



Uusia tuloksia makuvirheiden estämisestä

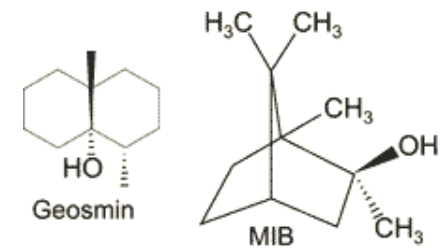
Kalanviljelyn kesäpäivät

Petra Lindholm-Lehto

2.9.2021

Makuvirheet

- Geosmiini (GSM), 2-metyyli-isoborneoli (MIB)
 - Liukoisuus veteen 194,5 mg/L MIB, 150,2 mg/L GSM
 - K_{ow} 3,13 MIB; 3,7 GSM
- GSM, MIB bakteerien metaboliatuotteita
mm. aktinobakteerit, syanobakteerit, proteobakteerit (*Myxobacteria*, *Sorangium*)
- Ihminen havaitsee helposti
 - Mutamainen, multamainen maku/haju
 - Kalassa havainnointiraja alle 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pitoisuudet (kirjolohi 0,55 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MIB; 0,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ GSM)
 - Vedessä pitoisuuksista 5-20 ng/L alkaen



- M Mahmoud, A Buettner 2016. Food Chem 210:623-630.
- M. Mahmoud, T Tybussek, M Magdy, H Loos, M Wagenstaller, A Buettner 2018. Aqua Front Chem 6:241
- RF Robertson, K Jauncey, MCM Beveridge, LA Lawton 2005. Aquaculture 245:89-99.

Makuvirheet

- Identifioitu runsaasti muita GSM ja MIB lisäksi
- Mm. puisevaa, pihkaista (β -caryofylleeni, α -humuleeni, β -ionooni), mätää (aldehydit, 2-nonenal), metallista tai dieselpolttoainetta (aromaattiset hiilivedyt), 4-etyylioktaanihappo (vuohimainen), p-kresoli (hevostallimainen), skatoli (ulostemainen) muistuttavaa hajua/makua
- Esim. 52 haihtuvaa yhdistettä kuhasta (*Sander lucioperca*): aldehydejä (12), alkoholeja (9), ketoneja (7), terpeenejä (4), rikkiyhdisteitä (2) ja bentseenejä 17.
- Näistä 28 pitoisuus laski 1-2 viikon raikastuksessa
- Rehuperäiset yhdisteet saattavat myös aiheuttaa makuvirhettä, ei pelkästään mikrobien metaboliatuotteet
- Raskasmetallit (Cu, Zn, Cd, Pb) vedessä saattavat välillisesti vaikuttaa makuvirheisiin: varastoinnissa kiihdyttävät rasvahappojen hapettumista

Esim.
4-bromofenoli - ulostemainen
nonaanihappo - ummehtunut
4-etyylioktaanihappo - vuohimainen
3-metyyli-indoli - ulostemainen
kumariini - ruohomainen
1-dodekanoli - pistävä
dodekaanihappo - multamainen
8-heptadekeeni - multamainen
voihappo – juustomainen, hiki

- M Mahmoud, A Buettner 2021. Sci rep 11:421.
- M Kalay, M Canli 2000. J Turk. J. Zool. 24:429–436.
- R Podduturi, MA Petersen, M Vestergaard, G Hyldig, NOG Jorgensen 2021. Aquaculture 530:735754.

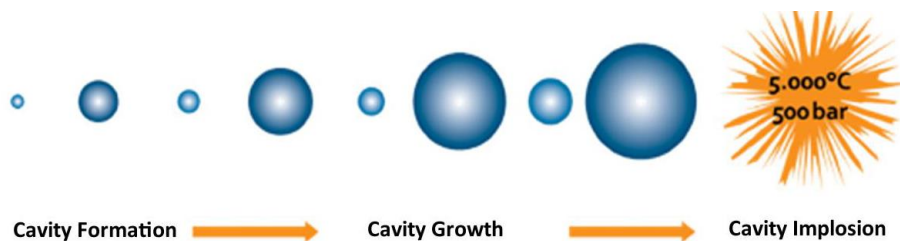
Makuvirheet

- Makuvirheiden pitoisuuksia RAS prosessin eri vaiheissa
 - 10-20 ng/L kasvatusaltaissa
 - Denitrifikaatiossa pitoisuudet 210 ng/L, 3.5-5X
 - Puhdistus 100-200 ng/L hetkellisesti
- ➔ Biosuodinten puhdistus usein, pienemmät pitoisuusvaihtelut puhdistuksessa

- R Podduturi, MA Petersen, M Vestergaard, NOG Jørgensen 2020. Aquaculture 514:734501.

