

KvægInfo 2607: Risiko for overdosering af kobber og zink ved brug af mælkeerstatning til kalve

Forfatter(e): Thorben Krüger, Niels Bastian Kristensen

SEGES

STØTTET AF

Mælkeafgiftsfonden

Sammendrag

Kobberkoncentrationen i mælkeerstatning er mange gange højere end i sødmælk. SEGES har udført et fodringsforsøg for at undersøge, om det meget høje indhold af kobber i mælkeerstatning opfylder et ernæringsmæssigt behov hos kalve, eller om det ophobes i leveren. 14 kalve blev fodret med enten sødmælk eller mælkeerstatning i 35 dage, hvorefter de blev aflivet. 6 kalve blev aflivet direkte efter fødsel. Efter aflivning blev leveren høstet og indholdet af mikromineraler i lever, mælkeerstatning og sødmælk blev bestemt ved ICP-analyse.

I nærværende forsøg blev kalvene født med tilstrækkelige kobberdepoter i leveren, til at dække kobberbehovet i hele mælkefodringsperioden. Fodring med mælkeerstatning medførte en betydelig akkumulering af kobber og zink i leveren, hvilket tolkes som et tegn på begyndende forgiftning.

Ud fra disse resultater anbefales det, at reducere kobberindholdet i mælkeerstatning til under 2 mg/kg TS og zinkindholdet til 30 mg/kg TS.

Baggrund

Mælkeerstatningsprodukter er tilsat mineraler i koncentrationer, der langt overstiger mælkenes naturlige mineralindhold. Ifølge en nyere undersøgelse er kobberindholdet i mælk i gennemsnit omkring 0,33 mg/kg TS [1]. I mælkeerstatning er der typisk tilsat kobbersulfat i koncentrationer på 8-16 mg Cu/kg pulvertørstof, hvilket er 24-48 gange højere end i sødmælk.

Ud over at være et essentielt mikromineral, er kobber giftigt i for store mængder. Kobberhomeostasen er hovedsageligt reguleret gennem sekretion med galde samt deponering i, og mobilisering fra, leveren. Kvæg har, modsat svin, en forholdsvis lav kapacitet for udskillelse af kobber med galden og tolererer derfor lavere kobberkoncentrationen i foderet end svin. Kobbertildeling ud over behov fører til stigende kobberkoncentrationer i leveren. Midlertidig over- eller underforsyning med kobber kan normalt udlignes af leveren. Nedregulering af kobberabsorptionen tilskrives kun en lille effekt på drøvtyggers kobberbalance. Det er derfor vigtigt, at kobbertildelingen over en længere periode ikke ligger væsentligt over kobberbehovet.

Formål

Formålet med nærværende forsøg er derfor at undersøge, om den meget høje tildeling af kobber ved fodring med mælkeerstatning opfylder et ernæringsmæssigt behov, eller om det fører til forhøjede kobberkoncentrationer ophobet i leveren hos mælkefodrede kalve i den tidlige mælkefodringsperiode.

Materialer og metoder

Forsøget blev udført i perioden februar til april 2021 hos Maria og Søren Brogaard Christensen. Der var planlagt 6 Jerseytyrekalve på hver forsøgsbehandling, 12 kalve i alt. 3 kalve døde i løbet af forsøget og de blev erstattet med yderligere 2 kalve, så 11 kalve gennemgik hele forsøgsperioden. Kalvene blev taget fra koen indenfor 12 timer efter fødsel, opstaldet i vaskede og strøede enkeltbokse og tildelt 2 liter kolostrum med en Brix-værdi >22.

Der blev kun inddraget jersey-tyrekalve fra køer med mindst én laktation. Køernes mineralforsyning gennem laktationen og i goldperioden er vist i Tabel 1.

Tabel 1: Køernes forsyning med mikromineraler gennem laktationen og goldperioden.

