



**Latvijas Lauksaimniecības universitāte**  
Veterinārmedicīnas fakultāte  
PREKLĪNISKAIS INSTITŪTS

*Latvia University of Agriculture*  
*Faculty of Veterinary Medicine*  
*PRECLINICAL INSTITUTE*

**Ilmārs Dūrītis**

**ĀFRIKAS STRAUSA (*STRUTHIO CAMELUS VAR. DOMESTICUS*)  
KUŅA UN TIEVĀS ZARNAS MORFOFUNKCIONĀLAIS  
RAKSTUROJUMS NO 38. EMBRIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS DIENAS  
LĪDZ DIVU MĒNEŠU VECUMAM**

***MORPHOFUNCTIONAL CHARECTERIZATION OF  
THE STOMACH AND SMALL INTESINE OF THE OSTRICH  
(STRUTHIO CAMELUS VAR. DOMESTICUS) FROM DAY 38 OF  
EMBRYONIC DEVELOPMENT TO THE AGE OF 60 DAYS***



Promocijas darba  
**KOPSAVILKUMS**  
*Dr.med.vet.* zinātniskā grāda iegūšanai  
Veterinārmedicīnas nozarē  
Morfoloģijas apakšnozarē

***SUMMARY***  
*of doctoral thesis*  
*for scientific degree Dr.med.vet.*

**Pētījums veikts ESF Nacionālās programmas „Atbalsts LLU Doktora  
studiju īstenošanai” ietvaros, līgums Nr.04.4-08/EF2.D3.15’**

**Jelgava 2011**

**Latvijas Lauksaimniecības universitāte**  
Veterinārmedicīnas fakultāte  
Preklīniskais institūts

*Latvia University of Agriculture*

**Promocijas darbs izstrādāts:**

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Preklīniskajā institūtā

**Research has been carried out at:**

The Preclinical Institute of the Faculty of Veterinary Medicine the Latvia University of Agriculture

**Promocijas darba zinātniskais vadītājs:**

**Scientific supervisor:**

Dr.med.vet., profesors **Arnis Mugurēvičs**

**Oficiālie recenzenti:**

**Official reviewers:**

Dr.habil.agr., Dr.med.vet., profesors, LZA īstenaais loceklis

**Aleksandrs Jemeljanovs**

Dr. habil. med.vet., profesors

**Zigmunds Brūveris**

Dr. med.vet., LLU BVZI „Sigra” vadošā pētniece

**Inese Zitare**

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2011. gada 23. martā, plkst. 13.00 LLU Veterinārmedicīnas fakultātē, Jelgavā, Kr. Helmaņa ielā 8, 1. auditorijā.

The defence of the thesis will take place at the Faculty of Veterinary Medicine the Latvia University of Agriculture on March 23, 2011 at 13.00 o'clock.

Ar promocijas darbu var iepazīties Latvijas Lauksaimniecības universitātes Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2, kā arī interneta vietnē: <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava and <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>

## SATURA RĀDĪTĀJS

IEVADS .....	5
Pētījuma mērķis un uzdevumi .....	6
Darba zinātniskā novitāte .....	6
Pētījuma rezultātu aprobācija .....	7
MATERIĀLS UN METODES .....	8
Pētījuma objekts un tā raksturojums .....	8
Gremošanas kanāla postmortālā izmeklēšana .....	8
Makroskopiskā izmeklēšana .....	8
Mikroskopiskā izmeklēšana .....	9
Datu statistiskā apstrāde .....	11
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA .....	12
Strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas makroskopiskā uzbūve no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam .....	12
Ķermeņa masa, dzeltenuma maisa, kuņģa un zarnu masa .....	12
Kuņģa anatomiskais raksturojums .....	14
Tievās zarnas anatomiskais raksturojums .....	17
Strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas mikroskopiskā uzbūve no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam .....	21
Kuņģa histoloģiskais raksturojums .....	21
Tievās zarnas histoloģiskais raksturojums .....	26
Gastrīna, somatostatīna un VIP imunoreaktīvo šūnu izplatība strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas gļotādā no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam .....	31
Kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas intralumenālais pH un tā izmaiņas strausu cāļiem no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam .....	32
SECINĀJUMI .....	34
ZINĀTNISKĀS PUBLIKĀCIJAS UN TĒZES .....	36

## CONTENTS

INTRODUCTION .....	37
Aim and objectives of the study .....	38
Scientific novelty of the study .....	38
Approbation of research results .....	39
MATERIALS AND METHODS .....	40
Object of research .....	40
Postmortem examination of the digestive tract .....	40
Macroscopic examination .....	40
Microscopic examination .....	41
Statistical processing of data .....	43
RESULTS AND DISCUSSION .....	44
Macroscopic structure of the stomach and small intestine of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life .....	44
Body weight, yolk sac, stomach and intestine weight .....	44
Anatomy of the stomach .....	45
Anatomy of the small intestine .....	47
Microscopic structure of the stomach and small intestine of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life .....	50
Histology of the stomach .....	50
Histology of the small intestine .....	54
Distribution of gastrin, somatostatin and VIP immunoreactive cells in the mucosa of the stomach and the small intestine in the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life .....	57
Intraluminal pH of the stomach and duodenum and its changes in the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life .....	59
CONCLUSIONS .....	61
SCIENTIFIC PUBLICATIONS AND ABSTRACTS .....	63

## IEVADS

Eiropā strauskopība ir salīdzinoši jauna putnkopības nozare, kas intensīvi attīstās, pateicoties strauji augošajam pieprasījumam pēc dzīvnieku valsts produkcijas ar pazeminātu tauku un holesterīna saturu. Latvijā, kā arī citās Eiropas valstīs strauskopība kā nozare atrodas attīstības sākumposmā, līdz ar to ir nepieciešami pētījumi, kas palīdzētu izprast strausu cāļu audzēšanas problemātiskos jautājumus un sekmētu nozares ekonomisko efektivitāti. Īpaši svarīgi tas ir tādēļ, ka, veicot strausu audzētāju apsekošanu Latvijā, iegūtā sākotnējā informācija liecina, ka četru mēnešu vecumu sasniedz tikai aptuveni 50% strausu cāļu. Augsta strausu cāļu mirstība novērojama arī citu ES valstu saimniecībās.

Lai radītu zināšanu bāzi, kas nepieciešama zinātniski praktisku pētījumu veikšanai, nepieciešama detalizēta orgānu sistēmu un aparātu izpēte dažādos ontogēnēzes periodos.

Par strausu gremošanas aparātu, īpaši tā attīstību ontogēnēzē, ir salīdzinoši maz datu, kas norāda uz strausu cāļu anatomiski fizioloģiskās uzbūves īpatnību nepietiekamo izpēti.

Āfrikas strausa (*Struthio camelus var. domesticus*) gremošanas kanāla anatomiskajā uzbūvē, salīdzinot ar citiem mājputniem, ir vērojama virkne būtisku īpatnību, kas saistītas ar šīs sugas dabīgās izplatības areāla klimatiskajiem apstākļiem (tuksnesis) un samērā augsto kokšķiedras īpatsvaru barībā (Sales, 2006). Salīdzinot ar citām putnu sugām, strausveidīgajiem raksturīga labi attīstīta kuņģa dziedzerdaļa (*pars glandularis*), kas pieaugušiem Āfrikas strausiem 2-2,5 reizes lielāka par muskuļdaļu (*pars muscularis*) (Порченко, 2007). Strausveidīgajiem putniem dziedzerdaļas gļotādā izšķir sālsskābi un pepsīnu producējošo dziļo dziedzeru (*gll. proventriculares profundi*) apvidu un virsējo dziedzeru (*gll. proventriculares superficiales*) apvidu, kas producē mukopolisaharīdus saturošu sekrētu (Cho et al., 1984; Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990; Catroxo et al., 1997; Порченко, 2007). Āfrikas strausam, salīdzinot ar citiem strausveidīgajiem putniem, ir relatīvi vismazākais dziļo dziedzeru apvidus attiecībā pret kuņģa kopējo gļotādas laukumu (Cho et al., 1984; Cooper, Mahroze, 2004).

Strausveidīgajiem putniem raksturīga labi attīstīta resnā zarna, kas pieaugušam strausam veido nozīmīgāko daļu no kuņģa-zarnu trakta apjoma (Mc Lelland, 1989; Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990; Fowler, 1991; Bezuidenhout, 1993; Clench, Mathias, 1995; Порченко, 2007).

Vistu un cāļu kuņģa un zarnu gļotādas histoloģiskā uzbūve detalizēti pētīta jau pagājušā gadsimta vidū, taču par strausiem šajā aspektā ir samērā maz pētījumu. Vairāki autori (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990;

Illanes et al., 2006; Wang et al., 2007) aprakstījuši pieaugušu Āfrikas strausu kuņģa gļotādas histoloģisko uzbūvi, tomēr trūkst detalizētu pētījumu par kuņģa un zarnu attīstību ontogēzes sākumposmā.

### **Pētījuma mērķis un uzdevumi**

**Darba mērķis** bija izpētīt strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas makro-, mikromorfoloģisko uzbūvi un dažu funkcionālo rādītāju izmaiņas no 38. embrionālās attīstības dienas līdz divu mēnešu vecumam.

#### **Darba uzdevumi:**

1. Noskaidrot strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas atsevišķo daļu morfometriskos parametrus, kā arī to savstarpējās attiecības pētāmajā ontogēzes periodā;
2. Mikroskopiski izvērtēt kuņģa un tievās zarnas sienīņu strukturālās izmaiņas;
3. Izpētīt kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas intralumenālā pH, kā arī kuņģa un tievās zarnas kanālā producētā mukoīdā sekrēta izmaiņas;
4. Noteikt gastrīna, somatostatīna un vazoaktīvā intestinālā polipeptīda imunoreaktīvo šūnu izplatību kuņģa un tievās zarnas gļotādā.

#### **Darba zinātniskā novitāte**

- Pirmo reizi pētīti Latvijā audzētu Āfrikas strausu kuņģa un tievo zarnu morfometriskie parametri agrīnajos ontogēzes posmos.
- Pirmo reizi veikta strausu kuņģa un zarnu sienīņas padziļināta histoloģiskā izpēte agrīnajos ontogēzes posmos.
- Analizēts kuņģa-zarnu kanālā esošo mukoīdo sekrētu secernējošo šūnu daudzums un izplatība, kā arī to sekrēta kvalitatīvais sastāvs pēc mukopolisaharīdu veida.
- Pirmo reizi Latvijā veikta kuņģa un zarnu intralumenālā pH-metrija un imunohistoķīmiskā izmeklēšana Āfrikas strausu embrijiem un cāļiem.

## Pētījuma rezultātu aprobācija

### Pētījuma rezultāti aprobēti šādās zinātniskās konferencēs:

1. LLU VMF Starptautiskā zinātniskā konference „Dzīvnieki. Veselība. Pārtikas higiēna.” Jelgava, 2010. gada 29. oktobris. *Strausu (Struthio camelus var. domesticus) tievās un resnās zarnas morfometriskie rādītāji perinatālajā periodā;*
2. 61<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Greece, Crete, 23-27 August 2010. *Characterization of gastric intraluminal pH and development of the proventricular deep glands during perinatal period in ostrich;*
3. 28<sup>th</sup> Congress of the European Association of Veterinary Anatomists, France, Paris, 28-31 July 2010. *Distribution of the gastrin and somatostatin immunoreactive cells in the stomach of the ostrich during early ontogeny (perinatal period);*
4. 16<sup>th</sup> International Scientific conference “Research for Rural Development”, Latvia, Jelgava, 19-21 May 2010. *Perinatal ontogenesis of gastric mucosa in the ostrich (Struthio camelus var. domesticus);*
5. LLU VMF Starptautiskā zinātniskā konference „Dzīvnieki. Veselība. Pārtikas higiēna.” Jelgava, 2008. gada 14. novembris. *Strausa (Struthio camelus var. domesticus) dzeltenuma maisa un kuņģa morfometriskie un masometriskie rādītāji agrīnajā postnatālajā ontogēnēzē;*
6. 14<sup>th</sup> World Ostrich Congress. Latvia, Riga, 19-20 October, 2007. *Morphological characterization of the stomach in postnatal ontogenesis of the African ostrich (Struthio camelus).*

**Darba apjoms:** promocijas darbs noformēts 113 lappusēs un sastāv no anotācijas, ievada, literatūras apskata, darba metodikas, pētījumu rezultātiem, diskusijas, secinājumiem, izmantotās literatūras saraksta un pielikuma.

## MATERIĀLS UN METODES

### Pētījuma objekts un tā raksturojums

Pētījumā izmantoti 42 strausu fermā „Ozoliņi AB” (Krustpils novads, Latvija) audzētu Āfrikas strausu abu dzimumu īpatņi, no tiem seši embriji 38. inkubācijas dienā un 36 cāļi 1, 3, 7, 14, 30 un 60 dienu veci, katrā grupā attiecīgi pa sešiem īpatņiem. Strausu olas iegūtas no 2008. gada maija līdz jūlijam un inkubētas iepriekšminētajā saimniecībā inkubatorā *Euro Elektronik KL-72S*.

Inkubācijas 39. dienā olas ievietoja šķilšanās skapī *Euro Elektronik KK-24S*, kurā cāļi atradās arī pirmās 3 dienas pēc izšķilšanās. Sākot ar četrus dienu vecumu, putni uzturējās apsildāmā boksā ar smilšu grīdu, un šajā vecumā uzsāka to ēdināšanu ar komerciālo strausu cāļu barību *Strus Premium – Strus I*. Barība un ūdens tika nodrošināti *ad libitum*.

Pirms eitanāzijas attiecīgās vecuma grupas (7, 14, 30 un 60 dienu vecums) putni tika 12 stundas badināti. Pēc tam tos narkotizējām un tad eitanizējām. Pēc eitanāzijas katrs putna liķis nosvērts, izmantojot elektroniskos svarus Kern 442-512N ( $\pm 1$ g), un secēts tālākai izmeklēšanai.

### Gremošanas kanāla postmortālā izmeklēšana

Lai minimizētu pH vērtības izmaiņas pēcnāves periodā, pēc ķermeņa dobuma atvēršanas tika veikta intralūmenālā pH-metrija ar pH-metru OAKTON<sup>®</sup> ( $\pm 0,055$ ) kuņģa *pars glandularis* pie barības vada ieejas un dziļo dziedzeru apvidū, kā arī kuņģa *pars muscularis* lūmenā un divpadsmitpirkstu zarnas descendējošā cilpā trīs atkārtojumos.

### Makroskopiskā izmeklēšana

Pirms masometriskās un makromorfometriskās analīzes gremošanas kanāls tika sadalīts šādos segmentos: kuņģis (*pars glandularis*; *pars muscularis*); tievā zarna (divpadsmitpirkstu, tukšā, gūžu zarna); resnā zarna (aklā, loka zarna).

Atsevišķi katram segmentam noteicām masu, izmantojot svarus Kern EW 420-3 NM ( $\pm 0,01$  g), un attiecīgi aprēķinājām kuņģa, tievās zarnas un kopējo zarnas masu. Pirms svēršanas orgānu saturs netika evakuēts.

Morfometriski kuņģa *pars glandularis* daļai noteicām loka garumu (mm), gļotādas kopējo laukumu (mm<sup>2</sup>) un dziļo dziedzeru zonas laukumu (mm<sup>2</sup>), bet **kuņģa *pars muscularis*** – diametru.



Analizējot zarnas morfometriskos rādītājus, noteicām tievās zarnas segmentu garumu: divpadsmitpirkstu zarnai no *ostium pyloricoduodenale* līdz *fexura duodenojejunalis*; tukšajai zarnai no *fexura duodenojejunalis* līdz aklās zarnas galotnes līmenim, gūžu zarnai no aklās zarnas galotnes līmeņa līdz *ostium ileocecale*. Kopējais zarnas garums tika noteikts no *ostium pyloricoduodenale* līdz kloākas paplašinājumam, ietverot abas aklās zarnas un loka zarnu. Orgānu un to daļu garuma noteikšanai izmantots lentmērs ( $\pm 1$ mm), bet *pars muscularis* diametra noteikšanai digitālais bīdmērs Limit-2000 ( $\pm 0,01$ mm).

Zarnu relatīvo garumu aprēķinājām, konkrētās zarnas segmenta garumu attiecinot pret kopējo zarnu trakta garumu. Kuņģa gļotādas laukumu ( $\pm 0,1$ cm<sup>2</sup>) noteicām, izmantojot elektronisko planimetru Sokkia KP-90N.

### **Mikroskopiskā izmeklēšana**

Audu histoloģiskie paraugi (0,5-1x1cm) iegūti no septiņiem kuņģa un tievās zarnas apvidiem: kuņģa *pars glandularis* dziļo un virsējo dziedzeru apvidus, kuņģa *pars muscularis* sānu sienas un *pylorus* apvidus, divpadsmitpirkstu, tukšās un gūžu zarnas vidusdaļas. Katrs paraugs pirms ievietošanas fiksatorā noskalots ar vāju silta 0,9% NaCl šķīduma strūklu gļotādas atbrīvošanai no lūmena satura. Paraugi fiksēti 10% neitrālajā formalīnā 48 stundas istabas temperatūrā, pēc tam dehidratēti audu procesorā (TISSUE-TEK II) un ieslēgti parafīna blokos, izmantojot standartizētu audu histoloģiskās sagatavošanas procedūru (Carson, 1997; Kiernan, 2008). Kopumā nofiksēti un parafīna blokos ieslēgti 294 audu paraugi.

No katra audu parauga veikti 8 griezumī 4-5  $\mu$ m biezumā (mikrotoms SLEE CUT 5062), uzpeldināti uz priekšmetstikliņiem un žāvēti 24 h 38 °C temperatūrā, sagatavojot tos tālākai histoloģiskai apstrādei.

**Vispārējai histoloģiskai novērtēšanai** audu paraugi deparafinizēti, hidratēti un krāsoti ar hematoksilīnu un eozīnu pēc standartizētas metodikas (Carson, 1997).

**Epiteliālo mukosubstāncu identificēšanai** tika izmantotas šādas histoķīmiskās reakcijas: perjodskābes-Šiffa reakcija (PAS) – neitrālo mukopolisaharīdu identificēšanai; alciānzilā pie pH 2,5 (AB) – skābo mukopolisaharīdu identificēšanai un alciānzilā pH 2,5-perjodskābes-Šiffa reakcija (AB/PAS) – jaukto mukopolisaharīdu identificēšanai (Carson, 1997; Kiernan, 2008). Audu paraugu papildu griezumī, kas iegūti no embrijiem un 1 un 3 dienu veciem strausu cāļiem pirms krāsošanas ar PAS un AB/PAS reakcijām 30 minūtes istabas temperatūrā tika izturēti 1% amilāzes šķīdumā iespējamā intracelulārā glikogēna diferencēšanai no neitrālajiem mukopolisaharīdiem (Luna L., Luna D., 1992; Tyler, 1994; Carson, 1997).

**Gastrīna, somatostatīna un vazoaktīvā intestinālā polipeptīda (VIP)** imunoreaktīvo šūnu identifikācijai audu griezumus uzpeldinājām uz silikonizētiem priekšmetstikliņiem (Histo Bond<sup>®</sup>) un pēc tam žāvējām 12 stundas 44 °C temperatūrā. Šūnu identificēšanai izmantota iezīmētā streptavidīna – biotīna metode (LSAB+, *Dako*) (Carson, 1997; Boenisch et al., 2001). Kā primārās antivielas izmantotas poliklonālās koncentrētās antivielas (1. tab.). Noslēdzot imunohistoķīmisko reakciju, antivielas-antigēna kompleksa vizualizēšanai uz audu griezuma aplicējām hromogēna sistēmu (Liquid DAB + Substrate Chromogen system, *Dako*, K3468), bet šūnu kodolus piekrāsojām ar Haris hematoksilīnu.

