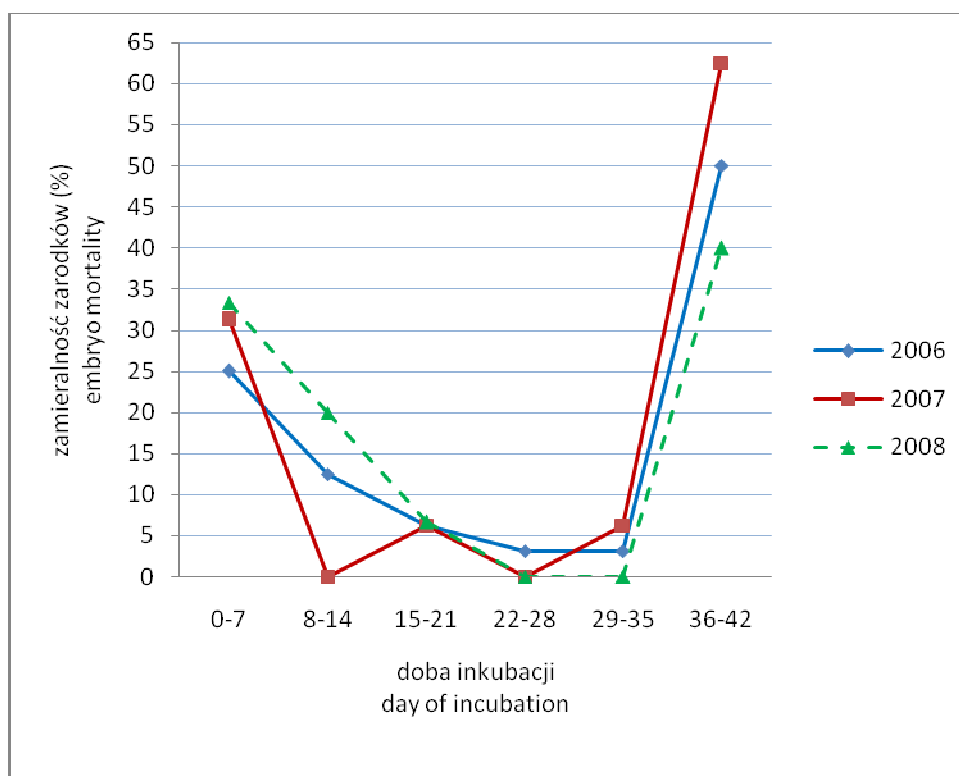
W 3 analizowanych sezonach reprodukcyjnych strusi zamarte zarodki stanowiły średnio 14,75% wszystkich jaj zapłodnionych. Najwyższą zamieralność stwierdzono w 1. roku badań – 23,19%, w kolejnych zaś wskaźnik ten obniżył się o, odpowiednio, 12,01 i 12,92% (tabela 12).

W badaniach Horbańczuka (2000) śmiertelność embrionów wahała się w granicach 20,9–25,2%. Brand i in. (2007) podali wartość wyższą – 28,5%. Wiercińska (2009), inkubując jaja strusie z okołoszczytowego okresu nieśności, stwierdziła 13,6% zarodków zamarych. W przypadku innych gatunków drobiu naturalny odpad zamarych embrionów wynosi przeciętnie 8–20% (Mazurkiewicz, 2005).

Analizując krzywą śmiertelności (rys. 2) w 3 kolejnych sezonach rozrodczych, wyróżniono 2 szczyty zamierania zarodków – pierwszy do 7. doby, drugi zaś w ostatnim tygodniu inkubacji.

W okresie międzyszczytowym straty wynosiły 20,63%, przy czym połowa embrionów zamierała pomiędzy 8. a 14. dobą. Podobne fazy zamierania zarodków strusi wyróżnili również Deeming (1995a), Horbańczuk (2000), Rizzi i in. (2002) oraz Wiercińska (2009).

Zamieranie zarodków w 2 szczytach jest zjawiskiem typowym, jednak w przypadku strusi 2. okres krytyczny, co podkreślił Horbańczuk (2000), jest rozciągnięty w czasie i trwa od 35. dnia do końca inkubacji. W badaniach własnych śmiertelność w tym stadium wahała się w granicach 40–62,5% (rys. 2). Podobne dane podali również Brown i in. (1996) – 69,5% (36.–40. dzień). Natomiast Brand i in. (1998) oraz Schalkwyk i in. (1998) stwierdzili wysoką zamieralność w ostatnich 14 dniach lęgu, odpowiednio, 78,9 i 77,0%.



Rys. 2. Krzywa zamieralności zarodków w 3 kolejnych sezonach nieśności  
 Fig. 2. Curve of embryo mortality in three successive laying seasons

W grupie zarodków 35-dniowych i starszych większość (53,12%) stanowiły zamarte w ostatnich kilku dniach inkubacji, które przebiły się do komory powietrznej, a nie zdołały nakłuć skorupy (tabela 14).

Zdaniem Christensena i in. (1995), w przypadku jaj kurzych po nakłuciu wewnętrznym zamiera około 0,4–0,65% embrionów, głównie na skutek uduszenia.

Niewielki niedobór tlenu podczas ostatniego etapu inkubacji prowadzi do zaburzeń w krążeniu, co jest bezpośrednią przyczyną zamierania zarodków w 2. szczycie krytycznym (Ruijtenbeek i in., 2002; Christensen i in., 2006). Jak podają Schalkwyk i Brown (2002), zarodki strusie mają największe zapotrzebowanie na tlen ( $V_{O_2}$ ) pomiędzy 31. a 38. dniem inkubacji (180 ml/kg/h).

Najczęstszą przyczyną zamierania zarodków było ich nieprawidłowe ułożenie w jaju (46,87%). Brak dostępu do komory powietrznej przy ułożeniu głowy w ostrym końcu jaja stwierdzono w 8 przypadkach. Natomiast w pozostałych 7 zarodki leżały wzdłuż osi długiej jaja, z głową między nogami i dziobem skierowanym w stronę przeciwną do komory powietrznej. W badaniach Browna i in. (1996) oraz Deeminga (1997) wadliwe ułożenie stwierdzono u, odpowiednio, 55 i 36,9% zarodków. Większy odsetek (64,9%) odnotował Horbańczuk (2000), przy czym połowa embrionów ułożona była głową w ostrym końcu jaja.

Przyjęcie przez zarodki strusie właściwej pozycji w jaju zależy głównie od techniki inkubacji (Horbańczuk, 2000), a szczególnie ułożenia w aparacie wylęgowym, częstości ich obracania (Badley, 1997; Blood i in., 1998) i warunków termiczno-wilgotnościowych (Fog-

gin, 1992; Deeming, 1993). W badaniach, które prowadzili Ipek i Sahan (2004), odsetek zarodków nieprawidłowo ułożonych malał wraz ze wzrostem wieku strusi.

Tabela 14. Analiza patomorfologiczna zarodków strusich zmarłych po 35. dniu inkubacji  
Table 14. Pathological analysis of dead ostrich embryos after 35 day of incubation

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Razem Total	
	2/3	3/4	4/5	szt. pcs.	%*
Liczba analizowanych zarodków (szt.) – Number of embryos analyzed (pcs.)	16	10	6	32	–
Nakłucie wewnętrzne – External pipping	8	4	5	17	53,12
Nieprawidłowe ułożenie – Malpositioned embryos	7	5	3	15	46,87
Źle wykorzystane białko – Unabsorbed albumen	1	2	–	3	9,37
Przekrwiona tkanka podskórna – Haemorrhagic subcutaneous tissue	1	1	1	3	9,37
Opuchlizna potylicy – Swollen head	5	4	3	12	37,50
Opuchlizna kończyn – Swollen legs	4	2	1	7	21,87
Niewciągnięty woreczek żółtkowy – Unabsorbed yolk sac	–	2	–	2	6,25
Przekrwienie i wadliwa konsystencja woreczka żółtkowego – Congestion and faulty consistency of the yolk sac	3	1	1	5	15,62
Krwawa pępowina – Bloody umbilical cord	3	–	1	4	12,50
Obrzęk i przekrwienie nerek – Swelling and congestion of the kidney	3	1	1	5	15,62
Skręt szyi – Twisted neck	–	1	–	1	3,12
Deformacja palca – Toe deformation	–	–	1	1	3,12

\* W stosunku do liczby analizowanych zarodków – In relation to the number of embryos analyzed.

