نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۹، تابستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۱۸۳~۱۹۰

تحلیل منحنی رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروبیوتیک تجاری (بایوپول®)

- **سید امین کاظمی**
- دانشجو کارشناسی ارشد تغذیه طیور دانشگاه تربیت مدرس تهران
- **حامد احمدی** (نویسنده مسئول)

استادیار و عضو هیئت علمی گروه مدیریت و پرورش طیور دانشگاه تربیت مدرس تهران.

- **محمد امیر کریمی ترشیزی**

دانشیار و عضو هیئت علمی گروه مدیریت و پرورش طیور دانشگاه تربیت مدرس تهران

تاریخ دریافت : تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : آذر ۱۳۹۶

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۰۱۸۷۵۱۲

Email: hamed.ahmadi@modares.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22092/ asj.2017.111110.1477

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر تغذیه‌ی پروبیوتیک تولید داخل کشور با نام تجاری (بایوپول®) بر پارامترهای منحنی رشد جوجه‌های گوشتی انجام گرفت. در این راه توان برازش و پیش‌بینی سه مدل گمپرتز، لجستیک و ریچاردز برای بیان منحنی رشد جوجه‌ها مقایسه گردید. از ۲۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه‌ی راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تیمار و ٥ تکرار (هر تکرار شامل ١٤ قطعه پرنده از دو جنس نر و ماده به تعداد مساوی) استفاده شد. تیمارهای جیره‌ای به ترتیب حاوی ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم در تن پروبیوتیک بایوپول بود. داده‌های هفتگی وزن بدن جوجه‌ها از ۰ تا ٤۲ روزگی ثبت گردید و سپس بر روی سه مدل رشد برازش داده شد. جهت مقایسه توان پیش‌بینی این توابع در تشریح رشد جوجه‌ها، شاخص‌های نکویی برازش مانند مقدار ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین انحراف از مشاهده (Bias) و آزمون F استاندارد به کارگرفته شد. نتایج مقایسه شاخص‌های توان پیش‌بینی نشان دادکه در مدل ریچاردز نسبت به دو مدل دیگر مقدار ضریب تبیین دارای ارزش بالاتر (۰/۹۹۹۸)، خطای جذر میانگین مربعات کمتر (۹/۱٦ گرم) و میانگین انحراف از مشاهده کمتر (۰/۵۲ گرم) بود و بهترین همسان‌سازی را با مقادیر مشاهده‌شده داشت. از طرف دیگر نتایج حاصل از مقایسه دوبه‌دو مدل‌ها توسط آزمونF استاندارد نشان داد که مدل ریچاردز دقت بیشتری در پیش-بینی رشد جوجه‌های گوشتی داشت. در کل نتایج نشان داد که سطح ۲۰۰ گرم پروبیوتیک در خوراک جوجه گوشتی باعث دستیابی به بهترین پاسخ و بهبود در نرخ رشد پرنده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: منحنی رشد، جوجه گوشتی، پروبیوتیک، برازش

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 119 pp: 183-190

Analysis of the growth curve in broiler chickens fed diets containing a commercial probiotic (Bio-Poul®)

By: Kazemi[1], S, A., Ahmadi*[2], H., Karimi Torshizi, M, A[3].

1- M.Sc. Student, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: June 2017 **Accepted: November 2017**

This experiment was conducted to determine the nutritional effects of dietary inclusion of a commercial local-produced probiotic (Bio-Poul®) on parameters of broiler growth curve. In this way, the fitting and prediction abilities of three models including the Gompertz, Logistic and Richards were compared. A total of 280 one day-old Ross chicks were used in a completely randomized design with four treatments and five replicates each (pens with 14 birds of both sexes male and female in equal numbers). Four dietary treatments containing 0, 100, 200, and 300 grams of Bio-Poul® probiotic per ton of feed were fed. To estimate the growth characteristics of birds, the weekly body weight of chickens from 0 to 42 days of age was recorded and fitted to the three growth models. Prediction abilities of the models in describing the growth of chickens were tested using goodness of fit indexes such as coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), bias and a standard F test. Based on calculated indexes values, it was found that the Richards model had better prediction in compared with Gompertz and Logistic models with R^2 value of 0.9998, RMSE of 9.16 g and bias of 0.52 g. In addition, the results of the pairwise comparison by F test showed that the Richards model was also more accurate in predicting growth of birds. In conclusion, the results showed that the diet containing 200 grams of Bio-Poul® probiotic may help to obtain optimum growth response and improve growth rate in broiler chickens.

