



توليدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۱۰۷-۱۱۷

بررسی چندشکلی ناحیهٔ آگزون سوم ژن *FABP4* در دو نژاد سیستانی و دشتیاری و ارتباط آن با صفات رشد در گاوهای نژاد سیستانی

سمانه ابولی^۱، غلامرضا داشاب^{۲*}، محمد رکوعی^۲، مهدی وفای واله^۲

۱. کارشناس ارشد، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۷

چکیده

چندشکلی ناحیهٔ آگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* و ارتباط الگوهای ژنوتیپی شناسایی شده با صفات مرتبط با رشد با استفاده از ۴۵ رأس گاو شامل نژاد سیستانی (۳۰ رأس) و دشتیاری (۱۵ رأس) بررسی شد. DNA از خون کامل استخراج و کیفیت آنها به کمک الکتروفورز ژل آگارز یک درصد بررسی شد. پس از تکثیر زنجیره‌ای پلی‌مرازی (PCR) و هضم آنزیمی آنها با *NlaIII* و الکتروفورز روی ژل آگارز ۲/۸ درصد، الگوهای ژنوتیپی دام‌ها براساس اندازه و تعداد باندها تعیین شد. فراوانی نسبی الگوهای باندها شناسایی شده شامل ژنوتیپ‌های AA، AB، و BB در دو نژاد سیستانی و دشتیاری به ترتیب ۶۷، ۳۰، و ۳ و نیز ۷۳، ۲۷، و صفر درصد بودند. فراوانی آلل‌های A و B در جایگاه مطالعه شده در جمعیت سیستانی و دشتیاری به ترتیب ۸۲، ۱۸، ۸۶/۵، و ۱۳/۵ درصد محاسبه شد. شاخص‌های هتروزایگوسیتی شامل شاخص شانون (I)، شاخص نئی، هتروزایگوسیتی مشاهده شد و هتروزایگوسیتی مورد انتظار در جمعیت سیستانی و دشتیاری به ترتیب ۴۸، ۳۰، ۳۰، و ۳۰، ۱۱، ۲۷، و ۲۴ درصد برآورد شد. الگوهای ژنوتیپی در جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت گاو سیستانی همبستگی معنی‌داری با وزن‌های شش، نه، و دوازده ماهگی نشان داد. بنابراین جایگاه مذکور می‌تواند به‌عنوان ژن کاندیدا در توصیف تنوع صفات مرتبط با رشد بعد از سن از شیرگیری گوساله‌ها در برنامه‌های اصلاح نژادی استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: ژن *FABP4*، محتوای اطلاعات چندشکلی، نژادهای بومی، نژاد سیستانی، هتروزایگوسیتی.

مقدمه

در پستانداران عملکرد عمده ساخت اسیدهای چرب و ذخیره انرژی مازاد در بافت چربی انجام می‌شود (۸). بافت چربی غده‌ای درون‌ریز است که ترکیبات متفاوتی را برای حفظ سطح انرژی بدن در خون ترشح می‌کند (۱۳). چربی عضلانی و چربی زیر پوستی دو منبع عمده چربی در دام هستند (۱۸).

برنامه‌های متداول اصلاح نژادی مستلزم اندازه‌گیری مستقیم صفات لاشه و در نتیجه کشتار دام یا استفاده از روش‌های پرهزینه‌ای مانند اولتراسونیک است که نیازمند تجهیزات و دستگاه‌های خاص است. پیشرفت تکنیک‌های جدید مولکولی در سطح DNA، در نتیجه شناسایی ژن‌هایی با تأثیرات عمده بر ویژگی‌های کمی و کیفی لاشه می‌تواند اهمیت خاصی در پیشرفت برنامه‌های اصلاح نژادی داشته باشد (۲۷).

مطالعات برای یافتن ژن‌های مؤثر بر صفات لاشه در گاوهای گوشتی منجر به کشف ژن‌های کاندیدای مؤثر بر کمیّت و کیفیت گوشت شده و نقش آنها در نژادهای گوناگون گوشتی مشخص شده است (۳، ۱۹، ۲۲، ۲۳ و ۲۶). ژن *A-FABP* که *FABP4* (ژن تولیدکننده پروتئین متصل به اسید چرب) که *ap2* نیز نامیده می‌شود، یکی از اعضای خانواده *FABP* است که میل ترکیبی بالا با گروه‌های آب‌گریزی مانند اسیدهای چرب شاخه‌بلند اشباع و غیراشباع دارند (۷ و ۱۲). ژن *FABP* بیشتر در سلول‌های چربی بالغ و ماکروفاژهای فعال بیان می‌شود و حدود شش درصد از پروتئین محلول آنها را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین، پروتئین حاصل از بیان ژن *FABP4* در گردش خون در پلاسما نیز شناسایی شده است (۹).

