

470. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

Kirsten Christensen, Jørgen Daugaard, Uffe Henneberg,
Willy Hjarde, Kurt Jensen og Ole Aalund

A-vitamin og β -caroten til kvæg

Vurdering af normer under danske forhold

Vitamin A and β -carotene to cattle

Evalutation of requirements under Danish conditions



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1978

Forord

I vejledningsarbejdet hersker der usikkerhed om forsyningen af vitamin A til de forskellige kategorier af husdyr. Som årsag hertil kan nævnes de senere års ændringer i foderrationens sammensætning, ændringer i gødskning og bjærgningsteknik, samt det forhold at dyrenes produktionsniveau er hævet betydeligt. For vitamin A kan man se angivelser af normer, der varierer fra 30.000 til 200.000 i.e. pr. ko pr. dag, uden at der samtidig er gjort rede for, hvilke hensyn der er taget til de faktorer, der har betydning for udnyttelsen af dette vitamin eller dets forstadier.

På ovennævnte baggrund har der på initiativ af lektor Kirsten Christensen Jakobsen været nedsat en arbejdsgruppe med det formål at vurdere de senere års litteratur vedrørende kvægets A-vitaminforsyning og på dette grundlag angive normer, som må anses for optimale under danske fodringsforhold.

Arbejdsgruppen har haft følgende sammensætning:

Lektor, lic. agro. Kirsten Christensen Jakobsen,

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,

Dyrefysiologisk afd.

Stud. lic. agro. Jørgen Daugaard,

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,

Husdyrbrugsinstituttet,

Afd. for forsøg med kvæg.

Vid. ass., cand. agro. Uffe Henneberg,

Statens Husdyrbrugsforsøg

Helårsforsøg med kvæg.

Afdelingsforstander, dr. phil. Willy Hjarde,

Miljøministeriet,

Statens Levnedsmiddelinstitut,

Ernæringskemisk og ernæringsbiologisk afd.

Lektor, dyrlæge Kurt Jensen,

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,

Afd. for fodringslære.

Professor, dr.med. vet. Ole Aalund,

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,

Laboratorium for præventiv medicin.

Arbejdsgruppens undersøgelser og resultater er beskrevet i nærværende beretning. Den er af stor betydning for såvel vejledning af det praktiske landbrug som for det fremtidige forsøgsarbejde inden for området. Undertegnede ønsker herved at takke såvel arbejdsgruppens medlemmer som andre, der har bidraget til arbejdet gennemførelse.

Den 8. april 1978

P. E. Jakobsen A. Neimann-Sørensen

	INDHOLDSFORTEGNELSE	Side
Forord		3
I. Indledning		7
II. Vitamin A og dets provitaminer		8
A. Kemisk struktur og biologisk aktivitet af vitamin A		8
B. Kemisk struktur og biologisk aktivitet af provitamin A		9
C. Fordøjelse, absorption og transport af vitamin A		10
D. Fordøjelse, absorption og transport af β -caroten		12
E. A-vitaminets funktion i organismen		14
F. β -carotenets funktion i organismen		15
G. Koncentrationer af A-vitamin og β -caroten i blod, lever og mælk		15
H. Mangelsymptomer		18
III. Minimumsbehov		22
A. Bestemmelse af minimumsbehov		22
B. Sammendrag af litteraturstudier over bestemmelse af minimumsbehov for vitamin A og β -caroten		22
B. 1. Behov til kalve		22
B. 2. Behov til opdræt		24
B. 3. Behov til vedligehold hos udvoksede dyr		26
B. 4. Behov til drægtige kvier og køer		27
B. 5. Behov til vedligehold og laktation		29
B. 6. Behov til vedligehold, drægtighed og laktation med henblik på højtydende køer		32
IV. Fastlæggelse af normer		33
A. Sammendrag af litteraturstudier over faktorer, der influerer på normfastsættelsen		33
A. 1. Foderets energikoncentration		33
A. 2. Foderets proteinindhold		35
A. 3. Foderets indhold af fedt og fedtlignende stoffer		36
A. 4. Foderets indhold af vitaminer		37
A. 5. Foderets indhold af mineralstoffer		38
A. 6. Foderets indhold af nitrat		39
A. 7. Foderets indhold af caroten		42
A. 8. Carotenkilde		51
A. 9. Samlet vurdering af udnyttelsesgraden af foderets carotenindhold under danske fodringsforhold		53
A. 10. Stress		55
A. 11. Andre faktorer		55
V. Vejledende normer		56
A. Dækkes normerne under almindelige fodringsforhold?		58
B. Tilskud		59
C. Overdosering med A-vitamin		60
VI. Afslutning		63
Sammendrag		65
Summary		67
Litteraturliste		69

I. Indledning

De fedtopløselige vitaminer A, D og E syntetiseres ikke i fordøjelseskanalen hos drøvtyggere, hvorimod der ved mikrobiel syntese dannes vitamin K og B-vitaminer. A-vitamin kan dannes i tarmepitelet ved omdannelse af carotenoider, som findes i grønne planter. D-vitaminet kan dannes i huden ved ultraviolet bestråling, men her i landet er sollysintensiteten ikke tilstrækkelig til, at dyrene kan få hele årsbehovet for D-vitamin dækket alene ved at komme ud om sommeren. Det er derfor nødvendigt at tilføre kvæget caroten eller A-vitamin samt D- og E-vitamin.

I de senere år har der været en tendens til at give køerne stadig stigende mængder vitaminer og mineraler. Dette er sket i takt med, at kravene til de højtydende køer er steget. Tildelingen af vitaminer og mineraler til kalve, kvier og tyre er automatisk fulgt med op. Det har medført, at kvægets vitamin- og mineralstoftilskud ofte antager betydelige størrelser, for vitamin D endog så meget, at der ikke kan ses bort fra en risiko for overdosering. Det er i høj grad påkrævet, at der indledes et systematisk forskningsarbejde vedrørende kvægets behov for vitaminer og mineraler.

Arbejdsgruppen har ikke haft mulighed for at udføre forsøg. Vi har taget vort udgangspunkt for litteraturstudiet i de seneste 12 årgange af »Nutrition abstracts and reviews«. Litteraturen om vitamin A og caroten til kvæg er meget omfattende, og det har været nødvendigt at foretage en vis selektion. Arbejder, der f.eks. ikke medtager race, alder eller vægt på dyrene, eller giver utilstrækkelige oplysninger om dyrenes fodring er udeladt. Endvidere har vi koncentreret os om at besvare følgende spørgsmål: 1. Hvor meget A-vitamin eller caroten skal dyrene mindst have, for at der ikke udvikles mangelsymptomer? (minimumsbehov), 2. Hvor meget mere end minimumsbehovet skal tilføres under danske fodringsforhold? (hvilke faktorer kan påvirke behovets størrelse), 3. Hvor meget kan vi anbefale til de forskellige dyregrupper? (vejledende normer) og 4. Hvor meget skal foderet eventuelt suppleres med?

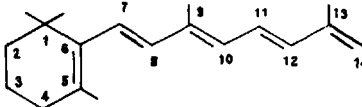
I det følgende gøres der kort rede for de arbejder, der har ligget til grund for vore konklusioner. Da der for nylig er udkommet en meget omfattende oversigtsartikel over vitamin A (Thompson, 1975), er der her kun medtaget en kort oversigt over A-vitaminets og β -carotenets omsætning og funktion i organismen.

II. Vitamin A og dets provitaminer

A. Kemisk struktur og biologisk aktivitet af vitamin A

I kemisk henseende er vitamin A en cyklisk polyenalkohol, der består af en β -iononring og en sidekæde med konjugerede dobbeltbindinger, samt en terminal gruppe, der kan være en alkohol, et aldehyd eller en karboxylsyre. Alkoholgruppen esterificeres let med eddikesyre, propionsyre eller palmitinsyre. Vitamin A's kemiske struktur og de forskellige formers navne fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Kemisk struktur og navne for vitamin A gruppen
Table 1. Chemistry of the vitamin A group

β -iononring <i>β-iononering</i>	Sidekæde <i>Side chain</i>	Terminal gruppe ved C ₁₄ <i>Terminal group attached to C₁₄</i>	Navn <i>Name</i>
		Alkohol <i>Alcohol</i> -CH ₂ OH	Retinol <i>Retinol</i> Vit. A ₁
		Estre <i>Esters</i> -CH ₂ OOCCH ₃	Acetat <i>Acetate</i>
		-CH ₂ OOCCH ₂ H ₅	Propionat <i>Propionate</i>
		-CH ₂ OOCCH ₂ H ₃₁	Palmitat <i>Palmitate</i>
		Aldehyd <i>Aldehyde</i> -CHO	Retinal <i>Retinaldehyde</i>
		Syre <i>Acid</i> -COOH	Retinsyre <i>Retinoic acid</i>

Ved vitamin A til kvæg og andre pattedyr forstås vitamin A₁ alkohol, hvis biokemiske navn er *retinol*. Vitamin A₁ har 5 konjugerede dobbeltbindinger, en i β -iononringen og fire i sidekæden. For det naturligt forekommende A-vitamin er arrangementet ved dobbeltbindingerne hovedsageligt all-trans. Hos ferskvandsfisk forekommer vitamin A₂ (dehydroretinol), der har 6 dobbeltbindinger, hvoraf de to findes i ringstrukturen. På grund af dobbeltbindingerne findes der isomere forbindelser af trans-, cis- og cis/trans-typen. All-transformen har den største biologiske aktivitet, hvilket fremgår af tabel 2.

