

Geosmin og MIB i regnbueørreder: Sammenligning af kemisk og sensorisk analyse, samt relation til koncentration af stofferne i vandet.

Delrapport WP 3 a i projekt Dambrugsteknologi

Mikael A. Petersen

Institut for Fødevidenskab, Københavns Universitet, Rolighedsvej 30, DK-1958 Frederiksberg, Denmark

Grethe Hyldig

DTU Fødevidensinstituttet, Afdeling for Fiskeindustriell Forskning, Danmarks Tekniske Universitet
Søltofts Plads, Bygning 221, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Bjarne W. Strobel

Institut for Grundvidenskab og Miljø, Københavns Universitet, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg, Denmark

Niels H. Henriksen

Dansk Akvakultur, Vejlsøvej 51, 8600 Silkeborg, Denmark

Niels O G Jørgensen,

Institut for Jordbrug og Økologi, Københavns Universitet, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg

December 2010.

Danmark og EU investerer i bæredygtigt fiskeri.

Projektet er støttet af Fødevarerministeriet og EU.

Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Den
Europæiske
Fiskerifond

Resume

Indhold af bismagsstofferne geosmin og MIB blev undersøgt i vand og fisk (regnbueørreder) i 8 recirkulerede anlæg i efteråret 2009.

Indholdet af geosmin i vand fra produktionsdammene var under 10 ng/l i 3 anlæg, mellem 10 og 20 ng/l i 3 anlæg, og mellem 27 og 36 ng/l i 2 anlæg. I anlæggenes leverdamme var der sammenlignet med produktionsdammene, mindre geosmin i 5 anlæg, mens der var mere geosmin i 3 anlæg.

Koncentrationen af MIB var typisk lavere end geosmin i både produktions- og leverdamme.

Den kemiske analyse af fiskene viste en stor variation i indholdet af geosmin og MIB, varierende fra 0,01 til 2,4 µg/kg for geosmin og fra 0,01 til 0,52 µg/kg for MIB. Koncentrationen af begge stoffer var højest i fisk fra produktionsdammene. Den sensoriske analyse viste, at der var en tydelig, statistisk sammenhæng mellem den kemiske og den sensoriske bedømmelse, dvs. at en fisk med et højt indhold af geosmin også blev fundet at have en tydelig smag af geosmin (karakteriseret som "mudder-smag").

En statistisk analyse af sensorik-resultaterne viste en stor variation i materialet. Men på trods af variationen viste alle analyserne dog, at fiskenes risiko for bismag af mudder afhænger af indholdet af geosmin i det vand, hvori fiskene befinder sig i dagene lige før slagtning. I vand med højt indhold af geosmin, er der således forøget risiko for højere grad af bismag i fiskekødet, og modsat, hvis fiskene befinder sig i vand med lavt geosminindhold, mindskes graden af bismag. Der ses samme tendenser for MIB og smagen af "mug", men de var ikke altid helt så tydelige. Korrelationen (sammenhængen) mellem geosminindhold i vandet og muddersmag i fisken var højere i leveringsdammene end i produktionsdammene. De fundne resultater indikerer, at hvis geosminkoncentrationen i vandet, hvori fiskene befinder sig i dagene før slagtning holdes under 10 ng/l, så vil fiskenes risiko for bismag af mudder og mug være relativ lav.

Der blev ikke fundet sammenhæng mellem indhold af geosmin/MIB i fiskene og fiskenes indhold af fedt. Dette var overraskende, da begge stoffer ophobes i fiskenes fedtvæv.

BAGGRUND

Etablering af recirkulerede anlæg har i flere tilfælde vist sig at øge koncentrationen af lugt- og smagsstofferne geosmin (mudder-agtig lugt og smag) og MIB (2-methylisoborneol, muggen lugt og smag) i både opdrætsvandet, og fisk der opdrættes heri. Stofferne dannes af blågrønalger (cyanobakterier) og filament-dannende bakterier inden for slægten *Streptomyces* (Zaitlin and Watson, 2006). Væksten af blågrønalger fremmes af uorganiske næringsstoffer (N og P), mens streptomyceter lever af organisk stof. I traditionelle anlæg med gennemstrømning er der tidligere fundet koncentrationer af geosmin på 5-10 ng/l (Klausen et al., 2005), mens der i danske recirkulerede anlæg er fundet koncentrationen af geosmin i produktionsbassinerne typisk mellem 20 og 30 ng/l (denne rapport). Ørreder optager og koncentrerer både geosmin og MIB mellem 200 - 400 × i deres fedtvæv (Howgate, 2004). Geosmin og MIB kan smages og lugtes i ganske lave koncentrationer, og sensoriske analyser (smagstest) viser, at man kan smage geosmin i fisk, når koncentrationen i fiskene er over ca. 1000 ng/kg fisk (Robertson et al., 2005).

Selv om problemer med geosmin og MIB i fisk fra recirkulerede anlæg udgør et globalt problem, er den konkrete viden om stoffernes optagelse og udskillelse i fisk dårligt kendt. Ligeledes mangler der viden om betydningen af fiskenes art, aktivitet, fodring og fedtindhold, samt miljøforhold som vandets temperatur, for optagelse og udskillelse af stofferne. Man må forvente, at indholdet af geosmin øges i fiskene, når koncentrationen øges i vandet, men variationer i fiskenes aktivitet, fodring mv. vil sandsynligvis også have en betydning for fiskenes indhold af geosmin og MIB.

