



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV)

## Hoppkräftor (Copepoda) som föda till djur och människor



**Linnéa H Christenson**

---

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp  
Agronomprogrammet – Husdjur  
Institutionen för husdjurensutfodring och vård (HUV) 575  
Uppsala 2016

---



# Hoppkräftor (Copepoda) som föda till djur och människor

## Copepods as feed for animals and humans

**Linnéa H Christenson**

<b>Handledare:</b>	Torbjörn Lundh, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV)
<b>Examinator:</b>	Anders Kiessling, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV)
<b>Omfattning:</b>	15 hp
<b>Kurstitel:</b>	Kandidatarbete i husdjursvetenskap
<b>Kurskod:</b>	EX0553
<b>Program:</b>	Agronomprogrammet - Husdjur
<b>Nivå:</b>	Grund, G2E
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2016
<b>Serienamn, delnr:</b>	Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 575
<b>Omslagsbild:</b>	Copepod with eggs av Kat Masack 27/4-2009 (flickr.com)
<b>Nyckelord:</b>	Copepoder, fodermedel, omnivorfoder, humankonsumtion, insekter, sojaböna, näringsvärde, aminosyra, protein, omega 3
<b>Key words:</b>	Crustacean, protein, feed, human consumption, insects, soybean, nutritional value, amino acid, omega 3, omnivorus



## **Abstract**

The zooplankton copepod lives in fresh, salt and brackish water all around the world. Because of their short lives of one year these tiny crustacean has many uses in nature. They are food for marine animals, nutrient recyclers and converts energy in the food chain. They contribute to fish-aquaculture with better survival, growth and counter malformation, which depends on their richness of omega 3 fatty acids and their balanced amino acid profile. A comparison with soybean and insects will tell us if copepods can be used as feed for omnivorous species. Copepods got chitin in their shell and their fatty acids are bound in the form of wax esters and fatty alcohols, which contain a lot of nutrients. The wax esters and chitin are hard for land living omnivorous animals to digest. The soy and the copepods contain equal amounts of sulphur-based amino acids. Iodine, manganese, zinc and copper are common nutrients in copepods which can contribute to many important functions in the animals body. In the omnivorous species pigs, poultry and humans the youngest requires the highest concentration of nutrients, besides laying hens requirement for calcium. The copepods can compete with insects and soy in nutrient and amino acid content. If a more complete digestion of wax esters and chitin could be derived, copepods would be an excellent feed for omnivorous species.

## **Sammanfattning**

Hoppkräftor (Copepoda) används som föda till vattenlevande djur och har många användningsområden i naturen. De bidrar till miljönytta med sitt levnadssätt, födointag och näringsåtervinning. De är zooplankton som lever i sött, bräckt och salt vatten över hela jorden. Copepoder bidrar bland annat till en ökad överlevnadsgrad och snabbare tillväxt hos fisken på grund av omega 3 fettsyror och deras balanserade aminosyraprofil. En jämförelse av copepoders näringsinnehåll mot soja och insekter kan utvärdera om de är ett bra fodermedel för omnivora arter. Copepoder innehåller kitiner i sitt skal och den marina oljan som finns i copepoder är förestad med långa kedjor av vaxestrar och fettalkoholer. Vaxestrar och kitin innehåller mycket näring och är svårt för landlevande djur som omnivorer att bryta ner. Sojan och copepoder innehåller lika mycket svavelbaserade aminosyror. Jod, mangan, zink och koppar finns det mycket av i copepoder och dessa har många viktiga funktioner i alla djur. Det är de yngsta djuren i varje kategori (gris, människa och fjäderfä) som har behov av störst koncentration aminosyror, vitaminer och mineraler förutom kalcium, där den värpande hönan har störst behov. Copepoder kan konkurrera med insekter och soja i närings- och aminosyrainnehåll, därför bör problemen med nedbrytning och utvinning ur vattnet lösas för att en produktion ska kunna komma igång till omnivora arter.

## **Introduktion**

Hoppkräftor (copepoder) finns på många djup och breddgrader. Copepoder är mer förekommande i naturen än insekter och spelar en enormt viktig roll i ekosystemet. De är länken mellan fotosyntetiserande plankton och större marina arter exempelvis fiskar (Sendrós., 2004; Mauchline., 1998). Det finns mer än 11 000 copepodarter och de ingår i gruppen zooplankton. De lever naturligt i sött, bräckt och salt vatten över hela jorden.

Copepoders föda består av plankton, mygglarver och andra copepoder i det vilda (Raghavendra *et al.*, 2011), de är både herbivorer, omnivorer och karnivorer. Ris, jäst och alger används ofta som fodermedel inom copepodproduktionen (Lavens & Sorgeloos., 1996). Bioflock består av svampar, alger, bakterier och andra typer av micrororganismer, dessa används som copepodfoder, där copepoder äter bioflocken och äts sedan själva av fisklarver och räkor (Nhung., 2016). Copepoder är anpassade för både kyla och värme, vid kallare breddgrader kan äggen ligga i dvala i väntan på bättre förhållanden, vilket försvårar en kommersiell produktion av copepoder (Mclaren *et al.*, 1969). Arterna varierar i storlek beroende på omgivningen och näringstillgång, en del kan ses med blotta ögat medan andra bara kan ses i mikroskop (Boxshall., 2004), de unga copepoderna kallas napulii. Den vanligaste copepodarten på norra delen av jorden är *Pseudocalanus acuspes* som har en storlek av 0,702 till 1,14 mm (Renz & Hirche., 2006). Djur som livnär sig på copepoder i det vilda är bardvalar (*Mysticeti*), filtrerande fiskar (som tilapia), laxlarver (*Salmo salar*), torsklarver (*Gadus morhua*) och räkor (*Caridea*) (Boersma *et al.*, 2013; Boxshall., 2004; Hardy., 1941) på grund av dess rika innehåll av omega 3 fettsyror och proteiner (Pedersen *et al.*, 2014). I den här litteraturgenomgången görs framförallt jämförelser för att få reda på om det går att ersätta proteinfodermedel med copepoder till omnivorena gris, fjäderfä och människa. De studier som gjorts idag är framförallt på fisk, havslarver och råttor. Kan copepoder ersätta soja som proteinfodermedel och vara ett alternativ till insektsprotein inom animalieproduktionen? Kan copepoder bli en proteinkälla även inom humankonsumtionen, istället för insekter?

## Huvudtext

### Nytta med copepoder

På grund av copepodens korta liv på ett år har dessa små kräftdjur många funktioner och användningsområden i naturen. Copepoder bidrar till näringsomvandlingen och ingår i kolets kretslopp (Sterner & Hessen., 1994; Sterner., 1990) genom att napulii uppehåller sig vid ytan och äldre djur uppehåller sig längre ner (Renz & Hirche., 2006). Att de äldre djuren lever djupare bidrar till att mineraler flyttas ner till djupare delar av haven när de dör och bryts ner (Sterner & Hessen., 1994; Sterner., 1990). Under vintern förflyttar sig copepoder längre ut och djupare ner i haven, ner till 1000 meter (Finley., 2001). Mängden copepoder varierar under året med störst biomassa och minst artrikedom under sommaren (Hooff & Peterson., 2006). Återanvändningen av näringsämnen påverkas utefter vad copepoder kan ta upp och vad de släpper ut (Sterner., 1990). Copepoder minskar i tillväxt om de är brist på någon av halterna fosfor, kväve och kol i dess omgivning. De påverkas mycket av en ändring i kol:kväve (C:N) och kol:fosfor (C:P) kvoterna men påverkas mindre vid ändring av kvoten kväve:fosfor (N:P) i de baltiska haven (Walve., 1999). Näringsvärdet i copepoden påverkas av deras föda, omgivningens saliniteten och till viss del även temperaturen (Santhanam & Perumal., 2012), de optimala värdena är olika beroende på art och ålder (Lavens & Sorgeloos., 1996), vilket visar en enorm potential. En högre biomassa för copepoden uppnås genom ett högt nutritionellt fodervärde för copepoden, en hög foderkoncentration, en optimal temperatur och salinitet (Santhanam & Perumal., 2012). Copepodarten *Acartia tonsa*

