



UDC 636.597:611.34.018

## Peculiarities of the microscopic structure of the cecum of ducks

D. S. Makhotina, M. M. Kushch, O. S. Miroshnykova

Kharkiv State Zooveterinary Academy, Ukraine

### Article info

Received 12.10.2020

Received in revised form  
09.11.2020

Accepted

15.11.2020

Kharkiv State Zooveterinary  
Academy,  
1, Academichna Str.,  
Mala Danylivka, Dergachi  
district, Kharkiv region,  
Ukraine, 62341

E-mail: [dr.kushch@meta.ua](mailto:dr.kushch@meta.ua)

Makhotina, D. S., Kushch, M. M., & Miroshnykova, O. S. (2020). Peculiarities of the microscopic structure of the cecum of ducks. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 6, 56-63. DOI: 10.31890/vttp.2020.06.10.

According to the literature review, there have been paid less attention to the peculiarities of the large intestine of domestic birds than to the small intestine. The cecum is studied mainly in terms of their microbiome and assessment of the state of the immune system through the study of the structure and cell composition of lymphoid formations. Researchers note the role of the cecum in productivity, maintaining the health and well-being of animals. The aim of the paper was to study the features of the microscopic structure of the caecum of ducks in the first year of the postnatal ontogenesis period. Determination of morphometric parameters of microstructures was performed on histological specimens from a cross section of the middle caecum of ducks 1-, 3-, 7-, 14- and 21-days old, 1-, 2- and 6-month old and 1-year-old. Active morphogenesis of intestinal microstructures was observed in 1-3-day-old ducks, as evidenced by the process of villi and crypt formation. The older ducks, their main feature of the microscopic structure of the cecum anatomy was the increase with age of their morphometric parameters, which was uneven and asynchronous. However, the density of villi and crypts did not change with the age of the bird. The indexes of adult birds morphometric parameters of the ducks cecum corresponded at different ages: the diameter of the intestine, the thickness of the serous membrane, the density of villi, the depth of the crypt – In 1 year; villi width – In 6-month; the thickness of the intestinal wall, its mucous membrane, the density of villi, their surface area, the height of the epithelium of the crypt – In 1 month; the height of the villi and their epithelium, the thickness of the muscular membrane and muscle plate - in 21 days; width and density of crypts – at 3 days sold. The most intensive increase in morphometric parameters of the caecal microstructures occurred in the first month of the postnatal period of ontogenesis, during which they changed most rapidly in the first week.

**Key words:** ducks, postnatal period of ontogenesis, cecum, histological structure.

## Особенности микроскопического строения слепых кишок уток

Д. С. Махотина, Н. Н. Куш, О. С. Мирошникова

Харьковская государственная зооветеринарная академия, Украина

Как показывает обзор литературы, особенностям толстого отдела кишечника домашних птиц исследователи уделяют меньше внимания, чем тонкому. Слепые кишки исследуются преимущественно с точки зрения их микробиома и оценки состояния иммунной системы путем изучения особенностей строения и клеточного состава лимфоидных образований. Исследователи отмечают роль слепых кишок в продуктивности, поддержке здоровья и благополучия животных. Целью работы было исследование особенностей микроскопического строения слепых кишок уток в первый год постнатального периода онтогенеза. Определение морфометрических показателей микроструктур выполняли на гистологических препаратах с поперечного среза среднего участка слепых кишок уток 1-, 3-, 7-, 14- и 21-суточного, 1-, 2- и 6-месячного и 1-летнего возраста. У уток 1–3-суточного возраста наблюдали активный морфогенез микроструктур кишечника, о чем свидетельствовал процесс образования ворсинок и крипт. У уток старшего возраста основной особенностью микроскопического строения структур слепых кишок было увеличение с возрастом их морфометрических параметров, которое носило неравномерный и асинхронный характер. Однако, показатели плотности ворсинок и крипт с возрастом птицы почти не менялись. Значениям взрослой птицы морфометрические показатели слепых кишок уток отвечали в разном возрасте: диаметр кишки, толщина серозной оболочки, плотность ворсинок, глубина крипт – в 1-летнем; ширина ворсинок – в 6-месячном; толщина стенки кишки, ее слизистой оболочки, плотность ворсинок, площадь их поверхности, высота эпителия крипт – в 1-месячном; высота ворсинок и их эпителия, толщина мышечной оболочки и мышечной пластинки – в 21-суточном; ширина и плотность крипт – в 3-дневном возрасте. Наиболее

*интенсивно увеличение морфометрических показателей микроструктур слепых кишок происходило в первый месяц постнатального периода онтогенеза, в течение которого наиболее быстро они менялись в течении первой недели.*

**Ключевые слова:** *утки, постнатальный период онтогенеза, слепые кишки, гистологическое строение.*

## **Особливості мікроскопічної будови сліпих кишок качок**

**Д. С. Махотіна, М. М. Куц, О. С. Мірошнікова**  
*Харківська державна зооветеринарна академія, Україна*

*Метою роботи було визначити особливості мікроскопічної будови сліпих кишок качок упродовж першого року постнатального періоду онтогенезу. Загальною закономірністю змін морфометричних показників мікроструктур сліпих кишок качок було їх збільшення, яке носило асинхронний характер. Значенням дорослої птиці параметри сліпих кишок качок відповідали в різному віці: в 1-річному – діаметр кишки, товщина серозної оболонки, щільність ворсинок, глибина крипт; у 6-місячному – ширина ворсинок; в 1-місячному – товщина стінки кишки, її слизової оболонки, щільність ворсинок, площа їх поверхні, висота епітелію крипт; в 21-добовому – висота ворсинок і їх епітелію, товщина м'язової оболонки і м'язової пластинки; у 3-добовому віці – ширина і щільність крипт. Найбільш інтенсивно такі зміни відбувались у перший місяць постнатального періоду онтогенезу, упродовж якого найбільш швидко вони змінювались у перший тиждень.*

**Ключові слова:** *качки, постнатальний період онтогенезу, сліпі кишки, гістологічна будова.*

### **Вступ**

Як свідчить огляд літератури, особливостям товстого відділу кишечнику свійських птахів дослідники приділяють менше уваги, ніж тонкому (Barniol, & Ferrer, 1997; Noy, Geyra, & Sklan, 2001; Ao, & Kim, 2020; Mitjans). Морфологічні параметри дванадцятипалої, порожньої і клубової кишок використовують як маркери стану кишкового здоров'я і продуктивності, для оцінки впливу компонентів корму на стан органів травлення. Висота ворсинок і глибина крипт тонкої кишки, їх відношення є важливими показниками розвитку кишечнику і здоров'я тварин і, як такі, що впливають на перетравлення і всмоктування поживних речовин (Wang, & Peng, 2008; Cutrignelli et al., & Bovera, 2018; Rodjan et al., 2018; Xue, Varekatain, Wu, Choct, & Swick, 2018).

