نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۰، پاییز ۱۴۰۲
ص‌ص: ۴۱~۵۴

برآورد پارامترهای ژنتیکی وزن تخم، وزن زرده و اسیدهای چرب زرده در بلدرچین ژاپنی

• ندا فرزین*[1]، مهلا عجم[2] و ابوالقاسم سراج[1]

۱- استادیار گروه علوم دامی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نژاد دام، گروه علوم دامی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت : مرداد ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : آذر ۱۴۰۱

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۱۴۳۶۱۱۵

Email: farzin.neda@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2022.359526.2248

چکیده

هدف تحقیق حاضر بررسی اثر ژنتیکی افزایشی بر صفات وزن تخم، وزن زرده و میزان اسیدهای چرب زرده و برآورد توارث‌پذیری این صفات بود. در این پژوهش، از ۱۵۰ بلدرچین ژاپنی سفید (شامل ۵۰ نر و ۱۰۰ماده) به عنوان نسل مولد یا پایه (فاقد هرگونه اطلاعات شجره‌ای) استفاده شد. در نسل F2، ۱۰۰ بلدرچین ماده در سن ۵ هفتگی، به طور تصادفی انتخاب شدند و به قفس‌های تخم‌گذاری انتقال یافتند. صفات مورد مطالعه شامل وزن تخم، وزن زرده و میزان اسیدهای چرب زرده بود. مولفه‌های واریانس و کوواریانس و پارامترهای ژنتیکی صفات با استفاده از مدل حیوانی چندصفتی و نرم‌افزار Wombat برآورد گردید. وراثت‌پذیری وزن تخم و وزن زرده به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۳۸ محاسبه شد. این برآوردها برای اسیدهای چرب زرده از ۰/۲۷ (اسید پالمیتولئیک) تا ۰/۴۵ (اسید پالمتیک) متغیر بود. همبستگی ژنتیکی بین وزن تخم و اسیدهای چرب زرده، کم و از ۰/۰۱ (بین وزن تخم و اسید لینولئیک) تا ۰/۱۰ (بین وزن تخم و اسید استئاریک) بود. همبستگی ژنتیکی وزن زرده و مقدار اسیدهای چرب بیشتر و در دامنه‌ای از ۰/۱۰ (بین وزن زرده و اسید لینولنیک) تا ۰/۵۱ (بین وزن زرده و اسید استئاریک) بود. براساس این نتایج می‌توان پیش‌بینی کرد که انتخاب ژنتیکی در جهت افزایش وزن زرده تخم در بلدرچین، منجر به افزایش مقدار اسیدهای چرب زرده شود.

واژه‌های کلیدی: وزن زرده، اسید چرب، وراثت‌پذیری، همبستگی ژنتیکی.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 140 pp: 41-54

Genetic parameters of egg weight, yolk weight and yolk fatty acids in Japanese quail

Neda Farzin[*1], Mahla Ajam and Abolghasem Seraj[1]
[1] Assistant Professor of Animal breeding, Department of Animal Science, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[2] Former student of Animal breeding, Department of Animal Science, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[*]Corresponding Author: Neda Farzin (email: Farzin.neda@gmail.com)

Received: August 2022 **Accepted: December 2022**

The aim of the present study was to investigate effect of additive genetic on egg weight, yolk weight and yolk fatty acid content and estimation of heritability for these traits. In this research, 150 white Japanese quails (50 males and 100 females) were used as the base population (without any pedigree information). In the F2 generation, 100 female quails were randomly selected at the fifth week of age and transferred to laying cages. The traits included egg weight, yolk weight and yolk fatty acid contents. (Co) Variance components and genetic parameters were estimated using multiple animal models by Wombat software. The estimated heritability for egg weight and yolk weight were 0.45 and 0.38, respectively. These estimates for yolk fatty acids ranged from 0.27 (Palmitoleic acid) to 0.45 (Palmetic acid). Genetic correlations between egg weight and yolk fatty acids were low, ranging from 0.01 (between egg weight and Linoleic acid) to 0.10 (between egg weight and Stearic acid). The higher genetic correlations were between yolk weight and yolk fatty acids, varying from 0.10 (between yolk weight and Linoleic acid) to 0.51 (between yolk weight and Stearic acid). The results showed that selection for increasing the yolk weight could lead to producing eggs with more contents of yolk fatty acids.

Key words: Yolk weight, fatty acid, heritability, genetic correlation.

مقدمه

در طی چهار دهه گذشته، بلدرچین به‌دلیل داشتن یکسری ویژگی‌های مطلوب از جمله رشد سریع و جثه کوچک، تولید بالای تخم و فاصله کوتاه تخم‌گذاری، نیاز به غذای کم، محیط پرورش موردنیاز کوچک‌تر، کیفیت بالای گوشت و تخم (کلسترول کم)، مقاومت به بسیاری از بیماری‌های رایج جوجه‌های گوشتی، بعنوان یک پرنده با ارزش و تجاری مورد توجه محققین قرار گرفته است (Yalcin و همکاران، ۱۹۹۵؛ Varkoohi و همکاران، ۲۰۱۱). تخم بلدرچین در مقایسه با تخم طیور تخم‌گذار از ارزش غذایی بیشتری برخوردار است. به طور مثال، تخم بلدرچین دارای مقادیر بیشتری آهن، کلسیم، فسفر و ویتامین‌های گروه B می باشد (Golzar Adabi و همکاران، ۲۰۱۶). در اکثر مطالعات وراثت‌پذیری وزن تخم بلدرچین از متوسط تا زیاد (۰/۳۶ تا ۰/۸۳) گزارش شده است (Mielenz و همکاران، ۲۰۰۶؛ Bahie El-Deen و همکاران، ۲۰۰۸؛ Sezer، ۲۰۰۸؛ Silva و همکاران، ۲۰۱۳؛ Momoh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Sari و همکاران، ۲۰۱۶) و انتظار می‌رود که اصلاح نژاد در جهت انتخاب پرندگان برتر منجر به بهبود قابل قبول در این صفت گردد (رئوفی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Varkoohi و Kaviani، ۲۰۱۴).

وزن تخم به دو بخش اصلی وزن زرده و وزن آلبومین تقسیم می‌شود. زرده به علت اینکه منبع متراکم مواد غذایی می‌باشد، تاثیرقابل ملاحظه‌ای بر روی وزن جوجه داشته و همبستگی ژنتیکی بالای برآورد شده بین وزن زرده و وزن جوجه تاییدکننده این مطلب است (Hartmann و همکاران، ۲۰۰۳). یک زرده بزرگ دلالت بر سطح بالای مواد غذایی داشته و به دلیل همبستگی ژنتیکی مثبت آن با اندازه تخم باعث بزرگ شدن تخم خواهد شد (Rodda و همکاران، ۱۹۷۷). همبستگی وزن تخم و وزن زرده

در بلدرچین زیاد (۰/۷۵) گزارش شده است (Sari و همکاران، ۲۰۱۶؛ Celik و همکاران، ۲۰۲۱). انتخاب وزن زرده براساس اثر ژنتیکی افزایشی مستقیم منجر به بهبود ارزش‌های اصلاحی مادری باروری، جوجه‌درآوری و قدرت زنده ماندن جوجه‌ها تا دو هفتگی می شود (Hartmann و همکاران، ۲۰۰۲).