Gruppe	Mineralblanding	Mineralkoncentrationer i rationen (g/kg TS)					
		Jern	Mangan	Zink	Kobber	Kobolt	Selen
Malkende	80 g/dag Semin 3	155	64	55	11	0.2	0.2
Far-off	55 g/dag Semin 3	406	101	68	18	0.29	0.4
Close-up	80 g/dag Vikmin Close-up ammon	202	72	47	8	0.23	0.22

Efterhånden som kalvene blev født, blev de på skift allokeret til den ene af de to forsøgsbehandlinger, der bestod af to daglige fodringer med enten sødmælk eller mælkeerstatning. Ud over to daglige mælkefodringer var der adgang til vand, hø og kalvestarter ad libitum.

Kalvene blev vejet ugentligt på en kreaturvægt. Efter 35 dage blev de aflivet og leveren blev høstet.

For at bestemme medfødte mineraldepoter, blev der fra samme besætning opsamlet leverer fra 6 jersey-tyrekalve, der blev aflivet umiddelbart efter fødsel.

Forsøgsbehandlinger

Forsøgsbehandlingerne bestod af fodring med enten sødmælk eller mælkeerstatning. Mælkeerstatningen (MilkFoss 60, ViloFoss) blev blandet op med 42°C varmt vand, resulterende i en udfodringstemperatur på ca. 40°C og et tørstofindhold på 15%. Sødmælken blev på ugentlig basis framalket fra besætningens holsteinkøer eller krydsningskøer, udportioneret i 4 liter Calvex-kassetter og frosset ned til senere forbrug. Inden udfodring blev sødmælken optøet i et Calvex Coloquick vandbad ved 42°C.

På begge behandlinger blev mælken tildelt i metalskåle efter følgende skema:

0-6 dage: Op til 4 Liter/dag

7-14 dage: Op til 5 Liter/dag

15-35 dage: Op til 6 Liter/dag

Dette resulterede i en samlet tildeling på 189 Liter/kalv eller ca. 29 kg TS ved fodring med mælkeerstatning (15% TS) og ca. 23 kg TS ved fodring med sødmælk (12% TS).

Prøver og analyser

Der blev udtaget mælkeprøver af hvert batch sødmælk. Fedt- og proteinindhold blev bestemt ved NIT. Stikprøver af sødmælk blev analyseret ved Eurofins for fedt- og proteinindhold, samt mikromineralindhold. Mælkepulver og kalvestarter blev analyseret ved Eurofins for mikromineralindhold ved ICP-analyse.

Leverprøverne blev opdelt i delprøver. Delprøverne blev hhv. tørret ved 60°C i tørreovn i 40 timer og sendt til Eurofins til ICP-MS-analyse af jern, kobber, zink, mangan og selen samt analyse af vitamin B12.

Beregninger og statistik

Mælkens sammensætning blev beregnet som det vægtede gennemsnit af 8 batch. Den daglige tilvækst blev estimeret ud fra medianen af forskellen mellem hvert målepunkt efter Sen's estimator af hældningen.

Det teoretiske kobberbehov blev estimeret efter den faktorielle metode med parameterestimer for vækst og vedligehold fra NRC (2010). Analyse af behandlingseffekter på mineralstatus blev foretaget med Proc Mixed i SAS (SAS 9.4) under anvendelse af en model med forsøgsbehandling som forklarende variabel.

Resultater

Energitildeling, tilvækst og sundhed

Tabel 2 viser mælkens og mælkeerstatningens sammensætning, energiindhold og den samlede energitildeling ved en mælketildeling på 189 liter i forsøgsperioden. Mælkens fedt- og proteinindhold var lavere end forventet, hvilket resulterede i en 24% højere energitildeling ved fodring med mælkeerstatning (580 MJ) end ved fodring med sødmælk (468 MJ).

Tabel 2: Mælkeerstatningens og mælkens deklarerede og analyserede kemiske sammensætning, samt beregnet energiindhold og energitildeling

		MilkFoss 60 (/kg TS)	MilkFoss 60 (/kg ved 15% TS)	Mælk (/kg, 12% TS)
Råprotein	g/kg	230.00	35	30.5*
Råfedt	g/kg	180.00	27	32.8*
Råaske	g/kg	7.50	1.1	
Kulhydrat	g/kg	582.50	87	43.9*
Netto-energiindhold, beregnet	MJ/kg	20.47	3.07	2.48
Energitildeling ved 189 liter	MJ		580	468

