



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

# Mjölksammansättning hos djur som helt eller delvis fastar under digivningsperioden

*André Furekull*

---

Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2010:1

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2010

---





Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

## **Mjölksammansättning hos djur som helt eller delvis fastar under digivningsperioden**

Milk composition among animals fasting fully or partly during the lactation period

*André Furekull*

**Handledare:**

Elisabeth Persson, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:**

Désirée S. Jansson, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Omfattning:** 15 hp

**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin

**Kurskod:** VM0068

**Program:** Veterinärprogrammet

**Nivå:** Grund, G2E

**Utgivningsort:** SLU Uppsala

**Utgivningsår:** 2010

**Omslagsbild:** -

**Serienamn, delnr:** Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2010:1  
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** mjölk, mjölksammansättning, digivning, fastande, reproduktion

**Key words:** milk, milk composition, lactation, fasting, reproduction



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning.....	1
Summary.....	2
Inledning.....	3
Material och metoder.....	3
Litteraturoversikt.....	3
Djurarter som fastar under hela eller delar av digivningsperioden.....	3
Mjök.....	4
Mjölksammansättning hos gråsäl ( <i>Halichoerus grypus</i> ).....	5
Mjölksammansättning hos australisk pälsäl ( <i>Arctocephalus pusillus doriferus</i> ).....	6
Mjölksammansättning hos subantarktisk pälsäl ( <i>Arctocephalus tropikal</i> ).....	7
Mjölksammansättning hos björnar ( <i>Ursidae</i> ).....	8
Mjölksammansättning hos bardvalar ( <i>Mysticeti</i> ).....	9
Faktorer som kan spela in på mjölksammansättningen och mjökproduktionen hos djur som fastar under digivning relaterat till egenskaper hos modern och avkomman.....	10
Diskussion.....	13
Referenslista.....	15



## SAMMANFATTNING

Detta arbete beskriver mjölksammansättningen hos djur som tillhör familjerna öronlösa sälar, öronsälar, björnar samt bardvalar, vilka fastar under hela eller delar av digivningsperioden. Generellt sett har djur från dessa familjer en mjölksammansättning som skiljer sig avsevärt från andra däggdjurs. Det som utmärker mjölksammansättningen hos de arter som beskrivs, gråsäl, australisk pälssäl, subantarktisk pälssäl, japansk svartbjörn, amerikansk svartbjörn, grizzlybjörn, blåval, sillval, knölval samt gråval, är höga fetthalter och låga vatten- och sockerhalter jämfört med de djurarter som ägnar sig åt födosök under hela digivningsperioden. Mjölksammansättningen skiljer sig något mellan arterna men mjölken innehåller under digivningsperioden i genomsnitt 16-60% fett, 7-14% protein, 30-74% vatten samt maximalt 3% socker.

Att sockerhalten är låg beror på att moderdjuret under fasta förändrar ämnesomsättningen till att använda, och därmed producera, minimala mängder glukos på grund av att den huvudsakliga källan till nybildning av glukos är kroppseget protein. Då socker har mycket liten betydelse för energinivån i mjölken spelar istället fett en avgörande roll som energisubstrat; upp till 83% av energin i mjölken hos den amerikanska svartbjörnen utgörs av fett. Att fetthalten är hög beror till stor del på att hondjuret lagrar upp näringsdepåer innan förlossningen, och huvuddelen av depåerna utgörs av fett som är den huvudsakliga näringskällan modern har vid digivning under fasta vilket återspeglas i mjölksammansättningen. En sänkt vattenhalt är ett sätt för moderdjuret att minska sina vattenförluster. Den relativt låga proteinhalten kan förklaras med att moderdjuret under fasta endast klarar av att förlora upp till 15% av det kroppsegna proteinet, medan motsvarande siffra för fett är 30%, utan att behöva avbryta fastandet eller riskera sin fortsatta överlevnad. Det förklarar också varför endast de tyngre arterna förmår fasta under hela digivningsperioden vilket lett till att de lättare sälarterna och björnarna endast fastar under en viss del av digivningsperioden. De har också en längre digivningsperiod vilket påverkar mjölksammansättningen kopplat med det faktum att de även i viss mån kan anpassa mjölksammansättningen efter sitt näringsintag. Mjölakens sammansättning skiljer sig även under olika digivningsstadier vilket troligen speglar avkommans växlande behov. Det verkar som att modern anpassar mjölksammansättningen efter avkommans behov men samtidigt att avkommans behov sammanfaller med moderns förmåga att tillgodose behovet vilket troligen är en utvecklingsbiologiskt ändamålsenlig evolutionär anpassning.

## SUMMARY

This essay describes milk composition among animals that belongs to the true seals, sea lions and fur seals, bears and baleen whales, that fast fully or partially during the lactation period. The milk composition among these animals differs from other mammals. The species in this essay, grey seal, Australian fur seal, subantarctic fur seal, Japanese black bear, American black bear, grizzly bear, blue whale, fin whale, humpback whale and gray whale, all have milk with more fat and less water and sugar compared to animals that feed throughout the whole lactation period. The milk composition differs between the species and contains in average during the lactation period 16-60% fat, 7-14% protein, 30-74% water and maximum 3% sugar.

The low sugar content is an adaptation of the mothers' metabolism under fast that minimizes the use of glucose, thereby reducing the breakdown of protein in her body, which is valuable as protein is the main source of new glucose in the fasting mother. Sugar thereby contributes very little to the energy of the milk. The main source of energy in milk is fat, in the American black bear up to 83% of gross energy in the milk comes from fat. The high fat content is explained by the mothers' accumulation of primarily body fat before parturition; this fat is the main source of energy for the mother while fasting and this is reflected in the composition of the milk. The lower water content is part of the mothers' strategy of avoiding dehydration. The relatively low protein content can be explained by the level of protein that can be lost by the fasting mother without her having to eat or risking her own survival which is about 15%, while the amount of fat that can be lost without these results is about 30%. That explains why only heavier species can withstand fasting throughout the whole lactation period. The lighter seal species and bears fast only during a part, or parts, of the lactation period. These species have a longer lactation period which influences the milk composition together with their ability to adapt the milk composition to the food available (at least to some extent). The milk composition changes under the different parts of the lactation period and this is likely to be an effect of the changing needs of the young.



## **INLEDNING**

Mjölkproduktion och digivning är den del av reproduktionen som är mest energikrävande. Det är därför vanligt bland däggdjuren att foderintaget ökar under digivningsperioden för att moderdjuret ska klara av de extra påfrestningar som mjölkproduktionen innebär. Vissa djurfamiljer som björnar, öronsälar, öronlösa sälar samt bardvalar, fastar dock under hela eller delar av digivningsperioden. Vilka anpassningar krävs av hondjuren för att de ska klara av mjölkproduktionen utan att varken äta eller dricka? Hur påverkas mjölksammansättningen av att hondjuren fastar? I detta arbete redovisas och diskuteras därför mjölksammansättningen hos flera arter inom dessa djurgrupper och vidare även vad som kan påverka mjölksammansättningen specifikt kopplat till digivning utan födo- och vätskeintag.

