©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Auswirkungen des teilweisen Ersatzes von Fischmehl und Fischöl durch Kürbiskernkuchen und Rapsöl im Fischfutter auf Wachstum und Fettsäuremuster des heimischen Seesaiblings (*Salvelinus umbla*)

H. Hager[a], D.S. Murray[a], E. Schneeberger[b], M.J. Kainz[a]

[a]: *WasserCluster – Biologische Station Lunz, 3929 Lunz am See, Austria*
[b]: *GARANT Tiernahrung, 3380 Pöchlarn, Austria*

Einleitung:

Verfügbarkeit, Kosten und Nachhaltigkeit von marinen Fischen zur Fischmehl- und Fischölproduktion sind die hauptsächlichen Engpässe zu Erhaltung und Ausbau der Aquakulturproduktion (Tocher 2009; Worm et al., 2006). Die in der Süßwasser-Aquakultur verwendeten Futtermittel basieren vorwiegend auf Fischmehl und Fischöl mariner Herkunft (Torstensen et al., 2008).

Fischmehl dient dabei als wichtigste Proteinquelle und Fischöl als Fettquelle, im Besonderen langkettige, mehrfach ungesättigte Omega-3 Fettsäuren (n-3 LC-PUFA). Beide Bestandteile sichern wichtige biologische Funktionen im Fisch und besitzen große Bedeutung in der menschlichen Ernährung (Drevon 1992; Nyina-Wamwiza et al., 2010). Durch die stark steigenden Preise für Fischmehl und Fischöl und die ethische Fragwürdigkeit deren exzessiven Einsatzes sind alternative Protein- und Fettquellen zur Erhaltung der Süßwasseraquakultur erforderlich (Tacon et al., 2006; Turchini et al., 2009).

Fischöl enthält einen großen Anteil an n-3 LC-PUFA, wie Eicosapentaensäure [EPA; 20:5 (n-3)] und Docosahexaensäure [DHA; 22:6 (n-3)], welche in Süßwasserfischen in hohem Maße vorkommen. Konsequenterweise haben Fische einen hohen Bedarf an n-3 LC-PUFA in der Nahrung. Trotz fehlender n-3 LC-PUFA wurde Pflanzenöl als brauchbarer Ersatz von Fischöl vorgeschlagen, wobei verschiedene Untersuchungen keinen ausschließenden Einfluss auf Gesundheit und Wachstum von Fischen bei Ersatz von Fischöl durch Pflanzenöl ergaben (Bell et al., 2001; Seirestad et al., 2005; Torstensen et al., 2000, Waagbo et al., 1991). Es ist aber weithin akzeptiert, dass bei vollständigem oder teilweisem Ersatz von Fischöl durch Pflanzenöl die n-3 PUFA-Zusammensetzung im Fischgewebe reduziert wird. Viele Fische, darunter Atlantischer Lachs und Bachforelle, sind in der Lage, α-Linolensäure [ALA; 18:3 (n-3)] in EPA und DHA zu konvertieren, aber in sehr unzureichendem Ausmaß (Tocher 2003).

Rapsöl bietet sich aufgrund geringerer Kosten, hoher Verfügbarkeit und einem hohen Anteil am n-3 LC-PUFA-Vorläufer ALA an (Bell et al., 1997, 2001; Tocher et al., 2001; Turchini et al., 2009).

Im gegenständlichen Projekt wurden Kürbiskernkuchen (aufgrund seines hohen Proteingehalts) und Rapsöl als teilweiser Ersatz der marinen Protein- und Fettquellen gewählt. Diese wurden in unterschiedlichem Maße in drei Versuchsfuttermitteln ersetzt.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Material und Methode:

Anlage: Die Versuchsanlage wurde in der Versuchshalle des WasserCluster Lunz am See eingerichtet und bestand aus 12 Polyester-Rundbecken mit 1,5 m Durchmesser und einem Fassungsvermögen von je 1000 Litern.

Fische: Es wurden je Becken 100 Seesaiblinge vom selben Stamm (Lunzer See; Fischzucht Lunz) mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 10 g besetzt.