لیپیدها به عنوان بخش اصلی تشکیل‌دهنده زرده، ۶۰ درصد آن را بر اساس ماده خشک شامل شده و عبارت از تری گلیسریدها، فسفولیپیدها، کلسترول و بعضی دیگر از لیپیدها به میزان جزئی می باشند. اسیدهای چرب عمده زرده شامل اسید پالمتیک (C_{16} -0)، پالمیتولئیک (C_{16} -1)، استئاریک (C_{18} -0)، اولئیک (C_{18} :1) و لینولئیک (C_{18} -2) می باشند (Wang و همکاران، ۲۰۰۰). تری‌گلیسریدهای موجود در زرده تخم به عنوان یک منبع مهم انرژی برای جوجه در دوران جنینی محسوب می شوند (Cherian، ۲۰۱۵). ترکیب اسیدهای چرب زرده تحت تاثیر سن (Latour و همکاران، ۱۹۹۸؛ Yilmaz-Dikmen و Sahan، ۲۰۰۹؛ Lesic و همکاران، ۲۰۱۷؛ Zita و همکاران، ۲۰۲۲)، جیره غذایی (Griogorova و همکاران، ۲۰۱۴؛ Al-Daraji و همکاران، ۲۰۱۱؛Omidi و همکاران، ۲۰۱۵؛ Keum و همکاران، ۲۰۱۸) و ژنتیک پرنده (فرزین و همکاران، ۱۳۸۶) می باشد. در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه ترکیب اسیدهای چرب در زرده تخم حاصل از گونه‌های مختلف طیور صورت گرفت، اسیدهای پالمتیک و اولئیک بیشترین و اسید لینولنیک کمترین مقدار را در زرده تخم بلدرچین نشان داد. در این تحقیق اسیدهای چرب تک اشباع[1]، در زرده تخم حاصل از بلدرچین و مرغ کمتر از دیگر گونه‌های پرنده مطالعه شده (اردک، قرقاول و شترمرغ) بود. همچنین زرده بلدرچین بیشترین مقدار اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا ۳[2] را نشان داد (Kazmierska و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه‌ای مشابه نیز که به منظور مقایسه اسیدهای چرب زرده ۹ گونه پرنده صورت گرفت، اسیدهای چرب اولئیک، پالمتیک و لینولئیک به ترتیب بیشترین مقدار اسیدهای چرب زرده را در بلدرچین داشتند. در این تحقیق گزارش شد که اسیدهای چرب تک غیر اشباع مقادیر بیشتری را نسبت به اسیدهای چرب اشباع یااسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه داشتند. اسید اولئیک مهم‌ترین اسید چرب با یک پیوند دوگانه و اسید پالمتیک مهم‌ترین اسید چرب اشباع در همه گونه‌های مورد بررسی در تحقیق موردنظر بود (Polat و همکاران، ۲۰۱۳). در بررسی‌های انجام شده بر روی اسیدهای چرب زرده تخم‌مرغ نیز، اسیدهای اولئیک، پالمتیک و لینولئیک به ترتیب بیشترین غلظت را داشتند (فرزین و همکاران، ۱۳۸۶، Stibilj و همکاران، ۱۹۹۹؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۰).

در مورد اثر عوامل محیطی و تغذیه‌ای بر میزان اسیدهای چرب زرده تخم طیور تخم‌گذار و همچنین بلدرچین مطالعات متعددی صورت گرفته است، ولی در زمینه بررسی اثر عوامل ژنتیکی بر ترکیب یا مقدار اسیدهای چرب زرده مطالعات بسیار اندکی موجود می باشد. در بعضی مطالعات، اثر نژاد پرنده بر میزان و ترکیب اسیدهای چرب زرده معنی دار (Biesiada-Drzazga و همکاران،۲۰۱۴؛ Franco و همکاران، ۲۰۲۰) و در بعضی دیگر، غیرمعنی‌دار(Garcia-Lopez و همکاران، ۲۰۰۷؛ Kostaman و همکاران، ۲۰۲۱؛ Biesiada-Drzazga و همکاران، ۲۰۲۰) گزارش شده است. در یک مطالعه، اثر گونه پرنده بر میزان اسیدهای چرب زرده تخم معنی‌دار برآورد شد (Golzar Adabi و همکاران، ۲۰۱۳). در یک مطالعه که به منظور بررسی اثر انتخاب در بهبود نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ انجام شد، در نسل چهارم تفاوت معنی‌داری در نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به ۳ در دولاین مورد نظر مشاهده شد. وراثت‌پذیری نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به ۳، متوسط (۰/۴۵) برآورد شد و میزان پاسخ به انتخاب و همچنین وزن و نسبت زرده در لاین انتخاب شده برای نسبت کمتر اسیدهای چرب امگا ۶ به ۳، بیشتر بود. برای صفات دیگر همچون باروری، جوجه‌درآوری و وزن تخم تفاوت معنی‌داری بین دو لاین مشاهده نشد. برآورد وراثت‌پذیری مناسب و عدم مشاهده پاسخ به انتخاب وابسته برای سایر صفات تولیدی و تولیدمثلی در این مطالعه نشان داد که کاهش نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ در زرده تخم بلدرچین از طریق اصلاح نژاد و انتخاب ممکن می باشد

[1] Monounsaturated fatty acids
[2] n-3 polyunsaturated fatty acids

(Mennicken و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به محدود بودن مطالعات صورت گرفته در این زمینه، هدف تحقیق حاضر بررسی اثر ژنتیکی افزایشی بر میزان اسیدهای چرب زرده و برآورد توارث‌پذیری این صفات است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از ۱۵۰ بلدرچین ژاپنی سفید (شامل ۵۰ نر و ۱۰۰ماده) به عنوان نسل مولد یا پایه (فاقد هرگونه اطلاعات شجره‌ای) استفاده شد. حیوانات مذکور ثبت مشخصات شده و هر پرنده نر با دو پرنده ماده با شماره‌های مشخص، در قفس‌هایی به ابعاد ۲۵×۲۵×۳۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. جیره غذایی با استفاده از جداول احتیاجات مواد غذایی طیور[3] (۱۹۹۴) برای دوره تخمگذاری تنظیم شد (جدول ۱). تخم‌های گذاشته شده بصورت روزانه جمع آوری شد و پس از انجام عملیات بهداشتی و ضدعفونی با گاز فرمالدئید، در داخل دستگاه جوجه‌کشی (ستر) قرار گرفتند. تخم‌ها به مدت ۱۴ روز درون ستر و پس از آن برای مدت ۳ روز به دستگاه هچری، انتقال داده شدند. تخم‌های حاصل از هر پدر و مادر داخل بخش مخصوص قرار گرفت. جوجه‌های هر مادر بلافاصله بعد از تولد شماره‌گذاری شد و به سالن پرورش انتقال یافت. براساس احتیاجات غذایی بلدرچین مطابق جداول انجمن ملی تحقیقات NRC و به کمک نرم افزار UFFDA جیره آزمایشی تنظیم و بطور آزاد در اختیار پرنده‌ها قرار گرفت (جدول ۲). الگوی مشابه برای سیستم تلاقی و شرایط پرورش برای نسل دوم نیز تکرار شد. در نسل F2، ۱۰۰ بلدرچین ماده در سن ۵ هفتگی، به طور تصادفی انتخاب شدند و به قفس‌های تخم‌گذاری انتقال یافتند. میانگین سن بلوغ جنسی و وزن بلوغ جنسی به ترتیب ۴/۶۰ ± ۴۷/۳۲ روز و ۲۱/۳۸ ± ۲۲۹/۸۹ گرم بود. به منظور کاهش اثر سن بلوغ جنسی متفاوت در پرندگان بر صفات تخم، از تخم‌های هفته دوم تخم‌گذاری برای انجام آزمایشات اسیدهای چرب زرده استفاده شد.

