



# Panorama da AQUICULTURA



## USO DA METILTESTOSTERONA

A tilapicultura nas mãos do MPA

**Aquicultura e  
Biodiversidade:**

**precaução ou exagero?...**

**Controle higiênico e  
sanitário de moluscos**

A diversidade dos *Streptococcus agalactiae* • A importância das espécies nativas marinhas para o Chile  
• LABOMAR/UFC avança na pesquisa do Ariacó • Decreto regulamenta sanidade aquícola no MPA •  
Maricultores catarinenses necessitam de mais informações • ENEM aborda Aquicultura e erra na resposta







# O uso da metiltestosterona na masculinização de tilápias

## um desafio para o MPA



Por:  
Fernando Kubitza, Ph. D.  
Acqua & Imagem Serviços Ltda.  
fernando@acquaimagem.com.br

O uso da metiltestosterona (MT) na masculinização de alevinos de tilápia foi um grande avanço tecnológico na criação deste peixe. A técnica da masculinização de alevinos de tilápia com o fornecimento de ração contendo MT durante as primeiras quatro semanas de vida dos peixes não implica em qualquer risco aos consumidores, aos funcionários das pisciculturas que lidam com a MT e, tampouco, ao ambiente que recebe a água dos tanques de produção de alevinos (Johnston et al 1983; Gouldie et al 1986; Green e Teichert-Coddington, 2007; Contreras-Sánchez et al 2001; Contreras-Sánchez et al 2002; Macintosh, sem data;). Obviamente que o setor produtivo (piscicultores e frigoríficos) não pode ignorar eventuais preocupações de consumidores quanto ao potencial risco de alimentos em que, em algum momento de seu processo de produção, foram empregados hormônios ou medicamentos. O consumidor, na maioria das vezes, é leigo no assunto e realmente tem toda a razão em se preocupar com potenciais riscos nos alimentos que consome. E, em geral, sempre deseja produtos o mais próximo do natural quanto possível. Cabe então ao setor produtivo esclarecer o público em geral sobre a segurança dos produtos da tilápia.

Em 2008 e 2009, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autuou produtores de alevinos de Minas Gerais, Pernambuco e Paraná pelo uso da MT na masculinização de tilápias. Isso ocorreu pelo fato de não haver registro deste produto junto ao MAPA para uso em aquicultura no Brasil. A decisão do MAPA em fiscalizar e autuar produtores de alevinos de tilápia que fazem o uso da MT (ou, seja, praticamente todos os produtores no Brasil, visto a eficácia e segurança desta técnica de masculinização), deixou uma sombra sobre o futuro do setor. Técnicos do Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA (na ocasião ainda SEAP) se reuniram com técnicos do MAPA para encontrar uma solução para este assunto. Assim, no atual momento, os produtores de alevinos de tilápia que realizam a masculinização com ração contendo MT estão todos à margem da lei (para não dizer “foras da lei”).

Este assunto ainda deverá render muita discussão junto aos dois ministérios e é preciso que seja tratado com muito bom senso para não colocar em risco o futuro da tilapicultura no país. Como não há hoje, no mundo, uma tecnologia viável como alternativa à masculinização em larga escala de alevinos de tilápia com o uso da MT, esta técnica é de fundamental importância para o setor. A tilapicultura no Brasil contribui hoje com mais de 100 mil toneladas de pescado, praticamente todo destinado à mesa dos brasileiros. Isso representa mais de 10% da produção brasileira de pescado (somando pesca e aquicultura) e uma grande quantidade de empregos diretos e indiretos, que não me atrevo a estimar aqui. Além disso, a produção de tilápia em tanques-redes em águas públicas tem servido aos governos federal e estaduais, como importante ferramenta de inclusão social para comunidades ribeirinhas e para famílias rurais, que hoje já não conseguem tirar seu sustento da pesca ou de outras atividades agropecuárias.

Com o intuito de contribuir para uma melhor avaliação sobre o uso da MT na masculinização de tilápias por parte dos profissionais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), reunimos neste artigo as principais informações disponíveis na literatura científica e as constatações práticas de profissionais que desmistificam os riscos da MT para consumidores, trabalhadores da piscicultura e ambiente.