1. tabula/ Table 1

**Imunohistoķīmiskai izmeklēšanai izmantoto antivielu titrs  
un inkubācijas laiks  
Antibody titre and incubation time used for  
immunohistochemical examination**

Antiviela, sērijas Nr./ Ant-body, serial No.	Titrs/ Titre	Inkubācijas laiks/ Incubation time, min.
Gastrīns, polyclonal Rabbit ( <i>Dako</i> , A0568), 00045802	1:1000	30
Somatostatīns, polyclonal Rabbit ( <i>Dako</i> , A0566), 10025008	1:2000	30
VIP, polyclonal Rabbit ( <i>Abcam</i> , ab78536-100), 749465	1:200	30

Negatīvai kontrolei izmantojām identiskus audu paraugus, kuriem veicot imunohistoķīmisko procedūru, primārās antivielas vietā tika izmantots antivielu atšķaidītājs (*Dako*, S3002) bez primārās antivielas. Kā pozitīvā kontrole pārbaudei uz gastrīna antivielu imunoreaktivitāti izmatoti suņa kuņģa *pylorus* daļas gļotādas histoloģiskie griezumumi, uz somatostatīna antivielu imunoreaktivitāti – suņa aizkuņģa dziedzerā, bet uz VIP attiecīgi – suņa divpadsmitpirkstu zarnas histoloģiskie griezumumi (Erlandsen et al., 1976; Parsons et al., 1976; Alumets et al., 1977).

**Kuņģa sienīgas histoloģiskā novērtēšana.** Novērtējām kuņģa *pars glandularis* un *pars muscularis* sienīgas vispārējo histoloģisko uzbūvi attiecīgajos apvidos. Veikti abu kuņģa daļu gļotādas biezuma ( $\mu\text{m}$ ), *pars glandularis* virsējo dziedzeru garuma (dziļuma) ( $\mu\text{m}$ ), dziļo dziedzeru parenhīmas laukuma ( $\mu\text{m}^2$ ), kā arī *pars muscularis* zemdziejzeru (kompaktā) slāņa biezuma mērījumi. Gļotādas biezums mērīts 30 vietās katrā paraugā (5 redzeslauki, katrā 6 mērījumi). Virsējo dziedzeru dziļums (garums) mērīts 30

pareizi orientētiem dziedzeriem katrā paraugā. Dziļo dziedzeru parenhīmas laukums mērīts 5 redzeslaukos katrā paraugā un attiecināts pret kopējo gļotādas laukumu attiecīgajā redzeslaukā. No visiem mērījumiem iegūti vidējie rādītāji katram īpatnim.

Epiteliālo mukopolisaharīdu kvalitatīvais sastāvs, kā arī novietojums gļotādā dažādos kuņģa reģionos novērtēts, caurskatot visu preparātu un novērtējot attiecīgā mukopolisaharīdu veida īpatsvaru katrā kuņģa apvidū katram īpatnim.

Gastrīna, somatostatīna un VIP imunoreaktīvo šūnu skaits kuņģa gļotādā noteikts 10 redzeslaukos 400 reižu palielinājumā katrā apvidū un katram īpatnim. Noteikts redzeslauka kopējais gļotādas laukums un pozitīvo šūnu skaits tajā. Šūnu skaits pārrēķināts uz  $1\text{mm}^2$  gļotādas laukuma.

**Tievās zarnas sienīņas histoloģiskā novērtēšana.** Novērtēta zarnas sienīņas attiecīgo daļu vispārējā histoloģiskā uzbūve. Tievās zarnas detalizētākai gļotādas izvērtēšanai veikti šādi mērījumi ( $\mu\text{m}$ ): zarnas bārkstiņas garums un platums, kā arī bārkstiņas garengriezuma laukums ( $\mu\text{m}^2$ ). Mērījumi veikti 10 bārkstiņām katrā tievās zarnas apvidū katram īpatnim.

Izmantojot histoķīmiskās reakcijas, veikta kausveida šūnu diferencēšana pēc mukopolisaharīdu kvalitatīvā sastāva tajās: skābos (AB+), neitrālos (PAS+) un jauktos (AB/PAS+) mukopolisaharīdus saturošās šūnas. Kausveida šūnu skaits noteikts 10 bārkstiņās katrā preparātā, katrā tievās zarnas apvidū, katram īpatnim. Iegūtais šūnu skaits aprēķināts uz  $1\text{mm}^2$  zarnas bārkstiņas mediāna šķēsgriezuma laukumu.

Gastrīna, somatostatīna un VIP imunoreaktīvo šūnu skaits tievās zarnas gļotādā noteikts 10 redzeslaukos 400 reižu palielinājumā katrā apvidū un katram īpatnim. Šūnu skaits pārrēķināts uz  $1\text{mm}^2$  gļotādas laukuma.

Kopumā izvērtēti 2166 histoloģisko preparātu griezumumi. Histoloģiskā novērtēšana veikta, izmantojot gaismas mikroskopiju ar multifunkcionālu mikroskopu Leica DM500B. Mikroskopiskā attēla apstrāde, fotografēšana un mērīšana veikta, izmantojot kameru Leica DFC 490 un datorizētu programmu Image - Pro Plus 6.1.

### **Datu statistiskā apstrāde**

Darbā iegūtie dati statistiski apstrādāti, izmantojot SPSS 11,5 programmu. Katram rādītājam aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartklūda (SEM). Lai salīdzinātu vidējos rādītājus starp vecuma grupām, izmantojām daudzfaktoru dispersijas analīzi ANOVA vairāku nesaistītu paraugkopu vidējo vērtību salīdzināšanai, kā arī T-testu divu saistītu paraugkopu salīdzināšanai (vienas vecuma grupas ietvaros). Rādītāju savstarpējās sakarības noteikšanai pielietojām Pearson korelāciju analīzi (Arhipova et al., 2003).

## PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

### Strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas makroskopiskā uzbūve no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam

#### Ķermeņa masa, dzeltenuma maisa, kuņģa un zarnu masa

Strausu cāļu ķermeņa masas, kā arī dzeltenuma maisa un kuņģa masometriskie rādītāji atspoguļoti 2. tabulā.

2. tabula /Table 2

#### Strausu cāļu ķermeņa, dzeltenuma maisa un kuņģa masometriskie rādītāji Massmetric parameters of body, yolk sack and stomach of the ostrich chicks

Vecums/ Age (dienas/ days)	Ķermeņa masa/ Body weight (g±SEM)	Dzeltenuma maiss/ Yolk sack		Kuņģis (ar saturu)/ Stomach (with its contents)	
		g±SEM	% ±SEM no ķermeņa masas/ of body weight	g±SEM	% ±SEM no ķermeņa masas/ of body weight
38 embr.	902.1±30.86	360.7±32.83	40.0±3.38	9.0±1.18	1.0±0.13
1	860.0±46.16	231.5±27.31	26.7±2.55	15.2±1.46	1.8±0.22
3	869.0±34.39	203.8±19.48	23.9±2.92	48.7±7.47	5.5±0.71
7	770.8±23.75	124.9±18.60	16.5±2.74	69.1±4.98	9.0±0.59
14	1058.5±60.35	14.7±8.95	1.4±0.90	126.7±6.64	12.1±0.77
30	1506.3±124.6	reducēts/ reduced	-	242.5±18.62	16.3±1.08
60	5100.0±594.6	reducēts/ reduced	-	645.5±62.06	12.9±0.78

Cāļu ķermeņa masa no 38. embrionālās attīstības dienas līdz trīs dienu vecumam būtiski nepaliekas un līdz 7 dienu vecumam tai ir tendence pat samazināties, taču otrajā nedēļā pēc izšķilšanās ķermeņa masa sāk pieaugt un līdz 30 dienu vecumam tā gandrīz divkāršojas ( $p < 0,01$ ), bet 60 dienu vecumā tā, salīdzinot ar izšķilšanās dienu, jau ir piekāršojusies ( $p < 0,001$ ). Visstraujāko ķermeņa masas pieaugumu (120 g/diennaktī) novērojām otrajā dzīves mēnesī – starp 30. un 60. dienu, savukārt no 7. līdz 30. dienai ķermeņa masa vidēji pieauga tikai par 32 g diennaktī.

Ķermeņa masas zudums cāļiem no 3. līdz 7. dzīves dienai, iespējams, skaidrojams ar dzeltenuma maisa straujo redukciju, sākot ar 3. dzīves dienu, turklāt pilnvērtīgu barības uzņemšanu cāļi uzsāk tikai 4.-5. dienā pēc izšķilšanās. Līdzīgu viedokli pauž arī Deeming et al. (1993), norādot, ka

strausu cāļi ķermeņa masu strauji zaudē pirmajā piecās dzīves dienās tieši saistībā ar dzeltenuma maisa straujo uzsūkšanos. Degen et al. (1991) konstatējis, ka veselīgiem strausu cāļiem ķermeņa masa samazinās līdz pat 6. dzīves dienai, taču 7 dienu vecumā jau vērojams neliels dzīvmasas pieaugums.

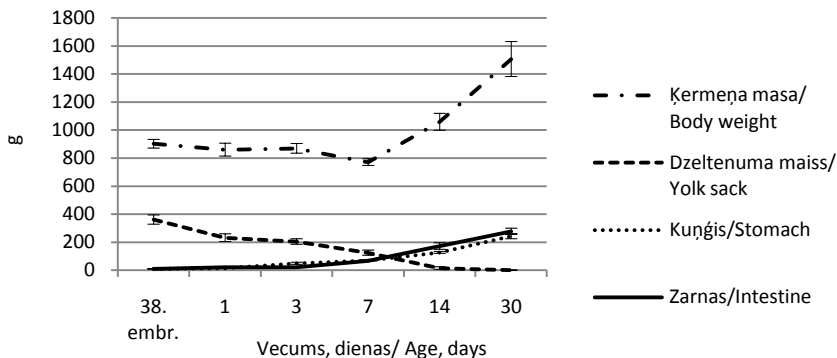
Dzeltenuma maisa masa no 38. embrionālās attīstības dienas līdz izšķilšanās dienai strauji samazinās ( $p < 0,05$ ), (2. tab., 1.att.), no 1. līdz 3. dienai tā redukcija palēninās, bet strauja dzeltenuma maisa masas samazināšanās atsākas ar 3. dzīves dienu. Salīdzinot ar izšķilšanās dienu, 7 dienu vecumā dzeltenuma maiss jau zaudējis 46% ( $p < 0,05$ ), bet 14 dienu vecumā jau vairāk nekā kā 95% no savas masas ( $p < 0,01$ ). 30 dienu vecumā dzeltenuma maiss vairs nav novērojams.

Iji et al. (2003) savā pētījumā norāda, ka strausu cāļiem 3 dienu vecumā dzeltenuma maisa masa ir 15-36% no ķermeņa masas, bet 27 dienu vecumā tas jau pilnībā izzudis. Dzoma et al. (2001) konstatējis, ka fizioloģiski strausu cāļiem dzeltenuma maiss pilnībā reducējas starp 10. un 14. dzīves dienu. Salīdzinoši vistu broileru cāļiem dzeltenuma maiss pilnībā reducējas jau līdz 10. dzīves dienai (Iji et al., 2001).

Kuņģa absolūtās masas pieaugums vērojams visā novērotajā attīstības periodā (2. tab., 1. att.). 30 dienu veciem strausu cāļiem tā masa ir  $242,5 \pm 18,62$  grami, kas veido  $16,3 \pm 1,08\%$  no ķermeņa masas. Kuņģa absolūtās masas pieaugums šajā vecumā ir būtisks, salīdzinot ar izšķilšanās dienu ( $p < 0,001$ ) un septiņu dienu vecumu ( $p < 0,01$ ).

Kopumā kuņģa masa novērotajā ontogēnēzes periodā strausu cāļiem palielinās 71 reizi (tas ir, no  $9,0 \pm 1,18$  g – 38. embrionālās attīstības dienā līdz  $645,5 \pm 62,06$  g – 60 dienu vecumā).

Kuņģa relatīvās masas būtisks pieaugums vērojams līdz 30 dienu vecumam ( $p < 0,01$ ), kad tā sasniedz maksimumu –  $16,3 \pm 1,08\%$ .



**1. att. Strausu cāļu ķermeņa, dzeltenuma maisa, kuņģa un zarnu masas ( $g \pm SEM$ ) izmaiņas pirmajā dzīves mēnesī**

**Fig. 1 Body weight, yolk sack, stomach and intestine weight ( $g \pm SEM$ ) changes over the first month of life of the ostrich chicks**

Kopējā (tievās un resnās) zarnas masa pētītajā ontogēnēzes periodā strausu cāļiem palielinās 67 reizes (t. i., no  $8,81 \pm 1,00$  g – 38. embrionālās attīstības dienā līdz  $593,64 \pm 82,66$  g – 60. dienā). Būtiskākais masas pieaugums konstatēts starp 1. un 14. dienu ( $p < 0,05$ ); 7. un 30. ( $p < 0,01$ ) (1. att.) un 30. un 60. dienu ( $p < 0,001$ ).

Zarnas relatīvā masa maksimumu sasniedz 30 dienu vecumā, veidojot  $18,5 \pm 0,97\%$  no ķermeņa masas, bet turpmākajā periodā tā būtiski ( $p < 0,01$ ) pazeminās un 60 dienu vecumā ir  $12,6 \pm 1,13\%$ .

Iji et al. (2003) norāda, ka kuņģa un zarnu relatīvā masa strausu cāļiem turpina nedaudz palielināties arī otrajā dzīves mēnesī, savukārt mūsu pētījumi parādīja būtisku kuņģa un zarnu relatīvās masas pazemināšanos no 30. līdz 60. dzīves dienai. Iespējams, tas skaidrojams ar atšķirīgo putnu augšanas intensitāti, ko var ietekmēt ēdināšanas un turēšanas apstākļi, kaut arī pētījumā norādītie turēšanas apstākļi ir visumā līdzīgi kā mūsu pētījumā. Порченко (2007) konstatējis, ka pieaugušam strausam zarnas relatīvā masa veido tikai  $4,2\%$  no dzīvmasas.

## Kuņģa anatomiskais raksturojums

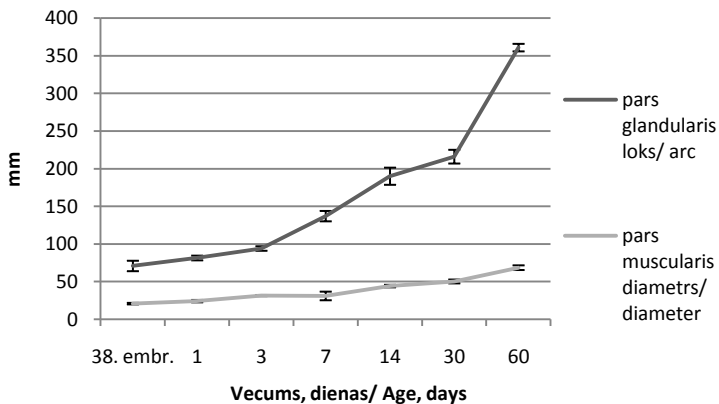
**Kuņģa dziedzerdaļa** (*pars glandularis*) 38 dienas veciem embrijiem un tikko izšķīlušiem putniem ir vārpstveidīgas formas, neliela, taču – jau 7

dienu vecumā tās apjoms strauji palielinājies, forma kļūst maisveidīga, izliekta, tā aptver kuņģa *pars muscularis* kreiso un kaudālo daļu. *Pars glandularis* sieniņa samērā plāna, bet gar orgāna ventrolaterālo malu tūlīt aiz barības vada atveres gareniskā „laiviņveidīgā” joslā tā ir biezāka. Šajā zonā atrodas dziļie dziedzeri (*gll.proventriculares profundī*). Šis apvidus stiepjas ventrokaudāli kā labi norobežota josla līdz pat kuņģa *pars glandularis* vidusdaļai.

**Kuņģa muskuļdaļai** (*pars muscularis*) ir apaļa diskveidīga forma un bieža siena. *Pars muscularis* novietota ķermeņa dobuma kranioventrālajā daļā nedaudz pa kreisi no ķermeņa vidusplaknes, tā pieskaras vēdera ventrālajai sienai. No kreisās un kaudālās malas to aptver kuņģa *pars glandularis*. Ja prenatālajā periodā un izšķīšanās dienā abu kuņģa daļu lielums ir vizuāli līdzīgs, tad, jau sākot ar trešo dzīves dienu un līdz pat 60. dienai, novērojama abu daļu disproporcija, palielinoties kuņģa *pars glandularis* relatīvajiem izmēriem.

Cho et al. (1984), salīdzinot strausveidīgo putnu kuņģa anatomiju, norāda, ka Āfrikas strausam starp visiem strausveidīgajiem putniem kuņģa *pars glandularis* proporcionāli ir vislielākā salīdzinot ar *pars muscularis*.

Uz straujāku strausu caļu kuņģa *pars glandularis* attīstību pēc 3 dienu vecuma sasniegšanas norāda arī mūsu iegūtie morfometriskie dati, kas atspoguļo kuņģa abu daļu izmēru pieaugumu līdz 60 dienu vecumam (2. att.).



2. att. Strausu caļu kuņģa *pars glandularis* un *pars muscularis* morfometrisko rādītāju ( $\text{mm} \pm \text{SEM}$ ) izmaiņas no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam

Fig 2 Changes in morphometric parameters ( $\text{mm} \pm \text{SEM}$ ) of *pars glandularis* and *pars muscularis* of the ostrich chicks from day 38 of embryo development to the age of 60 days

Ja kuņģa *pars muscularis* diametrs 30 dienu vecam cālim, salīdzinot ar izšķīlšanās vecumu, ir divkārtšojies un sasniedz 50 mm ( $p < 0,001$ ), tad *pars glandularis* loka garums šajā periodā palielinājies jau 2,7 reizes ( $p < 0,001$ ).

Pieaugušiem strausiem kuņģa *pars glandularis* ir 2-2,5 reizes lielāka nekā *pars muscularis* (Порченко, 2007).

Domājams, ka straujā kuņģa *pars glandularis* attīstība jau drīz pēc izšķīlšanās saistāma ar šīs kuņģa daļas funkcionālajām īpatnībām, kas izveidojušās, pateicoties Āfrikas strausu dabīgajam izplatības areālam – tuksnesim un ar to saistītajai barības bāzei.

Vairāki autori uzskata, ka salīdzinoši lielā kuņģa *pars glandularis* strausam kalpo kā nesen uzņemtās barības un ūdens rezervuārs. Pētījumi pierāda, ka pat 20 stundas nedzirdinātiem strausu cāļiem joprojām rentgenoloģiski bija novērojams brīva ūdens līmenis kuņģa *pars glandularis* (Skadhauge et al., 1984; Degen et al., 1994).

Abu kuņģa daļu gļotādu visu vecumu strausu cāļiem klāja samērā biezs koilīna slānis (*cuticula gastris*) zaļgani dzeltenā krāsā.

Lielākajai daļai putnu sugu koilīns izklāj tikai kuņģa *pars muscularis* lūmenu. Arī šī īpatnība strausiem visticamāk saistīta ar specifisko barības klāstu, kas saistīts ar šīs sugas dabīgajiem dzīves apstākļiem. Sales (2006) norāda, ka Āfrikas strausi savvaļā pārtiek no sukulentiem, sēklām, ogām un zāles. Kopā ar barību tie uzņem arī daudz, pat samērā liela izmēra akmentiņus. Jādoma, ka viena no kutikulas funkcijām kuņģa *pars glandularis* ir gļotādas mehāniskā aizsardzība. Degen et al. (1994), vadoties no saviem pētījumiem, izvirza hipotēzi ka kuņģa *pars glandularis* kalpo arī kā ūdens rezervuārs. Iespējams, ka koilīna funkcija, izklājot kuņģa dziedzerdaļas gļotādu, ir arī palēnināt ūdens uzsūkšanos šajā gremošanas trakta daļā, tādējādi nodrošinot ūdens rezerves organismā.