[3] NRC

جدول ۱: جیره‌ی مورد استفاده و ترکیب مواد مغذی محاسبه‌شده (درصد) برای دوره تخم‌گذاری

جیره‌ی مورد استفاده		ترکیب مواد مغذی محاسبه‌شده	
مواد خوراکی مورد استفاده	درصد در ترکیب جیره	انرژی قابل سوخت و ساز	۳۰۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم
ذرت (CP=۷/۸۹)	۵۲/۱۲	پروتئین	۲۰ درصد
کنجاله‌سویا (CP=۴۳/۶۸)	۳۶/۲۷	کلسیم	۲/۸ درصد
روغن سویا	۳/۸۴	فسفر قابل‌استفاده	۰/۳۵ درصد
دی کلسیم فسفات	۱/۲۴	سدیم	۰/۱۵ درصد
کربنات کلسیم	۵/۵۶	لیزین	۱/۱ درصد
نمک	۰/۳۴	متیونین	۰/۴۵ درصد
مکمل معدنی	۰/۲۵	متیونین+ سیستئین	۰/۷۸ درصد
مکمل ویتامینی	۰/۲۵	--	--
DL-متیونین	۰/۱۳	--	--

* جیره‌های آزمایشی حاوی حداقل مقدار مواد مغذی توصیه‌شده‌ی NRC بودند

جدول ۲: جیره‌ی مورد استفاده و ترکیب مواد مغذی محاسبه‌شده (درصد) برای دوره‌ی رشد

مواد خوراکی مورد استفاده	درصد در ترکیب جیره	ترکیب مواد مغذی محاسبه‌شده (درصد)	
ذرت (CP=۷/۸۹)	۵۰/۵۰	انرژی قابل سوخت و ساز	۲۹۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم
کنجاله سویا (CP=۴۳/۶۸)	۴۲/۰۳	پروتئین	۲۴ درصد
پودر ماهی (CP=۵۵/۳۲)	۳	کلسیم	۰/۸ درصد
روغن سویا	۲/۰۷	فسفر قابل‌استفاده	۰/۳ درصد
دی کلسیم فسفات	۰/۳۲	سدیم	۰/۱۵ درصد
کربنات کلسیم	۱/۱۶	لیزین	۱/۳۹ درصد
نمک	۰/۳	متیونین	۰/۵ درصد
مکمل معدنی	۰/۲۵	متیونین+ سیستئین	۰/۸۸ درصد
مکمل ویتامینی	۰/۲۵	--	--
کلیناکوکس	۰/۰۲	--	--
DL-متیونین	۰/۱	--	--

* جیره‌های آزمایشی حاوی حداقل مقدار مواد مغذی توصیه‌شده‌ی NRC بودند

وزن تخم و زرده تعداد ۵۴۸ تخم بلدرچین ثبت و ۲۰۰ نمونه زرده برای تعیین اسیدهای چرب زرده به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری وزن تخم، از ترازوی دیجیتال با حساسیت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. برای تعیین صفات زرده، تخم‌ها بر روی صفحه شیشه‌ای شکسته شد و پس از جدا کردن زرده از سفیده، وزن زرده با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای تعیین اسیدهای چرب زرده تخم از دستگاه کروماتوگراف گازی[4] استفاده گردید. با توجه به زمان بازداری شناخته شده برای هریک از اسیدهای چرب استاندارد، اسیدهای پالمتیک ($C_{16:0}$)، پالمیتولئیک ($C_{16:1}$)، استئاریک ($C_{18:0}$)، اولئیک ($C_{18:1}$) و لینولئیک

[4] Gas Chromatography

($C_{18:2}$) و لینولنیک ($C_{18:3}$) شناسایی و سطح زیر منحنی برای هر یک از اسیدهای چرب مشخص شد. سپس غلظت اسیدهای چرب با استفاده از رابطه زیر برای هر نمونه محاسبه شد (Wang و همکاران، ۲۰۰۰).

$$FAC = [A * (B/C)] / D$$

در این رابطه؛ FAC غلظت اسیدچرب(میلی گرم در گرم)، A سطح زیر منحنی اسید مجهول، B غلظت استاندارد درونی(میلی گرم در میلی لیتر)، C سطح زیرمنحنی استاندارد درونی و D وزن نمونه زرده است.

روش تجزیه و تحلیل آماری

در ابتدا صحت اطلاعات و نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط نرم افزار مینی‌تب مورد بررسی قرار گرفت. مولفه‌های واریانس-کوواریانس صفات و پارامترهای ژنتیکی (وراثت پذیری و همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات) در مدل حیوانی چند صفتی، با استفاده از نرم افزار Wombat (Meyer، ۲۰۰۷) برآورد گردید.

مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + b_1(ASM) + b_2\ (BWSM) + a_i + e_{ij}$$

در مدل موردنظر، y_{ij}، مشاهدات مورد نظر؛ μ، میانگین جمعیت؛ b_1، ضریب تابعیت صفات مورد مطالعه از سن بلوغ جنسی؛ ASM، سن بلوغ جنسی پرنده؛ b_2، ضریب تابعیت صفات مورد مطالعه از وزن بلوغ جنسی؛ BWSM، وزن بلوغ جنسی؛ a_i، اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی هر پرنده و e_{ij}، اثرات باقیمانده بود.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی مربوط به هریک از صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین وزن تخم و وزن زرده به ترتیب ۱۰/۷۶ و ۳/۹۶ گرم با ضریب تغییرات ۳۳ و ۱۲ درصد بود. اسید اولئیک (C_{18-1}) و اسید لینولنیک (C_{18-3}) به ترتیب با ۱۱۹/۳۲ و ۱/۸۹ میلی گرم در گرم زرده، بیشترین و کمترین مقدار را در بین اسیدهای چرب بررسی شده در زرده نشان دادند. دامنه این مقادیر برای سایر اسیدهای چرب از ۲۰/۸۱ (برای اسید پالمیتولئیک) تا ۹۳/۹۲ (برای اسید پالمتیک) بود. ضریب تغییرات اسیدهای چرب از ۶ تا ۱۴ درصد متغیر بود. در بین اسیدهای چرب بررسی شده، اسید پالمتیک و استئاریک، اسید چرب اشباع، اسید پالمیتولئیک و اولئیک، اسید چرب غیر اشباع با یک پیوند دو گانه و اسید لینولئیک و لینولنیک اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه بودند.