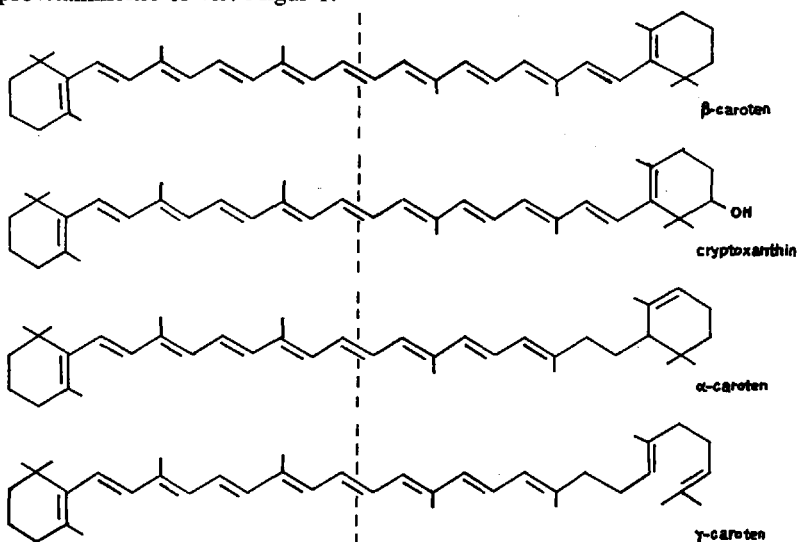
Tabel 2. Vitamin A isomeres relative biologiske aktivitet
Table 2. Relative biological activity of vitamin A isomers

Vitamin A isomer <i>Vitamin A isomers</i>	Relativ biologisk aktivitet procent <i>Relative biological activity per cent</i>
- all-trans	100
- 13 monocis	75
- 11 monocis	24
- 11-13 di-cis	15

Mængder af A-vitamin kan enten angives i vægtenheder, i internationale enheder (i.e.) eller i USP enheder (United States Pharmacopoeia). 1 i.e. = 1 USP enhed er den mængde A-vitaminvirksomt stof, der udviser en A-vitamin-virkning på *rotter* som 0.300 μg vitamin A₁ alkohol (all-trans) eller 0.344 μg vitamin A₁ acetat (all-trans) eller 0.550 μg vitamin A₁ palmitat (all-trans).

B. Kemisk struktur og biologisk aktivitet af provitamin A

Medens vitamin A kun forekommer i dyreriget, er der i planteriget forskellige forstadier til vitamin A, provitaminer. A-vitaminets vigtigste provitaminer er α -, β -, γ -caroten og cryptoxanthin. β -caroten har to intakte β -iononringe, medens de andre kun har en intakt β -iononring. Ved oxidativ spaltning kan der derfor teoretisk dannes 2 molekyler vitamin A af β -caroten, men kun et molekyle vitamin A af α - og γ -caroten samt af cryptoxanthin. De kemiske formler for provitaminerne er vist i figur 1.



Figur 1. Den kemiske struktur af A-vitaminets provitaminer.

Figure 1. The structure of vitamin A provitamins.

Man har tidligere ment, at der kun dannes 1 molekyle vitamin A af 1 molekyle β -caroten, men isoleringen af enzymet β -caroten 15,15'-dioxxygenase viser, at 1 molekyle β -caroten omdannes til 2 molekyler A-vitamin. Hos rotter og fjerkræ regnes med, at β -caroten har en vitaminaktivitet svarende til 50 pct. af vitamin A's aktivitet. De andre provitaminers aktivitet er mindre, hvilket fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Provitaminernes relative biologiske aktivitet i vækstforsøg med rotter
Table 3. Relative biological activity of provitamins in growth experiments with rats

Provitamin	Relativ biologisk aktivitet (Retinol = 100)
<i>Provitamin</i>	<i>Relative biological activity (Retinol = 100)</i>
α -caroten	25
β -caroten	50
γ -caroten	14
cryptoxanthin	29

β -caroten udgør 90–95 pct. af det caroten, der er tilstede i frisk grønfoder. Til kvæg regnes ofte med, at foderets carotenindhold er all-trans β -caroten. Det er nok et spørgsmål, om det er korrekt, men da der sjældent foretages en separation ved analyse af caroten, er det ikke almindeligt at bestemme, hvor meget aktivt β -caroten, der er i et foder. *Det ville være ønskeligt, at der blev iværksat undersøgelser over, hvorvidt moderne konserveringsmetoder medfører isomerisering eller andre ændringer i foderets carotenindhold med nedsat A-vitaminaktivitet til følge.*

I gul majs forekommer cryptoxanthin, medens α - og γ -caroten er sjældent forekommende i de almindeligt anvendte fodermidler til kvæg.

Den internationale enhed for provitamin A er 0,6 μ g β -caroten, hvilket er valgt på grundlag af den erfaring, at denne mængde har samme virkning på rotter som 0,3 μ g retinol. Dette omsætningsforhold gælder imidlertid kun for rotter og fjerkræ. Det svarer til, at 1 mg β -caroten har en A-vitaminaktivitet på 1667 i.e. Kvæg kan hverken absorbere eller omdanne β -caroten så effektivt, hvorfor ovennævnte omsætningsforhold ikke gælder for kvæg. Der gøres senere rede for nogle af de forhold, der påvirker udnyttelsen af β -caroten hos kvæg.

I det følgende anvendes ordet caroten identisk med β -caroten. Ordet caroten er også foretrukket i stedet for karotin, idet førstnævnte overvejende anvendes i dansk biokemisk litteratur og er i overensstemmelse med regler for nomenklatur for kemiske stoffer.

C. Fordøjelse, absorption og transport af vitamin A

Vitamin A og dets estre kan ændres i formaverne ved oxidation, hydrogenering af dobbeltbindingerne i molekylets sidekæde, isomerisering eller anden strukturel ændring, hvorved den biologiske aktivitet reduceres eller mistes.

Ullrey (1972) og Church (1975) anfører, at der må regnes med et præintestinalt tab af vitamin A på 50–70 pct. Lavt pH i løbe og eventuelt i vom eller tarm inaktiverer kun A-vitaminet minimalt, med mindre der samtidigt er nitrit tilstede (Roberts & Sell, 1963).

I duodenum hydrolyseres vitamin A-estrene af enzymet retinylesterhydrolase fra bugspytkirtlen (pancreas) til retinol og fedtsyrer. Den videre absorption af vitamin A er ikke klarlagt hos drøvtyggere, og der synes at være divergerende opfattelser af, hvorvidt galden har betydning for absorptionen af retinol. Thompson (1964 a) anfører, at galdeseekretion ikke har betydning for absorption af vitamin A, hvorimod både Ullrey (1972) og AEC (1974) citerer arbejder, der viser, at galden er nødvendig ved miceldannelse. Det er velkendt, at absorption af foderfedt sker ved en sådan miceldannelse, og at absorptionen af fedtopløselige vitaminer kan foregå på samme måde (Masoro, 1968). I tarmtrevlernes børstekant (mikrovilli) sker en hydrolytisk spaltning af retinylestre i micellerne. Normalt absorberes vitamin A udelukkende som den frie alkohol retinol. I tarmslimhinden sker der en reesterificering fortrinsvis til palmitat og en inkorporering i chylomikroner, som afgives til lymfen. Små mængder retinol kan oxideres til retinal og retinsyre. Sidstnævnte kan danne glucuronider, der afgives til portåresystemet. En del vitamin A og retinsyre fra tarmslimhinden tilbagesecernerer til tarmlumen via galden som glucuronider. De vil dog overvejende blive tilbageabsorberet, men det er uvist, hvorvidt den biologiske aktivitet bevares.

Hovedparten af den absorberede mængde retinylester oplagres i leveren, fortrinsvis som palmitat. Kun ca. 10 pct. af leverens A-vitaminindhold er frit retinol (AEC, 1974). Når retinylpalmitat afgives fra leveren, sker der først en hydrolyse til frit retinol. Retinol cirkulerer i blodet bundet til et specifikt protein. Det antages, at dette protein har afgørende betydning for den videre transport og udnyttelse af vitamin A. I tilfælde af proteinmangel kan der således opstå A-vitaminmangel, selv om dyrene får tilført rigeligt A-vitamin, fordi de ikke er i stand til at udnytte det. Hvor meget A-vitaminaktivitet der går tabt under cirkulering i blod og optagelse i de forskellige væv og organer, hvor vitamin A skal virke, er uvist. Ved intravenøs injektion af radioaktivt mærket A-vitamin er der imidlertid genfundet 95–97 pct. af radioaktiviteten i vitamin A i løbet af 24 timer efter injektionen (Hume et al., 1970), hvilket ikke tyder på noget større tab ved transport og oplagring.

Feber og tarminfektioner nedsætter absorptionen af vitamin A (Thompson, 1964a). Church (1975) anfører, at absorptionen fra fordøjelseskanaalen af vitamin A sker hurtigt med absorptionsmaximum 12 timer efter tilførsel, og at vitamin A acetat udnyttes i samme grad som vitamin A alkohol. AEC (1974) fandt i forsøg med rotter, at retinylacetat, -palmitat og -propionat blev udnyttet i samme grad til såvel vækst som leverdeponering.

Af ovenstående fremgår det, at der under optimale fodringsforhold, normale

sekretionsforhold i fordøjelseskanalen og normal sundhedstilstand må regnes med et tab under fordøjelsen af foderets A-vitaminindhold (uanset om dette består af retinol eller retinylestre) på ca. 50 pct. Ved omsætning i tarmepitel, andet epitelvæv, levervæv og andre væv samt ved transport i blod må regnes med et yderligere tab, der dog ikke forekommer at være større end ca. 5 pct. hos sunde og optimalt fodrede dyr. *Skønsmæssigt vurderes det derfor, at der kan regnes med en samlet udnyttelse på ca. 50 pct. af foderets A-vitaminindhold hos kvæg med drøvtyggerfunktion.* Hos kalve uden drøvtyggerfunktion må der regnes med en betydelig større udnyttelse, idet der her kun sker et ubetydeligt præintestinalt tab. *For kalve uden drøvtyggerfunktion kan skønsmæssigt regnes med en udnyttelse af foderets A-vitaminindhold på ca. 75 pct.*

D. Fordøjelse, absorption og transport af β -caroten

Caroten er mere stabilt over for inaktivering i vommen end vitamin A. Der destrueres kun ca. 10 pct. af foderets carotenindhold i formaver og løbe (Cohen et al., 1976).