W badanym materiale stwierdzono galaretowate obrzęki w tkance podskórnej, głównie w okolicach potylicy (37,5%), skoków i palców (21,9%) – tabela 14.

Pomimo objawów wskazujących na zaburzenia w gospodarce wodnej tylko w 2 przypadkach woreczek żółtkowy nie został całkowicie wciągnięty, a w ostrej części jaja znajdowało się niewykorzystane białko. Stwierdzono również obrzęk i przekrwienie nerek oraz dużą ilość płynów i gazów w jelitach u 5 przewodnionych zarodków. W badaniach Horbańczuka (2000) silne obrzęki szyi i kończyn występowały najczęściej przy zastosowaniu wysokiej wilgotności względnej (40%) podczas inkubacji, a także przy poziomym ułożeniu jaj w komorze lęgowej. Na częste przypadki przewodnienia zarodków strusi zwracają również uwagę Brown i in., (1996), Sahan i in. (2003b), Wiercińska i Szczerbińska (2005), Onderka (2008) oraz Wiercińska (2009). Obrzęki tkanek podskórnych (oedema) stanowią częsty problem w rozwoju embrionalnym innych paleognatycznych. Dużą kumulację płynu w okolicy potylicy (14,6%) u zmarłych zarodków emu stwierdziła Szczerbińska (2002).

Odształcenia morfologiczne w analizowanym odpadzie powylęgowym występowały sporadycznie. W pierwszym przypadku pisklą z deformacją palca przebiło błonę obiałkową

i mimo prawidłowego ułożenia, nie nakłuło skorupy, a w drugim stwierdzono skręt szyi, przy czym zarodek miał głowę skierowaną w stronę ostrego końca jaja.

W dostępnej literaturze brak jest danych dotyczących przyczyn występowania anomalii rozwojowych u strusi. Wady rozwojowe u innych gatunków drobiu mają najczęściej podłoże genetyczne, mogą być również skutkiem niewłaściwego żywienia niosek produkujących jaja wylęgowe, stosowania niektórych leków i błędów w technice inkubacji (Borzemska, 1984; Rosenberg, 1987; Wilson, 2004; Mobarak, 2010).

#### 4.5. Analiza skorup powylęgowych

Analizując jakość skorup jaj pochodzących od strusi w 2. sezonie nieśności, stwierdzono, iż najgrubszą skorupą (2,01 mm) charakteryzowała się III grupa, w której zarodki zamarły po 21. dobie inkubacji (tabela 15). Różnice te były statystycznie istotne ( $P \leq 0,01$ ) w odniesieniu do pozostałych 2 grup.

Tabela 15. Grubość i porowatość skorup jaj w 2. sezonie nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )

Table 15. The thickness and porosity of eggshells in second laying season ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 17)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	1,89 <sup>A</sup> ± 0,07	1,91 <sup>B</sup> ± 0,12	2,03 <sup>AB</sup> ± 0,18
część równikowa – equatorial part	1,88 <sup>A</sup> ± 0,07	1,88 <sup>B</sup> ± 0,11	1,99 <sup>AB</sup> ± 0,16
koniec ostry – sharp end	1,90 <sup>A</sup> ± 0,07	1,90 <sup>B</sup> ± 0,11	2,01 <sup>AB</sup> ± 0,17
Razem – Total	1,89 <sup>A</sup> ± 0,07	1,90 <sup>B</sup> ± 0,11	2,01 <sup>AB</sup> ± 0,13
Porowatość (szt./cm <sup>2</sup> ) – Porosity (pcs/cm <sup>2</sup> ):			
koniec tępy – blunt end	16,61 <sup>A</sup> ± 2,08	13,14 <sup>AB</sup> ± 2,64	16,07 <sup>B</sup> ± 2,68
część równikowa – equatorial part	15,17 <sup>A</sup> ± 1,90	12,30 <sup>AB</sup> ± 2,92	15,20 <sup>B</sup> ± 2,66
koniec ostry – sharp end	15,52 <sup>A</sup> ± 1,87	13,11 <sup>AB</sup> ± 3,32	15,60 <sup>B</sup> ± 2,44
Razem – Total	15,77 <sup>A</sup> ± 1,58	12,85 <sup>AB</sup> ± 2,76	15,62 <sup>B</sup> ± 2,26
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – $P \leq 0,01$ ) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – $P \leq 0,01$ ).			

Wydaje się, iż gruba skorupa, szczególnie w części tępej, utrudniała wymianę gazową i klucie piskląt, mogła być również przyczyną wysokiej zamieralności zarodków w ostatniej fazie embriogenezy.

Gonzales i wsp. (1999) uzyskali istotnie niższe wskaźniki wylęgowości, gdy grubość skorupy jaj przekraczała 1,9 mm. Natomiast Sahan i in. (2003a) nie stwierdzili istotnej korelacji pomiędzy grubością skorupy a wylęgowością, chociaż skorupy jaj z grupy strusiąt wykłutych były nieco cieńsze (o 0,02 mm) aniżeli niewykłutych.

Istotne ( $P \leq 0,01$ ) zróżnicowanie między wydzielonymi grupami odnotowano również w porowatości skorupy (tabela 15). Największą liczbę porów przypadających na jednostkę powierzchni stwierdzono w jajach, z których pisklęta wykluły się samodzielnie ( $15,77$  na  $\text{cm}^2$ ), najmniejszą zaś w grupie, której udzielono pomocy podczas klucia ( $12,85$  na  $\text{cm}^2$ ).

W kolejnym sezonie nieśnym najgrubsze skorupy ( $1,94$  mm) miały również jaja z zarodkami zmarłymi (tabela 16). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w porowatości między analizowanymi grupami skorup.

Tabela 16. Grubość i porowatość skorup jaj w 3. sezonie nieśności ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

Table 16. The thickness and porosity of eggshells in third laying season ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 11)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	$1,89^A \pm 0,07$	$1,87^B \pm 0,11$	$1,98^{AB} \pm 0,13$
część równikowa – equatorial part	$1,85 \pm 0,08$	$1,85 \pm 0,10$	$1,89 \pm 0,10$
koniec ostry – sharp end	$1,90 \pm 0,08$	$1,87^a \pm 0,11$	$1,95^a \pm 0,11$
Razem – Total	$1,88 \pm 0,07$	$1,86^a \pm 0,10$	$1,94^a \pm 0,11$
Porowatość (szt./ $\text{cm}^2$ ) – Porosity (pcs/ $\text{cm}^2$ ):			
koniec tępy – blunt end	$15,10 \pm 1,67$	$14,33 \pm 2,27$	$13,66 \pm 2,87$
część równikowa – equatorial part	$14,08 \pm 1,79$	$13,70 \pm 2,80$	$13,73 \pm 3,14$
koniec ostry – sharp end	$14,05 \pm 2,03$	$14,08 \pm 3,00$	$14,54 \pm 2,58$
Razem – Total	$14,41 \pm 1,65$	$14,03 \pm 2,22$	$13,97 \pm 2,73$
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – $P \leq 0,01$ ; a – $P \leq 0,05$ ) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – $P \leq 0,01$ ; a – $P \leq 0,05$ ).			

Wiercińska (2009), analizując powylęgowe skorupy strusi i emu, również nie odnotowała zróżnicowania w liczbie porów. Z kolei Szczerbińska (2002) stwierdziła większą porowatość skorup jaj emu, z których wykluły się zdrowe pisklęta w stosunku do grupy z zarodkami zmarłymi, ale tylko u najstarszych ptaków. Podobne zależności stwierdzono w przypadku innych gatunków drobiu (Burton i Tullett, 1983; Turkyilmaz i in., 2005).

W ostatnim roku badań, podobnie jak w 2 wcześniejszych sezonach, najgrubsze okazały się skorupy jaj z zarodkami zmarłymi (tabela 17).

Stwierdzone różnice w odniesieniu do pozostałych dwóch grup były wysoko istotne ( $P \leq 0,01$ ). Trzecią grupę charakteryzowała również najmniejsza porowatość skorup ( $13,97$  na  $\text{cm}^2$ ).

