

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Análise do cultivo de Esturjão e produção de caviar

Esturjão, produção, cultivo, caviar.

Marco Antonio Igarashi

PhD em Engenharia de Pesca pela Universidade de Kitasato, Japão. E-mail: igarashi@ufc.br

RESUMO

O caviar feito de ovócitos salgados (ou ovas) de esturjão é uma iguaria cara no Brasil. O esturjão vive em águas no Hemisfério Norte. No contexto desta revisão foram discutidas as necessidades e prioridades para uma implementação bem-sucedida do cultivo do esturjão. Esta revisão dirige-se especialmente aos produtores de esturjão, aos operadores de laboratórios de esturjão, aos técnicos do laboratório e aos gestores em aquicultura envolvidos no desenvolvimento da aquicultura de esturjão. O cultivo de esturjões em muitos países não se expandiu muito porque exige uma quantidade extraordinária de tempo e esforço. O esturjão precisa ser cultivado por pelo menos seis a sete anos antes de atingir a maturidade sexual. Os resultados demonstram que o cultivo de esturjão é uma atividade economicamente viável e que está a contribuir positivamente para o desenvolvimento da piscicultura no mundo. Concluindo, o cultivo do esturjão requer conservação dos recursos ambientais, investimento, competências técnicas e paciência.

Palavras-chave: esturjão, produção, cultivo, caviar.

ANALYSIS OF STURGEON FARMING AND CAVIAR PRODUCTION

ABSTRACT

Caviar made from the salted oocytes (or roe) of sturgeon is an expensive delicacy in Brazil. The sturgeon lives in waters in the Northern Hemisphere. In this review the needs and priorities for successful implementation of sturgeon culture have been discussed. This review is targeted particularly at sturgeon farmers, sturgeon hatchery operators, hatchery technicians, and aquaculture managers involved in sturgeon aquaculture development. Sturgeon farming in many countries hasn't expanded much because it takes an extraordinary amount of time and effort. The sturgeon needs to be reared for at least six to seven years before they reach sexual maturity. The results demonstrate that sturgeon farming is a economically viable activity and it is having a positive contribution to the development of fish culture in the world. In conclusion, sturgeon culture requires conservation of environmental resources, investment, technical skills and patience.

Keyword: sturgeon, production, culture, caviar.

INTRODUÇÃO

O esturjão é uma das espécies de peixes mais valiosas do mundo devido à sua carne de sabor agradável, famoso caviar preto e pela cola de peixe (ictiocola), uma espécie de gelatina utilizada para diversos fins industriais derivado da bexiga natatória do esturjão (BOZKURT; CHEBANOV, 2023).

A produção mundial de esturjão está em constante crescimento, embora os Acipenseridae tenham sido introduzidos na aquicultura há relativamente pouco tempo (BRONZI et al., 2019).

Deák et al. (2024) relataram que as espécies de esturjão habitam os mares e rios do mundo há mais de 200 milhões de anos e possuem um forte interesse no setor econômico, uma vez que a sua carne e ovócitos (caviar) são bens altamente valiosos; os esturjões são membros da ordem Acipenseriformes e compreende vinte e sete espécies (LIU; NAGANUMA, 2024) e duas famílias, Acipenseridae (FRICKE et al., 2023) e Polyodontidae (GARDINER, 1984), todas encontradas no hemisfério norte (AgMRC, 2022) pertencentes à família Acipenseridae; a família do esturjão tem 4 gêneros, nomeadamente *Acipenser*, *Huso*, *Pseudoscaphirhynchus* e *Scaphirhynchus* (KOVALCHUK; HILTON, 2017; FAHIM et al., 2018); as espécies desta família estão distribuídas principalmente na Eurásia e na América do Norte e 14 delas são comercialmente importantes (FAHIM et al., 2018) e o caviar mais popular e valorizado foi produzido a partir do esturjão pescado no Mar Cáspio (TAVAKOLI et al., 2021). Deák et al. (2024) relataram que a bacia do Cáspio foi responsável por até 90 % do esturjão capturado, mas como muitas pescarias entraram em colapso, muitas espécies ou populações individuais estão agora ameaçadas. Dois desses exemplos são os gêneros *Huso* e *Acipenser*, com um total de 17 espécies (BIRSTEIN; BEMIS, 1997), das quais as mais conhecidas são *Acipenser ruthenus*, *A. stellatus*, *A. gueldenstaedtii*, *A. oxyrhynchus*, *Huso huso*, *A. persicus*, *A. sturio* e *A. naccarii* (DEÁK et al., 2024).

Duman (2020) relatou que os esturjões sobreviveram durante o processo de extinção dos dinossauros e, o consumo de caviar como alimento de luxo da moda iniciou nos séculos XVII e XVIII (DE

MEULENAER; RAYMAKERS, 1996). Os primeiros ensaios no cultivo de esturjão foram realizados quase simultaneamente em meados do século XIX na Rússia, Alemanha e América do Norte para produzir juvenis como material de estoque (BOZKURT; CHEBANOV, 2023) e a produção comercial de um híbrido entre *H. huso* e *A. ruthenus*, o “bester” (COPPENS, 2007), começou na década de 1960 na Rússia. Atualmente, a aquicultura do esturjão tem-se desenvolvido em três direções (BOZKURT; CHEBANOV, 2023): (a) para conservar e melhorar as populações naturais através da propagação controlada; (b) gerar reprodutores de esturjão cultivados para reprodução artificial e aquicultura comercial (incluindo produção de carne e caviar) e (c) promover a aquicultura recreativa como para peixes de aquário e em lagoas de jardim (WILLIOT et al., 2001; TYAPUGIN et al., 2013).

Bronzi et al. (2011) relataram que o objetivo geral dos produtores de esturjão é obter caviar de boa qualidade derivado de esturjão (AK et al., 2019); caviar é uma iguaria composta por ovas curadas com sal da família Acipenseridae. Tavakoli et al. (2021) relataram que o termo “caviar” se originou da expressão persa de “Mahi Khaviari”, que significa “peixe gerador de ovos” (BRONZI et al., 2011).

A produção (cultivo) de esturjão no mundo está aumentando (FAO, 2020; ZHANG et al., 2021). Até o ano de 2020, a produção global total de esturjão alcançou 123.476 toneladas, a China contribuiu com 84 % da produção (104.280 toneladas); a Rússia foi responsável por 4 % do mercado global da produção de esturjão (4.836 toneladas), seguida pela Armênia com 3 % (4.200 toneladas); em 2020, a produção de esturjão foi seguida pelos países da UE (3.081 toneladas), Irã (2.640 toneladas), Vietnã (2.410 toneladas), EUA (1.166 toneladas) e outros (863 toneladas) depois da Armênia (EUMOFA, 2023).

Deák et al. (2024) relataram que as diminuições nas populações de esturjão devem-se principalmente a barragens, poluição, pesca excessiva (WILLIOT, 1997; BIRSTEIN et al., 1997) e as infestações parasitárias de esturjão estão sendo pesquisadas (KAYIŞ et al., 2021).

Na aquicultura, cerca de 20 espécies (incluindo hí-

bridos) são cultivadas para obter caviar, que atualmente substituiu completamente o caviar originário da pesca (BARANGE, 2018). Das 20 espécies cultivadas, sete linhagens de esturjão (cinco espécies e dois híbridos) respondem por 90 % da produção, enquanto duas espécies respondem por metade da produção de caviar; as espécies são *A. baerii* (31 %) e *A. gueldenstaedtii* (20,4 %) (BRONZI et al., 2019). No entanto Tunçelli e Yamaner (2024) relataram que sabe-se que as espécies mais comumente produzidas pela aquicultura são os esturjão siberianos (*A. baerii*), esturjão russo (*A. gueldenstaedtii*) e esturjão branco (*A. transmontanus*), seguido pelo esturjão beluga (*Huso huso*), sterlet (*A. ruthenus*), esturjão persa (*A. persicus*) e esturjão stellate (*A. stellatus*) (LOPEZ et al., 2020), podemos ainda destacar, pela sua importância para a aquicultura *A. sturio*; Santos (2014) relatou também que existem algumas espécies híbridas, das quais podemos destacar o bester (*H. huso* × *A. ruthenus*) (COPPENS, 2007) obtidos artificialmente são amplamente utilizados na aquicultura na União Soviética (1922 – 1991) (KRYLOVA, 1988), Alemanha (STEFFENS et al., 1983) e Japão (KIJIMA; MARYAMA, 1985).

Ak et al. (2019) relataram que embora 12 espécies de esturjão sejam cultivadas para fins comerciais, as espécies de esturjão mais populares são o esturjão siberiano (cultivado em 22 países) e o esturjão do Danúbio (cultivado em 16 países) (BROZNI et al., 2011) e na última década, cinquenta e três países estão amplamente interessados no cultivo do esturjão em todo o mundo (FAO, 2019). Deák et al. (2024) relataram que o Danúbio é um habitat bem conhecido para populações de esturjão, embora nos últimos anos apenas tenham sido encontradas quatro espécies (RAISCHI et al., 2020).

Entre as espécies de esturjão, o esturjão siberiano (*A. baerii*) tem sido a espécie reproduzida com maior sucesso em pisciculturas (CHEBANOV; BILLARD, 2001; BRONZI et al., 2011; MIMS et al., 2002; NATANAILIDES et al., 2002), é uma das espécies de esturjão mais populares cultivadas para produção de carne e caviar (BRONZI; ROSENTHAL, 2014; WILLIOT et al., 2018) e trinta e cinco países estão envolvidos na aquicultura de esturjão para consumo

humano como carne e caviar (AK et al., 2019). O cultivo de esturjão siberiano para obter lucro tornou-se comum na década de 1970, além disso, os números atuais são muito mais elevados; em 2017, uma pesquisa registrou 2.329 fazendas comerciais de esturjão em 46 países (BLUE PLANET, 2020). No entanto um dos marcos mais importantes na aquicultura deste peixe foi a criação do híbrido bester que rapidamente se difundiu para França, E.U.A., Itália, Alemanha e Japão (SANTOS, 2014).