Key words: Growth curve, Broilers, Probiotics Fitting.

مقدمه

رشد حیوان اغلب تحت تأثیر جنبه‌های مختلف ازجمله تغذیه، ژنتیک، تولید مثل و فیزیولوژی قرار می‌گیرد. رشد به‌عنوان یک صفت اقتصادی مهم در صنعت مرغ گوشتی محسوب می‌شود و می‌توان آن را به‌عنوان یک افزایش در اندازه بدن در واحد زمان تعریف کرد (Schulze و همکاران، ۲۰۰۱). توابع ریاضی رشد به‌طور گسترده‌ای برای شناخت تغییرات وزن بدن در واحد سن استفاده می‌شود (Ahmadi و Golian، ۲۰۰۸). پیش‌بینی نرخ رشد در مراحل مختلف پرورش این مزیت را دارد که امکان شناخت مواد مغذی موردنیاز میسر شده و امکان ارائه اقتصادی-ترین برنامه مدیریت تغذیه ممکن خواهد شد (Goliomytis، ۲۰۰۳).

امروزه مدل‌های رشد در سیستم‌های زیستی دارای اهمیت ویژه‌ای هستند، از طریق آنالیز و مطالعه منحنی‌های رشد در طیور، این امکان وجود دارد تا مراحل رشد آن‌ها با قوانین رشد شناخته شده انطباق داده شده و به کمک آن برنامه‌های مدیریتی و تغذیه‌ای مناسب را جهت بهبود شرایط پرورشی ارائه داد. به‌علاوه از منحنی‌های رشد می‌توان برای ارزیابی پتانسیل ژنتیکی نیز استفاده نمود (Wang و Zuidhof، ۲۰۰۴).

شرح منحنی رشد در حیوانات به منظور کاربردهای عملی آن انجام می‌شود، بخصوص زمانی که رژیم خوراکی شامل انواع مواد افزودنی باشد چراکه اثر مواد افزودنی فقط محدود به وزن نهایی نیست و می‌تواند الگوی رشد را تحت تأثیر قرار دهد (Abass و همکاران، ۲۰۱۴). مدل‌های رشد گومپرتز، لجستیک و ریچاردز اغلب برای برآورد پاسخ رشد طیور استفاده می‌شوند (Ahmadi و Golian، ۲۰۰۸؛ Ahmadi و Motaghitalab، ۲۰۰۷؛ Rizzi و همکاران، ۲۰۱۳).

استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها جهت پیشگیری، درمان و محرک رشد موجب افزایش بی‌رویه مقاومت آنتی‌بیوتیکی درسویه‌های مختلف باکتری‌های بیماری‌زا شده است (Barbosa و Levy، ۲۰۰۰). استفاده از افزودنی‌های پروبیوتیکی به‌عنوان جایگزین مناسب آنتی‌بیوتیک‌ها در خوراک طیور برای کنترل بیماری‌ها و افزایش عملکرد توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است، پروبیوتیک‌ها مکمل خوراکی زنده میکروبی هستند که از طریق حفظ تعادل اکولوژی میکروبی روده اثرات مثبت برای مصرف‌کننده دارند (Fuller، ۱۹۸۹).

هدف از به‌کاربردن پروبیوتیک‌ها در جیره، غلبه جمعیت آن‌ها بر جمعیت میکروبی آسیب‌رسان به دستگاه گوارش طیور می‌باشد. غلبه میکروارگانیسم‌های مفید دستگاه گوارش طیور بر پاتوژن‌ها، باعث افزایش رشد، بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش ابقای نیتروژن وکلسیم می‌شود (Van Immerseel و همکاران، ۲۰۰۲).