Kuņģa *pars glandularis* kopējais gļotādas virsmas laukums strauji pieaug un starp 30. un 60. dzīves dienu tas palielinājies 2,5 reizes ( $p < 0,001$ ), savukārt dziļo dziedzeru apvidus palielinās lēnāk. No 30. līdz 60. dzīves dienai dziļo dziedzeru apvidus gļotādas laukums tikai divkārtšojas ( $p < 0,001$ ).

Neproporcionālos abu gļotādas zonu augšanas tempus atspoguļo arī dziļo dziedzeru apvidus relatīvā laukuma rādītāji. Jaundzimušiem cāļiem *pars glandularis* dziļo dziedzeru apvidus relatīvais laukums veido  $22,5 \pm 1,52\%$  no kopējās *pars glandularis* gļotādas virsmas, bet, putnam pieaugot, tas samazinās līdz  $14,0 \pm 0,36\%$  ( $p < 0,01$ ) 60 dienu vecumā (3. tabula).



**Strausu cāļu kuņģa *pars glandularis* gļotādas  
makromorfometriskie rādītāji**  
**Macromorphometric parameters of the stomach *pars glandularis* mucosa  
for the ostrich chicks**

Vecums (dienas)/ Age (days)	Kopējais gļotādas virsmas laukums/ Total surface area of mucosa (mm <sup>2</sup> ± SEM)	Dziļo dziedzeru apvidus gļotādas virsmas: /Mucosa surface area of the deep proventricular glands region:	
		laukums/ area (mm <sup>2</sup> ± SEM)	relatīvais laukums/ relative area (%± SEM)
38. embr.	2470±295.0	540±53.0	22.5±1.52
1	3210±163.0	710±70.0	22.0±1.58
3	4360±334.0	880±78.0	20.1±0.99
7	7400±354.0	1440±72.0	19.6±1.03
14	13130±1220.0	2270±157.0	17.8±1.38
30	18350±1645.0	3080±244.0	17.0±0.98
60	45960±2850.0	6460±440.0	14.0±0.36

Cho et al. (1983), salīdzinot strausveidīgo putnu kuņģa *pars glandularis* gļotādu, konstatējis, ka Āfrikas strausam dziļo dziedzeru zonas (dziedzeri, kas producē kuņģa sulu) laukums no visiem strausveidīgajiem putniem relatīvi ir vismazākais. Tas veido tikai 25% no kopējā kuņģa *pars glandularis* gļotādas laukuma (Cooper, Mahroze et al., 2004).

Salīdzinoši vistai visā kuņģa dziedzerdaļas gļotādā atveras sālskābi un pepsīnu producējošo dziļo dziedzeru (*gll. proventriculares profundis*) izvadi (Nickel, et al., 1992; Brūveris, 2007; Попченко, 2007), un šādas zonas neizšķir kuņģa *pars glandularis* daļā.

Lai gan strausam dziļie dziedzeri atrodas tikai nelielā kuņģa *pars glandularis* gļotādas zonā, tie spēcīgi attīstīti un, pateicoties lielākam šīs kuņģa daļas apjomam un ilgstošākai barības pasāžai caur šo kuņģa nodalījumu, barība pietiekami labi spēj sajaukties ar kuņģa sulu (Degen et al., 1994). Par to liecina arī mūsu pētījumā veiktie kuņģa *pars glandularis* vides pH mērījumi, kas uzrādīja, ka nav būtisku atšķirību starp pH līmeni dažādos kuņģa *pars glandularis* apvidos.

### Tievās zarnas anatomiskais raksturojums

Pētījumā iekļautajiem putniem visās vecuma grupās attīstītas un labi iezīmējas visas trīs tievās zarnas daļas – *duodenum*, *jejunum* un *ileum*.

**Divpadsmitpirkstu zarna** (*duodenum*) sastāv no lejupejošās (*pars descendens*) un augšupejošās (*pars ascendens*) daļas, kas veido

izliekumu – U veida cilpu. Zarnas cilpā, tās apzarnī novietots aizkuņģa dziedzeris (*pancreas*). Augšupejošā daļā pie aizkuņģa dziedzera izliekuma jau ķermeņa dobuma labajā pusē zarna veido nelielu sekundāro cilpu, bet pēc tam, veidojoties *flexura duodenojejunalis*, tā bez redzamas robežas pāriet tukšajā zarnā.

Pieaugot cāļu vecumam, zarna salīdzinoši vairāk atbīdīta kaudāli, pateicoties galvenokārt kuņģa *pars glandularis* apjoma pieaugumam. Kraniodorsāli no U veida cilpas atrodas aklā zarna, kuras apzarnis saistīts ar divpadsmitpirkstu zarnas apzarni.

**Tukšā zarna** (*jejunum*) novietota ķermeņa dobuma labajā pusē starp kuņģa *pars muscularis* un labo nieri. Tās proksimālā daļa atrodas tuvu kuņģa *pars muscularis pylorus* reģionam, kur sākas divpadsmitpirkstu zarna, bet tālāk zarna veido lokus, kas ietverti garā apzarnī, un dodas nedaudz kaudāli un pa kreisi, līdz sasniedz aklās zarnas (*caecum*) galotni, kur pāriet gūžu zarnā (*ileum*).

**Gūžu zarna** (*ileum*) ietverta īsā apzarnī, kas to saista ar divām labi attīstītām aklām zarnām, veidojot gūžu-aklās zarnas saiti (*lig. ileocecale*). Gūžu zarna sākas ķermeņa dobuma kreisajā pusē, aklās zarnas galotnes līmenī un tālāk pagriežas uz labo pusi, virzās paralēli starp abām aklās zarnas cilpām dorsāli no divpadsmitpirkstu zarnas kraniolaterālā virzienā, gandrīz sasniedzot labo vēdera sienu. Aklās zarnas pamatnes līmenī, kur abas simetriskās aklās zarnas savienojas, novērojama ileocekāļā atvere (*ostium ileocecale*). Šajā vietā sākas loka zarna. Vecākiem cāļiem (60 dienu vecumā) gūžu zarnai parādās vāji iezīmētas haustas.

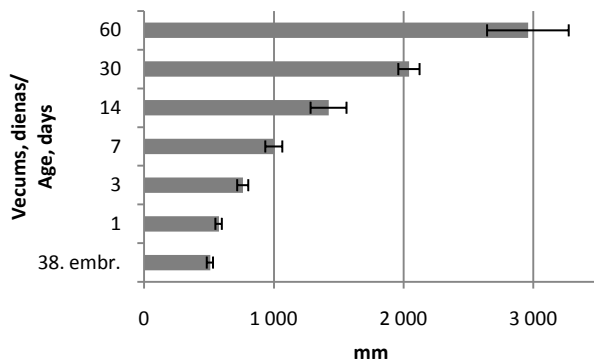
Tievās zarnas absolūtās masas pieaugums pirmajās dienās pēc izšķīlšanās ir samērā lēns, taču straujš masas kāpums konstatēts pēc 3 dienu vecuma sasniegšanas. Tievās zarnas absolūtā masa turpina lineāri pieaugt visā pētītajā ontogēnēzes periodā. Ontogēnēzes agrīnajos posmos tievās zarnas masas palielināšanās norit straujāk. Tā, piemēram, no 3 līdz 14 dienu vecumam tievās zarnas masas pieaugums ir pieckārtīgs, bet no 30. līdz 60. dzīves dienai tās masa palielinās 2,5 reizes ( $p < 0,001$ ) un sasniedz  $182,1 \pm 28,6$  g.

Tievās zarnas relatīvā masa turpina lineāri pieaugt līdz 30 dienu vecumam, kad tā sasniegusi savu maksimumu un veido  $4,91 \pm 0,37$  % no ķermeņa masas, pie tam visstraujākais relatīvās masas pieaugums vērojams tieši no 7. līdz 14. dzīves dienai ( $p < 0,01$ ). Salīdzinot ar 30. Dienu, 60 dienu vecumā cāļiem konstatēta tievās zarnas relatīvās masas samazināšanās līdz  $3,79 \pm 0,14$  % no ķermeņa masas.

Savukārt Iji et al. (2003) pētījums rāda, ka 27 dienu vecumā strausu cāļiem tievās zarnas relatīvā masa ir 4,6%, tā nedaudz turpina pieaugt līdz 4,7% – 41 dienas vecumā, bet tad sāk samazināties un 72 dienu vecumā veido 4,2% no ķermeņa masas.

Pētījumi vistu un pīļu cāļiem parāda, ka tievās zarnas relatīvā masa savu maksimumu sasniedz jau pirmajā attīstības nedēļā, bet pēc tam tā pakāpeniski samazinās (Soriano et al., 1993; King et al., 2000).

Analizējot tievās zarnas kopējo garumu, konstatējām, ka strauja tievās zarnas augšana garumā sākas pēc izšķilšanās, kad 7 dienu vecumā tās garums jau divkāršojies, salīdzinot ar 38. embrionālās attīstības dienu un ir  $1001,7 \pm 65,52$  mm, jeb  $38,4 \pm 1,10\%$  no kopējā zarnas garuma. Būtisks tievās zarnas garuma pieaugums vērojams starp 3. un 14. dienu ( $p < 0,05$ ); 30. un 60. dienu ( $p < 0,01$ ) (3. att.).



**3. att. Strausu cāļu tievās zarnas garuma izmaiņas (mm±SEM) no 38. embrionālās attīstības dienās līdz 60 dienu vecumam**

**Fig. 3 Changes in the small intestine length (mm±SEM) of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days**

Tievās zarnas relatīvais garums strausu cāļiem visās vecuma grupās svārstās no  $33,8 \pm 1,75\%$  14 dienu vecumā līdz  $43,4 \pm 2,04\%$  38. embrionālās attīstības dienā ar tendenci samazināties, pieaugot cāļu vecumam. Lielāko daļu no zarnu garuma visos izmeklētajos ontogēnēzes posmos strausu cāļiem veido resnā zarna.

Wang un Peng (2008) norādījuši, ka tievās zarnas garums strausu cāļiem laika posmā no 1. līdz 45. dienai palielinās daudz straujāk nekā no 45. līdz 90. dienai. Šo faktu apstiprina arī mūsu pētījumā iegūtie dati. Ja pirmajā dzīves mēnesī tievās zarnas garums palielinājās par 1467 mm (3,5 reizes), tad otrajā dzīves mēnesī tas bija palielinājies tikai par 917 mm (1,4 reizes).

Mūsu iegūtie rezultāti parāda, ka kopumā pirmajos divos dzīves mēnešos strausu cāļiem tievās zarnas garums palielinās 5 reizes, bet Wang un Peng (2008) konstatējuši, ka pirmajos trijos dzīves mēnešos tievās zarnas garums strausu cāļiem pieaug 6 reizes, kamēr vistu cāļiem šajā laikā tas palielinās tikai 3,4 reizes. Salīdzinoši straujā zarnu augšana strausu cāļiem

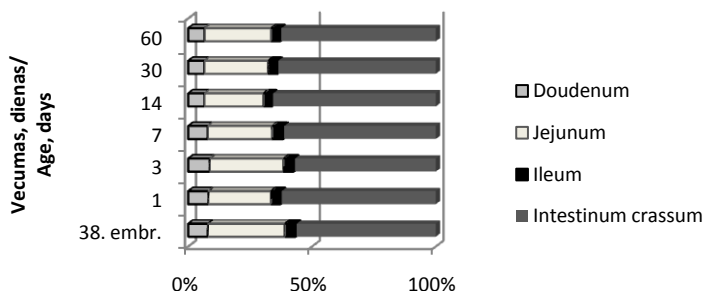
pirmajos dzīves mēnešos norāda uz būtisku šīs sugas anatomiski fizioloģisku īpatnību, kas jāņem vērā, izvēloties optimālu ēdināšanu un izvērtējot raksturīgākās patoloģijas šajā ontogēzes posmā.

Aplūkojot atsevišķu tievās zarnas daļu makroskopisko attīstību attiecīgajā ontogēzes posmā, konstatējām, ka lielāko tievās zarnas masas un garuma īpatsvaru veido tukšā zarna.

Tievās zarnas atsevišķu daļu masa un garums pieaug proporcionāli kopējām tievās zarnas masas un garuma izmaiņām.

Wang un Peng (2008) konstatējuši, ka diennakti vecam strausu cālim tukšās zarnas relatīvā masa ir 0,65%, divpadsmitpirkstu zarnas attiecīgi – 0,1%, bet gūžu zarnas – 0,08% no ķermeņa masas.

Tievās zarnas daļu relatīvais garums attēlots 4. attēlā.



#### 4. att. Strausu cāļu tievās zarnas daļu relatīvais garums no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam

**Fig.4 Relative length of the small intestine of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days**

Divpadsmitpirkstu zarnas garums procentuāli no kopējā zarnu garuma visās pētītajās cāļu grupās svārstās no 6 līdz 9%, tukšās zarnas vidēji – 27%, bet gūžu zarnas – 4%. Pieaugot cāļu vecumam, divpadsmitpirkstu un tukšās zarnas relatīvajam garumam ir tendence samazināties (4. att.).

Arī Wang un Peng (2008) norādījuši, ka garākā no tievās zarnas segmentiem ir tukšā zarna. Šo zinātnieku iegūtie dati attiecībā uz tievās zarnas daļu relatīvo garumu korelē ar mūsu pētījumā iegūtajiem datiem.

## Strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas mikroskopiskā uzbūve no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam

### Kuņģa histoloģiskais raksturojums

Visiem izmeklētajiem putniem kuņģa dziedzerdaļas (*pars glandularis*) gļotādu (*tunica mucosa proventriculi*) klāj vienkārta cilindrisks epitēlijs, kas, ieliecoties gļotādas pamatkārtā (*lamina propria mucosae*), veido vienkāršus tubulārus dziedzerus – **kuņģa *pars glandularis* virsējos dziedzerus (*gl. proventriculares superficiales*)**.

38. embrionālās attīstības dienā virsējo dziedzeru tubulas ir īsas, to veidojošais epitēlijs ir zems cilindrisks, bet dziedzera pamatnē kubisks. Izšķilšanās dienā dziedzeru tubulas jau ir dziļākas un, pieaugot putnu vecumam, to garums palielinās. Sākot ar 3. dzīves dienu, novēro atsevišķu dziedzeru zarošanos, bet 7. un 14. dzīves dienā jau novēro samērā daudz zarotu dziedzeru un to lūmeni ir plašāki.

Arī Bezuidenhout, Wan Aswegen (1990) un Illanes et al. (2006) savos pētījumos par strausa kuņģa gļotādu konstatējuši, ka strausiem virsējo dziedzeru uzbūve variē no vienkāršiem līdz zarotiem tubulāriem dziedzeriem. Savukārt Wang et al. (2007), Попченко (2007) pētījumos par strausa kuņģa gļotādas uzbūvi šādu sugai specifisku īpatnību nav norādījuši.

Jāatzīmē, ka vairumam putnu sugu, tai skaitā arī mājputniem, kuņģa *pars glandularis* virsējo dziedzeru (*gl. proventriculares superficiales*) uzbūve ir vienkārša tubulāra, to zarošanos nenovēro (Catroxo et al., 1997; Aughey, Frye, 2001; Bacha W, Bacha L, 2006; Samuelson, 2007).

Analizējot *pars glandularis* gļotādas mukoīdā sekrēta kvalitatīvo sastāvu, visu vecumu putniem konstatējām, ka šūnas, kas novietotas tuvāk dziedzera kakliņam, pārsvarā krāsojas PAS+ vai AB+, bet dziļāk esošās – jaukti. Dziedzeros producētais sekrēts izplūst gļotādas virspusē, veidojot koilīna slāni.

Citu autoru pētījumus par strausa kuņģa mukoīdā sekrēta diferencēšanu pēc mukopolisaharīdu veida neatradām, taču līdzīgi pētījumi ir veikti cāļiem (Sgambati et al., 1995), vistām (Pastor et al., 1998) un pērļvistām (Selvan et al., 2008). Konstatēts, ka šīm putnu sugām kuņģa *pars glandularis* epitēlijšūnas, kas veido virsējos dziedzerus, satur neitrālos un skābos mukopolisaharīdus saturošas granulas un producē gan neitrālos, gan skābos mukopolisaharīdus saturošu sekrētu.

Gļotādas muskuļplātnīte (*lamina muscularis mucosae*) virsējo dziedzeru apvidū samērā labi attīstīta, sākot ar 3. dzīves dienu, bet jaunākiem strausu cāļiem tā bija samērā vāji attīstīta.

Kuņģa *pars glandularis* dorsolaterālajā sienā visu vecuma grupu putniem novēro **kuņģa *pars glandularis* dziļos dziedzerus (*gll. proventriculares profundī*)**. Dziļie dziedzeri sastāv no daudzām grupās sakārtotām noapaļotām, stūrainām polimorfām daiviņām. Katru daiviņu veido cieši izvietotas tubulas, kas pa terciārajām un sekundārajām ejām atveras dziedzera centrālajā dobumā. Daiviņu centrālos dobumus primārās ejas savieno ar kuņģa *pars glandularis* gļotādas virsmā esošajām kārpīņām. Dziedzera tubulas (sekretorais epitēlijs) sastāv no viena tipa šūnām – vienkārtas kubiskām līdz zemām cilindriskām epitēlijšūnām.

38. embrionālās attīstības dienā dziedzeru grupas sastāv no vāji attīstītām noapaļotām polimorfām daiviņām, starp kurām izvietoti saistaudi (stroma) un gludo muskuļšķiedru elementi. Dziedzera daiviņas perifērijā novēro īsas, vāji attīstītas tubulas, kuras norobežo kubiskas dziedzerepitēlijšūnas ar lieliem apaļiem vezikulāriem kodoliem un graudainu citoplazmu. Kārpīņas kanāls (primārās ejas) izklāts ar vienkārtas cilindrisku epitēliju, tā šūnu apikālajos galos ir daudz jautkos mukopolisaharīdus saturošu granulu. Starp dziedzeru grupām ir samērā biezs saistaudu slānis (stroma) ar daudziem asinsvadiem un nervu šķiedrām.

Izšķīlšanās dienā daiviņas iezīmējas labāk, saistaudu daudzums starp tām ir mazāks. Dziedzerepitēlijs veido garākas šūnu virknes, tādējādi veidojot tubulas.

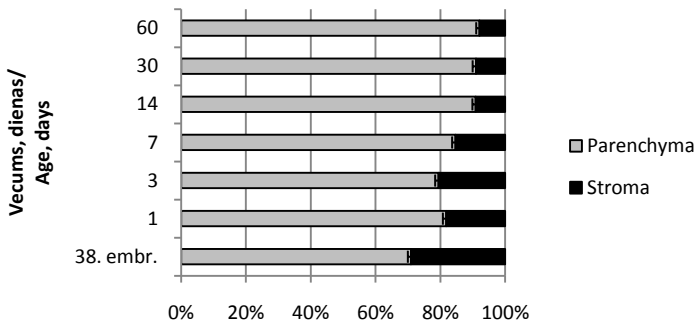
Sākot ar 7 dienu vecumu, dziedzera daiviņu veidojošās tubulas ir garākas, ar plašākiem lūmeniem, robežās starp daiviņām labāk iezīmējas gludās muskuļšūnas. Daiviņu forma kļuvusi daudzstūraina. Atsevišķās dziedzera centrālo dobumu izklājošajās epitēlijšūnās novēro neitrālos mukopolisaharīdus saturošas granulas, pie tam šādu šūnu skaits, novērtējot vizuāli, palielinās, pieaugot putnu vecumam. Savukārt Bezuidenhout un Wan Aswegen (1990) norāda, ka epitēlijs, kas daļēji piedalās arī daiviņas centrālā dobuma veidošanā, kā arī izklāj dziedzeru sekundārās un terciārās ejas, mucīnu nesatur.

Palielinoties cāļu vecumam, dziedzera tubulas labāk attīstītas. Dziedzera daiviņas šķērsriezuma laukumu galvenokārt aizņem tubulas veidojošais kubiskais dziedzerepitēlijs, bet daiviņas centrālais dobums ar terciārajām un sekundārajām ejām vērojams tās centrā.