*Vægtet gennemsnit af 8 batch

Tabel 3 viser sygdomsregistreringer, alder, tilvækst og sluttvægt for hver enkelt kalv i forsøget. En kalv på mælkeerstatning og to kalve på sødmælksfodringen døde inden for 14 dage. 6 ud af 7 kalve fra sødmælksbehandlingen og 4 ud af 7 kalve fra mælkeerstatningsbehandlingen fik diarré. To kalve på mælkeerstatningsbehandlingen blev behandlet for lungebetændelse. Desuden hostede samtlige kalve på mælkeerstatningsbehandlingen fra ca. 3. leveuge. Dette blev ikke bemærket ved sødmælkskalvene, hvor kun én kalv blev behandlet for lungebetændelse. Den daglige tilvækst var 20% højere ved fodring med mælkeerstatning (0,6 kg/dag) end ved fodring med sødmælk (0,5 kg/dag), reflekterende den lavere energitildeling. Tilvæksten ved fodring med mælkeerstatning var 34g/MJ og ved fodring med sødmælk 36g/MJ (antaget fødselsvægt 28kg).

Tabel 3: Oversigt over kalve der indgik i forsøget, om de overlevede, sygdom, tilvækst og sluttvægt.

Behandling	Kalv	Status	Behandlet sygdom	Alder (dage)	Tilvækst (kg/dag)	Sluttvægt (kg)
Mælkeerstatning	6026	Gennemført	1x lungebetændelse	36	0.55	47
	6027	Død indenfor 14 dage	2x lungebetændelse, 1x diarré	9	-	29*
	6031	Gennemført		35	0.52	45
	6036	Gennemført	1x diarré	36	0.58	46
	6049	Gennemført		34	0.65	47
	6058	Gennemført	1x diarré	36	0.65	54**
	6060	Gennemført		34	0.67	48**
	Middel			35.2	0.60	47,8
Sødmælk	6029	Gennemført	1x diarré	34	0.5	44
	6030	Død indenfor 14 dage	1x diarré	12	-	29*
	6034	Gennemført	1x diarré	34	0.48	46
	6038	Gennemført	1x diarré	35	0.47	41
	6054	Gennemført		35	0.45	44
	6059	Gennemført	1x diarré	35	0.62	49**
	6061	Død indenfor 14 dage	1x lungebetændelse, 2x diarré	13	-	29*
	Middel			34.5	0.50	44,8

*Er ekskluderet fra gennemsnit **Normal mængde mælk om morgenen inden aflivningen, hvor resten fik en meget mindre tilde-
ling

Kalvens teoretiske kobberbehov

Tabel 4 viser jersey-kalvens beregnede kobberbehov ifølge NRC-parametre for tilvækst og endogent tab. Det samlede kobberbehov de første 35 dage er 35 mg. For en normal mælkefodringsperiode på 56 dage er kobberbehovet beregnet til 56 mg.

Tabel 4: Jerseykalvens beregnede kobberbehov i forsøgsperioden på 35 dage og en normal mælkefodringsperiode på 56 dage.

Tilvækst	35 dage	56 dage
Samlet tilvækst (kg)*	17,5	33.6
Kobberbehov for tilvækst (mg/kg) **	1.15	1.15
Samlet kobberbehov for tilvækst (mg)	20.1	38.6
Vedligehold		
Gennemsnitlig kropsvægt (kg) *	37	44.8
Endogent tab (mg/kg kropsvægt) **	0.0071	0.0071
Samlet kobberbehov for vedligehold (mg)	14.7	17.8
Samlet kobberbehov i mælkefodringsperioden (mg)	35	56

*Antagelser ved fødselsvægt 28 kg, tilvækst 0,5 kg/dag i 35 dage eller 0,6 kg/dag i 56 dage. **værdier fra [2]

Mineralindhold i sødmælk og mælkeerstatning

Tabel 5 viser mineralanalyserne af sødmælk og mælkeerstatning, samt det deklarerede indhold af mikromineraler i mælkeerstatning og tabelværdier for sødmælk (NRC, 2001). Det analyserede indhold af jern, zink og kobber i mælkeerstatningen var 25-43% lavere end deklareret. De deklarerede mineralniveauer i mælkeerstatningen er tæt på NRC-anbefalingen, på nær indholdet af zink, som er 3 gange så høj i denne mælkeerstatning som anbefalet af NRC.