Durchlauf: Aus einer Quellwasserleitung standen 1,0 l/sec Wasser zur Verfügung. Jedes Becken wurde mit ca. 0,08 l/sec beschickt. Ab einer Sauerstoffsättigung des Ablaufwassers von 70% wurde zudem belüftet. Zur Entgasung wurde das Zulaufwasser durch einen Schotterfilter geführt. Die Temperatur in den Becken betrug entsprechend dem Jahreslauf zwischen 3,7°C im Winter und 12,3°C im Sommer.

Wasseruntersuchung: Synchron zu den Wachstumsproben wurde alle 14 Tage das Ablaufwasser auf Sauerstoffgehalt und -sättigung, pH-Wert und Leitfähigkeit untersucht. Die Temperatur wurde täglich gemessen.

Futter und Fütterung: Es kamen 4 verschiedene Futterzusammensetzungen (F1 – F4) zum Einsatz.

Futtermittel:	F1[a]	F2	F3	F4
Fischmehl:	35%[b]	22,5%	22,5%	10%
Kürbiskernkuchen:	0%	12,5%	12,5%	25%
Fischöl:	18%	18,0%	3,0%	3%
Rapsöl:	0%	0%	15,0%	15%

[a]: herkömmliches Forellenfutter / [b]: Prozentanteil an Gesamtgewicht

Tab. 1: Verwendete Futtermittel (F1–F4) mit graduell geringerem Anteil an Fischmehl und Fischöl.

Die Fische wurden in einer Eingewöhnungsphase 23 Tage mit dem herkömmlichen Forellenfutter gefüttert. Ab dem 24. Tag bis Versuchsende wurden jeweils 3 Becken mit einem der vier Futtermittel versorgt.

Die Futterzufuhr erfolgte mit Bandfutterautomaten über 12 Stunden pro Tag.

Anfangs wurde über den Sättigungsbereich gefüttert. Ab Tag 65 wurde bis zur Sättigung Futter verabreicht. Nur einzelne Futterkörner durften bzw. mussten am Morgen am Beckenboden vorhanden sein. Die Futtermenge wurde bei Bedarf zweimal wöchentlich korrigiert, täglich vermerkt und der Durchschnittswert alle 14 Tage zeitgleich mit der Wachstumsprobe berechnet und eingetragen.

Wachstumsproben: Alle 14 Tage wurde je Becken eine Probe von einem Drittel bis zur Hälfte der Fische gezählt und das Gesamtgewicht genommen. Zudem wurden das jeweils größte und kleinste Individuum einer Probe gewogen.

Veterinärmedizinische Untersuchungen: Einzelne Fische je Becken wurden ein Mal im Monat veterinärmedizinisch begutachtet, und es wurden Abstrichproben aus dem Kiemenraum für bakterielle Untersuchungen genommen.

Gewebeproben: Alle 4 Wochen wurde 1 Exemplar je Becken zur Entnahme von Proben der Ventral- und Dorsalmuskulatur für die Analyse der Fettsäurenzusammensetzung im Gewebe entnommen.

Zeitraum: Der Versuchszeitraum betrug zwischen Juli 2012 und September 2013 415 Tage.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Ergebnisse:

Wachstumsrate und Biomasse: Die durchschnittliche spezifische Wachstumsrate (SGR; »specific growth rate«; %/Tag) aller vier Versuchseinheiten fiel von 1,75 zu Versuchsbeginn bei 11,5°C auf 0,23 bei 3,7° im Winter und stieg mit der Temperatur wieder auf 1,17 bei 11,2° gegen Versuchsende.

Die SGR der verschiedenen Fütterungseinheiten differierte erst langsam im Laufe der ersten Monate, mit Ausnahme von Einheit F4, in der alle drei Becken bei Umstellung auf das Versuchsfutter in den ersten 14 Tagen einen Wachstumseinbruch zu verzeichnen hatten.

Die Einheit F1 (herkömmliches Futter) verzeichnete mit einer SGR von 0,80 den höchsten Wert. Mit der Reduktion von Fischmehl, bzw. Fischmehl und Fischöl fiel die SGR bei F2 auf 0,78 und bei F3 auf 0,76. Am gravierendsten war der Unterschied zu F4 (Reduktion Fischmehl von 35% auf 10%, Fischöl von 18% auf 3%) mit einer SGR von 0,68.

Der Wachstumsunterschied war deutlich bei Betrachtung des durchschnittlichen Zuwachses in g/Individuum nach 200 Tagen seit Einsatz der unterschiedlichen Futtermittel.