(*A.tonsa*) behöver en salthalt på 35 gram per liter för optimal produktion, men är väldigt tolerant (Lavens & Sorgeloos., 1996; Mauchline., 1998) så länge *A.tonsa* få i sig ordentligt med föda (Mauchline., 1998). De flesta mer tropiska arter som används inom produktionen vill ha en salinitet mellan 15-70 mg/gram och en temperatur mellan 17-30 °C för att ligga på en produktionstillväxt på 15 % (Lavens & Sorgeloos., 1996). En större mängd copepoder behövs för att föda upp andra djurarter, ca 3000 levande copepoder behövs för att föda upp en fisklarv till fisk (Lavens & Sorgeloos., 1996). För att mätta en människa med enbart copepoder under en dag, krävs allt zooplankton som finns på en volym av 7500 m<sup>3</sup> (Hardy., 1941). Copepodarten *Oithona rigida Giesbrecht* har ett produktionsoptimum på salinitet 24-27 ‰, temperatur på 26-30 °C och en koncentration på födan med 50 000 celler/ml. Detta är en mer tropisk art som lever i bräckt vatten men de är robustare än andra tropiska copepodarter och klarar även lägre temperaturer (Santhanam & Perumal., 2012). Enligt Hardy (1941) hade zooplankton ett mycket bra näringsinnehåll och har potentialen att vara en bra lösning för humankonsumtionen. Enligt Pedersen *et al.* (2014) är copepoder ett lämpligt tillskott i den humana västerländska dieten, där fisk och skaldjur blir mindre förekommande och fetma är ett stort problem.

### Produktion av copepoder

I Atlanten så sker en naturlig produktion av copepodarten *Calanus finmarchicus* (*C. finmarchicus*) på 300 miljoner ton per år (Skjoldal *et al.*, 2004). Arten *A.tonsa* har optimal produktion på 25 ägg om dagen/hona i fångenskap i 28-34 °C (Lavens & Sorgeloos., 1996). I studien av Cambell *et al.* (2001) blev *C.finmarchicus* tyngre, längre och hade en högre äggproduktion vid 4 °C när man jämfört 4, 8 och 12 °C. Idag fångas och odlas copepoder som föda till olika fiskar och skaldjur (Evjemo & Olsen., 1997) de utfodras levande eller torkade (Rajkumar & Kumarraguru vasgam., 2006; Pedersen *et al.*, 2014). Fiskfoderproduktionen kan förbättras genom att använda copepoder istället för hjuldjur (*rotifer*) och bladfoting (*artemia*) (Abate *et al.*, 2015). Fisken i produktionen får nämligen högre överlevnadsgrad, högre sjukdomsresistens, minskad felpigmentering (Støttrup., 2000) och ökar i tillväxt om de utfodras med copepoder jämfört med rotifer och artemia (Imsländ *et al.*, 2006 ;Karlsen *et al.*, 2015; Støttrup., 2000). Copepoder attraherar fisken genom sitt aktiva rörelsemönster (Støttrup., 2000; Lavens & Sorgeloos., 1996) och sin storlek (Støttrup., 2000; Lavens & Sorgeloos., 1996). Ju större födan är ju mer attraktiv är den (Imsländ *et al.*, 2006 ; Karlsen *et al.*, 2015). Vid kallare breddgrader har copepoder börjat användas istället för rotifer och artemia till torsklarver, (Evjemo & Olsen., 1997) på grund av att rotifers är immobila i kallare vatten (Karlsen *et al.*, 2015; Lavens & Sorgeloos., 1996). Enligt studien av Imsländ *et al.* (2006) är tillväxten på copepoder överlägsen rotifers vid alla temperaturer, copepoder har ett högre födointag på ca 20 %, den höjda kostnaden för fodret anses kompenseras av den ökade fiskproduktionen och de hälsosamma effekterna för fiskarna (Imsländ *et al.*, 2006). Artemia behöver ett tillskott för att komma upp i lämpliga näringsvärden för att bli fodermedel för fisken, ett dåligt näringsvärde leder till missbildning och misspigmentering. Trots copepoders överlägsenhet inom akvakulturen används mest rotifers och artemia. Artemia är vanligare inom akvakulturproduktionen genom att de kan insamlas från stora vilda

bestånd med enkla metoder och blir överlägsen ur ett kostnadsperspektiv (Støttrup & Norsker., 1997).

Geiger skriver i sin artikel (1958) att det är för dyrt att skörda och producera copepoder när billiga högvärdiga proteiner finns tillgängliga på marknaden så som fiskmjöl, blodmjöl, köttrester samt syntetiska tillskott som vitaminer och aminosyror. Copepoder är svåra att utvinna ur haven och grundidén bakom att skörda copepoder kommer från valarnas tunna valfiskben (*baleen*) som silar haven (Reay., 1954). Copepoder i kommersiell produktion fångas idag i specifika planktonnät utformade som stora håvar med en öppning på 30 m<sup>2</sup> och 80 µm i hålstorlek (Meeren *et al.*, 2014; Hardy., 1941) de går sen igenom ett hjulfiltersystem, för att särskilja copepoderna från vattnet. Hjulfiltret består av nät och glasfiberringar, som separerar filtertanken till tre olika delar och är väldigt skonsamt för copepoderna (Meeren *et al.*, 2014). Produktionshastigheten av copepoder i en tank mäts genom ammoniak halten, efter en utfodring förväntas värdet vara 1,8 mg/liter för en god produktionshastighet (Støttrup & Norsker., 1997). Geiger (1958) påpekade att större copepoder kan centrifugeras ut medan mindre är svåra att få upp ur vattnet. Abate *et al.* (2015) undersökte om det finns någon ekonomisk lönsamhet att producera copepoder, med tanke på de höga produktionskostnaderna som uppkommer för att utfodra fisken med levande föda (Abate *et al.*, 2015). I Danmark byggdes ett recirkulerande akvakultur system (RAS) som försöksanläggning för storskalig konventionell produktion av copepoder. RAS är en produktionsform där vatten renas och återanvänds i ett slutet system likande vattenreningsverkens. RAS består av fem tankar där ägg, vuxna samt djuren under tillväxt hålls isär, ett laboratorium, ett klimatrum för att kläcka äggen och en alg-bioreaktor där de sker produktion av mikroalger (Abate *et al.*, 2015). Copepoder bör ej vistas med sina egna ägg då det finns risk att de äter upp äggen (Boersma *et al.*, 2013), eftersom äggen utgör en extra energireservoar för äldre copepoder under ogynnsamma förhållanden (Mclaren *et al.*, 1969). Tillväxten av copepoder och kläckningen av copepodägg gynnas av olika temperaturer där ägg kläcks vid varmare temperatur och copepoder blir större vid lite svalare temperatur (Mclaren *et al.*, 1969; Cambell *et al.*, 2001), temperaturen är individuell för arten. Enligt Abate *et al.* (2015) är det ekonomiskt hållbart att producera copepoder till fiskfoder i en RAS-anläggning.

## Problem med copepoder

Alla skaldjur och kräftdjurs marina oljor är uppbundna i vaxestrar och fettalkoholer (Eilertsen *et al.*, 2012). Vaxestrar kan inte tas upp av våra kroppar, därav går de direkt ner till tjocktarmen och fermenteras av bakterierna, om djuret fått i sig för mycket vaxestrar leder det till diareé (Pedersen *et al.*, 2014 i Place., 1992). Enligt Eilertsen *et al.* (2012) kan möss till viss del hydrolisera vaxestrar och få ut både näring samt omega 3 fettsyror. Vaxestrar i copepoder förhindrar åderförkalkning, minskar vävnadsinflammation och hämmar inlagring av fett hos råttor, vilka fick en fettrik diet kombinerat med 2 % copepoder (Pedersens *et al.*, 2014). Copepoder använder triglycerider, fetter och fosfolipider under näringsfattiga perioder. Som snabb energi används vaxestrar och triglycerider, medan kolesterol och fosfolipider bryts ner långsamt (Lee *et al.*, 1970). Copepoder innehåller 5 gånger mer kolesterol än artemia (Pedersen *et al.*, 2014). Kolesterol som bygger upp celler innehåller oftast high density



lipoprotein (HDL) från omega 3 medan höga halter av low density lipoprotein (LDH) kolesterol orsakar problem, exempelvis bildning av blodproppar (TFHG., 2015).