در چند سال گذشته، تلاش‌های زیادی برای کشف نقش *FABP4* انجام شده است، با این حال مسیرهایی که در بافت‌ها به ترشح پروتئین متصل به اسید چرب

می‌انجامد و همچنین نقش پروتئین *FABP4* در گردش خون ناشناخته مانده است. ژن *FABP4* روی کروموزوم ۱۴ گاو واقع شده است و چهار اگزون و سه اینترون دارد که طول تقریبی آن برابر با ۴/۳ کیلو جفت باز است (۹). ژن *A-FABP* نقش مهمی در فرایندهای بیولوژیکی مرتبط با لیپیدها مانند وساطت در مسیرهای متابولیکی، افزایش حجم بافت‌های چربی، دیابت قندی، ناهنجاری متابولیکی، و تصلب شرایین دارد (۱۱، ۲۴ و ۲۸). کاهش بیان *A-FABP* در بافت چربی، تأثیر سودمندی بر قلب و عروق و کارکرد صحیح گردش خون دارد (۲۵). ژن *FABP4* منحصراً در سلول‌های چربی بیان شده و به اسیدهای چرب زنجیربلند و دیگر گروه‌های آب‌گریز متصل است (۱۸). همچنین، ژن *FABP4* در گاو به‌عنوان عامل ژنتیکی مؤثر بر رسوب چربی در عضله شناخته شده است (۵، ۱۸ و ۲۳).

الگوهای گوناگون ژنوتیپی موجود در جایگاه ژنی *FABP4* با میزان چربی عضلانی مرتبط است (۲۱). با مطالعه جمعیت گاو نلری گزارش شد که چندشکلی *FABP4* با چربی‌های زیرپوستی، چربی درون، و بین‌سلولی مرتبط هستند (۱۴). جهش در اینترون یک باعث تغییر در سرعت رونویسی ژن در گوسفند بومی چینی می‌شود که تأثیر زیادی بر چربی درون سلولی و درصد چربی بین بافتی دارد (۲۹).

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی چندشکلی اگزون سوم در جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت‌های گوشتی ایران شامل نژاد گاو سیستانی و دشتیاری و مطالعه ارتباط الگوهای ژنوتیپی در جایگاه مذکور با صفات مرتبط با رشد در جمعیت گاو سیستانی است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از ۴۵ رأس گوساله یک‌ساله با سن تقریبی ۱۲ تا ۱۴ ماه (۳۰ رأس گوساله سیستانی و ۱۵ رأس

تولیدات دامی

بررسی چندشکلی ناحیهٔ آگزون سوم ژن *FABP4* در دو نژاد سیستانی و دشتیاری و ارتباط آن با صفات رشد در گاوهای نژاد سیستانی

انجام شد. توالی نوکلئوتیدی جفت آغازگر اختصاصی استفاده شده در ادامه ذکر می شود:

F: 5'ACCCCTATGATGCTATTCCACA3'
R: 5'ATACGGTTCACATTGAGAGGGA3'

اجزای واکنش استفاده شده برای واکنش تکثیر PCR در جدول ۱ آمده است.

به منظور پیشرفت واکنش PCR از دستگاه ترموسایکلر (مدل Ependorph) استفاده شد و چرخه حرارتی مطابق با جدول ۲ بود.

گوساله دشتیاری) استفاده و از آنها از طریق ورید زیرشکمی خون گیری شد. DNA از خون کامل با کیت دنایست آسیا (DenaZyst Co.) استخراج شد. کمیت و کیفیت DNA استخراج شده با روش اسپکتروفتومتری و الکتروفورز ژل آگارز یک درصد بررسی شد و DNA استخراج شده تا استفاده بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. تکثیر قطعه ۵۶۵bp از ناحیه آگزون سوم جایگاه ژنی *FABP4* با استفاده از یک جفت آغازگر اختصاصی (۲۱) طی واکنش PCR و دستگاه ترموسایکلر (مدل Ependorph)

جدول ۱. مخلوط واکنش PCR برای هر میکروتیوپ برای تکثیر ژن *FABP4*

غظت نهایی (در ۲۰ میکرولیتر)	حجم استفاده شده (میکرولیتر)	اجزای واکنش
(به ترتیب ۱ واحد، ۲۵۰ میکرومول، ۱۰ میلی مول، ۳۰ میلی مول و ۱/۵ میلی مول)	۶/۷	Top DNA polymerase,) Master Mix (dNTP, Tris-HCL, KCL and MgCL2
۵۰ نانوگرم	۱	DNA
۱۰ پیکومول	۰/۵	(Reverse, Forward) Primer Stock
-	۱۱/۸	ddH ₂ O
-	۲۰	Total

جدول ۲. چرخه حرارتی PCR (برای تکثیر قطعه ۵۶۵ جفت بازی از جایگاه ژنی *FABP4*)

مرحله	واکنش	دما (درجه سانتی گراد)	زمان (ثانیه)	تعداد چرخه
۱	واسرشته سازی اولیه	۹۵	۳۰۰	۱
	واسرشته سازی ثانویه	۹۵	۳۰	
۲	اتصال	۵۳/۵	۴۰	۳۵
	بسط	۷۲	۴۰	
۳	بسط نهایی	۷۲	۳۰۰	۱

اختصاصی *NlaIII*، به مدت چهار ساعت و در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد انجام شد و سپس محصول برش یافته روی ژل آگارز ۲/۸ درصد در ولتاژ ۸۰ به مدت دو ساعت الکتروفورز شد (جدول ۳).