De to sødmælksprøver udviser meget lidt variation i mineralindhold og ligger generelt indenfor referencelværdierne fra NRC, undtagen jernindholdet, som var 50% lavere end angivet i NRC.

Mineralprofilen for mælkeerstatningen er generelt meget forskellig fra sødmælk. Indholdet af kobber, jern og mangan er hhv. 30, 50 og 330 gange så høj i mælkeerstatningen som i sødmælk. Zink-, og selenindholdet er kun ca. 3 gange så høj i mælkeerstatning som i sødmælk.

Den samlede kobbertildeling i forsøgsperioden ved sødmælksfodring var 6,2 mg (23 kg mælketørstof) og ved fodring med mælkeerstatning 212 mg (29 kg mælketørstof). Forskellen i kobbertildeling mellem forsøgsbehandlingerne var 206 mg. Fra NRC forventes, at absorptionskoefficienten er ca. 70%, svarende til 4,3 mg absorberet fra sødmælk og 148,4 mg fra mælkeerstatning.

Tabel 5: Mikromineralindhold anbefalet af NRC, deklareret og analyseret mælkeerstatning, og i mælk ifølge NRC (2010) og analyseret.

Materiale	Kilde	Jern	Mangan	Zink	Kobber	Selen
Mælkeerstatning		mg/kg TS				
NRC (anbefalet)		100	40	40	10	0.30
MilkFoss 60	Deklareret	120	48	120	9.6	0.36
MilkFoss 60	Analyseret	69	53	90	7.3	
Mælk		mg/kg TS				
NRC	Reference	3	0.2-0.4	15-38	0.1-1.1	0.02-0.15
milk3625	Analyseret	1.5	0.13	31	0.27	0.1
milk3626	Analyseret	1.5	0.19	29	0.27	0.11

Medfødte mineraldepoter

Tabel 6 viser mikromineralkoncentrationen i leveren, tørstofkoncentration og levervægt fra de aflivede nyfødte tyrekalve. Nederst i tabellen vises de beregnede medfødte mineraldepoter i leveren. Det fremgår, at jersey-tyrekalve i gennemsnit fødes med 94 mg kobber i leveren.

Tabel 6: Oversigt over mineralindhold i lever samt beregnet depot fra aflivede nyfødte jersey-tyrekalve.

Levernr.	TS	Levervægt	Jern	Mangan	Zink	Kobber	Selen	B12
	%	(g)	mg/kg TS					
L100272	23.0		1736	6.1	1085	651	2.1	2.3
L100273	23.3		1889	7.7	558	901	3.3	1.9
L100274	24.4		353	7.0	82	574	2.3	1.4
L100276	25.6	496	822	5.9	430	978	2.5	1.9
L100301	22.9	448	218	7.0	323	786	2.7	2.0
L100306	23.3	571	860	8.6	357	731	3.0	1.7
Middel	24.1	505	980	7.0	473	770	2.6	1.9
			Mg total					
Samlet depot			119	0.9	57	94	0.3	0.2

Mineralbalance ved fodring med sødmælk

Tabel 7 viser mikromineralkoncentrationer i leveren, tørstofkoncentration og levervægt fra kalvene fodret med sødmælk. Nederst i tabellen ses de beregnede totale mineraldepoter i leveren på denne forsøgsbehandling. Det samlede kobberindhold i leveren efter 35 dages sødmælksfodring er i gennemsnit 58 mg. Ift. de nyfødte kalve, er dette en reduktion på 36 mg. Sammen med 4,3 mg absorberet fra sødmælk, har disse kalve dermed i gennemsnit omsat 40 mg kobber, hvilket er 5 mg mere end det beregnede behov.

Tabel 7: Oversigt over mineralindhold, levervægt og tørstofkoncentration i lever fra kalvene på sødmælksbehandlingen.

