

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 - Postbus 68 - 1970 AB IJmuiden - Tel.: +31 2550 64646

Afdeling: Aquakultuur

Rapport: AQ 91 - 09
De metaboliseerbaarheid van koolhydraten in de voeding van tarbot (*Scophthalmus maximus*)

Auteur: T.P. Bult

Project: 60.014 Zeeviskweek
Projectleider: Ir. A. Kamstra
Datum van verschijnen: November 1991

INHOUD		blz
i	Summary.....	1
ii	Samenvatting.....	2
1	Inleiding.....	3
1.1	Onderzoekskader.....	3
1.2	De metaboliseerbaarheid van koolhydraten door vissen....	3
1.3	Doel van het onderzoek	8
2	Materiaal & Methoden.....	9
2.1	Proefopstelling van het koolhydraatmetaboliseerbaarheids experiment.....	9
2.2	Proefopstelling van het verteerbaarheidsexperiment.....	13
2.3	Chemische analyses	14
3	Resultaten.....	16
4	Discussie.....	29
	Literatuur.....	33
	Appendices	

DIT RAPPORT MAG NIET GECITEERD WORDEN ZONDER TOESTEMMING VAN DE DIRECTEUR VAN HET R.I.V.O.

De metaboliseerbaarheid van koolhydraten bij tarbot
(*Scophthalmus maximus L.*).

T.P.Bult

verslag in het kader van een 840 sbu.
afstudeervak Visteelt (E450-121),
onder begeleiding van:
Ir. M.Nijhof,
Ir. L.T.N.Heinsbroek.

Vakgroep Visteelt en Visserij,
Landbouwniversiteit Wageningen.

maart, 1991.

Niets uit dit verslag mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de hoogleraar van de vakgroep Visteelt en Visserij van de Landbouwniversiteit Wageningen.

No part of this publication may be reproduced or published in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior written permission of the head of the Department of Fish Culture and Fisheries, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

ERRATUM:

p13, eerste alinea: (C)22/18(*) moet zijn: (C)13/27(*)

Inhoudsopgave.

i.	Summary.	p. 1
ii.	Samenvatting.	p. 2
1.	Inleiding.	
	1.1. Onderzoekskader.	p. 3
	1.2. De metaboliseerbaarheid van koolhydraten in vissen.	p. 3
	1.3. Doel van het onderzoek.	p. 8
2.	Materiaal en Methoden.	
	2.1. Proefopstelling van het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment.	p. 9
	2.2. Proefopstelling van het verteerbaarheidsexperiment.	p. 13
	2.3. Chemische analyses.	p. 14
3.	Resultaten.	p. 16
4.	Discussie.	p. 29
	Literatuur.	p. 33
	Bijlagen.	

Voorwoord.

Hierbij wil ik iedereen bedanken voor de hulp bij dit onderzoek naar de metaboliseerbaarheid van koolhydraten bij tarbot (*Scophthalmus maximus*): in de eerste plaats mijn begeleiders Mark Nijhof en Leon Heinsbroek en verder Andries Kamstra, Henk Bakkernes en Jan van der Heul voor de prettige samenwerking, het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) in IJmuiden voor het beschikbaar stellen van hun faciliteiten, het Nederlands Instituut voor Koolhydraatonderzoek (NIKO) in Groningen, in het bijzonder de heer Plieger en de heer Veen, voor het beschikbaar stellen van xanthomannan, het AVEBE in Foxhol voor het beschikbaar stellen van aardappelzetmeel, papierfabrikant CROWN & GELDER uit Velsen en veevoederfabrikant TROUW uit Putten voor het beschikbaar stellen van cellulose, de firma DANBY CHEMIE uit Amsterdam voor alle informatie over binders en het TNO in IJmuiden voor het beschikbaar stellen van hun apparatuur.

Dit verslag zou ik, als dank voor hun medewerking, willen opdragen aan alle tarbotten die in het kader van dit onderzoek zijn overleden.

i. Summary.

In fish, the percentage net energy within gross energy from dietary carbohydrates is determined by the digestibility of the carbohydrates and by the metabolizability of the digested carbohydrates.

The carbohydrate metabolizability experiment was set up to determine if carbohydrates are metabolized by turbot (*Scophthalmus maximus*). This experiment was also set up to determine if the addition of cellulose influences the experimental outcome. It used to be assumed that the growth characteristics are influenced by the energy density of the food presented, so cellulose was added to ensure that the energy density of the diets was the same.

Four different types of diet were made in such a way that all types of diet contained 60% protein energy. The rest of the energy was presented by means of carbohydrates and fat. All types of diet were made with and without the addition of cellulose. The energy density of the diets containing cellulose was the same. The energy density of the other diets varied.

Turbots were used, having an average weight of 110 g. The protein energy gift was the same for all fishes (0.94 mW g^{-1}). The carbohydrate energy gift and the fat energy gift varied ($0 - 0.30 \text{ mW g}^{-1}$ and $0.37 - 0.71 \text{ mW g}^{-1}$ respectively). The feeding rate ($\text{g food g}^{-1} \text{ fish}$) did not vary among the fishes that were fed the diets containing cellulose. The feeding rate ($\text{g food g}^{-1} \text{ fish}$) of the fishes that were fed the diets containing no cellulose varied.

The addition of cellulose did not significantly influence the growth characteristics ($\alpha=0.10$). The protein deposition did not vary among the diets ($\alpha=0.10$). The more carbohydrates were fed, the less fat was deposited ($\alpha=0.05$). The energetical value of the carbohydrates in the diets was 86% of the energetical value of the fat in the diets.

ii. Samenvatting.

Het percentage netto energie in de bruto koolhydraatenergie in een voeder wordt bepaald door de verteerbaarheid van de koolhydraten en mogelijk door de metaboliseerbaarheid van de verteerde koolhydraten.

Het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment moest duidelijk maken in hoeverre koolhydraten gebruikt worden voor de groei door tarbot (*Scophthalmus maximus*). Dit experiment moest ook duidelijk maken of de toevoeging van cellulose aan voeders de proefresultaten beïnvloedt. Bij experimenten in het verleden werd vaak aangenomen dat de energiedichtheid van het voeder de groeikarakteristieken beïnvloedt. Daarom werd vaak cellulose toegevoegd om te bereiken dat de gebruikte voeders niet verschilden in energiedichtheid.

Vier verschillende voedertypen werden gefabriceerd, zodanig dat 60% van de energie in het voer in de vorm van eiwitenergie aanwezig was. De overige energie werd in verschillende verhoudingen aangeboden in de vorm van koolhydraten en vetten. De vier voedertypen werden elk gefabriceerd in een variant waarbij cellulose was toegevoegd en een variant zonder cellulose. De voeders waaraan cellulose was toegevoegd hadden dezelfde energiedichtheid. De energiedichtheid van de voeders zonder cellulose varieerde.

Er werd gebruik gemaakt van tarbotten met een gemiddeld gewicht van 110 g. De eiwitenergiegift was bij alle vissen gelijk (0.94 mW g^{-1}). De koolhydraatenergiegift varieerde van $0 - 0.30 \text{ mW g}^{-1}$. De vetenergiegift varieerde van $0.37 - 0.71 \text{ mW g}^{-1}$. De voedergift (g g^{-1}) bij de vissen die werden gevoerd met het dieet waaraan cellulose was toegevoegd was gelijk. De voedergift (g g^{-1}) bij de vissen die werden gevoerd met het dieet waaraan geen cellulose was toegevoegd varieerde.

De toevoeging van cellulose had geen significante invloed op de groeikarakteristieken ($\alpha=0.10$). De eiwitaanzet van de vissen verschilde niet significant ($\alpha=0.10$). De vetaanzet van de vissen die werden gevoerd met de meer koolhydraatrijke voeders was significant kleiner ($\alpha=0.05$). De energetische waarde van de koolhydraten in het voeder was 86% van de energetische waarde van het vet in het voeder.

1. Inleiding.

1.1. Onderzoekskader.

Dit doctoraalonderzoek naar de metaboliseerbaarheid van koolhydraten door tarbot valt binnen een onderzoeksproject dat op het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek te IJmuiden wordt uitgevoerd in samenwerking met de vakgroep Visteelt en Visserij van de Landbouwwuniversiteit Wageningen. Het onderzoek richt zich op het onderkennen van stuurvariabelen in intensieve visteelsystemen met als doel rationele ontwerp- en managementcriteria te verkrijgen ten behoeve van dergelijke systemen. Het onderzoek wordt uitgevoerd aan de hand van de teelt van tarbot in een zeewater recirculatiesysteem met het oog op de mogelijke commerciële haalbaarheid van dit productiesysteem. De fase van het onderzoek waarin dit doctoraalonderzoek plaats vond richt zich voornamelijk op het optimaliseren van de voeding als zijnde de enige materiële input in het productiesysteem. Deze onderzoeksfase omvat theorievorming met betrekking tot visgroei in termen van visgewicht en vissamenstelling aan de hand van macronutriëne aspecten rond voeding. De metaboliseerbaarheid van koolhydraten door tarbot is hierbinnen één van de belangrijkste aspecten.

1.2. De metaboliseerbaarheid van koolhydraten in vissen.

Groei, uitgedrukt als gewichtstoename, wordt verklaard door de opname van eiwit (zie figuur 1). De groei wordt bepaald door de aanzet van eiwit. De aanzet van vet is niet van invloed op de groei maar wel op de energiedichtheid van het weefsel.

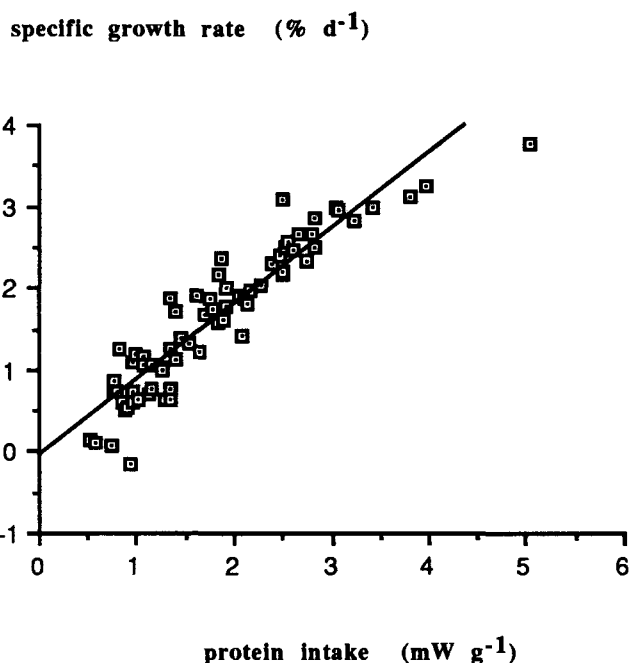


Figure 1. The influence of the protein intake on the specific growth rate of turbot (*Scophthalmus maximus*).

$R^2=0.866$; $n=72$ (significant correlation, $\alpha=0.01$)
data based on Adron et al. (1976); N.G.Andersen, pers. inf. (1986); Bromley (1980 A&B); Caceres-Martinez et al. (1984) and Nijhof, pers. inf. (1990).

Eiwit kan na vertering gebruikt worden voor processen die specifiek eiwit vereisen en processen die niet specifiek eiwit vereisen. Specifiek eiwit vereisende processen zijn die processen waarbij stikstof bevattende bestanddelen worden gesynthetiseerd. Na desaminatie van de verteerde aminozuren kunnen processen plaatsvinden die niet specifiek eiwit vereisen, zoals lipogenese of verbranding. Vet en eventueel koolhydraten kunnen na vertering gebruikt worden voor de lipogenese en de verbranding (Hepher, 1988). Hierbij wordt aangenomen dat de hoeveelheid koolhydraatenergie en vetenergie die wordt gebruikt voor processen anders dan lipogenese of verbranding verwaarloosd kan worden.

Indien een vis slechts eiwit wordt gevoerd op een niveau dat boven het onderhoudsniveau ligt, zal deze vis toch vet aanzetten. Dit wordt veroorzaakt doordat een vis van een bepaalde grootte een bepaalde minimale verhouding nastreeft tussen vet en eiwit in het visweefsel. Deze behoefte zal resulteren in een bepaalde verhouding tussen de vetaanzetsnelheid en de eiwitaanzetsnelheid.

Als naast een constante eiwitgift een toenemende hoeveelheid vet verstrekt wordt, dan zal de groei toenemen doordat voor een groter gedeelte van de energetische onderhoudsbehoefte vet uit het voeder wordt gebruikt, waardoor minder eiwit gebruikt wordt voor die processen die niet specifiek eiwitenergie vereisen. Dit wordt het eiwitparend effect van vet genoemd. De groei zal toenemen tot het moment dat geen eiwit meer wordt gebruikt voor de processen die niet specifiek eiwit vereisen. Na dit moment zal een verhoging van de vetgift alleen resulteren in een vergroting van de vetaanzetsnelheid (zie figuur 2).

Als wordt aangenomen dat de verteringscoëfficiënten, de efficiëntie waarmee lichaamseiwit opgebouwd wordt uit verteerd eiwit, de efficiëntie waarmee lichaamsvet opgebouwd wordt uit verteerd eiwit en verteerd vet en de efficiëntie waarmee energie voor het onderhoud wordt vrijgemaakt uit eiwit en vet, niet beïnvloed worden door de voedergift, dan kan figuur 2 als volgt worden beschreven:

In het eerste deel van de figuur wordt het eiwit uit het voer gebruikt voor de aanzet van eiwit, de aanzet van vet en het onderhoudsmetabolisme. Vet uit het voer wordt alleen gebruikt voor de lipogenese. De verhouding tussen de vetaanzetsnelheid en de eiwitaanzetsnelheid wordt bepaald door de verhouding tussen de hoeveelheid eiwit en vet in het weefsel van de vis dat wordt nagestreefd. Tussen de vetgift en de groei bestaat een lineair verband.

In het tweede deel van de figuur wordt het eiwit uit het voer gebruikt voor de aanzet van eiwit, de lipogenese en voor het onderhoudsmetabolisme, waaronder metabole processen die niet specifiek eiwit vereisen. Vet uit het voer wordt gebruikt voor de verbranding en voor de lipogenese. De energiebehoefte voor verbranding wordt dus gedekt door zowel eiwit als vet. De verhouding tussen de hoeveelheid eiwitenergie en de hoeveelheid vetenergie dat wordt gebruikt voor het onderhoudsmetabolisme wordt bepaald door de nagestreefde verhouding tussen de vetaanzetsnelheid en de eiwitaanzetsnelheid. Als meer vet wordt verstrekt zal een groter deel van het onderhoudsmetabolisme gedekt worden door vet. Tussen de vetgift en de groei bestaat geen lineair verband.

In het derde deel van de figuur wordt het eiwit uit het voer gebruikt voor de aanzet van eiwit en voor het onderhoudsmetabolisme, waaronder metabole processen die specifiek eiwit vereisen. Vet uit het voer wordt gebruikt voor de verbranding en voor de lipogenese. Na correctie voor de verteerbaarheid en na aftrek van dat gedeelte van het eiwit dat voor het onderhoudsmetabolisme wordt gebruikt is de aanzetsnelheid een vaste fractie van de eiwitgift.

Indien bij een bepaalde voedergift een vis groeit, maar het % lichaamsvet afneemt, dan zal bij ongewijzigde voedergift het % lichaamsvet dalen totdat de verhouding tussen de vetdepositie en de eiwitdepositie gelijk is aan de gewenste verhouding tussen vet en eiwit in het lichaam. Hierna zal de lichaamssamenstelling van de vis niet veranderen, tenzij de voedergift of de gewenste minimale verhouding tussen vet en eiwit in het lichaam verandert. Als het % lichaamsvet kleiner is dan het gewenste % lichaamsvet, dan zal de verhouding tussen de vetdepositie en de eiwitdepositie groter zijn dan de minimaal gewenste verhouding tussen vet en eiwit in het lichaam.

De verwerking van koolhydraten in visvoeders kan resulteren in een verhoging van de hoeveelheid leverglycogeen (Bergot, 1979B; Caceres-Martinez et al., 1984; Cowey et al., 1975; Hemre et al., 1989; Hilton & Atkinson, 1982; Refstie & Austreng, 1981; Shimeno et al., 1979), levervet (Austreng et al., 1977; Shimeno et al., 1979) en soms visceraal vet (Bergot, 1979A). Bij een aantal experimenten resulteerde een koolhydraatgift in een betere groei (Bergot, 1979A; Cowey et al., 1975; Degani & Viola, 1987), een vergroting van de eiwittefficiëntie (Bergot, 1979A; Buhler & Halver, 1961; Cowey et al., 1975; Degani & Viola, 1987; Lee & Putnam, 1973; Pieper & Pfeffer, 1978; Refstie & Austreng, 1981) of een verhoging van het vetgehalte in het karkas (Degani & Viola, 1987; Cowey et al., 1975). Bij een aantal andere experimenten nam de groei (Austreng et al., 1977; Edwards et al., 1977A; Hilton & Atkinson, 1982; Refstie & Austreng, 1981), de eiwittefficiëntie (Adron et al., 1976; Austreng et al., 1977) en het vetgehalte (Adron et al., 1976; Austreng et al., 1977; Hilton & Atkinson, 1982) juist af.

protein deposition (mW g⁻¹) or specific growth rate (% d⁻¹)

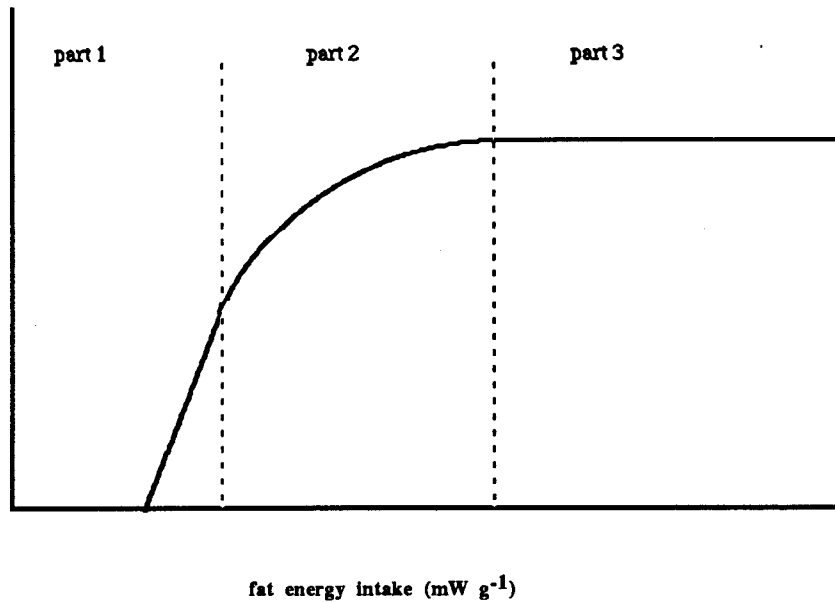


Figure 2. The influence of the fat intake at a constant protein intake level on the growth of fish.

PenWav:	protein gift (mW g ⁻¹)
FenWav:	fat gift (mW g ⁻¹)
dP:	digestible protein = digestibility of protein * PenWav (mW g ⁻¹)
dF:	digestible fat = digestibility of fat * FenWav (mW g ⁻¹)
PD:	protein deposition (mW g ⁻¹)
FDf:	fat deposition, originating from fat (mW g ⁻¹)
FDp:	protein deposition, originating from protein (mW g ⁻¹)
M:	energy needed for maintenance (mW g ⁻¹)
Mf:	maintenance energy originating from fat (mW g ⁻¹)
Mp:	maintenance energy originating from protein (mW g ⁻¹)
Mpnp:	maintenance en. for not specific protein demanding processes, originating from protein (mW g ⁻¹)
Mpsp:	maintenance energy for specific protein demanding processes, originating from protein (mW g ⁻¹)
Ef.dP-PD:	efficiency dP - PD (assumed to be constant)
Ef.dP-FDp:	efficiency dP - FDp (assumed to be constant)
Ef.dP-Mp:	efficiency dP - Mp (assumed to be constant)
Ef.dF-FDf:	efficiency dF - FDf (assumed to be constant)
Ef.dF-Mf:	efficiency dF - Mf (assumed to be constant)
z:	PD/FD, needed to achieve preferred body composition
part 1:	$PD = (Ef.dP-PD) * (dP - M / (Ef.dP-Mp) - FDp / (Ef.dP-FDp))$ $FD = FDp + (Ef.dF-FDf) * dF$ $PD/FD = z$ $M = Mp$
part 2:	$PD = (Ef.dP-PD) * (dP - FDp / (Ef.dP-FDp) - (Mpsp + Mpnp) / (Ef.dP-Mp))$ $FD = FDp + (Ef.dF-FDf) * (dF - Mf / (Ef.dF-Mf))$ $PD/FD = z$ $M = Mpsp + Mpnp + Mf$
part 3:	$PD = (Ef.dP-PD) * (dP - Mpsp / (Ef.dP-Mp))$ $FD = (Ef.dF-FDf) * (dF - (M - Mpsp) / (Ef.dF-Mf))$ $M = Mpsp + Mf$

De metaboliseerbaarheid van koolhydraten kan worden onderzocht op enzymatisch en op hormonaal niveau door bestudering van de activiteiten van enzymen en hormonen zoals glucokinase en hexokinase, fosfofructokinase, pyrodruvezuurkinase en insuline. Deze benadering kan duidelijk maken op welke wijze de koolhydraten worden gemetaboliseerd. Deze benadering kan echter niet duidelijk maken wat de efficiënties zijn waarmee de koolhydraten worden gemetaboliseerd. Indien de metaboliseerbaarheid van koolhydraten wordt onderzocht op voedertecnisch niveau, waarbij verschillen in de groeikarakteristieken verklaard worden door verschillen in de toegediende voeders, dan kunnen deze efficiënties wel worden gekwantificeerd.

Het gebruik van koolhydraten door vissen kan alleen worden onderzocht op voedertecnisch niveau door bij een vastgestelde eiwitenergiegift en niet-eiwitenergiegift de bijdrage van de koolhydraten in de niet-eiwitenergiegift te variëren, of door bovenop een vastgestelde eiwit- en vetenergiegift een variabele koolhydraatgift toe te passen. Verder moeten de vissen zowel aan het begin als aan het einde van de proefperiode worden geanalyseerd. Een dergelijke benadering werd zelden gebruikt. Hierdoor zijn de resultaten van veel experimenten onduidelijk, tegenstrijdig en soms zelfs onjuist.

Geen enkel onderzoek met tarbot, waarbij voeders werden gebruikt die koolhydraten bevatten (Adron et al., 1976; Caceres-Martinez et al., 1984; Jollivet et al., 1988), voldoet aan de voornoemde eisen:

Adron et al. (1976) concludeerden dat bij een constant eiwitgehalte en een toenemend energiegehalte in het voeder de groei en de eiwittefficiëntie van de tarbot toeneemt. Bij een vergelijkbaar energiegehalte in het voeder (12.5 MJ kg^{-1}) zou de eiwittefficiëntie van voeders die 35% eiwit bevatten groter zijn dan bij voeders die 50% eiwit bevatten. Verder menen deze auteurs een eiwitparend effect van koolhydraten aan te kunnen tonen. De eiwitgift varieerde echter bij dit experiment (zie appendix 1) en de dataset werd niet op een verantwoorde wijze statistisch onderzocht, waardoor deze conclusies niet gerechtvaardigd zijn.

Caceres-Martinez et al. (1984) stelden dat vet een negatieve invloed heeft op de groei en de voederconversie. Deze conclusie is niet juist omdat bij dit experiment de eiwitgift sterk varieerde. Het verschil in groei en voederconversie is ook te verklaren door de verschillen in de eiwitgift. Het feit dat bij een voeder dat 37.5% eiwit, 37.5% koolhydraten en 20% vet bevatte de hoogste eiwittefficiëntie werd waargenomen ligt voor de hand, omdat bij dit voeder de verhouding tussen de eiwitenergiegift en de niet-eiwitenergiegift het kleinst is. Tevens was bij dit voeder de niet-eiwitenergiegift het grootst (zie appendix 1). De hoogste groeisnelheid werd bereikt met een voeder dat 69.8% eiwit en 10% vet bevatte. De tarbotten die met dit voeder werden gevoerd hadden tevens de grootste eiwitopname. Omdat de eiwitopname sterk bepalend is voor de groei ligt het voor de hand dat de groeisnelheid het hoogst was bij dit voeder.

