نقش زیست فناوری در افزایش بهره‌وری آبزیان

رقیه محمودی [۱*]، اسماعیل کاظمی[۱]، مریم میربخش[۲]، مینا آهنگرزاده[۳]، سید عبدالحمید حسینی[۱]

۱. مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج ، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.

۲. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

*نویسنده مسئول: roghaye.mahmodi@gmail.com

چکیده

با توجه به رشد جمعیت، تقاضا برای مصرف آبزیان در سراسر جهان افزایش می‌یابد و بعید به نظر می‌رسد که این افزایش تقاضا بتواند با افزایش برداشت آبزیان از اقیانوس‌ها و دریاها هماهنگ شود، چرا که برداشت و بهره‌وری در بسیاری از اقیانوس-ها و مناطق صیادی آب‌های شیرین محدود شده است. بنابراین آبزی‌پروری آخرین امید برای فراهم نمودن آبزیان کافی در سراسر جهان می‌باشد که خود با محدودیت‌های زمین و آب کافی همراه است. ویژگی‌های خاص آبزیان نظیر قابلیت تحمل سطوح مختلف پلوئیدی، لقاح خارجی، دوره رشد نسبتا کوتاه و حجم بالای گامت‌های استحصالی منجر به توسعه تکنولوژی-های جدید در آبزی‌پروری گردیده است. زیست فناوری می‌تواند نقش اساسی را در بهبود بازده آبزی‌پروری داشته باشد. استفاده از زیست فناوری در سیستم‌های مختلف تولید بدون تاثیرات منفی نبوده ولی با این حال، خدمات و آثار مثبت آن بیش از نگرانی‌های مرتبط با آن است، چراکه روش‌ها دائماً به منظور کاهش تأثیرات منفی آن در حال توسعه هستند. بنابراین برای دستیابی به امنیت غذایی در سطح جهان به‌کارگیری روش‌های زیست فناوری لازم است.

واژگان کلیدی: بهره‌وری، آبزیان، زیست فناوری، امنیت غذایی.

مقدمه

آبزی‌پروری در جهان در یک دوره بحران قرار دارد. بسیاری از ذخایر اصلی آبزیان به‌دلیل صید بی رویه کاهش چشمگیری را نشان داده و افزایش بیشتر بهره‌وری به دلیل شرایط کنونی جهان و محیط پیش بینی نمی‌شود (Dunham et al., 2001). آبزی‌پروری آخرین امید برای تولید کافی ماهی در جهان و ارزان‌ترین منبع تامین پروتئین حیوانی است (Ayoola and Idowu, 2008). اما در حال حاضر این صنعت با ارائه راهکارهایی جهت توسعه سیستم‌های تولیدی مناسب و بادوام از لحاظ اقتصادی، کاهش تاثیر بر محیط زیست و افزایش تولید ضمن استفاده از زمین کمتر، مواجه است.

با افزایش تقاضا برای مواد غذایی بر پایه‌ی آبزیان، نیاز به سیستم‌های تولیدی کارآمدتر نسبت به سیستم‌های سنتی که با موانع پایداری از جمله رشد کم ماهی، ضریب تبدیل غذایی بالا، مرگ و میر شدید ناشی از بیماری، استفاده از مواد شیمیایی، تلفات ماهی به دلیل کاهش اکسیژن، برداشت ناکافی، تولید و هماوری ضعیف مواجه هستند، می‌باشد (Dunham, 2004). توسعه ذخایر بهبود یافته تخم ماهی که می‌تواند به افزایش تولید ماهی کمک کند، به عنوان یکی از راه‌حل‌های اصلی برای تأمین نیازهای غذایی آینده جمعیت رو به رشد جهان شناخته می‌شود (Hammed et al.,2010). زیست فناوری دریچه جدیدی برای توسعه منابع ژنتیکی در آبزی پروری گشوده است. به‌عنوان مثال از فن‌آوری‌های ژنتیکی می‌توان به دلایل مختلف نه تنها به منظور بهبود تولید، بلکه در بهبود قابلیت عرضه به بازار، تکثیر و پرورش و حفظ منابع طبیعی در آبزی‌پروری استفاده نمود (Moses et al., 2005).

روش‌های زیست فناوری

از اوایل دهه ۱۹۸۰، تحقیقات در زمینه آبزی‌پروری و زیست فناوری ژنتیک شیلاتی در حال رشد بوده است و در سال‌های اخیر تحقیقات در این زمینه بسیار فعال می‌باشد. بهبود صفات سرعت رشد، ضریب تبدیل غذایی، مقاومت در برابر بیماری، تحمل کیفیت پایین آب، تحمل سرما، شکل بدن، کیفیت لاشه، کیفیت ماهی، باروری و تولیدمثل و برداشت محصول در حال انجام است (Dunham, 2004). چشم انداز اصلی زیست فناوری در آبزی‌پروری دستیابی به ذخایر آبزی‌پروری بهبود یافته، حفظ منابع ژنتیکی، تشخیص بیماری و مهندسی ژنتیکی میکروب و ریزجلبک می‌باشد (Nwokwa, 2012).

به‌طورکلی، زیست فناوری را می‌توان به عنوان هر کاربردی از فناوری که از سیستم‌های زیستی، موجودات زنده یا مشتقات آنها به‌منظور تولید و یا تغییر محصولات و یا فرآیندهایی خاص استفاده می‌کند، تعریف نمود که استفاده از هورمون‌های مصنوعی در تکثیر مصنوعی، دورگه‌گیری، تولید جمعیت تک‌جنس، جمعیت‌های پلی‌پلوئید و تک والدی، زیست شناسی مولکولی، ماهیان تراریخته تا بانک ژن را شامل می‌شود (Pandian and Koteeswaran, 1998). زیست فناوری پتانسیل افزایش تولید و موفقیت در مراحل اولیه رشد موجودات زنده را دارا می‌باشد. این فناوری از چندین روش مختلف در آبزی‌پروری استفاده می‌کند و کاربرد آن برای هر دو گروه پرورش دهنده و مصرف کننده تولیدات آبزی مفید می‌باشد (Ayoola and Idowu, 2008).