جدول ۳: آمار توصیفی صفات مورد مطالعه

صفت	خطای معیار± میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات (درصد)
وزن تخم (گرم)	۱۰/۷۶ ± ۳/۵۴	۶/۹۷	۱۳/۵۲	۳۳
وزن زرده (گرم)	۳/۹۶ ± ۰/۴۹	۲/۵۲	۵/۶۱	۱۲
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۹۳/۹۲ ± ۵/۸۵	۳۲/۲۲	۱۳۷/۳۹	۶
اسید پالمیتولئیک ($C_{16:1}$)	۲۰/۸۱ ± ۲/۹۷	۷/۷۴	۴۱/۷۳	۱۴
اسید استئاریک ($C_{18:0}$)	۲۶/۴۶ ± ۲/۳۹	۱۱/۷۱	۳۷/۸۵	۹
اسید اولئیک (C_{18-1})	۱۱۹/۳۲ ± ۸/۱۲	۵۹/۷۴	۱۹۱/۶۱	۷
اسید لینولئیک (C_{18-2})	۳۵/۱۶ ± ۲/۰۴	۱۸/۲۰	۸۹/۹۱	۶
اسید لینولنیک (C_{18-3})	۱/۸۹ ± ۰/۱۲	۰/۳۹	۲/۲۲	۶

برآورد مولفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری وزن تخم، وزن زرده و مقدار اسیدهای چرب زرده در جدول ۴ نشان داده شده است. وراثت‌پذیری وزن تخم و وزن زرده به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۳۸ برآورد شد. برآورد وراثت‌پذیری صفات تولید تخم در مطالعات مختلف متغیر بوده و تحت‌تاثیر جمعیت مورد مطالعه، زمان و نحوه ثبت مشخصات و مدل مورد استفاده می‌باشد. در اکثر مطالعات در بلدرچین وراثت‌پذیری وزن تخم و زرده از متوسط تا زیاد برآورد شده است (Mielenz و همکاران، ۲۰۰۶؛ Bahie El-Deen و همکاران، ۲۰۰۸؛ Sezer، ۲۰۰۸؛ Silva و همکاران، ۲۰۱۳؛ Momoh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Sari و همکاران، ۲۰۱۶). اگرچه در یک تحقیق که به منظور برآورد همبستگی ژنتیکی صفات تولیدی و زنده‌مانی در بلدرچین ژاپنی انجام شد، وراثت پذیری کم (۰/۰۴) برای وزن تخم گزارش شد (Saghi و همکاران، ۲۰۲۲). در مشابهت با تحقیق حاضر در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در بلدرچین مقادیر وراثت پذیری وزن تخم بیشتر از وزن زرده برآورد شده است. در یک تحقیق به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات داخلی تخم بلدرچین، وراثت‌پذیری وزن تخم و وزن زرده به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۷۴ گزارش شد (Sezer، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای مشابه، وراثت‌پذیری ۰/۴۵ و ۰/۲۵ به ترتیب برای وزن تخم و وزن زرده برآورد شد (Sari و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر بر روی بلدرچین ژاپنی، وراثت‌پذیری ۰/۴۱ و ۰/۳۳ به ترتیب برای وزن تخم و وزن زرده به دست آمد (رئوفی و همکاران، ۱۳۹۱). از طرف دیگر در بعضی مطالعات در طیور تخم‌گذار، گوشتی و بلدرچین مقادیر بیشتری برای وراثت‌پذیری وزن زرده در مقایسه با وزن تخم گزارش شده است. فرزین و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه ای در یک لاین طیور گوشتی مقادیر ۰/۲۳ و ۰/۲۹ را به ترتیب برای وراثت‌پذیری وزن تخم و وزن زرده گزارش کردند. این برآوردها در مطالعه‌ای بر روی صفات کیفی تخم‌مرغ نژاد لگهورن سفید، از ۰/۲۸ تا ۰/۴۴ برای وزن تخم و ۰/۴۱ تا ۰/۷۴ برای وزن زرده متغیر بود (Rath و همکاران، ۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر که به منظور بررسی پیشرفت ژنتیکی صفات تخم در نتیجه انتخاب طی نسل‌های متوالی در بلدرچین ژاپنی صورت گرفت، وراثت‌پذیری وزن تخم و وزن زرده به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۵۰ برآورد شد (Kaye و همکاران، ۲۰۱۶).

برآورد وراثت‌پذیری برای اسیدهای چرب زرده از ۰/۲۷ (اسید پالمیتولئیک) تا ۰/۴۵ (اسید پالمتیک) متغیر بود (جدول ۴). خطای معیار در برآورد مولفه‌های واریانس و در نتیجه برآورد وراثت‌پذیری تا حدودی زیاد بود که می‌تواند به دلیل تعداد کم داده‌ها باشد. در بررسی منابع، گزارشی از برآورد پارامترهای ژنتیکی اسیدهای چرب زرده بلدرچین ارائه نشده است. در مطالعه‌ای که توسط فرزین و همکاران (۱۳۸۶) بر روی ترکیب اسیدهای چرب زرده یک لاین طیور گوشتی انجام شد، برآورد وراثت‌پذیری همه صفات تحت مطالعه بالا بوده، دامنه‌ای از ۰/۴۸ برای اسید پالمیتولئیک تا ۰/۶۹ برای اسید استئاریک داشتند. این محققین پیشنهاد کردند که انتخاب مستقیم براساس هر یک از اسیدهای چرب زرده می‌تواند باعث بهبود آنها شود. اگرچه این امر به علت هزینه بالای اندازه‌گیری این خصوصیات قابل توجیه نبوده و لازم است هرگونه بهبود در این صفات از طریق انتخاب غیرمستقیم صورت گیرد. در مقایسه با تحقیق ذکر شده، برآورد وراثت‌پذیری اسیدهای چرب زرده تخم بلدرچین در مطالعه حاضر کمتر بود که می‌تواند نشان‌دهنده اثر کمتر ژن‌های افزایشی بر صفات موردنظر باشد.

مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اثر ژن‌های افزایشی بر میزان یا نسبت اسیدهای چرب زرده تخم مرغ یا بلدرچین معدود بوده و مطالعات صورت گرفته عمدتا در جهت بررسی اثر نژاد، گونه و یا سویه مورد بررسی بر محتوای زرده تخم طیور بوده است. در مطالعه‌ای که توسط Biesiada-Drzazga و همکاران (۲۰۱۴) به منظور بررسی اثر نژاد مرغ بر صفات داخلی تخم‌مرغ صورت گرفت، تفاوت معنی‌داری در وزن و نسبت زرده در دو ژنوتیپ مورد بررسی مشاهده شد. در پژوهشی دیگر نیز که در جهت بررسی اثر نژاد مرغ بر ویژگی‌های کیفیت تخم‌مرغ و همچنین محتوای چربی و میزان اسیدهای چرب زرده صورت گرفت، اثر نژاد بر درصد چربی تخم و میزان اسیدهای چرب پالمتیک،

پالمیتولئیک، استئاریک، اولئیک و لینولنیک معنی دار بود (Franco و همکاران، ۲۰۲۰). این نتایج در تضاد با مطالعه‌ای دیگر بود که به منظور مقایسه ترکیب تخم‌مرغ‌های متعلق به دو گروه ژنتیکی مختلف انجام شد و تفاوتی در وزن تخم، وزن زرده و همچنین ترکیب اسیدهای چرب زرده مشاهده نشد (Garcia-Lopez و همکاران، ۲۰۰۷).در مطالعه‌ای مشابه نیز که به منظور بررسی ترکیبات داخلی تخم‌مرغ در مرغ‌هایی با منشا ژنتیکی مختلف صورت گرفت، تفاوتی در میزان کلسترول و نسبت اسیدهای چرب زرده تخم مرغ در دو گروه ژنتیکی مورد بررسی مشاهده نشد (Biesiada-Drzazga و همکاران، ۲۰۲۰). نتایجی مشابه نیز توسط Kostaman و همکاران (۲۰۲۱) گزارش شد. در تحقیقی دیگر به منظور مقایسه اسیدهای چرب زرده تخم در گونه‌های مختلف طیور، تفاوت معنی داری در میزان اسیدهای چرب پالمتیک، استئاریک، لینولئیک و لینولنیک بلدرچین و گونه‌های دیگر طیور مشاهده شد (Golzar Adabi و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ٤: برآورد مولفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری وزن تخم، وزن زرده و مقدار اسیدهای چرب زرده

صفت	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm SE$
وزن تخم	۱/۵۷ ± ۰/۴۴	۱/۸۹ ± ۰/۳۳	۳/۴۶ ± ۰/۸۷	۰/۴۵ ± ۰/۲۲
وزن زرده	۰/۲۴ ± ۰/۱۲	۰/۴۰ ± ۰/۰۹	۰/۶۴ ± ۰/۱۰	۰/۳۸ ± ۰/۲۸
اسید پالمتیک	۳۵۶/۸۷ ± ۲۲/۳۵	۴۲۱/۸۹ ± ۹۷/۹۲	۷۸۰/۷۶ ± ۸۹/۹۱	۰/۴۵ ±۰/۳۹
اسید پالمیتولئیک	۱۷/۱۰ ± ۲/۹۱	۴۵/۹۹ ± ۸/۱۴	۶۴/۰۹ ± ۱۲/۱۱	۰/۲۷ ±۰/۲۲
اسید استئاریک	۲۲/۳۵ ± ۴/۴۲	۲۹/۰۴ ± ۶/۳۱	۵۱/۳۹ ± ۸/۷۷	۰/۴۳ ±۰/۳۱
اسید اولئیک	۴۷۱/۹۱ ± ۳۱/۲۲	۷۳۰/۴۵ ± ۹۹/۶۳	۱۲۰۲/۳۶ ± ۱۱۶/۱۲	۰/۳۹ ± ۰/۳۵
اسید لینولئیک	۴۵/۴۲ ± ۱۲/۱۱	۷۶/۲۹ ± ۱۲/۸۲	۱۲۱/۷۱ ± ۱۴/۱۴	۰/۳۷ ±۰/۳۳
اسید لینولنیک	۱/۵۵ ± ۰/۲۲	۴/۰۳ ± ۰/۸۹	۵/۵۸ ± ۰/۶۴	۰/۲۸ ± ۰/۲۹

– σ_a^2 واریانس ژنتیکی افزایشی مستقیم، σ_e^2 واریانس باقیمانده، σ_p^2 واریانس فنوتیپی ، h^2 وراثت پذیری و SE خطای معیار

جیره بلدرچین‌های ماده نیز یک عامل مؤثر در ترکیب اسیدهای چرب زرده می‌باشد. محققین در سال‌های اخیر گزارش کرده‌اند که اگر چه تغییر در میزان چربی موجود در زرده تخم به راحتی امکان‌پذیر نیست، ولی تغییر در ترکیب آن به آسانی میسر است (Sinclair، ۱۹۹۱). یکی از موارد مهم در تغذیه صحیح انسان، نقش اسیدهای چرب امگا در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها مخصوصاً بیماری‌های قلبی–عروقی است، به همین خاطر می‌بایست میزان این اسیدهای چرب را در جیره افزایش و نسبت بین اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا –۳ را نیز کاهش داد. محققان با به‌کاربردن مواد غنی از اسیدهای چرب امگا موفق به افزایش معنی‌دار آن در تخم‌مرغ گردیدند (Ayerza و Coates، ۲۰۰۰؛ Golzar Adabi و همکاران، ۲۰۱۶؛ Monar و همکاران، ۲۰۱۹؛ Franco و همکاران، ۲۰۲۰). از منابع به کاربرده شده می‌توان به دانه کتان، دانه کانولا، دانه چیا، دانه ارزن، میکروآلگ‌ها، پودر ماهی و روغن ماهی اشاره کرد که البته نوع اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا –۶ و مقدار این اسیدهای چرب در منابع مختلف متفاوت می‌باشد. گرچه در تحقیق حاضر جیره غذایی بلدرچین‌های تحت آزمایش یکسان بوده و در شرایط محیطی یکسان داده‌های مربوط به اسیدهای چرب اندازه گیری و بررسی شد، با این وجود به نظر می رسد که اثرات محیطی نیز سهم قابل توجهی در تعیین غلظت اسیدهای چرب زرده تخم بلدرچین داشته باشند.

همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی صفات مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین وزن زرده و وزن تخم به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۶۵ بود. در یک مطالعه که به منظور بررسی ارتباط صفات داخلی و خارجی تخم بلدرچین انجام شد، همبستگی ژنتیکی وزن تخم و وزن زرده، ۰/۹۹ برآورد گردید. در این پژوهش، همبستگی ژنتیکی وزن تخم با اکثر اجزای داخلی تخم نظیر وزن، ارتفاع و قطر زرده و وزن و ارتفاع سفیده بسیار زیاد برآورد شد. در تحقیق موردنظر پیشنهاد شد که انتخاب برای افزایش وزن تخم به طور موثری باعث بهبود کیفیت اجزای داخلی تخم بلدرچین می شود (رئوفی و همکاران، ۱۳۹۱). در یک تحقیق برای برآورد همبستگی صفات داخلی و خارجی تخم بلدرچین، همبستگی فنوتیپی بین وزن تخم و وزن زرده، معنی دار و زیاد (۰/۷۵) برآورد شد (Sari و همکاران، ۲۰۱۶). در مطالعه‌ای مشابه که به منظور برآورد ارتباط بین صفات مختلف کیفیت تخم بلدرچین انجام شد، همبستگی معنی دار و زیادی (۰/۷۴) بین وزن تخم و وزن زرده گزارش شد (Celik و همکاران، ۲۰۲۱).