Kalv	Levende-vægt	Lever-vægt	Lever-TS	Jern	Mangan	Zink	Kobber	Selen	B12
	(kg)	(g)	(%)	(g/kg TS)					
6029	44	1005	28.9	62	6.9	381	184	0.90	0.74
6034	46	1125	28.8	63	7.6	268	146	0.73	0.61
6038	41	1314	29.6	57	6.8	101	98	0.51	1.97
6054	44	1040	28.2	82	9.6	674	177	0.53	0.67
6059	49	1343	29.6	88	12.5	152	246	0.74	0.70
Middel	44.8	1165	29.0	70	8.7	315	170	0.68	0.94
				(mg total)					
Samlet depot				24	2.9	107	58	0.23	0.32

Mineraldepoter ved fodring med mælkeerstatning

Tabel 8 viser mikromineralkoncentrationer i leveren, tørstofkoncentration og levervægt fra kalvene fodret med mælkeerstatning. Nederst i tabellen vises de beregnede totale mineraldepoter i leveren på denne forsøgsbehandling. Det fremgår, at det samlede kobberindhold i leveren er 193 mg i gennemsnit. Dette er 99 mg (47% af indtag) mere end hos de nyfødte kalve og 135 mg (64% af indtag) mere end hos de kalve, der blev fodret med sødmælk. Dermed blev ca. 47% af det tildelte kobber deponeret i leveren og absorptionskoefficienten for kobber fra mælkeerstatning har i dette tilfælde været ca. 64%.

Det fremgår desuden, at fodring med mælkeerstatning har medført en 3 gange højere deponering af zink i leveren end fodring med sødmælk. Både jern- og selenindhold i leveren var også højere ved fodring med mælkeerstatning end ved fodring med sødmælk.

Tabel 8: Oversigt over mineralindhold, levervægt og TS% af leverne fra kalvene på mælkeerstatningsbehandlingen.

Kalv	Levende-vægt	Lever-vægt	Lever-TS	Jern	Mangan	Zink	Kobber	Selen	B12
	(kg)	(g)	(%)	(g/kg TS)					
6026	47	1223	27.1	129	14.8	1329	554	1.59	0.71
6031	45	1144	28.3	109	8.8	1342	459	1.55	0.61
6036	46	1028	28.4	95	7.4	599	599	1.69	1.66
6049	47	1176	28.9	86	8.6	864	484	1.69	0.94
6060	48	1296	27.5	186	13.8	911	692	2.00	0.53
6058	54	1285	29.8	124	14.8	605	639	1.68	0.56
Middel	47.8	1192	28.3	122*	11.4	942*	571*	1.70*	0.84
				(mg total)					
Samlet depot				41.1*	3.84	318*	193*	0.57*	0.28

* Angiver en statistisk signifikant forskel ift. sødmælksbehandlingen.

Diskussion

Kalvenes tilvækst

Kalvene på mælkeerstatningsfodringen havde en højere daglig tilvækst end på sødmælksfodringen og lavere forekomst af diarré, men der blev noteret hosten ved alle kalve på mælkeerstatningsfodringen. Dette forsøg er ikke designet til hverken at vurdere forskelle i tilvækst eller sygdomstilfælde. Det vurderes dog, at en stor del af forskellen i tilvæksten kan tilskrives forskellen i energitildelingen, hvilket bekræftes af at tilvæksten per MJ energitildeling var lidt højere ved fodring med sødmælk end ved fodring med mælkeerstatning.

Mineralindhold i mælkeerstatning

Formuleringen af mineralindholdet i mælkeerstatning følger NRC-anbefalingen (Tabel 5), men er totalt afkoblet fra det naturlige indhold i sødmælk. Det er bemærkelsesværdigt, at der ikke "blot" er tale om en sikkerhedsmargin på fx 50-100%, som det kendes fra mineralnormerne til malkekøer, men at der derimod er en faktor 30-300 (altså 3 000 - 30 000%) i forskel. Mineralnormerne for mælkeerstatning fra NRC ser ud til at være inspireret af mineralnormerne for malkekøer. Det lave mineralindhold i sødmælk tyder dog på, at mælkefodrede kalve har et meget lavere mineralbehov end normerne angiver for malkekøer.

