



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för molekylära vetenskaper

Hållbara fiskodlingsystem för framtidens livsmedelsproduktion

Sustainable fish farming systems for the future of food production

Maria Gunnarsson

Självständigt arbete • 15 hp

Agronomprogrammet - livsmedel

Molecular Sciences, 2019:13

Uppsala, 2019

Hållbara fiskodlingssystem för framtidens livsmedelsproduktion

Sustainable fish farming systems for the future of food production

Maria Gunnarsson

Handledare: Anders Kiessling, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator: Jana Pickova, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för molekylära vetenskaper

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap
Kursansvarig inst.: Institutionen för molekylära vetenskaper
Kurskod: EX0876
Program/Utbildning Agronomprogrammet - livsmedel
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2019

Serietitel: Molecular Sciences
Delnummer i serien 2019:13

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Recirkulerande akvatiska system (RAS), fiskfoder, livsmedelsproduktion, hållbarhet.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Naturreсурser och Jordbruksvetenskap
Institutionen för Molekylära Vetenskaper

Sammanfattning

Befolkningsmängden i världen ökar och en av de största utmaningarna som kommer med det är att kunna producera mer mat men som bidrar med så lite klimatpåverkan som möjligt. Djurproduktionen är starkt ifrågasatt och utnyttjandet av marina resurser är utnyttjad till max. Fiskodlingar förekommer storskaligt i hela världen, dock finns tveksamheter med dessa produktionssystem i form av näringsläckage och sjukdomsförekomst. Därför kan landbaserad fiskodling vara en metod värd att utveckla i förman för framtidens livsmedelsproduktion. Kretsloppsbaserad fiskodling på land där både växter och fiskar odlas är en metod som skulle kunna lämpas som stadsnära odling och som går konsumenternas efterfrågan till mötes. Den gemensamma flaskhalsen för all fiskodling är emellertid fodret, där produktionen har stor utvecklingspotential, vilket är ett område som inom forskningen nu får stort fokus.

Nyckelord: Recirkulerande akvatiska system (RAS), fiskfoder, livsmedelsproduktion, hållbarhet.

Abstract

The population in the world is increasing and one of the biggest challenges in the future will be to produce more food that contributes with as little climate impact as possible. Animal production is strongly questioned, and the utilization of marine resources has been utilized to the max. Fish farms occur on a large scale in the whole world, but there are doubts about these production systems due to nutritional leakage and presence of diseases. Therefore, land-based recirculating fish farming can be a method that is worth developing in favor of future food production. Recirculating fish farming where both plants and fish are cultivated is a method that could be suitable as urban cultivation, and which meets the consumers requests. However, the common bottleneck for all fish farming is the feed, which production method has potential to develop. This is an area that is receiving great focus in research.

Keywords: Recirculating Aquaculture System (RAS), fish feed, food production, sustainability.

Innehållsförteckning

Förkortningar	4
1 Inledning	5
1.1 Problemformulering	6
1.2 Syfte	7
1.3 Frågeställningar	7
2 Metod	8
3 Litteraturstudie	9
3.1 Ökad livsmedelsproduktion	9
3.2 Övergödning och gifter i Östersjön	10
3.3 Produktionssystem	10
3.3.1 Kassodling	10
3.3.2 RAS – Recirkulerande akvatiskt system	11
3.3.3 Akvaponisk odling	11
3.3.4 Fiskfoder ur hållbarhetssynpunkt	13
3.4 Påverkan på livsmedel	14
3.4.1 Fodrets inverkan på fisken	14
3.4.2 Närodlat	15
3.4.3 Bismak	16
3.4.4 Biostimulanter	17
3.4.5 Smak- och tillväxtpåverkan på vegetabilier	17
3.4.6 Bekämpningsmetoder i en akvaponi	18
4 Diskussion och slutsats	20
Referenslista	22
Litteratur och publikationer	22
Personlig kontakt	25

Förkortningar

PCB	Polyklorerade bifenyler
RAS	Recirkulerande akvatiskt system
DHA	Dokosaheasyra
EPA	Eikosapentaensyra
GMO	Genetiskt modifierad organism
MIB	2-metylisoborneol

1 Inledning

Regeringen beslutade 2017 om en ny livsmedelsstrategi i syfte att öka Sveriges självförsörjandegrad på livsmedel. Detta ska ske genom att öka konkurrenskraften i svensk livsmedelsproduktion samtidigt som de nationella miljömålen uppnås (regeringen 2017). I detta ingår att utveckla kunskaper och produktionsmetoder inom redan befintliga näringar liksom nya växande. Konsumtionstrender i höginkomstländer som Sverige har visat sig vara framförallt förknippade med livsmedlens kvalitet, miljöpåverkan och intresset för närodlad har ökat (Andersson 2015). Inom detta kan landbaserat vattenbruk ha stor potential och överensstämmer med regeringens riktlinjer för att producera hållbara livsmedel på ett energieffektivt sätt.

Medvetenheten kring köttproduktionens stora och negativa klimatavtryck har fått till följd att efterfrågan på andra proteinrika livsmedel ökat, vegetabiliska liksom fisk. Idag är 80% (Världsnaturfonden 2016) av den fisk som konsumeras i Sverige importerad. För att kunna ändra på den siffran är inte en ökad fiskodling i Östersjön inte ett hållbart alternativ av flera anledningar, där övergödningproblemet är en av dem. Inte heller vildfångad fisk med de metoder som används som bör ske i ökad utsträckning, dels eftersom det visat sig påverka fåglar och däggdjur negativt då de kan fastna i redskapen men framförallt eftersom det bidrar till utfiskning av haven. När rovfiskar försvinner rubbas ekosystemet genom att det blir obalans i näringskedjan. Detta innebär konsekvenser för den biologiska mångfalden (Moksnes *et al.*).

Landbaserad fiskodling kombinerat med hydroponik, så kallad akvaponik, kan både resurs- och utrymmeseffektivt producera hållbara och närodlade livsmedel där all näring tas tillvara utan att bidra till någon övergödning. Ytterligare anledningar till att fiskodling kan komma att bli en viktig del i en hållbar djurproduktion är att fiskar dessutom har fördelen, i jämförelse med tex idisslare, att de har en hög tillväxteffektivitet. Det krävs upp till 200 gånger större areal för att producera ett kilo nötkött än samma mängd fisk, som dessutom inte släpper ut någon metangas. Paradoxalt nog går det även åt mer vatten vid produktion av rött kött än till fisk, trots att de är vattenlevande (Vattenbruksutredningen 2009).

Akvaponisk odling är att ta steget ännu längre ur ett hållbarhetsperspektiv. En akvaponi är ett samkört system där vatten recirkulerar mellan en fiskodling och en hydroponisk där växterna förses med den näring som finns löst i vattnet från fiskarnas exkrement, istället för att använda mineralbaserade gödslingsmedel (Oliviusson 2015). I ett sådant system maximerar man utnyttjandet av vatten, näringsämnen och energi på ett optimalt sätt. Trots att vi idag inte lider av någon akut vattenbrist i Sverige, förutom eventuellt sommartid på Öland och Gotland, så är vattenåtgången något som bör tas i beaktning ur ett globalt perspektiv. I en akvaponisk odling ges möjligheten att odla en mängd olika vegetabilier, beroende på växthus och inredning (Berglöf *et al.* 2018). Tomater har varit en populär gröda att börja med, men även kryddor, blommor och tropiska frukter har visat sig vara tillämpbart (Oliviusson 2015). Detta innebär att grönsaker och frukter som vi annars importerar, istället kan odlas i Sverige året runt. Att ta tillvara på spillvärme från industribyggnader har visat sig kunna vara ett sätt att hålla växthusen varma, så att energiåtgången och uppvärmningskostnaderna kan hållas nere (Waara & Hedin).

