

**DIE EFFEK VAN DIE VERVANGING VAN
VISMEELE MET ALTERNATIEWE
PROTEÏENBRONNE IN DIËTE VAN BABER
(*Clarias gariepinus*) LITLINGE**

deur

Rohan Booyen

Ingehandig as gedeeltelike vervulling van die vereistes vir die graad

MAGISTER SCIENTIAE AGRICULTURAE

aan die

Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe
Departement Vee, Wild en Weidingkunde
Universiteit van die Vrystaat
Bloemfontein

Studieleier: Prof. J.E.J. du Toit

Verklaring

Hiermee verklaar ek dat die verhandeling ingehandig deur my aan die Universiteit van die Vrystaat vir die graad, **Magister Scientiae Agriculturae**, my eie onafhanklike werk is en nog nie vantevore deur my by 'n ander Universiteit ingehandig is nie. Hiermee verder staan ek kopiereg van die verhandeling in die guns van die Universiteit van die Vrystaat toe.

Rohan Booyen

Bloemfontein
31 Mei 2008

OPGEDRA AAN MY FAMILIE

- Aan my ouers, Johan en Anéll Booyesen, baie dankie vir die geleentheid om te kon studeer en dankie vir al jul bystand, ondersteuning, raad, leiding en liefde deur al die jare. Dankie ook vir die voorbeeld wat julle altyd daarstel. Sonder julle sou dit nie moontlik gewees het nie en ek is baie lief vir julle.
- Aan my broer, Schalk Booyesen, baie dankie vir jou bystand deur al die jare, maar meeste van als vir jou vriendskap en altyd daar wees. Baie dankie dat jy altyd bereid is om te help as ek hulp nodig het. Jy is die beste Boeta!
- Aan Morné Terblance en Jean (Kattie) Strauss baie dankie vir julle bydrae en al die hulp en ondersteuning om die dag moontlik te kon maak. Dankie vir julle opregte vriendskap en dat ek altyd op julle kan staatmaak. Julle twee is soos broers vir my. Nogmaals dankie.

INHOUDSOPGAWE

	Bladsy
TOEWYDING	i
INHOUDSOPGAWE	ii
LYS VAN TABELLE	iv
LYS VAN FIGURE	v
LYS VAN GRAFIEKE	vi
LYS VAN FOTO'S EN SKETSE	vii
1. LITERATUUROORSIG	1
1.1 Die Baber (<i>Clarias Gariepinus</i>)	1
1.2 Voedingstowwe en voeding van die baber	2
1.2.1 Huidige situasie	2
1.2.2 Alternatiewe voedingstowwe	2
1.2.2.1 Plantproteïene	2
1.2.2.1.1 Tripsieninhibeerders	3
1.2.2.1.2 Fitiensuur	3
1.2.2.1.3 Gossipol	3
1.2.2.1.4 Siklopropeoniese vetsure	4
1.2.2.1.5 Glikosinolate	4
1.2.2.2 Algproteïen	4
1.3 Doel van die studie	6
2. MATERIAAL EN METODEDES	7
2.1 Diëte	7
2.2 Vis en Eksperimentele Fasiliteite	9
2.2.1 Eksperimentele Uitleg	9
2.2.2 Vissies en die voer van die vissies	12
2.2.3 Chemiese analise van die vis en die diëte	14
2.3 Bepaling van die verteerbaarheid van die diëte	15
2.4 Innamebepaling	16
2.5 Monsterneming van water vir ontledings	17
2.6 Data analyses	17

3.	RESULTATE & BESPREGINGS	18
3.1	Groeieresultate	18
3.1.2	Karkassamestelling	19
3.1.3	Vismortaliteite	20
3.1.4	Bespreking van groeieresultate	21
3.2	Verteerbaarheid en innamebepaling van die voere	23
3.3	Resultate van waterontledings	28
3.4	Parasietbesmetting van die vissies : Infeksie deur “Monogenetic Termatodes : <i>Dactylogyrids</i> ”	30
3.4.1	Tekens van besmetting	31
3.4.2	Diagnose	31
3.4.3	Biologie en lewenssiklus	32
3.4.4	Episoötiologie	33
3.4.5	Behandeling	33
	SAMEVATTING	34
	VERWYSINGS	35

LYS VAN TABELLE

		Bladsy
Tabel 1	Die samestelling en essensiële aminosuurinhoud van Spirulina en Vismeel	5
Tabel 2	Samestelling van diëte	7
Tabel 3	Samestelling van vitamien premix	8
Tabel 4	Gewigsklasse van vissies	12
Tabel 5	Ewekansige toekenning van diëte aan elke ry in die sisteem	13
Tabel 6	Waardes van voerontledings	15
Tabel 7	Dagbeplanning van verteringstudie	16
Tabel 8	Dagbeplanning van innamebepaling	16
Tabel 9	% Oorlewing na die nege weke proefperiode en gemiddelde aanvangsmassas, eindmassas en massatoenames van vissies	18
Tabel 10	Karkassamestelling van hele vis (vogvrye basis)	20
Tabel 11	Persentasie van totale ammoniak wat in die ongeioniseerde (NH ₃) vorm by sekere temperature en pH waardes, in warmwater kultuursisteme, voorkom	30

LYS VAN FIGURE

		Bladsy
Figuur 1	Diagramatiese uiteensetting van die biologiese filter	11
Figuur 2	Diagramatiese uiteensetting van die bakke met vissies	13

LYS VAN GRAFIEKE

Bladsy

Grafiek 1	Die gemiddelde massa van al die visse in 'n ry oor die nege weke proefperiode	19
Grafiek 2	Aantal visse wat gevrek het oor die nege weke proefperiode	21
Grafiek 3	NH ₄ (N)(vry) konsentrasie van die water oor die proefperiode	26
Grafiek 4	NO ₃ konsentrasie van die water oor die proefperiode	27

LYS VAN FOTO'S EN SKETSE

		Bladsy
Foto 1	Die hele hersirkuleringsstelsel	9
Foto 2	Die drom waarin die hele stelsel se water in saamloop, vanwaar dit na die filter gepomp word	10
Foto 3	Die biologiese filter	10
Foto 4	Vooruitsig van elke ry	10
Skets 1a	<i>Cichlidogyrus arthracanthus</i> , prentjie van 'n heel parasiet van <i>Tilapia zillii</i> (400µm)	32
Skets 1b	<i>Quadriacanthus</i> (<i>Q. clariadi's bagrae</i>) – gasheer : Clariidae & Bagridae	32
Skets 1c	Kiue van karp vingeling wat hewig besmet is deur <i>Dactylogyrus vastator</i>	32

1. LITERATUUROORSIG

1.1 Die Baber (*Clarias gariepinus*)

'n Mens hoor toenemend van navorsingsverslae uit verskillende werêlddele waarin kommer uitgespreek word oor die tempo waarteen die see se visbronne uitgeput raak (Hecht, Uys & Brits, 1988). Byna elke verslag dui daarby in die rigting van varswatervis as 'n alternatiewe bron. Die produksiepotensiaal van *Clarias gariepinus* word al herken vir die afgelope vier dekades regoor Afrika. Die tegnologiese ontwikkeling op die gebied van *Clarias gariepinus* produksie in vergelyking met die ontwikkeling van kultuurtegnieke van ander spesies was baie vinnig. Dit kan grootliks toegeskryf word aan die toewyding van wetenskaplikes in Afrika en oorsee wat geglo het in die potensiaal van die spesie as 'n kandidaat vir akwakultuur (Hecht, Uys & Brits, 1988).

Om as 'n akwakultuurkandidaat te kwalifiseer, moet 'n vissoort verskeie eienskappe hê, waarvan 'n mooi voorkoms, aangename smaak, gunstige groeitempo en 'n wye grens van verdraagsaamheid teenoor omgewingsfaktore, aanvanklik die belangrikste is. Later kan aspekte soos gunstige uitslagpersentasie, goeie voeromset en maklike skoonmaak en voorbereiding belangrik word (Hecht, Uys & Brits, 1988).

Die eerste vereiste vir 'n visboerdery is dat daar altyd genoeg kleintjies vir grootmaak moet wees. 'n Baberwyfie van 1kg kan tussen 20 000 en 25 000 eiertjies produseer. Die wyfies skiet kuit (lê eiers) as die watertemperatuur bo 22°C is. Nadat die eiertjies bevrug is, broei hulle binne 25 tot 40 uur uit en die larwes is vryswemmend (Hecht, Uys & Brits, 1988).

Die Suid – Afrikaanse skerptandbaber (*Clarias gariepinus*) toon eienskappe wat dit volgens Van der Waal (1984a) 'n geskikte vissoort vir produksie in Suid – Afrika kan maak. Die vleis is van goeie gehalte; bevat geen klein grate nie; kan ingelê word en is besonder geskik vir bewerking, veral beroking. Die baber het 'n vinnige groeitempo wat waarskynlik vinniger as die van enige ander inheemse vissoort is. Dit is 'n baie geharde vissoort wanneer volwasse en kan uiterste toestande oorleef. Dit kan uiterstes in temperatuur (6 – 35°C) asook totale suurstoftekorte in die water oorleef. Groot fluktuasies in saliniteit van tot 10% kan oorleef word (Hecht, Uys & Brits, 1988). Deurdad babers van atmosferiese suurstof afhanklik is, en die suurstofkonsentrasie in die water nie van absolute belang is nie, kan hoë digthede vis in 'n beperkte watervolume aangehou word. Larwes sowel as volwasse visse beskik oor kieuë waarmee suurstof uit die water opgeneem word. Larwes is veral van opgelostesuurstof in die water afhanklik. Die baber kan op groot skaal kunsmatig geteel word. Hierdeur sal die beskikbaarheid van vingerlinge nie beperk word nie (Hecht, Uys & Brits, 1988).

Baberboerdery is egter nog in sy kinderskoene in Suid-Afrika. Faktore wat baberboerdery tans nog aan bande lê, is groot verliese tussen die larf- en vingerlingstadium, bestuurspraktyke en die gebrek aan 'n gevestigde mark. Daar is egter moontlike uitvoermarkte soos babervelle na Engeland en die Oosterse mark vir baberfilette (Hecht, Uys & Brits, 1988).

1.2 Voedingstowwe en voeding van die baber

1.2.1 Huidige situasie

Die stygende koste van vismeel en gevolglik van visvoer asook die gebrek aan 'n behoorlike bemarkingstrategie, is twee van die hoof faktore wat bygedra het tot die gedeeltelike insinking van die Suid – Afrikaanse baberbedryf (Hecht, Uys & Brits, 1988). Vismeel is die hoofbron van proteïene wat gebruik word vir die vervaardiging van visvoer in Suid – Afrika en visboerdery ding dus mee met ander goed gevestigde boerderypraktyke vir vismeel. Die kompetisie, tesaam met die globale afname in seevisgetalle dra by tot die hoë koste van vismeel (Ratafia, 1995).

Die grootste rede vir die hoë produksiekoste van akwakultuurvoere is die feit dat so baie vismeel ingesluit word (Tacon & Jackson 1985; Tacon 1994). Proteïene is die duurste komponent in akwakultuurvoere en vismeel, die hoof proteïenbron, dra by tot goeie visgroeï a.g.v. sy proteïenkwaliteit en smaaklikheid. Die ontwikkeling van akwakultuur word egter gestrem deur die stygende koste van vismeel en ander tradisionele proteïenbronne. In dié konteks, word die identifisering en benutting van alternatiewe proteïenbronne, hoofsaaklik plantproteïenbronne, as prioriteit beskou om sodoende die groei van akwakultuur in geheel te verseker.

1.2.2 Alternatiewe voedingstowwe

1.2.2.1 Plantproteïene

Omdat kommersiële akwakultuurvoere 'n ruproteïeninhoud van tussen 25 en 45% het, kan slegs plantvoere met 'n hoë proteïeninhoud soos byvoorbeeld oliekoeke gebruik word in visvoer (Hecht, Uys & Brits, 1988). Die gebruik van plantproteïenbronne word egter beïnvloed deur die volgende faktore: beskikbaarheid, koste, aanvaarbaarheid deur visse, hoe maklik dit geprosesseer kan word, voedingswaarde en 'n tekort aan sekere essensiële aminosure (Lim & Dominy, 1989). Die voedingswaarde kan egter verhoog en gebalanseer word deur die byvoeging van sintetiese aminosure. Sojaboonmeel as 'n gedeeltelike of volledige vervanger vir vismeel in diëte van verskeie visspesies is al goed nagevors (Lim & Dominy, 1989).

Shiau et al. (1990) het gevind dat volvet of ontvette sojaboonmeel gebruik kan word om 30% van die vismeelproteïene in die diëet van *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* vingerlingkruisings te vervang wanneer die diëet 24% ruproteïene bevat. Die vervanging van vismeel met sojaboonoliekoekmeel in die diëte van "Channel catfish" het ook baie belangstelling gewek (Webster et al., 1992).

Die gebruik van alternatiewe proteïenbronne in diëte van "Channel catfish" is ook goed nagevors deur Lovell (1989) en Wilson (1991) en hulle het gevind dat 'n gedeelte van die proteïene in die diëet deur alternatiewe proteïenbronne vervang kan word. Robinson (1991) het die invloed van katoensaadoliekoekmeel op die groei van *I. punctatus* ondersoek en gevind dat dit bevredigend is wanneer dit aangevul word met lisien.

Verskeie voedingstowwe wat natuurlik in plantmateriaal voorkom en in voere ingesluit word, kan visprestasie affekteer (Robinson, 1991). Die voedingstowwe wat natuurlik voorkom sluit die volgende in : tripsieninhibeerders, fitiensuur, gossipol, siklopropeoniese vetsure, glikosinolate (Robinson, 1991).

1.2.2.1.1 Tripsieninhibeerders

Rou sojabone bevat kristalagtige globulêre proteïene wat as tripsieninhibeerders optree. Die proteïene, wat onomkeerbare komplekse vorm met tripsien, kan gedeaktiveer word deur hittebehandeling. Te veel hitte mag egter die beskikbaarheid van sekere aminosure, veral lisien, verminder. Die inhibering van groei by “Channel catfish” vingerlinge wat sojaboonmeel ontvang het wat nie met hitte behandel is nie word gedeeltelik toegeskryf aan die inwerking van die inhibeerders op proteïenbenutting (Robinson et al., 1985).

Verskeie studies met “Channel catfish” (Robinson et al., 1985) dui daarop dat daar ander voedingstowwe in sojabone is wat ook verantwoordelik kon wees. Robinson et al. (1981) het gevind dat sojaboonprodukte die lipase-aktiwiteit in die ingewande van “Channel catfish” verminder het. Navorsing het ook getoon dat die sensitiwiteit vir tripsien inhibeerders verskil van visspesie tot visspesie.