## **MATERIAL OCH METODER**

Materialet till detta arbete togs fram genom att söka vetenskapliga artiklar i databasen PubMed med följande sökord: suckling behavior AND puppies samt Oftedal OT. Oftedal OT användes som sökord därför att han figurerade i flertalet artiklar vid den första sökningen. Utöver detta hittades artiklar vid genomgång av relaterade artiklar till ämnesområdet som söktes av. Ytterligare en databas användes för sökande efter vetenskapliga artiklar, Web of Knowledge, där följande sökord användes: milk composition AND bear, Oftedal OT samt milk composition AND bear AND den. För artbeskrivningarna har serien Jordens djur volym 1-2 (Bonnierfakta, 1984) använts.

## **LITTERATURÖVERSIKT**

### **Djurarter som fastar under hela eller delar av digivningsperioden**

Att fasta under digivning är en anpassning som gjorts av ett flertal djurarter som är obesläktade med varandra, tyder på att anpassningen skedde för mycket lång tid sedan. De djurfamiljer som använder sig av denna strategi är öronsälar, öronlösa sälar, björnar och bardvalar. Skillnaderna mellan arterna är i flera fall stora, exempelvis är björnar landlevande däggdjur medan valar tillbringar hela livet under vattenytan. Även om det förekommer stora skillnader finns det gemensamma faktorer som är avgörande för denna digivningsstrategi; exempelvis ont om föda och kalla levnadsförhållanden.

Björnarna, som är landlevande däggdjur, finns främst norr om ekvatorn och saknas helt i Afrika, Antarktis och Australien. Björnar är omnivorer men äter främst vegetabilier, med undantag av isbjörnen som främst äter säl, och de lever huvudsakligen i skogsområden. Ungarna föds i någon form av ide och tidsmässigt sammanfaller det med vinterdvalan hos björnar som lever i arktiska och tempererade områden. Dessa björnar fastar därmed under

digivningsperioden i idet vilken varar i elva månader eller mer. Björnar har fördröjd fosterutveckling och de nyfödda ungarna är mycket små och nästan helt nakna, med undantag av isbjörnen.

De öronlösa sälarna är marina däggdjur som finns främst i polar- och subpolarområden samt tempererade hav där deras huvudsakliga biotop är ismassor och öar samt kustremsor. De är uteslutande karnivorer och de föder sina kutar på is- eller landmassor. Digivningsperioden är 1-12 veckor.

Öronsälarna är marina däggdjur som lever utmed kusterna och finns representerade på alla kontinenter. De lever främst kring öar utanför kusten och på klippor i svala vatten. De är strikta karnivorer och även de föder sina kutar på landmassor. Digivningsperioden är 4-12 månader.

Bardvalarna är mycket stora (kroppsvikter på 3-120 ton) marina däggdjur och de finns i alla hav runt hela jorden där de lever djupt nere i havet. De lever av zooplankton huvudsakligen under sommarhalvåret. Under vinterhalvåret föder de sin kalv samtidigt som de fastar i någon utsträckning. Digivningsperioden är 5-7 månader under vilken honvalen fastar åtminstone periodvis.

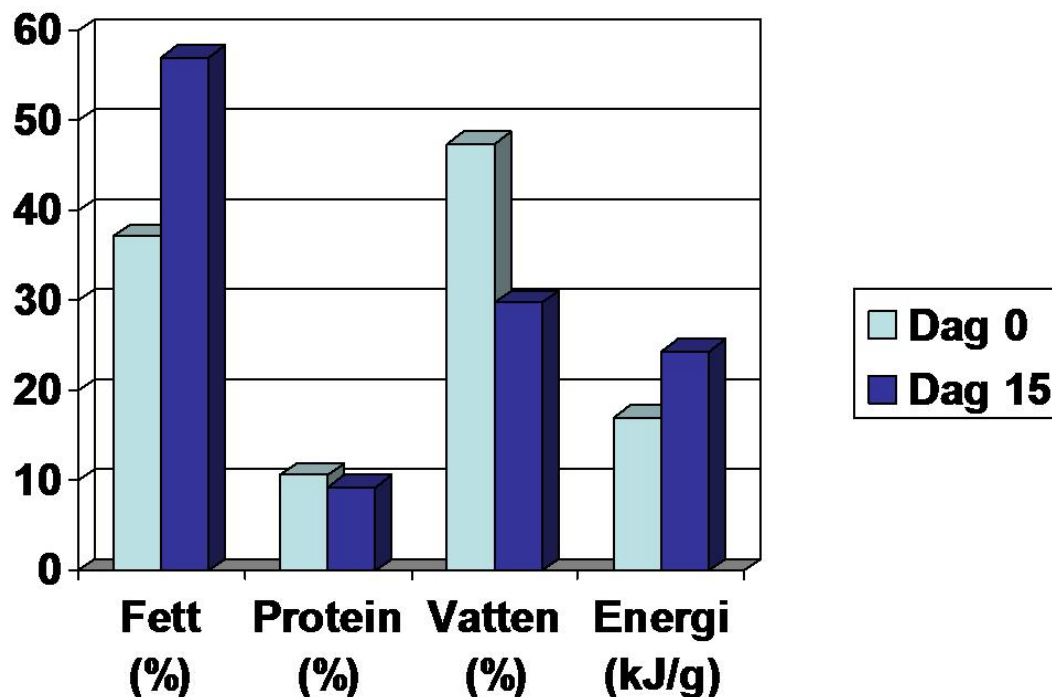
## **Mjök**

Mjök består av två fraktioner; vatten och torrsbstans. Vatten är vanligen den huvudsakliga beständsdelen i mjök och är därför, i de flesta fall, den huvudsakliga faktorn som bestämmer mjökmängden som produceras. Torrsbstansen består av flera olika ämnesgrupper: fett, protein, kolhydrater, mineraler, salter och vitaminer. Fett, protein och kolhydrater utgör tillsammans energin i mjöken. Fettsyror liksom aminosyror sammansättning varierar mellan olika djurslag. Kolhydraterna utgörs däremot till stor del av laktos hos de flesta däggdjursarter och laktos spelar en viktig roll i mjöakens osmolaritet. Kolhydraterna hos djur som fastar kan bestå av huvudsakligen andra sockerarter än laktos och därför används benämningen socker genomgående i arbetet. Mjök är isoosmotisk jämfört med blodet och i de fall där laktos spelar en liten roll för osmolariteten i mjök finner man istället högre koncentrationer av Na, K och Cl vilka fungerar som huvudsakliga osmoregulatorer. Mineraler och salter utgör askan (resterna av mjöken efter förbränning) i mjöken. Viktiga mineraler som finns i mjök är bl. a. Ca, P, Na, K, Cl. Ca och P är särskilt viktiga då de mineraliserar växande benvävnad och på så vis styr tillväxten i stor grad och de kan därför variera under olika tillväxtfaser hos avkomman.