گزارش شده است که استفاده از سطوح مختلف منابع خوراکی در جیره نه‌تنها موجب تغییرات در متوسط وزن بلکه بر نرخ رشد تأثیرگذار است و می‌تواند به‌عنوان شاخص بلوغ برای حیوانات استفاده شود (Ersoy و همکاران، ۲۰۰۲). ازاین‌رو هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر سطوح مختلف پروبیوتیک بر پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی با سه نوع مدل گومپرتز، لجستیک و ریچاردز و همچنین انتخاب بهترین مدل برای برازش منحنی رشد جوجه‌های گوشتی مصرف‌کننده پروبیوتیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش پرندگان و جمع‌آوری داده‌های رشد

این آزمایش با استفاده از ۲۸۰ قطعه جوجه‌ی گوشتی سویه‌ی راس۳۰۸و یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار (هر تکرار شامل ۱۴ قطعه پرنده از دو جنس نر و ماده به تعداد مساوی) انجام گرفت. همه‌ی پرندگان با جیره یکسانی تغذیه شدند. جوجه‌ها روی بستر پوشالی پرورش‌یافته و در طول دوره پرورش از برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت خاموشی استفاده شد. دسترسی پرندگان به آب و دان به‌صورت آزاد بود. پرندگان از ۱۰-۰ روزگی از جیره آغازین، ۱۰-۲۱ روزگی از جیره رشد و ۴۲-۲۱ روزگی از جیره پایانی استفاده کردند. پروبیوتیک مورداستفاده در این تحقیق از شرکت زیست درمان ماهان بانام تجاری Bio-Poul® تهیه گردید که به‌طور اختصاصی برای جوجه گوشتی فرموله شده است. این ترکیب از ۹ سویه باکتریال و مخمری تشکیل شده است. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد بدون هیچ افزودنی (T_1)، سطح ۱۰۰ گرم در تن جیره از پروبیوتیک بایوپول (T_2)، سطح ۲۰۰ گرم در تن جیره از پروبیوتیک بایوپول (T_3) و سطح ۳۰۰ گرم در تن جیره از پروبیوتیک بایوپول (T_4) بودند که به‌صورت مخلوط در دان در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ پرورش، جوجه‌ها در ساعت ۵ بعدازظهر بعد از ۲ ساعت گرسنگی با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۱۰ گرم وزن‌کشی شدند و داده‌های آن‌ها ثبت گردید.

مدل‌های مورداستفاده و برازش و ارزیابی آن‌ها

جدول ۱ مدل‌های رشد مورداستفاده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. در همه مدل‌های رشد ارائه‌شده W_f حداکثر وزن زنده نهایی (گرم)، W وزن اولیه (گرم)، c نسبت رشد نسبی لحظه‌ای، n پارامتر شکل در مدل ریچاردز، e برابر با (۲/۷۱۸) و t زمان می‌باشد، همچنین T_i سن در نقطه عطف منحنی رشد (روز) و W_i وزن بدن در نقطه عطف منحنی رشد (گرم) است.

مدل‌های مختلف رشد با استفاده از دستور PROC NLIN نرم‌افزار آماری SAS بر داده‌های آزمایشی مربوط به رشد جوجه‌های گوشتی برازش داده شد (SAS Institute Inc، ۱۹۹۹).

برای مقایسه آماری مدل‌ها با یکدیگر از آزمون F استاندارد استفاده شد. هنگامی‌که دو مدل دارای پارامترهای یکسانی باشد، آزمون F به‌صورت معادله زیر انجام می‌شود:

$$F = \frac{SS_1}{SS_2}$$

که در این معادله SS_1 نشان‌دهنده‌ی مجموع مربعات باقیمانده بزرگ‌تر (مدل با خطای پیش‌بینی بیشتر) و SS_2 نشان‌دهنده‌ی مجموع مربعات باقیمانده کوچک‌تر (مدل با خطای پیش‌بینی کمتر) است. در زمان مقایسه دو مدل با تعداد پارامتر متفاوت نیز باید از معادله زیر استفاده کرد:

$$F = \frac{(SS_1 - SS_2)/(df_1 - df_2)}{SS_2/df_2}$$

در این معادله SS_1 و SS_2 به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مجموع مربعات باقیمانده مدل دارای پارامتر کمتر و مدل دارای پارامتر بیشتر است. همچنین df نشان‌دهنده‌ی درجه آزادی مدل (تعداد داده‌ها منهای تعداد پارامترها) می‌باشد (Motulsky و Ransnas، ۱۹۸۷).

