



وزارت علوم تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری

رساله دکتری تخصصی
رشته ژنتیک مولکولی

بررسی تنوع ژنتیکی کروموزوم Y در جمعیت ایران

نگارش

زهرا لشگری

استاد راهنما

دکتر محمد حسین صنعتی

استادان مشاور

دکتر احمد خدادادی

دکتر مسعود هوشمند

دکتر فروزنده محجوبی

شهریور ۱۳۸۹



يَا أَيُّهَا النَّاسُ

إِنَّا خَلَقْنَاكُمْ مِنْ ذَكَرٍ وَأُنْثَى
وَجَعَلْنَاكُمْ شُعُوبًا وَقَبَائِلَ لِتَعَارَفُوا
إِنَّ أَكْرَمَكُمْ عِنْدَ اللَّهِ أَتَقَى
إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ

سوره حجرات آیه ۱۳

بنام خداوند بخشنده و مهربان

ای مردم ! ما شما را از یک مرد و زن آفریدیم و شما را تیره ها و قبیله ها قرار دادیم تا یکدیگر را بشناسید، همانا گرامی ترین شما نزد خدا، با تقواترین شماست ، البته خدا دانای خبیر است .



مرکز تحقیقات بیماری های گوارش و کبد دانشگاه
علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران



پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک
و زیست فناوری

رساله جهت دریافت دکتری تخصصی ژنتیک مولکولی با عنوان

بررسی تنوع ژنتیکی کروموزوم Y در جمعیت ایران

توسط: زهرا لشگری

تصویب و ارزشیابی توسط کمیته داوران بادرجه عالی

استاد راهنما: جناب آقای دکتر محمد حسین صنعتی

استاد مشاور: جناب آقای دکتر دکتر مسعود هوشمند

استاد مشاور: سرکار خانم دکتر فروزنده محجوبی

استاد مشاور: جناب آقای دکتر احمد خدادادی

داور خارجی: جناب آقای دکتر مجید صادقی زاده

داور خارجی: جناب آقای دکتر محمد تقی اکبری

داور داخلی: سرکار خانم دکتر فرزانه صابونی

مدیر گروه زیست فناوری پزشکی: جناب آقای دکتر قاسم آهنگری

نماینده تحصیلات تکمیلی پژوهشگاه: جناب آقای دکتر حسین شهبانی ظهیری

شهریور ماه ۱۳۸۹

تقدیم به

آنان که در دشتهای تفتیده خوزستان خفته اند

آنان که در آبهای نیلگون خلیج فارس آرمیده اند

آنان که با بالهای آهنین به سوی معبود شتافتند

تقدیر و تشکر

وظیفه خود می دانم از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمد حسین صنعتی که در به سرانجام رساندن این پروژه در تمامی مراحل از هیچ کوششی دریغ ننمودند تشکر نمایم.

استاد گرانقدر جناب آقای دکتر احمد خدادادی که مشاوره آماری این پروژه را تقبل نمودند. و قدم به قدم در برطرف کردن نیازهای آماری تحقیق همیاری نمودند.

سرکار خانم مهتاب سیدین که با کوشش و جدیت خود انجام پروسه آماری تحقیق را امکان پذیر ساختند.

سرکار خانم دکتر فروزنده محجوبی و آقای دکتر مسعود هوشمند که مشاوره این پایان نامه را بر عهده گرفتند.

پرسنل آزمایشگاه ژنتیک پزشکی خصوصاً سرکار خانم میترا عطایی، خانم زینب السادات محمدی و آقای دکتر رضا میرفخرایی که در عملیاتی کردن تحقیق حاضر مساعدت نمودند.

برادر بزرگوار جناب آقای دکتر اسماعیل صانعی مقدم مدیر کل سازمان انتقال خون در شرق ایران که همکاری بی شائبه ای را در اخذ نمونه های سیستان و بلوچستان، کرمان و زرتشتیان انجام دادند.

انجمن های ارامنه، آشوریان و زرتشتیان ایران (خصوصاً آقای دکتر مهران در استان کرمان)

کلیه اساتید، کارشناسان و افرادی که در برنامه ریزی و تهیه نمونه جهت پروژه تنوع ژنوم انسان در ایران شرکت داشته اند.