Сліпі кишки птахів, що розташовані на стику клубової і прямої кишки, гомологічні сліпій кишці у ссавців. Вважається, що розмір сліпої кишки залежить від типу живлення, при цьому у фауноїдних видів птахів сліпі кишки є короткими, а в травоїдних – довгими (Hunt, Al-Nakkash, Lee, & Smith, 2019).

У більшості видів птахів кишки розташовані латерально або вентролатерально на стику тонкого і товстого кишечнику. У деяких видів вони відкриваються в пряму кишку вентрально або дорсально. У багатьох чапель присутня тільки одна сліпа кишка, а у птиці-секретаря є дві пари сліпих кишок. Сліпі кишки відсутні у дятлів, колібри, стрижив, зимородків, голубів, зозуль і папуг. За довжиною їх можна розділити на довгі, помірно або слабо розвинені і рудиментарні. У більшості птахів сліпі кишки являють собою прості трубчасті структури з невеликими варіаціями форми. Однак у деяких видів птахів: страуса, ківі, деяких тінамусів, червоношиїх гагар, крикунів, сатирів-трагопанів, великих дрохв і морських тетеревів, сліпі кишки мають дивертикули (McLelland, 1989).

Роль сліпих кишок птахів у підтримці здоров'я кишечнику вивчена недостатньо (Svihus, Choct, & Classen, 2013). Сліпі кишки досліджуються переважно з точки зору їх мікробіому і оцінки стану імунної системи через дослідження особливостей будови і клітинного складу лімфоїдних утворень. Мигдалики сліпих кишок є важливою складовою GALT – лімфоїдної тканини, що пов'язана з слизовою оболонкою травного каналу (Casteleyn et al., 2010). Параметри клітинних та

тканинних структур сліпих кишок сильно варіюють під час онтогенезу (Ali, Mokhtar, Ali, Wassif, & Abdalla, 2019).

У той же час, дослідники зазначають особливу роль сліпих кишок у продуктивності, підтриманні здоров'я і благополуччя тварин (Stanley, Geier, Chen, Hughes, & Moore, 2015).

У порівнянні з іншими кишками, сліпі кишки мають значні структурні і функціональні особливості. Так, сліпі і порожня кишка качок по-різному реагують змінами морфології і мікробіоти на температурний стрес (He et al., 2019). Багатофакторний аналіз показав, що різноманітність, таксономічний склад і функціональний профіль мікробіоти клубової і сліпих кишок птахів відрізнялись за використання антибіотику авіламіцину (Choi et al., 2018).

Великі і тривалі скорочення сліпої кишки є руйнівними, а короткочасні скорочення є антиперистальтичними, які відповідають за наповнення сліпої кишки вмістом товстої кишки і за рефлюкс сечі через товсту кишку (Duke, 1989). У порожнині кишок реабсорбуються солі і вода, а сечова кислота і вуглеводи обробляються численною мікрофлорою до аміаку і летких жирних кислот і амінокислот (Svihus, Choct, & Classen, 2013; Pandit et al., 2018). Харчові волокна травними ферментами птахів не гідролізуються. У той же час, їх ферментує резидентна анаеробна мікрофлора (Jozefiak et al., 2010). Сліпі кишки є місцем всмоктування Натрію, двоокису Вуглецю (Goldstein, 1989; Pandit et al., 2018). Сліпі кишки важливі для відновлення амінокислот після деградації ендогенного білка (Chaplin, 1989). Таким чином, сліпа кишка має важливе значення для харчового статусу птиці (Karasawa, 1989; Svihus, Choct, & Classen, 2013).

Особливе значення сліпих кишок – у перетравленні рослинної клітковини, що важливо для птахів, які живляться рослинами (Remington, 1989; He, Meng, Li, Zhang, & Ren, 2015). Слід зазначити лабільність будови сліпих кишок у диких видів птахів – їх суттєве і швидке подовження під час переходу з живлення зернами рослин до живлення кормом з великим вмістом клітковини (Moss, 1989).

Сліпі кишки курчат є найбільш густонаселеними мікрофлорою шлунково-кишкового тракту. Існує кореляція між складом мікробіоти сліпої кишки і ефективністю господаря використовувати енергію раціону. Мікробіота сліпої кишки значно змінюється за дієтичного живлення (Chen et al., 2019).

Мікробний склад у сліпій кишці суттєво відрізняється від такого в дванадцятипалій кишці і посліді. Він має найбільше різноманіття у порівнянні із іншими кишками птахів, що свідчить про важливу роль мікробіоти сліпої кишки як у процесах травлення, так і імунного захисту (Yan, Sun Yuan, & Yang, 2017). Вивчення мікробної популяції кишечника стало важливою галуззю досліджень, що спрямовані на поліпшення здоров'я тварин (Mandal, Saha, & Das, 2015).

Мікробіота і морфологія товстого відділу кишечника качок дуже швидко віддзеркалює умови утримання, у т.ч., тип підлоги, на якій їх утримують (Wang et al., 2018). Із віком курчат-бройлерів вміст мікрофлори їх сліпих кишок значно змінюється (Oakley et al., 2014). Використання пробіотику і антибіотику мало суттєвий вплив на морфологію і склад мікробіоти сліпих кишок качок (Xing et al., 2015). Додавка до раціону курчат-бройлерів препарату *Bacillus subtilis* 29784 сприяла збільшенню живої маси і висоти ворсинок сліпих кишок (Jacquier et al., 2019).

Склад мікробіоти кишечника тісно пов'язаний з феноменом руйнівного клювання пір'я і моторикою кишечника, що дає можливість використовувати пробіотики для контролю такої поведінки (van Staaveren et al., 2020). Дисбактеріоз сліпих кишок у курей-несучок може бути причиною фіброзу печінки і стеатогепатиту (Hamid et al., 2019).

Отже, огляд літератури свідчить про важливе значення сліпих кишок птахів у процесах травлення і імунного захисту, які мають суттєві відмінності від інших кишок організму. У той же час, особливості їх мікроскопічної будови залишаються мало вивченими. Серед різних видів сільськогосподарської птиці найбільш дослідженими є сліпі кишки курчат-бройлерів. Фрагментарний обсяг даних наукової літератури щодо мікроскопічної будови сліпих кишок качок свідчить про недостатню розробку питань їх вікової морфології, що й обумовило мету роботи.

**Мета роботи** – визначити особливості морфофункціональної організації сліпих кишок качок упродовж першого року постнатального періоду онтогенезу.