Tunçelli e Yamaner (2024) relataram que o caviar mais famoso e valioso foi obtido de beluga (*H. huso*), osetra (*A. gueldenstaedtii*) e sevruga (*A. stellatus* e *A. persicus*) (LOPEZ et al., 2020); além disso, quase todos os caviars atualmente disponíveis no mercado são coletados de esturjão de cultivo (EUMOFA, 2023).

Entretanto os resultados demonstram que o cultivo de esturjão tem desenvolvido durante os últimos anos. O cultivo de esturjão pode ser uma significativa indústria e o potencial do cultivo de esturjão pode assegurar alimento, gerar empregos e moeda estrangeira.

Existem muitas áreas no cultivo do esturjão que podem ser melhoradas, tais como; reprodução controlada, produção em larga escala de esturjão cultivado; produção e exportação de caviar de esturjão cultivado e entre outros.

Desenvolvimento

Ciclo de vida

Santos (2014) relatou que as espécies de esturjão (Figura 1) da ordem Acipenseriformes encontram-se distribuídas principalmente em regiões frias e temperadas do hemisfério Norte (FAO, 2013).

FIGURA 1. Esturjão



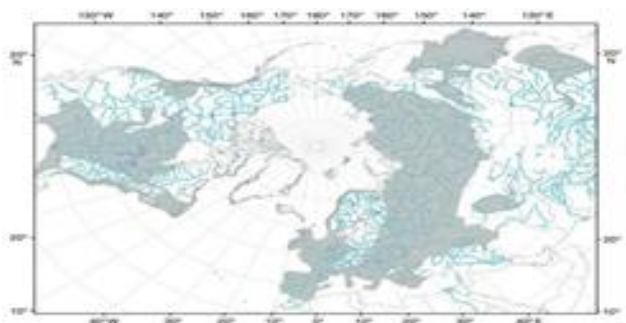
Fonte: Kindai University.

Deák et al. (2024) relataram que as espécies habitam águas interiores, baías, estuários e regiões

costeiras de mares e oceanos; embora a maioria das espécies de esturção migre e desove em água doce, eles também passam uma parte significativa do seu ciclo de vida em água salobra, tendo um ciclo de vida longo (BEMIS; KYNARD, 1997; SCHMUTZ; MOOG, 2018).

Especificamente os esturções estão especialmente distribuídos por todo o hemisfério norte, onde vivem em lagos, grandes rios, águas costeiras e mares interiores na Rússia, Turquia, Azerbaijão, Irã, Cazaquistão, Turquemenistão, Ucrânia, Romênia, Bulgária, China, e países da Europa Ocidental, bem como da América do Norte (Figura 2) (HAXTON; CANO, 2016); os esturções, atingindo a maturidade sexual, migram para os rios maiores do hemisfério norte como Volga, Kuban, Don, Ural, Danúbio, Terek, Kura, Sefidroud, Tajan, Gorgan, Atrak, Kızılırmak e Yeşilirmak (OVISSIPOUR; RASCO, 2012); além disso, a maior parte dos estoques naturais de esturção habitam as bacias do mar de Azov, do mar Negro e do mar Cáspio onde 90 % do suprimento mundial de caviar e carne vem dessas áreas (BOZKURT; CHEBANOV, 2023).

FIGURA 2. Distribuição global das 27 espécies de Acipenseriformes (representadas em cinza)



Fonte: Haxton; Cano (2016) citado por Bozkurt; Chebanov (2023).

O ciclo de vida das diversas espécies de esturção varia um pouco entre si, mas em geral os Acipenseriformes apresentam uma vida longa com crescimento e taxa de maturação lenta (SANTOS, 2014).

Existem quatro etapas principais da vida de um esturção. O primeiro estágio do esturção é o ovo (Figura 3a), o segundo estágio corresponde as larvas (Figura 3c), o terceiro estágio do ciclo de vida é chamado de juvenil (Figura 3d) e o quarto estágio adulto (Figura 3e).

FIGURA 3. Aspectos do ciclo de vida do esturção: (a) desova; (b) fertilização; (c) larvas; (d) juvenil e (e) adultos.



(a) (b) (c) (d) (e)

Fonte: Blue Marine Foundation (2022).

O esturção, um dos peixes mais antigos do mundo, é de grande importância biológica e econômica (ZHANG et al., 2021), com a desova e os estágios iniciais da vida ocorrendo nos rios, seguidos pelo crescimento em habitats costeiros de água doce ou marinhos, e depois pela migração rio acima para desovar ao atingir a maturidade (AgMRC, 2022). Santos (2014) relatou que os esturções tendem a desovar em habitat com substratos duros, em profundidades variadas e com água corrente e são sensíveis às degradações do ambiente (BIRSTEIN et al., 1997). No entanto a maioria dos esturções são anádromos (BOZKURT; CHEBANOV, 2023) ou semi-anádromo; isto é, eles vivem em águas oceânicas ou salobras, respectivamente, e depois migram para rios de água doce para desova; alguns em lago (MIMS et al., 2002). Existem também espécies e formas potamódromas que passam todo o seu ciclo de vida em água doce (FRIEDRICH, 2018).

A maioria das espécies de esturção retorna dos sistemas marinhos para os rios, onde nasceram quando sexualmente maduro (BOZKURT; CHEBANOV, 2023). Algumas espécies passam toda a vida em águas doces, enquanto outras migram na água salobra ou do mar após certo tamanho (BILLARD; LECOINTRE, 2001).

O esturção siberiano é uma espécie de água doce, mas migra longas distâncias nos rios onde é encontrado; a espécie *A. baerii* possui três subespécies: *A. baerii baerii* na bacia do Ob, *A. baerii stenorrhynchus* do lenissei até ao Kolyma e, por último, *A. baerii baicalensis* no Lago Baikal (FAO, 2024).

Como a população de *A. baerii* do rio Lena completa o seu ciclo de vida em água doce e atinge a maturidade sexual em períodos relativamente curtos,

esta é a espécie mais frequentemente utilizada para cultivo em cativeiro (MATALLANAS, 2010).

Memiş et al. (2024) relataram que as áreas de desova nos rios são muitas vezes comprometidas pelo bloqueio das rotas de migração causado por vários obstáculos e as lagoas, proporcionando condições favoráveis para o crescimento dos peixes.

Os esturjões exibem um ciclo de vida muito longo e a primeira desova não ocorre até atingirem cerca de 7 a 12 anos de idade e em cativeiro, os machos podem atingir a maturidade em 3 a 4 anos (esturjão russo, siberiano, stellate) e 8 a 15 anos (beluga, kaluga) (BOZKURT; CHEBANOV, 2023). Além disso, em cativeiro, os machos podem reproduzir-se todos os anos e as fêmeas a cada 1 a 3 anos (AKIMOVA, 1985) ou na natureza e nas operações aquícolas, as fêmeas podem desovar a cada 2 a 4 anos (AgMRC, 2022) e não ovulam todos os anos (com algumas exceções) (EUMOFA, 2023). Em uma coorte, entre 35 a 63 % do estoque ovula anualmente (FAO, 2024).

As fêmeas podem começar a produzir ovócitos a partir dos 7 anos de idade, mas geralmente começam a produzir um número significativo de ovócitos por volta dos 12 a 15 anos de idade (BLUE PLANET, 2020).

Uma fêmea de esturjão pode liberar de 100.000 a 3 milhões de ovócitos e podem atingir tamanhos muito grandes (até 6 a 7 m de comprimento) (BOZKURT; CHEBANOV, 2023). Os oócitos (ovócitos) maduros de esturjão são marrom-escuros e pretos e têm com sua medida mais longa de 3,0 a 3,8 mm de diâmetro (FAO, 2024).

O embrião desenvolve-se no ovo (FAO, 2009). Os ovos fertilizados eclodem as larvas. Quando as larvas eclodem do ovo, elas ainda possuem o saco vitelino anexado a eles. Li et al. (2025) relataram que este saco vitelino os ajuda a sobreviver, fornecendo inicialmente a nutrição de que necessitam enquanto estão crescendo. De acordo com os mesmos autores os indivíduos nesta fase não são capazes de capturar ou comer outros alimentos. Mims et al. (2002) relataram que para sobreviver, as larvas com saco vitelino permanecem no fundo ou margens do

rio, sob pedras ou vegetação para se esconder de predadores. De acordo com os mesmos autores quando o saco vitelino desaparece completamente, o esturjão entra na próxima fase como uma pós-larva; sem o saco vitelino preso a eles, eles são capazes de se mover melhor e forragear ou procurar alimento; nesta fase eles se tornam muito mais independentes e são capazes de capturar por conta própria; as pós-larvas alimentam-se inicialmente de zooplâncton e, mais tarde, vermes, crustáceos e moluscos maiores. CITES Animals Committee (2000) relatou que *A. baerii* alimenta-se predominantemente de organismos bentônicos, incluindo larvas de quironomídeos e anfípodes fluviais, isópodes e poliquetas (SOKOLOV; VASIL'EV, 1989), vermes (BLUE PLANET, 2020), larvas de insetos, pequenos peixes, ocasionalmente de cadáveres de outros peixes (SANTOS, 2014), crustáceos, moluscos, insetos aquáticos e outros invertebrados bentônicos (AgMRC, 2022).

A medida que os peixes crescem, eles entram no próximo estágio chamados alevino. Os peixes nesta fase são geralmente do tamanho de um dedo humano; à medida que os peixes crescem, eles entram no estágio de juvenil ou subadulto; o esturjão do Atlântico atinge a última fase do seu ciclo de vida quando se tornam adultos; como adultos, eles são maduros e capazes de reproduzir (FAO 2009; CHEBANOV; GALICH, 2011).

CITES Animals Committee (2000) relatou que *A. baerii* pode atingir comprimento máximo de 2 m e peso de 210 kg; no entanto, geralmente não excede 65 kg de peso, com idade máxima de aproximadamente 60 anos (SOKOLOV; VASIL'EV, 1989). Durante o primeiro ano de crescimento, atingem 18 a 20 cm de comprimento (ALPBAZ, 2009). Algumas espécies podem viver até 100 anos (AgMRC, 2022), como o *H. huso* (FAO, 2013).

