



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of using a mixture of Caspian Sea water and drinking water on meat quality, intestinal morphology, and histopathology of liver and kidney tissues of broiler chickens

S. Heidari Firouzjaei¹, B. Shohreh¹, Z. Ansari Pirsaraei^{1*}, M. Rezaei¹, N. Mirzakhani²

1. Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2. Department of Pathobiology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

(Received: 12-11-2024 – Revised: 27-11-2024 – Accepted: 30-11-2024 – Available online: 28-03-2025)

Abstract

Introduction: Studies show that sodium chloride soluble in water can be used as a source of mineral supplementation to meet part of the mineral needs of birds and that sodium water can replace the dietary sodium supplement completely. Therefore, if it is possible to exploit this ability of poultry and to provide some of the water they consume from salt water, while preserving the country's fresh water resources, the problems caused by saltwater use will be largely resolved. This study examined the effect of high salt concentration in Caspian Sea water on the quality of the meat, intestinal morphology, and histopathology of the liver and kidney tissues of broiler chickens. As the permitted limit for total dissolved solids in broilers is 1000-3000 ppm, the amount of seawater used for broiler chickens was within this range.

Materials and methods: Based on the hardness of drinking water in poultry farms at 340 ppm and the annual mean hardness of seawater at 3,700 ppm, as well as the permissible NRC hardness limit for water consumption, the study was carried out in a completely randomized design with four experimental treatments including 1. Control, 2. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 1000 ppm, 3. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 2000 ppm, and 4. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 3000 ppm in five replications. To check the quality of the meat at the end of the incubation period, five chickens of average weight were selected and slaughtered from each of the experimental groups. To measure the meat pH, we mixed 10 grams of minced chicken meat with 90 mL of distilled water and measured the meat pH with a calibrated pH meter. For the measurement of water retention, after centrifugation and weighing, the sample was placed at 70°C for 24 hours, and its weight was again recorded and finally calculated by the formula. To check the textural characteristics of meat, cube-shaped samples (2×2×2 cm) and rectangular cubes (4×2×2 cm) at a speed of 1 mm/s with a pressure of 50% and a penetration depth of 10 mm were prepared. They have been tested with the Texture Profile Analyzer (TPA). For the histopathological examination of the liver and kidneys, which included sampling, fixing, and molding of samples, tissue cutting, staining, and laminating of samples, the birds were completely dissected at the end of the incubation period, and after the birds had been killed and their histopathological changes recorded on slides for microscopic examination. To examine the intestinal morphology, a 3 cm long sample from the mid-joint of the small intestine was prepared and transferred to a 10% buffered formalin stability solution after washing with 0.9% saline. All the same procedures were then applied to liver and kidney tissue samples, and finally, 6-mm diameter cross-sections were prepared and stained with hematoxylin and eosin staining to investigate intestinal morphology. The length, width, depth, and the ratio of the length of the villus to the depth of the crypt of each tissue sample were then measured under a microscope and used for the study.

* Corresponding author: z.ansari@sanru.ac.ir



Results and discussion: There is no significant difference in the feed conversion rate of treatments by adding different percentages of seawater to drinking water, but water consumption and moisture content of the litter have increased. Comparing the average parameters of meat under the different TDS caused by the mixture of Caspian Sea and drinking water, no significant differences were observed in the pH, gumness, coagulation, chewing time, and chewing consistency of the examined treatments. It has shown that different TDS of water have no effect on these meat parameters and statistically they have almost the same average. The only significant difference observed was between the flexibility, water retention capacity, and hardness of the meat tissue, which indicates that meat tissue from treatment with a high TDS had a lower water retention capacity than control treatment. Concerning the length of the villus, which is one of the morphological parameters of the small intestine, it may be considered to be related to the increased capacity of the bird to absorb nutrients, as the length of the villus increases. Slow, longer villi prevent faster passage and increase conversion factor, and lower crypt depths indicate a decrease in the metabolic regeneration of the intestinal epithelium. Based on the results for the length of the blisters, the largest difference compared to the control treatment was related to the treatment with 75% Caspian Sea water, which resulted in a statistically significant difference. Based on the results concerning the width (depth) of the villa and the depth of the tomb, no significant difference was observed when using a mixture of water from the Caspian Sea and drinking water. Results from histopathological examination of the kidney and liver tissues of the treatment groups in this study showed that consumption of 1000 ppm seawater in these animals did not result in significant changes in liver and kidney tissue. There was significant tissue damage in these liver and kidney tissues, and the severity of these changes and damage was directly correlated to the increased seawater concentration in the diet.

Conclusions: Based on the results of histopathological examination of kidney and liver tissues from the treatment animals, consumption of 1000 ppm seawater in these animals did not result in significant changes in liver and kidney tissue. When 50% of the water from the Caspian Sea was used and added to drinking water, no significant differences were observed in the ability to absorb and access nutrients from the intestinal villi and finally in the morphology of the small intestine.

Keywords: Caspian Sea water, Broiler chicken, Intestinal morphology, Meat quality, Liver and kidney histopathology

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

Acknowledgment: We would like to express our sincere gratitude to the esteemed experts of the laboratories of the Department of Animal Science and the Central Laboratory of Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, as well as the National Center for Caspian Sea Studies and Research at Farahabad Station, Sari, for their assistance in conducting this research.

How to cite this article:

Heidari Firouzjaei, S., Shohreh, B., Ansari Pirsaraei, Z., Rezaei, M., & Mirzakhani, N. (2025). Effect of using a mixture of Caspian Sea water and drinking water on meat quality, intestinal morphology, and histopathology of liver and kidney tissues of broiler chickens. *Animal Production Research*, 14(1), 65-76. doi: 10.22124/ar.2025.28951.1865



مقاله پژوهشی

اثر استفاده از مخلوط آب دریای خزر و آب شرب بر کیفیت گوشت، ریخت‌شناسی روده و هیستوپاتولوژی بافت‌های کبد و کلیه جوجه‌های گوشتی

سعید حیدری فیروزجایی^۱، بهرام شهره^۱، زربخت انصاری پیرسرائی^{۱*}، منصور رضایی^۱، نویده میرزاخانی^۲

۱- گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- گروه پاتوبیولوژی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین امل

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۲ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۱/۰۸)

