

# **Fleromättat fett i fodret till suggor (Köttbönderna G117-00, SLF 0252001)**

## **Slutrapport**

### **Bakgrund**

Livskraft och tillväxt är viktiga egenskaper hos smågrisar liksom hos andra husdjur, inte minst ur etisk och ekonomisk synvinkel - en extra gris avvand per kull skulle betyda mycket. Enligt Quality Genetics beräkningar är marginalvärdet av en sänkning av smågrisdödligheten med en procentenhet i Sverige 9 miljoner kr per år (Jonasson, 1999).

Flera studier visar att tillsats av extra fett i fodret (8-15%) till suggor under dräktighets- och digivningsperioden kan ha positiv effekt på smågrisarnas överlevnad och tillväxt (Moser & Lewis 1980; Pettigrew 1981), delvis eftersom innehållet av fett och därmed energitillgången i suggans råmjölk och mjölk ökar.

Under senare tid har fakta samlats som antyder att inte bara mängden fett utan även fettets kvalitet har betydelse för smågrisarnas överlevnad och tillväxt. Livsdugligheten hos nyfödda skulle kunna förbättras om modern under dräktigheten tillfördes fleromättat fett i större mängder än vad som hittills rekommenderats (Leskanich & Noble 1999). Om fett av lämplig kvalitet d.v.s. högt innehåll av fleromättade fettsyror används behöver heller inte totala fetthalten bli så besvärande ur hanteringssynpunkt.

Linol-, arakidon-, linolensyra samt de långkedjiga fleromättade fettsyrorerna (som har 20-22 kolatomer och 3 eller flera dubbelbindningar) kan inte syntetiseras i kroppen (de är essentiella fettsyror), däremot är de i viss utsträckning sinsemellan utbytbara. Grisen har jämfört med andra djurslag ett lågt fetthinnehåll vid födelsen, därefter ökar det snabbt. Intaget av fleromättade fettsyror påverkar förmågan att lagra fett i kroppens vävnader, och behovet är därför stort hos diande smågrisar. I råmjölk från suggor är 13% av fettsyrorerna linolsyra och i mjölk 9% (Csapó m. fl. 1996), vilket kan jämföras med knappt 3% i komjölk (Jensen m.fl. 1991).

De fleromättade fettsyrorerna ingår som strukturella komponenter i cellmembranernas fosfolipider. Som sådana är de viktiga för bl.a. placentans utveckling och funktion och för utveckling av ögats näthinna och av nervvävnad i foster (Innis 1991). Ett samband mellan placentans vikt och födelsevikten har iakttagits hos gris (Dyck & McKay 1986), och födelsevikten är som bekant av överordnad betydelse för överlevnad och tillväxt (ex. Le Dividich 1999). Under dräktighetens allra sista del fylls fostrens energireserver (Hakkarainen 1975) och i denna process är placentans funktionsduglighet av stor betydelse. Energireserven utgörs av glykogen och töms snabbt efter födelsen. Den nyfödda grisen som snarast måste få tillgång till näring är utlämnad till sin egen förmåga att förflytta sig till juvret och dia. Detta förutsätter tillräcklig utveckling av nervsystemet, både sensoriskt och motoriskt, redan vid födelsen.

Fleromättade fettsyror utgör råmaterial för kroppens syntes av prostaglandiner, en grupp hormoner som är av central betydelse bl.a. vid grisning. Det är prostaglandin från livmoderväggen som under slutet av dräktigheten sätter igång de hormonförändringar som leder till grisning. Under själva utdrivandet behövs prostaglandiner för livmoderns sammandragningar. Ett stort eller utdraget grisningsförlopp medför ökad dödlighet, och ett ökat antal grisar med svårigheter att dia.

Fleromättade fettsyror är nödvändiga för normal utveckling och tillväxt, speciellt under kritiska faser av utvecklingen, samt för det unga djurets immunstatus. Innehållet av fleromättade fettsyror är högt i mjälte, bräss och makrofager (Leskanich & Noble 1999). Prostaglandiner spelar en viktig roll även i immunförsvaret. Den specifika immuniteten hos den nyfödda grisen är mycket dåligt utvecklad. Smågrisen är i sitt försvar mot infektioner därför beroende av specifik immunitet överförd från modern via råmjölken samt sin egna s.k. naturliga, ospecifika immunitet.

Fleromättat fett är alltså av stor betydelse för smågrisarnas överlevnad och tillväxt, från fostrets näringsförsörjning via placentan, nervvävnadens utveckling hos fostret och den

nyfödda grisen, effektivt grisningsförlopp, till immunförsvaret hos spädbarnet. Till detta kommer så den tidigare kända effekten av fett i fodret till suggor - ökad energitillförsel via mjölken till smågrisarna.