Caroten er mindre opløseligt end A-vitamin. Normal galdesekretion er derfor afgørende for absorption af caroten, idet galdesyerner er nødvendige for miceldannelse (Ullrey, 1972). Caroten indbygges i micellerne og optages i tarmepitelet ved pinocytose. En del caroten absorberes direkte til lymfen, medens en del spaltes i tarmslimhinden til retinal af enzymet β -caroten 15,15'-dioxygenase. Retinal reduceres i tarmslimhinden til retinol der forestres og afgives til lymfe og blod som beskrevet for vitamin A.

Den »tilsyneladende« absorberede mængde caroten er bestemt i adskillige fordøjelighedsforsøg som forskellen mellem mængden af caroten i foder og gødning. I gennemsnit af 445 fordøjelighedsforsøg med stude af malkekvægrace fandt Wing (1969), at fordøjeligheden af caroten var 78 pct. Denne høje udnyttelse gælder dog ikke generelt, men skyldes sandsynligvis, at dyrene har fået en relativ lille carotenmængde i foderet. Flere har fundet, at tørke, forvejrning og forringet kvalitet af hø og ensilage nedsætter fordøjeligheden af caroten. I mange forsøg er der fundet en fordøjelighed på 20–50 pct. Der er imidlertid store analytiske problemer forbundet med bestemmelsen af mængden af caroten i foder og fæces, fordi det ekstraheres med forskellig effektivitet. Der er også i adskillige forsøg fundet negative fordøjelighedskoefficienter, hvilket tilskrives analytiske fejl, fejl ved gødningsopsamlingen eller endogen udskillelse af caroten. Dertil kommer, at det er vanskeligt at afgøre, hvor stor en mikrobiel nedbrydning eller syntese af caroten, der sker i den bageste del af fordøjelseskanalen. Da caroten ikke absorberes fra blindtarm (coecum) og tyktarm (colon), kan en eventuel syntese af caroten i disse afsnit ikke udnyttes af værtsdyret. På grund af ovennævnte forhold giver fordøjelighedskoefficienter for caroten ikke noget reelt billede af, hvor meget β -caroten der absorberes.

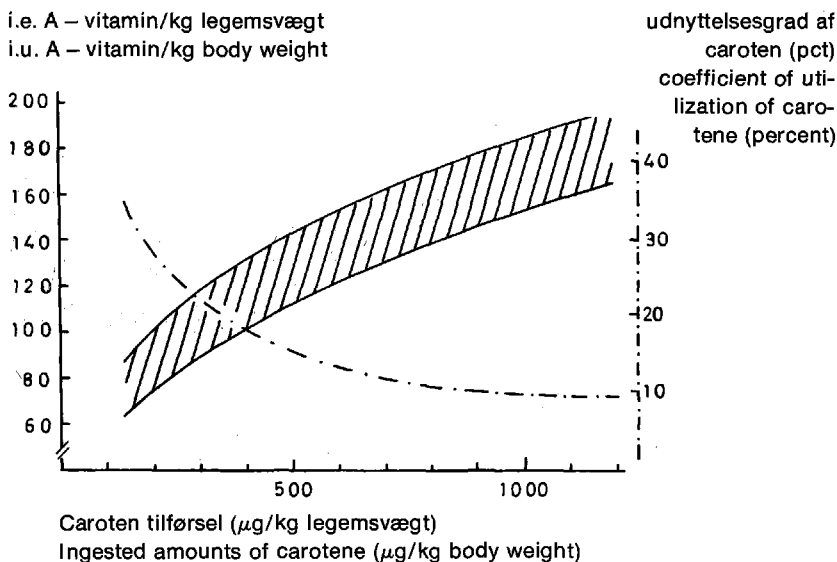
Omdannelsen af β -caroten til vitamin A i tarmslimhinden foregår med forskellig effektivitet hos forskellige dyrearter, men raceforskelle gør sig også gældende. Det er således velkendt, at Jersey og Guernsey racerne har meget gult talg og mælkefedt, medens andre racer som R.D.M. og S.D.M. har næsten hvidt talg, selv om de tildeles store carotenmængder. Eaton et al. (1959) viste således, at kalve af Holstein-Friesian race omdannede caroten til vitamin A 1,5 gange mere effektivt end kalve af Guernsey race. Lignende forskelle er også fundet mellem andre kvægracer (Kapoor & Ranjhan, 1974). Andre undersøgelser tyder på, at malkekøer af Holstein og Jersey race udskiller samme A-vitaminmængde pr. tørstofenhed i colostrum, men Jersey udskiller ca. 3 gange så meget β -caroten pr. tørstofenhed i mælken som Holstein, når de fodres med græs gennem drægtighedsstiden (Vargas et al., 1974). Der foreligger ikke undersøgelser over racemæssige forskelle mellem Jersey og R.D.M., S.D.M. eller andre danske kvægracer med hensyn til omdannelse af β -caroten til A-vitamin i tarmslimhinden.

Der synes at være uenighed om, hvorvidt det β -caroten, der cirkulerer i blodet, kan omdannes til A-vitamin hos kvæg. Andre drøvtyggere f.eks. får kan omdanne β -caroten til A-vitamin uden for tarmslimhinden, f.eks. i lever, lunger og nyrer (Church et al., 1954). Samme forfattere fandt imidlertid, at kalve ikke var i stand til at omdanne intravenøst injiceret β -caroten til retinol. Ganguly & Murthy (1967) konkluderer, at extraintestinal omdannelse af β -caroten til retinol kan foregå i et vist omfang hos kvæg, men ikke så effektivt som hos andre dyrearter.

Der er undersøgelser, som tyder på, at β -caroten lettere destrueres under transporten i blodet end A-vitamin. Bieri & Pollard (1954) kunne således kun genfinde 1/2–1/3 af det radioaktivt mærkede intravenøst injicerede β -caroten. Det er også af denne grund vanskeligt at afgøre, hvor stor A-vitamin effekt, det absorberede caroten kan have.

Der er mange forhold, der påvirker absorptionen af vitamin A og β -caroten og omdannelsen af β -caroten til vitamin A. Foruden de omtalte raceforskelle, er det vist, at hundyr alt andet lige aflejrer mere A-vitamin i leveren end handyr (Ender, 1934), og at unge dyr fordøjer caroten bedre end ældre dyr (Puscaru et al., 1967). I forbindelse med feber, tarminfektioner og gulsot, nedsættes udnyttelsen af vitamin A og β -caroten (Thompson, 1964 a). Caroten og vitamin A udnyttes bedre af kalve og køer, når det gives i vandige kolloidale opløsninger, end når det gives i olieopløsninger (Thompson, 1964a). Den faktor, der tilsyneladende betyder mest for udnyttelsen af β -caroten, er imidlertid mængden af caroten i foderet.

I et omfattende forsøg med Holstein-Friesian kalve fandt Rousseau et al. (1956), at stigende carotenmængde i foderet givet i form af lucernehø, havde en aftagende vitamin A effekt som vist i figur 2. Effekten af vitamin A og caroten blev beregnet ud fra de målte koncentrationer af vitamin A i plasma og lever,



Figur 2. Carotenuudnyttelsen hos kalve i relation til den fortærede carotenmængde givet som lucernehø (beregnet efter Rousseau et al., 1956). En udnyttelsesgrad på 100 pct. er her fastsat til, at 1 mg β -caroten svarer til 1667 i.e. A-vitamin, hvilket gælder for rotter og fjerkræ. (Den stiplede kurve angiver pct. udnyttelse af carotenet i relation til den tilførte carotenmængde, medens de fuldt optrukne kurver angiver carotenets A-vitamineffekt i organismen ved stigende carotentilførsel).

Figure 2. Relationship between the ingested amount of carotene (alfalfa hay) and its utilization in calves. (Calculated on the basis of data from Rousseau et al., 1956). A utilization index of 100% equals the conversion of 1 mg β -carotene to 1667 i.u. vitamin A as found in experiments with rats and chickens. The dotted line indicates the utilization of carotene in per cent of the amount ingested. The solid line indicates the total vitamin A effect of increasing amounts of ingested β -carotene.

samt den tid det tog at reducere plasmakoncentrationen af vitamin A til mangelniveau.

Det fremgår af figur 2, at β -carotens A-vitamin effekt aftager ved stigende indhold af caroten i foderet. Det formodes, at den aftagende udnyttelse er en slags afværgereaktion fra organismens side mod overdosering.

E. A-vitaminets funktion i organismen

A-vitaminet har mange funktioner i organismen, men de er ikke alle klarlagt i detaljer. Den bedst kendte af retinolets virkninger er dets funktion i *synsprocessen*. Funktionen af nethindens stave beror på tilstedeværelsen af synspur-

pur, rhodopsin, som er et sammensat protein, hvis prostetiske gruppe er vitamin A aldehyd (retinal). Proteindelen kaldes opsin. Når stavene udsættes for lys, spaltes rhodopsin. Det er denne proces, der danner grundlaget for synsindtrykket i svag belysning (scotoptisk syn). Mangler vitamin A, svigter evnen derfor til mørkeadaptation, og der kan opstå natteblindhed.

Det skal bemærkes, at retinol let oxideres til retinsyre, såfremt der ikke er vitamin E tilstede. Retinsyre kan ikke fungere ved synsprocessen, og det reduceres ikke til retinal eller retinol i organismen. Retinsyre kan derimod erstatte A-vitaminet med hensyn til vækst.

Retinal indgår også i et chromoprotein, iodopsin, i tappene, der muliggør opfattelse af farver (fotoptisk syn). Retinol er endvidere nødvendigt for opretholdelse af *epitelcellers normale struktur*. Det hæmmer keratinisering sandsynligvis ved at forhindre dannelse af disulfidbindinger (-S-S-). Funktionen menes også at være forbundet med vitamin A's betydning for opretholdelse af normal *cellemembranstruktur*. Der er tilsyneladende et samspil mellem vitamin A og strukturlipidernes oxidative og reductive egenskaber. Vitamin A har betydning for normal mitokondrieaktivitet og dermed for *dannelse af energirige bindinger*, f.eks. i form af adenosintrifosfat (ATP). Vitamin A indgår endvidere i syntesen af mukopolysakkarider ved at aktivere enzymet ATP-sulfurylase. Mukopolysakkariderne er vigtige bestanddele af slim. Vitamin A har derfor betydning for *den normale funktion af slimhinder*. Vitamin A har betydning for *reproduktionsevnen* både hos han- og hundyr. Vitamin A har også betydning for *skjoldbruskkirtlens (gl. thyreoideas) normale funktion*. Det har endvidere betydning for syntesen af *cholesterol, glycogen og protein*. Vitamin A har som følge af de nævnte funktioner stor betydning for dyrenes *vækst*.