۱. القاء تکثیر

تکثیر مصنوعی روش اصلی تهیه تخم‌های باکیفیت به منظور پرورش در محیط‌های محصور مثل استخرها، مخازن و دریاچه‌ها می‌باشد (Charo and Oirere, 2000). موفق‌ترین روش تکثیر مصنوعی در گربه ماهی از طریق القاء تخم‌ریزی با استفاده از تیمار هورمونی بوده که لقاح مصنوعی و انکوباسیون تخم‌های لقاح یافته و نیز پرورش تا مرحله انگشت قدی را شامل می‌شود (Ndimele and Owodeinde, 2012). القاء هورمونی امکان تولید گامت ها و ماهیان نورس گونه‌های با ارزش اقتصادی بالا را فراهم می‌نماید. هورمون تراپی همچنین به منظور بهبود و کنترل چرخه‌های تولیدمثلی در طول اهلی‌سازی استفاده می‌شود (Muhammet et al., 2013).

در حال حاضر تکثیر مصنوعی ماهی به صورت موفق با توسعه تکنولوژی هورمون آزاد کننده گنادوتروپین (GnRH)[۱] اتفاق می افتد (Lakran and Ayyappan, 2003). GnRH تنظیم کننده اصلی و آغازگر چرخه تولیدمثلی در همه مهره‌داران بوده (Bhattacharya et al., 2013) و یک دکاپپتید است که توانایی ترشح هیپوفیز از هورمون لوتئین (LH)[۲] و هورمون تحریک کننده فولیکول (FSH)[۳] را داراست (Schally et al., 1973).

GnRH ماهی سالمون به صورت گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته و با نام تجاری «اوواپریم»[۴] شناخته می شود. در واقع اکثر ماهیان مهم اقتصادی به خصوص گربه ماهیان در محیط‌های پرورشی تا زمانی‌که هورمون به آنها القاء نگردد نمی‌توانند تکثیر یابند. اوواپریم به صورت عضلانی و با میزان ۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم وزن بدن ماهی تجویز می‌شود (Ndimele and Owodeinde, 2012).

۲. پرورش ماهیان تک جنس

به دلایل مختلفی ماهیان تک جنس در آبزی‌پروری مطلوب و بسیار مورد توجه می‌باشند. بعضی از گونه‌های ماهیان در اندازه‌های کوچک و در سنین پایین قبل از زمان مطلوب برای برداشت، بالغ شده که خود سبب کاهش تولید می‌شود، زیرا تولیدمثل ناخواسته منجر به افزایش جمعیت ماهی و تراکم بیش از حد آنها در استخرهای پرورشی شده و انرژی زیادی جهت انجام فعالیت‌های تولیدمثلی هدر می رود (Dunham, 2004). این ویژگی یک مشکل اساسی در پرورش ماهی به ویژه ماهی تیلاپیا می‌باشد که کاهش تولید را به دنبال دارد زیرا که بلوغ زودرس همیشه منجر به ازدحام جمعیت و کاهش رشد در استخرهای پرورشی می‌شود.

---

۱ Gonadotropin-releasing hormone

۲ Luteinizing Hormone

۳ Follicle-stimulating hormone

۴ Ovaprim

در آبزی‌پروری، به دلیل تفاوت‌های جنسیتی (دیمورفیسم)[1] اغلب یک جنس نسبت به جنس دیگر در بازار از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. این تفاوت‌های جنسیتی در رشد بدن در بیشتر ماهیان پرورشی به‌صورت کیفیت گوشت و عملکرد لاشه دیده می‌شود (Aluko, 1993). بررسی ها نشان می‌دهد که رشد ماهیان نر تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) هنگامی‌که در قفس‌های مختلط و جداگانه پرورش می‌یابند به ترتیب ۲/۲ تا ۲/۵ برابر سریع‌تر از ماهیان ماده است (Stone, 1981). در پرورش گربه‌ماهی، فرزندان تمام نر با توجه به اینکه رشد آنها ۳۰-۱۰ درصد بیشتر از ماده‌هاست سودمندتر و در اولویت خواهند بود که البته به‌نژاد گربه ماهی نیز بستگی دارد. جمعیت‌های تمام ماده در آزاد ماهیان به‌دلیل رشد سریع‌تر ماده‌ها، بلوغ جنسی دیررس و کیفیت بالاتر گوشت نسبت به نرها، مطلوب تر و منطقی‌تر است (Hulata, 2001).

۳. دورگه گیری

افزایش هتروزیگوسیتی در نتیجه‌ی دورگه‌گیری، منجر به بهبود رشد و سایر خصوصیات مطلوب، مثل ضریب تبدیل غذایی و متابولیسم هوازی در گونه‌های مختلف شده است (Danzmann et al.,1985). هدف دورگه‌گیری تولید ماهیان دارای صفات با ارزش‌تر از یک گونه خاص یا هتروزیس بالاتر است (Aluko, 1993). دورگه‌گیری با هدف تولید هیبرید یا نژادی با کیفیت بالاتر نسبت به گونه‌های والدین انجام می‌شود. همچنین در مواقعی‌که سازوکار تعیین جنسیت در والدین متفاوت است، دورگه-گیری برای تولید گروه تک جنس ماهیان به‌کار برده می-شود. دورگه‌گیری بین تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*) فرزندان تمام نر تولید کرده و بدین طریق تولیدمثل ناخواسته را می‌توان کنترل نمود (Ayoola and Idown, 2008). دورگه بین خارماهی راه راه (*Morone saxatilis*) و خارماهی زرد (*Morone mississipiensis*) نسل تمام ماده با بازماندگی و رشد بسیار بالا تولید می‌نماید (Wolters and DeMay, 1996).

بسیاری از آمیزش‌های بین گونه‌ای منجر به عقیم شدن ماهیان حاصل از دورگه گیری می‌شود بنابراین از دیدگاه پرورشی بسیار حایز اهمیت است. هرچه فاصله‌ی بین دو گونه بیشتر باشد، احتمال عقیم بودن دورگه حاصل از آنها بیشتر است (Aluko, 1993). تولید ماهیان عقیم به دلیل کاهش تولید مثل ناخواسته یا بهبود نرخ رشد و جلوگیری از اتلاف انرژی نسبت به تولید ماهیان بارور و مولد ارجحیت دارند (Rahman et al., 2013).