به منظور آشکارسازی الگوهای باندهای حاصل از تکثیر PCR الکتروفورز ژل آگارز یک درصد استفاده شد. برای هضم آنزیمی محصولات PCR از آنزیم برشی اختصاصی، *NlaIII* استفاده شد. واکنش هضم آنزیمی DNA با آنزیم

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

جدول ۳. مواد لازم برای هضم آنزیمی *NlaIII* ناحیهٔ اگزون ۳ ژن *FABP4*

غلظت نهایی	حجم استفاده شده (میکرولیتر)	غلظت اولیه	مواد لازم
-	۵/۵	-	Nuclease-free Water
۱ X	۲	۱۰ X	Buffer G
۲۵ ng/μl	۷	۱۰۰ ng/μl	PCR Product
۱ U	۰/۵	۵ U/μl	<i>NlaIII</i>
-	۱۵	-	حجم نهایی

مدل آماری ۱ مطالعه شد. میانگین‌های حداقل مربعات بین گروه‌های ژنوتیپی با آزمون توکی کرامر مقایسه شدند.

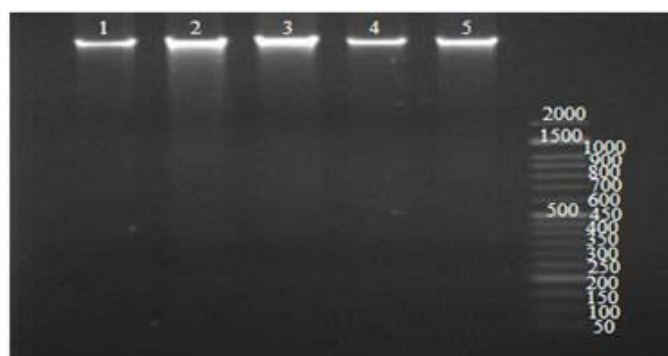
$$y_{ijk} = \mu + \text{Sex}_i + G_j + e_{ijk} \quad (1)$$

در این رابطه: y_{ijk} رکورد فنوتیپی هر یک از صفات مطالعه شده (وزن تولد، سه‌ماهگی، شش‌ماهگی، نه‌ماهگی، و ۱۲‌ماهگی)، μ میانگین کل، Sex_i تأثیر ثابت جنس شامل دو سطح، G_j تأثیر ثابت الگوی ژنوتیپی حیوان شامل دو سطح (AA و AB)، و e_{ijk} خطای تصادفی باقیمانده هستند.

نتایج و بحث

نتایج استخراج DNA روی ژل آگارز یک درصد از نظر کمیّت و کیفیت مناسب بود و باندها خطی، بدون شکستگی بودند و کیفیت مطلوبی داشتند (شکل ۱).

ساختارهای ژنتیکی و جمعیتی در جایگاه مطالعه شده با نرم‌افزار POPGENE3.2 تجزیه و تحلیل شدند (۳۰). ارتباط بین ژنوتیپ‌های مشاهده شده در جایگاه ژن *FABP4* با صفات مرتبط با رشد شامل وزن تولد، سه، شش، نه، و ۱۲ ماهگی در قالب مدل‌های خطی ثابت با نرم‌افزار آماری SAS (۲۰) با رویهٔ GLM بررسی شد. لازم به ذکر است که تمام دام‌های استفاده شده از جمعیت گاو سیستانی غیرخویشاوند و غیرهمخون بودند. در ضمن دام‌هایی با الگوی ژنوتیپی BB فقط در جمعیت گاو سیستانی (فقط یک حیوان) مشاهده شد. بنابراین حیوان با الگوی BB در تجزیه و تحلیل آماری استفاده نشد. چون جمعیت گاو دشتیاری فاقد رکورد وزن بودند، بنابراین فقط ارتباط الگوهای ژنوتیپی مشاهده شده در جمعیت گاو سیستانی با



شکل ۱. کیفیت DNA استخراج شده از خون کامل در گاوهای سیستانی و دشتیاری (اولین ستون از سمت راست مارکر وزنی ۵۰ جفت بازی یا M50)

تولیدات دامی

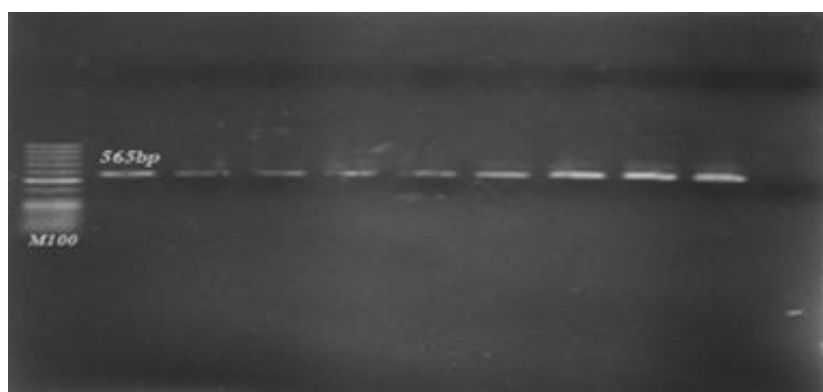
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