F. β -carotenets funktion i organismen

Det har hidtil været antaget, at uomdannet β -caroten kun havde betydning som pigment i huden, i fedtvæv og i det gule legeme (corpus luteum). Der er imidlertid nu fremkommet undersøgelser, som viser, at β -caroten er *essentielt for en normal ovariefunktion hos kvier* (Meyer et al., 1975; Lotthammer et al., 1976). Det må derfor antages, at kvier og køer udnytter en del af det i blodet cirkulerende β -caroten direkte. Det kan ikke udelukkes, at β -caroten også har andre funktioner i organismen.

G. Koncentrationer af A-vitamin og β -caroten i blod, lever og mælk

Tabel 4 viser nogle eksempler på koncentrationer af A-vitamin og caroten i plasma og levervæv hos kvæg. Det er karakteristisk, at plasma- og leverkoncentrationerne af A-vitamin og caroten er meget lave hos nyfødte kalve, hvilket skyldes den placentrale barriere.

Carotenkoncentrationen i plasma afhænger helt af carotentilførslen i månederne forud for undersøgelsen. Efter en periode med rigelig carotentilførsel kan

koncentrationen være 2000 μg pr. 100 ml plasma, efter en periode med ringe tilførsel vil den nærme sig 0.

A-vitaminkoncentrationen i plasma er bestemt ved den øjeblikkelige tilførsel af caroten og/eller A-vitamin. Hvis intet A-vitaminaktivt stof tilføres, vil leverdepotet opretholde en A-vitaminkoncentration på ca. 30 i.e. pr. 100 ml. Ved rigelige tilførsler ses værdier op til 200 i.e. pr. 100 ml.

Carotenindholdet i leveren vil naturligvis stige med stigende indhold i blodet, men vil kun udgøre en yderst beskeden mængde af organismens samlede indhold af A-vitaminaktivt stof (Hjarde et al., 1954).

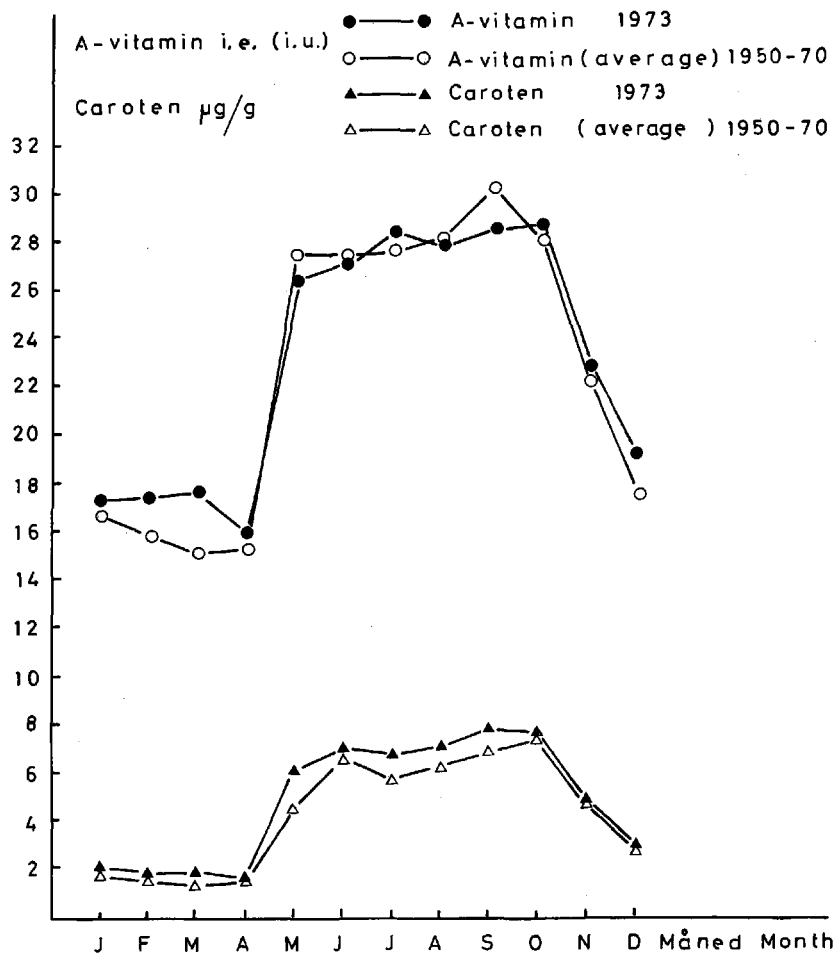
A-vitaminindholdet i leveren er dyrets depot og afhænger af A-vitamintilførslerne gennem hele livet. Indholdet vil normalt være stadigt stigende med dyrets alder. Der synes at være mulighed for aflejring af næsten ubegrænsede mængder. Her i landet vil indhold på over 1000 i.e. pr. g lever ikke være ualmindeligt hos ældre køer (Bro-Rasmussen, 1958).

Ældre køer har normalt højere leverkoncentrationer af A-vitamin end unge køer. Den forøgede anvendelse af A-vitaminpræparater herhjemme gennem de

Tabel 4. Eksempler på koncentrationer af A-vitamin og caroten i blod og levervæv hos kvæg (delvis efter Church, 1975)

Table 4. Concentration of vitamin A and carotene in blood and liver tissue of cattle (partially according to Church, 1975)

	Plasma eller serum (pr. 100 ml) <i>Plasma or serum (per 100 ml)</i>		Lever pr. g <i>Liver per g</i>	
	Caroten μg (Carotene) μg	A-vitamin i.e. (Vitamin A) i.u.	Caroten μg (Carotene) μg	A-vitamin i.e. (Vitamin A) i.u.
Kalve ved fødsel (kødkvæg) <i>Calves at birth (beef cattle)</i>	0-5	15-30	-	0-15
Holstein kvier <i>Holstein heifers</i>	200-300	ca. 80	ca. 4	ca. 200
Malkekøer, beg. af laktation <i>Dairy cows at the beginning of the lactation period</i>	ca. 300	ca. 110	-	ca. 100
Malkekøer, slutn. af laktation <i>Dairy cows at the end of the lactation period</i>	ca. 500	ca. 120	ca. 5	ca. 200
Køer (kødkvæg) beg. af drægtighed <i>Beef cows at the beginning of gestation</i>	150-400	80-160	15-50	600-3000
Køer (kødkvæg) beg. af laktation <i>Beef cows at the beginning of lactation (lavt carotenindhold i foder)</i>	50-150	ca. 70	5-25	30-500



Figur 3. Årstidsvariationer i smørfedts indhold af A-vitamin og caroten for årene 1950-1970 samt 1973.

Talmaterialet stammer fra de af Statens Vitamin-Laboratorium for Statskontrollen med Mejeriprodukter og æg m.v. i årene 1950-1967 hver måned udførte analyser af smørprøver og de i årene 1968-1970 og 1973 af Statens Levnedsmiddelinstitut fortsatte undersøgelser. (Bro-Rasmussen, 1956).

Figure 3. Seasonal variation of the concentration of vitamin A and carotene in butter fat during the years 1950-1970 and 1973.

The data supporting these graphs have been established by the Danish State Vitamin Laboratory examining samples from the Danish Government Inspection Agency for dairy products, eggs etc. (Bro-Rasmussen, 1956).

seneste år har tillige medført, at koncentrationerne af A-vitamin i levervæv hos kvæg er steget betydeligt. I årene 1952–57 fandtes en middelværdi for 12 kalvelever på 13.000 i.e. vitamin pr. 100 g væv (815–46.500) (Bro-Rasmussen, 1958). I 1973 var indholdet af vitamin A i kalvelever i gennemsnit for 11 prøver steget til 35.000 i.e. pr. 100 g (2300–89.000) (Leth, 1973), altså en stigning til det tredobbelte.

A-vitamin og β -caroten udskilles med mælken i mængder, der dels afhænger af den tilførte mængde, dels af mængden afgivet fra leveren. Om sommeren, når køerne optager frisk græs eller andet grønfoder, stiger indholdet af A-vitamin og caroten i mælken, medens det om vinteren her i landet altid ligger lavere. Årstidsvariationer i mælkens indhold af A-vitamin fremgår af figur 3.

H. Mangelsymptomer

Når dyrene tilføres for lidt A-vitamin eller β -caroten, falder koncentrationen af disse stoffer i plasma, lever og mælk, og der indtræder en række uspecifikke og specifikke mangelsymptomer. Sværhedsgraden af de lidelser, der opstår, afhænger af, hvor længe dyrene mangler A-vitamin, og hvor gamle de er, når manglen indtræder. De tydeligste tegn på en mangeltilstand forekommer hos kalve og unge dyr.