Makuvirheiden torjunta

- Ultraääni kavitaatio
- Ultraääni=ääniaallot 16-1000 kHz, yli ihmisen kuuloalueen
 - Muodostuu kaasukuplia nesteeseen
 - Kaasukuplien räjähdys tuottaa kovan paineen ja lämpötilan nousun, joka muuntuu systeemissä turbulenssiksi ja virtausvoimiksi
 - Vapaiden radikaalien muodostus
 - Voi hajottaa orgaanisia yhdisteitä
- Koong et al. (2021) käytti 850 kHz ja 20 kHz ultraääntä GSM ja MIB –pitoisen kiertoveden käsittelyyn, 15 min.
 - Korkeampi 850 kHz käsittely oli tehokkaampi, GSM poistui paremmin kuin MIB
 - 5 µg/L: GSM poistoteho 59%, MIB poistoteho 52%



- Koong 2020 PhD Thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Makuvirheiden torjunta

- RAS/Aquaponics
 - Fisher et al. tutki isobassin (*M. salmoides*) sekä sitruunaheinän ja kevätsipulin kasvatusta
- Pelkkä RAS: havaittiin *Streptomyces* kannan bakteeria ja makuvirhettä kalassa (GSM, MIB)
 - Ei sitruunaheinän kanssa
- Tosin systeemistä löytyi useita kalapatogeenejä (mm. *Vibrio* sp., *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*) ja kasvipatogeenejä

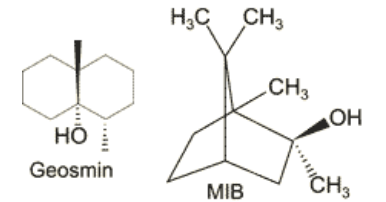
- H Fischer, N Romano, J Jones, J Howe, N Renukdas, AK Sinha 2021. Aquaculture 538:736554.

Makuvirheiden torjunta

- Ravinnekuorman vaikutus makuvirheiden muodostumiseen
- Ammoniumkloridi (NH_4Cl) kuvaamaan TAN
- Korkeimmat pitoisuudet GSM, MIB havaittiin, kun annosteltiin NH_4Cl 7,5 mg/L 28 vrk ajan.
 - 0,16; 3,0; 7,5 mg NH_4Cl /L (TAN 0,5-2,0 mg/L)
 - 7, 10, 14, 21, and 28 d
- Alle 1 mg TAN/L pitoisuus voi auttaa hillitsemaan GSM ja MIB pitoisuuksia vedessä.

- Schrader 2020. J Appl Aquacult 32: 380–385.

Makuvirheiden torjunta



- Otsoni
 - Reagoi ensin kiintoaineen kanssa, reaktiot makuvirheiden kanssa kilpailee muun orgaanisen materiaalin kanssa
 - Jäännösotsoni pois (UV, aktiivihiiili)
 - 30-40 mg O₃/L
 - 3–24 g O₃/ rehu-kg, Redox ORP <300mV
- PAA
 - Jatkuva annos 0,10-0,30 mg/L (ei vaikutusta); 2,2 mg/L 1-4 krt/vko laski GSM & MIB pitoisuuksia, ei pysyvää vaikutusta
 - Ei saa haitata mm. biofiltterin toimintaa
- AOPs (mm. O₃/UV, UV/H₂O₂) eri annoksilla ja yhdistelmillä
 - Hydroksyyli radikaali (OH•)
- Otsoni/proteiiniskimmeri
 - Kiintoaineen poistoon, O₃ lisäys pienikokoisen kiintoaineen ja mikrobien poistoon, NO₂ ja värin hapetukseen

- J Davidson, C Grimm, S Summerfelt, G Fischer, C Good 2020. Aquacult Eng 90:102104.
- J Davidson S Summerfelt, DL Straus, KK Schrader, C Good 2019. Aquacult Eng 84:117-127.
- P Lindholm-Lehto, S.Suurnäkki, J.T.Pulkkinen, SL Aalto, M Tirola, J Vielma 2019. Aquacult Eng 85:56-64.
- J Orellana, U Waller, B. Wecker 2014. Aquacult Eng 58:20-28.
- ST Summerfelt, MJ Sharrer, SM Tsukuda, M Gearheart 2009. Aquacult Eng 40:17-27.