گروه آموزش پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فن آوری به خصوص جناب آقای حسین دوستدار

چکیده

جمعیت ایران از نظر قومیت، زبان و مذهب کشور بسیار متنوعی است. بر اساس نظریه های تاریخ دانان و جمعیت شناسان ریشه اقوام ایرانی را مهاجران آریایی می دانند که حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح از آسیای مرکزی وارد فلات ایران شده اند. از زمان حکومت هخامنشیان در قرن ششم قبل از میلاد، ایران فازهای مختلفی از ارتباطات سیاسی و مذهبی را تجربه نموده است. این سرزمین گروه های بومی را در برداشته و امواج متعددی از حمله های اقوام را جذب نموده است. به منظور تعیین اجزاء ذخیره ژنتیکی اجداد پدری ایرانیان، به دلیل فقدان نوترکیبی در بخش قابل توجهی از کروموزوم Y و امکان استنتاج تاریخ جمعیت ها از طریق بررسی دودمان های مردان، در این تحقیق تنوع کروموزوم Y در نوزده جمعیت متفاوت از لحاظ قومیت، زبان و مذهب ساکن ایران توسط چهارده نشانگر Y-SNP بررسی گردید و هاپلوگروپ های اجدادی جمعیت ها بر پایه چند شکلی های دوالی کروموزوم Y تعیین گردیدند.

بر اساس نتایج بدست آمده تحقیق حاضر، در مقایسه جهانی جمعیت ایران از لحاظ شباهت کروموزوم Y در مجاورت هند و پاکستان قرار داشته و از یک سو مابین جمعیت آسیای مرکزی و روسیه و از سوی دیگر مجاور خاورمیانه واقع می گردد. در تحقیق فوق، سهم هاپلوگروپ منتسب به اقوام آریایی در کل جمعیت ایران ۱۰/۲٪ بدست آمده است. همچنین تفاوت های قابل ملاحظه ای در نوع و فراوانی هاپلوگروپ ها میان جمعیت های مختلف ایران مشاهده گردید. مشاهده الگوهای متفاوت در میان بعضی از جمعیت ها را می توان ناشی از دودمان های غیر مشترک اجداد پدری جمعیت ها و یا ناشی از فاکتور های ایزوله کننده مانند مذهب، (زرتشتیان و آشوریان) فرهنگ (ترکمنها و بلوچ ها) و انحراف ژنتیکی ایجاد شده در جمعیت های کوچک (اقلیت های مذهبی) دانست.

نتایج حاصل شده در خصوص کروموزوم Y وجود اجداد آریایی در جمعیت بلوچ، منشاء ترکمن ها در آسیای میانه و وجود اجداد آفریقایی را در سیاهپوستان ایران نشان می دهد. در صورتی که در مورد اقوام آذری، کرد، عرب و آشوریان نتایج بدست آمده متفاوت با گزارشات تاریخی در مورد منشاء این جمعیت ها به نظر می رسد. در میان جمعیت های مذهبی ایران، آشوریان دارای جمعیت منحصر به فردی می باشند. احتمالاً به دلیل مذهب و فرهنگ خاص خود هیچ گونه اختلاطی با جمعیت های ساکن ایران نداشته اند.

نتایج تحقیق حاضر تصویری از تنوع اجداد پدری جمعیت های مختلف ساکن ایران را در پیش روی ما گذاشته است بر اساس آن و بر خلاف نظر تاریخ دانان و جمعیت شناسان، نمی توان اجداد جمعیت های مختلف ایران را از لحاظ ژنتیکی در یک گروه غالب قوم آریایی منظور نمود. لذا درحوزه های مختلف خصوصاً تشخیص هویت ژنتیکی، بررسی های پزشکی قانونی، تعیین نسب ها، تحقیقات در زمینه بررسی ارتباط احتمالی میان بیماری و ژنها، مقایسه بین افراد بیمار و سالم، جهت تفسیر و قضاوت دقیق و علمی، لازم است ساختار ژنتیکی هر قوم جداگانه مورد توجه قرار گیرد و استفاده از اطلاعات ساختار ژنتیکی یک قوم و تعمیم نتایج بدست آمده به کل جمعیت ایران منطقی نمی باشد. نتایج این تحقیق بخشی از ساختار متنوع را مشخص نمود.

