بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اياك نعبد واياك نستعين اهدنا الصراط المستقيم
صراط الذين انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشکده کشاورزی

گروه علوم دامی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی علوم دامی گرایش ژنتیک و اصلاح دام

عنوان

تعیین توالی ناحیه D-Loop از DNA میتوکندری مرغ بومی مرندی ایران

استاد راهنما

دکتر نصرالله پیرانی

استاد مشاور

دکتر جلیل شجاع

پژوهشگر

فاطمه محمدی

بهمن ماه ۸۷ شماره : ۷۵

به اسطوره مهر

مادرم

سپاس خداوند منان هستی بخش را

اکنون که به لطف خداوند متعال توانستم پژوهش حاضر را به سرانجام برسانم بر خود لازم می دانم که از راهنمایی ها و مساعدت های استاد راهنمای محترم و بزرگوارم جناب آقای دکتر نصرالله پیرانی که در این دوره از کمکهایشان در اجرای پایان نامه بهره مند شدم، تقدیر و تشکر نمایم بی شک بدون مساعدت و کمک های علمی و اجرایی ایشان انجام این تحقیق امکان پذیر نبود.

از زحمات فراوان جناب آقای دکتر جلیل شجاع به خاطر مشاوره ها و راهنمایی های بسیار مفید ایشان متشکرم.

تشکر ویژه خود را از استاد ارجمند جناب آقای دکتر بهرام باغبان که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند، ابراز می دارم.

همچنین از ریاست محترم دانشکده کشاورزی جناب آقای دکتر نصرالله زاده و اساتید محترم گروه علوم دامی آقایان دکتر مقدم، دکتر علیجانی، دکتر تقی زاده، دکتر جانمحمدی، دکتر دقیق کیا، دکتر حسین خانی، دکتر رأفت و سایر اساتید محترم که آشنایی با آنها بزرگترین دستاورد این دوره برای من بوده است، کمال تشکر را دارم.

با سپاس از جناب آقای دکتر ارزن لو، دکتر محمدی و مسئولیت محترم آزمایشگاه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات جناب آقای امیر کهنمویی و سرکار خانم مهندس زارعی به خاطر همکاریهایشان در برخی از مراحل آزمایشی این تحقیق.

تشکر ویژه از سرکار خانم مهندس آرزو محمد هاشمی و همسر محترمشان آقای مهندس احسان پرند به خاطر همه مهربانی ها، همدلی ها و تشویق های موثرشان در مراحل مختلف انجام این تحقیق.

از دوستان عزیزم سرکار خانم مهندس زهرا مراتی، مریم رستمی، سحر فرامرزی، معصومه فرخی راد، محمد درستکار و سایر همکلاسی ها و دوستان خوبم سپاسگزارم.

از پدر عزیزم که صبورانه در تمام مراحل زندگی پشتیبانم بوده اند و نیز از خواهر و برادرانم و خانواده های محترمشان سپاس گزاری می کنم، انسانهای بزرگی که با مهربانی های خود همیشه به من زندگی، امید و اعتماد به نفس داده اند.

در پایان این اثر ناچیز را تقدیم می کنم به روح مادرم که تمام موفقیت هایم را مدیون دعاهای خیر شان می دانم.

نام خانوادگی: محمدی پسته بیگ **نام:** فاطمه

عنوان پایان نامه: تعیین توالی ناحیه D-Loop از DNA میتوکندری مرغ بومی مرندی ایران

استاد راهنما: آقای دکترنصرالله پیرانی

استاد مشاور: آقای دکتر جلیل شجاع

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته:** علوم دامی **گرایش:** ژنتیک و اصلاح دام

دانشگاه: تبریز **دانشکده** : کشاورزی **گروه:** علوم دامی

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۷/۱۱/۲۷ **تعداد صفحه:** ۹۳

کلید واژه ها: تعیین توالی، درخت فیلوژنتیک، ژنوم میتوکندری، مرغ بومی مرندی، ناحیه D-loop

چکیده:

نژاد مرندی یکی از گونه های مرغ اهلی استان آذربایجان شرقی کشور ایران می باشد.در این مطالعه، ناحیه D-loop ژنوم میتوکندری این توده بومی را جهت تعیین توالی این ناحیه و یافتن رابطه فیلوژنتیک این مرغان با سایر نژادها مورد بررسی قرار دادیم. برای انجام این مطالعه نمونه های خون تعداد ۵ قطعه پرنده (۲ خروس و ۳ مرغ) اخذ و پس از استخراج DNA، ناحیه D-LOOP با استفاده از پرایمرهای اختصاصی تکثیر شد. بعد از اخذ نتیجه توالی یابی، ٤ هاپلوتیپ در نمونه ها تشخیص داده شد. بعد از مقایسه هاپلوتیپها، توالی Consensus با طول ۱۱۷٤ جفت باز با کد دسترسی FJ619040 در بانک جهانی ژن ثبت شد. توالی های D-loop ثبت شده برای مرغان اهلی در بانک ژن نیز اخذ و کلیه اطلاعات برای ترسیم درخت فیلوژنی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از درخت فیلوژنتیک حاکی از رابطه نزدیک این نژاد و نژادهای لگهورن، نیوهمشایر و پلیموتراک سفید بود. با توجه به شواهد تاریخی می توان نتیجه گرفت که احتمال اشتقاق نژادهای فوق از نژاد مرندی وجود داشته و این توده دارای شایستگی های تولیدی همانند نژادهای پرتولید تجارتی می باشد.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

بررسي منابع ۳

۱-۱- تاریخچه مطالعه روی میتوکندری ۳

۱-۲- خواستگاه میتوکندری در سلولهای یوکاریوتی ٤

۱-۳- شکل و اندازه میتوکندری و تغییرات آنها ٦

۱-٤- ساختمان میتوکندری ۷

۱-٤-۱- غشای خارجی ۷

۱-٤-۲- فضای بین غشایی ۷

۱-٤-۳- غشای داخلی ۷

۱-٤-٤- ماتریکس ۷

۱-۵- نقش زیستی و فعالیت فیزیولوژیکی میتوکندری ۸

۱-۵-۱- فسفریلاسیون اکسیداتیو (تنفس هوازی یا تنفس سلولی) ۸

۱-۵-۲- متابولیسم اسیدهای چرب ۸

۱-۵-۳- ذخیره و تجمع مواد در میتوکندریها ۹

۱-۵-٤- سنتز پروتئین ۹

۱-٦- محل میتوکندریها در سلول ۱۳

۱-۷- تعداد میتوکندریها در سلول ۱۳

۱-۸- توارث میتوکندریایی ۱۳

۱- ۹- ژنوم میتوکندری ۱٤
۱-۹-۱- ژنوم میتوکندری طیور ۱۷
۱-۱۰- نحوه توارث و عملکرد ۱۸
۱-۱۱- تفاوت DNA میتوکندری با DNA هسته ۱۹
۱-۱۲- تفاوت کدهای ژنتیکی میتوکندری با کدهای استاندارد هسته ۲۰
۱-۱۳- همانند سازی ژنوم میتوکندری ۲۱
۱-۱٤- رونویسی ژنوم میتوکندری ۲۲
۱-۱۵- ترجمه ژنوم میتوکندری ۲٤
۱-۱٦- جهش در ژنوم میتوکندری ۲۵
۱-۱۷- دلایل پیشنهاد شده برای سرعت بالای جهش در ژنوم میتوکندری ۲۵
۱- ۱۸- اختلالات و بیماریهای میتوکندریایی ۲٦
۱-۱۹- ژنوم میتوکندری به عنوان ابزاری برای مطالعات فیلوژنیک ۲۹
۱-۲۰- اهمیت حفظ نژادهای بومی ۳۰
۱-۲۱- تاریخچه توده های مرغان بومی ایران ۳۰
۱-۲۲- مرغ مرندی ۳۱
۱-۲۲-۱- اختصاصات نژاد مرندی ۳۲
۱-۲۳- اهمیت ناحیه کنترل (D- Loop) ۳۳
۱-۲٤- بانک ژن ۳۳
۱- ۲۵- واکنش زنجیره ای پلیمراز (PCR) ۳٤
۱- ۲۵- ۱- کلیات : ۳٤

