

Effects of different chlorine to sodium ratios in the starter diet on performance, yolk sac absorption, carcass characteristics, crop filling, and behavioral observations in broiler chicks

H. Mohammad Ebrahim¹, S. Payvastegan^{2*}, S. A. Mirghelenj³, Gh. R. Najafi⁴, S. M. Abtahi Froshan⁵

Accepted: July 2, 2024

Received: September 23, 2024

¹ MSc student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

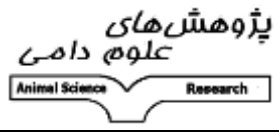

² Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

³ Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran

⁵ Associate Professor, Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran

Corresponding author: Email: s.payvastegan@urmia.ac.ir

	Journal of Animal Science Research / vol.34 No.4/ 2024/pp 61-79 https://animalscience.tabrizu.ac.ir	
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI: 10.22034/as.2024.62329.1746		

Introduction: Sodium and chlorine deficiencies lead to a significant reduction in osmotic pressure, resulting in water loss, dehydration, and ultimately, a severe decrease in bird performance (Chen et al., 2023). Increased levels of chlorine and sodium also cause reduced voluntary feed intake, wet litter, interference with normal functions, and toxicity (Yu et al., 2022). The National Research Council recommends sodium and chlorine levels for optimal growth during the starter (0-21 days), grower (22-43 days), and finisher (43-56 days) phases as 0.2%, 0.15%, and 0.12%, respectively (NRC, 1994). The Ross 308 strain guide also suggests sodium and chlorine levels of 0.18%-0.23% during different rearing phases (Aviagen, 2022). While various reports address the effects of different chlorine and sodium levels in broiler chickens, the effects of the chlorine to sodium ratio in broilers have not been examined. The Ross 308 strain recommends a chlorine to sodium ratio between 1:1 and 1.3:1 (Aviagen, 2022). The Hy-Line strain recommends a chlorine to sodium ratio of 1:1 to 1.1:1 in hot seasons (Hy-Line, 2016). Aviagen's technical report also states that chlorine levels in the diet should not exceed 10% above the sodium levels (Kretzschmar-McCluskey et al., 2014). The Hubbard strain nutritional guide recommends a chlorine to sodium ratio range of 1.1:1 to 1.3:1 (Hubbard, 2022). The stimulatory role of sodium and chlorine on feed and water intake has been observed in previous studies (Wang et al., 2020; Yu et al., 2022; Chen et al., 2022). However, the potential role of the chlorine to sodium ratio on performance during the starter phase of broiler chicks has not yet been investigated. Therefore, this study aims to examine the effects of different chlorine to sodium ratios in the starter diet on performance, yolk sac absorption, carcass characteristics, crop filling, and behavioral observations in young broiler chicks.

Material and methods: A total of 420 one-day-old Ross 308 male broiler chicks were used in a completely randomized design with 5 treatments, 6 replicates, and 14 chicks per replicate. The experimental diets including: 1) starter diet with a chlorine to sodium ratio of 1:1, 2) starter diet with a chlorine to sodium ratio of 1.1:1, 3) starter diet with a chlorine to sodium ratio of 1.2:1, 4) starter diet with a chlorine to sodium ratio of 1.3:1, and 5) starter diet with a chlorine to sodium ratio of 1.4:1. The experimental diets were fed only from days 1 to 10. Average body weight gain, average feed intake, and feed conversion ratio (adjusted for mortality if observed) were calculated for the starter phase (1-10 days) and the entire period (1-30 days). Water consumption was monitored from days 1 to 7, and the water-to-feed consumption ratio was calculated for this period. Feed and water consumption behaviors were recorded at 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after chick placement in each pen. Crop filling tests were conducted at 2, 4, 8, 24, and 48 hours after chick placement. On days 3 and 5 of the experiment, 2 chicks from each replicate were randomly selected and euthanized using carbon dioxide gas. They were then transported to the carcass separation facility for the dissection of carcass components and internal organs. Additionally, on days 3 and 5 of the experiment, the yolk sacs were separated and weighed using a high-precision scale with an accuracy of 0.001 grams. All data were analyzed using the ANOVA option of the general linear model of SAS software. Significant differences between treatment means were determined by Tukey's multiple range test. Differences in means were regarded as significant at $P < 0.05$. A polynomial regression analysis was also employed to predict the effect of the different chlorine to sodium ratios on various parameters tested.

Results and discussion: The results of the present study showed that increasing the chloride to sodium ratio in the diet led to a linear increase in body weight gain during days 1-10 ($P < 0.01$) and 1-30 ($P < 0.05$). In line with the results of the present study, Chen et al. (2020) reported that chloride levels of 0.15%, 0.2%, and 0.25% resulted in linear and quadratic improvements in body weight gain. The observed increase in body weight with the higher chloride to sodium ratio in the present study can be attributed to increased feed and water intake (Yu et al., 2022). Additionally, increasing the chloride to sodium ratio also led to a linear increase in feed intake during the 1-10-day period ($P < 0.05$). Wang et al. (2020) also observed that increasing the chloride level in the diet from 0.06% to 0.1%, 0.15%, 0.2%, and 0.25% led to linear and quadratic increases in feed intake in laying hens from 43 to 54 weeks of age. These researchers attributed the observed increase in feed intake following the increase in dietary chloride levels to the inhibition of the effect of metabolic alkalosis on feed intake (Wang et al., 2020). Carcass yield, relative weights of the liver, small intestine, spleen, pancreas ($P < 0.05$), bursa ($P < 0.05$), and cecum also increased linearly with an increase in the dietary chloride to sodium ratio at 5 days of age ($P < 0.01$). Moreover, the residual yolk sac decreased significantly in a linear manner with an increase in the dietary chloride to sodium ratio during 3 ($P < 0.01$) and 5 ($P < 0.05$) days of age. One of the primary factors influencing yolk sac absorption is the motility and peristaltic movements in the small intestine (van Der Wagt et al., 2020). Yolk sac absorption depends on feed intake, as increased feed consumption accelerates peristaltic movements, stimulating the discharge and absorption of the yolk sac in the small intestine (Mikec et al., 2006). At 10 days of age, plasma concentrations of sodium and chloride increased linearly with an increase in the dietary chloride to sodium ratio ($P < 0.01$), while the concentration of potassium decreased linearly ($P < 0.05$).

Conclusion: In general, it can be concluded that increasing the chloride to sodium ratio in the starter diet stimulates feed intake, leading to faster yolk sac absorption, improved weight gain, and better organ development in young broiler chicks.

Keywords: Carcass characteristics, Chlorine to sodium ratio, Performance, Yolk sac, Young broilers

اثرات نسبت‌های مختلف کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین بر عملکرد، جذب کیسه زرده، خصوصیات لاشه، پر شدگی چینه دان و مشاهدات رفتاری در جوجه‌های گوشتی جوان

هاشم محمد ابراهیم^۱، سینا پیوستگان^{۲*}، سید علی میرقلنج^۳، غلامرضا نجفی^۴، سید میثم ابطحی فروشان^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

^۲ استادیار گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه

^۳ دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه

^۴ دانشیار گروه علوم پایه دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

^۵ دانشیار گروه میکروبیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه

* مسئول مکاتبه: Email: s.payvastegan@urmia.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: نقش تحریکی سدیم و کلر بر مصرف خوراک و آب در مطالعات پیشین معین گردیده است. با این وجود، نقش احتمالی نسبت کلر: سدیم بر عملکرد دروهِی آغازین جوجه‌های گوشتی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف: هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات نسبت‌های مختلف کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین بر عملکرد، جذب کیسه زرده، خصوصیات لاشه، پر شدگی چینه دان و مشاهدات رفتاری جوجه‌های گوشتی جوان می‌باشد. روش کار: برای این منظور، تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یکروزه سویه راس ۳۰۸ در یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار و ۱۴ جوجه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های ۱، ۱/۱، ۱/۲، ۱/۳ و ۱/۴ کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین جوجه‌های گوشتی جوان بود. تغذیه جیره‌های آزمایشی تنها در ۱-۱۰ روزگی صورت گرفت. نتایج: نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد افزایش نسبت کلر: سدیم در جیره موجب افزایش خطی افزایش وزن بدن طی ۱۰-۱ (P<۰/۰۱) و ۱-۳۰ (P<۰/۰۵) روزگی گردید. همچنین افزایش نسبت کلر: سدیم مصرف خوراک را نیز در دوره‌ی ۱۰-۱ روزگی به شکل خطی افزایش داد (P<۰/۰۵). بازده لاشه، اوزان نسبی کبد، روده‌ی باریک، طحال، پانکراس (P<۰/۰۵)، بورس (P<۰/۰۵) و سکوم نیز با افزایش نسبت کلر: سدیم جیره در سن ۵ روزگی افزایش خطی یافتند (P<۰/۰۱). بعلاوه باقیمانده کیسه‌ی زرده به شکل خطی با افزایش نسبت کلر: سدیم جیره طی سنین ۳ (P<۰/۰۱) و ۵ (P<۰/۰۵) روزگی کاهش معنی‌دار یافت. در سن ۱۰ روزگی غلظت سدیم و کلر پلاسما با افزایش نسبت کلر: سدیم جیره افزایش خطی یافت (P<۰/۰۱)، درحالی‌که غلظت پتاسیم به شکل خطی کاهش یافت (P<۰/۰۵). نتیجه‌گیری نهایی: بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت افزایش نسبت کلر: سدیم جیره‌ی آغازین با تحریک مصرف خوراک موجب مصرف سریع‌تر کیسه زرده، بهبود وزن گیری و تکامل بهتر اندام‌های بدن در جوجه‌های گوشتی جوان گردید. واژگان کلیدی: جوجه‌های گوشتی جوان، خصوصیات لاشه، عملکرد، کیسه زرده، نسبت کلر: سدیم