Należy dodać, iż średnia porowatość skorup jaj 5-letnich ptaków zwiększyła się w przypadku wszystkich analizowanych grup w porównaniu z poprzednim sezonem reprodukcyjnym i tym również można tłumaczyć najwyższe wskaźniki wylęgowości uzyskane w ostatnim roku badań. Porowatość skorupy ma zasadnicze znaczenie w procesie oddychania zarodka, szczególnie w ostatniej fazie embriogenezy, po przejściu z oddychania konwekcyjnego na płucne.

Tabela 17. Grubość i porowatość skorup jaj w 4. sezonie nieśności ( $\bar{x} \pm SD$ )  
 Table 17. The thickness and porosity of eggshells in fourth laying season ( $\bar{x} \pm SD$ )

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 11)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	1,89 <sup>A</sup> ± 0,07	1,91 <sup>B</sup> ± 0,10	2,07 <sup>AB</sup> ± 0,04
część równikowa – equatorial part	1,84 <sup>A</sup> ± 0,05	1,86 <sup>B</sup> ± 0,10	2,03 <sup>AB</sup> ± 0,05
koniec ostry – sharp end	1,86 <sup>A</sup> ± 0,06	1,90 <sup>B</sup> ± 0,11	2,09 <sup>AB</sup> ± 0,04
Razem – Total	1,86 <sup>A</sup> ± 0,03	1,89 <sup>B</sup> ± 0,01	2,06 <sup>AB</sup> ± 0,04
Porowatość (szt./cm <sup>2</sup> ) – Porosity (pcs/cm <sup>2</sup> ):			
koniec tępy – blunt end	16,87 ± 3,16	16,50 ± 2,56	15,63 ± 1,84
część równikowa – equatorial part	16,00 ± 2,80	13,93 ± 3,19	14,59 ± 1,97
koniec ostry – sharp end	16,85 <sup>a</sup> ± 2,75	14,88 ± 2,01	14,25 <sup>a</sup> ± 0,79
Razem – Total	16,58 <sup>a</sup> ± 1,68	15,17 ± 2,16	14,83 <sup>a</sup> ± 1,18
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).			

Potwierdzone statystycznie obniżenie wskaźników wylęgowości jaj strusich wraz ze spadkiem porowatości skorupy odnotowali Gonzales i in. (1999) oraz Sahan i in. (2003a). W badaniach Sahana i in. (2003a) wskaźniki wylęgowości w jajach z niską (< 8 porów/cm<sup>2</sup>) i wysoką (> 12 porów/cm<sup>2</sup>) porowatością wynosiły, odpowiednio, 40,9 i 80,9%. Z badań Wiercińskiej (2009) wynika, iż na wskaźniki wylęgowości ma wpływ nie tyle grubość i porowatość skorupy, ile budowa warstwy brodawkowej. Autorka, analizując ultrastrukturę skorupy strusia, emu i nandu, stwierdziła, iż bez względu na gatunek największą średnicę i liczbę brodawek miały skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie.

## 5. Podsumowanie i wnioski

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu wieku ptaków na cechy fizyczne i skład morfologiczny jaj.

2. Wykazano istotne różnice w składzie chemicznym jaj strusich w zależności od wieku niosek. Jaja starszych ptaków charakteryzowały się większą zawartością białka ogólnego i popiołu w obu częściach jaja (białko, żółtko), a także tłuszczu w żółtku.

3. Zawartość cholesterolu całkowitego w żółtku nie zmieniała się istotnie w kolejnych sezonach nieśności, natomiast profil kwasów tłuszczowych podlegał istotnym zmianom. Korzystniejszy stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych stwierdzono w lipidach żółtka jaj najmłodszych ptaków.

4. W trakcie 3-letniego okresu badań zmienił się znacząco skład mineralny jaj:

– w żółtkach jaj wzrosło stężenie podstawowych makropierwiastków przy zmniejszającym się udziale większości mikropierwiastków,

– zarówno w żółtku, jak i białku jaj strusich wzrosła kumulacja metali ciężkich (Pb, Cu i Cd),

– w skorupach jaj wzrosła koncentracja wapnia i fosforu przy jednoczesnym obniżeniu zawartości magnezu.

5. Wraz ze wzrostem wieku strusi poprawiły się wskaźniki wylęgowości i zapłodnienie oraz zmniejszył się odsetek piskląt, którym udzielono pomocy w czasie klucia.

6. Krzywą śmiertelności zarodków charakteryzowały 2 szczyty zamierania: pierwszy do 7. doby, drugi zaś w ostatnim tygodniu inkubacji.

7. Skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie, cechowała większa porowatość aniżeli skorupy po zarodkach zmarłych i pisklętach, którym udzielono pomocy w czasie klucia.





## Piśmiennictwo

1. Abiola S.S., Meshioye O.O., Oyerinde B.O., Bambgbose M.A., 2008, Effect of egg size on hatchability on broiler chicks, *Arch. Zootec.*, 57(217): 83–86.
2. Abu-Salem F.M., Abou-Arab A.A., 2008, Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs, *Grasas Aceites*, 59(4): 352–360.
3. Adamski M., 2004, Kształtowanie się cech morfologicznych i fizycznych jaj kaczek w pierwszym okresie nieśności, *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 72(4): 45–55.
4. Adkins S.C., 1993, Thinking about getting into the ostrich business?, *Ostrich Update*, 1: 46–47.
5. Ak I., Ipek A., Karaman S., 2002, The effect of different protein level on ostrich feed on egg production, fertility and hatchability, in: *Proc. of World Ostrich Cong.*, ed. J.O. Horbańczuk, 26–29 September, Warsaw, Poland, [b.w.]: 197.
6. Angel C.R., 1993, Nutrient profiles of ostrich and emu eggs as indicators of nutritional status of the hen and chick, in: *Proc. of the Meet. of the Australian Ostrich Assoc. Inc.* [Vic], 23 July, University of Sydney, Australia, No. 217, Postgraduate Committee in Veterinary Science: 138–140.
7. Ar A., Gefen E., 1998, Further improving hatchability in artificial incubation of ostrich eggs, in: *Proc. of the 2nd Intern. Ratite Cong.: Ratites in a Competitive World*, ed. F.W. Huchzermeyer, 21–25 September, Outshoorn, South Africa, [b.w.]: 141–147.
8. Arad Z., 1989, Changes in eggshell water vapor conductance during shell formation in the chicken, *Respiration Physiol.*, 78: 197–206.
9. Asuquo B.O., Okon B., 1993, Effect of age in lay and egg size on fertility and hatchability of chicken eggs, *Nigerian J. Anim. Prod.*, 20: 122–124.
10. Badley A.R., 1997, Fertility, hatchability and incubation of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Poult. Avian Biol. Rev.*, 8(2): 53–76.
11. Balkan M., Karakas R., Bircik M., 2006, Changes in eggshell thickness, shell conductance and pore density during incubation in the Pekin Duck, *Ornis Fennica*, 83: 117–123.
12. Bitman J., Wood D.L., 1980, Cholesterol and cholesteryl esters of eggs from various avian species, *Poult. Sci.*, 59: 2014–2023.
13. Blood J.R., van Schalkwyk S.J., Cloete S.W.P., Brand Z., 1998, Embryonic deaths in relation to water loss of artificially incubated ostrich eggs, in: *Proc. of the 2nd Inter. Ratite Cong.: Ratites in a Competitive World*, ed. F.W. Huchzermeyer, 21–25 September, Outshoorn, South Africa, [b.w.]: 148–151.
14. Board R.G., 1980, The avian eggshell – a resistance network, *J. Appl. Bacteriol.*, 48: 303–313.
15. Borzemska W., 1984, *Choroby drobiu*, Warszawa, PWRiL, ISBN 83-09-00740-X.
16. Bowsher M.W., 1992, *Improvement of reproductive efficiency in the ostrich: characterization of late embryo mortality*, PhD Thesis, Texas A&M University.
17. Brand M.M., 2006, *Reproduction criteria and meat quality of South African black (Struthio camelus var. domesticus) Zimbabwean blue (Struthio camelus australis) and South African black x Zimbabwean blue ostriches*, Master of Science Thesis, University of Stellenbosh, South Africa.
18. Brand Z., Brand T.S., Brown C.R., 2003, The effect of different combinations of dietary energy and protein on the composition of ostrich eggs, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 33(3): 193–200.
19. Brand Z., Cloete S.W.P., Brown C.R., Malecki I.A., 2007, Factors related to shell deaths during artificial incubation of ostrich eggs, *J. South Afr. Vet. Assoc.*, 78(4): 195–200.