Erfaringer har vist, at såfremt der i produktionsdammene er opstået et bismagsproblem så kan indholdet af geosmin og MIB i fiskene reduceres til et acceptabelt niveau ved ophold i geosmin- og MIB-frit vand i ca. 3 – 10 dage. Til denne "rensning" af fiskene har de fleste danske dambrug såkaldte "leverdamme" med ingen eller kun lav grad af recirkulering af vandet. Praktiske erfaringer fra de danske anlæg har vist, at leverdammene bør rengøres med regelmæssige intervaller, da opvækst af både blågrønalger og streptomyceter kan øge koncentrationen af geosmin og MIB i vandet.

Formål med projektet

Formålet med det aktuelle pilotprojekt var at opnå en bedre basisviden om relationer mellem indholdet af geosmin i vandet og i fiskene. Til arbejdet blev 8 anlæg med recirkulation udvalgt. I hvert anlæg blev 12 til 20 fisk udtaget fra produktionsdamme og leverdamme (hvis de fandtes) til analyse for indhold af geosmin og MIB, samt indhold af fedt og senere smagstest. Samtidigt blev der indsamlet vandprøver til måling af koncentrationen af de to stoffer.

MATERIALER OG METODER

Indsamling af fisk og vandprøver

Regnbueørreder og vandprøver blev indsamlet i september og oktober 2009 i 8 anlæg med recirkulation. De 7 af anlæggene var udendørsanlæg mens det sidste anlæg var et overdækket anlæg, dog med udendørs leverdam. Anlæggene anvender alle grundvand eller åvand og består typisk af 2-10 produktionsdamme, hver med et volumen på op til ca. 2.500 m³. Omfanget af recirkulation varierer fra 85 til 99 %. Vandtemperaturen under prøvetagningen var 8-15°C. I 7 af de 8 anlæg findes der udover produktionsdamme også leverdam, som forsynes direkte med åvand eller grundvand. Leverdammene er alle uden biofilter og fiskene opholder sig typisk 2-7 dage i leverdammene før levering til slagteri. Fra hvert anlæg blev der udtaget 12 fisk fra produktionsbassinerne og 12 fisk fra leverdammene (hvis de fandtes). Fiskene blev slagtet umiddelbart efter udtagning, blev afblødt og opbevaret i køletaske ved ca. 4°C indtil vejning, filetering og analyse af fedtindhold (med Fatmeter-teknik; www.distell.com, model FM 692 kalibreret til ørredkød) den efterfølgende dag. Fiskene blev vakuumpakket og blev opbevaret ved -70°C indtil analyse.

Vandprøver til analyse af geosmin blev indsamlet i rene 250 ml glasflasker, som blev fyldt helt op og opbevaret tæt tillukket på køl indtil videre behandling den efterfølgende dag i laboratoriet.

Analyse af geosmin og MIB i vand

Geosmin (trans-1,10,-dimethyl-trans-(9)-decalol) og MIB (2-methylisoborneol (exo-1,2,7,7-tetramethyl-[2.2.1]heptan-2-ol)) blev ekstraheret fra vandet med "solid phase micro-extraction" (SPME) teknik på en 2 cm 50/30 µm StableFlex fiber (part nummer 57348-U) i en manuel fiberholder (part nummer 57330-U), begge fra Supelco (Sigma-Aldrich).

Vandprøver á 40 ml blev overført til 100 ml serumflasker, som var tilsat 12 g NaCl (øger opløseligheden af geosmin og MIB), samt en magnet. Flaskerne blev lukket med silikone-PTFE membraner i metallåg. Flaskerne blev enkeltvis anbragt i vandbad med magnetomrøring ved en temperatur på 60°C. SPME-fiberen blev stukket gennem membranen og anbragt i headspace over vandet. Under omrøring og ved en konstant temperatur på 60°C blev geosmin og MIB ekstraheret fra vandet og opsamlet på fiberen i løbet af 15 min. Fiberen blev efterfølgende anbragt i en gaskromatograf tilkoblet et massepektrometer (GC-MS, TRACE GC med Polaris GCQ, Thermo-Finnigan, USA), hvor geosmin og MIB analyseret som beskrevet i Klausen et al. (2005). Linearitet og detektion for analysen blev testet ved standardserier for geosmin og MIB fra 10 til 100 ng/l. Den analytiske detektionsgrænse var ca. 0,2 ng/l og præcisionen for koncentrationer <30 ng/l var 6-9%.

Analyse af geosmin og MIB i fiskekød

Geosmin og MIB i fiskekød blev analyseret med en optimeret dynamisk headspaceopsamlingsmetode. Portioner af 20 gram fiskekød blev overført til en speciel flaske til afbobling af gasser ("gasvaskeflaske") og tilsat 25 ml vand og 100 µl intern standard opløsning (5 ppm 4-methyl-1-pentanol i vand). Indholdet i flasken blev derefter homogeniseret i 30 sekunder ved 13.500 rpm med Ultra Turrax homogenisator. Herefter blev 10 ml vand brugt til at vaske Ultra Turrax'en og straks herefter blev "gasvaskeflasken" lukket med en gastæt samling forbundet til en såkaldt Renax-TA fælde. Materialet i "gasvaskeflasken" blev herefter gennemboblet med 100 ml N₂/min i 60 min ved 50°C, og geosmin og MIB blev opsamlet på Tenax-TA-fælden. Fælderne blev derefter termisk desorberet (renset) for opsamlede stoffer (herunder geosmin og MIB) på en Perkin Elmer ATD400 (Automated Thermal Desorber) og overført til et GC-MS system bestående af en Agilent

7890A gas kromatograf koblet til en Agilent 5975C VL MSD med Triple-Axis Detector (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). Separationen foregik på en DB-Wax kapillarkolonne (30 m x 0,25 mm, 0,25 µm filmtykkelse) ved et bæregasflow (He) på 1,0 ml min⁻¹. Temperaturprogrammet var: 5 min ved 45°C, fra 45°C til 240°C ved 10°C min⁻¹, og endelig 10 min ved 240°C. MS'en kørte i electron ionisation mode ved 70 eV. Masse/ladningsforhold mellem 15 og 300 blev scannet samtidig med at data blev opsamlet i "selected ion monitoring mode", hvor masse 69 blev brugt til at kvantificere intern standard, masse 95 til MIB og masse 112 til geosmin.