Jollivet et al. (1988) hebben onderzoek gedaan naar de koolhydraatvertering van tarbot. De tarbotten werden niet geanalyseerd na afloop van het experiment, waardoor het niet mogelijk is conclusies te trekken m.b.t. de metaboliseerbaarheid van de koolhydraten.

Koolhydraten worden door veel vissoorten relatief slecht gemetaboliseerd. Dit zou in de eerste plaats veroorzaakt kunnen worden doordat de koolhydraten onvoldoende verteerd worden in het maagdarkanaal. De enzymatische afbraak van koolhydraten is afhankelijk van de koolhydraatgift (Inaba et al., 1963), de toegankelijkheid van de koolhydraten voor de verteringsenzymen (Spannhof & Plantikow, 1983), de activiteit van de verteringsenzymen, de temperatuur en het product darmoppervlak*contacttijd (Jollivet et al., 1988).

De activiteit van de verteringsenzymen is afhankelijk van de temperatuur en van de voedergift. Een vergroting van de koolhydraatgift kan de verteerbaarheid van de koolhydraten doen afnemen (Inaba et al., 1963), doordat de amylases aan de koolhydraten worden geabsorbeerd (Spannhof & Plantikow, 1983) waardoor de activiteit van de amylases vermindert. Bij hogere koolhydraatgift en bij koolhydraten met een grotere ontsluitingsgraad zullen meer amylases worden gesecerneerd (Jollivet et al., 1988). Een vergroting van de gift van niet-ontsloten zetmeel kan de eiwitverteerbaarheid doen toenemen (Jollivet et al., 1988).

De toegankelijkheid van koolhydraten voor verteringsenzymen wordt beïnvloed door de ontsluitingsgraad en de polymerisatiegraad van de koolhydraten (Bergot, 1979A; Edwards et al., 1977A). Het koken van koolhydraten kan de verteerbaarheid doen toenemen tot ongeveer 90% (Bergot & Breque, 1983; Buhler & Halver, 1961; Degani & Viola, 1987; Edwards et al., 1977A; Pieper & Pfeffer, 1978). Bij tarbot werden verteringscoëfficiënten voor glucose van ongeveer 0.95 waargenomen (Jollivet et al., 1988).

Een toename in de hoeveelheid niet ontsloten koolhydraten doet de maagledigingssnelheid toenemen (Jollivet et al., 1988; Spannhof & Plantikow, 1983) waardoor de vertering minder efficiënt verloopt. Bij tarbot bleek de maagledigingssnelheid bij 18°C hoger te zijn dan bij 13°C. De maagledigingssnelheid was lager indien minder werd gevoerd (Jollivet et al., 1988).

Een tweede mogelijkheid die de slechte metaboliseerbaarheid van koolhydraten kan verklaren is dat de absorptiesnelheid van de monosacchariden vanuit de darm in het bloed bepalend is voor de efficiëntie waarmee de monosacchariden gebruikt worden voor de lipogenese en de verbranding. Maar omdat werd aangetoond dat vissen goed in staat zijn glucose op te nemen indien glucose wordt gevoerd (Furuichi et al., 1986; Furuichi & Yone, 1980), werd aangenomen dat de absorptiesnelheid niet limiterend is voor de metaboliseerbaarheid van de koolhydraten.

Een derde mogelijkheid die de slechte metaboliseerbaarheid van koolhydraten kan verklaren is dat de geabsorbeerde monosacchariden onvoldoende gemetaboliseerd worden. Het feit dat zelfs bij vissen die niet worden gevoerd, de oxidatie van substraten anders dan glucose voorrang krijgt boven de mobilisatie en hydrolyse van glycogeen en oxidatie van het hieruit verkregen glucose (Cowey et al., 1975; Cowey & Sargent, 1979; Lie et al., 1988), vormt een aanwijzing dat de aerobe oxidatie van glucose bij vis gelimiteerd is. Het vormt tevens een indicatie dat de vraag van weefsels die in de eerste plaats glucose kataboliseren (hersenen- en zenuwweefsel) eerder gluconeogenese dan glycolyse toepassen, en dat de bloedglucosespiegel voornamelijk door de gluconeogenese wordt bepaald (Cowey et al., 1975; Cowey & Sargent, 1979).

Onder invloed van insuline wordt glucose uit het bloed in de cel getransporteerd. Onder invloed van hexokinase en/of glucokinase wordt het glucose omgezet in glucose-6-fosfaat (G6P). G6P kan vervolgens gebruikt worden voor de vorming van glycogeen, het kan de pentosefosfaatcyclus ingaan of gebruikt worden in de glycolyse. G6P dat de pentose fosfaatcyclus ingaat, wordt uiteindelijk omgezet in ribose-5-fosfaat. Deze laatstgenoemde verbinding kan op twee plaatsen in de glycolyse opgenomen worden: na omvorming tot fructose-6-fosfaat en na omvorming tot glycerinealdehyde-3-fosfaat. Aan het einde van de glycolyse ontstaat pyrodruivezuur. Het pyrodruivezuur wordt omgezet in geactiveerd azijnzuur, dat vervolgens wordt opgenomen in de citroenzuurcyclus.

Indien de efficiëntie waarmee glucose wordt gebruikt voor de assimilatie en de dissimilatie gelimiteerd is, dan zijn met name die enzymen interessant die bij de voornoemde processen snelheidsbepalend zijn. Deze enzymen zijn: het glucokinase, het fosfofructokinase en het pyrodruivezuurkinase (Es & Boekholt, 1981; Weber et al., 1965A&B). Glucokinase is van invloed op de omzetting: $\text{glucose} + \text{ATP} \Rightarrow \text{G6P} + \text{ADP}$. Dit proces staat ook onder invloed van hexokinase. Hexokinase is vooral van belang als de glucosespiegel relatief laag is. Glucokinase is vooral van belang bij een plotselinge stijging van de bloedglucosespiegel, bijvoorbeeld na voeding. Fosfofructokinase is van invloed op de omzetting: $\text{fructose-6-fosfaat} + \text{ATP} \Rightarrow \text{fructose-1,6-difosfaat} + \text{ADP}$. Pyrodruivezuurkinase is van belang bij de omzetting: $\text{ADP} + \text{fosfoënoppyrodruivezuur} \Rightarrow \text{ATP} + \text{pyrodruivezuur}$. De omzetting van G6P tot pyrodruivezuur is mogelijk zonder dat fosfofructokinase een rol speelt: G6P kan via de pentose fosfaatcyclus uiteindelijk omgezet worden in glycerinealdehyde-3-fosfaat, dat wordt opgenomen in de glycolyse. Doordat de pentosefosfaatcyclus slechts een klein deel van de G6P opneemt en voornamelijk bedoeld is voor de vorming van stoffen die nodig zijn voor syntheses en niet zozeer voor de vorming van ATP (Brown, 1960; Es & boekholt, 1981), zal het fosfofructokinase toch bepalend zijn voor de verwerkingssnelheid van het glucose in de glycolyse.

Indien een vis niet of nauwelijks in staat is induceerbaar glucokinase te produceren, dan is deze vis wel in staat glucose te verwerken m.b.v. hexokinase, maar bij een plotselinge stijging van het glucosegehalte in het bloed zal de vis niet in staat zijn deze overmaat te verwerken. Hierdoor zal mogelijk een deel van het glucose via de urine of de kieuwen verwijderd worden (Hemre et al., 1989). Bij de schol kon geen glucokinaseactiviteit worden waargenomen, ook niet bij dieeten waaraan glucose of dextrine was toegevoegd (Cowey et al., 1975).

De activiteiten van veel enzymen en hormonen bereiken pas na enige tijd na toediening van monosacchariden een maximum (Furuichi et al., 1986). Hierdoor zal bij een gelijkmatige toediening van monosacchariden de efficiëntie waarmee de monosacchariden worden gemetaboliseerd toenemen (Pieper & Pfeffer, 1978; Spannhof & Plantikow 1983).

Een aantal auteurs zien de relatief slechte koolhydraatmetaboliseerbaarheid van veel vissoorten als het gevolg van een evolutionair proces dat er toe heeft geleid dat organismen, die in hun voedsel van nature weinig of geen koolhydraten aantreffen, het vermogen om koolhydraten te verteren en te benutten hebben verloren, of niet hebben ontwikkeld (Cowey et al., 1975; Hemre et al., 1989; Hopher, 1988; Spannhof & Plantikow 1983). Dit zou ook verklaren dat carnivore vissen vaak slechter in staat zijn koolhydraten te gebruiken dan omni- of herbivore vissen (Furuichi et al., 1986; Furuichi & Yone, 1980; Furuichi & Yone, 1981; Nagayama et al., 1972; Shimeno et al., 1977).

1.3. Doel van het onderzoek.

De teelt van tarbot is de laatste jaren sterk in de belangstelling gestegen, vooral in de meer zuidelijk gelegen Europese landen. In de periode 1980-1986 steeg de tarbotproductie van 50 naar 100 ton (Cachelou, 1989). Verwacht wordt dat de productie in 1992 ongeveer 2.200 ton zal bedragen. Een overzicht van algemene informatie m.b.t. tarbot is te vinden in tabel 1.

Table 1. Basic information on turbot (*Scophthalmus maximus*).

distribution:	North Atlantic Ocean, from North Africa to Norway and the Baltic sea, the Mediterranean and the Black Sea	
habitat:	sandy/rocky bottoms at 20-70 m depth	
max.weight:	10-15 kg	
mature:	5 years	
spawning:	time:	April - August
	depth:	10-40 m
eggs:	diameter:	1 mm
	hatch:	after 10-5 days at a temperature of 10-15°C
larvae:	The pelagic larvae (initial length: 3 mm.) live along the shallow coastal waters until autumn. After metamorphosis (length at metamorphosis: 2 cm.) they migrate into deeper waters.	
annual catch:	10.000 tonnes	
price:	10-20 US\$ kg ⁻¹	
turbot culture:	opt.temp.:	17°C
	growth:	2 kg. in 2 years
	diseases:	Trichodina, Vibriosis
	survival until fed on artificial diets:	0-30%

(Fonds, 1981; Paulsen, 1988)

De tarbotproductie wordt voor een belangrijk deel gelimiteerd door de productie van pootvis. Dit gebrek aan pootvis wordt veroorzaakt door een hoge mortaliteit in de vroege levensstadia (Person-Le Royet, 1987). Onderzoek is dan ook vooral gericht op de groei en ontwikkeling van de tarbotlarven. Onderzoek van de groei en ontwikkeling van tarbot tijdens de afmestfase is schaars. Door dit doctoraalonderzoek wordt deze schaarste hopelijk enigszins doorbroken.

Het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment moest duidelijk maken in hoeverre koolhydraten gebruikt worden voor de groei. Koolhydraten worden verteerd door tarbot. Het is echter niet duidelijk in hoeverre de verteerde koolhydraten gemetaboliseerd worden. Gezien het onderzoekskader waarbinnen het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment werd uitgevoerd, werd besloten om de metaboliseerbaarheid te onderzoeken op voedertechneisch niveau door bestudering van de groeikarakteristieken bij verschillende voeders. Het experiment moest ook duidelijk maken of de toevoeging van cellulose aan voeders de proefresultaten beïnvloedt. De toevoeging van cellulose werd in het verleden vaak toegepast om te bereiken dat de gebruikte voeders niet verschillen in energiedichtheid. Hierdoor hadden de vissen met dezelfde energieopname tevens dezelfde voeropname (g voer per g vis). De toevoeging van cellulose kan echter de resultaten beïnvloeden (Adron et al., 1976; Bergot & Breque, 1983; Buhler & Halver; Jollivet et al., 1988; 1961; Kawai & Ikeda, 1973). Het gebruik van koolhydraten kan tot uitdrukking komen in de eiwitbenutting, de energie conversie efficiëntie, de vetdepositie en de groei.

2. Materiaal en Methoden.

Het onderzoek bestond uit twee gedeelten. Een voederexperiment voor het bepalen van de metaboliseerbaarheid van koolhydraten en een verteringsexperiment voor het bepalen van de verteerbaarheid van de macronutriënten uit het metaboliseerbaarheidsexperiment. In dit hoofdstuk zullen de proefopstellingen van deze twee experimenten apart behandeld worden. Het verteringsexperiment werd na het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment uitgevoerd.

2.1. Proefopstelling van het koolhydraatmetaboliseerbaarheids-experiment.

Verschillen tussen de voeders zullen mogelijk leiden tot een verschil in de aanzet van vet en in de specifieke groeisnelheid. Er werden zoveel mogelijk voeders per voedertype (met cellulose en zonder cellulose) gefabriceerd, onder de voorwaarde dat het verschil in de aanzet van vet of de specifieke groeisnelheid tussen twee willekeurige voeders binnen een voedertype significant ($\alpha=0.05$) aangetoond kon worden. Er kon gebruik worden gemaakt van 32 aquaria. Indien per voedertype 4 voeders zouden worden gefabriceerd, dan zouden per voeder 4 aquaria beschikbaar zijn. Op grond van de onderstaande formule werd afgeleid dat het verschil in de aanzet van vet of groei minimaal 24% moest bedragen om significant ($\alpha=0.05$) aangetoond te kunnen worden. Indien per voedertype 5 voeders zouden worden gefabriceerd, dan zouden per voeder 3 aquaria beschikbaar zijn. Het verschil in de aanzet van vet of groei moest in dat geval minimaal 30% bedragen.

$$n \geq 2 * (\sigma * \delta^{-1})^2 * (t_{\alpha(v)} + t_{\alpha v(1-P)})^2 \quad (\text{Sokal \& Rohlf, 1981})$$

n: aantal benodigde waarnemingen per voedertype (met cellulose en zonder cellulose)
 σ : standaarddeviatie van het te onderzoeken kenmerk (voor groei en % vet geschat op 10%)
a: aantal voeders per voedertype
P: 0.20, α : 0.05, v: a(n-1)

Het kleinste relatieve verschil in % vet is het verschil tussen de voeders (C)31/9 - (C)40/0. Dit verschil is 23%. Er werd aangenomen dat de groei bij dit experiment kon worden beschreven volgens de vergelijkingen die behoren bij het derde deel van figuur 2 (zie figuur 2). Indien het onderhoudsniveau vrijwel 0 is, dan zal een verandering in de vetgift met 23% leiden tot een verandering in de aanzet van vet met 23%. Indien het onderhoudsniveau niet 0 is, dan zal de verandering in de aanzet van vet groter zijn dan 23%. Het verschil in de aanzet van vet tussen twee voeders zal dus minimaal 23% bedragen. Als meer voeders per voedertype zouden worden geproduceerd, dan zal het onderlinge verschil in % vet in de voeders kleiner worden, en het verschil in de aanzet van vet of groei zal groter moeten zijn om het verschil tussen twee willekeurige voeders nog aan te kunnen tonen. Daarom werden 4 voeders per voedertype gefabriceerd en elk voeder werd aan 4 aquaria verstrekt.

De voeders werden gefabriceerd met behulp van een Hobart meng/maal/pelleteermachine (model: 84181DG). De grondstoffen en de voeders worden beschreven in tabel 2 en tabel 3.

Table 3. Composition of the diets.

diet	13/27*	22/18	31/9	40/0	C13/27*	C22/18	C31/9	C40/0	13/27	C13/27	D22/18	D22/18*
total energy (MJ kg ⁻¹)	20.27	21.28	22.97	24.63	19.73	19.49	19.55	19.46	19.82	19.29	21.23	21.7
% protein energy	58	59	58	57	59	58	58	57	58	58	58	58
% fat energy	14	23	33	43	14	24	33	43	14	14	24	23
% carbohydrate energy	28	18	9	0	27	18	9	0	28	28	18	18
% dry matter	50.8	50.2	50.3	50.2	52.2	50.7	50.7	48.4	51.1	50.6	50.2	49.5
% protein (d.m.)	49.8	52.7	56.5	59.5	48.8	47.8	47.7	47	48.8	47.3	52.2	53.5
% fat (d.m.)	7.1	12.4	19	26.7	7	11.6	16.3	21.1	7	6.8	12.7	12.8
% c.h. 1 (d.m.)	34.5	26	15.1	3.8	36.1	32.5	27.5	23.3	35.9	38.2	25.1	23.7
% c.h. 2 (d.m.)	32.5	22.4	12	0	31	20.6	10.4	0	31.6	31	22.1	22.8
% ash (d.m.)	8.6	8.9	9.4	10	8.1	8.1	8.5	8.6	8.3	7.7	10	10
diet comp. (g kg⁻¹)												
blue whiting	531.1	548.8	585.1	625	505.2	505.7	505.8	505.9	516.5	505.6	543.1	559.8
fishmeal	225.7	233.3	248.7	265.6	214.7	214.9	215	215	219.5	214.9	230.8	237.9
fish oil	0	24.7	52.7	84.4	0	22.8	45.5	68.3	0	0	24.4	25.2
vitamin mix	5.3	5.5	5.9	6.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.1	5.4	5.6
cooked potato starch	173.1	119.1	63.8	0	164.7	109.7	55.1	0	168.4	164.8	117.8	121.5
cellulose	0	0	0	0	25.5	41.7	72.3	103	0	11.1	0	0
binder	0	16.5	17.6	18.8	0	15.2	15.2	15.2	15.5	15.2	16.3	0
diatomaceous silica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1	5.3
water	64.8	52.1	26.3	0	84.9	85	86	87.5	74.9	83.4	57	44.8

total energy: based on dry matter, assuming:
 1 g fat = 39.55 kJ
 1 g carbohydrates = 17.48 kJ
 1 g protein = 23.65 kJ

% carbohydrates 1: 100-%protein-%fat-%ash
 % carbohydrates 2: estimated % carbohydrates that have a nutritional value for the fish.
 Only the carbohydrates from the cooked potato starch are supposed to have a nutritional value for the fish.
 All calculations are based on carbohydrate 2.

binder: xanthomannan

Diet D22/18 and D22/18* were used for the digestibility experiment. The other diets were used for the carbohydrate metabolizability experiment.

Table 2. Composition of the ingredients.

ingredient	%DM	%P	%F	%CH	%ASH
fresh blue whiting	21	85.7	4.8	0	9.5
fishmeal (Danish, low temperature)	98	76	12.9	0	12.4
herring oil (SMIT&Zn., Weesp)	100	0	99.8	0	0.2
vitamin mix (PROVIMI, Rotterdam)	90	56.7	15.3	13	15
cooked potato starch (AVEBE, Foxhol)	93.9	0	0	100	0.5
cellulose	93.7	0	0	100	0.5
binder (NIKO, Groningen)	90	3.3	0	91.1	5.6
water	0	0	0	0	0
diatomaceous silica	95	0	0	0	100

binder: xanthomannan

%DM: % dry matter

The %protein (%P), %fat (%F), %carbohydrates (%CH) and the %ash (%ASH) are based on dry material.

The heads and viscera of the blue whiting (*Micromesistius poutassou*) were removed.

Het maximale koolhydraatenergiegehalte was iets kleiner dan het maximale koolhydraatenergiegehalte dat bij experimenten in het verleden werd toegepast (zie appendix 1, (Caceres-Martinez et al., 1984)). Alle voeders waren zodanig van samenstelling dat ongeveer 60% van de energie in het voer in de vorm van eiwitenergie aanwezig was. De overige energie werd aangeboden in de vorm van koolhydraten (Paselli WA4, AVEBE, Foxhol) en vetten, in verschillende verhoudingen. Bij het samenstellen van de voeders werd de verhouding tussen blauwe wijting (*Micromesistius poutassou*), vismeel, vitaminemix en xanthomannan (indien toegevoegd) gelijkgehouden. (resp 100 : 42.5 : 1 : 3) Hierdoor was het aminozurenpatroon bij alle voeders gelijk. De voeders werden gefabriceerd in een variant waarbij cellulose was toegevoegd, waardoor de energiedichtheid van deze voeders gelijk was, en een variant zonder cellulose. De energiedichtheid van de voeders zonder cellulose varieerde.

De geproduceerde pellets werden ingevroren (-30°C) en in bevroren toestand gevoerd. Tot het gebruik van bevroren pellets, gebonden d.m.v. xanthomannan, werd besloten op grond van ervaringen uit het verleden (zie appendix 2).

In eerste instantie werden de voeders 13/27, 22/18, 31/9, 40/0, C13/27, C22/18, C31/9 en C40/0 gebruikt. Per voeder waren 4 aquaria beschikbaar. De voeders werden door loting over de aquaria verdeeld. Per aquarium werden 11 vissen gehuisvest. De gebruikte vissen waren afkomstig uit dezelfde populatie en hadden dezelfde voorgeschiedenis. Twee weken voor het begin van het experiment werden de vissen in de aquaria ondergebracht. Tot aan het begin van de voederproef werden de vissen tot verzadiging gevoerd met een standaardvoer d.m.v. een bandvoerautomaat. Het standaardvoer leek qua samenstelling sterk op voeder 40/0, als binder werd echter gebruik gemaakt van carboxymethylcellulose (4% van de droge stof) i.p.v. xanthomannan. Het standaardvoer dat voorafgaand aan het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment werd gevoerd bevatte geen aardappelzetmeel. Doordat de vissen niet gewend waren aan de koolhydraten, zou de metaboliseerbaarheid van de koolhydraten iets verlaagd kunnen zijn (Furuichi et al., 1986; Furuichi & Yone, 1980).

Een kort overzicht van de omstandigheden waaronder de vissen werden gehuisvest is te vinden in tabel 4.

Table 4. Rearing conditions of the turbot (*Scophthalmus maximus*).

type of rearing system:	recirculation system
watertemperature:	16.5-18°C
oxygen content:	110% saturation at outlet
hours light/dark:	12/12
pH:	7.1-7.4
NH ₄ -N:	<0.6 g m ⁻³
NO ₂ -N:	<0.05 g m ⁻³
NO ₃ -N:	<90 g m ⁻³
salinity:	33.00 kg m ⁻³
feeding technique:	by hand

carbohydrate metabolizability experiment:

aquarium:	length:	0.30 m
	width:	0.29 m
	height:	0.38 m
	waterlevel:	0.34 m
flow rate:		4 l min ⁻¹

digestibility experiment:

aquarium:	length:	1 m
	width:	1 m
	height:	0.4 m
	waterlevel:	0.30 m
flow rate:		6 l min ⁻¹

De vissen werden geresliceerd gevoerd gedurende 42 dagen. Aan het begin van het experiment werd het totale visgewicht per aquarium bepaald. Op grond van deze gewichten werd per aquarium een portie voer vastgesteld voor een aantal dagen (40-100 g moistvoer per aquarium), op zodanige wijze dat de eiwitgift (= g eiwit per g lichaamsgewicht) gelijk was bij alle aquaria. De vissen die werden gevoerd met de voeders waaraan cellulose was toegevoegd kregen alle dezelfde voergift (g voer per g vis). De voergift bij de andere vissen varieerde. De afgewogen porties werden zo gevoerd dat ze alle op dezelfde dag volledig waren opgenomen. Dit hield in dat bij sommige aquaria meer moeite moest worden gedaan om het voer op te laten nemen dan bij andere. Het aantal malen dat voer werd aangeboden per dag verschilde per aquarium. Zodra de porties waren opgenomen werden nieuwe porties berekend op grond van de visgewichten aan het begin van het experiment. Indien bij de vorige porties de berekende voergift verschilde van de afgewogen voergift dan werd hiervoor gecorrigeerd. Vervolgens werden ook deze porties op de beschreven manier gevoerd. De afgewogen porties werden over het algemeen in 3 tot 5 dagen gevoerd. Deze procedure werd herhaald tot na 13 dagen alle porties waren opgenomen. Op dag 14 werden de visgewichten opnieuw bepaald. Op basis van deze visgewichten werden opnieuw voergiften vastgesteld, eventueel gecorrigeerd voor een verschil in afgewogen en berekende voergift uit de vorige periode. Steeds werden om de 14 dagen de gemiddelde visgewichten bepaald. Op de dag voorafgaand aan deze gewichtsbepaling waren alle porties opgenomen. Door deze werkwijze kregen alle vissen eenzelfde eiwitgift met eenzelfde aminozurenpatroon en eenzelfde hoeveelheid vitamines en binder. Verschillen in groeikarakteristieken kunnen dus niet veroorzaakt worden door verschillen in eiwitgift of aminozurenpatroon. Indien xanthomannan nutritionele eigenschappen bezit, wat niet waarschijnlijk is (zie appendix 2), dan zal dit niet leiden tot verschillen in groeikarakteristieken tussen de verschillende voeders doordat alle vissen eenzelfde xanthomannan gift kregen. Verschillen in vitaminegift worden alleen veroorzaakt door verschillen in vitaminegehalte in de ingrediënten die niet in een vaste verhouding werden toegevoegd aan het voer. Er werd aangenomen dat de toevoeging van de vitaminemix de behoefte hieraan ruimschoots heeft gedekt.