20. Brand Z., Schalkwyk S.J., Cloete S.W.P., Blood J.R., 1998, The effect of pre-heating of ostrich eggs prior to storage and setting in commercial hatcheries, in: *Proc. of the 2nd Intern. Ratite Cong.: Ratites in a Competitive World*, ed. F.W. Huchzermeyer, 21–25 September, Outshoorn, South Africa, [b.w.]: 152–154.
21. Britton W.M., 1977, Shell membranes of eggs differing in shell quality from young and old hens, *Poult. Sci.*, 56: 647–653.
22. Bronneberg R.G., Stegeman J.A., Vernooij J.C., Dieleman S.J., Decuypere E., Bruggeman V., Taverne M.A., 2007a, Changes in numbers of large ovarian follicles, plasma luteinizing hormone and estradiol-17beta concentrations and egg production figures in farmed ostriches throughout the year, *Theriogenology*, 67(9): 1492–1502.
23. Bronneberg R.G.G., Taverne M.A.M., Dieleman S.J., Decuypere E., Bruggeman V., Vernooij J.C.M., Stegeman J.A., 2007b, The relation between ultrasonographic observations in the oviduct and plasma progesterone, luteinizing hormone and estradiol during the egg laying cycle in ostriches, *Domest. Anim. Endocrinol.*, 32: 15–28.
24. Brown C.R., Peinke D., Loveridge A., 1996, Mortality in near-term ostrich embryos during artificial incubation, *Br. Poult. Sci.*, 37: 73–85.
25. Bunter K.L., 2002, *The genetic analysis of reproduction and production traits recorded for farmed ostriches (Struthio camelus)*, PhD Thesis, University of New England, Armidale, Australia.
26. Bunter K.L., Cloete S.W.P., Schalkwyk S.J., Graser H.U., 2001, Factors affecting reproductive performance in farmed ostrich, in: *Proc. of 14th Conf. of the Assoc. for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, 30th July–2nd August, Queenstown, New Zealand, [b.w.]: 43–46.
27. Burke W.H., 1994, Sex differences in weight of turkey embryos, *Poult. Sci.*, 73: 749–753.
28. Burton F.G., Tullett S.G., 1983, A comparison of the effect of eggshell porosity on the respiration and growth of domestic fowl, duck, and turkey embryos, *Comp. Biochem. Physiol.*, 75A(2): 167–174.
29. Button C., Moon D., Turner D., 1994, Increasing the hatchability of ostrich eggs, *Aust. Ostrich Assoc. J.*, 27: 18–23.
30. Campo J.L., Ruano R.G., 1995, Shell porosity in several Spanish breeds of layers, in: *Proc. of the VI European Symp. on the Quality of Eggs and Eggs Products*, ed. R.C., Briz, 25–29 September, Zaragoza, Spain, [b.w.]: 117–121.
31. Christensen V.L., Bagley L.G., Olson T., Grimes L.J., Ort D.T., 2006, Eggshell conductance of turkey eggs affects cardiac physiology and subsequent embryo survival, *Int. J. Poult. Sci.*, 5(12): 1096–1101.
32. Christensen V.L., Davis G.S., Lucore L.A., 1996, Eggshell conductance and other functional qualities of ostrich eggs, *Poult. Sci.*, 75: 1404–1410.
33. Christensen V.L., Havenstain G.B., Davis G.S., 1995, Egg characteristic, carbohydrate metabolism and thyroid hormones in late chick embryos from different genetic lines, *Poult. Sci.*, 74: 551–562.
34. Cloete S.W.P., Bunter K.L., Brand Z., 2005, Genetic parameters for reproduction in ostriches, in: *Proc. of the 16th Conf. of the Assoc. for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, September 25–28, Noosa, Australia, [b.w.]: 132–135.
35. Cloete S.W.P., Bunter K.L., Brand Z., Lambrechts H., 2004, Covariances for reproduction, egg weight and chick weight in ostriches, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 34(2): 17–19.
36. Cloete S.W.P., Bunter K.L., Lambrechts H., Brand Z., Swart D., Greyling J.P., 2006, Variance components for live weight, body measurements and reproductive traits of pair-mated ostrich females, *Br. Poult. Sci.*, 47(2): 147–58.
37. Cloete S.W.P., Van Schalkwyk S.J., Brand Z., 1998, Ostrich breeding – progress towards a scientifically based strategy, in: *Proc. of the 2nd Intern. Ratite Cong.: Ratites in a Competitive World*, ed. F.W. Huchzermeyer, 21–25 September 1998, Outshoorn, South Africa, [b.w.]: 55–62.

38. Cloete S.W.P. Jr, Scholtz A.J., Brand Z., Cloete S.W.P., 2006, A preliminary study on the application of image analysis for the measurement of ostrich eggshell traits, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 36(3): 155–159.
39. Corvini T., 1996, Italians prefer African Blacks, *Int. Hatch. Pract.*, 10(3): 13–16.
40. Cunningham F.E., Cotteril O.J., Funk E.M., 1960, The effect of season and age of bird. 2: On the chemical composition of egg white, *Poult. Sci.*, 39: 300–308.
41. Czaja L., Gornowicz E., 2006, Wpływ genomu oraz wieku kur na jakość jaj spożywczych, *Rocz. Nauk. Zootech.*, 33(1): 59–70.
42. Decker E.A., Cantor A.H., 1992, *Fatty acids in poultry and egg products, fatty acids in foods and their health implications*, ed. C.K. Chow, New York, Marcel Dekker Inc: 137–167.
43. Deeming D.C., 1993, Practical aspects of ostrich incubation, *Ostrich Update*, 1: 17.
44. Deeming D.C., 1994, Hatchability and egg size in ostrich, *Ostrich News*, 8: 57–59.
45. Deeming D.C., 1995a, Factors affecting hatchability during commercial incubation of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Br. Poult. Sci.*, 36: 51–65.
46. Deeming D.C., 1995b, The hatching sequence of ostrich (*Struthio camelus*) embryos with notes on development as observed by candling, *Br. Poult. Sci.*, 36: 69–78.
47. Deeming D.C., 1996a, Microbial spoilage of ostrich eggs, *Br. Poult. Sci.*, 37: 689–693.
48. Deeming D.C., 1996b, Production, fertility and hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs on a farm in the United Kingdom, *Anim. Sci.*, 67: 329–336.
49. Deeming D.C., 1997, *Ratite egg incubation. A practical guide*, Oxford, Oxford Print Centre 1997.
50. Deeming D.C., Ayres L., 1994, Factors affecting the growth rate of ostrich (*Struthio camelus*) chicks in captivity, *Vet. Rec.*, 135: 617–622.
51. Deeming D.C., Ayres L., Ayres F.J., 1993, Observations on the commercial production of ostrich (*Struthio camelus*) in the United Kingdom: Incubation, *Vet. Rec.*, 132: 602–607.
52. Degen A.A., Weil S., Rosenstrauch A., Kam M., Dawson A., 1994, Seasonal plasma levels of luteinizing and steroid hormones in male and female domestic ostriches (*Struthio camelus*), *Gen. Comp. Endocrinol.*, 93(1): 21–7.
53. Di Meo C., Stanco G., Cutrignelli M.I., Castaldo S., Nizza A., 2003, Physical and chemical quality of ostrich eggs during laying season, *Br. Poult. Sci.*, 44(3): 386–390.
54. Dobrzański Z., Chojnacka K., Górecka H., Chojnacki A., Wiśniewski J., 2003, Jaja drobiu wodnego jako indyktor skażenia środowiska wiejskiego, *Acta Agrophys.*, 1(3): 395–401.
55. Dzoma B.M., Motshegwa K., 2009, A retrospective study of egg production, fertility and hatchability of farmer ostriches in Botswana, *Int. J. Poult. Sci.*, 8(7): 660–664.
56. Elsayed M.A., 2009, Effect of month of production on external and internal ostrich egg quality, fertility and hatchability, *Egypt. Poult. Sci.*, 29(2): 547–564.
57. Essa F., Cloete S.W.P., 2004, Differentiation between females of ostrich breeding trios based on egg weights, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 34(supp. 2): 20–22.
58. Fahmy M.O., 2008, Performance of ostriches (*Struthio camelus*) fed on different levels of protein and energy under hot climate, *Egypt. Poult. Sci.*, 28(4): 977–1002.
59. Foggin C.M., 1992, Pathology of ostrich eggs and investigation on incubation problems, in: *Ostrich Workshop for Veterinarians*, 11–12 April, Harare, Zimbabwe, University of Zimbabwe Veterinary Faculty: 62–73.
60. Foggin C.M., Honywill J., 1992, Observations on the artificial incubation of ostrich (*Struthio camelus* var. *domesticus*) eggs with special reference to water loss, *Zimbabwe Vet. J.*, 23: 81–90.
61. Gefen E., Ar A., 2001, Morphological description of the developing ostrich embryo: a tool for embryonic age estimation, *Isr. J. Zool.*, 47: 87–97.
62. Golubkina N.A., Papazyan T.T., 2006, Selenium distribution in eggs of avian species, *Comp. Biochem. Phys.*, part B, 145: 384–388.