Copepoders skal är ett exoskelett och innehåller bland annat fluor och kitin (Pedersen *et al.*, 2014 i Place., 1992). Fluor räknas som ett nervgift (Hälsosidorna., 2016) och kan vara dödligt i för stora halter, 30-60 mg/kg kroppsvikt är dödligt för människa (Whitford, 1990 i Oliveby, 2008). Copepoder från Antarktis har en relativt liten mängd fluor (0,87 µg/gram copepodkroppsvikt), vilket är mycket mindre än krillen från samma breddgrad (Sands *et al.*, 1998). Innehållet av fluor i Antarktisk krill testades på mink och anses inte vara skadligt, så länge inte hela dieten består av krill (Schupe *et al.*, 1987). I studien av Zhan *et al.* (2006) påvisades flera histologiska problem med för mycket fluor i fodret hos grisar som kronisk fluortoxios, där celler genomgick apoptosis samt lever och njurfunktioner förändrades. Exoskelett innehåller även kitin (Bakke *et al.*, 2010; Krogdahl *et al.*, 2005 i Langeland., 2014). Kitin bryts ner av enzymet kitinaser. Kitinaser produceras på många håll av svampar, marina organismer, växter samt i lungor och magsäck hos däggdjur (Musumeci & Paoletti., 2009; Cohen-Kupiec & Chet., 1998). Enzymet utvecklas evolutionärt i människor och djur, vissa djurarter och vissa grupper av människor har kitinaser med en högre aktivitet, som lättare kan bryta ner kitin. Kitinaserna fungerar vid pH 6 men har bäst effekt vid pH 2 (Musumeci & Paoletti., 2009). Zooplankton innehåller ca 5 % kitin (Reay., 1954) och insekter innehåller mellan 5-20 % kitin i torrs substans (ts) (Musumeci & Paoletti., 2009; Cohen-Kupiec & Chet., 1998). I en studie av Musumeci och Paoletti (2009) så bryts kitiner i flugvingar mycket långsamt ned med mucosans kitinaser och saltsyra (HCl) i magsäcken hos människa och maten passerade vidare till duodenum innan ett näringsutnyttjande ur kitinet skett. Troligtvis verkar kitinet här mer som en smakförstärkare än som näring i sig (Musumeci & Paoletti., 2009). Marina bakteriers kitinaser är effektivare än människans. Bakterierna utvinnet kol och kväve ur exoskelettets kitin för en fullständig utvinning (Hiraga *et al.*, 1997; Cohen-Kupiec & Chet., 1998; Lehman., 1980; Sterner & Hessen., 1994; Sterner., 1990; Musumeci & Paoletti., 2009). En utvinning av kitin möjliggörs för de marina bakterierna när copepoder dör och sjunker till botten (Sterner., 1990), vilket sluter kedjan i kolets kretslopp.

Saltvattens copepoder innehåller stora mängder salt och kan därför vara osmakligt som foder. Att få bort delar av saltet kan dock vara ett måste för att få omnivorer att äta copepoder. Copepoder kan pressas och sköljas, genom detta kommer en del salt men även en del näring försvinna. Råttor åt för lite trots fri tillgång och fick enbart ut 4 kalorier/gram ts ifrån pressade och sköljda copepoder (Clarke & Bishop., 1948). En diet av bara copepoder till råttor medförde att råttorna dog, äldre råttor klarade bättre av dieten. Dieten påvisade en hög halt av magnesium och kalium i kroppen som kunde störa råttornas saltbalans, men ingen påverkan på njurarna kunde ses. Stora mängder vatten konsumerades av råttorna vilket tros bero på salthalten. Råttor som utfodrades med 66 % copepodinblandning i dieten växte ojämn (Clarke & Bishop., 1948). Copepoder kan även bära på havslöss och sjukdomar som är skadliga för djuren som livnär sig på copepoder (Raghavendra *et al.*, 2011). Patogena- eller parasitbärande copepodarter orsakar stora ekonomiska förluster för akvakulturen (Boxshall., 2004).

## Potentiell framtid och utveckling

Idag används mycket fiskmjöl som fodermedel inom akvakulturen och omnivorproduktionen, men på grund av utfiskningen och de höga fiskmjölspriserna måste producenterna börja söka efter alternativa proteinfodermedel (Asche *et al.*, 2013) som exempelvis soja eller insekter. Fiskmjöl innehåller omega 3 och är en bra proteinkälla (Støttrup., 2000). Enligt Asche *et al.* (2013) så har soja konkurrerat med fiskmjöl under en längre tid inom foderproduktionen för lantbruksdjur. Fiskmjöl och sojaprisernas förhållande påverkas av världens utbud och efterfrågan (Asche *et al.*, 2013). Fiskmjölsproduktionen står idag för 31 % av grisfoderproduktionen och 9 % av fjäderfäfoderproduktionen (Jackson & Shepherd., 2010). Genom att fiskmjölet till största delen är vildfångad har ett lågt pris kunnat hållas (Asche *et al.*, 2013). Copepoder har ett optimalt fett och protein förhållande som gynnar fiskars tillväxt inom akvakulturen och skulle kunna ersätta fiskmjölet (Støttrup., 2000).

## Näringsinnehåll

I Moores artikel (2011) har människor provat att äta copepoder för att få i sig näring. Ingen forskning gjordes, mer än att de testade copepoder och gillade smaken. Enligt Dr Alain Bombard (Walford., 1958; ur Moore., 2011) så ska copepoder variera i smak mellan hummer, räkor och grönsaker. Det beskrivs även att zooplankton redan används i både Skandinavien och Kina som en smakförstärkare till pasta (Moore., 2011). Även Geiger (1958) har studerat en artikel om människor som livnär sig på bland annat copepoder. Clarke och Bishop skrev (1948) att copepoder trots en hög salthalt är smakligt och vid en konsumtion av 100-200 gram per dag upplevdes inga negativa effekter för människor. Enligt Meeren *et al.* (2008) så innehåller copepodarterna *Acartia grani* (*A.grani*), *Centropages hamatus* (*C.Hamatus*), och *Eurytemora affinis* (*E.affinis*) som fångats utanför Norges kust en balanserad aminosyraprofil med en hög mängd fria aminosyror. Copepoder som fodermedel har en proteinhalt på > 50 % ts medan i artemia som fodermedel är proteinhalten < 41 % ts (Evjemo *et al.*, 2003).

Insekter används som mat till människor i stora delar av Afrika, Asien, Central- och Syd-Amerika. Insekterna äts råa eller tillagade (Musumeci & Paoletti., 2009), som tillugg, snacks eller tillskott. Insekter har ofta ett högt protein och energiinnehåll vilket gör dem konkurrenskraftiga mot olika typer av vegetabiliska proteinfodermedel till omnivorer (Bukkens., 1997; Rumpold & Schlüter., 2013). I en studie av Rumpold och Schlüter (2013) visade det sig att syrsor hade lika bra eller bättre aminosyrainnehåll än sojaproteinet, vid försöksutfodring till råttor. Insekter har lika bra eller bättre aminosyrakomposition än sojan, tabell 1. Histidinnivån (His) är högre i copepoder än i soja och insekter, med undantag av termiter, tabell 1. Cystein (Cys) kan syntetiseras i alla djur vid tillgång på metionin (Met) (Ketola., 1982 i Langeland., 2014).

Tiamin (vitamin B1) fanns mer av i sojan än i övriga fodermedel. Retinol finns inte i sojaböna, copepod, artemia eller rotifers men finns i låg mängd i insekter. Genom copepoders höga halter av astaxantin, E vitamin och askorbinsyra (C vitamin) kan retinol som är en viktig antioxidant skapas, vilket är livsviktigt för fisklarver (Meeren *et al.*, 2008). Copepoder har bättre mineral och vitamin komposition än artemia och rotifers, förutom för Vitamin E och C.