فهرست مطالب

چکیده

ص	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱- پیشگفتار
۱	۲-۱- مکانیسم های ایجاد کننده تغییرات تکاملی
۱	۱-۲-۱- انتخاب تصادفی گامت ها
۲	۲-۲-۱- جهش
۳	۳-۲-۱- تقسیمات جمعیتی، مهاجرت و تبادل ژنتیکی
۳	۴-۲-۱- انتخاب طبیعی
۳	۳-۱- تنوع
۴	۱-۳-۱- تنوع خشی
۴	۲-۳-۱- تنوع انتخاب شده
۵	۴-۱- دست آورد تنوع ژنتیکی
۵	۵-۱- پروژه تنوع ژنوم انسان
۶	۱-۵-۱- هدف کلی
۶	۲-۵-۱- اهداف علمی
۶	۳-۵-۱- اهداف اختصاصی تر

- ۸ ۶-۱- اختلافات در سطح جمعیت
- ۹ ۷-۱- نشانگرهای ژنتیکی مورد استفاده در مطالعات تنوع
- ۱۲ ۱-۷-۱- چند شکلی های تک نوکلئوتیدی
- ۱۲ ۱-۱-۷-۱- چندشکلی های جایگزینی/حذف
- ۱۳ ۲-۷-۱- نشانگرهای با سرعت بالاتر تکاملی
- ۱۳ ۱-۲-۷-۱- چند شکلی های اقماری ریز
- ۱۴ ۲-۲-۷-۱- چند شکلی های اقماری کوچک
- ۱۴ ۳-۷-۱- سیستم های ژنتیکی هاپلوئید
- ۱۶ ۸-۱- انواع داده های ژنتیکی در مطالعات جمعیتی
- ۱۶ ۱-۸-۱- DNA اتوزومی
- ۱۶ ۲-۸-۱- ژنوم میتوکندری
- ۱۷ ۳-۸-۱- کروموزوم Y
- ۱۷ ۱-۳-۸-۱- نقشه کروموزومی Y
- ۱۷ ۲-۳-۸-۱- ساختمان کروموزوم Y
- ۱۸ ۱-۲-۳-۸-۱- ناحیه اتوزومی کاذب
- ۱۸ ۲-۲-۳-۸-۱- ناحیه فاقد نوترکیبی کروموزوم Y
- ۱۹ ۱-۲-۲-۳-۸-۱- ناحیه یوکروماتیک

۱۹	۱-۱-۲-۲-۳-۸-۱- قطعہ X جابجا شده
۱۹	۲-۱-۲-۲-۳-۸-۱- قطعہ X تحلیل رفته
۱۹	۳-۱-۲-۲-۳-۸-۱- قطعات افزایش یافته
۲۰	۲-۲-۲-۳-۸-۱- ناحیه هتروکروماتیک
۲۱	۳-۳-۸-۱- ژنهای کروموزوم Y
۲۱	۴-۳-۸-۱- اعمال بیولوژیک کروموزوم Y انسان
۲۱	۱-۴-۳-۸-۱- ژنهای SRY و تعیین جنسیت
۲۲	۲-۴-۳-۸-۱- ژنهای کنترل کننده اسپرمتوزنز
۲۳	۵-۳-۸-۱- تنوع کروموزوم Y
۲۳	۱-۵-۳-۸-۱- جهش و تنوع کروموزوم Y
۲۴	۲-۵-۳-۸-۱- سرعت جهش اختصاصی جنس
۲۴	۳-۵-۳-۸-۱- انتخاب و تنوع کروموزوم Y
۲۴	۴-۵-۳-۸-۱- سایر عاملهای تاثیرگذار بر روی تنوع Y
۲۶	۶-۳-۸-۱- نشانگرهای مخصوص کروموزوم Y
۲۶	۷-۳-۸-۱- تغییرات کروموزومی
۲۷	۱-۷-۳-۸-۱- نشانگرهای دواللی
۲۸	۲-۷-۳-۸-۱- توالی های اقماری کوچک مخصوص Y