O esturjão pode viver até aproximadamente 100 anos. Observou-se que as fêmeas e machos amadurecem com vários anos de idade. Relata-se que as fêmeas podem não desovar todos os anos. Avaliações biológicas, ecológicas e demográficas devem ser aprofundadas, portanto, um esforço acelerado de pesquisa é fundamental para conservar esta espécie; em particular, informações básicas sobre

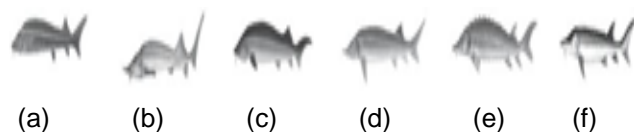
migração, ecologia alimentar e história de vida e a produtividade da reprodução natural.

Aspecto do cultivo do ovo ao tamanho comercial

Para cultivar uma determinada espécie de peixe devemos realizar um estudo sobre a comercialização e a viabilidade econômica (demanda, preços e sazonalidade de produção). Além disso, devemos obter informações a respeito da espécie tal como os hábitos alimentares, desova, crescimento e adaptabilidade às condições do cativeiro.

A Figura 4 demonstra espécies de esturjão bem conhecidas.

FIGURA 4. Espécies de esturjão bem conhecidas: (a) russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*); (b) siberian sturgeon (*Acipenser baerii*); (c) beluga (*Huso huso*); (d) sterlet (*Acipenser ruthenus*); (e) european sturgeon (*Acipenser sturio*) e (f) white sturgeon (*Acipenser transmontanus*)



Fonte: Alltech Coppens (2022).

Hung (2017) relatou que a maturidade sexual do esturjão é tardia (3 a mais de 20 anos) com longo período entre as desovas (2 para mais do que 5 anos) na natureza (BIRSTEIN, 1993; BILLARD; LECOINTRE, 2001). Além disso, o seu grande tamanho (3 a mais de 2.000 kg) e a longevidade (3 a mais de 100 anos) tornam-nos muito suscetíveis à pesca excessiva, à degradação de habitats e áreas de desova e à contaminação da água e dos sedimentos por poluentes (BILLARD; LECOINTRE, 2001). Muitas espécies de esturjão estão atualmente a ser cultivadas (ERCAN, 2011) para serem libertadas na natureza para aumentar as populações naturais ou são produzidas pela aquicultura para consumo alimentar humano para aliviar a pressão da pesca sobre as suas unidades populacionais selvagens (BILLARD; LECOINTRE, 2001, BRONZI et al., 2011).

Porém o esturjão siberiano é uma das espécies principais cultivadas até o momento, esta espécie representa um item importante no comércio interna-

cional de organismos cultivados no hemisfério norte. Por sua vez o esturjão é especializado na produção comercial de caviar.

Reprodutores, larvas e alevinos

O período para um indivíduo alcançar a maturidade sexual pode ser significativamente variável dependendo das diferentes regiões e países (CHEBANOV; GALICH, 2011; WILLIOT; CHEBANOV, 2018). Pode atingir a maturidade sexual entre 9 e 15 anos nos machos (KOTTELAT; FREYHOF, 2007) e 12 a 20 anos para as fêmeas, dependendo da sua origem (FAO, 2024). A 1ª maturação (anos) das fêmeas na aquicultura ocorre com 5 a 6 anos (SANTOS, 2014). A puberdade ocorre tardiamente, pois o crescimento é lento nessas condições de frio. CITES Animals Committee (2000) relatou que o tamanho mínimo registrado para desova é de 0,6 a 0,9 m de comprimento e 0,7 kg de peso (HOCHLEITHNER; GESSNER, 1999). Santos (2014) relatou que após atingir a puberdade são necessários alguns estímulos ambientais para iniciar a maturação das gônadas (FAO, 2013). Mims et al. (2002) relataram que a desova geralmente ocorre na primavera, quando a temperatura da água é de 10 a 20 °C e o crescimento ideal ocorre de 20 a 26 °C; as temperaturas da água acima de 28 °C retardam ou interrompem a alimentação e o crescimento.

Distinguir entre machos e fêmeas é extremamente difícil, por isso os exames de ultrassom são realizados quando os peixes têm aproximadamente 3 anos de idade para determinar seu sexo; eles são então separados, com os machos sendo vendidos para obter carne e as fêmeas para caviar (BLUE PLANET, 2020).

Alltech Coppens (2022) relatou que as vantagens do esturjão cultivado em cativeiro são que eles se adaptam mais facilmente ao ambiente do tanque ou raceway; antes da indução da desova, os peixes devem passar por variações sazonais de temperatura e luz do dia para desencadear a atividade gonadal. De acordo com o mesmo autor a maturação das gônadas requer um a dois meses a uma temperatura da água abaixo de 10 °C; a preparação da maturação final é mediada por um aumento da temperatura da água acima de 14 °C, com

longo período de espera até à maturação das fêmeas (COPPENS, 2007).

A Figura 5 demonstra os reprodutores de esturjão.

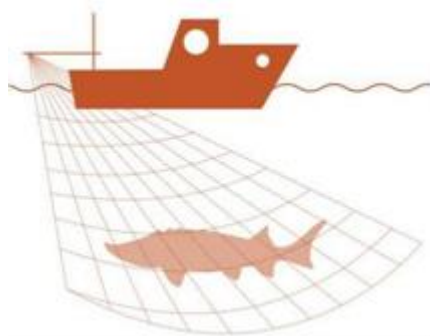
FIGURA 5. Reprodutores de esturjão



Fonte: Alltech Coppens (2022).

Alltech Coppens (2022) relatou que o uso de reprodutores capturado na natureza (Figura 6) ainda é uma prática comum na reprodução do esturjão; a maioria dos reprodutores é capturada durante a migração ou no local de desova; a captura de reprodutores selvagens é muitas vezes restringida pelas regulamentações das agências de pesca.

FIGURA 6. Captura de reprodutores na natureza



Fonte: Alltech Coppens (2022).

De acordo com o mesmo autor a sexagem pode ocorrer dos 2 aos 8 anos, dependendo da espécie, o esturjão pode ser identificado como macho ou fêmea por ultrassom (Figura 7); a partir daí as fêmeas podem ser marcadas individualmente com um minúsculo microchip; isto funciona como um identificador para o oócito (ovócitos) em desenvolvimento ser monitorado para produzir a mais alta qualidade de caviar.

FIGURA 7. Ultrassom



Fonte: Alltech Coppens (2022).

Laboratório

Ao projetar um laboratório (Figura 8), é essencial considerar o uso de reprodutores de cativeiro, incluindo a necessidade de controlar seus ciclos reprodutivos para prolongar o período de desova e liberação dos alevinos em águas naturais; o projeto de um laboratório de esturjão inclui (CHEBANOV; GALICH, 2013):

- Coleta de reprodutores;
- Transporte e descarga de reprodutores;
- Exploração pré-desova de reprodutores, incluindo exploração de longo prazo:
- Estimulação hormonal dos reprodutores e produção de gametas;
- Fertilização e desadesão dos ovócitos (destacamento);
- Incubação de ovos;
- Retenção de pré-larvas e crescimento de larvas em tanques;
- Cultivo de alevinos nos viveiros de engorda;
- Descarga da água do lago, contagem dos alevinos e sua liberação para o ambiente natural;
- Cultivo de alimentos vivos (*Daphnia*, *Artemia*, *Oligochaeta*).

Um sistema de recirculação é ideal para incubação de ovos e cultivo de larvas de esturjão; com dois ou mais aquários de 250 a 500 litros, um filtro de sedimentação, um biofiltro ou um material de filtro de estrutura aberta de alta superfície, de preferência uma instalação UV e aerador, água limpa e fresca; um aerador; uma bomba e um aquecedor; a água é reciclado pelo menos 1,5 vezes por hora; diariamente, 10 a 20 % do total de água volume é trocado (ALLTECH COPPENS, 2022).

FIGURA 8. Laboratório.



Fonte: Alltech Coppens (2022).

Uma diretriz do requerimento para a qualidade da água do esturjão no laboratório é descrita na tabela a seguir (Tabela 1).

TABELA 1. Parâmetros recomendados de qualidade da água para o laboratório de esturjão

Parâmetros	Valor recomendado
Amônia (NH3)	< 0,0125 mg/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	< 10 mg/L
Oxigênio Dissolvido	≥90%
pH	6,5 – 8,0
Nitrito (NO2 ⁻)	< 0,1 mg/L
Nitrato (NO3 ⁻)	< 50 mg/L
Dióxido de Carbono (CO2)	< 20 mg/L
Temperatura	16–21°C

Fonte: Alltech Coppens (2022).

Ak et al. (2019) relataram que os esturjões são geralmente cultivados em sistemas de recirculação na aquicultura (RAS) ou em viveiros terrestres em alguns países como mono ou policultivo (PYKA; KOLMAN, 2003) e o cultivo de esturjão pode ocorrer em mono e policultivo com espécies de carpas e bagres (PATRICHE et al., 2002; CHEBANOV; BILLARD, 2001).

Chebanov e Billard (2001) relataram que ambas as espécies como a sterlet (pequenas espécies de esturjão) e *A. baerii* foram reproduzidas com sucesso (SMOLJANOV, 1979) e a tecnologia para

cultivar *A. baerii* foi totalmente estabelecida na década de 1970 na URSS e posteriormente exportada para outros países (por exemplo, França, EUA, Itália, Japão, Alemanha e Polônia) (CHEBANOV; BILLARD, 2001). Além de utilizar híbridos (NIKOLJUKIN, 1964; BURTZEV, 1983).

A Figura 9 demonstra as instalações para o cultivo de esturjão.

FIGURA 9. Instalações para o cultivo de esturjão



Fonte: WSJ (2023).

A Tabela 2 demonstra as condições da água do cultivo com os parâmetros do ambiente aquático para a reprodução de esturjão.

TABELA 2. Parâmetros do ambiente aquático para a reprodução de esturjão

Parâmetros ambientais da água	Valores
Temperatura da água	16,0 ± 0,5 °C
Oxigênio dissolvido	8,0±0,6 mg/L
pH	7,6±0,2
Nitrogênio amoniacal	≤ 0,01 mg/L
Nitrito	≤ 0,05 mg/L

Fonte: Yang et al. (2024).