همبستگی ژنتیکی بین وزن تخم و اسیدهای چرب زرده، کم و از ۰/۰۱ (بین وزن تخم و اسید لینولئیک) تا ۰/۱۰ (بین وزن تخم و اسید استئاریک) متغیر بود. برآورد همبستگی فنوتیپی بین وزن تخم و اسیدهای چرب زرده دامنه‌ای از ۰/۰۱- (بین وزن تخم و اسید لینولنیک) تا ۰/۰۵ (بین وزن تخم و اسید استئاریک) داشت (جدول ۵). در مطالعه‌ای مشابه که به منظور برآورد همبستگی های ژنتیکی و فنوتیپی وزن تخم و اسیدهای چرب زرده در یک لاین طیور گوشتی (فرزین و همکاران، ۱۳۸۶) انجام شده بود، گرچه همبستگی ژنتیکی بین وزن تخم‌مرغ و مقدار اسیدهای چرب زرده (اسید پالمتیک، پالمیتولئیک، استئاریک، اولئیک و لینولئیک) در دامنه‌ای از ۰/۲۴ – تا ۰/۳۲ و بیشتر از مقادیر برآورد شده در مطالعه حاضر بود، اما مقادیر همبستگی فنوتیپی آنها در دامنه‌ای مشابه با تحقیق حاضر (از ۰/۰۳- تا ۰/۱۱) برآورد شد.

همبستگی ژنتیکی وزن زرده و غلظت اسیدهای چرب بیشتر و دامنه‌ای از ۰/۱۰ (بین وزن زرده و اسید لینولنیک) تا ۰/۵۱ (بین وزن زرده و اسید استئاریک) و همبستگی فنوتیپی بین وزن زرده و اسیدهای چرب از ۰/۰۸ (بین وزن زرده و اسید لینولنیک) تا ۰/۱۹ (بین وزن زرده و اسید استئاریک) متغیر بود. همبستگی ژنتیکی بین اسیدهای چرب دامنه ای از ۰/۲۱ (بین اسید پالمیتولئیک و اسید لینولنیک) تا ۰/۸۹ (بین اسید پالمتیک و اسید پالمیتولئیک) داشت این برآوردها برای همبستگی فنوتیپی از ۰/۱۲ (بین اسید پالمیتولئیک و اسید لینولنیک) تا ۰/۷۰ (بین اسید پالمتیک و اسید استئاریک) متغیر بود (جدول ۵). همبستگی ژنتیکی بین اسیدهای چرب با تعداد کربن مشابه بیشتر بود. این همبستگی بین اسیدهای چرب غیراشباع با تعداد پیوند دوگانه مشابه نیز نسبتا بالا بود. بالا بودن خطای استاندارد ضرایب همبستگی ژنتیکی باعث کاهش دقت برآورد این ضرایب و افزایش دامنه همبستگی ژنتیکی واقعی دو صفت می شود. در ضمن اگر همبستگی محیطی دو صفت زیاد باشد (مثبت یا منفی)، می تواند منجر به تغییر میزان و حتی علامت همبستگی فنوتیپی در مقایسه با همبستگی ژنتیکی دو صفت گردد. در صورتی که همبستگی محیطی با همبستگی ژنتیکی دو صفت هم‌سو نباشد، همبستگی فنوتیپی می تواند ضعیف‌تر و حتی مخالف همبستگی ژنتیکی برآورد شود. این بدین مفهوم است که روابط ژنتیکی بین صفات به دلیل محدودیت‌های محیطی نظیر تغذیه و شرایط مدیریتی ممکن است اجازه بروز کامل پیدا نکنند (رئوفی و همکاران، ۱۳۹۱).

در زمینه بررسی همبستگی ژنتیکی بین وزن تخم و وزن زرده با مقدار اسیدهای چرب زرده مطالعات بسیار محدودی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای مشابه که در یک لاین طیور گوشتی صورت گرفت، همبستگی ژنتیکی بین وزن زرده و اسیدهای چرب پالمتیک، استئاریک و اولئیک، زیاد (به ترتیب ۰/۶۴، ۰/۴۹ و ۰/۷۱) برآورد شد. در مطالعه موردنظر پیشنهاد شد که به دلیل همبستگی ژنتیکی مثبت و نسبتا زیاد وزن زرده و مقدار اسیدهای چرب، انتخاب در جهت افزایش وزن زرده منجر به افزایش غلظت اسیدهای چرب نیز خواهد شد (فرزین و همکاران، ۱۳۸۶). در زمینه نقش و جایگاه ژن‌های موثر بر میزان اسیدهای چرب زرده گزارشی موجود نیست. در یک تحقیق که به منظور بررسی پارامترهای ژنتیکی وزن زرده و کلسترول آن در یک نژاد مرغ

بومی چین صورت گرفت، وراثت‌پذیری بالایی برای مقدار کلسترول زرده (به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۵۳ در گروه‌های مادری و پدری) برآورد شد و انتخاب در جهت افزایش وزن زرده در گروه پدری، منجر به افزایش معنی‌داری در مقدار کلسترول زرده شد.

در تحقیق موردنظر تعدادی ژن موثر در تعیین میزان کلسترول زرده، بر روی کروموزوم جنسی Z شناسایی شد (Chen و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۵: همبستگی‌های ژنتیکی (بالای قطر) و فنوتیپی (پایین قطر) صفات مورد مطالعه