۱-۲۶- تعیین توالی ژنوم میتوکندری با روش بر پایه PCR ۳۷
۱-۲۷- برنامه های نرم افزاری مورد استفاده برای آنالیز توالی های بدست آمده ۳۸
۱-۲۷-۱- ابزار آنالیز توالی BLAST ۳۸
۱-۲۷-۲- برنامه CLUSTAL W ۳۹
۱-۲۷-۳- برنامه BioEdit ۳۹
۱-۲۷-٤- برنامه MEGA 4 ..... ۳۹
۱-۲۷-٥- برنامه SEQMAN ٤۰
۱-۲۷-٦- برنامه Sequin ٤۰
۱-۲۸- مروری بر کاربرد ژنوم میتوکندری در دام و طیور ٤۰
مواد و روشها ٦۱
۲-۱- جمعیت مورد بررسی ٦۱
۲-۲- نحوه جمع آوری نمونه های خون ٦۱
۲-۳- استخراج DNA ٦۱
۲-۳-۱- مواد مورد استفاده ٦۱
۲-۳-۲- مراحل استخراج DNA ٦۲
۲-٤- کیفیت و کمیت سنجی DNA استخراج شده ٦۳
۲-٤-۱- تعیین کیفیت و کمیت DNA با الکتروفورز ٦۳
۲-٤-۲- ابزار و مواد مورد نیاز ٦۳
۲-٤-۳- روش کار ٦٤
۲-٤-٤- آزمون DNA با اسپکتروفتومتر ٦٥
۲-٤-٥- روش کار ٦٥

۲-۵- انتخاب پرایمرها ٦٦
۲- ٦- اجرای PCR..... ٦٦
۲- ٦- ۱- مواد و محلولها..... ٦٦
۲- ٦- ۲- روش کار ٦٧
۲-۷- الکتروفورز محصولات PCR ۷۰
۲- ۸- تأیید اندازه موردنظر روی ژل..... ۷۰
۲-۹- تخلیص محصول PCR توسط کیت خالص سازی ۷۱
۲-۹-۱- دستور العمل تخلیص محصولات PCR ۷۱
۲-۱۰- ارسال نمونه های خالص شده برای تعیین توالی با استفاده از پرایمرهای اولیه ۷۲
۲-۱۱- تجزیه و تحلیل توالی ها ۷۳
نتایج و بحث ٧٤
۳-۱- استخراج DNA..... ٧٤
۳-۱-۱- کیفیت و کمیت DNA استخراج شده..... ٧٤
۳-۲- تکثیر ناحیه Displacement- Loop (D-Loop) ۷۵
۳-۳- توالی یابی محصولات PCR..... ۷٦
۳-٤- آنالیز نمونه های توالی یابی شده ۷٦
۳-۵- تعیین توالی Consensus..... ۷۷
۳-٦- ثبت توالی در بانک ژن..... ۷۸
۳-۷- مقایسه توالی بدست آمده توده مرندی با توالی انتخابی Blast از NCBI..... ۷۹
۳-۸- مقایسه و زیر هم چینی توالی بدست آمده با چندین نژاد مختلف ۸۰
۳-۹- تعیین رابطه فیلوژنی ۸٤

۳-۱۰- نتیجه گیری کلی ۸۷
۳-۱۱- پیشنهادات ۸۸
فهرست منابع ۸۹
ضمائم ۹۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- میکروگراف الکترونی از میتوکندری..... ۳

شکل ۱-۲- ورود DNA سلولهای پروکاریوتی به سلولهای یوکاریوتی..... ۵

شکل ۱-۳- عمل میتوکندری : الکترونهای حاصل از چرخه کربس در طول غشای داخلی میتوکندری منتقل شده و در نهایت سنتز ATP صورت می گیرد..... ۷

شکل ۱-٤- کمپلکس های تشکیل دهنده زنجیره تنفسی در غشای داخلی میتوکندری نشان داده شده است..... ۱۱

شکل ۱-۵- شجره توارث مادری DNA میتوکندری..... ۱٤

شکل ۱-٦- میکروگرافهای الکترونی از mtDNA . (A) شکل Relaxed حلقوی، (B) شکل Supercoil..... ۱۵

