



# Uusia tutkimustuloksia kiertovesikasvatuksessa syntyvien makuvirheiden välttämiseksi

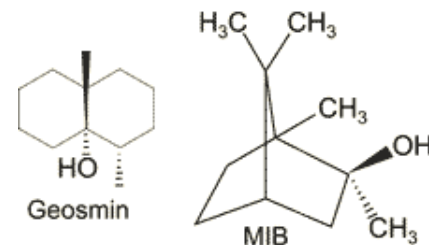
Vesiviljelyn innovaatio-ohjelma

Petra Lindholm-Lehto

9.11.2018

# Makuvirheet

- Geosmiini (GSM), 2-metyyli-isoborneoli (MIB)
- Syntyvät bakteerien metaboliatuotteena (mm. aktinobakteerit, syanobakteerit, proteobakteerit)
- Ihminen havaitsee helposti
  - Mutamainen, multamainen maku/haju
  - Kalassa alle 1 ng/g pitoisuudet voidaan havaita mm. kalalajista ja henkilöstä riippuen
  - Vedessä pitoisuuksista 2-20 ng/L alkaen
- Rehuperäiset yhdisteet saattavat myös aiheuttaa makuvirhettä, ei pelkästään mikrobien metaboliatuotteet
- Mm. 4-etyylioktaanihappo (vuohimainen), p-kresoli (hevostallimainen), skatoli (ulostemainen)
- Identifioitu myös runsaasti muita makuvirheyhdisteitä:



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

- Mahmoud, M., Buettner, A., 2016. Food Chemistry 210, 623–630.
- Mahmoud, M., Tybussek, T., Magdy, M., Loos, H., Wagenstaller, M., Buettner, A., Status update on malodor formation and accumulation sources in aquaculture, Aqua 2018.



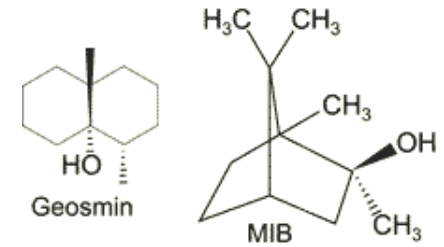
# Makuvirheiden torjunta

- Otsonointi
    - Vesiviljelyssä kiertoveden, tulevan tai lähtevän veden käsittelyyn
    - Hapettaa nitriitin nitraatiksi, hajottaa orgaanista ja kiintoainetta
    - Parantaa veden laatua, koagulaatiota, suodatusta, desinfiointi
    - Vaihtelevat annokset
      - RAS: 3-24 g/kg rehua
      - Pintavesistä 7 mg/L poistaa yli 95 % GSM, MIB
    - Mutta: toksista vesieliöille (> 0,01-0,1 mg/L), toksiset sivutuotteet (mm. bromaatti, aldehydit, bromamiinit)
  - Mikro-/ultrasuodatus ja adsorptio samassa prosessissa
    - Keraaminen membraani + aktiivihilli, orgaaninen polymeeri sidosaineena
    - Adsorptiokapasiteetti 44-50 µg/g hiiltä sitoo 10 µg/L GSM ja MIB
  - MIB:n poisto liettessä adsorption ja mikrobihajottamisen avulla
    - Määdätetty liete pilottilaitokselta (RAS)
    - 99 % MIB poisto
- 
- Powell, A., Scolding, J.W.S., 2016. Rev. Aquacult. 10, 424-438.
  - Azaria, S., Nir, S., van Rijn, J., 2017. Chemosphere 169, 69-77
  - Gerbeth, A., Gemende, B., Faßauer, B., Pflieger, C., Weyd, M., Saft, F., Schulze, E., von Bresinsky, A., Pistor, R. Elimination of off-flavor compounds and disinfectants in recirculating aquaculture systems (RAS) applying hybrid ceramic membrane modules – Results of laboratory scale tests, Aqua 2018.



# Makuvirheen torjunta

- Hapetukseen perustuvat menetelmät (AOP):
- Veden käsittelyssä UV/Cl<sub>2</sub>
- UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Vakuumi UV (VUV, <200 nm), tehokkaampi kuin perinteinen UV-käsittely
  - UV/VUV (254 nm + 185 nm)
- O<sub>3</sub>+UV tuloveden käsittelyyn
- Peretikkahappo (PAA, CH<sub>3</sub>CO<sub>3</sub>H)
  - Desinfointiaine, myös antimikrobisia ominaisuuksia
  - Tuloveden ja kiertoveden käsittelyyn
  - Annostus ~ 2.0 mg/L asti
- Yhdistelmät: O<sub>3</sub>+UV+PAA
  - Tuloveden käsittelyyn



- Kutschera, K., Börnick, H., Worch, E., 2009. Water res. 43, 2224-2232.
- Pedersen, L.-F., Pedersen, P. B., Nielsen, J. L., Nielsen, P. H., 2009. Aquaculture 296, 246-254.
- Pedersen, L.-F., Meinelt, T., Straus, D. L. 2013. Aquac. Eng. 53, 65-71.