30 un 60 dienu vecumā starp dziedzera daiviņu grupām maz saistaudu, daudz asinsvadu. Šajā vecumā dziļo dziedzeru histoloģiskā uzbūve jau atgādina pieauguša putna dziedzerus (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990).

Dziļo dziedzeru daiviņu parenhīmas laukuma mērījumi attiecībā pret kopējo gļotādas šķērsriezuma laukuma vienību parāda, ka dziedzera parenhīmas (sekretorā epitēlija) īpatsvars krasi pieaug starp 38. embrionālās attīstības dienu un izšķīlšanās dienu ( $p < 0,05$ ), kā arī starp 3. un 14. dzīves dienu ( $p < 0,05$ ), laikā, kad putni uzsāk patstāvīgi un intensīvi uzņemt barību. 60 dienu

vecumā parenhīma aizņem jau 92% no dziedzeru kompleksus veidojošiem audiem (5. att.).



**5. att. Parenhīmas īpatsvars (%±SEM) kopējā dziļo dziedzeru laukumā strausu cāļiem no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60. dzīves dienai**

**Fig. 5 Proportion of parenchyma (%±SEM) in the overall deep proventricular glands area for the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life**

Ģlotādas muskuļplātnīte (*lamina muscularis mucosae*) dziļo dziedzeru apvidū ieskauj dziedzeru daiviņas. Jaunākiem putniem (38. embrionālā, izšķilšanās un trešā diena) gludo muskuļšķiedru starp dziedzeru daiviņām ir mazāk, bet, pieaugot vecumam, tās bagātīgi norobežo katru dziļā dziedzeru daiviņu.

Muskuļapvalks (*tunica muscularis*) kuņģa *pars glandularis* virsējo dziedzeru apvidū labi attīstīts visu vecuma grupu cāļiem, tas kļūst spēcīgāks, putniem pieaugot. Muskuļapvalks sastāv no iekšējās cirkulārās kārtas (*stratum circulare*), kas ir spēcīgāka un vizuāli 2-3 reizes biezāka par ārējo garenisko kārtu (*stratum longitudinale*). Dziļo dziedzeru apvidū muskuļapvalks ir plānāks.

Serozas (*tunica serosa*) slānis ir plāns, to klāj mezotēlijs, zem kura atrodas irdeno saistaudu slānis ar asinsvadiem un nervu pinumiem.

**Kuņģa muskuļdaļas** (*pars muscularis*) ģlotādā 38. embrionālās attīstības dienā dziedzeru (*gll. ventriculares*) tubulas vāji attīstītas, šauras izliektas, un uz ģlotādas virsmas tās atveras pa vienai vai grupā līdz trim. Tubulas izklājošais epitēlijs zems, šūnu citoplazma distāli no kodola pildīta ar vāji krāsotām, sīkām sekretorām granulām. Dziedzeris secernē mukoīdu sekrētu, kas krāsojas vāji eozinofli, koilīna slānis virs ģlotādas virsmas epitēlija samērā plāns.

Palielinoties putnu vecumam, dziedzeru tubulas, novērtējot vizuāli, kļūst garākas, plašākas, bet 60 dienu vecumā atsevišķiem īpatņiem gļotādas virspusē jau novērojām seklas bedrītes, kurās atveras 3-8 dziedzeru tubulas katrā bedrītē. Bedrītes klāj prizmatisks vienkārtas epitēlijs. Bedrīšu virspusē vērojamas deskvamētas šūnas un šūnas ar deģeneratīvām pazīmēm. Koilīna slāņa biežums palielinās, pieaugot putna vecumam.

Arī pieaugušiem strausiem kuņģa *pars muscularis* gļotādā novēro zarotus tubulārus dziedzerus, kas iestiepjas gļotādas pamatkārtā un atveras gļotādas virspusē platās kriptās (bedrītēs) (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990).

Virsmas epitēlijšūnas visām putnu vecuma grupām kuņģa *pars muscularis* gļotādā pārsvarā satur neitrālos mukopolisaharīdus (PAS+), taču novēro arī šūnas, kas satur skābos (AB+) un jauktos (AB/PAS+) mukopolisaharīdus. Interesanti, ka dziedzeru sekrēts, kas izdalās no to lūmeniem un veido kutikulu, pārsvarā satur neitrālos mukopolisaharīdus (krāsojas PAS +), taču dziedzeros esošās šūnas satur skābos un jauktos mukopolisaharīdus saturošas granulas (krāsojas AB+, AB/PAS+). Līdzīga aina kuņģa *pars muscularis* gļotādā novērota arī pērļvistām (Selvan, et al., 2008) un vistām (Pastor et al., 1998).

Virzienā uz *pylorus* atveri lielāko īpatsvaru veido skābos mukopolisaharīdus saturošās virsmas epitēlijšūnas.

Epitēlija mukoīdā sekrēta kvalitatīvajā sastāvā šajā apvidū starp dažādām vecuma grupām būtiskas izmaiņas netika novērotas.

Tieši uz pārejas starp kuņģi un divpadsmitpirkstu zarnu gļotāda veido bārkstīņas, kuras klāj vienkārtas cilindriskas epitēlijšūnas – mukocīti, kas bagātīgi satur jauktos un neitrālos mukopolisaharīdus. Gļotādas pamatkārtā novietoti izliekti tubulāri dziedzeri – piloriskie dziedzeri (*gll.pyloricae*).

Gļotādas pamatkārta (*lamina propria mucosae*) veidota no irdeniem saistaudiem, bagātīgi satur asinsvadus, nervu elementus un limfvadus. Zem dziedzeriem novēro slāni, kas satur blīvos saistaudus, tas ir zemdziejzeru jeb kompaktais slānis, kas iezīmējas jau 38. embrionālās attīstības dienā, bet, sākot ar otro dzīves nedēļu, novērojām tendenci tam kļūt biežākam. *Pylorus* reģionā šis slānis nav novērojams.

Arī citām putnu sugām (īpaši sēklējājiem) aprakstīts zemdziejzeru jeb kompaktais slānis, ko veido fibrozie saistaudi (Nickel et al., 1992; Brūveris, 1993). Pieaugušam strausam tā biežums var sasniegt pat 1,5 mm (Порченко, 2007).

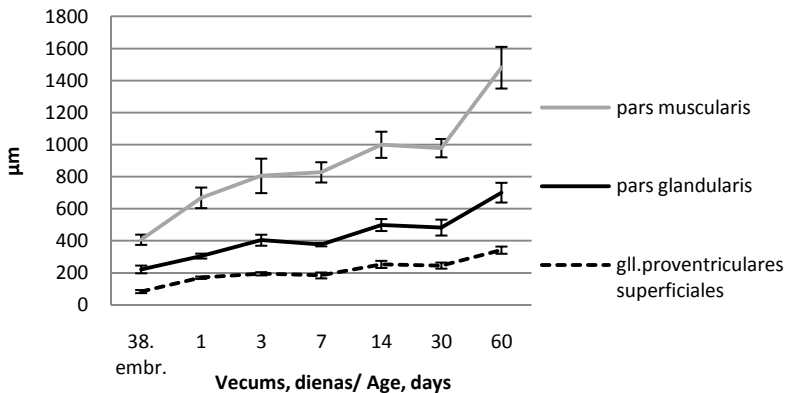
Gļotādas muskuļplātnīte (*lamina muscularis mucosae*) tieši pieguļ muskuļapvalkam, labi attīstīta visu vecuma grupu putniem, taču biežāka tā kļūst, putniem pieaugot.



Muskuļapvalks (*tunica muscularis*) ļoti spēcīgs, sastāv no bieziem gludās muskulatūras slāņiem, kas atdalīti ar plānām irdenos saistaudus, asinsvadus un nervu pinumus saturošām kārtām. Muskuļšķiedru orientācija haotiska, tās veido dažādi vērstas muskuļšķiedru grupas. Muskuļapvalks vizuāli biežāks vecāko putnu grupām.

Serozu (*tunica serosa*) veido vienkārtas mezotēlijšūnas, zem kurām daudz irdeno saistaudu.

Analizējot gļotādas morfometriskos parametrus, konstatējām, ka strausu cāļu kuņģa *pars glandularis* virsējo dziedzeru dziļums (garums) un *pars glandularis* un *pars muscularis* gļotādas slāņa biezums proporcionāli pieaug, palielinoties putnu vecumam. Kuņģa *pars muscularis* gļotāda praktiski visu vecuma grupu putniem bija divreiz biežāka nekā *pars glandularis* daļā (6. att.).



**6. att. Strausu cāļu kuņģa gļotādas biezums un *gll. proventriculares superficiales* dziļums ( $\pm$ SEM) no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**

**Fig.6 Thickness of the stomach mucosa and depth of *gll. proventriculares superficiales* ( $\pm$ SEM) from day 38 of embryonic development to day 60 of life**

Arī Порческы (2007) norāda uz to, ka pieaugušiem strausiem kuņģa *pars muscularis* gļotāda ir biežāka nekā *pars glandularis*.

## Tievās zarnas histoloģiskais raksturojums

**38. embrionālās attīstības dienā** tievajā zarnā bārkstiņas ir īsas, retas, tās klāj vāji diferencēts zems vienkārtas cilindrisks epitēlijs, šūnu citoplazmā daudz sīku eozinofīlu granulu, kas ar hematoksilīnu un eozīnu krāsotos preparātos padara šūnas citoplazmu izteikti sārtu, dūmakainu. Krāsojot ar AB/PAS, enterocītu citoplazmā konstatējam bagātīgu daudzumu PAS pozitīvu granulu visās tievās zarnas daļās, kas preparātos, kuri pirms krāsošanas izturēti amilāzes šķīdumā (glikogēna diferencēšanai no neitrāliem mukopolisaharīdiem), bija izzudušas. Arī zīdītājiem (Lev, 1968; Lev, Weisberg, 1969) un vistu caļiem (Moog, Thomas, 1957) embrionālās attīstības periodā zarnu epitēlijšūnās konstatēts glikogēns. Caļiem tā daudzums sāk samazināties, sākot ar 18. inkubācijas dienu (Moog, Thomas, 1957).

Ģlotādas pamatkārtu (*lamina propria musosae*) veido irdenie saistaudi, asinsvadi, nervu elementi un limfvadi, kas iedodas bārkstiņās. Ģlotādas muskuļplātnīte vāji iezīmējas visā tievās zarnas garumā, atsevišķi tās elementi iedodas bārkstiņu stromā.

Zemģlotādas slānis (*tela submucosa*) vāji attīstīts, satur irdenos saistaudus, asinsvadus, nervu pinumus.

Muskuļapvalks (*tunica muscularis*) sastāv no labāk attīstīta iekšējā cirkulārā slāņa un vājāka ārējā gareniskā slāņa. Gūžas zarnā muskuļapvalks (īpaši cirkulārais slānis) labāk attīstīts, biezāks, salīdzinot ar divpadsmitpirkstu zarnu.

Serozu (*tunica serosa*) veido vienkārtas mezotēlijs, zem tās daudz retikulāro audu, šķiedru, daudz lielu asinsvadu, nervu pinumu.

**Izšķīšanās dienā** bārkstiņas vizuāli jau krietni garākas, taču virzienā no divpadsmitpirkstu zarnas uz gūžu zarnu tās vizuāli kļūst īsākas. Bārkstiņas klātas ar vienkārtas cilindrisko apmaloto epitēliju, kas vizuāli augstāks nekā embrijiem. Enterocītu citoplazmā glikogēna granulas izzudušas, izņemot atsevišķās gūžu zarnas epitēlijšūnās. Tukšajā un gūžu zarnā novēro seklu epitēlija ieliekšanos starp bārkstiņām ģlotādas pamatkārtā – kriptu formēšanos. Ģlotādas muskuļplātnīte divpadsmitpirkstu zarnā ir vājāka, taču labāk iezīmējas tukšajā un gūžu zarnā. Zemģlotādas slānis samērā plāns visā tievās zarnas garumā.

**3 dienu vecumā** bārkstiņu blīvums un garums stipri palielinājies. Divpadsmitpirkstu zarnā novēro kriptu veidošanos, taču tukšajā un gūžu zarnā jau novērojamas seklas kriptas. Kriptu epitēlijs – vienkārtas cilindriskais, ar bazāli novietotiem lieliem ovāliem šūnu kodoliem. Visos tievās zarnas segmentos novēro labi attīstītu ģlotādas muskuļplātnīti. Tukšajā un gūžu zarnā muskuļapvalka cirkulārais slānis vizuāli biezāks nekā divpadsmitpirkstu zarnā, veido izteiktus cirkulārus uzbiezinājumus – krokas.

**7. dzīves dienā** starp bārkstīņām, gļotādas pamatkārtā novēro kriptas visos tievās zarnas segmentos, tomēr tukšajā un gūžu zarnā to ir vairāk un tās vizuāli ir dziļākas nekā divpadsmītpirkstu zarnā. Arī Wang un Peng (2008) konstatējuši, ka visdziļākās kriptas 1. un 45. dzīves dienā strausu cāļiem ir tieši gūžu zarnā, bet 334 dienu vecumā – tukšajā zarnā. Savukārt vistu cāļiem pirmajās divpadsmīt dzīves dienās visdziļākās kriptas novērojamas tieši divpadsmītpirkstu zarnā, bet gūžu zarnā tās ir visseklākās (Uni et al., 1999).

**14 dienu vecumā** divpadsmītpirkstu zarnā bārkstīņas ļoti blīvi izkārtotas, zarnas lūmena garengriezumā to izkārtojums atgādina it kā „zig-zag” rakstu. Divpadsmītpirkstu zarnas un tukšās zarnas griezumu atsevišķos reģionos bārkstīņas platas, bagātīgi infiltrētas ar limfoīdajām šūnām, pat saplūdušas. Gļotādas pamatkārta labi attīstīta, tajā daudz kriptu. Muskuļapvalks divpadsmītpirkstu zarnā plāns, tas labāk attīstīts gūžu zarnā.

**30 un 60 dienu vecumā** aina līdzīga kā 14 dienu veciem putniem, tikai bārkstīņas garākas, to epitēlijs divpadsmītpirkstu zarnā vietām izkārtots viļņveidīgi. Pie bārkstīņu pamatnes periodiski novēro samērā plašus asinsvadu pinumus, kas iedodas bārkstīņu stromā. Gļotādas muskuļplātnīte labi attīstīta visā tievās zarnas garumā. Muskuļapvalks divpadsmītpirkstu zarnā ir plāns, visspēcīgāk tas attīstīts gūžu zarnā.

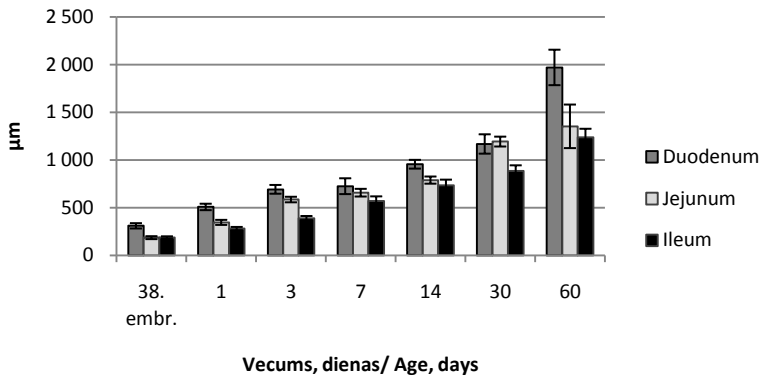
Bagātīga limfoīdo šūnu infiltrācija novērojama, sākot ar septīto dienu, gūžu zarnas bārkstīņu saistaudos un gļotādas pamatkārtā arī limfoīdo šūnu sakopojumu veidā. Vecākiem putniem limfoīdās šūnas bagātīgi infiltrē tievās zarnas gļotādu visās tievās zarnas daļās, bet īpaši izteikti divpadsmītpirkstu zarnas gļotādā. Līdzīgus novērojumus ieguvuši arī Bezuidenhout un Wan Aswegen (1990). Viņi, aprakstot strausu kuņģa un zarnu histoloģisko uzbūvi, uzsver, ka visbagātīgākā limfoīdo šūnu infiltrācija strausiem novērojama divpadsmītpirkstu zarnas gļotādā.

Bagātīga limfoīdo audu infiltrācija tievās zarnas gļotādas pamatkārtā aprakstīta arī vistām un citiem putniem, kaut gan masveidīgākā tā ir tieši gūžu un akļajā zarnā (Randall, Reece, 1996; King et al., 2000).

Domājams, ka izteiktākas limfoīdo audu infiltrācijas parādīšanās laiks (starp 3. un 7. dienu) tievās zarnas gļotādā saistāms ar ēdināšanas uzsākšanu šajā periodā un vienlaicīgu antigēnu uzņemšanu, kā arī zarnu gļotādas kontaktu ar tiem.

Veicot tievās zarnas bārkstīņu mērījumus, konstatējam, ka visgarākās bārkstīņas jau embrionālās attīstības laikā novērojamas divpadsmītpirkstu zarnā, visīsākās – gūžu zarnā. Jāatzīmē, ka bārkstīņu garuma atšķirība starp tukšo un gūžu zarnu pie attiecīgā novērojumu skaita nebija būtiska. Šāda bārkstīņu garuma proporcija saglabājās arī pārējo vecuma grupu cāļiem līdz pat 60 dienu vecumam.

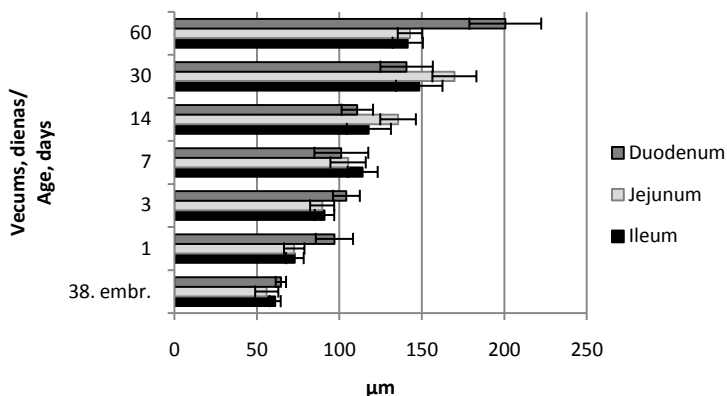
Tievās zarnas bārkstiņu garuma un platuma mērījumi atspoguļoti 7. un 8. attēlā.



**7. att. Strausu cāļu tievās zarnas bārkstiņu garums ( $\mu\text{m} \pm \text{SEM}$ ) no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**  
**Fig 7. Villi length of the small intestine ( $\mu\text{m} \pm \text{SEM}$ ) of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days**

Līdzīgu tendenci savos pētījumos novērojuši arī Wang un Peng (2008). Viņi konstatējuši, ka diennakti veciem strausu cāļiem visgarākās bārkstiņas ir tieši gūžu zarnā, taču jau 45 dienu vecumā un arī vecākiem strausu cāļiem garākas bārkstiņas konstatētas divpadsmitpirkstu zarnā, pie tam 11 mēnešus veciem strausiem to garums 2,3 reizes pārsniedz bārkstiņu garumu gūžu zarnā, bet Порчеческы (2007) iegūtie rezultāti liecina, ka divpadsmitpirkstu zarnā bārkstiņu garums pieaugušiem strausiem pat 6 reizes garāks nekā gūžu zarnā.

Pieaugot cāļu vecumam, pakāpeniski palielinās bārkstiņu izmēri visās tievās zarnas daļās (7. un 8. att.). Jāatzīmē, ka 60 dienu vecumā divpadsmitpirkstu zarnas bārkstiņas, salīdzinot ar tukšo un gūžu zarnu, ir visgarākās un platākās. Gūžu zarnā bārkstiņu platums un garums ir būtiski mazāks ( $p < 0,05$ ).