63. Gonzalez A., Satterlee D.G., Moharer F., Cadd G.G., 1999, Factors affecting ostrich egg hatchability, *Poult. Sci.*, 78: 1257–1262.
64. Harun M.A.S., Veeneklass R.J., Visser G.H., Van Kampen M., 2001, Artificial incubation of Muscovy duck eggs: why some eggs hatch and others do not, *Poult. Sci.*, 80: 219–224.
65. Hassan S.M., Siam A.A., Mady M.E., Cartwright A.L., 2004, Incubation temperature for ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Poult. Sci.*, 83: 495–499.
66. Hassan S.M., Siam A.A., Mady M.E., Cartwright A.L., 2005, Egg storage period and weight effects on hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Poult. Sci.*, 84: 1908–1912.
67. Heredia A., Rodríguez-Hernández A.G., Lozano L.F., Peña-Rico M.A., Velázquez R., Basiuk V.A., 2005, Microstructure and thermal change of texture of calcite crystals in ostrich eggshell (*Struthio camelus*), *Mater. Sci. Eng.*, part C, 25(1): 1–9.
68. Hicks K.D., 1992, Ratite reproduction, in: *Proc. of the Conf. of the Assoc. of Avian Veterinarians*, 1–5 September, New Orleans, Florida, [b.w.]: 318–325.
69. Horbańczuk J.O., 2000, Doskonalenie technologii sztucznych lęgów strusia afrykańskiego (*Struthio camelus*) z uwzględnieniem aspektów biologicznych. *Pr. Mater. Zootech., Zesz. Spec.* 10, Warszawa, IGiHZ PAN.
70. Horbańczuk J.O., 2003, *Struś afrykański*, Warszawa, IGiHZ PAN, ISBN 83-9160-46-2-4.
71. Horbańczuk J.O., Celeda T., Armatowski S., 1997, Selected abnormalities in late dead embryos and hatchlings in ostriches, *Ostrich News (USA)*, 10(107): 45–51.
72. Horbańczuk J.O., Sales J., 2000, Influence of assistance during hatching on the mortality and growth rate of ostrich chicks, *Arch. Geflügelk.*, 64(1): 40–41.
73. Horbańczuk J.O., Sales J., 2001, Egg production of Red and Blue Neck ostriches under European farming conditions, *Arch. Geflügelk.*, 65(6): 281–283.
74. Horbańczuk J.O., Sales J., Celeda T., Zięba G., 1999a, Effect of relative humidity on the hatchability of ostrich (*Struthio camelus*), *Czech J. Anim. Sci.*, 44: 303–307.
75. Horbańczuk J.O., Sales J., Zięba G., Reklewski T., Celeda T., Kozaczyński K., 1999b, Lipid cholesterol content and fatty acid composition of ostrich eggs as influenced by subspecies, *Arch. Geflügelk.*, 63(5): 234–236.
76. Ipek A., Sahan U., 2002, The effects of egg weight on the hatching characteristics of ostrich eggs, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 26: 723–728.
77. Ipek A., Sahan U., 2004, Effect of breeder age and breeding season on egg production and incubation in farmed ostrich, *Br. Poult. Sci.*, 45(5): 643–645.
78. Ipek A., Sahan U., 2006, Egg production and incubation results of ostrich farm in the Marmara region of Turkey, *Arch. Geflügelk.*, 70(2): 69–73.
79. Jarvis M.J.F., Jarvis C., Keffen R.H., 1985a, Breeding seasons and laying patterns of the southern African Ostrich (*Struthio camelus*), *Ibis*, 127(4): 442–449.
80. Jarvis M.J.F., Keffen R.H., Jarvis C., 1985b, Some physical requirements for ostrich egg incubation, *Ostrich*, 56: 42–51.
81. Kamińska B., Skraba B., 1992, Changes in eggshell quality during the first year of laying hens, *J. Anim. Feed Sci.*, 1: 51–58.
82. Karlson O., Lilja C., 2008, Eggshell structure, mode of development and growth rate in birds, *Zoology*, 111: 494–502.
83. Kaźmierska M., Jarosz B., Korzeniowska M., Trziszka T., Dobrzański Z., 2005, Comparative analysis and fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14/15, Spec. Iss. (1): 69–73.
84. Kefen R.K., Jarvis M.J.F., 1984, Some measurements relating to ostrich eggs, *Ostrich*, 55: 182–187.
85. Kennou Sebei S., Bergaoui R., 2009, Ostriches' reproduction behavior and mastery of natural incubation under farming conditions, *Trop. Anim. Health. Prod.*, 41: 353–361.