### A importância da metiltestosterona na produção da tilápia

A produção mundial de tilápias vem crescendo rapidamente em função da grande expansão dos mercados locais e internacionais. Em 2007 foram produzidas cerca de 2,5 milhões de toneladas de tilápia e a projeção para 2010 é de que este volume chegue a 3 milhões de toneladas. O grupo das tilápias (liderada pela tilápia do Nilo) é hoje o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo, atrás apenas das carpas. Tilápias são criadas em praticamente todo mundo, com a maior parte da produção concentrada em países asiáticos (China, Filipinas, Indonésia, Tailândia e Taiwan), no Egito (único país africano com expressão na criação deste peixe, embora a África seja o berço da tilápia do Nilo) e em países latino americanos, com destaque ao Brasil, Honduras, Colômbia, Equador e México, dentre outros.

Pós-larvas de tilápia com tamanho adequado (8 a 13mm) para o início do processo de masculinização



## "Estudos científicos realizados há mais de 27 anos já comprovaram que a metiltestosterona não se acumula na carne da tilápia."

Seguramente é possível afirmar que toda a tilápia produzida, e conseqüentemente seus produtos, têm origem, praticamente, em alevinos machos obtidos através do tratamento com MT na ração durante os primeiros 30 dias de vida. Esse processo de masculinização dos alevinos de tilápia é popularmente conhecido como reversão sexual. Na realidade o termo reversão sexual não é adequado para esta técnica, pois a tilápia, no estágio de pós-larvas, ainda não possui o sexo definido. Assim a denominação correta deste processo de fornecimento da ração com MT deveria ser simplesmente "masculinização", pois o processo orienta a definição do sexo para o masculino.

### A masculinização dos alevinos de tilápia não traz qualquer risco ao consumidor final

Um adulto sob uma alimentação regular ingere diariamente cerca de 10 µg de progesterona (hormônio sexual feminino) e 0,05 µg de testosterona (hormônio sexual masculino) presentes particularmente em alimentos de origem animal, como as carnes, leite e seus derivados (Shore e Shemesh 2003). Estes hormônios são tanto de origem endógena (produzidos pelo organismo do próprio animal) e, em alguns casos, exógena (administrado aos animais como promotores de crescimento).

Estudos científicos realizados há mais de 27 anos já comprovaram que a MT não se acumula na carne da tilápia. Johnstone et al (1983) foram pioneiros nestas pesquisas e observaram que 100 horas (quatro dias) após a última refeição com ração contendo MT, os níveis de MT no corpo dos alevinos de tilápia declinaram para menos de 1% da concentração registrada após a última refeição com ração tratada com MT. Estes pesquisadores demonstraram ainda que a grande totalidade da MT detectada no



corpo dos alevinos estava presente em seus tratos digestivos. Não foi detectada presença de MT na carne dos alevinos de tilápia 50 horas após a finalização do tratamento com a ração contendo MT. Gouldie et al (1986) também registraram uma rápida taxa de declínio nos níveis de MT na carcaça de alevinos de tilápia masculinizados. Vinte e um dias após finalizado o tratamento, os níveis de MT foram de 0,0005µg/g de carcaça (0,5ng/g). Mesmo que esta MT, por alguma razão, persista no corpo da tilápia, quando o peixe atingir tamanho de mercado (por exemplo, 500g), a concentração hipotética de MT na carcaça seria 0,000001µg/g ou 0,001µg de MT por quilo de carne. Assim, uma pessoa precisaria consumir, diariamente, 50kg de filés de tilápia para atingir o mesmo nível diário de consumo de testosterona em uma dieta normal baseada em carne vermelha, leite e seus derivados. Precisaria ainda consumir 20 a 40 toneladas de filé de tilápia por dia para ingerir a mesma dose diária de MT usada em terapia humana (entre 20 e 40 mg/pessoa/dia). Ainda assim, as evidências científicas do rápido declínio da concentração de MT na carne dos peixes permitem concluir que, após cinco ou mais meses de crescimento até o peso comercial, praticamente não há qualquer possibilidade de haver algum resíduo de MT na carne de tilápias com tamanho de mercado. No entanto, tilápias machos com peso comercial geralmente já atingiram o estágio adulto e apresentam produção endógena de testosterona. Assim, em um estudo realizado por El-Neklawey et al (2009), foram registrados valores médios de 0,004µg de testosterona/g de filé de tilápias. Níveis de testosterona cinco vezes maiores foram registrados neste mesmo estudo no filé de uma carpa prateada. Os autores consideram que esta testosterona encontrada

**"Uma pessoa precisaria consumir, diariamente, 50kg de filés de tilápia para atingir o mesmo nível diário de consumo de testosterona em uma dieta normal baseada em carne vermelha, leite e seus derivados. Precisaria ainda consumir 20 a 40 toneladas de filé de tilápia por dia para ingerir a mesma dose diária de MT usada em terapia humana."**

provinha, em sua grande totalidade, da testosterona endógena, sintetizada pelo próprio organismo animal. Estes baixos níveis de testosterona encontrados, mesmo que tivessem alguma relação com o tratamento com MT na fase de pós-larvas, não impõem qualquer risco à saúde humana.