مقدمه

تعادل الکترولیتی جیره به تفاوت بین غلظت‌های میلی‌مولار آنیون‌ها و کاتیون‌ها در خوراک اشاره دارد. تعادل الکترولیتی جیره (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم) که برای اولین بار توسط مونگین (۱۹۸۱) تعیین شد این مفهوم را به شکل ساده‌تری بیان نمود: (سدیم⁺) + (پتاسیم⁺) - (کلر⁻). سدیم و کلر به عنوان الکترولیت‌های دخیل در این معادله، می‌توانند بر تعادل الکترولیتی تأثیر بگذارند و به این ترتیب تعادل اسید-باز مایعات بدن و عملکرد حیوان را تحت تأثیر قرار دهند (آددکن و همکاران ۲۰۱۷).

سدیم بعنوان کاتیون اصلی مایع خارج سلولی نقش مهمی در کنترل متابولیسم پایه، مصرف آب، تنظیم فشار اسمزی، تنظیم حجم مایعات خارج سلولی، سنتز پروتئین و قابلیت هضم اسیدهای آمینه، تعادل اسید و باز و کنترل مصرف خوراک دارد (طاهری و همکاران ۲۰۱۹؛ کریستال و همکاران ۲۰۲؛ یو و همکاران ۲۰۲۲). جذب اسیدهای آمینه و قندها عملکردی ضروری در روده کوچک است، با این حال استفاده از پروتئین و کربوهیدرات‌های هضم‌شده نیز می‌تواند با کمبود سدیم متوقف شود (مشتاق و همکاران ۲۰۱۳). همچنین سدیم قلیایی بودن شیره گوارشی در روده‌ی باریک را حفظ و لذا به فعالیت آنزیم‌های گوارشی کمک می‌کند (چن و همکاران ۲۰۲۲). کلر نیز از مواد معدنی ضروری برای طیور است که نقش مهمی در حفظ تعادل مایعات و الکترولیت‌ها در کلیه‌ها ایفا می‌کند (وانگ و همکاران ۲۰۲۰). ضمن اینکه کلر در ترشح اسید هیدروکلریک و اسیدیته پیش معده، اتلاف درون‌زادی اسیدهای آمینه و کنترل مصرف خوراک نقش دارد (آددکن و اپلیگیت ۲۰۱۴؛ کریستال و همکاران ۲۰۲۰ و چن و همکاران ۲۰۲۲).

کیسه زرده در مراحل اولیه رشد جنین درون تخم، به عنوان یک سیستم کوچک پشتیبان حیات عمل می‌کند و دریافت

مواد مغذی و پشتیبانی متابولیکی را برای جنین در حال توسعه فراهم می‌نماید (ونگ و یونی ۲۰۲۱). تنها بخشی از محتوای کیسه زرده در طول دوره انکوباسیون مصرف می‌شود و بقایای آن تا ۵ روز پس از تفریح می‌تواند مواد مغذی را در اختیار جوجه قرار دهد (ون در واگت و همکاران ۲۰۲۰). تغییرات در نحوه مورد استفاده قرار گرفتن زرده در طول دوره جوجه کشی و همچنین بقایای کیسه زرده در اوایل دوره پس از تفریح می‌تواند بر کیفیت و رشد جوجه در هفته اول پرورش، عملکرد رشد، سلامت و رفاه آنها در مراحل بعدی پرورش تأثیر گذار باشد (ون در واگت و همکاران ۲۰۲۰). مصرف خوراک پس از تفریح، از طریق تحریک حرکات روده‌ای و ایجاد حرکات دودی موجب تحریک جذب محتویات کیسه زرده از طریق زائده مکل به داخل روده می‌گردد (ون در واگت و همکاران ۲۰۲۰). مشارکت بقایای زرده در فرایندی انرژی و پروتئین جوجه پس از تفریح به زمان، مقدار و ترکیب خوراک مصرفی بستگی دارد (لاموت ۲۰۱۷).

کمبود سدیم و کلر موجب کاهش قابل توجه فشار اسمزی و در ادامه اتلاف آب، دهیدراته شدن و در نهایت کاهش شدید عملکرد پرنده خواهد شد (چن و همکاران ۲۰۲۳). افزایش سطح کلر و سدیم نیز موجب کاهش مصرف اختیاری خوراک، ایجاد فضولات خیس، تداخل در عملکردهای طبیعی و مسمومیت می‌گردد (یو و همکاران ۲۰۲۲؛ چن و همکاران ۲۰۲۳). انجمن تحقیقات ملی آمریکا سطوح سدیم و کلر جهت دستیابی به رشد مطلوب را در دوره‌های آغازین (صفر-۲۱ روزگی)، رشد (۲۲-۴۳ روزگی) و پایانی (۴۳-۵۶ روزگی) به ترتیب ۰/۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۲ توصیه نموده است (ان آر سی ۱۹۹۴). راهنمای سویه راس ۳۰۸ نیز در دوره‌های پرورشی مختلف سطوح ۰/۱۸-۰/۲۳ درصد برای سدیم و کلر پیشنهاد نموده است (آویژن ۲۰۲۲). با وجود اینکه گزارشات مختلفی در ارتباط با اثرات

سدیم ۱:۱ (۲) جیره‌ی آغازین با نسبت کلر: سدیم ۱:۱/۱، (۳) جیره‌ی آغازین با نسبت کلر: سدیم ۱:۱/۲ (۴) جیره‌ی آغازین با نسبت کلر: سدیم ۱:۱/۳ (۵) جیره‌ی آغازین با نسبت کلر: سدیم ۱:۱/۴. تغذیه جیره‌های آزمایشی تنها در ۱۰-۱ روزگی صورت گرفت. جیره‌های مصرف شده برای ۳ دوره‌ی آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۳۰ روزگی) طبق نیازمندی‌های راهنمای سویه‌ی راس ۳۰۸ (۲۰۲۲) توسط نرم افزار WUFFDA بر اساس اسید آمینه قابل هضم تنظیم گردید. جیره‌های آزمایشی از نظر انرژی قابل متابولیسم، درصد پروتئین خام، کلسیم، فسفر قابل دسترس، لیزین، مجموع اسیدهای آمینه گوگرددار و ترئونین یکسان بودند. اقلام اصلی جیره مانند ذرت، کنجاله‌ی سویا و گلوتن ذرت پیش از شروع آزمایش جهت تخمین میزان انرژی قابل متابولیسم، پروتئین خام، چربی خام، اسید آمینه‌ی قابل هضم، کلسیم و فسفر قابل دسترس با روش فرو سرخ نزدیک آنالیز گردیدند. پروتئین خام با تبدیل نیتروژن به پروتئین خام با استفاده از فاکتور ۶/۲۵ محاسبه شد که با روش کج‌لال تعیین شد. سدیم و کلر جیره نیز با روش AOAC ۹۶۹/۱۰ تعیین گردید (روش‌های تحلیلی اتخاذ شده توسط انجمن شیمی دانان رسمی ۱۹۹۰). ترکیب و اجزای جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه گردیده است. در طول دوره پرورش که تا سن ۳۰ روزگی به طول انجامید، دسترسی پرندگان به آب و خوراک آزاد بود. برنامه نوری در آزمایش مطابق با راهنمایی سویه طراحی گردید. قابل ذکر است که آب مصرفی در فارم تحقیقاتی نیز مورد آنالیز قرار گرفت و میزان کل مواد جامد محلول، سدیم، کلر و سولفات به ترتیب ۶۲۸ میلی‌گرم در لیتر، ۴/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر، ۵/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر و ۲/۴۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر تعیین گردید.