86. Kisiel T., Książkiewicz J., 2004, Physical traits and hatching results of eggs from geese of Polish regional varieties, *Ann. Anim. Sci.*, 4(1): 33–42.
87. Klös H. G., Langner H. J., Boenigk G., Wandelburg K., Pohl H., Grund S., Eichberg J., Steglich W., 1976, Chemische und physikalische Untersuchungen an Eierschalen von vier Laufvogelarten (Struthioniformes), *Zbl. Vet. Med.*, ser. A, 23: 413–428.
88. Kokoszyński D., Bernacki Z., Korytkowska H., 2007, Eggshell and egg content traits in Pekin duck eggs from the P44 reserve flock raised in Poland, *JCEA*, 8(1): 9–16, <http://www.agr.hr/jcea/issues/jcea8-1/pdf/jcea81-2pdf>, dostęp z 26.04.2011.
89. Kovacs-Nolan J., Philips M., Mine Y., 2005, Advances in the value of eggs and egg components for human health, *J. Agr. Food Chem.*, 53: 8421–8431.
90. Krełowska-Kułas M., 1993, *Badanie jakości produktów spożywczych*, Warszawa, PWN, ISBN 83-208-0902-9.
91. Krumbiegel I., 1966, *Die Straubenvogel, Die Neue Brehm Bücherei*, Wittenberg, Ziemen Verlag.
92. Majewska D., 2001, The influence of emu (*Dromaius novaehollandiae*) egg storage time on hatchability and chick survival, *EJPAU* 4(2), <http://www.ejpau.media.pl/volume4/issue2/animal/abs-09.html>, dostęp z 26.04.2011.
93. Majewska D., Szczerbińska D., Tarasewicz Z., Ligocki M., Dańczak A., Safader-Nędzusiak L., Sammel A., 2008, Age-related changes in the quality of Emu (*Dromaius novaehollandiae*) eggs, *Arch. Geflügelk.*, 72(4): 168–173.
94. Majewska D., Szczerbińska D., Tarasewicz Z., Linke E., 2005, Wpływ czasu przechowywania jaj przed inkubacją na wskaźniki wylęgowości strusia (*Struthio camelus*), *Folia Univ. Agric. Stettin.*, 243(47): 105–110.
95. Malecki I.A., Horbańczuk J.O., Reed C.E., Martin G.B., 2005, The ostrich (*Struthio camelus*) blastoderm and embryo development following storage of eggs at various temperatures, *Br. Poult. Sci.*, 46(6): 652–660.
96. Malecki I.A., Martin G.B., 2003, Sperm supply and egg fertilization in the ostrich (*Struthio camelus*), *Reprod. Domest. Anim.*, 38: 429–435.
97. Mangiagalli M.G., Scandolaro G., Marelli S.P., Giuliani M., Cavalchini L.G., 2003, Characteristic of reared game pheasants (*Phasianus colchicus*) egg, *Ital. J. Anim. Sci.*, 2: 115–122.
98. Mazanowski A., Adamski M., 2002, Evaluation of reproductive traits and egg quality in Astra G geese during the first reproductive period, *Ann. Anim. Sci.*, 2(2): 67–78.
99. Mazurkiewicz M., 2005, *Choroby drobiu*, Wrocław, Wydaw. Akademii Rolniczej we Wrocławiu 2005, ISBN 83-89189-76-3.
100. Miles R.D., 2000, Trace minerals and avian embryo development., *Ciênc. Anim. Bras.*, 2(1): 1–10.
101. Mobarak, Y.M., 2010, Embryotoxicity and teratogenicity of enrofloxacin on maternally treated chick, *Asian J. Dev. Biol.*, 2: 1–15.
102. More S.J., 1996a, The performance of farmed ostrich chicks in eastern Australia, *Prev. Vet. Med.*, 29: 91–106.
103. More S.J., 1996b, The performance of farmed ostrich hens in eastern Australia, *Prev. Vet. Med.*, 29: 107–120.
104. More S.J., 1997, Monitoring the health and productivity of farmed ostrich flocks, *Aust. Vet. J.*, 75: 583–587.
105. Mróz E., Michalak K., Faruga A., Horbańczuk J.O., Orłowska A., 2008, Shell microstructure and hatchability of turkey egg, *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 26(2): 129–140.
106. Mushi E.Z., Isa J.W., Binta M.G., Kgotlhane M.C.G., 2007, Physical characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) eggs from Botswana, *J. Anim. Vet. Adv.*, 6(5): 676–677.
107. Naber E.C., 1979, The effect of nutrition on the composition of eggs, *Poult. Sci.*, 58: 518–528.
108. Narushin V.G., Romanov M.N., 2002, Egg physical characteristics and hatchability, *World's Poult. Sci. J.*, 58: 297–303.

109. Noble R.C., 1986, *Egg lipid, Egg quality: current patterns and recent advances*, eds. R.G. Wills, C.G. Belyavin, London, Butterworths: 159–177.
110. Noble R.C., Cocchi M., 1990, Lipid metabolism and the neonatal chicken, *Prog. Lipid Res.*, 29: 107–140.
111. Noble R., Speake B., McCartney R., Foggin C., Deeming D., 1996, Yolk lipids and their fatty acids in the wild and captive ostrich (*Struthio camelus*), *Comp. Biochem. Phys.*, 113(4): 753–756.
112. Onderka D.K., 2008, *Investigation to determine cause of embryo and early chick mortality of Ratites*, [http://www.westvet.com/early\\_chick\\_mort.htm](http://www.westvet.com/early_chick_mort.htm), dostęp z 27.04.2011.
113. Ousterhout L.E., 1980, Effect of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens, *Poult. Sci.*, 59: 1480–1484.
114. Pakulska E., Badowski J., Bednarczyk M., 2004, Porównanie wybranych cech fizycznych i wskaźników lęgu jaj gęsi białych kołudzkich rodów W11 i W33, *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 72(4): 27–32.
115. Park S.Y., Lee H.M., Matsuda K., Lim C.W., 2001, Observations of the incubation of imported ostrich (*Struthio camelus*) eggs in a farm, *Korean Vet. J.*, 24(4): 369–374.
116. Pebles E.D., Brake J., 1987, Eggshell quality and hatchability in broiler breeders eggs, *Poult. Sci.*, 66: 596–604.
117. Polat U., Cetin M., Turkyilmaz O., Ak I., 2003, Effects of different dietary protein levels on the biochemical and production parameters of ostriches (*Struthio camelus*), *Vet. Arhiv*, 73(2): 73–80.
118. Polska Norma PN-A-86509, 1994, *Przetwory jajowe. Badania fizykochemiczne*.
119. Polska Norma PN-EN ISO 5508, 1996, *Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej*.
120. Polska Norma PN-EN ISO 5509, 2001, *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych*.
121. Polska Norma PN-EN ISO 12228, 2002, *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie poszczególnych steroli i ich całkowitej zawartości. Metoda chromatografii gazowej*.
122. Polska Norma PN-75/A-04018/Az3, 2002, *Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko*.
123. Pomianowski J.F., Pudyszak K., 2002, Some qualitative traits of African ostrich eggs, in: *Proc. of World Ostrich Cong.*, ed. J.O. Horbańczuk, 26–29 September, Warsaw, Poland, [b.w.]: 272.
124. Puchajda H., Pudyszak K., Mróz E., Cywa-Benko K., 2000, Ultrastruktura skorup i budowa makroskopowa jaj gęsi białych kołudzkich i biłgorajskich, *Rocz. Nauk. Zootech.*, 27(1): 65–78.
125. Reiner G., Dorau H.P., Dzapo V., 1995, Cholesterol content, nutrients and fatty acid profiles of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Arch. Geflugelk.*, 59(1): 65–68.
126. Richards M.P., 1997, Trace mineral metabolism in the avian embryo, *Poult. Sci.*, 76: 152–164.
127. Richards P.D.G., Richards P.A., Lee M.E., 2000, Ultrastructural characteristics of ostrich eggshell: Outer shell membrane and the calcified layers, *J. South Afr. Vet. Assoc.*, 72(2): 97–102.
128. Rizzi R., Erba M., Giuliani M.G., Cerolini S., Cerutti F., 2002, Variability of ostrich egg production on a farm in Northern Italy, *J. App. Poult. Res.*, 11(3): 332–337.
129. Roberts J.R., Braokpool C.E., 1995, The ultrastructure of good and poor quality eggshells from Australian layer strains, in: *Proc. of the VI European Symp. on the Quality of Eggs and Eggs Products*, ed. R.C. Briz, 25–29 September, Zaragoza, Spain, [b.w.]: 107–115.
130. Romanoff A.L., Romanoff A.J., 1949, *The avian egg*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
131. Rosenberg, B.L., 1987, Incubation trouble shooting, a task for the hatchery man, *World Poult. Misset*, 3: 46–51.
132. Ruijtenbeek K., Kessels C.G., Villamor E., Blanco C.E., De Mey J.G., 2002, Direct effects of acute hypoxia on the reactivity of peripheral arteries of the chicken embryo, *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 283: 331–338.
133. Rybnik P.K., Horbańczuk J.O., Naranowicz H., Łukaszewicz E., Malecki I. A., 2007, Semen collection in the ostrich (*Struthio camelus*) using a dummy or a teaser female, *Br. Poult. Sci.*, 48(5): 635–643.