Resultat från studier på grisar och andra djur tyder på att fodrets innehåll av linolsyra (en n-6 fettsyra) bör svara för 8% av energiinnehållet, linolensyra (en n-3-fettsyra) för 0,8%, och de längre fleromättade fettsyrorna för 0,2% (Leskanich & Noble 1999). Detta motsvarar ungefär 4% linolsyra i fodret vilket är betydligt mer än i de normer som finns. NRC (1998) rekommenderar 0,10% linolsyra i fodret till suggor liksom till andra djurkategorier, medan Simonsson (1994) och ARC (1981) inte lämnar några rekommendationer för avelsdjur - underlag saknas.

Inom svinproduktionen i bland annat Sverige har man av tradition använt foderblandningar baserade på spannmål. Spannmål innehåller vanligen 1-5% fett med närmare hälften linolsyra. I den mån extra fett har tillsatts i foderblandningarna har fleromättat fett oftast undvikits på grund av ökad risk för härskning, och inom slaktsvinsproduktionen också för att inte riskera vikt fett i slaktkroppen. Under senare år har havresorten Matilda (Svalöf Weibull AB) med högt fetthinnehåll, ca 10%, lanserats. Andelen linolsyra i Matilda är något lägre än i vanlig havre, drygt 30% jämfört med ca 40%, men det totala innehållet är dock betydligt högre.

I projektet undersöktes hur ett högt innehåll av fett i suggans foder under dräktighet och digivning inverkar på suggorna, deras smågrisproduktion och smågrisarnas livskraft, och om fleromättat fett - delvis tillfört som högfetthavre och alltså av n-6-typ - har fördelar jämfört med fett med mättad/enkelomättad fettsyraprofil.

Under projektets inledningsfas publicerades några studier som aktualiserade tillförseln av n-3 fettsyror i suggfodret (Rooke m. fl. 2000, 2001a-c). Via en annan finansieringskälla kunde en pilotstudie associeras till projektet. I denna studerades effekten på smågrisarnas utveckling av linfröolja i suggans foder under dräktighet och digivning. Linfröolja valdes därför att den har ett högt innehåll av linolensyra som är en n-3-fettsyra, för att den finns tillgänglig inom landet, och till skillnad från fiskolja - som användes i studierna av Rooke m. fl. - har den inte animaliskt ursprung och drabbas alltså inte av restriktioner vid användning i foder till livsmedelsproducerande djur.

## **Material och metoder**

### *Djur och djurhållning*

I huvudförsöket ingick 151 och i pilotstudien 10 Yorkshire-suggor, från avvänjning av föregående kull till avvänjning av försökskullen. Under betäcknings- och dräktighetsperioderna inhystes suggorna i storboxar på djupströbädd med upp till 16 suggor per grupp. Boxarna var utrustade med självstängande utfodringsbås. Suggorna hade fri tillgång till vatten i en vattenkopp. Suggorna inseminerades med Yorkshiresperma efter ståbrunst, de flesta två gånger.

En vecka före väntad grisning flyttades suggorna till individuella grisningsboxar med delvis dränerade golv och golvvärme. Varje box var försed med två vattennipplar, en på smågrishöjd och en på sugghöjd. Smågrisarna hade tillskottsvärme via lampa i smågrishörnan. Boxarna ströddes med halm dagligen.

Efter avslutad grisning märktes smågrisarna individuellt och deras tänder filades. Kullutjämning tillämpades inte. Vid fyra dagars ålder gavs järntillskott och hangrisarna kastrerades. Smågrisarna avvandes torsdagen närmast 5 veckors ålder genom att suggan flyttades och kullen stannade kvar i grisningsboxen fram till 9 veckors ålder.

### *Försöksuppläggning och utfodring*

Försöksfoderblandningarna (se även tabell 1) var

- LF – en ordinär suggfoderblandning med lågt fettinnehåll (3%), baserad på vete, korn och havre,
- HFS – suggfoder med högt fettinnehåll (6%), baserad på korn, vete och något havre, med tillsats av en kommersiell fettblandning med mättad/enkelomättad fettsyraprofil,
- HFO – suggfoder med högt fettinnehåll (6%), baserad på högfetthavre och vete med liten tillsats av korn och av en kommersiell fettsyrablandning med omättad fettsyraprofil,

och i pilotstudien dessutom

- HFL – suggfoder baserad på vete, havre och högfetthavre med liten tillsats av samma fettsyrablandning som i HFO och dessutom linfröolja som tillsattes fodret vid utfodring.

Vartefter suggorna blev tillgängliga i besättningen slumpfördelades de på försöksbehandlingarna efter att hänsyn tagits till kullnummer. Studien var godkänd av Uppsala djurförsöksetiska nämnd, Dnr C81/1.

Suggorna utfodrades med försöksfoderblandningarna från dagen då föregående kull avvandades tills dagen då försökskullen avvandades. Från försöksstart till seminering, dock högst 10 dagar, var fodertilldelningen 4 kg per sugga och dag, därefter utfodrades suggorna enligt Simonsson (1994) – 28 MJ omsättbar energi (OE) dagligen till suggor under 140 kg, 33 MJ OE till suggor med vikten 140 – 180 kg, 35 MJ OE till suggor med vikten 180-220 kg och 37 MJ OE till suggor över 220 kg. Suggor som var magra (ekolod under 15 mm) tilldelades 5 MJ OE extra under dräktighetsvecka 4-13. Från dagen efter grisning ökades tilldelningen med 1 kg dagligen tills full giva, 25 MJ OE + 0,76 MJ OE per gris i kullen, nåtts.