1.2.2.1.2 Fitiensuur

Ongeveer sewentig persent van die fosfor in sojaboonmeel is in die vorm van fitate, en die beskikbaarheid daarvan vir vis is weglaatbaar klein (Ketola, 1985). By forel tree fitate op as sterk chelators en vorm proteïenfitiensuurkomplekse wat die biologiese beskikbaarheid van proteïene en minerale soos sink, koper, molibdeen, kalsium, magnesium en yster verminder (Spinelli et al., 1983).

Ketola (1975) gaan van die veronderstelling uit dat die vermindering in die biologiese beskikbaarheid van minerale gedeeltelik verduidelik waarom addisionele mineraalaanvullings nodig is in diëte wat gebaseer is op sojaboonmeel in vergelyking met die wat vismeel bevat. Fitate tesaam met ‘n hoë kalsiumkonsentrasie het ‘n sink tekort veroorsaak by salm wat ‘n dieet ontvang het waarvan die sinkinhoud as voldoende beskou was (Richardson et al., 1985).

Die byvoeging van 0.5% fitiensuur tot ‘n gebalanseerde dieet wat gevoer is vir reënboogforel het ‘n 10% afname in groei en voeromset veroorsaak (Spinelli et al. 1983). Spinelli et al. (1983) het gevind dat in diëte van katvis wat 50% sojaboonmeel bevat het, die sinkinhoud wat nodig is vir normale groei ongeveer vyf keer verhoog moet word om normale groei te verseker.

1.2.2.1.3 Gossipol

Gossipol word gevind in die pigmentkliere van katoen en kan tot 2.4% van die saadgewig uitmaak in sommige variëteite (Berardi & Goldblatt, 1980). Die verdraagsaamheid van visse vir vry gossipol hang af van spesie tot spesie, maar hoë konsentrasies kan groei onderdruk en ook skade aan orgaanweefsel veroorsaak.

Inhibering van groei het voorgekom by “Channel catfish” vingerlinge wat meer as 900 mg vry gossipol per kilogram dieet ontvang het (Dorsa et al., 1982), maar ‘n gedeelte van die groei-inhibering kan moontlik toegeskryf word aan die lisientekort wat veroorsaak is deur die binding van lisien en gossipol (Wilson et al., 1981; Dorsa et al., 1982). In die VSA word tussen 10 en 20% katoensaadmeel in kommersiële katvisdiëte gebruik

1.2.2.1.4 Siklopropeoniese vetsure

Katoensaadmeel is die primêre bron van siklopropeoniese vetsure (CFA’s) in vis diëte. CFA’s is teenwoordig in alle varieteite van katoensaadmeel en word nie heeltemal verwyder deur die olie-ekstraksie proses nie. CFA’s verander die aktiwiteit van ‘n paar lewerensieme wat die akkumulering van versadigde vetsure in die lewer van visse wat CFA’s gevoer word tot gevolg het (Roehm et al., 1970).

1.2.2.1.5 Glikosinolate

Glikosinolate kom natuurlik in oliesaadgewasse voor. Die verbinding is nie self skadelik nie maar tydens ensiematiese hidrolise word tiosianaatone, isotiosianaatone, goitrien en nitriete vrygestel wat optree as ‘n antitiroïedmiddel. Tiosianaat inhibeer jodium opname deur die tiroïedklier. Die effek van die verbinding kan reggestel word met addisionele jodiumaanvullings. Goitrien is die kragtigste glikosinolaat en inhibeer die vermoë van die tiroïedklier om jodium te bind. Die effek van goitrien kan nie reggestel word met jodiumaanvullings nie (Tookey et al., 1980).

1.2.2.2 Algproteïen

Mustafa & Nakagawa (1995) het alge oorweeg as ‘n waardevolle alternatiewe proteïenbron, veral in die tropiese dele waar gunstige temperature voordelig is vir deurlopende algproduksie deur die jaar.

Chlorella spp., Scenedesmus spp. en Spirulina spp. is van die mikro-alge wat die meeste in visvoere gebruik word; veral as dieetaanvullings of vir die vermenging met ander proteïenbronne (Richmond, 1988). Mikro-alge is essensiël in akwakultuurvoeding en word op groot skaal gebruik as voer, veral vir weekdiere en vislarwes. Die alge kan egter ook in ‘n gedroogte vorm in produksiediëte gebruik word (Richmond, 1988).

Spirulina is al bv. as ‘n voerbymiddel gebruik om die smaak, kleur en tekstuur van vis te verbeter en vir die positiewe invloed wat dit op groei, voeromset, stres en siekteweerstand het (Hirano & Suyama, 1985; Wanatabe, Liao, Takeuchi & Yamamoto, 1990; Cysewski, 1992; Mustafa & Nakagawa, 1995).

Spirulina is een van die mees algemeenste mikro-alge in warm brak en alkaliese waters (Richmond, 1988). Sy groeitempo is vinniger as die van enige ander landbougewas en naby aan die van mikro-organismes soos bakterieë en gis. Sy kort lewensiklus maak dit moontlik om sy biomassa te verdubbel binne 3 – 5 dae met ‘n potensiële produksie van soveel as 25 ton per hektaar per jaar wat gelykstaande is aan 15 ton proteïen per hektaar per jaar (Richmond, 1988). Die voedingswaarde van

spirulina is hoër as die van ander enkelselalge as gevolg van die hoë proteïen-, vitamien E, B12 en biotieninhoud. Spirulina is ook 'n belangrike bron van essensiële vetsure veral omega 3 en 6 (Richmond, 1988).

Die nukleiënsuurinhoud van die alg is laer as 4% terwyl sy aminosuurprofiel goed gebalanseer is. Dit bevat egter nie swaelbevattende aminosure en triptofaan nie. Spirulina is ook ryk aan pigmente en is 'n goeie bron van tiamien, niasien, piridoksien en sianokobalamien. Dit bevat ook hoë vlakke kalsiumpantotenate, foliensuur, inositol, betakaroteen en tokoferol. Die aminosuursamestelling en proteïeninhoud van spirulina vergelyk ook baie goed met die van vismeel soos gesien kan word in Tabel 1 (Richmond, 1988).

Tabel 1. Die samestelling en essensiële aminosuurinhoud van Spirulina en Vismeel (Richmond, 1988).

Inhoud (% nat gewig)	Spirulina Maxima	Bruin Vismeel
Vog	10.18	7.82
Ruproteïen (N x 6.25)	66.80	67.44
Eterekstrak	0.62	10.52
Ruvesel	1.91	-
As	9.54	12.76
NFE	10.89	1.46
Essensiële aminosure (g/100g ⁻¹ monster)		
Arginien	5.22	3.67
Histidien	0.99	1.55
Isoleusien	3.91	3.02
Leusien	5.68	4.84
Lisien	5.48	5.05
Methionien	1.88	1.87
Phenylalanien	3.32	2.69
Threonien	3.68	2.71
Tryptofaan	0.98	0.72
Valien	5.10	3.41

Die primitiewe karakter van mikro-alge se sellulêre samestelling gee dit 'n paar voordele bo die meer komplekse samestelling van plante en diere as 'n bron van voedsel (Richmond, 1988). Mikro-alge is feitlik heeltemal verteerbaar met minimale onverteerbare strukture teenoor plante en diere waar minder as die helfte van die droë massa verteerbaar is (Richmond, 1988). Primitiewe blougroen alge is saamgestel uit uniforme selle wat ongeveer almal 'n voedingswaarde het. Mikro-alge gebruik sonlig ongeveer driekeer meer effektief as hoër plante en val dus onder die mees produktiewe organismes op die planeet (Richmond, 1988).

Een van die mees merkwaardigste voedingsaspekte van mikro-alge is die hoë inhoud benutbare proteïen wat varieer van 50% tot 70% (Richmond, 1988). Algate proteïen het korter en minder komplekse polipeptiedkettings wat dit makliker maak om te verteer

as plant- en dierproteïen. Mikro-alge is ook 'n primêre bron van onversadigde vetsure. Die rede hoekom visolies so ryk is aan poli-onversadigde vetsure is omdat mikro-alge so volop in hul voedselketting voorkom (Richmond, 1988).

1.3 Doel van die studie

Die doel van die studie was om 'n moontlike alternatiewe proteïenbron vir vismeel, in produksiediëte van baberlitlinge (*Clarias gariepinus*), te identifiseer en te bepaal wat die invloed daarvan op die groei en oorlewing van die visse is. Die volgende plant proteïenbronne is in die studie gebruik nl. sojaboonoliekoek, grondboonoliekoek en katoensaadoliekoek. Die rede hiervoor is omdat dit die mees algemeenste vorm van plantproteïen is wat volop beskikbaar is. Hierbenewens is Spirulina as bron van alproteïen ook in die ondersoek gebruik. Dit is opgeweeg teen 'n forelproduksierantsoen en 'n visdieet met vismeel as proteïenbron. Om egter die primêre doel van die studie te kon bereik moes 'n eksperimentele sisteem ontwerp word om die voedingstudie, met die visse, in uit te voer.

Weens hoë koste kon die eksperimentele aanleg nie as sulks aangekoop word nie en moes met die beskikbare bronne daargestel en uitgetoets word. Die sisteemontwikkeling het 'n navorsingsfase in sigself behels. Die sisteem moes van so 'n aard gewees het dat die visdata doeltreffend en met redelike akkuraatheid ingesamel kon word. Dit het ongeveer ses maande geduur voordat 'n aanvaarbare en effektiewe sisteem vir die laboratorium daargestel is. Hierdie finale stadium is vooraf gegaan met baie visverliese en waterkwaliteitsprobleme. Alhoewel hierdie fase nie data- en resultaatgewys beoordeel kon word nie, het dit 'n besliste toets van navorsingsvermoë behels. Daar is met hierdie navorsing dus ook gepoog om 'n bydrae met die eksperimentele uitleg en metode te lewer.

2. MATERIAAL EN METODEDES

2.1 Diëte

Vyf diëte is geformuleer op grond van vereistes (Ru Proteïen 38 – 40%; Totale vette >8%; Verteerbare energie 12 kJ/g; Kalsium 1.5% en Fosfor 0.5%) soos weergegee deur Hecht, Uys & Britz (1988) en die sesde diëte was 'n kommersiële forelpil wat deur boere in die bedryf gebruik word. Die fisiese en berekende chemiese samestelling van die proefdiëte word in Tabel 2 aangedui. Van die voerbestandele, soos uiteengesit in Tabel 2, wat nie fyn genoeg was nie is eers afsonderlik met 'n hammermeul (5 mm sif) gemaal. Die droë bestandele van elke diëte is toe deeglik afgeweg en in emmers saamgevoeg. Elke diëte is toe weer in die hammermeul gemaal om sodoende 'n eweredige partikel grootte te verseker.

Tabel 2. Samestelling van diëte

DIEËT						
Diëtebestandele (%)	1 Vismeel	2 Soja	3 Spirulina	4 Grondboon	5 Katoen	Forelpille (Kontrole)
Mielie-meel	23.7	7.4	12.5	0	4.7	* Samestelling
Koring-meel	25.0	7.5	14.0	0	3.5	onbekend
Vismeel	46.9	0	0	0	0	
Melasse-poeier	1.0	0	0	0	0	
Sojaboonoliekoek	0	75.7	0	0	0	
Spirulina	0	0	64.3	0	0	
Grondboonoliekoek	0	0	0	95.3	0	
Katoensaadoliekoek	0	0	0	0	83.6	
Visolie (Oceangold)	3.0	5.0	4.9	1.6	4.0	
Monokalsiumfosfaat	0	4.0	3.9	2.7	3.8	
*Vitamiën premix	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
TOTAAL	100	100	100	100	100	
% Ruproteïen	39.54	39.54	39.56	39.17	39.54	47.00 (min)
VE (MJ/kg)	14.58	14.91	14.02	14.27	14.68	
% Vet	8.10	8.06	8.66	8.27	8.00	8.00 (min)
% Ruvesel	1.38	6.44	2.50	7.62	8.57	4.00 (max)
% Ca	1.21	1.22	1.10	0.87	1.11	20mg/kg (max)
% P	0.99	1.33	0.89	1.14	1.64	7mg/kg (min)

* Om enige mineraal en vitamien tekorte in die proefdiëte teë te werk is 'n kommersiële mineraal/vitamiën "Catfish premix" bygevoeg. Die chemiese samestelling van die "Catfish premix" word in Tabel 3 aangedui.

Tabel 3. Samestelling van die vitamien premix

KATVIS PREMIX		
Vitamien	Insluitingspeil	Eenheid
Vit A	2 000 000	I.E
Vit E	50 000	I.E
Vit K	2 000	mg
Vit B1	1 000	mg
Vit D3	500 000	I.E
Vit B2	9 000	mg
Vit B12	20	mg
Vit B6	4 000	mg
Boitien	150	mg
Cholien	400 000	mg
Foliensuur	1 500	mg
Niasien	14 000	mg
Pantoteensuur	15 000	mg
Kemox	125 000	mg
Vit C	50 000	mg
Selenium	250	mg
Koper	5 000	mg
Yster	30 000	mg
Mangaan	2 400	mg
Jodium	1 100	mg
Sink	20 000	mg
Magnesium	100 000	mg
5 gram premix per 1000g voer		

I.E – Internasionale Eenheid

* Nutrivet, (2004) Premix Nutrivet, Posbus 22734, Extonweg
Bfn. 9313 Tel. 051 – 432 1313

Daar is as volg te werk gegaan om die droë bestandele in 'n hanteerbare vorm te verwerk:

Die droë diëtmengsel is so dun as moontlik op 'n staaltafel oopgesprei. Die regte hoeveelheid vitamien premix is afgeweeg en met 'n soutpot eweredig daaroor versprei. Daarna is die regte hoeveelheid visolie afgeweeg en met 'n spuitkannetjie eweredig oor die mengsel gesprei. Alles is goed deurgewerk met 'n eierspaan en die hele mengsel is in 'n masjien geplaas wat gebruik word om vleis te maal en te meng vir die maak van polonie en vienas. Die masjien het 'n paar lemme wat alles goed meng. Soos wat die mengsel gemeng is, is water bygevoeg tot die mengsel 'n stywe deeg vorm gehad het.

Bolle deeg is met die hand gemaak en met 'n hand vleismeultjie in lang stringetjies uitgemaal. Die stringetjies is op oondplate, wat met foelie oorgetrek is, uitgesprei en by 48 °C, om denaturasie van proteïen te voorkom, in 'n oond gedroog. Die verhitting

het ook as 'n gaarmaakproses van die diëte gedien aangesien kommersiële apparaat vir hierdie behandeling nie beskikbaar was nie. Die droë stringe is toe met die hand in kleiner pilletjies gebreek. Dieselfde prosedure is herhaal met elkeen van die diëte. Omdat die vissies nog klein was, is 'n klein hoeveelheid van elke dieet geneem en met 'n voedselverwerker gekrummel.