De voeders 22/18 en C22/18 werden zeer slecht opgenomen. Om te voorkomen dat hierdoor informatie werd verloren, werd na 3 dagen overgeschakeld op de voeders 22/18* en C22/18*. Het enige verschil tussen deze voeders is de aanwezigheid van binders. De geringe hoeveelheid van 22/18 en C22/18 die door de vissen werd opgenomen, werd genoteerd als zijnde 22/18* en C22/18*. Het gedeelte van de voeders 22/18 en C22/18 dat niet was opgenomen werd gewogen en gedroogd. De voedergift van de voeders 22/18* en C22/18* werd gecorrigeerd voor de opname van de voeders 22/18 en C22/18.

Na verloop van tijd bleek dat bij de aquaria 3, 5, 13, 15, 16, 17, 22, 24, 27, 28, 30 en 32 de voeders slecht werden opgenomen. Om te voorkomen dat de voeropname in deze aquaria de voeropname bij de andere aquaria te sterk verlaagde, werd besloten dat de de eiwitgift in de aquaria die het voeder redelijk opnamen niet meer werd bepaald door de voeropname in de aquaria die het voeder slecht opnamen. De tarbotten die het voeder slecht opnamen werden ad libitum gevoerd. De voedergift van de tarbotten in de aquaria die het voeder redelijk opnamen werd bepaald op de manier die hiervoor werd beschreven. De voedergift van de tarbotten in de aquaria die het voeder redelijk opnamen was groter dan de voedergift van de tarbotten die ad libitum werden gevoerd. De eiwitopname van de tarbotten die ad libitum werden gevoerd varieerde. Daarom werden de waarnemingen bij de tarbotten die ad libitum werden gevoerd niet gebruikt voor de bepaling van de koolhydraatmetaboliseerbaarheid.

Aan het begin van het experiment werd een monster genomen uit de populatie voor het bepalen van de lichaamssamenstellingen op dat moment (% eiwit, % vet, % as). Aan het einde van het experiment werden alle vissen gedood en vervolgens gevriesdroogd en vermalen. Per aquarium werd het mengmonster geanalyseerd.

Op grond van de karakteristieken van het initiële monster, de vissen aan het einde van de proefperiode en de voergiften konden groeikarakteristieken worden bepaald. Voor de samenstelling van de vis aan het begin van de proefperiode werd voor het asgehalte en het eiwitgehalte uitgegaan van het gewogen gemiddelde van het initiële monster. Het vetgehalte werd geschat m.b.v. het waargenomen verband tussen vetgehalte en visgewicht in het initiële monster. De metaboliseerbaarheid van de koolhydraten en de invloed van de cellulose toevoeging op de groeikarakteristieken werden onderzocht d.m.v. variantie- en regressieanalyse. De homogeniteit van de varianties werd onderzocht m.b.v. de F-max test (Sokal & Rohlf, 1981).

2.2. Proefopstelling van het verteerbaarheidsexperiment.

Twee verschillende voeders werden gefabriceerd met behulp van de Hobart meng/maal/pelleteermachine (voeder D22/18 en D22/18*). Beide voeders waren zodanig van samenstelling dat ongeveer 60% van de energie in het voer in de vorm van eiwitenergie aanwezig was. De overige energie werd aangeboden in de vorm van koolhydraten en vetten. De grondstoffen en de voeders worden beschreven in tabel 2 en tabel 3.

Bij het samenstellen van de voeders werd de verhouding tussen blauwe wijting, vismeel, vitamienmix en xanthomannan (indien toegevoegd) gelijkgehouden. (resp 100 : 42.5 : 1 : 3) Hierdoor was het aminozurenpatroon bij alle voeders gelijk. Diatomeeënaarde werd toegevoegd om het gehalte zuuronoplosbaar as te verhogen.

Het voer werd ingevroren (-30°C) en in bevroren toestand gevoerd aan 51 vissen met een gemiddeld gewicht van ongeveer 350 g. Deze vissen waren de snelle groeiers van dezelfde populatie die in het voornoemde voederexperiment werd gebruikt. Twee weken voor het begin van het experiment werden de vissen in de aquaria ondergebracht. Tot aan het begin van de voederproef werden de vissen 2 maal daags handmatig tot verzadiging gevoerd met hetzelfde standaardvoer dat in de vorige paragraaf werd vermeld. Een kort overzicht van de proefomstandigheden is te vinden in tabel 4. Beide voeders werden eerst gedurende 6 dagen gevoerd, voordat werd begonnen met het verzamelen van de faeces. De eiwitgift werd gelijk gehouden aan de eiwitgift uit het voederexperiment. Bij beide voeders werden de faeces over een periode van 5 dagen verzameld. Begonnen werd met het voeren van voeder D22/18*, vervolgens werd voeder D22/18 toegediend. De faeces werden verzameld d.m.v. een bezinker. De stijgsnelheid in de bezinker was 85 m d⁻¹. Doordat weinig faeces afgevangen konden worden werd de bezinker alleen aan het begin en het einde van de dag gelegd. De verzamelde faeces werden gecentrifugeerd m.b.v. een Labofuge III (5000 toeren per minuut, $a = 3.4 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-2}$) en vervolgens ingevroren bij -40°C voor verdere analyse.

De verteerbaarheid van het eiwit, het vet en de koolhydraten werd bepaald aan de hand van de gehalten zuuronoplosbaar as in de voeders en de faeces, op de manier die in tabel 11 wordt beschreven. Tot deze werkwijze werd besloten omdat deze methode eenvoudiger is dan de methode waarbij chromoxide als indicator wordt gebruikt (Atkinson et al., 1984).

2.3. Chemische analyses.

De vissen werden eerst gevriesdroogd, vermalen (m.b.v. een maalmolen, Retsch type ZM1, 20000 toeren per minuut, zeefgrootte 0.5 mm) en vervolgens gehomogeniseerd, omdat was gebleken dat indien de vissen in natte toestand werden vermalen, 2-4% van het materiaal verloren ging. Het was onduidelijk waaruit deze verliezen bestonden. Eerst nat malen en vervolgens een gedeelte van het monster vriesdrogen kan er dus toe leiden dat de monsters niet meer representatief zijn. Indien alle vissen eerst werden gevriesdroogd en vervolgens werden vermalen, ging slechts 0.2% van het droge materiaal verloren

droge stof bepalingen:

Het gehalte droge stof in de gebruikte voeders en de ingrediënten van de voeders werd bepaald door droging in een droogstoof bij 70°C, gedurende 24 uur. Het gehalte droge stof in de vismonsters werd bepaald door alle materiaal te vriesdrogen.

eiwitbepalingen:

De eiwitbepalingen werden uitgevoerd met luchtdroog materiaal d.m.v. de Kjeldahl analyse. De kenmerken van deze analyse waren:

- * hoeveelheid materiaal gebruikt per analyse: 0.5 g
- * hoeveelheid toegevoegd zwavelzuur (97%): 20 ml
- * toegevoegde katalysatortabletten: 2 stuks KJELTABS CK (Thompson & Capper)
- * destructietemperatuur: 400°C
- * destructietijd: 1 uur vanaf kleuromslag naar helder groene oplossing
- * apparatuur: VAPODEST 1, KJELDATHERM (Gerhardt)
- * loogoplossing: 500 g l⁻¹
- * ontvangervloeistof: 100 mg broomkrysolgroen +
70 mg methylrood +
100 ml ethanol +
3 l demiwater +
100 g boorzuur, aangevuld tot 10 l met demiwater
- * titreerzuur: 0.1 N zwavelzuur (Merck)
- * Er werd aangenomen dat eiwit voor 16% uit N bestaat.

asbepalingen:

De asbepalingen werden uitgevoerd op luchtdroog materiaal d.m.v. verassing op 550°C, gedurende 20 uur.

vetbepalingen:

De vetgehalten in tarbot zijn over het algemeen laag. Daarom is het van belang om voor het bepalen van deze gehalten het vet zo efficiënt mogelijk uit het materiaal af te scheiden. De Bligh & Dyer methode werkt sneller en effectiever dan de Soxhlet methode (Koning et al., 1985). Daarom werden de vetgehalten bij dit experiment bepaald d.m.v. de Bligh & Dyer methode op luchtdroog materiaal. De kenmerken van deze methode waren:

- * hoeveelheid materiaal gebruikt per analyse: 1 - 4 g (afhankelijk van het te verwachten vetgehalte)
- * volumeverhoudingen van de opeenvolgende extractiemengsels, chloroform : methanol : water:
 - 1:2:0.8
 - 2:2:0.8
 - 2:2:1.8
- * totaal gebruik aan extractievloeistof per analyse: 20 ml chloroform, 20 ml methanol
- * de verschillende extractiemengsels werden gedurende 30 s bewerkt door een ULTRA TURRAX T 25 (Janke & Kunkel) bij 9000 toeren per minuut.
- * centrifugeren: 10 minuten, $a = 3.4 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-2}$

koolhydraatbepalingen:

Koolhydraten werden niet als zodanig bepaald, maar als restpost van de voornoemde eiwit-, vet- en asbepalingen: %koolhydraten = 100 - % eiwit - % vet - % as.

bepaling van het gehalte zuuronoplosbaar as:

Bij de voeders D22/18 en D22/18* en de faeces afkomstig uit deze voeders, werd het gehalte zuuronoplosbaar as bepaald. Hiertoe werd as gedurende 10 minuten gekookt in een 4 N HCl oplossing. De vloeistof werd vervolgens gefiltreerd en verast (asvrij filterpapier EDEROL no. 1 (Binzer)).

3. Resultaten.

Een overzicht van de karakteristieken van het initiële monster is te vinden in tabel 5.

Table 5. Initial sample of the carbohydrate metabolizability experiment in turbot (*Scophthalmus maximus*); body composition data.

#	<u>weight (g)</u>	<u>% dry matter</u>	<u>% protein</u>	<u>% fat</u>	<u>% ash</u>
1	133.9	24	15.8	4	3.7
2	115.4	22.4	15.2	3.2	3.5
3	100.4	23.2	15.5	3	3.8
4	127.9	23.5	15.3	4	3.7
5	137.9	24.5	15.3	4.9	3.6
6	98.8	24.3	15.2	4.2	3.9
7	101.7	24.4	15.6	4.6	3.5
8	107.6	22	15	2.4	4
9	117.3	22.9	15.4	3.2	3.7
10	98.4	22.3	14.8	3.1	3.7
11	89.9	23.6	15.5	3.3	3.9
12	98.1	24.4	15.8	3.6	4
13	77.1	23.1	15.4	3.4	3.7
14	87.4	23	15.6	2.8	4.1
15	93.5	22.9	15.3	3.4	3.7
weighed average:		23.4	15.4	3.6	3.8

The body composition data are based on fresh material.

Het verband tussen het vetgehalte en het gewicht van de vis in dit initiële monster wordt weergegeven in figuur 3. Verbanden tussen visgewicht en asgehalte of eiwitgehalte waren niet aantoonbaar (R^2 is respectievelijk 0.174 en 0.000, $n=15$, $\alpha=0.05$).

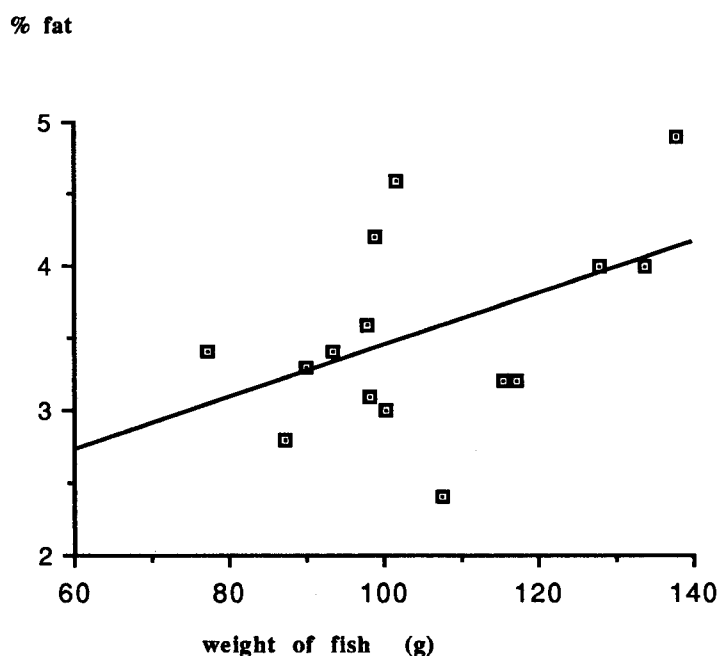


Figure 3. Correlation of body weight and % fat in turbot (*Scophthalmus maximus*) of the initial sample of the carbohydrate metabolizability experiment.

$\% \text{ fat} = 1.6417 + 1.7962 * 0.01 * \text{weight of fish}$
 $R^2=0.214$; $n=15$ (significant correlation, $\alpha=0.05$)
 Figure based on data presented in table 5.

Bij de voeders 13/27* en C13/27* trad verspilling op doordat het opgenomen voer na enige tijd werd uitgespuwd. Dit verpilde voer was zeer consistent en kon dus worden verzameld en gedroogd. Een overzicht van de omvang van deze verspilling is te vinden in tabel 6. De overige voeders werden, voorzover opgenomen, niet waarneembaar verspild.

Table 6. Amount of food (g dry matter) spilled during the carbohydrate metabolizability experiment at certain aquaria.

<u>experiment code</u>	<u>spilled</u>	<u>experiment code</u>	<u>spilled</u>
13/27* / 5	21.7	C13/27* / 3	45.5
13/27* / 13	25.6	C13/27* / 16	51.9
13/27* / 17	29.2	C13/27* / 24	53
13/27* / 27	24.1	C13/27* / 32	37.1

13/27* / 5: diet / aquarium number

Op dag 11 stierf in proefeenheid 40/0 / 26 (dieet type / aquarium nummer) een vis (60.5 g) en op dag 27 stierf een vis in proefeenheid 13/27* / 5 (52.4 g). Gezien de conditie van deze vissen werd aangenomen dat ze gedurende de proefperiode geen voer hebben opgenomen en niet zijn gegroeid.

In tabel 7 en 8 worden de groeikarakteristieken van het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment weergegeven. In tabel 9 worden de resultaten van het verteerbaarheidsexperiment weergegeven.

Er werd aangenomen dat de waarnemingen normaal verdeeld en onafhankelijk waren. De variantie van de waarnemingen was homogeen verdeeld ($\alpha=0.05$). Een overzicht van de resultaten van de variantieanalyses is te vinden in tabel 10 en 11.

De specifieke groeisnelheid, de relatieve energieaanzet, de relatieve vetaanzet, de relatieve eiwitaanzet, de energetische conversie efficiëntie (ECE) en de schijnbare eiwit productie waarde (aPPV) van de voeders 22/18 en C22/18 verschilden niet significant ($\alpha=0.05$), evenals de groeikarakteristieken van de voeders 31/9 en C31/9. Bij voedertype C40/0 konden, op grond van de eiwitgiftten, slechts de data van één proefeenheid bij de analyses worden gebruikt. De groeikarakteristieken lijken te verschillen tussen de voeders 40/0 en C40/0, aangezien de waarnemingen bij voeder C40/0 buiten de betrouwbaarheidsgebieden vallen die op grond van de waarnemingen bij voeder 40/0 kunnen worden opgesteld. Gezien het geringe aantal waarnemingen bij voeder C40/0 kunnen hieraan geen duidelijke conclusies worden verbonden. Omdat het niet duidelijk was of de toevoeging van cellulose de waarnemingen bij voeder C40/0 had beïnvloed, werden bij die analyses waarbij de toevoeging van cellulose niet van invloed werd verondersteld, de waarnemingen bij voeder C40/0 niet meegenomen.

De relatieve energieaanzet, de specifieke groeisnelheid en de ECE waren groter bij de voeders die meer vet en minder koolhydraten bevatten. Deze verbanden waren echter niet significant ($\alpha=0.10$). De koolhydraatgift was niet significant ($\alpha=0.10$) van invloed op de aPPV. Wel bleek de relatieve vetaanzet significant ($\alpha=0.05$) te worden beïnvloed door de koolhydraatgift (zie tabel 10 en de figuren 4,5 en 6). De ratio vetaanzet / vetopname verschilde niet over de verschillende voeders (zie figuur 7).

Table 7. Results of the carbohydrate metabolizability experiment in turbot (*Scophthalmus maximus*).

FAT: = 1.6417 + 1.7962*0.01*W*F*at*ri

All data that are printed bold were fed the same amount of protein energy per g fish.

Exp	Period	FEstact	WF*at*ri	SDim*F*at*ri	So*F*at*ri	%F*at*ri	f*F*and	W*F*o*o*d	%M*F*o*o*d	%E*F*o*o*d	%M*E*F*o*o*d	FE*F*o*o*d	W*E*F*o*o*d	%C*H		
13/27 / 5	42	10	73.7	23.4	15.4	2.97	10	84.1	21.3	15.4	2.1	4.3	276.7	49.80	7.10	32.50
13/27 / 13	42	11	113.1	28.4	15.4	3.67	11	138.8	22.6	16	3	4	330.8	49.80	7.10	32.50
13/27 / 17	42	11	95.9	23.4	15.4	3.36	11	105.2	22.6	15.2	3.2	4.1	208.7	49.80	7.10	32.50
13/27 / 27	42	11	112.4	23.4	15.4	3.66	11	126.9	22.2	15.6	2.8	4	239.5	49.80	7.10	32.50
22/18 / 4	42	11	63.5	23.4	15.4	2.78	11	78.2	22.1	14.9	2.9	4.1	216.3	52.70	12.40	32.40
22/18 / 10	42	11	106.1	23.4	15.4	3.55	11	131.6	23.2	15.4	3.9	3.8	356.9	52.70	12.40	32.40
22/18 / 18	42	11	97.7	23.4	15.4	3.40	11	118.8	22.8	15.5	3.5	3.9	327.1	52.70	12.40	32.40
22/18 / 31	42	11	100.3	23.4	15.4	3.44	11	128.9	23	15.4	3.6	3.9	345.8	52.70	12.40	32.40
31/8 / 2	42	11	70.4	23.4	15.4	2.91	11	91.7	22.4	14.7	3.2	4.1	217.4	56.50	19.00	12.00
31/8 / 12	42	11	115.8	23.4	15.4	3.72	11	145.5	23.3	15.6	4.1	3.8	367.2	56.50	19.00	12.00
31/8 / 20	42	11	99.8	23.4	15.4	3.43	11	127.2	23.3	15.5	4.2	3.8	317.2	56.50	19.00	12.00
31/8 / 25	42	11	97.6	23.4	15.4	3.39	11	126.7	22.8	15	4.1	3.9	317	56.50	19.00	12.00
40/0 / 8	42	11	90.4	23.4	15.4	3.09	11	104.8	22.8	15.1	4	3.9	245.6	59.50	26.70	0.00
40/0 / 11	42	11	116.4	23.4	15.4	3.73	11	146.6	23.7	15.1	4.5	3.8	350.6	59.50	26.70	0.00
40/0 / 23	42	11	96.6	23.4	15.4	3.38	11	123.8	22.8	14.9	4.2	3.8	291.4	59.50	26.70	0.00
40/0 / 26	42	10	101.6	23.4	15.4	3.47	10	123.8	23.2	15.2	4	4	278.6	59.50	26.70	0.00
C13/27 / 3	42	11	71.3	23.4	15.4	2.92	11	74.6	21.1	14.7	2.2	4.3	136.2	48.80	7.00	31.00
C13/27 / 16	42	11	105.6	23.4	15.4	3.56	11	110.7	21.1	15	2.3	4.1	121.8	48.80	7.00	31.00
C13/27 / 24	42	11	117.4	23.4	15.4	3.75	11	123.4	22	15.3	2.5	4.1	168	48.80	7.00	31.00
C13/27 / 32	42	11	93.6	23.4	15.4	3.32	11	95.3	20.4	14	2.3	4.2	96.9	48.80	7.00	31.00
C22/18 / 1	42	11	73.6	23.4	15.4	2.96	11	90.5	22.4	15.5	2.9	4	276.1	47.80	11.60	20.60
C22/18 / 9	42	11	103.2	23.4	15.4	3.50	11	129.3	23.2	15.5	3.9	3.8	357.6	47.80	11.60	20.60
C22/18 / 19	42	11	101.2	23.4	15.4	3.46	11	129	23.2	16	3.8	3.7	381.8	47.80	11.60	20.60
C22/18 / 28	42	11	104.3	23.4	15.4	3.52	11	131.5	23.1	15.5	3.7	3.9	384	47.80	11.60	20.60
C31/8 / 7	42	11	69.2	23.4	15.4	2.88	11	84.6	21.8	14.9	3	4.2	256.5	47.70	16.30	10.40
C31/8 / 14	42	11	114.3	23.4	15.4	3.68	11	153.2	23.1	15.7	3.9	3.9	440.8	47.70	16.30	10.40
C31/8 / 21	42	11	118.4	23.4	15.4	3.77	11	153.2	23.6	15.7	4.2	3.8	442.3	47.70	16.30	10.40
C31/8 / 28	42	11	98.2	23.4	15.4	3.41	11	120.1	23.3	15.4	4	3.9	325.9	47.70	16.30	10.40
C40/0 / 6	42	11	89.5	23.4	15.4	2.89	11	92.7	23.7	15	4.7	3.9	272.4	47.00	21.10	0.00
C40/0 / 15	42	11	110.8	23.4	15.4	3.63	11	142.2	24	15.6	4.5	3.9	364.7	47.00	21.10	0.00
C40/0 / 22	42	11	107.4	23.4	15.4	3.57	11	131.9	23.7	15	4.4	3.9	330.3	47.00	21.10	0.00
C40/0 / 30	42	11	115.5	23.4	15.4	3.72	11	135.6	24	15.6	4.2	4.1	303.1	47.00	21.10	0.00

Table 7. (continued) Results of the carbohydrate metabolizability experiment in turbot (*Scophthalmus maximus*).