Smågrisarna tilldelades kommersiellt smågrisfoder (12,2 MJ OE, 155 g råprotein och 10 g lysin per kg) i sin hörna från 3 veckors ålder.

#### *Registreringar och provtagningar*

Suggorna vägdes och deras ryggspäckstjocklek mättes med ekolod (ca 8 cm från ryggens mitt vid sista revbenet, medelvärde av båda sidorna) vid avvänjning, vid betäckning, efter avslutad grisning, efter tre veckors digivning och vid avvänjning. Smågrisarna vägdes efter avslutad grisning, vid tre veckors ålder, vid avvänjning samt vid 9 veckors ålder.

I ca 10 kullar per försöksled övervakades grisningen och tidpunkten för varje kultings födelse antecknades. En gris per kull, vanligen den tredje födda, avlivades strax efter födelsen medelst koldioxid och avblodning efter blodprovstaggning med hjärtstick. För övriga grisar i kullen antecknades tidpunkten för när varje nyfödd gris först ställde sig upp, nådde juvret och diade. Vid ca ett dygns ålder (20 – 36 timmar) avlivades den tyngsta och den lättaste grisen i kullen. Avlivade grisar dissekerades, varvid hjärta, lungor, mjälte, njurar, lever, magsäck och tarmar med innehåll vägdes. Vävnadsprover från lever och muskel (M longissimus) snabbfrystes i flytande kväve och lagrades sedan vid -80° C. Den återstående slaktkroppen lagrades vid -18° C.

Under tredje dygnet efter grisning (48-72 timmar) togs mjölkprover från 16 suggor genom handmjölkning av tre spenpar efter injektion av 2 ml 10 IU/ml oxytocin. Provtagningen upprepades efter 3 veckors digivning.

#### *Provberedning och analyser*

Smågriskropparna maldes 2 gånger i köttkvarn efter upptining. Därefter homogeniserades prover inför analys. Dessa och foderprover analyserades med avseende på torrs substans, aska, råprotein (Kjeldahl N \*6,25) och råfett (EG-metoden), och för foderproverna växttråd. Mjölkproverna analyserades med avseende på torrs substans, aska, råprotein (Kjeldahl N \*6,38) och fett (Lindströmmetoden). Fettsyror i mjölkproverna analyserades efter extraktion med hexan och isopropanol. Fettsyror i mjölk- och foderprover metylerades, och separerades på

gaskromatograf varefter de identifierades med hjälp av standarder och publicerade data. Blodprover från de avlivade smågrisarna centrifugerades efter koagulering och serum avskildes inom en timme. Serum analyserades med avseende på glukos, kreatinin, urea, fria fettsyror och triglycerider (enzymatiskt och kolorimetriskt). Leverprover analyserades med avseende på fettsyror i polära och neutrala lipider, vilka separerades efter homogenisering men före metylering och gaskromatografi. Muskelproverna analyserades med avseende på glykogen.

#### *Statistiska bearbetningar*

Statistikpaketen SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA) har använts för de flesta av de statistiska bearbetningarna. Produktionsdata av kvantitativ karaktär, d.v.s. levande vikt och späcktjocklek hos suggor, kullstorlek, smågrisvikter, har analyserats med hjälp av GLM-proceduren med suggan som experimentell enhet vilket innebär att kullmedelvärden använts i tillämpliga fall. Smågrisar avlivades i 10 kullar per försöksgrupp strax efter grisning, dessa kullar har uteslutits från redovisningen av produktionsdata från strax efter grisning eftersom kullstorleken har ett starkt inflytande på bl.a. smågristillväxt. Effekten av försöksfoder och suggans åldersklass ingick i variansanalysens modell (dock ej åldersklass vid analys av mjölkens sammansättning). I produktionsförsöket indelades suggorna i 3 åldersklasser, yngre (kullnummer 2-3), medel (4-5), och äldre (6-8). Resultaten redovisas som least-squares means.

Smågrisdödlighet med dödsorsaker har analyserats som kategoriska data med FREQ-proceduren varvid effekter av försöksbehandling och av suggåldersklass har testats med Fisher's Exact Test. Resultaten redovisas som procent.

I kullövervakningsstudien indelades suggorna i 2 klasser, yngre (kullnummer 2-3) och äldre (4 och högre). Smågrisen behandlades här som experimentell enhet. Beteendedata har analyserats med MIXED-proceduren, varvid försöksfoder och åldersklass behandlats som fixa effekter och suggan som slumpmässig effekt. Blod- och muskeltglykogendata har analyserats med hjälp av GLM-proceduren, med försöksfoder och smågristyp (nyfödd, daggammal lätt eller daggammal tung) i modellen, åldersklass befanns inte ha någon effekt och uteslöts därför. Data från dissektioner och slaktkroppsanalys analyserades med SPSS-paketet (2001) som variansanalys där effekt av försöksfoder, åldersklass och smågristyp (nyfödd, daggammal lätt eller daggammal tung) ingick i modellen. I analysen av dissektionsdata användes dessutom smågrisens vikt vid avlivning som kovariabel. Resultaten redovisas som least-squares means.