Balashov et al. (2025) relataram que a reprodução artificial de esturjões se baseia na estimulação hormonal de machos e fêmeas para obtenção de gametas, seguida da inseminação de ovócitos e incubação de embriões; os métodos para determinar o sexo e a maturidade incluem ultrassonografia, endoscopia, análise de esteroides sexuais e biópsia folicular (WEBB et al., 2019; WILLIOT; CHEBANOV, 2018).

O esturjão siberiano *A. baerii* (Figura 10) pode atingir a maturidade na natureza com 19 a 20 anos; maturidade em cativeiro com 6 a 8 anos e a frequência de desova de 3 a 5 anos (EUMOFA, 2023).

FIGURA 10. Esturjão *Acipenser baerii*

Fonte: FAO (2009).

Os reprodutores prontos para a desova são colocados em tanques de desova onde a espermição e a ovulação é estimulada pelo uso de hormônios (EUMOFA, 2023). Williot et al. (2005) relataram que na reprodução, vários tipos de hormônio podem ser utilizados. FAO (2024) relatou que, incluindo extratos de esturjão ou hipófise de carpa, ou análogos do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRHa); o principal problema é conseguir determinar o momento certo para administrar a injeção hormonal, ou seja, escolher os animais no estado fisiológico mais adequado.

Pode ser administrada uma injeção inicial (10 % da dose total) seguida 12 horas depois por uma injeção de resolução (90 % da dose total) (MIMS et al., 2002). Eumofa (2023) relatou que quando o procedimento for bem-sucedido, as fêmeas ovularão dentro de 18 a 30 horas e os machos realizarão a espermição dentro de 18 a 24 horas quando a temperatura da água variar de 13 a 17 °C (MIMS et al., 2002) e os ovócitos e os espermatozoides são então coletados e misturados para fertilização.

Os tanques de desova para peixes reprodutores são geralmente retangulares; por exemplo, um tanque de 2 m de comprimento, 0,6 m de largura e 0,6 m de profundidade seria adequado para esturjões de 23 a 45 kg; uma taxa de troca de água de cinco ou mais vezes o volume do tanque por hora e água saturada com oxigênio (100 %; cerca de 10 ppm em 10 mg/L a 17 °C) (MIMS et al., 2002).

FAO (2024) relatou que os ovócitos são coletados por meio de massagens abdominais repetidas em intervalos de 2 horas ou (melhor ainda) por meio de uma pequena laparotomia (Figura 11a); vários pontos são inseridos para fechar a abertura (Figura 11d); durante a operação, o animal recebe um jato de água pela boca; as coletas (Figura 11b) variam entre 8 e 14 por cento do peso vivo da fêmea; os ovócitos são frequentemente de formato ovóide (Figura 11c).

FIGURA 11. Coleta dos ovócitos

(a) (b) (c) (d) (e)

Fonte: This is Aquaculture (2022).

Os machos produzem espermatozoide (Figura 12f), que são coletados através de um pequeno tubo flexível (Figura 12a e 12b) introduzido no orifício genital. Os ovócitos devem ser fertilizados usando o “método úmido” (Figura 12g). O esperma é adicionado à água (1 parte de espermatozoide para 100 partes de água) (Figura 12f) e então imediatamente derramado sobre os ovócitos (10 ml de espermatozoide não diluído por litro de água adicionada a um litro de ovócitos) (Figura 12g); existem aproximadamente 40.000 ovos por litro; os ovos fertilizados tornam-se pegajosos após alguns minutos (MIMS et al., 2002).

FIGURA 12. Fertilização artificial dos ovócitos: (a) e (b) coleta de espermatozoide; (c) e (d) análise do espermatozoide; (e) conservação do espermatozoide; (f) diluição do espermatozoide em água; (g) e (h) mistura do espermatozoide com os óvulos

(a) (b) (c) (d)



(e) (f) (g) (h)

Fonte: This is Aquaculture (2022).

A adesividade deve ser removida (Figura 13) (AgMRC, 2022) se a incubação for feita em recipientes de fluxo contínuo; a maneira mais comum de fazer isso é cobrir os ovos com argila ou terra de Fuller (Figura 13b); um minuto após a fertilização, a suspensão de argila é despejada sobre os ovos fertilizados na proporção de 2 a 4 volumes de argila para 1 volume de ovos; a mistura pode ser mexida delicadamente à mão para que os

ovos aglomerados sejam separados (MIMS et al., 2002).

FIGURA 13. Remoção da adesividade dos ovos: (a) coleta da água do incubador; (b) introdução de substância antiadesiva; (c) mistura com os ovos fertilizados; (d) e (e) retirada do líquido



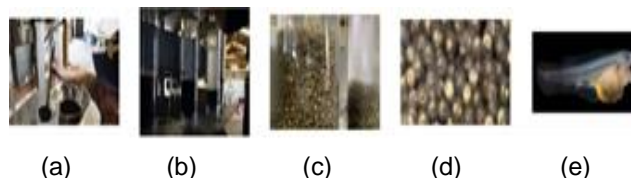
Fonte: This is Aquaculture (2022).

A suspensão de argila deve ser trocada a cada 10 minutos para manter a temperatura da água e os níveis de oxigênio; o tempo e o trabalho necessários para a remoção da adesividade dependem da temperatura da água; em temperaturas mais baixas (por exemplo, 13 °C), o processo pode levar até uma hora; em água mais quente (17 °C), pode demorar cerca de 30 minutos; quando os ovos não estiverem “pegajosos”, a tigela é lavada com água doce até que a água saia limpa (MIMS et al., 2002), tratando os ovos para remover sua adesividade natural e incubando os ovos fertilizados usando potes de incubação (AgMRC, 2022). Breder e Rosen (1966) relataram que a incubação pode levar aproximadamente 16 dias (a 10 a 15 °C). De acordo com os mesmos autores, o tamanho do ovo 3,0 a 3,6 mm, e o comprimento da larva ao eclodir é de 10 a 12 mm.

Memiş et al. (2009) descreveram a incubação artificial e o cultivo de larvas de esturjão russo (TUNÇELLİ; YAMANER, 2024). A quantidade dos ovos é medida volumetricamente (aproximadamente 50 ovos/ml) e colocados em potes McDonald (Figura 14b) (10 litros) com cerca de 50.000 ovos por pote; o fluxo de água é ajustado para girar suavemente os ovos, o que garante a oxigenação e reduz o desenvolvimento de fungos; ovos mortos e aglomerados de ovos devem ser removidos por sifonagem; a temperatura ideal da água para incubar ovos de esturjão branco é de 14 a 17 °C e as larvas (Figura 14e) eclodem em 5 dias a uma temperatura da água de 20 °C, 10 dias a uma temperatura de 10 °C; as larvas recém-nascidas obtêm nutrição de seus sacos vitelinos por 5 a 15 dias, dependendo da

temperatura da água (MIMS et al., 2002) e a primeira alimentação ocorre entre 9 a 14 dias após eclosão (EUMOFA, 2023; FAO 2024).

FIGURA 14. Eclosão dos ovos de esturjão: (a) contagem dos ovos; (b) a (d) incubação dos ovos e (e) larva



Fonte: (a) a (d) This is Aquaculture (2022); (e) Alltech Coppens (2022).

No entanto como foram relatadas anteriormente as larvas de esturjão podem ser produzidas artificialmente nos países produtores de esturjão. Este método, foi introduzido há vários anos, e tem sido utilizado para diferentes espécies de esturjão.

Berçário

Williot et al. (2005) relataram que as larvas podem ser cultivadas em tanques circulares ($\Phi = 2$ m) em profundidades de 15 a 20 cm, na temperatura de 17 a 18 °C e podem iniciar a sua alimentação a partir de 9 a 11 dias após a eclosão. Após o término completo da fase de alimentação endógena; os indivíduos podem ser alimentadas com alimentos compostos imediatamente, mas alguns criadores preferem usar alimentos vivos (náuplios de artêmia) antes de realizar o desmame com rações iniciais comerciais (EUMOFA, 2023); os cochos (200 x 50 x 40 cm; comprimento, largura e profundidade, respectivamente) são adequados para o cultivo de larvas durante as primeiras 4 semanas; o peso médio a 17 a 18 °C é de cerca de 500 mg; a profundidade da água é de 15 a 20 cm; tanques circulares posteriores ($\Phi = 2$ m) podem ser usados para alevinos (FAO, 2024).

Tunçelli e Yamaner (2024) relataram que as larvas podem eclodir em sistema de agitação da água do cultivo a 14 a 15 °C e podem ser alimentadas com náuplio de *Artemia*, tubifex e dietas artificiais em diferentes estágios de desenvolvimento; ao final do processo de alimentação, os indivíduos podem atingir o comprimento de 12 cm e peso de 5,25 g; os indivíduos podem ser alimentados apenas com dietas comerciais para trutas cinco vezes ao dia du-

rante 33 a 75 dias; a taxa de sobrevivência do esturjão russo pode ser de 27 % ao final de 75 dias; durante os primeiros 7 dias de incubação, a taxa de mortalidade dos ovos fertilizados foi de aproximadamente 69 % do número total (AgMRC, 2022).

Mims et al. (2002) relataram que os alevinos são inicialmente estocados com 15 a 20/L; depois disso, os alevinos em desenvolvimento devem ser estocados por peso, não mais do que 3 a 5 g/L; os criadores de esturjão branco descobriram que é melhor começar a oferecer uma dieta preparada alguns dias antes de o vitelo ser completamente absorvida; dietas modificadas para salmão podem ser utilizadas para alimentar os alevinos durante as primeiras 3 a 4 semanas; a alimentação é oferecida a uma taxa de 25 % da biomassa total dos peixes a cada 24 horas, com intervalos de alimentação de 2 a 3 horas; alimentadores automáticos podem ser utilizados durante um período de 24 horas; esturjões jovens também podem ser alimentados com náuplios de artêmia por até 30 dias ou até crescerem cerca de 2,5 a 3,5 cm de comprimento, antes de serem desmamados em dietas iniciais comerciais.

AgMRC (2022) relatou que as dietas da fase inicial de crescimento normalmente contêm cerca de 50 % de proteína, diminuindo com o tempo para 30 % a 35 % de proteína; os peixes crescem até um tamanho de mais de 5 kg, momento em que o sexo pode ser determinado usando equipamento de ultrassom.