2.2 Vis en eksperimentele fasiliteite

2.2.1 Eksperimentele uitleg

Die sisteem wat opgestel is, was 'n geslote hersirkuleringsseenheid wat uit 30 bakke soos aangetoon in Foto 1 bestaan het. Twaalf van hierdie bakke was 20 liter glasbakke en die ander 18 bakke was 9.5 liter plastiekbakke. Die bakke is gerangskik in ses rye van vyf bakke elk. Die sisteem het 'n totale volume van +/- 800 liter water gehad. Daar het redelike verdamping plaasgevind en daar is wekeliks, en partykeer twee keer per week, ± 100 liter water op 'n slag aangevul om die volume van die sisteem konstant te hou.



Foto 1. Die hele hersirkuleringsstelsel.

Die water wat gebruik is om verdampde water in die sisteem mee aan te vul was afkomstig vanaf 'n 210 liter staaldrom toegerus met 'n elektriese element. Kraanwater is eers daarin getap om ten minste 48 uur te staan sodat meeste van die chloor kon verdamp. Water is dan getoets met 'n toetsstelletjie om seker te maak daar is nie meer chloor teenwoordig nie. Poolshield is by die water in die drom gevoeg wat gehelp het om die chloor, chlooramien en fluoor in die kraanwater te neutraliseer. Poolshield is 'n produk van *Waterlife* en word deur troeteldierwinkels verkoop as 'n dechlorineerder om te help met die kondisionering van water. Dit is ook veilig vir filterbakteriëe en waterplante. Die water in die drom is elke keer tot 28°C verhit voordat dit by die sisteem gevoeg is.

Die vloeiempo van die water in die sisteem was, ± 5 liter per minuut m.a.w. die volume water in die glastenks is elke 4 minute vervang en die van die kleiner bakke elke 2 minute. Die temperatuur van die water is op $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ met behulp van twee

300 W verhitters wat gewoonlik vir vistenks gebruik word, gehandhaaf. Die water van die hele sisteem het saamgehoop in 'n 250 liter groen plastiese drom (Foto 2) vanwaar dit uitgepomp is m.b.v. 'n dompelpompie in die groen drom na die filterdrom (Foto 3). Vanuit die filter is die water opgepomp na 'n 250 liter plastiese drom vanwaar die water m.b.v gravitasie deur die rysisteem gevloei het (Foto 4). Die vloeitempo van die water is m.b.v krane geregleer.



Foto 2. Die drom waarin die hele sisteem se water in saamloop, vanwaar dit na die filter gepomp word.

Foto 3. Die biologiese filter

Foto 4. Vooraansig van elke ry

In die geslote hersirkuleringsisteem is van 'n biologiese filter (Fig.1) gebruik gemaak wat in 'n diagramatiese uiteensetting en voorstelling in Fig.1 aangedui word. Die doel van die biologiese filter was die nitrifikasie van ammoniak (afgeskei deur die niere en kiewe van akwatiese organismes) na nitrate (Stickney, 1979). Die biologiese filter kan slegs metaboliete effektief uit die sisteem verwyder as aerobiese toestande gehandhaaf word.

As 'n biologiese filter anaerobies raak, sal ammoniak geproduseer, eerder as afgebreek word en die ammoniak kan giftige konsentrasies in die sisteem bereik. Aerobiese toestande kan verseker word deur lug deur die filter te borrel (Stickney, 1979). Lug is 24 uur per dag deur die biologiese filter met behulp van 'n pompie wat langs die filter gestaan het geborrel.

Vastestowwe is op twee plekke verwyder. By die eerste punt is dit versamel deur 'n fyn net wat kort kort skoonmaak is soos gesien kan word in foto 3. Die tweede plek is in die filterdrom self waar die water eers deur fyn wol beweeg het voordat dit die filter verlaat het soos gesien kan word in Fig.1.

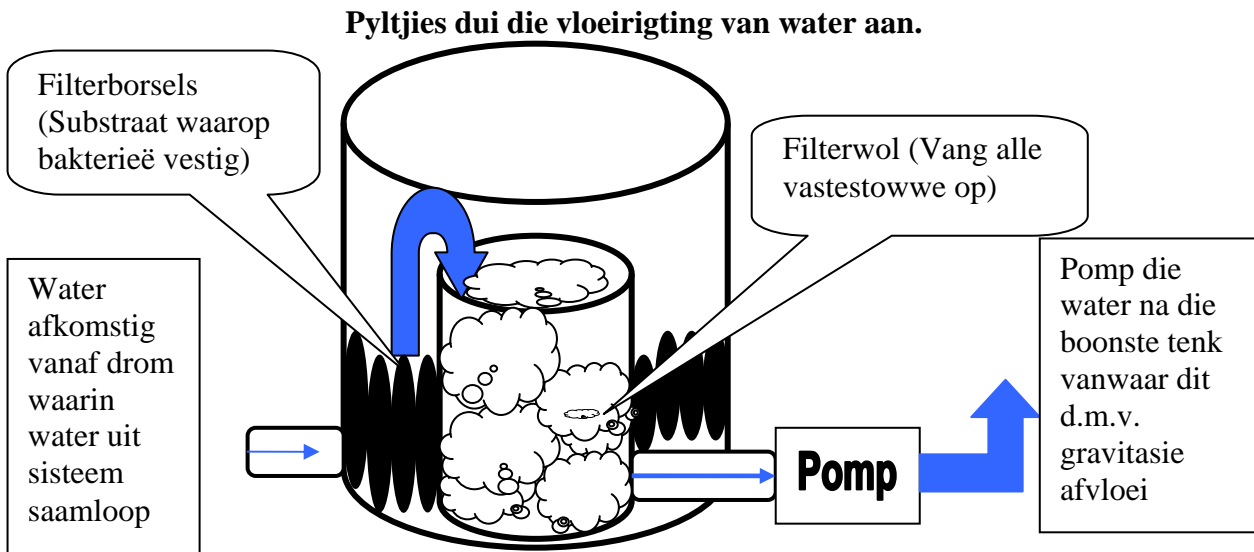


Fig. 1. Diagramatiese uiteensetting van die biologiese filter.

Die biologiese filter het bestaan uit 'n 50 liter plastiese drom met 'n kleiner silinder in die binnekant. Rondom die silinder is die drom gevul met filterborsels. Die filterborsels dien as substraat waarop die bakterieë vestig wat verantwoordelik is vir die nitrifikasie van ammoniak (Stickney, 1979). Die filterborsels se hare vergroot die oppervlak waarop bakterieë kan vestig. Binne die silinder is filterwol wat al die vaste stowwe opvang (Stickney, 1979). Die water gaan die filterdrom aan die onderkant binne en stoot dan op deur die borsels met bakterieë en loop oor in die silinder wat gevul is met wol. Die water word vanuit die silinder gepomp na die boonste tenk (kan gesien word op Foto 1). In Fig. 1 is 'n diagramatiese uiteensetting van hoe die water deur die filter vloei en hoe die binnekant van die filter lyk.

Nadat die hele sisteem klaar gebou is en alles in plek was, is daar eers 'n proeflopie gehou met ongeveer 450 babervingerlinge wat verkry is van die visteelstasie by die Garijepdam. Voordat die vissies by die teelstasie gaan haal is, is die sisteem eers vol water gemaak en gelos om vir sewe dae te loop. Die rede hiervoor was dat wanneer 'n geslote hersirkuleringsisteem vir die eerste keer in werking gestel word, die biologiese filter nie sal funksioneer voordat die filtermedium deur die regte bakterieë gekoloniseer is nie (Stickney, 1979).

Om die proses te bespoedig is Bio Vital by die water in die filter gevoeg. Bio Vital is 'n poeier wat by troeteldierwinkels beskikbaar is en spesifiek geformuleer is vir die vestiging van bakterieë in biologiese filters. Bio Vital bevat 15 verskillende spesies bakterieë en agt verskillende ensieme wat sorgvuldig vermeng is met Zeoliet en Montmorilloniet klei.

Dit het die volgende voordele as dit gereeld gebruik word :

- Verhoog opgeloste suurstofvlakke deur die eliminerings van biochemiese en chemiese suurstofbehoefte.

- Help om gesuspendeerde vaste stowwe, bodemsediment en vaste afvalstowwe te elimineer.
- Help om ammoniak, nitriete, slegte reuke en giftige gasse (H₂S) te elimineer
- Stabiliseer die pH.
- Verminder vlakke van swaar metale en patogeniese bakterieë en verminder dus die voorkoms van siektes.
- Help om nitrate en ertjiesop groen water te elimineer.
- Stimuleer en bevorder die biologiese filtreerproses.

Na die proeflopie van ses weke is vasgestel dat die sisteem werk en dat dit die visse sou kon onderhou. Dit was gebaseer op die feit dat die vissies almal oorleef het. Op die stadium was die visteelstasie se visse al te groot en moes elders vissies gekry word. By 'n plaas (Catfish Pty.) in die Pietermaritzburg omgewing wat babers teel, is vyfhonderd klein babertjies bekom. Die vissies is vervoer in plastiese sakke ,opgeblaas met suurstof, en addisionele suurstoftablette is bygevoeg wat suurstof vrygestel het. Met aankoms in Bloemfontein na die sewe uur rit is die vissies in 'n groot drom geplaas en vir 'n dag rustig gelos. Daarna is hulle individueel geweeg en ingedeel volgens gewigsklasse. Die vissies is toe oorgeplaas na die bakke maar binne die eerste week na hul aankoms het almal gevrek. 'n Paar van die oorblywende vissies is na Dr. Linda Basson by die Departement Dierkunde aan die Universiteit van die Vrystaat geneem om vas te stel wat die oorsaak van die vrektes was.

Volgens haar het die vissies 'n hoë besmetting van "Monogenetic Termatodes: Dactylogyrids" gehad of te wel "Gill flukes". As gevolg van die baie stres van vervoer en hantering wat die vissies ondervind het, was hulle nie baie bestand teen die hoë besmetting nie. Die sisteem is toe ontsmet en vir ses weke droog laat lê. Na die ses weke periode is die sisteem weer met water gevul. Biovital is in die biologiese filter gegooi om met die hervestiging van bakterieë in die sisteem te help. Die sisteem is gelos om vir twee weke te loop en om seker te maak dat die waterkwaliteit reg was voordat nuwe visse in die sisteem geplaas is.

2.2.2 Vissies en die voer van die vissies

Driehonderd 10-week-oue babertjies is verkry van 'n boer in die Potchefstroom omgewing. Die vissies is vervoer in plastiese sakke ,opgeblaas met suurstof, en addisionele suurstoftablette is bygevoeg wat suurstof vrygestel het. By aankoms by die lab is hulle eers almal in 'n groot drom geplaas en net oornag gelaat om van die ergste vervoerstres ontslae te raak. Hulle is toe individueel geweeg en in die gewigsklasse soos in Tabel 4 aangedui ingedeel:

Tabel 4. Gewigsklasse van vissies

Gewigsklas	Massa (gram)	Aantal Vissies
1	0 – 0.5	54
2	> 0.5 – 1	72
3	> 1.0 – 2	108
4	> 2.0 – 3	42
5	> 3.0 – 5	18
Mortaliteite		6

TOTAAL		300
---------------	--	------------

Die vissies is toe ewekansig soos in Fig. 2 geillustreer aan die dertig bakke toegeken:

	RY A	RY B	RY C	RY D	RY E	RY F	
BAK 1 >1-2g	18	18	18	18	18	18	GLAS
BAK 2 >2-3g	7	7	7	7	7	7	GLAS
BAK 3 >0.5-1g	12	12	12	12	12	12	PLASTIEK
BAK 4 >3-5g	3	3	3	3	3	3	PLASTIEK
BAK 5 0-0.5g	9	9	9	9	9	9	PLASTIEK

Fig. 2 Diagramatiese uiteensetting van die bakke met vissies

Die vissies is aan 'n sewe dae aanpassingsperiode onderwerp om gewoon te raak aan die verskillende diëte en aan te pas by hul nuwe omgewing. Hulle is twee keer per dag gevoer. Gedurende die aanpassingsperiode het al die vissies van die gewigsklas 0 – 0.5g gevrek. Die oorsaak was ook 'n besmetting met “Monogenetic Trematodes : Dactylogyrids”.

Die ses verskillende diëte soos aangedui in Tabel 2 nl. Sojaboonoliekoek, Vismeel, Spirulina, Grondboonoliekoek, Forelpille (kontrole) en Katoensaadoliekoek is toe ewekansig volgens Tabel 5 aan die ses rye toegeken:

Tabel 5. Ewekansige toekenning van diëte aan elke ry in die sisteem

RY A	RY B	RY C	RY D	RY E	RY F
Soja	Vismeel	Spirulina	Grondboon	Forelpille	Katoen

Die vissies is vir 'n periode van agt weke twee maal per dag gevoer. Die eerste voeding was 8:00 in die oggend en die laaste voeding 19:00 in die aand. Voor elke voeding is die watervloei van die sisteem gestop sodat die voer nie van een bak na die

volgende kon oorspoel nie. Die vissies het toe 30 min tyd gekry om te vreet waarna die oorblywende voer met 'n netjie uitgeskep is. Met die aanvang van die proef is een vissie uit elkeen van die boonste glasbakke gehaal en gevries vir latere ontleding.

Die totale biomassa (in gram) van elke bak is aan die begin van die week gemeet en die hoeveelheid voer wat die vissies, van die spesifieke bak, vir daardie week ontvang het, is bereken as 'n persentasie van die totale massa van die bak. Die vissies is met 'n net gevang en elkeen is afsonderlik met 'n skaal geweeg.

Byvoorbeeld, as die gesamentlike massa van die vissies in Bak A1 100g aan die begin van 'n week was dan het Bak A1 se vissies 2g voer per dag ontvang vir die spesifieke week. Dit is weer verdeel in 1g voer die oggend en 1g voer die aand. Die vissies is eers teen 2% van hul massa gevoer tot opgemerk is dat in Week 4 daar niks meer voer oorgebly het na die 30 min voerperiode nie en dit is toe opgestoot na 3% van hul massa. Hulle is toe verder gevoer teen 3% van hul massa vir die oorblywende vier weke van die proef. Hierdie metode is gebaseer op metodes wat deur ander navorsers in vorige voedingsproewe gebruik is.

Aan die einde van die agt weke voerperiode is die vissies vir 'n dag lank gevas om seker te maak hul ingewande is leeg en elke bak se vissies is toe weer individueel geweeg. Die vissies van elke ry is toe uitgehaal en gevries vir latere ontleding.

