



New species for EU aquaculture

Technisches Handbuch – Zander (Sander lucioperca)

Zusammenfassung in deutscher Sprache



Species Leader and workshop organizer: Dr. Pascal Fontaine (University of Lorraine, France)

Other Scientists participating: Dr Rocio Robles (CTAQUA, Spain), Dr Costas Tsigenopoulos, Dr D Tsaparis (Hellenic Centre for Marine Research, Greece), Dr Alain Pasquet, Dr Tatiana Colchen (University of Lorraine), Dr Patrick Kestemont, Mr Sebastien Baekelandt, Mme Najlae El Kertaoui, Dr Robert Mandiki (University of Namur, Belgium), Dr Ivar Lund (Technical University of Denmark, Denmark), Dr Gemma Tacke, Dr Machiel Reinders, Dr Robert Stokkers (University of Wageningen, The Netherlands), Marija Banovic (Aarhus University, Denmark), Luis Guerrero (IRTA, Spain)



DIVERSIFY 2018

1. Einleitung

Diesem Süßwasserbewohner wird das größte Potential für die Diversifizierung der landgestützten Aquakultur in Europa zugesprochen. In vorangegangenen Projekten wurde die Kontrolle des Reproduktionszyklus erforscht und die bioökonomische Machbarkeit der intensiven Zanderzucht demonstriert. Durch den starken Rückgang von Anlandungen aus der Fischerei ist die Nachfrage gestiegen. Innerhalb des vergangenen Jahrzehnts wurden überall in Europa neue Zanderfarmen eröffnet, welche in rezirkulierenden Aquakultursystemen (RAS) geschätzt 1000 t Zander p. a. produzieren. Die ganzjährige Produktion von Zandern erfordert hohe Temperaturen von 24–26 °C, um hohe Wachstumsraten zu erzielen. Dies ist nur in RAS möglich (Produktion von bis zu 1,2 kg Fisch in 15-18 Monaten). In solchen Systemen können ebenfalls hohe Besatzdichten von 80–100 kg/m³ erreicht werden.

Das Fleisch des Zanders hat einen neutralen Geschmack und eignet sich für viele Zubereitungsformen. Anders als beim Karpfen, der im gleichen Marktsegment konkurriert, ist das Filet des Zanders grätenfrei. Zander werden meist als ganze Fische (600–3000 g) oder als Filet (100–800 g) auf dem europäischen und nordamerikanischen Markt angeboten. Die Nachfrage ist hoch. Der Preis liegt ab Farm bei 8–11 €/kg für den ganzen Fisch.

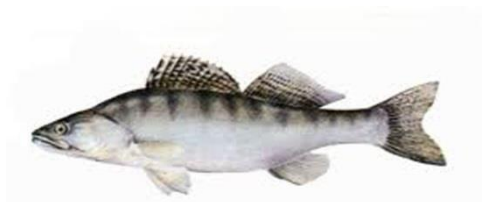


Abb. Adulter Zander

Auf Basis einer Umfrage bei Fischzüchtern wurden die wichtigsten Engpässe (und damit die Ziele für das DIVERSIFY-Projekt) für die Zanderzucht identifiziert: (a) Stressanfälligkeit, Handling und Haltungspraktiken, die zu hohen Verlusten führen; (b) geringe Überlebensrate der Larven (oft 5-10%) und viele Deformationen; (c) geringe Kenntnis der genetischen Variabilität der Laichfischbestände. Die Identifikation der genetischen Beziehungen zwischen verschiedenen Laichfischbeständen, Inzucht und der Verlust der Heterozygotität sind wichtige Themen in der Aquakultur, denn sie sind mit

reproduktiven Fehlfunktionen assoziiert. Für die Ausweitung sind die o. g. Punkte sehr wichtig, denn es ließen sich Kosten verringern.