For at kunne gennemføre en absolut kvantificering, blev kød fra 6 udvalgte fisk tilsat kendte mængder af geosmin og MIB (0, 1, 5 og 25 µg/kg) under homogeniseringen, og ud fra hældningen af de opnåede standardkurver kunne GC-MS arealer omregnes til koncentrationer. Metodens detektionsgrænse ligger omkring 0,1 µg/kg for de to stoffer.

For at bestemme metodens reproducerbarhed blev der af tre fisk udtaget fire prøver fra hver. Disse blev analyseret enkeltvis. Desværre havde de tre fisk meget lave indhold af MIB (0,1-0,2 µg/kg) så reproducerbarheden kunne ikke bestemmes pålideligt for MIB. Geosminindholdet var 1-2 µg/kg, og den gennemsnitlige variationskoefficient var 10 %.

Sensorisk profilering

Det sensoriske panel bestod af 8 sensorikdommere. De var alle udvalgte, testede og træned i deskriptiv analyse (ISO 11035) af ørred (Hyldig 2009a). Det sensoriske ordsæt blev udviklet i et forstudie bestående af 4 sessioner hvor den første session var kvalitative; her var formålet at udvikle en liste af sensoriske attributter for lugt og smag i ørred (Hyldig et al. 2008, Hyldig 2009b). De efterfølgende 3 sessioner var kvantitative; her blev sensorikdommerne trænet i at bedømme de sensoriske attributter på en lineær skala. Hver attribut blev bedømt på en ustruktureret 15 cm skala med anker punkter og med 0 = ingen og 15 = høj intensitet af den sensoriske attribut. Anker punkterne er placeret ved 1,5 cm og 13,5 cm fra 0 og de markers med "lidt" og "meget" (Hyldig et al. 2008). Ved 1,5 er egenskaben tydelig, men intensiteten er ikke så høj, og ved 3 er intensiteten kraftig. De sensoriske attributter var for lugt: Muggen(MIB), Muld, Mudder (Geosmin), Varm mælk, Kogt Kartoffel, Syrlig, Grøn og for smag følgende: Muld/champignon, Kogt kartoffel, Syrlig, Sødlig, Muggen (MIB), Mudder (geosmin), Bitter samt Astringerende.

Den sensoriske bedømmelse blev udført i separate bokse i dagslys og stue temperatur (ISO standard 8589). Sensorikdommerne brugte vand og knækbrød til at rengøre og neutralisere munden mellem prøverne. Data blev opsamlet via et computer system (FIZZ Network Version 2.0, Biosystems, France).

Hver prøve blev placeret i en porcelænsskål og dækket med et låg, hvor på de blev mærket med en tre cifret kode. Filerne blev delt i 6 stykker og hver filet blev serveret i replikater. Ørred-prøverne blev varmebehandlet i en konvektionsovn (RATIONAL Combi-Dämpfer CCM) til en center temperatur på 70°C. Umiddelbart efter varmebehandling blev prøverne serveret for sensorikdommerne. Prøverne blev serveret enkeltvis i randomiseret rækkefølge. Der blev brugt en reference-prøve under målbart indhold af MIB og geosmin.

RESULTATER

Koncentration af geosmin og MIB i vandet

Indholdet af geosmin i opdrætsvandet i produktionsdammene var ≤ 10 ng/l i 3 anlæg, mellem 10 og 20 ng/l i 3 anlæg mens der blev målt 27 og 36 ng/l i de resterende 2 anlæg. Indholdet af MIB var typisk lavere (≤ 6 ng/l i 7 anlæg), men i ét anlæg (anlæg 4) blev der målt en koncentration på 28,5 ng/l.

I leverdammene var der – i forhold til de tilsvarende produktionsdamme – mindre geosmin i 5 anlæg, mens der i de resterende 3 anlæg var en højere koncentration af geosmin. For MIB var der ikke store forskelle mellem produktions- og leverdamme, undtagen i anlæg 4, hvor der i leverdammen blev målt 10,6 ng/l mod 28,5 ng/l i produktionsdammen.