چکیده

در این پژوهش، تاثیر استفاده از آب دریای خزر بر کیفیت گوشت، ریخت‌شناسی روده و هیستوپاتولوژی بافت‌های کبد و کلیه جوجه‌های گوشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی شامل ۱- شاهد، ۲- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای کل مواد جامد محلول (TDS) معادل ۱۰۰۰ ppm، ۳- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای TDS معادل ۲۰۰۰ ppm، و ۴- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای TDS معادل ۳۰۰۰ ppm در پنج تکرار انجام شد. با افزودن درصد‌های مختلف آب دریا به آب شرب، اختلاف معنی‌داری بین ضریب تبدیل خوراک تیمارها مشاهده نشد، ولی میزان مصرف آب و رطوبت بستر افزایش یافت. در بررسی کیفیت گوشت، تیمار ۳، با قدرت نگهداری آب کمتر در بافت خود، از سختی و تیمار ۴ از انعطاف، و به‌صورت مشترک، از انعطاف برش بافت بالاتری برخوردار بودند. طبق نتایج حاصل از بررسی‌های هیستوپاتولوژیک بافت‌های کلیه و کبد در تیمارهای مختلف، مصرف مخلوط آب دریا و آب شرب دارای TDS معادل ۱۰۰۰ ppm در این حیوانات، تغییرات بافتی قابل توجهی را در بافت‌های کبد و کلیه ایجاد نکرد. استفاده ۵۰ درصدی از آب دریای خزر و افزودن آن به آب شرب مصرفی، اختلاف معنی‌داری در توانایی جذب و قابلیت دسترسی مواد مغذی در سطح پرزهای روده و در نهایت، در ریخت‌شناسی ژل‌نوم روده کوچک ایجاد نکرد و در نتیجه، تغییری در عملکرد رشد پرنده مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: آب دریای خزر، جوجه گوشتی، ریخت‌شناسی روده، کیفیت گوشت، هیستوپاتولوژی کبد و کلیه

* نویسنده مسئول: z.ansari@sanru.ac.ir

مقدمه

نمک به‌عنوان یکی از مهمترین مواد غذایی در تغذیه طیور برای تامین سدیم و کلر شناخته می‌شود. کلر، آنیون اصلی مایعات بدن، سدیم، کاتیون اصلی خارج سلولی و پتاسیم، کاتیون اصلی داخل سلولی است (Chiba *et al.*, 2009). رابطه بین این مواد به‌عنوان تعادل الکترولیتی جیره شناخته می‌شود که تحت تاثیر الکترولیت‌ها و یا منبع مکمل نمک قرار می‌گیرند (Mushtaq *et al.*, 2013). این تعادل می‌تواند بر تعادل اسید-باز بدن اثرگذار باشد، به این صورت که افزایش غلظت سدیم و پتاسیم جیره منجر به افزایش pH و آلکالوزیس می‌شود و افزایش کلر جیره موجب کاهش pH و اسیدوزیس می‌شود. تعادل الکترولیتی که به‌نام تعادل اسیدی-بازی نیز نامیده می‌شود تحت تأثیر عواملی مثل وجود رابطه بین مقدار سدیم، کلر و پتاسیم دریافتی به-وسیله جوجه، تولید اسید به‌وسیله بدن و دفع کلیوی می‌تواند تغییر یابد. بنابراین توصیه می‌شود برای غلبه بر تغییرات هومئوستازی خون به‌ویژه در فصل تابستان، تعادل الکترولیتی جیره در محدوده ۲۵۰-۱۵۰ میلی اکی والان در کیلوگرم حفظ شود (Mushtaq and Pasha, 2013). زمانی که این تعادل به‌سمت قلیایی یا اسیدی تغییر یابد، بسیاری از مسیرهای متابولیکی بدن قادر به فعالیت نبوده و در نتیجه، عملکرد پرنده کاهش خواهد یافت (McDonald *et al.*, 2010). الکترولیت‌های موجود در آب می‌توانند آثاری همچون الکترولیت‌های جیره بر هومئوستازی بدن داشته باشند و از طرفی، استفاده از آب شور با غلظت‌های بسیار زیاد سدیم و کلراید می‌تواند موجب مسمومیت و حتی مرگ پرندگان شود (Krista *et al.*, 1961). با توجه به مطالعات انجام شده، سدیم کلراید محلول در آب می‌تواند به‌عنوان منبعی برای تامین بخشی از نیازهای پرنده به مواد معدنی مورد استفاده قرار گیرد و سدیم موجود در آب می‌تواند به‌طور کامل جایگزین مکمل سدیمی جیره شود (Watkins *et al.*, 2005). بنابراین، اگر بتوان از این توانایی طیور استفاده کرد و مقداری از آب مصرفی طیور را از آب شور تامین نمود، ضمن حفظ منابع آب شیرین کشور، مشکلات ناشی از استفاده از آب شور تا حد زیادی مرتفع خواهد شد. منبع جایگزین آب شیرین در این پژوهش، آب دریای خزر در نظر گرفته شده است. علاوه بر غلظت الکترولیت‌ها، آب دریا احتمالاً به‌دلیل وجود منابع

آلوده‌کننده در سواحل، حاوی بار میکروبی متفاوتی باشد که این میکروارگانیسم‌های هالوفیل (نمک دوست)، احتمال تاثیرگذاری منفی روی سلامت گله‌ها را دارند، لذا برای کنترل منبع خطر و بر اساس پژوهش‌های پیشین، از فاصله ۱۲۰ متر دورتر از خط ساحلی، نمونه‌های آب دریا برداشت شد. در این پژوهش با طرح سئوالاتی مانند عوامل موثر بر احتیاجات نمک، تاثیر نمک و نوع آن در تغذیه طیور، هومئوستازی بدن و اعمال متابولیکی و همچنین، تاثیر غلظت بالای نمک با استفاده از آب دریای خزر بر کیفیت گوشت، ریخت‌شناسی روده و هیستوپاتولوژی بافت‌های کبد و کلیه جوجه‌های گوشتی پرداخته شد و کارایی این روش-ها مورد ارزیابی قرار گرفت. این امر مستلزم آن است تا کل مواد جامد محلول (TDS) در آب دریا و آب شرب مورد سنجش قرار گیرد. از آنجایی که حد مجاز TDS برای جوجه‌های گوشتی، ppm ۳۰۰۰-۱۰۰۰ است (NRC., 1974)، میزان رقت آب دریای مصرفی برای جوجه‌های گوشتی نیز در این بازه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در ابتدا، اطلاعات مربوط به آب شرب سالن مرغداری در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری تعیین شد که بر این اساس، سختی آب شرب محل مرغداری با ppm ۴۴۰ و بر اساس داشتن داده‌های اخذ شده آب دریای خزر از مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر (ایستگاه فرح آباد ساری)، میانگین سالانه سختی آب آن، ppm ۳۸۷۰ ارائه شده است. آب دریا دارای مجموعه‌ای از یون‌ها و الکترولیت‌ها است که شرح کامل آنها در جدول ۱ گزارش شده است. لازم به ذکر است غلظت-هایی غیریکنواخت از فلزات سنگین نظیر آلومینیم، کادمیوم، مس، سرب، نیکل و روی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و اقتصادی در رسوبات ساحلی در طول سواحل دریای خزر نیز وجود دارد (Zanganeh and Lakhan, 2007).