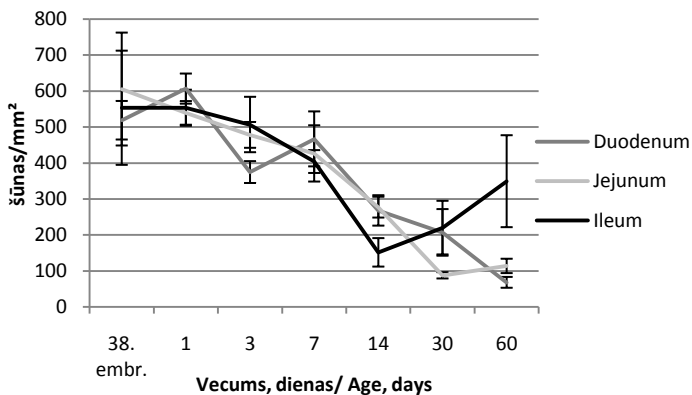
**8. att. Strausu caļu tievās zarnas bārkstiņu platums ( $\mu\text{m} \pm \text{SEM}$ ) no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**  
**Fig. 8 Villi width of the small intestine ( $\mu\text{m} \pm \text{SEM}$ ) of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days**

Tukšās zarnas bārkstiņu garums samērā proporcionāli pieaug visu novēroto perinatālās ontogēnēzes periodu, taču platumam ir tendence nedaudz samazināties starp 30. un 60. dzīves dienu (7. un 8. att.).

Kausveida šūnu skaitam tievās zarnas gļotādā uz  $1 \text{ mm}^2$  zarnu bārkstiņas mediāna šķērsgriezuma laukuma ir tendence samazināties, pieaugot putnu vecumam, taču novērojamas svārstības šūnu skaitā atkarībā no zarnas daļas (9. att.).

38. embrionālās attīstības dienā vislielākais kausveida šūnu skaits konstatēts tukšajā zarnā, bet vismazākais divpadsmitpirkstu zarnā. Turpmākajā attīstībā līdz 7 dienu vecumam kausveida šūnu skaits divpadsmitpirkstu zarnā ir mainīgs, bet, sākot ar 7. dzīves dienu, to skaits samērā strauji samazinās ( $p < 0,01$ ).

Līdzīga tendence vērojama arī kausveida šūnu skaitam tukšajā zarnā, kur līdz 30 dienu vecumam konstatējām samērā vienmērīgu šūnu skaita samazināšanos, savukārt otrajā dzīves mēnesī kausveida šūnu skaitam tendence nedaudz palielināties (9. att.).



**9. att. Kausveida šūnu skaits ( $\pm$ SEM)  $\text{mm}^2$  tievās zarnas bārkstīņas mediāna šķērsgriezuma laukumā strausu cāļiem no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**

**Fig. 9. Number of the goblet cells ( $\pm$ SEM)  $\text{mm}^2$  in the mucosa of the small intestine of the cross-section area median of a villus in the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life**

Gūžu zarnā kausveida šūnu skaitam tendence samazināties no 38. embrionālās attīstības dienas līdz pat 14. dzīves dienai, bet turpmākajā periodā tam tendence palielināties, līdz 60 dienu vecumā šūnu skaits uz vienu  $\text{mm}^2$  gūžu zarnas bārkstīņas mediāna šķērsgriezuma laukuma ir vislielākais, salīdzinot ar citām tievās zarnas daļām (9.att.).

Arī Wang un Peng (2008) konstatējuši, ka 45 dienas veciem strausu cāļiem vislielākais kausveida šūnu skaits ir tieši gūžu zarnā, bet vismazākais divpadsmitpirkstu zarnā, savukārt izšķīlšanās dienā vislielākais šūnu skaits uz vienu laukuma vienību konstatēts tukšajā zarnā.

Analizējot kausveida šūnu kvalitatīvo sastāvu, konstatējām, ka visās tievās zarnas daļās lielāko īpatsvaru veido skābos (AB+) un jauktos (AB/PAS+) mukopolisaharīdus saturošās kausveida šūnas, bet visu vecumu strausu cāļiem neitrālos mukopolisaharīdus saturošo šūnu skaits ir būtiski mazāks visos tievās zarnas segmentos ( $p < 0,05$ ).

Diemžēl trūkst datu no līdzīgiem pētījumiem par kausveida šūnu kvalitatīvo sastāvu strausu cāļu zarnu gļotādā, taču Uni et al. (2003) pētījumos par zarnu gļotādas attīstību broileru cāļiem konstatējuši, ka kausveida šūnas embrionālās attīstības laikā cāļiem satur tikai skābos mukopolisaharīdus, taču no izšķīlšanās līdz 7. dzīves dienai skābos un neitrālos mukopolisaharīdus saturošo šūnu skaits ir proporcionāls.

## **Gastrīna, somatostatīna un VIP imunoreaktīvo šūnu izplatība strausu cāļu kuņģa un tievās zarnas gļotādā no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**

Uz gastrīna antivielām pozitīvās šūnas (imunoreaktīvās šūnas) visu vecumu cāļiem, runājot par kuņģa gļotādu, konstatējām tikai *pylorus* daļā, kur tās samērā lielā skaitā lokalizējas piloriskajos dziedzeros (*gll. pyloricae*). Pozitīvās šūnas, kaut arī daudz mazākā skaitā nekā *pylorus* gļotādā, tika konstatētas arī visos tievās zarnas segmentos – divpadsmitpirkstu, tukšajā un gūžu zarnā visu vecumu strausu cāļiem.

Analizējot uz gastrīnu pozitīvo šūnu skaita izmaiņas no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 30 dienu vecumam, konstatējām, ka ir vērojama tendence pieaugt šūnu skaitam *pylorus* gļotādas šķērsriezuma laukumā, bet 60 dienu vecumā šūnu skaits jau būtiski pieaudzis, salīdzinot ar jaunāko vecuma grupu putniem, un vidēji sastāda  $494 \pm 111,0$  šūnas uz  $\text{mm}^2$  gļotādas laukuma ( $p < 0,01$ ).

Zināms, ka vistu embrijiem gastrīna imunoreaktīvās šūnas *pylorus* gļotādā parādās vienas no pirmajām – jau 12. embrionālās attīstības dienā, bet divas dienas vēlāk tās konstatētas arī tievās zarnas gļotādā (Alison, 1989; Askoy, Cinar, 2009).

Salīdzinot gastrīna imunoreaktīvo šūnu skaitu tievās zarnas gļotādā starp atsevišķām tās daļām, konstatējām, ka visu vecuma grupu putniem šūnu skaitam ir tendence samazināties virzienā no divpadsmitpirkstu zarnas uz gūžu zarnu. Visās vecuma grupās (izņemot 30. dienu) konstatējām būtiski mazāku gastrīna imunoreaktīvo šūnu skaitu gūžu zarnas gļotādā, salīdzinot ar divpadsmitpirkstu zarnu ( $p < 0,01-0,05$ ).

Bezuidenhout un Wan Aswegen (1990) gastrīna imunoreaktīvās šūnas konstatējuši analogiskās vietās kuņģī un zarnās (*pylorus*, *duodenum*). Lielākais šūnu daudzums konstatēts divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā, savukārt mūsu pētījumi lielāko gastrīna imunoreaktīvo šūnu skaitu uzrāda kuņģa *pylorus* daļā. Mūsu rezultātiem līdzīgi dati par šo šūnu izplatību ir iegūti arī pētījumos ar citām putnu sugām (Rawdon, 1984; Alison, 1989; Yamanka et al., 1989; Alison, 1990; Askoy, Cinar, 2009).

**Somatostatīna imunoreaktīvās šūnas** vislielākajā skaitā tika konstatētas kuņģa *pylorus* daļā - *gll. pyloricae*. Mazākā skaitā šīs šūnas konstatētas kuņģa *pars glandularis* dziļajos dziedzeros – *gll. proventriculares profundae*. Atsevišķas somatostatīna imunoreaktīvās šūnas visu eksperimentā iekļauto vecuma grupu putniem atrastas arī kuņģa *pars glandularis* un *pars muscularis* virsmas epitēlijā – attiecīgi *gll. proventriculares superficiales* un *gll. ventriculares*. Samērā neliels šūnu skaits konstatēts arī visos tievās zarnas segmentos visās vecuma grupās.

Apskatot kuņģa *pars muscularis* gļotādu līdzīgi gastrīna imunoreaktīvajām šūnām arī somatostatīna imunoreaktīvās šūnas visblīvāk izvietotas tieši *pylorus* daļā – piloriskajos dziedzeros, taču tās tomēr izkliedētas vienmērīgāk un mazāk blīvi kā gastrīna imunoreaktīvās šūnas.

Novērtējot somatostatīna imunoreaktīvo šūnu skaita izmaiņas atkarībā no putna vecuma kuņģa *pylorus* daļas gļotādā, konstatējam tendenci šūnu skaitam palielināties, pieaugot putna vecumam, bet kuņģa *pars glandularis* gļotādā esošo dziļo dziedzeru zonā, novērojām būtisku somatostatīna imunoreaktīvo šūnu skaita pieaugumu no 3. līdz 7. dzīves dienai ( $P < 0,05$ ).

Salīdzinot šūnu skaitu atsevišķos kuņģa gļotādas apvidos, konstatējam, ka visām strausu caļu vecuma grupām būtiski lielāks somatostatīna imunoreaktīvo šūnu skaits ir *pylorus* gļotādā ( $p < 0,001$ ).

Salīdzinot somatostatīna imunoreaktīvo šūnu skaitu tievās zarnas daļās, konstatējam, ka divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā pozitīvo šūnu skaits būtiski lielāks nekā tukšās un gūžu zarnas gļotādā 38. embrionālās attīstības dienā un 3 dienu vecumā ( $p < 0,05$ ), arī pārējo vecuma grupu putniem novērojama līdzīga tendence.

Bezuidenhout un Wan Aswegen (1990) pieauguša strausa kuņģī un zarnās somatostatīna imunoreaktīvās šūnas konstatējuši analogās vietās, pie tam vislielākā šūnu koncentrācija bijusi kuņģa *pars glandularis* un *pylorus* daļā, kā arī divpadsmitpirkstu zarnā, bet mazāk šūnu konstatēti tukšajā un gūžu zarnā.

Vistu embrijiem pirmās somatostatīna imunoreaktīvās šūnas parādās aizkuņģa dziedzerā salīnās – 10. inkubācijas dienā (Yamaguchi et al., 1987), vēlāk – 12. dienā *pylorus* daļā, bet ar 12.-14. dienu tievās zarnas gļotādā (Uselini et al., 1983; Alison, 1989; Yamanaka et al., 1989; Rawdon, Andrew, 1999).

**Vazoaktīvā intestīnālā polipeptīda (VIP)** imunoreaktīvās šūnas un pārliedzinošas pozitīvas struktūras kuņģa un tievās zarnas zemgļotādas nervu pinumos neatradām nevienam no izmeklētajiem putniem.

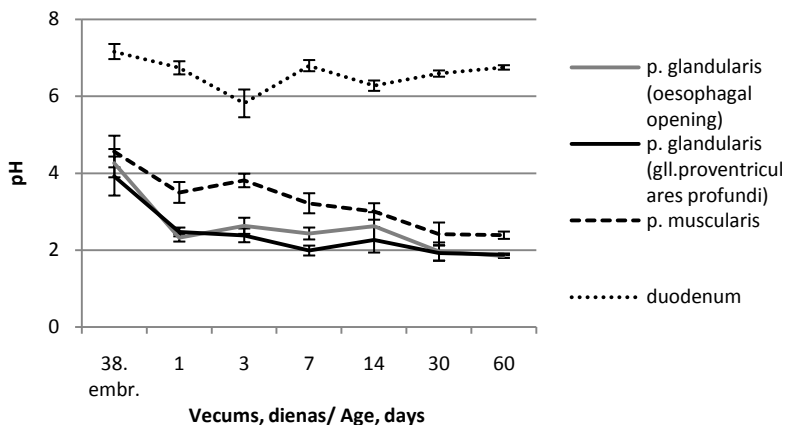
Savukārt vistām VIP konstatēti jau no 19. embrionālās attīstības dienas visās tievās zarnas daļās (Rawdon, Andrew, 1999), kā arī zemgļotādas nervu pinumos kuņģa *pars glandularis*, tievajā un resnajā zarnā (Vailant et al., 1980).

### **Kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas intralumenālais pH un tā izmaiņas strausu caļiem no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**

Visu pētījumā iekļauto vecuma grupu putniem kuņģa vides pH visos izmeklētajos apvidos bija robežās no 4,56 līdz 1,85. Jāatzīmē, ka viszemākie pH rādītāji tika novēroti kuņģa *pars glandularis* dziļo dziedzeru apvidū.



Būtisku kuņģa vides pH pazemināšanos kuņģa *pars glandularis* novērojām jau izšķīlšanās dienā ( $p < 0,05$ ). Arī turpmākajos vecuma posmos pH rādītājiem bija vērojama tendence pazemināties, pieaugot putnu vecumam, visos izmeklētajos kuņģa apvidos (10. att.).



**10. att. Strausu caļu kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas intralumenālā pH ( $\pm$ SEM) izmaiņas no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60 dienu vecumam**

**Fig. 10 Changes of the intraluminal pH ( $\pm$ SEM) in the stomach and duodenum of the Ostrich chicks from day 38 of the embryonic development to the age of 60 days**

Salīdzinot pH rādītājus starp atsevišķiem kuņģa apvidiem, konstatējām, ka būtiski zemāki pH rādītāji ir kuņģa *pars glandularis*, salīdzinot ar *pars muscularis*, visu vecuma grupu putniem ( $p < 0,01$ ), savukārt starp kuņģa *pars glandularis* dziļo dziedzeru zonu un ieeju būtiskas atšķirības pH vērtībās netika konstatētas. Arī Swart (1993) konstatējis, ka strausu kuņģa *pars muscularis* daļā pH rādītāji ir augstāki nekā *pars glandularis*. Autors secina, ka tas liecina par nepilnīgu barības masu sajaukšanos starp abām kuņģa daļām, un norāda, ka, iespējams, strausiem barības fermentācija sākas jau kuņģa *pars glandularis* atšķirībā no citiem mājputniem, kuriem barība kuņģa *pars glandularis* praktiski neuzkavējas (Sturkie, 1976).

Konstatējām vidēji ciešu negatīvu korelāciju starp putna vecumu un kuņģa intralumenālo pH ( $r = -0,63$ ;  $p < 0,01$ ), kas norāda, ka, pieaugot putna vecumam, kuņģa sekrēcija pastiprinās, tādējādi pazeminot pH rādītājus.

Visos novērotajos vecuma posmos pēc izšķīlšanās divpadsmitpirkstu zarnas vides reakcija bija vāji skāba un, palielinoties putna vecumam, nenovērojām būtiskas pH vērtības izmaiņas.

## SECINĀJUMI

1. Pirmajā dzīves nedēļā strausu cāļu ķermeņa masai ir tendence samazināties, būtiska tās palielināšanās novērojama, sākot ar septiņu dienu vecumu ( $p < 0,05$ ). Visstraujākais ķermeņa masas pieaugums vērojams otrajā dzīves mēnesī ( $p < 0,01$ ). Straujākā dzeltenuma maisa masas redukcija notiek starp 38. embrionālās attīstības dienu un septīto dzīves dienu ( $p < 0,01$ ), tas pilnībā izzūd no 14 līdz 30 dienu vecumam.
2. Strausu cāļu kuņģa un zarnu relatīvā masa būtiski palielinās no trīs dienu vecuma, sasniedzot maksimumu 30 dienu vecumā ( $p < 0,001$ ), otrajā dzīves mēnesī tā būtiski samazinās ( $p < 0,05$ ).
3. Kuņģa *pars glandularis* masas un izmēru straujāka palielināšanās novērojama visā pēdējā ontogēnēzes periodā, sākot ar trīs dienu vecumu. Pieaugot vecumam, kuņģa *pars glandularis* dziļo dziedzeru apvidus relatīvais laukums samazinās ( $p < 0,01$ ). Kuņģa gļotādas biezums strausu cāļiem visās pēdējās vecuma grupās pieaug proporcionāli abās kuņģa daļās, bet *pars muscularis* daļā tas ir divas reizes lielāks nekā *pars glandularis*.
4. Tievās zarnas relatīvajam garumam tendence samazināties, pieaugot cāļu vecumam, un novērotajā ontogēnēzes periodā tas veido no 33,8 līdz 43,4% no kopējā zarnu garuma.
5. Zarnu bārktīņu garums būtiski ( $p < 0,001$ ) pieaug pirmajā un otrajā dzīves mēnesī visās tievās zarnas daļās, divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā visu vecuma grupu putniem tās ir būtiski garākas nekā gūžu zarnā ( $p < 0,001$ ). Kriptu formēšanos tievajā zarnā izšķīlšanās dienā novēro tukšās un gūžu zarnas gļotādā, bet no trešās dzīves dienas arī divpadsmitpirkstu zarnā.
6. Kuņģa *pars glandularis* gļotādas dziļo dziedzeru sekretorā epitēlija īpatsvars būtiski palielinās starp 38. embrionālās attīstības dienu un izšķīlšanās dienu ( $p < 0,05$ ), kā arī 3. un 14. dzīves dienu ( $p < 0,05$ ), bet vecākiem cāļiem tas būtiski nemainās, 30 dienu vecumā šo dziedzeru histoloģiskā uzbūve jau atgādina pieaugušu strausu dziedzerus.
7. Kuņģa *pars glandularis* un *pars muscularis* gļotādas virsējo dziedzeru (*gll. proventriculares superficiales* un *gll. ventriculares*) epitēlijšūnas satur neitrālos, skābos un jauktos mukopolisaharīdus, savukārt kuņģa *pylorus* apvidū visu vecumu cāļiem dominē skābie mukopolisaharīdi.
8. Kausveida šūnu skaitam tievās zarnas gļotādas laukuma vienībā ir tendence samazināties, pieaugot cāļu vecumam. Lielāko īpatsvaru visu vecumu strausu cāļiem veido skābos un jauktos mukopolisaharīdus saturošas šūnas visās tievās zarnas daļās ( $p < 0,001$ ).

9. Gastrīna imunoreaktīvās šūnas strausu cāļiem no 38. embrionālās attīstības dienas līdz 60. dzīves dienai novērojamas tikai kuņģa *pylorus* apvidū, savukārt somatostatīna imunoreaktīvās šūnas novērojamas *pars glandularis*, *pars muscularis* un *pylorus* gļotādā. Gastrīna un somatostatīna imunoreaktīvo šūnu skaitam kuņģa gļotādā ir tendence palielināties, pieaugot cāļu vecumam. Gastrīna un somatostatīna imunoreaktīvās šūnas ir novērojamas visās tievās zarnas daļās, taču divpadsmitpirkstu zarnā to skaits ir būtiski lielāks. VIP imunoreaktīvās šūnas strausu cāļiem netika konstatētas.

10. Skābā vides reakcija kuņģa lūmenā norāda uz sālsskābes sekrēciju kuņģa *pars glandularis* dziļajos dziedzeros jau 38. embrionālās attīstības dienā, tā pastiprinās, sākot ar izšķilšanās dienu. Visu vecumu strausu cāļiem kuņģa *pars glandularis* daļā pH līmenis ir būtiski zemāks nekā *pars muscularis* ( $p < 0,001$ ).