شکل ۱-۷- DNA میتوکندری: ۱۰-۱۲ کپی از DNA در هر سلول میتوکندری وجود دارد..... ۱٦

شکل ۱-۸ - جایگاه DNA میتوکندری..... ۱٦

شکل ۱-۹- تصویری از ژنوم میتوکندری پرندگان..... ۱۸

شکل ۱-۱۰- همانند سازی DNA میتوکندری..... ۲۲

شکل ۱-۱۱- جایگاه جهش ها در ژنوم میتوکندری..... ۲۹

شکل ۱-۱۲- خروس سیاه مرندی..... ۳۲

شکل۱-۱۳- مرغ سفید مرندی..... ۳۲

شکل ۱-۱٤- نمایش مراحل مختلف واکنش زنجیره ای پلیمراز..... ۳٦

شکل ۱-۱۵- تنوع ژنوتیپی بدست آمده برای تورن استون و دان لین نمونه برداری شده از سراسر جهان..... ٤۲

شکل ۱-۱٦- درخت فیلوژنی مرغهای بومی ژاپنی..... ۵۰

شکل ۱-۱۷- توزیع فراوانی هاپلوتیپهای ناحیه کنترل mtDNA. (الف)توزیع فراوانی هاپلوتیپهای ناحیه غیرکدکننده (D-Loop) mtDNA درجمعیت مرغ گوشتی تجارتی و لگهورن سفید(ب)..... ۵۲

شکل ۱-۱۸- درخت فیلوژنیک گاومیشهای هندی..... ۵۵

شکل ۱-۱۹- مقایسه ناحیه کنترل ژنوم میتوکندری دامهای اهلی و انسان.....۵۹

شکل ۲- ۱- DNA اندازه (Ladder) استفاده شده در این تحقیق.....۷۱

شکل ۳-۱- باند های تولید شده از الکتروفورز DNA استخراج شده از نمونه‌های خون مرغ مرندی.....۷٤

شکل ۳-۲- قطعه ۱۲۰۰ جفت بازی حاصل از الکتروفورز محصولات PCR بر روی ژل آگارز.....۷٦

شکل ۳-۳- توالی consensus بدست آمده برای نمونه های مورد مطالعه مرغ مرندی.....۷۷

شکل ۳-٤- میزان همپوشانی توالیconsensus با توالی ژنوم میتوکندری مرغ.....۸۰

شکل۳-۵- نمودار های درختی NJ نمونه های مورد مطالعه مرغ مرندی ایران.....۸۵

شکل۳-٦- نمودار درختی N-J رابطه فیلوژنتیک مرغ مرندی و گونه های مرغ انتخابی از NCBI.....۸٦

فهرست جداول

جدول۱-۱- ترکیب زیر واحدهای کمپلکس آنزیمی.....۱۲

جدول۱-۲- تغییرات در کدهای استاندارد ژنتیکی در میتوکندری.....۲۱

جدول۱-۳- تعداد و درصد سهم هر کدام از ژنهای میتوکندری در مطالعات انجام شده در میان ۲۰۲۳ توالی mtDNA ثبت شده در بانک ژن.....۳۷

جدول ۱-٤- ترکیب نوکلوتیدهای توالی ناحیه کنترل تورن استون، دان لین و طیور.....٤۱

جدول ۱-۵- ترکیب نوکلئوتیدهای ژنهای رمز کننده پروتئین و ناحیه کنترل میتوکندری شتر مرغ را در مقایسه با مرغ، پستانداران و نوعی قورباغه آفریقایی.....٤۳

جدول ۱-٦- تفاوت اسیدهای آمینه میان ژنهای کد کننده پروتئین شترمرغ و مرغ.....٤٤

جدول ۱-۷- محل و موقعیت اجزای ژنوم میتوکندری لک لک سفید.....٤٦

جدول ۱-۸- هاپلوتیپهای بدست آمده برای ناحیه کنترل ژنوم میتوکندری لک لک سفید.....٤۷

جدول ۱-۹- اجزای تشکیل دهنده ژنوم میتوکندری بلدرچین چینی و تفاوت آن با بلدر چین ژاپنی / مرغ ٤۸