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی شامل ۱- شاهد، ۲- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای کل مواد جامد محلول (TDS) معادل ppm ۱۰۰۰، ۳- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای TDS معادل ppm ۲۰۰۰، و ۴- مخلوط آب دریا و آب شرب دارای TDS معادل ppm ۳۰۰۰ در پنج تکرار انجام شد.

جدول ۱- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر
(ایستگاه فرح آباد ساری، سال ۱۴۰۰)

Table 1. National Center for Caspian Sea Studies and Research (Farah Abad Station, Sari, year 2021)

Row	Parameters	Average	Unit
1	Saltiness	13.84	ppt
2	TDS	3870	ppm
3	Na	3049	ppm
4	K	53.1	ppm
5	Cl	5286	ppm
6	Heterotrophic bacteria	1.5×10^7	MPN/100 mL
7	Total Coliforms	50	MPN/100 mL
8	Fecal Coliforms	0	MPN/100 mL
9	Enterococcus	30	CFU/mL

ترکیب شیمیایی جیره (جدول ۲) بر اساس جداول NRC برای جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸، از نظر مواد معدنی سدیم، پتاسیم و کلر و همچنین، مقدار این املاح در آب مصرفی تنظیم شد (AOAC, 2002). در این پژوهش، میزان نمک جیره در تیمارها از روز اول بر اساس تیماربندی صورت گرفته به صورت یکسان بود، ولی نمک موجود در نمونه آب مصرفی حاصل از مخلوط آب دریا و آب شرب تغییر داده شد (قابل ذکر است که ملاک مصرفی سختی و شوری آب بر اساس پژوهش‌های پیشین و حد مجاز جدول NRC استانداردسازی شده است).

آب مصرفی از باقیمانده آب هر آبخوری با استفاده از بشر مدرج اندازه‌گیری شد. از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن در هر دوره، ضریب تبدیل خوراک محاسبه و همچنین تلفات روزانه ثبت، توزین و در تصحیح ضریب تبدیل غذایی مورد استفاده قرار گرفت. وزن و زمان دقیق تلفات هر واحد آزمایشی به منظور محاسبه روز مرغ ثبت شد. نمونه‌برداری از بستر هر پن در پایان دوره‌های رشد و پایانی جهت اندازه‌گیری رطوبت بستر مدفوع صورت پذیرفت. پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و میزان رطوبت آنها به صورت زیر اندازه‌گیری شد. ابتدا نمونه‌های برداشت شده از هر پن به طور کامل با هم مخلوط شدند. وزن کروزه خالی ثبت شده و سپس، پنج گرم از نمونه بستر مخلوط شده توزین شد. کروزه‌های محتوی نمونه بستر مرطوب به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۰ درجه سلسیوس نگهداری

شده و پس از وزن‌کشی برای محاسبه رطوبت بستر از فرمول زیر استفاده شد (Izat et al., 1990):

درصد رطوبت = (وزن کروزه و نمونه خشک - وزن کروزه و نمونه مرطوب) / (وزن کروزه خالی - وزن کروزه و نمونه مرطوب) $\times 100$

کیفیت گوشت در پایان دوره پرورش (۳۶ روزگی) محاسبه شد که به سه بخش سنجش pH گوشت، ظرفیت نگهداری آب و در نهایت، به ویژگی بافتی گوشت پرداخته شد. در پایان دوره پرورش از هر تیمار آزمایشی، پنج قطعه جوجه با وزن میانگین انتخاب و کشتار شدند و پس از پرکنی و جدا کردن سینه از لاشه، در دمای چهار درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. برای بررسی سنجش pH گوشت، ۱۰ گرم از نمونه گوشت مرغ چرخ شده را در ۹۰ سی سی آب مقطر مخلوط کرده و با pH متر کالیبره شده، pH گوشت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب، یک گرم از نمونه گوشت را داخل گاز استریل قرار داده و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد (سرعت سانتریفیوژ روی ۳۳۳۵ دور در دقیقه تنظیم شد). نمونه پس از سانتریفیوژ به آرامی با پارچه کتان خشک شد و پس از توزین، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از ثبت مجدد وزن آن، ظرفیت نگهداری آب بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Castellini et al., 2002):

$(WHC) = (W2 - W1) / Ws \times 100$ ظرفیت نگهداری آب

W1: وزن اولیه بعد از سانتریفیوژ

W2: وزن ثانویه

Ws: وزن نمونه گوشت

برای بررسی ویژگی بافتی گوشت، نمونه‌های مکعبی شکل (۲×۲×۲ سانتی‌متر) و مکعب مستطیل شکل (۲×۲×۴ سانتی‌متر) با سرعت یک میلی‌متر بر ثانیه با فشار ۵۰ درصدی و عمق نفوذ ۱۰ میلی‌متری، تحت تاثیر آزمون Texture Profile Analyzer (TPA) (Saleh et al., 2014)، بعد از اندازه‌گیری نیروی مورد نیاز برای فشرده کردن، سختی، به هم پیوستگی گوشت‌های معین شده، خاصیت ارتجاعی (آدامسی)، صمغی و قابلیت جویدن آن‌ها نیز تعیین شد.

جدول ۲- درصد مواد متشکله جیره‌های آغازین، رشد و پایانی

Table 2. The percentage of ingredients of the initial, growth, and final rations

Ingeredient	1-10 d	11-24 d	25-36 d
Corn	48,06	50,51	51,92
soybean meal	36,49	37,44	35,27
Corn gluten meal	10	7	5
vegetable oil	0,9	1,08	4,25
Di-calcium phosphate	1,87	1,64	1,46
Calcium carbonate	1,22	1,11	1,01
Comoon salt	0,28	0,25	0,25
baking soda	0,2	0,2	0,2
L-lysine hydrochloride	0,3	0,11	0,03
DL-methionine	0,19	0,16	0,16
vitamin supplement*	0,25	0,25	0,25
mineral supplement*	0,25	0,25	0,25
Calculated chemical levels			
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	2900	3000	3100
Crud protein (%)	22,24	20,8	18,89
Calcium (%)	0,93	0,84	0,76
Sodium(%)	0,19	0,18	0,16
Lysin (%)	1,39	1,25	1,12
Methionine (%)	0,54	0,49	0,46
M+C (%)	1,04	0,96	0,88
Theronine (%)	0,94	0,85	0,76

* Each kilogram of vitamin premix contains 3600000 units of vitamin A, 800000 units of vitamin D₃, 7200 units of vitamin E, 800 mg of vitamin K₃, 710 mg of vitamin B₁, 2640 mg of vitamin B₂, 3920 mg of vitamin B₃, 11880 mg of vitamin B₅, 1176 mg of vitamin B₆, 400 mg of vitamin B₉, 6 mg of vitamin B₁₂, 40 mg of vitamin biotin, and 200,000 mg of choline chloride. Each kilogram of mineral premix contained 39680 mg of manganese, 20000 mg of iron, 33880 mg of zinc, 4000 mg of copper, 396,8 mg of iodine, and 80 mg of selenium.