Det finns flera exempel där akvaponiska system har implementerats i städer, bland annat ett i Bryssel där ett odlingssystem stod klart våren 2018 och kunde börja producera och sälja fisk och grönsaker. I detta system utnyttjas spillvärme från industrilokaler och regnvatten samlas upp från taket och används i systemet (BIGH 2018)

1.1 Problemformulering

Fisk, frukt och grönsaker tillhör kategorier av livsmedel som vi i stor utsträckning importerar men som vi med innovativa metoder skulle kunna producera inrikes. Fiskodlingar i Östersjön kan bidra med lokal övergödning och odling av frukt och grönsaker som är beroende av mineralgödsel är inte ekologiskt hållbart eftersom de framställs genom energikrävande processer och dessutom utarmar jorden (Stenius *et al.* 2017).

I dagsläget har respektive produktionsmetod för fisk- och växthusodling sina respektive nackdelar. Fiskodling i recirkulerande akvatiska system är dyra i drift och kräver förhållandevis stor tillgång av vatten, är i behov av högteknologiska och kostsamma filter och systemet efterlämnar också stora mängder slam och näringsrikt vatten som inte tas till vara. En hydroponisk växthusodling å andra sidan är i behov av stora mängder konstgjord näring som tillsätts i bevattningsvattnet och är därför också ett dyrt sätt att producera livsmedel året runt, eftersom uppvärmning av växthus är mycket energikrävande och kostsamt. I en akvaponi kombineras fisk- och växtodling och kan eventuellt eliminera eller minska de problem som finns i de tidigare nämnda systemen för sig.

Oavsett fiskodlingssystem har fodret en avgörande roll. Dels avgör det fiskens slutgiltiga kvalitet som livsmedel men fodret är även en av de största kostnaderna för producenten. Likaså spelar framställningen och fodrets beståndsdelar en viktig roll med avseende på miljön eftersom de kan ha negativ klimatpåverkan. Det skulle för dessa system denna uppsats avhandlar vara kontraproduktivt eftersom huvudsyftet är att producera hållbara livsmedel.

1.2 Syfte

Då livsmedelskvalitet och härkomst är faktorer som svenska konsumenter uppgett vara betydelsefulla i konsumtionssammanhang är syftet med denna studie är att undersöka om kvalitet och den produktionsmässiga hållbarheten hos de livsmedelsprodukter som produceras i ett akvaponiskt system är högre och mer effektivt, jämfört med motsvarande produkter som produceras i recirkulerande akvatiska fiskodlingssystem respektive växthus för sig. I studien ska jag också undersöka om det finns någon smakmässig positiv inverkan på de produkter som odlas i en akvaponi, dvs både fisk och växter.

1.3 Frågeställningar

- Finns det sensoriska fördelar med akvaponiskt odlade livsmedel, i jämförelse med konventionell växt- och fiskodling?
- Är akvaponi ett hållbart odlingssystem?

2 Metod

Arbetet är en litteraturstudie och jag har i första hand använt mig av publicerade artiklar och i andra hand rapporter och webbsidor som anknyter till ämnet. Sökmotorer som används är framförallt Primo, Google Scholar och Science Direct.

Sökord som används: "fiskodling", "fish farm", "aquaponics", "hydroponics", "fish feed", "biostimulants", "RAS", "Off-flavour"

Jag har varit i mailkontakt med forskare som skickat länkar och artiklar som rör mitt område, några av dessa är inkluderade i arbetet och finns i referenslistan. Jag har även varit i kontakt med fiskodlare och entreprenörer inom området för att få svar på frågor som rör praktiskt utförande. Flera har varit svåra att få kontakt med och enskilda åsikter har jag därför inte bedömt som tillräckligt opartiska eller tillförlitliga och har därför valt att exkludera i arbetet.

3 Litteraturstudie

3.1 Ökad livsmedelsproduktion

I Sverige importerar vi idag nästan dubbelt så mycket jordbruksprodukter och livsmedel som vi exporterar, detta sker i huvudsak mellan våra europeiska grannländer men vissa varor som kaffe och tropiska frukter importeras från länder längre bort (Jordbruksverket 2018). Regeringen beslutade 2017 om en ny livsmedelsstrategi i syfte att öka konkurrenskraften av svenska livsmedel på den internationella marknaden, men också för att främja inhemsk produktion så att sysselsättningen inom livsmedelssektorn ökar (Formas 2016).

Många livsmedel som importeras kan däremot likväl produceras i Sverige som utomlands, däribland fisk och grönsaker. I livsmedelsstrategin ingår en handlingsplan för att specifikt utveckla svenskt vattenbruk där målen framförallt syftar till att minska den administrativa bördan för aktörer, öka konkurrenskraften inom vattenbruket samt säkerställa en produktion av hälsosam fisk med hög kvalitet som efterfrågas av konsumenter både i Sverige och utomlands (Jordbruksverket 2015).

På senare tid har stadsbaserad odling blivit allt mer uppmärksammat och att den närproducerade aspekten är vad som lockar konsumenter och intressenter mest. Det tyder också uppsvinget för så kallade reko-ringar på, där konsumenterna ges möjlighet att handla direkt av den som producerat råvarorna (Väli-Tainio 2017). Detta verkar uppskattas till den grad att priset verkar spela mindre roll i sammanhanget. I flertalet av Sveriges storstäder finns idag projekt främjar stadsbaserad odling, i vissa fall handlar det om att underlätta självodling men i många fall sker detta också i kommunal regi (Södertälje kommun 2018).

3.2 Övergödning och gifter i Östersjön

I Östersjön finns spår av de utsläpp av fabriks- och byggmaterial som under början och mitten av 1900-talet innehöll ämnen som dioxiner och PCB. Detta nådde med tiden naturen och orsakade stora problem. På 70-talet förbjöds användningen av dessa ämnen och man hade då kopplat dess effekter till negativa förändringar hos värdefulla populationer som bland annat havsörn, där gifterna påverkade fortplantningsförmågan (Naturvårdsverket 2018). Både PCB och dioxiner är fettlösliga komponenter som har lång nedbrytningstid och återfinns därför fortfarande i naturen, i fisk och i människor. Hos människor har PCB inverkan på hjärnans utveckling och nervsystemet. Rekommenderat intag är därför särskilt reglerat för gravida kvinnor (Livsmedelsverket 2018a). På grund av detta är vildfångad fisk från Östersjön inte något bra alternativ för att mätta en växande befolkning.