2.2.3 Chemiese analise van die vis en die diëte

Die gevriesde vissies van elke ry is gevriesdroog vir 48 uur en sodoende kon die persentasie vog van elke ry se vissies bepaal word. Die gevriesdroogte vissies is met die hand in kleiner stukkie gebreek en met 'n klein elektriese meultjie gemaal. Om vermorsing te verminder en die maalproses te vergemaklik is droë ys gebreek en gemeng met die stukkie vis wat gemaal is.

Die proteïenwaarde en as- inhoud van elke ry se vissies is bepaal. Die proteïenwaarde is bepaal met behulp van 'n Lecomastien en die hoeveelheid as is bepaal met behulp van standaard prosedures. Vet- en veselontledings kon nie gedoen word nie omdat daar nie genoeg van die fyngemaalde gevriesdroogte vissies van elke ry was nie. Die analyses van die vismonsters is in duplikaat gedoen.

Die diëte is vir ADF (Acid Detergent Fibre), NDF (Neutral Detergent Fibre), Vet, Proteïen, As en Energie ontleed. Al die ontledings is in duplikaat gedoen behalwe die vetontleding wat in triplikaat gedoen is. ADF ontledings van die vismeeldieet en forelpildieet was nie moontlik nie. Die twee monsters se kroesies wou glad nie deursuig nie moontlik a.g.v. die hoë vetinhoud of fynheid van die monster omdat die porieë van die kroesies elke keer verstop het. Die monsters wou nie eers deurloop nadat hulle vir drie uur gestaan het nie. Die NDF ontledings was ook nie moontlik nie, want nie een van die ses voere se kroesies wou deursuig nie en het elke keer heel verstop. Die vetontledings is met behulp van die heksaanmetode gedoen. Die as-inhoud is bepaal volgens standaard metodes en die bruto-energie bepaling is met 'n bomkaloriemeter gedoen. Waardes van die ontledings word in Tabel 6 aangedui.

Tabel 6. Waardes van voerontledings

Diëte	% Vog	% As	% Ru Proteïen	% Vet	Bruto Energie (MJ/g)	% ADF (Suurbestande Vesel)
Sojaboonoliekoek	3.76	9.49	39.82	2.44	37.59	8.58
Vismeel	2.94	9.14	41.05	8.80	40.39	
Spirulina	3.89	13.92	39.24	7.80	38.77	1.59
Grondboonoliekoek	4.36	7.43	38.27	9.47	40.20	11.03
Forepille	4.30	7.03	53.03	2.48	40.73	
Katoensaadoliekoek	1.57	10.24	35.66	11.37	38.82	20.08

2.3 Bepaling van verteerbaarheid van die diëte

Vir die bepaling van voerverteerbaarheid is 'n aparte tenk met 'n kapasiteit van 10 liter gebruik. Die tenk het sy eie 50 W verhitte gehad wat die water tot 28°C verhit het. Die tenk se water was ook afkomstig van die 210 liter staaldrom waaruit die hele sisteem se water aangevul is. Met die aanvang van die proef is daar een vissie uit elk van die boonste glasbakke (gewigsklas >1 – 2g) gehaal en in die tenk vir innamebepaling geplaas.

Die verteerbaarheidsbepaling is op die voer van die ses diëetbehandelings uitgevoer. Om die verteerbaarheid van elke voer twee maal te toets was 60 dae nodig. Dit is verdeel in vyf dae per voer vir Fase 1 (30 dae) en vyf dae per voer vir Fase 2 (30 dae).

Die roetine het as volg verloop:

Gedurende Dag 1, 2 en 3 het die vissies by die nuwe voer aangepas. Op Dag 1 en 2 is die vissies twee maal per dag gevoer, maar op Dag 3 het hulle net die oggend kos gekry sodat hulle ingewande redelik leeg was teen die oggend van Dag 4. Dit het die uitskeiding van mis redelik beperk terwyl hulle gevoer is. Die oggend van Dag 4 is die vissies uitgehaal en is die bak skoon gemaak.

Nege en 'n half liter skoon water is ingegooi en 500ml is uitgehou. Die vissies is toe teruggeplaas en 'n half uur later is die afgewegde hoeveelheid voer gegee.

Die vissies het 30 minute tyd gehad om te vreet waarna die water uitgesuig is met 'n pypie in 'n 20 liter plastiese emmer. Die visse is toe uitgehaal en in 'n aparte houer geplaas. Die ander 500ml water is gebruik om oortollige voer wat nog teen die glas vasgesit het uit te was in die 20 liter emmer in. Die bak is dan weer gewas en gevul met 10 liter skoon water en die visse is teruggeplaas. Die water in die 20 liter plastiese emmer is toe in 'n oond by 95°C geplaas om te verdamp, tot net 'n klein hoeveelheid oor was. Die emmer is na ongeveer 48 uur uitgehaal en die res van die water is gefiltreer deur filtreerpapier om vas te stel hoeveel voer oorgebly het. Die filtreerpapier is toe gedroog en geweeg.

Op Dag 5 se middag is al die bak se water weer uitgesuig in 'n 20 liter emmer om sodoende die mis te versamel wat uitgeskei is oor die 36 uur periode vandat hulle laas gevoer is. Die emmer water is toe weer in die oond gesit en die oorblywende water gefiltreer deur filtreerpapier om vas te stel hoeveel mis oorgebly het.

Na die mis verwyder is op Dag 5, is die vissies gevoer met die volgende voer. Sodoende is weer by Dag 1 begin en is die vissies weer aangepas op die volgende voer. Die roetine is herhaal tot al ses voere twee maal gevoer is. Tabel 7 gee 'n uiteensetting van hoe die verteringstudie verloop het en in watter volgorde die voere gegee is.

Tabel 7. Dagbeplanning van verteringstudie

	DIEET 1 Forelpil	DIEET 4 Grondboon	
	DIEET 2 Soja	DIEET 5 Katoen	
	DIEET 3 Spirulina	DIEET 6 Vismeel	
FASE 1		FASE 2	
Dag 1	Begin voer dieet 1	Dag 31	Begin voer Dieet 1
2	Dieet1	32	Dieet1
3	Dieet1	33	Dieet1
4	Gee voer hoev.	34	Gee voer hoev.
5	Kollekteer dieet 1 se Mis	35	Kollekteer dieet 1 se Mis

2.4 Innamebepaling

Die doel van die innamebepaling was om te sien of vasgestel kon word hoeveel voer deur die vissies ingeneem is en dit dan te vergelyk met massatoename. Daar is drie innamebepalings gedoen wat versprei was oor die 60 dae voerperiode (Sien Tabel 8).

Tabel 8. Dagbeplanning van innamebepaling

DAG	
1 tot 14	
15	Doen innamebepaling op Ry A (Fase 1)
16	Doen innamebepaling op Ry B
17	Doen innamebepaling op Ry C
18	Doen innamebepaling op Ry D
19	Doen innamebepaling op Ry E
20	Doen innamebepaling op Ry F
21 tot 34	
35 tot 40	Innamebepaling in dieselfde volgorde as tevore (Fase2)
41 tot 54	
55 tot 60	Innamebepaling in dieselfde volgorde as tevore (Fase3)

Daar is as volg te werk gegaan om die innamebepaling te doen:

Slegs een ry per dag is gedoen omdat die spasio in die oond vir die emmers beperk was. Die watervloei van die betrokke ry is eerstens afgesny terwyl die ander vyf rye se water normaal gevloei het. Water in die 210 liter staaldrom is tot 28°C verhit. Vier houers is met presies 2 liter verhitte water elk gevul. Die vissies van elke bak in die betrokke ry is gevang en in een van die houers met 2 liter water geplaas. Die bakke (glas en plastiek) is leeg gemaak en deeglik gewas. Daarna is die bakke weer met verhitte water afkomstig uit die staaldrom gevul. In die glasbakke is presies 8 liter water gegooi en in die plastiekbakke presies 5.5 liter water. 'n Vyfhonderd milliliter watermonster is uit elke bak geneem. Dit is later deur filtreerpapier gefiltreer om vas te stel wat agterbly nadat die skoon water gefiltreer is. Die rede hiervoor was om vas te stel of daar enige vaste onsuiverhede in die water is. Daar kon toe 'n korreksie aangebring word om sodoende 'n akkurate massa voer te kry wat agtergebly het nadat elke emmer se water gefiltreer is. Die vissies is toe saam met die 2 liter water in hulle oorspronklike bakke geplaas. Die waterinhoud van die glasbakke was dus 9.5 (8 – 0.5 + 2) liter elk en die van die plastiekbakke is 7.5 (5.5 – 0.5 + 2) liter elk.

Die presiese hoeveelheid voer wat elke bak ontvang het is vooraf afgeweeg. Die vissies het 'n halfuur kans gekry om rustig te raak na al die hantering en daarna is hulle gevoer. Die vissies het dertig minute gehad om die voer te vreet, waarna elke bak se water uitgesuig is in 'n gemerkte plastiekemmer. Die bakke is weer met skoon water gevul en die vissies is terug geplaas en die watervloei weer herstel.

Die gemerkte emmers water, met oorblywende voer, is in 'n oond by 95°C geplaas om te verdamp tot daar ongeveer 500ml water oorgebly het. Die rede was dat 'n kleiner hoeveelheid water vinniger sou filtreer deur die filtreerpapier as wat 10 liter sou. Die oorblywende water is toe deur filtreerpapier gefiltreer om te bepaal hoeveel van die voer oorgebly het wat die visse ontvang het. Die filtreerpapier is gedroog en geweeg (die droë massa van die filtreerpapier was vooraf bekend). Dieselfde prosedure is met elke ry se innamebepaling gevolg.

2.5 Monsterneming van water vir ontledings

Elke Vrydag oggend om 07:30 is 'n 250 ml watermonster geneem uit elkeen van die 30 bakke asook uit elkeen van die volgende : die boonste tenk, die drom waarin al die water saamgeloop het en uit die 210 liter staaldrom. Die monsters is toe na die Departement Grondwaterstudies by die Universiteit van die Vrystaat geneem waar dit ontleed is vir ammoniak-, nitriet- en nitraatkonsentrasies. Elke keer as daar nuwe water by die sisteem gevoeg is, is daar ook 'n 250 ml monster daarvan geneem en gevries. Die week se monsters is gehou en saam met Vrydae se monsters ingegee vir ontleding.

2.6 Data analises

Die PROC ANOVA prosedure van die SAS program (SAS, 1999) is gebruik om te toets vir betekenisvolle verskille tussen die ses diëte.

3. RESULTATE & BESPREEKINGS

3.1 Groeieresultate

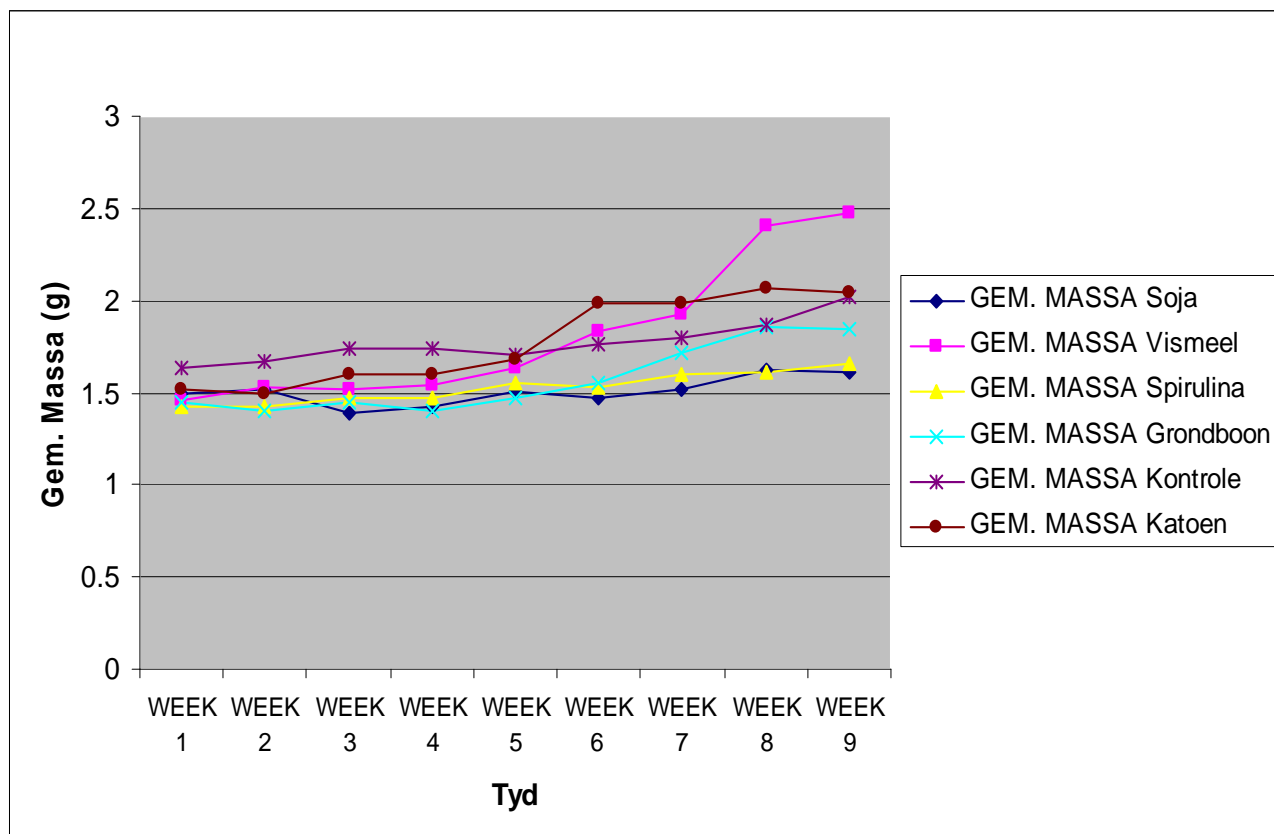
Die effek wat die ses verskillende diëte, oor 'n periode van nege weke, op groei en oorlewing van die vissies gehad het word in Tabel 9 uiteengesit. Die aanvaarbaarheid ,m.a.w. hoe gretig die voer deur die vissies ingeneem is, van al die diëte was goed behalwe die van sojaboonoliekoek en katoensaadoliekoek. Grondboonoliekoek is slegs aanvanklik nie baie gretig ingeneem nie maar teen die tweede week het die vissies dit net so goed soos die ander diëte gevreet. Die aanvaarbaarheid van die sojaboonoliekoek het egter nie baie verbeter nie. Die vissies het dit gevreet maar nie so gretig soos die ander diëte nie. Gebaseer op visuele waarneming aangesien probleme ondervind is met innamebepaling.