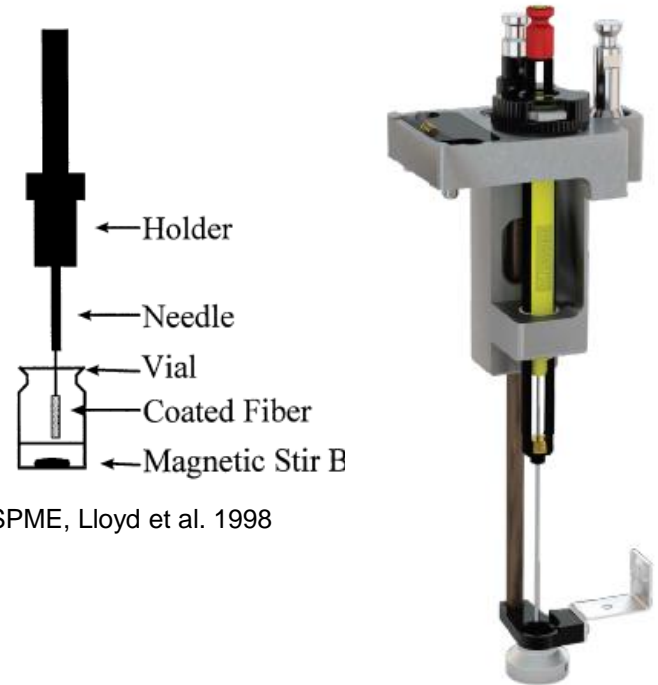
Makuvirheiden torjunta

- Viimeaikoina on julkaistu vähemmän täysin uusia menetelmiä makuvirheiden torjumiseksi
- Mutta: muodostuminen tunnetaan yhä paremmin.
 - Missä, mitkä mikrobit sen aiheuttavat
- Keskitytty edelleen pitkälti GSM, MIB
 - Myös monet muut yhdisteet voivat aiheuttaa makuvirheitä
- Muiden kuin GSM ja MIB pitoisuuksia tutkittu vain vähän
- Kiinalainen ryhmä (Lv et al. 2018) tutki karpin raikastusta ja havaitsi heksanaalin ja oktanaalin pitoisuuksien laskevan (20 vrk)
- Myös näiden muodostumista, käyttäytymistä ja sijaintia pitäisi ymmärtää

➡ Soveltuva analytiikka

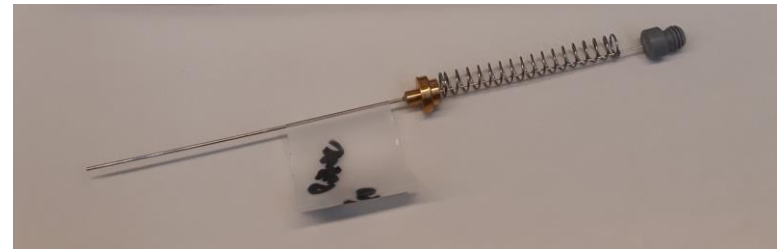
- H Lv, W. Hu, S. Xiong, J You, Q Fan 2018. Aquacult Res 49:3196-3206.
- S Liu, L. Tang, M Wua, HZ Fu, J Xu, W Chen, F Ma, 2017. Separat Purificat Tech 182:128-133.
- H Nam-Koong, JP Schroeder, G Petrick, C Schulz, 2016. Aquacult Eng 70:73-80.

Analytiikka Lukessa



SPME, Lloyd et al. 1998

DVB / PDMS / Carbon WR - Triple phase, 80 μm (50 μm / 30 μm)



Validointi

- Metodi soveltuu vesi- ja kalanäytteille
- Herkkyys parantunut vanhaan laitteistoon verrattuna: LOQ ~1 ng/L, kalanäytteillä 40-100 ng/kg



Yhteenveto

- Raikastus ja menetelmät sen tehostamiseksi
 - Mm. hapettimien annostelu hyvän vedenlaadun varmistamiseksi
 - Lyhyempi raikastusaika
 - Tuloveden hyvä laatu
- Makuvirheiden torjunnassa kannattaa huomioida myös muiden yhdisteiden vaikutus GSM ja MIB lisäksi
- Haaste: mitä yhdisteitä seurataan
 - Tunnistaa makuvirhe ja yhdistää se tiettyyn kemikaaliin
 - Analytiikka & kvantitointi