شد. سپس، نمونه‌ها با استفاده از الکل‌های صعودی آب-گیری شده و با گزپول شفاف‌سازی شدند. سپس، لام‌ها جهت بررسی‌های میکروسکوپی آماده شدند و تغییرات هیستوپاتولوژیک آن‌ها ثبت شد (Beheshti Moghadam *et al.*, 2014).

جهت بررسی ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی در پایان دوره پرورش و بعد از ۱۲ ساعت گرسنه نگه داشتن پرند ه‌ها، آسان‌کشی انجام شد و نمونه ای به‌طول سه سانتی‌متر از ناحیه میانی ژژنوم روده باریک برای مطالعات ریخت‌شناسی روده تهیه شد و پس از شستشو با محلول سالین ۰/۹ درصد به محلول ثبوت فرمالین ۱۰٪ بافری منتقل شد. سپس، تمامی فرآیند انجام شده مشابه نمونه-های بافت کبد و کلیه روی آن‌ها انجام شد و نهایتاً مقاطع عرضی به قطر شش میکرومتر تهیه شده و با روش رنگ-آمیزی هماتوکسیلین و اتوزین جهت بررسی‌های ریخت-شناسی روده رنگ‌آمیزی شدند. سپس، طول، عرض، عمق و همچنین نسبت طول پرز به عمق کریپت برای هر پرز از هر نمونه بافت در زیر میکروسکوپ اندازه‌گیری شده و برای مطالعه استفاده شد. در نهایت، با بررسی سرعت از دست

جهت بررسی هیستوپاتولوژیک کبد و کلیه که شامل مراحل نمونه‌برداری، ثابت کردن و قالب‌گیری نمونه‌ها، برش بافت، رنگ‌آمیزی و لامل‌گذاری نمونه‌ها بود، در پایان دوره پرورش و بعد از آسان‌کشی پرند ه‌ها، لاشه به‌طور کامل کالبدگشایی شد و تمامی احشا مورد بررسی قرار گرفتند. سپس نمونه-هایی با ابعاد ۱×۱ از بافت‌های کلیه و کبد تهیه شد و به ظرف حاوی ماده ثبوت فرمالین بافری منتقل شد. تمام نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در محلول ثبوت نگهداری شدند. سپس، بافت‌های مورد نظر تثبیت شده و بعد از شستشو در داخل آب جاری برای زدودن باقیمانده محلول فرمالین، به-مدت ۱۲ ساعت در دستگاه پاساژ بافتی قرار داده شدند و مراحل مختلف ثبوت بافتی شامل زدودن فرمالین، آب‌گیری با الکل‌های صعودی، شفاف‌سازی با گزپول و در نهایت، آغشتگی با پارافین مذاب روی آن‌ها انجام شد. مرحله بعد شامل تهیه بلوک‌های پارافینی نمونه‌ها و برش دادن آن‌ها با استفاده از دستگاه میکروتوم بود که در آن، برش‌هایی با ضخامت ۴-۵ میکرومتر تهیه شدند. برای شروع رنگ‌آمیزی، پس از پارافین‌زدایی مقاطع و آب‌دهی آن‌ها با الکل‌های نزولی، رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین و اتوزین (H&E) انجام

آنژیوتانسین ۲ بازجذب سدیم به وسیله توبول ها را افزایش می دهد. همچنین، این ماده ترشح آلدسترون را تحریک می کند که موجب بازجذب بیشتر سدیم می شود. بنابراین، کاهش تشکیل آنژیوتانسین ۲ به کاهش بازجذب توبولی سدیم که هنگام افزایش فشار به وجود می آید کمک می کند (Pourreza *et al.*, 2000).

آزمایشات نشان داده است که افزایش غلظت TDS موجب افزایش مصرف آب و افزایش رطوبت بستر شد. همچنین، مصرف آب، ارتباط مستقیمی با میزان املاح موجود در آب مخلوط دریای خزر و شرب نشان داد که میزان آن قابل ملاحظه است. نتایج مقایسه میانگین ها در جدول ۴ نشان می دهد که غلظت های مختلف TDS، نسبت مصرف خوراک به افزایش وزن بدن (ضریب تبدیل خوراک) را با افزایش سن و به طور کلی از سن ۳۶-۱ روزگی تحت تاثیر قرار نداده و اختلاف معنی داری بین تیمارها با افزودن درصد های مختلف آب دریا به آب شرب مشاهده نشده است.

مقایسه میانگین درصد رطوبت بستر در دوره های مختلف پرورش که در جدول ۵ ارائه شده است نشان می دهد تیمارهای ۱ و ۲ در یک گروه و تیمارهای ۳ و ۴ در گروه دیگر از لحاظ اثر معنی دار ناشی از TDS مخلوط آب دریای خزر و آب شرب قرار گرفتند. این نتایج نشان می دهند که

رفتن سلول های ویلی و یا تکثیر سلولی، به ارزیابی افزایش یا کاهش عمق کریپت ها پرداخته شد (Houshmandi *et al.*, 2017).

نتایج و بحث

اطلاعات ارائه شده در جدول ۳ نشان می دهد در همه دوره های سنی، غلظت های مختلف TDS اثر معنی داری روی مصرف آب داشته است. میزان مصرف آب با افزایش غلظت TDS افزایش یافته است. در سنین ۳۶-۱ روزگی، بالاترین مصرف آب مربوط به تیمار ۴ با غلظت TDS معادل ۳۰۰۰ ppm و پایین ترین میزان مصرف آب مربوط به تیمار شاهد بود. بنابراین، در کل دوره پرورشی، تیمار ۴ در یک گروه جدا از تیمار ۳ و با تیمار ۱ و ۲ در گروه دیگر اختلاف معنی داری را نشان دادند. همچنین، اگر خوراک مصرفی حاوی مقادیر زیاد نمک باشد مقدار دفع ادرار افزایش می یابد زیرا حیوان می تواند نمک مازاد را از راه ادرار دفع نماید. در چنین حالاتی اجباراً احتیاجات حیوان به آب افزایش می یابد (Pourreza *et al.*, 2000). هنگامی که میزان مصرف سدیم به میزانی بالاتر از حد طبیعی افزایش یابد ترشح رنین کاهش یافته و در نتیجه، سبب تشکیل آنژیوتانسین ۲ می شود و این کاهش باعث نقصان در بازجذب آب شده و بدین صورت دفع کلیوی آب و سدیم افزایش می یابد.