# Makuvirheiden hallinta

- Koeasetelma: Vähentääkö PAA:n lisäys makuvirhettä aiheuttavien yhdisteiden muodostumista?
- PAA lisäys kiertovesisysteemiin
  - 0, 1, 2 tai 4 krt/vko
  - 2,2 mg PAA/L/vrk
  - Lisäys kasvatusaltaisiin ja pumppukaivoon
- 8 x 150 L allas, jokaisella oma puhdistusjärjestelmä
- Kirjolohi (*Oncorhynchus mykiss*)
  - $130 \pm 5$  g  $\rightarrow$   $411 \pm 43$  g
  - Ruokinta 1,5 %  $\rightarrow$  1,1% (rehu BioMar Orbit 4.5 mm)
- Kiintoaineen poisto: pyörreselkeytin, rumpusuodatin
- Nitriitin/nitraatin poisto: fixed-bed bioreaktori (150 L)
- Koe 13 vk, näytteenotto 8 vk ja 13 vk jälkeen

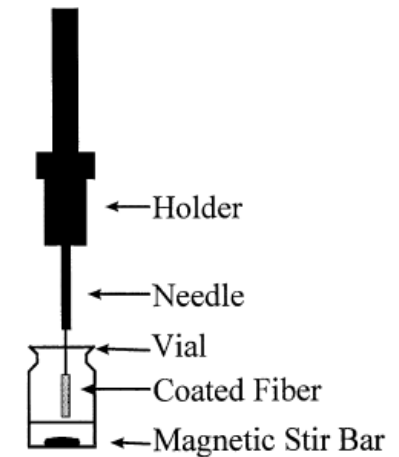
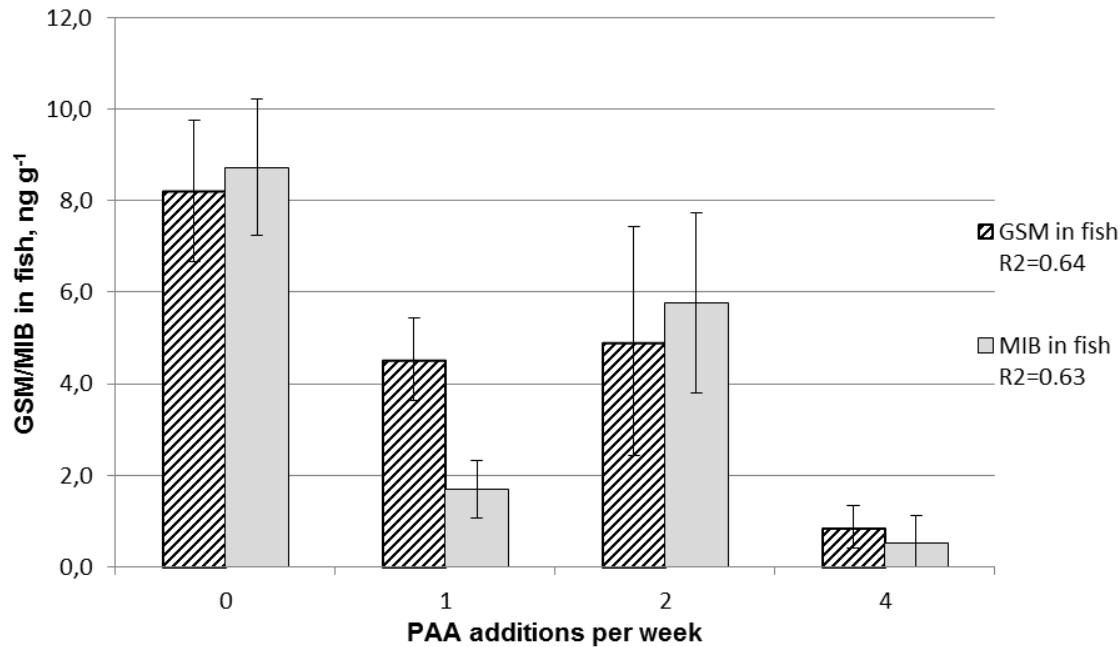
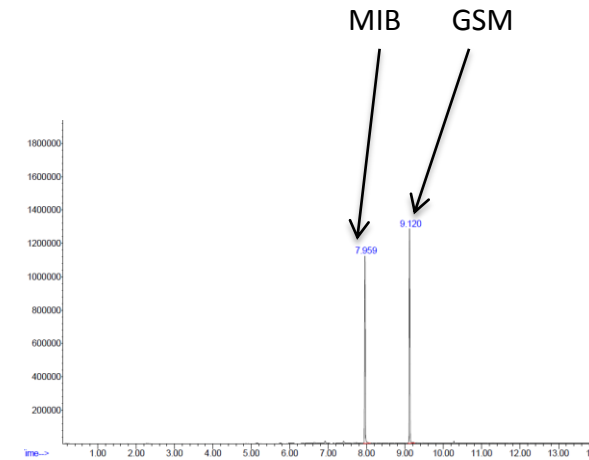


Laukaan koelaitoksen kiertovesijärjestelmä  
Kuva: Tapio Kiuru

- Pulkkinen et al. (2018) Pulkkinen, J.T., Kiuru, T., Aalto, S.L., Koskela, J., Vielma, J., 2018, Aquacult. Eng. 82, 38-45.
- Pedersen, L.-F., Pedersen, P.B., Nielsen, J.L., Nielsen, P.H., 2009, Aquaculture 296, 246-254.