2. Reproduktion und Genetik

Genetische Variation in domestizierten und natürlichen Zanderpopulationen

Ziel war es, mit Hilfe genetischer Marker populationsgenetische Parameter in Zucht gehaltener Elterntierbestände zu evaluieren (allelische Vielfalt, Heterozygotität, Inzucht-Koeffizienten) und diese mit natürlichen Populationen zu vergleichen. Insgesamt wurden 950 Fische aus 13 Zuchtbetrieben und 8 natürlichen Populationen untersucht und 10 finale Mikrosatelliten-Marker eingesetzt. Es konnten insg. zwei unterschiedliche genetische Gruppen identifiziert werden: (1) Nördliches Europa und (2) Zentraleuropa (inkl. Tunesien). Innerhalb der zentraleuropäischen Gruppe scheinen die ungarischen Populationen eine Schlüsselrolle einzunehmen.

Die allelische Vielfalt und geschätzte Heterozygotität innerhalb der 13 Zuchtbestände waren überraschenderweise nur wenig geringer als bei den Wildfischen (kein signifikanter Unterschied). Die einzelnen Zuchtbestände ließen sich gut unterscheiden. Der Inzucht-Koeffizient zeigte keine Anzeichen von Inzucht innerhalb dieser Bestände. Der Großteil der Bestände zeigt jedoch eine geringe bis mittlere genetische Vielfalt und könnte von Inzucht betroffen werden. Mit Hilfe des mitochondrialen Cytochrom-b-Gens wurden die phylogeographischen Beziehungen der einzelnen Bestände in Unterproben analysiert.

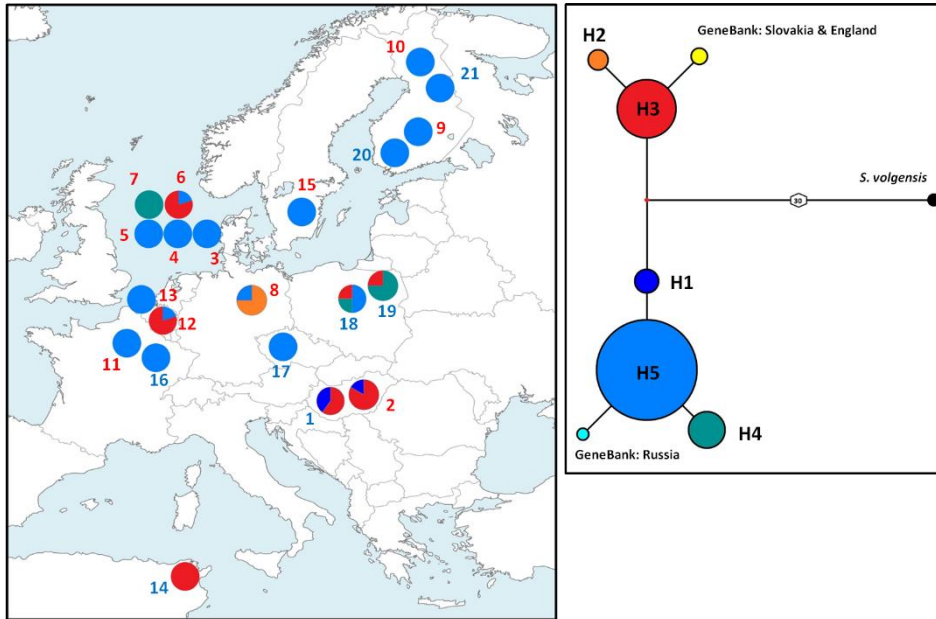


Abb. Geographische Verbreitung des Cytochrom-b-Haplotyps und Netzwerk der Haplotypen. Wenn keine andere Zahl angegeben ist, markiert jede Linie eine Mutation.

3. Ernährung

3.1 Effekte bestimmter Nährstoffe auf die Entwicklung von Larven

3.1.1 Die Rolle diätischer Phospholipide und essentieller Fettsäuren auf die Larvenentwicklung und Skelettveränderungen beim Zander

Es sind derzeit keine artspezifischen Pellets für die Aufzucht von Zanderlarven verfügbar. Um eine optimale Entwicklung und ein hohes Wachstum zu erreichen, um Stress zu verringern und das Wohlergehen der Tiere zu fördern, muss ein solches Futter allerdings entwickelt werden. Hierbei kommt der optimalen Zusammensetzung der Lipide und der Fettsäurezusammensetzung eine hohe Bedeutung zu. Für Süßwasserfische untypisch hat der Zander einen Bedarf an Phospholipiden (PL), welche großteils in Fischöl oder Öl marinen Ursprungs zu finden ist.