Países desenvolvidos como os Estados Unidos são grandes mercados para os produtos da tilápia. As importações norte-americanas de filés deste peixe crescem ano a ano e, com base nos estudos científicos que demonstram a segurança do consumo dos produtos de tilápia, não há preocupação por parte da agência de fiscalização sanitária daquele país (FDA – Food and Drug Administration) em relação à presença de resíduos de MT nos produtos importados de tilápia. No entanto, o FDA tem realizado testes de rotina para resíduos de antibióticos de uso proibido.

**A metiltestosterona não impõe risco à saúde dos funcionários que trabalham na produção de alevinos de tilápia**

Macintosh (sem data) observa que não há no mundo qualquer registro de problemas de saúde em funcionários que trabalham em criações de tilápia que possa ser relacionado com a manipulação da MT ou da ração contendo MT. Dentro do meu universo de conhecimento, no Brasil também não há. No entanto, o bom senso demanda, durante a manipulação da MT (como a diluição do produto em álcool e a aplicação sobre a ração), o uso de equipamentos de proteção, como luvas de borracha, máscara e óculos. A MT pura geralmente é adquirida pelo produtor em embalagens previamente pesadas pelo fornecedor, não havendo necessidade de realizar a pesagem do produto na piscicultura. Isso diminui a manipulação do produto puro. Por exemplo, uma fração de 1,5 g de MT



Tilápia exposta em gôndola de hipermercado no Ceará. Hoje a tilápia é um dos principais pescados comercializados pelas grandes redes de supermercado no Brasil

é suficiente para o preparo de 25 kg de ração (geralmente 1 saco de ração) na concentração de 60 mg de MT/kg de ração. Esta quantidade de MT é dissolvida em cerca de 8 a 10 litros de álcool, que são misturados uniformemente à ração. Produtores que usam a MT em menor escala, geralmente adquirem a MT previamente pesada em uma ou duas gramas e preparam uma solução mãe (ou solução estoque) dissolvendo estas quantidades de MT em 1 litro de álcool. A solução estoque deve ser mantida abrigada da luz (pois a MT é rapidamente degradada pelos raios ultravioleta), em local seguro e sob temperatura ambiente ou refrigeração.

A solução estoque permite ao produtor o preparo de quantidades pequenas de ração a cada vez, sem que necessite uma balança de precisão para pesar miligramas de MT. Por exemplo, para preparar 1 kg de ração com uma solução estoque de 1 g/litro (ou seja, 1mg de MT/ml de solução estoque) são necessários 30 ou 60 ml da solução, para atingir concentrações de 30 ou 60 mg de MT/kg de ração, respectivamente. Este volume de solução estoque é mensurado com o uso de uma proveta ou bquer graduado e despejado em um veículo com cerca de 300 a 400 ml de álcool. Este veículo será usado para impregnar, de forma homogênea, a MT em 1 kg de ração. Para pequenos volumes de ração, a mistura do veículo (álcool mais MT) à ração geralmente é feita manualmente dentro de um balde ou de uma tina plástica. O veículo também pode ser aspergido sobre a ração com o uso de um pequeno pulverizador. Após a mistura do veículo com MT, a ração é esparramada sobre uma lona plástica e deixada secar

em local ventilado e protegido da luz por cerca de 24 horas, possibilitando a evaporação completa do álcool sem que haja fotodegradação da MT.