### Матеріал і методи досліджень

Для досліджень шматочки з середньої ділянки сліпих кишок свійських качок (*Anas platyrhynchos domesticus*) чорної білогруді породи (n=5) відбирали від 9 груп: 1-, 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2-, 6-місячного та 1-річного віку. Дані ділянки лімфоїдних утворень не містили. Каченят 1-добового віку, яких було отримано в Державній дослідній станції птахівництва НААНУ, утримували в пташнику ХДЗВА. Під час досліді птиці згодували стандартний повнораціонний комбікорм згідно з ДСТУ 4120-2002, вона мала вільний доступ до води. Утримання качок та маніпуляції з ними виконували відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовують для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986).

Отриманий матеріал фіксували у 8 %, а через добу – в 10 % розчині нейтрального формаліну. Після зневоднення в спиртах шматочки кишок заливали в парафін. Парафінові гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, а також за Маллорі.

Морфометричні параметри мікроструктур встановлювали на поперечних зрізах кишок за допомогою окулярної сітки, а також програми *Image Tools 3.6*. Площу поверхні ворсинок визначали за Iji P.A. et al. (2001). Щільність крипти і ворсинок визначали з перерахунком на 1 мм довжини слизової оболонки. Для оцінки вікових змін морфометричних параметрів кишок

птиці їх завжди порівнювали з такими меншого віку. Згідно з ВНТП-АПК-05.05 до групи молодняка качок належить птиця віком від 1-добу до 6-місяців включно, до дорослої птиці – старша 6-місячного віку. Тому для оцінки розвитку окремих мікроструктур кишечника їх порівнювали з такими качок 1-річного віку.

Оцінку достовірності різниці морфометричних показників виконували за критерієм Ст'юдента.

### Результати та їх обговорення

Діаметр сліпих кишок качок чорної білогруді породи 1-добового віку становив  $1,05 \pm 0,04$  мм, товщина стінки –  $271,02 \pm 12,34$  мкм (табл. 1). У стінці кишок нами було виділено три оболонки: слизову, м'язову і серозну, що узгоджується з загальними закономірностями будови його стінки (Turk, 1982; Gabriel, & Mallet, 2003). Товщина слизової оболонки становила  $177,87 \pm 7,36$  мкм, м'язової оболонки –  $88,78 \pm 4,22$  мкм, серозної –  $4,37 \pm 0,18$  мкм. Відносна товщина слизової оболонки сліпих кишок качок 1-добового віку становила 65,63 %, м'язової – 32,76 %, серозної – 1,61 %.

На поперечному зрізі стінки сліпих кишок качок 1-3-добового віку помітні кілька складок слизової оболонки, кожна з яких містила закладки ворсинок, що нагадувала дубовий лист. Наявність таких складок із закладками ворсинок вказує на активні процеси морфогенезу мікроструктур кишечника, що продовжуються на ранніх етапах постнатального періоду онтогенезу. У цьому ж віці качок добре помітний процес формування крипти у стінці сліпих кишок, про що свідчать неглибокі і широкі заглибини епітеліального шару у власну пластинку слизової оболонки.

Епітеліальний шар і власна пластинка слизової оболонки кишки утворювали короткі ворсинки, що мали висоту  $113,02 \pm 5,07$  мкм (табл. 2), а також крипти, що представляли собою пальцеподібної форми занурення епітелію у власну пластинку, глибина яких становила  $62,53 \pm 3,34$  мкм (табл. 3). Щільність ворсинок становила  $14,38 \pm 0,64$ , крипти –  $10,23 \pm 0,41$  на 1 мм слизової оболонки, а їх ширина –  $32,53 \pm 1,30$  і  $37,51 \pm 1,62$  мкм відповідно. Епітелій ворсинок утворений одношаровим однорядним призматичним облямівковим епітелієм, у складі якого виявляли облямівкові ентероцити, а також келихоподібні клітини. Більшість епітеліоцитів крипти представлена клітинами без облямівки, а також ендокринними клітинами гастроентеропанкреатичної системи. Висота епітеліоцитів ворсинок і крипти становила відповідно  $10,37 \pm 0,51$  і  $6,80 \pm 0,24$  мкм.

Основа ворсинок представлена пухкою волокнистою сполучною тканиною, в якій переважала аморфна речовина. У ній виявляли тонкі колагенові фібрили, клітини фібробластичного ряду з великими світлими ядрами, лейкоцити, серед яких переважали лімфоцити, тканинні базофіли. У порожнині кровоносних капілярів були чітко помітні овальної форми еритроцити з ядрами.

Під дном крипти розташована вузька м'язова пластинка, що складалась переважно з одного шару гладких м'язових клітин, що мали поздовжній напрямок. Товщина м'язової пластинки становила  $2,32 \pm 0,11$  мкм.

Між м'язовою пластинкою слизової оболонки і м'язовою оболонкою, а також в зовнішньому шарі м'язової оболонки виявляли елементи нервових сплетінь – нервові вузли і пучки нервових волокон. Нервові вузли підслизового (Мейснера) і м'язової оболонки (міентерального, Ауербаха) сплетіння мали переважно овальну форму і чітко виділялися на тлі інших мікроструктур стінки кишки. До складу нервових вузлів входили кілька тіл нервових клітин мультиполярного типу і нервові волокна.

М'язова оболонка стінки сліпих кишок качок 1-добового віку складалась з двох шарів: більш товстого внутрішнього з переважно циркулярним напрямком розташування гладких м'язових клітин і менш товстого – зовнішнього, з переважно поздовжнім їх напрямком, товщиною відповідно  $76,25 \pm 3,21$  і  $12,53 \pm 0,55$  мкм (табл. 4). Відносна товщина внутрішнього шару становила 85,89 %, зовнішнього – 13,11 %. Між собою шари м'язової оболонки сполучались тонкими прошарками пухкої волокнистої сполучної тканини.

Серозна оболонка кишки представлена тонкою сполучнотканинною пластинкою, вкритою одношаровим плоским епітелієм – мезотелієм.

Порівняно з качками 1-добового віку, у птиці 3-14-добового віку в пухкій волокнистій сполучній тканині власної пластинки слизової оболонки, а також між шарами м'язової оболонки був більшим уміст колагенових волокон і клітин фібробластичного ряду, тканинних базофілів і лімфоцитів. Уздовж ворсинок гладкі м'язові клітини розташовувались у вигляді кількох вузьких тяжів. Крім пухкої сполучної тканини, крипти між собою відокремлені вузькими тяжами гладких м'язових клітин. Крім того, такі тяжі у вигляді тонкого поясу оперізували донну частину крипт. Порівняно з меншим віком качок у складі власної пластинки в більшій кількості виявляли судини мікроциркуляторного русла, переважно артеріоли і вени.