In einem Futtersversuch wurde der diätische Bedarf des Zanders an PL untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass der Zander ein hohes Level an PL benötigt (14,5% PL ergänzt als Sojabohnen-Lecithin), um ein optimales Wachstum zu erzielen. Ein positiver Effekt könnte ebenfalls durch die Zugabe von essentiellen Fettsäuren (Omega-3-Fettsäuren DHA und EPA) erreicht werden. Skelettdeformationen wurden durch hohe PL-Level verringert. Insgesamt zeigten die Ergebnisse, dass die essentiellen Fettsäuren nicht unbedingt im PL-Anteil des Futters vorkommen müssen und entsprechend auch als Triglyceride einen positiven Effekt bewirken könnten.

3.1.2 Optimale Level von essentiellen Nährstoffen: Langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren (LC-PUFA), Vitamine (A, E, C, D) und Mineralien (Ca/P)

Die essentiellen Nahrungsbestandteile und Fettsäuren wurden beim Zander durch ein Futterumstellungsexperiment (Umstellung auf Trockenfutter) bestimmt. Es wurden die Effekte von insg. 18 Futtermitteln auf die Entwicklung und Leistung der Larven sowie auf die Verdauungskapazität und Skelettdeformationen untersucht. Ein hoher Anteil von Ca/P führte zu einer hohen Überlebensrate bei

jedoch gleichzeitig verringertem Endgewicht, niedrigerer spezifischer Wachstumsrate und erhöhtem Aufkommen von Wirbelsäulen- und Flossendeformationen. Die Entwicklung der Larven wird folglich von bestimmten essentiellen Nahrungsbestandteilen (Fettsäuren, Ca/P und deren Interaktion) beeinflusst.

3.2 Effekte von Fettsäuren während der Frühernährung auf die kurz- und langfristige Stressanfälligkeit, das Verhalten und den Stoffwechsel

Während der frühen larvalen Entwicklung führen Futtermittel mit geringen LC-PUFAs, besonders DHA, womöglich zu einer erhöhten Mortalität und Schock-Syndromen. Es gibt derzeit jedoch nur wenige Informationen über den Einfluss der Lipidzusammensetzung auf die frühe Ontogenese und die Robustheit der Tiere. Aus diesem Grund wurde dieser Einfluss auf das Verhalten der Larven und der Brut als Antwort (Lernverhalten, Stressantwort in Form von Cortisol im Plasma) auf Challenge-Tests (simulierte Attacken von Prädatoren und abrupte sensorische Stimuli in der Larvenphase; Wiederholung des Fluchtreflextests und Labyrinth-Tests in der Brutphase) untersucht. Es wurden vier verschiedene Futtermitelemulsionen getestet (Substitution von Olivenöl mit Ölen reich an DHA oder EPA oder durch Fischöl).

Larven mit geringem Anteil essentieller Fettsäuren (EPA, DHA) zeigten langanhaltende Tendenzen zu verzögertem Fluchtverhalten nach simulierter Attacke und zu langsamerer Spitzenbeschleunigung als Antwort auf einen sensorischen Stimulus (bis zu 90 Tage nach Beginn des Futterexperiments). Die Ergebnisse legen ein ängstlicheres Verhaltensprofil von Larven nahe, an welche Futter mit geringem Gehalt an EPA+DHA gefüttert wurden. Dies liegt wahrscheinlich an einer veränderten Entwicklung des Gehirns. Futtermittel zur Larvenaufzucht sollten entsprechend essentielle Fettsäuren enthalten.

3.2.1 Der Stoffwechsel von essentiellen Fettsäuren

Die Kombination von Nahrungsbedürfnissen und Haltungsbedingungen während der frühen Ontogenese ist beim Zander kaum untersucht. Die Substitution mariner Öle mit Pflanzenölen führte zu einer verringerten Stresstoleranz und verursachte neurophysiologische Veränderungen, aber die Effekte von Umweltbedingungen sind limitiert. Salzwasser beeinflusst eine Reihe physiologischer Funktionen während der frühen larvalen Ontogenese und verändert möglicherweise den Fettsäurestoffwechsel, so dass Larven eine verbesserte Umwandlung nicht-essentieller in essentielle Fettsäuren aufweisen und entsprechend weniger im Futter zugeführt werden müssen.

