

Slepičí vaječná skořápka

K. MÍKOVÁ

VŠCHT, Praha

Tvorba a struktura skořápky

Skořápka tvoří 10–12 % hmotnosti slepičího vejce. Tloušťka skořápky je ovlivněna výživou nosnice, zejména příjmem vápníku, fosforu, manganu a vitamínu D. Schopnost slepic využívat tyto elementy při tvorbě skořápky je silně variabilní. Přebytek vápníku v krmivu vede k poklesu jeho využitelnosti, kterou ovlivňuje i zdroj vápníku. Lépe je ukládat vápník z přírodních zdrojů, např. lastur ústřic než anorganický uhličitán napětatý. Pro správnou tvorbu skořápky je nutný i optimální poměr přijímaného vápníku a fosforu. Fosfor musí být zastoupen v krmné směsi v množství 0,75–0,85 % a krmná směs musí obsahovat dostatek vitamínu D.

Tloušťka a pevnost skořápky je důležitým jakostním znakem vajec. Negativní vliv na tvorbu skořápky má i medikace nosnic sulfonamidy, nebo některými kokcidostatiky. Tloušťka skořápky se mění se stářím nosnice v průběhu snáškového cyklu a v závislosti na intenzitě snášky.

Skořápka se tvoří ve vejcovodu. Tvorba začíná v krčku vejcovodu, kde navazuje na tvorbu podskořápkových blan a pokračuje v děložce. Celý proces trvá asi 20 hodin. Složením se skořápka liší od ostatních částí vejce. Obsahuje pouze 1,6 % vody, ze zbývajících 98,4 % sušiny připadá 95,1 % na minerální látky a 3,3 % na organické složky, zejména proteiny. Lipidy a sacharidy jsou přítomny pouze ve stopách. Proporcionální zastoupení složek skořápky se u jednotlivých ptačích druhů liší.

Struktura skořápky není homogenní. Je tvořena organickou hmotou zvanou matrix, která sestává z vláken kolagenní povahy a granulí. Vlákná vytváří jemnou síť (kosturu) prostupující celou skořápkou. Tato kostura je vyplněna anorganickou hmotou, v níž převládá uhličitán vápenatý (cca 98 %) a zbytek připadá na uhličitán hořečnatý a fosforečnan vápenatý. Hořečnaté soli a fosfáty se nacházejí především ve vnitřních částech skořápky, čistý uhličitán vápenatý pak ve vnějších částech. Vnější vrstva skořápky je tvrdší a kompaktnější, krystaly uhličitánu vápenatého jsou orientované kolmo k povrchu skořápky.

Skořápka se skládá ze dvou základních vrstev. Při tvorbě skořápky se nejprve vytvářejí na vnější podskořápkové bláně mamilární jádra bílkovinné povahy, která fungují jako krystalizační centra. Na ně navazuje mamilární vrstva. Její tloušťka je

přibližně 70 μ , z ní asi 20 μ prorůstá do vnější podskořápkové blány. Mamilární vrstva se skládá z mamil, které k sobě těsně přiléhají a tvoří pevný, i když křehký základ pro vnější vrstvy skořápky. Mamilární vrstva je tvořena organickou hmotou, složenou hlavně ze sirných proteinů a mukopolysacharidů, která je obklopena nepravidelnými anorganickými nekystalickými kónickými útvary (mamilami) rostoucími všemi směry. Mezi nimi procházejí kanálky. Mamilární jádra jsou umístěna uprostřed spodních částí mamil a seskupují se do různých útvarů. Pravidelné útvary zaručují lepší strukturu a tím i pevnost skořápky. Tvar a velikost mamil jsou charakteristické pro každý ptačí druh.

Na mamilární vrstvu navazuje vrstva spongiózní, tvořená především krystalickým uhličitánem vápenatým. Krystaly mají podobu sloupovitých útvarů zvaných palisády. Jejich průměr je 50–100 μ a u dobře vyvinuté skořápky tvoří pravidelné shluky mezi kterými procházejí kanálky ústící na povrchu skořápky jako póry. Palisády jsou orientovány kolmo k povrchu vejce. Vlákná

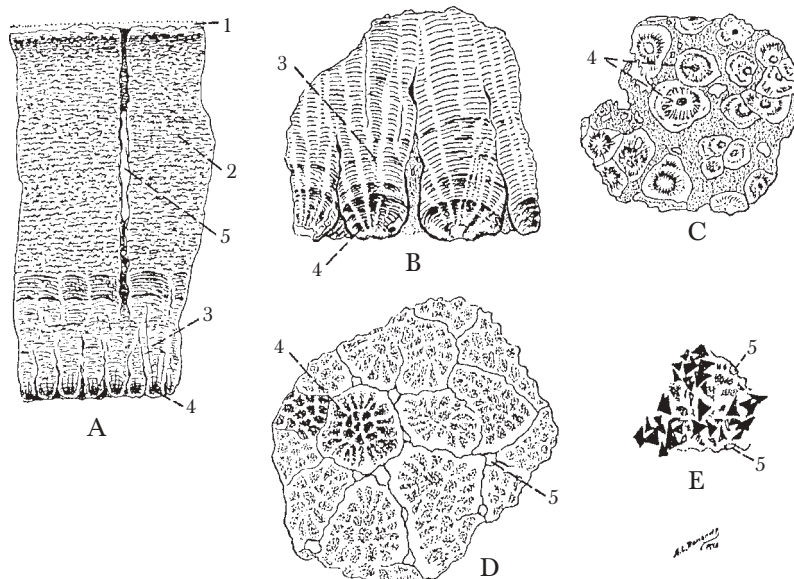
matrix procházejí krystalickými útvary (palisádami), ale nejsou rozmístěna rovnoměrně. Proteiny matrix ve spongiózní vrstvě tvoří tři rozdílné zóny, které se liší složením. Nejširší zóna přiléhá k mamilární vrstvě, úzká zóna je na povrchu skořápky a ve středu skořápky je zóna střední tloušťky.