Anlæg	Type af anlæg ¹	Grad af recirkulation (% per dag)	Vandtemperatur (°C)	Geosmin (ng/l)		MIB (ng/l)	
				PD ²	LD ³	PD ²	LD ³
1	U	95	14.0	6.6	13.7	3.2	3.1
2	U	95	13.0	27.1	8.4	4.3	5.4
3	U	70	12.0	17.7	17.8	6.1	5.3
4	U	95	13.2	36.1	26.1	28.5	10.6
5	I	99	15.0	7.9	5.3	4.7	4.6
6	U	70	8.7	10.1	11.2	3.8	4.3
7	U	95	9.0	12.4	1.2	4.2	1.2
8	U	95	9.9	16.7	14.6 ⁴	4.2	6.4 ⁴

¹Udendørs (U) eller indendørs anlæg (I)

²Produktionsdam(PD)

³Leverdam (LD), alle udendørs

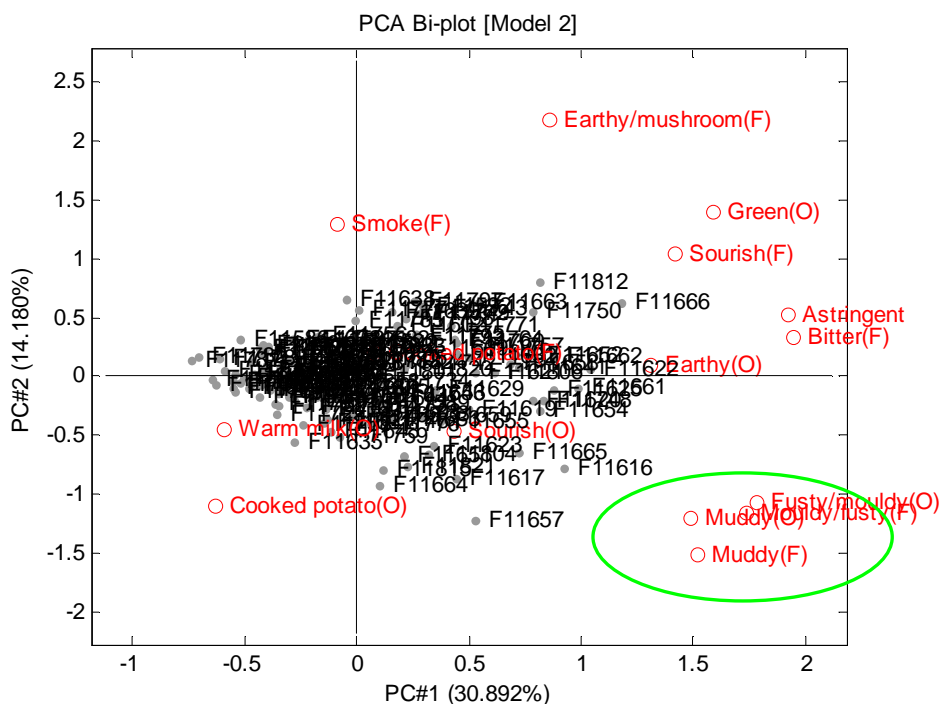
⁴Produktionsdam anvendt som leverdam

Koncentration af geosmin og MIB i fisk

I det følgende indgår målinger på i alt 149 fisk. Alle disse er sensorisk bedømt og koncentrationen af geosmin og MIB er bestemt i vandet i de damme, fiskene kommer fra. På 96 af fiskene er koncentrationen af geosmin og MIB også bestemt i kødet.

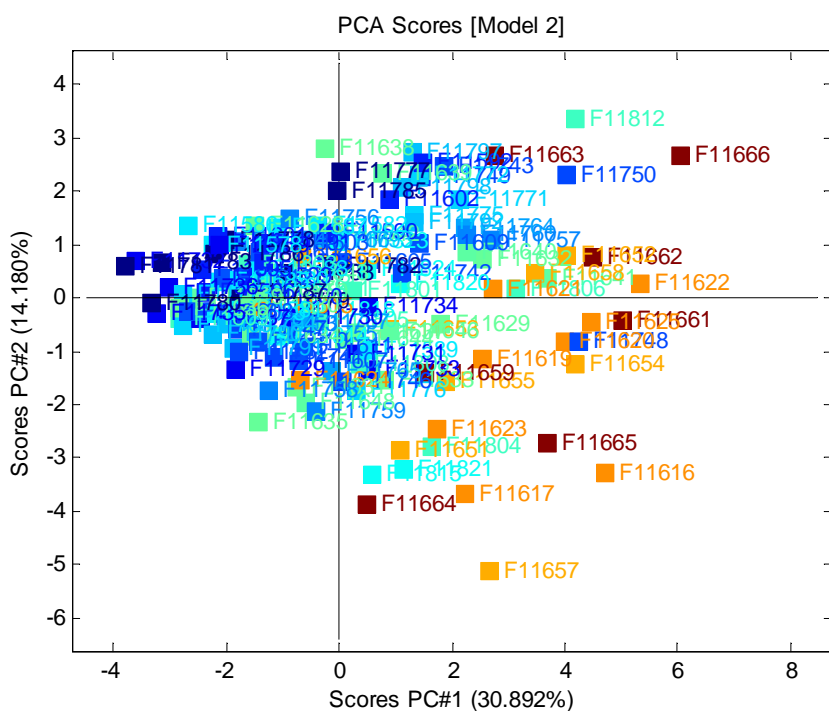
Oversigt over sensoriske analyser

Ved de sensoriske bedømmelser blev følgende parametre vurderet for lugt: Muggen(I), Muld(I), Mudder(I), Varm mælk(I), Kogt Kartoffel(I), Syrlig(I), Grøn(I) og for smag følgende: Muld/champignon(s), Kogt kartoffel(s), Syrlig(s), Sødlig(s), Muggen(s), Mudder(s), Bitter(s) samt Astringerende(s). (I) angiver lugt, og (s) angiver s. For at få et overblik over disse parametre og deres variation er der foretaget en såkaldt Principal Component Analyse (PCA). Resultaterne af denne kan præsenteres som et såkaldt biplot – se **Figur 1** næste side.