جدول ۱-۱۰- ژنهای mtDNA گوسفند و موقعیت آنها.....۵٦

جدول۲-۱- ترکیب محلولهای مورد استفاده در استخراج DNA.....٦۱

جدول ۲-۲- توالی پرایمرهای استفاده شده در این تحقیق.....٦٦

جدول ۲-۳ - نام، غلظت اولیه، حجم مورد استفاده و غلظت نهایی مواد مورد استفاده در واکنش PCR.....٦۹

جدول۲-٤- برنامه حرارتی مورد استفاده در واکنش PCR.....٦۹

جدول ۳-۱- راندمان استخراج DNA.....۷٤

جدول ۳-۲- تنوع ژنوتیپی (هاپلوتیپها) بدست آمده برای نمونه های مرغ مرندی.....۷۷

جدول ۳-۳- لیست مشخصات مرغهای استفاده شده در این تحقیق.....۸۱

جدول ۳-٤- تفاوت نوکلئوتیدهای ناحیه D-Loop ژنوم میتوکندری مرغ مرندی و توالی های انتخاب شده از NCBI.....۸۲

جدول ۳-۵- مقایسه ترکیب نوکلئوتیدهای ناحیه کنترل توالی consensus مرغ مرندی با ترکیب نوکلئوتیدهای ثبت شده

برای مرغ اهلی (دسجاردین و مورایز، ۱۹۹۰) و مهره داران دیگر آورده شده در بررسی منابع.....۸٤

مقدمه

میتوکندری اندامکی است که در سیتوپلاسم همه سلولهای یوکاریوتی وجود دارد. این اندامک که قادر به تولید انرژی برای سلول است، دارای DNA حلقوی اختصاصی و مستقل ازDNA هسته ای و دارای ۳۷ ژن است که محصولاتی را در فرآیند فسفریلاسیون اکسیداتیو کد می کند. به حسب سن و نوع سلول، هر میتوکندری واجد یک یا چند مولکول DNA حلقوی است، DNA میتوکندری (mtDNA) شبیه مولکول DNA در پروکاریوتها غنی از سیتوزین و گوانین است و پایداری زیادی در برابر گرما دارد. mtDNA حاوی ناحیه بسیار متغیر (Hypervariable) بنام Displacement- Loop یا D- Loop است که پروتئنی کد نکرده و با فرکانس بسیار زیادی حدود ۱۰ برابر DNA هسته ای تمایل به جهش دارد.

DNA میتوکندری به خاطر اینکه فقط از طریق مادر منتقل می شود، برای محققین پنجره ای را به سمت تاریخ می گشاید، توالی DNA میتوکندری فقط در نتیجه جهش های تصادفی و اشتباهات در کپی برداری تغییر می کند، اگر این جهشها به میزان نسبتاً ثابتی وجود داشته باشند، با مقایسه بین DNA دو جمعیت می توان وجود جد مشترک میان آنها و همچنین فاصله نسلی را بررسی کرد.

DNA میتوکندری ابزار مؤثری را برای مطالعه تکامل تدریجی فراهم می کند که منجر به مطالعات ارزشمندی مثل توارث مادری، میزان جهش و تعداد زیاد کپی خواهد شد همچنین می توان اطلاعات بدست آمده از آنالیز RFLP ناحیه کدون و نواحی بسیار متغیر در ناحیه کنترل را برای طبقه بندی هاپلوگروهها استفاده کرد. mtDNA برای دو دهه است که به عنوان مارکر مولکولی در ژنتیک جمعیت استفاده می شود.