۴.تغییر جنسیت با استفاده از هورمون

تولید گروه‌های تک جنس ماهیان می‌تواند با دستکاری گامت‌ها و جنین‌های در حال رشد انجام گردد (FAO, 2014). استفاده از روش‌های کنترل جنسیت با توجه به اهمیت اقتصادی برخی صفات به عنوان یک ابزار مدیریتی برای افزایش تولید در آبزی‌پروری تبدیل شده است (Lakran and Ayyappan, 2003). در مرحله لاروی ماهیان از نظر جنسی متمایز نیستند (دقیقا بعد از تفریخ تا حدود دو هفته و یا مرحله‌ی شنای عمودی)، میزان آندروژن (هورمون نر) و استروژن (هورمون ماده) در بدن ماهی وجود داشته برابر است (Fuentes et al., 2013).

---

۱ Sexual dimorphism

اگر چه ژنوتیپ نر و ماده در زمان لقاح تعیین می‌شود اما تعیین جنسیت فنوتیپی در زمان رشد و تکامل اتفاق می‌افتد. افزودن هورمون‌های جنسی مناسب برای غلبه بر هورمون‌های طبیعی یا محصول ژن در طی دوره تمایز جنسی و تعیین جنسیت ماهی بسیار مفید است (Dunham, 2004).

تغییر جنسیت با استفاده از هورمون‌های جنسی به صورت حمام یا اضافه نمودن هورمون به آب محیط پرورش و یا اسپری روی غذا انجام می‌گیرد. در طول سال‌های گذشته استروئیدهای مختلفی برای القاء تغییر جنسیت مورد استفاده قرار گرفتند، هرچند که هورمون ۱۷- آلفا- متیل تستوسترون رایج‌ترین و معمول‌ترین هورمون در این زمینه می‌باشد (Pandian and Varadarai,1990).

ماهی تیلاپیای نر ژنتیکی که از نظر ظاهری ماده می باشد، می‌تواند با ماهیان نر معمولی لقاح نموده و جمعیتی از تیلاپیای تمام نر تولید نمایند که رشد سریع‌تر و لقاح قابل کنترل‌تری نسبت به جمعیت تیلاپیای مختلط داشته باشند (Dunham, 2004). در این فرایند فرزندان ماهیان تمام نر دارای دو کروموزوم نر هستند که به نوبه خود می‌توانند به عنوان مولد برای نسل‌های بعدی استفاده شوند. مزیت اصلی این روش تولید جمعیت‌های تمام نر در نسل‌های بعدی بدون استفاده از هورمون می‌باشد (شکل ۱) (FAO, 2014).

۵. دستکاری پلوئیدی

روش‌های دستکاری کروموزوم‌های جنسی برای القاء پلی پلوئیدی (تری‌پلوئیدی و تتراپلوئیدی) در گونه‌های ماهیان پرورشی به‌طور گسترده استفاده شده است. این روش‌ها در بهبود پرورش ماهی بسیار مهم هستند چرا که یک روش سریع برای عقیم سازی گنادها، کنترل جنسیت و بهبود بقاء ماهیان دو رگه ارائه می‌دهند.

با دستکاری‌های پلوئیدی می‌توان ماهیان با هموزیگوسیتی بالا، عقیم و تک جنس را تولید نمود. واژه پلی‌پلوئید به افرادی که کروموزوم اضافی دارند اطلاق می‌شود. کروموزوم‌های معمول و طبیعی به‌صورت مجموعه دوتایی (دیپلوئید) هستند. تری‌پلوئیدی به افرادی که دارای سه مجموعه کروموزومی و تتراپلوئیدی به افرادی که دارای چهار مجموعه کروموزومی است اطلاق می‌گردد.

شکل۱- روش تولید تیلاپیای ابر نر YY

۵-۱- تری‌پلوئیدی

القاء تری‌پلوئیدی به عنوان موثرترین روش برای تولید ماهیان استریل یا عقیم در آبزی‌پروری و مدیریت شیلاتی پذیرفته شده است (Lakran and Ayyappan, 2003). القاء تری‌پلوئیدی تنها روش کاربردی است که می‌توان با استفاده از آن تعداد بسیار زیادی از ماهیان را بدون استفاده از هورمون‌های شیمیایی و یا اشعه عقیم نمود (Benfey, 1989). با استفاده از این روش با اجرای یک شوک محیطی کوتاه مدت بعد از لقاح، ماهیان عقیم تولید می‌شوند (Kizak et al., 2013).

پرورش ماهیان تری‌پلوئیدی به دلایل مختلف سودمند و مفید است. پتانسیل افزایش رشد، بهبود کیفیت لاشه، افزایش بقاء و افزایش کیفیت گوشت از مهمترین مزایای این پرورش می‌باشند. اندازه سلول‌های تری‌پلوئید نسبت به سلول‌های دی‌پلوئید افزایش می‌یابد (Dunham, 2004). گزارش شده که ضریب رشد ماهیان تری‌پلوئیدی در مقایسه با خواهران و برادران دیپلوئید خود بیشتر بوده است (Taniguchi et al.,1986). افزایش ضریب رشد ممکن است به دلیل عدم توسعه جنسی باشد زیرا رشد ماهی‌ها با رسیدن به بلوغ جنسی یا افزایش اندازه سلول کاهش می‌یابد. بنابراین با استفاده از روش تری‌پلوئیدی می‌توان بر مشکلات ناشی از بلوغ جنسی فائق آمد (Piferrer et al.,2009).