#### **Resultat**

Det analyserade fettinnehållet var i LF-blandningen något högre och i HF-blandningarna något lägre (se tabell 1) än de beräknade värdena (3 resp. 6%).

Foderblandningarnas fettsyraprofiler redovisas i stora drag i tabell 2, där det framgår att lågfettblandningen LF hade högst andel fleromättat fett. Av högfettblandningarna hade HFS-blandningen högst andel mättat fett, HFO högst andel enkelomättat fett och HFL högst andel fleromättat fett. Kvoten mellan n-6 och n-3 fettsyror var 12-13 förutom i HFL-fodret efter tillsats av linfröolja där kvoten var 2,6.

Produktionsdata redovisas i tabell 3. Suggornas levande vikt påverkades inte av försöksfodren. Däremot hade åldersgruppen ett starkt inflytande. De yngre suggorna var lättast och ökade mera i vikt under dräktigheten än de äldre suggorna. De äldre suggorna förlorade mindre levande vikt under digivningen än de yngre och de medelgamla suggorna. HFS-suggorna hade det tunnaste ryggsäckpaketet under digivningen, trots att förändringen under digivningen inte var signifikant större hos dessa än hos de andra. De yngre suggorna hade tunnare ryggsäck under digivningen än de medelgamla och äldre suggorna. Inte heller här var förändringen under digivning signifikant.

Kullstorleken, både födda totalt och levande födda, var störst hos HFO-suggorna. Vid avvänjning fanns inga skillnader i kullstorlek mellan fodergrupperna. De äldre suggorna hade mindre kullstorlek vid avvänjning än yngre och medelgamla suggor. Medelvikten hos de levande födda var lägre hos HFO-suggorna än hos HFS-suggorna, vid 3 veckors ålder var HFS-grisarna tyngre än både LF- och HFO-grisar men inte vid avvänjning. Åldersgrupp hade inget inflytande på smågrisvikten. I pilotstudiens HFL-grupp föddes i medeltal 12,3 levande och 1,3 dödfödda per kull.

Smågrisdödligheten med utgångsorsaker redovisas i tabell 4. Det fanns en tendens till högre dödlighet bland HFO-grisarna räknat på totala antalet födda, och räknat på antalet levande födda var skillnaden signifikant. Dödlighet som följd av eftersatta grisar, pellar, var signifikant högre i denna grupp. Vidare fanns en tendens till högre frekvens dödfödda bland HFS-grisarna. Suggans åldersgrupp hade ett tydligt inflytande på smågrisdödligheten, som ökade med stigande ålder hos suggan. Samma samband sågs för frekvensen dödfödda och ihjällegade grisar, samt grisar döda av diarré.

Proteininnehållet var lägre i mjölk från LF-suggor vid första provtagningstillfället, dag 3 (tabell 5), än i mjölk från suggor i högfettgrupperna HFS och HFO. Såväl torrs substans som råprotein och fett minskade i samtliga grupper från första provtagningstillfället till det andra, vid 3 veckors digivning. Vid båda provtagningstillfällena hade mjölkens fettsyraprofil påverkats av utfodringen. I princip hade mjölk från LF-suggor mer av de kortare och mättade fettsyror, och HFO mer av de längre och omättade, med brytpunkt vid C18:0 (stearinsyra) där ingen skillnad fanns. Andelen kortare fettsyror (upp till C16:1) ökade från första till andra provtagningstillfället, medan de omättade C:18-fettsyror samtidigt minskade.

Observationer av beteende hos de nyfödda grisarna återfinns i tabell 6, inklusive data från pilotstudien med linfröolja. Det fanns en tendens för HFO-grisar att ta längre tid på sig innan de reste sig upp och innan de nådde juret. Suggans åldersgrupp inverkar på grisningen som tog längre tid och förlöpte med längre intervall mellan grisarnas födsel hos äldre suggor än hos yngre suggor.

Hos de dissekerade grisarna fanns en tendens till lättare tarmpaket hos HFL-grisar än hos övriga. LF-grisarna hade de tyngsta lungorna. De nyfödda grisarna hade proportionerligt (korrigerat till samma kroppsvikt) lättare tarmpaket, magsäck, njurar, mjälte och lungor än de daggamla. Torrs substansinnehållet, liksom innehållet av aska, råprotein och fett var högre hos HFL-grisar än hos övriga. Innehållet av råprotein och fett var lägst hos de nyfödda och högst hos de tunga daggamla (se tabell 7). Analysresten (torrs substans minus aska, råprotein och fett) var högre hos de nyfödda än hos de daggamla grisarna (3,2 rep. 1,6%). Nyfödda grisar hade högre innehåll av glykogen i muskel och kreatinin i serum och lägre innehåll av glukos, urea, fria fettsyror och triglycerider i serum än daggamla. HFL-grisarna skilde sig från övriga vad gäller fettsyraprofil i levermembraner (polära lipider), med högre andel av fettsyror C20:5 n-3 (EPA; i lever) och C22:6 n-3 (DHA); och med lägre andel av C20:4 n-6 (arakidonsyra). Beträffande de neutrala lipiderna i levern fanns skillnader mellan nyfödda och daggamla, skillnader som också fanns för polära lipider.