	وزن تخم	وزن زرده	اسید پالمتیک	اسید پالمیتولئیک	اسید استاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک
وزن تخم		۰/۷۱ ± ۰/۱۲	۰/۱۰ ± ۰/۰۹	۰/۰۸ ± ۰/۰۴	۰/۰۴ ± ۰/۱۰	۰/۰۴ ± ۰/۰۴	۰/۱۱ ± ۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۲
وزن زرده	۰/۶۵ ± ۰/۱۲		۰/۱۱ ± ۰/۴۱	۰/۱۴ ± ۰/۳۵	۰/۱۷ ± ۰/۵۱	۰/۱۴ ± ۰/۴۳	۰/۱۲ ± ۰/۱۴	۰/۱۱ ± ۰/۱۰
اسید پالمتیک	۰/۰۳ ± ۰/۰۳	۰/۰۸ ± ۰/۱۴		۰/۱۲ ± ۰/۸۹	۰/۱۹ ± ۰/۸۱	۰/۱۵ ± ۰/۷۹	۰/۲۱ ± ۰/۶۲	۰/۱۷ ± ۰/۵۹
اسید پالمیتولئیک	۰/۰۵ ± ۰/۰۴	۰/۰۹ ± ۰/۰۹	۰/۱۹ ± ۰/۶۱		۰/۱۰ ± ۰/۳۳	۰/۰۹ ± ۰/۳۹	۰/۱۴ ± ۰/۲۸	۰/۱۰ ± ۰/۲۱
اسید استاریک	۰/۰۷ ± ۰/۰۵	۰/۰۷ ± ۰/۱۹	۰/۱۴ ± ۰/۷۰	۰/۱۲±۰/۲۲		۰/۲۲ ± ۰/۸۸	۰/۱۹ ± ۰/۸۱	۰/۱۴ ± ۰/۷۸
اسید اولئیک	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۱۲	۰/۱۲ ± ۰/۶۲	۰/۰۹ ± ۰/۲۴	۰/۱۸ ± ۰/۶۵		۰/۱۱ ± ۰/۷۳	۰/۱۶ ± ۰/۶۹
اسید لینولئیک	۰/۰۵ ±۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۲۱	۰/۱۱ ± ۰/۴۵	۰/۱۱ ± ۰/۱۴	۰/۱۴ ± ۰/۵۹	۰/۱۲ ± ۰/۶۶		۰/۱۸ ± ۰/۷۹
اسید لینولنیک	-۰/۰۱ ± ۰/۰۴	۰/۰۴ ± ۰/۰۸	۰/۰۸ ± ۰/۳۱	۰/۰۹ ± ۰/۱۲	۰/۱۹ ± ۰/۶۰	۰/۰۹ ± ۰/۶۵	۰/۱۸ ± ۰/۵۹	

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، همبستگی ژنتیکی بین وزن تخم و وزن زرده بالا بود که نشان می‌دهد انتخاب پرنده‌هایی با وزن تخم بالاتر به طور غیرمستقیم منجر به بهبود وزن زرده نیز می شود. همچنین همبستگی ژنتیکی وزن زرده و غلظت اسیدهای چرب مثبت و از کم تا متوسط متغیر بود. براساس این نتایج می توان پیش‌بینی کرد که انتخاب در جهت افزایش وزن زرده تخم در بلدرچین، با توجه به همبستگی ژنتیکی مثبت بین وزن زرده و مقدار اسیدهای چرب و احتمال وجود ژن‌های مشترک موثر بر بروز این صفات، منجر به افزایش مقدار اسیدهای چرب زرده نیز شود.

منابع

رئوفی، ز.، زره داران، س.، رحیمی، ق.، آهنی آذری، م. و دستار، ب. (۱۳۹۱). تجزیه و تحلیل ژنتیکی کیفیت تخم در بلدرچین ژاپنی. *مجله علوم دامی ایران*. ۴۳ (۳): ۴۱۳-۴۲۱. DOI:10.22059/ijas.2012.29348.

فرزین، ن.، واعظ ترشیزی، ر. و امام جمعه کاشان، ن. (۱۳۸۶). برآورد پارامترهای ژنتیکی وزن تخم مرغ، وزن زرده و ترکیبات آن در یک گله مرغ مولد گوشتی. *ژنتیک نوین*. ۲ (۳): ۲۵-۳۰.

Al-Daraji, H.J., Al-Mashadani, H.A., Mirza, H.A., Al-Hayani, W.K. and Al-Hassani, A.S. (2011). Influence of source of oil added to diet on egg quality traits of laying quail. International *Journal of Poultry Science*, 10(2): 130-136. Doi: 10.3923/ijps.2011.130.136.

Ayerza, R. and Coates, W. (2000). Dietary levels of Chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Science*, 79:724–739.

Bahie El-Deen; M., El Tahawy; W. S., Attia, Y. A. and Meky, M. A. (2008). Inheritance of age at sexual maturity and its relationship with some production traits of Japanese quails. *Egypt Poultry Science*, 28 (IV): 1217-1232. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.607.1256&rep=rep1&type=pdf.

Biesiada-Drzazga, B., Banaszewska, D., Andraszek, K., Bombik, E., Kałuża, H. and Rojek, A. (2014). Comparison of egg quality of free range Araucana and Green-legged Partridge chickens. *Europ.Poult.Sci*., 78. Doi: 10.1399/eps.2014.36.

Biesiada-Drzazga, B., Banaszewska, D., Wielogorska, K., Kaim-Mirowski, S. (2020). The effect of the genetic origin of hens on selected egg traits. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*., 19(1): 101–107. http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0757.

Celik, S., Eyduran, E., Sengul, A.U. and Sengul, T. (2021). Relationship among egg quality traits in Japanese quails and prediction of egg weight and color using data mining algorithms. *Trop Anim Health Prod*, 53(3):382. Doi: 10.1007/s11250-021-02811-2.

Chen, X, Zhu, W., Du, Y., Liu, X., Geng, Z. (2019). Genetic parameters for polk cholesterol and transcriptional evidence indicate a role of Llipoprotein lipase in the cholesterol metabolism of the Chinese Wenchang chicken. *Front Genet*, 3(10):902. doi: 10.3389/fgene.2019.00902. PMID: 31632438; PMCID: PMC6786094.

Cherian, G. (2015). Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6:28. Doi 10.1186/s40104-015-0029-9.

Franco, D., Rois, D., Arias, A., Justo, J. R. et al. (2020). Effect of Breed and Diet Type on the Freshness and Quality of the Eggs: A Comparison between Mos (Indigenous Galician Breed) and Isa Brown Hens. *Foods*, 9(3): 342. Doi: 10.3390/foods9030342. PMID: 32188038; PMCID: PMC7142747.

Garcia-Lopez, J. C., Suarez-Oporta, M. E., Pinos-Rodriguez, J. M. and Alvarez-Fuentes, G. (2007). Egg components, lipid fraction and fatty acid composition of Creole and Plymouth Rock x Rhode Island Red cross hens fed with three diets. *World's Poultry Science Journal*, 63 (3). https://doi.org/10.1017/S0043933907001584.

Golzar Adabi, SH., Ahbab, M., Fani, A. R., Hajbabaei, A., Ceylan, N. and Cooper, R. G. (2013). Egg yolk fatty acid profile of avian species – influence on human nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97: 27–38. Doi: 10.1111/j.1439-0396.2011.01239.x.

Golzar Adabi1, SH., Fani, A., Ceylan, N., Hajibabaei, A. and Casey, N.H. (2016). Enrichment of quail (*Coturnix cot. japonica*) eggs by omega-3 fatty acids and its nutritional effect on young healthy women. *Europ.Poult.Sci*., 80: 1-20. Doi: 10.1399/eps.2016.149.

Griogorova, M., Nikolova, M., Penkov, D and Gerzilov, V. (2014). Egg yolk lipids change in Japanese quail given Tribulus Terrestris extract. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(6): 1472-1476.

Hartmann, C., Johansson, k., Strandberg, E. and Rydhmer, L. (2003). Genetic correlation between the maternal genetic effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in a White leghorn line. Poultry Science. 82: 1-8. Doi: 10.1093/ps/82.1.1.