سطوح مختلف کلر و سدیم در جوجه‌های گوشتی ارائه شده است، ولی اثرات نسبت کلر: سدیم در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار نگرفته است. نسبت کلر: سدیم در توصیه سویه راس ۳۰۸ بین ۱:۱ تا ۱/۳:۱ بیان گردیده است (آویژن ۲۰۲۲). توصیه سویه هایلین برای نسبت کلر:سدیم در فصول گرم ۱:۱ تا ۱/۱:۱ است (هایلین ۲۰۱۶). در گزارش فنی کمپانی آویژن نیز بیان گردیده است سطح کلر جیره نباید بیش از ۱۰ درصد از سطح سدیم جیره بالاتر باشد (کرتسچمار-مک‌کلوسکی و همکاران ۲۰۱۴). راهنمای تغذیه‌ای سویه هوبارد نیز دامنه‌ی $\geq 1/1$ کلر: سدیم $\leq 1/3$ را توصیه نموده است (هوبارد، ۲۰۲۲). نقش تحریکی سدیم و کلر بر مصرف خوراک و آب در مطالعات پیشین (وانگ و همکاران ۲۰۲۰؛ یو و همکاران ۲۰۲۲ و چن و همکاران ۲۰۲۲) معین گردیده است. از سوی دیگر تاکنون نقش احتمالی نسبت کلر: سدیم بر عملکرد دروه‌ی آغازین جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات نسبت‌های مختلف کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین بر عملکرد، جذب کیسه زرده، خصوصیات لاشه، پر شدگی چینه دان و مشاهدات رفتاری جوجه‌های گوشتی جوان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یکروزه سویه راس ۳۰۸ در یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار و ۱۴ جوجه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. در آغاز آزمایش وزن گروهی هر واحد آزمایشی پس از توزین جوجه‌ها بصورت انفرادی ثبت شد و پس از انجام آنالیز آماری جهت عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واحدهای آزمایشی از نظر وزن اولیه آزمایش آغاز گردید. جیره‌های آزمایشی عبارت بودند از: (۱) جیره‌ی آغازین با نسبت کلر:

به منظور تعیین پروتئین کل، آلومین، اسید اوریک، کلسترول، تری گلیسرید، گلوکز، کراتینین از کیت‌های تشخیص کمی شرکت پارس آزمون استفاده و دستگاه اتو آنالیزور مدل Abbott Alcyon 300 استفاده شد. اندازه گیری غلظت سدیم، پتاسیم و کلر نیز با استفاده از کیت تجاری بایرکس فارس و طبق راهنمای شرکت تولید کننده اندازه‌گیری گردید. اسمولاریته پلاسما طبق فرمول مطالعه-ی یو و همکاران (۲۰۲۲) محاسبه شد: اسمولاریته (میلی مول/لیتر) = $(2 \times \text{غلظت سدیم}) + (2 \times \text{غلظت پتاسیم}) + \text{غلظت گلوکز} + \text{غلظت اسید اوریک}$.

کلیه داده های حاصل از این آزمایش، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار آنالیز و مقایسه میانگین ها برای هر یک از صفات با آزمون توکی و در سطح ۵ درصد انجام شد. نرمالیت داده و باقیمانده داده ها با آزمون‌های شاپیرو ویلک، اندرسون دارلینگ، کرامر-ون میزس و کلموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت. برای داده-هایی که از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند تبدیل داده به شکل لگاریتم‌گیری صورت گرفت. مدل آماری برای داده-های تک مشاهده به صورت زیر است:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

y_{ij} : مقدار صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، T_i : اثر سطح آم سدیم، e_{ij} : اثر خطای آزمایشی یا عوامل ناشناخته در هر مشاهده. مدل آماری برای داده‌های چند مشاهده‌ای به صورت زیر است:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} : مقدار صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، T_i : اثر سطح آم سدیم، e_{ij} : اثر خطای آزمایشی یا عوامل ناشناخته در هر مشاهده ε_{ijk} : اثر خطای نمونه برداری. همچنین جهت روند پاسخ تمام متغیرها به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین مقایسات چند جمله‌ای متعامد توسط رویه GLM نرم افزار SAS انجام شد. جهت بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین افزایش وزن جوجه‌های

در طول دوره آزمایش در سنین ۷، ۱۰ و ۳۰ روزگی جوجه‌ها و خوراک مصرفی مربوط به هر پن به صورت گروهی توزین شدند. متوسط افزایش وزن بدن، متوسط خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک (تصحیح شده برای تلفات در صورت مشاهده) برای دوره‌های آغازین (۱۰-۱ روزگی) و کل دوره (۳۰-۱ روزگی) محاسبه گردید. مصرف آب طی دوره‌ی ۱-۷ روزگی محاسبه و نسبت آب مصرفی: خوراک مصرفی طی این دوره محاسبه گردید. رفتار مصرف خوراک و مصرف آب در ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از استقرار جوجه ها در هر پن ثبت شد. تست چینه دان در ۲، ۴، ۸ و ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از استقرار جوجه ها انجام گرفت. در روزهای ۳ و ۵ آزمایش از هر تکرار ۲ جوجه (۱۲ جوجه از هر تیمار) به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از گاز دی‌اکسیدکربن کشتار و جهت تفکیک اجزای لاشه و اندام‌های داخلی بدن به محل تفکیک لاشه منتقل شدند. لاشه و اندام‌ها شامل قلب، سنگدان، بورس، طحال و روده‌ی باریک در سن ۳ روزگی و لاشه و اندام‌ها شامل قلب، سنگدان، پانکراس، بورس، طحال، دوازدهه، ژژنوم، ایلئوم، روده‌ی باریک و سکوم در ۵ روزگی توزین و نسبت به وزن زنده محاسبه گردید. همچنین روزهای ۳ و ۵ آزمایش کیسه‌های زرده جدا و با ترازوی سه صفر توزین گردید. عمل خونگیری نیز در روز ۱۰ آزمایش از ورید و داج سمت راست گردن با سرنگ انسولین انجام گرفت و خون‌های گرفته شده داخل شیشه های حاوی ماده ضد انعقاد هپارین ریخته برای جدا سازی پلاسما در ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده و پلاسماهای حاصل تا زمان اندازه گیری متابولیت-های خون در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پلاسماهای حاصل جهت اندازه‌گیری پروتئین کل، آلومین، اسید اوریک، کلسترول، تری گلیسرید، گلوکز، کراتینین، گلوبولین‌ها، سدیم، کلر و پتاسیم مورد استفاده قرار گرفت.

گوشتی در دوره‌های آزمایشی مختلف از رویه CORR
نرم افزار SAS استفاده گردید. جهت آنالیز مشاهدات
رفتاری نیز از رویه NPAR1WAY WILCOXON و
آزمون کروسکال-والیس استفاده شد.

Table 1- Composition of basal diets and calculated and analyzed composition (as-fed basis).

CI: Na ratio	Starter					Grower	Finisher
	1:1	1.1:1	1.2:1	1.3:1	1.4:1		
Ingredients							
Corn	49.730	49.756	49.785	49.813	49.840	53.245	59.476
Soy bean meal	38.665	38.660	38.655	38.650	38.645	38.120	32.620
Gluten	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	0.000	0.000
Soy oil	3.539	3.603	3.595	3.586	3.586	4.644	4.257
Dicalcium phosphate	2.270	2.264	2.264	2.264	2.264	1.807	1.498
Calcium carbonate	0.966	0.966	0.966	0.966	0.965	0.627	0.578
Sodium bicarbonate	0.377	0.336	0.290	0.247	0.204	0.228	0.243
Sodium chloride	0.140	0.17	0.200	0.230	0.260	0.244	0.235
Vitamin premix*	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Mineral premix**	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
L-Lysine HCl	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.150	0.178
DL-Methionine	0.347	0.347	0.347	0.347	0.348	0.352	0.331
L-Threonine	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.084	0.083
Calculated composition (%)							
ME ^{&} (Kcal/kg)	2975	2975	2975	2975	2975	3050	3100
Crude protein	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	21.500	19.500
Calcium	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.750	0.650
Available P	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.420	0.360
Sodium	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
Chloride	0.180	0.198	0.216	0.234	0.252	0.216	0.216
Lysine	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320	1.180	1.080
Methionine+ Cysteine	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.920	0.860
Threonine	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.790	0.720
Na + K - Cl (mEq/kg)	269.09	264.01	259.93	253.85	248.77	255.96	232.22
Analyzed composition (%)							
Crude protein	22.86	22.85	22.86	22.84	22.9	21.5	19.46
Sodium	0.178	0.175	0.173	0.17	0.179	0.171	0.172
Chloride	0.173	0.193	0.21	0.224	0.250	0.211	0.211