## Mjölksammansättning hos gråsäl (*Halichoerus grypus*)

Gråsälen som tillhör de öronlösa sälarna (*Phocidae*) lever bl. a. i Östersjön och är en av de arter som förmår fasta under hela digivningsperioden (Mellish et al., 1999). Gråsälen föder en kut uppe på land som sedan ges di under 16-18 dygn. Mjölksammansättningen förändras under digivningen. I en undersökning var andelen protein högst precis efter födseln,  $10.1 \pm 0.39\%$ , därefter sjönk nivåerna till  $9.0 \pm 0.21\%$  (dag 5) -  $9.3 \pm 0.20\%$  (dag 15) under resten av perioden (Figur 1). Energin i mjölken var lägst precis efter födseln, i genomsnitt  $15.9 \pm 0.47$  MJ/kg, därefter ökade energinivån för att mot slutet ligga på  $23.4 \pm 0.47$  MJ/kg (dag 15). Fetthalten förändrades också över tiden, från att vara  $34.5 \pm 1.33\%$  precis efter födseln och stiga till  $54.0 \pm 1.22\%$  mot slutet av digivningsperioden (dag 15). Vattenhalten och andel torrsubstans varierade under digivningsperioden, från att efter födseln vara  $50.0 \pm 1.12\%$  vardera till att mjölken mot mitten och slutet av perioden hade en sänkt vattenhalt om  $31.0 \pm 0.96\%$ . Både förändringen i vattenhalt och torrsubstans samt energi beror främst på fetthaltsförändringen.

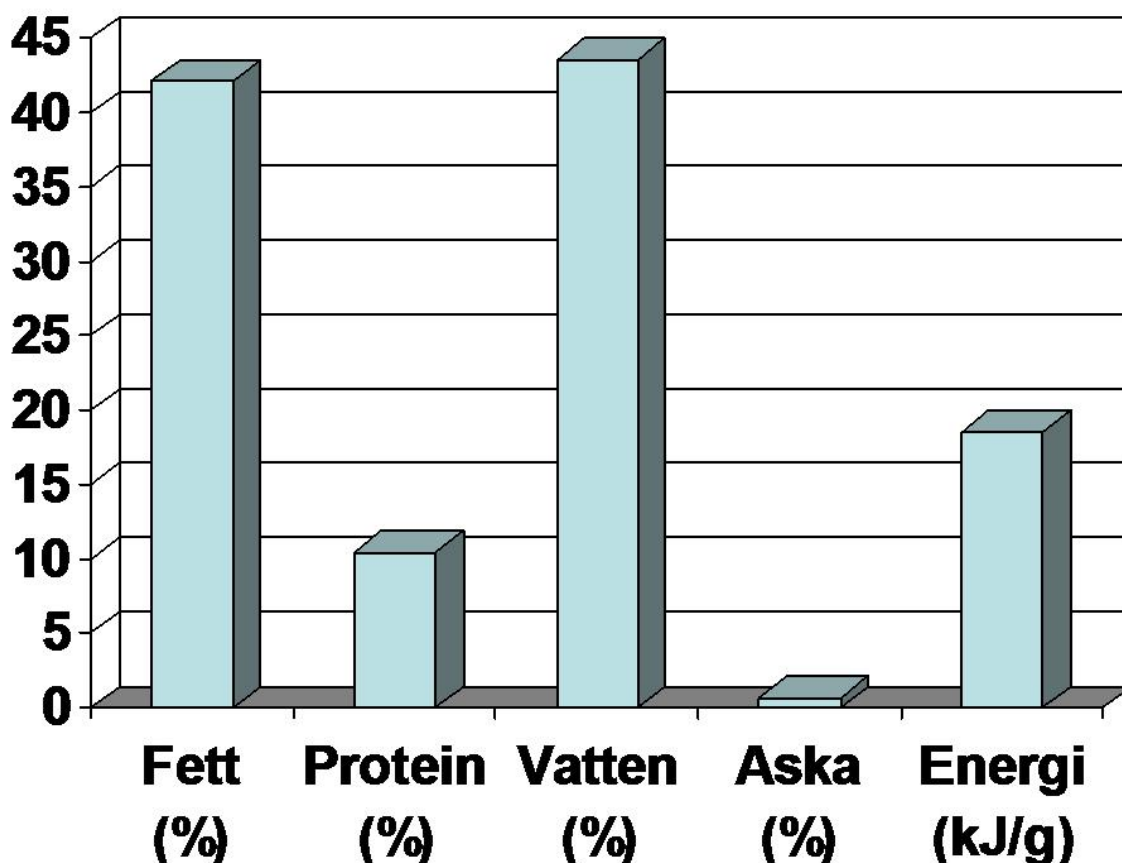
I en annan undersökning var andelen protein precis efter födseln  $11.2 \pm 0.75\%$  och  $9.4 \pm 0.14\%$  under resten av perioden (Iverson et al., 1993). Fetthalten var vid födseln  $39.8 \pm 2.85\%$  för att konstant öka till  $60.0 \pm 1.86\%$  (dag 15). Energinivån följde samma trend med lägst nivå precis efter födseln,  $18.1 \pm 1.12$  kJ/g, och  $25.3 \pm 0.50$  kJ/g mot slutet av digivningsperioden (dag 15). Vattenhalt och torrsubstans var vid födseln  $45.0 \pm 2.09\%$  respektive  $55.0 \pm 2.09\%$  för att vid slutet på perioden ha en sänkt vattenhalt ( $28.6 \pm 1.30\%$ ).



Figur 1. Genomsnittligt mjölk innehåll dag 0 och dag 15 under digivningsperioden hos gråsäl presenterat som medelvärden. Modifierat efter Mellish et al., 1999; Iverson et al., 1993.