القاء تری‌پلوئیدی همچنین ممکن است به دلیل وجود یک مجموعه کروموزوم مادری که در تری‌پلوئیدها وجود داشته و در دو رگه‌های دیپلووئید وجود ندارد هیبریدهای دی‌پلوئیدی را تولید نماید که امکان زنده ماندن آنها وجود نداشته و یا بقا و ماندگاری پایینی داشته باشند. لاروهای دورگه حاصل از ماهیان ماده دیپلوئید *Oreochromis niloticus* با نرهای *Tilapia rendalli* حدود ۱۰۰ درصد مرگ و میر دارند. با این وجود با القاء تری‌پلوئیدی زنده مانی و بقاء این ترکیب هیبریدی حفظ می‌گردد (Chourrout and Itskovich, 1983). روش‌های القاء تریپلوئیدی شامل شوک دمایی (گرم یا سرد)، شوک فشار هیدرواستاتیک، شیمیایی (کلشی‌سین، سیتوکالازین B یا اکسید نیتروژن) و تلاقی تتراپلوئیدها با دیپلوئیدها می‌باشد. تحقیقات بسیار زیادی پیرامون تولید ماهیان تری‌پلوئیدی و بهینه‌سازی آنها در کشور اجرا گردیده است از جمله می توان به بررسی تولید جمعیت تری‌پلوییدقزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به روش مستقیم توسط محمودی و همکاران (۱۳۹۹) اشاره نمود. آنها ضمن استفاده از شوک‌هایی دمایی ۲۶ و ۲۸ درجه سانتیگراد در مدت ۱۰، ۱۵ و ۴۰ دقیقه بعد از لقاح گزارش دادند بالاترین بازده تری‌پلوئیدی در شرایط پرورشی با کاربرد شوک ۲۸ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه و در مدت زمان ۴۰ دقیقه بعد از لقاح مشاهده شده است.

۵-۲- تتراپلوئیدی

تتراپلوئیدها دارای مجموعه متعادل چهارتایی از کروموزوم‌ها هستند که می‌توانند منتج به باروری و بقاء گردند. تتراپلوئیدی در ماهیان معمولا با ایجاد اختلال در اولین تقسیم سلولی تخم‌های لقاح یافته با اسپرم معمولی با استفاده از شوک‌های فشار هیدرواستاتیک یا دمایی ایجاد می‌گردد. تتراپلوئیدهای زنده با استفاده از این روش‌ها در بسیاری از گونه‌های ماهیان تولید می‌شوند (Smitherman and Dunham,1985).

لاین تولید ماهیان تتراپلوئید در آبزی‌پروری به منظور تولید ماهیان تری‌پلوئید عقیم با استفاده از تلاقی ساده بین تتراپلوئیدها و دیپلوئیدها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (Guo et al.,1996). میزان موفقیت این روش‌ها برای القاء پلی‌پلوئیدی به زمان شروع شوک، دوره شوک دهی، ژنتیک و کیفیت گامت‌ها بستگی دارد. نکوئی فرد و همکاران (۱۳۹۶) بهینه‌سازی شوک حرارتی به منظور القاء تتراپلوئیدی در آبزیان زینتی را بررسی نمودند و گزارش دادند القاء تتراپلوئیدی در ماهی کاملا به زمان آغاز شوک و دوره شوک حرارتی بستگی دارد و افزایش دمای شوک می تواند روی نرخ بقاء اثر منفی داشته باشد. همچنین Diter و همکاران (۱۹۹۳) با استفاده از شوک حرارتی تخم های لقاح یافته با اسپرم‌های سالم و پرتو دیده قزل آلای رنگین‌کمان مبادرت به تولید تتراپلوییدها و ماده‌زادهای میتوزی نمودند. دمای مورد استفاده در شوک ۳۳-۲۷ درجه سانتی‌گراد و در فواصل زمانی ۲ تا ۴ ساعت و ۴۰ دقیقه پس از فعال شدن تخم و به مدت زمان ۲ الی ۳۰ دقیقه بود. در این آزمایش مشخص شد که شدت شوک بالا (۳۱°C-۳۰) در زمان‌های بالا (۴ ساعت) دارای بقاء بالاتری است. درصد بقاء بین ۱/۶ تا ۴۸/۶ گزارش شد. در حالی‌که درصد بقاء در گروه شاهد بین ۷۴ تا ۹۶ درصد محاسبه گردیده بود.

۶. تولید ماهیان تک والدی

تولید ماهیان با مواد ژنتیکی یکی از والدین نیز در زیست فناوری متداول می‌باشد. این سیستم بر اساس همان دستورالعمل پرورش تک گونه‌ای عمل می کند که صفات یک والد نسبت به والد دیگر برتری دارد.

۶-۱- نرزایی یا آندروژنز

آندروژنز فرایندی است که در نتیجه‌ی آن فرزندان به-واسطه والد نر و بدون هیچ گونه مشارکت ژنتیکی والد ماده تولید می‌شوند. محتویات ژنتیکی نسل تولید شده کاملا از پدر به ارث رسیده زیرا دی اِن اِی تخم بوسیله اشعه غیرفعال شده است (Nwokwa, 2012). القاء آندروژنز سبب تولید جمعیت تمام نر در ماهی‌ها خواهد شد که در آبزی‌پروری کاربرد تجاری خواهد داشت. ماهیان تمام نر در چند گونه از کپورماهیان، سیچلایدها و آزاد ماهیان تولید شده اند (Bongers et al.,1994).

دو روش برای القای نرزایی در ماهیان معمول می‌باشد. در اولین روش، ژنوم مادری را با استفاده از اشعه فرابنفش، اشعه گاما یا مواد شیمیایی از بین برده و در ادامه تخمهای اشعه داده شده با اسپرم‌های طبیعی لقاح داده می‌شوند. سپس در زمان اولین تقسیم سلولی برای جلوگیری از تقسیم سلول‌ها شوک‌های حرارتی یا شوک فشار هیدروستاتیک بر تخم وارد می‌گردد که به واسطه‌ی آن دو هسته‌هاپلوئید (N کروموزومی) با هم ترکیب شده و هسته دی‌پلوئید (۲N کروموزومی) تولید می‌شود. در روش دوم ابتدا محتویات ژنتیکی تخم به‌وسیله اشعه از بین رفته و سپس با اسپرم یک ماهی تتراپلوئید لقاح داده می‌شود.