[&]ME: metabolizable Energy. *Provided the following per kilogram of diet: Retinyl acetate: 9,000 IU; Cholecalciferol: 2,000 IU; dl- α -tocopheryl acetate: 12.5 IU; Menadione sodium bisulfite: 1.76 mg; Biotin: 0.12 mg; Thiamine: 1.2 mg; Riboflavin: 3.2 mg; Calcium d-pantothenate: 6.4 mg; Pyridoxine: 1.97 mg; Nicotinic acid: 28 mg; Cyanocobalamin: 0.01 mg; Choline chloride: 320 mg; Folic acid: 0.38 mg. **Provided the following per kilogram of diet: MnSO₄•H₂O, 60 mg; FeSO₄•7H₂O, 80 mg; ZnO, 51.74 mg; CuSO₄•5H₂O, 8 mg; iodized NaCl, 0.8 mg; Na₂SeO₃, 0.2 mg.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اثرات نسبت کلر به سدیم بر عملکرد جوجه-های گوشتی طی ۱-۱۰ و ۱-۳۰ روزگی در جدول ۲ ارائه گردیده است. در سن ۱-۱۰ روزگی تغذیه‌ی جیره‌ی با نسبت کلر: سدیم ۱/۴ موجب بهبود افزایش وزن بدن در مقایسه با گروه تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت ۱ گردید ($P < 0.01$). با این وجود، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک بین گروه‌های آزمایشی مشابه بود ($P > 0.05$). طی کل دوره‌ی آزمایش (۱-۳۰ روزگی) نیز اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش از نظر صفات مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک یافت نشد ($P > 0.05$). نتایج بررسی روند پاسخ صفات عملکردی به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم (جدول ۲) نشان داد که مصرف خوراک جوجه‌های جوان با افزایش نسبت کلر: سدیم جیره در سن ۱-۱۰ روزگی افزایش خطی یافت ($P < 0.05$). بعلاوه، آنالیز رگرسیون حاکی از بهبود خطی افزایش وزن بدن با افزایش نسبت کلر: سدیم جیره در سن ۱-۱۰ روزگی ($P < 0.01$) و کل دوره آزمایشی ($P < 0.05$) بود.

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) در مطالعه حاضر حاکی از آن بود که نسبت ۱/۴ کلر: سدیم موجب افزایش مصرف آب در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌ی حاوی نسبت ۱ گردید ($P < 0.05$). با این حال، نسبت آب مصرفی: خوراک مصرفی بین تیمارهای آزمایشی مشابه بود ($P > 0.05$). بررسی روند پاسخ مصرف آب به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم (جدول ۲) در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی نیز نشان داد که افزایش نسبت کلر: سدیم موجب افزایش خطی مصرف آب در جوجه‌های گوشتی طی ۱-۷ روزگی گردید ($P < 0.05$). با این حال، تغییرات نسبت آب مصرفی: خوراک مصرفی به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین از هیچ یک از معادلات درجه اول،

درجه دوم، درجه سوم و درجه چهارم تبعیت نکرد ($P > 0.05$). ارزیابی رابطه همبستگی پیرسون نیز نشان داد که همبستگی مثبتی بین افزایش وزن بدن در دوره‌ی ۱-۱۰ روزگی با دوره‌ی ۱-۳۰ روزگی وجود داشت ($r = 0.18$ ، $P = 0.43$).

تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با اثر نسبت کلر: سدیم بر عملکرد طیور صورت نگرفته است. موافق با نتایج مطالعه‌ی حاضر، وانگ و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده کردند افزایش سطح کلر جیره از سطح ۰/۰۶ تا ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۰ و ۰/۲۵ موجب افزایش خطی و درجه دوم مصرف در مرغ‌های تخمگذار طی ۴۳ تا ۵۴ هفته‌ی گردید. این محققین دلیل افزایش مصرف خوراک مشاهده شده به دنبال افزایش سطح کلر جیره را به مهار اثر آکالوز متابولیکی بر میزان مصرف خوراک ارتباط دادند (وانگ و همکاران ۲۰۲۰). آکالوز متابولیکی می‌تواند با کاهش سطح آزاد سازی گاما-آمینو بوتیریک اسید از مغز موجب کاهش مصرف خوراک گردد (پو و همکاران ۱۹۹۹؛ لو و همکاران ۲۰۱۲). اویدو و روندن و همکاران (۲۰۰۱) نیز در مطالعه‌ای در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند افزایش سطح کلر جیره از سطح ۰/۱ به سطوح ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳ و ۰/۳۵ درصد موجب افزایش درجه دوم در میزان خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی گردید. در مطالعات صورت گرفته در ارتباط با افزودن کلرید سدیم در جیره، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) بیان داشتند که افزایش سطح سدیم کلراید جیره از سطح صفر به سطوح ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی سویه آرپورآکرز طی ۱-۲۱ روزگی موجب افزایش خطی و درجه دوم سطح مصرف خوراک گردید. یو و همکاران (۲۰۲۲) نیز در بررسی سطوح مختلف سدیم کلراید شامل صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد جیره افزایش خطی و درجه دوم مصرف خوراک را در جوجه‌های گوشتی سویه *Lingnan yellow-feathered*

این وجود، تغذیه‌ی جیره‌های آزمایشی با نسبت‌های ۱/۲، ۱/۳ و ۱/۴ کلر: سدیم موجب افزایش وزن نسبی طحال در مقایسه با گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های با نسبت ۱ و ۱/۱ گردیدند ($P < 0/01$). وزن نسبی بورس نیز در گروه تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت کلر: سدیم ۱/۴ بالاتر از گروه تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت ۱ بود ($P < 0/05$). باقیمانده کیسه زرده در گروه تغذیه شده با نسبت کلر: سدیم ۱/۴ کمترین و با گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های با نسبت‌های ۱، ۱/۱ و ۱/۲ اختلاف آماری معنی‌دار داشت ($P < 0/01$). همچنین وزن نسبی باقیمانده کیسه زرده نیز در گروه تغذیه شده با نسبت کلر: سدیم ۱/۳ کمتر از تیمارهای با نسبت ۱ و ۱/۱ بود.

در سن ۵ روزگی (جدول ۴) نسبت ۱/۴ کلر: سدیم موجب افزایش بازده لاشه در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی گردید ($P < 0/01$). وزن نسبی کبد نیز در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت کلر: سدیم ۱/۴ بیشتر از گروه‌های آزمایشی تغذیه شده با جیره‌های با نسبت کلر: سدیم ۱ و ۱/۱ و در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت کلر: سدیم ۱/۳ بیشتر از گروه تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت کلر: سدیم ۱ بود ($P < 0/01$). اعمال نسبت‌های ۱/۳ و ۱/۴ کلر: سدیم موجب افزایش وزن نسبی طحال نسبت به گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی نسبت‌های ۱ و ۱/۱ کلر: سدیم گردید ($P < 0/01$). وزن نسبی رودی باریک به دنبال تغذیه‌ی جیره‌ی با نسبت ۱/۴ کلر: سدیم افزایش معنی‌داری در مقایسه با جیره‌های با نسبت‌های ۱ و ۱/۱ نشان داد ($P < 0/01$). اعمال نسبت ۱/۳ کلر: سدیم نیز موجب افزایش وزن نسبی رودی باریک در مقایسه با جیره‌ی با نسبت ۱ گردید ($P < 0/05$), ولی بین سایر گروه‌های آزمایشی تفاوت آماری معنی‌دار یافت نشد. نسبت‌های کلر: سدیم ۱/۳ و ۱/۴ نیز موجب افزایش وزن نسبی سکوم نسبت به گروه تغذیه شده با جیره‌ی با نسبت ۱ گردید

گزارش نمودند. قابل ذکر است کلرید سدیم دارای ۶۰ درصد وزنی کلر و ۴۰ درصد وزنی سدیم است. لذا می‌توان چنین در نظر داشت که با افزایش میزان نمک در جیره نسبت کلر: سدیم نیز افزایش می‌یابد.