- ۲۸ ۱-۸-۳-۷-۳- مجموعه توالی های اقماری ریز
- ۳۲ ۱-۹- اهداف تحقیق بر روی جمعیت ها
- ۳۳ ۱-۱۰- هاپلوگروپ چیست؟
- ۳۳ ۱-۱۱- کنسرسیوم کروموزوم Y
- ۳۸ ۱-۱۲- تعیین زمان و مکان ایجاد یک دودمان
- ۴۰ ۱-۱۳- منشاء آفریقایی انسان مدرن و فاکتورهای موثر بر گسترش آنان
- ۴۱ ۱-۱۴- شاخه های اصلی درخت فیلوژنتیکی کروموزوم Y و پراکندگی انسان های مدرن
- ۴۵ ۱-۱۴-۱- توزیع اختلافات کروموزوم Y در آسیا
- ۴۶ ۱-۱۴-۱-۱- کلونیزه شدن جنوب و شرق آسیا.
- ۴۷ ۱-۱۴-۲- چشم انداز کروموزوم Y در سبیری و آسیای مرکزی
- ۴۸ ۱-۱۴-۳- اختلافات کروموزومی در شرق نزدیک
- ۴۹ ۱-۱۴-۲- اختلاف هاپلوگروپ کروموزوم Y در اروپا.
- ۵۲ ۱-۱۵- تعیین سن اجداد کروموزوم Y و یا mtDNA
- ۵۲ ۱-۱۶- انواع هاپلوگروپ های کروموزوم Y.
- ۵۲ ۱-۱۶-۱- هاپلوگروپ A
- ۵۲ ۱-۱۶-۲- هاپلوگروپ B.
- ۵۳ ۱-۱۶-۳- هاپلوگروپ C

۵۳	YAP ھاپلوگروپ -۴-۱۶-۱
۵۴	D ھاپلوگروپ -۱-۴-۱۶-۱
۵۴	E ھاپلوگروپ -۲-۴-۱۶-۱
۵۴	E3a ھاپلوگروپ -۱-۲-۴-۱۶-۱
۵۴	E3b ھاپلوگروپ -۲-۲-۴-۱۶-۱
۵۵	F ھاپلوگروپ -۵-۱۶-۱
۵۵	G ھاپلوگروپ -۶-۱۶-۱
۵۵	H ھاپلوگروپ -۷-۱۶-۱
۵۵	I ھاپلوگروپ -۸-۱۶-۱
۵۵	J ھاپلوگروپ -۹-۱۶-۱
۵۶	J1 ھاپلوگروپ -۱-۹-۱۶-۱
۵۶	J۲ ھاپلوگروپ -۲-۹-۱۶-۱
۵۶	K ھاپلوگروپ -۱۰-۱۶-۱
۵۶	L ھاپلوگروپ -۱۱-۱۶-۱
۵۶	M ھاپلوگروپ -۱۲-۱۶-۱
۵۶	N ھاپلوگروپ -۱۳-۱۶-۱
۵۷	O ھاپلوگروپ -۱۴-۱۶-۱

۵۷	P هاپلوگروپ -۱۵-۱۶-۱
۵۷	Q هاپلوگروپ -۱۶-۱۶-۱
۵۷	R هاپلوگروپ -۱۷-۱۶-۱
۵۸	R1 هاپلوگروپ -۱-۱۷-۱۶-۱
۵۸	R1a -۱-۱-۱۷-۱۶-۱
۵۸	R1a1 -۲-۱-۱۷-۱۶-۱
۵۸	R1b -۳-۱-۱۷-۱۶-۱
۵۹	R2 هاپلوگروپ -۲-۱۷-۱۶-۱
۵۹	ایران -۱۷-۱
۵۹	اقوام ایرانی تبار -۱-۱۷-۱
۵۹	ریشه اقوام ایرانی -۲-۱۷-۱
۶۰	گروه های زبانی -۳-۱۷-۱
۶۰	گروه های مذهبی -۴-۱۷-۱
۶۰	گروه های قومیتی ایران -۵-۱۷-۱
۶۱	مردم گیلان -۱-۵-۱۷-۱
۶۲	مردم مازندران -۲-۵-۱۷-۱
۶۲	مردم خراسان -۳-۵-۱۷-۱