پس از مقایسه آماری مدل‌ها با آزمون F استاندارد، برای بررسی نکوئی برازش این مدل‌ها از ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف از مشاهده (Bias) استفاده شد (Roush و همکاران، ۲۰۰۶). بهترین مقدار برای R^2 برابر ۱ و برای سایر معیارها صفر است.

جدول ۱- مدل‌های غیرخطی (Rizzi و همکاران، ۲۰۱۳)

مدل	معادله	تعداد پارامتر	سن در نقطه عطف (T_i)	وزن در نقطه عطف (W_i)
لجستیک	$w_0\, w_f/w_0 + (w_f - w_0)e^{-ct}$	3	$(1/c)\ln((w_f - w_0)/w_0)$	$w_f/2$
گمپرتز	$w_0\, exp[(\ln w_f/w_0)(1 - e^{-ct})]$	3	$(1/c)\ln(\ln(\frac{w_f}{w_0}))$	w_f/e
ریچاردز	$w_0\, w_f/[{w_0}^n + ({w_f}^n - {w_0}^n)e^{-ct}]^{1/n}$	4	$(1/c)\ln(({w_f}^n - {w_0}^n)/n{w_0}^n)$	$w_f/(n+1)^{1/n}$

W_f= حداکثر وزن زنده نهایی (گرم)، W_0= وزن اولیه جوجه (گرم)، c= نسبت رشد نسبی لحظه‌ای، n= پارامتر شکل در مدل ریچاردز، e= عدد (۲/۷۱۸)، t= زمان، T_i= سن در نقطه عطف منحنی رشد (روز)، W_i= وزن بدن در نقطه عطف منحنی رشد (گرم)

نتایج و بحث

در این آزمایش از مدل لجستیک، گمپرتز و ریچاردز برای برازش داده‌های رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروبیوتیک در بازه زمانی ۱ تا ۴۲ روزگی استفاده شده است.

مقادیر تخمین زده‌شده توسط مدل‌های رشد گمپرتز، لجستیک و ریچاردز بر پارامترهای رشد وزن بدن جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با چهار سطح پروبیوتیک در جدول ۳ گزارش‌شده است. تخمین پارامترها در هر سه مدل صرف‌نظر از سطح پروبیوتیک نشان داد که تخمین حداکثر وزن مدل لجستیک (۳۷۰۲ - ۳۵۰۰/۷) پایین‌تر از دو مدل گمپرتز و ریچاردز بود. برای هر سه مدل وزن و سن در نقطه عطف به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای برای گروه مصرف‌کننده ۲۰۰ گرم پروبیوتیک نسبت به سایر سطوح بیشتر بود. همچنین نرخ رشد در جوجه‌های مصرف‌کننده ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم پروبیوتیک در هر سه مدل نسبت به سطح صفر کاهش‌یافته است اما در سطح ۳۰۰ گرم این شاخص با افزایش نسبت به سطح صفر همراه بود، از سوی دیگر مطالعه حاضر نشان داد که جوجه‌ها در وزنی حدود ۲ کیلوگرم به سن بلوغ می‌رسند.

جدول ۲- وزن مشاهده‌شده پرندگان طی دوره ۱-۴۲ روزگی

روز	T_1	T_2	T_3	T_4	P-value	SEM
۱	۴۲/۳	۴۱/۹	۴۲/۹	۴۲/۴	۰/۹۰۵	۰/۳۴
۷	۱۸۸/۱۹	۱۸۳/۳۴	۱۸۵/۳۱	۱۸۹/۸۱	۰/۴۴۱	۱/۴۴
۱۴	۴۵۲/۹۶	۴۴۲/۲۳	۴۴۳/۸۸	۴۵۵/۴۳	۰/۵۳۵	۳/۶۹
۲۱	۹۳۵/۹۰	۹۱۳/۰	۹۱۱/۶۳	۹۲۳/۱۱	۰/۸۱۳	۹/۴۳
۲۸	۱۵۵۱/۳۱	۱۴۸۹/۳۳	۱۵۲۰/۴۳	۱۵۵۲/۵۲	۰/۳۰۹	۱۳/۵
۳۵	۲۲۵۳/۲۰	۲۱۷۴/۳۰	۲۱۹۴/۸۷	۲۲۴۸/۳۰	۰/۴۴۵	۲۰/۱
۴۲	۲۹۲۱/۶۶	۲۸۱۷/۹۴	۲۹۱۲/۹۰	۲۹۰۰/۳۸	۰/۷۶۰	۳۶/۲