134. Sahan U., Altan O., Ipek A., Yilmaz B., 2003a, Effects of some egg characteristics on the mass loss and hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *Br. Poult. Sci.*, 44(3): 380–385.
135. Sahan U., Ipek A., Yilmaz B., 2003b, The effects of storage temperature and position on embryonic mortality of ostrich (*Struthio camelus*) eggs, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 33(1): 38–42.
136. Sales J., Poggenpoel D.G., Cilliers S.C., 1996, Comparative physical and nutritive characteristics of ostrich eggs, *World's Poult. Sci. J.*, 52: 45–52.
137. Satteneni G., Satterlee D.G., 1994, Factors affecting hatchability of ostrich eggs, *Poult. Sci.*, 71(suppl. 1): 38.
138. Schalkwyk S.J., Brand Z., Cloete S.W.P., Blood J.R., 1998, The influence of different disinfection protocols on the hatching performance of ostrich eggs, in: *Proc. of the Conf. „Ratites in a competitive world”*, 21–25 September, Outshorn, South Africa, [b.w.]: 157–158.
139. Schalkwyk S.J., Brown C.R., 2002, Gas exchange of ostrich embryo during peak metabolism in relation to incubator design, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 32(2): 122–129.
140. Schalkwyk S.J., Cloete S.J., De Kock J.A., 1996, Repetability and phenotypic correlations for body weight and reproduction in commercial ostrich breeding pairs, *Br. Poult. Sci.*, 37: 953–962.
141. Schiavone A., Salvatore E., Romboli I., 2000, Osservazioni sull'incubazione artificiale ed Analisi della perdita di peso delle uova di struzzo (*Struthio camelus*), *Ann. Fac. Med. Vet. Pisa.*, 53: 101–106.
142. Shahin A.A.M., Swailam H.M., Abou-Zeid A.A., 2006, Effect of gamma irradiation on hygienic quality and chemical characteristics of dehydrated ostrich eggs, *Int. J. Agric. Biol.*, 8(2): 208–217.
143. Sheideler S.E., Sell J.L., 1997, Nutrition guidelines for ostriches and emus. University Nebraska Iowa State, *Publication*, no. 1696. Limes, Iowa, <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1696.pdf>, dostęp z 26.04.2011.
144. Simopoulos A.P., Salem N., 1992, Egg yolk as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding, *Am. J. Clin. Nutr.*, 55: 411–414.
145. Smith W.A., Cilliers S.C., Mellett F.D., Schalkwyk S.J., 1995, Nutrient requirements and feedstuff values in ostrich production, *Feed Compounder*, 9: 22–29.
146. Soliman F.N.K., Rizk R.E., Brake J., 1994, Relationship between shell porosity, shell thickness, egg weight loss and embryonic development in Japanese quail eggs, *Poult. Sci.*, 73: 1607–1611.
147. Sparks N.H.C., Deeming D.C., 1996, Ostrich eggshell ultrastructure a study using electron microscopic and X-ray diffraction, in: *Proc. an Intern. Ratite Cong.: Improving our Understanding of Ratites in a Farming Environment*, ed. D.C. Deeming, 27–29 March, University of Manchester, England, [b.w.]: 164–165.
148. Speake B.K., Murray A.M.B., Noble R.C., 1998, Transport and transformations of yolk lipids during development of the avian embryo, *Prog. Lipid Res.*, 37: 1–32.
149. Speake B.K., Surai P.F., Noble R.C., Beer J.V., Wood N.A.R., 1999, Differences in egg lipid and antioxidant composition between wild and captive pheasants and geese, *Comp. Biochem. Physiol.*, 124 B: 101–107.
150. Stadelman W.J., Pratt D.E., 1989, Factors influencing composition of the hen's egg, *World's Poult. Sci. J.*, 54: 247–266.
151. Superchi P., Sussi C., Sabbioni A., Beretti V., 2002, Italian ostrich (*Struthio camelus*) eggs: Physical characteristics and chemical composition, *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma*, 22: 155–162.
152. Surai P.F., Speake B.K., Borlotti G.R., Negro J.J., 2001, Captivity diets alter egg yolk lipids of a bird of PREY (The American Kestrel) and of a Galliformes (the Red Legged Partridge), *Physiol. Biochem. Zool.*, 74: 153–160.
153. Sussi C., Superchi P., Sabbioni A., Zambini E.M., Beretti V., Zanon A., 2003, Relationship between nutrition and reproductive efficiency in ostrich (*Struthio camelus*) yolk fatty acid content and fertility, *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma*, 23: 253–260.
154. Szczerbińska D., 1997, Skorupa jaja, a wylęgowość i ich związek z wiekiem kur, *Zesz. Nauk. AR Szczec.*, 176: 119–125.



155. Szczerbińska D., 2002. Charakterystyka użytkowości reprodukcyjnej emu (*Dromaius novaehollandiae*) ze szczególnym uwzględnieniem ultrastruktury skorupy i jej związku ze wskaźnikami wylęgowości jaj, *Rozpr. AR Szczec.*, 210.
156. Szczerbińska D., Dańczak A., 2002, Comparative analysis of ultrastructure of emu (*Dromaius novaehollandiae*) and ostrich (*Struthio camelus*) eggshell, in: *Proc. of World Ostrich Cong.*, ed. J.O. Horbańczuk, 26–29 September, Warsaw, Poland, [b.w.]: 50–55.
157. Szczerbińska D., Dańczak A., Tarasewicz Z., 1999, A relationship between emu (*Dromaius novaehollandiae*) egg quality and hatching rate, *Arch. Geflügelk.*, 63: 185–187.
158. Tilki M., Inal S., 2004, Quality traits of geese eggs. 1. Effects of goose age and storage time of eggs, *Arch. Geflügelk.*, 68(4): 182–186.
159. Trziszka T., 2000, *Jajczarstwo*, Wrocław, Wydaw. Akademii Rolniczej we Wrocławiu 2000, ISBN 83-87866-67-9.
160. Tserveni-Gousi A.S., Yannakopoulos A.L., 1995, Effect of age at sexual maturity on egg shape in pullets during the early laying period, *Poult. Sci.*, 74: 279–284.
161. Tullett S.G., 1981, Theoretical and practical aspects of eggshell porosity, *Turkeys*, 29(4): 24–28.
162. Tullett S.G., 1984, The porosity of avian eggshell, *Comp. Biochem. Physiol.*, 78A(1): 5–13.
163. Turkyilmaz M.K., Dereli E., Sahin T., 2005, Effect of shell thickness, shell porosity, shape index and weight loss on hatchability in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 11(2): 147–150.
164. Tyler C., 1953, Studies on eggshells II. A method for marking and counting pores, *J. Sci. Food. Agric.*, 10: 611–615.
165. Verwoerd D.J., Olivier A.J., Henton M.M., van der Walt M., 1998, Maintaining health and performance in the young ostrich; applications for mannanoligosaccharide, in: *Proc. of the 14<sup>th</sup> Alltech Annual Symp., Biotechnology in The Feed Industry*, eds T.P. Lyons, K.A. Jacques, Nottingham University Press: 539–553.
166. Wiercińska M., 2009, *Ocena jakości jaj i wylęgowości ptaków z podgromady Paleognathae z uwzględnieniem ultrastruktury skorupy*, rozprawa doktorska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.
167. Wiercińska M., Szczerbińska D., 2005, The ostrich and emu egg hatchability with reference to dead embryo analysis, *EJPAU* 8(4): 1–15, <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue4/art-41.html>, dostęp z 26.04.2011.
168. Wilson H.R., 1991, Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability, *World's Poult. Sci. J.*, 47: 5–20.
169. Wilson H.R., 2004, *Hatchability problem analysis*, Animal Science Department, Florida cooperative Extension Service, EDIS Web Site, <http://edis.ifas.ifl.edu>, dostęp z 26.04.2011.
170. Wnukiewicz A., 2007, *Poziom kwasów tłuszczowych i cholesterolu w jajach wylęgowych emu i przepiórek japońskich i ich wpływ na wylęgowość*, rozprawa doktorska, Akademia Rolnicza w Szczecinie.
171. Yildirim J., 2005, Effects of breeder age and pre-incubation storage of eggs on hatchability, time of hatch and relative organ weight of quail chicks at hatch, *South Afr. J. Anim. Sci.*, 35(2): 135–142.
172. Yilmaz-Dikmen B., Sahan U., 2009, The relationship among age, yolk fatty acids content, and incubation results of broiler breeders, *Poult. Sci.*, 88: 185–190.
173. Zgłobica A., Wężyk S., 1995, Relationship between external egg quality traits and hatchability of laying hens, *Rocz. Nauk. Zootech.*, 22: 113–123.
174. Zoccarato I., Guo K., Gasco L., Picco G., 2004, Effect of egg weight on ostrich (*Struthio camelus*) chick weight and growth, *Ital. J. Anim. Sci.*, 3: 7–17.