## Mjölksammansättning hos australisk pälssäl (*Arctocephalus pusillus doriferus*)

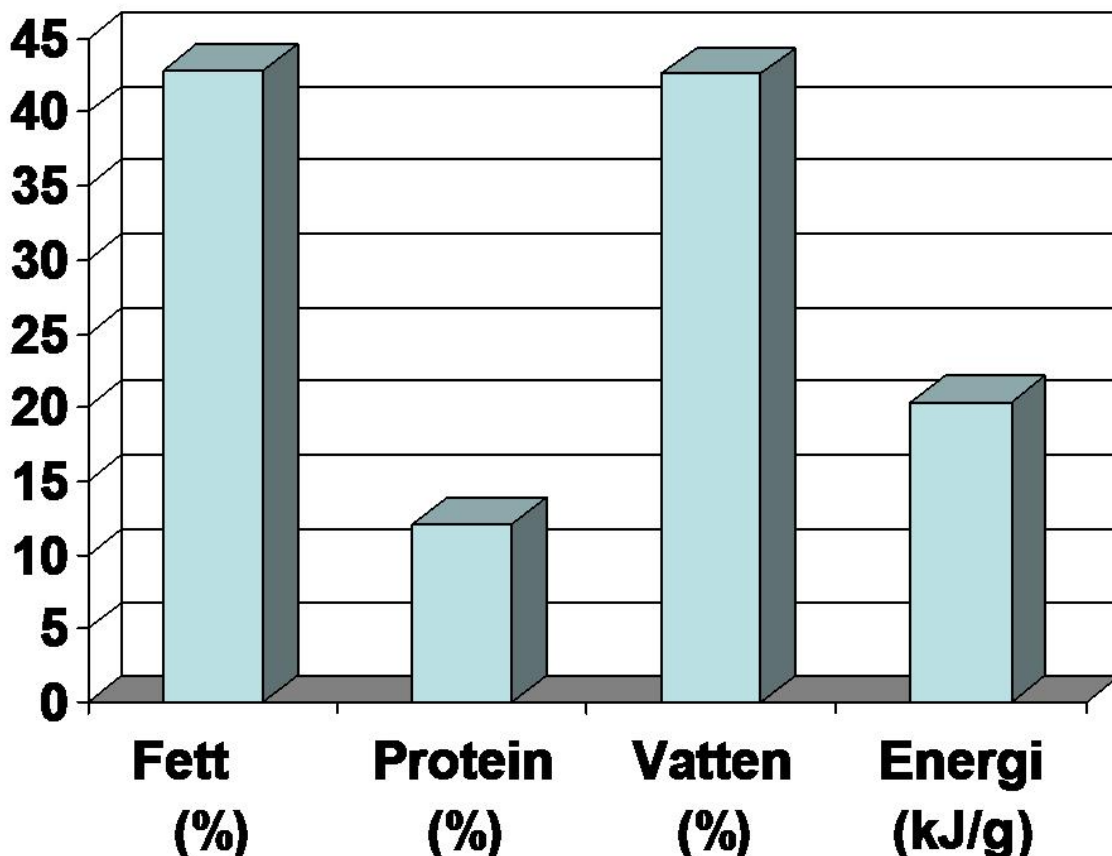
Australisk pälssäl som tillhör öronsälarna (*Otariidae*) lever utanför Australien och har en digivningsperiod på 11-12 månader under vilken modern omväxlande ger kuten di (vilket sker under fasta) och söker föda (Arnould & Hindell, 1999). Modern fastar därför endast under en begränsad tid åt gången men detta leder till att även kuten tvingas fasta då modern ägnar sig åt födosök. Mjölksammansättningen förändrades under digivningen. Vattenhalten sjönk från 60% i början av digivningsperioden till 36% 230 dygn efter födseln för att sedan öka till 42% mot slutet av digivningsperioden. Fetthalten var negativt korrelerad med vattenhalten och ökade därför från initialt 30% till 50% dag 230 varefter fetthalten minskade något (45% dag 330). Då energin främst beror på fetthalten följer den dess förändringar. Som mest innehöll mjölken 21.4 kJ/g vid dag 230 varefter den minskade till 19.3 kJ/g vid dag 330. Proteinhalten ökade svagt under hela digivningsperioden. Genomsnittlig mjölk innehöll  $42.11 \pm 1.01\%$  fett,  $10.43 \pm 0.22\%$  protein,  $0.67 \pm 0.01\%$  aska,  $43.58 \pm 1.19\%$  vatten och  $18.52 \pm 0.41$  kJ/g energi (Figur 2).



Figur 2. Genomsnittligt mjölk innehåll under digivningsperioden hos australisk pälssäl presenterat som medelvärden. Modifierat efter Arnould & Hindell, 1999.

## Mjölksammansättning hos subantarktisk pälssäl (*Arctocephalus tropicalis*)

Subantarktisk pälssäl som tillhör öronsälarna (*Otariidae*) lever bl. a. på Nya Amsterdam (fransk ö i södra Indiska oceanen) och har en digivningsperiod på 10 månader under vilken modern ger kuten di cirka 3.8 dygn (under vilka modern fastar) åt gången mellan de för öronsälarna långa födosöksperioderna som varierar mellan 10.8 och 22.7 dygn (under vilka kuten fastar) (Georges et al., 2001). Mjölksammansättningen förändrades under tiden då modern var uppe på land och gav di. Under de första två dagarna var fett- och proteinhalten högre jämfört med dagarna som följde, även energin var högre men vattenhalten var lägre de två första dagarna uppe på land. Mjölksammansättningen skiljde sig även under olika digivningsstadier. Från tidig digivning fram till 180 dygn efter födseln ökade fetthalten och energin varefter nivåerna avtog. Vattenhalten steg då fetthalten minskade och tvärt om. Mjölksammansättningen förändrades även beroende på födosöksperiodens längd, med ökande halter fett och energi och minskande halter protein och vatten under längre födosöksperioder. Genomsnittlig mjölk innehöll  $42.8 \pm 5.7\%$  fett,  $12.1 \pm 1.5\%$  protein,  $42.6 \pm 7.3\%$  vatten och  $20.4 \pm 2.9$  kJ/g energi (Figur 3).



Figur 3. Genomsnittligt mjölk innehåll under digivningsperioden hos subantarktisk pälssäl presenterat som medelvärden. Modifierat efter Georges et al., 2001.

## Mjölksammansättning hos björnar (*Ursidae*)

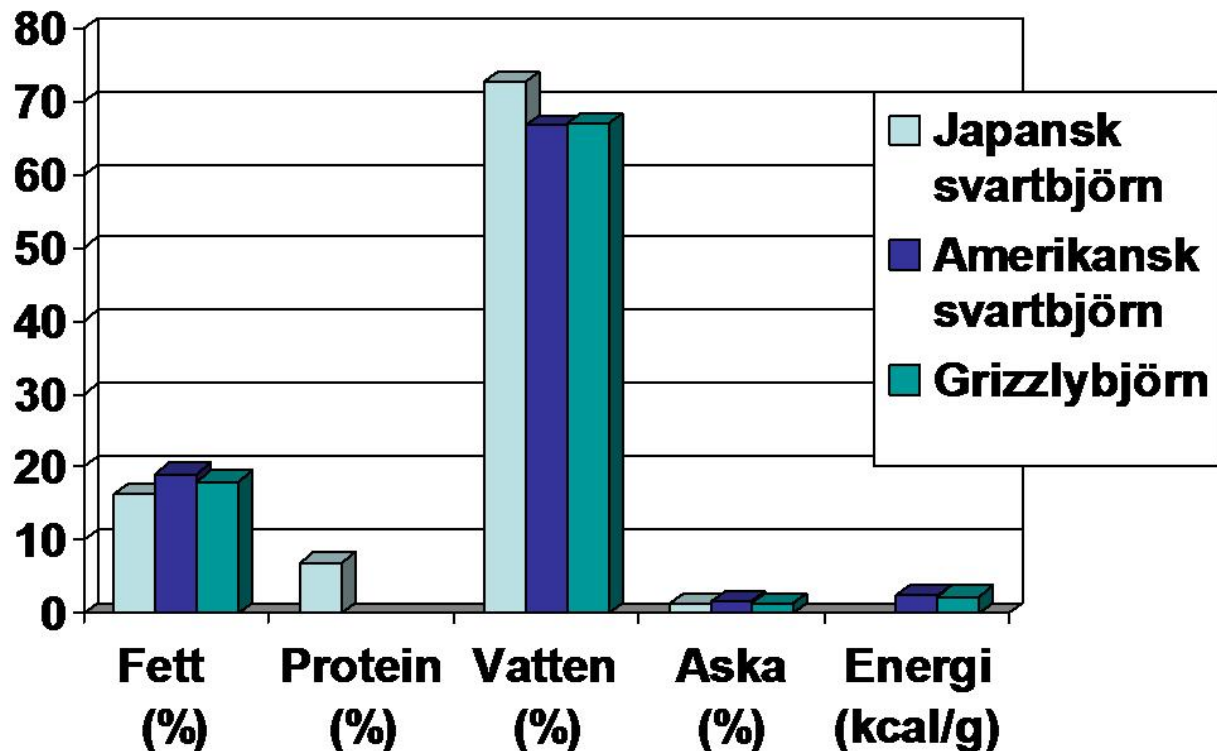
De björnar vars mjölksammansättning beskrivs i det här arbetet har likartade reproduktions- och digivningsstrategier (Farley & Robbins, 1995; Iibuchi et al., 2009; Oftedal et al., 1993). De går alla i ide i november-december där de stannar under fyra till fem månader. I idet sker först fosterutveckling och sedan digivning från ungarnas födelse i januari-februari fram till dess att familjen lämnar idet i mars-april vilket ger en digivningsperiod i idet på 10-12 veckor. Modern fastar under hela den perioden. Den japanska svartbjörnen lever i Japan medan den amerikanska svartbjörnen lever i Amerika tillsammans med grizzlybjörnen vilken även finns i norra Europa (kallas brunbjörn) och norra Asien.