بررسی چندشکلی ناحیه اگزون سوم ژن *FABP4* در دو نژاد سیستانی و دشتیاری و ارتباط آن با صفات رشد در گاوهای نژاد سیستانی

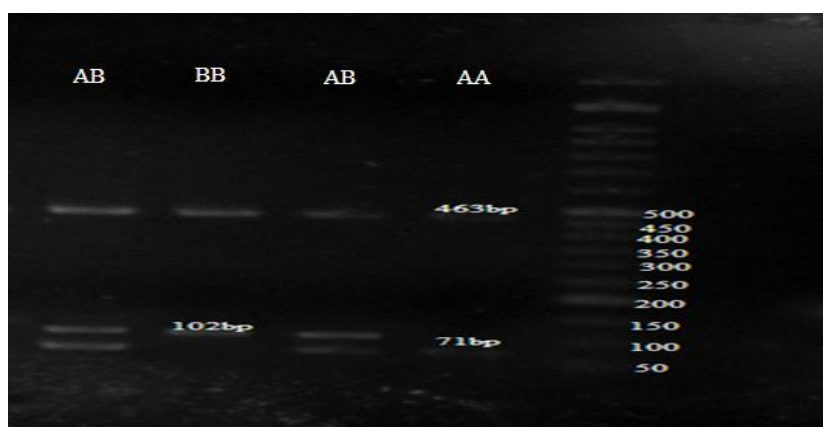
سایت برشی $CATG^*$ (ستاره به معنی این است که هر نوکلئوتید دیگری هم می‌تواند جایگزین آن شود) در اگزون سوم جایگاه ژنی *FABP4* سه الگوی ژنوتیپی شامل AA، AB، و BB را ایجاد کرد. دام‌های با الگوی ژنوتیپی AA شامل سه باند با طول‌های ۴۶۳، ۷۱، و ۳۱ جفت بازی و دام‌های دارای الگوی ژنوتیپی AB، شامل چهار باند ۴۶۳، ۱۰۲، ۷۱، و ۳۱ جفت بازی و در پایان دام‌هایی که الگوی ژنوتیپی BB دارند نیز دو باند شامل ۴۶۳ و ۱۰۲ جفت بازی بر روی ژل آگارز نمایان ساختند.

تکنیک قطعۀ ۵۶۵ جفت بازی از ناحیه اگزون سوم ژن *FABP4* با واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) به‌خوبی صورت گرفت. با برنامه حرارتی مناسب، آغازگرهای اختصاصی، و شرایط آزمایشگاهی خوب قطعۀ ۵۶۵ جفت بازی بدون قطعات غیراختصاصی به‌دست آمد (شکل ۲).

پس از هضم آنزیمی محصول PCR با آنزیم *NlaIII* در ناحیه اگزون سوم جایگاه ژنی *FABP4* براساس تعداد باندهای مشاهده‌شده روی ژل آگارز، انواع الگوهای ژنوتیپی دام‌ها تعیین شدند (شکل ۳). آنزیم *NlaIII* با



شکل ۲. الکتروفورز محصولات PCR در ناحیه اگزون سوم ژن *FABP4* در جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری (اولین ستون از سمت چپ Ladder M100)



شکل ۳. الکتروفورز محصولات حاصل از هضم با آنزیم اختصاصی *NlaIII* و انواع الگوهای ژنوتیپی دام‌ها در دو نژاد سیستانی و دشتیاری (از سمت راست Ladder M50)

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

داشتند. با مطالعه جمعیت گاوهای بومی برزیلی، الگوی ژنوتیپی AA، و آلل A (فراوانی ۰/۸۴) با بیشترین فراوانی در آگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* گزارش شد (۴). در مطالعه نژادهای کره‌ای و آمیخته‌های آنها یک جهش در ناحیه آگزون سوم جایگاه ژنی *FABP4* گزارش شد که با تغییر نوکلئوتید آدینین به گوانین (A>G) همراه است و از دو آلل مشاهده‌شده، آلل A فراوان‌ترین آلل بود (۱۸). در مطالعه گاوهای جرسی در آگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* دو الگوی ژنوتیپی AA و AB به ترتیب با فراوانی‌های ۰/۸۹ و ۰/۱۱ گزارش شد و الگوی ژنوتیپی BB همانند مطالعه حاضر در نژاد دشتیاری مشاهده نگردید. همچنین، فراوانی‌های آللی در جایگاه مذکور به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۰۵ گزارش شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (۱۵).

نتایج حاصل از الکتروفورز محصولات هضم آنزیمی در جمعیت گاوهای سیستانی منجر به شناسایی سه الگوی ژنوتیپی شامل AA، AB، و BB به ترتیب با فراوانی‌های ۶۷، ۳۰، و سه درصد شد. همچنین، در جمعیت گاو دشتیاری فقط دو الگوی ژنوتیپی AA و AB به ترتیب با فراوانی‌های ۷۳ و ۲۷ درصد مشاهده شد. فراوانی آلل‌های A و B در جمعیت سیستانی به ترتیب ۸۲ و ۱۸ و در جمعیت دشتیاری ۸۶/۵ و ۱۳/۵ درصد محاسبه شد. فراوانی‌های آللی و الگوهای ژنوتیپی مشاهده‌شده در جمعیت سیستانی و دشتیاری در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است.