# **The quality of eggs and hatching rates of african ostriches (*Struthio camelus*) depending on the breeder age**

## **Summary**

Studies were carried out in 2006–2008 in a private ostrich farm in Jaracz, the Wielkopolska Province. Experimental material consisted of the hatching eggs of Blue Neck ostriches (5 ♂ and 10 ♀) matched into breeding triplets (1 ♂ and 2 ♀♀). For three successive laying seasons, their laying performance, egg quality and chick hatchability were analysed. Also the thickness and porosity of post-hatch eggshells were examined, which were divided into three groups:

- I – shells of the eggs from which chicks hatched unaided,
- II – shells of the eggs from which chicks hatched with assistance during hatching,
- III – shells of the eggs with dead embryo after the 21st day of incubation.

An extension of the egg-laying period was observed together with the birds' age, which had an effect on the increase of laid eggs number.

Egg physical traits and morphological composition did not undergo significant changes in successive reproduction seasons. The age of layer ostriches affected egg chemical composition, with the eggs of older birds being characterised by higher total protein and ash contents both in egg yolk and albumen as well as fat content in egg yolk.

Total cholesterol content did not undergo significant changes during the three-year study period, whereas the profile of fatty acids being found in ostrich egg yolk lipids changed significantly. The content of oleic, linoleic and alfa-linolenic acids decreased, which had bearing on a low percentage of unsaturated fatty acids in the last year of study.

A linear increase of potassium, magnesium and phosphorus contents in egg yolk was observed, whereas sodium content changed irregularly being the highest in the third laying season. Egg yolks of the youngest birds were most manganese, iron, zinc, selenium and silicon rich. The level of magnesium, potassium, iron, zinc and silicon in albumen decreased with the age of birds, whereas that of sodium, phosphorus, manganese and selenium increased. Higher accumulation of heavy metals (Pb, Cu and Cd) was found in the egg yolk and albumen of older birds.

The highest concentration of basic macro-elements building the eggshell, i.e. calcium and phosphorus, was found in the oldest birds. From among micro-elements, copper and silicon contents underwent a significant increase together with the age of layer ostriches, whereas that of iron, zinc and selenium decreased.

When analysing the reproductive ability of ostriches, an improvement in fertilisation rate was observed with the age of birds since the percentage of fertilised eggs in the second reproduction season was 86.25%, while in the fourth one increased to 91.25%.

The lowest hatching rate for fertilised eggs (76.08%) and high embryo mortality (23.19%) was observed in the second laying season. In successive reproductive seasons, the hatchability improved significantly, respectively by 11.62 and 13.62 percentage points, due to decrease of dead embryo

percentage. Also the percentage of chicks which received assistance during hatching decreased with the age of birds.

When analysing the embryo mortality curve in three successive reproductive seasons, two embryonic death peaks were distinguished – the first one to day 7, whereas the second one in the last week on incubation.

When evaluating the quality of post-hatch eggshells, it was found that the thickest eggshells (1.94–2.06 mm) were typical of the eggs in which embryos died after day 21 of incubation. The eggs from which chicks hatched unaided were characterised by higher porosity, with statistically significant differences between the analysed groups being observed in the 2nd and the 4th laying season.

# **Eierqualität und Schlupfraten der afrikanischen Strausse (*Struthio camelus*) in Abhängigkeit vom Alter der Vögel**

## **Zusammenfassung**

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum 2006–2008 auf einer privaten Straußenfarm in Jaracz (Woiwodschaft Wielkopolskie) durchgeführt. Das Versuchsmaterial stellten Bruteier der blauhalsigen afrikanischen Strauße dar (5 ♂ und 10 ♀), die in Zuchtdreier (1♂ und 2♀♀) zusammengestellt wurden. Während der 3 nacheinander folgenden Reproduktionssaisons wurden die Legeleistung, Eierqualität und Schlupfleistung der Küken bewertet. Es wurden auch die Dicke und Porosität der Schalen nach dem Schlüpfen analysiert, die in drei Gruppen eingeteilt wurden:

- I – Eierschalen aus welchen Küken selbständig gechlüpft sind
- II – Eierschalen aus welchen Küken geschlüpft sind, die eine Hilfe während des Schlüpfens aus dem Ei benötigten,
- III – Eierschalen mit Embryonen, die nach dem 21. Tag der Inkubation gestorben sind.

Mit dem wachsenden Alter der Vögel verzeichnete man eine Verlängerung der Legeperiode, welches die Erhöhung der Anzahl von gelegten Eiern zur Folge hatte.

Die physikalischen Eigenschaften und morphologische Zusammensetzung der Eier unterlagen keinen wesentlichen Änderungen in nachfolgenden Reproduktionssaisons. Das Alter der Legehennen hatte einen Einfluss auf chemische Zusammensetzung der Eier. Die Eier der älteren Vögel hatten einen höheren Gehalt an Gesamteiweiß und Asche und dies sowohl im Eigelb als auch im Eiweiß und an Fett im Eigelb.

Der Gehalt an Gesamtcholesterin unterlag während der dreijährigen Untersuchungsperiode keinen wesentlichen Änderungen, dagegen das Profil von Fettsäuren, die in Lipiden des Straußeneigelbs auftreten, änderte sich im wesentlichen Maße. Die Gehalte an Ölsäure, Linolsäure und Alpha-Linolsäure nahmen ab, was einen Einfluss auf niedrigen prozentuellen Anteil von ungesättigten Säuren im letzten Untersuchungsjahr hatte.

Es wurde ein linearer Anstieg des Kalium-, Magnesium- und Phosphorgehalts im Eigelb verzeichnet, dagegen der Natriumgehalt änderte sich unregelmässig und hatte den größten Wert in der dritten Legesaison. Der Mangan-, Eisen-, Zink-, Selen- und Siliziumreichtum war im Eigelb der jüngeren Vögel am größten. Mit dem zunehmenden Alter der Vögel nahm die Magnesium-, Kalium-, Eisen-, Zink- und Siliziummenge im Eiweiß ab und erhöhte sich die Menge von Natrium, Phosphor, Mangan und Selen. Eine größere Akkummulierung von Schwermetallen (Pb, Cu und Cd) stellte man im Eigelb und Eiweiß der älteren Vögel fest.

Die größte Konzentration der für den Aufbau der Eierschale grundlegenden Makroelemente – Calcium und Phosphor – wurde bei älteren Vögeln festgestellt. Unter den Mikroelementen erhöhte sich mit dem zunehmenden Alter von Legehennen der Gehalt an Kupfer und Silizium im wesentlichen Maße, der Gehalt an Eisen, Zink und Selen nahm dagegen ab.

Im Ergebnis der Analyse der Zeugungsfähigkeit von Straußen stellte man eine Verbesserung der Befruchtung mit dem wachsenden Alter der Vögel fest, weil im zweiten Reproduktionsjahr betrug die Rate von befruchteten Eiern 86,25% und nahm im vierten Jahr auf 91,25% zu.

Die niedrigste Schlupfrate aus befruchteten Eiern (76,08%) als auch eine hohe Sterblichkeit von Embryonen (23,19%) stellte man in der 2. Legesaison fest. Während der nachfolgenden Fortpflanzungsaisons verbesserte sich aufgrund einer geringeren Sterblichkeit von Embryonen die Schlupfrate beträchtlich – entsprechend um 11,62 und 13,65 Prozent. Mit dem wachsenden Alter der Vögel verringerte sich auch die Rate der Küken, die eine Hilfe während des Schlüpfens aus dem Ei bekamen.

Infolge der Analyse der Sterblichkeitskurve von Embryonen in 3 hintereinander folgenden Fortpflanzungsaisons wurden zwei Spitzenzeiten des Absterbens festgestellt – die erste bis zum 7. Tag und die zweite in der letzten Inkubationswoche.

Infolge der Analyse der Schalenqualität stellte man fest, dass die dickste Schale (1,94-2,06 mm) Eier hatten, in denen Embryonen nach dem 21. Tag der Inkubation starben. Eier, aus denen Küken selbständig geschlüpft sind kennzeichneten sich durch eine höhere Porosität, wobei statistisch wesentliche Unterschiede zwischen den analysierten Schalengruppen verzeichnete man in der 2. und 4. Legesaison.

Biblioteka Główna  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
Księgozbiór Przyrodniczy

WP. 1318



600-000001908

ISBN 978-83-7663-085-4