L	All data that are printed bold were fed the same amount of protein energy per g fish.											average average													
	Nov	Wax	MOET	EnFOOD(dm)	%E	%E	%ENCH	%ENCH	En/Wax	Pen/Wax	En/Wax	Chan/Wax	EChen/Wax	SGB	TOI	EnGROWTH	EnGROWTH	RSE	APPV	ECam	FR	En/MWax	FD/EI	Chell.1	Chell.2
13/27* / 5	10	79	0	20.27	58	14	28	42	1.96	1.14	0.27	0.55	0.82	0.31	0.07	0.13	-0.06	4	12	2.66	0.83	4.69	-0.21	0.48	0.42
13/27* / 13	11	126	0	20.27	58	14	28	42	1.33	0.77	0.18	0.37	0.56	0.49	0.25	0.25	0.00	19	32	1.17	0.57	3.51	0.00	0.84	0.93
13/27* / 17	11	101	0	20.27	58	14	28	42	1.05	0.61	0.15	0.30	0.44	0.22	0.09	0.08	0.02	9	13	2.04	0.45	2.65	0.10	1.14	1.35
13/27* / 27	11	120	0	20.27	58	14	28	42	1.02	0.59	0.14	0.28	0.43	0.29	0.08	0.14	-0.05	8	23	1.50	0.43	2.65	-0.36	1.19	1.43
22/18 / 4	11	71	0	21.28	59	23	18	41	1.93	0.95	0.38	0.30	0.67	0.50	0.25	0.17	0.08	15	18	1.34	0.66	3.82	0.21	0.88	0.68
22/18 / 10	11	119	0	21.28	59	23	18	41	1.60	0.94	0.37	0.29	0.66	0.51	0.34	0.32	0.13	21	23	1.27	0.65	4.16	0.34	0.70	0.71
22/18 / 18	11	108	0	21.28	59	23	18	41	1.51	0.94	0.37	0.30	0.67	0.47	0.29	0.20	0.08	18	21	1.41	0.65	4.11	0.23	0.69	0.70
22/18 / 31	11	115	0	21.28	59	23	18	41	1.81	0.94	0.37	0.30	0.67	0.60	0.38	0.25	0.11	23	27	1.10	0.65	4.15	0.30	0.69	0.70
31/9 / 2	11	76	0	22.97	58	33	9	42	1.85	0.86	0.54	0.15	0.69	0.35	0.18	0.10	0.08	11	10	1.75	0.82	3.91	0.15	0.72	0.68
31/9 / 12	11	131	0	22.97	58	33	9	42	1.52	0.94	0.53	0.15	0.68	0.54	0.38	0.24	0.14	24	26	1.12	0.61	4.29	0.28	0.77	0.75
31/9 / 20	11	114	0	22.97	58	33	9	42	1.81	0.94	0.53	0.15	0.67	0.58	0.43	0.25	0.18	27	27	1.05	0.60	4.14	0.35	0.78	0.77
31/9 / 25	11	114	0	22.97	58	33	9	42	1.81	0.93	0.53	0.15	0.67	0.68	0.45	0.25	0.18	28	27	0.90	0.60	4.14	0.37	0.79	0.78
40/0 / 8	11	93	0	24.63	57	43	0	43	1.64	0.93	0.70	0.00	0.70	0.63	0.44	0.24	0.20	27	28	0.92	0.57	4.05	0.28	-	-
40/0 / 11	11	131	0	24.63	57	43	0	43	1.65	0.94	0.71	0.00	0.71	0.54	0.39	0.20	0.18	24	22	1.08	0.58	4.37	0.28	-	-
40/0 / 23	11	110	0	24.63	57	43	0	43	1.83	0.93	0.70	0.00	0.70	0.59	0.40	0.21	0.19	25	23	0.97	0.57	4.18	0.27	-	-
40/0 / 26	10	113	0	24.63	57	43	0	43	1.88	0.96	0.72	0.00	0.72	0.47	0.32	0.18	0.14	19	18	1.25	0.59	4.32	0.19	-	-
C13/27* / 3	11	73	0	19.73	59	14	27	41	0.92	0.54	0.13	0.25	0.38	0.11	-0.07	0.00	-0.07	-7	0	3.75	0.40	2.18	-0.51	1.36	1.67
C13/27* / 16	11	109	0	19.73	59	14	27	41	0.95	0.32	0.08	0.15	0.23	0.09	-0.11	0.01	-0.12	-21	3	2.70	0.24	1.42	-1.61	2.46	3.24
C13/27* / 24	11	120	0	19.73	59	14	27	41	0.99	0.40	0.10	0.19	0.29	0.12	-0.08	0.04	-0.12	-11	11	2.55	0.30	1.80	-1.23	1.92	2.47
C13/27* / 32	11	94	0	19.73	59	14	27	41	0.51	0.30	0.07	0.14	0.21	0.04	-0.18	-0.07	-0.11	-35	-25	1.48	0.22	1.26	-1.49	2.72	3.60
C22/18 / 1	11	82	0	19.49	58	24	18	42	1.94	0.95	0.39	0.30	0.68	0.49	0.37	0.21	0.06	17	22	1.49	0.73	3.97	0.15	0.64	0.64
C22/18 / 9	11	115	0	19.49	58	24	18	42	1.93	0.94	0.38	0.30	0.68	0.54	0.42	0.23	0.13	23	25	1.35	0.72	4.22	0.35	0.66	0.65
C22/18 / 19	11	115	0	19.49	58	24	18	42	1.82	0.94	0.38	0.30	0.68	0.58	0.42	0.20	0.13	26	30	1.25	0.72	4.19	0.35	0.66	0.66
C22/18 / 29	11	118	0	19.49	58	24	18	42	1.89	0.92	0.37	0.29	0.67	0.55	0.35	0.24	0.11	22	26	1.28	0.70	4.13	0.30	0.69	0.70
C31/9 / 7	11	77	0	19.55	58	33	9	42	1.83	0.94	0.54	0.15	0.68	0.48	0.24	0.17	0.08	15	18	1.51	0.72	3.89	0.14	0.71	0.67
C31/9 / 14	11	134	0	19.55	58	33	9	42	1.81	0.93	0.53	0.15	0.68	0.70	0.46	0.32	0.14	29	34	1.02	0.71	4.29	0.27	0.74	0.72
C31/9 / 21	11	136	0	19.55	58	33	9	42	1.59	0.92	0.53	0.15	0.67	0.61	0.44	0.28	0.16	27	30	1.16	0.70	4.26	0.30	0.77	0.76
C31/9 / 28	11	109	0	19.55	58	33	9	42	1.64	0.84	0.48	0.14	0.62	0.48	0.35	0.20	0.15	24	24	1.35	0.65	3.74	0.30	1.03	1.13
C40/0 / 6	11	81	0	19.46	57	43	0	43	1.94	0.94	0.70	0.00	0.70	0.59	0.37	0.26	0.20	35	28	1.07	0.73	3.94	0.45	-	-
C40/0 / 15	11	127	0	19.46	57	43	0	43	1.80	0.90	0.60	0.00	0.60	0.60	0.47	0.26	0.20	33	33	1.06	0.62	3.70	0.34	-	-
C40/0 / 22	11	120	0	19.46	57	43	0	43	1.95	0.77	0.58	0.00	0.58	0.49	0.36	0.18	0.18	26	23	1.23	0.60	3.50	0.31	-	-
C40/0 / 30	11	126	0	19.46	57	43	0	43	1.18	0.67	0.50	0.00	0.50	0.38	0.30	0.17	0.12	25	26	1.37	0.52	3.09	0.24	-	-

Table 7. (continued) Results of the carbohydrate metabolizability experiment in turbot (*Scophthalmus maximus*).

#	INPUT DATA:	#	OUTPUT DATA:
	experiment code : diet / aquarium number		average number of fishes during experiment : $(\#Fstart + \#Fend) / 2$ (#)
	period (days)		average weight of fishes during experiment : $(WFstart + WFend) / 2$ (g)
	number of fishes at start of experiment (#)		mortality : $((\#Fstart - \#Fend) / \#Fstart) * 100$ (%)
	average weight of fish at start of experiment (g)		energy content of food, based on dry matter : $0.01 * \%P * 23.65 + \%F * 39.55 + \%CH * 17.48$ (kJ g ⁻¹)
	%dmFstart		percentage of protein energy in food : $(\%P * 23.65) / EnFOOD(dm)$ (%)
	%pFstart		percentage of fat energy in food : $(\%F * 39.55) / EnFOOD(dm)$ (%)
	%fFstart		percentage of carbohydrate energy in food : $(\%CH * 17.48) / EnFOOD(dm)$ (%)
	#Fend		percentage of fat and carbohydrate energy in food : $\%EnF + \%EnCH$ (%)
	WFend		energy gift : $(fed(dm) * EnFOOD(dm)) / (Nav * Wav * period * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
	%dmFend		protein energy gift : $(fed(dm) * EnFOOD(dm) * \%EnP) / (Nav * Wav * period * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
	%pFend		fat energy gift : $(fed(dm) * EnFOOD(dm) * \%EnF) / (Nav * Wav * period * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
	%fFend		carbohydrate energy gift : $(fed(dm) * EnFOOD(dm) * \%EnCH) / (Nav * Wav * period * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
	fed(dm)		non protein energy gift : $(fed(dm) * EnFOOD(dm) * \%EnFCH) / (Nav * Wav * period * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
	%P		specific growth rate : $Ln(WFend) - Ln(WFstart) / period$ (% day ⁻¹)
	%F		relative total energy accumulation : $Pengrowth * Fongrowth$ (mW g ⁻¹)
	%CH		relative protein energy accumulation : $(0.01 * \%Fend * WFend) - (0.01 * \%Pstart * WFstart) * 23.65 + (period * Wav * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
			relative fat energy accumulation : $(0.01 * \%Fend * WFend) - (0.01 * \%Fstart * WFstart) * 39.55 + (period * Wav * 0.0864)$ (mW g ⁻¹)
			energy conversion efficiency : $(TOTengrowth / EnWav) * 100$ (%)
			apparent protein productive value : $(Pengrowth / PenWav) * 100$ (%)
			food conversion, based on dry matter : $fed(dm) / ((WFstart * \#Fstart) - (WFend * \#Fend))$ (-)
			feeding rate : $100 * fed(dm) / (period * Nav * Wav)$ (% d ⁻¹)
			metabolic energy gift : $(EnFOOD(dm) * fed(dm)) / (period * Nav * Wav * 0.8 * 0.0864)$ (mW g metabolite weight ⁻¹)
			ratio fat deposition / fat intake : $(Fengrowth / FenWav)$ (-)
			estimation of metabolizability of carbohydrates, based on figure 7: $Chetf. = (0.27 * FenWav - 0.85 * FenWav + 0.43) / ChenWav$ (-)
			estimation of metabolizability of carbohydrates, based on figure 6: $Chetf. = (0.177 * ChenWav - 0.15 * FenWav + 0.42) / ChenWav$ (-)

Table 8. The influence of the diet on growth characteristics of turbot (*Scophthalmus maximus*).

	22/18	31/9	40/0
SGR			
-	0.52 ± 0.05	0.54 ± 0.12	0.56 ± 0.06
C	0.54 ± 0.03	0.60 ± 0.09	0.69
TOTenGROWTH			
-	0.31 ± 0.04	0.36 ± 0.11	0.39 ± 0.04
C	0.35 ± 0.05	0.38 ± 0.10	0.57
FenGROWTH			
-	0.10 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.18 ± 0.02
C	0.11 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.32
PenGROWTH			
-	0.21 ± 0.03	0.21 ± 0.06	0.21 ± 0.02
C	0.24 ± 0.03	0.25 ± 0.08	0.26
ECE			
-	19 ± 3	22 ± 7	24 ± 3
C	22 ± 3	24 ± 6	35
aPPV			
-	22 ± 3	23 ± 7	22 ± 2
C	26 ± 3	27 ± 3	28

average ± standard deviation

C40/0: Only one data was available on this diet, so no standard deviation is presented.

SGR: Specific Growth Rate (% d⁻¹)
 TOTenGROWTH: relative total energy accumulation (mW g⁻¹)
 PenGROWTH: relative protein energy accumulation (mW g⁻¹)
 FenGROWTH: relative fat accumulation (mW g⁻¹)
 ECE: energy conversion efficiency (%)
 aPPV: apparent protein productive value (%)

Table 9. Digestibility coefficients of protein, fat and carbohydrates fed to turbot (*Scophthalmus maximus*).

	<u>diet</u> <u>D22/18</u>	<u>diet</u> <u>D22/18*</u>	<u>faeces</u> <u>D22/18</u>	<u>faeces</u> <u>D22/18*</u>
% dry matter	50.2	49.5	15	15
% protein	52.2	53.5	17	22.3
% fat	12.7	12.8	6.4	7.4
% ash	10	10	41.6	41.3
% carbohydrates 1	25.1	23.7	35	29
% carbohydrates 2	22.1	22.8	25.7	29
% acid insoluble ashes	1.19	1.22	3.45	5.26

digestibility coefficients:

	<u>diet</u> <u>D22/18</u>	<u>diet</u> <u>D22/18*</u>
protein	89	90
fat	83	87
carbohydrates 1	52	72
carbohydrates 2	60	70

Acid insoluble ash is used as a tracing material.

assumed:

% acid insoluble ash : % binder in food = % acid insoluble ash : % binder in faeces

% xanthomannan in food = 3.2%

% carbohydrates 1: 100-% protein - % fat - % ash

% carbohydrates 2 in food: % carbohydrates having a nutritional value for the fish, based on the composition of the diets. (ingredients and composition of the ingredients: see table 3)

% carbohydrates 2 in faeces: % carbohydrates 1 - % xanthomannan

digestibility coefficient = $100 - 100 * (\% \text{ tracer in diet} * \% \text{ nutrient in faeces}) / (\% \text{ tracer in faeces} * \% \text{ nutrient in diet})$

conditions during the digestibility experiment:

	<u>diet D22/18</u>	<u>diet D22/18*</u>
number of fishes	51	51
average weight	380	350
fed (dm) (g)	125	115
energy in food (dm) (KJ g-1)	21.23	21.7
% protein energy in food (%)	58	58
% fat energy in food (%)	24	23
% carbohydrate energy in food (%)	18	18
% non protein energy in food (%)	42	42
energy gift (mW g-1)	1.58	1.62
protein energy gift (mW g-1)	0.92	0.94
fat energy gift (mW g-1)	0.37	0.38
carbohydrate energy gift (mW g-1)	0.29	0.3
non protein energy gift (mW g-1)	0.66	0.67
feeding rate (% d-1)	0.64	0.64

Table 10.

The exchange of fat energy by carbohydrate energy
in the diet of turbot (*Scophthalmus maximus*).

SGR anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	2.82E-03	1.41E-03	0.16
within groups	9	8.10E-02	8.99E-03	
total	11	8.38E-02		8.02/4.26/3.01

SGR anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.93E-02	9.67E-03	1.69
within groups	5	2.87E-02	5.73E-03	
total	7	4.80E-02		13.3/5.79/3.78

SGR anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	4.50E-03	2.25E-03	0.31
within groups	16	1.16E-01	7.28E-03	
total	18	1.21E-01		6.23/3.63/2.67

TOTenGROWTH anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.24E-02	6.18E-03	0.92
within groups	9	6.07E-02	6.74E-03	
total	11	7.30E-02		8.02/4.26/3.01

TOTenGROWTH anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	3.83E-02	1.92E-02	2.32
within groups	5	4.13E-02	8.25E-03	
total	7	7.96E-02		13.3/5.79/3.78

TOTenGROWTH anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	9.96E-03	4.98E-03	0.75
within groups	16	1.06E-01	6.64E-03	
total	18	1.16E-01		6.23/3.63/2.67

FenGROWTH anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.22E-02	6.11E-03	4.84
within groups	9	1.14E-02	1.26E-03	
total	11	2.36E-02		8.02/4.26/3.01

FenGROWTH anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	3.71E-02	1.86E-02	13.77
within groups	5	6.74E-03	1.35E-03	
total	7	4.39E-02		13.3/5.79/3.78

FenGROWTH anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.50E-02	7.48E-03	6.32
within groups	16	1.89E-02	1.18E-03	
total	18	3.39E-02		6.23/3.63/2.67

Table 10. (continued)

The exchange of fat energy by carbohydrate energy
in the diet of turbot (*Scophthalmus maximus*).

PenGROWTH anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.67E-05	8.33E-06	0.00
within groups	9	2.15E-02	2.39E-03	
total	11	2.15E-02		8.02/4.26/3.01

PenGROWTH anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	4.58E-04	2.29E-04	0.07
within groups	5	1.55E-02	3.11E-03	
total	7	1.60E-02		13.3/5.79/3.78

PenGROWTH anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.38E-03	6.90E-04	0.26
within groups	16	4.29E-02	2.68E-03	
total	18	4.42E-02		6.23/3.63/2.67

ECE anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	4.32E+01	2.16E+01	0.76
within groups	9	2.57E+02	2.85E+01	
total	11	3.00E+02		8.02/4.26/3.01

ECE anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.37E+02	6.84E+01	2.18
within groups	5	1.57E+02	3.13E+01	
total	7	2.94E+02		13.3/5.79/3.78

ECE anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	3.39E+01	1.70E+01	0.63
within groups	16	4.31E+02	2.69E+01	
total	18	4.65E+02		6.23/3.63/2.67

aPPV anova table: 1

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.67E-01	8.33E-02	0.00
within groups	9	2.77E+02	3.08E+01	
total	11	2.77E+02		8.02/4.26/3.01

aPPV anova table: 2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	6.46E+00	3.23E+00	0.09
within groups	5	1.71E+02	3.43E+01	
total	7	1.78E+02		13.3/5.79/3.78

aPPV anova table: 1/2

	df	SS	MS	Fs
among groups	2	1.11E+01	5.54E+00	0.17
within groups	16	5.13E+02	3.20E+01	
total	18	5.24E+02		6.23/3.63/2.67

SGR	-	specific growth rate :	(% day ⁻¹)
TOTenGROWTH	-	relative total energy accumulation :	(mW g ⁻¹)
PenGROWTH	-	relative protein energy accumulation :	(m g ⁻¹)
FenGROWTH	-	relative fat energy accumulation :	(mW g ⁻¹)
ECE	-	energy conversion efficiency :	(%)
aPPV	-	apparent protein productive value :	(%)
8.02/4.26/3.01:		tabulated F-values at alpha = 0.01, 0.05 and 0.10 respectively	
anova table 1:		anova table based on data of turbot fed diet 22/18, 31/9 and 40/0	
anova table 2:		anova table based on data of turbot fed diet C22/18, C31/9 and C40/0	
anova table 1/2:		anova table based on data of turbot fed diet 22/18, 31/9, 40/0, C22/18 and C31/9	

The growth characteristics are significantly different if the tabulated F-value < calculated F-value.
The deposition of fat is significantly different among the diets.

Table 11. The influence of the addition of cellulose on growth characteristics of turbot (*Scophthalmus maximus*).

	t (C)22/18	t (C)31/9	95 % conf.lim. 40/0	C40/0
SGR	-0.69	-0.94	0.46 - 0.66	0.69
TOTenGROWTH	-1.25	-0.32	0.33 - 0.45	0.57
FenGROWTH	-0.55	0.86	0.15 - 0.21	0.32
PenGROWTH	-1.41	-1.00	0.18 - 0.24	0.26
ECE	-1.41	-0.52	19 - 29	35
aPPV	-1.89	-1.19	19 - 25	28

t 0.90 1.94 2.13

t (C)22/18 / t (C)31/9: calculated t-value for diet type (C)22/18 and (C)31/9

t 0.90: tabulated t-value, $\alpha = 0.10$

SGR - specific growth rate : (% day⁻¹)

TOTenGROWTH - relative total energy accumulation : (mWatt g⁻¹)

PenGROWTH - relative protein energy accumulation : (mWatt g⁻¹)

FenGROWTH - relative fat energy accumulation : (mWatt g⁻¹)

ECE - energy conversion efficiency : (%)

aPPV - apparent protein productive value : (%)

1.94 > |t (C)22/18|, so no significant difference was observed between diet 22/18 and diet C22/18

2.13 > |t (C)31/9|, so no significant difference was observed between diet 31/9 and diet C31/9

The growth characteristics of turbot fed diet C40/0 are outside the 95% confidence intervals of the diet 40/0 growth characteristics.

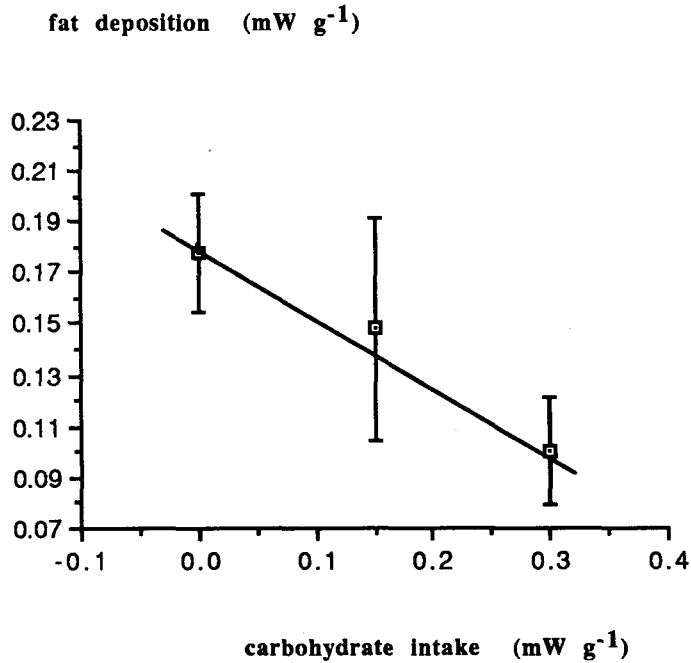


Figure 4. The influence of the carbohydrate gift on the fat deposition in turbot (*Scophthalmus maximus*).

average \pm standard deviation

fat deposition = $0.181 - 0.262 * \text{carbohydrate intake}$; $R^2=0.515$; $n=12$ (significant correlation, $\alpha=0.01$)

Figure is based on data of turbot fed diets 22/18, 31/9 and 40/0, having the same protein gift (see table 7).

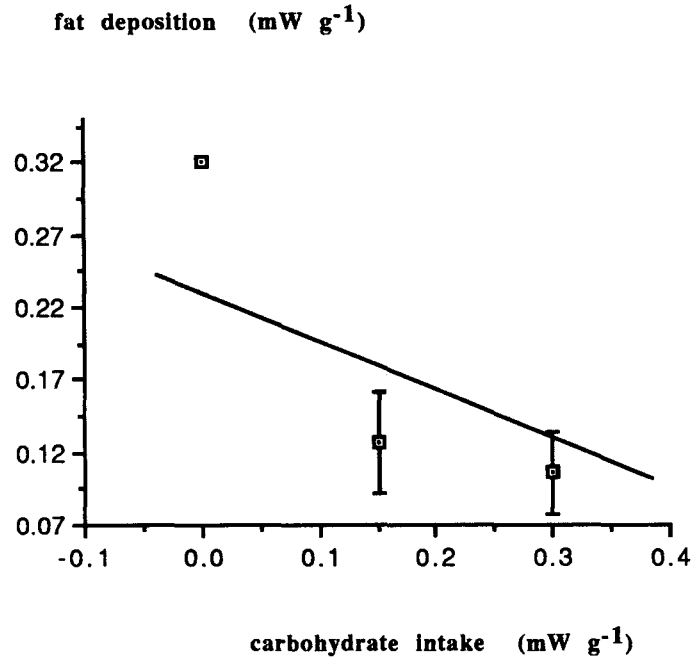


Figure 5. The influence of the carbohydrate intake on the fat deposition in turbot (*Scophthalmus maximus*).

average \pm standard deviation

fat deposition = $0.253 - 0.547 * \text{carbohydrate intake}$; $R^2=0.583$; $n=8$ (significant correlation, $\alpha=0.05$)

Figure is based on data of turbot fed diets C22/18, C31/9 and C40/0, having the same protein gift (see table 7).

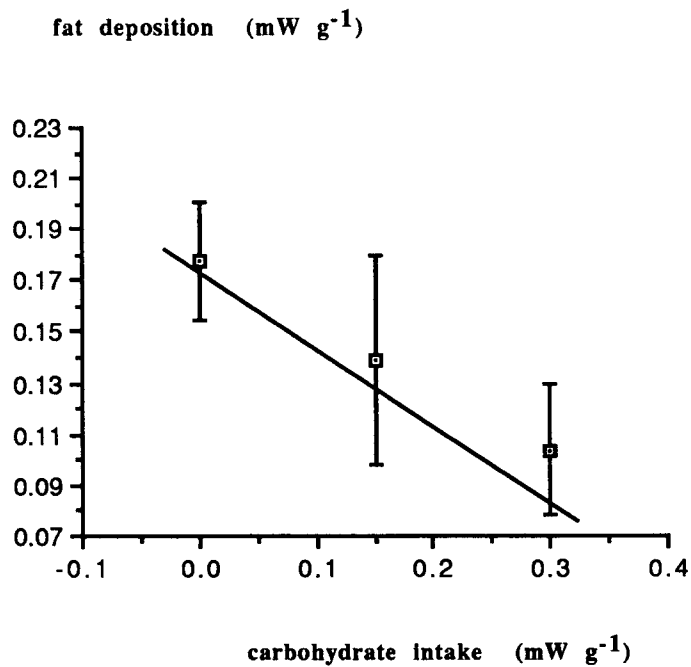


Figure 6. The influence of the carbohydrate intake on the fat deposition in turbot (*Scophthalmus maximus*).

average \pm standard deviation; fat deposition = $0.177 - 0.248 * \text{carbohydrate intake}$

$R^2=0.445$; $n=19$ (significant correlation, $\alpha=0.01$)

Figure is based on data of turbot fed diets 22/18, 31/9, 40/0, C22/18, C31/9, having the same protein gift (see table 7).