* تمام وزن‌ها برحسب گرم است

مشاهدات و تخمین وزن بدن توسط مدل‌ها در طول ۶ هفته پرورش جوجه گوشتی با مصرف پروبیوتیک به ترتیب در جدول ۲ و ۴ ارائه‌شده است. در طول دوره بین هیچ‌کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری در وزن بدن مشاهده نشد (جدول ۲)، هرچند که تیمار ۱۰۰ گرم پروبیوتیک کمترین وزن در بین گروه های آزمایشی را در دوره پرورش داشت.

جدول ۳- تخمین پارامترها توسط مدل‌ها

تیمار	حداکثر وزن نهایی پیش‌بینی‌شده (گرم)	وزن اولیه پیش‌بینی‌شده (گرم)	نرخ ثابت رشد (گرم/روز)	سن در نقطه عطف (روز)	وزن در نقطه عطف (گرم)
لجستیک					
T_1	۳۶۱۳/۷	۹۱/۱۳	۰/۱۲۰	۳۰	۱۸۰۶/۸۵
T_2	۳۵۰۰/۷	۸۹/۹۷	۰/۱۱۹	۳۱	۱۷۵۰/۳۵
T_3	۳۷۰۲/۰	۹۳/۲۳	۰/۱۱۷	۳۱	۱۸۵۱
T_4	۳۵۶۸/۴	۸۹/۹۴	۰/۱۲۱	۳۰	۱۷۸۲/۲
گمپرتز					
T_1	۵۷۴۵/۷	۴۳/۴۹	۰/۰۴۷	۳۴	۲۱۱۳/۹۴
T_2	۵۵۹۱/۴	۴۳/۸۳	۰/۰۴۶	۳۴	۲۰۵۷/۱۷
T_3	۶۱۹۶/۹	۴۶/۸۶	۰/۰۴۴	۳۶	۲۲۷۹/۹۴
T_4	۵۶۴۰/۳	۴۲/۸۹	۰/۰۴۷	۳۴	۲۰۷۵/۱۶
ریچاردز					
T_1	۵۶۲۱/۶	۴۴/۷۹	۰/۰۴۸	۳۴	۲۰۸۹/۶۹
T_2	۵۷۴۱/۸	۴۲/۳۷	۰/۰۴۴	۳۵	۲۰۸۶/۷۹
T_3	۷۱۵۸/۳	۴۰/۴۱	۰/۰۳۶	۳۸	۲۴۹۱/۲۰
T_4	۵۱۴۹/۰	۴۸/۷۳	۰/۰۵۴	۳۳	۱۹۸۳/۰۶

منحنی رشد جوجه‌های گوشتی به‌خوبی توسط سه مدل در چهار سطح پروبیوتیک برازش داده شد، هرچند مدل لجستیک به‌خوبی در فاز ابتدایی رشد برازش پیدا نکرد و خطای آن قابل‌توجه بود، اما مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل ریچاردز با توجه به ضریب تبیین با ارزش بالاتر (۰/۹۹۹۸)، جذر میانگین مربعات خطا کمتر (۹/۱۶) و میانگین انحراف از مشاهده کمتر (۰/۵۲-) نسبت به سایر مدل‌ها نزدیکترین و بهترین پیش‌بینی را با مقادیر مشاهده‌شده داشت (جدول ۵).