## Diskussion

Den ökade kullstorleken i HFO-gruppen var oväntad. Under senare år har flera studier rörande fleromättat fett i suggfoder publicerats, dock utan signifikant effekt på kullstorleken (ex. Lauridsen & Danielsen 2004; Rooke et al. 2000, 2001a, b). Flera studier har inriktats på smågrisarnas postnatale utveckling, och försöksutfodringen har påbörjats senare, efter betäckning eller under dräktighetens senare del, än i vår studie där försöksutfodringen påbörjades vid avvänjning av föregående kull, alltså några dagar före betäckning. Kritiska punkter för kullstorlek hos gris är antal ovulerade ägg, befruktningen och, framförallt, placenteringen (implantationen). Fengler et al. (1990) rapporterar dock ökad kullstorlek vid

utfodring av gyltor med safflorolja (fleromättat fett), jämfört med olivolja (enkelomättat fett). Här inleddes försöksutfodringen vid brunsten före betäckningsbrunsten. Safflorolja är rik på linolsyra, en n-6 fettsyra, medan flera studier främst inriktats på n-3 fettsyror. Hos kor påverkar n-6 (linolsyra) men inte n-3 fettsyror (främst linolensyra) prostaglandinsyntesen i livmodern så att den tidiga embryonala överlevnaden kan förbättras (Chen et al. 2001).

Smågrisöverlevnaden förbättrades inte av ökad tillförsel av fleromättat fett dominerat av n-6 fettsyran linolsyra, den var tvärtom lägre i HFO-gruppen. Detta kan delvis hänföras till att kullarna var större i denna grupp, och att smågrisarna därför var lättare. Både stora kullar och lätta grisar medför i sig sämre överlevnad (Le Dividich 1999), kanske särskilt om kullutjämning inte tillämpas. Den ökade kullstorleken kan betraktas som en potential som kunde tillvaratagits bättre om kullutjämning hade utförts. Kullarna i pilotstudiens HFL-grupp var lika stora som HFO-gruppens kullar, men uppvisade inte samma fördröjda beteende som nyfödda. Dessvärre är det inte meningsfullt att statistiskt analysera kullstorlek och dödlighet (egenskaper med stor varians och som därför kräver många observationer) i det materialet som omfattar 10 kullar och där dessutom 3 grisar per kull avlivades första dygnet. HFL-gruppen hade ungefär samma tillförsel av linolsyra som HFO-gruppen, men dessutom ökad tillförsel av n-3 fettsyran linolensyra. Ökad tillförsel av n-3 fettsyror, i form av laxolja, har tidigare visats förbättra överlevnaden (Rooke m. fl. 2001b). I pilotstudien utfördes beteendetest som inte rapporterats här (Gunnarsson m. fl. 2003), varvid HFL-grisarna reagerade kraftigare än övriga i ryggtest vid 2-4 dagars ålder, vilket möjligen kan tolkas som att de var mer försigkomna. Däremot kunde inga skillnader påvisas vad gällde förmågan att följa moderns lukt vid 2-4 dagars ålder eller att söka rätt på kullsyskonen vid 4 veckors ålder. De skillnader i fettsyraprofil i hjärna och lever som påvisades hos HFL-grisarna är förenliga med en förbättrad utveckling.

Slutsatsen från försöket blir att ökad tillförsel av fleromättat fett ökade kullstorleken utan att öka frekvensen dödfödda, vilket däremot ökad tillförsel av mättat/enkelomättat fett gjorde. Ökad tillförsel av fleromättat fett försämrade den senare överlevnaden, vilket delvis kan ha orsakats av att kullarna var större och grisarna lättare. Kullutjämning och ökad tillförsel av fleromättat fett av n-3 typ kan vara möjligheter att bättre tillvarata den ökade kullstorleken.