Fischgesundheit:

Außer einigen Ausfällen zu Beginn des Versuches durch die (umweltbedingte) Gasblasenkrankheit gab es in keiner Versuchseinheit krankheitsbedingte Verluste oder Auffälligkeiten. Die monatlichen Abstriche zur bakteriellen Untersuchung ergaben in allen vier Einheiten eine sehr geringe Belastung.

Futteraufnahme und Futterquotient:

Die Futteraufnahme in Prozent der Biomasse war natürlich von der Temperatur und der Fischgröße abhängig und in allen vier Versuchseinheiten nahezu ident.

Sie reichte von 1,4% bis 1,6% bei 9,5°C und einem durchschnittlichen Fischgewicht

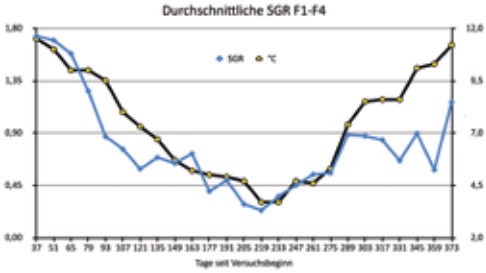

Abb. 1: Durchschnittliche Wachstumsrate im Laufe des Versuchs

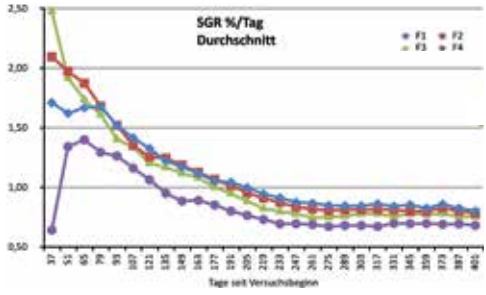

Abb. 2: Durchschnittliche Zuwachsrate im Laufe des Versuchs. Mit Versuchsende ergab sich folgendes Ergebnis:

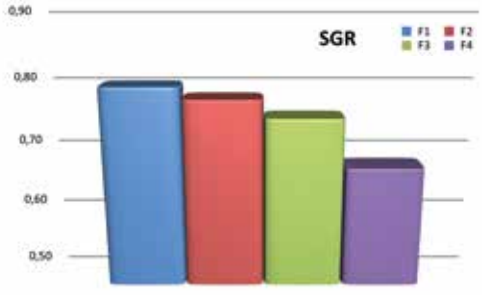

Abb. 3: Durchschnittliche SGR des gesamten Versuchszeitraumes

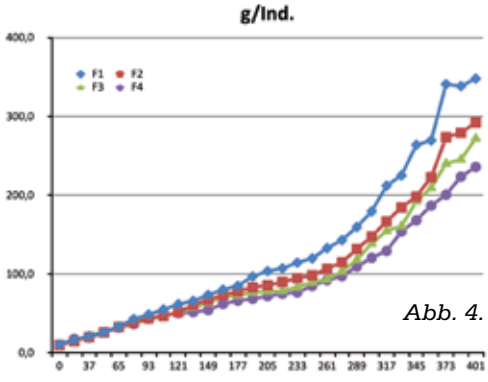

Abb. 4.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

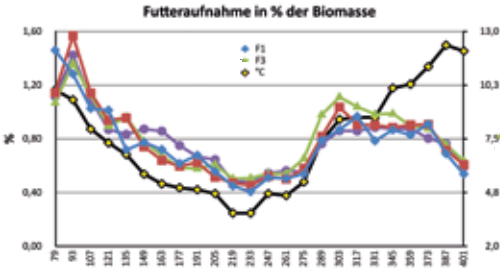

Abb. 5.

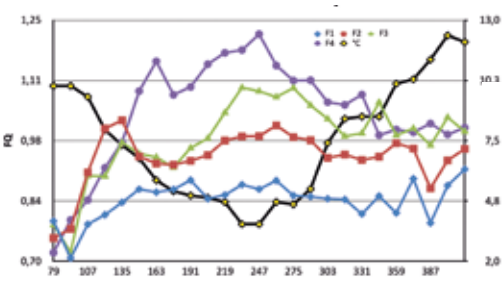

Abb. 6.