Med anledning av den övergödning som är Östersjöns allra allvarligaste miljöproblem är inte heller en fortsatt utveckling av fiskodling i öppna kass-system i Östersjön hållbart för en ökad fiskproduktion. Detta bidrar till övergödningen via fiskens exkrement och foderspill. Detta innehåller höga halter av kväve och fosfor vilka anses vara huvudkomponenterna till den övergödning som vi idag har skapat. Framförallt kommer näringsläckaget från jordbruket och från utsläpp från kommunala reningsverk och avlopp som når Östersjön (Havs- och vattenmyndigheten 2019). Detta sker från samtliga länder som omringar Östersjön, vilket är 9 nationer och motsvarar ungefär 85 miljoner människors dagvattenspill (HELCOM Initial Holistic Assessment 2010). I detta vatten finns även andra substanser som läkemedel vars effekter på miljön man ännu inte fullt kartlagt.

3.3 Produktionssystem

3.3.1 Kassodling

Traditionell fiskodling sker i stora öppna nätkassar, så kallad kassodling, vilket är ett effektivt system att odla stora mängder fisk i områden där vatten är en naturlig tillgång, dvs i hav, vattendrag och sjöar. Dessa kassar hålls på plats med en flytande ram på ytan och är förankringade i botten, men sträcker sig inte ända ner till botten av syresättningskäl. Med rätt placerade kassar har detta system just den fördelen att syresättningen till fiskarna är god och vattnet är naturligt i ständig rörelse (Statens veterinärmedicinska anstalt 2018). Drift- och investeringskostnader för en kassodling är betydligt lägre än landbaserad odling och kräver dessutom mindre teknisk utrustning (Ungfors & Lindegarth 2013). Om en odling däremot drabbas av en smitta sker spridningen oftast mycket fort eftersom sjukdomar och smittor sprids

lättare i vatten än på land. Detta kan leda till att hela besättningar kan behöva slaktas, vilket är mycket kostsamt för odlaren. Inom all fiskodling är god hygien den viktigaste åtgärden för att förbygga att sjukdomar uppkommer och sprids, men eftersom smittor också kan komma utifrån, dvs från vild fisk, är detta mycket svårt att förebygga i öppna system. Sjuka fiskar i en fiskodling kan även överföra smittor till vilda bestånd vilket kan orsaka stora problem för vilda fiskpopulationer och ekosystemet som är svåra att åtgärda (Matfiskodlarna Sverige AB).

3.3.2 RAS – Recirkulerande akvatiskt system

Satsningar på landbaserade recirkulerande akvatiska system har vuxit globalt de senaste decennierna och intresset för metoden ökar ständigt. Detta är tack vare dess fördelar i jämförelse med konventionell odling som idag i huvudsak sker i form av kassodling. Med RAS elimineras en del problem som är förknippade med odling i öppna kassar, som bland annat risken med rymning och smittspridning. Även användningen av antibiotika kan minimeras eftersom man med andra metoder kan förebygga bakterietillväxt och kontrollera fiskens mående. RAS påverkas inte heller av extrema väderförhållanden som öppna kassar ute i naturen gör (Wik & Pedersen 2016). RAS är en produktionsmetod som har potential för framtidens behov av ökad fiskproduktion, förutsatt att man lyckas utveckla tillräckligt energieffektiva och systematiskt stabila system som klarar av variationer i populationsstorlek och näringskoncentrationer som kan variera beroende på mikrobiell tillväxt och val av fiskfoder (Wik *et al.* 2009).

Systemet är vanligtvis uppbyggt av tråg där fiskarna simmar, varifrån foderspill och feces samlas upp då de sedimenterar till botten och koncentreras senare med en vattenfrånskiljare till ett fastare slam. Vattnet som fiskarna simmar i renas också kontinuerligt från lösta näringsämnen. Vattnet går via trumfilter, biofilter och passerar slutligen uv- eller ozonfilter. Innan vattnet återförs till fiskarna måste det även syresättas. Dessa metoder är dock mycket energikrävande, teknikintensiva och kräver ständig övervakning (Vattenbrukscentrum Ost 2019) (Hushållningssällskapet 2018). Detta gör RAS system sårbara i händelse av elstörningar eller annan kris, då avbruten vattenreningsprocess leder till ökad mängd ammonium i vattnet, vilket snabbt tar död på fisken.

3.3.3 Akvaponisk odling

Långt innan dagens definition av akvaponisk odling var uppfunnet går det att hitta historiska bevis på att tekniken används. Det finns spår som visar att aztekerna i södra mexikanska dalen före den spanska erövringen 1521 (Krasilnikov *et al.* 2011) använde metoder som principiellt liknar dagens definition av akvaponisk odling.

Aztekerna skapade så kallade chinampas bestående av öar i strukturerade rader uppbyggda av bottensediment och växtdelar vilket skapade kanaler mellan öarna, där träd på vissa ställen planterades för att stabilisera jorden. På öarna odlades framförallt majs och i kanalerna simmade fiskar vars sediment togs upp och blev gödsel till odlingarna. På detta sätt kunde möjlighet till odling säkerställas under perioder i avsaknad av regn, dvs vattenbrist, gödselmedel utvanns i form av bottensediment, fiskfeces blev en källa till näring och fisken blev en livsmedelsprodukt (Government of Mexico city & Authority of the world natural and cultural heritage zone 2017). Precis samma metod återskapas idag i akvaponiska odlingar och i samma syfte, dvs att med en begränsad mängd vatten producera både växter och fisk i ett slutet kretslopp genom att ta tillvara på näringsämnen.

Grundtanken med dagens akvaponiska odlingssystem är att kombinera akvatisk landbaserad fiskodling, som RAS, och hydroponisk växtodling, där de båda systemen drar nytta av varandra. Feces från fisken sedimenterar och lösta näringsämnen i vattenfasen recirkulerar via ett biofilter där nitrifikation sker av nitrosomonas och nitrobacter så att löst ammonium omvandlas till nitrit och sedan nitrat vilket är den form av kväve som växter tar upp. Därefter återinförs det reade vatten till fisktanken. Den biologiska reningen är helt avgörande i detta system eftersom ammonium är giftigt för fiskarna (Rakocy *et al.* 2006).

Nitrifikationsbakterierna finns placerade på biofilmer som vattnets passerar, dessa filmer kan vara utformade på flera olika sätt, från fasta till cirkulerande mindre enheter (Berglöf *et al.* 2018). Nyckeln för ett effektivt system är att optimera antalet fiskar med storleken på växtodlingen så att det finns tillgång på näringsämnen till växterna, samtidigt som det inte får finnas för mycket näringsämnen så att det bildas ett överskott och näringsämnen som ackumuleras i vattnet. Det skulle tillåta tillväxt av andra organismer som alger och bakterier vilket försämrar vattenkvaliteten för fisken (Buzby & Lin 2014).

Växter i en akvaponisk odling växer inte i jord men behöver stabiliseras i någon form av substrat. Att placera växterna i en s.k. mediabädd är den vanligast förekommande tekniken och bygger på att växterna placeras i ett poröst substrat som grus eller LECA som är en typ av bränd lera, och bevattnas sedan med det näringsrika vattnet från fiskodlingen. Nutrient film technique (NTF) är en annan vanlig form, särskilt i mindre odlingar där utrymmet är begränsat eftersom NTF lämpar sig bra att bygga på höjden. Principen är att växterna placeras i hål i rör eller rännor där vatten passerar (Berglöf *et al.* 2018).