Порівняно з попереднім віком, у качок 3-, 7-, 14-, 21-добового, 2-, 6-місячного і 1-річного віку діаметр сліпих кишок був більшим відповідно на 5,7; 23,4 ( $p \leq 0,05$ ); 15,3; 2,5; 56,2 ( $p \leq 0,001$ ); 186,7 ( $p \leq 0,001$ ) і 58,4 % ( $p \leq 0,001$ ), а 1-місячного – меншим на 19,8 % ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1). У 3-, 7-, 14-, 21-добовому, 1- і 2-місячному і 1-річному віці товщина стінки кишки була більшою відповідно на 14,7; 25,9 ( $p \leq 0,05$ ); 2,0; 50,4 ( $p \leq 0,001$ ); 10,5; 20,6 ( $p \leq 0,05$ ); 23,8 ( $p \leq 0,05$ ) і 9,3 % (рис. 2). У 6-місячному віці цей показник був меншим на 17,3 % ( $p \leq 0,05$ ).

У 3-, 7-, 14-, 21-добовому, 1- і 2-місячному і 1-річному віці товщина слизової оболонки кишок була більшою відповідно на 13,7; 40,2 ( $p \leq 0,001$ ); 0,9; 54,1 ( $p \leq 0,001$ ); 11,6; 11,0 ( $p \leq 0,05$ ); 23,8 ( $p \leq 0,05$ ) і 11,6 % (рис. 2). У 6-місячному віці цей показник був меншим такого качок меншого віку на 19,4 % ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 3).

Відносна товщина слизової оболонки сліпих кишок збільшувалась з 1-добового до 2-місячного віку, відповідно з 65,63 % до 75,70 %. У старшої птиці цей показник визначали в межах 73,87-75,46 %.

Потовщення слизової оболонки кишок відбувалось переважно за рахунок збільшення висоти ворсинок і, меншою мірою, глибини крипт.

Як відомо, основною структурою кишечника є комплекс ворсинка-крипта (Mitjans, Barniol, & Ferrer, 1997; Walton et al., 2012). У качок 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2-місячного і 1-річного віку висота ворсинок була більшою значень птахів меншого віку відповідно на 46,0 ( $p \leq 0,001$ ), 18,3 ( $p \leq 0,05$ ); 79,2 ( $p \leq 0,001$ ); 12,7; 16,6 ( $p \leq 0,05$ ) і 5,8 % (рис. 4). У 3-добовому і 6-місячному віці качок цей показник був меншим відповідно на 1,5 і 32,3 % ( $p \leq 0,001$ ).

Ширина ворсинок найменше значення мала в птиці 1-добового віку і становила  $32,53 \pm 1,30$  мкм. До 6-місячного віку вона збільшувалась, сягаючи при цьому максимального значення, яке становило  $188,66 \pm 7,33$  мкм. Порівняно з молодшою птицею, в 3-, 7-, 14-, 21-добовому, 1-, 2- і 6-місячному віці цей показник був більшим, відповідно на 54,7 ( $p \leq 0,001$ ); 64,0 ( $p \leq 0,001$ ); 22,4 ( $p \leq 0,05$ ); 19,6 ( $p \leq 0,01$ ); 5,2 і 21,6 % ( $p \leq 0,05$ ). У качок 1-річного віку ширина ворсинок була меншою такої птиці 6-місячного віку на 8,5 %.

Висота епітеліального шару ворсинок сліпих кишок найменше значення мала у качок 1-добового віку. Цей показник збільшувався до 1-місячного віку, сягаючи при цьому максимального значення –  $24,83 \pm 0,54$  мкм. Порівняно з попереднім, у качок 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1- і 6-місячного, 1-річного віку він був більшим відповідно на 57,6 ( $p \leq 0,001$ ); 7,7; 11,6 ( $p \leq 0,05$ ); 26,4 ( $p \leq 0,001$ ); 9,5 і 16,6 % ( $p \leq 0,05$ ). У качок 2-місячного віку він був меншим на 24,6 % ( $p \leq 0,01$ ).

Площа поверхні ворсинок дванадцятипалої кишки качок 1-добового віку становила  $3,68 \pm 0,12 \times 10^3$  мкм<sup>2</sup>. У птиці 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1- і 2-місячного віку цей показник був більшим такого меншого віку відповідно на 52,2 ( $p \leq 0,001$ ); 139,6 ( $p \leq 0,001$ ); 45,3 ( $p \leq 0,001$ ); 117,9 ( $p \leq 0,001$ ); 34,8 і 22,6 % ( $p \leq 0,05$ ) і становив відповідно  $5,60 \pm 0,17 \times 10^3$ ;  $13,42 \pm 0,61 \times 10^3$ ;  $19,50 \pm 0,62 \times 10^3$ ;  $42,50 \pm 1,67 \times 10^3$ ;  $57,28 \pm 2,28 \times 10^3$  і  $70,24 \pm 3,77 \times 10^3$  мкм<sup>2</sup> (рис. 5). У качок 6-місячного і 1-річного віку значення цього показника були меншими попереднього віку відповідно на 17,7 і 3,2 %.

Щільність ворсинок сліпих кишок качок з 1-добового до 3-добового віку збільшилась на 4,6 %, надалі з 3-добового до 2-місячного віку качок цей показник зменшувався, відповідно у 7-, 14-, 21-добовому, 1- і 2-місячному віці на 41,8 ( $p \leq 0,001$ ); 9,9; 35,0 ( $p \leq 0,001$ ); 9,6 і 10,8 % (рис. 6). У 6-місячному віці щільність крипт була більшою на 2,9 %, в 1-річному віці – меншою на 5,6 % і становила відповідно  $4,25 \pm 0,13$  і  $4,01 \pm 0,19$  на 1 мм довжини слизової оболонки.

Таблиця 1

**Морфометричні показники стінки сліпих кишок качок чорної білогруді породи 1-добового – 1-річного віку,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Вік	Діаметр кишки, мм	Товщина стінки кишки, мкм	Товщина слизової оболонки, мкм	Відносна товщина слизової оболонки, %	Товщина серозної оболонки, мкм
1 доба	$1,05 \pm 0,04$	$271,02 \pm 12,34$	$177,87 \pm 7,36$	65,63	$4,37 \pm 0,18$
3 доби	$1,11 \pm 0,08$	$310,94 \pm 14,85$	$202,32 \pm 9,54$	65,07	$5,11 \pm 0,17^*$
7 діб	$1,37 \pm 0,07^*$	$391,33 \pm 20,07^*$	$283,65 \pm 11,64^{***}$	72,48	$5,80 \pm 0,18^*$
14 діб	$1,58 \pm 0,07$	$399,29 \pm 12,82$	$286,20 \pm 9,86$	71,68	$5,31 \pm 0,20$
21 доба	$1,62 \pm 0,06$	$600,58 \pm 27,30^{***}$	$440,98 \pm 17,31^{***}$	73,43	$7,72 \pm 0,22^{***}$
1 міс.	$1,30 \pm 0,08^*$	$663,46 \pm 24,92$	$489,27 \pm 22,06$	73,74	$7,06 \pm 0,17$
2 міс.	$2,03 \pm 0,09^{***}$	$800,07 \pm 36,47^*$	$605,69 \pm 29,94^*$	75,70	$7,76 \pm 0,19$
6 міс.	$5,82 \pm 0,21^{***}$	$661,27 \pm 37,08^*$	$488,47 \pm 24,73^*$	73,87	$8,84 \pm 0,24$
1 р.	$9,22 \pm 0,36^{***}$	$722,76 \pm 22,84$	$545,36 \pm 22,90$	75,46	$8,95 \pm 0,34$

Примітка: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$  у порівнянні з попереднім віком.