The addition of cellulose was assumed to be of no influence on the growth characteristics.

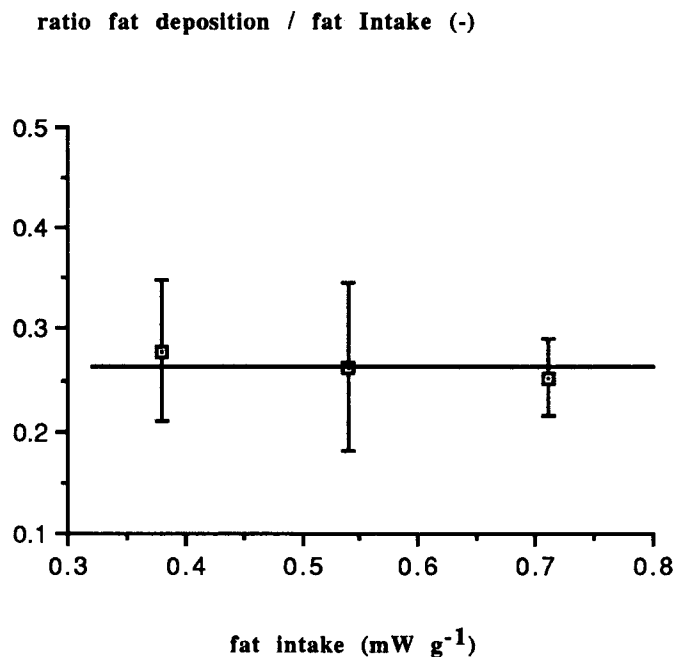


Figure 7. The influence of the fat intake on the ratio fat deposition / fat intake in turbot (*Scophthalmus maximus*).

average \pm standard deviation; ratio fat deposition / fat intake = $0.317 - 0.01 * \text{fat intake}$

$R^2=0.083$; $n=19$ (no significant correlation, $\alpha=0.10$); line presented: ratio = 0.27 = average ratio

Figure is based on data of turbot fed diets 22/18, 31/9, 40/0, C22/18, C31/9, having the same protein gift (see table 3).

The addition of cellulose was assumed to be of no influence on the growth characteristics.

4. Discussie.

De toevoeging van cellulose had geen aantoonbare invloed op de groeikarakteristieken. Dit wil niet zeggen dat de toevoeging van cellulose geen invloed had: de relatief grote variatie van de groeikarakteristieken en de mogelijk relatief geringe invloed van de toevoeging van cellulose maken het onmogelijk significante verbanden aan te tonen. Omdat bij voeder C40/0 niet duidelijk was of de cellulose toevoeging de resultaten had beïnvloed en omdat de data afkomstig van C40/0 sterk bepalend kunnen zijn op de resultaten (zie figuur 5), werden bij de berekeningen waarbij werd aangenomen dat het cellulose de groeikarakteristieken niet beïnvloedde, de data van voeder C40/0 niet gebruikt.

Door de toevoeging van cellulose werd het voeder minder gretig opgenomen (zie ook appendix 2). Indien geen cellulose wordt toegevoegd is het verschil in gretigheid waarmee het voeder wordt opgenomen kleiner, waardoor het makkelijker wordt de vissen te voederen met dezelfde eiwitgift. Omdat de toevoeging van cellulose geen aantoonbare invloed had op de groeikarakteristieken, kan bij toekomstige experimenten de toevoeging van cellulose worden nagelaten.

De eiwitaanzet verschilde niet over de voeders ($\alpha=0.10$). De vetaanzet verschilde significant over de voeders ($\alpha=0.05$). Daarom werd aangenomen dat de groei kon worden beschreven als in het derde deel van figuur 2. Het vetgehalte van de vis daalde tot 3.5% gemiddeld bij de voeders 22/18 en C22/18. De minimaal gewenste verhouding tussen vetenergie en eiwitenergie in het lichaam zal dus gelijk of kleiner moeten zijn dan $(3.5 \cdot 39.55 / 15.5 \cdot 23.65 =) 0.30$.

Het verschil in de aanzet van vet is verklaarbaar doordat de metaboliseerbaarheid van vet verschilde van de metaboliseerbaarheid van koolhydraten. De ratio vetaanzet / vetopname was gelijk bij de verschillende voeders (zie figuur 7). Als de koolhydraten niet gemetaboliseerd werden dan zou bij een gelijkblijvende eiwitaanzet de lijn in figuur 7 moeten stijgen. Hoe kleiner de richtingscoëfficiënt van deze lijn, hoe beter de koolhydraten werden gemetaboliseerd.

Bij voeder 40/0 werd 0.71 mW vetenergie g^{-1} opgenomen, en 0.18 mW vet g^{-1} werd aangezet. Indien werd aangenomen dat de verteerbaarheid van vet 0.85 was (zie tabel 9) en de efficiëntie van de omzetting van verteerd vet in lichaamsvet 1 was (95-99% volgens Hephher (1988)), dan werd 0.42 mW vetenergie g^{-1} gebruikt voor het onderhoudsmetabolisme. Het onderhoudsmetabolisme van de vis werd geschat op 0.51 mW g^{-1} (visgewicht = 110 g, onderhoudsmetabolisme = 1.3 mW $g^{-0.8}$ (gebaseerd op data van Scherrer (1984))). Voor het onderhoudsmetabolisme werd dus $(0.51 - 0.42 =) 0.09$ mW g^{-1} eiwitenergie betrokken vanuit eiwit. Bij voeder 40/0 werd 0.94 mW eiwitenergie g^{-1} opgenomen, en 0.21 mW eiwitenergie g^{-1} werd aangezet. Indien werd aangenomen dat de verteerbaarheid van eiwit 0.90 was (zie tabel 9) en 0.09 mW eiwitenergie g^{-1} gebruikt werd voor het onderhoudsmetabolisme, dan was de efficiëntie van de omzetting van verteerd eiwit in lichaamseiwit $(0.21 * ((0.9 \cdot 0.94) - 0.13)^{-1}) =) 0.28$.

Indien werd aangenomen dat energie voor onderhoud alleen uit vet en eiwit werd betrokken, dan kon de metaboliseerbaarheid van de koolhydraten geschat worden op grond van de verbanden in de figuren 6 en 7:

$$FD = (0.85 \cdot FG) - 0.42 + CHG * (Ef.CHG - CHD) \quad (\text{zie figuur 2, derde deel})$$

FD	vetdepositie (mW g^{-1})
0.85	verteringscoëfficiënt van vet
FG:	opname verteerd vet (mW g^{-1})
0.42	vet gebruikt voor onderhoudsmetabolisme (mW g^{-1})
CHG	koolhydraatgift (mW g^{-1})
Ef.CHG-CHD	energetische efficiëntie waarmee koolhydraten worden omgezet in lichaamsvet

figuur 6:

$$\text{vetdepositie} = 0.177 - 0.248 * \text{koolhydraatopname}$$

Op grond van de vetopname en de koolhydraatopname bij de verschillende voeders kon de metaboliseerbaarheid van koolhydraten per aquarium worden geschat. De energetische efficiëntie waarmee koolhydraten gemetaboliseerd werden was 0.73 gemiddeld (zie tabel 7).

figuur 7:

$$\text{ratio vetaanzet / vetopname} = 0.27$$

Op grond van de vetopname en de koolhydraatopname bij de verschillende voeders kon de metaboliseerbaarheid van koolhydraten per aquarium worden geschat. De energetische efficiëntie waarmee koolhydraten gemetaboliseerd werden was 0.73 gemiddeld (zie tabel 7).

De metaboliseerbaarheid van koolhydraten kan worden verklaard door de verteerbaarheid van de koolhydraten en de energetische efficiëntie waarmee de verteerde koolhydraten werden gebruikt voor de lipogenese en de verbranding. Hierbij werd aangenomen dat de hoeveelheid koolhydraatenergie en vetenergie die werd gebruikt voor processen anders dan lipogenese of verbranding, zoals de vorming van glycogeen of de verwerking van glucose-6-fosfaat in de pentosefosfaatcyclus, verwaarloosd kon worden.

Bij dit onderzoek werd een schijnbare verteerbaarheid waargenomen van 60 - 70%. Deze schijnbare verteerbaarheid verschilt van de verteerbaarheid die bij tarbot werd waargenomen door Jollivet et al. (1988) (75-85%). Onduidelijk is wat hiervan de reden is. Misschien speelt een verschil in ontsluitingsgraad een rol. Slechts 10% van de faeces konden worden verzameld. Mogelijk waren de geanalyseerde faeces niet helemaal representatief. Verder is het mogelijk dat eiwit uit de faeces voor een deel door microorganismen werd omgezet. Juist omdat weinig faeces afgevangen konden worden (10%) en daarom de bezinker slechts twee maal daags gelegeerd werd, zou door microbiële afbraak de eiwitverteerbaarheid overschat kunnen zijn (Spyriadakis et al., 1989).

De energetische efficiëntie waarmee lichaamsvet wordt opgebouwd uit verteerd eiwit is ongeveer 0.6 (Es & Boekholt, 1981). De energetische efficiëntie waarmee lichaamsvet wordt opgebouwd uit verteerd vet is 0.95 - 0.99 (Hepher, 1988). De energetische efficiëntie waarmee lichaamsvet wordt opgebouwd uit glucose is 0.60 - 0.65. 100 kJ verteerde koolhydraten kunnen evenveel ATP leveren als 105 kJ verteerd vet en als 165 kJ verteerd eiwit (Es & Boekholt, 1981). Het verschil in de efficiënties waarmee vet en koolhydraten worden gebruikt voor lipogenese en verbranding is dus vooral groot indien een groter gedeelte van de koolhydraatenergie wordt gebruikt voor de lipogenese en minder voor de verbranding. Als een groter gedeelte van de verteerde koolhydraten gebruikt wordt voor de lipogenese, dan zal de energetische efficiëntie van de omzetting van verteerde koolhydraten in energie voor de verbranding en de lipogenese dalen.

Indien de koolhydraten volledig worden verteerd, dan zal de energetische efficiëntie van de omzetting van de koolhydraten uit het voeder in lichaamsvet en energie voor de verbranding minimaal 0.60-0.65 zijn. Bij dit experiment werd een efficiëntie van 0.73 berekend. De koolhydraten werden dus gedeeltelijk voor de verbranding gebruikt en de verteerbaarheid zal groter zijn geweest dan 73%. Er waren geen aanwijzingen dat glucose via de kieuwen of de urine werd uitgescheiden. Als werd aangenomen dat de energetische efficiëntie waarmee vet uit het voeder werd omgezet in lichaamsvet en energie voor de verbranding 0.85 was, dan was de energetische waarde van de koolhydraten in het voeder ($100 * 0.73 * 0.85^{-1} =$) 86% van de energetische waarde van het vet in het voeder.

Indien de koolhydraten niet zouden worden gemetaboliseerd, dan zou de vetaanzet bij de meer koolhydraatrijke voeders kleiner moeten zijn dan werd waargenomen bij dit experiment. Op grond van het groeimodel dat wordt beschreven in figuur 2 is het mogelijk het % lichaamsvet aan het eind van het experiment te schatten met de volgende aannames:

- De koolhydraten werden niet gemetaboliseerd.
 - De vis woog aan het begin en het einde van het experiment respectievelijk 95 en 120 g.
 - Het onderhoudsmetabolisme was $0.51 \text{ mW g}^{-0.8}$ (gemiddeld gewicht = 107.5 g, onderhoudsmetabolisme = $1.3 \text{ mW g}^{-0.8}$).
 - Het % lichaamsvet aan het begin van het experiment was 3.5%. Dit % vet is groter dan het minimaal gewenste % vet in de vis, zodat eiwitenergie uit het voeder alleen werd gebruikt voor processen die specifiek eiwitenergie nodig hebben. 0.09 mW g^{-1} Eiwitenergie werd gebruikt voor metabolische processen die specifiek eiwit vereisen (zie § 1.2 en figuur 2) en de rest van de energie voor het onderhoudsmetabolisme ($0.51 - 0.09 = 0.42 \text{ mW g}^{-1}$) werd vanuit lichaamsvet en vet uit het voeder betrokken.
 - De verteerbaarheid van het vet was 85%.
 - De energetische efficiëntie waarmee verteerbaar vet wordt omgezet in lichaamsvet is 1.

Als de vis gevoerd werd met voeder 22/18 of C22/18 (vetenergiegift = 0.38 mW g^{-1}), dan werd $(0.42 - 0.85 \cdot 0.38) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 42 \cdot 10^{-6} \cdot 107.5 \cdot 39.55^{-1} = 0.96 \text{ g}$ lichaamsvet voor het onderhoudsmetabolisme gebruikt. Het % lichaamsvet in deze vis na 42 dagen zou dan $((95 \cdot 0.035 + 0.96) \cdot 120^{-1} =) 1.6\%$ zijn geweest.

Als de vis gevoerd werd met voeder 31/9 of C31/9 (vetenergiegift = 0.53 mW g^{-1}), dan werd $(0.85 \cdot 0.53 - 0.42) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 42 \cdot 10^{-6} \cdot 107.5 \cdot 39.55^{-1} = 0.30 \text{ g}$ lichaamsvet gebruikt voor het onderhoudsmetabolisme. Het % lichaamsvet in deze vis na 42 dagen zou dan $((95 \cdot 0.035 + 0.30) \cdot 120^{-1} =) 3.0\%$ zijn geweest.
- De waarnemingen bij de voeders (C)31/9 vertonen relatief veel variatie, waardoor het verschil in metaboliseerbaarheid van de koolhydraten en de vetten voornamelijk wordt aangetoond doordat de voeders (C)22/18 en (C)40/0 verschillen. De consistentie van de voeders (C)22/18 was groter dan de consistentie van de voeders (C)40/0 door de bindende eigenschappen van de toegevoegde koolhydraten. Het is mogelijk dat het uiteindelijke resultaat beïnvloed wordt door een verschil in verpilling tussen de voeders (C)22/18 en (C)40/0. De voeders (C)22/18 werden minder gretig opgenomen dan de voeders (C)40/0, waarschijnlijk veroorzaakt door verschillen in structuur en/of smaak. Theoretisch zou hierdoor verspilling vooral optreden bij de voeders (C)22/18. De consistentie van de voeders (C)22/18 was groter dan de consistentie van de voeders (C)40/0 waardoor theoretisch de verspilling vooral zal optreden bij de voeders (C)40/0. Het verschil in consistentie bij de verschillende voeders zal de verteerbaarheid niet beïnvloeden (Storebakken & Austreng, 1987). Door de gebruikte voedermethode kan echter met vrij grote zekerheid gesteld worden dat de verspilling zeer gering was.
- Bromley (1980A&B) stelt dat bij de tarbot de voeropname bepaald wordt door het energiegehalte in het voer. Bij dit experiment bleken vooral de structuur en/of de smaak van de voeders de voeropname te bepalen en niet zozeer het energiegehalte (zie ook appendix 2).

Het onderhoudsmetabolisme werd geschat op $1.3 \text{ mW g}^{-0.8}$. Dit betekent dat de vissen werden gevoerd op een niveau van ongeveer 3 maal het onderhoudsmetabolisme. Dit is vrij laag in vergelijking met de energiegift bij andere auteurs (zie appendix 1). Het onderhoudsmetabolisme kon ook worden geschat m.b.v. de gegevens van het koolhydraatmetaboliseerbaarheidsexperiment, als werd aangenomen dat al het verspilte voer kon worden verzameld en gedroogd. Deze schatting wordt weergegeven in figuur 8: voor het onderhoudsmetabolisme werd 1.5 mW g^{-1} gebruikt. Deze waarde is waarschijnlijk een overschatting omdat niet al het verspilde voer kon worden verzameld.

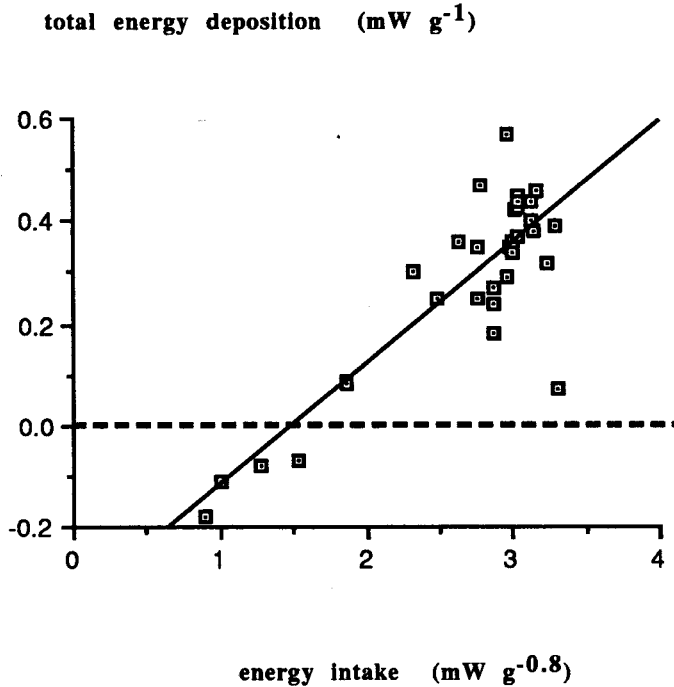


Figure 8. The influence of the energy intake on the retention of energy in turbot (*Scophthalmus maximus*).

$$\text{total energy deposition} = -0.35 + 0.24 * \text{energy intake}$$

$R^2=0.708$; $n=32$ (significant correlation, $\alpha=0.01$)

Figure is based on all data from the carbohydrate utilisation experiment, assuming a digestibility of 90%, 85% and 80%, and a conversion efficiency of 75% (Hepher, 1988), 100% and 90% of digestible energy into metabolizable energy of protein, fat and carbohydrates respectively. About $1.5 \text{ mW g}^{-0.8}$ is needed for maintenance.

Literatuur.

- Adron, J.W., Blair, A., Cowey and C.B., Shanks, A.M., 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus L.*). *Aquaculture*, 7: 125-132.
- Atkinson, J.L., Hilton, J.W. and Slinger, S., 1984. Evaluation of acid insoluble ash as an indicator of feed digestibility in rainbowtrout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1384-1386.
- Austreng, E., Risa, S., Edwards, D.J. and Hvidsten, H., 1977. Carbohydrate in rainbowtrout diets. II. Influence of carbohydrate levels on chemical composition and feed utilisation of fish from different families. *Aquaculture*, 11: 39-50.
- Bergot, F., 1979A. Carbohydrate in rainbowtrout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18: 157-167.
- Bergot, F., 1979B. Effects of dietary carbohydrates and of their mode of distribution on glycaemia in rainbowtrout (*Salmo gairdneri Richardson*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 64A: 543-547.
- Bergot, F. and Breque, J., 1983. Digestability of starch by rainbowtrout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, 34: 203-212.
- Bromley, P.J., 1980A. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus L.*). *Aquaculture*, 19: 359-369.
- Bromley, P.J., 1980B. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of turbot (*Scophthalmus maximus L.*). *Aquaculture*, 20: 91-99.
- Brown, W.D., 1960. Glucose metabolism in carp. *J. Cellular Comp. Physiol.*, 55: 81-85.
- Buhler, D.R. and Halver, J.E., 1961. Nutrition of salmonid fishes IX. Carbohydrate requirements of chinook salmon. *J. Nutrition*, 74: 309-318.
- Caceres-Martinez, C., Cadena-Roa, M. and Métailler, R., 1984. Nutritional requirements of turbot (*Scophthalmus maximus*): 1. a preliminary study of protein and lipid utilisation. *J. World Maric. Soc.*, 15: 191-202.
- Cachelou, F., Duche, D. and Jones, A., 1989. Current status of turbot farming in Europe. *World Aquaculture*, 20 (3): 50-53.
- Cowey, C.B., Adron, J.W. and Brown, D.A., 1975. Studies on the nutrition of marine flatfish. The metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and the effect of dietary energy source on protein utilisation in plaice. *Br. J. Nutr.*, 33: 219-231.
- Cowey, C.B. and Sargent, J.R., 1979. Nutrition. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), *Fish Physiology*. Academic Press, New York, vol. 8, pp. 1-70.
- Degani, G. and Viola, S., 1987. The protein sparing action of carbohydrates in the diet of eels (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 64: 283-291.
- Edwards, D.J., Austreng, E., Risa, S. and Gjedrem, T., 1977. Carbohydrate in rainbowtrout diets. I. Growth of fish of different families fed diets containing different proportions of carbohydrate. *Aquaculture*, 11: 31-38.
- Es, van, A.J.H. and Boekholt, H.A., 1981. *Collegedictaat intermediaire stofwisseling (E150-116)*, Vakgroep Dierfysiologie, Landbouwniversiteit Wageningen, 177pp.

- Fonds, M., 1981. Het kweken van platvissen. In: Trouw & Co. N.V. Nederland (Editor), Trouw Aquacultuurcursus 1981, Putten, pp. 48-54.
- Furuichi, M. and Yone, Y., 1980. Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 46(2): 225-229.
- Furuichi, M. and Yone, Y., 1981. Change of blood sugar and plasma insulin levels of fishes in glucose tolerance tests. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 47(6): 761-764.
- Furuichi, M., Taira, H. and Yone, Y., 1986. Availability of carbohydrate in nutrition of yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 52(1): 99-102.
- Gerretsen, F.C., 1965. Polysacchariden van microbiologische origine, Nederlands Instituut voor Koolhydraatonderzoek (NIKO), internal report, Groningen, 18 pp.
- Hemre, G., Lie, Ø, Lied, E. and Lambertsen, G., 1989. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): Digestibility and retention. *Aquaculture*, 80: 261-270.
- Hepher, B., 1988. Nutrition of pond fishes., Cambridge University Press, Cambridge, 388 pp.
- Hilton, J.W. and Atkinson, J.L., 1982. Response of rainbowtrout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets. *Br. J. Nutr.*, 47: 597-607.
- Inaba, D., Ogino, C. and Takamatsu, C., 1963. Digestibility of dietary components in fishes II. Digestibility of dietary protein and starch in rainbowtrout. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 29(3): 242-244.
- Jollivet, D., Gaboudan, J. and Métailler, R., 1988. Some effects of physical state and dietary level of starch, temperature and meal size on turbot (*Scophthalmus maximus L.*) digestive processes., ICES, Mariculture Committee, C.M./F.:25, 17 pp.
- Kawai, S. and Ikeda, S., 1973. Studies on digestive enzymes of fishes.III. Development of the digestive enzymes of rainbowtrout after hatching and the effect of dietary change on the activities of digestive enzymes in the juvenile stage. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 39: 819-823.
- Koning, de, A.J., Evans, A.A., Heydenrych, C., Purcell, C.J.de V. and Wessels, J.P.H., 1985. A critical investigation of a number of different methods of lipid determination in fish meal, with particular emphasis on corrections required in these determinations. *J.Sci.Food Agric.*, 36: 177-185.
- Lie, Ø., Lied, E. and Lambertsen, G., 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed, *Aquaculture*, 69: 333-341.
- Miget, R.J., 1991. Microbiology of crustacean processing: shrimp, crawfish and prawns. In: *Microbiology of Marine Food Products*, Ward, D.R. and C.R. Hackney (Editors), Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 65-89.
- Nagayama, F., Ohshima, H., and Umezawa, K., 1972. Distribution of glucose-6-phosphate metabolizing enzymes in fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38(6): 589-593.
- Paulsen, H., 1988. Current status of turbot culture, Organisation for Economic Co-operation and Development, Committee for fisheries, FI/289/6, 8 pp.
- Person-Le Royet, J., 1987. Turbot and sole production in Europe., International Council for the Exploration of the Sea, Working Group on Mass Rearing of Juvenile Marine Fish, IFREMER, Brest, 12 pp.
- Pieper, A. and Pfeffer, E., 1978. Carbohydrates as possible sources of dietary energy for rainbowtrout, FAO, EIFAC/78/Symp:E/21: 1-8.