در پژوهش حاضر، ژنوتیپ AA و آلل A بیشترین فراوانی را در هر دو جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری

جدول ۴. فراوانی الگوهای ژنوتیپی برای محصولات حاصل از هضم آنزیمی با *NlaIII* در جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری

نژاد	ژنوتیپ	تعداد مشاهده‌شده	تعداد موردانتظار	فراوانی ژنوتیپی (درصد)
سیستانی	AA	۲۰	۱۹/۹۳	۶۷
	AB	۹	۹/۱۴	۳۰
	BB	۱	۰/۹۳	۳
دشتیاری	AA	۱۱	۱۱/۲۰۷	۷۳
	AB	۴	۳/۵۸۶	۲۷
	BB	۰	۰/۲۰۷	۰

جدول ۵. فراوانی‌های آللی براساس الگوهای ژنوتیپی در آگزون سوم جایگاه ژنی *FABP4* در جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری

آلل	جمعیت سیستانی	جمعیت دشتیاری
A	۸۲	۸۶/۵
B	۱۸	۱۳/۵

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

بررسی چندشکلی ناحیهٔ اگزون سوم ژن *FABP4* در دو نژاد سیستانی و دشتیاری و ارتباط آن با صفات رشد در گاوهای نژاد سیستانی

جدول ۶. فراوانی‌های هتروزیگوسیتی و هموزایگوسیتی الگوهای ژنوتیپی اگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت گاوهای سیستانی و دشتیاری

نژاد	هتروزیگوسیتی (درصد)		هموزایگوسیتی (درصد)	
	مشاهده‌شده	مورد انتظار	مشاهده‌شده	مورد انتظار
سیستانی	۳۰	۳۰	۷۰	۷۰
دشتیاری	۲۷	۲۴	۷۳	۷۶

زیان‌آور را کاهش می‌دهد (۱).
 آزمون کای اسکور و نسبت درست‌نمایی نشان داد که هر دو جمعیت سیستانی و دشتیاری خارج از تعادل هاردی-واینبرگ قرار دارند ($P < 0/01$)، عدم تعادل هاردی-واینبرگ در جایگاه ژن *FABP4* می‌تواند به دلیل پایین بودن تعداد نمونه‌های مطالعه‌شده، پیش‌زمینه ژنتیکی حیوانات مطالعه‌شده، و همچنین به‌گزینی چندین ساله در جمعیت گاو سیستانی مطالعه‌شده باشد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج تحقیق دیگری در جمعیت گاوهای بومی کره‌ای در نواحی اگزون دوم و سوم جایگاه ژن *FABP4* به‌روش PCR-RFLP مطابقت دارد (۱۰).
 شاخص‌های تنوع ژنتیکی در اگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* در جدول ۷ ارائه شده است.

تنوع مبنای همهٔ گزینش‌ها بوده و انتخاب ژنوتیپی نیز نیازمند تنوع است. تنوع ژنتیکی در یک جایگاه را می‌توان با معیارهایی همچون هتروزیگوسیتی مورد انتظار و هتروزیگوسیتی مشاهده‌شده، تعیین کرد. اطلاعات مربوط به میزان هتروزیگوسیتی و هموزایگوسیتی در دو جمعیت سیستانی و دشتیاری در جدول ۶ ارائه شده است. متوسط هتروزیگوسیتی نیز برای هر دو نژاد سیستانی و دشتیاری ۲۷ درصد محاسبه شد که بیانگر تنوع کم در جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت‌های سیستانی و دشتیاری است. شایان ذکر است که تنوع کم، ممکن است نتیجهٔ انتخاب و آمیزش‌های خویشاوندی در بین حیوانات باشد و برای جلوگیری از تأثیرات سوء تنوع کم، به ورود ژن‌های جدید، و مبادلهٔ ژنتیکی با سایر جمعیت‌ها نیاز است. همچنین، افزایش میزان هتروزیگوسیتی تظاهر آلل‌های مغلوب

جدول ۷. شاخص‌های تنوع در اگزون سوم جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری

نژاد	شاخص شانون (I) (%)	محتوای اطلاعات چندشکلی (PIC)	شاخص نئی (%)	تعداد آلل واقعی	تعداد آلل مؤثر	آمارهٔ F_{is} *
سیستانی	۴۸	۰/۲۶	۳۰	۲/۰۰	۱/۴۳	-۰/۰۰۲
دشتیاری	۳۹	۰/۲۵	۲۳	۲/۰۰	۱/۳۰	-۰/۱۵۴