É essencial que a pesquisa continue maximizando a tecnologia enquanto reduz os custos da dieta, utilizando ingredientes locais na ração e realização do melhoramento técnico

Porém qualquer desenvolvimento industrial, desenvolvimento da aquicultura não pode crescer sem o suporte de uma boa infraestrutura e facilidades logísticas e preservação ambiental. Podemos observar que é necessário assumir tecnologias novas que sigam proposições modernas onde o manejo combine com a produção dentro das necessidades ou exigências de mercado.

FAO (2024) relatou que o esturjão siberiano pode ser cultivado através de uma grande variedade de sistemas: raceways, tanques circulares, grandes tanques em aquicultura intensiva, viveiros e tanques - rede ou gaiolas; este último sistema é comumente utilizado na Rússia e no Uruguai, e em sistema de recirculação (FAO, 2009), com 45 países produzindo esturjão em todo o mundo (BRONZI et al., 2019).

As estimativas de 2016 mostram que cerca de 36 % dos esturjões foram cultivados em sistemas de fluxo contínuo, 21 % sistema de recirculação em aquicultura 17 e 18 % em tanques-rede (BRONZI et al., 2019). Viveiros também são utilizados, mas representam apenas uma pequena porcentagem (7 %) (EUMOFA, 2023).

Chebanov e Billard (2001) relataram que os esturjões (principalmente bester) são produzidos em monocultivo, quer em pequenos viveiros (alguns hectares) em sistemas de alimentação intensivos (tamanho do mercado em 24 meses) ou em viveiros maiores (100 ha) num sistema de aquicultura sem alimentos adicionais (tamanho comercial em 30 a 36 meses); a densidade de cultivo é de 20 a 40 kg/m² em cultivo intensivo; os esturjões também são produzidos em policultivo em viveiros; um exemplo de produção num viveiro de carpas de 16 ha foi relatado no delta do Volga por Khoroshko et al. (1999).

Piotrowska et al. (2024) relataram que ao cultivar esturjão siberiano com peso corporal médio de 50 a 100 g, a densidade populacional não deve exceder 10 kg/m² (KOLMAN; KAPUSTA, 2018).

Koksal et al. (2000) relatam que o esturjão siberiano com peso corporal de 30 a 150 g deve ser cultivado em densidades de estocagem de 2,4 e 11,5 kg/m², respectivamente (PIOTROWSKA et al., 2024).

Mims et al. (2002) relataram que a engorda de esturjão geralmente pode ser realizado em tanques circulares (6 a 8,5 m de diâmetro x 1 a 1,5 m de profundidade); os peixes são cultivados por 3 a 4 anos para carne, 8 a 10 anos para carne e caviar; o sexo dos peixes não pode ser determinado por biópsia de tecido até pelo menos 3,5 anos de idade; o esturjão pode alcançar em 18 meses após o nasci-

Engorda

mento o tamanho comercial de 1 a 3 kg para o mercado de carne; cultivado em uma densidade populacional que pode exceder 60 a 70 kg/m³; espera-se que a taxa de sobrevivência seja de 50 a 80 % desde a fase de alevinos até ao tamanho comercializável.

Williot et al. (2005) relataram que o esturjão siberiano pode ser cultivado utilizando ração comercial (Figura 15), sendo que em viveiros pode utilizar uma densidade de 1,5 a 3 kg/m²; a densidade pode ser aumentada para 50 a 80 kg/m² com o provimento de oxigênio.

FIGURA 15. Alimentação do esturjão



Fonte: WSJ (2023).

A alimentação é de grande importância no cultivo de esturjão (LIU; NAGANUMA, 2024). Os esturjões são carnívoros com cerca de 40 % de demanda proteica em sua dieta (MOHSENI et al., 2013; MOLLA; AMIRKOLAIE, 2011) e a farinha de peixe é a principal fonte de proteína no cultivo comercial de esturjão (HARDY, 2010); devido à sua oferta limitada e com preços elevados, as fontes de proteína animal na aquicultura são constantemente substituídas por produtos vegetais mais sustentáveis (TACON et al., 2021) no entanto, os ingredientes vegetais nos alimentos estão sendo analisados (ZHANG et al., 2018; ZHANG et al., 2020; SALLAM et al., 2022). Os juvenis e os peixes reprodutores devem ter uma dieta com pelo menos 40 % de proteína; um bom crescimento foi observado com dietas para salmonídeos nas quais a farinha de peixe é a principal fonte de proteína; os esturjões são conversores eficientes de alimentos; taxas de conversão alimentar (FCR) de 1,0:1,4 são comuns para juvenis e 1,6:2,0 para adultos (MIMS et al., 2002).

O custo da alimentação poderá afetar o lucro da aquicultura. Da mesma forma, os benefícios da aquicultura do esturjão também dependem da qualidade dos esturjões e da composição da alimen-

tação que pode afetar seu crescimento e metabolismo (LIU; NAGANUMA, 2024).

A Tabela 3 demonstra o conteúdo de nutrientes da ração comercial.

TABELA 3. Conteúdo de nutrientes da ração comercial

Nutrientes	Conteúdo (%)
Proteína bruta	45,0
Fibra bruta	5,0
Cinza bruta	18,0
Lipídio bruto	8,0
Fósforo total	0,8
Lisina	2,3
Umidade	10,0

Fonte: Yang et al. (2024).

Mims et al. (2002) relataram que as salinidades ideais para os primeiros estágios da vida são inferiores a 1 ‰; os adultos podem ser cultivados e transportados em salinidades superiores a 3 ‰; a aclimação de juvenis e adultos a salinidades superiores a 20 ‰ deve ser feita gradualmente ao longo de 3 a 5 dias. De acordo com os mesmos autores as temperaturas ideais da água para o crescimento de muitas espécies de esturjão são de 20 a 26 °C com a concentração de oxigênio mantido a 5 mg/L. Generalizações podem ser feitas sobre os parâmetros de qualidade na Tabela 4.

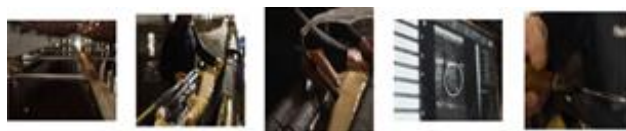
TABELA 4. Concentrações recomendadas de qualidade da água para cultivo de esturjão

Parâmetro	Concentrações recomendadas
Alcalinidade	50 a 400 mg/L como CaCO ₃
Amônia (não ionizada)	< 0,01 mg/L como N
Oxigênio dissolvido	> 5,0 mg/L
Dureza	50 a 400 mg/L como CaCO ₃
Ph	6,5 a 8,5
Nitrito	< 0,1 mg/L como N
Salinidade	0 a 0,5 ‰ para alevinos; 0 a 3 ‰ para juvenis e 3 ‰ para adultos
Temperatura	Varia com as espécies; 10 a 20 °C para desova e 20 a 26 °C para engorda

Fonte: adaptado de Mims et al. (2002).

As fêmeas são colocadas em maca e são utilizados ultrassom para observar os ovócitos (Figura 16c e 16d).

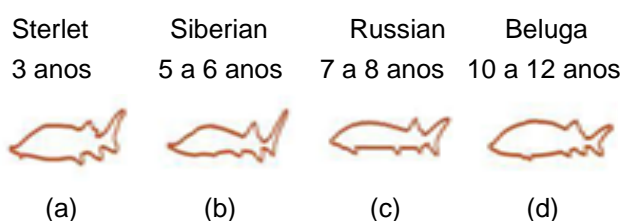
FIGURA 16. Análise dos ovócitos de esturjão: (a) tanques; (b) acomodação do esturjão em uma maca; (c) e (d) ultrassom e (e) ovócitos



Fonte: WSJ (2023).

O esturjão sterlet pode estar pronto para produzirem caviar após três anos, esturjão siberiano (Siberian) após cinco a seis anos e esturjão russo (Russian) após sete a oito anos; a beluga tem o ciclo mais longo e o maior caviar, levando cerca de 10 a 12 anos para poder coletar o caviar (Figura 17) (ALLTECH COPPENS, 2022).

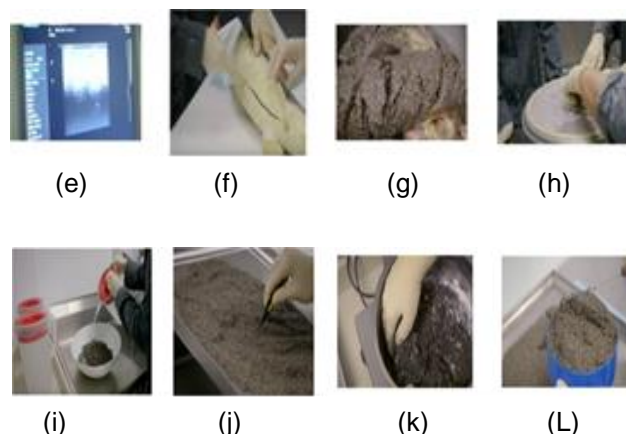
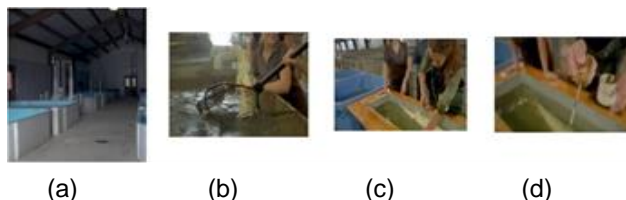
FIGURA 17. (a) Sterlet; (b) Siberian; (c) Russian e (d) Beluga



Fonte: Alltech Coppens (2022)

No que diz respeito ao caviar, as principais etapas de processamento são: seleção das fêmeas, manutenção em água corrente por um tempo, atordoamento, evisceração, remoção dos ovários, resfriamento, triagem, enxágue, pesagem, salga, drenagem, enlatamento, rotulagem e preservação (Figura 18); cada etapa é importante, sendo a primeira (seleção feminina) a principal (FAO, 2024).