Macintosh ainda comenta que o risco associado à inalação de MT através dos vapores de álcool que exalam da ração é considerado irrisório pela OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), uma agência do Ministério do Trabalho dos Estados Unidos responsável por segurança e saúde ocupacional. Ainda assim, o preparo e a secagem da ração devem ser feitos em local bem ventilado para reduzir a inalação de vapores de álcool. No preparo de grandes quantidades de ração de uma só vez o produtor pode usar uma betoneira, que minimiza o esforço da operação e realiza uma mistura mais homogênea da ração com o veículo contendo MT. Com a betoneira em movimento o veículo é aplicado sobre a ração com o uso de um regador de plástico ou pulverizador, impregnando, de modo bem uniforme, a MT na ração. Após a adição de todo o veículo, a boca da betoneira é tampada com um plástico e a mistura da ração prossegue. O uso da betoneira desta forma também minimiza a inalação de vapores de álcool.

### O uso da MT na masculinização de tilápias não prejudica o meio ambiente

Estudiosos do assunto não acreditam que haja um aporte relevante de MT dos tanques de masculinização de tilápias para o ambiente (Green e Teichert-Coddington, 2007; Macintosh, sem data). A MT que entra no ambiente de cultivo segue alguns caminhos que levam a sua rápida eliminação. O principal deles é a adsorção nos sedimentos (minerais e orgânicos) dos tanques e na argila e matéria orgânica em suspensão na água. O segundo meio de degradação da MT é através da radiação solar (fotodegradação pelos raios ultravioleta). Outro caminho rápido de degradação é a ação microbiana sobre a MT presente nos resíduos orgânicos (fezes e sobras de ração) e nos sedimentos nos tanques de masculinização. Uma eficiente remoção de resíduos de MT presentes na água pode ser alcançada com o auxílio de filtros biológicos, filtros com carvão ativado, sistemas de ozonização e lagoas de decantação e áreas alagadas com densa vegetação -“wet lands” (Macintosh, sem data; Contreras-Sánchez et al 2002).

Mais de 95% da MT aportada nos tanques de produção de alevinos tem origem nas fezes dos peixes. Uma pequena fração é excretada via brânquias e urina. Em contato com os sedimentos ou com partículas de argila e material em suspensão, grande parte da MT excretada é adsorvida nestes sólidos e acaba se depositando nos sedimentos dos tanques. Estudos mensuraram concentrações



muito pequenas de MT, da ordem de 0,18 a 0,8 ng/g de solo (Contreras-Sánchez et al 2001; Contreras-Sánchez et al 2002), em tanques que foram usados para a masculinização de tilápias.

A presença de MT na água é bem insignificante. Concentrações muito reduzidas de MT (ao redor de 5 ng/l ou 5 ug/m<sup>3</sup>) foram detectadas na água de viveiros ao final da masculinização de alevinos de tilápia (Contreras-Sánchez et al 2001). Em um estudo realizado em viveiros que nunca haviam sido usados para a masculinização de tilápias, Contreras-Sánchez et al (2002) não foram capazes de detectar a presença de MT na água após três ciclos de masculinização usando ração contendo 60 mg de MT/kg. Na opinião dos principais cientistas, com a exposição da MT presente nesta água à radiação solar, à ação microbiológica e à adsorção nos sólidos em suspensão e nos sedimentos, é muito pouco provável encontrar concentrações detectáveis de MT na água dos viveiros uma semana após a interrupção do fornecimento da ração contendo MT. Homklin et al (2009) observaram que a MT é biodegradada através da ação de bactérias aeróbicas. A taxa de degradação deste hormônio variou entre 10 e 52% ao dia. Isso significa que, em ao menos 10 dias, um eventual resíduo de MT nos tanques usados na masculinização de tilápias seria biodegradado por completo.

No Brasil, grande parte dos produtores de alevinos de tilápia conduz o processo de masculinização dos alevinos em “happas” (tanques-redes) instalados em viveiros com baixa renovação de água. Estes viveiros com “happas” permanecem em produção durante meses sem que sejam drenados. Neste ambiente se desenvolve uma densa população planctônica e microbiana, que favorece a degradação de qualquer resíduo de MT presente na água e nos sedimentos. Ainda há produtores que realizam a masculinização de tilápias diretamente em tanques de terra (viveiros), onde a maior parte da MT residual fica adsorvida nos sedimentos e é degradada pela ação microbiana. Esse tempo longo de retenção da água nos viveiros, aliado à prática de somente drenar os tanques três a cinco dias após realizada a despesca total dos alevinos (permitindo a decantação dos sólidos), elimina qualquer possibilidade de aporte de MT no ambiente.