Copepoder innehöll mer  $\alpha$ -tokoferol (Vitamin E) än både insekter och soja. Vitamin C, jod, mangan, zink och koppar fanns i bra mängd i copepoder men gick ej att jämföra med de övriga fodermedlen som inte undersökts fullständigt (Karlsen *et al.*, 2015; Rajkumar & Kumaraguru vasgam., 2006; Livsmedelsverket., 2016; Finke *et al.*, 1989; Kodondi *et al.*, 1987 i Bukkens., 1997; Rumpold & Schlüter., 2013). Dessa mineraler har många viktiga funktioner i levande organismer. Några exempel är att jod påverkar sköldkörtelns (*thyroidea*) hormoner och reglerar kroppens metaboliska processer. Zink är en viktig beståndsdel i många enzymer men även en kofaktor i fett, kolhydrat och protein metabolismen. Det antas även att zink har en avgörande faktor i sårhäkning och i viktiga hormoner som luteiniserande hormon (LH), follikelstimulerande hormon (FSH), insulin, glukagon etc (Tacon., 1987). Mangan aktiverar enzymer som kopplar av eller på fosforgrupper i citronsyra cykeln, samt påverkar reproduktionen och benformationen. Koppar påverkar nerver, röda blodceller och oxidation-reduktions enzymer, samt antas vara nödvändig för melanin formation. Tiamin påverkar bland annat kolhydratmetabolismen via pentos-fosfat shunten och  $\alpha$ -ketoglutarat komplexet. Vitamin C (askorbinsyra) behövs i binjuren för syntes av steroidhormoner men transporterar även vätgas inom cellerna och verkar på det sättet som en antioxidant. Vitamin C krävs för hydrolyseringen av de essentiella aminosyror lysin (Lys), fenylalanin (Phe), tryptofan (Trp) och tyrosin (Tyr). Vitamin E skyddar mot oxidativ stress genom att binda fria radikaler och spelar en viktig roll i cellandningen (Tacon., 1987). Enligt Ørnsrud *et al.* (2004) kan vitamin A orsaka missbildning under tillväxten och under det vuxna livet.

Tabell 1: Aminosyrasammansättning hos copepoder, rotifers, artemia, olika insekter och sojaböna i procent av råprotein

I % av råprotein	Copepoder (Acartia clausi) Hoppkräfa <sup>8</sup>	Rotifier hjuldjur <sup>8</sup>	Artemia (napulii) bladfoting <sup>8</sup>	Termit (macrotermis bellicosus) <sup>14</sup>	Syrsa <sup>22</sup>		Kackerlacka (blattodea) <sup>17</sup>	Fjärilslarv Caterpillar imbrasia epimethea <sup>13</sup>	Sojaböna <sup>16</sup>
					HCM	MCM			
Alanin	11.12	7.18	7.86		8.6	8.1	5.66		3.4
Arginin	8.57	7.08	7.21	6.94	7.8	6.3	4.15	6.62	6.8
Aspargain-syra	9.57	9.21	9.2		7.4	5.4			8.5
Cystein	0.07	n.d	n.d	1.87	0.9	1.3	1.16	1.87	1.6
Glutamin-syra	11.10	13.72	10.34		11.2	10.4	9.97		15.5
Glycin	4.25	6.92	6.31		5.9	5.4	5.87		3.6
Histidin	3.5	1.61	3.14	5.14	2.5	2.2	1.94	1.97	0.3
Isoleucin	2.17	5.01	5.08	5.11	4	3.7	2.99	2.86	4.6
Leucin	9.92	9.12	8.81	7.83	7.6	6.8	5.64	8.1	6.8
Lysin	11.04	10.29	10.20	5.42	5.9	5.4	4.8	7.42	5.2
Metionin	1.98	2.92	1.98	0.75	1.7	1.5	2.98	2.24	0.8
Fenylalanin	1.05	4.69	5.26	4.38	3.4	3.3	3.06	6.5	4.4
Prolin					4.6	3.9	6.5		3.8
Serin	6.37	5.18	5.94		4.3	4.8	4.19		4.7
Treonin	2.5	3.41	3.94	2.75	4.3	4.3	3.46	4.8	3.5
Tryptofan				1.43	n.d	n.d	0.6	1.6	n.d
Tyrosin	6.31	3.92	5.29	3.02	5.3	4.7	6.23	7.5	3
Valin	9.57		6.74		5.7	4.9	5.38		3.4
TOT	55-70	35-41	55	34.8				58.1	34

<sup>1</sup> totalt proteininnehåll/100gram ts (TOT), hussyrsemjöl (HCM), mormonsyrsemjöl (MCM), icke påvisats (n.d), ej analyserat (tom ruta)

Ref: <sup>8</sup>(Karlsen *et al.*, 2015; Rajkumar & Kumaraguru vasagam., 2006), <sup>13</sup>(Kodondi *et al.*, 1987 i Bukkens., 1997), <sup>14</sup>(Ukhun & Osasona., 1985 i Bukkens., 1997), <sup>15</sup>(Wu Leung *et al.*, 1968 i Bukkens., 1997), <sup>16</sup>(Livsmedelsverket., 2016; Finke *et al.*, 1989), <sup>17</sup>(Rumpold & Schlüter., 2013), <sup>22</sup>(Finke *et al.*, 1989)

Insekter innehåller mer mättat- än omättat- fett (Bukkens., 1997; Rumpold & Schlüter., 2013) och viktiga mineraler som koppar, zink och jod. Copepoder har bättre balans mellan mättade fettsyror (SFA) och fleromättade fettsyror (PUFA) i jämförelse med insekterna, tabell 2. Copepoder innehåller även en större mängd PUFA än sojabönan och rotifers. PUFA innefattar både omega 3 och 6. Copepoder är rika på proteiner och omättade fetter, till skillnad från insekter som är rika på mättade fetter och proteiner (tabell 2). Imsland *et al.* (2006) anser att PUFA främjar fiskens aptit. SFA kan ge upphov till sjukdomar och blodproppar vid överkonsumtion medan enkelomättade fettsyror (MUFA) och PUFA är essentiella, motverkar sjukdomar och bygger upp strukturer som cellväggar etc. Copepoder innehåller ganska stora mängder linolensyra C18:3 (n-3) som är en omega 3 fettsyra sort, tabell 2. Linolensyran är en prekursor till EPA och DHA i däggdjur (Kattner & Hagen., 1995; Whelan., 2009). DHA och EPA kan omvandlas från PUFA. DHA är viktigt för hjärnfunktion, mitokondrier och ljusreceptorerna i ögonen. EPA är bland annat viktigt för hjärnan, humöret och immunförsvaret (Omega-3 och Hälsa., 2005-2016).

Tabell 2: Fettinnehållet i % hos copepoder, rotifers, artemia, olika insekter och sojabönan

Fett i %	Copepoder, (från Svartatjern (Norge))		Rotifier hjuldjur <sup>8</sup>	Artemia, bladfoting <sup>8</sup>	Termit (macrotermis bellicosus) <sup>14</sup>	Kackerlacka (blattodea) <sup>17</sup>	Fjärilslarv Caterpillar (imbrasia epimethea) <sup>13</sup>	Sojabö na <sup>16</sup>
	Napulli <sup>8</sup>	vuxna <sup>8</sup>						
<b>SFA</b>	<b>34.4</b>		<b>29.43</b>	<b>38.14</b>	<b>46.7</b>	<b>41.22</b>	<b>46.1</b>	<b>2.45</b>
<b>MUFA</b>	<b>25.59</b>		<b>35.79</b>	<b>31.31</b>	<b>14.9</b>	<b>49.58</b>	<b>9.0</b>	<b>4.23</b>
C18:2 (n-6)	2.08		5.67		34.42	1.06	7	8.65
C18:3 (n-3)	8.25		5.18	11.72	3.85	n.d	35.1	1.23
<b>PUFA</b>	<b>38.04</b>		<b>33.53</b>	<b>26.23</b>	<b>38.3</b>	<b>1.06</b>	<b>42.5</b>	<b>9.88</b>
ARA	0.6- 0.8	0.3-0.9	1.9-2.1	2.9				
EPA	14-20	19.3- 20.1	5	5.1				
DHA	32-38	34-38	32-34	9.1				

2

Ref: <sup>8</sup>(Karlsen *et al.*, 2015; Rajkumar & Kumaraguru vasagam., 2006), <sup>13</sup>(Kodondi *et al.*, 1987 i Bukkens., 1997), <sup>14</sup>(Ukhun & Osasona, 1985 i Bukkens., 1997), <sup>16</sup>(Livsmedelsverket 2016; Finke *et al.*, 1989), <sup>17</sup>(Rumpold & Schlüter, 2013)