	F1	F2	F3	F4
18:3(n-3) ALA	7.0	6.7	11.6	10.9
20:5(n-3) EPA	8.0	6.8	3.0	2.1
22:5(n-3) DPA	1.7	1.6	0.5	0.4
22:6(n-3) DHA	1.8	1.7	0.4	0.5
Total (n-3) PUFA[a]	29.9	27.0	19.2	17.2

[a]: inkl. 20:3(n-3), 18:4(n-3), 20:4(n-3), 22:3(n-3)

Tab. 2: *Verteilung der wichtigsten n-3 PUFA (mg FA/g Trockengewicht) in den Versuchsfuttermitteln*

	Dorsal			
	F1	F2	F3	F4
Lipide total	72.8±16.5	83.1±38.9	77.8±13.1	72.8±17.9
SAFA	9.4±3.0	10.9±5.1	8.8±1.1	8.5±1.4
MUFA	5.4±2.4	6.9±3.7	4.6±0.6	4.3±0.9
PUFA	22.8±8.0	28.4±17.7	25.9±10.1	27.0±6.6
n-3 PUFA	13.8±4.2	14.7±5.3	11.7±0.5	10.1±1.2
n-6 PUFA	25.5±8.4	32.8±20.3	30.5±12.9	33.4±8.4
ALA	1.2±0.4	1.5±0.9	1.5±0.7	1.5±0.4
EPA	2.6±0.9	3.0±0.9	2.1±0.3	1.8±0.2
DHA	9.9±2.3	9.3±1.8	7.8±2.0	6.3±0.3

Tab. 3: *Gesamtlipid- und Fettsäurengehalt (mg FAME/g dw) des dorsalen und ventralen Muskelgewebes von Fischen, gefüttert mit 4 verschiedenen Futtermitteln (F1 – F4).*

von 40 – 50 g bis 0,4% – 0,5% bei 3,7°C und 80 – 100 g und stieg bei einer Erwärmung auf 8,6°C wieder auf rund 1% bei 120 – 180 g Stückgewicht.

Der Futterquotient (FQ) wurde alle 14 Tage aus Futteraufnahme/Biomassezuwachs errechnet. Da erst ab Tag 65 bis exakt zum Sättigungsgrad gefüttert wurde, sind auch erst die Daten und Ergebnisse ab Tag 79 relevant.

Die Linien zeigen den durchschnittlichen FQ je Versuchseinheit ab Tag 65. Auffällig ist vor allem die zunehmende Differenz zwischen den Versuchseinheiten bei abnehmender Temperatur. F1 zeigt kaum temperaturbedingte Schwankungen, während mit abnehmendem Fischmehl- und Fischölanteil der FQ stark ansteigt. Dies deutet auf eine schlechtere Verdaulichkeit der pflanzlichen Ersatzprodukte bei tiefen Temperaturen, vor allem unter 6°C, hin.

Zu Versuchsende lag der FQ beim traditionellen Futtermittel F1 bei 0,91. F2 folgte mit 0,96, F3 und F4 lagen bei 1,0.

Fettsäurenzusammensetzung in den Versuchsfuttermitteln:

Wie bereits oben angeführt, nimmt der Anteil der höherwertigen n-3 PUFA (z.B. EPA, DPA und DHA) in den Versuchsfuttermitteln mit zunehmendem Ersatz von Fischmehl und v.a. Fischöl durch pflanzliche Ersatzstoffe um 60 – 80% ab und wird durch ALA ersetzt.

Gesamtlipidgehalt und Fettsäurenzusammensetzung im Fischgewebe:

Es gab keinen signifikanten Unterschied im Gesamtlipidgehalt im dorsalen oder ventralen Muskelgewebe zwischen den Versuchsgruppen (*Tab. 3*).

Im dorsalen Muskelgewebe bestand kein signifikanter Unterschied im Gehalt von SAFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA oder in individuellen Fettsäuren (ALA, EPA, DHA) zwischen den Versuchsgruppen.

Fische aus F3 hatten einen höheren EPA – Anteil im ventralen Muskelgewebe als

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

jene aus F4. Es gab keinen signifikanten Unterschied im Gehalt von Fettsäuregruppen, ALA oder DHA im ventralen Muskelgewebe zwischen den Gruppen F1–F4.