En undersökning av den japanska svartbjörnens (*Ursus thibetanus japonicus*) mjölk visade en genomsnittlig sammansättning under perioden i idet om 6.88% protein, 16.22% fett och 2.37% socker (Figur 4) (Iibuchi et al., 2009). Andelen torrsubstans var 27.22% och askan 1.32%.

I en jämförande studie av grizzlybjörnar (*Ursus arctos horribilis*) och amerikanska svartbjörnar (*Ursus americanus*) visades att mjölksammansättningen hos de båda arterna var likartad (Farley & Robbins, 1995). I idet innehöll mjölken  $6.6 \pm 0.4\%$  protein under hela perioden. Kolhydraterna i mjölken ökade från 1% till 3% under perioden i idet. Andelen torrsubstans var  $29.8 \pm 3.9\%$ . När björnarna gick ur idet förändrades mjölksammansättningen till att bestå av  $13.7 \pm 1.1\%$  protein,  $0.5 \pm 0.1\%$  socker och  $34.4 \pm 3.7\%$  torrsubstans. Den komponent i mjölken som skiljde sig mellan arterna var andelen aska som hos grizzlybjörnen låg relativt konstant på  $1.3 \pm 0.1\%$  medan svartbjörnen hade en topp under idevistelsen på  $2.0 \pm 0.1\%$ . Genomsnittlig mjölk hos grizzlybjörn innehöll  $1.3 \pm 0.1\%$  aska,  $33.0 \pm 5.6\%$  torrsubstans,  $18.0 \pm 3.8\%$  fett och  $2.3 \pm 0.4$  kcal/g energi (Figur 4). Genomsnittlig mjölk hos svartbjörn innehöll  $1.6 \pm 0.4\%$  aska,  $33.3 \pm 3.8\%$  torrsubstans,  $19.1 \pm 3.3\%$  fett och  $2.4 \pm 0.3$  kcal/g energi (Figur 4).

En annan undersökning av den amerikanska svartbjörnens mjölksammansättning under längre tid visade förändringar från födseln till 9 månader därefter (Oftedal et al., 1993). Andelen protein i råmjölken var 12.6% för att sedan direkt gå ner till 5.9% varefter proteinhalten låg mellan 7-8% under perioden i ide. När björnarna lämnat idet steg proteinhalten gradvis för att efter nio månaders digivning ligga på 11.5%. Sockerhalten i början av digivningsperioden var 0.9% men ökade gradvis under idevistelsen till 3.0%, därefter sjönk nivån igen för att vid 6 månader vara 1.3% och slutligen 0.6% vid 9 månader. Vattenhalten var högst i början på digivningsperioden med 74.0% varefter den avtog för att vid 9 månader vara 53%. Då vattenhalten sjönk med tiden ökade istället fetthalten från initialt 9.0% till 30.0% efter 9 månader. Energin i råmjölken var lägst med 1.57 kcal/g för att sedan öka till 2.80 kcal/g vid 9 månader. Trots att fett- och proteinhalten varierade under digivningen var proportionen energi från vardera näringsämne relativt konstant med 76-83% av energin från fett och 14-20% från protein under de nio månader mjölksammansättningen mättes.

Ytterligare en studie av fetthalten i mjölk från amerikanska svartbjörnar visade att den i genomsnitt ligger på  $13.2 \pm 2.75\%$  under tidig digivning i idet för att öka till  $22.8 \pm 2.81\%$  och slutligen landa på  $22.2 \pm 3.09\%$  innan familjen lämnade idet (Iverson & Oftedal, 1992). Fettsyrasammansättningen förblev relativt oförändrad även om fetthalten ökade till nästan det dubbla. När familjen sedan lämnade idet skedde betydande förändringar i fettsyrasammansättningen medan fetthalten ökade i mindre grad ( $28.0 \pm 3.50\%$ ) vilket troligtvis speglar födointaget.