جدول ۳- مقایسه میانگین مصرف آب در سنین مختلف

Table 3. Mean comparison of water consumption at different ages

Experimental treatments*	Age (day)			Total water consumption (mL)
	1-10	11-24	25-36	
1	965.5 ^d	3733.0 ^d	4523.5 ^b	9224.0 ^c
2	1074.5 ^c	3947.5 ^c	4484.0 ^b	9506.0 ^c
3	1279.0 ^b	4172.5 ^b	4714.5 ^b	10116.0 ^b
4	1723.1 ^a	4489.5 ^a	5315.1 ^a	11527.7 ^a
Mean±SD	1261.0±67.7	4085.6±69.7	4759.3±87.7	10105.9±212.1
P-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{a-d} Different letters in each column represent a significant difference at $P<0.05$. SD: Standard deviation.

* 1. Control, 2. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 1000 ppm, 3. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 2000 ppm, and 4. A mixture of seawater and drinking water with TDS equal to 3000 ppm.

جدول ۴- مقایسه میانگین ضریب تبدیل خوراک در سنین مختلف

Table 4. Mean comparison of feed conversion ratio at different ages

Experimental treatments*	Age (day)			Average feed conversion ratio
	1-10	11-24	25-36	
1	1.22 ^a	1.81 ^c	2.17	1.73
2	1.07 ^b	2.00 ^{ab}	2.24	1.75
3	1.16 ^a	2.12 ^a	1.96	1.75
4	1.11 ^{ab}	1.94 ^{bc}	1.89	1.65
Mean±SD	1.13±0.025	1.97±0.036	2.07±0.061	1.72±0.021
P-value	0.014	0.007	0.121	0.226

^{a-c} Different letters in each column represent a significant difference at $P<0.05$. SD: Standard deviation.

* For treatments, please see Table 3.

تیمارهای ۳ و ۴ در طول دوره پرورش، درصد رطوبت بستر بالاتری نسبت به تیمارهای ۱ و ۲ داشتند. در بین تیمارها، تیمار ۴ با ۶۰/۷ درصد، بالاترین میزان رطوبت بستر و تیمار ۱ (شاهد) با ۴۳/۴ درصد، کمترین میزان رطوبت بستر را دارا بودند. این نتایج نشان‌دهنده این است که مخلوط آب دریای خزر و آب شرب و TDS حاصل از آن، کیفیت بستر را به‌طور قابل توجهی کاهش داده و تاثیر منفی روی آن دارند.

کیفیت گوشت شامل تمام ویژگی‌هایی است که تامین آنها در محصول نهایی، آن را به محصولی مطلوب و سالم برای مصرف‌کننده تبدیل می‌کند. عوامل کیفی گوشت، مواردی را شامل می‌شود که یا به شکل عینی قابل مشاهده و حس کردن باشند، مانند رنگ، بو و طعم و یا با روش‌ها و ابزارها قابل اندازه‌گیری باشند. در این پژوهش به موارد قابل اندازه‌گیری کیفیت گوشت یعنی سنجش pH گوشت، ظرفیت نگهداری آب و در نهایت به ویژگی بافتی گوشت پرداخته شد. با توجه به اطلاعات جدول ۶ و مقایسه میانگین فراسنجه‌های گوشت تحت تاثیر TDSهای مختلف ناشی از مخلوط آب دریای خزر و آب شرب، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در pH، صمغی بودن، انسجام، فنری بودن، حالت آدامسی و جویدن بافت بین تیمارهای مورد آزمایش مشاهده نشد که این نتیجه نشان‌دهنده این است که TDSهای مختلف آب، تاثیری بر این فراسنجه‌های گوشت نداشته و از لحاظ آماری از میانگین تقریباً یکسانی برخوردار بودند. تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از نظر انعطاف‌پذیری، ظرفیت نگهداری آب و سختی بافت گوشت مشاهده شده است که نشان‌دهنده این است که بافت گوشت تیمار دریافت‌کننده TDS بالا از قدرت نگهداری آب کمتری در گوشت نسبت به تیمار شاهد برخوردار بوده است. ظرفیت

نگهداری آب، به توانایی گوشت و به‌ویژه ساختار پروتئینی آن برای نگه داشتن آب یا رطوبت موجود درون آن یا رطوبت اضافه شده به‌وسیله فرآورده‌های صنایع غذایی اطلاق می‌شود. ساختار میوفیبریل (الیاف عضلانی)، ترکیب بافت همبند یا بافت پیوندی و پیوندهای این بافت با الیاف عضلانی و ظرفیت نگهداری آب در بافت عضلانی در نرم بودن و یا سخت بودن گوشت موثر است. نرمی و یا سختی گوشت از سه جنبه مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از سهولت نفوذ دندان‌های پیشین و یا نیش در گوشت هنگام خوردن (سختی و انعطاف برش بافت (گرم))، سهولت قطعه قطعه کردن گوشت با دندان‌های آسیاب (سختی بافت (گرم)) و در نهایت، مقدار باقی‌مانده پس از جویدن عادی گوشت در دهان (انعطاف‌پذیری بافت). با توجه به ارتباط بین سختی، انعطاف‌پذیری و ظرفیت نگهداری آب و نتایج به‌دست آمده از جدول ۵، نشان داده شده است که سختی و انعطاف بافت گوشت با ظرفیت نگهداری آب، رابطه معکوس داشته، به‌طوری که بافت گوشت با قدرت نگهداری آب کمتر، نرم‌تر بوده و درجه سختی و انعطاف بیشتری دارد. در همین رابطه، تیمار ۳، با قدرت نگهداری آب کمتر در بافت گوشت خود، از سختی و تیمار ۴ از انعطاف، و به‌صورت مشترک، از انعطاف برش بافت بالاتری برخوردار بودند.