**Морфометричні показники ворсинок сліпих кишок качок чорної білогруді породи 1-добового – 1-річного віку,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Вік	Щільність, на 1 мм	Висота, мкм	Ширина, мкм	Площа поверхні, $\times 10^3$ , мкм <sup>2</sup>	Висота епітелію, мкм
1 доба	14,38±0,64	113,02±5,07	32,53±1,30	3,68±0,12	10,37±0,51
3 доби	15,04±0,72	111,34±4,38	50,34±2,05***	5,60±0,17***	16,34±0,62***
7 діб	8,75±0,66***	162,52±6,64***	82,58±3,81***	13,42±0,61***	17,60±0,47
14 діб	7,88±0,37	192,30±6,98*	101,04±4,76*	19,50±0,62***	19,64±0,52*
21 доба	5,12±0,27***	344,61±12,80***	123,32±4,24**	42,50±1,67***	24,83±0,54***
1 міс.	4,63±0,27	388,33±15,63	147,50±4,92**	57,28±2,28***	25,30±0,94
2 міс.	4,13±0,35	452,85±17,90*	155,11±5,91**	70,24±3,77*	19,07±0,84**
6 міс.	4,25±0,13	306,55±14,33***	188,66±7,33*	57,83±2,88	20,88±0,92
1 р.	4,01±0,19	324,32±12,07	172,71±4,80	56,01±2,07	24,35±0,80*

Примітка: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$  у порівнянні з попереднім віком.

Таблиця 3

**Морфометричні показники крипт сліпих кишок качок чорної білогруді породи 1-добового – 1-річного віку,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Вік	Щільність, на 1 мм	Глибина, мкм	Ширина, мкм	Висота епітелію, мкм
1 доба	10,23±0,41	62,53±3,34	37,51±1,62	6,80±0,24
3 доби	15,22±0,63***	85,64±3,55**	48,75±1,84**	8,44±0,31
7 діб	17,45±0,44*	115,72±4,37***	41,88±2,04*	10,62±0,47**
14 діб	18,20±0,37	86,88±3,13***	50,12±2,32*	11,47±0,69
21 доба	17,23±0,54	87,50±4,04	37,50±1,87**	14,81±0,48**
1 міс.	18,06±0,30	93,73±5,09	48,75±2,66**	17,53±0,55**
2 міс.	20,57±0,48**	142,77±7,22***	53,75±1,07	18,30±0,45
6 міс.	17,25±0,71**	172,52±6,81*	48,13±2,04	16,87±0,62
1 р.	16,03±0,28	212,30±15,66*	55,04±2,12	21,35±0,87**

Примітка: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$  у порівнянні з попереднім віком.

Таблиця 4

**Морфометричні показники м'язової оболонки (МО) і м'язової пластинки слизової оболонки сліпих кишок качок чорної білогруді породи 1-добового – 1-річного віку,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Вік	Товщина МО, мкм	Відносна товщина МО, %	Товщина внутрішнього шару МО, мкм	Товщина зовнішнього шару МО, мкм	Відносна товщина внутрішнього шару МО, %	Товщина м'язової пластинки, мкм
1 доба	88,78±4,22	32,76	76,25±3,21	12,53±0,55	85,89	2,32±0,11
3 доби	103,51±4,82	33,29	86,88±3,70	16,63±0,62**	83,93	5,34±0,14***
7 діб	101,88±3,47	26,03	88,13±4,08	13,75±0,47**	86,50	5,41±0,09
14 діб	107,78±4,92	26,99	92,53±4,37	15,25±0,38*	85,85	7,02±0,22***
21 доба	151,88±6,30***	25,29	135,63±5,04***	16,26±0,47	89,30	8,87±0,41**
1 міс.	167,13±7,08	25,19	149,38±6,43	17,74±0,67	89,38	7,21±0,63
2 міс.	186,62±6,94	23,33	163,11±8,90	23,21±0,90**	87,40	10,07±0,47**
6 міс.	163,96±7,51	24,79	138,75±3,99*	25,20±1,02	84,62	9,40±0,31
1 р.	168,45±5,34	23,31	145,92±7,24	22,53±1,20	86,63	8,74±0,20

Примітка: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$  у порівнянні з попереднім віком.

Товщина м'язової пластинки слизової оболонки сліпих кишок качок збільшувалась з 1-добового до 2-місячного віку. У качок 3-, 7-, 14- і 21-добового і 2-місячного віку вона була більшою відповідно на 130,2 ( $p \leq 0,001$ ); 1,3; 30,0 ( $p \leq 0,001$ ); 26,4 ( $p \leq 0,01$ ) і 39,7 % ( $p \leq 0,01$ ). У порівнянні з качками меншого віку, у птиці 1- і 6-місячного, а також 1-річного віку вона була меншою відповідно на 18,7; 6,7 і 7,0 %.

Загальною віковою закономірністю глибини крипт сліпих кишок качок було їх збільшення. У качок 3-, 7-, 21-добового, 1-, 2- і 6-місячного, а також 1-річного віку вона була більшою такої молодшого віку відповідно на 37,0 % ( $p \leq 0,01$ ); 35,1 % ( $p \leq 0,001$ ), 0,7; 7,1; 52,3 ( $p \leq 0,001$ ); 20,8 ( $p \leq 0,05$ ) і 23,1 % ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 7). У птиці 14-добового віку цей показник був меншим попереднього віку на 24,9 % ( $p \leq 0,001$ ). Через збільшення глибини крипт їх донна частина і тіло ставали більш виразними.

Загальною закономірністю динаміки щільності крипт сліпих кишок було їх збільшення до 2-місячного віку. Надалі, цей показник був меншим. У 3-, 7-, 14-добовому, 1- і 2-місячному віці щільність крипт на 1 мм довжини слизової оболонки кишки була більшою такого показника молодшої птиці відповідно на 48,8 ( $p \leq 0,001$ ); 14,7 ( $p \leq 0,05$ ); 5,6; 4,8 і 13,9 % ( $p \leq 0,01$ ) (рис. 8). У качок 21-добового, 6-місячного і 1-річного віку цей показник був меншим відповідно на 5,3; 16,1 ( $p \leq 0,01$ ) і 7,1 %.