Kvoten mellan fisk och växter i ett akvaponiskt system är förhållandevis stor eftersom mängden näringsämnen från fisken lösta i vatten räcker till en stor mängd växter. Man brukar säga att ett kilo producerad fisk motsvarar ungefär 10 kg växter eller grönsaker, men detta varierar beroende på typ av grönsaker och fisk (Svenskt vattenbruk 2019b).

Tilapia är den fisk som odlas näst mest i världen, där karp tar förstaplatsen (Berglöf *et al.* 2018). Den är en relativt lättodlad fisk då den trivs i stora stim, växer fort, är motståndskraftig mot sjuksommar och dessutom har tilapia den klara fördelen av att vara omnivor, vilken innebär att den kan tillgodo göra sig näringsämnen från både växt- och köttbaserat foder men klarar sig bra på stor andel växtbaserat fiskfoder (Dahl & Jakobsson 2017). Men för att livsmedlet i slutändan ändå ska innehålla omega 3 fetter är det viktigt att inkludera det i fodret ändå (Berglöf *et al.* 2018). Av tidigare nämnda anledningar är tilapia väl lämpad för odling och är de facto den mest använda fisken globalt i just akvaponiska odlingssystem (Rakocy *et al.* 2006). Däremot är tilapian en varmvattenlevande fisk och systemet kräver därför uppvärmning vilket kan vara kostsamt. I vår del av världen är tilapia en ovanlig matfisk och har därför visat sig svår att sälja in på marknaden, vilket är något som producenterna ständigt får jobba med i sin marknadsföring.

Vid valet av fisk i akvaponiskt system är det nödvändigt att välja en art som ska passa in som en del i det kretsloppssystem som en akvaponi är. Det krävs därför bland annat att fisken är sötvattenlevande, vilket utesluter flertalet av de för oss vanligaste matfiskarna. Men inte heller alla sötvattensfiskar är lämpliga. Abborre anses till exempel inte vara helt optimal i en akvaponi eftersom den har visat sig vara känslig för höga halter kalium, som ofta tillsätts i vattnet i växtnäringssyfte (Rakocy *et al.* 2006).

3.3.4 Fiskfoder ur hållbarhetssynpunkt

Som tidigare nämnt är fiskfoderspill i öppna odlingar en bidragande faktor till näringsläckage i hav och sjöar tillsammans med fiskens feces. Dagens moderna fiskfoder är däremot utformat för att sjunka i en tillräckligt låg hastighet så att fiskarna hinner att äta innan fodret faller till botten samt att givorna är väl anpassade för att minska spill. Sammansättningen av fodret är också noga uträknad för fiskarna ska kunna tillgodose sig fodret bättre och nå en jämnare nedbrytning (Bruno 2014).

För fiskens hälsa och sammansättnings skull behöver fodret innehålla marint protein och fett, vars härkomst till största del består av vilt fångad fisk som blir till foder. Vilken fisk som används, i vilken utsträckning och dess härkomst har inverkan på ekosystem och blir en fråga om hållbarhet. Även etiskt är detta ifrågasättbart i de fall då går åt mer fisk till fodret än vad det blir produkt i slutändan. För att mäta denna kvot finns måttet FIFO (fish in/fish out). Detta mått beskriver förhållandet mellan hur mycket vildfångad fisk det går åt för att producera till exempel en odlad lax (Jackson 2009). En rimlig kvot, givet att fisken som används i fodret inte lämpas som livsmedel vore 1. Då skulle mängden fisk i fodret bidra till samma mängd ätbar fisk. Fisken som tas upp för produktion av fiskfoder är i vissa fall sådan fisk som kan konsumeras av människor direkt, vilket gör detta till en onödig och kostsam

omväg för att producera livsmedel. Viss form av denna typ av fiske sker emellertid illegalt och med metoder som till exempel trålning som skadar botten och i förlängningen hela ekosystem (Bruno 2014).

Med tanke på att efterfrågan och en stadigt ökande befolkningsmängd pekar på att konsumtionen av fisk kommer att öka i framtiden likt den hitintills gjort (FAO 2014) och den nyligen instiftade nationella livsmedelsstrategin där särskilda satsningar är riktade mot utveckling av vattenbruket (Svenskt vattenbruk 2019a) är det viktigt att hitta mer hållbara sätt att producera fiskfoder men som fortfarande innehåller de maritima proteiner och fetter som behövs.

Inom området för detta pågår nu därför flera projekt av för att hitta nya källor som kan lämpas som fiskfoderkomponent. Att odla musslor i Östersjön är ett exempel på projekt som pågår (Lindahl & Lovén 2008), där syftet dels är att rena Östersjön från näringsämnen men där musslan också sedan kan utnyttjas som foder till fisk eller fjäderfä (Kiessling 2009). Än så länge har detta bara prövats praktiskt i liten skala, men ett försök som har ägt rum på Orust i Västra Götaland (Västerhavet 2011) har än så länge visat goda resultat och där fodret används i odlingar med bland annat regnbåge och röding. Dessutom används pelagisk fisk, som ofta inte konsumeras direkt, sk. Reduction fisheries (te.x från sill, skarpsill, sandål) till att ingå som komponent i fiskfoder.

Ett annat pågående projekt som är finansierat av Sveriges innovationsmyndighet Vinnova undersöker om processvatten från pappersmassaindustrin via fermenterande bakterier kan bli en produkt som kan användas i fiskfoder (RISE 2018). Tanken är att de fermenterande bakterierna innehållandes fett och protein kan nyttjas som en mikrobingrediens i foder. Man utnyttjar på detta sätt fiskens förmåga att bryta ner och ta till vara på mikroorganismernas beståndsdelar (Nationellt kompetenscentrum för vattenbruk 2013). Intresset för att hitta hållbara ingredienser till fisk- och djurfoder är stort och med tanke på konsumenternas högre ställda krav på ursprung och hållbarhet kommer det med all sannolikhet ske fortsatt forskning inom detta område.

3.4 Påverkan på livsmedel

3.4.1 Fodrets inverkan på fisken

Fisk som livsmedel har kända goda hälsoeffekter och det är av livsmedelsverket rekommenderat att konsumera fisk och skaldjur av god kvalitet två till tre gånger i veckan (Livsmedelsverket 2019b). Fisk är ett proteinrikt livsmedel som dessutom innehåller näringsämnen som visat sig ha goda hälsoeffekter men som kan vara

besvärliga att få i sig på annat sätt. Fisk är bland annat rikt på vitamin D, vilket kroppen själv syntetiserar då huden utsätts för solljus. Under vinterhalvåret är det därför särskilt viktigt att inta vitamin D via kosten (Livsmedelsverket 2019a). Men framförallt är det fleromättade omega-3-fettsyror som EPA och DHA som gör fisken unik i sin sammansättning. Fiskens cellmembran består av dessa fetter, vilket möjliggör rörliga vävnader även under kalla förhållanden. De omättade fettsyror har också viktiga funktioner för en fungerande jonbalans och gälfunktion. Dessa fettsyror är även essentiella för människan (Wallis *et al.* 2002) men på grund av låg aktivitet av de enzymer som kan syntetisera dessa fettsyror är människan beroende av intag dessa fettsyror i samband med kost (Mozaffarian & Rimm 2006). Omega-3-fettsyror så som DHA och EPA är nödvändiga särskilt i fosterstadiet för utvecklingen av hjärnan, men även senare i livet spelar de stor roll för ett väl fungerande immunförsvar och för blodets leveringsförmåga (Livsmedelsverket 2018b).