جدول ٤- پیش‌بینی داده‌های رشد در طول دوره توسط مدل‌های رشد

روز	T_1			T_2			T_3			T_4		
	لجستیک	گمپرتز	ریچاردز	لجستیک	گمپرتز	ریچاردز	لجستیک	گمپرتز	ریچاردز	لجستیک	گمپرتز	ریچاردز
۱	۱۰۲/۴۶	۵۴/۴۵	۵۵/۷۶	۱۰۱/۰۵	۵۴/۶۷	۵۳/۲۱	۱۰۴/۴۹	۵۷/۹۴	۵۱/۵۵	۱۰۱/۲۰	۵۳/۸۰	۵۹/۶۳
۷	۲۰۴/۷۸	۱۷۱/۴۵	۱۷۲/۰۶	۲۰۰/۷۷	۱۶۹/۰۷	۱۶۸/۴۴	۲۰۵/۰۷	۱۷۲/۸۲	۱۷۰/۱۸	۲۰۳/۰۹	۱۷۰/۶۰	۱۷۳/۳۹
۱۴	۴۴۲/۳۳	۴۵۹/۷۷	۴۵۸/۸۳	۴۳۰/۷۶	۴۴۷/۸۴	۴۴۸/۹۱	۴۳۴/۸۸	۴۴۹/۶۸	۵۴۵/۳۴	۴۴۰/۵۳	۴۵۹/۰۶	۴۵۴/۸۲
۲۱	۸۸۴/۰۰	۹۳۷/۵۷	۹۳۳/۳۶	۸۵۵/۸۹	۹۰۴/۴۴	۹۰۵/۷۵	۸۵۸/۹۷	۹۰۶/۲۹	۹۱۱/۹۰	۸۸۲/۷۵	۹۹۳/۵۲	۹۲۷/۹۶
۲۸	۱۵۵۱/۰۰	۱۵۵۶/۵۰	۱۵۵۶/۸۱	۱۴۹۶/۱۱	۱۵۰۱/۹۳	۱۵۰۱/۵۹	۱۵۰۵/۹۹	۱۵۱۴/۶۷	۱۵۱۳/۲۶	۱۵۴۹/۰۴	۱۵۵۲/۹۵	۱۵۵۴/۳۴
۳۵	۲۲۹۷/۶۶	۲۲۴۶/۲۷	۲۲۴۷/۶۳	۲۲۱۴/۲۸	۲۱۶۵/۶۷	۲۱۶۴/۱۹	۲۲۵۳/۹۹	۲۲۰۶/۸۸	۲۲۰۰/۴۴	۲۲۸۹/۵۱	۲۲۳۶/۹۲	۲۲۴۳/۲۲
۴۲	۲۹۹۸/۶۵	۲۹۲۴/۳۳	۲۹۲۳/۵۶	۲۷۹۶/۳۰	۲۸۲۰/۲۱	۲۸۲۱/۰۵	۲۸۸۵/۳۶	۲۹۰۷/۸۴	۲۹۱۱/۴۴	۲۸۷۹/۲۶	۲۹۰۶/۰۱	۲۹۰۲/۴۵

* تمام وزن‌ها برحسب گرم است

بر اساس ارزیابی‌های گذشته می‌توان این‌گونه گفت که مدل لجستیک نمی‌تواند به‌خوبی داده‌های رشد را برازش کند (Yun و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین گزارش شد که منحنی لجستیک برای موجودات با چرخه زندگی ساده است (Hernandez-Llamas و Ratkowsky، ۲۰۰۴) و برای پرورش جوجه‌های گوشتی مناسب نیست. نتایج آزمون F استاندارد در جدول ۶ گزارش‌شده است. طبق این نتایج هیچ تفاوت آماری بین دو مدل لجستیک در مقابل گمپرتز و گمپرتز در مقابل ریچاردز وجود نداشت اما تفاوت معنی‌داری ($P<0.01$) بین دو مدل ریچاردز و لجستیک وجود داشت. این نتایج بدان معناست که مدل ریچاردز نسبت به دو مدل دیگر برازش بهتری بر داده‌های رشد داشته است. مدل ریچاردز به‌عنوان یک مدل رشد با دو فاز شناخته می‌شود(Goonewardene و همکاران، ۲۰۰۳). این مدل دارای یک تابع انعطاف‌پذیرتر و یک نقطه عطف متغیرتر نسبت به دو مدل دیگر است که شرح کامل‌تری از روند رشد در انواع گونه‌های جانوری را نشان می‌دهد (Hernandez-Llamas و Ratkowsky، ۲۰۰۴؛ Katsanevakis و Maravelias، ۲۰۰۸).