Ширина крипт найменше значення мала у качок 1-добового віку і становила 37,51±1,62 мкм. У 3-добовому віці вона збільшилась на 30,0 % ( $p \leq 0,01$ ) і досягла значень дорослої птиці. Надалі цей показник збільшувався або зменшувався з різним ступенем достовірності. У порівнянні з попереднім віком він був більшим у качок 14-добового, 1- і 2-місячного і 1-річного віку, відповідно на 19,7 ( $p \leq 0,05$ ); 30,0 ( $p \leq 0,01$ ); 10,3 і 14,3 %. У птиці 7- і 21-добового, а також 6-місячного віку



він був меншим, відповідно на 14,1 ( $p \leq 0,05$ ); 25,2 ( $p \leq 0,01$ ) і 10,5 %.

Висота епітеліального шару крипт сліпих кишок збільшувалась з 1-добового до 2-місячного віку. У порівнянні з молодшим віком, цей показник був більшим у качок 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1- і 2-місячного, а також 1-річного віку відповідно на 24,1; 25,8 ( $p \leq 0,01$ ); 8,0; 29,1 ( $p \leq 0,01$ ); 21,1 ( $p \leq 0,01$ ) і 20,6 % ( $p \leq 0,05$ ). У птиці 6-місячного віку він був меншим на 7,8 %.

Товщина м'язової оболонки сліпих кишок качок збільшувалась з 1-добового до 2-місячного віку. У порівнянні з молодшою птицею, у качок 3-, 14-, 21-добового, 1-, 2-місячного і 1-річного віку вона була більшою відповідно на 16,6; 5,8; 40,9 ( $p \leq 0,001$ ); 10,0; 11,7 і 2,7 % (рис. 9). У качок 7-добового і 6-місячного віку товщина м'язової оболонки була меншою відповідно на 1,6 і 12,1 %. Відносна товщина м'язової оболонки з віком качок зменшувалась. Найбільш інтенсивно таке зменшення відбувалось у період з 3- до 7-добового віку, а також з 1- до 2-місячного віку, відповідно у цей віковий термін вона зменшилась з 33,29 до 26,03 % і з 25,19 до 23,33 %.

Упродовж усього досліді внутрішній шар м'язової оболонки сліпих кишок був значно товщим зовнішнього. Його відносну товщину визначали в межах від 83,93 до 89,38 %, відповідно зовнішнього – від 10,62 до 16,07 %. Вікових особливостей динаміки внутрішнього і зовнішнього шарів нами не встановлено.

Отже, загальною закономірністю змін переважної більшості параметрів морфологічних структур сліпих кишок качок упродовж першого року постнатального періоду онтогенезу було їх збільшення. Причому такі зміни носили не неодноразовий характер. У один і той же віковий період спостерігали збільшення величини одних структур і зменшення інших. Періоди збільшення чергувались з такими – зменшення. Про зменшення з віком величини мікроструктур кишечника у молодняка домашньої птиці повідомляють Trifonov, & Kuleshov (2008).

Як свідчать дані інших дослідників, асинхронність розвитку структур кишечника є його характерною особливістю (Sell et al., 2010).

Найбільш інтенсивно більшість морфометричних показників сліпих кишок збільшувались упродовж першого місяця життя качок, менше – другого місяця. У перший місяць найбільш швидко ці показники збільшувались у перший тиждень. Так, у перший тиждень, перший і другий місяці життя качок товщина стінки кишок збільшилась відповідно на 44,4 ( $p \leq 0,001$ ); 144,8 ( $p \leq 0,001$ ) і 20,6 % ( $p \leq 0,001$ ), товщина слизової оболонки – на 59,5 ( $p \leq 0,001$ ); 175,1 ( $p \leq 0,001$ ) і 23,8 % ( $p \leq 0,05$ ), товщина м'язової оболонки – на 14,8 ( $p \leq 0,05$ ); 88,3 ( $p \leq 0,001$ ) і 11,7 %, висота ворсинок – на 43,8 ( $p \leq 0,001$ ); 243,6 ( $p \leq 0,001$ ) і 16,6 % ( $p \leq 0,05$ ), ширина ворсинок – на 153,9 ( $p \leq 0,001$ ); 353,4 ( $p \leq 0,001$ ) і 5,2 %, площа їх поверхні – на 264,7 ( $p \leq 0,001$ ); 1456,5 ( $p \leq 0,001$ ) і 22,6 % ( $p \leq 0,05$ ), глибина крипт – на 85,1 ( $p \leq 0,001$ ); 49,9 ( $p \leq 0,001$ ) і 52,3 % ( $p \leq 0,001$ ), товщина м'язової пластинки – на 133,2 ( $p \leq 0,001$ ); 210,8 ( $p \leq 0,001$ ) і 39,7 % ( $p \leq 0,01$ ).

Про найбільш інтенсивний характер росту мікроструктур кишечника на ранніх етапах постнатального періоду онтогенезу свійської птиці повідомляють Noy, & Sklan (1997) та Sklan (2001).

Значенням дорослої птиці морфометричні показники сліпих кишок відповідали в наступному віці: в 1-річному – діаметр кишки, товщина серозної оболонки, щільність ворсинок, глибина крипт; у 6-місячному – ширина ворсинок; в 1-місячному – товщина стінки кишки, її слизової оболонки, щільність ворсинок, площа їх поверхні, висота епітелію крипт; в 21-добовому –

висота ворсинок і їх епітелію, товщина м'язової оболонки і м'язової пластинки; у 3-добовому віці – ширина і щільність крипт.

Отримані нами дані узгоджуються з інформацією інших дослідників (Moran, 1985; Uni, Noy, & Sklan, 1999; Noy, Geura, & Sklan, 2001; Yovchev, Dimitrov, & Penchev, 2013) стосовно найбільш інтенсивного характеру збільшення мікроструктур кишечника сільськогосподарської птиці у перші 2 тижні життя.

## Висновки

1. Основною закономірністю змін більшості морфометричних параметрів сліпих кишок качок з 1-добового до 1-річного віку було їх збільшення з віком, яке мало асинхронний характер. У той же час, показники щільності ворсинок і крипт з віком птиці майже не змінювались.

2. В 1-3-добовому віці качок у сліпих кишках продовжувались активні процеси морфогенезу, про що свідчив процес утворення ворсинок і крипт.

3. Значенням дорослої птиці морфометричні показники сліпих кишок качок відповідали в різному віці: в 1-річному – діаметр кишки, товщина серозної оболонки, щільність ворсинок, глибина крипт; у 6-місячному – ширина ворсинок; в 1-місячному – товщина стінки кишки, її слизової оболонки, щільність ворсинок, площа їх поверхні, висота епітелію крипт; в 21-добовому – висота ворсинок і їх епітелію, товщина м'язової оболонки і м'язової пластинки; у 3-добовому віці – ширина і щільність крипт.