- Refstie, T. and Austreng, E., 1981. Carbohydrate in rainbowtrout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrate in the diet. *Aquaculture*, 25: 35-49.
- Scherrer, P., 1984. Influence de la température et de la salinité sur la croissance et la consommation d'oxygène du juvénile de turbot (*Scophthalmus maximus*) (phase nurserie), Ph.D. thesis, Centre Océanologique de Bretagne, 151 pp.
- Shimeno, S., Hokosawa, H. and Hirata, H., 1977. Comparative studies on carbohydrate metabolism of yellowtail and carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43(2): 213-217.
- Shimeno, S., Hokosawa, H. and Takeda, M., 1979. The importance of carbohydrate in the diet of carnivorous fish. In: J.E. Halver and K. Tiews (Editors), *Finfish Nutrition and Finfish Technology*. Heenemann Verlagsgesell, Berlin, vol. 1: 127-145.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J., 1981. *Biometry*, second edition. W.H.Freeman and Co., San Francisco, California, 776 pp.
- Spannhof, L. and Plantikow, H., 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, 30: 95-108.
- Spyridakis, P., Métailler, R., Gaboudan, J. and Riaza, A., 1989. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. *Aquaculture*, 77: 61-70.
- Storebakken, T. and Austreng, E., 1987. Binders in fish feeds.II. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. *Aquaculture*, 60: 121-131.
- Weber, G., Singhal, R.L. and Sristava, S.K., 1965A. Action of glucocorticoid as inducer and insulin as suppressor of biosynthesis of hepatic gluconeogenic enzymes. *Advances in enzyme regulation*, 3:43-75.
- Weber, G., Singhal, R.L., Stamm, N.B., Lea, M.A. and Fisher, E.A., 1965B. Synchronous behaviour pattern of key glycolytic enzymes: glucokinase, phosphofructokinase and pyruvate kinase. *Advances in enzyme regulation*, 4: 59-81.

APPENDICES.

APPENDIX 1, table 1; Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

(Bull, 1991)

#	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	led(dm)	%P	%E	%CH	
1A/A5	42	10	73.7	23.4	15.4	3.6	84.1	21.3	15.4	2.1	276.7	49.8	7.1	32.5
1A/A13	42	11	113.1	23.4	15.4	3.6	138.8	22.6	16	3	330.8	49.8	7.1	32.5
1A/B1	42	11	95.9	23.4	15.4	3.6	105.2	22.6	15.2	3.2	208.7	49.8	7.1	32.5
1A/B11	42	11	112.4	23.4	15.4	3.6	126.9	22.2	15.6	2.8	239.5	49.8	7.1	32.5
1B/A4	42	11	63.5	23.4	15.4	3.6	78.2	22.1	14.9	2.9	216.3	52.7	12.4	22.4
1B/A10	42	11	106.1	23.4	15.4	3.6	131.6	23.2	15.4	3.9	356.9	52.7	12.4	22.4
1B/B2	42	11	97.7	23.4	15.4	3.6	118.8	22.8	15.5	3.5	327.1	52.7	12.4	22.4
1B/B15	42	11	100.3	23.4	15.4	3.6	128.9	23	15.4	3.6	345.8	52.7	12.4	22.4
1C/A2	42	11	70.4	23.4	15.4	3.6	81.7	22.4	14.7	3.2	217.4	56.5	19	12
1C/A12	42	11	115.8	23.4	15.4	3.6	145.5	23.3	15.6	4.1	367.2	56.5	19	12
1C/B4	42	11	99.8	23.4	15.4	3.6	127.2	23.3	15.5	4.2	317.2	56.5	19	12
1C/B9	42	11	97.6	23.4	15.4	3.6	129.7	22.9	15	4.1	317	56.5	19	12
1D/A8	42	11	80.4	23.4	15.4	3.6	104.6	22.8	15.1	4	245.6	59.5	26.7	0
1D/A11	42	11	116.4	23.4	15.4	3.6	146	23.7	15.1	4.5	350.6	59.5	26.7	0
1D/B7	42	11	96.6	23.4	15.4	3.6	123.8	22.8	14.9	4.2	291.4	59.5	26.7	0
1D/B10	42	10	101.6	23.4	15.4	3.6	123.8	23.2	15.2	4	278.6	59.5	26.7	0
2A/A3	42	11	71.3	23.4	15.4	3.6	74.6	21.1	14.7	2.2	136.2	48.8	7	31
2A/A16	42	11	106.6	23.4	15.4	3.6	110.7	21.1	15	2.3	121.8	48.8	7	31
2A/B8	42	11	117.4	23.4	15.4	3.6	123.4	22	15.3	2.5	168	48.8	7	31
2A/B16	42	11	93.6	23.4	15.4	3.6	95.3	20.4	14	2.3	96.9	48.8	7	31
2B/A1	42	11	73.6	23.4	15.4	3.6	90.5	22.4	15.5	2.9	276.1	47.8	11.6	20.6
2B/A9	42	11	103.2	23.4	15.4	3.6	129.3	23.2	15.5	3.9	387.6	47.8	11.6	20.6
2B/B3	42	11	101.2	23.4	15.4	3.6	129	23.2	16	3.8	381.8	47.8	11.6	20.6
2B/B13	42	11	104.3	23.4	15.4	3.6	131.5	23.1	15.5	3.7	384	47.8	11.6	20.6
2C/A7	42	11	69.2	23.4	15.4	3.6	84.6	21.8	14.9	3	256.5	47.7	16.3	10.4
2C/A14	42	11	114.3	23.4	15.4	3.6	153.5	23.1	15.7	3.9	440.8	47.7	16.3	10.4
2C/B5	42	11	118.4	23.4	15.4	3.6	153.2	23.6	15.7	4.2	442.3	47.7	16.3	10.4
2C/B12	42	11	98.2	23.4	15.4	3.6	120.1	23.3	15.4	4	325.9	47.7	16.3	10.4
2D/A6	42	11	69.5	23.4	15.4	3.6	92.7	23.7	15	4.7	272.4	47	21.1	0
2D/A15	42	11	110.8	23.4	15.4	3.6	142.2	24	15.6	4.5	364.7	47	21.1	0
2D/B6	42	11	107.4	23.4	15.4	3.6	131.9	23.7	15	4.4	330.3	47	21.1	0
2D/B14	42	11	115.5	23.4	15.4	3.6	135.6	24	15.6	4.2	303.1	47	21.1	0

APPENDIX 1, table 1: Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

(Bull, 1991)

#	NAV	MAX	MORI	ENFOOD(dml)	%E	%E	%ENCH	%ENCH	%ENCH	EN/NAV	PAN/NAV	FAN/NAV	CHEN/NAV	FECH/NAV	SCR	IOIANGROWTH	PANGROWTH	FANGROWTH	EE
1A/A5	10	79	0	20.27	58	14	28	42	1.96	1.14	0.27	0.55	0.82	0.31	0.01	0.13	0.25	-0.12	0
1A/A13	11	126	0	20.27	58	14	28	42	1.33	0.77	0.18	0.37	0.56	0.49	0.26	0.25	0.08	0.01	19
1A/B1	11	101	0	20.27	58	14	28	42	1.05	0.61	0.15	0.30	0.44	0.22	0.07	0.08	0.08	-0.01	7
1A/B11	11	120	0	20.27	58	14	28	42	1.02	0.59	0.14	0.28	0.43	0.29	0.09	0.17	0.17	-0.04	9
1B/A4	11	71	0	21.28	59	23	18	41	1.69	0.95	0.38	0.30	0.67	0.50	0.34	0.22	0.22	0.00	10
1B/A10	11	119	0	21.28	59	23	18	41	1.60	0.94	0.37	0.29	0.66	0.51	0.34	0.22	0.22	0.12	21
1B/B2	11	108	0	21.28	59	23	18	41	1.61	0.94	0.37	0.30	0.67	0.47	0.27	0.20	0.20	0.06	17
1B/B15	11	115	0	21.28	59	23	18	41	1.61	0.94	0.37	0.30	0.67	0.60	0.35	0.25	0.10	0.10	22
1C/A2	11	76	0	22.97	58	33	9	42	1.65	0.96	0.54	0.15	0.69	0.35	0.11	0.10	0.01	0.01	7
1C/A12	11	131	0	22.97	58	33	9	42	1.62	0.94	0.53	0.15	0.68	0.54	0.39	0.24	0.15	0.15	24
1C/B4	11	114	0	22.97	58	33	9	42	1.61	0.94	0.53	0.15	0.67	0.58	0.42	0.25	0.17	0.17	26
1C/B9	11	114	0	22.97	58	33	9	42	1.61	0.93	0.53	0.15	0.67	0.68	0.43	0.25	0.17	0.17	27
1D/A8	11	93	0	24.63	57	43	0	43	1.64	0.93	0.70	0.00	0.70	0.63	0.40	0.24	0.15	0.15	24
1D/A11	11	131	0	24.63	57	43	0	43	1.65	0.94	0.71	0.00	0.71	0.54	0.40	0.20	0.20	0.20	24
1D/B7	11	110	0	24.63	57	43	0	43	1.63	0.93	0.70	0.00	0.70	0.59	0.38	0.21	0.17	0.17	23
1D/B10	10	113	0	24.63	57	43	0	43	1.66	0.96	0.72	0.00	0.72	0.47	0.31	0.18	0.13	0.13	18
2A/A3	11	73	0	19.73	59	14	27	41	0.92	0.54	0.13	0.25	0.38	0.11	-0.14	0.00	0.00	-0.14	-15
2A/A16	11	109	0	19.73	59	14	27	41	0.55	0.32	0.08	0.15	0.23	0.09	-0.12	0.01	0.01	-0.13	-21
2A/B6	11	120	0	19.73	59	14	27	41	0.69	0.40	0.10	0.19	0.29	0.12	-0.06	0.04	0.04	-0.10	-9
2A/B16	11	94	0	19.73	59	14	27	41	0.51	0.30	0.07	0.14	0.21	0.04	-0.21	-0.07	-0.14	-41	
2B/A1	11	82	0	19.49	58	24	18	42	1.64	0.95	0.39	0.30	0.69	0.49	0.21	0.21	0.21	0.00	13
2B/A9	11	116	0	19.49	58	24	18	42	1.63	0.94	0.38	0.30	0.68	0.54	0.36	0.23	0.12	0.12	22
2B/B3	11	115	0	19.49	58	24	18	42	1.62	0.94	0.38	0.30	0.68	0.58	0.41	0.29	0.12	0.12	25
2B/B13	11	118	0	19.49	58	24	18	42	1.59	0.92	0.37	0.29	0.67	0.55	0.34	0.24	0.24	0.10	21
2C/A7	11	77	0	19.55	58	33	9	42	1.63	0.94	0.54	0.15	0.69	0.48	0.17	0.17	0.17	0.01	11
2C/A14	11	134	0	19.55	58	33	9	42	1.61	0.93	0.53	0.15	0.68	0.70	0.47	0.32	0.15	0.15	29
2C/B5	11	138	0	19.55	58	33	9	42	1.59	0.92	0.53	0.15	0.67	0.61	0.45	0.28	0.17	0.17	28
2C/B12	11	109	0	18.55	58	33	9	42	1.46	0.84	0.48	0.14	0.62	0.48	0.33	0.20	0.13	0.13	22
2D/A6	11	81	0	19.46	57	43	0	43	1.64	0.94	0.70	0.00	0.70	0.69	0.51	0.26	0.25	0.25	31
2D/A15	11	127	0	19.46	57	43	0	43	1.41	0.80	0.60	0.00	0.60	0.59	0.47	0.26	0.26	0.21	34
2D/B6	11	120	0	19.46	57	43	0	43	1.35	0.77	0.58	0.00	0.58	0.49	0.35	0.18	0.18	0.18	26
2D/B14	11	126	0	19.46	57	43	0	43	1.18	0.67	0.50	0.00	0.50	0.38	0.31	0.17	0.17	0.13	26

APPENDIX 1, table 1: Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*),
(Bull, 1991)

#	APPLY	FCalm	FR	En/MSWIX
1A/A5	12	2.66	0.83	4.69
1A/A13	32	1.17	0.57	3.51
1A/B1	13	2.04	0.45	2.65
1A/B11	23	1.50	0.43	2.65
1B/A4	18	1.34	0.66	3.82
1B/A10	23	1.27	0.65	4.16
1B/B2	21	1.41	0.65	4.11
1B/B15	27	1.10	0.65	4.15
1C/A2	10	1.75	0.62	3.91
1C/A12	26	1.12	0.61	4.29
1C/B4	27	1.05	0.60	4.14
1C/B9	27	0.90	0.60	4.14
1D/A8	26	0.92	0.57	4.05
1D/A11	22	1.08	0.58	4.37
1D/B7	23	0.97	0.57	4.18
1D/B10	19	1.25	0.59	4.32
2A/A3	0	3.75	0.40	2.18
2A/A16	3	2.70	0.24	1.42
2A/B8	11	2.55	0.30	1.80
2A/B16	-25	5.18	0.22	1.26
2B/A1	22	1.49	0.73	3.97
2B/A9	25	1.95	0.72	4.22
2B/B3	30	1.25	0.72	4.19
2B/B13	26	1.28	0.70	4.13
2C/A7	18	1.51	0.72	3.89
2C/A14	34	1.02	0.71	4.29
2C/B5	30	1.16	0.70	4.26
2C/B12	24	1.35	0.65	3.74
2D/A6	28	1.07	0.73	3.94
2D/A15	33	1.06	0.62	3.70
2D/B6	23	1.23	0.60	3.50
2D/B14	26	1.37	0.52	3.09

APPENDIX 1, table 1; Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).
(BROMLEY, 1980B)

z	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	%Fand	iesi(dml)	%P	%E	%CH
0/24	56	5	28.2	22.1	14.2	1.57	45.5	22.4	14	2.2	48.5	59.6	8.7	0
0/48	56	5	28.6	22.1	14.2	1.57	82.2	23.6	15.1	2.25	127	59.6	8.7	0
0/72	56	5	31.3	22.1	14.2	1.57	105.9	24.7	15.6	2.67	217	59.6	8.7	0
20/24	56	5	23.1	22.1	14.2	1.57	5	22	14.4	1.4	38.8	60.3	8.8	0
20/48	56	5	26	22.1	14.2	1.57	5	23.1	14.4	2.7	110.4	60.3	8.8	0
20/72	56	5	24.3	22.1	14.2	1.57	5	23.3	13.9	3.43	182	60.3	8.8	0
40/24	56	5	27	22.1	14.2	1.57	5	21.5	14.1	1.7	44.1	61	8.9	0
40/48	56	5	25.5	22.1	14.2	1.57	5	22.1	13.1	2.47	99.3	61	8.9	0
40/72	56	5	27.7	22.1	14.2	1.57	5	24.3	15.3	3.12	181.5	61	8.9	0
74/24	56	5	22.6	22.1	14.2	1.57	5	21.7	14.2	1.5	38	61.4	8.9	0
74/48	56	5	23.6	22.1	14.2	1.57	5	21.8	14.4	1.28	93.5	61.4	8.9	0
74/72	56	5	24.1	22.1	14.2	1.57	5	23	14.8	2.26	161.3	61.4	8.9	0

(CACERES-MARTINEZ et al, 1984)

z	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	%Fand	iesi(dml)	%P	%E	%CH
1	42	75	10.1	21.1	16.6	1.3	20.4	22.5	16.1	2.5	802.5	37.5	10	37.7
2	42	75	9.9	21.1	16.6	1.3	19.2	23.4	16.3	2.4	806.5	37.5	15	37.7
3	42	75	9.8	21.1	16.6	1.3	21.8	23.4	16.5	3	780	37.5	20	37.7
4	42	75	10.1	21.1	16.6	1.3	21.5	23.4	18	2.8	802.5	48.3	10	26
5	42	75	9.8	21.1	16.6	1.3	22.8	22.8	16.4	2.1	818.8	48.3	15	26
6	42	75	10	21.1	16.6	1.3	22.4	22.4	17.3	2	804.6	48.3	20	26
7	42	75	9.8	21.1	16.6	1.3	25.9	21.8	15.9	2.6	808.1	59.2	10	14.2
8	42	75	9.9	21.1	16.6	1.3	25	23	17.7	2.6	817.3	59.2	15	14.2
9	42	75	10.2	21.1	16.6	1.3	25.3	23.2	17	2.3	820.1	59.2	20	14.2
10	42	75	10.1	21.1	16.6	1.3	29	21.7	16.4	2.4	804.6	69.8	10	2.7
11	42	75	10.2	21.1	16.6	1.3	28.7	21.7	16.6	2.3	796.5	69.8	15	2.7
12	42	75	9.9	21.1	16.6	1.3	26.3	21.8	16.8	2	789.8	69.8	20	2.7

(M.Nilhof, pers.inf., 1990)

z	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	%Fand	iesi(dml)	%P	%E	%CH
90-T-07/1	49	33	86.7	22.3	15.8	2.5	122.3	22.3	15.8	2.5	1159	69.6	10.6	0
90-T-07/8	49	33	98.5	23.1	15.8	3.4	142.7	23.1	15.8	3.4	1386	69.6	10.6	0
90-T-07/12	49	33	97.4	23.1	16	3.2	133.4	23.1	16	3.2	1300	69.6	10.6	0
90-T-07/4	49	33	98.8	23.8	15.7	4.2	138.5	23.8	15.7	4.2	1220	64.9	16.7	0
90-T-07/9	49	31	105.5	23.8	16	4.2	154.3	23.8	16	4.2	1271	64.9	16.7	0
90-T-07/11	49	33	102.4	22.6	15.8	3.3	144.2	22.6	15.8	3.3	1249	64.9	16.7	0
90-T-07/2	49	33	96.7	23.3	15.9	3.8	123.9	23.3	15.9	3.8	978	58.1	23.7	0
90-T-07/6	49	33	97.4	23.6	15.5	4	131	23.6	15.5	4	997	58.1	23.7	0
90-T-07/7	49	33	104.2	24.1	15.8	5.1	149.6	24.1	15.5	5.1	1242	58.1	23.7	0
90-T-07/3	49	33	104.5	24.3	15.8	4.8	143.6	24.3	15.8	4.8	1416	52.2	31.5	0
90-T-07/5	49	33	97.3	24	15.2	5	131.3	24	15.2	5	1247	52.2	31.5	0
90-T-07/10	49	33	93.4	23.5	15.5	4.6	121.2	23.5	15.5	4.6	1104	52.2	31.5	0

APPENDIX 1, table 1: Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*). (BROMLEY, 1980B)

#	Mo	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EnP	%EnF	%EnCH	%EnECH	EnWay	PanWay	FanWay	ChenWay	FChenWay	SGR	IOIGROWTH	FmGROWTH	ECE
0/24	5	37	0	17.54	80	20	0	20	0.95	0.77	0.19	0.00	0.19	0.85	0.44	0.31	0.12
0/48	5	55	0	17.54	80	20	0	20	1.66	1.34	0.33	0.00	0.33	1.89	0.94	0.74	0.21
0/72	5	69	0	17.54	80	20	0	20	2.29	1.84	0.45	0.00	0.45	2.18	1.14	0.86	0.28
20/24	5	29	0	17.74	80	20	0	20	0.98	0.79	0.19	0.00	0.19	0.73	0.33	0.29	0.03
20/48	5	47	0	17.74	80	20	0	20	1.74	1.40	0.34	0.00	0.34	1.70	0.87	0.63	0.25
20/27	5	57	0	17.74	80	20	0	20	2.33	1.87	0.46	0.00	0.46	2.35	1.17	0.78	0.39
40/24	5	34	0	17.95	80	20	0	20	0.97	0.78	0.19	0.00	0.19	0.72	0.34	0.27	0.06
40/48	5	41	0	17.95	80	20	0	20	1.81	1.45	0.35	0.00	0.35	1.40	0.64	0.44	0.20
40/72	5	57	0	17.95	80	20	0	20	2.37	1.91	0.47	0.00	0.47	2.02	1.11	0.79	0.32
74/24	5	27	0	18.04	80	20	0	20	1.05	0.84	0.20	0.00	0.20	0.59	0.26	0.23	0.04
74/48	5	37	0	18.04	80	20	0	20	1.90	1.53	0.37	0.00	0.37	1.33	0.56	0.51	0.06
74/72	5	47	0	18.04	80	20	0	20	2.56	2.06	0.50	0.00	0.50	1.90	0.93	0.72	0.21

(CACERES-MARTINEZ et al, 1994)

#	Mo	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EnP	%EnF	%EnCH	%EnECH	EnWay	PanWay	FanWay	ChenWay	FChenWay	SGR	IOIGROWTH	FmGROWTH	ECE
1	75	15	0	19.41	46	20	34	54	3.75	1.71	0.76	1.27	2.04	1.87	0.96	0.69	0.27
2	74	15	3	21.39	41	28	31	59	4.42	1.83	1.22	1.36	2.58	1.58	0.91	0.67	0.25
3	75	16	0	23.37	38	34	28	62	4.24	1.61	1.43	1.20	2.83	1.90	1.18	0.81	0.36
4	75	16	0	19.92	57	20	23	48	3.72	2.13	0.74	0.85	1.59	1.80	1.23	0.90	0.32
5	73	16	7	21.90	52	27	21	48	4.17	2.17	1.13	0.87	1.99	1.89	1.07	0.84	0.23
6	75	16	1	23.88	48	33	19	52	4.43	2.12	1.47	0.84	2.31	1.89	1.09	0.88	0.21
7	74	18	4	20.44	69	19	12	31	3.47	2.38	0.67	0.42	1.09	2.31	1.24	0.91	0.33
8	73	17	5	22.42	62	26	11	38	3.96	2.48	1.05	0.44	1.49	2.21	1.36	1.04	0.33
9	72	18	8	24.39	57	32	10	43	4.31	2.48	1.40	0.44	1.84	2.16	1.23	0.96	0.28
10	75	20	1	20.93	79	19	2	21	3.19	2.51	0.60	0.07	0.87	2.51	1.34	1.03	0.31
11	72	19	8	22.91	72	26	2	28	3.60	2.59	0.93	0.07	1.01	2.46	1.32	1.03	0.30
12	73	18	7	24.89	66	32	2	34	4.13	2.74	1.31	0.08	1.39	2.33	1.22	0.98	0.24

(M.Nijhof, pers.inf., 1990)

#	Mo	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EnP	%EnF	%EnCH	%EnECH	EnWay	PanWay	FanWay	ChenWay	FChenWay	SGR	IOIGROWTH	FmGROWTH	ECE
90-T-07/1	33	106	0	20.65	80	20	0	20	1.62	1.29	0.33	0.00	0.33	0.63	0.34	0.27	0.07
90-T-07/8	33	121	0	20.65	80	20	0	20	1.70	1.35	0.34	0.00	0.34	0.76	0.44	0.32	0.12
90-T-07/12	33	115	0	20.65	80	20	0	20	1.67	1.33	0.34	0.00	0.34	0.64	0.37	0.28	0.09
90-T-07/4	33	119	0	21.95	70	30	0	30	1.62	1.13	0.49	0.00	0.49	0.69	0.42	0.29	0.13
90-T-07/9	31	130	0	21.95	70	30	0	30	1.64	1.14	0.49	0.00	0.49	0.78	0.48	0.34	0.15
90-T-07/11	33	123	0	21.95	70	30	0	30	1.59	1.11	0.48	0.00	0.48	0.70	0.40	0.30	0.15
90-T-07/2	33	110	0	23.11	59	41	0	41	1.47	0.87	0.59	0.00	0.59	0.51	0.31	0.22	0.09
90-T-07/6	33	114	0	23.11	59	41	0	41	1.44	0.86	0.59	0.00	0.59	0.60	0.36	0.25	0.11
90-T-07/7	33	127	0	23.11	59	41	0	41	1.62	0.96	0.66	0.00	0.66	0.74	0.48	0.31	0.17
90-T-07/3	33	124	0	24.80	50	50	0	50	2.03	1.01	1.02	0.00	1.02	0.65	0.42	0.28	0.14
90-T-07/5	33	114	0	24.80	50	50	0	50	1.94	0.96	0.97	0.00	0.97	0.61	0.39	0.25	0.14
90-T-07/10	33	107	0	24.80	50	50	0	50	1.83	0.91	0.92	0.00	0.92	0.53	0.34	0.22	0.11