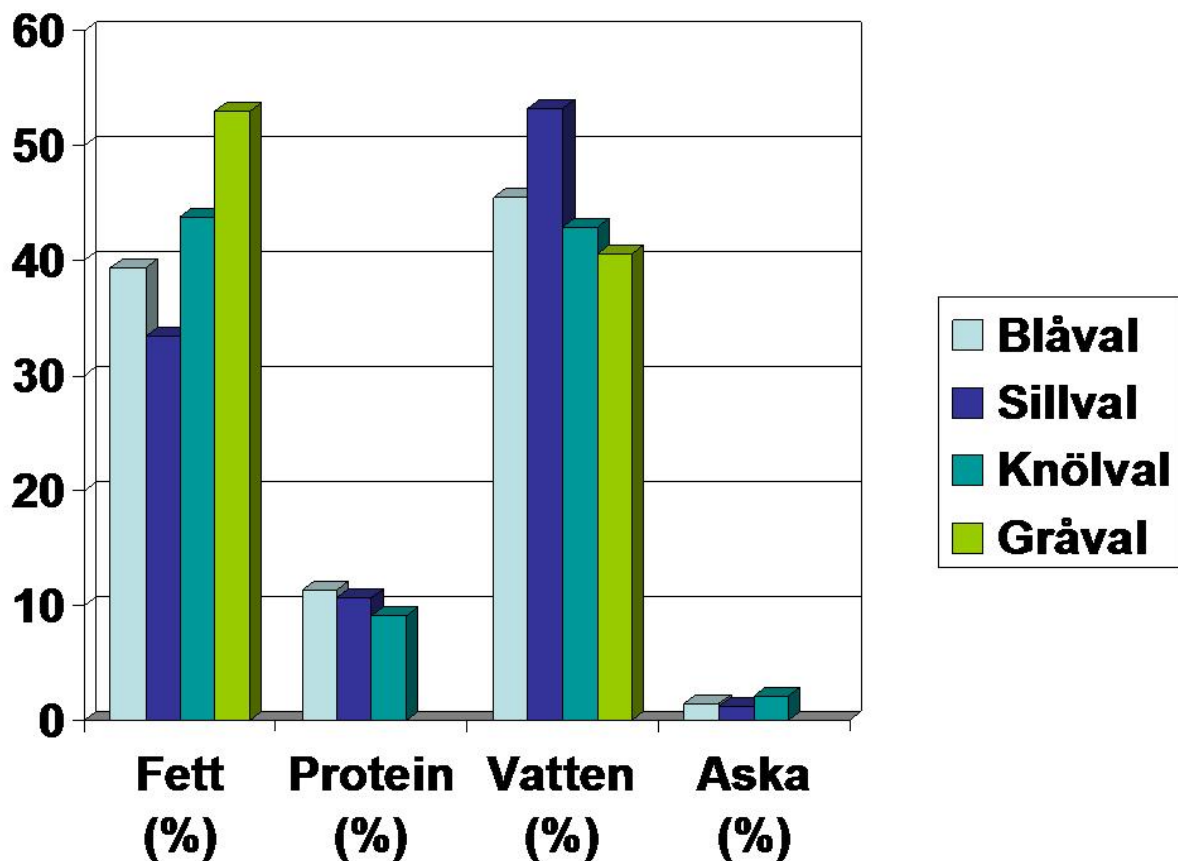


Figur 4. Genomsnittligt mjölk innehåll under digivningsperioden hos japansk svartbjörn, amerikansk svartbjörn och grizzlybjörn presenterat som medelvärden. Genomsnittsvärden för hela perioden saknas avseende protein hos amerikansk svartbjörn och grizzlybjörn samt för energi hos japansk svartbjörn. Modifierat efter Iibuchi et al., 2009; Farley & Robbins, 1995; Oftedal et al., 1993.

### Mjölksammansättning hos bardvalar (*Mysticeti*)

De flesta bardvalar föder sin kalv på vintern i varmare vatten nära ekvatorn varefter de under sommaren vandrar med kalven till kallare vatten vid nord- eller sydpolen där de har sina födosöksplatser (Oftedal, 1997). Under vandringen mellan vinter- och sommarplatserna ges kalven di samtidigt som modern fastar eller äter små mängder. De flesta arter ger di under fem till åtta månader. Vid en jämförelse under mitten av digivningsperioden visade sig mjölksammansättningen variera något hos olika arter av bardvalar. Blåvalens (*Balaenoptera musculus*) mjölk innehöll under vår och sommar i genomsnitt  $45.5 \pm 1.8\%$  vatten,  $39.4 \pm$

2.0% fett,  $11.3 \pm 0.4\%$  protein och  $1.39 \pm 0.07\%$  aska (Figur 5). Under sommaren bestod sillvalens (*Balaenoptera physalus*) mjölk av i genomsnitt  $53.2 \pm 2.8\%$  vatten,  $33.4 \pm 2.8\%$  fett,  $10.6 \pm 0.9\%$  protein och  $1.18 \pm 0.11\%$  aska (Figur 5). Mjölken hos knölvalen (*Megaptera novaeangliae*) innehöll under sommaren i genomsnitt  $42.9 \pm 1.7\%$  vatten,  $43.8 \pm 2.3\%$  fett,  $9.1 \pm 0.3\%$  protein och  $2.13 \pm 0.32\%$  aska (Figur 5). En gråvals (*Eschrichtius robustus*) mjölk under augusti bestod av  $40.6\%$  vatten och  $53.0\%$  fett. Andelen socker i bardvalars mjölk har uppskattats till 0.7-2.6% (Figur 5).



Figur 5. Genomsnittligt mjölk innehåll under mitten av digivningsperioden hos blåval, sillval, knölval och gråval presenterat som medelvärden. Data för protein och aska saknas hos gråval. Modifierat efter Oftedal, 1997.

### Faktorer som kan spela in på mjölksammansättningen och mjölkproduktionen hos djur som fastar under digivning relaterat till egenskaper hos modern och avkomman

Gråsälshonor som är tyngre vid födseln minskar mer i kroppsvikt än lättare honor (vikter på mellan cirka 150 och 260 kilo), medelvärdet för viktnedgången var i den studerade populationen  $31.4 \pm 0.85\%$ , dvs minst 50 kg (Mellish et al., 1999). Även om viktnedgången var större hos de tyngre honorna hade de en större mängd protein- och fettdepåer kvar vid slutet av laktationen än de lättare honorna. Mjölkproduktionen stod för knappt 60% (i genomsnitt  $55.9 \pm 2.71\%$ ) av moderns energiåtgång under digivningsperioden. Fett och



protein står för  $92.3 \pm 1.25\%$  respektive  $7.7 \pm 1.25\%$  av moderns energiförlust vid mjölkproduktion, vilket även återspeglas i moderns dagliga viktsförluster, där fett och protein svarar för  $62.3 \pm 3.37\%$  respektive  $7.7 \pm 1.04\%$ . Fett och protein är också de ämnen som är viktigast för kutens viktökning där fett och protein svarar för  $59.4 \pm 2.12\%$  respektive  $8.3 \pm 0.60\%$ , samt  $91.9 \pm 0.81\%$  respektive  $8.1 \pm 0.81\%$  av den energi som kuten lagrar upp. Man fann ingen direkt påverkan av moderns viktminskning på kutens totala tillväxthastighet men den förklarade hälften av variationen i tillväxthastigheten och då främst under mitten av digivningsperioden. Man fann också ett positivt samband mellan kutens vikt dag 15 efter födseln och moderns vikt direkt efter förlossningen, men kutens kön spelade ingen roll. Moderns vikt efter födseln hade en avgörande betydelse på digivningsperiodens längd, där den lättaste honan hade den kortaste perioden och den tyngsta den längsta.

Man fann ingen signifikant skillnad i dagsmängd mjölk som producerades av lättare respektive tyngre gråsälshonor (Mellish et al., 1999). Den faktor som påverkade mjölmängden mest var de ursprungliga proteindepåerna hos honan innan födseln och inte fettdepåerna vilka svarar för den större delen av kroppsvikten hos gråsälens. De faktorer som är av störst betydelse för energimängden i mjölken är moderns kroppsvikt och proteindepåer, medan energimängden i mjölken i sin tur spelar stor roll för kutens storlek innan avvänjning. I en annan studie fann man att moderns kroppsvikt efter förlossningen till stor del var avgörande för tillväxthastigheten hos gråsälskuten (Iverson et al., 1993). Däremot fann man ingen signifikans för att viktminskningen hos modern skulle vara beroende av kroppsvikten efter förlossningen. Det man kunde se var istället att moderns viktminskning var positivt korrelerad med kutens viktökning, vilken även var starkt positivt korrelerad med både totalt mjölkintag och energiintag från mjölken.

En viktig faktor när det gäller australiska pälssälarers mjölksammansättning är längden på deras födosöksperioder med stigande fetthalt i mjölken ju längre födosöket fortgår, däremot ingen skillnad i proteinhalten (Arnould & Hindell, 1999). Fodosöksperiodens längd är därför positivt korrelerad med energihalten i mjölken och negativt korrelerad med vattenhalten. Man har också sett ett positivt samband mellan kroppsvikten och fetthalten i mjölken. Kroppsvikten hos australiska pälssälar tenderar att öka under digivningsperioden och detta påverkar då även mjölksammansättningen.