De uspecifikke mangelsymptomer er nedsat appetit, hæmmet vækst, strittende hårlag og diarré. De specifikke mangelsymptomer indtræder i de væv og organer, hvor A-vitaminet har en speciel funktion enten direkte eller indirekte. Disse væv og organer er imidlertid ikke lige følsomme over for en mangeltilstand. Det mangelsymptom, der kan iagttages ved de letteste grader af underforsyning, er et forøget tryk i cerebrospinalvæsken (den væske der findes i hjernens hulheder og rygmargens centralkanal). Dette kan bl.a. medføre papilødem. Natteblindhed og keratinisering af slimhindens epitel er nogle af de første synlige mangelsymptomer. Langvarig A-vitaminmangel har følgevirkninger i næsten alle organer. Beskadigelse af tårekirtlerne fører til standsning af deres funktion. Øjets bindehinde (conjunctiva) får et tørt og mat udseende, og hornhinden (cornea) kan nekrotisere. Denne tilstand kaldes øjentørsot (xerophthalmi). Knoglerne hos unge dyr udvikles abnormt på grund af ubalanceret aktivitet mellem de bendannende celler (osteoblaster) og de bennedbrydende celler (osteoklaster). Degenerative forandringer i kraniet og rygsøjlen fører til tryk på nerverne. Nervesystemet kan desuden undergå forandringer uafhængigt af den mekaniske belastning. Nervelidelserne resulterer ofte i, at dyrene har en vaklende gang med ukoordinerede bevægelser. A-vitaminmangel påvirker også reproduktionsevnen. Hos tyre indtræder der forstyrrelser i dannelsen af sædceller, og både sædmængde og sædkvalitet forringes. Hos hundyr udøver β -caroten en specifik funktion i ovarierne. Mangel på β -caroten hæmmer

ægløsningen (ovulationen) og udviklingen af corpus luteum, og fremmer cystedannelse i ovarierne (Meyer et al., 1975; Lotthammer et al., 1976). Ved mangel på A-vitamin hos kvier og køer gennem drægtighedsperioden fødes der ofte svage eller døde kalve eventuelt med misdannelser.

Ofte anvendes plasma- og leverkoncentrationerne af vitamin A og β -caroten som udtryk for organismens A-vitamin status. En sådan bestemmelse uden samtidig undersøgelse af mangelsymptomers forekomst kan dog give misvisende resultater (Eaton et al., 1970; Ondersheka, 1973). NRC (1966) anfører f.eks., at den normale koncentration af vitamin A i plasma hos kalve er 33 i.e./100 ml, og at dyr med lavere koncentrationer mangler A-vitamin. Ifølge Beeson et al. (1965) skal leveren indeholde 77 i.e. A-vitamin pr. g væv for at undgå udvikling af synlige mangelsymptomer. Tabel 5 viser imidlertid en oversigt over plasma- og leverkoncentrationer af vitamin A hos dyr med forskellige mangelsymptomer, hvoraf det fremgår, at kalve med mindre end 69 i.e. A-vitamin pr. 100 ml plasma har forøget tryk i cerebrospinalvæsken. Koncentrationen af β -caroten i plasma og lever siger meget lidt om organismens A-vitaminstatus, fordi man ikke ved, i hvilket omfang β -caroten udnyttes af de forskellige væv og organer. På grundlag af de foreliggende arbejder må det derfor konkluderes, at plasma- og leverkoncentrationerne af vitamin A og β -caroten ikke er fuldgylidige indikatorer for de enkelte organers og vævs A-vitamin afhængige reaktioner, og derfor ikke bør anvendes som eneste mangelkriterium. Det bør samtidig undersøges, om dyrene har et eller flere af de omtalte mangelsymptomer.

Mangel på A-vitamin og β -caroten kan resultere i utrivelige eller syge dyr med infektioner i åndedrætsorganer, fordøjelseskanal og reproduktionsorganer, omløbning, kastning, svage eller dødfødte kalve. Disse mangelsymptomer kan resultere i store økonomiske tab og vanskeliggøre den daglige pleje og pasning af dyrene. Derfor skal dyrene tilføres A-vitamin og i visse tilfælde også β -caroten i så store mængder, at mangelsymptomer ikke fremkommer.

Tabel 5. Oversigt over plasma- og leverkoncentrationer af vitamin A ved mangelsymptomers forekomst hos kvæg under tømning af organismens A-vitamindepoter

Table 5. Association between plasma and liver vitamin A concentrations and deficiency symptoms in cattle

Mangelsymptomer <i>Deficiency symptoms</i>	Alder ved forsøgets begyndelse <i>Age at the beginning of the experiment</i>	Forsøgets varighed <i>Duration of experiment</i>	Plasmakonc. i.e. vit. A/100 ml Vitamin A conc. in plasma i.u. vit. A/100 ml	Leverkonc. i.e. vit. A/g Vitamin A conc. in liver i.u. vit. A/g	Referencer <i>References</i>
Nedsat foderoptagelse <i>Reduced feed intake</i>	1½–5½ mdr. months	½–5 mdr. months	40–50		Abrams et al. (1969)
Nedsat tilvækst <i>Reduced weight gain</i>	N=10 par tvillinger pair of twins		20–35		
Død <i>Death</i>	3½–4½ mdr. (N=8) months	6–9½ mdr. months	13–23		Vasudevan & Dutt (1969a)
Natteblindhed; nedsat vækst <i>Hemeralopia; reduced growth</i>	3½–4½ mdr. (N=8) months	3½–4½ mdr. months	33–40		Vasudevan & Dutt (1969b)
Diarré Diarrhoea			≤33		
Nervelidelser; ukoordinerede bevægelser <i>Nervous diseases; incoordinated movements</i>			≤27		
Nedsat appetit <i>Reduced appetite</i>			≤17		

Mørkeadaptation nedsat

Delayed adaptation to darkness

(1 min.)	2-3 uger weeks	2-2½ mdr.	60		Barnett et al. (1970)
(5 min.)		7 mdr.	50		
(20 min.)		8 mdr.	37		
		months			

Forhøring af epitelet i

ørespytkirtlens kanaler

Keratinization in the ducts

of the parotid gland

Padilødem

Papilledema

Forhøjet tryk i cerebrospinalvæske ...

Increased pressure of the

cerebrospinal fluid

1½-3 mdr.

months

3-8 mdr.

months

≤ 65

(N=128)

≤ 25

(N=87)

Eaton et al.

(1970)

≤ 59

(N=150)

≤ 130

(N=129)

≤ 69

(N=57)

≤ 7

(N=57)

N = Antal dyr. Number of animals.

III. Minimumsbehov

Minimumsbehovet for vitamin A og β -caroten angiver den mindste mængde af vitaminet henholdsvis dets provitamin, der skal tilføres med foderet for at undgå, at der udvikles mangelsymptomer. Minimumsbehovet kan udtrykkes som den mængde dyret dagligt skal have enten totalt, pr. kg legemsvægt eller som den mængde, der skal være pr. kg fodertørstof. I det følgende anføres minimumsbehovet pr. kg legemsvægt.

A. Bestemmelse af minimumsbehov

Minimumsbehovet kan principielt bestemmes på to måder: 1) Dyrene fodres med forskellige mængder A-vitamin eller β -caroten (varierende fra 0 og opefter), og det registreres, hvornår og ved hvilket tildelingsniveau mangelsymptomerne ikke indtræder. 2) Dyrenes depoter for A-vitamin og β -caroten tømmes først til mangelniveau ved fodring med et A-vitamin- eller carotenfattigt foder. Derefter fodres dyrene med stigende mængder A-vitamin eller β -caroten, og det registreres, ved hvilket tilskudsniveau mangelsymptomerne ophæves. Anvendes den første metode, er det vigtigt at have kendskab til dyrenes A-vitaminstatus ved forsøgets begyndelse.

B. Sammendrag af litteraturstudier over bestemmelse af minimumsbehov for vitamin A og β -caroten

B.1. Behov til kalve

I det følgende betegnes dyr af begge køn fra fødsel til 1 års alderen som kalve. Hvor kun dyrenes vægt er angivet, er de indtil en levende vægt af ca. 250 kg medregnet som kalve.

Behovet for vitamin A eller β -caroten til kalve afhænger først og fremmest af, hvilket kriterium for mangel der anvendes. Således viste Lewis & Wilson (1945), at kalve skulle have 27 i.e. A-vitamin/kg legemsvægt/dag for at opretholde normal vækst; 54 i.e. for at opnå maximal tilvækst; 108 i.e. for at aflejre små mængder vitamin A i leveren; 427 i.e. for at opnå maksimale koncentrationer af vitamin A i blodet og 854 i.e. for at opnå relativt store koncentrationer af vitamin A i leveren.

Senere viste Eaton et al. (1964), at behovet for β -caroten til kalve var relativt mindst, hvis natteblindhed blev anvendt som mangelkriterium, større hvis vækst blev anvendt, større hvis forhorning (metaplas) af epitelet i ørespytkirtlens gange blev anvendt, endnu større hvis forekomsten af papilødem i øjet blev anvendt, og størst hvis forøget cerebrospinalvæsketryk blev lagt til grund. Af sidstnævnte undersøgelser fremgår det, at et forøget cerebrospinalvæsketryk (CSFP) er det for nærværende mest følsomme kriterium for A-vitaminmangel. *I overensstemmelse hermed bør minimumsbehovet fastsættes til den mængde A-vitamin eller β -caroten, dyrene dagligt skal tilføres for at undgå et forøget cerebrospinalvæsketryk.*

På grundlag af 4 forsøg med i alt 108 Holstein tyrekalve udført over en 5 års periode ved Universitetet i Connecticut fandt Eaton et al. (1964), at en daglig indtagelse på mindre end 106 μg caroten/kg legemsvægt medførte et forøget cerebrosinapalvæsketryk. Alle kalve blev fodret efter norm med sødmælk og kalvestarter og havde fri adgang til lucernehø fra fødslen til en alder af 35 eller 63 dage. Derefter blev de fodret med et vitamin A fattigt foder indtil koncentrationen af vitamin A i plasma var faldet til ca. 40 i.e./100 ml. Derefter fik kalvene forskellige mængder caroten i form af kunsttørret lucernegrønmeal varierende fra 22–530 μg /kg legemsvægt/dag fordelt på 14 doseringsniveauer.

Fra samme forskergruppe foreligger der et supplerende forsøg (Nielsen et al., 1966) med i alt 48 Holstein tyrekalve. De fik henholdsvis 22, 44, 66, 88, 110 og 132 μg caroten/kg legemsvægt fra en gennemsnitsalder af 79 dage i enten 12 eller 24 uger. Kalvene var fordelt på 2 energiniveauer (60 og 100 pct.). Foderets energiindhold havde ingen sikker indflydelse på hyppigheden af mangelsymptomer eller sværhedsgraden heraf. Derimod forstærkedes mangelsymptomerne med tiden, således at de kalve, der blev fodret med de 4 laveste mængder caroten i 24 uger havde større frekvens og sværhedsgrad af mangelsymptomer end de kalve, der fik de samme mængder i 12 uger. Forhøjet CSFP blev observeret hos de grupper, der fik henholdsvis 22, 44, 66 og 88 μg caroten/kg legemsvægt/dag. Af dette arbejde fremgår det, at kalve i en alder af 3–9 mdr. skal have ca. 110 μg caroten/kg legemsvægt/dag, hvilket er i overensstemmelse med Eaton et al.'s resultater (1964).