Tabel 9. % Oorlewing na die nege weke proefperiode en gemiddelde aanvangsmassas, eindmassas en massatoenames van vissies

	Ry A Soja	RY B Vismeel	RY C Spirulina	RY D Grondboon	RY E Forelpil	RY F Katoen
Oorlewing (%)	30.00 ^a	25.71 ^b	51.35 ^d	47.37 ^d	30.77 ^a	23.68 ^b
Gem. Aanvangsmassa (g)	1.49	1.46	1.43	1.44	1.63	1.52
Gem. Eindmassa (g)	1.61 ^a	2.47 ^d	1.65 ^a	1.85 ^b	2.02 ^c	2.04 ^c
Gem. Massatoename (g)	0.12 ^a	1.01 ^e	0.22 ^b	0.41 ^c	0.39 ^c	0.52 ^d

* Waardes met verskillende boskifte verskil betekenisvol (P<0.05)

Wat groei betref het die vissies wat die vismeel dieet ontvang het die hoogste gemiddelde massatoename gehad van die ses diëte (sien Grafiek 1) alhoewel hul oorlewing nie baie goed was nie. Uit Grafiek 1 is dit ook duidelik dat die vissies van al die diëte baie min in massa toegeneem het tot en met die vyfde week van die studie vanwaar al die diëte se vissies begin toeneem het in massa behalwe die wat sojaboonoliekoek en spirulina ontvang het wat feitlik net hul massa gehandhaaf het.



Grafiek 1. Die gemiddelde massa van al die visse in 'n ry oor die nege weke proefperiode

3.1.2 Karkassamestelling

As na die karkassamestelling (Tabel 10) gekyk word is daar 'n duidelike verskil in die persentasie proteïene van die vissies voor en na die 60 dae voerperiode. Voor die aanvang van die voerperiode was die proteïeninhoud van die fynge maalde vissies 63.20 %. Na die 60 dae voerperiode het die vissies wat die vismeel- en grondboonoliekoekdiëte ontvang het die hoogste persentasie proteïene gehad nl. 71.84% en 71.82% onderskeidelik en die wat die katoensaadoliekoekdiëte ontvang het, het die die laagste persentasie proteïene gehad nl. 63.78%. Dit was amper dieselfde as die persentasie aanvangsproteïene. Daar was nie 'n groot verskil in die persentasie vog van die aanvangsvissies en die na die proefperiode nie. Die as-inhoud van die vissies het ook redelik toegeneem. Die aanvangsgroep het 'n as-inhoud van 13.73% gehad. Die vissies wat die sojaboonoliekoekdiëte ontvang het, het die hoogste as-inhoud van 27.45% gehad gevolg deur die vissies wat die spirulina- en katoensaadoliekoekdiëte ontvang het.

Dit is interessant om te sien dat die vissies wat die laagste gemiddelde massatoename gehad het nl. die wat sojaboonoliekoekdiëte (0.12g gemiddelde massatoename) en die wat die spirulinadiëte (0.22g gemiddelde massatoename) ontvang het ook die hoogste persentasie as van 27.45% en 24.8% onderskeidelik gehad het. Daarteenoor het die vissies wat die katoensaadoliekoekdiëte ontvang het 'n aspersentasie van 24.2% gehad maar 'n gemiddelde massatoename van 0.52g.

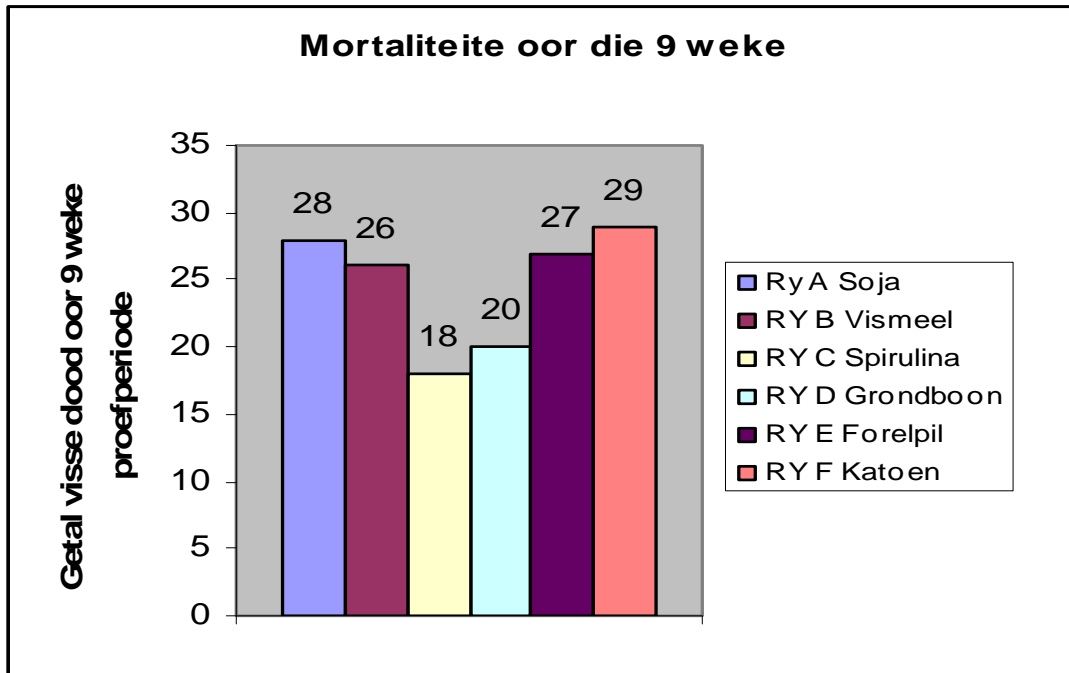
Tabel 10. Karkassamestelling van hele vis (vogvrye basis)

Samestelling (%)	Begin Vis	Forelpil (Kont.)	Soja	Vismeel	Spirulina	Grondboon	Katoen
Vog	78.84	78.45 ^a	80.92 ^b	78.93 ^a	80.60 ^b	80.61 ^b	80.15 ^b
Proteïen	63.20	68.89 ^c	66.81 ^b	71.84 ^d	66.76 ^b	71.82 ^d	63.78 ^a
As	13.73	18.81 ^a	27.45 ^d	18.61 ^a	24.80 ^c	22.13 ^b	24.20 ^c

* Waardes met verskillende boskryfte verskil betekenisvol ($P < 0.05$)

3.1.3 Vismortaliteite

Wat die mortaliteit van die vissies betref is dit duidelik in Grafiek 2 en Grafiek 3 dat in die groep vissies wat die spirulina en grondboonoliekoekdiëte ontvang het die minste vissies gevrek het oor die nege weke proefperiode. Die hoogste oorlewingspersentasie (Tabel 9) is met die spirulina- en grondboonoliekoekdiëte verkry terwyl die vissies wat die katoensaadoliekoekdiëte ontvang het die laagste oorlewingspersentasie gehad het gevolg deur die wat die sojaboonoliekoekdiëte ontvang het. 'n Interessante waarneming was dat na die toegelate voerperiode daar altyd meer voer oorgebly het in die bakke wat die sojaboon- en katoensaadoliekoekdiëte ontvang het. 'n Swak inname van die twee diëte kan dalk een van die moontlike oorsake wees van die hoë mortaliteit van die vissies wat die twee diëte ontvang het. Die vismeel en forelpildiëte is gretig deur die vissies gevreet alhoewel die mortaliteite in die twee groepe amper net so hoog was soos in die groepe wat die sojaboon- en katoensaadoliekoekdiëte ontvang het. Alhoewel die spirulina en grondboonoliekoekdiëte ook baie gretig gevreet is deur die vissies het die vissies nie baie toegeneem in massa nie, maar minder mortaliteite het egter in die twee groepe voorgekom.



Grafiek 2. Aantal visse wat gevrek het oor die nege weke proefperiode

3.1.4 Bespreking van groeieresultate

Proteïen van verskillende bronne word verskillend deur visse benut en beïnvloed groeitempo verskillend (Hepher, 1988). Du Pree & Sneed (1966) het drie diëte met gelyke persentasies proteïen vir “Channel catfish” gevoer. Die drie proteïenbronne wat gebruik is, was kaseïen, koringgluten en sojaboonoliekoekmeel. Die groeitempo van die visse wat die diete met kaseïen ontvang het as proteïenbron was aansienlik hoër as die van die ander visse wat die diete met koringgluten en sojaboonoliekoekmeel ontvang het. Cowey et al. (1974 soos aangehaal deur Hepher, 1988) het ‘n soortgelyke studie gedoen met *Pleuronectes platessa* en het van vyf verskillende proteïenbronne gebruik gemaak. Alhoewel die proteïeninnames hoog was, was daar betekenisvolle verskille in groeitempo tussen die visse wat proteïene van verskillende bronne ontvang het.

Hierdie studies sowel as baie ander verwys na die hoë voedingswaarde van kaseïen en vismeelproteïen en hoe dit groei by vis bevorder (Hepher, 1988). Baie visvoere maak dus van vismeel as ‘n proteïenbron gebruik. Die afhanklikheid van vismeel kan ekonomiese beperkings tot gevolg hê, veral in ontwikkelende lande waar vismeel minder volop is en van ‘n swakker kwaliteit is. Probleme word egter ook in ontwikkelende lande ondervind as gevolg van fluktuasies in vismeelvoorsiening en die hoë prys wat gepaard gaan met ‘n tekort (Hepher, 1988).

Meel afkomstig van verskillende oliesade soos sojabone, grondbone en sonneblomsaad, na die onttrekking van die olie, is ‘n goeie en relatief goedkoper bron van proteïen. Die rede hiervoor is dat dié reste in ‘n mate as ‘n afvalproduk gesien word en kan dus relatief goedkoop bekom word. Pogings is al aangewend om vismeel te vervang met die proteïenbronne, maar slegs ‘n beperkte mate van sukses is behaal (Hepher, 1988). Nog ‘n rede vir die gebruik van plantproteïenbronne is die teenkating in veral lande soos Europa teen die gebruik van dierlike proteïenbronne in diervoere as gevolg van die vrees vir Malkoësiekte (Ratafia, 1995).

Resultate met diëte waar die proteïenbronne slegs 'n gedeelte van die vismeel vervang het, was bevredigend, maar sodra dit meer as 25 tot 50% van die totale proteïen in die dieet beslaan het, het dit aanleiding gegee tot verminderde groei (Jackson et al., 1982 soos aangehaal deur Hepher, 1988). Soos gesien kan word uit die huidige studie het die vissies van al die diëte nie baie gegroei nie, maar die vissies wat die forelpildieet ontvang het, wat as kontrole gedien het, het ook glad nie goed presteer nie en het swakker gevaar as van die ander diëte. Die effek wat die oliekoekmeel op groei het, word geassosieer met giftige verbindings soos gossipol en sekere giftige vetsure in katoensaadmeel (Ofojekwu & Ejike, 1984 soos aangehaal deur Hepher, 1988). Dorsa et al. (1982) het gevind dat die groei van "Channel catfish" gehinbeer word indien meer as 17.4% katoensaadoliekoekmeel in hul dieet ingesluit word. Dit word toegeskryf aan die gossipol in die meel. Die byvoeging van 0.09% vry gossipol tot die dieet het dieselfde effek gehad.

Giftige verbindings blyk egter nie die enigste oorsaak van swak prestasie met oliekoekmele te wees nie. Robinson et al. (1984 soos aangehaal deur Hepher, 1988) het tilapia (*Oreochromis aurus*) "glandless" katoensaadmeel, wat laag is in gossipol, gevoer as vervanging vir sojaboonoliekoek en grondboonoliekoekmeel, maar het gevind dat dit steeds minder effektief was as die ander twee mele. Hulle het tot die slotsom gekom dat die swak prestasie van vis op katoensaadoliekoekmeel nie slegs aan gossipol toegeskryf kan word nie.

Sojaboonoliekoekmeel is baie volop alhoewel dit 'n relatief lae methionien en sistieninhoud het. Dit kan egter deur die byvoeging van sintetiese aminosure reggestel word. Die proteïen van sojaboonoliekoekmeel het 'n hoë biologiese waarde vir die meeste plaasdiere, maar wanneer dit as 'n vervanger vir vismeel in visdiëte gebruik word, lei dit tot verminderde groei by meeste visspesies (Andrews & Page, 1974) vir "Channel catfish"; (Atack et al., 1979) vir karp en Reichle (1980) vir reënboogforel. In die huidige studie het die vissies wat die sojaboonoliekoekdieet ontvang het die swakste gemiddelde massatoename getoon van al die groepe en hulle het ook die tweede hoogste mortaliteitsyfer gehad.

Die gedeeltelike vervanging van vismeel met sojaboonmeel is egter 'n baie kontroversiële onderwerp. Sommige navorsers het gevind dat 'n gedeeltelike vervanging van vismeel met sojaboonmeel visgroei verminder (Andrews & Page, 1974; Spinelli et al., 1979 soos aangehaal deur Hepher, 1988) terwyl ander navorsers weer bevind het dat sojaboonmeel wel 'n gedeelte van vismeel kan vervang sonder om groei noemenswaardig te verminder (Reinitz, 1980 vir reënboogforel; Krishnandi & Shell, 1967 vir "Channel catfish"; Kim et al., 1984 vir karp soos aangehaal deur Hepher, 1988).

Hepher (1988) gee drie moontlike redes waarom sojaboonmeel swakker presteer as vismeel in visdiëte nl. die laer verteerbaarheid van sojaboonmeel, die teenwoordigheid van giftige verbindings in sojaboonmeel wat groei affekteer en sojaboonmeel het 'n tekort aan 'n sekere voedingstof wat in vismeel voorkom.

Daar het onlangs 'n redelike belangstelling in alge as 'n moontlike vervanger vir vismeel ontstaan. Olvera – Novoa et al. (1998) het bevind dat tot 40% van vismeel suksesvol vervang kan word deur spirulina, in die diëte van tilapia litlinge, sonder enige nadelige effek op groei. Chow & Woo (1990 soos aangehaal deur Olvera –

Novoa, 1998) het 20% van die vismeel in die dieet van *Oreochromis mossambicus* met spirulina vervang en geen verskil in groeitempo en voerinnome verkry nie. Matty & Smith (1978) en Atack, Juancey & Matty (1979 soos aangehaal deur Olvera – Novoa, 1998) het karp- en reënboogforelfingerlinge, diëte gevoer waarin spirulina die enigste bron van proteïene was. Die vissies het egter nie baie goed presteer met spirulina as die enigste bron van proteïene in die dieet nie. Uit die huidige studie is dit duidelik dat die vissies wat die spirulinadieet ontvang het nie veel toegeneem het in massa oor die proefperiode nie, maar wel die laagste mortaliteitsyfer gehad het tensypte van al die hantering en stres wat daarmee gepaard gegaan het.