*: شاخص تثبیت رایب

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

FABP4 توجیه‌پذیر است. بنابراین، چندشکلی ژن و کارایی نشانگر استفاده‌شده در مطالعات پیوستگی ژن در حد متوسط و پایین است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری بین الگوهای ژنوتیپی صفات وزن تولد و سه‌ماهگی نشان نداد، اما تأثیر الگوهای ژنوتیپی بر صفات بعد از بلوغ جنسی مانند وزن‌های شش‌ماهگی، نه‌ماهگی، و ۱۲‌ماهگی بسیار معنی‌دار بودند ($P < 0.01$). در مطالعه گاوهای هان‌وو یک جهش در موقعیت اگزون سوم ($g.3631 G > A$) گزارش شد که با درجه چربی ماهیچه بالاتر مرتبط بود، اما وزن بدن را تحت تأثیر قرار نداد (۱۷). البته در مطالعات قبلی گزارش کرده بودند که بالاترین سطح بیان در جایگاه ژن *FABP4* بین ۱۲ تا ۲۷‌ماهگی است و هاپلوتیپ‌های مشاهده‌شده در جایگاه مذکور با وزن بدن، وزن لاشه، و درجه چربی ماهیچه مرتبط است (۱۶). در مطالعه اگزون سوم جایگاه *FABP4* در گاوهای نلری (گاو بومی برزیل) که الگوهای ژنوتیپی شناسایی شده در اگزون سوم جایگاه *FABP4* ارتباط معنی‌داری با وزن تولد، سه‌ماهگی، و وزن ۱۲‌ماهگی نداشت، اما بر وزن شش‌ماهگی و نه‌ماهگی اثر معنی‌داری داشت (۴). تحقیقات انجام‌شده در نژادهای کره‌ای و آمیخته‌های آنها یک جهش در اگزون سوم، با صفات لاشه، و درجه چربی ماهیچه مرتبط بود (۱۴). همچنین، در مطالعه بررسی چندشکلی جایگاه *FABP4* در جمعیت گاوهای بومی کره‌ای سه جهش در اگزون سوم گزارش کردند که مرتبط با ضخامت چربی پشتی بود، اما صفات لاشه را تحت تأثیر قرار نداد (۱۰). نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که احتمالاً ژن *FABP4* بعد از بلوغ جنسی یا حدود شش‌ماهگی بیان می‌شود. حیوان در زمان تولد و سه‌ماهگی بیشتر تحت حمایت مادر و شایستگی ژنتیکی مادری قرار دارد، اما بعد از سن شیرگیری افزایش وزن تحت تأثیر توان یا شایستگی ژنتیکی خود حیوان قرار

از شاخص‌های تنوع در جمعیت شاخص شانون است که بیانگر میزان تنوع ژنتیکی در هر جمعیت برحسب درصد است. هرچه این شاخص به صفر نزدیک‌تر شود، تنوع کمتر خواهد بود. میزان شاخص شانون محاسبه‌شده برای جمعیت سیستانی، ۴۸ و برای جمعیت دشتیاری، ۳۹ درصد محاسبه شد که بیانگر تنوع متوسط در جمعیت‌های مطالعه‌شده است. شاخص برتری جایگاه ژنی در مطالعات پیوستگی، محتوای اطلاعات چندشکلی (PIC) است. براساس این شاخص اگر مقدار محتوای اطلاعات چندشکلی کمتر از ۰/۲۵ باشد، میزان چندشکلی کم؛ اگر بین ۰/۲۵ و ۰/۵۰ باشد، چندشکلی متوسط؛ و اگر بالاتر از ۰/۵۰ باشد، چندشکلی زیاد خواهد بود (۲ و ۶). محتوای اطلاعات چندشکلی در جایگاه *FABP4* در دو جمعیت سیستانی و دشتیاری به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۲۵ بودند که در حد متوسط قرار دارد. همچنین، میزان هتروزیگوسیتی برآوردشده با شاخص نئی در جمعیت سیستانی ۳۰ و در جمعیت دشتیاری ۲۳ درصد محاسبه شد که شاخص متوسط تنوع ژنتیکی در جایگاه ژن *FABP4* در جمعیت گاوهای سیستانی و دشتیاری است.

سایر معیارهای میزان تنوع ژنتیکی جایگاه شامل تعداد آلل واقعی و مؤثر در دو جمعیت گاو سیستانی و دشتیاری به ترتیب دو، ۱/۴۳، دو، و ۱/۳ بودند. تعداد آلل مؤثر در جمعیت، اطلاعاتی را در زمینه تأثیر آلل‌ها در تنوع درون‌جمعیتی مشاهده‌شده می‌دهد و متناسب با اندازه مؤثر جمعیت است. تعداد آلل مؤثر زمانی با تعداد آلل واقعی برابر خواهد بود که فراوانی مساوی داشته باشند، ولی در بیشتر موارد تعداد آلل مؤثر کمتر از تعداد آلل واقعی است. با توجه به تعداد آلل‌های مشاهده‌شده (۲) و مؤثر (۱/۴۳) در جایگاه بررسی‌شده در جمعیت گاو سیستانی و تعداد آلل‌های مشاهده‌شده (۲) و مؤثر (۱/۳۰) در جمعیت دشتیاری، اختلاف فراوان آلل‌های گوناگون در جایگاه ژنی

تولیدات دامی

بالاتری در مقایسه با ژنوتیپ جهش‌یافته دارد و آلل A اثر شایان توجهی بر وزن بدن و درصد لاشه در ۹۰ روزگی دارد (۲۹).