Lignende forsøg er også udført med A-vitamin. Eaton et al. (1972) fodrede i alt 43 Holstein kalve med henholdsvis 13, 39, 52, 212 og 854 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag givet i form af retinylacetat og fandt ved beregning, at CSFP steg ved en tilførsel på mindre end 97 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag.

De behov, som det engelske Agricultural Research Council (ARC) og det amerikanske National Research Council (NRC) anfører i deres publikationer, lægges i vid udstrækning til grund for tildeling af vitamin A eller caroten til kvæg. ARC (1965) angiver et behov for β -caroten til kalve på 80 μg /kg legemsvægt/dag. ARC anvender i deres behovsangivelser et omsætningsforhold mellem β -caroten og A-vitamin på 5:1 på vægtbasis. Med den omregningsfaktor er behovet for A-vitamin til kalve 53 i.e./kg legemsvægt/dag. Dette behov er minimumsbehov, hvor der er taget hensyn til, at kalvene ved fodring med disse mængder ikke udvikler synlige mangelsymptomer, at de aflejrer små, men målelige mængder vitamin A i leveren, samt har optimal vækst. Endvidere er der taget højde for, at Jersey og Guernsey udnytter β -caroten lidt dårligere end andre racer. De behov, som ARC opgiver, gælder derfor for kalve af alle racer. Dette minimumsbehov er for lavt i forhold til de 106 μg caroten som fundet af Eaton et al. (1964), hvilket skyldes, at mindre følsomme kriterier end forøget CSFP er anvendt ved bestemmelsen.

NRC (1971) lægger Eaton et al.'s (1964) resultater til grund for deres behovs-

angivelser og sætter værdien af 1 mg β -caroten til 400 i.e. vitamin A. NRC (1971) anfører derfor et behov for A-vitamin til kalve i vægtintervallet 35–150 kg på 43 i.e./kg legemsvægt/dag.

I de omtalte forsøg med tilskud af enten vitamin A eller β -caroten har grundfoderet kun indeholdt minimale mængder A-vitamin og β -caroten. I mange andre forsøg har foderet imidlertid indeholdt en ukendt mængde vitamin A og β -caroten. Det er derfor umuligt at beregne, hvor store mængder dyrene reelt har fået i foderet, og sådanne forsøg er derfor udeladt i nærværende vurdering. Rice & Paulis (1965) udførte et forsøg, hvor kalvene i gennemsnit af vægtintervallet 90–446 kg fik tildelt enten 48 eller 255 mg caroten i foderet og et fodertilskud på henholdsvis 0, 5.000 og 10.000 i.e. vitamin A/dyr/dag. I dette forsøg var der ingen signifikant effekt af A-vitamintilskuddet på leverens vitamin A indhold og på slagtekroppens sammensætning. Med en gennemsnitsvægt på 268 kg fik kalvene henholdsvis 179 μ g og 951 μ g caroten/kg legemsvægt/dag, hvilket ifølge Eaton et al. (1964) er tilstrækkeligt til at opretholde et konstant tryk i cerebrospinalvæsken.

Konklusion. Af de resultater, der er anført i tabel 5, samt refereret i dette afsnit, fremgår det, at behovet for vitamin A eller β -caroten afhænger af, hvilket kriterium der anvendes ved bestemmelse af behovet.

Et forøget tryk i cerebrospinalvæsken (CSFP) er for nærværende det mest følsomme kriterium for A-vitaminmangel. Ved bestemmelse af minimumsbehov for vitamin A og β -caroten bør cerebrospinalvæsketrykket derfor være det afgørende kriterium. Med et givet cerebrospinalvæsketryk som mangelkriterium er minimumsbehovet for vitamin A bestemt i forsøg med kalve til 97 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag (Eaton et al., 1972). Eaton et al. (1964) fandt, at 106 μ g caroten/kg legemsvægt/dag tilført med kunsttørret lucernegrønne havde en tilsvarende værdi.

Arbejdsgruppen finder det rimeligt at benytte de eksperimentelt bestemte mængder af henholdsvis vitamin A og β -caroten som udtryk for minimumsbehovets størrelse til kalve.

På grundlag af ovenstående konkluderes, at minimumsbehovet for vitamin A til kalve af alle racer indtil 1 år svarende til en levende vægt på 250 kg er 97 i.e. A-vitamin/kg legemsvægt/dag eller 106 μ g β -caroten/kg legemsvægt/dag tilført som kunsttørret lucernegrønne.

B.2. Behov til opdræt

Betegnelsen opdræt omfatter her tyre, kvier og stude, der er over 1 år eller vejer mere end 250 kg.

Der er gennemført en række forsøg til belysning af minimumsbehovenes størrelse, men ingen af disse forsøg har omfattet målinger af cerebrospinalvæsketrykket (CSFP). I de fleste forsøg har man anvendt plasma- og leverkoncentrationerne af vitamin A og caroten, tilvækst og slagtekvantitet som kriterier.

I forsøg med tyre fandt Kohlmeier & Burroughs (1970), at minimumsbehovet for vitamin A til opnåelse af maximal tilvækst var 1400 i.e./kg fodertørstof. Tyrene fik i gennemsnit 10 kg formalet majs pr. dag. Regnes med en gennemsnitsvægt på 400 kg, svarer de daglige mængder til 35 i.e./kg legemsvægt. Ved fodring med denne mængde var koncentrationen af vitamin A i plasma og lever henholdsvis 83 i.e./100 ml og 7 i.e./g.

Perry et al. (1967) viste, at tilsætning af 20.000 i.e. vitamin A/dyr/dag til et foder, der indeholdt 1,5 mg caroten pr. kg, gav en signifikant stigning i tilvækst og foderudnyttelse, hvorimod det ikke havde nogen sikker indflydelse på slagtekvantitet. Koncentrationen af vitamin A i serum og lever var henholdsvis 70 i.e./100 ml og 10 i.e./g for det hold, der ikke fik tilskud og 163 i.e./100 ml og 50 i.e./g for holdet, der fik tilskud af A-vitamin. Dyrene, der kun fik grundfoder, fik i gennemsnit tilført ca. 34 μ g caroten/kg legemsvægt/dag, medens tilskuddet af A-vitamin udgjorde ca. 57 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag.

Hladik & Laitova (1968) fandt, at behovet for vitamin A til tyre i vægtintervallet 300–500 kg var 70 i.e./kg legemsvægt/dag. Cullison & Word (1965) fodrede stude i vægtintervallet 285–400 kg med et foder, der indeholdt 270 mg caroten i hø og sammenlignede disse stude med stude, der dels fik et tilskud på 50 mg caroten dels på 50.000 i.e. vitamin A. Der fandtes ingen signifikante forskelle mellem hold med hensyn til kødmængde i slagtekroppen. Til trods for at alle tre behandlinger medførte en signifikant stigning i carotenniveauet i både plasma og lever, var der et signifikant fald i blodets og leverens vitamin A koncentration hos de to hold, der kun fik hø eller hø + tilskud af caroten. Holdet, der fik oralt tilskud på 50.000 i.e. vitamin A, havde samme koncentration af vitamin A i lever og blod ved begyndelsen som ved slutningen af forsøget. Forfatterne konkluderede, at stude har et behov for vitamin A på 50.000 i.e. svarende til 150 i.e./kg legemsvægt/dag i perioden 285–400 kg. Koncentrationen af vitamin A i plasma ved forsøgsperiodens slutning for de tre hold var henholdsvis 83, 67 og 110 i.e./100 ml. I henhold til Kohlmeier & Burroughs' resultater (1970) skulle det hold, der kun fik 270 mg caroten/dag i form af hø have fået sit behov dækket. Med en gennemsnitsvægt på 340 kg ses det, at disse stude fik ca. 795 μ g caroten/kg legemsvægt/dag, hvilket er ca. 10 gange mere end de minimumsbehov, der er fundet i andre forsøg.

I et forsøg udført af Kirk et al. (1971) indgik i alt 72 stude af krydsningsrace i vægtintervallet 250–300 kg fordelt på 6 hold. Efter en udtømningsfase på 140 dage blev studene fodret i 56 dage på følgende måde: 1. Basalfoder indeholdende 20 mg caroten i bomuldsfrøkager og citrus pulp, 2. Basalfoder + 3 mg caroten i hø (kilde ikke anført), 3. Basalfoder + 11 mg caroten i hø, 4. 3 mg caroten i hø + 12.000 i.e. A-vitamin (-palmitat), 5. Basalfoder + 11 mg caroten i hø + 48.000 i.e. A-vitamin, 6. Basalfoder + 12.000 i.e. A-vitamin. Efter udtømningsperioden var leverkoncentrationerne af A-vitamin reduceret fra ca.

350 til ca. 30 i.e. pr. g væv. Efter fodring med ovennævnte foderrationer faldt leverkoncentrationerne af A-vitamin for hold 1–4 yderligere til 20 i.e. pr. g væv, medens de for hold 5 og 6 steg til henholdsvis 57 og 30 i.e. pr. g væv.

Plasmakoncentrationerne af vitamin A efter udtømningsfasen er ikke bestemt i forsøget, men efter fodring i 56 dage med det anførte foder var plasmakoncentrationen af vitamin A 93 i.e./100 ml for hold 1–3 og 160 i.e./100 ml for hold 4–6. Der var ikke signifikante forskelle mellem hold med hensyn til tilvækst og slagtekvantitet. Vurderes A-vitaminstatus i dette forsøg ud fra plasmakoncentrationerne af vitamin A, er alle studene velforsynede med A-vitamin, hvorimod alle stude mangler A-vitamin, hvis leverkoncentrationerne af A-vitamin lægges til grund (smilg. kapitel II. H.). Kliniske undersøgelser over mangelsymptomers forekomst er ikke foretaget i dette arbejde.