Hos den subantarktiska pälssälen fann man ingen signifikant betydelse av födosöksperioden för fetthalten i mjölken men fetthalten var däremot säsongsberoende samt berodde på hur länge modern varit uppe på land och givit di (minskade med tiden) (Georges et al., 2001). Trots detta såg man att fetthalt och energi ökade, samt protein- och vattenhalt minskade med längre födosöksperioder. Under hösten och vintern (mellan dag 91 och dag 180) var fetthalten i mjölken även beroende av moderns kondition.

Den amerikanska svartbjörnen ger mindre mängd mjölk till ungarna än andra köttätare med 67–139 g(mjolk)/kg(kroppsvikt hos ungen) mot exempelvis hundens 150–270 g/kg i början av digivningsperioden (Oftedal et al., 1993). Detta är möjligt genom en lägre vattenhalt samt högre energimängd och fetthalt hos björnen. Vattnet som ungarna får i sig via mjölken

tillsammans med det metabola vatten som bildas vid katabola reaktioner överstiger deras behov och det överskottet utsöndras främst genom avföring och urin. Björnhonan förtär ungarnas utsöndringsprodukter och får på detta vis i sig behövligt vatten som förloras via mjölken samtidigt som idet hålls rent. De första fyra veckorna utsöndrar en amerikansk svartbjörnshona med tre ungar ungefär 5.1 kilo vatten via mjölken. De tre ungarna utsöndrar sedan tillsammans 5.6 kilo vatten via avföring, urin och avdunstning från hud och lungor. Detta gör att honan kan återfå ungefär lika mycket vatten som hon utsöndrat via mjölken. 49% av kvävet som utsöndrats av modern i mjölken utsöndras sedan av ungarna, främst via urinen som urea, men även genom avföring vilket ger modern en chans att återta viktigt kväve; upp till hälften av vad hon utsöndrat om hon kan återuppta allt kväve som utsöndras av ungarna. En amerikansk svartbjörnshona med tre ungar producerar mjölk motsvarande cirka 33% av kroppsvikten (cirka 32 kilo mjölk) under de 12 första veckorna efter förlossningen men praktiskt taget allt vatten och en stor del av kvävet återupptas. Detta återvinnande av främst vatten och kväve är viktigt för moderns möjlighet att bibehålla kroppsmassa under digivningsperioden i idet där hon annars fastar under en lång period. En svartbjörnshona på 100 kilo skulle utan återupptag av ungarnas utsöndringsprodukter förlora cirka 32 kilo från mjölken samt ungefär 23 kilo (viktsförlusten i idet för en icke digivande hona) under de 12 första veckorna efter födseln vilket skulle ge en viktsförlust på ungefär 55% av den ursprungliga vikten vid förlossningen vilket skulle kunna vara mer än vad honan klarar av. Den största energikostnaden för honan under digivningsperioden är att framställa fettsyror och glukos från triglyceroler i fettvävnaden som sedan används till mjölkproduktionen.

De skillnader man funnit i fettsyrasammansättningen i svartbjörnsmjölk mellan perioden i idet och perioden därefter beror troligtvis på tillkommet födointag vilket även har påvisats hos digivande pälsälar och sjölejon (Iverson & Oftedal, 1992). Utöver fodersammansättningen spelar även digivningsstadium (olika tidpunkter i digivningsperioden) in på fettsyrasammansättningen hos den amerikanska svartbjörnen.

Under idevistelsen växer ungarna som långsammast både hos den amerikanska svartbjörnen ( $49 \pm 9$  g/dag) och grizzlybjörnen ( $98 \pm 22$  g/dag) vilket kan förklara moderns lägre mjölkproduktion under samma period ( $185 \pm 89$  g/dag mjölkintag per svartbjörnsunge och  $353 \pm 54$  g/dag mjölkintag per grizzlybjörnsunge) jämfört med senare under digivningen (Farley & Robbins, 1995). Ungarnas tillväxthastighet ökade för båda arterna efter idevistelsen fram till precis efter maximalt mjölkintag vid midsommar ( $881 \pm 246$  g/dag max mjölkintag och max tillväxt med  $351 \pm 107$  g/dag för svartbjörnsungen samt  $1350 \pm 248$  g/dag max mjölkintag och max tillväxt med  $605 \pm 115$  g/dag för grizzlybjörnsungen). Under sommaren bibehåller modern sin kroppsvikt för att mot hösten öka i vikt inför vinterdvalan. Jämfört med icke digivande honor förlorade en svartbjörnshona med två ungar 45% extra av kroppsvikten och en grizzlybjörnshona med två ungar 95% extra av kroppsvikten för att täcka de behov mjölkproduktionen ställer under digivningsperioden i idet. Kroppsvikten för den amerikanska svartbjörnshonan är under digivningsperioden  $105 \pm 18$  kilo och för den digivande grizzlybjörnshonan  $161 \pm 10$  kilo. Den japanska svartbjörnen har en lägre kroppsvikt om 53.5-77.7 kilo vid digivning (Iibuchi et al., 2009). Den digivande japanska svartbjörnen hade 34% högre metabolism under idevistelsens digivningsperiod för att täcka mjölkproduktionen

jämfört med icke digivande honor. Den metabola aktiviteten hos de digivande japanska svartbjörnshonorna var inte beroende av om de hade en eller två ungar men en viss skillnad kunde upptäckas då samma hona hade en eller två ungar.

En viktig aspekt när det gäller mjölkproduktion under fasta är kroppsvikten då en 10 gånger större hona har en energireserv som är 1.78 gånger större (Ofstedal, 2000). Djur som fastar under längre tid förbrukar glykogen substrat som normalt fylls på via födan och när dessa tar slut tvingas de därför bryta ner kroppseget protein för att framställa glukos. Fastande djur genomgår därför en del metabola förändringar som går ut på att minimera glukos användningen och därmed begränsa nedbrytningen av aminosyror så att proteinresurserna sparas. Detta leder till att mjölken innehåller små mängder kolhydrater och den huvudsakliga energikällan är istället fett samt till viss del protein. En hög fetthalt i mjölken minskar vattenhalten och bidrar till att minimera vätskeförlusterna under fastandet. Flera arter har högre proteinhalter i mjölken precis efter förlossningen än under senare stadier, vilket kan bero på att ungarna har ett större proteinbehov under tidig tillväxt och att det senare är viktigare med mycket energi.

Innan förlossning och efterföljande digivning är det viktigt för de djur som fastar att de har lagrat upp tillräckliga depåer av näringsämnen för att kunna klara av de extra påfrestningar mjölkproduktionen medför (Ofstedal, 1993). Fettupplagringen innan digivningsperioden är viktigast och det är ur denna depå huvuddelen av substraten för de extra metabola behoven hämtas; samtidigt har fettlagret (särskilt hos de marina däggdjuren) en viktig termoreglerande roll. Fettupplagringen innan födseln kan hos blåvalen ge en ökning av kroppsvikten på över 50%. Man har funnit att björnar och sälar kan förlora ungefär 30% av kroppsfettet och 15% av kroppsproteinet utan att behöva äta.