Hartmann, C., Strandberg, E., Rydhmer, L. and Johansson, K. (2002). Genetic relations between reproduction, chick weight and maternal egg composition in a white leghorn line. *Animal Science*, 52: 91-101. https://doi.org/10.1080/09064700212072.

Kaye, J., Nwachi Akpa, G., Alphonsus, C., Kabir, M., Zahraddeen, D. and Mukhtari Shehu, D. (2016). Responsed to genetic improvement and heritability of egg production and egg quality traits in Japanese quail (*coturnix coturnix japonica*). *ASRJETS*, 16 (1): 277-292. https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/1258.

Kazmierska, M., Jarosz, B., Korzeniowska, M., Trziszka, T. and Dodrzanska, Z. (2005). Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 14/55: 69-73.

Keum, M.C. An, B.K., Shin, K.H. and Lee, K.W. (2018). Influence of dietary fat sources and conjugated fatty acid on egg quality, yolk cholesterol, and yolk fatty acid composition of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47:e20170303. https://doi.org/10.1590/rbz4720170303.

Kostaman, T., Soewandi, B .D .P and Pasaribu, T. (2021). Fatty acid profiles of egg yolk and albumen from Cemani and White Leghorn chickens. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 788. Doi:10.1088/1755-1315/788/1/012086.

Latour, M.A., Peebles E.D., Doyle, S.M. and Pansky T. (1998). Broiler breeder age and dietary fat influence the yolk fatty acid profiles of fresh eggs and newly hatched chicks. *Poultry Science*. 77: 47-53. https://doi.org/10.1093/ps/77.1.47.

Lesic, T., Kresic, G., Cvetnic, L., Petrovic, M. and Pleadin, J. (2017). The influence of hen age on fatty acid composition of commercial eggs. *Croat. J. Food Sci. Technol*, 9 (2): 158–167. Doi: 10.17508/CJFST.2017.9.2.12.

Mennicken, L., Ponsuksili, S., Tholen, E., Khang, N.T.K., Steiner, K., Petersen, J., et al. (2005). Divergent selection for ω3:ω6 polyunsaturated fatty acid ratio in quail eggs, Arch. *Anim. Breed*., 48: 527–534. https://doi.org/10.5194/aab-48-527-2005.

Meyer, K. (2007). WOMBAT-A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by REML. *Journal of Zhejiang University Science B*, 8(11):815-821. Doi: 10.1631/jzus.2007.B0815.

Mielenz, N., Noor, R.R and Schuler, L. (2006). Estimation of additive and non-additive genetic variances of body weight, egg weight and egg production for quails (*Coturnix coturnix japonica*) with an animal model analysis. *Arch Tierz Dummerstorf*, 49 (3): 300-307.

Momoh, O.M, Gambo, D and Dim, N.I. (2014). Genetic parameters of growth, body, and egg traits in Japanese quails (Cotournix cotournix japonica) reared in southern guinea savannah of Nigeria. *Journal of Applied Biosciences*, 79:6947 – 6954. http://dx.doi.org/10.4314/jab.v79i1.8.

Manor, M. L. Derksen, T. J., Magnuson, A. D., Raza, F., Lei, W. G. (2019). Inclusion of Dietary Defatted Microalgae Dose-Dependently Enriches ω-3 Fatty Acids in Egg Yolk and Tissues of Laying Hens. *The Journal of Nutrition*, 149(6):942–950, https://doi.org/10.1093/jn/nxz032

National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/2114.

Omidi, M., Rahimi, S., Karimi Torshizi, M.A. (2015). Modification of egg yolk fatty acids profile by using different oil sources. *Veterinary Research Forum*; 6(2): 137–141. PMID: 26261709; PMCID: PMC4522527.

Polat, E. S., Citil. O. B. and Garip, M. (2013). Fatty acid composition of yolk of nine poultry species kept in their natural environment. *Animal Science Papers and Reports*. *Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, Poland*. 31 (4): 363-368.

Rath, P.K, Mishra, P.K, Mallick, B.K, Behura, N.C. (2015). Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. *Vet World*, 8(4):449-452. Doi:10.14202/vetworld.2015.449-452.

Rodda, D.D., Friars, G.W., Garora, J.S. and Merrit E.S. (1977). Genetic parameter estimates and strain comparisons of egg compositional traits. *Breeding Poultry Science*: 18: 459-473. https://doi.org/10.1080/00071667708416386.

Saghi, R., Rokoueia, M., Dashaba, G. R. Saghi, D. A. and Faraji-Arough, H. (2022). Using a linear-threshold model to investigate the genetic relationship between survival and productive traits in Japanese quail. *Italian Journal of Animal Science*, 21 (1):605–611. https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2023332.

Sari, M., Tilki, M and Saatci, M. (2016). Genetic parameters of egg quality traits in long-term pedigree recorded Japanese quail. *Poultry Science*, 95:1743–1749. http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew118.

Sezer, M. (2008). Heritability of interior egg quality traits for Japanese quail. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 2 (2):77-79. Retrieved from https://ijnes.org/index.php/ijnes/article/view/402.

Silva, L.P., Ribeiro, J.C., Crispim, A.C., Silva, F.G. et al. (2013). Genetic parameters of body weight and egg traits in meat-type quail. *Livestock Science*, 153: 27–32. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.01.014.

Sinclair, A.J. (1991). The good oil: Omega-3 poly unsaturated fatty acid. *Today Life Science*, 3: 18-27.

Stibilj, V., Koman Rajsp, M and Holcman, A. (1999). Fatty acid composition of eggs enriched with Omega-3 fatty acids on the market. Zootehnika, 74 (2): 27-36.

Varkoohi, S., Pakdel, A., Moradi, M., Nejati, A., Kause, A. and Zaghari M. (2011). Genetic parameters for feed utilization traits in Japanese quail. *Poultry Science*, 90: 42-47. https://doi.org/10.3382/ps.2010-01072.

Varkoohi, S. and Kaviani, K. (2014). Genetic improvement for body weight of Japanese quail. *Annual Research & Review in Biology*, 4(1): 347-353.

Wang, Y., Sunwoo, G. and Sim, J.S. (2000). Fatty acid determination in chicken egg yolk: A comparison of different methods. *Poultry Science*, 79: 1168-1171. Doi: 10.1093/ps/79.8.1168.

Yalcin, S., Oguz, I. and Otles, S. (1995). Carcass characteristics of quail (Coturnix Coturnix Japonica) slaughtered at different ages. *British Poultry Science*, 36: 393-399. https://doi.org/10.1080/00071669508417786.

Yilmaz-Dikmen, B and Sahan, U. (2009). The relationship among age, yolk fatty acids content, and incubation results of broiler breeders. *Poultry Science*, 88:185–190. Doi:10.3382/ps.2008-00068.

Zita, L., Okrouhla, M., Krunt, O., Kraus, A., Stadnik, L., Cítek, J. et al. (2022). Changes in fatty acids profile, health indices, and physical characteristics of organic eggs from laying hens at the beginning of the first and second laying cycles. *Animals*, 12: 125. https://doi.org/10.3390/ani12010125.