Då inte heller fisken kan syntetisera dessa fettsyror i full utsträckning är de liksom människan i behov av att äta andra organismer som innehåller dessa fetter. I det vilda är det alger som utgör källan till detta. Rovfiskar äter andra fiskar som i sin tur ätit alger. Därför är fiskfoder i en fiskodling en mycket viktig komponent i framställningen av ett hälsosamt livsmedel, innehållandes dessa fetter. Har fisken inte fått i sig någon omega-3 rik kost, utan istället fått andra fettsyror, avspeglas detta tydligt i fiskens vävnader (Pickova & Mørkøre 2007).

För att tillgodose fiskens behov av dessa fetter är fiskmjöl och fiskolja ett vanligt supplement i fiskodret för att tillgodose fiskens behov, men i vissa fall är framställningen ifrågasättbar. Fiskrens som blir över efter slakt och fångad pelagisk fisk används idag i stor utsträckning för att producera fiskfoder. Men det finns gränser för hur mycket pelagisk fisk som går att fiska och göra fiskfoder av, då tillgången är begränsad och fisket leder till överfiske. Framtidens fiskfoder bör innehålla alternativa källor till dessa fettsyror där krill och plankton ses som lovande exempel. Detta område studeras i nuläget mycket och får allt mer uppmärksamhet, i framtiden är det heller inte otroligt att dessa marina fettsyror till fiskfoderproduktion kan komma att syntetiseras med hjälp av GMO- teknik (Pickova & Mørkøre 2007).

3.4.2 Närodlat

Fördelarna med att kunna producera livsmedlen nära eller allra helst i städer där de till största del de facto förbrukas, är dels att transportkostnader och utsläpp i samband med dessa minskar, men det finns också smak- och näringsmässiga fördelar med detta. Frukt och grönsaker som plockas innan de är mogna, dvs i ett tidigt utvecklingsstadium tappar i smak och näringsvärde. Detta beror på att växten efter att de bryts från rot eller planta skiljs från sin näringskälla och därför direkt måste börja konsumera den näring som finns lagrad. Skördas frukten eller grönsaken i ett

tidigt skede är hållbarheten kortare än om skörden skulle skett senare, detta beror på att celldelningshastigheten är högre i det tidiga utvecklingsstadiet. Ett sätt att bromsa ämnesomsättningen i skördade frukt eller grönsaker kan man manipulera syrehalten i omgivningen och istället tillföra koldioxid. Detta bromsar till viss del processen av att näringsämnen konsumeras och går till spillo (Nylander *et al.* 2014).

3.4.3 Bismak

Sekundärmetaboliter från bakterier som aktino- och cyanobakterier har visat sig orsaka bismak hos fisk fångad i dyrika sjöar men också i RAS – odlingar. De smakämnen som isolerats är framförallt geosmin och 2-metylisoborneol (MIB). Om dessa komponenter även uppkommer i akvaponisk odling är ännu inte dokumenterat, men någon anledning till dess eventuella frånvaro i detta system är svår att hitta, eftersom bakterierna har visat sig uppkomma främst i sötvattensystem vilket akvaponiska odlingar i regel är (Azaria & van Rijn 2018).

I akvatiska system är det cyanobakterier som står för de största mängderna producerat geosmin och MIB (Suurnäkki *et al.* 2015). Det näringsrika fodret som ges till fiskarna gynnar dessa organismers tillväxt, och i kombination med ineffektiva filter kan näringsöverflödet ställa till stora problem. En annan vanligt förekommande bakterie är aktinobakterier, vilken är en jordbakterie med förmåga att överleva under svåra förhållanden. Detta beror på att de kan förkomma i fakultativt anaeroba former och därför har goda möjligheter att föröka sig i system som RAS (Azaria & van Rijn 2018).

Att finna orsaker och åtgärder för uppkomsten av dessa bismaksgivande komponenter är viktigt för en fiskodlare eftersom illa smakande fisk kan ge upphov till klagomål och i förlängningen kan innebära stora ekonomiska förluster i form av minskad försäljning. För att bli av med dessa komponenter är den vanligast förekommande metoden att låta fiskarna vistas i en rensimningsbassäng en tid, detta kallas depurering (klarning). Det som händer när fiskarna placeras i rent vatten är att dessa ämnen via passiv diffusion lämnar fiskens vävnader och hamnar istället i vattnet. Detta sätt kräver tillgång till rikliga mängder rent vatten och eftersom depurering för bästa resultat ska pågå i flera veckor, är detta på flera sätt en kostsam process. Ackumulering av dessa illasmakande komponenter i fisken sker betydligt snabbare än att få den ut ur vävnaden, eftersom komponenterna ackumuleras i fettvävnaden (Suurnäkki *et al.* 2015). Fiskarna får heller ingen mat under den sista tiden innan slakt, vilket medför att de dessutom tappar i vikt (Azaria & van Rijn 2018). Om en liten mängd tillsatt salt i depureringsvattnet kan öka diffusionshastigheten av geosmin och MIB råder spridda meningar, ett antal odlare jag varit i kontakt med anser sig märka skillnad, men detta är inget som litteraturen bekräftar.

3.4.4 Biostimulanter

Området närmast växters rötter kallas för rotzon, eller rhizosfär och är det området mellan roten och näringsrikt medium, jord eller vatten. Där sker näringsutbyte med hjälp av en unik sammansättning mikroorganismer som omger rötterna och där sker också ett utbyte sker mellan de ämnen som växtrötterna avger och mikroberna i omgivningen. Det blir hög mikrobiologisk aktivitet i just det området. Rotzonen består av ectorhizosfären och endorhizosfären där den sistnämnda innefattar det apoplastiska utrymmet inne i växtens rot, mellan cellväggarna där material kan diffundera fritt. Dessa delar tillsammans är inte något synligt, utan definierar det område där biologiska och kemiska processer interagerar mellan växten och mediet det befinner sig i (McNear Jr 2013).

Biostimulanter är substanser eller mikroorganismer som har en inverkan på växtens näringsupptagningsförmåga, tillväxt och tolerans för yttre påverkansfaktorer som temperatur, vind och vattenförhållanden (Cramer *et al.* 2011). Biostimulanter har visat sig ha hög påverkan på växternas tillväxt och näringsupptag oavhängigt näringsstillgången i mediet växten befinner sig i. De har visat sig stimulera nya vägar för växten att uppta näringsämnen (du Jardin 2015) och är därför någonting som intresserar många växtodlare och utvecklare eftersom de verkar med andra mekanismer än de gödselmedel som idag används inom jordbruket (European Biostimulants Industry Council 2012).