Zwei experimentelle Artemien-Futter (unterschiedliche Gehalte nicht-essentieller Fettsäuren) wurden bei verschiedenen Salzgehalten (0, 5, 10 ppt) bis zu 30 Tagen nach dem Schlupf getestet. Der Salzgehalt hatte keinen Einfluss auf das Larvenwachstum. Die Larven zeigten eine ausgeprägte Spezifität, essentielle Fettsäuren (ARA, EPA, DHA) in Lipide zu integrieren und zu verestern. Der Salzgehalt beeinflusste jedoch nicht die Fähigkeiten der Larven zur Biosynthese von Lipidklassen mit essentiellen Fettsäuren. Ein Stresstest (Confinement) führte zu hohen akuten Mortalitäten (50–70%) in allen Gruppen. Die Mortalität war jedoch in der Gruppe mit hohen Gehalten an essentiellen Omega-3-Fettsäuren signifikant niedriger. Essentielle Omega-3-Fettsäuren (EPA, DHA) sind folglich ein wichtiger Nahrungsbestandteil in der Aufzucht von Zanderlarven. Das Aufkommen von Skelettanomalien war generell sehr hoch (über 75% der Larven, mit weiteren negativen Effekten bei steigendem Salzgehalt).

4. Larvenhaltung

4.1 Verbesserung der Larvenaufzucht durch optimierte Haltungsparameter

Bis heute haben die folgenden Engpässe die erfolgreiche Larvenhaltung des Zanders verhindert: (1) Hohe Sterblichkeit durch Kannibalismus; (2) Deformationen; (3) Heterogenität der Larvengröße zwischen

Kohorten in verschiedenen Entwicklungsstadien. In einer Pilotanlage wurden zur Optimierung der Larvenhaltung auf Basis existierender Haltungsprotokolle Experimente durchgeführt (4 Faktoren in 8 experimentellen Einheiten). Ein solches Vorgehen ermöglicht (i) die Effekte jedes einzelnen Faktors und ihrer Interaktionen zu integrieren, (ii) die Effekte und Interaktionen zu bewerten und zu evaluieren, (iii) ein optimales Zusammenspiel der Faktoren zu identifizieren und so das Überleben zu verbessern und (iv) die komplexe multifaktorielle Vorherbestimmung der Zielvariablen zu modellieren. Die Effekte von Umwelt-, Ernährungs- und Populationseinflüssen wurden sukzessive getestet. Aus jedem Experiment wurden die wichtigsten Faktoren in den Folgeversuch integriert.

4.1.1 Umwelteinflüsse

Es wurden die Einflüsse von Licht (5 oder 50 lx bei 12:12 Stunden Helligkeit:Dunkelheit), Wassererneuerungsrate (50 oder 100% pro Stunde), Strömungsrichtung (Beckenboden oder Wasseroberfläche) und Zeitpunkt der Beckenreinigung (Morgen oder Nachmittag) untersucht. Insgesamt wurden 500.000 Larven innerhalb eines Tages nach dem Schlupf besetzt. Innerhalb von 39 Tagen konnten Juvenile mit einem Gewicht von ca. 0,50 g produziert werden, aber die Überlebensrate war gering (0,3–2,6%). Zur Optimierung der Größenverteilung erwies sich der Wassereinstrom am Beckenboden als besser. Insgesamt wird eine Lichtintensität von 50 lx, ein Wasseraustausch von 100% pro Stunde, das Reinigen der Becken am Nachmittag und ein Zulauf von Wasser am Beckenboden empfohlen.

4.1.2 Ernährungseinflüsse

Im zweiten Experiment (53 Tage) wurden 4 Futterfaktoren getestet: Zeitpunkt der Nahrungsumstellung am Tag 10 oder 16 nach dem Schlupf; kontinuierliches oder nicht kontinuierliches Füttern; Einsatz oder Verzicht einer sechstägigen Co-Fütterung vor Futterumstellung; die Dauer der Futterumstellung (3 oder 9 Tage). Es zeigte sich, dass ein späterer Beginn, eine längere Dauer und nicht kontinuierliches Füttern das Überleben und das Wachstum der Larven steigern können und die Deformationen verringern.