Macintosh (sem data) apresentou estimativas providas por Lange et al (2002) de que, anualmente, há um aporte de 49 toneladas de estrógenos (hormônios femininos) e 4,4 toneladas de andrógenos (hormônios masculinos) provenientes de rebanhos



Alevinos de tilápia masculinizados

e criações animais nos Estados Unidos. Para a União Européia estes valores se aproximam de 33 toneladas de estrógenos e 7,1 toneladas de andrógenos. Em 2010 a produção mundial de tilápia deverá atingir a casa das 3 milhões de toneladas. Assumindo que toda essa tilápia produzida deriva de alevinos masculinizados com MT, que o peso médio da tilápia produzida no mundo seja ao redor de 500g, que 60% dos alevinos produzidos cheguem ao final da engorda e, finalmente, que o uso médio de MT para cada um milhão de alevinos de tilápia produzidos é em torno de 30 g, podemos chegar a uma estimativa de uso anual de cerca de 300 kg de MT em toda a produção mundial de tilápia. Esse uso de MT é ínfimo se comparado às 94 toneladas de hormônios residuais da produção animal estimada para Estados Unidos e União Européia juntos. Deve se somar a isso a excreção de hormônios

endógenos e exógenos dos rebanhos animais do Brasil (cerca de 200 milhões de bovinos, 33 milhões de suínos, 760 milhões de aves alojadas, 10 milhões de caprinos e 15 milhões de ovinos), que deve ficar em posição intermediária entre Estados Unidos e União Européia, talvez na casa das 45 toneladas de hormônios/ano. Para o Brasil, com uma produção de tilápias estimada oficialmente como próxima de 95 mil toneladas em 2007 (IBAMA), usando as mesmas premissas, a produção de alevinos de tilápia deve se aproximar de 320 milhões de unidades. Isso implicaria em um uso anual de MT próximo de 10 kg. Mesmo com o Brasil dobrando sua produção de tilápia nos próximos cinco anos, o uso de MT pelo setor seria extremamente insignificante diante da excreção de hormônios de nossa produção animal.

#### **Ganhos ambientais com a técnica da masculinização de tilápias com MT**

Vale ressaltar que a tecnologia de masculinização de tilápias, por si só, possibilita uma grande economia de recursos (água, ração e energia). O fato de minimizar a reprodução descontrolada nos tanques de criação possibilita produzir uma tilápia de maior tamanho, o que implica na condução de ciclos mais longos de cultivo, reduzindo a necessidade de água com drenagens e enchimentos freqüentes dos viveiros. Esse melhor controle populacional nos tanques de engorda também diminui o esforço e despesas com aeração. Também, por minimizar a competição entre os peixes originalmente estocados e suas proles, o crescimento e a conversão alimentar na engorda são mais eficientes, reduzindo o uso de ração e, portanto, o custo de produção. A economia no uso de ração implica em menor competição com outras atividades de produção animal, bem como com os seres humanos, por

**"Para o Brasil, com uma produção de tilápias estimada em 95 mil toneladas, a produção de alevinos de tilápia deve se aproximar de 320 milhões de unidades. Isso implicaria em um uso anual de MT próximo de 10kg. Mesmo com o Brasil dobrando sua produção de tilápia nos próximos cinco anos, o uso de MT seria insignificante diante da excreção de hormônios de nossa produção animal."**

grãos e outros ingredientes que compõem a ração.

A redução no recrutamento da tilápia durante a engorda de lotes de peixes masculinizados atenua os impactos de um eventual escape de alevinos e juvenis das pisciculturas durante a drenagem dos tanques de engorda. Além do mais, se houver escape dos peixes originalmente estocados, por se tratar de populações quase que 100% masculinas, haverá um menor impacto da reprodução destes peixes sobre os estoques de peixes naturais.