## Omnivorernas näringsbehov

Copepoder som fodermedel har använts till fisk och råttor i olika experiment (Clarke & Bishop., 1948; Eilertsen *et al.*, 2012; Pedersen *et al.*, 2014). Närings, fett, mineral och vitaminbehoven skiljer sig mellan art, kön, ras, ålder och miljö. Även konventionell och ekologisk produktion av samma ras, djurslag och kön skiljer sig åt. Ekologiskt producerade

<sup>2</sup> mättade fettsyror (SFA), enkelomättade fettsyror (MUFA), linolsyra(C18:2(n-6)), linolensyra (C18:3(n-3)), fleromättade fettsyror (PUFA), arakidonsyra (ARA)= 20:4 (n-6), eikosapentaensyra (EPA) = 20:5(n-3), dokosahexaensyra (DHA) =22:6(n-3), icke påvisats(n.d), ej analyserat(tom ruta)

grisar och fåglar har större tillgång på järn och protein i form av jord och insekter än de djur som föds upp konventionellt. Människans aminosyrabehov skiljer sig under olika tillväxtfaser, tabell 3. Motsvarande gäller för grisar och fjäderfä, tabell 4. Enligt Finke *et al.* (1989) antas de svavelhaltiga aminosyrorna vara de första begränsande i en insektsbaserad diet till råttor.

Tabell 3; Aminosyrabehov under människans olika tillväxtstadier, i procent råprotein

I % av råprotein	Människor <sup>20+21</sup>			
	Små barn upp till 4 månader	Barn mellan 4 månader och 2 år	Barn mellan 10 och 12 år	Vuxna
Histidin	0.28			
Isoleucin	0.70	0.24	0.10	0.02
Leucin	1.61	0.56	0.15	0.03
Lysin	1.03	0.49	0.16	0.03
Metionin	0.58	0.21	0.08	0.03
Fenylalanin	1.25	0.53	0.08	0.03
Treonin	0.87	0.28	0.10	0.02
Tryptofan	0.17	0.96	0.01	0.01
Valin	0.93	0.29	0.09	0.02
TOT	10 gram	12-14 gram (13 gram användes)	24-31 gram (27.5 gram användes)	37-52 gram (44.5 gram användes)

3

Ref: <sup>20</sup>(NRV., 2014) <sup>21</sup>(NRC., 1989)

Tabell 4: Aminosyrabehov för gris och fjäderfä vid olika vikt eller ålder i procent råprotein.

I % av råprotein	Gris i kg <sup>18</sup>							Vita unghöns i veckor(bruna) <sup>19</sup>				Broiler i veckor <sup>19</sup>		
	5-7	7-11	11-25	25-50	50-75	75-100	100-135	0-6 450g	6-12 980g	12-18 1375g	18-1:a ägg 1475g	0-3	3-6	6-8
Arginin	0.75	0.68	0.62	0.5	0.44	0.38	0.32	5.55 (5.22)	5.19 (4.88)	4.47 (4.13)	4.41 (4.24)	1.25	1.1	1
Cystein	0.47	0.43	0.39	0.33	0.29	0.25	0.22	1.78 (1.72)	1.69 (1.63)	1.33 (1.33)	1.47 (1.35)	0.4	0.34	0.28
Histidin	0.58	0.53	0.48	0.39	0.34	0.30	0.25					0.35	0.32	0.27
Isoleucin	0.88	0.79	0.73	0.59	0.52	0.45	0.39					0.8	0.73	0.62
Leucin	1.71	1.54	1.41	1.13	0.98	0.85	0.71					1.2	1.09	0.93
<b>Lysin</b>	<b>1.7</b>	<b>1.53</b>	<b>1.4</b>	<b>1.12</b>	<b>0.97</b>	<b>0.84</b>	<b>0.71</b>	4.72 (4.44)	3.75 (3.5)	3 (2.8)	3.06 (2.88)	1.1	1	0.85
<b>Metionin</b>	0.49	0.44	0.4	0.32	0.28	0.25	0.21	<b>1.67</b> <b>(1.56)</b>	<b>1.56</b> <b>(1.44)</b>	<b>1.33</b> <b>(1.27)</b>	<b>1.29</b> <b>(1.24)</b>	<b>0.5</b>	<b>0.38</b>	<b>0.32</b>
Fenylalanin	1.01	0.91	0.83	0.68	0.59	0.51	0.43					0.72	0.65	0.56
Treonin	1.05	0.95	0.87	0.72	0.64	0.56	0.49	3.78 (3.56)	3.56 (3.31)	2.33 (2.47)	2.76 (2.59)	0.8	0.74	0.68
Tryptofan	0.28	0.25	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.94 (0.89)	0.88 (0.81)	0.73 (0.67)	0.71 (0.65)	0.2	0.18	0.16
Tyrosin	0.59	0.53	0.49	0.4	0.35	0.31	0.27					0.62	0.57	0.48
Valin	1.1	1	0.91	0.75	0.65	0.57	0.49					0.9	0.82	0.7
TOT								18 (17)	16 (15)	15 (14)	17 (16)	23	20	18

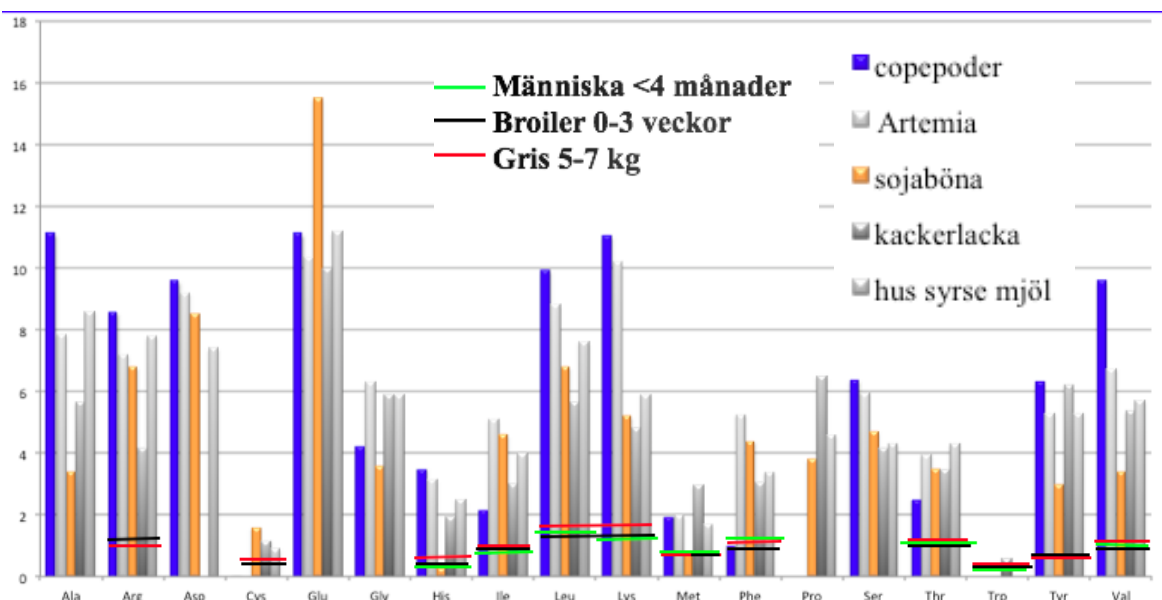
4

<sup>3</sup> total mängd protein/100 gram ts(TOT), ej analyserat(tom ruta) [uträkningen skedde genom att använda(mg/kg per dag/1000=g/kg per dag)→ (g/kg per dag)/TOT= i % protein]

Ref: <sup>18</sup>(NRC., 2012) <sup>19</sup>(NRC., 1994)

Met och arginin (Arg) var de begränsande aminosyrorna i fodermedlet hussyrsemjöl (HCM) för broilerkycklingar (Finke *et al.*, 1989). Enligt Elwinger (2013) är Met den första begränsande aminosyran för fjäderfä. Bruna värphöns behöver mindre Lys och Met i jämförelse med vita värphöns, tabell 4. Grisens första begränsande aminosyra är Lys (Göransson, *et al.*, 2010). De yngsta omnivorerna är de som har störst behov av aminosyror, vitaminer och mineraler. Däremot är kalciumbehovet störst hos värphöns, tabell 4. Mineraler och vitaminer är viktiga ur produktion och djurvälståndssynpunkt. Tiamin, retinol, vitamin D3,  $\alpha$ -tokoferol, jod, mangan, koppar, zink, selen, natrium, kalium, järn och magnesium är viktiga för grisar under hela livet men framförallt under tillväxten. Kalcium och fosfor är mycket viktiga för både gris och fjäderfä, fosfor är viktigare under tillväxtenfasen medan kalcium är viktigare för höns vid äggläggning (NRC., 2012; NRC., 1994.)