ARC (1965) anfører, at behovet for β -caroten til vækst er 80 $\mu\text{g/kg}$ legemsvægt/dag.

NRC (1971) konkluderer, at det minimumsbehov for β -caroten, der var fundet i forsøg med kalve ved bestemmelse af CSFP (Eaton et al., 1964), også bør gælde for opdræt, eftersom CSFP ikke er bestemt i forsøg med unge dyr under opvækst, idet det antages, at CSFP også er det mest følsomme mangelkriterium for voksende dyr over et år.

Konklusion. De kriterier, der er anvendt ved bestemmelse af minimumsbehov for vitamin A og β -caroten til opdræt, er tilvækst og slagtekvantitet. Det er tidligere påpeget, at behovet for vitamin A eller β -caroten til vækst er forholdsvis lavt. Af enkelte forsøg refereret i dette afsnit fremgår det, at behovet for vitamin A til opnåelse af normal slagtekvantitet er mindre end til vækst. Da der ikke er udført forsøg vedrørende cerebrospinalvæsketryk i relation til tilførslen af A-vitamin eller caroten, kan det ikke afgøres, om de forskellige behovsangivelser for vitamin A eller β -caroten, der er refereret her, er for lave. Af de refererede arbejder fremgår det, at behovet for vitamin A til udnyttelse af maximal vækstkapa-citet ligger mellem 35 og 70 i.e./kg legemsvægt/dag, medens behovet for β -caroten er på ca. 80 $\mu\text{g/kg}$ legemsvægt/dag.

Da der ikke findes eksperimentelt grundlag for at fastslå minimumsbehovet for vitamin A eller β -caroten til opretholdelse af konstant tryk i cerebrospinalvæsken, antages det, at det minimumsbehov, der er bestemt til kalve med cerebrospinalvæsketrykket som mangelkriterium, vil være stort nok til at sikre mod fremkomst af mangelsygdomme hos opdræt i hele vækstperioden. Vurderingen af vitamin A- og β -carotentilførsel til opdræt baseres derfor på, at henholdsvis 97 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag eller 106 μg β -caroten/kg legemsvægt/dag, hvor β -carotenet er tilført som kunsttørret lucernegrøn-mel, sikrer mod mangelsygdommes opståen.

B.3. Behov til vedligehold hos udvoksede dyr

Behovet for vitamin A og β -caroten til vedligehold hos udvoksede dyr er ikke

bestemt i nyere forsøg. ARC (1965) anfører, at behovet for β -caroten er 80 $\mu\text{g/kg}$ legemsvægt/dag, hvilket er samme mængde som anført til dyr i vækst.

NRC (1971) anfører ligeledes et behov for β -caroten og A-vitamin til vedligehold hos udvoksede køer og avlstyre svarende til det behov, der er anført for kalve og opdræt.

Da der ikke foreligger eksperimentelle bestemmelser af behovet for vitamin A og β -caroten til vedligehold hos udvoksede dyr, antages ligesom ved opdræt, at de mængder, der svarer til minimumsbehovet hos kalve, også her er store nok til at sikre mod mangelsygdommes opståen. Vurderingen af tilførsler af vitamin A og β -caroten til vedligehold hos udvoksede dyr baseres derfor på, at henholdsvis 97 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag eller 106 μg β -caroten/kg legemsvægt/dag, hvor carotenet er tilført som kunsttørret lucernegrønmel, sikrer mod mangelsygdommes opståen.

B.4. Behov til drægtige kvier og køer

Mange forsøg har vist, at mangel på A-vitamin nedsætter frugtbarheden både hos han- og hundyr. Køer, der mangler vitamin A, føder svage eller døde kalve ofte med forskellige mangelsymptomer.

Nye undersøgelser har vist, at β -caroten er nødvendigt for ovariernes funktion (Meyer et al., 1975) og den tidlige fosterudvikling (Lotthammer et al., 1976). Disse undersøgelser omfattede 40 sortbrogede kvier, der fra en gennemsnitlig vægt af 200 kg fik carotenfattigt foder i 3 uger, hvorefter de enten fik et dagligt tilskud på 300 μg gelatinestabiliseret β -caroten og 100 i.e. vitamin A/kg legemsvægt eller 220 i.e. A-vitamin/kg legemsvægt i 3 mdr. til 1 år. A-vitaminværdien af 1 mg β -caroten blev vurderet til 400 i.e. A-vitamin. Tilvækst og undersøgelser på blodserum af koncentrationerne af uorganisk fosfor, glukose, kolesterol samt aktiviteten af leverenzymet glutamatoxalacetat-transaminase (GOT) var ens for de to hold gennem hele forsøgsperioden (Meyer et al., 1975; Lotthammer & Ahlswede, 1977). Derimod indtrådte der allerede efter 2–3 mdr. store ændringer i ovariernes udvikling hos de kvier, der kun fik A-vitamin. Ægløsning og udvikling af det gule legeme var hæmmet, og senere udvikledes cystiske degenerationer i ovarierne (Meyer et al., 1975). Bruntsymptomer, brunstinterval og befrugtningseffektivitet var endvidere reduceret (Lotthammer et al., 1976). De patologiske ændringer kunne helbredes ved tilskud af 600 μg caroten/kg legemsvægt/dag i 10 uger. Desværre er der kun anvendt de nævnte doseringsniveauer af β -caroten og A-vitamin. Formodentlig kunne A-vitaminet erstattes med β -caroten alene, men det blev ikke undersøgt. De 100 i.e. A-vitamin blev givet som en sikkerhedsforanstaltning, formodentlig fordi andre undersøgelser har vist, at udnyttelsen af caroten falder, hvis dyret mangler A-vitamin (bl.a. Thompson, 1964 a). Den pågældende mængde var optimal vurderet ud fra leverens A-vitaminindhold (Meyer et al., 1975).

I en feltundersøgelse med ca. 300 malkekøer (italienske Friesians) viste

Cappa et al. (1974), at lav frugtbarhed, non-infektios fosterdød og forekomst af dødfødte kalve navnlig indtraf hos køer, hvis plasmavitamin A koncentration var mindre end 67–83 i.e./100 ml. Størstedelen af køerne havde plasmakoncentrationer af vitamin A på dette niveau, men ca. 1/3 af køerne havde lavere plasmakoncentrationer. I sommerperioden var koncentrationen af vitamin A og caroten i plasma henholdsvis 103 i.e./100 ml og 1336 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Ved fodring med kraftfoder, hø og halm i vinterperioden faldt koncentrationerne af vitamin A og caroten i plasma til henholdsvis 67 i.e. og 329 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Tilskud af 70.000 i.e. vitamin A/dyr/dag kunne ikke hindre dette fald. Det var nødvendigt at give et tilskud på 90–100.000 i.e. vitamin A/dyr/dag, navnlig til højtydende køer for at kunne opretholde en plasmakoncentration af vitamin A på 67–83 i.e./100 ml. Regnes der med, at køerne i gennemsnit vejede 600 kg, ses det, at behovet for vitamin A til drægtige køer er 150–170 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag.

Mingazov (1974) viste effekten af et tilskud af vitamin A i et forsøg med 42 køer i 7.–8. drægtigheds måned i anden drægtighedsperiode indtil 30–40 dage efter næste inseminering. Køerne fik dels hø, der var fattigt på caroten (kontrolhold), dels et fodertilskud på 160.000 i.e. vitamin A/dyr/dag svarende til ca. 320 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag (forsøgshold). Forsøgsholdets plasma- og leverkoncentrationer af vitamin A steg til henholdsvis 177 i.e./100 ml og 137 i.e./g, medens kontrolholdets plasma- og leverkoncentrationer af vitamin A faldt til henholdsvis 53 i.e./100 ml og 37 i.e./g. Tilskud af 160.000 i.e. vitamin A/dyr/dag havde en signifikant bedre effekt på dyrenes evne til at afgive efterbyrden, på gendannelse af det uterine miljø og på brunst, samt på fosterdødelighed og på kalvenes tilvækst. Forsøget belyser ikke om en tilsvarende effekt kunne opnås ved et lavere tildelingsniveau.

På baggrund af ovennævnte arbejder kan det ikke undre, at Nicholson & Cunnningham (1965) fandt, at 4–11 år gamle køer, der fik 20.000 i.e. vitamin A/dyr/dag fødte svage eller døde kalve og hyppigt havde tilbageholdt efterbyrd. Koncentrationen af vitamin A i plasma og lever var imidlertid henholdsvis 80 i.e./100 ml og 540 i.e./g, hvilket ikke tyder på en mangeltilstand. Tilskud af 50.000 i.e. vitamin A/dyr/dag reducerede antallet af abnormiteter, men forøgede ikke koncentrationen af vitamin A i plasma og lever. Køerne vejede ca. 400 kg og fik således 175 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag.

Undersøgelser udført af Vintan et al. (1970) viser, at placenta skal indeholde mere end 250 μg caroten/100 g, for at kalvene kan fødes sunde og levedygtige, men arbejdet indeholder ikke oplysninger om, hvor meget vitamin A eller caroten køerne skal have for at aflejre sådanne mængder i placenta.

ARC (1965) anfører, at behovet til drægtige køer er 150 μg caroten/kg legemsvægt/dag, hvor carotenet kan erstattes af 100 i.e. vitamin A. Denne mængde skulle være tilstrækkelig til at sikre, at der ikke udvikles synlige mangelsymptomer hos ko og kalv. Den er imidlertid ikke tilstrækkelig til at sikre normalt CSFP hos kalvene.

NRC (1971) anfører et behov til vedligehold og drægtighed på $190 \mu\text{g}$ β -caroten/kg legemsvægt/dag, hvor carotenet kan erstattes med 76 i.e. A-vitamin.