## ZINĀTNISKĀS PUBLIKĀCIJAS UN TĒZES

1. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Distribution of the gastrin and somatostatin immunoreactive cells in the stomach of the ostrich during early ontogeny (perinatal period). *Anatomia Histologia Embryologia* 39 (4), p. 283.
2. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Perinatal ontogenesis of gastric mucosa in the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*). *Annual 16<sup>th</sup> Interinational Scientific Conference Proceedings "Research for Rural Development 2010"* pp 16-21.
3. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Characterization of gastric intralumenal pH and development of the proventricular deep glands during perinatal period in ostrich. *Book of abstracts of the 61<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production.* p. 239.
4. Cooper R.G., Horbanczuk J.O., Dūrītis I., Mugurevics A., Charuta A. (2010) A histological study of post-mortem specimens taken from dead-in-shell ostrich (*Struthio camelus*) embryos. *Tanzania Veterinary Journal* 27 (1), pp.3-10.
5. Dūrītis I., Mugurēvičs A., Latkovska L. (2010) Strausu (*Struthio camelus var. domesticus*) tievās un resnās zarnas morfometriskie rādītāji perinatālajā periodā. *LLU VMF Starptautiskās zinātniskās konferences „Dzīvnieki. Veselība. Pārtikas higiēna” raksti 2010*, 50-56 lpp.
6. Dūrītis I., Mugurēvičs A., Bundze - Zdanovska I. (2008) Strausa (*Struthio camelus var. domesticus*) dzeltenuma maisa un kuņģa morfometriskie un masometriskie rādītāji agrīnajā postnatālajā ontogēnēzē. *LLU VMF Starptautiskās zinātniskās konferences „Dzīvnieki. Veselība. Pārtikas higiēna” raksti*. Jelgava, 2008, 36-40 lpp.
7. Dūrītis I., Mugurēvičs A. (2007) Morphological characterization of the stomach in postnatal ontogenesis of the African ostrich (*Struthio camelus*). *Proceedings of the 14<sup>th</sup> World Ostrich Congress*, pp.40-44.
8. Duritis I., Mugurevics A. (2011) Morphometric parameters of the small and large intestine of the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*) from day 38 of embryonic development to the age of 60 days. - *Pieņemts publicēšanai Proceedings of the Latvia University of Agriculture*

## INTRODUCTION

Ostrich farming, a relatively new branch of poultry farming industry in Europe, due to the rapidly increasing demand for low-fat and low-cholesterol meat products currently undergoes a period of swift development. In Latvia, the same as in other European countries, ostrich farming as an industry finds itself just on the initial steps of development therefore it is in need of scientific data facilitating understanding of the problematic issues of rearing the ostrich chicks and enhancing commercial efficiency of the ostrich production. In Latvia, it is especially important because the initial survey data of the ostrich production farms demonstrate that only 50% of all chicks ever reach the age of four months. High mortality of chicks has been observed also in other farms throughout the EU.

To create a pool of background knowledge required for further scientific research on the subject, the organ systems and apparatuses at different periods of ontogenesis need a detailed study.

There are relatively few data available on the digestive apparatus of the ostrich chicks indicating insufficient research of the anatomy and physiology of the ostrich chicks.

The intestine anatomy of the African ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*) is characterized by a number of essential intrinsic properties related to the climatic conditions of their natural distribution area (desert) and relatively high fibre content in feed (Sales, 2006). In comparison with other species of birds, ratites are characterized by well-developed proventriculus (*pars glandularis*) for adult African ostriches exceeding the ventriculus (*pars muscularis*) 2 to 2.5 times (Порчечкы, 2007). In ratites, there is a hydrochloric acid and pepsin producing deep proventricular glands (*gll. proventriculares profundi*) part in the mucous membrane of the stomach glandular part (*pars glandularis*) and a superficial proventricular glands region (*gll. proventriculares superficiales*) producing a secretion containing mucopolysaccharides (Cho et al., 1984; Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990; Catroxo et al., 1997; Порчечкы, 2007). In relation to the total area of the mucous membrane of the stomach, the region of the deep proventricular glands of the ostrich in comparison with other ratites is relatively the smallest (Cho et al., 1984; Cooper, Mahroze, 2004).

Ratites are characterized by a highly developed large intestine taking up the largest part of the gastrointestinal tract in adult ostrich (Mc Lelland, 1989; Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990; Fowler, 1991; Bezuidenhout, 1993; Clench, Mathias, 1995; Порчечкы, 2007).

The histological structure of the mucosa of stomach and intestines of hens and chicks of *Gallus domesticus* has been studied in great detail already in the middle of the last century, however in case of the ostrich, especially in this

aspect, the research information is quite scarce. Several authors (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990; Illanes et al., 2006; Wang et al., 2007) have described the histological structure of the stomach mucosa in adult ostriches, however detailed scientific data on the development of the stomach and intestines at the starting phase of ontogenesis are lacking.

### **Aim and objectives of the study**

**The aim of the study was** examination of the macro- and micromorphological structure of the stomach and small intestine of the ostrich chicks and changes of some separate functional parameters in the period between the day 38 of embryonic development and 2 months of age.

#### **Objectives of the study:**

1. Establish morphometric parameters of the stomach parts and the small intestine of ostrich chicks as well as their interaction over the ontogenesis period studied;
2. Perform microscopic investigation of structural alterations taking place in the wall of stomach and small intestine;
3. Examine intraluminal pH of the stomach and duodenum and changes in mucoid secretion produced in the stomach and the canal of the small intestine;
4. Establish distribution of gastrin, somatostatin and vasoactive intestinal polypeptide immunoreactive cells in the mucosa of the stomach and the small intestine.

#### **Scientific novelty of the study**

- The first study of early ontogenesis morphometric parameters of the African ostrich reared in Latvia;
- The first in-depth histological study of the stomach and intestinal wall over early stages of ontogenesis of the ostrich;
- Analysis of the amount and distribution of the cells secreting mucoid secretion found in the gastrointestinal tract, as well as the quality composition of the secretion by types of mucopolysaccharides;
- The first in Latvia intraluminal pH-metry of the stomach and intestines and immunohistochemical examination of the African ostrich embryos and chicks.

## Approbation of research results

**The research results are approbated in the following scientific conferences:**

1. LUA FVM International Scientific Conference „Animals. Health. Food Hygiene.” Jelgava, 29 October, 2010. *The perinatal period morpho-metric parameters of the small and large intestine of the ostrich (Struthio camelus var. domesticus).*
2. 61<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Greece, Crete, 23-27 August, 2010. *Characterization of gastric intraluminal pH and development of the proventricular deep glands during perinatal period in ostrich.*
3. 28<sup>th</sup> Congress of the European Association of Veterinary Anatomists, France, Paris, 28-31 July, 2010. *Distribution of the gastrin and somatostatin immunoreactive cells in the stomach of the ostrich during early ontogeny (perinatal period).*
4. 16<sup>th</sup> International Scientific Conference “Research for Rural Development”, Latvia, Jelgava, 19-21 May, 2010. *Perinatal ontogenesis of gastric mucosa in the ostrich (Struthio camelus var. domesticus).*
5. LUA FVM International Scientific Conference „Animals. Health. Food Hygiene.” Jelgava, 14 November, 2010. *Morpho-metric and mass-metric parameters of the yolk sack and stomach of the ostrich (Struthio camelus var. domesticus) in early postnatal ontogenesis.*
6. 14<sup>th</sup> World Ostrich Congress. Latvia, Riga, 19-20 October, 2007. *Morphological characterization of the stomach in postnatal ontogenesis of the African ostrich (Struthio camelus).*

**Volume of the research:** the doctoral thesis contains 113 pages consisting of the following parts: abstract, introduction, survey of scientific sources, methods, results, discussion, references and annex.

## MATERIALS AND METHODS

### Object of research

In the research, 42 ostrich specimens of both sexes raised on the farm Ozoliņi AB (Jēkabpils district) Latvia were made use of, including six embryos obtained on the 38th incubation day and 36 chicks of age 1, 3, 7, 14, 30 and 60 days, distributed in groups of 6 birds in each group. Ostrich eggs were obtained over the period of May-July 2008 and incubated in the incubator *Euro Elektronik KL-72S* of the above holding.

On day 39 of incubation, the eggs were placed into the hatching chamber *Euro Elektronik KK-24S*, where chicks were kept also over the first 3 days of life. Starting with day 4, the chicks were placed in a heated box with the sand bedding and at this age they started to receive the commercial ostrich chick feed *Strus Premium - Strus I*. Feed and water were supplied *ad libidum*.

Before euthanasia, the birds of age groups in question (7, 14, 30 and 60 days) were taken off feed for 12 hours. After that chicks were anaesthetised and then euthanized. Following euthanasia, each carcass was weighted on electronic scales Kern 442-512N ( $\pm 1$ g) and subjected to necropsy for further examination.

### Postmortem examination of the digestive tract

To minimize pH value changes in postmortem period, the opening of the body cavity was followed by intraluminal pH-metry in 3 replications with pH meter OAKTON<sup>®</sup> ( $\pm 0.055$ ) of the stomach glandular part [s.proventriculus] (*pars glandularis*) at both the entrance of oesophagus and in the area of deep proventricular glands, as well as in the lumen of the stomach muscular part [s.ventriculus] (*pars muscularis*) and the descending loop of duodenum.

### Macroscopic examination

Prior to massometric and macromorphometric analysis, the digestive tract was divided into the following segments: the stomach (proventriculus and ventriculus); the small intestine (duodenum, jejunum and ileum); the large intestine (caecum and colon).

The relative weight for each section of the intestines separately was established using scales Kern EW 420-3 NM ( $\pm 0.01$ g) and the weight of the stomach, the small intestine as well as the total weight of intestines were calculated. Before weighing, the contents of digestive organs were not removed.



Morphometrically, the length of the arc (mm), the total area of mucosa (mm<sup>2</sup>) and area of the deep proventricular glands zone were determined for glandular part, but diameter – for muscular part of the stomach.

Analysing morphometric parameters of the intestine, the length of separate segments of the small intestine was established: for duodenum from *ostium pyloricoduodenale* to *fexura duodenojejunalis*; for jejunum from *fexura duodenojejunalis* to the apex level of caecum, for ileum from the apex level of caecum to *ostium ileocecale*. The total length of the intestine was determined from *ostium pyloricoduodenale* to cloacal extension, including both caecum and colon. For measuring the organs and segments thereof, the tape measure ( $\pm 1$ mm) was used, while for diameter measurement of *pars muscularis* the digital slide gauge Limit-2000 ( $\pm 0.01$ mm) was made use of.

The relative weight of the intestines was calculated by relating the length of each concrete segment to the total length of digestive tract. The mucosa area of the stomach ( $\pm 0.1$ cm<sup>2</sup>) was determined with the electronic planimeter Sokkia KP-90N.

### **Microscopic examination**

Histological samples of tissue (0.5-1x1cm) were taken from 7 areas of the stomach and the small intestine: the deep and superficial gland areas of the proventriculus, side wall area and the pylorus area of ventriculus, as well as the medium sections of the duodenum, jejunum and ileum. Before placing in fixative solution, the lumen content of each sample was flushed out from the mucosa with a warm 0.9% NaCl solution. Subsequently, the samples were fixed in 10% neutral formalin at room temperature for 48 hours and then dehydrated in the tissue processor (TISSUE-TEK II) and embedded in to paraffin blocks according to a standardized histological preparation procedure of tissue (Carson, 1997; Kiernan, 2008). Totally, 294 tissue samples were fixed and embedded in to paraffin.

Of each tissue sample, 8 sections of 4-5  $\mu$ m thick (microtome SLEE CUT 5062) were taken, floated on slides and dried for 24h at a temperature of 38°C thus preparing them for further histological processing.

**For overall histological assessment** the tissue samples were deparaffinized, hydrated and stained with haematoxylin and eosin stain complying the standard methods (Carson, 1997).

**For identification of epithelial mucosubstances** the following histochemical reactions were applied: periodic acid-Schiff test (PAS) for identification of the neutral mucopolysaccharides; alcian blue at pH 2.5 (AB) for identification of the acid mucopolysaccharides and alcian blue at pH 2.5-periodic acid-Schiff test (AB/PAS) for determination of the mixed mucopolysaccharides (Carson, 1997; Kiernan, 2008). Additional sections of the

tissue samples, obtained from embryos and 1 to 3 days old ostrich chicks before staining with PAS and AB/PAS tests, were held in 1% amylase solution at room temperature for 30 minutes in order to differentiate the potential intracellular glycogen from the neutral mucopolysaccharides (Luna L., Luna D., 1992; Tyler, 1994; Carson, 1997).

**For identification of immunoreactive cells of gastrin, somatostatin and vasoactive intestinal polypeptide (VIP)** the tissue sections were floated on polysiloxan-coated slides (Histo Bond<sup>®</sup>) and afterwards dried for 12 hours at a temperature of 44°C. For cell identification, the labelled streptavidin-biotin method (LSAB+, *Dako*) was used (Carson, 1997; Boenisch et al., 2001). Polyclonal concentrated antibodies were used as primary antibodies (Tab. 1). To conclude the immunohistochemical reaction, a chromogen system (Liquid DAB + Substrate Chromogen system, *Dako*, K3468) was applied for visualisation of the antibodyantigene complex, while the cell nuclei were counterstained with Harris haematoxylin.

Identical tissue samples were used for the negative control, which were subjected to immunohistochemical procedure using antibody diluter instead of the primary antibodies (*Dako*, S3002). Histological sections of the pylorus area from a dog stomach were used as a positive control for checking immunoreactivity of gastrin antibodies, while for checking immunoreactivity of somatostatin antibodies and VIP, histological sections from a dog pancreas and duodenum were used respectively (Erlandsen et al., 1976; Parsons et al., 1976; Alumets et al., 1977).

**Histological assessment of the stomach wall.** The overall histological structure of the wall of proventriculus (*pars glandularis*) and ventriculus (*pars muscularis*) in the respective areas was assessed. Measurements were carried out in respect of the mucosa thickness for both parts of the stomach ( $\mu\text{m}$ ), length (depth) of superficial proventricular glands of proventriculus ( $\mu\text{m}$ ), parenchymal area of the deep proventricular glands ( $\mu\text{m}^2$ ), as well as the subglandular (compact) layer thickness of ventriculus. Thickness of the mucosa was measured at 30 locations for every sample (5 fields of vision, 6 measurements in each). Depth (length) of superficial glands was measured for 30 correctly oriented glands in each sample. The parenchymal area of the deep proventricular glands was measured in 5 fields of vision of each sample and related to the overall area of the mucosa in the respective field of vision. Of all measurements mean parameters were obtained for every individual.

The quality composition of epithelial mucopolysaccharides as well as their layout in the membrane in different regions of the stomach was evaluated by examining the whole preparation and assessing the proportion of respective type of polysaccharides in each area of the stomach for each individual.

The number of immunoreactive cells of gastrin, somatostatin and VIP in mucosa of the stomach was determined in 10 fields of vision with 400 times magnification in each area and for each individual. The total area of mucosa of the field of vision and the number of positive cells in it was also established. The number of cells was recalculated as on 1mm<sup>2</sup> of the mucous membrane area.

**Histological assessment of the small intestinal wall.** The overall histological structure of separate segments of the small intestinal wall was assessed. For more detailed evaluation of the mucosa, the following measurements were carried out ( $\mu\text{m}$ ): length and width of the intestinal villi, as well as its longitudinal section area ( $\mu\text{m}^2$ ). Measurements were performed of 10 villi in each area of the small intestine for each individual.

By making use of the histochemical reactions, the differentiation of the goblet cells by the quantitative composition of mucopolysaccharides was carried out into cells containing acid (AB+), neutral (PAS+) and mixed (AB/PAS+) mucopolysaccharides. The number of the goblet cells was determined in 10 villus of each preparation, each segment of the small intestine and for each individual. The number of the obtained cells was calculated per 1mm<sup>2</sup> of the median longitudinal section of the villus.

The number immunoreactive cells of gastrin, somatostatin and VIP in the mucosa of the small intestine was determined in 10 fields of vision, with 400 x magnification, in each segment and for every individual. The number of cells recalculated as per 1mm<sup>2</sup> of the mucous membrane area.

Altogether 2166 sections of histological preparations were assessed. Histological evaluation was carried out with light microscopy method using a multi-functional microscope Leica DM500B. Processing of the microscopic image, photographing and measuring was performed with camera Leica DFC 490 and software Pro Plus 6.1.

### **Statistical processing of data**

The data obtained in the study were statistically processed by SPSS 11.5 software programme. Mean arithmetic value and the standard error (SEM) were calculated for each parameter. To compare the mean parameters among age groups, the multifactor dispersion analysis ANOVA was applied for comparison of the mean values for several unrelated samples, as well as the T-test for comparison of related samples (within the same age group). Pearson correlation test was applied for determination of the correlation among parameters (Arhipova et al., 2003).

## RESULTS AND DISCUSSION OF THE STUDY

### Macroscopic structure of the stomach and small intestine of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days

#### Body, yolk sack, stomach and intestine weight

The body weight, as well as the massometric parameters of the yolk sack and stomach are reflected in Table 2.

From day 30 of the embryonic development until the age of 3 days the body weight of chicks did not significantly change and up to the age of 7 days it even had a tendency to reduce, however in the second week after hatching the body weight started to increase so that by the age of 30 days it had almost doubled ( $p < 0.01$ ), while on day 60 of life it had increased already five times in comparison with the day of hatching ( $p < 0.001$ ). The most rapid increase in body weight (120 g/per 24 hours) was observed over the second month of life – between day 30 and 60, while from day 1 to day 30 it grew on average by only 32 g per 24 hours.

The body weight loss in chicks between day 3 and day 7 of life can be explained by the rapid reduction of the yolk sack starting with day 3, furthermore, the chicks started consuming a biological complete feed only on day 4 – 5 after hatching. A similar opinion is expressed by Deeming et al., (1993) who point to a rapid loss of the body weight over the first 5 days of life mainly due to quick absorption of the yolk sack. Degen et al. (1991) has found out that in healthy ostrich chicks the body weight goes down even up to day 6 of life, however already on day 7 a small live-weight increase is observed.

From day 38 of embryonic development to the day of hatching the yolk sack weight rapidly decreased ( $p < 0.05$ ), (Table 2, Fig. 1), between days 1-3 of life its reduction slowed down followed by a rapid decrease starting from day 3. At the age of 7 days, the yolk sack in comparison with the day of hatching, had already lost 46 % ( $p < 0.05$ ) of its weight but at the age of 14 days – even more than 95% of its weight ( $p < 0.01$ ). At the age of 30 days, the yolk sack was no longer observable.

In their study, Iji et al. (2003), indicate that the yolk sack weight in 3 days old ostrich chicks is 15 – 36 % of the body weight, while on day 27 it has completely disappeared. Dzoma et al. (2001) have established that physiologically the yolk sack of the ostrich chicks is fully reduced between the age of 10 and 14 days. For broiler chicks, by comparison, the yolk sack is completely reduced by day 10 (Iji et al., 2001).

The increase of the absolute weight of stomach could be observed continuously, over the whole period studied (Table 2, Fig. 1). In 30 days old chicks its weight was  $242.5 \pm 18.62$  g constituting  $16.3 \pm 1.08\%$  of the body

weight. The increase in absolute weight of the stomach at this age was significant in comparison with the day of hatching ( $p < 0.001$ ) and day 7 of life ( $p < 0.01$ ).

Over the ontogenesis period studied, the total stomach weight in the ostrich chicks increased 71 times (i.e. from  $9.0 \pm 1.18$  g on embryonic development day 38 to  $645.5 \pm 62.06$  g at the age of 60 days).

A significant increase in the relative weight of the stomach was observed up to the age of 30 days ( $p < 0.01$ ), when it reached its maximum –  $16.3 \pm 1.08\%$ .

Over the ontogenesis period studied, the total intestine weight in the ostrich chicks (small and large intestine) increased 67 times (i.e. from  $8.81 \pm 1.00$  g on embryonic development day 38 to  $593.64 \pm 82.66$  g on day 60 of life). A critical weight increase was established between day 1 and 14 ( $p < 0.05$ ); day 7 and 30 ( $p < 0.01$ ) (Fig.1) and day 30 and 60 ( $p < 0.001$ ).

The relative weight of intestine reached its maximum in at the age of 30 days, constituting  $18.5 \pm 0.97\%$  of the body weight while over the subsequent period it was subjected to substantial decrease ( $p < 0.01$ ) reaching  $12.6 \pm 1.13\%$  at the age of 60 days.

According to Iji et al. (2003), the relative weight of the stomach and intestines in the ostrich chicks continue to increase slightly also over the second month of life, however, this study showed a substantial decrease of the relative weight of the stomach and intestines from day 30 to 60 of life. It can be presumably explained by different growing intensity of birds, influenced by feeding and rearing conditions despite that rearing conditions described in both studies are rather similar. Порчеускы (2007) has established that in an adult Ostrich, the relative intestine weight constitutes just 4.2 % of live weight.