Alltech crop science listar biostimulanternas aktiva ingredienser som en blandning av huminsyra och fulvinsyra, mikrober, chitin och plantextrakt samt sjögräs. Dessa tillsammans påverkar allt från växters gröningsförmåga till högre skörd tillsammans med tidigare nämnda fördelar (Alltech 2016). Ny forskning visar att växthormoner inte bara har inverkan på växter utan också mänsklig tarmflora, vilket i förlängningen kan betyda att magbakterier från människor och djur också kan ha en mikrobiologisk positiv effekt på växter, som biostimulanter (Chanclud & Lacombe 2017).

3.4.5 Smak- och tillväxtpåverkan på vegetabilier

Om det är någon märkbar smakskillnad hos ekologiskt odlade livsmedel råder olika åsikter. I vissa studier har det framkommit att både morötter och tomaters smak påverkats beroende på om de fått kväve i form av organiskt gödslingsmedel eller som nitrat direkt, som i konventionell odling (Nylander *et al.* 2014).

I en testanläggning i Waedenswil, Zürich, gjordes år 2008 försök med att odla fisksorten tilapia och grönsaker som aubergine, persika och tomater i syfte att jämföra tillväxten och näringsupptaget hos vegetabilier som odlades i akvaponisk eller hydroponisk odling. Trots att fiskvattnet som tillfördes i en akvaponi visade sig

innehålla betydligt lägre halter av både kväve och fosfor än det näringssubstrat som tillfördes i en hydroponiska odlingen var skördarna nästan identiska (Graber & Junge 2009). Däremot visade det sig att kaliumhalten i fiskvattnet var 45 gånger mindre än i näringssubstratet vilket avspeglades i de tomater som odlats i en akvaponi. För råda bot på denna brist utan att behöva addera kalium i fiksodret gjordes senare försök att tillsätta kaliumhydroxid i bevattningsvattnet, vilket också hade en positiv inverkan på PH-stabiliseringen. Detta kan vara nödvändigt med tanke på den konstanta nitrifikation som sker.

I ett annat försök från år 2003 av D. Wenger på Hochschule Waedenswill, odlades fyra olika tomatsorter likvärdigt i hydroponi och akvaponi. I detta försök gav samtliga sorter högre skörd i det akvaponiska systemet. En förklaring tros vara den högre vattentemperatur som rådde i akvaponin. I samma undersökning gjordes en sensorisk undersökning på en av sorterna där 15% föredrog tomaterna som var odlade i en akvaponi. 21% föredrog de hydroponiskt odlade. De allra flesta, dvs 47% föredrog däremot de konventionellt odlade tomaterna i jord. 17% angav att de inte kunde känna någon skillnad (Graber & Junge 2009). (Wenger 2003 se Graber & Junge 2009) SÅ ska den vara. obs även i den förra källan (Hirsch 2005)

3.4.6 Bekämpningsmetoder i en akvaponi

I akvaponiska system är användningen av antibiotika inte ett alternativ eftersom det skulle slå ut viktiga nitrifikationsbakterier (Personlig kontakt, Oliviusson 2019). Även andra kemiska substanser som pesticider vilket i vanliga fiskodlingar kan användas då fisken blir sjuk eller för att hålla dem friska (Canadian Food Inspection Agency 2018) är olämpliga att använda i en akvaponi eftersom växterna kan ta upp dessa ämnen och koncentrera dem. Inte heller är tillsats av salt ett bra alternativ, vilket annars är en av de vanligaste metoderna en fiskodlare har att tillgå vid fisk-sjukdomar. Också detta skadar växterna (Rakocy *et al.* 2006) Därför är val av resistent frisk fisk, god hygien och ständig kontroll med fungerande larmsystem de medel som finns att tillgå för att säkerställa en god fiskhälsa i en akvaponisk odling.

Även åt andra hållet kan användningen kemiska bekämpningsmedel till växtodlingen vara skadligt för vattenlevande organismer, så även detta är uteslutet. Istället är nyttoinsekter det enda medlet man har att tillgå (Personlig kontakt, Oliviusson 2019). Nyckelpigor kan implementeras i systemet för att bekämpa angrepp av bland annat bladlöss, man kan även bespruta växterna med specifika bakterier som motverkar larver. Eftersom odlingen sker i växthus är det lätt att hålla nyttoinsekterna samlade och under kontroll i det sluta utrymmet. På detta sätt kan vara till synes svårare att upprätthålla friska växter och fiskar, men mervärdet är desto högre eftersom produkterna kan klassas som helt giftfria.

Per-Erik Nygård är grundare till Peckas Tomater, som är en av Sveriges största akvaponier. Han beskriver i en intervju att han själv är förvånad över att de inte haft några problem med sjukdomar på varken fiskar eller växter på över 20 år (Alltid Marknadsbyrå 2018). Som (Rakocy *et al.* 2006) skriver kan den unika mångfald av mikroorganismer som bildas slutna system bidra med en motståndskraft mot patogener och smittor. Detta kan vara en förklaring till frånvaron av smittor och sjukdommar i Per-Eriks system, samt att växterna aldrig har varit kontakt med jord och de bakterier och sjukdomar som kan finnas där.

4 Diskussion och slutsats

När man talar om begreppet hållbarhet ingår social, ekonomisk, och ekologisk hållbarhet. Med landbaserad fiskodling är det eventuellt ekologiskt hållbara som står i fokus, men alla knyts an i sin helhet. Jag har i denna uppsats inte gått in på siffror och statistik för tex. hur mycket näringsämnen de olika systemen släpper ut eller hur mycket energi som går åt, utan har istället fokuserat på att ge en övergripande bild över de olika systemens för- och nackdelar.

Det står klart att samtliga avhandlade system har sina respektive för- och nackdelar. Fiskodling i kass-system inte helt ekologiskt hållbart med avseendet på risken för smitningar, smittspridning och användning av antibiotika. Med tanke på att havens ekosystem redan i dagsläget är sargat och sårbart, skulle eventuella smittor kunna få förödande effekter på vilda populationer. I beredskapssyfte fyller däremot kassodling en viktig funktion eftersom de är förhållandevis lättskötta och inte kräver ständig tillsyn eller underhåll. För den sakens skull är det nödvändigt att behålla kassodling för att kunna säkerställa livsmedelsförsörjning i händelse av kris.

RAS har en del fördelar i jämförelse med öppna kassar och är en väl utbredd metod. Förutom systemets höga energiåtgång, dyra och teknikkrävande utrustning är systemet ett kontrollerat och säkert sätt att producera fisk. RAS kan vara ett bra substitut för kassodlingar eftersom det är möjligt att odla många olika sorters fiskar och skaldjur med olika anpassningar. Dock är drift och -investeringskostnaderna, som jag nämnt tidigare, betydligt högre för RAS än för kassodling. Problematiken kring tillväxt av bakterier och bismak går att komma runt om producenten är uppmärksam och har tillgång till rätt teknik. Då det pågår mycket försök kring denna typ av odling kan man räkna med att dessa problem snart får en lösning, om än ytterligare en kostsam teknik.