Soja, artemia, copepoder, kackerlackor och HCMs aminosyrainnehåll jämförs i stapeldiagrammet i % av råproteinet mot minimikraven för aminosyrabehovet hos en människa yngre än 4 månader, en broilerkyckling som är mellan 0-3 veckor och en gris som väger mellan 5-7kg, figur 1. Aminosyrainnehållet i fodermedlen uppfyller minimikraven för alla arter för aminosyrorna Arg, isoleucin (Ile), leucin (Leu), Lys, Met, treonin (Thr), Tyr och valin (Val), figur 1. Minimikraven för Cys, His, Phe och Trp är inte uppfyllda eller mättes ej för vissa av fodermedlen, figur 1. De första begränsande aminosyrorna Lys för gris och Met för fjäderfä avgör lämpligheten hos copepoder, insekter eller soja som fodermedel. Copepoder innehåller mer Met än soja och lämpas därför bättre som fodermedel till fjäderfä, medan både copepoder och soja uppfyller kraven för Lys hos gris.



Figur 1: Y-axeln % av råproteinet, X-axeln värden och aminosyror enligt tabell 1, 3 och 4. Jämförelse av omnivoreernas aminosyrabehov (människa under 4 månader, broilerkyckling under 3 veckor och

<sup>4</sup> total mängd protein/100gram ts(TOT), icke påvisats(n.d), ej analyserat(tom ruta)

<sup>5</sup> Alanin (Ala), arginin (Arg), asparbinsyra (Asp), cystein (Cys), glutaminsyra (Glu), glysin (Gly), histidin (His), isoleucin (Ile), leucin (Leu), lysin (Lys), metionin (Met), fenylalanin (Phe), prolin (Pro), serin (Ser), treonin (Thr), tryptofan (Trp), tyrosin (Tyr), valin (Val)

griskulting som vägen mellan 3 och 5 kg) mot aminosyrainnehållet i copepodarten (*acartia clausi*), sojaböna, artemia, kackerlacka (blattodea) och hussyrsemjöl (HCM).

Ref: Karlsen *et al.*, 2015; Rajkumar & Kumaraguru vasgam., 2006; Livsmedelsverket., 2016; Finke *et al.*, 1989; Rumpold & Schlüter., 2013; NRC., 2012; NRC., 1994; NRV., 2014; NRC., 1989

## Diskussion

Största skillnaden mellan rotifers, artemia och copepoder är den höga mängden SFA i artemia och den höga mängden MUFA och PUFA i copepoder (Evjemo & Olsen, 1997). Soja innehåller ingen EPA eller DHA vilket är en nackdel ur fodermedelssynpunkt. Copepodarterna *A.grani*, *C.Hamatus* och *E.affinis* har en hög andel av EPA och DHA liksom andra copepodarter, vilket är bra för hjärnfunktionen, synen med mera. Copepoder är även en viktig källa till retinol (A1 vitamin) för fiskar. I studien av Eilertsen *et al.* (2012) har en diet med tillsats av copepodarten *C.finmarchicus* minskat åderförkalkningen i aorta hos råttor. Copepoder har inflammationshämmande egenskaper och sänker mängden plasmalipider samt minskar oxidativ stress (Eilertsen *et al.*, 2012), genom sitt tillhandahållande av ämnen för att skapa retinol i djuren som äter copepoder.

Copepoder har högre koncentration av de flesta aminosyror i jämförelse med sojabönan och insekterna, figur 1. För Phe, glutaminsyra (Glu), Cys, Ile, Tre och prolin (Pro) har sojan högre värden än copepoder. Människa, broilerkyckling och smågris har aminosyrakrav som uppfylls av soja, copepoder och insekter, figur 1. Det finns dock undantag. Copepoder uppfyller inte kraven för gris och människa för Phe, Trp samt Cys, figur 1. Behovet av Cys kan eventuellt motverkas av copepoders höga halt av Met, tabel 1. Cys och Trp i copepodarterna mättes inte i undersökningen av Karlsen *et al.* (2015) eller av Rajkumar & Kumaraguru vasgam, (2006). Soja uppfyller inte kraven för gris, människa och broilerkyckling för His och Trp. Tryptofanhalten i soja mättes inte av Livsmedelsverket 2016 eller av Finke *et al.* (1989). Copepoders potential som proteinfodermedel för gris, fjäderfä och människa skulle vara som ett fodertillskott, eller vid brist på föda (Clarke & Bishop., 1948; Hardy., 1941; Moore., 2011). Genom att copepoder har kitin i skalet skulle en sönderdelning och eventuell processering behöva göras för att öka upptaget av näringsämnen ur skalet. Enbart torkning medför att det är svårt för kroppen att tillgodogöra sig den mängden näring som copepoder innehåller och mycket vatten skulle behöva drickas (Pedersen *et al.*, 2014; Clarke & Bishop., 1948).

Insekterna har ett tillräckligt aminosyrainnehåll för att tillgodogöra aminosyrabehovet hos människa, broiler och gris, förutom för Trp där information saknas. Alla insekterna har nästan lika bra eller bättre aminosyrakomposition än sojan, vilket bekräftas av Rumpold och Schlüter studie (2013). Enligt figur 1 är Met i sojabönan även begränsande för människa, broiler och gris under första delen av tillväxten. Copepoder innehåller en större mängd kolesterolet än både rotifer och artemia (Pedersen *et al.*, 2014) och kan då utgöra en sjukdomsrisk (TFHG, 2015), men enligt Eilertsen *et al.* (2012) har det motsatta bevisats. Detta är troligtvis på grund av copepoders höga halter av omega 3. Copepoder anses näringsmässigt överlägsna både rotifer och artemia (Imsland *et al.*, 2006). Vid jämförelse av tabellerna (se figur 1) så har

copepoder ett bra aminosyravärde för att tillgodose både broiler, gris och människa. I studier på människor och råttor har det visat sig att copepoder ger näring och minskar sjukdomar men får i dagsläget inte vara för stor del av dieten. Där 2 % av dieten fungerade för råttor och 100-200 gram fungerade för människor utan att näringsbrist uppstår. Mer forskning skulle behövas för att utröna vilken mängd som är optimal för alla omnivora arter. Ett visst näringsutbyte sker utan anrättning av copepoder, men mer forskning kan göra näringen lättare tillgänglig och en större mängd copepoder skulle kunna användas i dieten, bland annat för att utfodra de omnivora arterna. En stor fördel med copepoder i jämförelse med insekter är mängden PUFA och MUFA som kan motverka sjukdom och bidra till cellväggsuppbyggnad i kroppen, tabell 2 (Pedersen *et al.*, 2014; Kattner & Hagen., 1995; Whelan., 2009). Även vissa mineraler förbättrar potentialen för copepoder som fodermedel. Copepoder anses innehålla för liten mängd fluor för att de ska vara nått problem, så länge inte hela dieten består av copepoder.