۶۳	۱-۱۷-۵-۴- مردم آذری
۶۴	۱-۱۷-۵-۵- مردم بلوچ
۶۶	۱-۱۷-۵-۶- مردم ترکمن
۶۶	۱-۱۷-۵-۷- مردم لر
۶۷	۱-۱۷-۵-۸- مردم کرد.
۶۷	۱-۱۷-۵-۹- مردم عرب
۶۷	۱-۱۷-۵-۱۰- مردم یزد
۶۸	۱-۱۷-۵-۱۱- مردم کرمان.
۶۹	۱-۱۷-۵-۱۲- مردم هرمزگان
۷۰	۱-۱۷-۵-۱۳- اقلیت های مذهبی ایران
۷۰	۱-۱۷-۵-۱۳-۱- آشوریان یا آسوریان
۷۱	۱-۱۷-۵-۱۳-۲- آرامنه ایران
۷۱	۱-۱۷-۵-۱۳-۳- زرتشتیان ایران
۷۲	۱-۱۸- اهداف تحقیق حاضر
۷۳	۱-۱۸-۱- یافته های تاریخی
۷۳	۱-۱۸-۲- فرضیات
۷۳	۱-۱۸-۳- پیش بینی کاربرد نتایج حاصل از این تحقیق

۷۴ ۱-۱۸-۴- سوالاتی که در این تحقیق پاسخ داده می شود

فصل دوم: بررسی متون

۷ بررسی متون و تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین بر روی جمعیت ایران

فصل سوم: مواد و روش ها

۸۰ ۳-۱- جمعیت های مورد مطالعه

۸۰ ۳-۱-۱- گزینش جمعیت ها.

۸۰ ۳-۱-۲- مکان نمونه گیری، تعداد نمونه، شرایط و نحوه نمونه گیری

۸۳ ۳-۲- تخلیص DNA از نمونه ها

۸۳ ۳-۳- روشهای مولکولی

۸۳ ۳-۳-۱- هاپلوگروپ های انتخاب شده و انواع نشانگر های بکار گرفته شده جهت تعیین آنها

۸۴ ۳-۳-۱- چگونگی تعیین وضعیت اجدادی و یا مشتق شده هر نشانگر

۸۴ ۳-۴- پروتکل تعیین دودمان های کروموزوم Y

۸۵ ۳-۵- تهیه آغازگر ها

۸۶ ۳-۶- مواد و محلولهای مورد نیاز جهت PCR

۸۶ ۳-۶-۱- تعیین هاپلوگروپ A تا R توسط نشانگر SRY-1532

۸۷ ۳-۶-۲- تعیین هاپلوگروپ DE توسط نشانگر YAP

۸۸ ۳-۶-۳- تعیین هاپلوگروپ K-R توسط نشانگر M9 کروموزوم Y

- ۸۹ M207 R توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۶-۴
- ۹۰ 92R7 P توسط نشانگر اصلی تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۵
- ۹۱ M11 L توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۶
- ۹۲ P36 Q توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۷
- ۹۳ Lly22g N توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۸
- ۹۴ sY81 E3a توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۹
- ۹۵ M170 I توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۱۰
- ۹۶ M175 O توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۱۱
- ۹۷ M106 M توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۱۲
- ۹۸ M17 R1a1 توسط نشانگر تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۱۳
- ۹۹ Tat و 12f2 J از طریق نشانگر های تعیین هاپلوگروپ ۳-۱۶-۱۴
- ۱۰۰ ۳-۱۷-۱۷-۱۷ روش های آماری.