Die Zusammensetzung der Fettsäuren des Muskelgewebes spiegelt nicht die Zusammensetzung im Futtermittel wieder. Es bestand kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen dem Ergebnis der Fettsäurenuntersuchung des Muskelgewebes und jenem der Futtermittel (*Abb. 7*).

	Ventral			
	F1	F2	F3	F4
Lipide total	86.5±21.7	84.2±26.6	223.1±118.9	103.1±66.8
SAFA	10.5±2.0	11.2±4.4	25.2±11.5	11.3±7.1
MUFA	6.1±2.7	6.9±2.7	14.7±6.6	5.9±4.2
PUFA	29.1±10.7	28.7±11.6	109.6±73.1	41.9±37.8
n-3 PUFA	14.9±2.0	14.8±5.3	27.3±9.2	12.0±5.9
n-6 PUFA	32.7±13.2	32.9±13.2	129.6±89.0	51.5±46.7
ALA	1.6±0.7	1.5±0.5	6.2±4.1	2.1±1.9
EPA	0.4±0.0	0.5±0.1	0.6±0.1	0.2±0.1
DHA	9.0±0.6	9.4±3.1	10.6±2.1	6.3±0.8

Tab. 4: *Lipid- und Fettsäuregehalt (mg pro g Trockengewicht) im Ventralmuskel*

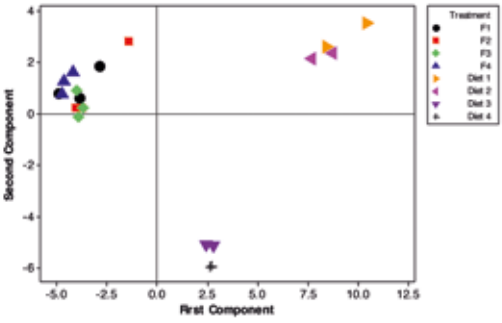

Abb. 7.: *Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse der Fettsäuremuster von Dorsalgewebe und Futtermitteln*

Diskussion:

Diese Studie zeigte, dass der teilweise Ersatz von Fischmehl und Fischöl durch Kürbiskernkuchen und Rapsöl in einer geringeren Wachstumsrate (insbesondere bei Fütterungsbeginn F4) pro Zeiteinheit und einer abnehmenden Biomasse der Saiblinge gegenüber F1 resultiert. Diese Ergebnisse stehen in direktem Widerspruch zu früheren Studien, welche keinen signifikanten Einfluss von Pflanzenmehl oder Rapsöl auf die SGR oder das Endgewicht von Zuchtfischen zeigten (Gomes et al., 1995; Guillou et al., 1995; Kaushik et al., 1995; Pettersson et al., 2009). Die Mehrheit der Studien, die keinen signifikanten Einfluss des Ersatzes von Fischmehl und Fischöl durch pflanzliche Produkte ergaben, lief allerdings bloß über relativ kurze Zeiträume von 12 bis 21 Wochen (Bell et al., 2001; Tocher et al., 2000, 2001; Torstensen et al., 2000). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie beruhen auf einem Zeitrahmen von 400 Tagen, in dem Seesaiblinge bei unterschiedlichen Temperaturen bis zur Schlachtreife gezogen wurden. Es ist daher möglich, dass der Einfluss der reduzierten Fischmehl- und Fischölbeigabe im Futter auf die Wachstumsrate zeit- und/oder temperaturabhängig ist.

Das Versuchsfutter F4 ergab eine signifikant geringere Biomasse, als jene Futter, die mehr als zweimal soviel Fischmehl und sechsmal soviel Fischöl enthielten (F1 und F2), was stark darauf hinweist, dass die Abnahme der biochemischen Futtermittelqualität einen direkten negativen Einfluss auf den Biomassezuwachs hat.

Der Gehalt an EPA und DHA im Muskelgewebe zeigt an, dass Seesaiblinge entweder ausreichend damit in allen Versuchsfuttermitteln versorgt wurden und/oder im Stande sind im Futter vorhandene ALA in n-3 LC-PUFA umzuwandeln.

Obwohl ein Abwärtstrend zu erkennen war, führte die Reduktion von Fischöl auf ein Sechstel nicht zu einer statistisch signifikanten Reduktion von EPA und DHA im Muskelgewebe, was auf eine selektive Rückhaltung (Akkumulation) dieser Fettsäuren hinweist.