Problematiken ligger i tillgodogörandet av vaxestrar och kitinet samt uppsamlingen av copepoder. Uppsamlingen av copepoder har försökt lösas genom centrifugering och olika nätfångstsystem (Hardy., 1941; Geiger., 1958; Meeren *et al.*, 2014) men en mer effektiv skördemetodsutveckling av copepoder skulle behövas. Med RAS-tekniken går det att göra copepodproduktionen ekonomiskt lönsam vid odling i Danmark (Abate *et al.*, 2015). Detta möjliggör en utbredning av marknaden som proteinförsörjande i Europa och Skandinavien. RAS effektiva och storskaliga system kan även motverka utfiskningen av haven och öka proteinförsörjningen till omnivora arter. RAS skulle minska importen av fiskmjöl och sojafodermedel. I dagsläget beskattas de vilda fiskbestånden så hårt att vissa arter redan utrotats för att producera foder till akvakulturen och omnivora arter. Clarke och Bishop hävdade (1948) att copepoder krävde för stort jobb för att det skulle vara ekonomiskt hållbart, eftersom billigare produkter fanns på marknaden som köttmjöl etc. Köttmjöl och köttbiprodukter är idag förbjudet att utfodra produktionsdjuren med i EU efter utbrottet av galna kosjukan i England. I och med detta måste producenterna införskaffa proteinfodermedel som soja eller fiskmjöl (Asche *et al.*, 2013). På grund av förbudet har många undersökningar gjorts för att utröna om insekter skulle kunna ersätta sojan och fiskmjölet då produktionstakten på insekter är hög. Copepoder är en stark konkurrent till soja och insekter enligt denna litteraturstudie då de innehåller nyttigare fetter, ungefär samma aminosyraprofil och har en hög produktionstakt, tabell 1 och 2.

## Slutsats

Copepoder är likartad soja men överlägsna rotifer, artemia och många insekter i näringssammansättning etc. Genom nya rutiner för en storskalig produktion samt genom ett accepterande av allmänheten kan copepoder bidra till samhället. Copepoder är viktiga inom andra områden som inte inkluderats i litteraturstudien, de minskar sjukdomar som malaria genom att minska förekomsten av värddjuret, de minskar påverkan på vår miljö, de bidrar till kretsloppet genom avfallshantering, näringsutvinning, etc. Att anpassa vår produktion efter copepoder, att frisätta mer näring från copepoder och bättre filtersystem möjliggör en hög produktion av copepoder över hela världen. Copepoder kan med forskning bli ett utmärkt proteinfoderalternativ istället för soja och insekter till omnivora arter och människa.



## Referenser

- Abate, T.G., Nielsen, R., Nilesen, M., Drillet, G., Jespen, P.M., Hansen, B.W., 2015. *Economic feasibility of copepod production for commercial use: Result from a prototype production facility*, Aquaculture, vol 436, pp. 72-79, Denmark
- Asche, F., Oglend, A., Tveteras, S., 2013. *Regime shifts in the fishmeal/soybean meal price ratio*. Journal of Agricultural Economics vol 64, pp. 97–111
- Boersma, M., Weshe, A., Hirche, H-J., 2013. *Predation of calanoid copepods on their own and other copepods' offspring*, Marine biology, vol 161, pp. 733-743
- Boxshall, G.A. Halsey, S.H. (2004). *An Introduction to Copepod Diversity*. First edition. UK. The Ray Society
- Bukkens, S.G.F., 1997. *The nutritional value of edible insects*, Ecology of Food and Nutrition vol 36, pp. 287–319
- Cambell, R.G., Wagner, M.M., Teegarden, G.J., Boudreau, C.A., Durbin, E.G., 2001. *Growth and development rates of the copepod Calanus finmarchicus reared in the laboratory*, Marine ecology progress series, vol 221, pp. 161-183, USA
- Clarke, G., Bishop, D., 1948. *The Nutritional Value of Marine Zooplankton with a Consideration of Its Use as an Emergency Food*, Ecology vol 29, pp. 54–71
- Cohen-Kupiec, R., Chet, I., 1998. *The molecular biology of chitin digestion*, Current opinion in biotechnology vol 3, pp. 270-277
- Eilertsen, K.-E., Maehre, H.K., Jensen, I.J., Devold, H., Olsen, J.O., Lie, R.K., Brox, J., Berg, V., Elvevoll, E.O., Osterud, B., 2012. *A Wax Ester and Astaxanthin-Rich Extract from the Marine Copepod Calanus finmarchicus Attenuates Atherogenesis in Female Apolipoprotein E-Deficient Mice*, Journal of Nutrition vol 142, pp. 508–512
- Elwinger, K., 2013. *Fodermedel och foder till värphöns och slaktkycklingar*, SLU, Tillgänglig: [http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-var/Fagel/FODERMEDEL\\_till\\_varphons\\_o\\_slaktkycklingar\\_mars2013.pdf](http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-var/Fagel/FODERMEDEL_till_varphons_o_slaktkycklingar_mars2013.pdf) [2016-05-25]
- Evjemo, J.O., Olsen, Y., 1997. *Lipid and fatty acid content in cultivated live feed organisms compared to marine copepods*, Hydrobiology vol 358, pp. 159–162
- Evjemo, J.O., Reitan, K.I., Olsen, Y., 2003. *Copepods as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (Hippoglossus hippoglossus L.) with special emphasis on the nutritional value*, Aquaculture vol 227, pp. 191–210
- Finke, M.D., DeFoliart, G.R., Benevenga, N.J., 1989. *Use of a four parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats*, Journal of Nutrition vol 119, pp. 864–871
- Finley, K.J., 2001. *Natural history and conservation of the Greenland whale, or bowhead, in the northwest Atlantic*, Arctic vol 54, pp. 55–76
- Geiger, E., 1958. *Problems Connected with the Possible Use of Plankton for Human Nutrition*, American Journal of Clinical Nutrition vol 6, pp. 394–400
- Göransson, L., Lindberg, J.E., Borling, J., 2010. *Näringsrekommendationer Aminosyror*, SLU, ver 2010.2 Tillgänglig: [http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-var/Verktyg/Fodermedel%20och%20näringsrek%20till%20gris/Näringsrekommendationer/Naringsrekommendation\\_Aminosyror\\_2010\\_2.pdf](http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-var/Verktyg/Fodermedel%20och%20näringsrek%20till%20gris/Näringsrekommendationer/Naringsrekommendation_Aminosyror_2010_2.pdf) [2016-05-25]
- Hardy, A.C., 1941. *Plankton as a source of food*, Nature vol 147, pp. 695–696

- Hiraga, K., Shou, L., Kitazawa, M., Takahashi, S., Shimada, M., Sato, R., Oda, K., 1997. *Isolation and characterization of chitinase from a flake- chitin degrading marine bacterium, Aeromonas hydrophila H-2330*, Bioscience, Biotechnology and Biochemistry vol 61, pp. 174-176
- Hooff, R.C., Peterson, W.T., 2006. *Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California Current ecosystem*, Limnology and Oceanography vol 51, pp. 2607–2620
- Hälsosidorna., 2016. *Fuor (F)*, Tillgänglig: <http://www.halsosidorna.se/Fluor.htm> [2016-05-25]
- Imslund, A.K., Foss, A., Koedijk, R., Folkvord, A., Stefansson, S.O., Jonassen, T.M., 2006. *Short- and long-term differences in growth, feed conversion efficiency and deformities in juvenile Atlantic cod (Gadus morhua) started on rotifers or zooplankton*, Aquaculture Research vol 37, pp. 1015–1027
- Kattner, G., Hagen, W., 1995. *Polar herbivorous copepods: different pathways in lipid biosynthesis*. Ices journal of marine science vol 52, pp. 329–335
- Karlsen, O., van der Meeren, T., Ronnestad, I., Mangor-Jensen, A., Galloway, T.F., Kjorsvik, E., Hamre, K., 2015. *Copepods enhance nutritional status, growth and development in Atlantic cod (Gadus morhua L.) larvae - can we identify the underlying factors?* PeerJ vol 3, e902.
- Lavens, P., Sorgeloos, P., 1996. *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Fisheries technical paper 361*, FAO, Belgium, Tillgänglig: <http://www.fao.org/docrep/003/w3732e/w3732e0t.htm#b1-5.2.1.%20Introduction> [2016-04-21]
- Langeland, M., 2014. *Nutrition of Arctic charr (Salvelinus alpinus) and Eurasian perch (Perca fluviatilis) and evaluation of alternative protein sources*, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, vol 39, pp. 1-80, Uppsala
- Lee, R.F., Nevenzel, J.C., Paffenhöfer, G.-A., Benson, A.A., 1970. *The metabolism of wax esters and other lipids by the marine copepod, Calanus helgolandicus*, Journal of Lipid Research vol 11, pp. 237–240
- Lehman, J.T., 1980. *Release and cycling of nutrients between planktonic algae and herbivores*, Limnology and Oceanography vol 25, pp. 620–632
- Livsmedelsverket., 2016. Tillgänglig: <http://www7.slv.se/SokNaringsinnehall/Home/FoodDetails/887#>, [2016-04-11]
- Mauchline, J., 1998. *Advances in marine biology, The biology of calanoid copepods*, Academic Press vol 33, pp. 1-710, San Diego Tillgänglig: <https://books.google.co.uk/books?id=fbsrq6CvYkAC&pg=PA4&hl=sv#v=onepage&q&f=false> [2016-05-25]
- Mclaren, I.A., Corkett, C.J., Zillioux, E.J., 1969. *Temperature adaption of copepod eggs from the arctic to the tropics*, Biological Bulletin vol 137, pp. 486-493, Rhode island
- Meeren, T. van der., Olsen, R.E., Hamre, K., Fyhn, H.J., 2008. *Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish*, Aquaculture vol 274, pp. 375–397
- Meeren, T.van.der., Karlsen, Ø., Liebig, P.L., Mangor-Jensen, A., 2014. *Copepod production in a saltwater pond system: A reliable method for achievement of natural prey in start-feeding of marine fish larvae*, Aquacultural engineering vol 62, pp. 17-27, Norway
- Moore, P.G., 2011. *The background to the proposition that plankton be used as food in the United Kingdom during the Second World War*, Archives of Natural History vol 38, pp. 287–299
- Musumeci, S. & Paoletti, M.G. 2009. *Binomium Chitin-Chitinase*, Nova Science Publishers vol 1,