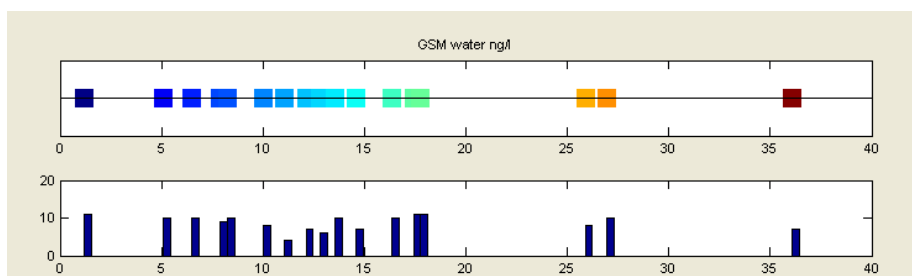


Figur 1: Bi-plot (overlay af score- og loadingsplot) fra PCA på sensoriske data. De sorte punkter (scores) repræsenterer de analyserede fisk, og de røde (loadings) repræsenterer de sensoriske variable.

Det ses af Figur 1, at de sensoriske variable "Muggen" og "Mudder" korrelerer ret tæt, idet de ligger lang væk fra centrum (0,0) og i samme retning (grøn ellipse). De fisk, som har mest afsmag, vil ligge i retning af disse variable i bi-plottet.



Figur 2: Score-plottet fra den samme PCA. Figuren er således helt identisk med Figur 1, bortset fra at de sensoriske parametre er udeladt. Desuden er de enkelte prøver farvet i forhold til indholdet af geosmin i det vand, fiskene kom fra.

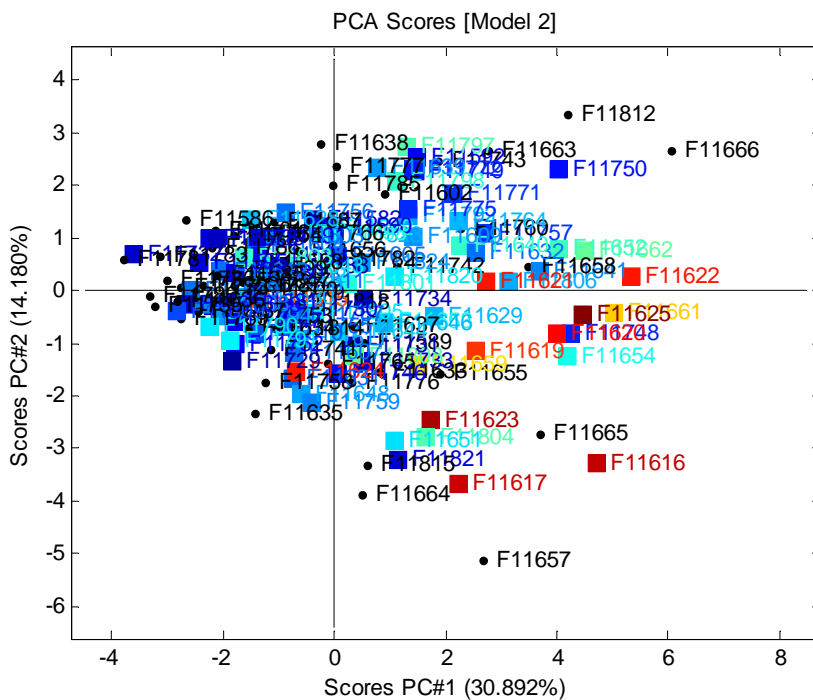


Figur 2: Score-plottet fra PCA på sensoriske data (samme som i figur 1). De enkelte punkter er farvet efter geosminindholdet i vandet ("GSM water") i det bassin, fiskene stammer fra.

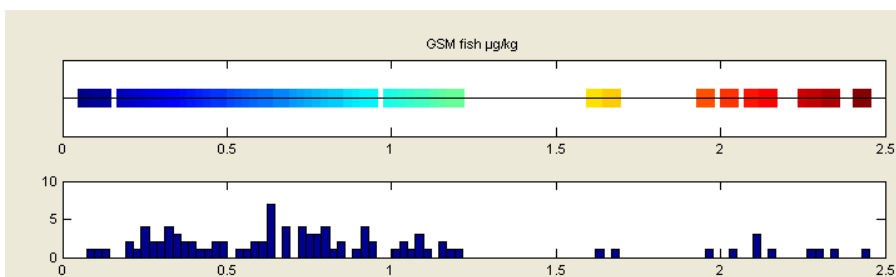
Her ses det tydeligt i Figur 2, at fiskene, der stammer fra vand med højt indhold af geosmin, har høj grad af bismag (placeret i samme del af plottet som de sensoriske variable "Muggen" og "Mudder"). Der er dog også enkelte fisk som ikke har bismag til trods for at de kommer fra vand med højt geosminindhold – ligesom der er enkelte fisk stammende fra vand med lavt geosminindhold, som alligevel udviser bismag.

I Figur 3 er det samme plot vist igen, men nu farvet efter geosminindholdet i fiskene. Det ses, at fiskene med bismag generelt har et højt indhold af geosmin i kødet.

De samme sammenhænge ses for MIB (ikke vist), dog ikke så tydeligt for MIB i vand.