Ett akvaponiskt system bör ses som ett komplementärt livsmedelsproduktions-system vid sidan av RAS, istället för något som ska ersätta det, eftersom de två systemen fyller olika funktioner. I en akvaponisk odling är det svårt att komma upp i de mängder fisk som efterfrågas på marknaden och bör därför mer ses som en

växtodlingsmetod där fisken är en extra produkt, med en ungefärlig kvot på 1:10 för fisk kontra grönsaker. Med tanke på frukt och grönsakers korta hållbarhet kan akvaponisk odling fungera som en smart stadsnära odlingsmetod som skulle kunna bidra med närodlat ekologiska livsmedel. Om odlingen i bästa fall dessutom kan placeras i anslutning till industrilokaler där man kan ta till vara på spillvärme, skulle systemet kunna bli ett klimatsmart, hållbart och energieffektivt odlingsystem för framtiden.

Fiskfodrets härkomst, innehåll och därmed mått på hållbarhet är emellertid den utmaningen alla system har gemensamt. Så länge inte ett hållbart producerat fiskfoder används så blir heller inte odlingen eller livsmedlen hållbara i förlängningen.

Produktionseffektiviteten i en akvaponisk odling är kanske något ifrågasättbar med tanke på att denna metod liksom RAS är mycket teknikintensiv och produkterna blir dyra att framtälla. Om produkterna de facto blir godare finns det heller inga klara belegg för, förutom de fördelar som biostimulanter bidrar med och som skulle kunna ha en inverkan på näringsupptag och i förläggningen även på smaken. Inom området för biostimulanter och dess påverkan sker mycket fortsatt forskning. Dock bör de mervärden i form av märkningar som närodlat och giftfritt som kan tillskrivas akvaponisk odling inte förringas. Konsumenttrender tyder på att närodlat produkter med miljömärkningar efterfrågas och ur det perspektivet uppfyller akvaponiskt stadsodlat produkter denna efterfrågan.

Referenslista

Litteratur och publikationer

- Alltech (2016). *Athlete-style nutrition for a plant: The science of biostimulants*. Tillgänglig: <https://ag.alltech.com/en/blog/athlete-style-nutrition-plant-science-biostimulants> [2019-05-12]
- Alltid Marknadsbyrå (2018). *Peckas Naturodlingar - Här är "Pecka" - Per-Erik Nygård*. [Video]. Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=IQKQxcROmms> [2019-05-26]
- Andersson, A. (2015). *Globala konsumtionstrender för livsmedel*. (PM 2015-10-20). Lund: AgriFood Economics centre. Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/8976/1/wedeberg_v_171124.pdf
- Azaria, S. & van Rijn, J. (2018). *Off-flavor compounds in recirculating aquaculture systems (RAS): Production and removal processes*. *Aquacultural Engineering*, vol. 83, ss. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.09.004>
- Berglöf, K., Bailey, J. & Eklund, P. (2018). *Fisk i hus - Hur du kommer igång med ett hållbart vattenbruk. En handbok för landbaserad fiskodling*. 2 uppl. Vreta kloster: vattenbrukscentrum ost. Tillgänglig: <http://www.vattenbrukscentrumost.se/sv/2019/03/11/fisk-i-hus/> [2019-05-09]
- BIGH (2018). *BIGH Farms – Rooftop Aquaponic Farms*. Tillgänglig: <https://bigh.farm/> [2019-05-28]
- Bruno, E. (2014). *Miljöanpassat vattenbruk i Sverige – en näring med stor potential*. Stockholm: Naturskyddsföreningen.
- Buzby, K.M. & Lin, L.-S. (2014). *Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output*. *Aquacultural Engineering*, vol. 63, ss. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.09.002>
- Canadian Food Inspection Agency (2018-01-08). *Therapeutant use in aquaculture - Questions and answers*. Tillgänglig: <http://inspection.gc.ca/food/requirements/preventive-controls-food-businesses/fish/questions-and-answers/eng/1515419238749/1515419275328> [2019-05-26]
- Chanclud, E. & Lacombe, B. (2017). *Plant Hormones: Key Players in Gut Microbiota and Human Diseases?* *Trends in Plant Science*, vol. 22 (9), ss. 754–758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.07.003>
- Cramer, G.R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M. & Shinozaki, K. (2011). *Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective*. *BMC Plant Biology*, vol. 11 (163). DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>

- Dahl, F. & Jakobsson, M. (2017). *Framtidens fisk odlas i stan. En studie kring akvaponikens möjlighet till kommersiellt genomslag i Sverige.* (Kandidatarbete). Handelshögskolan Göteborg. Tillgänglig: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/56191/1/gupea_2077_56191_1.pdf
- European Biostimulants Industry Council (2012). *About biostimulants and the benefits of using them.* Tillgänglig: <http://www.biostimulants.eu/about/what-are-biostimulants-benefits/> [2019-05-12]
- FAO (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and challenges.* Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Formas (2016). *En hållbar och konkurrenskraftig livsmedelssektor - Genom högkvalitativ forskning, utveckling och innovation.* Tillgänglig: <https://www.formas.se/download/18.462d60ec167c69393b917794/1549956094826/En%20hållbar%20och%20konkurrenskraftig%20livsmedelssektor.pdf> [2019-05-09]
- Government of Mexico city & Authority of the world natural and cultural heritage zone (2017). *chinampa agricultural system of Mexico city mexico. A proposal for designation as globally important agricultural heritage systems (giahs).* Mexico City. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/I9159EN/i9159en.pdf>
- Graber, A. & Junge, R. (2009). *Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production.* Desalination, vol. 246 (1), ss. 147–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>
- Havs- och vattenmyndigheten (2019-04-24). *Övergödning.* Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/miljopaverkan/overgodning.html> [2019-05-13]
- HELCOM Initial Holistic Assessment (2010). *Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment.* (Baltic Sea Environment Proceedings, No. 122). Helsingfors: Helsinki Commission Baltic Marine Environment Protection Commission.
- Hushållningssällskapet (2018-08-20). *Odlingsteknik.* Tillgänglig: <https://hushallningssallskapet.se/tjanster-produkter/naturvard-vatten-och-miljo/etableringsguiden-fiskodling/odlingsteknik/> [2019-05-13]
- Jackson, A. (2009). *Fish in- Fish out. Ratios explained.* (Vol. 34 (3)). Aquaculture Europe. Tillgänglig: http://www.iffonet.org/system/files/EAS%20FIFO%20September2009%202_0.pdf
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, ss. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Jordbruksverket (2015). *Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk. Konkretisering av Strategi 2012-2020.* Jönköping: Jordbruksverket.
- Jordbruksverket (2018-01-03). *Export och import av livsmedel.* Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/omjordbruksverket/statistik/statistikomr/utrikeshandel/basfaktaomsverigeshandelmed-livsmedel.4.116e9b9d159b31e6cb943e47.html> [2019-05-09]
- Kiessling, A. (2009). *Feed – the key to sustainable fish Farming.* Fisheries, sustainability and development : fifty-two authors on coexistence and development of fisheries and aquaculture in developing and developed countries. Stockholm: KSLA, ss. 303–322.
- Lindahl, O. & Lovén, S. (2008). *Musselodling för miljön – nu även i Östersjön.* Kungliga Vetenskapsakademien & Centrum för marina vetenskaper.
- Livsmedelsverket (2018a). *Dioxiner och PCB.* Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/dioxiner-och-pcb> [2019-05-13]
- Livsmedelsverket (2018b). *Fleromättat fett, omega-3, omega-6.* Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/fett/fleromattat-fett-omega-3-och-omega-6> [2019-05-22]
- Livsmedelsverket (2019a). *D-vitamin.* Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/vitaminer-och-antioxidanter/d-vitamin> [2019-05-22]