## **DISKUSSION**

De djur som under digivning fastar under hela eller delar av perioden utsätter sin kropp för stora påfrestningar vilket kräver anpassningar av reproduktions- och digivningsstrategin. De arter som producerar mjölk under fasta har liknande digivningsstrategier fast de tillhör olika utvecklingsbiologiska grenar. Det som skapat denna strategi borde enligt evolutionsteorin vara en överlevnadsfördel. Att mjölksammansättningen är likartad hos dessa djurarter kan ha bestämts av de begränsningar moderdjuret har då det gäller kroppsliga resurser vilket lett till liknande typ av anpassningar då det gäller mjölkproduktion och mjölksammansättning.

De likheter som finns mellan fastande däggdjursarters mjölksammansättning tycks genomgående vara höga fetthalter på i genomsnitt 16-60%. Fetthalten hos arter som inte fastar under digivning är betydligt lägre, vanligtvis mindre än 5% hos t ex hästar, idisslare och människor medan köttätare som hund och katt har fetthalter på 7-12% (Iibuchi et al., 2009). En annan genomgående likhet hos fastande arter tycks vara låga sockerhalter från praktiskt taget obefintliga till 3%. Ickefastande djur som idisslare har sockerhalter på 4-5%, hästar 6-

7%, katter 4-5%, hundar 3% och människor 6-7% (Iibuchi et al., 2009). Den låga sockerhalten är en betydelsefull anpassning av mjölkproduktionen då moderdjuret lider brist på glukos under fasta och själv använder minimala mängder glukos. Källor till nybildning av glukos hos det fastande djuret är i viss mån triglycerider och liknande men huvudsakligen aminosyror vilka tas från de kroppsegna proteinerna. Att minimera muskelnedbrytningen är viktigt för moderns egen överlevnad, även proteinhalten i mjölken är relativt låg hos fastande arter med halter på 7-14%. Vattenhalten i mjölken hos de djur som fastar tycks avta med tiden vilket bidrar till att minimera moderns vattenförluster samtidigt som avkomman får större mängd näringsämnen per kilo mjölk. Med ökande fetthalter ökar samtidigt energinivån i mjölken vilket indikerar att den huvudsakliga energikällan i mjölken är fett vilket även belysts tidigare i arbetet.

Den huvudsakliga strategin för att klara av mjölkproduktion under fasta är upplagrande av näringsämnen, i huvudsak fett, samt en förändring av metabolismen som minimerar glukos användningen och på så vis sparas det kroppsegna proteinet. Det är därför inte konstigt att en stor del av mjölken består av fett och halterna av protein och socker är lägre. Samtidigt som modern vill minimera sina näringsförluster måste avkomman få tillräckligt med näring för att ha en god chans att överleva; det är alltså en balansgång mellan moderns och avkommans behov. För att tillgodose avkommans behov samtidigt som modern inte äventyrar sin överlevnad måste modern ha tillräckliga näringsdepåer upplagrade innan födseln. Här är därför kroppsvikten av stor betydelse, tyngre djur kan klara av digivningen helt under fasta medan lättare djur tvingas göra uppehåll för att söka föda. Man kan därför huvudsakligen se två olika typer av digivningsstrategier. Den ena bygger på att modern har en kortare digivningsperiod under vilken hon helt fastar och producerar mjölk med tillräckligt näringsinnehåll för att tillgodose avkommans behov. Detta kräver dock att moderns reserver räcker hela digivningsperioden. Den andra strategin är att honan fastar under en begränsad del av digivningsperioden och sedan söker föda under resten av tiden (medan avkomman i vissa fall fastar) för att tillgodose de extra krav mjölkproduktionen kräver av modern. Detta gör att digivningsperioden varar betydligt längre och modern kan anpassa mjölksammansättningen och mjölkproduktionen efter sitt näringsintag vilket verkar vara fallet hos björnar och öronsälar. Björnarna verkar inte bara förändra mjölksammansättningen efter perioden av fasta utan även öka mjölkproduktionen, vilket även visar sig i att avkommans tillväxthastighet ökar (enligt beskrivning tidigare i arbetet).

Mjölksammansättningen förändras tydligt under digivningsperioden hos de djurslag som beskrivits i detta arbete. Det tycks i vissa fall bero på förändringar i näringsstatus, om modern fastar eller ej, men även hos gråsälén som fastar under hela digivningen förekom tydliga förändringar vilket troligen speglar avkommans förändrade behov under uppväxten. Det verkar som att modern anpassar mjölksammansättningen efter avkommans behov men samtidigt att avkommans behov sammanfaller med moderns förmåga att tillgodose behovet vilket troligen är en utvecklingsbiologiskt ändamålsenlig evolutionär anpassning.

## REFERENSLISTA

- Arnould, J.P.Y. Hindell, M.A. (1999). The composition of Australian fur seal (*Arctocephalus pusillus doriferus*) milk throughout lactation. *Physiological and Biochemical Zoology*, 72, 605-612.
- Bonnierfakta (1984), *Jordens djur, volym 1 Rovdjuren, volym 2 Havets däggdjur*.
- Farley, S.D. Robbins, C.T. (1995). Lactation, hibernation, and mass dynamics of American black bears and grizzly bears. *Canadian Journal of Zoology*, 73, 2216-2222.
- Georges, J-Y. Groscolas, R. Guinet, C. Robin, J-P. (2001). Milking strategy in subantarctic fur seals *Actocephalus tropicalis* breeding on Amsterdam Island: Evidence from changes in milk composition. *Physiological and Biochemical Zoology*, 74, 548-559.
- Iibuchi, R. Nakano, N. Nakamura, T. Urashima, T. Shimozuru, M. Murase, T. Tsubota, T. (2009). Change in body weight of mothers and neonates and in milk composition during denning period in captive Japanese black bears (*Ursus thibetanus japonicus*). *Japanese Journal of Veterinary Research*, 57, 13-22.
- Iverson, S.J. Oftedal, O.T. (1992). Fatty acid composition of black bear (*Ursus americanus*) milk during and after the denning period of winter dormancy. *LIPIDS*, 27, 940-943.
- Iverson, S.J. Bowen, W.D. Boness, D.J. Oftedal, O.T. (1993). The effect of maternal size and milk energy output on pup growth in grey seals (*Halichoerus grypus*). *Physiological Zoology*, 66, 61-88.
- Mellish, J-A. E. Iverson, S.J. Bowen, W.D. (1999). Variation in milk production and lactation performance in grey seals and consequences for pup growth and weaning characteristics. *Physiological and Biochemical Zoology*, 72, 677-690.
- Oftedal, O.T. (1993). The adaption of milk secretion to the constraints of fasting in bears, seals, and baleen whales. *Journal of Dairy Science*, 76, 3234-3246.
- Oftedal, O.T. Alt, G.L. Widdowson, E.M. Jakubasz, M.R. (1993). Nutrition and growth of suckling black bears (*Ursus americanus*) during their mothers' winter fast. *British Journal of Nutrition*, 70, 59-79.
- Oftedal, O.T. (1997). Lactation in whales and dolphins: evidence of divergence between baleen- and toothed species. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 2, 205-230.
- Oftedal, O.T. (2000). Use of maternal reserves as a lactation strategy in large mammals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59, 99-106.