بنابراین، باتوجه به چندشکلی و وجود ژنوتیپ‌های متنوع در جایگاه ژن *FABP4* در دو نژاد سیستانی و دشتیاری و همچنین ارتباط معنی‌داری که بین این الگوها و صفات رشد مشاهده شد، می‌توان با تحقیقات بیشتر در مورد این ژن و تصدیق یافته‌های این پژوهش، از این نشانگر مولکولی به همراه سایر اطلاعات مولکولی در برنامه‌های به‌نژادی استفاده گردد. همچنین، باتوجه به نقش مهم جایگاه ژنی *FABP4* بر متابولیسم چربی پیشنهاد می‌شود ارتباط الگوهای ژنوتیپی با صفات کیفی لاشه بررسی شود.

دارد (۱۰). میانگین حداقل مربعات تأثیرات الگوهای ژنوتیپی جایگاه ژن *FABP4* بر صفات مرتبط با رشد در جمعیت گاوهای سیستانی در جدول ۸ ارائه شده است. در اکثر صفات، دام‌های با الگوی ژنوتیپی AB وزن بالاتری در مقایسه با دام‌های با ژنوتیپ AA داشتند ($P < 0.05$) به‌جز وزن تولد و سه‌ماهگی که اختلاف معنی‌داری نداشتند، که احتمالاً به واسطهٔ تأثیرات افزایشی بین آلل‌ها و یا گروه‌های ژنی پیوسته با آنهاست، که با نتایج محققان که گزارش کردند ژنوتیپ جهش‌یافته اثر معنی‌داری بیشتری در مقایسه با ژنوتیپ AA در صفات کیفیت گوشت دارد و منبع مفیدی برای به‌حداکثر رساندن منافع اقتصادی برای جمعیت گاو خواهد بود، مطابقت دارد (۲۱)، اما مخالف با نتایج مطالعاتی است که گزارش کردند ژنوتیپ AA حساسیت

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین‌های حداقل مربعات الگوهای ژنوتیپی جایگاه ژن *FABP4* بر صفات مرتبط با رشد در جمعیت گاوهای سیستانی

الگوی ژنوتیپی		صفت
AB	AA	
۲۵/۹۱ ± ۱/۳۵	۲۵/۴۹ ± ۱/۳۷	وزن تولد
۵۴/۹ ± ۳/۶۱	۴۹/۹۸ ± ۳/۶۴	وزن سه‌ماهگی
۹۴/۷۴ ± ۴/۴۱ ^a	۶۵/۶۷ ± ۴/۴۴ ^b	وزن شش‌ماهگی
۱۲۰/۶۹ ± ۴/۸۳ ^a	۸۰/۰۹ ± ۴/۸۷ ^b	وزن نه‌ماهگی
۱۴۷/۵۹ ± ۶/۳۴ ^a	۹۸/۹ ± ۶/۳۹ ^b	وزن ۱۲ ماهگی

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

GDF10 gene polymorphism analysis and its association with body measurement traits in Chinese indigenous cattle. *Molecular Biology Reproduction*. 39: 4067-4075.

- Anton I, Kovacs K, Hollo G, Farkas V, Lehel L, Hajda Z and Zsolnai A (2010) Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary. *Livestock Science*. 11: 243-249.

منابع

- یزدان‌پناه، خدرزاده ص و محمدی‌کفترکاری ع (۱۳۸۹) تعیین میزان هتروزیگوسیتی در گاو نجدی استان خوزستان با استفاده از تکنیک PBR. چهارمین کنگرهٔ علوم دامی ایران. کرج. صص. ۲۸۷۵-۲۸۷۸.
- Adoligbe C, Linsen Zan C, Farougou S, Hongbao Wang J and Ujjan A (2012) *Bovine*