4.1.3 Populationseinflüsse

Im dritten Experiment (52 Tage) wurden die Einflüsse der Larvendichte (50 oder 100 Larven pro Liter), Aussortieren von Springern (ja oder nein), Besatz mit verwandten oder nicht verwandten Larvengruppen (Larven von einem oder von zwei Weibchen) und das Gewicht der Muttertiere (< 2,8 kg oder > 3,3 kg) untersucht. Eine hohe finale Biomasse scheint mit einer hohen anfänglichen Larvendichte und der Größe der Elterntiere zu korrelieren.

4.1.4 Identifikation der optimalen Faktorkombinationen

Auf Basis der Experimente wurde die folgende Faktorkombination als optimal identifiziert: Dichte von 100 Larven pro Liter; kein Sortieren von Springern; Besatz mit nicht verwandten Gruppen; große Muttertiere (> 3,3 kg); nicht kontinuierliches Füttern; Lichtregime von 12:12 Stunden hell:dunkel; 50 lx Lichtintensität; Beginn der Futterumstellung am Tag 16 nach dem Schlupf über einen Zeitraum von 9 Tagen; 100% Wasseraustausch pro Stunde; Beckenreinigung am Morgen; Wassereinstrom am Beckenboden. Diese Kombination führte zur Produktion von Juvenilen mit einem Gewicht von 0,8 g in 52 Tagen, mit einer Befüllrate der Schwimmblase von 90%, einer Überlebensrate zwischen 13,7 und 19,2%, einer finalen Biomasse von 9,5 kg pro Becken und einer Futterumwandlungsrate von 0,6. Die Produktionskosten liegen bei ca. 250 € pro kg Produktion.

4.2 Protokoll zur industriellen Aufzucht von Zanderlarven

Als letzter Schritt wird im Jahr 2018 ein industrielles Protokoll zur Erzeugung von Larven bei einem Anwendungspartner getestet werden.

5. Mast

5.1 Einfluss der Haltungs- und Umweltbedingungen auf Wachstum, Immunstatus und Physiologie

Hohe und teilweise plötzliche Verluste sowie unvorhersehbares Wachstum während verschiedener Entwicklungsphasen stellen die Aquakultur des Zanders vor große Probleme. Da diese Phänomene häufig nach dem Handling der Tiere auftreten, liegt ein Zusammenhang mit der Stressantwort nahe. Der Domestizierungsgrad könnte eine Ursache hierfür sein. Gleichzeitig wurde in Studien gezeigt, dass physiologischer Stress negative Auswirkungen auf die Immunkompetenz haben kann und entsprechend die Resistenz gegenüber Krankheitserregern verringert. Aus diesen Gründen wurde Folgendes untersucht: (1) Charakterisierung der Effekte von Haltungspraktiken und Umwelteinflüssen auf wachstumsrelevante Parameter sowie auf die physiologische und immunologische Antwort; (2) Identifikation der optimalen Haltungs- und Umweltbedingungen zur Verbesserung des Wachstums und der Überlebensfähigkeit sowie des Tierwohls bei Zandern in intensiver Zucht.

Die getesteten Faktoren waren Lichtintensität (10 oder 100 lx), Lichtspektrum (industrielles Weiß oder Rot), Photoperiode (24:0 oder 10:14 Stunden hell:dunkel), Haltungsdichte (30 oder 15 kg pro m³), Temperatur (26 oder 21 °C), Sauerstoffsättigung (90 oder 60%), Futtertyp (Schwimmend oder sinkend) sowie die Größen-selektion der Fische (ja oder nein).