در ارتباط با بهبود افزایش وزن بدن در دوره‌ی آغازین هم راستا با نتایج مطالعه‌ی حاضر، چن و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که سطوح ۰/۱۵، ۰/۲۰ و ۰/۲۵ درصد کلر موجب بهبود خطی و درجه دوم افزایش وزن بدن گردید، درحالی‌که در سنین بالاتر این بهبود مشاهده نگردید. اویدو روندن و همکاران (۲۰۰۱) نیز در مطالعه‌ای در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند افزایش سطح کلر جیره از سطح ۰/۱ به سطوح ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳ و ۰/۳۵ درصد موجب افزایش درجه دوم در وزن‌گیری جوجه‌های گوشتی گردید. افزایش وزن بدن مشاهده شده با افزایش نسبت کلر: سدیم در مطالعه‌ی حاضر را می‌توان به افزایش مصرف خوراک و آب نسبت داد (یو و همکاران ۲۰۲۲). بعلاوه تعادل اسید-باز از فاکتورهای تأثیر گذار در عملکرد پرنده است. مصرف کمتر و یا بیشتر از سطح نیاز سدیم و کلر موجب تحریک سیستم بافری بدن برای واکنش با ترکیبات اسیدی و بازی جهت حفظ pH طبیعی خون می‌گردد. ممکن است افزایش نسبت کلر: سدیم در آزمایش حاضر به حفظ pH خون کمک و لذا هزینه انرژی کمتری جهت تنظیم آن صرف گردد (چن و همکاران ۲۰۲۰). هم راستا با نتایج مطالعه‌ی حاضر از حیث مصرف آب، ژیانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز با افزایش درصد سدیم و کلر جیره افزایش مصرف آب را در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند. چن و همکاران (۲۰۲۲) نیز مشاهده کردند افزایش غلظت کلر در جیره‌ی غاذاها موجب افزایش مصرف آب گردید.

مطابق با نتایج جدول ۳ در سن ۳ روزگی بازده لاشه و اوزان نسبی سنگدان، کبد، قلب و رودی باریک تحت تأثیر اثر نسبت‌های مختلف کلر: سدیم قرار نگرفت ($P > 0/05$). با

می‌توان ناشی از افزایش مصرف خوراک و مصرف سریع-تر کیسه زرده در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی نسبت بالاتر کلر: سدیم دانست. کیسه زرده مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده انرژی و پروتئین مورد نیاز جوجه در روزهای نخست پرورش است (مارتینز و همکاران ۲۰۲۱). نقش کیسه زرده در تأمین انرژی و پروتئین مورد نیاز در جوجه‌های گوشتی در حال رشد معین گردیده است (موراکامی و همکاران ۱۹۹۲؛ و ویجتن ۲۰۱۱). کبد بزرگترین غده در سیستم اندوکرین بدن است که متابولیسم چربی‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها را بر عهده دارد و افزایش وزن آن در جوجه‌های جوان سلامت نشان دهنده‌ی افزایش فعالیت این اندام در جهت فراهمی مواد مغذی بیشتر در سنین ابتدایی رشد است (ماهر ۲۰۱۹؛ مارتینز و همکاران ۲۰۲۱). وزن روده‌ی باریک پس از تفریح بسیار سریع‌تر از سایر بخش‌های بدن در حال افزایش است (وانگ و همکاران ۲۰۲۰). وزن اندام‌های دستگاه گوارش شامل روده‌ی باریک و سکوم تحت تأثیر ترکیب شیمیایی خوراک، شکل خوراک و میزان مصرف خوراک است (مارتینز و همکاران ۲۰۲۱). نقش مصرف خوراک در افزایش وزن روده‌ی باریک در سنین ابتدایی رشد در جوجه‌های گوشتی در مطالعه‌ی وانگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز مشاهده گردیده است. افزایش وزن نسبی سکوم در این مطالعه را نیز می‌توان به افزایش مصرف خوراک به دنبال تغذیه جیره‌های با نسبت بالاتر کلر: سدیم نسبت داد، چراکه احتمالاً خوراک بیشتری به انتهای دستگاه گوارش رسیده و موجب تحریک فعالیت جمعیت میکروبی مستقر در این بخش می‌گردد. بورس از اندام‌های لنفوئیدی اولیه و طحال از اندام‌های لنفوئیدی ثانویه در پرندگان است، که جزء اندام‌های ایمنی پرندگان محسوب می‌شوند (مارتینز و همکاران ۲۰۲۱). اندام‌های لنفوئیدی شامل بورس، تیموس و طحال ارتباط نزدیکی با روده‌ی باریک در پرندگان جوان دارند، بطوریکه روده‌ی

($P < 0.01$). قابل ذکر است اوزان نسبی قلب، سنگدان، کیسه زرده، بورس فابریسیوس، پانکراس، دوازدهه، ژژنوم و ایلیوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

آنالیز رگرسیون در سن ۳ روزگی (جدول ۳) نشان داد که با تغذیه سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم اوزان نسبی طحال و بورس به شکل خطی افزایش ($P < 0.01$) و وزن نسبی باقیمانده کیسه زرده به شکل خطی کاهش ($P < 0.01$) یافت. روند تغییرات اوزان نسبی لاشه، سنگدان، قلب، کبد و روده‌ی باریک نسبت به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم از هیچ یک معادلات درجه اول، دوم، سوم و چهارم تبعیت نکردند ($P > 0.05$). بررسی روند پاسخ در سن ۵ روزگی (جدول ۴) نیز نشان داد که با تغذیه سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم اوزان نسبی لاشه ($P < 0.01$)، کبد ($P < 0.01$)، طحال ($P < 0.01$)، بورس، روده‌ی باریک ($P < 0.01$)، دوازدهه، ژژنوم، پانکراس و سکوم به شکل خطی افزایش ($P < 0.05$) و وزن نسبی باقیمانده کیسه زرده به شکل خطی کاهش ($P < 0.05$) یافت. روند تغییرات اوزان نسبی سنگدان، قلب و ایلیوم نسبت به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین از هیچ یک از معادلات درجه اول، دوم، سوم و چهارم تبعیت نکردند ($P > 0.05$).

با توجه به افزایش مصرف خوراک و آب به دنبال افزایش نسبت کلر: سدیم جیره‌ی آغازین، می‌توان مصرف بیشتر کیسه زرده در گروه‌های آزمایشی با نسبت‌های بیشتر کلر: سدیم را به مصرف بالاتر خوراک و آب در آن‌ها ارتباط داد. از عوامل اصلی جذب کیسه زرده حرکات دودی روده-ی باریک است (وان در واگت و همکاران ۲۰۲۰). جذب کیسه زرده وابسته به مصرف خوراک است و مصرف خوراک بواسطه تسریع حرکات دودی محرک تخلیه کیسه زرده و جذب آن در روده‌ی باریک است (میکک و همکاران ۲۰۰۶). افزایش بازده لاشه و اوزان نسبی اندام‌های داخلی بدن را

مشتاق و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند افزایش سطح کلر در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی از ۰/۳ به ۰/۴ و ۰/۵ درصد موجب افزایش خطی در غلظت سدیم در پلاسما گردید. مشتاق و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ی دیگری دریافتند غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ کلر در جیره موجب کاهش درجه دوم در غلظت پتاسیم پلاسما در جوجه‌های گوشتی گردید. ژیانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز در مطالعه‌ی خود در جوجه‌های گوشتی سویه *Lingnan yellow-feathered* مشاهده نمودند افزایش سطح سدیم یا کلر در جیره از سطوح صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ در جیره موجب افزایش غلظت پلاسمایی کلر، سدیم و اسمولاریته و کاهش غلظت پلاسمایی پتاسیم گردید. چن و همکاران (۲۰۲۰) نیز اظهار داشتند که تغذیه جیره‌های با سطوح ۰/۱۵، ۰/۲۰ و ۰/۲۵ درصد کلر در جیره‌ی جوجه‌های ۲۸ روزه موجب افزایش خطی در غلظت سدیم و کلر پلاسما گردید، ولی بر غلظت پتاسیم، منیزیم، کلسیم و فسفر اثر معنی‌داری نداشت. ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) نیز در مطالعه‌ی خود در جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی مشاهده کردند که افزایش سطح نمک جیره از صفر به ۰/۶ درصد موجب افزایش غلظت پلاسمایی سدیم، کلر و کاهش غلظت پلاسمایی پتاسیم گردید. سدیم کاتیون اصلی مایع خارج سلولی است و همچنین الکترولیت اصلی تشکیل دهنده مایع خارج سلولی و موثر بر متابولیسم آب است. کلر نیز آنیون اصلی دخیل در تنظیم فشار اسمزی بدن بوده و بیش از ۶۰ درصد آنیون‌های مایع خارج سلولی را به خود اختصاص داده است (نیکوفرد و همکاران ۲۰۱۶). تنظیم اسمزی مایعات بدن عمدتاً تحت تأثیر ۲ یون سدیم و کلر است (مشتاق و همکاران ۲۰۰۵). مشتاق و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند همبستگی مثبتی بین سدیم و کلر پلاسما وجود دارد. لذا چنین می‌توان استنباط کرد که افزایش غلظت پلاسمایی سدیم با افزایش نسبت کلر: سدیم می‌تواند پاسخ پرنده در

باریک با فعالیت و سلامت بیشتر بواسطه جذب بهتر مواد مغذی ضروری جهت عملکرد سیستم ایمنی، تولید بیشتر لنفوسیت‌های B و T و افزایش وزن نسبی این اندام‌ها را موجب می‌گردد. با توجه به افزایش وزن نسبی روده‌ی باریک، بالاتر بودن وزن نسبی بورس و طحال را می‌توان ناشی از بهبود ظرفیت عملکردی در روده‌ی باریک و لذا رشد بیشتر اندام‌های سیستم ایمنی دانست (مارتینز و همکاران ۲۰۲۱).