FIGURA 18. Produção de ovócitos para caviar: (a) tanques; (b) captura; (c) a (e) análise dos ovócitos; (f) corte abdominal; (g) ovócitos; (h) passagem dos ovócitos através de uma grade; (i) lavagem dos ovócitos; (j) limpeza; (K) salga e (L) caviar

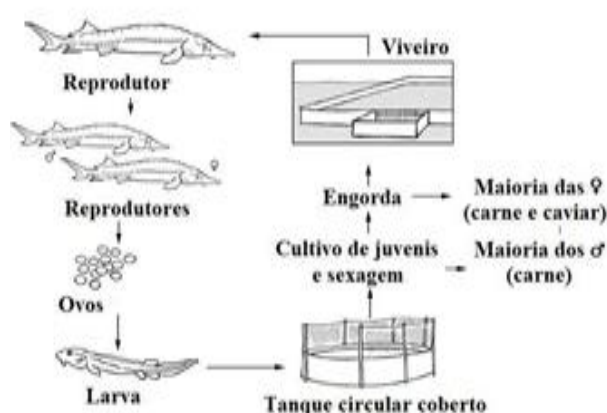


Fonte: Eater (2019).

O caviar é o principal produto comercializado, no entanto, outros produtos derivados do esturjão estão se tornando cada vez mais procurado (ALLTECH COPPENS, 2022): caviar; esturjão fresco, congelado e seco; sopa; peixe ornamental; isinglass (colágeno); marfim marinho, joias, couro e a bexiga natatória do esturjão é usada para a clarificação de vinho e cerveja e para cola.

Zhang et al. (2021) relataram que o esturjão apresenta alto valor econômico e nutricional devido ao grande aproveitamento de componentes do corpo, incluindo carne, pele, caviar e cartilagem (WEI et al., 2011). O esturjão pode ser processado em filés de peixe cru e fatias de peixe defumado (DOMÍNGUEZ et al., 2021; ISLAM et al., 2021) que podem ser encontrados no mercado atual. A Figura 19 mostra o ciclo de produção do esturjão.

FIGURA 19. Ciclo de produção do *Acipenser baerii*



Fonte: FAO (2009).

Hoje em dia, os reprodutores são selecionados a partir de fêmeas maduras e machos criados em cativeiro, enquanto anteriormente os reprodutores

eram obtidos de estoques de esturjão selvagem (EUMOFA, 2023).

O alto padrão de higiene no processamento da carne e ovas do esturjão é, portanto, essencial para a comercialização do produto. Por conseguinte, o padrão de qualidade deve ser estabelecido de acordo com a demanda do cliente, requerimentos legais, comparação com o padrão de outros alimentos. Todavia devemos verificar os tipos de produtos existentes no mercado e disponibilidade de novos nichos de mercado (fresco, congelado, filé, defumado, etc.) e de conformidade com controle de qualidade, embalagem e design, necessidade e exigências dos consumidores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caviar, feito de ovócitos salgados (ou ovas) de esturjão, é uma iguaria cara no Brasil. Com o esturjão selvagem muito ameaçado devido à pesca excessiva e à poluição, o caviar é sinônimo de extravagância – quanto menos esturjão houver para produzir ovas, mais difícil será obtê-lo.

A aquicultura poderia ser uma resposta possível para garantir o fornecimento constante de caviar, mas o cultivo de esturjão em muitos países não se expandiu muito porque exige um longo período de tempo e esforço; o peixe pode precisar ser criado durante pelo menos seis a sete anos antes de atingirem a maturidade sexual. Para agravar a situação está o fato de os esturjões machos e fêmeas permanecerem indistinguíveis durante dois a três anos após o nascimento, pelo que o pessoal de cultivo deve possuir competências especializadas e realizar uma monitorização em longo prazo. Os estoques podem sofrer perdas devido à superalimentação ou alterações ambientais, como oscilações na temperatura da água.

O caviar é um dos três alimentos mais luxuosos do mundo, juntamente com o foie gras e as trufas, e é normalmente conhecido como um produto importado da Rússia.

Agradecimentos

Agradeço imensamente ao Professor Yoshiaki Deguchi (Nihon University, Japan) “in memoriam” pelas importantes informações adquiridas sobre o

cultivo do esturjão.

REFERÊNCIAS

- AgMRC. **Sturgeon**. Iowa: Agricultural Marketing Resource Center (AgMRC). 2022, 7 p.
- AK, K.; KURTOĞLU, İ. Z.; SEREZLI, R.; KAYIŞ, S.; YANDI, İ. Introduce the Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) to Turkish aquaculture industry: Duoculture possibility with Rainbow Trout. **Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ege. v. 36, n. 3, p. 211 – 217, 2019.
- AKIMOVA, N. V. Gametogenez i polovaya tsiklichnost sibirskogo osetra v estestvennykh i eksperimentalnykh usloviyakh (Gametogenesis and reproductive cyclicity of the Siberian sturgeon in natural and experimental conditions). In: **Osobennosti Reproaktivnykh Tsiklov u Ryb v Vodoemakh Raznykh Shirot** (Characteristics of Reproductive Cycles of Fish in Water Bodies at Different Latitudes). Moscow: Nauka. p. 111-122, 1985.
- ALLTECH COPPENS. **Sturgeon**: What should we know? Helmond: Sturgeon species tool. 2022, 12 p.
- ALPBAZ, A. **Su ürünleri yetiştiriciliği**. Turkish: İzmir: Rotifler Su Ürünleri Publications; 2009, 1 p.
- BALASHOV, D.; VINOGRADOV, E.; KOVALEV, K. Prediction of reproductive performance in wintering females of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt) based on *in vitro* ovulation rate of isolated follicles. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 594, (1/4) 15 January 2025, 741402, 2025, 9 p.
- BARANGE, M. Fishery and Aquaculture Statistics. FAO yearbook Fishery and Aquaculture Statistics= FAO Annuaire Statistiques des Pêches et de l'Aquaculture= **FAO Anuario Estadísticas de Pesca y Acuicultura**. Rome: FAO. p. 1–82, 2018.
- BEMIS, W. E.; KYNARD, B. Sturgeon rivers: An introduction to acipenseriform biogeography and life history. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht. v. 48, n. 1-4. p. 167–183, 1997.
- BILLARD, R.; LECOINTRE, G. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London. v. 10, n. 4, p. 355–392, 2001.
- BIRSTEIN, V. J. Sturgeons and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation. **Conservation Biology**, Malden. v. 7, n. 4, p. 773-

- 786, 1993.
- BIRSTEIN, V. J.; BAUER, A.; KAISER-POHLMANN, A. **Sturgeon Stocks and Caviar Trade Workshop**. IUCN (International Union for Conservation of Nature) Species Survival Commission. Gland : IUCN, 1997, 88 p.
- BIRSTEIN, V. J.; BEMIS, W. E. How many species are there within the genus *Acipenser*? **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht. v. 48, n. 1-4. p. 157–163, 1997.
- BIRSTEIN, V. J.; BEMIS, W. E.; WALDMAN, J. R. The threatened status of acipenseriform species: A summary. *Sturgeon Biodivers. Conservation letters*, Malden. v. 48, (1-4), p. 427–435, 1997.
- BLUE PLANET. **Siberian Sturgeon – The Russian Gold Mine**. Cheshire: Blue Planet Aquarium. 2020, 2 p.
- BLUE MARINE FOUNDATION. **Sturgeon Lifecycle Animation**. 2022. 1 p. Disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=Xbo0hYr0o_w > Acesso em 3 de outubro de 2024.
- BOZKURT, Y.; CHEBANOV, M. Action before the Extinction of Endangered Sturgeon Species: With Emphasis on Stock Enhancement and Conservation (Chapter). In **Aquaculture Industry – Recent Advances and Applications**. London: Intechopen. 2023, 16 p.
- BREDER, C. M.; ROSEN, D. E. **Modes of reproduction in fishes**. New Jersey: T.F.H. Publications, Neptune City. 1966, 941 p.
- BRONZI, P.; ROSENTHAL, H.; GESSNER, J. Global sturgeon aquaculture production: an overview. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 27, n. 2, p. 169-175, 2011.
- BRONZI, P.; ROSENTHAL, H. Present and future sturgeon and caviar production and marketing: a global market overview. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 30, n. 6, p. 1536-1546, 2014.
- BRONZI, P.; CHEBANOV, M.; MICHAELS, J. T.; WEI, Q.; ROSENTHAL, H.; GESSNER, J. Sturgeon meat and caviar production: global update 2017. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 35, n.1, p. 257–266, 2019.
- BRONZI, P.; CHEBANOV, M.; MICHAELS, J. T.; WEI, Q.; ROSENTHAL, H.; GESSNER, J. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 35, n.1, p. 257–266, 2019.
- BRONZI, P.; CHEBANOV, M.; MICHAELS, J. T.; WEI, Q.; ROSENTHAL, H.; GESSNER, J. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 35, n.1, p. 257–266, 2019.
- BURTZEV, I. A. Hybridization and selection of sturgeons during full cycle breeding and domestication. In: KIRPICHNIKOV, V. S. (Ed.). **Biological Foundation of Fish Culture**. Nauka Press, Leningrad. p. 102–113, 1983.
- CHEBANOV, M.; BILLARD, R. The culture of sturgeons in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. **Aquatic living resources**, Les Ulis. v. 14, n. 6, p. 375–381, 2001.
- CHEBANOV, M. S.; GALICH, E. V. **Sturgeon hatchery manual**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. n. 558. Ankara: FAO. 2011, 303 p.
- CHEBANOV, M.; BILLARD, R. The culture of sturgeons in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. **Aquatic Living Resources**, Les Ulis. v. 14, n. 6. p. 375-381, 2001.
- CHEBANOV, M. S.; GALICH, E. V. **Sturgeon hatchery manual**. Ankara: FAO, 2011, p. 37-134.
- CITES Animals Committee. Siberian Sturgeon *Acipenser baerii*. Sixteenth Meeting of the CITES Animals Committee Shepherds town (United States of America) 11-15 December 2000. Implementation of Resolution Conf. 8.9 (Rev.). Shepherds: Cites. 2000, 8 p.
- COPPENS. **Manual on Sturgeon Reproduction**. Helmond: Coppens International bv. Netherland. 2007, 40 p.
- DE MEULENAER, T.; RAYMAKERS, C. **Sturgeons of the Caspian Sea and the international trade in caviar**. Cambridge, UK: TRAFFIC International. 1996, 71 p.
- DEÁK, G.; HOLBAN, E.; SADÎCA, I.; JAWDHARI, A. Sturgeon Parasites: A Review of Their Diversity and Distribution. **Diversity**, Basel. v. 16, n. 3:163, 2024, 20 p.
- DOMÍNGUEZ, R.; PATEIRO, M.; MUNEKATA, P. E. S.; ZHANG, W.; GARCIA-OLIVEIRA, P.; CARPENA, M.; PRIETO, M. A.; BOHRER, B.; LORENZO, J. M. Protein Oxidation in Muscle Foods:

- A Comprehensive Review. **Antioxidants**, Basel. v. 11, n. 1:60, 2021, 24 p.
- DUMAN, S. "Effect of concrete pond and net-cage culture systems on growth performance and haematological parameters of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)," **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, Ankara. v. 44, n. 3, Article 19. 20-20, p. 624-631, 2020.
- EATER. **How russian sturgeon caviar is farmed and processed** — how to make it. 2019, 1 p. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=AQWeO5wMeKQ> > Acesso em 3 de outubro de 2024.
- ERCAN, E. A glance on sturgeon farming potential of Turkey. **International Aquatic Research**, Heidelberg. v. 3, n. 2, p. 117-124, 2011.
- EUMOFA. **Sturgeon meat and other by-products of caviar**. Eumofa. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023, 27 p. Retrieved April 26, 2023, from <https://www.eumofa.eu/documents/20178/432372/Sturgeon+meat.pdf>.
- FAHIM, A.; KHANIPOUR, A. A.; GASHTI, G. Z. Changes of Microbial Spoilage Indices Beluga Caviar Processed (*Huso huso*) During Storage at -2 °C. **Agriculture, Forestry and Fisheries**, New York. v. 7, n. 1, p. 36-38, 2018.
- FAO. *Acipenser baerii*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by WILLIOT, P.; BRONZI, P.; BENOIT, P.; BONPUNT, E.; CHEBANOV, M.; DOMEZAIN, A.; GESSNER, J.; GULYAS, T.; KOLMAN, R.; MICHAELS, J.; SABEAU, L.; VIZZIANO, D. Edited and compiled by CRESPI, V.; NEW, M. CD-ROM (multilingual), 2009, 1 p. Disponível em < https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/I52501!en_acipenser.htm > Acesso em 9 de agosto de 2024.
- FAO - Food and Agriculture Organization (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. FAO; Rome, Italy. 2020, 224 p.
- FAO, Fisheries and Aquaculture Department. **Sturgeon Hatchery Manual**. Food And Agriculture Organization of the United Nations, Ankara Technical Paper. n. 558. Ankara, FAO. 2013, 297 p.
- FAO. **Sturgeons (Acipenseriformes)**. Rome: FAO. 2019, 29 p.
- FAO. *Acipenser baerii*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by WILLIOT, P.; BRONZI, P.; BENOIT, P.; BONPUNT, E.; CHEBANOV, M.; DOMEZAIN, A.; GESSNER, J.; GULYAS, T.; KOLMAN, R.; MICHAELS, J.; SABEAU, L.; VIZZIANO, D. In: **Fisheries and Aquaculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024, 1 p. Disponível em < https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/acipenser_baerii/en > Acesso em 24 de setembro de 2024.
- FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. (eds) **Eschmeyer's catalog of fishes**: genera, species, references, California Academy of Sciences, San Francisco. 2023, 5 p.
- FRIEDRICH, T. Danube Sturgeons: Past and Future. In: Schmutz, S.; Sendzimir, J. editors. **Riverine Ecosystem Management**. Aquatic Ecology Series. v. 8. Cham: Springer; 2018, p. 507 – 518.
- GARDINER, B. G. Sturgeons as Living Fossils. In **Living Fossils**. Springer: New York, NY, USA. p. 148–152, 1984.
- HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, Oxford. v. 41, n. 5, p. 770–776, 2010.
- HAXTON, T. J.; CANO, T. C. A global perspective of fragmentation on a declining taxon – The sturgeon (Acipenseriformes). **Endangered Species Research**. Oldendorf/Luhe. v. 31, n. p. 203-210, 2016.
- HOCHLEITHNER, M.; GESSNER, J. **The Sturgeon and Paddlefishes (Acipenseriformes) of the World: Biology and Aquaculture**. Kitzbühel: AquaTech Publications. 1999, 165 p.
- HUNG, S. S. O. Recent advances in sturgeon nutrition. **Animal Nutrition**, Beijing. v. 3, n. 3, p. 191-204, 2017.
- ISLAM, M. R.; YUHI, T.; MENG, D.; YOSHIOKA, T.; OGATA, Y.; URA, K.; TAKAGI, Y. Purity and properties of gelatins extracted from the head tissue of the hybrid kalamtra sturgeon. **LWT Food science and technology**, USA. v. 142, n. 110944, 2021, 1 p.
- KAYIŞ, Ş.; SOYKÖSE, G.; İPEK, Z. Z.; ER, A. Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde Bulunan Bazı Alabalık Çiftliklerinin Kuluçkahanelerinde

- Bakteri Kontaminasyonu ve Bakterilerin Antibiyotik Direncinin Belirlenmesi. **Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research**, Eğirdir-Isparta. v. 7, n. 2, p. 101– 107, 2021.
- KIJIMA, T.; MARYAMA, T. Histological research for the development of the gonad of hybrid sturgeon, bester (*Acipenser ruthenus* (L.), male × *Huso huso* (L.), female). **Bulletin of the National Institute of Aquaculture**, Tamaki. v. 8, p. 377–381, 1985.
- KÖKSAL, G.; FERİT, R.; KINDİR, M. Growth performance and feed conversion efficiency of Siberian sturgeon juveniles (*Acipenser baerii*) reared in concrete raceways. **Turkish Journal of Veterinary and Veterinary Sciences**, Ankara. v. 24, n. 5, p. 435-442, 2000.
- KOLMAN, R.; KAPUSTA, A. Food characteristic and feeding management on sturgeon with a special focus on Siberian sturgeon. In: **The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869)** (Ed.) WILLIOT, P.; NONNOTTE, G.; CHEBANOV, M. Springer, Cham, Switzerland, v. 2, p. 75-85, 2018.
- KINDAI UNIVERSITY. Chouzame. 2025, 4 p. Disponível em <<https://www.kindaifish.com/picturebook/chozame/>> Acesso em 9 de junho de 2025.
- KOTTELAT, M.; FREYHOF, J. **Handbook of European Freshwater Fishes**. Berlin: Publications Kottelat, Cornol and Freyhof. 2007, 646 p.
- KOVALCHUK, O. M.; HILTON, E. J. Neogene and Pleistocene sturgeon Acipenseriformes, Acipenseridae) remains from southeastern Europe. **Journal of vertebrate paleontology**, Norman. v. 37, n. 5, e1362644. 2017, 7 p.
- KRYLOVA, V. D. Use of morphological test characteristics in diagnosis of selected forms of bester. In: Editor BURTZEV, I. A. **Genetic Analysis of Marine Hydrobionts**. Moscow, Russia (in Russian): VNIRO. p. 119-137, 1988.
- LI, H.; ZHOU, M.; JIANG, W.; LI, Y.; CHEN, P.; TAN, Q. Biochemical composition and transcriptome analysis revealed nutrients consumption and physiological characteristics of Chinese sturgeon larvae during yolk-sac stage. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 598, n. 741961, 2025, 8 p.
- LIU, Q.; NAGANUMA, T. Metabolomics in sturgeon research: a mini-review. **Fish physiology and biochemistry**, Amsterdam. v. 50, n. 4, p. 1895–1910, 2024.
- LOPEZ, A.; VASCONI, M.; BELLAGAMBA, F.; MENTASTI, T.; MORETTI, V. M. Sturgeon meat and caviar quality from different cultured species. **Fishes**, Basel. v. 5, n. 1, 9, 2020, 17 p.
- MATALLANAS, J. Description of two new genera, Santelmoa and Bentartia and two new species of Zoarcidae (Teleostei, Perciformes) from the Southern Ocean. 2010 Description of two new genera, *Santelmoa* and *Bentartia* and two new species of Zoarcidae (Teleostei, Perciformes) from the Southern Ocean. **Polar Biology**, Berlin/ New York. v. 33, n. 5, p. 659-672, 2010.
- MEMİŞ, D.; TUNÇELİ, G.; KÖKER, L.; GAYGUSUZ, Ö. The death of the beluga sturgeon (*Huso huso*) rediscovered in the Küçükçekmece lagoon: let's focus on causes. in **Aquatic Sciences and Engineering**. Istanbul: Aquatic Sciences and Engineering, Advance. 2024, 8 p.
- MIMS, S. D.; LAZUR, A.; SHELTON, W. L.; GOMELSKY, B.; CHAPMAN, F. **Species Profile Production of Sturgeon**. Southern Regional Aquaculture Center through Grant No. 00-38500-8992 from the United States Department of Agriculture, Cooperative State Research, Education, and Extension Service. SRAC Publication n. 7200, Washington. 2002, 8 p.
- MIMS, S. D.; LAZUR, A.; SHELTON, W. L.; GOMELSKY, B.; CHAPMAN, F. Species Profile Production of Sturgeon. **Southern Regional Aquaculture Center Publication**, Stonville. n. 7200. 2022, 8 p.
- MOHSENI, M.; POURKAZEMI, M.; HOSSENI, M. R.; HASSANI, M. H. S.; BAI, S. C. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). **Aquaculture Research**, Oxford. v. 44, n. 3, p. 378–387, 2013.
- MOLLA, A. E.; AMIRKOLAIE, A. K. Growth performance of Persian sturgeon fry, *Acipenser persicus*, fed diet containing different protein and energy levels. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 27, n. 2, p. 766–770, 2011.
- NATHANAILIDES, C.; TSOUMANI, M.; PAPAZOGLOY, A.; PASCHOS, I.