با توجه به اثر تخریبی تابش بر روی تخم‌ها، بیان ژن‌های کشنده به صورت هموزیگوت و آسیب ناشی از اعمال شوک حرارتی برای سرکوب اولین تقسیم میتوزی، بقاء آندروژنزها بسیار کم می‌باشد. با این وجود تلاش‌های بسیاری برای افزایش ماندگاری و بقاء آندروژنزهای درون گونه‌ای شده است (Kirankuma and Pandian, 2004).

به عنوان مثال، حذف شوک حرارتی برای بازگرداندن دی-پلوئیدی در تخم‌های ماهی قزل آلای رنگین کمانی که ژنوم‌شان حذف شده و استفاده از اسپرم دی‌پلوئیدی برای فعالسازی سبب بهبود قابل توجهی در بقاء آندروژن‌ها گردید (Kirankuma and Pandian, 2004).

۶-۲- ماده زایی یا ژینوژنز

ماده‌زایی فرایند تکامل جنینی تنها با محتویات ژنتیکی مادری بدون دخالت مواد وراثتی پدر می‌باشد. در واقع ماده‌زایی نوع ویژه‌ای از بکرزایی (پارتنوژنز) می‌باشد که در آن جنین بعد از فعال شدن تخم با اسپرمی که از نظر ژنتیکی غیر فعال گردیده، رشد و نمو می‌کند. در ماده‌زایی میوزی یا ماده زایی هتروزیگوت، دومین گویچه قطبی در تخم با به‌کار بردن شوک‌های محیطی محبوس می‌گردد. نتیجه این فرایند تولید زیگوت دی‌پلوئید (۲N کروموزوم) با رشد طبیعی که از لحاظ وراثتی حاوی کروموزوم‌های مادری بوده و دارای جنسیت ماده است، می‌باشد. در ماده‌زایی میتوزی بعد از لقاح تخم توسط اسپرمی که محتویات ژنتیکی آن توسط پرتو فرابنفش، اشعه گاما یا مواد شیمیایی از بین رفته است، اجازه خروج دومین گویچه قطبی از تخم داده می‌شود (برخلاف روش قبلی). در نتیجه تخم‌های لقاح یافته‌ای به‌دست می‌آید که داری یک سری کروموزوم (کروموزوم) می‌باشند. با توقف روند طبیعی تقسیم میتوزی در اولین تقسیم سلولی، این تخم-های هاپلوئید به جنین ۲N کروموزومی تبدیل می‌گردند. آنچه در القاء ماده‌زایی در ماهی حائز اهمیت می‌باشد زمان دقیق شوک‌دهی و مدت زمان لازم برای اشعه دادن اسپرم برای از بین بردن محتویات ژنتیکی بدون از بین رفتن فعالیت بیولوژیکی آن می‌باشد (Thompson and Purdom, 1986). به عنوان مثال مدت زمان اشعه دادن اسپرم کپور ماهیان هندی ۲۰-۱۷ دقیقه و برای کپور معمولی ۴۰-۳۵ دقیقه گزارش شده است. شرایط مطلوب حبس دومین گویچه‌ی قطبی (در ماده زایی میوزی) و شوک دهی در ماده‌زایی میتوزی در گونه‌های مختلف متغیر می‌باشد. در باس دریایی شوک سرمایی (۰-۱ درجه سانتی گراد) به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه، ۵ دقیقه پس از لقاح و فشار هیدروستاتیک ۸۵۰۰ پی.اس.آی، ۲ دقیقه پس از لقاح بهترین نتایج را در پی داشته است. در تیلاپیا، ماده-زایی میتوزی به‌وسیله شوک حرارتی (۴۱ درجه سانتی گراد) به مدت ۳/۵ دقیقه در ۲۷/۵ -۳۰ دقیقه پس از لقاح القاء گردیده است. آذری تاکامی و همکاران (۱۳۸۰) به بررسی ماده‌زایی در ماهی قزل الای رنگین کمان توسط پرتو فرابنفش پرداختند و گزارش دادند نتایج ۱۰۰ درصد ماده زایی در تیمارهای حاصل از ۸ دقیقه پرتودهی و زمان اعمال شوک حرارتی در ۳۰ دقیقه پس از لقاح مشاهده گردید. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۵) بعد از بررسی القاء ماده‌زایی در ماهی قزل آلای رنگین کمان گزارش دادند بهترین عملکرد از نظر بازده ماده زایی، از تیمارهای حاصل از شوک گرمایی ۵۰ و ۳۵ دقیقه بعد از لقاح حاصل گردیده است.

۷. تراریخته(ترانس ژنیک)

تراریخته شامل انتقال برخی صفات برتر از یک گونه ماهی به گونه دیگر است. این صفات ممکن است شامل بهبود ضریب رشد، اندازه بزرگتر، ضریب تبدیل بهتر غذا و کنترل بلوغ جنسی باشد (El-Zaeem, 2004; El-Zaeem et al., 2004). فناوری تراریخته شیوه‌ای را ایجاد می‌کند که از طریق آن جهش کوانتومی در تولید، امکان پذیر است (Hew and Fletcher, 2001).

تراریخته ممکن است به صورت ورود ژن یا دی اِن اِی خارجی درون ژنوم میزبان تعریف شود که منجر به نگهداری، انتقال و بیان پایدار آن می‌شود. این فناوری فرصتی عالی برای اصلاح یا بهبود خصوصیات ژنتیکی ماهیان مهم، تجاری و سخت پوستان را در آبزی پروری فراهم می‌کند (Lakran and Ayyappan, 2003). همچنین به عنوان میانبری برای دستیابی به تغییرات ژنتیکی به منظور رشد سریع، مقاومت در برابر بیماری‌ها، تحمل سطوح پایین اکسیژن محلول در آب و مقاومت ماهی در برابر دمای انجماد کاربرد دارد (Ude et al., 2006).

برخی مطالعات افزایش رشد ماهی آزاد بالغ تراریخته نسبت به ماهیان غیر تراریخته ۵-۳ برابر است در حالی که اندازه برخی ماهیان به ویژه در چند ماهه اول رشد به اندازه ۳۰-۱۰ برابری گروه کنترل می‌رسد (Sudha et al.,2001; Devlin et al.,1994). بنابراین محققان گونه‌های جدیدی از ماهیان تراریخته را تولید کرده‌اند که به طور طبیعی مقدار مشخصی هورمون رشد به منظور تسریع رشدشان تولید می‌کنند (Dunham, 2004).