تغییرات ریخت‌شناسی بافت‌های دستگاه گوارش می‌تواند ناشی از تفاوت محتویات میکروبی روده از جمله متابولیت‌های آنها باشد (Bedford *et al.*, 2024). اثر تیمارهای مختلف بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی ژژنوم روده کوچک در جدول ۷ نشان داده شده است. این فراسنجه‌ها عبارتند از طول پرز، عرض (ضخامت) پرز، عمق کریپت و در نهایت، نسبت طول پرز به عمق کریپت. نتایج نشان داد که از نظر

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد رطوبت بستر در سنین مختلف

Table 5. Mean comparison of the percentage of substrate moisture at different ages

Experimental treatments*	Age (day)		The average moisture content of the substrate
	11-24	25-36	
1	49.7 ^c	37.2 ^b	43.4 ^b
2	51.0 ^c	44.6 ^b	47.8 ^b
3	55.7 ^b	54.5 ^a	55.1 ^a
4	60.8 ^a	60.5 ^a	60.7 ^a
Mean±SD	54.3±1.23	49.2±2.55	51.7±1.77
P-value	0.0004	0.0006	0.0001

^{a-c} Different letters in each column represent a significant difference at $P<0.05$. SD: Standard deviation

* For treatments, please see Table 3.

جدول ۶- مقایسه میانگین فراسنجه‌های کیفیت گوشت

Table 6. Mean comparison of meat quality parameters

Traits	Experimental treatments*				Mean±SD	P-value
	1	2	3	4		
pH	5.92	5.94	6.02	5.92	5.95±0.02	0.187
Water holding capacity (g)	62.29 ^a	63.19 ^a	60.45 ^{ab}	54.89 ^b	60.20±1.16	0.036
Texture hardness (g)	5460 ^b	6412 ^{ab}	8980 ^a	5111 ^b	6490.8±639.14	0.032
Adhesiveness tissue (gummy)	0.34	0.24	0.46	0.36	0.35±0.05	0.509
Tissue flexibility	0.118 ^{ab}	0.146 ^{ab}	0.102 ^b	0.150 ^a	0.13±0.01	0.048
Texture cohesion	0.342	0.368	0.320	0.380	0.35±0.01	0.481
Texture spring (mm)	4.43	4.74	4.31	4.30	4.44±0.08	0.127
Textured gum	1924.2	2917.0	2970.6	2398.6	2552.60±192.86	0.180
chewing tissue (mJ)	79.66	125.32	123.62	106.50	108.78±8.98	0.252
Cutting hardness of tissue (g)	1866.6	1964.0	1991.6	1915.4	1934.40±0.02	0.591
Gummy tissue cut	0.014 ^b	0.244 ^a	0.272 ^a	0.270 ^a	1.16±0.20	0.0001
Tissue cutting flexibility	0.27 ^b	0.21 ^b	0.99 ^a	1.17 ^a	539.14±0.66	0.021

^{a-b} Different letters in each row represent a significant difference at $P<0.05$. SD: Standard deviation

* For treatments, please see Table 3.

در pH نزدیک ۷ رشد می‌کنند)، کاهش قدرت سیستم ایمنی و به دنبال آن، کاهش میزان رشد و تولید و در نتیجه، برانگیخته شدن پاسخ‌های التهابی و فعال شدن گیرنده‌های شکل‌گیری پاسخ التهابی در مقابل فعال شدن گیرنده‌های عملکرد تولیدی پرند شود (Afshar *et al.*, 2023).

همان‌طور که مشاهده شد، استفاده مخلوط آب دریای خزر و آب شرب با TDS معادل ۳۰۰ نیز باعث تغییری چشمگیر در ضخامت پرز، عمق کریپت و مقدار میانگین نسبت طول ویلی به عمق کریپت در ژژنوم جوجه‌های گوشتی نشد و از لحاظ آماری، تفاوت نسبت به تیمار شاهد و دیگر تیمارها غیر معنی‌دار بود. بر اساس داده‌های حاصل از بررسی ریخت‌شناسی سطح ژژنوم روده کوچک، می‌توان نتیجه گرفت با میزان استفاده ۴۵ درصدی از آب دریای خزر و افزودن آن به آب شرب مصرفی، اختلاف معنی‌داری در توانایی جذب و قابلیت دسترسی مواد مغذی در سطح پرزهای روده و در نهایت در ریخت‌شناسی ژژنوم روده کوچک (طول و عرض پرز و عمق کریپت) مشاهده نشده است و در نتیجه، تغییری در عملکرد رشد پرند ایجاد نشد. در این مطالعه، بافت‌های کبد و کلیه در گروه‌های مختلف آزمایشی مورد ارزیابی ریزینی با میکروسکوپ نوری قرار گرفتند که تصاویر مربوط به آن‌ها به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ قابل مشاهده هستند. شکل A-۱ متعلق به گروه شاهد است که در آن، ساختار کاملاً طبیعی بافت کبدی با لوبولاسیون طبیعی، ورید مرکزی و فضاهای پورتال طبیعی

شاخص طول پرز، تفاوت آماری بین تیمارهای مختلف وجود داشت. لازم به ذکر است با توجه به نتایج مربوط به طول پرز، بیشترین مقدار اختلاف نسبت به تیمار شاهد، مربوط به تیمار استفاده شده از میزان ۷۰ درصد آب دریای خزر بوده که تفاوت آماری معنی‌داری را ایجاد کرد، هرچند بین پرندگان با میزان استفاده ۱۵ و ۴۵ درصد از آب دریا، تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد. با توجه به نتایج مربوط به عرض (ضخامت) پرز و عمق کریپت، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در نتیجه استفاده از مخلوط ۱۵، ۴۵ و ۷۰ درصد از آب دریای خزر و آب شرب مشاهده نشد. در رابطه با شاخص طول پرز که یکی از فراسنجه‌های ریخت‌شناسی ژژنوم روده کوچک است، تا حدی می‌توان آنرا مربوط به عملکرد برتر پرند دانست، به-طوری که با افزایش طول پرز، توانایی جذب بیشتری را در پرند برای قابلیت دسترسی مواد مغذی ایجاد می‌کند. پرز بلندتر سبب ممانعت از عبور سریع‌تر و بهبود ضریب تبدیل می‌شود و عمق کریپت کمتر نشان‌دهنده کاهش روند متابولیک-نوسازی اپیتلیوم روده است (Houshmandi *et al.*, 2017). حضور میکروفلور بیماری‌زا (سالمونلا و کلی فرم) ورودی از آب دریای خزر به دستگاه گوارش و یا به بیان دیگر، دستکاری فلور میکروبی روده به‌وسیله مواد افزودنی، می‌تواند منجر به آسیب سلول‌های اپیتلیال روده و در پی آن، کاهش ترشح آنزیم‌های هضم‌کننده مواد مغذی، افزایش تولید ترکیباتی مانند آمونیاک و افزایش pH مواد هضمی در دستگاه گوارش (بسیاری از عوامل بیماری‌زا