نتایج حاصل از اثرات نسبت کلر: سدیم بر غلظت پلاسمایی متابولیت‌های خون در سن ۱۰ روزگی در جدول ۵ ارائه گردیده است. نسبت ۱/۴ کلر: سدیم در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی موجب افزایش غلظت پلاسمایی سدیم، کلر و اسمولاریته خون در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با نسبت ۱ گردید ($P < 0.05$). قابل ذکر است غلظت پلاسمایی پتاسیم، کلسترول، تری‌گلیسیرید، آلبومین، پروتئین تام، اسید اوریک، کراتینین و تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). نتایج مطالعه‌ی حاضر در آنالیز رگرسیون (جدول ۵) نیز نشان داد با افزایش نسبت کلر: سدیم در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی غلظت پلاسمایی سدیم، کلر و اسمولاریته خون به شکل خطی افزایش ($P < 0.01$) و غلظت پلاسمایی پتاسیم به شکل خطی کاهش ($P < 0.05$) یافت. گلوکز پلاسما نیز با افزایش نسبت کلر: پگسدیم در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی به شکل خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). روند پاسخ در ارتباط با غلظت‌های پلاسمایی اسید ارویک نسبت به افزایش نسبت کلر: سدیم جیره به شکل درجه چهارم بود ($P < 0.01$). تغییرات غلظت‌های پلاسمایی کلسترول، تری‌گلیسیرید، آلبومین، کراتینین و پروتئین تام نسبت به افزایش نسبت کلر: سدیم در جیره از هیچ یک معادلات درجه‌ی اول، درجه‌ی دوم، درجه‌ی سوم و درجه‌ی چهارم تبعیت نکردند ($P > 0.05$).

چینه دان نرم و پر). نسبت‌های مختلف کلر: سدیم اثر معنی‌داری بر نرخ پر شدگی چینه‌دان در ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از حضور در سالن نداشت ($P > 0.05$). همچنین نرخ پر شدگی چینه‌دان در ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از حضور جوجه‌ها در سالن نسبت به افزایش نسبت کلر: سدیم جیره‌ی آغازین از هیچ یک از معادلات درجه اول، دوم، سوم و چهارم تبعیت نکردند (جدول ۶، $P > 0.05$). اعداد گزارش شده در جدول ۷ میانگین رتبه‌ها در آزمون کروسکال-والیس است. نسبت‌های مختلف کلر: سدیم در جیره‌ی آغازین اثر معنی‌داری بر هیچ یک از مشاهدات رفتاری مصرف خوراک، نوشیدن آب و استراحت کردن در ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از حضور در سالن نداشت ($P > 0.05$). آنالیز رگرسیون مشاهدات رفتاری (جدول ۷) نیز نشان داد که هیچ یک از معادلات درجه اول، دوم، سوم و چهارم شایستگی توجیه تغییرات صفات مشاهدات رفتاری را نسبت به سطوح افزایشی نسبت کلر: سدیم در جیره نداشتند ($P > 0.05$).

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد افزایش نسبت کلر: سدیم در جیره‌های آغازین جوجه‌های گوشتی جوان تا سطح ۱/۴ موجب افزایش خطی مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، بازده لاشه و مصرف کیسه زرده گردید. با توجه به افزایش مصرف آب به دنبال تغذیه جیره‌های با نسبت کلر: سدیم بالاتر توصیه می‌گردد به دلیل مدیریت مطلوب شرایط سالن به ویژه بستر این تغییر تنها در دوره‌ی آغازین صورت گیرد.

جهت تنظیم اسمزی به دنبال افزایش مصرف کلر بوده باشد (مشتاق و همکاران ۲۰۰۵). این مکانیسم در ارتباط با کاهش غلظت پلاسمایی پتاسیم نیز می‌تواند صادق باشد. ضمن اینکه در مطالعه‌ی حاضر افزایش نسبت کلر: سدیم موجب افزایش خطی مصرف خوراک گردیده است که می‌تواند از طریق افزایش مصرف سدیم بر غلظت پلاسمایی سدیم نیز اثر گذار باشد. افزایش غلظت کلر در پلازما احتمالاً انعکاسی از غلظت کلر در جیره باشد.

پروتئین تام شاخصی از سنتز و انباشت پروتئین در بدن است (چن و همکاران ۲۰۲۲). غلظت اسید اوریک نیز شاخصی از متابولیسم پروتئین است و با افزایش تجزیه‌ی پروتئین‌ها غلظت اسید اوریک در پلازما و فضولات افزایش می‌یابد (چن و همکاران ۲۰۲۰). کراتینین نیز متابولیت نهایی حاصل از فسفوکراتین در ماهیچه‌ها است که قابل بازجذب نیست و طی فیلتراسیون گلومرولی دفع می‌گردد و شاخصی از وضعیت عملکردی کلیه است (وانگ و همکاران ۲۰۲۰؛ چن و همکاران ۲۰۲۰). عدم تغییر متابولیت‌های مذکور در مطالعه‌ی حاضر را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که افزایش نسبت کلر: سدیم در جیره‌های آزمایشی اثری بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی نداشته است که متابولیسم پروتئین‌ها تحت تأثیر قرار گیرد (چن و همکاران ۲۰۲۲).

افزایش غلظت گلوکز در پلازما را می‌توان به افزایش غلظت سدیم در پلاسمای جوجه‌های تغذیه شده با سطوح بالاتر کلر: سدیم و لذا انتقال همراه گلوکز و سدیم از طریق انتقال دهنده‌ی همراه سدیم-گلوکز نوع ۱ ارتباط داد. با این حال، مطالعات صورت گرفته در جوجه‌ها و غازها حاکی از عدم تأثیر گذاری کلر بر غلظت گلوکز پلازما بود (چن و همکاران ۲۰۲۰؛ چن و همکاران ۲۰۲۲).

اعداد گزارش شده در جدول ۶ درصد جوجه‌هایی می‌باشد که مصرف خوراک به همراه آب داشته‌اند (به عبارت دیگر

Table 2-Effects of different chloride: sodium ratios on the performance, water consumption, and water to feed consumption ratio of broiler chickens.

Cl: Na ratio	1-10 d			1-30 d			1-7 d	
	FC (g)	BWG (g)	FCR	FC (g)	BWG (g)	FCR	WC (g)	WC:FC
1:1	282.78	218.45 ^b	1.29	2475.67	1560.61	1.58	363.83 ^b	2.51
1.1:1	289.67	229.38 ^{ab}	1.26	2608.33	1657.85	1.57	424.17 ^{ab}	2.62
1.2:1	300.67	230.54 ^{ab}	1.30	2640.00	1705.26	1.55	426.64 ^{ab}	2.63
1.3:1	305.23	233.37 ^{ab}	1.31	2566.50	1652.80	1.56	412.38 ^{ab}	2.50
1.4:1	304.92	245.86 ^a	1.24	2615.50	1776.29	1.48	434.93 ^a	2.71
SEM	6.81	4.66	0.035	91.90	51.14	0.049	16.18	0.109
P-value	0.103	0.008	0.588	0.739	0.078	0.577	0.035	0.639
Orthogonal polynomial contrasts								
Linear	0.010 ¹	0.005 ²	0.578	0.421	0.014 ³	0.163	0.017 ⁴	0.421
Quadratic	0.421	0.786	0.388	0.435	0.806	0.515	0.140	0.862
Cubic	0.680	0.199	0.199	0.449	0.175	0.654	0.076	0.225
Quartic	0.834	0.931	0.846	0.765	0.453	0.633	0.928	0.582

^{a,b} Means with different letters in each column are significantly different (P <0.05).

SEM: standard error of the means, FC: feed consumption, BWG: body weight gain, FCR: feed conversion ratio, WC: water consumption

¹Y=278.70+5.98X, ²Y=213.87+5.88X, ³Y=1542.68+42.63X, ⁴Y=373.27+13.04X.