یک ژن خارجی را می توان به صورت دی اِن اِی به درون ماهی، درون جنین و یا حتی به طور مستقیم درون بافت-های بدن ماهیان بالغ وارد نمود (Hew et al.,1995). انتقال مستقیم دی اِن اِی به بافت‌های ماهی روشی ساده بوده که نتایجی سریع را ارائه می‌نماید و وابستگی ماهیان تراریخته به غربالگری و یا انتخاب حاملین را برطرف می-سازد.

با استفاده از ریزتزریق (میکرواینجکشن)، ژن هورمون رشد ماهی با یک پروتومر (راه انداز ژن) مخصوص ماهی به تخم‌های تازه تفریخ شده متصل شده و ماهیان تراریخته با نرخ رشد قابل ملاحظه‌ای بدست می‌آیند (Hew and Fletcher, 2001). از طریق الکتروپوریشن که استفاده از میدان الکتریکی برای افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی است، ورود مولکول‌های دی اِن اِی به جنین امکان پذیر می‌باشد (Nwokwa, 2012). در تحقیقات اخیر، با استفاده از روش الکتروپوریشن، ژن بیشتر از اسپرم به جنین منتقل می‌شود (Chen *et al.*,1998). بنابراین الکتروپوریشن به عنوان یک فناوری انتقال گسترده و کارآمد ژن در نظر گرفته می‌شود.

افزایش مقاومت ماهی در دمای پایین، موضوع دیگر تحقیقات در ماهیان تراریخته در چند سال گذشته بوده است (Fletcher et al., 2001). دمای سرد و پایین در بسیاری از ماهیان عامل استرس زاست و تعداد کمی از آنها قادرند که دمای پاینتر از ۱-۰ درجه را سانتی‌گراد را تحمل نمایند و این موضوع مشکل بزرگی در مناطقی با آب و هوای سرد است. قابل تامل است که بسیاری از ماهیان استخوانی دریایی دارای سطوح بالایی (۲۵-۱۰ میلی گرم/ میلی لیتر) از پروتئین‌های ضد یخ (AFPs)[1] یا گلیکوپروتئینهای سرمی (AFGPs)[2] بوده که با جلوگیری از رشد کریستال‌های یخ دمای انجماد را به طور چشمگیری کاهش می‌دهند (Lakran and Ayyappan, 2003). خالص‌سازی، توصیف و تنظیم این پروتئین‌های ضد یخ به‌خصوص در ماهی فلاندر زمستانی (*Pleuronectes americanus*)، موضوع تحقیقات بسیاری در کانادا بوده است. معرفی AFPs ها به ماهی-های طلایی، مقاومت آنها به سرما را در دمایی که تمام گروه کنترل از بین رفتند، افزایش داده است (Wang et al., 1995).

[1] Anti-freeze proteins
[2] Antifreeze glycoproteins

به‌طور مشابه تزریق یا تجویز خوراکی AFPs ها به خامه ماهی و ماهی تیلاپیا در مرحله نوجوانی سبب افزایش مقاومت در برابر کاهش دما از ۲۵ درجه سانتیگراد به ۱۳ درجه سانتی‌گراد شده است (Wu et al., 1998). تولید و توسعه ذخایری که دارای این ژن باشند می‌تواند در کشورهایی که دمای زمستان اغلب در محدوده مرزهای فیزیولوژیک این گونه‌ها است به عنوان یک مزیت در آبزی‌پروری باشد (Lakran and Ayyappan, 2003).

جمع بندی

میزان تولید آبزی‌پروری در سطح جهان در حال افزایش است، اما این سؤال باقی می‌ماند که آیا این صنعت می‌تواند به شکلی پایدار و به اندازه کافی سریع رشد کند تا بتواند پیش بینی تقاضای ماهی در آینده را محقق سازد یا خیر. شیوه‌های آبزی‌پروری سنتی قادر نخواهند بود کسری عرضه تقاضای روزافزون ناشی از افزایش جمعیت را برآورد سازند. بنابراین به روش‌های علمی جدید و پیشرفته نیاز است و در این راستا زیست فناوری می‌تواند نقش اساسی برای اطمینان از گسترش مداوم و تشدید آبزی پروری برای پاسخگویی رشد تقاضا را ایفا نماید.

توصیه ترویجی

بهره‌گیری از فناوری‌های زیستی در پیشرفت پایدار آبزی‌پروری نوین موثر بوده و سبب افزایش تولید در واحد سطح یا افزایش حجم در آبزی‌پروری می شود. این فناوری‌های زیستی شامل روش‌های گوناگون تولید ماهیان تری‌پلوئید یا عقیم و تتراپلوئید، تولید ماهیان پرورشی تک جنس مانند تولید جمعیت تمام ماده در ماهی قزل آلا یا جمعیت تمام نر در ماهی تیلاپیا، پرورش آبزیان تراریخته با توان رشد بیشتر، مقاوم در برابر بیماری‌های ویروسی و باکتریایی و بسیاری مزایای دیگر می‌باشد. از آنجا که این فناوری‌های نوین می‌توانند به تولید پایدار آبزیان، امنیت خوراکی انسان و همچنین رشد پایدار هر کشوری منجر گردد، باید نگاه ویژه‌ای به آنها داشت.

منابع

آذری تاکامی، ق.، فرحمند، ح.، بهرامی کمانگر،ب. ۱۳۸۰. ایجاد ماده زایی در ماهی قزل آلای رنگین کمان توسط پرتوفرابنفش. منابع طبیعی ایران. دوره۵۴، شماره۴، ص ۳۸۲-۳۶۹.

اسماعیلی، ا.، کلباسی، م.، پوستی، ا. ۱۳۸۵. القای ماده زایی در ماهی قزل الای رنگین کمان با تاکید بر تعیین زمان خروج گویچه قطبی دوم. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۱۳.شماره۴. ص ۱۲۷-۱۲۰.

محمودی، ر. ۱۳۹۹. تولید جمعیت تریپلویید قزل آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) به روش مستقیم. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. شماره ثبت ۵۸۱۸۴. ۴۵ ص.