4. Найбільш інтенсивно збільшення морфометричних показників мікроструктур сліпих кишок відбувалось у перший місяць постнатального періоду онтогенезу, упродовж якого найбільш швидко вони змінювались у перший тиждень.

## References

- Ali, A. A. M., Mokhtar, D. M., Ali, R. A., Wassif, E. T., & Abdalla, K. E. H. (2019). Morphological characteristics of the developing cecum of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Microscopy and Microanalysis*, 25(4), 1017-1031. DOI: [10.1017/S1431927619000655](https://doi.org/10.1017/S1431927619000655).
- Ao, X., & Kim, H. (2020). Effects of grape seed extract on performance, immunity, antioxidant capacity, and meat quality in Pekin ducks. *Poultry Science*, 99(4), 2078-2086. DOI: [10.1016/j.psj.2019.12.014](https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.014).
- Casteleyn, C., Doom, M., Lambrechts, E., Van den Broeck, W., Simoens, P., & Cornillie, P. (2010). Locations of gut-associated lymphoid tissue in the 3-month-old chicken: a review. *Avian Pathology*, 39(3), 143-150. DOI: [10.1080/03079451003786105](https://doi.org/10.1080/03079451003786105).
- Chaplin, S. B. (1989). Effect of cecectomy on water and nutrient absorption of birds. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 81-86. DOI: [10.1002/jez.1402520514](https://doi.org/10.1002/jez.1402520514).
- Chen, W. L., Tang, S. G. H., Jahromi, M. F., Candyrine, S. C. L., Idrus, Z., Abdullah, N., & Liang, J. B. (2019). Metagenomics analysis reveals significant modulation of cecal microbiota of broilers fed palm kernel expeller diets. *Poultry Science*, 98(1), 56-68. DOI: [10.3382/ps/pey366](https://doi.org/10.3382/ps/pey366).
- Choi, J. H., Lee, K., Kim, D. W., Kil, D. Y., Kim, G. B., & Cha, C. J. (2018). Influence of dietary avilamycin on ileal and cecal microbiota in broiler chickens. *Poultry Science*, 97(3), 970-979. DOI: [10.3382/ps/pex360](https://doi.org/10.3382/ps/pex360).
- Cuttrignelli, M. I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivetto, I., Gasco, L., Loponte, R., & Bovera, F. (2018). Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphology, enzymatic and

- microbial activity in laying hens. *Research in Veterinary Science*, 117, 209-215. DOI: [10.1016/j.rvsc.2017.12.020](https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.020).
- Duke, G. E. (1989). Relationship of cecal and colonic motility to diet, habitat, and cecal anatomy in several avian species. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 38-47. DOI: [10.1002/jez.1402520507](https://doi.org/10.1002/jez.1402520507).
- Gabriel, I., & Mallet, S. (2003). Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. *British Poultry Science*, 44(2), 283-290. DOI: [10.1080/0007166031000096470](https://doi.org/10.1080/0007166031000096470).
- Goldstein, D. L. (1989). Absorption by the cecum of wild birds: is there interspecific variation. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 103-110. DOI: [10.1002/jez.1402520517](https://doi.org/10.1002/jez.1402520517).
- Hamid, H., Zhang, J. Y., Li, W. X., Liu, C., Li, M. L., Zhao, L. H., Ji, C., & Ma, Q. G. (2019). Interactions between the cecal microbiota and non-alcoholic steatohepatitis using laying hens as the model. *Poultry Science*, 98(6), 2509-2521. DOI: [10.3382/ps/pey596](https://doi.org/10.3382/ps/pey596).
- He, J., He, Y., Pan, D., Cao, J., Sun, Y., & Zeng, X. (2019). Associations of gut microbiota with heat stress-induced changes of growth, fat deposition, intestinal morphology, and antioxidant capacity in ducks. *Frontiers in Microbiology*, 10, 903. DOI: [10.3389/fmicb.2019.00903](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00903).
- He, L. W., Meng, Q. X., Li, D. Y., Zhang, Y. W., & Ren, L. P. (2015). Influence of feeding alternative fiber sources on the gastrointestinal fermentation, digestive enzyme activities and mucosa morphology of grow wing Graylag geese. *Poultry Science*, 94(10), 2464-2471. DOI: [10.3382/ps/pev237](https://doi.org/10.3382/ps/pev237).
- Hunt, A., Al-Nakkash, L., Lee, A. H., & Smith, H. F. (2019). Phylogeny and herbivore are related to avian cecal size. *Scientific Reports*, 9(1), 4243. DOI: [10.1038/s41598-019-40822-0](https://doi.org/10.1038/s41598-019-40822-0).
- Jacquier, V., Nelson, A., Jilali, M., Rhayat, L., Brinch, K. S., & Devillard, E. (2019). *Bacillus subtilis* 29784 induces a shift in broiler gut microbiome toward butyrate-producing bacteria and improves intestinal histomorphology and animal performance. *Poultry Science*, 98(6), 2548-2554. DOI: [10.3382/ps/pey602](https://doi.org/10.3382/ps/pey602).
- Jozefiak, D., Rutkowski, A., Kaczmarek, S., Jensen, B. B., Engberg, R. M., & Højberg, O. (2010). Effect of  $\beta$ -glucanase and xylanase supplementation of barley- and rye-based diets on caecal microbiota of broiler-chickens. *British Poultry Science*, 51(4), 546-57. DOI: [10.1080/00071668.2010.507243](https://doi.org/10.1080/00071668.2010.507243).
- Karasawa, Y. (1989). Ammonia production from uric acid, urea, and amino acids and its absorption from the ceca of the cockerel. *The Journal of Experimental Zoology*, 3, 75-80. DOI: [10.1080/00071668808417033](https://doi.org/10.1080/00071668808417033).
- Mandal, R. S., Saha, S., & Das, S. (2015). Metagenomic surveys of gut microbiota. *Genomics Proteomics Bioinformatics*, 13(3), 148-158. DOI: [10.1016/j.gpb.2015.02.005](https://doi.org/10.1016/j.gpb.2015.02.005).
- McLelland, J. (1989). *Anatomy of the avian cecum*. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 2-9. DOI: [10.1002/jez.1402520503](https://doi.org/10.1002/jez.1402520503).
- Mitjans, M. G., Barniol, G., & Ferrer, R. (1997). Mucosal surface area in chicken small intestine during development. *Cell and Tissue Research*, 290, 71-78. DOI: [10.1007/s004410050909](https://doi.org/10.1007/s004410050909).
- Moran, E. T. (1985). Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. *Journal of Nutrition*, 115, 665-674. DOI: [10.1093/jn/115.5.665](https://doi.org/10.1093/jn/115.5.665).
- Moss, R. (1989). Gut size and the digestion of fibrous diets by tetraonid birds. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 61-65. DOI: [10.1002/jez.1402520510](https://doi.org/10.1002/jez.1402520510).
- Noy, Y., & Sklan, D. (1997). Posthatch development in poultry. *Journal of Applied Poultry*, 6(3), 344-354. DOI: [10.1093/japr/6.3.344](https://doi.org/10.1093/japr/6.3.344).
- Noy, Y., Geyra, A., & Sklan, D. (2001). The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poultry. *Poultry Science*, 80, 912-919. DOI: [10.1093/ps/80.7.912](https://doi.org/10.1093/ps/80.7.912).
- Oakley, B. B., Buhr, R. J., Ritz, C. W., Kiepper, B. H., Berrang, M. E., Seal, B. S., & Cox, N. A. (2014). Successional changes in the chicken cecal microbiome during 42 days of growth are independent of organic acid feed additives. *BMC Veterinary Research*, 10, 282. DOI: [10.1186/s12917-014-0282-8](https://doi.org/10.1186/s12917-014-0282-8).
- Pandit, K., Dhote, B. S., Mahanta, D., Sathapathy, S., Tamilselvan, S., Mrigesh, M., & Mishra, S. (2018). Histological, histomorphometrical and histochemical studies on the large intestine of Uttara fowl. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), 1477-1491. DOI: [10.20546/ijcmas.2018.703.176](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.176).
- Remington, T. E. (1989). Why do grouse have ceca? A test of the fiber digestion theory. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 87-94. DOI: [10.1002/jez.1402520515](https://doi.org/10.1002/jez.1402520515).
- Rodjan, P., Soisuwan, K., Thongprajukaew, K., Thepparat, Y., Khongthong, S., Jeenkeawpieam, J., & Salaeharar, T. (2018). Effect of organic acids or probiotics alone or in combination on growth performance, nutrient digestibility, enzyme activities, intestinal morphology and gut microflora in broilerchickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*, 102(2), e931-e940. DOI: [10.1111/jpn.12858](https://doi.org/10.1111/jpn.12858).
- Sell, J. L., Angel, C. R., Piquer, F. J., Mallarino, E. G., & Al-Batshan, H. A. (1991). Developmental patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys. *Poultry Science*, 70, 1200-1205. DOI: [10.3382/ps.0701200](https://doi.org/10.3382/ps.0701200).
- Sklan, D. (2001). Development of the digestive tract of poultry. *British Poultry Science*, 57, 415-428. DOI: [10.1079/WPS20010030](https://doi.org/10.1079/WPS20010030).
- Stanley, D., Geier, M. S., Chen, H., Hughes, R. J., & Moore, R. J. (2015). Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. *BMC Microbiology*, 15, 15-51. DOI: [10.1186/s12866-015-0388-6](https://doi.org/10.1186/s12866-015-0388-6).
- Svihus, B., Choct, M., & Classen, H. L. (2013). Function and nutritional roles of the avian caeca: a review. *Worlds Poultry Science*, 69, 249-264. DOI: [10.1017/S0043933913000287](https://doi.org/10.1017/S0043933913000287).
- Trifonov, G. A., & Kuleshov, K. A. (2008). Postnatalnyiy morfogenez dvenadsatiperstnoy kishki kur pri primenenii selenosoderzhaschih preparatov. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 3 (41), 33-36. (in Russian).
- Turk, D. E. (1982). The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization. *Poultry Science*, 61, 1225-1244. DOI: [10.3382/ps.0611225](https://doi.org/10.3382/ps.0611225).
- Uni, Z., Noy, Y., & Sklan, D. (1999). Post hatch development of small intestinal function in the poultry. *Poultry Science*, 78, 215-222. DOI: [10.1093/ps/78.2.215](https://doi.org/10.1093/ps/78.2.215).
- van Staaveren, N., Krumma, J., Forsythe, P., Kjaer, J. B., Kwon, I. Y., Mao, Y. K., West, C., Kunze, W., & Harlander-Matauschek, A. (2020). Cecal motility and the impact of Lactobacillus in feather pecking