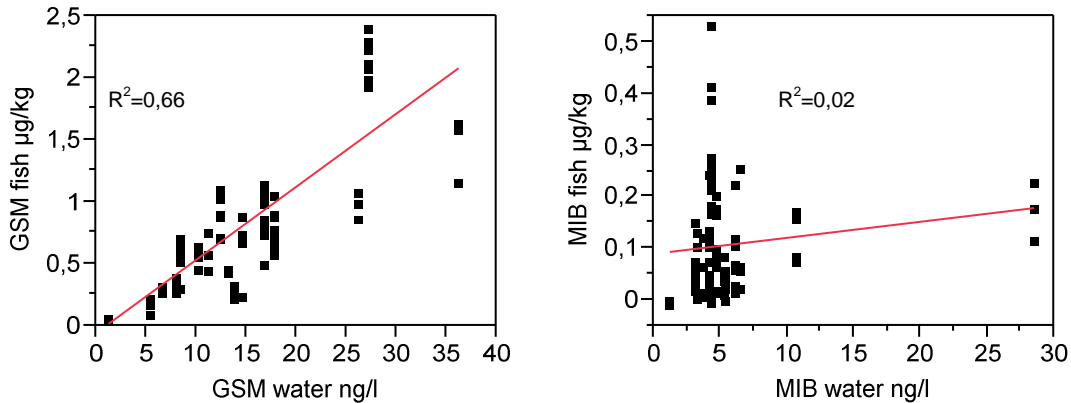
Figur 3:



Som figur 2, men nu farvet efter geosminindhold i fisk (sort: ikke bestemt geosmin i fisken).

Sammenhæng mellem geosmin- og MIB-koncentrationer i vand og i fisk

Sammenhængen mellem indholdet af geosmin og MIB i vand og i fisk er vist på **Figur 4**. Der er en ret høj korrelation mellem geosminindholdet i vand og i fisk. En tilsvarende sammenhæng ses ikke for MIB, sandsynligvis fordi variationen i MIB-indholdet i vandet er ret lille.