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

4. Ayres DR, Souza FRP, Mercadante MEZ, Fonseca LFS, TonhatiH, Cyrillo JNSG, Bonilha SFM and Albuquerque LG (2010) Evaluation of TFAM and FABP4 gene polymorphisms in three lines of Nellore cattle selected for growth. *Genetics Molecular Resource*. 9: 2050-2059.
5. Barendse W, Bunch RJ, Thomas MB and Harrison BE (2009) A splice site single nucleotide polymorphisms of the fatty acid binding protein 4 gene appears to be associated with intramuscular fat deposition in longissimus muscle in Australian cattle. *Animal Genetics*. 40: 770-773.
6. Botstein D, White RL, Skolnick M and Davis RW (1980) Construction of a genetic-linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetic*. 32: 314-331.
7. Cabré A, Lázaro I, Girona J, Manzanares JM, Marimon F and Plana N (2008) Plasma fatty acid binding protein 4 is associated with atherogenic dyslipidemia in diabetes. *Lipid Resource*. 49(8): 1746-51.
8. Chen CH, Lin EC, Cheng WTK, Sun HS, Mersmann HJ and Ding ST (2006) Abundantly expressed genes in pig adipose tissue: An expressed sequence tag approach. *Animal Science*. 84: 2673-2683.
9. Chmurzynska A (2006) The multi-gene family of fatty acid-binding proteins (*FABPs*): function, structure and polymorphism. *Applied Genetics*. 47: 39-48.
10. Cho S, Park TS, Yoon DH, Cheong HS, Namgoong S, Park BL, Lee HW, Han CS, Kim EM, Cheong IC, Kim H and Shin HD (2007) Identification of genetic polymorphisms in *FABP3* and *FABP4* and putative association with back fat thickness in Korean native cattle. *BMB reports*. Pp. 29-34.
11. Furuhashi M and Hotamisligil GS (2008) Fatty acid binding proteins: role in metabolic diseases and potential as drug targets. *National Revolution Drug Discovery*. 7: 489-503.
12. Haluzík MM, Anderlová K, Dolezalová R, Adamíková A, Haluzíková D and Housová J (2009) Serum adipocyte fatty acid binding protein levels in patients with type 2 diabetes mellitus and obesity: the influence of fenofibrate treatment. *Physiology Resource*. 58: 93-9.
13. Havel PJ (2002) Control of energy homeostasis and insulin action by adipocyte hormones: Leptin, acylation stimulating protein, and adiponectin. *Current Opinion in Lipidology*. 13: 51-59.
14. Jiang Z, Kunej T and Michal JJ (2005) *Biochemistry Biophysics Resource Community*. 334: 516-523.
15. Kulig H, Kowalewska-Luczak I, Kmiec M and Wojdak-Maksymiec K (2010) *ANXA9*, *SLC27A3*, *FABP3* and *FABP4* single nucleotide polymorphisms in relation to milk production traits in Jersey cows. *Czech Journal of Animal Science*. 55: 463-467.
16. Lee SH, Park EW, Cho YM, Kim KH, Oh YK, Lee JH, Lee CS, Oh SJ and Yoon DH (2006) Lipogenesis gene expression profiling on the early and late fattening stage of Hanwoo longissimus dorsi. *Animal Science and Technology (Kor)*. 48: 913-20.
17. . Lee SH, Van der Werf JHJ, Lee SH, Park EW, Oh SJ, Gibson JP and Thompson JM (2010) Genetic polymorphisms of the bovine Fatty acid binding protein 4 gene are significantly associated with marbling and carcass weight in Hanwoo (Korean Cattle). *Animal Genetics*. 41: 442- 444.

18. Michal JJ, Zhang ZW, Gaskins CT and Jiang Z (2006) The bovine fatty acid binding protein 4 gene is significantly associated with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu 9 Limousin F2 crosses. *Animal Genetics*. 37: 400-402.
19. Pannier L, Mullen AM, Hamill RM, Stapleton PC and Sweeney T (2010) Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred *Bos taurus* cattle. *Meat Science*. 85: 515-518.
20. SAS User Guide: statistics (2009) SAS institute (version 9.2) Cary: NC.
21. Shin SC, Heo JP and Chung FR (2012) Genetic variants of the *FABP4* gene are associated with marbling scores and meat quality grades in Hanwoo (Korean cattle). *Molecular Biology Reports*. 39: 5323-5330.
22. Souza FRP, Mercadante MEZ, Fonseca LFS, Ferreira LMS, Regatieri IC, Ayres DR, Tonhati H, Silva SL, Razook AG and Albuquerque LG (2010) Assessment of DGAT1 and LEP gene polymorphisms in three Nelore (*Bos indicus*) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits. *Animal Science*. 88: 435-441.
23. Thaller G, Kuhn C, Winter A, Ewald G, Bellmann O, Wegner J, Zuhlke H and Fries R (2003) DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. *Animal Genetics*. 34: 354-357.
24. Tso AW, Xu A, Sham PC, Wat NM, Wang Y and Fong CHY (2007) Serum adipocyte fatty acid binding protein as a new biomarker predicting the development of type 2 diabetes: a 10-year prospective study in a Chinese cohort. *Diabetes Care*. 30: 2667-2672.
25. Tuncman G, Erbay E, Hom X, DeVivo I, Campos H and Rimm EB (2006) A genetic variant at the fatty acid-binding protein aP2 locus reduces the risk for hypertriglyceridemia, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103: 6970-6975.
26. White SN, Casas E, Allan MF, Keele JW, Snelling WM, Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M and Smith TPL (2007) Evaluation in beef cattle of six deoxy-ribonucleic-acid markers developed for dairy traits reveals an osteopontin polymorphism associated with post-weaning growth. *Animal Science*. 85: 1-10.
27. Wimmers K, Murani E, Schellander K and Ponsuksili S (2005) Combining QTL and expression-analysis: identification of functional positional candidate genes for meat quality and carcass traits. *Archiv Tierzucht*. 48: 23-31.
28. Xu A, Wang Y, Xu JY, Stejskal D, Tam S and Zhang J (2006) Adipocyte fatty acid binding protein is a plasma biomarker closely associated with obesity and metabolic syndrome. *Clinical Chemistry*. 52: 405-413.
29. Xu QL, Tang GW, Zhang QL, Huang YK, Liu YX, Quan K, Zhu KY and Zhang CX (2011) The *FABP4* gene polymorphism is associated with meat tenderness in three Chinese native sheep breeds. *Czech Journal Animal Science*. 56: 1-6.
30. Yeh FC, Yang RC and Boyle T (1999) POPGENE version 1.31 Microsoft window-based freeware for population genetic analysis. University of Alberta and Centre for International Forestry Research in water Catchments Systems. 416-432 pp: 45-54.