جدول ۵- شاخص‌های مورداستفاده در مقایسه نکوئی برازش مدل‌های رشد

مدل	R^2	RMSE (گرم)	Bias (گرم)
لجستیک	۰/۹۹۸۹	۳۳/۹۶	-۷/۱۱
گمپرتز	۰/۹۹۹۷	۱۳/۱۸	۰/۷۰
ریچاردز	۰/۹۹۹۸	۹/۱۶	-۰/۵۲

تعدادی از مطالعات به این نتیجه رسیدند که پارامتر شکل (n) در مدل ریچاردز باعث می‌شود که این مدل در پاسخ به تغییرات محیطی، تمایل بیشتری به تغییر در وزن بدن و نرخ رشد داشته باشد (Kuhi و همکاران، ۲۰۰۳). در واقع مدل‌های رشدی که در آن شکل منحنی نیز تنظیم می‌شود، تحت تاثیر تغییرات محیطی مانند تنش خوراکی و دما عکس‌العمل بهتری از خود نشان می‌دهند (Aggrey، ۲۰۰۲).

نتایج مطالعه حاضر که با مطالعات محققین دیگر مطابقت می‌کند (Kuhi و همکاران، ۲۰۰۳؛ Tompiae و همکاران، ۲۰۱۱؛ Yun و همکاران، ۲۰۱۵؛ Ahmadi و Mottaghitalab، ۲۰۰۷)، نشان داد با توجه به آزمون F استاندارد و بررسی نکوئی برازش مدل‌ها، مدل ریچاردز بهترین مدل برای پیش‌بینی رشد بود، هرچند که مدل گمپرتز مطابق نظر تعدادی از محققین (Gous و همکاران، ۱۹۹۹؛ Santos و همکاران، ۲۰۰۵؛ Ahmadi و Golian، ۲۰۰۸؛ Cetin و همکاران، ۲۰۰۷) می‌تواند برازش مناسبی از منحنی رشد در جوجه‌های گوشتی را انجام دهد اما در این مطالعه مدل ریچاردز دقت بیشتری در پیش‌بینی رشد جوجه‌های گوشتی داشت. این تفاوت در دقت مدل‌ها می‌تواند به خاطر نوع جیره مصرفی، نوع حیوان و مراحل مختلف زندگی حیوان باشد (Yun و همکاران، ۲۰۱۵). مدل گمپرتز به دلیل ثابت بودن نقطه عطف (برابر ۰/۳۶ وزن نهایی) بر خلاف مدل ریچاردز با نقطه عطف متغیر، انعطاف‌پذیری کمتری داردکه به‌عنوان یک محدودیت برای پیش‌بینی داده‌های رشد محسوب می‌شود (Kuhi و همکاران، ۲۰۰۳). مدل ریچاردز نشان داد که جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطح ۳۰۰ گرم پروبیوتیک بالاترین نرخ رشد را دارند، این در حالی است که استفاده از سطح ۲۰۰ گرم پروبیوتیک موجب به تأخیر افتادن سن در نقطه عطف و افزایش وزن بدن در نقطه عطف نسبت به سایر تیمارها می‌شود.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج نشان داد که مدل ریچاردز بهترین مدل برای پیش‌بینی منحنی رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروبیوتیک بود. همچنین مطابق با پیش‌بینی انجام‌شده توسط مدل ریچاردز سطح بهینه پروبیوتیک برای جوجه‌های گوشتی ۲۰۰ گرم در تن خوراک است، به‌طوری‌که پرنده با مصرف این سطح از پروبیوتیک تا رسیدن به وزن ۲۴۹۰ گرم در سن ۳۸ روزگی دارای سرعت رشد سریع می‌باشد و از ۳۸ روزگی به بعد تا رسیدن به حداکثر وزن دارای سرعت رشد آهسته‌ای می‌باشد.

تشکر و قدردانی

در انتها از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر حامد احمدی که در نگارش این مقاله بنده را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

جدول ٦- تفاوت آماری بین مدل‌ها بر مبنای مجموع مربعات باقی‌مانده به‌وسیله آزمون *F* استاندارد

تیمار	لجستیک=گمپرتز	گمپرتز=ریچاردز	ریچاردز=لجستیک
T_1	۱/۴۵	۰/۰۱۲	۱۶/۵۷*
T_2	۱/۲۵	۰/۰۰۷	۹/۰۲*
T_3	۱/۲۹	۰/۱۵۰	۱۰/۷۵*
T_4	۱/۳۲	۰/۲۲۰	۱۱/۸۲*

*معنی‌داری در سطح $P<0.01$

منابع

Abbas, A. A., Yosif, A. A., Shukur, A. M., & Ali, F. H. (2014). Effect of genotypes, storage periods and feed additives in broiler breeder diets on embryonic and hatching indicators and chicks blood parameters.*ScienceAgriculture*,7(1), 44-48.