USA.

- Nhung, N., 2016. *Copeflock- shrimp with natural food*, Tillgänglig: <http://khaiminhseafood.vn/en/detail-copefloc--shrimp-with-natural-food-107> [2016-05-25]
- Oliveby, A., 2008. *Fluorprofylax*, Karolinska institutet Odontologiska institutionen Enheten för cariologi och endodontic, pp. 160-169 (10) Tillgänglig: [http://edu.ofa.ki.se/effica\\_pa/files/Anettes%20pdf/C0160-169%20Fluorprofylax.pdf](http://edu.ofa.ki.se/effica_pa/files/Anettes%20pdf/C0160-169%20Fluorprofylax.pdf) [2016-05-20]
- Omega-3 och Hälsa., 2005-2016. *Om omega-3 och fiskolja*, Tillgänglig: <http://www.omega-3.se/fiskolja.html> [2016-05-25]
- Pedersen, A.M., Salma, W., Hoper, A.C., Larsen, T.S., Olsen, R.L., 2014. *Lipid profile of mice fed a high-fat diet supplemented with a wax ester-rich marine oil*, European Journal of Lipid Science and Technology vol 116, pp. 1718–1726
- Raghavendra, K., Barik, T.K., Reddy, B.P.N., Sharma, P., Dash, A.P., 2011. *Malaria vector control: from past to future*, Parasitology Research vol 108, pp. 757–779
- Rajkumar, M., Vasagam, K.P.K., 2006. *Suitability of the copepod, Acartia clausi as a live feed for Seabass larvae (Lates calcarifer Bloch): Compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value*, Aquaculture vol 261, pp. 649–658
- Reay, G., 1954. *The Ocean as a Potential Source of World Food Supply*, Food Technology vol 8, pp. 65–69
- Renz, J., Hirche, H.-J., 2006. *Life cycle of Pseudocalanus acuspes Giesbrecht (Copepoda, Calanoida) in the Central Baltic Sea: I. Seasonal and spatial distribution*, Marine Biology vol 148, pp. 567–580
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K., 2013. *Nutritional composition and safety aspects of edible insects*, Molecular Nutrition & Food Research vol 57, pp. 802–823
- Sands, M., Nicol, S., McMinn, A., 1998. *Fluoride in Antarctic marine crustaceans*. Springer-Verlag Marine Biology vol 132 (4), pp. 591-598
- Santhanam, P., Perumal, P., 2012. *Effect of temperature, salinity and algal food concentration on population density, growth and survival of marine copepod Oithona rigida Giesbrecht*, Indian Journal of Geo-Marine Science, vol 41(4), pp. 369-376. India
- Schupe, J.L., Larsen, A.E., Olson, A.E., 1987. *Effects of diets containing sodium-fluoride on mink*. Journal of Wildlife Diseases. vol 23(4), pp. 606–613.
- Sendrós, E. S., 2004. *The copepods*, Department Biología Marina i Oceanografía, Spain, Tillgänglig: [http://www.icm.csic.es/bio/projects/zootransfer/the\\_partners/the\\_copepods/zcopepods.htm](http://www.icm.csic.es/bio/projects/zootransfer/the_partners/the_copepods/zcopepods.htm) [2016-05-20]
- Skjoldal H, Sætre R, Færno A, Misund O, Røttingen I, 2004. *The Norwegian Sea ecosystem*, Tapir Academic Press, Norway
- Sterner, R.W., 1990. *The Ratio of Nitrogen to Phosphorus Resupplied by Herbivores: Zooplankton and the Algal Competitive Arena*, The American Naturalist vol 136, pp. 209-229
- Sterner, R.W., Hessen, D.O., 1994. *Algal Nutrient Limitation and the Nutrition of Aquatic Herbivores*, Annual Review of Ecology and Systematics vol 25, pp. 1–29
- Støttrup, J.G., Norsker, N.H., 1997. *Production and use of copepods in marine fish larviculture*, Aquaculture vol 155, pp. 231–247
- Støttrup, J.G., 2000. *The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture*, Aquaculture vol 31, pp. 703-711

- Tacon, A.G.J., 1987. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp-a training manual 1. The essential Nutrients*, FAO, Brazil, Tillgänglig: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab470e/ab470e06.htm> [2016-03-27]
- The Family Health Guide (TFHG), 2015. *The truth about fats: the good, the bad, and the in-between*, Tillgänglig: <http://www.health.harvard.edu/staying-healthy/the-truth-about-fats-bad-and-good>, [2016-04-24]
- The National Research Council (NRC), 1989. *Recommended Dietary Allowances, Protein and Amino Acids*, National Academies Press vol 10, Washington (US), Tillgänglig: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234922/> [2016-03 -29]
- The National Research Council (NRC), 1994. *Nutritional Requirements of Poultry*, Tillgänglig: [http://www.merckvetmanual.com/mvm/poultry/nutrition\\_and\\_management\\_poultry/nutritional\\_requirements\\_of\\_poultry.html](http://www.merckvetmanual.com/mvm/poultry/nutrition_and_management_poultry/nutritional_requirements_of_poultry.html), [2016-03-31]
- The National Research Council (NRC), 2012. *Nutritional Requirements of Pigs*, Tillgänglig: [http://www.merckvetmanual.com/mvm/management\\_and\\_nutrition/nutrition\\_pigs/nutritional\\_requirements\\_of\\_pigs.html#v4641986](http://www.merckvetmanual.com/mvm/management_and_nutrition/nutrition_pigs/nutritional_requirements_of_pigs.html#v4641986), [2016-03-31]
- The Nutrient Reference Values (NRV), 2014. *Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand; Protein*, Tillgänglig: <https://www.nrv.gov.au/nutrients/protein> [2016-03-31]
- Walve, J., 1999. *Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of crustacean zooplankton in the Baltic Sea: implications for nutrient recycling*, Journal of Plankton Research vol 21, pp. 2309–2321
- Whelan, J., 2009. *Dietary stearidonic acid is a long chain (n-3) polyunsaturated fatty acid with potential health benefits*. The Journal of Nutrition vol 139, pp. 5–10
- Zhan, X-A., Wang, M., Xu, Z-R., Li, J-X., 2006. *Toxic effects of flouride on kidney funktion and histological structure in young pigs*, Research report Flouride vol 39(1), pp. 22-26, China
- Ørnsrud R., Wargelius A., Sæle Ø, Pittman K. & Waagbø R. 2004. *Influence of egg vitamin status and egg incubation temperature on subsequent development of the early vertebral column in Atlantic salmon (Salmo salar L.) fry*, Journal of Fish Biology vol 64, pp. 399-417