## Referenser

- ARC. 1981. The nutrient requirements of pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Cheng, Z., Robinson, R.S., Pushpakumara, P.G.A., Mansbridge, R.J. & Wathes, D.C. 2001. Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on uterine prostaglandin synthesis in the cow. *J. Endocrinol.* 171: 463-473.
- Csapó, J., Martin, T.G., Csapó-Kiss, Z.S. & Házás, Z. 1996. Proteins, fats, vitamin and mineral concentrations in porcine colostrum and milk from parturition to 60 days. *Int. Dairy J.* 6, 881-902.
- Dyck, G.W. & McKay, R.M. 1986. Intrauterine environmental factors affecting fetal weight at mid-pregnancy in swine. *Can. J Anim. Sci.* 66, 945-950.
- Fengler, A.I., Baidoo, S.K. & Aherne, F.X. 1990. Improving embryo survival by dietary supplementation of oils in early gestation. 69<sup>th</sup> Annual Feeders' Day Report. *Agric. for. bull.*, Special Issue, 7-9.
- Gunnarsson, S., Högborg, A., Neil, M., Pickova, J., Wichman, A., Wigren, I., Uvnäs-Moberg K. & Rydhmer, L. 2003. Effects of polyunsaturated fatty acid content in sow feed on the behavioural development of piglets. *Proceed. 37<sup>th</sup> International Congress of ISAE, Venice, June 2003.* p 155.
- Hakkarainen, J. 1975. Developmental changes of protein, RNA, DNA, lipid, and glycogen in the liver, skeletal muscle, and brain of the piglet. *Acta vet. scand. suppl.* 59, 1-198.

- Innis, S. M., 1991. Essential fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.* 30, 39-103.
- Jensen, R.G., Ferris, A.M. & Lammi-Keefe, C.J. 1991. The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74, 3228-3243.
- Jonasson, L. 1999. Modell för beräkning av ekonomiska vikter i svinaveln. Version 1.0. Quality Genetics.
- Lauridsen, C. & Danielsen, V. 2004. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Livest. Prod. Sci.* 91: 95-105.
- Le Dividich, J. 1999. A review - neonatal and weaner pig: management to reduce variation. I: *Manipulating Pig Production VII*, 135-155, red. P.D. Cranwell (Australasian Pig Science Association: Werribee, Vic. Australia).
- Leskanich, C. O. & Noble, R. C. 1999. Review article: The comparative role of polyunsaturated fatty acids in pig neonatal development. *British J. Nutr.* 81, 87-106.
- Moser, B.D. & Lewis, A.J. 1980. Fat additions to sow diets. A review. *Pig News and Information* 2, 265-269.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10<sup>th</sup> revised edition. National Academy Press, Washington D.C., USA.
- Pettigrew, J.E. 1981. Supplemental dietary fat for peripartal sows: a review. *J. Anim. Sci.* 53, 107-117.
- Rooke, J.A., Shanks, M. & Edwards, S.A. 2000. Effect of offering maize, linseed or tuna oils throughout pregnancy and lactation on sow and piglet tissue composition and piglet performance. *Anim. Sci.* 71, 289-299.
- Rooke, J.A., Sinclair, A.G. & Edwards, S.A. 2001a. Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglet long-chain polyunsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *Br. J. Nutr.* 86, 21-30.
- Rooke, J.A., Sinclair, A.G., Edwards, S.A., Cordoba, R., Pkiyach, S., Penny, P.C., Penny, P., Finch, A.M. & Horgan, G.W. 2001b. The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Anim. Sci.* 73: 489-500.
- Rooke, J.A., Sinclair, A.G. & Ewen, M. 2001c. Changes in piglet tissue composition at birth in response to increasing maternal intake of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids are non-linear. *Br. J. Nutr.* 86, 461-470.
- Simonsson, A. 1994. Näringsrekommendationer och fodermedelstabeller till svin. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Info Rapport* 75.

### **Publikationer och resultatförmedling**

- Wigren, I. 2001. Suggfödrets fettkvalitet och smågrisarnas livskraft. Presentation vid 'Forskning och undervisning – svin', informationsdag vid SLU, Funbo-Lövsta 2001-11-20.
- Wigren, I; Thomsson, A; Neil, M; Svendsen, J. 2002. Fler friska grisar från födelse till efter avvänjning. I: Jordbruk i förändring – bondens traditionella och nya uppdrag. Jordbrukskonferensen 2002, SLU, Uppsala 19-20 november. SLF Rapport nr 66, pp 98-100.
- Wigren, I; Neil, M; Lindberg, JE; Stern, S. 2003. Body composition and organ development in neonatal piglets. Book of Abstracts 54<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP, p 230. Aug. 31 – Sept. 3, 2003. Rome, Italy.
- Wigren, I; Stern, S. 2003. Liten eller stor, har storleken någon betydelse? - en studie av små och stora smågrisar födda i samma kull. *Svensk Gris* 10-2003, s 26-27.
- Gunnarsson, S; Högberg, A; Neil, M; Pickova, J; Wichman, A; Wigren, I; Uvnäs-Moberg K; Rydmer, L. 2003. Effects of polyunsaturated fatty acid content in sow feed on the behavioural development of piglets. *Proceed. 37<sup>th</sup> International Congress of ISAE*, Venice, June 2003. p 155.

Pickova, J; Högberg, A; Sampels, S; Wigren, I; Neil, M. 2004. Piglet brain and liver fatty acid composition; an effect of altered dietary lipid in sow diet. The Food 21 Symposium, April 26-28 2004. Uppsala, Sweden.