Kalvenes kobberforsyning gennem mælkefodringsperioden

Ifølge litteraturen kan kobber fra leveren mobiliseres helt ned til en koncentration i leveren på ca. 10 mg/kg TS (Suttle 2010). Dermed er langt det meste af kobberet i leveren tilgængelig for mobilisering. Resultaterne fra Tabel 1 og Tabel 6 tyder på, at en standardtildeling af typemineraler til køer, svarende til NorFor-normerne, resulterer i at kalvene bliver født med tilstrækkelige depoter til at forsyne dem med kobber gennem hele mælkefodringsperioden. Dette hænger umiddelbart godt sammen med, at mælk har et meget lavt indhold af kobber.

Fodring med mælkeerstatning fører efter 35 dage til en betydelig akkumulering af kobber i leveren (Tabel 8). Absorptionskoefficienten er estimeret til 64%, hvilket er i overensstemmelse med absorptionskoefficienten der angives i NRC (2001) med op til 70%. Det er usikkert om ophobningen af kobber i leveren hos kalve fodret med mælkeerstatning skyldes en manglende kapacitet for udskillelse af kobber i galden, eller om kobberkoncentrationen trods alt har været på et så moderat forhøjet niveau, at kalvene ikke har aktiveret maksimal udskillelse af kobber i galden.

Kalvenes kobberstatus målt på kobberkoncentration i leveren

Referencespektret for normal kobberstatus er på 33-600 mg/kg TS [3]. Ifølge [4] er der allerede ved leverkoncentrationer mellem 400 og 1000 mg/kg TS en risiko for kronisk kobberforgiftning. Kalvene fødes med en kobberkoncentration i leveren på 770 mg/kg TS. Den høje koncentration ved fødsel er nødvendig for at forsyne kalven med kobber i mælkefodringsperioden, hvor kobberindtaget fra mælk er meget lavt. Ved fodring med mælk falder kobberkoncentrationen i leveren efter 35 dage til 170 mg/kg TS. Ved fodring med mælkeerstatning falder kobberkoncentrationen i leveren til 571 mg/kg TS, på trods af at det samlede kobberindhold i leveren stiger med 99 mg. Faldet i koncentrationen skyldes en fortyndingseffekt af at leveren vokser.

Den høje kobberkoncentration i leveren ved fodring med mælkeerstatning øger ifølge Suttle (2010) risikoen for kobberforgiftning. Ophobningen af kobber i leveren forventes at være endnu højere ved brug af mælkeerstatning med højere kobberindhold (der findes mælkeerstatninger med op til 16 mg kobber/kg TS), fuld mælkefodringsperiode på 56 dage, og ved kalve af stor race, som har en højere foderoptagelse. Disse niveauer af kobber i mælkeerstatning vurderes derfor at udgøre en reel forgiftningsrisiko for kalvene.

Ophobning af zink i leveren ved fodring med mælkeerstatning

Normalt falder zinkkoncentrationen i løbet af kalvens opvækst. Ifølge [5] fødes kalve med en zinkkoncentration på ca. 450 mg/kg TS (107 mg/kg våd), hvilket svarer til værdierne i Tabel 6. Efter 30 dage er den forventede zinkkoncentration i leveren 320 mg/kg TS (93 mg/kg våd) hvilket svarer til zinkkoncentrationen i leveren på de mælkefodrede kalve (Tabel 7). Ved fodring med mælkeerstatning var zinkkoncentrationen i leveren dog på 942 mg/kg TS (Tabel 8), hvilket er tre gange så højt som forventet. Dette ligger indenfor normalen for enkeltkalve (110-1258 mg/kg TS), men langt over normalen for en gruppe kalve (300 – 344 mg/kg TS) [5].

I et forsøg med malkekøer blev der ikke fundet et dosisrespons af zinktildelingen på zinkkoncentrationen i leveren (KvægInfo 2604). Ligeledes er opkoncentration af zink i leveren hos køer ikke kendt som en del af det homeostatiske respons på en øget zinktildeling. Zinkhomeostasen reguleres normalt gennem regulering af absorptionen samt udskillelse i galde.