AFRC, R. Fuller. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365-378.

Aggrey, S. E. (2002). Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, 81(12), 1782-1788.

Ahmadi, H., & Golian, A. (2008). Non-linear hyperbolastic growth models for describing growth curve in classical strain of broiler chicken. *Research Journal of Biological Sciences*, 3(11), 1300-1304.

Ahmadi, H., & Mottaghitalab, M. (2007). Hyperbolastic models as a new powerful tool to describe broiler growth kinetics. *Poultry Science*, 86(11), 2461-2465.

Barbosa, T. M., & Levy, S. B. (2000). The impact of antibiotic use on resistance development and persistence. *Drug Resistance Updates*, 3(5), 303-311.

Cetin, M., Sengul, T., Sogut, B., & Yurtseven, S. (2007). Comparison of growth models of male and female partridges. *Journal of Biological Sciences*, 7(6), 964-968.

Ersoy, I. E., Mendes, M., & Aktan, S. E. D. A. T. (2006). Growth curve establishment for American Bronze turkeys. *Archiv For Tierzucht*, 49(3), 293.

Goliomytis, M., Panopoulou, E., & Rogdakis, E. (2003). Growth curves for body weight and major component parts, feed consumption, and mortality of male broiler chickens raised to maturity. *Poultry Science*, 82(7), 1061-1068.

Goonewardene, L. A., Wang, Z., Okine, E., Zuidhof, M. J., Dunk, E., & Onderka, D. (2003). Comparative growth characteristics of emus (Dromaius novaehollandiae). *The Journal of Applied Poultry Research*, 12(1), 27-31.

Gous, R. M., Moran, E. T., Stilborn, H. R., Bradford, G. D., & Emmans, G. C. (1999). Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science*, 78(6), 812-821.

Hernandez-Llamas, A., & Ratkowsky, D. A. (2004). Growth of fishes, crustaceans and molluscs: estimation of the von Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards curves and a new growth model. *Marine Ecology Progress Series*, 282, 237-244.

Katsanevakis, S., & Maravelias, C. D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9(2), 178-187.

Kuhi, H. D., Kebreab, E., Lopez, S., & France, J. (2003). An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken. *Poultry Science*, 82(10), 1536-1543.

Motulsky, H. J., & Ransnas, L. A. (1987). Fitting curves to data using nonlinear regression: a practical and nonmathematical review. *The FASEB Journal*, 1(5), 365-374.

Rizzi, C., Contiero, B., & Cassandro, M. (2013). Growth patterns of Italian local chicken populations. *Poultry Science*, 92(8), 2226-2235.

Roush, W. B., Dozier, W. A., & Branton, S. L. (2006). Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. *Poultry Science*, 85(4), 794-797.

Santos, A. L., Sakomura, N. K., Freitas, E. R., Fortes, C. M. S., & Carrilho, E. N. V. M. (2005). Comparison of free range broiler chicken strains raised in confined or semi-confined systems. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 7(2), 85-92.

Schulze, V., Roehe, R., Looft, H., & Kalm, E. (2001). Genetic analysis of the course of individual growth and feed intake of group-penned performance tested boars. *Archiv For Tierzucht*.

Statistical Analysis System Institute. (1999). SAS/STAT user's guide, version 8 (Vol. 2). SAS Institute.

Tompić, T., Dobša, J., Legen, S., Tompić, N., & Medić, H. (2011). Modeling the growth pattern of in-season and off-season Ross 308 broiler breeder flocks. *Poultry Science*, 90(12), 2879-2887.

Van Immerseel, F., Cauwerts, K., Devriese, L. A., Haesebrouck, F., & Ducatelle, R. (2002). Feed additives to control *Salmonella* in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 58(04), 501-513.

Wang, Z., & Zuidhof, M. J. (2004). Estimation of growth parameters using a nonlinear mixed Gompertz model. *Poultry Science*, 83(6), 847-852.

Yun, B., Yu, X., Xue, M., Liu, Y., Wang, J., Wu, X., & Liang, X. (2015). Effects of dietary protein levels on the long-term growth response and fitting growth models of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Animal Nutrition*, 1(2), 70-76.