امروزه با کشف توالی های موجود در میتوکندری امکان بررسی ژنهای کنترل کننده موجود در این اندامک به عنوان یکی از دیدگاههای جدید و مهم مطالعات ژنتیکی در آمده است. منشأ سیتوپلاسم سلول تخم متعلق به گامت ماده بوده و در هنگام لقاح، سیتوپلاسم اسپرم خارج از اووسیت باقی می ماند و قادر به ورود به داخل غشای تخمک نیست بنابراین تمامی سیتوپلاسم سلول تخم به سیتوپلاسم تخمک تعلق دارد. وجود این مشخصه و همچنین دانستن این مطلب که mtDNA بجز در موارد خاصی، در سایر موارد امکان وقوع نوترکیبی را در خود ندارد و همچنین امکان دو رگه شدن mtDNA با DNA هسته سلول وجود ندارد، باعث می گردد که در بررسیهای فیلوژنی و بررسی اشتقاق گونه ها، تفاوتهای موجود در توالی mtDNA ابزار مناسبی را برای کشف مجهولات موجود فراهم آورد. با در نظر گرفتن اینکه توالیهای mtDNA موجود در بانک جهانی ژن برای هر گونه و حتی نژاد آورده شده و به عنوان

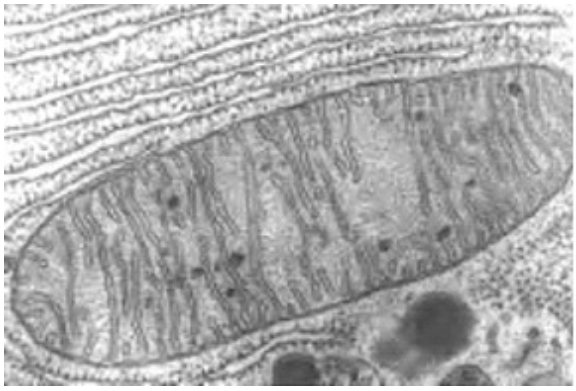
مشخصه ژنتیکی ثابت آن گونه و یا نژاد نگریسته می شود لذا با تعیین توالی mtDNA هر موجود می توان رابطه فیلوژنی آن را با گونه ها و نژاد های خارج از دسترس که توسط دیگر محققین و حتی در سالهای متفاوت مطالعه شده است مقایسه نموده و اطلاعات ارزشمندی بدست آورد. لذا هدف از این تحقیق تعیین توالی ناحیه D- Loop (به طول ۱۲۳۲- ۱۲۳۱ جفت باز) از DNA میتوکندری یکی از نژادهای مرغ بومی ایران (مرغ مرندی) می باشد تا بدین طریق در اولویت اول توالی بدست آمده برای معرفی این نژاد برای انجمنهای بین المللی بکار گرفته شود و در ثانی مقایسه ای بین این نژاد با سایر نژادها انجام شود. برای انجام تحقیق ۵ نمونه خون از هر دو جنس اخذ شده، DNA کل استخراج شده و ناحیه مورد نظر با استفاده از پرایمرهای اختصاصی گونه مرغ تکثیر شده و پس از حصول بهترین جواب در واکنش زنجیره ای پلیمراز (PCR) نمونه هایی از فرآورده های PCR تعیین توالی شدند. پس از آن میزان شباهت و تفاوت این توالی با منابع موجود در بانک جهانی ژن مورد مقایسه قرار گرفت.

بررسی منابع

۱-۱- تاریخچه مطالعه روی میتوکندری

اولین شناخت از میتوکندری بعنوان یک اندامک درون سلولی بیش از ۱۰۰ سال پیش توسط دانشمندی آلمانی بنام ریچارد آلتمن در سال ۱۸۹۰ گزارش شد و بیوبلاست[1] نام گرفت (شکل ۱-۱). او تصور می کرد که این ارگانهای شبیه باکتری موجودات ریز اولیه ای هستند که درون سلولها زندگی می کنند. سپس بندا در سال ۱۸۹۷ اجزای اصلی آن را توصیف کرد. او در هنگام اسپرماتوژنز اجسام رشته مانند درون سلولی را میتوکندری که ترکیبی است از دو واژه یونانی Mito به معنای رشته و chondrion به معنای دانه نام نهاد (یوسفی، ۱۳۸۵). چون این اندامک اغلب رشته ای یا به صورت دانه های کوچک در سیتوپلاسم همه سلولهای یوکاریوتی وجود دارد. از سال ۱۸۹۷ به بعد میتوکندری ها به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفت، بتدریج روشهایی برای جداسازی میتوکندریهای سالم و دست نخورده ابداع شد، در سال ۱۹٤۹ کندی و لنینگر نشان دادند که میتوکندری آنزیم های فسفریلاسیون اکسیداتیو چرخه اسید سیتریک و اکسیداسیون اسیدهای چرب را در بر دارد (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۵). پیشرفت غیر منتظره زمانی اتفاق افتاد که ناس در سال ۱۹٦۳ وجود DNA در میتوکندری را توسط میکروسکوپ الکترونی نشان دادند.