Zusammenfassend zeigen die Resultate, dass der Einsatz von Kürbiskernkuchen und Rapsöl im Futter für Seesaiblinge die n-3 LC-PUFA in deren Gewebe nicht gravierend

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

reduziert, und die Fische somit ihren gesundheitlichen Wert in der menschlichen Ernährung behalten. Sehr wichtig ist festzuhalten, dass wir kaum unterschiedliche Wachstumsleistungen in F2 Fischen gemessen haben, obwohl das Fischmehl von 35% auf 22.5% reduziert wurde. Dieses Resultat ist ermutigend, da wir in Zukunft mit höheren Fischmehlpreisen zu rechnen haben und ein teilweiser Ersatz durch alternative, heimisch gewachsene Ressourcen erfolgen wird müssen.

DANKSAGUNG:

Diese Arbeit wurde finanziert von Österreichisches Lebensministerium (Projekt Nr. 100837; BMLFUW-LE.1.3.2/0051-II/1/2012) und GARANT Tiernahrung. Wir sind dankbar für die veterinärmedizinische Aufsicht durch Heinz Heistinger. Wir danken ebenso Katharina Drucker, Katharina Hader, Katharina Winter, und Zahra Changizi für ihre labortechnische Unterstützung.

LITERATUR:

Bell, J.G., Tocher, D.R., Farndale, B., Cox, D., McKinney, R., Sargent, J., 1997. The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation. Lipids 32, 515–525.

Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R., 2001. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid Metabolism. J. Nutr. 131, 1535–1543.

Drevon, C.A., 1992. Marine Oils and Their Effects. Nutrition Rev. 50, 38–45.

Gomes, E.d.F., Rema, P., Kaushik, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. Aquaculture 130, 177–186.

Guillou, A., Soucy, P., Khalil, M., Adambounou, L., 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture 136, 351–362.

Kaushik, S.J., Cravedi, J.P., Lalles, J.P., Sumpter, J., Fauconneau, B., Laroche, M., 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Aquaculture 133, 257–274.

Nyina-Wamwiza, L., Wathelet, B., Richir, J., Rollin, X., Kestemont, P., 2010. Partial or total replacement of fish meal by local agricultural by-products in diets of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*): growth performance, feed efficiency and digestibility. Aquacult. Nutr. 16, 237–247.

Pettersson, A., Pickova, J., Brännäs, E., 2009. Effects of crude rapeseed oil on lipid composition in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. J. Fish Biol. 75, 1446–1458.

Tacon, A.G.J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285, 146–158.

Tocher, D.R., Bell, J.G., Dick, J.R., Henderson, R.J., McGhee, F., Michell, D., Morris, P.C., 2000. Polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation and the effects of dietary linseed and rapeseed oils. Fish Physiol. Biochem. 23, 59–73.

Tocher, D.R., Bell, J.G., MacGlaughlin, P., McGhee, F., Dick, J.R., 2001. Hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition of liver in salmonids: effects of dietary vegetable oil. Comp. Biochem. Physiol. 130B, 257–270.

Tocher, D.R., 2003. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. Rev. Fisheries Sci. 11, 107–184.

Torstensen, B., Lie, O., Froyland, L., 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) – Effects of capelin oil, palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. Lipids 35, 653–664.

Torstensen, B.E., Espe, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagbo¸, R., Hemre, G.I., Fontanillas, R., Nordgarden, U., Hevroy, E.M., Olsvik, P., Berntssen, M.H.G., 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. Aquaculture 285, 193–200.

Turchini, G.M., Torstensen, B.E., Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Rev. Aquaculture 1, 10–57.

Waagbó, R., Hemre, G.I., Holm, J.C., Lie, O., 1995. Tissue fatty acid composition, haematology and immunity in adult cod, Gadus morhua L., fed three dietary lipid sources. J. Fish Dis. 18, 615–622.

Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J., Watson, R., 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. Science 314, 787–790.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichs Fischerei

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: 67

Autor(en)/Author(s): Hager H., Schneeberger Eduard, Kainz M.J.

Artikel/Article: Auswirkungen des teilweisen Ersatzes von Fischmehl und Fischöl durch Kürbiskernkuchen und Rapsöl im Fischfutter auf Wachstum und Fettsäuremuster des heimischen Seesaiblings (Salvelinus umbla) 153-158