Abb. Experimentelle Zanderhaltung bei Rotlicht

Niedrige Lichtintensität hatte einen signifikant positiven Effekt auf das Wachstum der Fische. Positive Interaktionen ergaben sich ebenfalls bei der Kombination der Lichtintensität mit anderen Faktoren (Temperatur, Besatzdichte). Hohe Mortalitäten ergaben sich bei einer hohen Lichtintensität gepaart mit niedrigen Temperaturen. Negative Interaktionen konnten zwischen Lichtfaktoren und der Besatzdichte festgestellt werden. Wachstumsbezogene Ergebnisse waren abhängig vom Futtertyp mit einem positiven Effekt sinkenden Futters. Positive Interaktionen wurden für eine Kombination aus Futtertyp, Rotlicht, niedriger Lichtintensität, niedriger Temperatur oder hoher Sauerstoffsättigung errechnet. Andere Faktoren zeigten eine hohe Variabilität ohne eindeutigen Trend. Die Präferenz für verschiedene Futtertypen scheint von der Umstellungsphase abhängig zu sein und konnte nicht abschließend evaluiert werden.

Die beste Wachstumsleistung wurde unter den folgenden Bedingungen beobachtet: Rotlicht, 10 lx, 24 Stunden Licht, 21 °C. Die dauerhafte Beleuchtung resultiert in einer erhöhten Futteraufnahme. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zur Annahme, dass hohe Temperaturen zu einem schnelleren Wachstum führen.

Die Sortierung der Fische nach Größe zur Manipulation der Größenverteilung erzielte nicht den gewünschten Effekt. Möglicherweise waren die Intervalle nicht kurz genug, um eine entscheidende Wirkung zu erzielen. In Bezug auf den Effekt von Lichtfarbe und -intensität sind weitere Versuche notwendig, um ein klares Ergebnis zu erzielen. Gleiches gilt auch für die Analyse von immunologischen Parametern.

5.2 Charakterisierung des Wachstums, des Immunstatus und der Physiologie unter Haltungsbedingungen

Auf Basis der oben beschriebenen Versuchsreihe wurden das Wachstum sowie der physiologische und immunologische Status von Zandern in verschiedenen Entwicklungsstadien (10 bis 100 g) unter

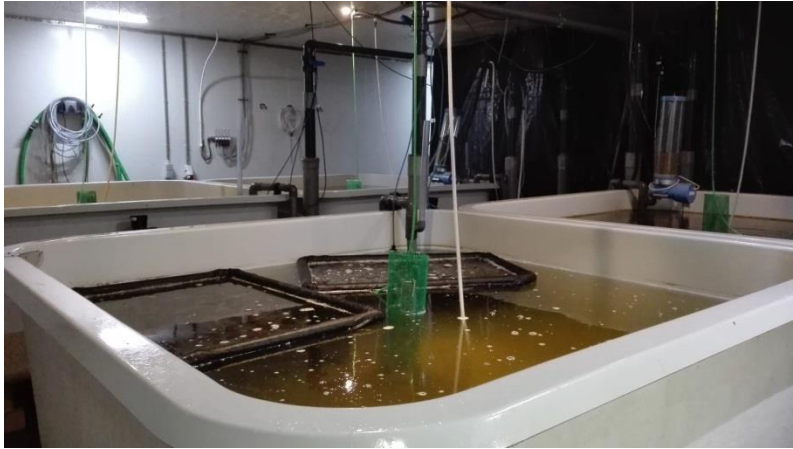


Abb. Experimentelle Zanderhaltung (Fish2Be)

kommerziellen Bedingungen untersucht. Unter ansonsten optimalen Bedingungen wurden zwei verschiedene Lichtfarben (rot und weiß) getestet.

Unter beiden experimentellen Bedingungen wurden gute Wachstumsleistungen erzielt (3,0 und 2,5% pro Tag). Die Tiere wurden am Tag 49 und 83 der Größe nach sortiert. Die Lichtfarbe beeinflusst die Sehfähigkeit von Fischen und folglich die Nahrungsaufnahme, die soziale Hierarchie, die Reproduktion, das Wachstum und sogar das Überleben.

Im Experiment konnte kein signifikanter Einfluss des Lichtspektrums (rot oder weiß) auf das Wachstum oder den Stress beobachtet werden. Das rote Licht verbesserte allerdings die Lysozymaktivität, während das weiße Licht die Peroxidaseaktivität erhöhte.