- Livsmedelsverket (2019b). *Fisk och skaldjur - råd*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/matvanor-halsa--miljo/kostrad-och-matvanor/rad-om-bra-mat-hitta-ditt-satt/fisk> [2019-05-22]
- Matfiskodlarna Sverige AB *Fiskhälsowebben*. *Information och riktlinjer för smittskydd och sjukdomshantering inom fiskodlingen. Odlad med omtanke*. Tillgänglig: <https://odladfisk.se/fisk-halsowebben/> [2019-05-22]
- McNear Jr, D.H. (2013). *The Rhizosphere - Roots, Soil and Everything In Between*. *Nature Education*. Tillgänglig: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-rhizosphere-roots-soil-and-67500617> [2019-05-12]
- Moksnes, P.-O., Albertsson, J., Hansen, J., Nilsson, J. & Roiff, C. *Så mår havet. Havsmiljöns tillstånd ur miljömålsperspektiv*. Göteborg: Havsmiljöinstitutet.
- Mozaffarian, D. & Rimm, E.B. (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*, vol. 296 (15), ss. 1885–1899
- Nationellt kompetenscentrum för vattenbruk (2013). *Foder*. Tillgänglig: https://nkfv.se/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=103&Itemid=146 [2019-05-24]
- Naturvårdsverket (2018). *Fakta och statistik om PCB*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/> [2019-05-13]
- Nylander, A., Jonsson, L., Marklinder, I. & Nydahl, M. (2014). *Livsmedelsvetenskap*. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Oliviusson, B. (2015). Aquaponisk odling i stadsmiljö. *Hållbar Stad*. [Blogg]. 20 juli. Tillgänglig: <https://hallbarstad.se/omvarld-blog/aquaponisk-odling-i-stadsmiljo/> [2019-05-09]
- Krasilnikov, P., Ramos Bello, R., García Calderón, N. & Manuel Ortega Escobar, H. (2011). *Artificial chinampas soils of Mexico City: their properties and salinization hazards Suelos artificiales de chinampas de la Ciudad de México: propiedades y riesgos de salinización Solos artificiais da cidade do México- Chinampas: propriedades e riscos de salinização*. *Spanish Journal of Soil Science*, vol. 1 (1). DOI: <https://doi.org/10.3232/SJSS.2011.V1.N1.05>
- Pickova, J. & Mørkøre, T. (2007). *Alternate oils in fish feeds*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 109 (3), ss. 256–263. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600222>
- Rakocy, J.E., Masser, M.P. & Losordo, T.M. (2006). *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC Publication, (No. 454), s. 17
- RISE (2018). *Miljöjänster från ett multifunktionellt bioraffinaderi*. Tillgänglig: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/miljotjanster-fran-ett-multifunktionellt-bioraffinaderi> [2019-05-25]
- Statens veterinärmedicinska anstalt (2018-01-09). *Odlingsformer - SVA*. Tillgänglig: <https://www.sva.se/djurhalsa/fisk/fiskdiagnostik/odlingsformer-fisk> [2019-05-22]
- Stenius, T., Wivstad, M. & Röös, E. (2017). *Nästa steg för ekologiskt lantbruk i Sverige*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Suurnäkki, S., Gomez-Saez, G.V., Rantala-Ylinen, A., Jokela, J., Fewer, D.P. & Sivonen, K. (2015). Identification of geosmin and 2-methylisoborneol in cyanobacteria and molecular detection methods for the producers of these compounds. *Water Research*, vol. 68, ss. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.09.037>
- Svenskt vattenbruk (2019a-01-03). *En livsmedelsstrategi för Sverige*. Tillgänglig: <http://www.svensktvattenbruk.se/46/om-vattenbruk/vattenbruket-i-sverige-och-varlden/livsmedelsstrategin.html> [2019-05-24]
- Svenskt vattenbruk (2019b-01-03). *Landbaserat vattenbruk. Svenskt vattenbruk*. [text]. Tillgänglig: <http://www.svensktvattenbruk.se/46/om-vattenbruk/avel-och-odlingssatt/landbaserat-vattenbruk.html> [2019-05-26]

- Södertälje kommun (2018). *Agri-Urban. Södertälje kommun*. Tillgänglig: <https://www.sodertalje.se/bo-och-bygga/tomt-och-mark/odling/agri-urban/> [2019-05-13]
- Ungfors, A. & Lindegarth, S. (2013). *Småskalig marin fiskodling och levandelagring – Beskrivning av teknik och ekonomi*. (Småskalig marin fiskodling). Samförvaltning norra bohuslän.
- Vattenbrukscentrum Ost (2019). *Odlingssystem*. Tillgänglig: <http://www.vattenbrukscentrumost.se/sv/landbaserad-fiskodling/> [2019-05-13]
- Vattenbruksutredningen (2009). *Det växande vattenbrukslandet*. (SOU 2009:26). Stockholm: Fritzes.
- Väli-Tainio, S. (2017). Populärt att handla i Reko-ring. Tillgänglig: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/halland/populart-att-handla-i-reko-ring> [2019-05-28]
- Världsnaturfonden (2016). *WWFs konsumentguide för fisk och skaldjur*. Solna: Världsnaturfonden. Tillgänglig: <https://www.wwf.se/cdn.triggerfish.cloud/uploads/2019/01/wwf-fiskguiden-2016-16-7466.pdf>
- Västerhavet (2011). Musselmjöl ska ge bättre havsmiljö. *Västerhavsbloggen*. [Blogg]. Tillgänglig: <https://vasterhavsbloggen.wordpress.com/2011/11/27/musselmjol-ska-ge-bättre-havsmiljo/> [2019-05-24]
- Waara, A. & Hedin, D. (2012). *Lönsam energiåtervinning – i ett akvaponiskt system*. Luleå tekniska universitet. Luleå. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-57666> [2019-06-09]
- Wallis, J.G., Watts, J.L. & Browse, J. (2002). Polyunsaturated fatty acid synthesis: what will they think of next? *Trends in Biochemical Sciences*, vol. 27 (9), ss. 467–473. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(02\)02168-0](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(02)02168-0)
- Wik, T. & Pedersen, S. (2016). Landbaserat recirkulerande vattenbruk (RAS). Power Point, Göteborg. Tillgänglig: https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1587/1587846_05---torsten-wik--ras-teknik--att-odla-marina-arter-p---land.pdf
- Wik, T.E.I., Lindén, B.T. & Wramner, P.I. (2009). Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modelling for recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, vol. 287 (3), ss. 361–370.

Personlig kontakt

Oliviusson, Björn; Vattenstrateg i Haninge kommun, Industridoktorand vid KTH. 2019. E-post 8 maj.