جدول ۷- مقایسه میانگین فراسنجه‌های ریخت‌شناسی بافت روده

Table 7. Mean comparison of histomorphology parameters of intestine

Experimental treatments*	Traits			
	Villi height (μm)	Villi width (μm)	Crypt depth (μm)	The ratio of the height of the villi to the depth of the crypt
1	871.4 ^a	89.2	78.8	11.5
2	856.2 ^a	81.4	79.0	11.4
3	807.4 ^{ab}	70.0	78.0	10.8
4	779.2 ^b	60.8	79.6	10.1
Mean±SD	13.08 826.6±	75.4± 5.55	78.9± 4.04	10.9±0.492
P-value	0.029	0.298	0.999	0.765

^{a-b} Different letters in each row represent a significant difference at $P<0.05$. SD: Standard deviation

* For treatments, please see Table 3.

۲ که آب دریا را به‌میزان ۱۰۰۰ ppm دریافت کرده بودند میزان ناچیزی از تغییرات بافتی شامل دژنراسیون توبولی ملایم به‌همراه پرخونی جزئی بافتی مشاهده شد. ساختار تقریباً طبیعی بافت کلیوی به‌همراه دژنراسیون هیدروپیک توبولی ملایم (کادر مربع کوچک) و پرخونی جزئی در بافت بینابینی (فلش سفید رنگ) مشاهده می‌شود (شکل ۲-B). در گروه سوم دریافت‌کننده آب دریا به‌میزان ۲۰۰۰ ppm تغییرات بافتی شامل دژنراسیون هیدروپیک قابل توجه در توبول‌های پروگزیمال به‌همراه پرخونی و نفوذ سلول‌های تک هسته‌ای در سراسر بافت کلیه مشاهده شد. نفوذ قابل توجه سلول‌های التهابی تک هسته‌ای در بافت بینابینی (فلش باریک سیاه رنگ) به‌همراه پرخونی و همچنین، دژنراسیون هیدروپیک قابل توجه در توبول‌های کلیوی (کادر مربع کوچک) قابل مشاهده است. در گروه دریافت‌کننده دوز بالای آب دریا (۳۰۰۰ ppm)، نفوذ سلول‌های تک هسته‌ای بسار شدید (فلش سیاه رنگ)، پرخونی شدید (فلش سفید رنگ)، دژنراسیون شدید توبول‌های کلیوی (کادر مربع کوچک) به‌همراه چروکیده شدن قابل توجه گلومرول‌های بافت کلیه (دایره نقطه چین) مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از بررسی‌های هیستوپاتولوژیک بافت‌های کلیه و کبد گروه‌های تیماری این مطالعه نشان داد که مصرف میزان ۱۰۰۰ ppm آب دریا در این حیوانات، تغییرات بافتی قابل توجهی را در بافت‌های کبد و کلیه ایجاد نکرد، ولی کاربرد دوزهای بالا (۲۰۰۰ ppm و ۳۰۰۰ ppm) منجر به آسیب قابل توجه بافتی در بافت‌های کبد و کلیه آن‌ها شد و شدت این تغییرات و آسیب‌ها با افزایش غلظت آب دریا در جیره، ارتباط مستقیم داشت.

مشاهده شد. هپاتوسیت‌ها با سیتوپلاسم و هسته‌های طبیعی به‌همراه فضا‌های سینوزوئیدی طبیعی در میان ردیف‌های سلولی مشاهده شدند. در بافت کبد گروه دریافت‌کننده غلظت ۱۰۰۰ ppm آب دریا، تغییرات جزئی از قبیل پرخونی مشاهده شد، ولی ساختار بافتی طبیعی به‌همراه دژنراسیون چربی ملایم (کادر مربع کوچک) و پرخونی عروقی (فلش سفید رنگ) مشاهده می‌شود (شکل ۱-B). بررسی مقاطع بافت کبد مربوط به گروه دریافت‌کننده غلظت ۲۰۰۰ ppm آب دریا، ظاهر ابری و غیریکنواخت سیتوپلاسم، افزایش عرض فضا‌های سینوزوئیدی، نفوذ سلول‌های التهابی تک هسته‌ای در بافت بینابینی (فلش باریک سیاه رنگ) به‌همراه پرخونی در بافت بینابینی (فلش سفید رنگ) و به‌همراه دژنراسیون چربی قابل توجه هپاتوسیت‌ها (کادر مربع کوچک) قابل مشاهده است (شکل ۱-C). در گروه چهارم که دوز بسیار بالای آب دریا را دریافت کرده بودند (۳۰۰۰ ppm)، تغییرات شدید هیستوپاتولوژیک در بافت کبد مشاهده شد. این تغییرات شامل افزایش نفوذ سلول‌های التهابی تک هسته‌ای بود. در این گروه، پرخونی داخل عروقی و داخل بافت بینابینی کبدی (فلش سفید رنگ)، دژنراسیون چربی بسیار شدید هپاتوسیت‌ها و نکروز قابل توجه سلولی به‌همراه مشاهده هسته‌های پیکنوتیک هپاتوسیت‌ها (داخل کادر مربع) قابل تشخیص است (شکل ۱-D).

مقاطع ریزبینی بافت کلیه مربوط به گروه‌های آزمایشی مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. در شکل ۲ که مربوط به گروه شاهد است ساختار طبیعی بافت کلیه با گلومرول‌ها و توبول‌های طبیعی به‌همراه بافت بینابینی طبیعی مشاهده شد. در مقاطع بافتی کلیه مربوط به تیمار

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از بررسی های هیستوپاتولوژیک بافت‌های کلیه و کبد تیمارها، مصرف مقدار ۱۰۰۰ ppm آب دریا در حیوانات، تغییرات بافتی قابل توجهی را در بافت‌های کبد و کلیه ایجاد نکرد. با استفاده ۴۵ درصدی از آب دریای خزر و افزودن آن به آب شرب مصرفی، اختلاف معنی‌داری در توانایی جذب و قابلیت دسترسی مواد مغذی در سطح پرزهای روده و در نهایت، در ریخت‌شناسی ژژنوم

روده کوچک مشاهده نشد و در نتیجه، تغییری در عملکرد رشد پرند ایجاد نشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های گروه علوم دامی و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و همچنین از مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر در ایستگاه فرح آباد ساری به‌جهت مساعدت در انجام این پژوهش، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنیم.