Zink i leveren inducerer dannelsen af metallothionein, som binder både kobber og zink [6]. Kobber alene kan i drøvtyggere ikke inducere dannelsen af metallothionein, hvilket er en del af forklaringen på at kobber er mere giftig for drøvtyggere end for enmavede dyr. Det er muligt, at den høje deponering af zink er sket som reaktion på den høje kobbertildeling, eller at den høje zinktildeling har ført til akkumulering af zink i leveren og dermed har forhindret en akut form for kobberforgiftning.

Supplering af zink kan modvirke kobberforgiftninger, men det kan også være giftigt i sig selv. Hos lam og kalve har både eksperimentel og naturlig zinkforgiftning ført til ophobning af zink i lever og nyrer, og resulteret i alvorlige skader på bl.a. bugspytkirtlen, nyrer og løben [7]. Eksperimentel zinkforgiftning i lam blev induceret ved en zinktildeling på 32 mg/MJ [8]. Til sammenligning var zinktildelingen i nærværende forsøg ca. 5 mg/MJ. Alligevel er akkumuleringen af zink i leveren ved fodring med mælkeerstatning bemærkelsesværdigt og kan tolkes som et tegn på begyndende forgiftning.

Et bud på mere hensigtsmæssige koncentrationer af kobber og zink i mælkeerstætning

Kobberindholdet i mælkeerstætning er for høj. Et bud på en maksimal forsvarlig koncentration af kobber i mælkeerstætning er 2 mg/kg TS. Ved et foderoptag på 0,8 kg TS og en absorptionskoefficient for kobber fra mælkeerstætning på 64%, svarer dette til et dagligt kobberoptag i mælkefodringsperioden på 1 mg, svarende til det beregnede kobberbehov (Tabel 4). Data fra nærværende forsøg indikerer dog, at kalve bliver født med tilstrækkelige kobberdepoter til at dække kobberbehovet i hele mælkefodringsperioden, og der derfor ikke er et behov for supplering af kobber gennem mælken.

Zinkkoncentrationen i mælkeerstætningen er "kun" ca. 3-4 gange så høj i mælkeerstætning som i mælk. Zink er dog det eneste mikromineral, hvor NRC-anbefalingen er tæt på indholdet i mælk og hvor mælkeerstætningens indhold overstiger NRC-normen. Den høje zinkdeponering i leveren, ved fodring med mælkeerstætning, kan være et tegn på forgiftning, og derfor bør zinkindholdet i mælkeerstætning reduceres til 30 mg/kg TS.

Konklusion

Det konkluderes, at det høje indhold af kobber og zink i mælkeerstætninger ikke opfylder et ernæringsmæssigt behov og dertil giver anledning til deponering af kobber og zink i leveren i mælkefodringsperioden. Kobber- og zinkindholdet i mælkeerstætning bør ikke overstige hhv. 2 mg/kg TS og 30 mg/kg TS. Gængse mælkeerstætninger med kobber- og zinkindhold på hhv. 8-16 mg/kg TS og omkring 120 mg/kg TS udgør en potentiel sundhedsmæssig risiko for kalve.

Referencer

- [1] Castillo, A.R., et al., *Mineral concentrations in diets, water, and milk and their value in estimating on-farm excretion of manure minerals in lactating dairy cows*. Journal of Dairy Science, 2013. **96**(5): p. 3388-3398.
- [2] NRC, *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. 2001, Washington, DC: The National Academies Press. 405.
- [3] Kincaid, R.L., *Assessment of trace mineral status of ruminants: A review*. Journal of Animal Science, 2000. **77**(suppl_E): p. 1-10.
- [4] Suttle, N.F., *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. 2010, Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA: CABI. vii, 587 p.
- [5] Puschner, B., et al., *Influence of age, sex, and production class on liver zinc concentration in calves*. J Vet Diagn Invest, 2004. **16**(4): p. 278-82.
- [6] Lopez-Alonso, M., et al., *The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle*. Veterinary Journal, 2005. **169**(2): p. 262-267.
- [7] Allen, J.G., et al., *Zinc Toxicity in Ruminants*. Journal of Comparative Pathology, 1983. **93**(3): p. 363-377.
- [8] Davies, N.T., et al., *The susceptibility of suckling lambs to zinc toxicity*. Br J Nutr, 1977. **38**(1): p. 153-6.