APPENDIX 1, table 1; Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*), (BROMLEY, 1960B)

<u>Δ</u>	<u>APPV</u>	<u>FCdm</u>	<u>FR</u>	<u>En/MMay</u>
0/24	41	0.56	0.47	1.96
0/48	55	0.47	0.82	3.71
0/72	47	0.58	1.13	5.34
20/24	37	0.67	0.48	1.93
20/48	45	0.54	0.85	3.75
20/72	42	0.55	1.13	5.23
40/24	35	0.65	0.47	1.96
40/48	31	0.65	0.87	3.80
40/72	41	0.63	1.14	5.32
74/24	27	0.86	0.50	2.03
74/48	33	0.72	0.91	3.91
74/72	35	0.70	1.22	5.52

(CACERES-MARTINEZ et al, 1984)

<u>Δ</u>	<u>APPV</u>	<u>FCdm</u>	<u>FR</u>	<u>En/MMay</u>
1	40	1.04	1.67	6.47
2	36	1.22	1.78	7.54
3	51	0.87	1.57	7.36
4	42	0.94	1.61	6.46
5	38	0.96	1.64	7.29
6	41	0.91	1.60	7.71
7	38	0.72	1.47	6.17
8	42	0.79	1.53	7.02
9	39	0.84	1.53	7.67
10	41	0.58	1.32	5.78
11	40	0.66	1.36	6.52
12	36	0.72	1.43	7.37

(M.Nijhof, pers.inf., 1990)

<u>Δ</u>	<u>APPV</u>	<u>FCdm</u>	<u>FR</u>	<u>En/MMay</u>
90-T-07/1	21	1.08	0.68	4.11
90-T-07/8	24	0.95	0.71	4.43
90-T-07/12	21	1.09	0.70	4.30
90-T-07/4	26	0.93	0.64	4.20
90-T-07/9	29	0.84	0.64	4.33
90-T-07/11	27	0.91	0.63	4.17
90-T-07/2	25	1.09	0.55	3.76
90-T-07/6	30	0.90	0.54	3.73
90-T-07/7	32	0.83	0.61	4.27
90-T-07/3	28	1.10	0.71	5.31
90-T-07/5	26	1.11	0.67	5.00
90-T-07/10	25	1.20	0.64	4.65

APPENDIX 1, table 1; Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

(ADRON et al., 1976)

#	Day	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EP	%EF	%ENCH	%EFCH	En/Max	Pen/Max	Fan/Max	CHan/Max	ECHan/Max	SGR	IOIenGROWTH	FanGROWTH	FemGROWTH	ECE
1	15	31	0	14.58	81	8	11	19	1.65	1.34	0.13	0.18	0.31	1.27	0.53	0.47	0.07	32
2	15	25	0	9.46	87	13	0	13	1.43	1.25	0.18	0.00	0.18	1.01	0.42	0.38	0.04	29
3	15	26	0	11.04	75	11	14	25	1.43	1.07	0.15	0.20	0.36	1.07	0.45	0.40	0.05	31
4	15	27	0	12.61	66	9	25	34	1.74	1.14	0.18	0.43	0.60	1.06	0.47	0.42	0.05	27
5	15	30	0	12.22	68	19	13	32	1.46	0.99	0.28	0.19	0.47	1.20	0.54	0.44	0.09	37
6	15	30	0	13.80	60	17	23	40	1.59	0.95	0.27	0.36	0.64	1.10	0.50	0.42	0.08	32
7	15	31	0	13.41	62	27	12	38	1.72	1.06	0.46	0.20	0.66	1.15	0.57	0.44	0.13	33
8	15	31	0	14.98	55	24	21	45	1.49	0.82	0.35	0.31	0.67	1.27	0.62	0.47	0.15	42

(NIELS GERNER ANDERSEN, pers. inf., 1966)

#	Day	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EP	%EF	%ENCH	%EFCH	En/Max	Pen/Max	Fan/Max	CHan/Max	ECHan/Max	SGR	IOIenGROWTH	FanGROWTH	FemGROWTH	ECE
87/1/1	340	9	6	22.43	59	28	13	41	5.67	3.37	1.56	0.74	2.30	2.93	1.60	1.13	0.48	28
87/1/2	340	9	8	23.32	56	33	12	44	5.70	3.18	1.86	0.67	2.53	3.13	1.91	1.24	0.67	34
87/1/3	290	11	7	22.43	59	28	13	41	4.93	2.93	1.36	0.64	2.00	2.62	1.45	1.01	0.45	30
87/1/4	290	11	7	23.32	56	33	12	44	4.99	2.78	1.63	0.59	2.21	2.78	1.72	1.07	0.65	34
87/2/1	195	16	5	22.93	53	32	16	47	5.82	2.95	1.77	0.80	2.67	3.01	2.39	1.32	1.06	42
87/2/2	195	17	5	24.61	46	42	12	54	5.73	2.63	2.43	1.27	3.10	3.23	2.65	1.27	1.38	46
87/2/3	145	20	7	22.93	53	32	16	47	5.07	2.66	1.60	0.81	2.41	2.70	2.00	1.10	0.90	39
87/2/4	145	20	7	24.61	46	42	12	54	5.65	2.59	2.40	0.66	3.06	2.52	2.14	0.98	1.16	38
87/3/1	185	30	5	22.93	53	32	16	47	3.74	1.96	1.18	0.80	1.77	1.83	1.33	0.78	0.55	36
87/3/2	185	32	5	24.61	46	42	12	54	4.02	1.84	1.71	0.47	2.18	1.78	1.48	0.75	0.55	37
87/3/3	135	34	7	22.93	53	32	16	47	3.72	1.95	1.18	0.59	1.77	1.66	1.34	0.74	0.60	36
87/3/4	135	37	7	24.61	46	42	12	54	3.90	1.79	1.66	0.48	2.11	1.92	1.73	0.84	0.89	44

(BROMLEY, 1980A)

#	Day	Way	MORI	EnFOOD(dm)	%EP	%EF	%ENCH	%EFCH	En/Max	Pen/Max	Fan/Max	CHan/Max	ECHan/Max	SGR	IOIenGROWTH	FanGROWTH	FemGROWTH	ECE
1	5	3	0	14.85	95	5	0	5	0.97	0.92	0.05	0.00	0.05	-0.14	-0.09	-0.13	0.04	-10
2	5	3	0	14.85	95	5	0	5	2.19	2.08	0.11	0.00	0.11	1.43	0.70	0.60	0.11	32
3	5	5	0	14.85	95	5	0	5	4.02	3.82	0.20	0.00	0.20	3.11	1.44	1.23	0.22	36
4	5	6	0	14.85	95	5	0	5	5.32	5.05	0.27	0.00	0.27	3.78	1.73	1.48	0.24	32
5	3	3	0	16.78	72	28	0	28	1.04	0.75	0.29	0.00	0.29	0.08	0.02	0.03	-0.01	2
6	5	3	0	16.78	72	28	0	28	2.28	1.65	0.63	0.00	0.63	1.23	0.74	0.52	0.23	33
7	5	5	0	16.78	72	28	0	28	4.25	3.08	1.17	0.00	1.17	2.94	1.48	1.12	0.36	35
8	5	6	0	16.78	72	28	0	28	5.47	3.96	1.51	0.00	1.51	3.25	1.72	1.21	0.51	31
9	5	3	0	19.45	60	40	0	40	0.97	0.58	0.39	0.00	0.39	0.12	0.04	0.08	-0.04	4
10	5	3	0	19.45	60	40	0	40	2.35	1.41	0.94	0.00	0.94	1.14	0.73	0.47	0.26	31
11	5	4	0	19.45	60	40	0	40	4.24	2.54	1.70	0.00	1.70	2.56	1.58	1.05	0.53	37
12	5	5	0	19.45	60	40	0	40	5.72	3.43	2.29	0.00	2.29	2.99	1.50	1.08	0.43	26
13	5	3	0	20.67	49	51	0	51	1.06	0.52	0.54	0.00	0.54	0.13	0.03	-0.03	0.07	3
14	5	3	0	20.67	49	51	0	51	2.56	1.26	1.30	0.00	1.30	0.98	0.72	0.40	0.32	28
15	5	4	0	20.67	49	51	0	51	4.64	2.28	2.36	0.00	2.36	2.03	1.41	0.86	0.55	30
16	5	5	0	20.67	49	51	0	51	5.70	2.80	2.90	0.00	2.90	2.67	1.38	0.82	0.56	24

APPENDIX 1, table 1: Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*), (ADRON et al., 1976)

#	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	led(dm)	%E	%Ch		
1	126	15	10.55	21	17	15	51.98	20.5	16.4	1.4	579.1	50	3	9
2	126	15	10.99	21	17	15	39.12	20.5	15.9	1.1	618.5	35	3	0
3	126	15	10.62	21	17	15	40.75	19.9	16.1	1.2	543.9	35	3	9
4	126	15	11.16	21	17	15	42.55	20.7	16.8	1.2	605	35	3	18
5	126	15	10.89	21	17	15	49.25	21.1	16.2	1.9	586.6	35	6	9
6	126	15	12.07	21	17	15	48.12	20.6	16.4	1.8	566.3	35	6	18
7	126	15	11.72	21	17	15	50.05	21.3	16.4	2.6	646.4	35	9	9
8	126	15	10.52	21	17	15	52.11	21.2	16.4	2.8	509.2	35	9	18

(NIELS GERNER ANDERSEN, pers. inf., 1966)

#	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	led(dm)	%E	%Ch		
87/1/1	24	350	5.63	24.4	15.4	4.7	11.38	23.2	15	4.2	1515	56.4	15.6	16.7
87/1/2	24	350	5.63	24.4	15.4	4.7	11.93	24.2	15.3	4.8	1514	54.9	19.2	15.7
87/1/3	24	300	7.73	24.4	15.4	4.7	14.48	23.3	15	4.3	1467	56.4	15.6	16.7
87/1/4	24	300	7.73	24.4	15.4	4.7	15.06	22.5	15	5	1467	54.9	18.2	15.7
87/2/1	20	200	11.4	23.2	15	4.2	20.8	24.6	15.7	5.9	1330	50.9	18.3	20.9
87/2/2	20	200	11.9	23.2	15.3	4.8	22.7	25.1	15.1	7.1	1357	47.7	26.4	16.5
87/2/3	20	150	14.5	23.3	15	4.3	24.9	24	15.1	5.6	1092	50.9	18.3	20.9
87/2/4	20	150	15.1	23.8	15	5	25	25.2	14.8	7.1	1153	47.7	26.4	16.5
87/3/1	34	190	20.8	24.6	15.7	5.9	36.7	25	15.9	6.3	2635	50.9	18.3	20.9
87/3/2	34	190	22.7	25.1	15.1	7.1	41.6	26.1	15.2	8.2	2856	47.7	26.4	16.5
87/3/3	34	140	24.9	24	15.1	5.6	43.8	25.1	15.8	6.7	2212	50.9	18.3	20.9
87/3/4	34	140	25	25.2	14.8	7.1	48.1	26.7	15.6	8.7	2298	47.7	26.4	18.5

(BROMLEY, 1980A)

#	period	#Fstart	WFstart	%dmFstart	%Fstart	#Fend	WFend	%dmFend	%Fend	led(dm)	%E	%Ch		
1	30	5	2.66	19.6	13.5	0.8	2.55	19.8	12.6	1.1	2.2	59.6	1.9	0
2	30	5	2.43	19.6	13.5	0.8	3.73	21.4	14.2	1.1	5.9	59.6	1.9	0
3	30	5	2.59	19.6	13.5	0.8	6.58	21.4	14.7	1.3	16.1	59.6	1.9	0
4	30	5	2.70	19.6	13.5	0.8	8.39	21.8	15.1	1.3	25.75	59.6	1.9	0
5	30	5	2.58	19.6	13.5	0.8	2.84	20.6	13.5	0.7	2.1	51.4	11.7	0
6	30	5	2.79	19.6	13.5	0.8	4.04	21.9	14.1	1.8	6	51.4	11.7	0
7	30	5	3.02	19.6	13.5	0.8	7.29	21.6	14.3	2	16.9	51.4	11.7	0
8	30	5	3.07	19.6	13.5	0.8	8.15	21.2	14.2	2.6	23.7	51.4	11.7	0
9	30	5	2.74	19.6	13.5	0.8	2.84	20.1	13.9	0.5	1.8	49.3	19.7	0
10	30	5	2.86	19.6	13.5	0.8	4.03	22	14	2	5.4	49.3	19.7	0
11	30	5	2.87	19.6	13.5	0.8	5.75	22.7	14.7	2.9	11.9	49.3	19.7	0
12	30	5	2.90	19.6	13.5	0.8	7.12	20.3	13.8	2.3	19.1	49.3	19.7	0
13	30	5	2.94	19.6	13.5	0.8	3.06	19.3	12.6	1.2	2	42.9	26.6	0
14	30	5	2.87	19.6	13.5	0.8	3.85	21.8	13.9	2.4	5.4	42.9	26.6	0
15	30	5	2.76	19.6	13.5	0.8	5.08	22.9	14.6	3.2	11.4	42.9	26.6	0
16	30	5	3.07	19.6	13.5	0.8	6.84	20.2	12.6	3	17.7	42.9	26.6	0

APPENDIX 1, table 1; Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

INPUT DATA:

#	experiment code
period	period (days)
#Fstart	number of fishes at start of experiment (#)
WFstart	average weight of fish at start of experiment (g)
%dmFstart	percentage dry matter of fish at start of experiment (%)
%pFstart	percentage protein of fish at start of experiment (%)
%fFstart	percentage fat of fish at start of experiment (%)
#Fend	number of fishes at end of experiment (#)
WFend	average weight of fish at end of experiment (g)
%dmFend	percentage dry matter of fish at end of experiment (%)
%pFend	percentage protein of fish at end of experiment (%)
%fFend	percentage fat of fish at end of experiment (%)
fed(dm)	amount of dry food fed to fishes during experiment (g)
%P	percentage protein in food, based on dry matter (%)
%F	percentage fat in food, based on dry matter (%)
%CH	percentage carbohydrates in food, based on dry matter (%)

The input data that are written in *italic* are estimated values.

OUTPUT DATA:

Nav	average number of fishes during experiment : (#Fstart + #Fend) / 2	(#)
Wav	average weight of fishes during experiment : (WFstart + WFend) / 2	(g)
MORT	mortality : ((#Fstart - #Fend) / #Fstart) * 100	(%)
ENFOOD(dm)	energy content of food, based on dry matter : $0.01 * \%P + 23.65 * \%F + 39.85 * \%CH + 17.48$	(kJ g ⁻¹)
%ENP	percentage of protein energy in food : $(\%P * 23.85) / \text{EnFOOD}(\text{dm})$	(%)
%ENF	percentage of fat energy in food : $(\%F * 39.85) / \text{EnFOOD}(\text{dm})$	(%)
%ENCH	percentage of carbohydrate energy in food : $(\%CH * 17.48) / \text{EnFOOD}(\text{dm})$	(%)
%ENFCH	percentage of fat and carbohydrate energy in food : $\%ENF + \%ENCH$	(%)
En/Wav	energy gift : $(\text{fed}(\text{dm}) * \text{EnFOOD}(\text{dm})) / (\text{Nav} * \text{Wav} * \text{period} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
Pen/Wav	protein energy gift : $(\text{fed}(\text{dm}) * \text{EnFOOD}(\text{dm}) * \%ENP) / (\text{Nav} * \text{Wav} * \text{period} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
Fen/Wav	fat energy gift : $(\text{fed}(\text{dm}) * \text{EnFOOD}(\text{dm}) * \%ENF) / (\text{Nav} * \text{Wav} * \text{period} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
Chen/Wav	carbohydrate energy gift : $(\text{fed}(\text{dm}) * \text{EnFOOD}(\text{dm}) * \%ENCH) / (\text{Nav} * \text{Wav} * \text{period} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
FCHen/Wav	non protein energy gift : $(\text{fed}(\text{dm}) * \text{EnFOOD}(\text{dm}) * \%ENFCH) / (\text{Nav} * \text{Wav} * \text{period} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
SGR	specific growth rate : $\text{Ln}(\text{WFend}) - \text{Ln}(\text{WFstart}) / \text{period}$	(% day ⁻¹)
TOTenGROWT	relative total energy accumulation : $\text{PenGROWTH} + \text{FenGROWTH}$	(mW g ⁻¹)
PenGROWTH	relative protein energy accumulation : $(0.01 * \%pFstart * \text{WFstart}) + 23.65 * / (\text{period} * \text{Wav} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
FenGROWTH	relative fat energy accumulation : $(0.01 * \%fFend * \text{WFend}) - (0.01 * \%fFstart * \text{WFstart}) + 39.85 / (\text{period} * \text{Wav} * 0.0864)$	(mW g ⁻¹)
ECE	energy conversion efficiency : $(\text{TOTenGROWTH} / \text{EnWav}) * 100$	(%)
appV	apparent protein productive value : $(\text{PenGROWTH} / \text{PenWav}) * 100$	(%)
FCdm	food conversion, based on dry matter : $\text{fed}(\text{dm}) / ((\text{WFstart} - \text{WFend}) - (\text{WFstart} - \text{WFend}))$	(% d ⁻¹)
FR	feeding rate : $100 * \text{fed}(\text{dm}) / (\text{period} * \text{Nav} * \text{Wav})$	(% d ⁻¹)
En/MWav	metabolic energy gift : $(\text{EnFOOD}(\text{dm}) * \text{fed}(\text{dm})) / (\text{period} * \text{Nav} * \text{Wav} * 0.8 * 0.0864)$	(mW g ^{-0.8})

APPENDIX 2.

Korte beschrijving van de eerste mislukte poging om inzicht te verkrijgen in de metaboliseerbaarheid van koolhydraten bij tarbot (*Scophthalmus maximus*).

4 Typen moistvoeders werden gefabriceerd met behulp van een Hobart meng/maal/pelleteermachine (model: 84181DG). De grondstoffen en de voeders worden beschreven in appendix 2: tabel 1 en tabel 2. Alle voeders waren zodanig van samenstelling dat ongeveer 60% van de energie in het voer in de vorm van eiwitenergie aanwezig was. De overige energie werd aangeboden in de vorm van koolhydraten en vetten, in verschillende verhoudingen. Het gehalte droge stof was bij alle voeders 60%. De voeders werden gefabriceerd in een variant waarbij cellulose was toegevoegd, waardoor de energiedichtheid van deze voeders gelijk was, en een variant zonder cellulose. De energiedichtheid van de voeders zonder cellulose varieerde.

In verband met de vereiste consistentie werd bij voeder 35/5 en C40/0 een binder toegevoegd. Vitaminemix en diatomeeënaarde werd toegevoegd in een concentratie van ongeveer 1% van de droge stof. De verhouding vismeel : fish solubles was 1 : 0.3.

Voor dit experiment werd gebruik gemaakt van 32 aquaria. Per voedertype waren 4 aquaria beschikbaar. De voeders werden door loting over de aquaria verdeeld. Per aquarium werden 10 a 11 vissen gehuisvest. De gebruikte vissen zijn afkomstig uit dezelfde populatie, en hebben dezelfde voorgeschiedenis. Twee weken voor het begin van het experiment werden de vissen in de aquaria ondergebracht. Elk aquarium representeert één experimentele eenheid, de vissen werden niet individueel bestudeerd. Een kort overzicht van de omstandigheden waaronder de vissen werden gehuisvest is te vinden in tabel 4.

De vissen werden geresliceerd gevoerd m.b.v. een bandvoerautomaat. De voedergift werd vastgesteld op grond van de voeropname van de vissen in het aquarium met de kleinste voeropname, en op zo'n manier dat alle vissen dezelfde eiwitgift kregen. De vissen die werden gevoerd met de voeders waaraan cellulose was toegevoegd kregen alle dezelfde voergift (g voer per g vis). De voergift bij de andere vissen varieerde. Een uitgebreide beschrijving van deze voermethode is te vinden in § 2.1. Voor het vaststellen van de voedergift werd wekelijks het totaalgewicht van de vissen per aquarium bepaald.

Bij de wekelijkse metingen viel al snel op dat de groei veel minder was dan op grond van met name de eiwitgift mocht worden verwacht (zie: appendix 1, appendix 2: tabel 3 en figuur 1).

Indien wordt aangenomen dat het eiwitgehalte van de vis niet veel varieert, konden schattingen gemaakt worden van de apparent Protein Productive Value (aPPV) bij de verschillende dieeten. Een overzicht van deze schattingen is te vinden in appendix 2: tabel 3. De aPPV bij dit experiment was veel lager dan werd waargenomen bij andere experimenten (zie appendix 1). Een en ander valt te verklaren door verspilling van het voer: De pellets werden zonder vermorsen opgenomen, maar vervolgens na vermaling gedeeltelijk uitgespuwd. Hierdoor werden de groeikarakteristieken in de eerste plaats beïnvloed door de vermorsing en pas in tweede instantie door het gebruik van de nutriënten. Bij de aquaria waar werd vermoed dat de verspilling groot was (dieeten 25/15 en C25/15), werd gedurende de eerste 5 minuten na voeding het water opgevangen en afgefilterd. Na droging van de filters kon een schatting gemaakt worden van de verspilling. Deze schattingen lagen alle rond de 15%. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze schatting een benedengrens weergeeft: Alleen de verspilling gedurende de eerste 5 minuten werd gemeten. Verder zijn bepaalde fracties uit het voer wateroplosbaar, zoals de fish solubles. Deze wateroplosbare fracties konden niet effectief m.b.v. het gebruikte filtermateriaal worden geconcentreerd. Verder bleek de bij de voeders 30/10 en C40/0 gebruikte binder (carboxymethylcellulose) onvoldoende bindingsvermogen te hebben om deze verspilling tegen te gaan.

Omdat het onmogelijk was een nauwkeurige schatting te maken van de geconstateerde verspilling, werd het experiment afgebroken. Bij een volgende poging de benutting van koolhydraten door tarbot te onderzoeken, zal gebruik moeten worden gemaakt van een ander type binder. Deze poging onderstreept nog eens dat men voorzichtig moet zijn met het trekken van conclusies bij vergelijkbare voedingsexperimenten: verbanden die schijnbaar verklaard kunnen worden via hypothetische metabolische processen, zouden ook veroorzaakt kunnen worden door andere factoren, zoals verspilling onder invloed van smaak of consistentie van het gebruikte voeder.