### **Anatomy of the stomach**

In 38 days old embryos and newly hatched chicks, the glandular part of the stomach (proventriculus) was small of spindle like form, however on day 7, its volume had already increased and acquired a convex sack form comprising the left and caudal part of the muscular part of the stomach (ventriculus). The wall of proventriculus was rather thin but it turned thicker along the ventro-lateral edge, immediately behind the oesophagus opening, in the elongated “boat-shaped” zone. The above zone contained the deep proventricular glands (*gll. proventriculares profundi*). This area was ventro-caudally stretched as a well delimited zone up to the medium part of proventriculus.

The ventriculus was of round, disc shape and it had a thick wall. It was located in cranio-ventral part of the body cavity, slightly to the left from the median plane of body so that it touched the ventral wall of the abdomen. From the left and caudal edge it was embraced by proventriculus. If over prenatal

period and on the day of hatching the size of both stomach parts were visually similar, then already with the age of 3 days and up to day 60 of life, the disproportion of both parts was progressing with the increase of the relative size of proventriculus.

Comparing the stomach anatomy of ratites, Cho et al. (1984) point out that among all ostrich-like birds, the glandular part of the stomach on the African ostrich is proportionally the largest in comparison with the muscular part of the stomach.

The morphometric data obtained in the present research reflecting the increase of both stomach parts up to the age of 60 days also suggest a more rapid development of the glandular part of the stomach (Fig. 2).

If the diameter of ventriculus in a 30 days old chick had doubled in comparison with its diameter on the day of hatching reaching 50 mm ( $p < 0.001$ ), then the arc of proventriculus had increased in this period already 2.7 times ( $p < 0.001$ ).

In adult ostriches, the glandular part of the stomach is 2-2.5 times larger than the muscular part (Порченко, 2007).

Presumably such a rapid development of proventriculus already so shortly after hatching is connected with the functional characteristics of proventriculus having originated due to the natural distribution area of the African ostrich – desert and its nutritional basis.

Several authors think that the comparatively large proventriculus serve for the ostrich as a reservoir for recently consumed feed and water. Research shows that even in the ostrich chicks kept off water for 20 hours, an unbound water level may be radiologically observed in the proventriculus (Skadhauge et al., 1984; Degen et al., 1994).

The mucosa of both stomach parts in the ostrich chicks of all ages was lined with koilin (*cuticula gastris*) of greenish yellow colour.

In most avian species, koilin is lining only the lumen of ventriculus. Also, this peculiarity in ostriches is most likely related with the specific feed assortment available in its natural habitat. Sales (2006) points out that the African ostriches in the wild feed on succulent plants, seeds, berries and grass. Alongside with feed they also consume a lot of even rather large stones. It can be presumed that one of the functions of cuticle in the proventriculus is a mechanical protection of the mucosa. Guided by his research results, Degen et al., (1994), sets a hypothesis that the proventriculus also serves as a water reservoir. It is possible that the function of koilin, lining the mucosa of the glandular area, is slowing down the absorption of water in this part of the digestive tract thus ensuring the water reserves in the system of animal.

The total surface area of the proventriculus mucosa was rapidly increasing, reaching 2.5 times growth between the age of 30 and 60 days

( $p < 0.001$ ), however the area of deep proventricular glands was growing more slowly. From the age of 30 to 60 days this area had just doubled ( $p < 0.001$ ).

Parameters of the relative area of the deep proventricular glands also reflect the disproportional growing speed of both mucosa areas. In newly hatched chicks, the relative area of deep proventricular glands made up  $22.5 \pm 1.52\%$  of the total area of *pars glandularis* mucosa, while with birds advancing in age, it was reduced down to  $14.0 \pm 0.36\%$  ( $p < 0,01$ ) at the age of 60 days (Table 3).

Comparing the *pars glandularis* mucosa of different ratites, Cho et al. (1983) have established that of all ostrich-like birds, the area of the deep proventricular glands (the ones producing gastric juice) is relatively the smallest in the African ostrich. It makes up only 25% of the total mucosal area of *pars glandularis* (Cooper, Mahroze et al., 2004).

In hens of *Gallus domesticus*, by comparison, the output orifices of the hydrochloric acid and pepsin producing deep proventricular glands are located along the whole mucosa surface of the proventriculus (Brüveris, 2007; Nickel, et al., 1992; Попчецькы, 2007) and such zones in proventriculus are not found.

Although, in the ostrich the deep proventricular glands are located only along the small area of the *par glandularis* mucosa, they are highly developed and due to a larger volume of this part of the stomach and a continuous passage of feed through this part of stomach, the feed can get mixed well enough with the gastric juice (Degen et al., 1994). The pH measurements of the stomach *pars glandularis* setting carried out in the present research also showed evidence that there were not significant differences of the pH level in different areas of the glandular part of the stomach.

### **Anatomy of the small intestine**

All three parts of the small intestine - duodenum, jejunum and ileum – in birds included in the trial showed good development and a strong outline in all age groups.

The **duodenum** consists of the descending (*pars descendens*) and ascending (*pars ascendens*) part making a U-shaped bend, so called U-loop. Inside the loop, within the mesentery the *pancreas* is located. In the ascending part, next to the bend of pancreas, at the right side of the body cavity, the duodenum forms a small secondary loop and further, forming *flexura duodenojejunalis* it merges into jejunum without a distinct border line.

With chicks advancing in age, the duodenum, mainly due to increase in volume of proventriculus *pars glandularis* was more pushed back caudally. Cranio-dorsally from the U-shaped loop, the caecum was located the mesentery of which was connected with the mesentery of duodenum.

The **jejunum** is located at the right side of the body cavity, between muscular part of the stomach and the right kidney. Its proximal part is placed close to the pylorus region of pars muscularis, where the duodenum starts, but further on jejunum forms bends incorporated in a long mesentery and are placed slightly caudally and to the left until reaching the apex of caecum and turning into ileum.

The **ileum** is incorporated in a short mesentery connecting it with two well developed caecums, forming the ileocaecal ligamentum (*lig. ileocecale*). The ileum starts on the right side of the body cavity, on the level of apex of the caecum, turns to the right, moves parallel between both loops of the caecum dorsally, in cranio-lateral direction from the duodenum almost reaching the right stomach wall. At the base level of the caecum, where both symmetrical caecums meet, the ileocaecal ostium (*ostium ileocecale*) is found. This is the place where the colon starts. In older chicks (at the age of 60 days) a weakly outlined haustra appears in the ileum.

Increase in the absolute weight of the small intestine over the first days after hatching was rather slow, however after reaching the age of 3 days, it acquired high speed. The linear increase in absolute weight of the small intestine continued over the whole ontogenesis period studied. On early ontogenesis stages, the weight increase of the small intestine was more rapid. Thus, for instance, from day 3 to day 14, the increase of its weight was fivefold, while from the age of 30 to 60 days it grew just 2.5 times ( $p < 0.001$ ) reaching  $182.1 \pm 28.6$  g.

The linear growth of the relative weight of the small intestine continued to grow as far as 30 days of age, when it had reached its maximum and constitutes  $4.91 \pm 0.37$  % of the body weight, moreover, the most rapid increase was observed exactly from day 7 to day 14 of life ( $p < 0.01$ ). In comparison with the day 30, at the age of 60 days, a decrease in the relative weight of the small intestine was observed down to  $3.79 \pm 0.14$  % of the body weight.

The study of Iji et al. (2003) in its turn shows that at the age of 27 days, the relative weight of the small intestine in the ostrich chicks is 4.6%, continuing to increase up to 4.7% at day 41 when it starts to go down decreasing to 4.2% of the body weight at 72 days of age.

Research on chicks of *Gallus domesticus* and ducklings showed that the relative weight of the small intestine reached its maximum already at the first week of development gradually decreasing after that period (Soriano *et al.*, 1993, King *et al.*, 2000).

Analysing the **total length** of the **small intestine** it was established that its rapid growth started after hatching, when at the age of 7 days its length had already doubled in comparison with day 38 of embryonic development



reaching  $1001.7 \pm 65.52$  mm or  $38.4 \pm 1.10\%$  of the total length of this intestine. A significant increase was observed between day 3 and 14 ( $p < 0.05$ ) and day 30 and 60 ( $p < 0.01$ ) (Fig. 3).

The relative length of the small intestine in the ostrich chicks of all age groups ranged from  $33.8 \pm 1.75\%$  at the age of 14 days to  $43.4 \pm 2.04\%$  at the day 38 of embryonic development with a downwards trend when chicks advanced in age. In the ostrich chicks of all ontogenesis periods studied, the large intestine made up the longest part of the total length of intestines.

Wang and Peng (2008) indicated that the length of the small intestine in ostrich chicks in the period between day 1 and 45 increased much more rapidly than between day 45 and day 90. This is also confirmed by the data obtained in the present research. If over the first month of life, the length of the small intestine increased by 1467 mm (3.5 times), then, over the second month, it grew just by 917 mm (1.4 times).

Our data indicated that on the whole, over the first two months of life, the length of the small intestine in the ostrich chicks increased 5 times, while Wang and Peng (2008) fixed a six fold increase over the first three months of life, at the same period, when in the chicks of *Gallus domesticus* the small intestine length increased just 3.4 times. A relatively rapid growth of the small intestine in the ostrich chicks over the first months of life points to an important trait of anatomy and physiology of this species which has to be taken into account when evaluating the typical pathologies and selecting the optimum nutrition for the ostriches of this age.

Looking into macroscopic development of separate parts of the small intestine over the particular ontogenesis period, it was found that the jejunum constituted the highest weight and length proportion of the small intestine.

The weight and length of separate sections of the small intestine increased proportionally to the overall changes in its weight and length.

Wang and Peng (2008) found that in 24 hours old ostrich chicks the relative weight of the jejunum was 0.65%, the duodenum – 0.1%, but the ileum – 0.08% of the body weight.

The relative length of the small intestine is reflected in Figure 4.

The length of duodenum, in percentage of the total intestine length ranged from 6 to 9% for all the chick groups included in the trial, the length of the jejunum – 27% on average, but the ileum – 4%. With chicks advancing in age, the relative length of the duodenum and jejunum had a tendency to decrease (Fig.4)

Also, Wang and Peng (2008) pointed out that the longest of the small intestine segments was jejunum. The data obtained by the above scientists in respect of the relative length of the small intestine segments correlate with the data obtained in the present study.

## Microscopic structure of the stomach and the small intestine of the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to the age of 60 days

### Histology of the stomach

In all the examined birds the mucosa (*tunica mucosa proventriculi*) of the proventriculus is lined with a single columnar epithelial cells, which bending into the lamina propria of the mucosa (*lamina propria mucosae*) form simple tubular glands: **superficial proventricular glands** (*gll. proventriculares superficiales*).

On embryonic development day 38, the tubules of the superficial glands are short, their epithelium is low simple columnar but at the base of the gland it is cuboidal. On the day of hatching, the tubules are already deeper and their length continues to grow with chicks advancing in age. Starting with the third day of life, the branching of some glands can be observed but on day 7 and 14 rather many branched glands can be established with more extended lumens.

Also, Bezuidenhout, Wan Aswegen (1990) and Illanes et al. (2006) in their research of the African ostrich stomach mucosa have found out that the structure of superficial glands varies from simple to branched tubular glands. Wang et al. (2007), Порчечкы (2007) in their turn, in studies on the ostrich stomach mucosa structure have not pointed out any of such peculiarities specific of the species.

It should be noted that in most species of birds, including poultry, the structure of the superficial proventricular glands is simple tubular without branching (Catroxo et al., 1997; Aughey, Frye, 2001; Bacha W, Bacha L, 2006; Samuelson, 2007).

Analysing the quality composition of the mucosa secret produced in *pars glandularis* it was found that in all age groups of birds the cells located closer to the gland neck were mostly stained PAS+ or AB+ while those located deeper had a mixed stain. The secretion produced by the glands flows out on the surface of mucosa forming a koilin layer.

The research findings of other authors concerning differentiation of the mucous discharge of the ostrich stomach by the type of mucopolysaccharides were not available, however similar studies have been carried out in respect of chicks of *Gallus domesticus* (Sgambati et al., 1995), hens of *Gallus domesticus* (Pastor et al., 1998) and guinea fowls (Selvan et al., 2008). It has been established that in these avian species the epithelial cells of the stomach glandular part forming the superficial glands contain granules of neutral and acid mucopolysaccharides and produce a secretion that contains both neutral and acid mucopolysaccharides.

The lamina muscularis of the mucosa in the area of superficial glands was rather well developed starting with day 3 of life, while in younger chicks it was relatively weakly developed.

In the dorsolateral wall of the stomach glandular part, the **deep proventricular glands** (*gll. proventriculares profundi*) were observed for all age groups of birds. The deep proventricular glands consisted of series of rounded angular polymorphic lobules arranged in groups. Each lobule was made up of closely packed tubules opening in the central cavity of the gland through the tertiary and secondary ducts. The central cavities of lobules were connected by the primary ducts with the papillae on the surface of the proventricular mucosa. The gland tubules (secretoral epithelium) consisted of one type of cells: a single cuboidal to low columnar epithelial cells.

On the embryonic development day 38, the gland groups consisted of poorly developed, rounded, polymorphic lobules between which there were connecting tissue (stroma) and elements of the smooth muscle fibers. In the periphery of the gland lobules, short poorly developed tubules could be observed, confined by cuboidal glandular epithelial cells with large round vesicular nuclei and granular cytoplasm. The papillar canal (primary duct) was lined with a simple cylindrical epithelium containing a large number of granules on their apical ends containing mixed mucopolysaccharides. There was a rather thick connective tissue layer (stroma) with many blood vessels and nerve fibres in between them.

On the day of hatching, the lobules were better outlined and the amount of connective tissue between them was lower. The glandular epithelium at that point, made up longer cell strands thus forming tubules.

Starting with the day 7, the tubulae forming the glandular lobules were longer with wider lumens and more clearly outlined smooth muscular cells between them. Lobules had acquired a many angled outline. In some epithelial cells, lining the central glandular cavity, granules containing neutral mucopolysaccharides were observed, furthermore, the number of such cells by visual assessment, increased with the birds advancing in age. Bezuidenhout and Wan Aswegen (1990), in their turn, specify that the epithelium, which also partly participate in the formation of the lobule central cavity and lines the secondary and tertiary ducts of glands, does not contain any mucin.

With the chicks advancing in age, the glandular tubules became better developed. The cross-section area of the glandular lobule was mainly taken up by the cuboidal glandular epithelium forming tubules, while the central cavity of the lobule with tertiary and secondary ducts could be observed in the centre.

At the age of 30 and 60 days, there were few connective tissue and many blood vessels between the groups of glandular lobules. At this age, the

histological structure of the deep proventricular glands already reminds those of the adult bird (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990).

The parenchyma area measurements of the deep glandular lobules in relation to the overall unit of the cross-section area of the mucosa showed that the proportion of the glandular parenchyma (secretory epithelium) radically increased between the day 38 of embryonic development and the day of hatching ( $p < 0.05$ ), as well as between day 3 and 14 of life ( $p < 0.05$ ) at the time when birds start to consume feed independently and intensively. At the age of 60 days, parenchyma took up already 92% of the tissue forming glandular complexes (Fig. 5)

The lamina muscularis mucosae in the area of deep proventricular gland surrounded the glandular lobules. In younger birds (day 38 of embryonic development, day of hatching and day 3 of life) there were less smooth muscle tissue between the glandular lobules while with chicks advancing in age, they abundantly confined each glandular lobule, in great number.

The tunica muscularis in the area of the superficial proventricular glands, highly developed in chicks of all age groups turned stronger with chicks advancing in age. The tunica muscularis consisted of the inner circular layer (*stratum circulare*), which was stronger and visually 2 to 3 times thicker than the outer longitudinal layer (*stratum longitudinale*). In the area of deep proventricular glands, the tunica muscularis was thinner.

The tunica serosa was thin, lined with mesothelium which covered the layer of loose connective tissue with blood vessels and nerve plexus.

In the mucosa of **the ventriculus** (*pars muscularis*) on day 38 of embryonic development the glandular tubules (*gll.ventriculares*) were poorly developed – they were narrow, convex and opening out on the surface of mucosa individually or in groups up to three. The epithelium lining tubules was low, the cytoplasm filled with poorly stained, tiny secretory granules distally from the nucleus. The gland secreted mucoid secretion that stained slightly eosinophilic and the koilin layer above the epithelium of the mucosa surface was rather thin.

With birds advancing in age, the tubules were visually longer and wider but at the age of 60 days, on the surface of the mucosa shallow pits were already observed in some individuals where glandular tubules open up in groups of 3 to 8 in each. The pits were lined with a columnar simple epithelium. On the surface of the pits, desquamated cells and cells with signs of degeneration were observed. The thickness of the koilin layer increased with the birds advancing in age.

Also, in adult ostriches, there were branched tubular glands observed in the mucosa of ventriculus stretching along the base layer of mucosa and

opening up in wide crypts on the surface of mucosa (Bezuidenhout, Wan Aswegen, 1990).

The surface epithelial cells of ventriculus mucosa in birds of all age groups contained neutral mucopolysaccharides (PAS+), however there were also cells observed with acid (AB+) and mixed (AB/PAS+) mucopolysaccharides. It is interesting that the glandular secretion secreted from their lumens and forming cuticle, mostly contained neutral mucopolysaccharides (stained PAS+), however the cells in glands contained granules with acid and mixed mucopolysaccharides (stained AB+, AB/PAS+). A similar picture has been observed in the mucosa of pars muscularis in guinea fowls (Selvan, et al., 2008) and hens of *Gallus domesticus* (Pastor et al, 1998).

In the direction to the pylorus opening, the highest proportion is made up by the surface epithelial cells containing acid mucopolysaccharides.

In the quality composition of the mucoid secretion of the epithelium in this area significant changes among the various age groups were not observed.

Exactly on the transfer place between the stomach and duodenum, the mucosa forms villi lined with simple epithelial cells – mucocytes abundant in mixed and neutral mucopolysaccharides. Convex tubular glands – pyloric glands (*gll.pyloricae*) were situated in the lamina propria of mucosa.

The lamina propria of mucosa was formed of loose connective tissue and was rich in blood vessels, nerve elements and lymph ducts. Beneath the glands, there was a layer containing dense connective tissue, i.e., the subglandular or the compact layer which was outlined already on day 38 of the embryonic development, but starting with the second week of life its thickness increased. In the pylorus region, this layer was not observable.

Also, in other avian species (especially seed-eaters) the subglandular or the compact layer made up of fibrous connective tissue was described (Nickel et al., 1992; Brūveris, 1993). In an adult ostrich, its thickness may reach even 1.5mm (Порченко, 2007).

The lamina muscularis of mucosa closely fitted to the tunica muscularis, was well developed in all age groups of birds, however it turned thicker with birds advancing in age.

The tunica muscularis was very well developed. It consisted of thick layers of smooth muscles, separated by thin layers containing loose connective tissue, blood vessels and nerve plexus. The orientation of the muscle fibres was chaotic, they were made up of differently oriented groups of muscle fibres. Visually, the tunica muscularis was thicker in the groups of older birds.

The tunica serosa was made up of simple mesothelial cells covering a large number of loose connective tissue.

Analysing the morphometric parameters of mucosa, it was established that the depth (length) of the superficial glands of pars glandularis and thickness of mucosa of the pars glandularis and pars muscularis in the ostrich chicks increased proportionally with birds advancing in age. The mucosa of the pars muscularis was twice as thick as that of pars glandularis in all age groups of birds (Fig. 6).

Порчеческы (2007) also points out that in the adult ostrich, the mucosa of ventriculus is thicker than that of proventriculus.