Table 3- Effects of different chlorine to sodium ratios on carcass yield and internal organs relative weights of broiler chickens at 3 d of age ((Organ weight: Live weight) × 100).

Cl: Na ratio	Carcass (%)	Gizzard (%)	Heart (%)	Liver (%)	Small intestine (%)	Spleen (%)	Bursa of fabricius (%)	Yolk sac (%)
1:1	38.99	8.30	0.757	4.32	10.54	0.064 ^b	0.128 ^b	1.00 ^a
1.1:1	38.84	8.53	0.801	4.10	10.55	0.065 ^b	0.136 ^{ab}	1.02 ^a
1.2:1	38.02	8.64	0.717	4.14	11.27	0.074 ^a	0.145 ^{ab}	0.976 ^{ab}
1.3:1	39.05	8.78	0.762	4.30	11.33	0.076 ^a	0.146 ^{ab}	0.832 ^{bc}
1.4:1	37.70	8.68	0.777	4.51	10.75	0.078 ^a	0.148 ^a	0.813 ^c
SEM	0.671	0.255	0.028	0.111	0.276	0.002	0.004	0.035
P-value	0.507	0.717	0.346	0.110	0.131	<0.0001	0.018	0.0004
Orthogonal polynomial contrasts								
Linear	0.374	0.130	0.999	0.276	0.211	<0.0001 ¹	0.001 ²	<0.0001 ³
Quadratic	0.859	0.398	0.464	0.110	0.109	0.585	0.267	0.123
Cubic	0.518	0.856	0.233	0.696	0.158	0.449	0.974	0.056
Quartic	0.340	0.795	0.061	0.961	0.589	0.258	0.549	0.272

^{a,b} Means with different letters in each column are significantly different (P <0.05).

SEM: standard error of the means.

¹Y=0.061+0.004X, ²Y=0.126+0.005X, ³Y=1.098-0.056X

Table 4- Effects of different chlorine to sodium ratios on carcass yield and internal organs relative weights of broiler chickens at 5 d of age ((Organ weight: Live weight) × 100).

Cl: Na ratio	Carcass (%)	Gizzard (%)	Heart (%)	Liver (%)	Duodenum (%)	Jejunum (%)	Ileum (%)	Small intestine (%)	Ceca (%)	Pancreases (%)	Spleen (%)	Bursa of fabricius (%)	Yolk sac (%)
1:1	32.18 ^b	8.09	0.676	4.41 ^c	1.67	3.77	3.53	8.98 ^c	1.03 ^b	0.413	0.048 ^b	0.129	0.334
1.1:1	32.88 ^b	8.14	0.706	4.64 ^{bc}	1.63	3.78	3.66	9.07 ^{bc}	1.14 ^{ab}	0.442	0.046 ^b	0.132	0.315
1.2:1	33.15 ^b	8.00	0.695	4.90 ^{abc}	1.76	4.15	3.38	9.29 ^{abc}	1.15 ^{ab}	0.467	0.050 ^{ab}	0.132	0.317
1.3:1	32.66 ^b	8.96	0.750	5.17 ^{ab}	1.77	4.13	3.76	9.66 ^{ab}	1.29 ^a	0.462	0.052 ^a	0.139	0.304
1.4:1	35.11 ^a	8.37	0.718	5.33 ^a	1.79	4.18	3.77	9.73 ^a	1.26 ^a	0.470	0.054 ^a	0.142	0.294
SEM	0.470	0.258	0.023	0.152	0.043	0.132	0.101	0.155	0.049	0.014	0.001	0.004	0.011
P-value	0.002	0.094	0.238	0.001	0.073	0.069	0.057	0.005	0.007	0.060	0.001	0.170	0.153
Orthogonal polynomial contrasts													
Linear	0.007 ¹	0.136	0.067	<0.0001 ²	0.048 ³	0.016 ⁴	0.221	0.007 ⁵	<0.0001 ⁶	0.015 ⁷	0.003 ⁸	0.037 ⁹	0.028 ⁹
Quadratic	0.132	0.864	0.479	0.840	0.993	0.577	0.421	0.888	0.289	0.258	0.430	0.733	0.938
Cubic	0.052	0.143	0.491	0.758	0.381	0.529	0.936	0.563	0.607	0.722	0.089	0.986	0.655
Quartic	0.320	0.111	0.164	0.941	0.347	0.307	0.081	0.824	0.091	0.613	0.743	0.627	0.605

Table 5- Effects of different chlorine to sodium ratios on some plasma metabolites of broiler chickens at 10 d of age.

Cl: Na ratio	Cl (mmol/l)	Na (mmol/l)	K (mmol/l)	OSM	Glucose (mg/dl)	Cholesterol (mg/dl)	Triglycerides (mg/dl)	Albumin (g/dl)	Total protein (g/dl)	Creatinine (mg/dl)	Uric acid (mg/dl)
1:1	81.67 ^b	121.58 ^b	4.22	264.08 ^b	219.91	175.58	114.83	1.57	2.89	0.126	4.24
1.1:1	86.74 ^{ab}	127.75 ^{ab}	4.16	276.40 ^{ab}	221.08	174.83	116.25	1.55	3.13	0.140	4.50
1.2:1	85.87 ^{ab}	129.16 ^{ab}	4.13	278.85 ^{ab}	216.08	185.10	110.33	1.59	3.17	0.134	3.95
1.3:1	89.94 ^{ab}	135.08 ^{ab}	4.04	291.06 ^{ab}	226.08	183.17	118.92	1.54	2.97	0.124	4.42
1.4:1	94.77 ^a	138.42 ^a	4.05	298.79 ^a	244.75	179.25	112.25	1.47	3.16	0.123	4.10
SEM	2.73	3.63	0.049	7.13	7.51	3.86	3.54	0.072	0.085	0.006	0.144
P-value	0.033	0.027	0.068	0.019	0.091	0.272	0.479	0.777	0.095	0.225	0.075
Orthogonal polynomial contrasts											
Linear	0.004 ¹	0.004	0.018 ²	0.003 ³	0.026 ⁴	0.174	0.801	0.224	0.244	0.131	0.423
Quadratic	0.617	0.940	0.717	0.984	0.080	0.175	0.887	0.379	0.345	0.062	0.804
Cubic	0.347	0.869	0.671	0.836	0.529	0.257	0.427	0.617	0.061	0.065	0.956
Quartic	0.651	0.639	0.610	0.623	0.659	0.272	0.056	0.643	0.398	0.948	0.005 ⁵

^{ab} Means with different letters in each column are significantly different (P < 0.05).

SEM: standard error of the means. OSM: plasma osmotic value.

¹Y=79.07+2.84X, ²Y=4.26-0.047X, ³Y=256.61+8.41X, ⁴Y=209.18+5.47X, ⁵Y=0.0823+0.062X-0.019X²+0.001X³+0.001X⁴

Table 6- Effects of different chlorine to sodium ratios on the crop filling rate (feed + water) at 2, 4, 8, 12, 24, and 48 hours after being in the experimental units.

Cl: Na ratio	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
1:1	60.71	69.04	76.18	85.72	95.23	100.00
1.1:1	59.52	69.04	79.76	87.95	97.61	98.80
1.2:1	61.90	71.43	76.18	89.09	95.23	97.61
1.3:1	63.09	70.23	78.57	86.78	96.42	98.80
1.4:1	55.95	69.05	77.38	89.22	98.80	100.00
SEM	1.83	1.52	2.05	1.73	1.87	1.011
P-value	0.099	0.744	0.683	0.567	0.608	0.440
Orthogonal polynomial contrasts						
Linear	0.313	0.807	0.855	0.298	0.324	1.000
Quadratic	0.067	0.306	0.644	0.643	0.614	0.071
Cubic	0.051	0.626	0.586	0.298	0.325	1.000
Quartic	0.087	0.462	0.198	0.474	0.500	0.578

^{a,b} Means with different letters in each column are significantly different (P < 0.05).

SEM: standard error of the means.

Table 7- Effects of different chlorine to sodium ratios on behavioral observations, including eating, drinking, and resting at 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after being in the experimental units.