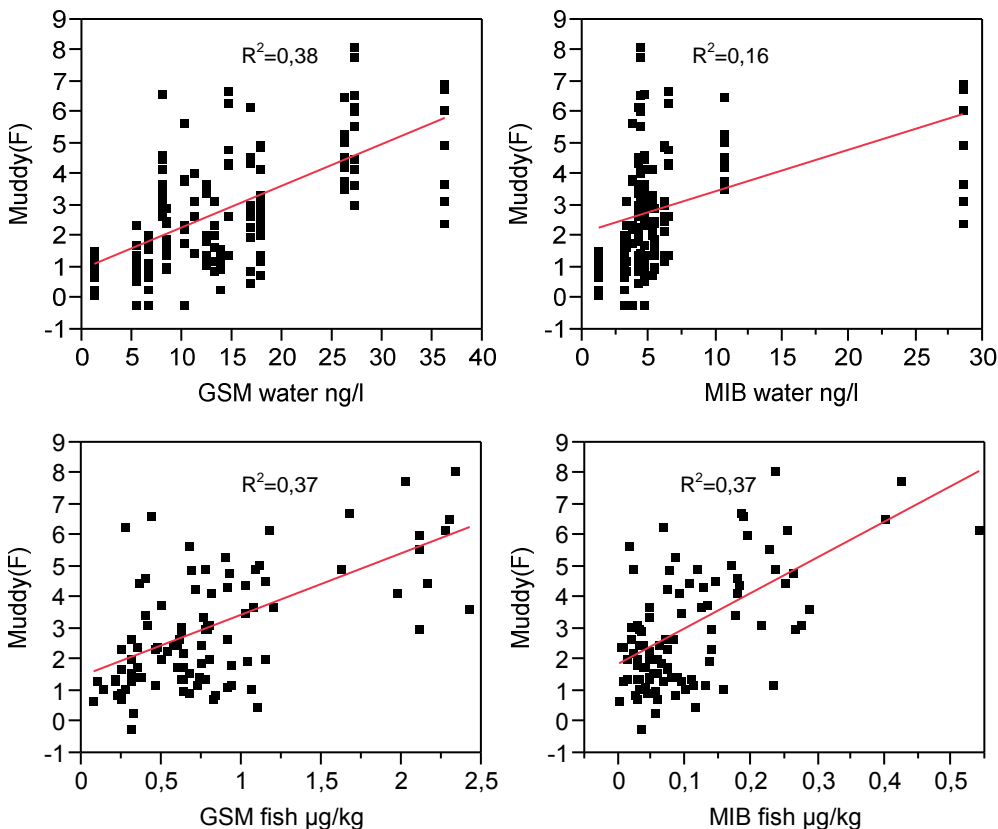


Figur 4: Sammenhæng mellem indhold af geosmin (GSM) og MIB i vand og fisk

Sammenhæng mellem geosmin- og MIB-koncentrationer og grad af bismag

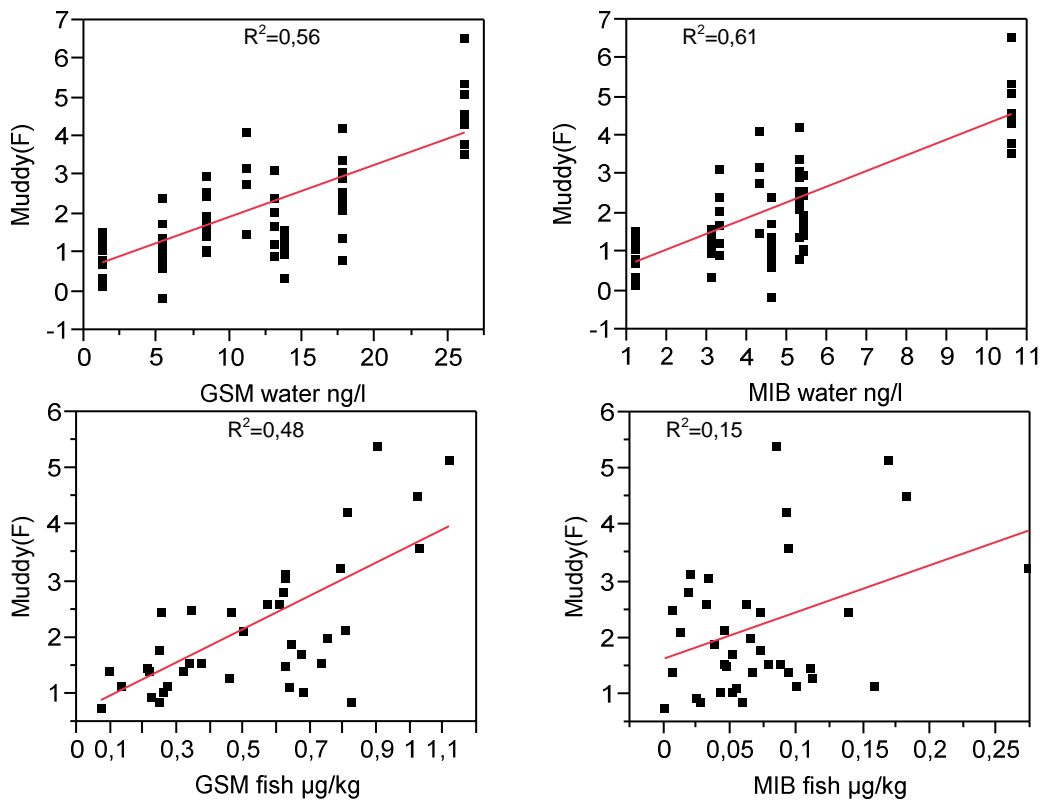
Da PCA-analysen viste, at der var høj korrelation mellem de sensoriske parametre "Muggen" og "Mudder" – bestemt for både lugt og smag, er der i det følgende kun vist resultater for smagen: "Mudder(s)"

Figur 5 viser sammenhængen mellem "Mudder(s)" og indhold af geosmin og MIB i vand og fisk. Det ses, at der er en positiv sammenhæng mellem afsmag og geosmin i vand og fisk samt MIB i fisk. De beregnede korrelationer er ikke meget høje, men de er stærkt signifikante.



Figur 5: Sammenhæng mellem Mudder og indhold af MIB og geosmin i vand og fisk

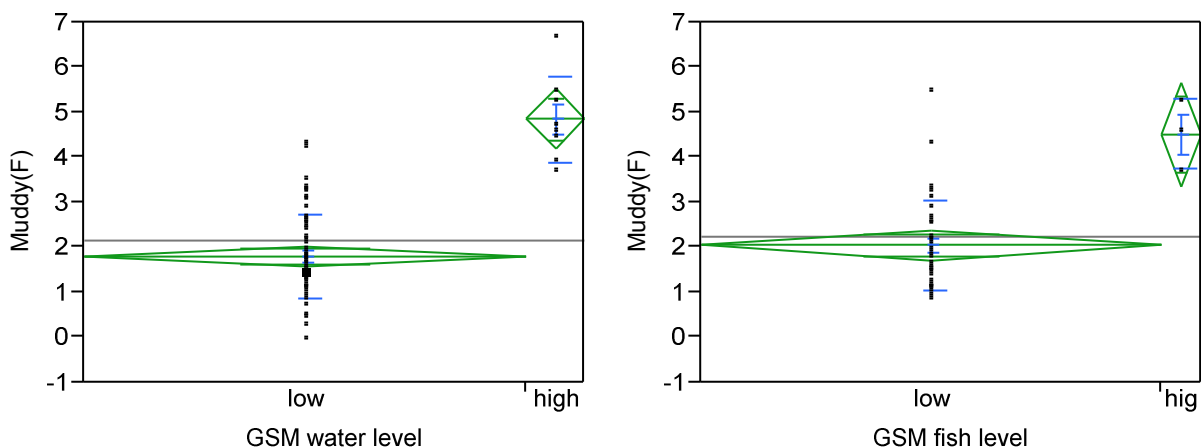
Data i Figur 5 er baseret på samtlige målte fisk. I praksis kan det imidlertid være mest interessant kun at se på fiskene fra leveringsdammene. I **Figur 6** er de samme sammenhænge derfor beskrevet, men kun for leveringsdammene. Det ses, at korrelationerne generelt er noget højere, så der er en ret sikker sammenhæng mellem afsmag og geosminkoncentration i både vand og fisk samt MIB i vand.



Figur 6: Sammenhæng mellem Mudder og indhold af MIB og geosmin i vand og fisk fra leveringsbassiner

Sammenligning af bismag i forskellige grupper af fisk

Det kan være vanskeligt at vurdere de praktiske konsekvenser af korrelationer i de her fundne størrelser. I det følgende er forskelle i afsmag mellem forskellige grupperinger af fisk derfor beskrevet. Der er f.eks. foretaget følgende kategoriseringer: Geosmin i vand over 20 ng/l: **"high"**, under 20 ng/l: **"low"**. Geosmin i fisk over 1 µg/kg: **"high"**, under 1 µg/kg : **"low"**. Ved en statistisk analyse (t-test) er det beregnet, om der er signifikant forskel på sensoriske variable i "high" og "low" grupperne. Igen fokuseres på fisk fra leveringsbassiner.