Da Licht ein entscheidender Haltungsparameter beim Zander ist, wurden in einem weiteren Experiment die Effekte der Lichtintensität (10 gegen 120 lx) und der Lichtfarbe (weiß gegen rot) untersucht. Die Ergebnisse legen einen starken Einfluss des Lichts auf die physio-immunologische Antwort des Zanders nahe. Der Wechsel von Lichtparametern löste kurzfristig Stress aus und nach 30 Tagen intensiver Beleuchtung mit weißem Licht kam es zu einer signifikanten Suppression des Immunsystems. Geringe Lichtintensität ist bei der Zanderhaltung zu bevorzugen.

5.3 Einfluss des Domestizierungsgrads und der geographischen Herkunft auf das Wachstum und die Stressanfälligkeit

Domestikation beeinflusst den Stress- und Immunstatus von Fischen unter Haltungsbedingungen. Der Effekt des Domestikationsprozesses (wilde gegenüber domestizierten Stämmen) und des geographischen Ursprungs wurden untersucht. Während kein Einfluss des geographischen Ursprungs festgestellt werden konnte, zeigten die Zander des tschechischen Stamms (domestiziert F4) eine stärkere Stressreaktion auf das Scheuchen (30 Sekunden). Obwohl Stress negative Effekte auf den Immunstatus ausübt, hat Stress doch auch positive Seiten (physiologische Anpassung zum Erhalt der Homöostase). Beim Atlantischen Lachs konnte hin zu einer geringeren Stressantwort selektiert werden. Es ist aber unklar, ob es sich dabei um ein artspezifisches Phänomen handelt. Der tschechische Stamm zeigte erhöhte Immunmarker. Dies lässt auf eine verbesserte Immunkompetenz als Folge der Domestikation schließen. Weitere Untersuchungen sind auf diesem Gebiet notwendig.

6. Markt, Verbraucherwahrnehmung, neue Produkte und Geschäftsmodelle

Die Marktanalyse in Frankreich, Deutschland, Italien, Spanien und dem Vereinigten Königreich hat gezeigt, dass die Positionierung neuer Arten wie Zander neben den bereits vorhandenen Arten sehr schwierig ist.

Der Zander ist weitgehend als Produkt aus der Fischerei bekannt. Der ebenfalls weißfleischige Pangasius stellt u. U. eine direkte Konkurrenz dar. Händler sind unter den folgenden Umständen bereit, neue Arten aufzunehmen: Das Produkt muss nachhaltig sein; das Produkt muss frisch (Südeuropa) und gefroren (besonders Deutschland) verfügbar sein; das Produkt muss leicht zuzubereiten oder verzehrfertig sein; das Produkt muss wettbewerbsfähig sein (Preis).



Abb. Darreichungsbeispiele

Neue Fischarten müssen sorgfältig in den bestehenden Markt eingeführt werden. Verschiedene Parameter (Sensorik, Komposition, Textur und physische Eigenschaften) wurden zur Charakterisierung neuer Produkte herangezogen. Hinsichtlich der Komposition war der Fettgehalt ein wichtiges Merkmal sowie die „Härte“ in Bezug auf die physischen Eigenschaften. Der Zander wurde als bröselig, pastös und weißfleischig beschrieben. Die Akzeptanz neuer Produkte beim Verbraucher wird durch die Verfüg-

barkeit von Information beeinflusst. Der Zander wurde als Paste präsentiert und wurde besonders in Frankreich und Spanien gut bewertet, wohingegen im Vereinigten Königreich, Deutschland und Italien eher niedrige Wertungen vorlagen. Dies zeigt, dass neben dem Filet auch andere Produkte interessant sein könnten.

Referenzen

- Crosetti, D., 2015. Current State of Grey Mullet Fisheries and Culture. *Biology, Ecology and Culture of Grey Mulllets (Mugilidae)*, 398–450.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drenstig, A., Arvonen, K., Pedersen, P., 2013. Farming different 312 species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering* 53, 2-13.
- Fang, Y.Z., Yang, S., Wu, G. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 8, 872–879.
- FAO. FISHSTAT. Global Capture Production (Dataset/pikeperch). Accessed (18 July 2017). URL: <http://data.fao.org/ref/af556541-1c8e-4e98-8510-1b2cafba5935.html?version=1.0>.
- Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I.B., Cahu, C., Kestemont, P., 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture* 275 (1-4), 274-282.
- Izquierdo, M and Koven, W. 2011. Lipids. In: *Larval Fish Nutrition*. pp. 47-82, G.J. Holt (ed). Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Inc. U.K. 435pp.
- Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H., and Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197, 25-42.
- Kestemont, P., Xu, X., Hamza, N., Maboudou, J., Imorou, Toko, I., 2007. Effect of weaning age and diet on pike perch larviculture. *Aquaculture* 264, 197-204.

- Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C., 2015. Biology and culture of Percid fishes: principles and practices, Springer, 901p.
- Koven, W., Van Anholt, R., Lutzky, S., Ben Atia, I., Nixon, O., Ron, B., Tandler, A. 2003. The effect of dietary arachidonic acid on growth, survival, and cortisol levels in different-age gilthead sea bream larvae (*Sparus aurata*) exposed to handling or daily salinity change. *Aquaculture* 228, 307-320.
- Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A., 2007. Artificial reproduction of pikeperch. Practical manual, Polish Ministry of Science, 80 pp.
- Milstein, A., Alkon, A., Avnimelech, Y., Kochba, M., Hulata, G., Schroeder, G. 1991. Effects of manuring rate on ecology and fish performance in polyculture ponds. *Aquaculture* 96, 119-138.
- Mylonas, C.C., Fostier, A. and Zanuy, S. 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology* 165, 516-534.
- Nash, C.E., Koningsberg, R.M., 1981. Artificial propagation. In: Oren, O.H. (ed.), *Aquaculture of Grey Mulletts*, Cambridge University Press, pp. 265-312.
- Omura, Y., Inagaki, M. 2000. Immunocytochemical localization of taurine in the fish retina under light and dark adaptations. *Amino Acids* 19, 593–604.
- Oren, O.H. 1981. *Aquaculture of Grey Mulletts*, Cambridge University Press, 506 pp.
- Pillay, T.V.R. 1993. *Aquaculture. Principles and Practices*. Fishing News Books, Oxford, UK, 575 pp.
- Rodríguez-Barreto, D., Jerez, S., Cejas, J.R., Martin, M., Acosta, N.G., Bolaños, A. and Lorenzo, A. 2014. Ovary and egg fatty acid composition of greater amberjack broodstock (*Seriola dumerili*) fed different dietary fatty acids profiles. *European Journal of Lipid Science and Technology* 116, 584-595.
- Soliman, N., Yacout, D. 2016. Aquaculture in Egypt: status, constraints and potentials. *Aquaculture International* 24 (5), 1201-1227.
- Steenfeldt, S.J. & Lund, I., 2008. Development of methods of production for intensive rearing of pikeperch juveniles. DTU Aqua Research Report no. 199-2008, Technical University of Denmark, Denmark (in Danish).
- Szkudlarek, M. & Zakęś Z. (2007) Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquaculture international* 15, 67–81.
- Tocher, D. R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research* 41, 717-732.
- Trabelsi, A., Gardeur, J.-N., Teletchea, F., Fontaine, P., 2011. Multifactorial analysis of effects of nutritional, environmental and populational variables on burbot *Lota lota* weaning performances. *Aquaculture* 316 (1-4), 104-110.
- Wang, N., Milla, S., Fontaine, P., Kestemont, P., 2008. Abstracts of the Percid fish culture workshop: From research to production, January 23-24, Namur, Belgium.
- Wu, F.-C., Ting, Y.-Y., Chen, H.Y. 2002. Docosahexaenoic acid is superior to eicosapentaenoic acid as the essential fatty acid for growth of grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Journal of Nutrition* 132, 72–79.
- Zouiten, D., Khemis, I. Ben, Besbes, R., Cahu, C. 2008. Ontogeny of the digestive tract of thick lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) larvae reared in “mesocosms”. *Aquaculture* 279, 166–172.



Co-funded by the Seventh
Framework Programme
of the European Union



This 5-year-long project (2013-2018) has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration (KBBE-2013-07 single stage, GA 603121, DIVERSIFY). The consortium includes 38 partners from 12 European countries –including 9 SMEs, 2 Large Enterprises, 5 professional associations and 1 Consumer NGO- and is coordinated by the Hellenic Center for Marine Research, Greece. Further information may be obtained from the project site at “www.diversifyfish.eu”.