Cl: Na ratio	3 h			6 h			12 h			24			48			72		
	F	D	R	F	D	R	F	D	R	F	D	R	F	D	R	F	D	R
1:1	14.8	13.42	17.75	16.50	15.83	15.17	14.17	11.33	18.67	15.58	14.33	16.42	15.17	12.00	17.58	17.50	17.50	13.00
1.1:1	11.33	16.58	18.33	9.83	16.58	18.83	13.00	19.42	15.17	15.92	14.33	15.00	9.00	12.00	21.75	15.25	13.67	17.25
1.2:1	16.83	18.25	14.08	15.83	18.25	14.33	16.00	17.08	15.00	17.83	14.33	14.25	18.33	15.58	13.42		16.33	14.83
1.3:1	18.42	13.42	13.75	17.67	13.42	14.00	16.00	13.67	16.17	11.42	17.75	17.17	19.83	18.75	10.92	11.58	13.67	19.83
1.4:1	16.83	15.83	13.58	17.67	13.42	15.17	18.33	16.00	12.50	16.75	16.75	14.67	15.17	19.17	13.83	17.50	16.33	12.58
Chi-square	0.531	0.713	0.751	0.422	0.712	0.854	0.832	0.419	0.796	0.686	0.890	0.970	0.190	0.331	0.209	0.645	0.876	0.514
P-Value																		
	Orthogonal polynomial contrasts																	
Linear	0.186	1.000	0.262	0.263	0.370	0.622	0.262	0.839	0.371	1.000	0.393	0.767	0.299	0.041	0.092	0.674	1.000	0.793
Quadratic	0.756	0.447	0.543	0.750	0.448	0.934	0.915	0.235	0.648	0.874	1.000	0.901	0.704	0.869	0.871	0.290	0.590	0.275
Cubic	0.151	0.265	0.472	0.111	0.500	0.328	0.705	0.112	0.653	0.353	0.520	0.605	0.044	0.699	0.132	0.402	1.000	0.602
Quartic	0.926	0.670	0.785	0.812	0.670	0.709	0.601	1.000	0.708	0.235	0.570	0.452	0.368	0.769	0.469	0.428	0.338	0.206

^{a,b} Means with different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$).

F: feeding, D: drinking, R: resting

منابع مورد استفاده

- Adedokun SA and Applegate TJ, 2014. Dietary electrolyte balance influences ileal endogenous amino acid losses in broiler chickens. *Poultry Science* 93 (4): 935-42.
- Adedokun SA, Pescatore AJ, Ford MJ, Jacob JP and Helmbrecht A, 2017. Examining the effect of dietary electrolyte balance, energy source, and length of feeding of nitrogen-free diets on ileal endogenous amino acid losses in broilers. *Poultry science* 96 (9): 3351-3360.
- Aviagen, 2022. Aviagen Group Ross 308 Broiler: Nutrition Specifications. Available online: https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossBroilerNutritionSpecs2019-EN.pdf
- Chen Y, Wang Z, and Yang H, 2023. Effects of dietary sodium and chloride on slaughter performance, digestive tract development and tibia mineralization of geese. *Animals* 13 (4): 751-762.
- Chen Y, Wang Z, Yang Z, Yang Y, Yang J, Han H and Yang H, 2022. The effect of different dietary levels of sodium and chloride on performance, blood parameters and excreta quality in goslings at 29 to 70 days of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 106 (1): 98-109.
- Chen Y, Yang H, Wan X, Wan Y, Zhang H, Gong S and Wang Z, 2020. The effect of different dietary levels of sodium and chloride on performance and blood parameters in goslings (1–28 days of age). *Journal of animal physiology and animal nutrition* 104 (2): 507-516.
- Chrystal PV, Moss AF, Khoddami A, Naranjo VD, Selle PH and Liu SY, 2020. Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science* 99 (3):1421-31.
- Hubbard breeder nutrition guide, 2022. Available online: <https://www.hubbardbreeders.com/media/ps-breeder-nutrition-guide-en-20221014-1.pdf> (accessed on 14 October 2022).
- Hy-Line technical update, 2016. Understanding heat stress in layers: management tips to improve hot weather flock performance. Available online: <https://www.hyline.com/ViewFile?id=ff054c39-aa45-43ae-adbe-1488017266f1>.
- Jiang SQ, Azzam MM, Yu H, Fan QL, Li L, Gou ZY, Lin XJ, Liu M and Jiang ZY, 2019. Sodium and chloride requirements of yellow-feathered chickens between 22 and 42 days of age. *Animal* (10): 2183-2189.
- Kretschmar-McCluskey V, Fisher C and Van Tuijl O, 2014, A practical guide to managing feather cover in broiler breeder females. Aviagen Ross Tech Note. Available online: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Tech_Articles/RossTechNoteFeathering2014-EN.pdf (accessed on 3 February 2021).
- Lamot D, 2017. First week nutrition for broiler chickens: effects on growth, metabolic status, organ development, and carcass composition (Doctoral dissertation, Wageningen University and Research).
- Lu Y, Yi L, Liu D, Li J, Sun L and Zhang Z, 2012. Alkalosis leads to the over-activity of cortical principal neurons. *Neuroscience Letters* 25 (2): 117-122.
- Maher MA, 2019. Descriptive anatomy of hepatic and portal veins with special reference to biliary duct system in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*): A Recent Illustration. *Brazilian Journal of Poultry Science* 21: eRBCA.
- Martínez Y, Altamirano E, Ortega V, Paz P and Valdivié M, 2021. Effect of age on the immune and visceral organ weights and cecal traits in modern broilers. *Animals* 11 (3): 845-859.
- Mikec M, Biđin Z, Valentić A, Savić V, Zelenika TA, Raguž-Đurić R, Novak IL and Baleñovic M, 2006. Influence of environmental and nutritional stressors on yolk sac utilization, development of chicken gastrointestinal system and its immune status. *World's poultry science journal* 62 (1): 31-40.
- Mongin P, 1980. Electrolytes in nutrition: a review of basic principles and practical application in poultry and swine. In Annual Minnesota conference 3: 1-15.

- Murakami H, Akiba Y and Horiguchi M, 1992. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth, development, and aging: GDA*. 56 (2): 75-84.
- Mushtaq MM, Pasha TN, Mushtaq T and Parvin R, 2013. Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on growth performance, water intake and litter quality. *World's Poultry Science Journal* 69 (4): 789-802.
- Mushtaq T, Mirza MA, Athar M, Hooge DM, Ahmad T, Ahmad G, Mushtaq MM and Noreen U, 2007. Dietary sodium and chloride for twenty-nine-to forty-two-day-old broiler chickens at constant electrolyte balance under subtropical summer conditions. *Journal of applied poultry research* 16 (2) :161-170.
- Mushtaq T, Sarwar M, Nawaz H, Mirza A and Ahmad T, 2005. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight days of age) under subtropical summer conditions. *Poultry Science* 84 (11): 1716-1722.
- Nikoofard V, Mahdavi AH, Samie AH and Jahanian E, 2016. Effects of different sulphur amino acids and dietary electrolyte balance levels on performance, jejunal morphology, and immunocompetence of broiler chicks. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 100 (1): 189-199.
- Oviedo-Rondón EO, Murakami AE, Furlan AC, Moreira I and Macari M, 2001. Sodium and chloride requirements of young broiler chickens fed corn-soybean diets (one to twenty-one days of age). *Poultry Science* 80 (5): 592-598.
- Pu S, Jain MR, Horvath TL, Diano S, Kalra PS and Kalra SP, 1999. Interactions between neuropeptide Y and γ -aminobutyric acid in stimulation of feeding: a morphological and pharmacological analysis. *Endocrinology* 140 (2): 933-940.
- SAS S, 2009. *STAT user's guide*, version 9.2. Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Taheri HR, Nasiri H and Ahmadkhani R, 2019. Which source and level of dietary sodium is appropriate for broiler chickens reared in a high- altitude area? *Journal of animal physiology and animal nutrition* 3 (4): 1090-8.
- van Der Wagt I, de Jong IC, Mitchell MA, Molenaar R and van Den Brand H, 2020. A review on yolk sac utilization in poultry. *Poultry Science* 99 (4): 2162-2175.
- Wang J, Zhang HJ, Wu SG, Qi GH and Xu L, 2020. Dietary chloride levels affect performance and eggshell quality of laying hens by substitution of sodium sulfate for sodium chloride. *Poultry science* 99 (2): 966-973.
- Wijten PJ, 2011. *Nutrition driven small-intestinal development and performance of weaned pigs and young broilers*. Wageningen University and Research.
- Wong EA and Uni Z, 2021. Centennial Review: The chicken yolk sac is a multifunctional organ. *Poultry Science* 100 (3): 100821.
- Yu H, Azzam MM, Wang YB, Lin XJ, Alqhtani AH, Al-Abdullatif AA, Alhidary IA and Jiang SQ, 2022. Dietary requirements of sodium and chloride for slow-growing broiler breeds during finisher phase of production. *Journal of Applied Poultry Research* 31 (2):100243.
- Zhang W, Wu B, Wu W, Cui X, Li D, Gao F, Li T, Zhu L, Geng Y, Zhang L and Hu Y, 2022. An optimal dietary sodium chloride supplemental level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet from 1 to 21 days of age. *Frontiers in Veterinary Science* 9: /1077750.