Wigren, I; Neil, ; Lindberg, JE. 2005. Increased litter size as an effect of fat and polyunsaturated fat in sow diets. Book of Abstracts 56<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP, p 242. June 5-8, 2005. Uppsala, Sweden.

*Manuskript*

Danieli, K. Influence of duration of farrowing on piglet survival and growth. Sveriges lantbruksuniversitet, Veterinärprogrammet, Examensarbete . ISSN 1652-8697. Uppsala.

Pastorelli, G; Wigren, I; Neil, M; Lindberg, JE. Effects of fat and polyunsaturated fat in sow diets II. Piglet body composition.

Pickova, J; Högberg, A; Sampels, S; Wigren, I; Neil, M. Evaluation of the influence of dietary fat content and fatty acid composition in four diets based on different fat sources on brain and liver lipids of newborn and one day old piglets.

Wigren, I; Neil, M; Lindberg, JE. Effects of fat and polyunsaturated fat in sow diets I. Sow and piglet performance.

Tabell 1. Försöksfoderblandningarnas sammansättning per kg foder

	LF	HFS	HFO	HFL
<i>Råvaror, g</i>				
Korn	140,6	460,3	17,4	-
Vete	422,5	191,7	334,8	338
Havre	200	50	-	200
Högfetthavre	-	-	400	200
Sojamjöl	100	120	101	105
Vetefodermjöl	50	50	50	50
Vetekli	50	50	50	50
Vitamin- och mineralpremix	10	10	10	10
Fett Akofeed Standard	1,9	-	9,4	8,5
Fett Akofeed Nöt 45	-	36,5	-	-
Linfröolja <sup>a</sup>	-	-	-	10 <sup>a</sup>
Monokalسيومfosfat	10,3	15,1	10,5	13,2
Kalciumkarbonat	9,5	10,2	11,9	10
Salt	4	4	4	4
DL-metionin	0,1	0,7	0,4	0,7
L-lysin HCl	0,8	0,7	0,4	0,5
L-treonin	0,4	0,8	0,2	0,2
<i>Beräknat innehåll</i>				
Omsättbar energi, MJ	12,31	12,8	12,55	12,6
Lysin, g	7	7,2	7,1	7,1
Metionin + cystin, g	5,6	5,9	6,4	6,3
Treonin, g	5,2	6	5,3	5,3
<i>Analyserat innehåll<sup>a</sup>, g</i>				
Råprotein	155,2	161	159,8	156,5 <sup>a</sup>
Fett	31,6	55,3	58,6	50,0 <sup>a</sup>
Växttråd	45,7	45	52,5	66,8 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Linfröoljan tillsattes fodret vid utfodring och ingår därför ej i analyserat innehåll. Beräkningar utifrån analyserna ger innehållet 154,9 g råprotein, 59,5 g fett och 66,1 g växttråd per kg foder.



Tabell 2. Fettsyrasammansättning i försöksfodren och i linfröolja

Fettsyra, g/100 g fettsyror	Diet			HFL utan linfröolja <sup>a</sup>	Linfröolja <sup>a</sup>	HFL, beräknad med 1% linfröolja <sup>a</sup>
	LF	HFS	HFO			
C16:0	18	32	16	15	4	13
C18:0	2	4	3	2	3	2
C18:1	21	25	36	36	12	32
C18:2, n-6	47	28	35	39	16	35
C18:3, n-3	4	2	3	3	64	13
<i>Fördelning fettsyror</i>						
Mättade	21	40	21	18	8	16
Enkelomättade	22	25	37	37	12	33
Fleromättade	51	30	39	42	80	48
n-6/n-3	11,6	11,6	13,3	12,9	0,2	2,6

<sup>a</sup> Linfröoljan hölldes på fodret vid utfodring och blandades inte in. Inga prover togs på det kompletta fodret, därav beräkningen ovan.

Tabell 3. Produktionsdata hos suggor i de olika försöksdieter och åldersgrupperna

	Diet			P-värde diet	Suggålder			P-värde suggålder
	LF	HFS	HFO		Yngre (2-3)	Medel (4-5)	Äldre (6-)	
<i>T.o.m. grisning (N=146)</i>								
Suggans vikt, kg vid betäckning	210	209	216	0,36	179	218	238	0,001
efter grisning	260	256	260	0,68	22	264	279	0,001
Späcktjocklek, mm vid betäckning	16,0	15,5	15,8	0,82	15,5	16,3	15,3	0,17
efter grisning	20,9	19,7	20,0	0,48	19,6	20,6	20,5	0,90
Antal levandefödda	11,2	10,2	12,6	0,001	11,2	12,1	10,7	0,11
Födelsevikt, kg	1,64	1,73	1,56	0,02	1,68	1,61	1,64	0,37
<i>Vid avvänjning (N=117)</i>								
Suggans vikt, kg	241	236	247	0,23	213	245	266	0,001
Späcktjocklek, mm	17,2	14,6	17,1	0,02	15,0	17,4	16,4	0,01
Kullstorlek	9,3	8,5	9,5	0,34	9,6	9,9	7,8	0,02
Smågrisvikt, kg	9,5	10,1	9,3	0,19	9,9	9,3	9,8	0,27