#### **A regulamentação do uso da MT é uma responsabilidade que cabe ao MPA**

A insignificância da quantidade de MT usada na tilapicultura diante do potencial dano ambiental causado por hormônios gerados na produção animal no Brasil contrasta com o rigor da abordagem que fiscais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) fizeram a produtores de alevinos de tilápia em alguns estados. As estimativas de uso de MT para toda a tilapicultura brasileira (seguramente não muito mais que 10 kg do produto por ano, ou seja um faturamento anual bruto inferior a R\$ 150.000,00) não atraem o interesse das grandes empresas em arcar com todas as despesas e percalços burocráticos necessários à obtenção do registro do produto e do direito de sua comercialização. Talvez alguma empresa de ração tenha interesse em pleitear o registro exclusivo de uma ração com MT para uso durante a reversão sexual, à semelhança do que está ocorrendo neste momento nos Estados Unidos. Dez quilos de MT, distribuídos em 60 mg para cada quilo de ra-



ção resulta em uma venda anual de ração para masculinização de tilápia da ordem de 170 toneladas, com alto valor agregado. Mas o MPA e o MAPA precisam evitar exigências que favoreçam o estabelecimento de monopólios, concentrando a venda de MT ou de ração com MT, e até mesmo de medicamentos, nas mãos de uma única empresa.

Diante da atual proibição do uso da MT na produção de alevinos de tilápia, e pelo fato da tilapicultura no Brasil sequer contar com uma entidade capaz de representar o setor e defender seus interesses, o MPA deveria assumir a responsabilidade de esclarecer, convencer e negociar junto ao MAPA uma alternativa de bom senso para contornar esse impasse do uso de MT. E aí é preciso uma atuação forte dos técnicos do MPA, bem como um empenho pessoal do próprio ministro Gregolin para costurar um acordo e termo de conduta que regulamentem imediatamente o uso da MT na masculinização de alevinos de tilápia, para tirar os produtores de alevinos da condição atual de delinquência em que se encontram perante a lei. O MPA deve apresentar ao MAPA todas as informações científicas disponíveis que comprovem a eficácia e segurança do uso da MT na masculinização de alevinos de tilápia. Feito isso, o



Viveiro com "happas" para estocagem de PL de tilápia durante o processo de masculinização

MPA deve solicitar a liberação do uso da MT pelos produtores de alevinos de tilápia, mediante a comprovação de um acompanhamento técnico e prescrição do uso do produto por um médico veterinário. Este uso deve seguir um protocolo com procedimentos padrões para a manipulação da MT (droga pura ou um premix), preparo e armazenamento da ração, seu fornecimento aos animais e adoção de boas práticas que auxiliem a eliminar potenciais resíduos

de MT nas unidades de produção de alevinos. O MPA também deve assumir junto ao MAPA o compromisso de apresentar os estudos complementares que se fizerem necessário para finalizar o processo de registro do uso da MT. Para tanto, deve contratar e financiar estes estudos junto às universidades e centros de pesquisa, em particular aqueles que historicamente já vêm realizando trabalhos relacionados ao uso da MT na masculinização de tilápias. Esta seria uma grande contribuição do MPA e das instituições de pesquisas à tilapicultura no Brasil. ■

## Referências bibliográficas

- Contreras-Sánchez, W.M., M.S. Fitzpatrick, and C.B. Schreck, 2001.** Fate of methyltestosterone in the pond environment: Detection of MT in pond soil from a CRSP site. In: A. Gupta, K. McElwee, D. Burke, J. Burrett, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Eighteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon, pp. 79-82.
- Contreras-Sánchez, W.M.; Couturier, G.M.; Schreck, C.B., 2002.** Fate of Methyltestosterone in the Pond Environment: Use of MT in Earthen Ponds with No Record of Hormone Usage. In: K. McElwee, K. Lewis, M. Nidiffer, and P. Buitrago (Editors), Nineteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon, pp.
- Green, B.W.; Teichert-Coddington, D.R. 2007.** Human Food Safety and Environmental Assessment of the Use of 17 $\alpha$ -Methyltestosterone to Produce Male Tilapia in the United States. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31 (3): 337-357.
- Homklin, S.; Wattanodorn, T.; Ong, S.K.; Limpiyakorn, T. 2009.** Biodegradation of 17  $\alpha$ -methyltestosterone and isolation of MT-degrading bacterium from sediment of Nile tilapia masculinization pond. *Water science and technology*, 59 (2): 261-265.
- El-Neklawey, E.M.A.; Abdel-Dayem, H.R.; Soltan, H. M.; Naser, G. 2009.** Detection of testosterone residues in farm fish tissue. *Beni-Suef Veterinary Medical Journal*, 19 (1): 23-26.
- Macintosh, D. J. (Sem data).** Risks associated with using methyl testosterone in tilapia farming.
- Shore L.S.; Shemesh M., 2003.** Naturally produced steroid hormones and their release into the environment. *Pure and Applied Chemistry* 75: 1859-1871.