نکوئی فرد، ع.، احدیان، ص.، ل قاسم قره باغ، ا.، ۱۳۹۶. بهینه سازی شوک حرارتی جهت القاء تتراپلوئیدی در آبزیان. فصلنامه آبزیان زینتی. سال چهارم،شماره ۱.ص ۱۱-۷.

ALUKO, P. O. 1993. Techniques of Producing Monosex or Sterile Population of Fish for Aquaculture. A Review of Selected Literature. *Proceedings of the 10th Annual Conference of Fisheries Society of Nigeria*, 163-172.

AYOOLA, S. O. & IDOWU, A. A. 2008. Biotechnology and Species Development in Aquaculture. *African Journal of Biotechnology*, 7 (25), 4722-4725.

BENFEY, T. J. 1989. A Bibliography of Triploid Fish, 1943 to 1988. *Canadian Technical Report Fisheries and Aquatic Science*, Department of Fisheries and Oceans, West Vancouver, British Columbia, Canada, 37 pp.

BHATTACHARYA, S., DASGUPTA, S., DATTA, M. & BASU, D. 2002. Biotechnology Input in Fish Breeding. Indian Journal of Biotechnology, 1, 29-38.

BONGERS, A. B. J., VELD, E. P. C., ABO, H. K., BREMMER, I. M., EDING, E. H., KOMEN, J. & RICHTER, C. J. J. 1994. Androgenesis in Common Carp *(Cyprinus carpio L.),* Using UV Irradiation in a Synthetic Ovarian Fluid and Heat Shocks. *Aquaculture*, 122, 119‑132.

CHARO, H. & OIRERE, W. 2000. River-based Artificial Propagation of the African Catfish (*Clarias gariepinus*): An Option for the Small Fish Farmer. *NAGA-The ICLARM Q*, 2 (1), 14-16.

CHEN, T. T, LU, J. K. & RICHARD, F.1998. Transgenic Fish Technology and Its Application in Fish Production. *Agricultural Biotechnology*, 527-547.

CHOURROUT, D. & ITSKOVICH, J. 1983. Three Manipulations Permitted by Artificial Insemination in Tilapia: Induced Diploid Gynogenesis, Production of All-Triploid Populations and Intergeneric Hybridization. In: Fishelson, L., and Yaron, Z. (compilers) *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. pp. 246.

DEVLIN, R. H., YESAKI, T. Y., BIAGI, C. A., DONALDSON, E. M., SWANSON, P., & CHAN, W. K. 1994. Extraordinary salmon growth. *Nature*, *371*(6494), 209-210.

DUNHAM, R. A., MAJUMDAR, K., HALLERMAN, E., BARTLEY, D., MAIR, G., HULATA, G., LIU, Z., PONGTHANA, N., BAKOS, J., PENMAN, D., GUPTA, M., ROTHLISBERG, P. & HOERSTGEN-SCHWARK, G. 2001. Review of the Status of Aquaculture Genetics. In: Subasinghe, R. P., Bueno, P., Phillips, M. J., Hough, C., McGladdery, S. E. and Arthur, J. R. (eds) Technical *Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millenium, Bangkok, Thailand*, 20–25 February. NACA, Bangkok, and FAO, Rome, 129‑157.

Danzmann, R. G., Ferguson, M. M., & Allendorf, F. W. 1986. Does enzyme heterozygosity influence developmental rate in rainbow trout? *Heredity*, *56*(3), 417-425.

DITER, D., QUILLET, E. & CHOURROUT, D. 1993. 'Suppression of first egg mitosis induced by heat shocks in the rainbow trout', *Journal of Fish Biology*, 42, 777-786.

DUNHAM, R. A. 2004. Aquaculture and Fisheries Biotechnology. *Genetic Approaches.* CABI Publishing. 372 pp.

EL-ZAEEM, S. Y. 2004. Alteration of the Productive Performance Characteristics of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii* Under the Effect of Foreign DNA Injection. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 8 (1), 261-278.

EL-ZAEEM, S. Y. & ASEEM, S. S. 2004. Application of Biotechnology in Fish Breeding: Production of Highly Immune Genetically Modified Nile Tilapia, *Orechromis niloticus*, with Accelerated Growth by Direct Injection of Shark DNA into Skeletal Muscles. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 8 (3), 67-92.

FLETCHER, G. L., HEW, C. L. & DAVIES, P. L. 2001. Antifreeze Proteins of Teleost Fishes. *Annual Revised Physiology*, 63, 359-390.

FAO. 2014. Genetic Biotechnologies. Fisheries and Aquaculture Department of the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FUENTES-SILVA, C., SOTO-ZARAZUA, G. M., TORRES-PACHECO, I. & FLORES-RANGEL, A. 2013. Male Tilapia Production Techniques: A Mini-Review. *African Journal of Biotechnology*, 12 (36), 5496-5502.

GUO, X., DEBROSSE, G. A. & ALLEN, S. K. JR. 1996. All-Triploid Pacific Oysters (*Crassostrea gigas Thunberg*) Produced by Mating Tetraploids and Diploids. *Aquaculture*, 142, 149‑161.

HAMMED, A. M., FASHINA-BOMBATA, H. A. & OSINAIKE, A. O. 2010. The Use of Cold Shock in Inducing Triploidy in African Mud Catfish (*Clarias gariepinus*). *African Journal of Biotechnology*, 9 (12), 1844-1847.

HEW, C. L. & FLETCHER, G. L. 2001. The Role of Aquatic Biotechnology in Aquaculture. *Aquaculture*, 197, 191-204.

HEW, C. L., FLETCHER, G. L. & DAVIES, P. L. 1995. Transgenic Salmon: Tailoring the Genome for Food Production. *Journal of Fish Biology*, 47, 1-9.

HULATA, G. 2001. Genetic Manipulations in Aquaculture: A Review of Stock Improvement by Classical and Modern Technologies. *Genetica*, 111, 155‑173.

KIZAK, V., GUNER, Y., TUREL, M. & KAYIM, M. 2013. Comparison of Growth Performance, Gonadal Structure and Erythrocyte Size in Triploid and Diploid Brown Trout (*Salmo trutta*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13, 571-580.