Tabell 4. Smågrisdödlighet (%) med några utgångsorsaker

	Diet			P-värde diet	Suggålder			P-värde suggålder
	LF	HFS	HFO		Yngre (2-3)	Medel (4-5)	Äldre (6-)	
<i>Antal födda (N)</i>	598	593	626		945	571	301	
Dödlighet	23,8	23,3	28,4	0,07	20,8	28,2	33,2	<0,001
Dödfödda	7,5	10	6,6	0,09	5,8	8,9	13,3	<0,001
<i>Levande födda (N)</i>	553	534	585		890	521	261	
Dödlighet	17,5	14,8	23,4	<0,001	16,0	21,3	23,0	0,007
Ihjällegade	8,5	7,9	9,9	0,47	7,1	10,4	11,5	0,03
Pelle	1,8	2,4	4,4	0,03	2,2	4,2	2,7	0,11
Diarré	0,2	0,4	0,7	0,47	0,1	0,6	1,2	0,03

Tabell 5. Mjölakens sammansättning

	Dag 3			P-värde dag 3	3 veckor			P-värde 3 veckor
	LF	HFS	HFO		LF	HFS	HFO	
Torrsubstans, %	22,6	21,3	24,6	0,21	18,3	18,2	17,8	0,72
Aska, %	0,81	0,88	0,82	0,38	0,85	0,83	0,86	0,82
Råprotein, %	6,4 <sup>a</sup>	7,3 <sup>b</sup>	8,6 <sup>b</sup>	0,01	5,2	5,2	5,2	0,99
Fett, %	10,3	8,5	10,4	0,44	7,0	7,1	6,5	0,44
<i>Fettsyra, i g per 100 g fettsyror</i>								
C14:0	2,5 <sup>b</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	1,8 <sup>a</sup>	0,02	4,3 <sup>b</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	0,02
C16:0	26 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>	21 <sup>a</sup>	0,01	36 <sup>b</sup>	33 <sup>ab</sup>	30 <sup>a</sup>	0,02
C16:1	6,0 <sup>b</sup>	5,6 <sup>b</sup>	3,5 <sup>a</sup>	0,001	10 <sup>b</sup>	8,4 <sup>ab</sup>	6,6 <sup>a</sup>	0,02
C18:0	5,5	5,2	4,9	0,23	4,3	4,4	4,2	0,90
C18:1	32 <sup>a</sup>	35 <sup>b</sup>	37 <sup>b</sup>	0,01	25 <sup>a</sup>	30 <sup>b</sup>	31 <sup>b</sup>	0,03
C18:2 n-6	18 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	22 <sup>b</sup>	0,01	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	18 <sup>b</sup>	0,01
C18:3 n-3	1,2 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	0,01	1,0	0,9	1,2	0,16

<sup>a,b</sup> Värden inom provtagningsstillfälle utan gemensam bokstav är signifikant åtskilda.

Tabell 6. Tidsintervall i minuter från grisningens början till födelse, mellan grisarnas födelse, från födelse tills grisen stod upp, från födelse tills grisen kom i kontakt med juvret, och från födelse tills grisen diade

	Diet				P-värde diet	Suggålder		P-värde suggålder
	LF	HFS	HFO	HFL		Yngre (2-3)	Äldre (4-)	
Antal kullar	12	14	13	8		28	20	
Tid, grisningsstart – födelse	123	131	142	182	0,5	118	171	0,05
födelseintervall	27	24	25	28	0,91	21	32	0,02
födelse - stående	11	9	17	10	0,08	12	11	0,67
födelse – juverkontakt	32	27	44	27	0,09	29	36	0,26
födelse - diande	47	51	66	52	0,22	49	59	0,16

Tabell 7. Kemisk sammansättning i slaktkroppar från avlivade grisar

	Diet				Typ	Åldersgrupp			
	LF	HFS	HFO	HFL		Nyfödd	Lätt 1dag	Tung 1dag	Yngre
Torrsubstans	20,8 <sup>a</sup>	20,5 <sup>a</sup>	20,2 <sup>a</sup>	21,5 <sup>b</sup>	20,7 <sup>ab</sup>	20,4 <sup>a</sup>	21,2 <sup>b</sup>	21,1 <sup>b</sup>	20,4 <sup>a</sup>
Aska	4,4 <sup>ab</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	4,4	4,5	4,4	4,5	4,4
Råprotein	12,9 <sup>ab</sup>	12,7 <sup>a</sup>	12,5 <sup>a</sup>	13,3 <sup>b</sup>	12,0 <sup>a</sup>	13,0 <sup>b</sup>	13,5 <sup>c</sup>	13,0	12,6
Fett	1,3 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,6 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,7 <sup>c</sup>	1,4	1,3

<sup>a, b, c</sup> Värden inom effekt utan gemensam bokstav är signifikant åtskilda.