- ۱۰۰ ۳-۱۷-۱۷-۱ نرم افزار های بکار گرفته شده در این تحقیق

فصل سوم : نتایج

- ۱۰۳ ۴-۱-۱ نتایج حاصل از الکتروفورز نشانگرها.
- ۱۱۷ ۴-۲-۱ انواع هاپلوگروپ های مشاهده شده و فراوانی آنها به تفکیک در کل جمعیت ایران
- ۱۱۸ ۴-۳-۱ انواع هاپلوگروپ های مشاهده شده و فراوانی آنها به تفکیک در هر جمعیت

۱۳۳ ۴-۴- فراوانی هر هاپلوگروپ به تفکیک میان نوزده جمعیت ایران

۱۶۴ فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۱۷۹ پیشنهادات

۱۸۰ فصل پنجم : منابع

خلاصه انگلیسی

فهرست تصاویر

ص	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مدل انتخاب تصادفی گامتها در هنگام تشکیل نسل
۱۰	۲-۱- ژنوم انسان، مناطق مختلف و انواع چندشکلی های آن
۱۳	۳-۱- ساختمان دایمیری عنصر <i>Alu</i>
۱۸	۴-۱- مکان سودواتوزوم ها و ناحیه غیر نوترکیب در کروموزوم <i>Y</i>
۲۰	۵-۱- ناحیه اختصاصی کروموزوم مردان
۲۲	۶-۱- نقشه ژنتیکی ناحیه غیر نوترکیب کروموزوم <i>Y</i>
۳۰	۷-۱- مقیاس زمانی تخمین هایی از اجداد تعیین شده از طریق اختلافات <i>STR</i> ، <i>SNP</i>
۳۵	۸-۱- درخت تکامل نژادی کروموزوم <i>Y</i> پیشنهاد شده در سال ۲۰۰۲ توسط کمیته <i>YCC</i>
۳۶	۹-۱- مثالهایی از اصلاحات مورد لزوم در توپولوژی ناشی کشف از جهش ها و نمونه های جدید با هاپلوگروپ حدواسط
۳۸	۱۰-۱- مثالهایی از نامهای هاپلوگروپ ها
۴۱	۱۱-۱- فرضیه چند ناحیه ای منشاء انسان
۴۲	۱۲-۱- مهاجرت گونه انسان خردمند.
۴۵	۱۳-۱- نمودار بازسازی منشاء هاپلوگروپ <i>F</i>
۴۶	۱۴-۱- توزیع هاپلوگروپ های کروموزوم <i>Y</i> در نقاط مختلف قاره ها

۵۳ ۱۵-۱- توزیع انواع هاپلوگروپ های کروموزوم Y را در کشور های مختلف جهان

۶۱ ۱۶-۱- موقعیت جغرافیایی برخی از گروه های قومیتی ساکن در ایران

فصل سوم: مواد و روشها

۸۲ ۱-۳- محل و موقعیت جغرافیایی نمونه های اخذ شده از جمعیت های مختلف

۸۶ ۲-۳- موقعیت تکاملی انواع هاپلوگروپ های بررسی شده در تحقیق حاضر

۱۰۲ ۳-۳- پروتکل و ترتیب مراحل تعیین هاپلوگروپ های انتخاب شده

فصل چهارم: نتایج

۱۰۳ ۱-۴- نتایج حاصل از الکتروفورز نشانگر 1538-SRY قبل و بعد از هضم توسط آنزیم

۱۰۴ ۲-۴- نتایج حاصل از الکتروفورز نشانگر YAP

۱۰۵ ۳-۴- محصول PCR نشانگر M9 قبل و بعد از هضم آنزیم

۱۰۶ ۴-۴- نتایج الکتروفورز حاصل از تکثیر نشانگر M207 قبل و بعد از هضم توسط آنزیم

۱۰۷ ۵-۴- نتایج الکتروفورز نشانگر 92R7 قبل و بعد از هضم توسط آنزیم توسط HindIII

۱۰۸ ۶-۴- نتایج الکتروفورز نشانگر M11 را قبل و پس از هضم با آنزیم MspI.