Opdat de voerverspilling geminimaliseerd kon worden, werden verschillende typen binders onderzocht. Om de binders goed te kunnen vergelijken werd visueel gemengd met water tot een massa met 60% droge stof. Aan deze basis werden de binders toegevoegd in een concentratie van 1%, 2% en 3%, gebaseerd op droge stof. De pasta's werden vervolgens gepelleteerd m.b.v. de Hobart machine. Helaas waren geen methoden voorhanden om de stevigheid in getallen uit te drukken. De volgende passages bevatten dan ook een meer beschrijvende vergelijking van de ervaringen die werden opgedaan met de verschillende binders:

carboxymethylcellulose:

Carboxymethylcellulose vertoonde onvoldoende bindingscapaciteit om verspilling tegen te gaan (zie voorgaande text). Zelfs gehalten van 5% carboxymethylcellulose leidden niet tot een bevredigende consistentie. Vermoed werd dat het carboxymethylcellulose niet voldoende werd geactiveerd in de pasta. Daarom werd de carboxymethylcellulose ook toegevoegd na oplossing in warm water. Dit had enige verbetering van de consistentie tot gevolg. Deze verbetering werd echter als onvoldoende beschouwd. De pellets waren weinig waterstabiël in vergelijking met de pellets die alginaten of xanthomannan bevatten.

alginaten:

In vergelijking met carboxymethylcellulose vertoonden de onderzochte alginaten (GFS* en KELGUM, geproduceerd door KELCO, agar, carraghenan en guar-gom) een grotere bindingscapaciteit. De binding van de massa komt tot stand doordat een matrix wordt gevormd waardoor de partikels in het voer bij elkaar worden gehouden. Dit in tegenstelling tot de situatie met carboxymethylcellulose, waar de binding tot stand komt doordat de voerpartikels door verkleving gebonden worden. Alginaten zijn echter instabiël in zout milieu (Veen, pers.inf., 1990). De 1% alginaatmassa was ongeveer even goed gebonden als de 3% carboxymethylcellulosemassa. Geen van de onderzochte alginaten vertoonde echter voldoende bindingscapaciteit, ook niet indien de alginaten werden toegevoegd aan voeders die vergelijkbaar waren met de voeders die bij het benuttingsexperiment werden gebruikt. Mogelijk heeft dit te maken met de gevoeligheid van de alginaten voor zouten uit het voeder.

xanthomannan:

Via het Nederlands Instituut voor Koolhydraatonderzoek in Groningen werd xanthomannan verkregen. Xanthomannan is een heteropolysaccharide, bestaande uit d mannose, d glucose, glucuronzuur, azijnzuur en pyrodruiwezuur, in de verhouding van respectievelijk 3.0 : 2.8 : 1.7 : 0.51 à 0.63. (Gerretsen, 1965) Xanthomannan vertoonde een zeer hoge viscositeit. Deze binder werkt, evenals alginaten, door het vormen van een matrix. Van alle onderzochte binders vertoonde xanthomannan veruit de beste bindingseigenschappen. Een 1% xanthomannanmassa vertoonde een consistentie die vergelijkbaar is met een 3% alginaatmassa. Xanthomannan is relatief stabiel in zout milieu. Voor zover bekend werd deze binder nog niet eerder toegepast bij verteringsonderzoek bij vissen. Aangenomen werd dat xanthomannan geen nutritionele waarde heeft (Veen, pers.inf. 1990), en dat het xanthomannan geen nadelige invloed heeft op het verteringsproces.

gelatine:

Gelatine is een eiwit waarvan de nutritionele waarde onduidelijk is. Ook bij gelatine komt de binding van het voeder tot stand door de vorming van een matrix. Het gelatine werd toegevoegd tot een gehalte van 5%. Gelatine vertoonde inferieure bindingseigenschappen.

De consistentie van het geproduceerde voer was niet alleen afhankelijk van de binder.:

- * De toevoeging van cellulose lijkt de consistentie te bevorderen. Indien meer dan 10% van de droge stof uit cellulose bestond nam de consistentie echter af.
- * De toevoeging van aardappelzetmeel aan het voer deed de consistentie sterk toenemen, vooral de combinatie alginaten/xanthomannan + aardappelzetmeel.
- * Het gehalte droge stof in de moistpellets beïnvloedde de consistentie. Over het algemeen werd de beste consistentie verkregen bij een gehalte aan droge stof van 50-60%.

Het voorgaande bevatte een globale schets van factoren die de consistentie beïnvloeden. De consistentie van een voer bleek erg moeilijk voorspelbaar op grond van de ingrediënten. Op basis van de opgedane ervaringen werd besloten dat de voerverspilling het best kan worden geminimaliseerd door gebruik te maken van xanthomannan in een gehalte van 3% van de droge stof. De pellets kunnen het best worden gevoerd in bevroren toestand.

De blauwe wijting en vooral ook de gewone wijting (*Merlangius merlangus*) bleek na verloop van tijd sterk naar formol te ruiken. Dit werd veroorzaakt doordat trimethylaminoxide onder invloed van trimethylaminoxidase wordt omgezet in dimethylamine en formaldehyde (Miget, 1991). Hierdoor wordt de oplosbaarheid van de eiwitten nadelig beïnvloed en wordt het moeilijker de eiwitten te splitsen d.m.v. peptidasen (Bloemsma, pers.inf.1990). De formaldehydevorming kan worden verminderd door snelle ontdooiing en het voorkomen van temperatuursfluctuaties tijdens opslag. De formaldehydevorming kan worden voorkomen door het verhitten van de vismassa tot temperaturen boven 60°C, waardoor het trimethylaminoxidase denatureert (Bloemsma, pers.inf., 1990). Na verhitting van de vismassa tot 80°C gedurende 5 minuten bleek het niet meer mogelijk hiermee consistente moistpellets te fabriceren. Formaldehydevorming in de bevroren moistpellets is dus niet te voorkomen. Doordat bij de voeding met standaardvoer waarin blauwe wijting was verwerkt in het verleden aPPV's werden waargenomen van 0.4 - 0.45 werd aangenomen dat de nutritionele waarde van de eiwitten niet wordt aangetast door de formaldehydevorming.

Appendix 2; Table 1. The composition of the ingredients.

ingredient	%DM	%P	%F	%CH	%ASH
fresh blue whiting	21	18.3	1.1	0	2.4
fishmeal (PROVIMI, Rotterdam)	95.8	73	12.4	0	11.9
fish oil (PROVIMI, Rotterdam)	97.2	0	97.2	0	0.2
fish solubles (OTTERBOER, Schiedam)	93.4	75.7	3	0	15.6
vitamin mix (PROVIMI, Rotterdam)	90	51	13.8	11.7	13.5
cooked potato starch (AVEBE, Foxhol)	92.6	0	0	92.6	0.5
cellulose (PROVIMI, Rotterdam)	93.7	0	0	93.7	0.5
binder (Aqualon, Rijswijk)	90	0	0	90	0
diatomaceous silica	100	0	0	0	100

binder: sodium carboxymethylcellulose

Composition data based on fresh material.

The heads and guts of the blue whiting (*Micromesistius poulassou*) were removed.

Appendix 2; Table 2. The composition of the diets.

DIET	25/15	30/10	35/5	40/0	C25/15	C30/10	C35/5	C40/0
en. per kg food (dm) (MJ)	22.6	23.4	22.9	25.3	20	20	20	20
% protein energy	60	60	60	60	60	60	60	60
% fat energy	25	30	35	40	25	30	35	40
% carbohydrate en.	15	10	5	0	15	10	5	0
% dry matter	60	60	60	60	60	60	60	62.1
% protein (d.m.)	57.3	59.4	58.2	64.3	50.8	50.8	50.7	49.1
% fat (d.m.)	14.3	17.8	20.3	25.6	12.6	15.1	17.7	19.6
% carbohydrates 1 (d.m.)	17.9	12	11	-1.5	27.1	24.7	22.1	25.7
% carbohydrates 2 (d.m.)	19.4	13.4	6.5	0	17.2	11.5	5.7	0
% ash (d.m.)	10.5	10.8	10.5	11.6	9.5	9.4	9.5	5.6
diet composition (g kg⁻¹)								
blue whiting	472	473	447.5	478	416.5	472	475.5	444
fishmeal	266	279	275.9	308	235	225	292	230
fish oil	45.5	65.5	81.4	109.5	40.2	56.5	86.5	87.6
fish solubles	79.8	83.7	82.8	92.4	70.5	67.5	87.6	69
vitamin mix	6	6	5.6	6	6	6	7.5	6
cooked potato starch	126	87	42.4	0	111	74.5	45	0
cellulose	0	0	0	0	72	93	137	121
binder	0	0	38.7	0	0	0	0	37
diatomaceous silica	6	6	5.6	6	6	6	7.5	5.4
water	0	0	20	0	41	0	77.5	0

food energy:

% carbohydrates 1:

% carbohydrates 2:

based on dry matter

100-%protein-%fat-%ash

estimated % carbohydrates that have a nutritional value for the fish.

Only the carbohydrates from the cooked potato starch are supposed to have a nutritional value for the fish.

All calculations are based on carbohydrate 2.

binder:

carboxymethylcellulose

APPENDIX 2; Table 3. Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

#	period	#Estart	WEstart	%dmEstart	%Estart	#Eend	WEend	%dmEend	%Eend	%Fend	Wend(dm)	SE	%CH
1A/A5	14	11	58.84	22	15	11	63	22	15	3	75.06	14.3	19.4
1A/A13	14	10	68.4	22	15	10	72.4	22	15	3	79.86	14.3	18.4
1A/B1	14	11	58.82	22	15	11	63.09	22	15	3	75.42	14.3	19.4
1A/B11	14	11	59.55	22	15	11	64.91	22	15	3	76.38	14.3	19.4
1B/A4	14	11	69.73	22	15	11	80.45	22	15	3	87.12	17.8	13.4
1B/A10	14	11	55.73	22	15	11	62.18	22	15	3	68.94	17.8	13.4
1B/B2	14	11	67.64	22	15	11	75.45	22	15	3	83.46	17.8	13.4
1B/B15	14	11	69.91	22	15	11	77.64	22	15	3	86.94	17.8	13.4
1C/A2	14	10	69.5	22	15	10	76.4	22	15	3	80.46	20.3	6.5
1C/A12	14	10	56.1	22	15	10	60.8	22	15	3	64.5	20.3	6.5
1C/B4	14	11	63.09	22	15	11	69.18	22	15	3	78.3	20.3	6.5
1C/B9	14	11	58.27	22	15	11	64.27	22	15	3	72.3	20.3	6.5
1D/A8	14	11	71.82	22	15	11	78.92	22	15	3	81.48	25.6	0
1D/A11	14	11	61.91	22	15	11	65.73	22	15	3	69.78	25.6	0
1D/B7	14	11	64.73	22	15	11	72.09	22	15	3	74.76	25.6	0
1D/B10	14	11	71.55	22	15	11	76.55	22	15	3	81.12	25.6	0
2A/A3	14	11	61.55	22	15	11	65.27	22	15	3	68.92	12.6	17.2
2A/A16	14	10	67	22	15	10	75.1	22	15	3	87.78	12.6	17.2
2A/B8	14	11	57.91	22	15	11	62.73	22	15	3	84	12.6	17.2
2A/B16	14	11	68.82	22	15	11	74.92	22	15	3	99.18	12.6	17.2
2B/A1	14	11	67.27	22	15	11	78.09	22	15	3	96.36	15.1	11.5
2B/A9	14	10	55.6	22	15	10	61.6	22	15	3	71.82	15.1	11.5
2B/B3	14	11	71.91	22	15	11	83.18	22	15	3	103.2	15.1	11.5
2B/B13	14	11	60.36	22	15	11	65.36	22	15	3	85.38	15.1	11.5
2C/A7	14	11	68.73	22	15	11	76.09	22	15	3	98.82	17.7	5.7
2C/A14	14	11	65.64	22	15	11	72.55	22	15	3	94.68	17.7	5.7
2C/B5	14	10	72.05	22	15	10	80.2	22	15	3	97.26	17.7	5.7
2C/B12	14	11	60.18	22	15	11	64.27	22	15	3	85.92	17.7	5.7
2D/A6	14	11	57.27	22	15	11	62.91	22	15	3	83.43	49.1	19.6
2D/A15	14	10	69.1	22	15	10	75.1	22	15	3	90.8	49.1	19.6
2D/B6	14	11	69.27	22	15	11	76.55	22	15	3	101.34	19.6	0
2D/B14	14	11	67.55	22	15	11	74.91	22	15	3	98.11	19.6	0

APPENDIX 2; Table 3 (continued). Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

#	NAV	WAY	MORI	ENFOOD(g/m)	%ENP	%ENE	%SCH	%RESH	EN/Way	PO/Way	FO/Way	CH/Way	ECH/Way	SGR	IOI/WAY	P/WAY	EMGROWTH	FEZ	APPY	ESDm
1A/A5	11	61	0	22.60	60	25	15	40	2.10	1.26	0.52	0.31	0.84	0.51	0.28	0.21	0.07	13	17	1.57
1A/A13	10	70	0	22.60	60	25	15	40	2.12	1.27	0.53	0.32	0.85	0.41	0.22	0.17	0.06	10	13	2.00
1A/B1	11	61	0	22.60	60	25	15	40	2.10	1.26	0.53	0.32	0.84	0.50	0.27	0.21	0.07	13	18	1.61
1A/B11	11	62	0	22.60	60	25	15	40	2.08	1.25	0.52	0.31	0.83	0.62	0.34	0.25	0.08	16	20	1.30
1B/A4	11	75	0	23.43	60	30	10	40	2.04	1.22	0.61	0.20	0.82	1.02	0.56	0.42	0.14	27	34	0.74
1B/A10	11	59	0	23.43	60	30	10	40	2.06	1.23	0.62	0.21	0.82	0.78	0.43	0.32	0.11	21	26	0.97
1B/B2	11	72	0	23.43	60	30	10	40	2.05	1.23	0.62	0.21	0.82	0.78	0.43	0.32	0.11	21	26	0.97
1B/B15	11	74	0	23.43	60	30	10	40	2.08	1.24	0.62	0.21	0.83	0.75	0.41	0.31	0.10	20	25	1.02
1C/A2	10	73	0	22.93	60	35	5	40	2.09	1.26	0.73	0.10	0.84	0.68	0.37	0.28	0.09	18	22	1.17
1C/A12	10	58	0	22.93	60	35	5	40	2.09	1.26	0.73	0.10	0.84	0.67	0.31	0.24	0.08	15	19	1.37
1C/B4	11	66	0	22.93	60	35	5	40	2.04	1.22	0.71	0.10	0.82	0.66	0.36	0.27	0.09	18	22	1.17
1C/B9	11	61	0	22.93	60	35	5	40	2.03	1.22	0.71	0.10	0.81	0.70	0.38	0.29	0.10	19	24	1.10
1D/A8	11	74	0	25.33	60	40	0	40	2.09	1.25	0.83	0.00	0.83	0.48	0.26	0.20	0.07	13	16	1.48
1D/A11	11	64	0	25.33	60	40	0	40	2.08	1.25	0.83	0.00	0.83	0.43	0.23	0.18	0.06	11	14	1.66
1D/B7	11	68	0	25.33	60	40	0	40	2.08	1.25	0.83	0.00	0.83	0.77	0.42	0.32	0.11	20	25	0.92
1D/B10	11	74	0	25.33	60	40	0	40	2.09	1.25	0.83	0.00	0.83	0.48	0.26	0.20	0.07	13	16	1.47
2A/A3	11	63	0	20.00	60	25	15	40	2.11	1.27	0.53	0.32	0.84	0.42	0.23	0.17	0.06	11	14	2.17
2A/A16	10	71	0	20.00	60	25	15	40	2.04	1.23	0.51	0.31	0.82	0.82	0.45	0.33	0.11	22	27	1.08
2A/B8	11	60	0	20.00	60	25	15	40	2.09	1.26	0.52	0.31	0.84	0.57	0.31	0.23	0.08	15	19	1.56
2A/B16	11	72	0	20.00	60	25	15	40	2.08	1.25	0.52	0.31	0.83	0.60	0.33	0.25	0.08	16	20	1.50
2B/A1	11	73	0	20.00	60	30	10	40	1.99	1.20	0.60	0.20	0.80	1.07	0.58	0.44	0.15	29	36	0.81
2B/A9	10	59	0	20.00	60	30	10	40	2.03	1.22	0.61	0.20	0.81	0.73	0.40	0.30	0.10	20	25	1.20
2B/B3	11	78	0	20.00	60	30	10	40	2.00	1.20	0.60	0.20	0.80	1.04	0.57	0.43	0.14	28	35	0.83
2B/B13	11	63	0	20.00	60	30	10	40	2.04	1.23	0.61	0.21	0.81	0.57	0.31	0.23	0.08	15	19	1.55
2C/A7	11	72	0	19.99	60	35	5	40	2.05	1.23	0.72	0.10	0.82	0.73	0.40	0.30	0.10	19	24	1.22
2C/A14	11	69	0	19.99	60	35	5	40	2.08	1.23	0.72	0.10	0.82	0.71	0.39	0.29	0.10	19	24	1.25
2C/B5	10	76	0	19.99	60	35	5	40	2.11	1.27	0.74	0.11	0.84	0.77	0.42	0.31	0.11	20	25	1.19
2C/B12	11	62	0	19.99	60	35	5	40	2.07	1.24	0.73	0.10	0.83	0.47	0.26	0.19	0.06	12	15	1.91
2D/A6	11	60	0	19.36	60	40	0	40	2.02	1.21	0.81	0.00	0.81	0.67	0.37	0.28	0.09	18	23	1.34
2D/A15	10	72	0	19.36	60	40	0	40	2.02	1.21	0.81	0.00	0.81	0.59	0.33	0.24	0.08	16	20	1.51
2D/B6	11	74	0	19.36	60	40	0	40	2.00	1.20	0.80	0.00	0.80	0.90	0.49	0.37	0.12	25	31	0.99
2D/B14	11	71	0	19.36	60	40	0	40	2.00	1.20	0.80	0.00	0.80	0.74	0.49	0.30	0.10	20	25	1.21

APPENDIX 2; Table 3 (continued). Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*).

Exp	ER	En/MWav	INPUT DATA:	#	experiment code
1A/A5	0.80	4.77	period	#	period (days)
1A/A13	0.81	4.98	#Fstart	#	number of fishes at start of experiment
1A/B1	0.80	4.78	Wfstart	(g)	average weight of fish at start of experiment
1A/B11	0.80	4.78	%dmFstart	(%)	percentage dry matter of fish at start of experiment
1B/A4	0.75	4.85	%pFstart	(%)	percentage protein of fish at start of experiment
1B/A10	0.76	4.65	#Fend	#	number of fishes at end of experiment
1B/B2	0.76	4.83	Wfend	(g)	average weight of fish at end of experiment
1B/B15	0.77	4.90	%dmFend	(%)	percentage dry matter of fish at end of experiment
1C/A2	0.79	4.93	%pFend	(%)	percentage protein of fish at end of experiment
1C/A12	0.79	4.72	amount of dry food fed to fishes during experiment	(g)	amount of dry food fed to fishes during experiment
1C/B4	0.77	4.72	fed(dm)	(g)	amount of dry food fed to fishes during experiment
1C/B9	0.77	4.63	%P	(%)	percentage protein in food, based on dry matter
1D/A8	0.71	4.94	%F	(%)	percentage fat in food, based on dry matter
1D/A11	0.71	4.78	%CH	(%)	percentage carbohydrates in food, based on dry matter
1D/B7	0.71	4.84	<i>The data that are written in italics are estimated values.</i>		
1D/B10	0.71	4.93	Nav	(#)	average number of fishes during experiment : (#Fstart + #Fend) / 2
2A/A3	0.81	4.83	Wav	(g)	average weight of fishes during experiment : (Wfstart + Wfend) / 2
2A/A16	0.88	4.79	MORT	(%)	mortality : ((#Fstart - #Fend) / #Fstart) * 100
2A/B8	0.90	4.75	EnFOOD(dm)	(%)	energy content of food, based on dry matter : 0.01 * (%P * 23.85 + %F * 39.55 + %CH * 17.48)
2A/B16	0.90	4.88	%EnP	(%)	percentage of protein energy in food : (%P * 23.85) / EnFOOD(dm)
2B/A1	0.86	4.70	%EnF	(%)	percentage of fat energy in food : (%F * 39.55) / EnFOOD(dm)
2B/A9	0.88	4.57	%EnCH	(%)	percentage of carbohydrate energy in food : (%CH * 17.48) / EnFOOD(dm)
2B/B3	0.88	4.77	%EnFCH	(%)	percentage of fat and carbohydrate energy in food : (%EnF + %EnCH)
2C/A7	0.99	4.83	En/Wav	(mW g ⁻¹)	energy gift : (fed(dm) * EnFOOD(dm)) / (Nav * Wav * period * 0.0864)
2C/A14	0.99	4.80	Pen/Wav	(mW g ⁻¹)	protein energy gift : (fed(dm) * EnFOOD(dm) * %EnP) / (Nav * Wav * period * 0.0864)
2C/B5	0.91	5.02	Fen/Wav	(mW g ⁻¹)	fat energy gift : (fed(dm) * EnFOOD(dm) * %EnF) / (Nav * Wav * period * 0.0864)
2C/B12	0.90	4.74	CHen/Wav	(mW g ⁻¹)	carbohydrate energy gift : (fed(dm) * EnFOOD(dm) * %EnCH) / (Nav * Wav * period * 0.0864)
2D/A6	0.90	4.58	FCHen/Wav	(mW g ⁻¹)	non protein energy gift : (fed(dm) * EnFOOD(dm) * %EnFCH) / (Nav * Wav * period * 0.0864)
2D/A15	0.90	4.74	SGR	(% day ⁻¹)	specific growth rate : Ln(WFend) - Ln(WFstart) / period
2D/B6	0.89	4.72	TOTenGROWTH	(mW g ⁻¹)	relative total energy accumulation : PenGROWTH + FenGROWTH
2D/B14	0.89	4.70	PenGROWTH	(mW g ⁻¹)	relative protein energy accumulation : ((0.01 * %pFend * Wfend) - (0.01 * %pFstart * Wfstart)) * 23.85 * / (period * Wav * 0.0864)
			FenGROWTH	(mW g ⁻¹)	relative fat energy accumulation : ((0.01 * %fFend * Wfend) - (0.01 * %fFstart * Wfstart)) * 39.55 * / (period * Wav * 0.0864)
			ECE	(%)	energy conversion efficiency : (TOTenGROWTH / EnWav) * 100
			appV	(%)	apparent protein productive value : (PenGROWTH / PenWav) * 100
			FCdm	(%)	food conversion, based on dry matter : fed(dm) / ((Wfstart * #Fstart) - (Wfend * #Fend))
			FR	(%) d ⁻¹)	feeding rate : 100 * fed(dm) / (period * Nav * Wav)
			En/MWav	(mW g ^{-0.8})	metabolic energy gift : (EnFOOD(dm) * fed(dm)) / (period * Nav * Wav * 0.8 * 0.0864)

APPENDIX 1, table 1: Growth data, based on experiments with turbot (*Scophthalmus maximus*)
(ADRON et al., 1976)

№	sPPY	FCdim	ER	En/MWax
1	35	0.93	0.98	3.29
2	30	1.47	1.31	2.72
3	37	1.20	1.12	2.74
4	37	1.28	1.19	3.36
5	45	1.02	1.03	2.88
6	44	1.05	1.00	3.14
7	41	1.12	1.11	3.41
8	57	0.82	0.86	2.97

(NIELS GERNER ANDERSEN, pers. inf., 1986)

№	sPPY	FCdim	ER	En/MWax
87/1/1	33	0.85	2.18	8.69
87/1/2	39	0.77	2.11	8.81
87/1/3	34	0.85	1.90	7.97
87/1/4	38	0.77	1.85	8.12
87/2/1	45	0.80	2.12	9.80
87/2/2	48	0.70	2.01	10.13
87/2/3	41	0.83	1.91	9.21
87/2/4	38	0.93	1.86	10.29
87/3/1	40	0.87	1.41	7.37
87/3/2	39	0.90	1.41	8.05
87/3/3	38	1.00	1.40	7.55
87/3/4	47	0.83	1.37	8.01

(BROMLEY, 1980A)

№	sPPY	FCdim	ER	En/MWax
1	-14	-4.00	0.56	1.17
2	29	0.91	1.28	2.75
3	32	0.81	2.34	5.45
4	29	0.91	3.10	7.49
5	4	7.00	0.54	1.26
6	31	0.96	1.17	2.91
7	37	0.79	2.19	5.89
8	30	0.93	2.82	7.72
9	14	3.60	0.43	1.19
10	33	0.92	1.04	3.01
11	41	0.77	1.88	5.66
12	31	0.91	2.54	7.90
13	-7	3.33	0.44	1.32
14	32	1.10	1.07	3.27
15	38	0.98	1.94	6.09
16	29	0.94	2.38	7.84