KIRANKUMA, S. & PANDIAN, T. J. 2004. Use of Heterologous Sperm for the Dispermic Induction of Androgenesis in Barbs. *Journal of Fish Biology*, 64, 1485-1497.

LAKRAN, W. S. & AYYAPPAN, S. 2003. Recent Advances in Biotechnology Applications to Aquaculture. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 16 (3), 455-462.

MOSES, Y., OLUFEAGBA, S. O. & RAPHAEL, A. Z. 2005. Intra-specific Hybridization in Two Strains of *Clarias gariepinus* (Limnaeus, 1758). *In: M. I. Nguru, C. U Iroegion and V. C Ejere (eds). Genetics Society of Nigeria 30th Annual National Conference*, Nsukka. 5th-8th September, 153-158.

MUHAMMET, A., ZERIFE, P., RAMAZAN, S., ADEM, T. A. & VOLKAN, K. 2013. Biotechnology and Aquaculture in Sustainable Development. Available at: http://eprints.ibu.edu.ba. Report Prepared for the Danish Council of Ethics, Copenhagen. 182-190.

NWOKWA, M. C. 2012. The Review of Recent Advances in Fish Genetics and Biotechnology. *Continental Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6 (1), 9-18.

NDIMELE, P. E. & OWODEINDE, F. G. 2012. Comparative Reproductive and Growth Performance of *Clarias gariepinus* and Its Hybrid Induced with Synthetic Hormone and Pituitary Gland of Clarias gariepinus. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 619-626.

PANDIAN, T. J. & KOTEESWARAN, R. 1998. Ploidy Induction and Sex Control in Fish. *Hydrobiology*, 384, 167-243.

PANDIAN, T. J. & VARADARAJ, K. 1990. Techniques to Produce 100% Male Tilapia. *NAGA, the ICLARM Q.*, 7, 3-5.

PIFERRER, F., BEAUMONT, A., FALGUIERE, J. C., FLAJŠHANS, M., HAFFRAY, P. & COLOMBO, L. 2009. Polyploid Fish and Shellfish: Production, Biology and Applications to

Aquaculture for Performance Improvement and Genetic Containment. *Aquaculture*, 293, 125-156.

RAHMAN, A. M., ARSHAD, A. & YUSOFF, F. M. 2013. The Potentials of Inter-Specific Hybrids in Fin Fish Aquaculture. *2nd International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences (ICEAFS'2013)*; 25-26th August. Kuala Lumpur (Malaysia), 135-138.

SCHALLY, A., ARIMURA, A. & KASTIN, A. J. 1973. Hypothalamic Regulatory Hormones. *Science*, 179, 341-350.

STONE, N. M. 1981. Growth of Male and Female Tilapia nilotica in Ponds and Cages. MSc thesis, Auburn University, Auburn, Alabama, USA.

SMITHERMAN, R. O. & DUNHAM, R. A. 1985. Genetics and Breeding. In: Tucker, C. S. (ed.) Channel Catfish Culture. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, Netherlands. 283‑316.

SUDHA, P. M., LOW, S., KWANG, J. & GONG, Z., 2001. Multiple Tissue Transformation in Adult Zebra Fish by Gene Gun Bombardment and Muscular Injection of Naked DNA. *Marine Biotechnology*, 3, 119-125.

TANIGUCHI, N., KIJIMA, A., TAMURA, T., TAKEGAMI, K & YAMASAKI, I. 1986. Colour, Growth and Maturation in Ploidy-manipulated Fancy Carp. *Aquaculture*, 57, 321‑328.

THOMPSON, D. & PURDOM, C. E. 1986. Induced Diploid Gynogenesis by Mitotic Interference in Rainbow Trout. *Aquaculture*, 3, 76.

UDE, E. F., MWANI, C. D., UGWU, L. L. A. & OTI, E. E. 2006. Prospects of Biotechnology in Fish Production - A Review. *Journal of Applied and Natural Sciences*, 1 (1), 7-12.

WANG, R., ZHANG, P., GONG, Z. & HEW, C. L., 1995. Expression of the Antifreeze Protein Gene in Transgenic Goldfish (*Carassius auratus*) and Its Implication in Cold Adaptation. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 4, 20-26.

WOLTERS, W. R. & DEMAY, R. 1996. Production Characteristics of Striped Bass x White Bass and Striped Bass x Yellow Bass Hybrids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27, 202-207.

WU, S. M., HWANG, P. P., HEW, C. L. & WU, J. L. 1998. Effects of Antifreeze Protein on Cold Tolerance in JuvenileTilapia (*Oreochromis mossambicus, Peters*) and Milkfish (Chanos chanos, Forskaal). *Zoological Science*, 37, 39-44.

The role of biotechnology in improving fish productivity

Mahmoudi, Roghayeh[1*]; kazemi, Esmaeil[1]; Mirbakhsh, Maryam[2]; Ahangarzadeh, Mina[3]; Hosseinil, Seyed Abdolhamid[1]

1. Cold-water Fishes Genetic and Breeding Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj,Iran.
2. Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. IRAN.
3. South of IRAN Aquaculture Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, IRAN

*Corresponding Author: roghaye.mahmodi@gmail.com

Abstract

Due to the growing population of the world, the demand for fish is increasing worldwide. It seems unlikely that the increasing demand can be coordinated by increasing harvests of fish from the oceans and natural freshwater as harvesting and productivity in this area is limited. So, aquaculture remains the last hope for providing enough fish for the world, limited by land and water. Specific characteristics of aquatic species such as tolerance to different ploidy levels, external fertilization, relatively short growth period and high volume of extracted gametes have led to further genetic development in aquaculture. Biotechnology can play an essential role in improving aquaculture efficiency. The application of biotechnology to various production systems does not come without its negative effects but even still, the merits far outweigh the associated concerns because the techniques are constantly being developed, thereby reducing the negative impacts thereof. Therefore, there is a need to adopt biotechnological practices if the world is to stand any chance of achieving food security.

Keywords: Efficiency, Aquatic, Biotechnology, Food Security