### **Histology of the small intestine**

On the **day 38 of embryonic development**, the villi of the small intestine were short, thin and covered with poorly differentiated simple epithelium, there were many eosinophilic granules present in the cell cytoplasm, which in preparations stained with haematoxiline and eosin, turned the cytoplasm distinctly pink and hazy. Staining with AB/PAS, a large number of PAS positive granules were established in cytoplasm of enterocytes in all segments of the small intestine, which had disappeared in preparations held in amylase solution prior to staining (in order to differentiate glycogen from the neutral mucopolysaccharides). Also in mammals (Lev, 1968; Lev, Weisberg, 1969) and chicks of *Gallus domesticus* (Moog, Thomas, 1957) glycogen was established in the intestinal epithelial cells over the period of embryonic development. In chicks of *Gallus domesticus* its amount started to reduce with day 18 of incubation (Moog, Thomas, 1957).

The lamina propria of mucosa was formed of loose connective tissue, blood vessels, nerve elements and lymph ducts, extending into villi. The lamina muscularis of the mucosa was feebly outlined along the whole length of the small intestine, some of its elements extended into the stroma of villi.

The submucosal layer was less developed, it contained loose connective tissue, blood vessels and nerve plexus.

The tunica muscularis consisted of a better developed internal circular layer and less developed external elongated layer. In the ileum, the tunica muscularis was better developed (especially the circular layer) and thicker in comparison with that of the duodenum.

The tunica serosa consisted of a simple mesothelium covering a large number of reticular fibres, blood vessels and nerve plexus.

**On the day of hatching**, the villi were visually considerably longer, however turning shorter in the direction from the duodenum to the ileum. The villi were covered with a simple columnar, ciliated epithelium, visually longer than that of the embryos. Glycogen granules had disappeared in the enterocyte cytoplasm except from some epithelial cells of the ileum. A shallow bending of epithelium in between villi in the lamina propria of mucosa – the formation of

crypts was observed. In the ileum, the lamina muscularis of mucosa was weaker, however better outlined in the jejunum and ileum. The submucosal layer was rather thin along the whole length of the small intestine.

**At the age of 3 days**, the thickness and length of villi had considerably increased. In the duodenum, the formation of crypts was observed, however shallow crypts had already appeared in the jejunum and ileum. They had a simple columnar epithelium with basally oriented large, oval cell nuclei. In all segments of the small intestine, a well developed lamina muscularis of mucosa was observed. In the jejunum and ileum, the circular layer of the tunica muscularis was visually thicker than that of the duodenum, forming distinct circular thickenings – folds.

**At the age of 7 days** crypts were observed among villi in the lamina propria of mucosa along all segments of the small intestine, however the largest number of them was found in the jejunum and ileum and they were visually deeper than those in the duodenum. Wang and Peng (2008) also have established that the deepest crypts in the ostrich chicks in day 1 and day 45 of life are found just in the ileum, while on day 334 – in the jejunum. In the chicks of *Gallus domesticus*, on the other hand, the deepest crypts over the first days of live are observable in the duodenum, while the shallowest – in the ileum (Uni et al.,1999).

**At the age of 14 days**, the villi of the duodenum were arranged very densely, reminding a “zig-zag” pattern in the longitudinal section of the intestinal lumen. In some regions of the duodenum and jejunum sections, the villi were wide, richly infiltrated with lymphoid cells, even merged together. The lamina propria of mucosa – well developed with many crypts. The tunica muscularis of the duodenum was rather thin, it was better developed in the ileum.

**At the age of 30 and 60 days**, the picture was similar to that for birds aged 14 days, only villi were longer, their epithelium in the duodenum in places had a pattern of waves. At the base of villi, rather wide blood vessel plexus, extending into the stroma of villi were periodically observed. The lamina muscularis of mucosa – highly developed along the whole length of the small intestine. The tunica muscularis was thinner in the duodenum but the most highly developed in the ileum.

Starting with day 7 an abundant infiltration of the lymphoid cells was observed in the connective tissue of the ileum villi, and in lamina propria of mucosa also in the form of lymphoid cell clusters. In older birds, the lymphoid cells abundantly infiltrated the small intestine mucosa in all of its length, but especially in the mucosa of the duodenum. Similar observations were made by Bezuidenhout and Wan Aswegen (1990). Describing the histological structure of gastro-intestinal tract of the ostrich, they emphasized that the most abundant

infiltration of lymphoid cells in ostriches was observed in the mucosa of the duodenum.

Rich infiltration of the lymphoid tissue in the lamina propria of the small intestine was also described in hens of *Gallus domesticus* and other birds, although it was most distinct just in the ileum and caecum (Randall, Reece, 1996; King et al., 2000).

Presumably, the appearance of more distinct infiltration of the lymphoid tissue in the mucosa of the small intestine at the time between day 3 and day 7 may be related to the start of feeding at this period and a simultaneous intake of antigens as well as the contact of the intestine mucosa with them.

Performing the length measurements of the small intestine villi, it was established that the longest villi could be observed in the duodenum already over the period of embryonic development, while the shortest villi were situated in the ileum. It should be noted though that the difference in the length of villi between the jejunum and ileum was insignificant by the respective number of observations. Such a proportion of the length of villi was preserved also in the chicks of other age groups even up to the age of 60 days.

The length and width measurements of the small intestine villi are reflected in Figures 7 and 8.

A similar tendency has been observed by Wang and Peng (2008) in their studies. They have established that in the day old chicks the longest villi are found exactly in the ileum, although already at the age of 45 days and at later age, the longest villi are found in the duodenum, furthermore, in 11 months old ostriches their length exceeds that of the length in the ileum. The results obtained by Порчечу (2007) indicate that in the duodenum the length of villi in adult ostriches exceeds that of their length in the ileum even 6 times.

With the chicks advancing in age, the size of villi gradually increased in all segments of the small intestine (Fig. 7 and 8). It should be noted that at the age of 60 days, the villi of duodenum were the longest in comparison with those of the jejunum and ileum. In the ileum, the length and width of villi was significantly smaller ( $p < 0.05$ ).

The villi length of jejunum grew rather evenly throughout the whole prenatal ontogenesis period observed, however the width had a slightly decreasing tendency between days 30 and 60 of life (Fig 7 and 8).

The number of the goblet cells in the mucosa of the small intestine per  $1 \text{ mm}^2$  of the cross-section area median of a villus had a tendency to decrease with the birds advancing in age, however differences were observed in the number of cells depending on the part of the intestine (Fig. 9)

On day 38 of embryonic development, the largest amount of the goblet cells was established in the jejunum, the smallest – in the duodenum. In the



course of further development up to day 7, the number of the goblet cells in the jejunum was changeable but starting with day 7 their numbers were rapidly reduced ( $p < 0,01$ ).

A similar trend for the numbers of the goblet cells was observed in the jejunum, where up to the age of 30 days, a rather even reduction of these cells was observed, while over the second month of life, their numbers had a slight tendency to increase (Fig. 9).

From day 38 of embryonic development up to the age of 14 days, the number of the goblet cells in the ileum had a tendency to decrease while in the subsequent period the tendency changed towards the increase until at the age of 60 days it reached its maximum – the number of cells per  $1\text{mm}^2$  of a cross-section area of the villus median was the largest in comparison with that of the other sections of the small intestine (9.att.)

Also Wang and Peng (2008) have found out that in 45 days old ostrich chicks the largest number of the goblet cells is situated in the ileum, while the smallest – in the duodenum, but on the day of hatching the largest number of the goblet cells per area unit was found in the jejunum.

Analysing the quality composition of the goblet cells, it was established that in all parts of the small intestine the goblet cells containing the acid (AB+) and mixed (AB/PAS+) mucopolysaccharides dominated, while the number of cells containing neutral mucopolysaccharides was significantly lower in all age groups of chicks in all segments of the small intestine ( $p < 0.05$ ).

Unfortunately, data on similar studies about the quality composition of the goblet cells in the mucosa of the ostrich chicks were not available, however Uni et al., (2003) in his studies on the intestine mucosa development in the chicks of *Gallus domesticus* has found that over the period of embryonic development in the broiler chicks the goblet cells contain only the acid mucopolysaccharides, while from the day of hatching to 7 days of age, the number of acid and neutral mucopolysaccharides containing cells is proportional.

### **Distribution of gastrin, somatostatin and VIP immunoreactive cells in the mucosa of the stomach and the small intestine in the ostrich chicks from day 38 of embryonic development to day 60 of life**

**Cells positive to gastrin antibodies** (immunoreactive cells) in chicks of all age groups, concerning the stomach mucosa were found only in the pyloric region where they in large quantities were localized in the pyloric glands (*gll. pyloricae*). The positive cells, however in much smaller quantities than in the pylorus mucosa were found also in all segments of the small

intestine: the duodenum, jejunum and ileum in the ostrich chicks of all age groups.

Analysing differences in the cell numbers positive to gastrin from day 38 of embryo development to the age of 30 days, a tendency to increase was established for the number of cells in the cross-section area of the pylorus mucosa, while at the age of 60 days the number of cells had significantly grown in comparison with that of younger birds constituting  $494 \pm 111.0$  cells per  $\text{mm}^2$  of mucosa area on average ( $p < 0.01$ ).

It is known that in the chicks of *Gallus domesticus*, the gastrin immunoreactive cells as ones of the first appear in the pylorus mucosa: already on day 12 of embryonic development, but two days later they are found also in the mucosa of the small intestine (Alison, 1989; Askoy, Cinar, 2009).

Comparing the number of the gastrin immunoreactive cells among different segments of the small intestine, it was found that their numbers had a tendency to decrease in the direction from the duodenum to ileum in all age groups of birds. In all age groups (except chicks of day 30 of life) a significant lower number of the gastrin immunoreactive cells was found in the mucosa of the ileum in comparison with that of the duodenum ( $p < 0.01-0.05$ ).

Bezuidenhout and Wan Aswegen (1990) have established the gastrin immunoreactive cells in analogical locations of the stomach and intestines (*pylorus, duodenum*). The highest amount of cells was found in the mucosa of the duodenum, while within the present research the highest number of gastrin immunoreactive cells was discovered in the pyloric region of the stomach. The data similar to our results have been also obtained in respect of distribution of the above cells for other avian species (Rawdon, 1984; Alison, 1989; Yamanka et al, 1989; Alison, 1990; Askoy, Cinar, 2009).

**Somatostatin immunoreactive cells** were found in highest numbers in the pyloric region of the stomach (*gll. pyloricae*). In smaller numbers they were found in the deep proventricular glands of the proventriculus mucosa. Some immunoreactive cells of somatostatin in birds of all age groups were also discovered in the surface epithelium of proventriculus and ventriculus – *gll. proventriculares superficiales* and *gll. ventriculares* respectively. A relatively low number of cells were found in all segments of the small intestine in birds of all age groups.

Looking at mucosa of pars muscularis it was evident that in a similar way as for the gastrin immunoreactive cells, the somatostatin immunoreactive cells were also the most densely located just in pyloric region – pyloric glands, however their distribution was more even and less dense than gastrin immunoreactive cells.

Assessing the changes in numbers of somatostatin immunoreactive cells depending upon the age of birds, the tendency to increase the number of

cells with birds advancing in age was established in the mucosa of the pyloric region while in the deep proventricular glands zone of proventriculus a significant growth of the somatostatin immunoreactive cells was observed from the age of 3 to 7 days ( $P < 0.05$ ).

Comparing the number of cells in different areas of the stomach mucosa, it was found that in all age groups of ostrich chicks, a considerably higher number of somatostatin immunoreactive cells was located in the pylorus mucosa ( $p < 0.001$ ).

Comparing the number of somatostatin immunoreactive cells in different segments of the small intestine, it was found that on day 38 of embryonic development and at the age of 3 days, the mucosa of the duodenum contained a significantly higher number of positive cells than that of the jejunum and ileum ( $p < 0.05$ ), similar findings also refer to birds of other age groups.

In the stomach and intestines of an adult ostrich, Bezuidenhout and Wan Aswegen (1990) have found somatostatin immunoreactive cells in analogous locations, furthermore the highest concentration have been situated in the proventriculus and pyloric region as well as in the duodenum, while lower numbers were found in the jejunum and ileum.

The first somatostatin immunoreactive cells in embryos of *Gallus domesticus* appear on day 10 of incubation in the islets of pancreas (Yamaguchi et al., 1987), while later, on day 12, they emerge in the pyloric region, and starting with days 12 – 14 – in the mucosa of the small intestine (Usellini et al., 1983; Alison, 1989; Yamanaka et al., 1989; Rawdon, Andrew, 1999).

**Vasoactive intestinal polypeptide (VIP)** immunoreactive cells and sure of positive structures were not found in the submucosal nerve plexus of the stomach and the small intestine in either of the examined birds.

At the same time, in hens of *Gallus domesticus*, the presence of VIP in all segments of the small intestine has been already established since day 19 of embryonic development (Rawdon, Andrew, 1999); it has been found also in the submucosal nerve plexus of the proventriculus, as well as in the large and small intestine (Vailant et al., 1980).

### **Intraluminal pH of the stomach and duodenum and its changes in the ostrich chicks from day 38 of the embryonic development to day 60 of life**

In birds of all age groups included into the study, the stomach environment pH in all the areas examined kept within the range of 4.56 – 1.85. It should be noted that the lowest pH parameters were observed in the area of deep proventricular glands of the glandular part of the stomach. A significant decrease in the environmental pH of the proventriculus was observed already

on the day of hatching ( $p < 0.05$ ). Also in subsequent age periods the pH parameters had a downwards tendency in all the stomach areas examined and birds of all age groups (Fig.10).

Comparing the pH parameters among different areas of the stomach it was concluded that in proventriculus pH had lower values than in ventriculus in birds of all age groups ( $p < 0.01$ ), at the same time no significant differences in pH values were found between the deep proventricular gland area and the entrance of proventriculus. Swart (1993) has also found that pH parameters were higher in the muscular part than in the glandular part of the stomach. The author concludes that it refers to imperfect mixing of the feed volumes between both parts of the stomach and suggests that presumably the fermentation of feed in the ostrich starts already in the proventriculus contrary to other birds in which the feed actually does not stay in the glandular part of the stomach (Sturkie, 1976).

A medium close negative correlation was established in the present study between the age of birds and the stomach intraluminal pH ( $r = - 0.63$ ;  $p < 0.01$ ), indicating the increase of secretion in birds advancing in age thus decreasing the pH values.

In all age periods after hatching observed, the environment pH reaction was weakly acid and with birds advancing in age, significant pH value changes were not observed.

## CONCLUSIONS

1. Over the first week of life, the body weight of the ostrich chicks has a downward trend while a significant increase in the body weight can be observed starting with the age of seven days ( $p < 0.05$ ). The most rapid body weight increase is observable in the second month of life ( $p < 0.01$ ). The most rapid reduction of the yolk sack takes place between the day 38 of embryonic development and day 7 of life ( $p < 0.01$ ), while it totally disappears between the age of 14 and 30 days.
2. The relative stomach and intestine weight of the ostrich chicks significantly grows starting from the age of 3 days reaching its maximum at the age of 30 days ( $p < 0.001$ ). Over the second month of life, it is significantly reduced ( $p < 0.05$ ).
3. A more rapid increase in weight and dimensions of the stomach glandular part can be observed starting with the age of 3 days throughout the whole ontogenesis period observed. With chicks advancing in age, the relative area of deep proventricular glands decreases ( $p < 0.01$ ). The thickness of the stomach mucosa in the ostrich chicks of all the studied age groups, is proportionally increasing in both parts of the stomach, however in the muscular part of the stomach it is twice as high as in the glandular part.
4. With chicks advancing in age, the relative length of the small intestine has a reducing tendency, and in ontogenesis period observed it constitutes from 33.8 to 43.4% of the total intestine length.
5. The length of villi of intestines increases significantly ( $p < 0.001$ ) over the first and second month of life in all sections of the small intestine; in the mucosa of the duodenum in birds of all age groups they are significantly longer than in the ileum, ( $p < 0.001$ ). The formation of crypts in the small intestine, is observed on the day of hatching in the mucosa of jejunum and ileum, but starting from the day 3 – also in the duodenum.
6. The proportion of secretory epithelium of the deep proventricular glands of the proventriculus significantly increases between day 38 of embryonic development and the day of hatching ( $p < 0.05$ ), as well as between the age of 3 and 14 days ( $p < 0.05$ ), while in older chicks it does not significantly change. At the age of 30 days the histological structure of these glands already reminds glands of the adult birds.
7. Epithelial cells of the superficial glands of *pars glandularis* and *pars muscularis* (*gll. proventriculares superficiales*, *gll. ventriculares*) contain neutral, acid and mixed mucopolysaccharides, while in the pyloric area of the chicks of all age groups acid mucopolysaccharides dominate.

8. The number of the goblet cells per area unit of the small intestine mucosa has a tendency to reduce with chicks advancing in age. In chicks of all age groups, cells containing acid and mixed mucopolysaccharides constitute the highest proportion in all segments of the small intestine ( $p < 0.001$ ).

9. The gastrin immunoreactive cells in the ostrich chicks from the day 38 of embryonic development to the age of 60 days are observed only in the pyloric region, while somatostatin immunoreactive cells can be observed in the mucosa of the glandular part, muscular part and the pylorus. The gastrin and somatostatin immunoreactive cells in the stomach mucosa have a tendency to increase in numbers with chicks advancing in age. The gastrin and somatostatin immunoreactive cells can be observed in all segments of the small intestine but their number is significantly higher in the duodenum. The presence of VIP immunoreactive cells in the ostrich chicks were not observed.

10. The acid environment reaction in the stomach lumen points to secretion of the hydrochloric acid in the deep proventricular glands already from day 38 of embryonic development becoming stronger starting with the day of hatching. In the ostrich chicks of all age groups, the pH level in the stomach glandular part is significantly lower than in muscular part ( $p < 0.001$ ).

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS AND THESIS

1. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Distribution of the gastrin and somatostatin immunoreactive cells in the stomach of the ostrich during early ontogeny (perinatal period). *Anatomia Histologia Embryologia* 39 (4), p. 283.
2. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Perinatal ontogenesis of gastric mucosa in the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*). *Annual 16<sup>th</sup> International Scientific Conference Proceedings "Research for Rural Development 2010"* pp 16-21.
3. Duritis I., Mugurevics A. (2010) Characterization of gastric intraluminal pH and development of the proventricular deep glands during perinatal period in ostrich. *Book of abstracts of the 61<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. p. 239.
4. Cooper R.G., Horbanczuk J.O., Dūrītis I., Mugurevics A., Charuta A. (2010) A histological study of post-mortem specimens taken from dead-in-shell ostrich (*Struthio camelus*) embryos. *Tanzania Veterinary Journal* 27 (1), pp.3-10.
5. Dūrītis I., Mugarēvičs A., Latkovska L. (2010) Strausu (*Struthio camelus var. domesticus*) tievās un resnās zarnas morfometriskie rādītāji perinatālajā periodā. (Morfometric indices of the small and large intestine during perinatal period in the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*.) *Proceedings of LUA FVM Interinational Scientific conference "Animal. Health. Food hygiene"*. Jelgava, 29 October, pp. 50-56.
6. Dūrītis I., Mugarēvičs A., Bundze - Zdanovska I. (2008) Strausa (*Struthio camelus var. domesticus*) dzeltenuma maisa un kuņģa morfometriskie un masometriskie rādītāji agrīnajā postnatālajā ontogēnēzē (Morphometrical and massometrical parameters of the yolk sac and the stomach in the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*.) *Proceedings of LUA FVM Interinational Scientific conference "Animal. Health. Food hygiene"*. Jelgava, 14 November pp. 36-40.
7. Dūrītis I., Mugarēvičs A. (2007) Morphological characterization of the stomach in postnatal ontogenesis of the African ostrich (*Struthio camelus*). *Proceedings of the 14<sup>th</sup> World Ostrich Congress*, pp.40-44.
8. Duritis I., Mugurevics A. (2011) Morphometric parameters of the small and large intestine of the ostrich (*Struthio camelus var. domesticus*) from day 38 of embryonic development to the age of 60 days. – *accepted in Proceedings of the Latvia Univesrsity of Agriculture*.