# PAA käsittely

- PAA:n vaikutus
  - Kirjolohi filee (*Oncorhynchus mykiss*)
- Analyysit: HS-SPME + GC-MS (SIM)



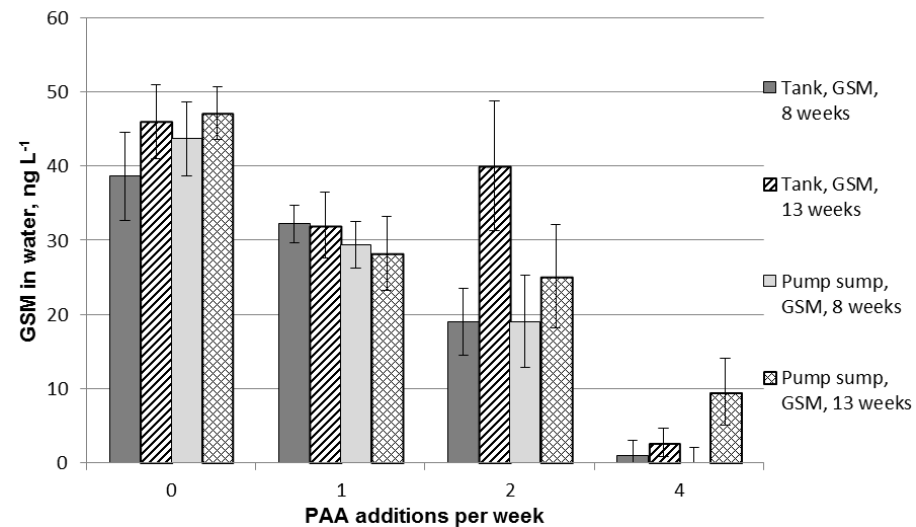
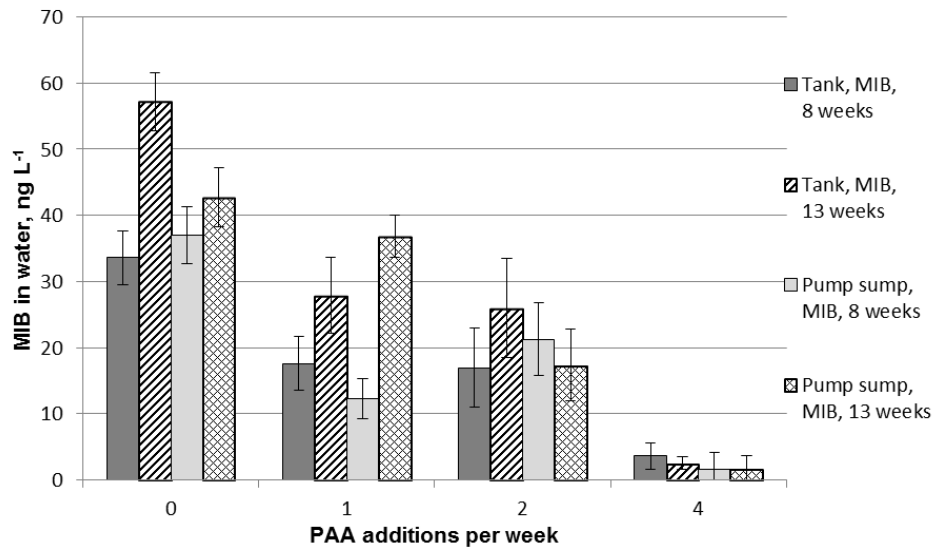
SPME, Lloyd et al. 1998

- Lindholm-Lehto, P.C., Suurnäkki, S., Pulkkinen, J., Aalto, S., Tirola, M., Vielma, J., 2018. Aquacult. Eng. (under review)



# PAA käsittely

- PAA:n annostelu altaisiin ja pumppukaivoon 1, 2 tai 4 krt/vko
- Pitoisuudet laskevat annoksen kasvaessa, mutta
- 13 vko jälkeen pitoisuudet suurempia kuin 8 vko jälkeen



- Lindholm-Lehto, P.C., Suurnäkki, S., Pulkkinen, J., Aalto, S., Tirola, M., Vielma, J., 2018. Aquacult. Eng. (under review)



# Päätelmät

- GSM:n ja MIB:n pitoisuudet laskevat PAA:n annostelun myötä
- Kokeen suurin annos (2,2 mg PAA/L/vrk, 4 krt/vko), silti kiertovedessä väh. 5-10 ng/L GSM, MIB
- Vaikutukset eivät täysin pysyviä jatkuvasta annostelusta huolimatta
- Annos yläräjällä, mitä voi turvallisesti annostella
  - Kalat erittivät tavallista enemmän paksua limaa
  - Kuolleisuus ei kasvanut