۱۰۹ ۷-۴- نتایج الکتروفورز نشانگر P36(Q) قبل و بعد از هضم توسط آنزیم

۱۱۰ ۸-۴- نتایج الکتروفورز نشانگر Lly22g قبل و بعد از هضم آنزیم

۱۱۱ ۹-۴- الکتروفورز نشانگر E3a قبل و بعد از هضم با آنزیم HinIII

۱۱۲ ۱۰-۴- نتایج الکتروفورز نشانگر M170 قبل و بعد از هضم توسط آنزیم

- ۱۱۳ ۴-۱۱- نتایج الکتروفورز نشانگر M175 قبل و بعد از هضم توسط آنزیم
- ۱۱۴ ۴-۱۲- نتایج حاصل از الکتروفورز نشانگر M106 قبل و بعد از هضم توسط آنزیم
- ۱۱۵ ۴-۱۳- نتایج توالی یابی محصولات حاصل از تکثیر نشانگر M17 (الف و ب)
- ۱۱۶ ۴-۱۴- نتایج الکتروفورز نشانگر 12f2 و Tat
- ۱۱۷ ۴-۱۵- انواع هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت ایران
- ۱۱۹ ۴-۱۶- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت عرب و بندرعباس
- ۱۲۱ ۴-۱۷- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت یزد و شیراز
- ۱۲۲ ۴-۱۸- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت لر و ترکمن
- ۱۲۴ ۴-۱۹- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت های گیلان و مازندران
- ۱۲۵ ۴-۲۰- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت های آذری و کرد
- ۱۲۷ ۴-۲۱- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت های سیستان و بلوچستان
- ۱۲۸ ۴-۲۲- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت های قشم و نگرو
- ۱۳۰ ۴-۲۳- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت های ارامنه و آشوری
- ۱۳۱ ۴-۲۴- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در دو جمعیت خراسان و کرمان
- ۱۳۲ ۴-۲۵- هاپلوگروپ ها و فراوانی آنها در جمعیت زرتشتیان ایران.
- ۱۳۳ ۴-۲۶- فراوانی هاپلوگروپ R1a1 در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۳۴ ۴-۲۷- فراوانی هاپلوگروپ R1a* در ۱۹ جمعیت ایران

- ۱۳۵-۲۸-۴ فراوانی هاپلوگروپ $R(xR1a)$ در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۳۶-۲۹-۴ نقشه فراوانی سهمی مجموعه هاپلوگروپ R میان جمعیت های ایران
- ۱۳۷-۳۰-۴ نقشه فراوانی سهمی هاپلوگروپ $R1a1$ میان جمعیت های ایران
- ۱۳۸-۳۱-۴ فراوانی هاپلوگروپ P به تفکیک در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۳۹-۳۲-۴ فراوانی هاپلوگروپ O در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۰-۳۳-۴ فراوانی هاپلوگروپ L در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۱-۳۴-۴ فراوانی هاپلوگروپ K در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۲-۳۵-۴ فراوانی هاپلوگروپ $Y^*(xK,DE)$ در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۳-۳۶-۴ نقشه فراوانی سهمی هاپلوگروپ $Y(xK.DE)$ میان جمعیت های ایران
- ۱۴۴-۳۷-۴ فراوانی هاپلوگروپ $DE(xE3a)$ در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۵-۳۸-۴ فراوانی هاپلوگروپ $E3a$ در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۶-۳۹-۴ نقشه فراوانی سهمی هاپلوگروپ های $E3a,DE(xE3a)$ میان جمعیت های ایران
- ۱۴۷-۴۰-۴ فراوانی هاپلوگروپ Q در ۱۹ جمعیت ایران
- ۱۴۸-۴۱-۴ نقشه فراوانی سهمی انواع هاپلوگروپ های مشاهده شده میان جمعیت های ایران
- ۱۴۹-۴۲-۴ شاخص تنوع هاپلوگروپ های کروموزوم Y میان جمعیت های ایران
- ۱۵۵-۴۳-۴ نمودار MDS جهت نمایش جایگاه جمعیت ایران میان جمعیت های جهان.
- ۱۵۶-۴۴-۴ نمودار MDS جهت نمایش جایگاه هر یک از جمعیت های ایران میان جمعیت های جهان