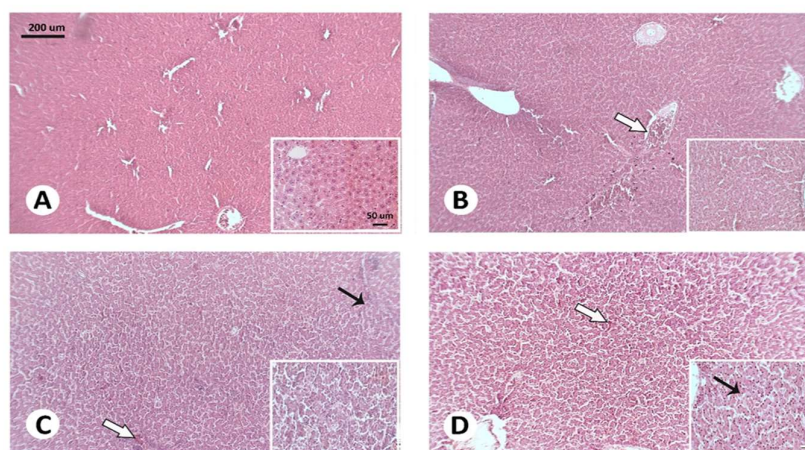


Fig. 1. Liver tissue micrographs of treatments at 100x magnification (small square box at 400x magnification)
شکل ۱- میکروگراف‌های بافت کبد تیمارها با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر (داخل جعبه مربع کوچک با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر)

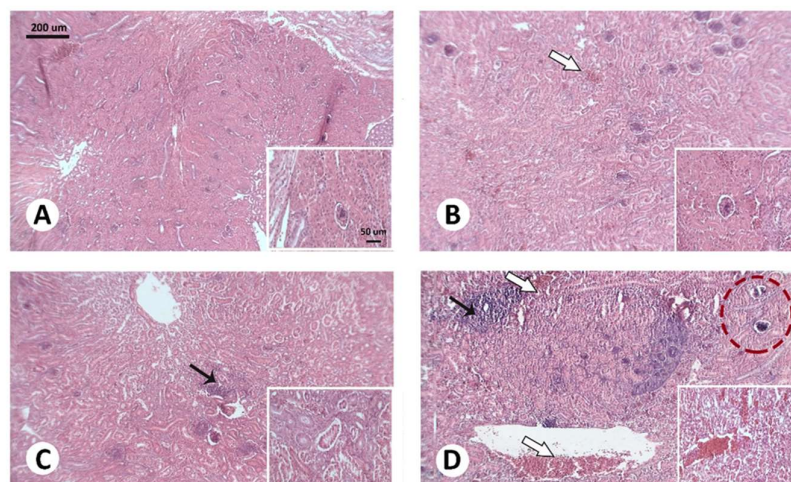


Fig. 2. Kidney tissue micrographs of treatments at 100x magnification (small square box at 400x magnification)
شکل ۲- میکروگراف‌های بافت کلیه تیمارها با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر (داخل جعبه مربع کوچک با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر)

فهرست منابع

- Afshar Baksh Lo, A., Ahmadipour, B., Khajali, F., & Pirani, N. (2023). Investigating the effect of different sources and levels of zinc on the immune performance and antioxidant capacity of laying hens. *Iranian Journal of Veterinary Clinical Sciences*, 17(2), 81-90. doi: 10.22034/ijvcs.2023.14546.1062 [In Persian]
- Bedford, M. R., Svihus, B., & Cowieson, A. J. (2024). Dietary fibre effects and the interplay with exogenous carbohydrases in poultry nutrition. *Animal Nutrition*, 16, 231-240.
- Beheshti Moghadam, S., Kermanshahi, H., Vahad, R., & Nasiri Moghadam, H. (2014). The protective effects of marigold (*Calendula officinalis*) extract in liver damage by CCl₄ in broiler chicken. *Pajouhesh & Sazandegi*, 28(4), 60-69. doi: 10.22092/VJ.2015.103032 [In Persian]
- Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(3), 219-225.
- Chiba, L. (2009). Water and Electrolytes (& Iodine), Sec. 4. *Animal Nutrition Handbook*. 2nd Edition.
- Houshmandi, A., Yaqoubfar, A., Bojarpour, M., & Salari S. (2017). The effect of processing barley cultivars on intestinal morphology, enzyme activity and volatile fatty acids of the small intestine and serum lipid levels of broiler chickens. *Veterinary Research Journal of Tehran University*, 73(4), 403-418. doi: 10.22059/JVR.2018.142263.2429 [In Persian]
- Izat, A. L., Tidwell, N. M., Thomas, R. A., Reiber, M. A., Adams, M. H., Colberg, M., & Waldroup, P. W. (1990). Effects of a buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on microflora of the intestine and carcass. *Poultry science*, 69(5), 818-826. doi: 10.3382/ps.0690818
- Krista, L. M., Carlson, C. T., & Olson, O. E. (1961). Some effects of saline waters on chicks, laying hens, poults, and ducklings. *Poultry Science*, 40, 938-944.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2010). *Animal Nutrition*. 7th Edition.
- Mushtaq, M. M. H., & Pasha, T. N. (2013). Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on acid-base balance, blood and carcass characteristics. *World's Poultry Science Journal*, 69, 833-852.
- Mushtaq, M. M. H., Pasha, T. N., Mushtaq, T., & Parvin, R. (2013). Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an up dated review on growth performance, water intake and litter quality. *World's Poultry Science Journal*, 68, 789.
- NRC (National Research Council). (1984). Nutrient requirements of poultry (9th revised Edition). National Academy Press, Washington, DC.
- Pourreza, J., Nasrollahi, H., Samie, A. H., Mohammadalipour, M., & Assadian, A. (2000). The effects of total dissolved solids (TDS) on performance of broiler chickens. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 3, 71-82. [In Persian]
- Saleh, H., Golian, A., Kermanshahi, H., Farhosh, R., & Abrisham Chi P. (2014). Evaluation of α -tocopherol acetate, peel and extract pomogranate antioxidative potential in diet contained fish oil on meat quality boiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 7(3), 305-317. doi: 10.22067/IJASR.V7I3.51517 [In Persian]
- Watkins, S. E., Fritts, C. A., Yan, F., Wilson, M. L., & Waldroup, P. W. (2005). The interaction of sodium chloride levels in poultry drinking water and the diet of broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 14, 55-59.
- Zanganeh, A., & Lakhan, Ch. (2007). A survey of heavy metal concentrations in the surface sediments along the Iranian coast of the Caspian Sea. *Journal of Water and Wastewater Research*, 18(3), 2-12. [In Persian]