[1] Bioblast



شکل ۱-۱- میکروگراف الکترونی از میتوکندری (منبع : اینترنت).

۱-۲- خواستگاه میتوکندری در سلولهای یوکاریوتی

ساختار داخلی سلولهای زنده شامل اندامک هایی تخصص یافته است که توسط آنها شکل های پیچیده حیات را ممکن می سازد. بر اساس شواهد فسیلی، وجود موجودات تک سلولی در دوران اولیه حیات در زمین به اثبات رسیده است که آنها فاقد اندامک های درون سلولی بوده اند و یا دارای اندامک های بسیار کوچک بوده اند. خیلی ها بر این باورند که موجودات تک سلولی سرآغاز حیات بوده اند. جلبکهای سبز- آبی که در ابتدای حیات در کره زمین تسلط داشته اند بعد از ۱/۵ بیلیون سال در خطر انقراض قرار گرفتند مرگ این جلبکها با آزاد سازی اکسیژن همراه بود که منجر به افزایش اکسیژن درون اقیانوس ها و در نتیجه ورود اکسیژن به اتمسفر شد بدین وسیله جلبکها امکان زندگی در محیط های اکسیژن دار را برای سایر موجودات سلولی فراهم کردند و به این ترتیب اجداد اولیه یوکاریوتها شانس شروع به زندگی را در زمینی که میزان اکسیژن جو آن به ۳٪ میزان کنونی آن رسیده بود، پیدا کردند.

بر اساس تئوری خانم لین مارگولیس[1] که در کتابش با عنوان " همزیستی در تکامل سلولی" در سال ۱۹۸۱ به چاپ رسید مراحل سیر تکاملی یوکاریوتها به شرح زیر است:

۱. اکسیژن تولید شده توسط جلبک های سبز- آبی که محصول فرآیند فتوسنتز بود اکسیژن موجود در جو را فراهم نمود.

۲. همزمان با جلبکهای سبز- آبی، باکتریها (سلولهای پروکاریوتی) رشد و گسترش پیدا کردند که بعضی از آنها توانایی زندگی هوازی را داشتند.

[1] Lynn Margulis

۳. سلولهای بی هوازی و هتروتروف، باکتری هوازی را در بر گرفتند و به داخل سلول خود بردند و همزیستی دو طرفه را آغاز کرده و گسترش دادند.

در این همزیستی دو طرفه از یکسو مواد غذایی مورد نیاز باکتری هوازی در بر گرفته شده توسط سلول میزبان تأمین می شد و از سوی دیگر سلول میزبان انرژی مورد نیاز خود را از فعالیت هوازی آن باکتری بدست می آورد که این همزیستی سرآغاز فعالیت میتوکندریها در سلول محسوب می شود.

در این تئوری باکتری هوازی در بر گرفته شده میتوکندری اولیه نام داشت که در نهایت با گذشت زمان و سیر تکاملی میتوکندری اولیه به یک اندامک درون سلولی تخصص یافته در سلولهای یوکاریوت تبدیل شد (شکل ۱-۲). اما شواهدی که تئوری همزیستی درون سلولی یاد شده را تأیید می کنند عبارتند از:

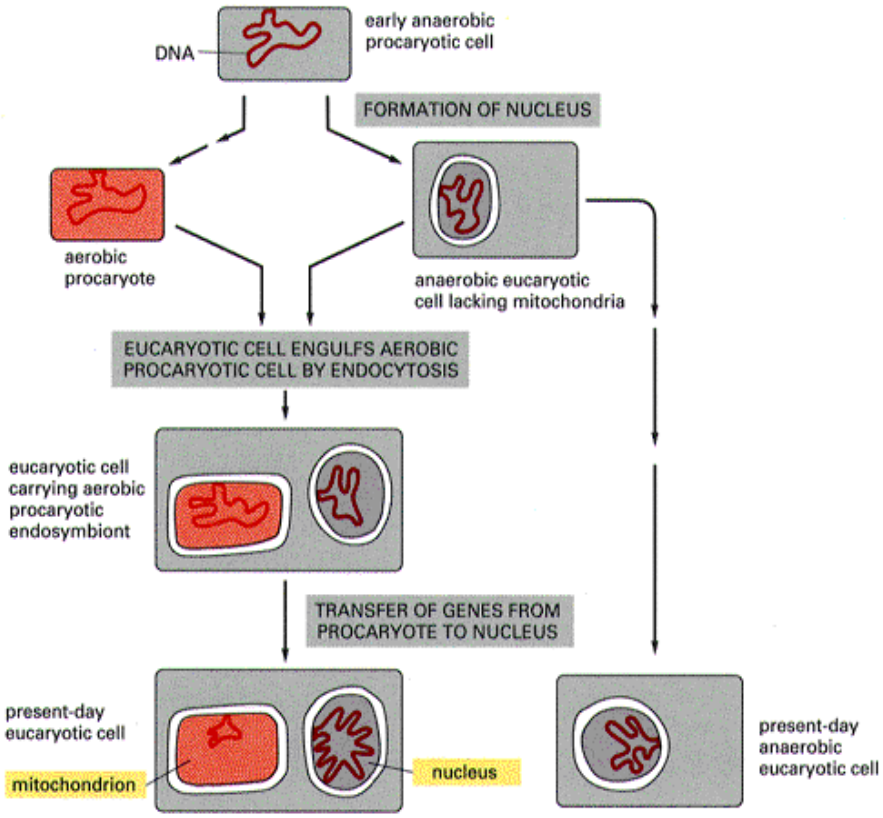
۱. میتوکندریها تنها اندامک های درون سلولی هستند که اندازه آنها با باکتریها یکی است.

۲. میتوکندریها همانند بسیاری از باکتریها دارای غشای سلولی دو لایه اند و ساختار مولکولهای چربی در غشای میتوکندری شباهتی به غشای سلولی یوکاریوتی ندارد بلکه شباهت بیشتری به غشای باکتریها دارد.

۳. مولکولهای rRNA در میتوکندری به مولکولهای rRNA در باکتریها شباهت بیشتری دارند.

٤. تقسیم و تکثیر میتوکندری در فرایندی مشابه تولید مثل باکتریها انجام می گیرد.

۵. اما یکی از دلایل اصلی در این زمینه وجود مولکول DNA در میتوکندری است که نشان دهنده زندگی مستقل آن در گذشته است.



شکل ۱-۲- ورود **DNA** سلولهای پروکاریوتی به سلولهای یوکاریوتی (منبع : اینترنت).

۱-۳- شکل و اندازه میتوکندری و تغییرات آنها

مطالعات بر روی سلولهای زنده نشان داده که میتوکندریها ساختمانهای پویایی هستند که بطور مداوم شکل خود را تغییر داده و در داخل سیتوپلاسم سلول حرکت می کنند. شکل میتوکندریها متغیر اما اغلب رشته ای یا دانه ای می باشند. میتوکندریها در برخی مراحل عمل خود می توانند به شکل های دیگری در آیند به عنوان مثال یک میتوکندری طویل ممکن است در یک انتهای خود متورم شده و به صورتی شبیه گرز در آید (مثلا در سلولهای کبدی چند ساعت بعد از ورود غذا) یا ممکن است میان تهی شده و شکلی شبیه راکت تنیس به خود بگیرد. گاهی میتوکندریها حفره مانند شده و دارای بخش مرکزی روشنی می شود اما بعد از مدتی تمام این تغییرات به حالت اول برمی گردد.

اندازه میتوکندریها نیز متغییر است ودر بیشتر سلولها ضخامت آنها۵۰ میکرون و طول شان به ۷ میکرون می رسد. اما متناسب با شرایط محیطی و نیز مرحله عمل سلول فرق خواهد کرد. در سلولهایی که هم نوع هستند یا دارای عمل مشترک می باشند دارای اندازه ثابت می باشند (یوسفی، ۱۳۸۵).