- Hatching time and post-hatch growth in Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 18, n. 4 -6, p. 651-654, 2002.
- NIKOLJUKIN, N. I. **Hybrid of beluga x sterlet**. Ribovodstvo i Ribolovstvo. 6, p. 8– 11, 1964 (in Russian).
- OVISSIPOUR, M.; RASCO, B. Sturgeon:Conservation of Caspian Sea Stocks. **Journal of Aquaculture Research and Development**, Sunnysvale. v. 3, n. 7, 1, 2012.
- PARK, C.; GONG, S. P.; CHOI, Y. H.; KIM, K. H.; NAM, Y. K. Early gonadal maturation and vitellogenin mRNA expression in Siberian sturgeon *Acipenser baerii* cultured in a semi-closed water recirculating system in Korea. **Journal of Animal and Reproduction Biotechnology**, Daejeon. v. 35, n. 3, 2020, 20 p.
- PATRICHE, N.; PECHEANU, C.; VASILE, M.; TALPES, M.; MIREA, D.; FETEAU, M.; CRISTEA, V.; BILLARD, R. Rearing the stellate sturgeon *Acipenser stellatus* in mono and polyculture with Chinese and common carps in ponds. *International Review of Hydrobiology*, Weinheim. v. 87, n. 5-6. p. 561-568, 2002.
- PIOTROWSKA, I.; KOZIOWSKI, M. Preliminary rearing outcomes of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, juveniles in autonomous hatching and rearing modules. **Fisheries & Aquatic Life**, Boston. v. 32, n. 1, p. 26 – 33, 2024.
- PYKA, J.; KOLMAN, R. Feeding intensity and growth of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, in pond cultivation. **Archives of Polish Fisheries**, Sciendo. v. 11, n. 2, p. 287-294, 2003.
- RAISCHI, M.; DEÁK, H. G.; OPREA, L.; RAISCHI, N.; DĂNĂLACHE, T.; MATEI, S. The impact of anthropogenic pressures on sturgeon migration in the Lower Danube. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**; IOP Publishing: Bristol, UK. 2020, p. 012030.
- SALLAM, A. E.; EL-FEKY, M. M. M.; AHMED, M. S.; MANSOUR, A. T. Potential use of whey protein as a partial substitute of fishmeal on growth performance, non-specific immunity and gut histological status of juvenile European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture Research**, Oxford. v. 53, n. 4, p. 1527–1541, 2022.
- SANTOS, M. P. **Estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturção**. 2014, 98 p. Trabalho de Projecto para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Instituto Politécnico de Leiria.
- SCHMUTZ, S.; MOOG, O. Dams: Ecological impacts and management. In **Riverine Ecosystem Management: Science for Governing towards a Sustainable Future**; University of Amsterdam: Amsterdam, The Netherlands. p. 111–127, 2018.
- SMOLJANOV, I. I. Siberian sturgeon in water ponds of Konakovskij fishfarm. In: **Osetrovoe chozayijstvo vnutennich vodoyomov USSR**. Astrakhan, p. 138-239, 1979 (in Russian).
- SOKOLOV, L. I.; VASIL'EV, V. P. *Acipenser baerii* Brandt, 1869. In: Holcík J. (ed). *The Freshwater Fishes of Europe*.v. I/II: General Introduction of Fishes.Acipenseriformes. Wiesbaden, aula- Verlag. p. 263-284, 1989. In: **Document Doc. 10.89**; Prop. 10.65. (1997). Proposal to list all Acipenseriformes in Appendix II. Submitted by Germany and The United States of America.
- STEFFENS, W.; JANICHEN, H.; FREDRICH, F. Erfolgreiche Vermehrung von Hausen- Sterlet-Hybriden (*Huso huso* x *Acipenser ruthenus*) (Pisces, Acipenseridae). **Zoologischer Anzeiger**, Washington. v. 211 (1/4), p. 55-64, 1983.
- TACON, A. G. J.; METIAN, M.; MCNEVIN, A. A. Future Feeds: Suggested Guidelines for Sustainable Development. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, Philadelphia. v. 30, n. 6, p. 135 – 142, 2021.
- TAVAKOLI, S.; LUO, Y.; REGENSTEIN, J. M.; DANESHVAR, E.; BHATNAGAR, A.; TAN, Y.; HON, H. Sturgeon, caviar, and caviar substitutes: from production, gastronomy, nutrition, and quality change to trade and commercial mimicry. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, Philadelphia. v. 29, n. 4, p. 753–768, 2021.
- THIS IS AQUACULTURE. **Como fazer sexo com esturção para caviar usando uma cultura aquílica de esturção branco de ultrassom**. 2021, 1 p. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=IPB9W4FXmE> > Acesso em 4 de outubro de 2024.

- THIS IS AQUACULTURE. **Como o caviar de esturjão é cultivado** - piscicultura de esturjão branco na Sterling Caviar. 2022, 1 p. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=bpQPlrzgWUM> < Acesso em 02 de outubro de 2024.
- TUNÇELLİ, G.; YAMANER, G. Present-Day Turkish Aquaculture and Trends in International Research. In: Scientific studies on sturgeon culture in Türkiye. Chapter 12. Publisher: Istanbul University Press. p. 353-382, 2024.
- TYAPUGIN, V. V.; VASILIEVA, L. M.; YUSUPOVA, A. Z. Interspawning periods of domesticated females of Beluga and Russian sturgeon reared in the cages of fish farm LLC “Beluga” in the astrakhan region. **Journal of Natural Sciences**, Weinheim. v. 1, n. 42, p. 81-86, 2013.
- VDOVCHENKO, M. A.; ROZHDESTVENSKIY, M. I. **Experiences on the siberian sturgeon and the irtysk sterlad year-round breeding in chutes and reservoirs with running geothermal water**. Second Int. Symp. Resource-Sparing Technologies in Aquaculture, Oct. 4-7, 1999. Adler, Russia, p. 23–24, 1999. (in Russian).
- WEI, Q. W.; ZOU, Y.; LI, P.; LI, L. Sturgeon aquaculture in China: Progress, strategies and prospects assessed on the basis of nation-wide surveys (2007–2009). **Journal of applied ichthyology**, Hamburg. v. 27, n. 2, p. 162–168, 2011.
- WILLIOT, P. Reproduction de L'esturgeon Sibérien (*Acipenser baeri* Brandt) en Élevage: Gestion des Génitrices, Compétence à la Maturation. In **Vitro de Follicules Ovariens et Caractéristiques Plasmatiques Durant L'induction de la Ponte**; Université Bordeaux I: Bordeaux, Franch, p. 1–227, 1997.
- WILLIOT, P.; BRONZI, P.; BENOIT, P.; BONPUNT, E.; CHEBANOV, M.; DOMEZAIN, A.; GESSNER, J.; GULYAS, T.; KOLMAN, R.; MICHAELS, J.; SABEAU, L.; VIZZIANO, D. **Cultured Aquatic Species Information Programme**. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 13 January 2005, 6 p. Disponível em: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Acipenser_baerii/en. Acesso em 23 de setembro de 2013).
- WILLIOT, P.; CHEBANOV, M. Reproductive cycles in sturgeons with a special focus on the farmed Siberian sturgeon. Williot P, Chebanov M. Williot P, Nonnotte G, Chebanov M, editors. **The Siberian Sturgeon** (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869), v. 2. Springer;Cham. p. 3–12, 2018.
- WNEK-AUGUSCIK, K.; WITESKA, M.; NIEMIEC, T.; PIOTROWSKA, I.; FAJKOWSKA, M.; GOMULKA, P.; KONDERA, E. Z.; ŁOZICKI, A.; ZGLINSKA, K.; RZEPKOWSKA, M. The effects of diets containing rapeseed meal on Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) growth, muscle composition, and physiological performance. **Aquaculture Reports**, Amsterdam. v. 34, n. 101891, 2024, 8 p.
- YANG, S.; ZHANG, J.; XU, Z.; SHAO, W.; PANG, X.; LI, D.; HUANG, X.; LUO, W.; DU, Z.; LI, Y.; WU, J.; DU, X. Dietary resveratrol improves the flesh quality of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) by enhancing myofiber growth, nutrient accumulation and antioxidant capacity. **BMC Genomics**, London. v. 25, (1), n. 514, 2024, 14 p.
- ZHANG, C.; RAHIMNEJAD, S.; WANG, Y.; LU, K.; SONG, K.; WANG, L.; MAI, K. Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 483, (20 January 2018) p. 173–182, 2018.
- ZHANG, Z.; WU, R.; GUI, M.; JIANG, Z.; LI, P. Identification of the Specific Spoilage Organism in Farmed Sturgeon (*Acipenser baerii*) Fillets and Its Associated Quality and Flavour Change during Ice Storage. **Foods**. Basel. v. 10, n. 9, 2021, 18 p.
- WEBB, M. A. H.; VAN EENENNAAM, J. P.; CROSSMAN, J. A.; CHAPMAN, F. A. A practical guide for assigning sex and stage of maturity in sturgeons and paddlefish. **Journal of Applied Ichthyology**, Hamburg. v. 35, n. 1, p. 169 – 186, 2019.
- WILLIOT, P.; SABEAU, L.; GESSNER, J.; ARLATI, G.; BRONZI, P.; GULYAS, T.; BERNI, P. Sturgeon farming in Western Europe: Recent developments and perspectives. **Aquatic Living Resources**, Les Ulis. v. 14, n. 6, p. 367-374, 2001.
- WILLIOT, P.; BRONZI, P.; BENOIT, P.; BONPUNT, E.; CHEBANOV, M.; DOMEZAIN, A.

GESSNER, J.; GULYAS, T.; KOLMAN, R.;
MICHAELS, J.; SABEAU, L.; VIZZIANO, D.

**Cultured Aquatic Species Information
Programme.** In: FAO Fisheries and

Aquaculture Department [online]. Rome.

Updated 13 January 2005, 6 p. Disponível em:

<

[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Acip](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Acipenser_baerii/em)

[enser_baerii/em](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Acipenser_baerii/em) >. Acesso em 23 de setembro

de 2013.

WSJ. The Wall Street Journal. 2023. **How to Run a**

\$10 Million Caviar Farm | WSJ Operating Costs.

Disponível em <

<https://www.youtube.com/watch?v=tdTO75LLs4c>

> Acesso em 4 de outubro de 2024.