Geosmin i vand:	High	Low	p-værdi	Geosmin i fisk:	High	Low	p-værdi
Mudder(s)	4,9	1,8	<0,0001	Mudder(s)	4,5	2,0	0,0002

Figur 7: Fordeling og gennemsnit af intensitet af afsmag (udtrykt ved Mudder(s)) i fisk grupperet efter geosminindhold i vand og geosminindhold i fisken. I tabellen er det testet om forskellene er signifikante. Der er kun anvendt data fra leveringsbassiner.

I tabel 1 er det endelig vist, hvor stor en andel af fiskene, der har intensitet af Mudder(s) højere end 3 når man sammenligner 3 forskellige niveauer af geosmin i vandet i de bassiner, fiskene kommer fra. Det ses, at stort set alle fisk scorer relativt højt i bismag af mudder, når de stammer fra vand med mere end 20 ng geosmin/l, mens smagsintensiteten af mudder er væsentlig mindre hvis koncentrationen er under 10 ng/l.

Tabel 2: Effekt af geosminindhold i vand på andel af fisk med tydelig bismag (Muddy (F) > 3)				
Geosmin i vand	< 10 ng/l	10-20 ng/l	> 20 ng/l	Total
Antal fisk med Muddy (F) > 3	9 af 50	26 af 74	24 af 25	149
Alle bassiner	18%	35%	96%	
Antal fisk med Muddy (F) > 3	1 af 31	7 af 31	8 af 8	70
Leveringsbassiner	3%	23%	100%	

Tabel 3: Sensorisk intensitet af muddersmag i fisk fra produktionsdamme (PB) og leverdamme (LB).				
Intensitet af mudder smag	PB		LB	
	Antal fisk	%	Antal fisk	%
0-1,5	11	14	23	32
1,5-3	25	32	32	45
3<	43	54	16	23
Sum	79	100	71	100

Som det ses af tabel 3 så er der en meget større del af fiskene der har mudder smag med en intensitet over 3 i produktions dammene end i lever dammene. Der er kun 23 % af fiskene udtaget i leverdammene, der har bismag.

Opsummering

Der er en væsentlig variation i materialet. Dette er ikke overraskende, og vil stort set altid være tilfældet med biologisk materiale. På trods af denne variation viser alle analyserne ovenfor dog, at risikoen for bismag af mudder afhænger af indholdet af geosmin i det vand hvori fiskene befinder sig i dagene lige før slagtning, I vand med højt indhold af geosmin, vil der således være væsentligt forøget risiko for problemer med bismag i fiskekødet, og modsat, hvis fiskene lever i vand med lavt geosminindhold, begrænses problemet. Der ses samme tendenser for MIB, men de er ikke altid helt så tydelige. Korrelationen mellem geosmin i vand og muddersmag er højere i leveringsbassinerne end i produktionsbassinerne. De fundne resultater indikerer, at hvis geosminkoncentrationen i vandet hvori fiskene befinder sig i dagene før slagtning holdes under 10 ng/l, så vil fiskenes risiko for bismag af mudder og mug være relativ lav.

Perspektivering

Resultaterne af undersøgelsen kan fremadrettet anvendes af akvakulturbrugere til at sikre at der ikke slagtes fisk med bismag af mudder/mug. Således kan man nu gennem simple vandanalyser med rimelig sikkerhed forudsige om der risiko for at regnbueørreder har bismag eller ej og i hvilken grad. Der mangler dog forsat viden på området. Eksempelvis hvornår stofferne dannes i opdrætsenhederne og hvorvidt man gennem denne viden helt kan undgå stofferne. Herudover mangler der viden om hvor hurtigt regnbueørreder (og andre fiskearter) optager og udskiller stofferne.

Referencer

- Howgate,P., 2004. Tainting of farmed fish by geosmin and 2-methyl-iso-borneol: a review of sensory aspects and of uptake/depuration. *Aquaculture* 234, 155-181.
- Hyldig, G., Carlehög, M., Martinsdóttir, E., Sveinsdóttir, K. and Lilleberg, L. 2008. Guide for sensory analysis of fish and shellfish. NMKL Procedure No. 21.
- Hyldig, G. 2009a. Sensory aspects of heat treated seafood. In Nollet, L.M.L. and Toldra, F. (eds.). "Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis". CRC/Taylor & Francis.
- Hyldig, G. 2009b. Sensory descriptors. In Nollet, L.M.L. and Toldra, F. (eds.). "Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis". CRC/Taylor & Francis.
- ISO 8589. 2007. Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms. Reference number ISO 8589:2010.
- ISO 8586-1. 1993. Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Reference number ISO 8586-1:1993(E).
- ISO 11035. 1994. Sensory analysis – Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach. Reference number ISO 11035:1994(E).
- Klausen,C., Nicolaisen,M.H., Strobel,B.W., Warnecke,F., Nielsen,J.L., Jørgensen,N.O.G., 2005. Abundance of actinobacteria and production of geosmin and 2-methylisoborneol in Danish streams and fish ponds. *FEMS Microbiology Ecology* 52, 265-278.
- Robertson,R.F., Jauncey,K., Beveridge,M.C.M., Lawton,L.A., 2005. Depuration rates and the sensory threshold concentration of geosmin responsible for earthy-musty taint in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 245, 89-99.
- Zaitlin,B., Watson,S.B., 2006. Actinomycetes in relation to taste and odour in drinking water: Myths, tenets and truths. *Water Research* 40, 1741-1753.