Povrch palisád tvoří horní krystalická vrstva tloušťky 3–8 μ . Tato vrstva se skládá z menších útvarů než palisádová vrstva a její krystalická struktura je hustší. Tloušťka celé spongiózní vrstvy je 200–300 μ .

Poslední vrstvou skořápky je *kutikula*. Kutikula je tvořena převážně proteiny doprovázenými malým množstvím sacharidů a lipidů. Sestává ze dvou i více vrstev tloušťky 0,5–12,8 μ . Její celková tloušťka je značně variabilní a liší se u různých ptačích druhů. Složky kutikuly tvoří zrnkovité útvary průměru asi 1 μ , které se ukládají nejprve kolem vláken matrix a v místech, kde ústí póry. Současně s tvorbou kutikuly se vylučují i barevné pigmenty, které charakterizují skořápku z hlediska barvy. Pigmenty se ukládají ve vnitřní krystalické vrstvě kutikuly. Patří mezi ně deriváty pyro-

Obr. 1
Struktura vaječné skořápky.

A – průřez (zvětšeno 15krát), B – výsek mamilární vrstvy, C, D – tangenciální průřez mamilami, E – tangenciální průřez jednotlivou mamilou.
1 – povrch skořápky, 2 – spongiózní vrstva, 3 – mamilární vrstva, 4 – mamilární jádra, 5 – kanálky (póry)



lu – protoporfyrin, ovoporfyrin, biliverdin, bilirubin a jejich zinečnaté cheláty.

Kutikula pokrývá celý povrch vejce a zakrývá póry, čímž částečně brání odpařování vody z vejce a chrání před průnikem mikroorganismů a nečistot z vnějšího prostředí do vejce. Po snesení vejce je vlhká, postupně zasychá a stává se křehkou a propustnou.

Póry jsou vyústěním kanálků na povrchu skořápky. Kanálky a póry umožňují látkovou výměnu mezi vaječným obsahem a prostředím. Množství pórů se pohybuje mezi 7 000 až 17 000, jejich průměr je 15–65 μ . Na skořápce jsou rozloženy nerovnoměrně, nejméně pórů je ve středu ostrého konce vejce, nejvíce pórů je na tupém konci vejce, kde se nachází vzduchová bublina. Průřez skořápkou je uveden na *obrázku 1*.

Chemické složení skořápky

Základem organické matrix jsou proteiny. Mezi tři nejvýznamnější patří ovoalbumin, ovokleidin (OC17) a osteopontin. Ovoalbumin je totožný s ovoalbuminem bílku a nachází se v mamilární vrstvě a krystalizačních jádrech. Hraje specifickou roli při iniciaci mineralizace. Ovokleidin je rozpustný protein, který se nachází v mamilární vrstvě a palisádách. Osteopontin je fosforylovaný glykoprotein, jehož obsah je nejvyšší v době kalcifikace. Mimo těchto proteinů byly ve skořápce, kutikule i podskořápkových blanách identifikovány i lysozym, ovotransferin, kolagen (typ I, V a X) a různé proteoglykany. Elektroforézou byly zjištěny ještě další dosud neidentifikované proteiny s nižší molekulovou hmotností (15, 17, 20, 25, 32, 36 a 66 kDa) a vyšší molekulovou hmotností (116, 150 a 180 kDa), u nichž se předpokládá účast na kalcifikaci skořápky.

Z ostatních organických složek se ve skořápce a především v kutikule nachází 0,045 % lipidů, v podskořápkových blanách 1,35 % lipidů. Jedná se hlavně o neutrální lipidy, tj. mono-, di- a triacylglyceroly, cholesterol a jeho estery a volné mastné kyseliny. Méně

významně je zastoupena polární frakce, tj. fosfolipidy a cerebrosidy. Ve skořápce převládají nasycené mastné kyseliny (palmitová a stearová) a z nenasyčených kyselina olejová. V podskořápkových blanách je zastoupena hlavně kyselina linolová.

Ze sacharidů připadá největší podíl na polysacharidy s vysokým obsahem síry (sulfátů). V podskořápkových blanách se na strukturně podílí především vlákna keratan sulfátu a dermatan sulfátu, která se nacházejí i v mamilární vrstvě, kde vážou vápník. V menší míře jsou zastoupeny i chondroitin-4-sulfát, chondroitin-6-sulfát a kyselina hyaluronová. V kutikule je hojně zastoupen mucin. Některé nízkomolekulární sacharidy (např. D-galaktóza, D-manóza, D-glukózamin) se nacházejí vázané v glykoproteinech.

Hlavní složkou skořápky jsou minerální látky. Skořápka obsahuje cca 2,25 mg minerálních látek, z nichž připadá na vápenaté soli 98 %. Zbytek tvoří fosfor, hořčík, stopy železa, síry a manganu. Minerální látky skořápky jsou biologicky dobře využitelné, proto se skořápky používají do krmných směsí pro prasata a drůbež. Podmínkou však je jejich sterilace vysokými teplotami před použitím, neboť skořápky bývají kontaminovány řadou mikroorganismů včetně patogenních, zejména pak rodem *Salmonella*, který se při nedostatečné inaktivaci může konzumací skořápek přenášet.

Literatura u autorky

Dodatek redakce:

Stančíková M. et al. Biomin H v prevenci a léčbě osteoporózy. *Rheumatologia* 2003;17:55–67.

Adresa:

Doc. Ing. Kamila Míková, CSc.
Ústav chemie a analýzy potravin
VŠCHT
Technická 3
166 28 Praha 6