Henson (1990); Mustafa & Nakagawa (1995 soos aangehaal deur Olvera – Novoa et al., 1998) het bevind dat wanneer spirulina in diëte ingesluit word as ‘n dieetaanvulling dit die volgende voordele inhou : verlaag visse se vatbaarheid vir stres en siektes; verlaag dus mortaliteite; verhoog karkaskwaliteit en lewer vleis met ‘n laer vetinhoud, beter tekstuur en geur. Langtermyn studies onder produksietoestande word egter benodig om die bevindings te bevestig en die effek van spirulina op vleiskwaliteit en pigmentasie te toets.

In die huidige studie was een van die dinge wat die meeste uitgestaan het die feit dat die oorlewingsyfer van die vissies wat die gronboonoliekoek- en spirulinadiëte ontvang het veel beter was as die van die vissies wat die ander vier diëte ontvang het. Verdere navorsing moet beslis gedoen word oor die moontlike eienskap van spirulina om stres in vis te verminder of oor die effek wat dit dalk op die immuunstelsel van visse het wat veroorsaak dat hulle meer weerstand kan bied teen stresfaktore soos hantering en parasiete. Verdere navorsing is nodig om die beste insluitingspeil van spirulina in visdiëte, met spesifieke verwysing na diëte vir *Clarias gariepinus*, te verkry of dalk om spirulina te kombineer met grondboonoliekoek wat duidelik ook ‘n positiewe effek op die oorlewing van die visse in die studie gehad het. Navorsing sal egter onder produksie toestande gedoen moet word waar al die eksterne faktore wat visproduksie beïnvloed ‘n rol speel. Op die manier sal ware produksiesyfers verkry kan word en sal die ware potensiaal van die voer na vore kom.

Alhoewel die ander vier proteïenbronne nie besondere resultate gelewer het nie sal dit interessant wees om dit in ‘n kommersiële produksiestelsel vir babers te evalueer. In so ‘n stelsel is die toestande meer natuurlik en kan vissies van die vingerlingstadium tot op ‘n slagbare massa gevoer word waar groei, oorlewing en prestasie van die visse onder produksietoestande uitgetoets kan word. Verskillende proteïenbronne kan dalk gemeng word om beter resultate te verkry.

3.2 Verteerbaarheid en innamebepaling van die voere

Die volgende algemene metode vir die bepaling van verteerbaarheid by plaasdiere word ook vir visse gebruik reeds sedert die einde van die vorige eeu (Knauthe, 1898 soos aangehaal deur Hopher, 1988). Die metode het egter baie beperkings wanneer dit vir vis gebruik word.

Skynbare verteerbaarheidskoeffisient =

$$\frac{(\text{Voedingstowwe ingeneem} - \text{Voedingstowwe uitgeskei})}{\text{Voedingstowwe ingeneem}} \times \frac{100}{1}$$

Die metode is gebaseer op so 'n akkuraat as moontlike bepaling van die hoeveelheid voer ingeneem en uitgeskei. By visse word voer egter in die water gegee en feses word in die water uitgeskei, met die gevolg dat van die voedingstowwe van beide die voer en die feses in oplossing kan gaan. Aangesien die verlore voedingstowwe as deel van die geabsorbeerde voedingstowwe beskou word, word 'n verteerbaarheidskoeffisiënt verkry wat hoër is as wat dit werklik behoort te wees weens die voedingstowwe wat in oplossing gegaan het. Tunison et al. (1942) het melding gemaak van die verlore voedingstowwe in hul studie oor die verteerbaarheidskoeffisiënt van voere vir "Brook Trout" (*Salvelinus fontinalis*).

Windell et al. (1978) het 'n studie gedoen met "Channel catfish" (*Ictalurus punctatus*) oor die verlies van voedingstowwe in die water en hoe dit beïnvloed word deur die tyd wat die feses in die water bly voordat dit versamel word. Hy het gevind dat die grootste verlies aan voedingstowwe tydens die eerste uur wat die feses in die water is, voorkom. Gedurende die eerste uur gaan ongeveer 21% droë materiaal, 12% proteïen en 4% van die lipiede verlore en dit verhoog die verteerbaarheidskoeffisiënt met 11.5, 10 en 3.7% onderskeidelik. Binne 16 uur het die verlies aan voedingstowwe uit die feses verhoog na 31, 12 en 9.8% onderskeidelik en dit het die verteerbaarheidskoeffisiënt verhoog na 17, 10 en 8.2% onderskeidelik. Baie vroeëre studies oor die verteerbaarheid van voere vir vis het die metode gebruik ten spyte van sy baie tekortkominge.

Om die tekortkominge van die metode te oorkom het navorsers begin om van 'n inerte indikator metode gebruik te maak. In die metode word 'n sekere hoeveelheid van die inerte indikator, wat nie deur die vis verteer word nie, in die voer ingemeng wat bestudeer word. Voorbeelde van so 'n inerte indikator is lignien, chromoksied en verskeie radio – isotope (Hepher, 1988). Chromoksied is egter die mees algemeenste een wat gebruik word. Die konsentrasie van die voedingstof en die inerte indikator word in beide die voer en die feses bepaal en die skynbare verteerbaarheidskoeffisiënt van die voedingstof word as volg bereken :

$$SVK (\%) = 100 - \left[\frac{\% \text{ indikator in voer}}{\% \text{ indikator in feses}} \times \frac{\% \text{ voedingstof in feses}}{\% \text{ voedingstof in voer}} \times 100 \right]$$

Die voordeel van die metode bo die van die vorige een is dat die hoeveelheid voer ingeneem en die hoeveelheid feses uitgeskei nie bepaal hoef te word nie. Die metode het egter ook beperkings. As die feses uit die water versamel word is daar ook voedingstowwe wat in oplossing gaan en word dieselfde fout as met die vorige metode begaan. In sommige studies is die feses versamel deur dit by die rektum uit te pers en dit op te vang (Singh & Nose, 1967 soos aangehaal deur Hepher, 1988). Aangesien vertering en absorpsie plaasvind soos voer in die verteringskanaal voortbeweeg, maak dit 'n verskil uit watter deel van die verteringskanaal die feses versamel word. Foute kan egter ook begaan word deur die insluiting van sperme, ova of slym as die feses met die hand uitgepers word (Windell, 1978 soos aangehaal deur Hepher, 1988). Die verteerbaarheidskoeffisiënt wat verkry word as die agterste deel van die dermkanaal uitgedruk word, is hoër as wanneer feses met behulp van disseksie uit dieselfde deel van die dermkanaal verwyder word (Austreng, 1978 soos aangehaal

deur Hepher, 1988). Baie hantering van visse vir die uitdruk van feses laat visse stres en dit gee aanleiding tot diaree en onvolledige vertering van voere (Hepher, 1988).

‘n Groot gedeelte van die fout wat verkry word met die inerte indikator metode hang grootliks af van die indikator. Vir die metode om betroubaar te wees moet dit aan die volgende vereistes voldoen:

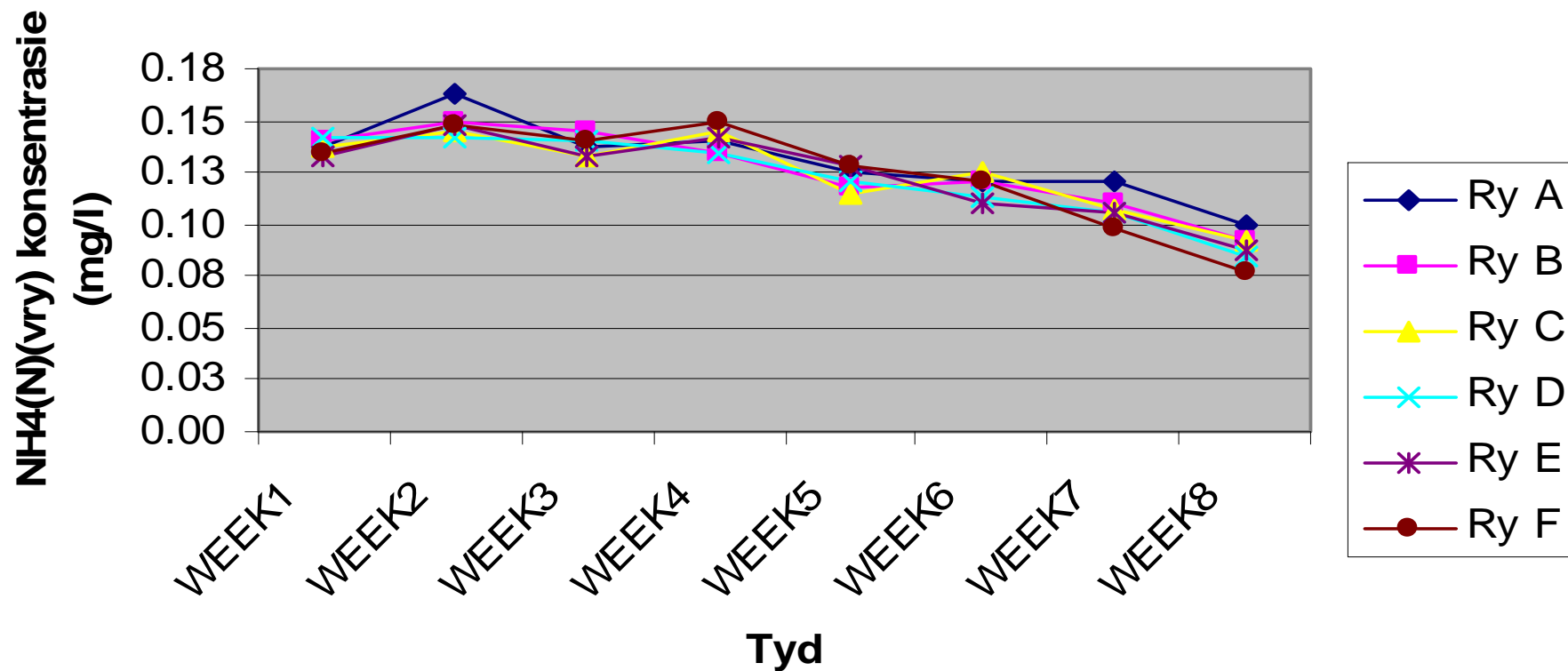
1. Die indikator moet eweredig versprei wees in die voer en in die feses sodat ‘n verteenwoordigende monster geneem kan word.
2. Die indikator moet nie deur of op die slymvlies opgeneem word nie.
3. Die indikator moet teen dieselfde spoed as die voer deur die spysverteringskanaal beweeg.

Daar word egter selde aan al die vereistes voldoen. Bowen (1978 soos aangehaal deur Hepher, 1988) het bevind dat chroomoksied nie altyd in visse teen dieselfde spoed as die voer deur die spysverteringskanaal beweeg nie. In ‘n eksperiment met karp het Hepher (1988) gevind dat feses wat op verskillende tye gedurende die dag versamel is variërende konsentrasies chroomoksied en van die spesifieke voedingstof wat ondersoek is, bevat het. Hy het bevind dat aangesien van die chroomoksied in die spysverteringskanaal teruggehou word of dat die deurgang daarvan vertraag word, dat fesesmonsters minder chroomoksied bevat as wat hulle moet en dat dit aanleiding gee tot laer verteerbaarheidskoeffisiënte as wat werklik die geval is. Henken et al. (1985) het die verteerbaarheid van droë materiaal, proteïen en bruto energie vir *Clarias gariepinus* bepaal m.b.v. die eerste metode en met die chroomoksied-indikatormetode onder identiese toestande. Die indikatormetode het laer waardes gegee alhoewel die kans vir die oplossing van voedingstowwe dieselfde was.

In die huidige studie is baie probleme ondervind met die bepaling van verteerbaarheid. Die metode wat gevolg is, het baie tekortkominge gehad. Die voer en mis het eerstens te lank in die water gebly. In die literatuur is daar melding gemaak van hoeveel voedingstowwe verlore gaan wanneer voer en mis ‘n tyd lank in die water is (Stickney, 1979). Nog ‘n groot probleem wat ondervind is, was met die verdamping van die water. Soos die water verdamp het uit die emmers het daar ‘n neerslag gevorm teen die kante van die emmer wat saam met die water wat gefiltreer is in die filtreerpapier beland het. Dit het aanleiding gegee tot waardes wat soms groter was as die hoeveelheid voer wat in die eerste plek gegee is en met die mis is waardes verkry wat ook onrealisties was. Uit die literatuur is dit duidelik dat die bepaling van verteerbaarheid van voere by visse onderhewig is aan verskeie faktore wat op die ou end die verteerbaarheidsyfer kan beïnvloed (Stickney, 1979). Omdat water so ‘n moeilike omgewing is met so baie faktore wat ‘n rol kan speel, is die bepaling van die verteerbaarheid van ‘n voer vir vis ‘n baie kontroversiële onderwerp en sal navorsers nooit oor verteerbaarheidsyfers saamstem nie.