- laying hens. *Scientific Reports*, 10(1), 12978. DOI: [10.1038/s41598-020-69928-6](https://doi.org/10.1038/s41598-020-69928-6).
- Walton, K. D., Kolterud, A., Czerwinski, M. J., Bell, M. J., Prakash, A., Kushwaha, J., Grosse, A. S., Schnell, S., & Gumucio, D. L. (2012). Hedgehog-responsive mesenchymal clusters direct patterning and emergence of intestinal villi. *Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(39), 15817-15822. DOI: [10.1073/pnas.1205669109](https://doi.org/10.1073/pnas.1205669109)
- Wang, J. X., & Peng, K. M. (2008). Developmental morphology of the small intestine of African ostrich chicks. *Poultry Science*, 87, 2629-2635. DOI: [10.3382/ps.2014-04091](https://doi.org/10.3382/ps.2014-04091).
- Wang, S., Chen, L., He, M., Shen, J., Li, G., Tao, Z., Wu, R., & Lu, L. (2018). Different rearing conditions alter gut microbiota composition and host physiology in Shaoxing ducks. *Scientific Reports*, 8(1), 7387. DOI: [10.1038/s41598-018-25760-7](https://doi.org/10.1038/s41598-018-25760-7).
- Xing, Y., Wang, S., Fan, J., Oso, A. O., Kim, S. W., Xiao, D., Yang, T., Liu, G., Jiang, G., Li, Z., Li, L., & Zhang, B. (2015). Effects of dietary supplementation with lysine-yielding *Bacillus subtilis* on gut morphology, cecal microflora, and intestinal immune response of Linwu ducks. *Journal of Animal Science*, 93(7), 3449-57. DOI: [10.2527/jas.2014-8090](https://doi.org/10.2527/jas.2014-8090).
- Xue, G. D., Barekatin, R., Wu, S. B., Choct, M., & Swick, R. A. (2018). Dietary L-glutamine supplementation improves growth performance, gut morphology, and serum biochemical indices of broiler chickens during necrotic enteritis challenge. *Poultry Science*, 97(4), 1334-1341. DOI: [10.3382/ps/pex444](https://doi.org/10.3382/ps/pex444).
- Yan, W., Sun, C., Yuan, J., & Yang, N. (2017). Gut metagenomic analysis reveals prominent roles of *Lactobacillus* and cecal microbiota in chicken feed efficiency. *Scientific Reports*, 7(45308). DOI: [10.1038/srep45308](https://doi.org/10.1038/srep45308).
- Yovchev, D., Dimitrov, D., & Penchev, G. (2013). Age weight and morphometrical parameters of the bronze turkey's (*Meleagris meleagris gallopavo*) intestines. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(3), 611-614.