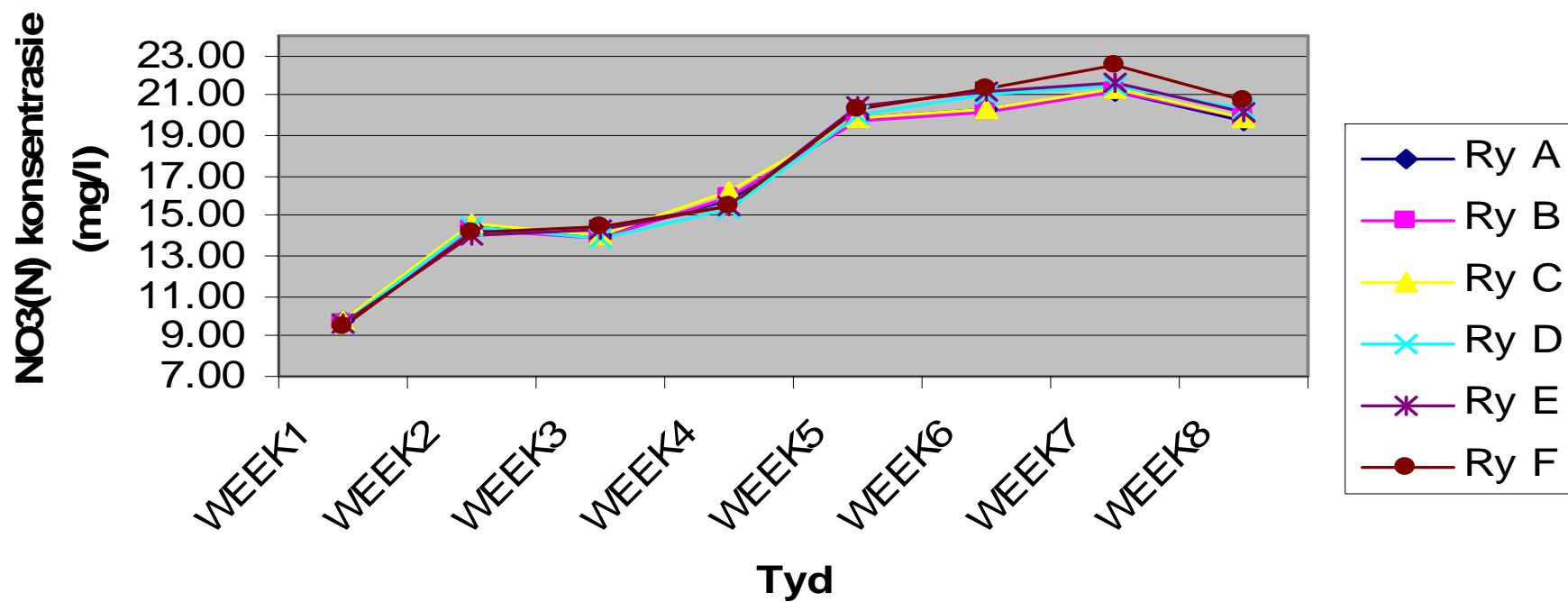
Daar is net so baie probleme ondervind met die bepaling van innames by die visse. Die grootste probleem was stres. Die baie hantering van die visse het daartoe aanleiding gegee dat die vissies nie die voer so gretig soos onder normale toestande gevreet het nie. Dieselfde probleem met die verdamping van die water wat ondervind is met die verteerbaarheidsbepaling is met die innamebepaling ook ondervind met die gevolg dat daar soms meer voer oorgebly het na ‘n voeding as wat oorspronklik gevoer is. Die bepaling van innames was dus nie moontlik nie.

Ammoniak konsentrasie van die water oor die proefperiode



Grafiek 3. NH₄(N)(vry) konsentrasie van die water oor die proefperiode.

Nitraat konsentrasie van die water oor die proefperiode



Grafiek 4. NO₃ konsentrasie van die water oor die proefperiode.

3.3 Resultate van waterontledings

Uit Grafiek 3 is dit duidelik dat die ammoniakkonsentrasie van die water afgeneem het soos die proefperiode verloop het en uit Grafiek 4 dat die nitraatkonsentrasie toegeneem het soos die proefperiode verloop het. Uit Grafiek 3 is dit duidelik dat die ammoniak- konsentrasie redelik konstant gebly het oor die eerste vier weke van die proef en daarna skerp begin daal het. Die moontlike rede mag wees dat die bakterieë in die biologiese filter teen die vierde week redelik gevestig het en dat die filter toe eers optimaal begin werk het. Dit mag ook die skerp styging in die nitraatkonsentrasie na die vierde week verklaar.

Kennis van die chemiese eienskappe van water is baie belangrik in akwakultuur. Byna elke probleem wat in 'n akwakultuursisteem ontstaan, is die gevolg van of lei tot 'n verlaging in waterkwaliteit (Stickney, 1979). Byvoorbeeld, 'n siekte-uitbraak word dikwels veroorsaak deur lae vlakke opgeloste suurstof. Teenstellend, 'n siekte wat lei tot die vrekte van 'n paar individuele diere kan bydra tot 'n verlaging van opgeloste suurstofvlakke aangesien die vraag na suurstof deur die ontbinding van die individue verhoog word (Stickney, 1979).

Stikstof is seker een van die belangrikste elemente in die handhawing van waterkwaliteit (Stickney, 1979). Stikstof word deur alle lewende organismes benodig, want dit is 'n belangrike komponent van proteïene en van ander biochemiese stowwe. Stikstof word hoofsaaklik in die vorm van nitraat (NO_3^-) deur plante uit die water opgeneem en diere bevredig hulle stikstofbehoefte deur plante en ander diere te eet (Stickney, 1979). Stikstofhoudende afvalstowwe soos ammoniak, ureum, uriensuur ens. word deur diere afgeskei en stikstofhoudende verbindings word vrygestel wanneer bakterieë plant en dieremateriaal afbreek (Stickney, 1979).

Stikstofhoudende afvalstowwe word eventueel in ammoniak omgesit wat weer genitrifiseer word na nitraat deur 'n nitriet (NO_2^-) tussenganger:

$\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{NO}_3^-$. Die proses word verrig deur aërobiese bakterieë. Nitrosomonas is die bakterieë verantwoordelik vir die omskakeling van ammoniak na nitriet en Nitrobacter vir die omskakeling van nitriet na nitraat. Sekere bakterieë skakel dan nitraat om na atmosferiese stikstof (N_2) wat as 'n gas uit die sisteem ontsnap.

Die reaksies, wat voorkom in die natuur en in biologiese filters, is verantwoordelik vir die handhawing van ammoniakvlakke binne aanvaarbare grense (Stickney, 1979).

In 'n akwakultuursisteem soos bv. 'n dam is die akkumulering van nitrate selde 'n probleem aangesien nitrate normaalweg verwyder word soos hulle gevorm word, maar in geslote hersirkuleringsisteme, waar geen fotosinterende organismes teenwoordig is nie, kan nitrate redelik gekonsentreerd raak. Die vlak waarteen nitrate giftig raak vir akwatiese organismes is redelik onbekend, en volgens Spotte (1970, soos aangehaal deur Stickney, 1979) is nitrate onder meeste omstandighede nie direk giftig nie, maar die hoë stikstofkonsentrasie kan daartoe bydrae dat ander aspekte van waterkwaliteit tot so mate verswak dat dit die diere in die sisteem laat stres. Spotte (1970, soos aangehaal deur Stickney, 1979) beweer ook dat in kultuursisteme wat behoorlik bestuur word nitraatvlakke van bo 20 mg/l selde voorkom.

Na ammoniak, is die mees ongewenste vorm van stikstof in akwakultuur nitriete. Nitriete kom selde voor in natuurlike watersisteme omdat daar voldoende vlakke Nitrobacter bakterieë voorkom om gevormde nitriete na nitrate te oksideer. Nitrate kom egter soms teen hoë konsentrasies in geslote hersirkuleringsisteme voor wat vir die eerste keer met water gevul word. Alhoewel nitriet 'n tussenganger is, kan dit ook teen hoë konsentrasies teenwoordig wees in geslote hersirkuleringsisteme waar die bakterieë nog nie in die biologiese filter gevestig is nie. Nitrosomonas vestig dikwels vinniger as Nitrobacter bakterieë met die gevolg dat watertoetse geen opbou van ammoniak of nitrate aandui nie. Baie mense toets nie vir nitrietkonsentrasies nie en aanvaar dat as ammoniak- en nitraatvlakke nie verhoog het nie dat nitrietvlakke onder beheer is. Nitrobacter sal mettertyd in die biologiese filter vestig en die nodige digtheid bereik om nitriete uit die sisteem te verwyder. Dit kan egter 'n paar dae of selfs weke neem vir die Nitrobacter om die korrekte konsentrasie te bereik en intussen kan die uiters giftige nitriet veroorsaak dat kultuurdiere vrek (Stickney, 1979).

Stickney (1979) berig dat die groei van Nitrobacter bakterieë onderdruk word deur die teenwoordigheid van ammoniak en dat nitrietkonsentrasies in biologiese filters sal verhoog totdat die ammoniakkonsentrasie nie drasties verlaag het nie. As biologiese filters eers effektief funksioneer is nitriete nie meer 'n probleem nie.

'n Verwagte geval van nitrietvergiftiging by visse kan vinnig bevestig word deur 'n vis te slag en die bloed te ondersoek. Hemoglobien reageer met nitriet om methhemoglobien te vorm en veroorsaak dat die bloed in 'n sjokoladebruin kleur verander. Die toestand staan bekend as "Brown blood disease". Katvisse wat blootgestel is aan sulke dodelike konsentrasies vrek met oop monde en toe kiewe. Die vergiftigde visse lê stil op die bodem en begin dan verskriklik rondswem vir ongeveer 'n minuut voordat hulle vrek (Konikoff, 1975 soos aangehaal deur Stickney, 1979).

Vis skei meeste van hul stikstofagtige afvalstowwe deur hul kiewe, in die vorm van ammonium (NH_4^+) uit (Hochachka, 1969 soos aangehaal deur Stickney, 1979). Ammoniumione beslaan tussen 60 en 90% van die totale stikstof wat uitgeskei word (Smith, 1929; Wood, 1958; Fromm, 1963 soos aangehaal deur Stickney, 1979). Langtermyn blootstelling aan verhoogde ammoniakvlakke gee aanleiding tot vertraagde groei, stamina en selfs dood (Burrows, 1964 soos aangehaal deur Stickney, 1979).

Ammoniak kom in beide die geioniseerde (NH_4^+) en ongeioniseerde (NH_3) vorm in water voor. Ammoniak in die ongeioniseerde vorm is giftig vir akwatiese organismes (Chipman, 1934 soos aangehaal deur Stickney, 1979) terwyl die geioniseerde vorm redelik onskadelik is (Tabata, 1962 soos aangehaal deur Stickney, 1979). Die vorm waarin ammoniak voorkom is gekoppel aan die pH en temperatuur van die water en word ook deur die ioonsterkte van die oplossing beïnvloed. Koolstofdiodsiedvlakke in die water kan ook die vorm waarin ammoniak voorkom beïnvloed. Mayo (1971 soos aangehaal deur Stickney, 1979) het aangedui hoe die persentasies geioniseerde en ongeioniseerde ammoniak verander in verhouding met pH by sekere omgewingstemperature. Emmerson et al. (1975 soos aangehaal deur Sickney, 1979) het die persentasie ongeioniseerde ammoniak bereken wat in water by temperature van 0 tot 30°C met 'n pH reeks van 0 tot 10 teenwoordig is. Byvoorbeeld, by 26°C en 'n pH van 7 is minder as 1% van die ammoniak in vars water in die ongeioniseerde

vorm teenwoordig. By dieselfde temperatuur en 'n pH van 8.5 kom meer as 15% van die ammoniak in 'n ongeioniseerde vorm voor (Tabel 11).

Tabel 11. Persentasie van totale ammoniak wat in die ongeioniseerde (NH₃) vorm by sekere temperature en pH waardes, in warmwater kultuursisteme, voorkom.

Temperatuur (°C)	pH				
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
16	0.1	0.3	0.9	2.9	8.5
18	0.1	0.3	1.1	3.3	9.8
20	0.1	0.4	1.2	3.8	11.2
22	0.1	0.5	1.4	4.4	12.7
24	0.2	0.5	1.7	5.0	14.4
26	0.2	0.6	1.9	5.8	16.2
28	0.2	0.7	2.2	6.6	18.2
30	0.3	0.8	2.5	7.5	20.3

Bron : Emerson et al. (1975 soos aangehaal deur Stickney, 1979)

Wanneer in intensiewe kultuursisteme gewerk word is dit nodig om ammoniakvlakke gereeld te meet. Baie navorsers kry 'n aanduiding van totale ammoniak, maar baie min onderskei tussen totale- en ongeioniseerde ammoniakkonsentrasies. In sisteme wat goed bestuur word, behoort die totale ammoniakkonsentrasie onder 1.0 mg/l (verkieklik minder as 0.5 mg/l) te wees, wat daartoe sal lei dat die ongeioniseerde ammoniakvlakke binne aanvaarbare grense sal bly.

Sommige dierespesies het 'n redelike hoë tolleransie vir ammoniak teenoor ander wat by lae konsentrasies doodgaan. Die dodelike konsentrasie vir "Channel catfish" is 2.766 mg/l as die ammoniak in die ongeioniseerde vorm voorkom (Robinette, 1976 soos aangehaal deur Stickney, 1979). Die groei van "Channel catfish" word by vlakke van so laag as 0.12 mg/l ongeioniseerde ammoniak vertraag (Robinette, 1976 soos aangehaal deur Stickney, 1979).

3.4 Parasietbesmetting van die vissies : Infeksies deur "Monogenetic Trematodes : *Dactylogyrids*"

Parasitiese nematodes, trematodes en sestodes kom algemeen voor by akwakultuurdier, maar is selde teenwoordig in konsentrasies voldoende om noemenswaardige probleme te veroorsaak (uitsonderings kom wel voor). Dit sal baie raar wees om enige populasie akwatiese organismes te kry wat geheel en al vry is van enige tipe siekte of parasitiese organismes. Dit is feitlik 'n gegewe dat wanneer enige vis of invertebraat onder die mikroskoop ondersoek word dat daar potensiële patogeniese organismes teenwoordig sal wees. Dit is egter belangrik om te besef dat daar nie noodwendig 'n siekte uitbraak sal wees as patogeniese organismes teenwoordig is nie, want meeste spesies het 'n natuurlike beskermingsmeganisme,

byvoorbeeld immuunsisteem, mits die populasie geen stres ervaar nie. Ernstige siektetoestande kom meestal voor na strestoestande (Stickney, 1979).

Die tyd wat verloop tussen die begin van die strestoestand en die siekte-uitbraak kan varieër van 24 uur tot 14 dae afhangende van die inkubasieperiode van die patoogen. Indien 'n siekte-uitbraak wel voorkom hang die erns daarvan van 'n paar faktore af. Een van die primêre faktore is die fisiese kondisie van die diere voor die uitbraak. Dit is bekend dat die fisiese kondisie van diere afneem as gevolg van die strestoestand waaraan dit blootgestel is. Parasitiese uitbrake word dikwels gevolg deur bakteriese infeksies en dit is redelik algemeen om 'n wye verskeidenheid siekte en parasitiese probleme gelyktydig te ondervind (Stickney, 1979).

Die gebruik van chemiese stowwe om sulke uitbrake te beheer is 'n addisionele bron van stres aangesien die vlakke wat nodig is om parasitiese organismes te dood dikwels gelykstaande is aan die vlakke wat mortaliteite by die gasheer veroorsaak. Die beheer van siektes en parasiete hang in 'n groot mate af van die stadium waarin dit ontdek word. Dit is dus belangrik om dit vroeg op te spoor en so ook reg te diagnoseer (Stickney, 1979).

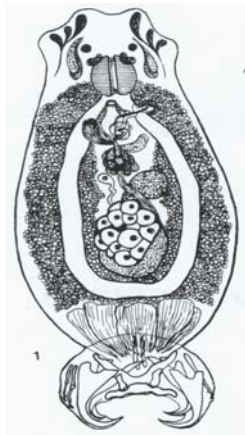
Die rede hoekom die deel ingebring is oor die parasiete is om te wys waarmee gesukkel is tydens die proefperiode en te bevestig wat se groot impak die tipe parasiete op hul gasheer kan hê en te bevestig wat in die literatuur geskryf is. Die vissies leef met die parasiete saam maar sodra strestoestande die fisiese kondisie van die vissies verswak het, was die parasiet dodelik.

3.4.1 Tekens van besmetting

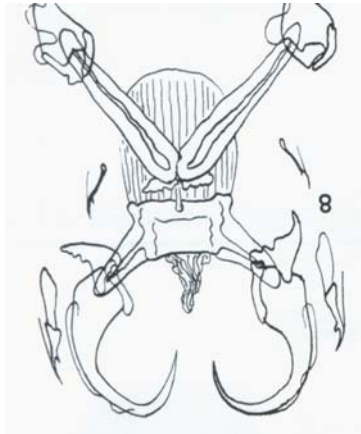
Die besmette kiewe kom soms bleek voor of dit is oortrek met kolletjies wit weefsel. Somtyds kan verlengde wurms op die kiewe waargeneem word. Tekenning 1a is 'n skets van hoe die monogenea lyk (CIFA/T7).

3.4.2 Diagnose

Die verlengde wurms is geanker aan die kiewe d.m.v. hakkies aan hul agterlywe. In Tekenning 1c is 'n prentjie van hoe die verlengde wurms op kiewe lyk. 'n Diagnose van "dactylogyrosis" infeksies kan slegs op die kiewe van 'n vis gedoen word wat so pas dood is of doodgemaak is. Die rede hiervoor is dat wanneer post mortem veranderinge intree die wurms op die kiewe verberg word met 'n dik laag slym(CIFA/T7).



Skets 1 a



Skets 1 b



Skets 1 c

1a : *Cichlidogyrus arthracanthus*, prentjie van 'n heel parasiet van *Tilapia zillii* (400µm)

1b : *Quadriacanthus (Q. clariadi's bagrae)* – gasheer : Clariidae & Bagridae

1c : Kieue van karp vingeling wat hewig besmet is deur *Dactylogyrus vastator*

Bron : CIFA Technical Paper No. 7 Parasites, Infections and Diseases of Fish in Africa

“Dactylogyrids” is klein monogenea en is tussen 0.3 en 1.5 mm in lengte. Die wurms heg hulself aan die kieue d.m.v. 'n kompleks van “sclerotinied hooks, anchors and small hooklets” wat gevind word op die vashegtingsorgaan op die agterlyf van die wurms. Die vashegtingsorgaan word die “opisthaptor” genoem. Die “anchors” word ondersteun deur “sclerotinied transverse bars”. Die strukture word gebruik in die taksonomie van “dactylogyrids”. Verwys na tekening 1b. Die strukture in tekening 1b is hoe die ankers lyk van die spesie monogenea wat op *Clarias gariepinus* voorkom (CIFA/T7).

Die voorste deel van die wurm dien as 'n addisionele vashegtingsorgaan, maar is ook die kopgedeelte. Op die kopgedeelte is waarnemingsorgane, kliere, 'n spieragtige farinks en ook een of twee paar oë afhangende van die spesie. “Dactylogyrid” monogenea is hoogs gasheer spesifiek en die gasheerreëks van elke spesie is beperk tot een of 'n paar spesies vis van dieselfde genus.

3.4.3 Biologie en lewensiklus

Volwasse wurms op die kieue lê “unembryonated” eiers. Die aantal eiers wat daaglik geproduseer word hang af van die spesie van die wurm en wissel tussen 5 en 60 per dag. Eierproduksie hang af van die wurm se ouderdom en word bespoedig deur uiterste omgewingstoestande. In baie van die monogenea spesies is die eierdop toegerus met 'n polêre filament. Die filament heg die eier aan die kieue vas of as dit afspoel help dit om vas te heg aan 'n substraat. In meeste van die “dactylogyrids” is die filament rudimentêr en word die eiertjies afgewas vanaf die kieue en sink hulle na die bodem van die waterliggaam (CIFA/T7).

Inkubasietyd van die eiers is direk afhanklik van temperatuur, maar varieer nie baie van spesie tot spesie nie. Met 'n temperatuur van 20 – 28°C broei die eiertjies binne 2 tot 6 dae uit. Die larwes wat uitbroei het 'n klossie “cilia” en twee paar groot gepigmenteerde oë wat op die “prohaptor” voorkom. Die baie prominente “opisthaptor” is toegerus met marginale hoeke en ankers. Die larwes swem aktief rond en heg aan die vel of kiewe van vatbare visspesies. Die lewensduur van vryswemmende larwes is tussen 12 en 48 uur met 'n watertemperatuur van 20 – 28°C (CIFA/T7).

3.4.4 Episoötiologie

Die vlak van infeksie deur “dactylogyrids” in verskillende visspesies word bepaal deur die onderlinge verhouding tussen die parasiet en sy spesifieke gasheer, terwyl omgewings parameters blykbaar van mindere belang is (CIFA/T7).

3.4.5 Behandeling

“Dactylogyrids” word baie suksesvol behandel met organofosfate veral Bromex -0.12 dpm (aktiewe bestanddeel) en Dipterex - 0.25 tot 0.5 dpm (aktiewe bestanddeel). Wanneer klein vissies soos larwes, litlinge en vingerlinge hewig besmet is met die monogenea is die konsentrasie van die stowwe wat nodig is om die monogenea suksesvol te dood dikwels toksies vir die vissies en sal almal vrek. Dit kan dus 'n hewige impak hê op 'n broeiery of 'n produksiestelsel (CIFA/T7).

SAMEVATTING

Intensiewe visproduksie benodig voere met 'n hoë proteïeninhoud (Hecht, Uys & Britz, 1988). Voer is gewoonlik die grootste veranderlike koste-ïtem in kommersiële produksie en daarom word die winsgewendheid van 'n intensiewe-produksie eenheid grootliks bepaal deur die beskikbaarheid en koste van voerproteïen. Vismeel is tradisioneel die grootste komponent van alle visvoere (Hecht, Uys & Britz, 1988). Die hoë koste van vismeel het gelei tot die soektog na alternatiewe proteïenbronne, veral die wat nie geskik is vir menslike inname nie.

In die studie is ondersoek ingestel na die effek van die vervanging van vismeel met alternatiewe proteïenbronne in diëte van (*Clarias gariepinus*) baberlitlinge. Die volgende plantproteïenbronne is in die studie gebruik nl. sojaboonoliekoekmeel, spirulina, grondboonoliekoekmeel en katoensaadoliekoekmeel. Dit is opgeweeg teen 'n forelproduksierantsoen en 'n visdieet met vismeel as proteïenbron.

Die sisteem wat opgestel is, was 'n geslote hersirkuleringsseenheid wat uit dertig bakke bestaan. Die sisteem het 'n totale volume van +/- 800 liter water en die vloeiempo van die water in die sisteem was +/- 5 liter per minuut. Die temperatuur van die water is gehandhaaf op 28 +/- 0.5°C. Driehonderd 10-week-oue babertjies is ewekansig verdeel tussen dertig bakke. Vyf bakke is toegedeel aan elke dieet m.a.w. ses rye met vyf bakke elk.

Die totale biomassa is weekliks in elke bak geweeg en die voer is dienooreenkomstig aangepas. Die vissies is teen 2% van die totale biomassa gevoer vir die eerste vier weke en teen 3% vir die oorblywende vier weke. Die eksperiment is gestaak na 'n agt weke voerperiode.

Wat groei betref is gevind dat die vissies wat die vismeeldieet ontvang het die hoogste gemiddelde massatoename van die ses diëte gehad het alhoewel hul oorlewing nie baie goed was nie. Die mortaliteite van die vissies wat die spirulina-dieet ontvang het was egter die laagste van al die diëte. Dit was duidelik uit die studie dat vissies beter gegroei het op die vismeel dieet maar dat die wat die spirulina-dieet ontvang het weer meer bestand was teen strestoestande met gevolglik laer mortaliteite. Daar is dalk 'n moontlikheid om verskillende proteïenbronne te kombineer om optimale groei en weerstand teen strestoestande te bekom en sodoende die gebruik van vismeel as die enigste bron van proteïen in visdiëte te verminder. Verdere navorsing is egter nodig.

VERWYSINGS

Andrews, J.W. & Page, J.W., (1974). Growth factors in fish meal components of catfish diets. *J. Nutr.*, 104, 1091-6.

Atack, T.H., Jauncey, K. & Matty, A.J., (1979). The utilization of some single-celled proteins by fingerling mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture*, 18, 337 – 48.

Berardi, N.L., & Goldblatt, L.A., 1980. Gossypol. Pp. 183 – 237 in *Toxic constituents of Plant Foodstuffs*, 2d ed. New York : Academic Press.

CIFA Technical Paper No. 7 Parasites, Infections and Diseases of Fish in Africa.

Cysewski G.R., (1992). Feeds, foods and pigments from *Spirulina*. *Journal of Phycology* 28 (3), 12.

Dorsa, W.J., Robinette, H.R., Robinson, E.H. & Poe, W.E., (1982). Effects of dietary cottonseed meal and gossypol on growth of young channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111, 651-5.

Dupree, H.K., & Sneed, K.E., (1966). Response of channel catfish fingerlings to different levels of major nutrients in purified diets. *US Bureau of Sport Fish Wildl., Tech. Pap.*, 9, 21 pp.

Hecht, T. Uys, W. & Britz, P.J., 1988. Production of *Clarias gariepinus*. Foundation for Research Development, Pretoria, South Africa.

Hepher, B. 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press, Cambridge.

Hirano T. & Suyama M., (1995). Effect of dietary micro-algae on the quality of cultured ayu. *Journal of the Tokyo University of Fisheries* 72 (1), 21 – 41.

Ketola, H.G., 1975. Mineral supplementation of diets containing soybean meal as a source of protein for rainbow trout. *Prog. Fish – Cult.* 37: 73 – 75.

Ketola, H.G., 1985. Mineral nutrition : Effects of phosphorus in trout and salmon feeds on water pollution. Pp. 465 – 473 in *Nutrition and Feeding of Fish*, Cowey C.B., Mackie A.M., and Bell J.G., eds. New York Academic Press.

Lim C & Dominy W.G., 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. In: Akiyama DM (1989) *Proc. People's Republic of China Aquaculture and Feed Workshop*, pp. 143 – 163.

Lovell T., 1989. Nutrition and Feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 260.

Mustafa M.G. & Nakagawa H., (1995). A review: dietary benefits of algae as an additive in fish feed. *Bamidgeh – The Journal of Aquaculture* 47 (3-4), 155-162.

Nutrivet, (2004) Premix Nutrivet, Posbus 22734, Extonweg Bfn. 9313, Tel. 051 – 4321313.

Olvera-Novoa, M.A., Domínguez-Cen, L.J. & Olivera-Castillo, L., (1998). Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. *Aquaculture Research*, 1998, 29, 709 – 715.

Ratafia M., (1995). *Aquaculture today, a worldwide status report*. *World Aquaculture* 26: 18-24.

Reichle, G., (1980). Soybean meal as a substitute for herring meal in practical diets for rainbow trout. *Prog. Fish. Cult.*, 42, 103-6.

Richardson, N.L., Higgs, D.A., Beams, R.M. & McBride., 1985. Influence of cataract incidence, growth and histopathology in juvenile chinook salmon. *J. Nutr.* 115: 553 – 567.

Richmond A., (1988). *Spirulina*. In *Micro – algal Biotechnology* (ed. by M.A. Borowitzka & L.J. Borowitzka). Pp 85 – 121 Cambridge University Press.

Robinson E.H., Miller J.K., Vergara U.M., & Ducharme G.A., 1985. Evaluation of dry extrusion- cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fishmeal in catfish diets. *Prog. Fish- Cult.* 47:102 – 109.

Robinson E.H., (1991). Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish. *J. Appl. Aquacult.* 1(2): 1-14.

Roehm, J.M., Lee, D.J., Wales, J.H., Polityka, S.D., & Sinnhuber R.O., 1970. The effect of dietary sterculic acid on the hepatic lipids of rainbow trout. *Lipids* 5: 80 – 84.

SAS, 1999. *SAS User's Guide*. Version 6.12. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Shiau S.Y., Lin S.F., Yu S.L., Lin A.L., & Kwok C.C., 1990. Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fish meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) diets at low protein level. *Aquaculture* 86: 401 – 407.

Spinnelli, J., Houle C.R., & Welkell J.C., 1983. The effects of phytates on the growth of rainbow trout fed purified diets containing various quantities of calcium and magnesium. *Aquaculture* 30: 71 – 83.

Stickney, R.R., 1979. *Principals of warmwater Aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Tacon A.G.J., (1994) *Feed ingredients for carnivorous fish species. Alternatives to fish meal and other fishery resources*. *Fish Circular*, no. 881. FAO, Rome.

Tacon A.G.J. & Jackson A., (1985) *Utilization of conventional and non-conventional protein sources in practical feeds*. In: *Nutrition and Feeding in Fish* (ed. by C.B. Cowey, A.M. Mackie & J.G. Bell), 119 – 145. Academic Press, London.

Tookey, H.L., van Etten, C.H., & Daxenbichler, M.E., 1980. Glucosinolates. Pp. 103 – 142 in Toxic constituents of plant foodstuffs, 2d ed. New York : Academic Press.

Tunison, A.V., Brockway, D.R., Maxwell, J.M., Dorr, A.L. & McCay, C.M., (1942). The nutrition of trout. Fish. Res. Bull., 4, 1-51.

Van der Waal, B.C., (1984a) – Teelt van die baber. Visboer no. 34. pp 7 – 9.

Van der Waal, B.C., (1984b) – Teelt van die baber. Visboer no. 35. pp 10 – 14.

Wanatabe T., Liao W.L., Takeuchi T., Pyamamoto H., (1990). Effect of dietary Spirulina supplementation on growth performance and flesh lipids of cultured jack. Journal of the Tokyo University of Fisheries 27 (2), 231 – 239.

Webster C.D., Yancey DH & Tidwell J.H., 1992. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*). Aquaculture 103: 141 – 152.

Wilson R.P., Robinson, E.H., & Poe, W.E., 1981. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. J. Nutr. 111: 923 – 929.

Wilson R.P., 1991. Channel catfish *Ictalurus punctatus*. In Wilson RP Handbook of Nutrient Requirements of Finfish. CRC Press, pp. 35 – 53.

Windell, J.T., (1978). Estimating food consumption rates of fish populations. In T. Bagenal (Ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters, IBP Handbook no. 3 (3rd end), pp. 227-254. Oxford: Blackwell Sci. Publ.