Konklusion: Ved bestemmelse af minimumsbehov for A-vitamin eller β -caroten til vedligehold og drægtighed foreligger der flere undersøgelser, hvor lever- og plasmakoncentrationerne af vitamin A og caroten, mangelsymptomer hos ko og kalv, samt kalvenes levedygtighed er anvendt som mangelkriterier. Det er imidlertid nu bevist, at hundyr skal have en vis mængde β -caroten til sikring af ovarierens funktion, uanset hvor meget A-vitamin de i øvrigt tilføres. Desværre er der endnu kun enkelte undersøgelser, der belyser dette forhold (Meyer et al., 1975; Lotthammer et al., 1976; Lotthammer & Ahlswede, 1977).

Der er derfor ikke grundlag for at fastsætte et minimumsbehov til drægtige kvier og køer. Derimod finder arbejdsgruppen det rimeligt at lægge de refererede arbejder vedrørende carotenets betydning for ovarierens funktion og den tidlige fosterudvikling til grund for normfastlæggelsen. *Der bør således tages hensyn til tidspunktet i drægtighedsperioden, således at kvier henholdsvis køer tilføres caroten fra ca. 1 måned før inseminering henholdsvis fra kælvning til ca. 1 måned efter, drægtighed er konstateret. I resten af drægtighedsperioden kan caroten erstattes af A-vitamin.*

B.5. Behov til vedligehold og laktation

Mælkedannelsen i yveret kræver formodentlig vitamin A, fordi der hele tiden skal dannes nye celler og membraner i forbindelse med cellernes mælkefedtskillelse. Det er dog ukendt, hvor meget der kræves hertil.

ARC (1965) konkluderer, at behovet til mælkeproduktion er lavt, fordi mælkemængden ikke nedsættes af manglende tilførsel af A-vitamin, før mangelsymptomer indtræder generelt. Behovet er imidlertid ikke bestemt eksperimentelt. ARC (1965) skønner, at minimumsbehovet til laktation er $50 \mu\text{g}$ β -caroten/kg legemsvægt/dag. En malkeko har ifølge ARC et samlet behov for β -caroten til vedligehold og mælkeproduktion på $130 \mu\text{g/kg}$ legemsvægt/dag. Denne mængde skulle sikre, at der ikke udvikles mangelsymptomer hos koen, og at den producerer den maximale mælkemængde, den kan præstere under de givne betingelser.

Den mængde A-vitamin, der udskilles med mælken, afhænger af den aktuelle tilførsel, idet den stammer dels fra denne, dels fra leverdepotet. Mælkens indhold af A-vitamin og β -caroten er korreleret med indholdet i foderet i henhold til følgende ligning (ARC, 1965):

$$Y = 4,40X - 5,25$$

$$X = \log \mu\text{g caroten i foder/kg legemsvægt/dag}$$

$$Y = \mu\text{g vitamin A aktivitet/g mælkefedt}$$

$$\text{Vitamin A aktivitet} = \mu\text{g vitamin A} + 1/5 \mu\text{g caroten/g mælkefedt}$$

Ligningen er sikkert bestemt ($P < 0.01$) og gælder for alle kvægracer (ARC, 1965).

Tomlinson et al. (1974) fandt, at leverdepotet bidrog med 36 pct. af colostrums og 55 pct. af mælken A-vitaminindhold. Disse relative størrelser vil imidlertid afhænge af den øjeblikkelige tilførsel. I perioder, hvor tilførslen af A-vitamin eller caroten er lav, stammer mælken A-vitaminindhold hovedsageligt fra leveren. Leverreserverne tømmes imidlertid ikke hurtigere hos højtydende end hos lavtydende køer. Swanson et al. (1968) fandt således, at tabet af leverens A-vitaminindhold er 35 pct. pr. måned både hos lavt- og højtydende køer, der blev fodret med et A-vitaminfattigt foder. Leverreservernes størrelse får derfor betydning for, hvor længe dyrene kan klare sig på carotenfattigt foder. Leverreserver på 45 mg/kg lever vil således nå mangelniveau i løbet af ca. 4 mdr.

Hvis mælken skal indeholde så meget vitamin A og caroten, at kalvens behov skal dækkes alene gennem modermælken, har ARC (1965) beregnet, at koen skal have 400 μg caroten/kg legemsvægt/dag, indtil kalven vejer ca. 50 kg, hvorefter behovet er 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

NRC (1971) angiver ikke noget behov for lakterende køer, men anfører, at når køerne får den mængde, der kræves til normal reproduktion, vil yderligere tilskud ikke stimulere mælkeproduktionen, men blot forøge vitaminindholdet i mælken. Denne konklusion er i overensstemmelse med resultater beskrevet af Swanson et al. (1968).

Indholdet af vitamin A i colostrum afhænger af koens vitaminforsyning på samme måde som anført for mælken A-vitaminindhold (ARC, 1965). Indholdet af A-vitaminaktivitet i colostrum er dog højest det første døgn efter kælvning, hvorefter det falder med ca. 25 pct. pr. døgn de følgende fire døgn (ARC, 1965). Også af denne grund er det vigtigt, at kalvene får colostrum tidligt efter fødslen. Voigtländer & Glässer (1974) fandt i deres undersøgelser, at indholdet af vitamin A i colostrum var ca. 1800 i.e./100 ml, hvorefter det i løbet af 4 døgn faldt til ca. 300 i.e./100 ml. Ti døgn efter kælvning var det faldet til 195 i.e./100 ml. Tages den producerede mælkemængde i betragtning, blev der udskilt 175.000 i.e. vitamin A i mælken i første døgn og 40.000 i.e. i tiende døgn efter kælvning.

Meacham et al. (1970) udførte et forsøg til belysning af et vitamin A tilskuds betydning til kødkvæg for drægtighedstidens længde og kalvenes levedygtighed. I første forsøgsserie indgik 255 drægtige køer på forsøgsholdet, medens 98 drægtige køer indgik på kontrolholdet. Køerne var af Hereford-, Angus- og Korthornrace. De var fra 3 til 12 år gamle. Begge hold fik ca. 120 mg caroten pr. dyr pr. dag gennem drægtighedsperioden og ca. 180 mg pr. dyr pr. dag gennem laktationsperioden i form af græsensilage (henholdsvis 100 og 150 mg caroten) og hø af hundegræs. Forsøgsholdet fik et tilskud på 16.000 i.e. vitamin A (stabiliseret vitamin A palmitat) pr. dyr pr. dag gennem de sidste 55 dage af drægtighedsperioden og 40.000 i.e. vitamin A gennem de første 100 dage af den følgende laktationsperiode. Køerne kælvde i januar-februar.

Resultaterne viste, at køerne, der fik det ekstra tilskud af vitamin A, havde en signifikant højere koncentration af vitamin A i leveren end køerne på kontrolholdet (987 vs. 597 i.e./g) målt ved forsøgets afslutning. Antal dødfødte kalve var ens for de to hold, men kalvene fra kontrolholdet var svagere end kalvene fra forsøgsholdet, hvilket medførte en signifikant lavere fravænningsprocent efter 90 dage for kontrolholdets vedkommende (84 vs. 91 pct. $P < 0,05$). Der var ingen signifikante forskelle mellem hold med hensyn til kalvenes tilvækst ($P > 0,05$). De nævnte tilskud af vitamin A havde også betydning for den følgende drægtighedsprocent. På kontrolholdet blev 81 pct. af køerne drægtige, medens 90 pct. af køerne på forsøgsholdet blev drægtige. Tilskud af vitamin A havde ingen sikker indflydelse på drægtighedsperiodens længde.

Forsøget blev gentaget med 157 køer på kontrolholdet og 158 køer på forsøgsholdet. Køerne blev fodret som i 1. forsøgsserie. Den eneste forskel mellem 1. og 2. forsøgsserie bestod i, at *køerne i 2. forsøgsserie kælvende i april-maj, medens køerne i 1. forsøgsserie kælvende i januar-februar*. Der blev ikke fundet signifikante forskelle mellem hold i 2. forsøgsserie. Forfatterne mener, at kælvning i den kolde tid medfører et større stress for dyrene og dermed et større behov for vitamin A.

Det fremgår af nævnte forsøg, at køerne, der kun fik caroten gennem drægtigheds- og laktationsperioden, ikke kunne klare sig med den anførte mængde, henholdsvis ca. 200 og 300 μg caroten/kg legemsvægt/dag. Det fremgår også, at et tilskud på 16.000 i.e. vitamin A i de sidste 2 måneder af drægtighedsperioden (ca. 30 i.e./kg legemsvægt/dag) og 40.000 i.e. vitamin A de første 3 måneder af laktationsperioden (ca. 70 i.e./kg legemsvægt/dag) var tilstrækkeligt, når dyrene ikke blev udsat for stress i form af kulde. I det pågældende arbejde blev A-vitaminværdien af 1 mg β -caroten vurderet til 400 i.e. I de sidste 2 måneder af drægtighedsperioden fik køerne ca. 200 μg caroten + 30 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag og de første 3 måneder af den følgende laktationsperiode ca. 300 μg caroten + 70 i.e. vitamin A/kg legemsvægt/dag.

NRC (1971) og Swanson et al. (1968) konkluderer, at såfremt køerne får samme mængde caroten i laktationsperioden som i drægtighedsperioden, er behovet til laktation dækket, idet der ikke tages hensyn til kalvenes A-vitaminforsyning. Der er imidlertid ikke taget hensyn til køernes ydelse hos NRC (1971), og i forsøget udført af Swanson et al. (1968) ydede køerne ca. 6300 kg mælk i 10 måneder (fat corrected milk), hvilket må betegnes som god middellydelse under danske forhold.

Konklusion: Behovet for vitamin A og β -caroten til mælkeproduktion er ikke fastlagt eksperimentelt. Behovet synes imidlertid at være meget lavt, idet mælkeydelsen ikke påvirkes, før synlige mangelsymptomer indtræder (ARC, 1965). Behovet er tilsyneladende uafhængigt af ydelsesniveauet. Det fremgår af de refererede arbejder, at når koen får sit behov til vedligehold og drægtighed dækket, vil yderligere tilskud forøge A-vitaminindholdet i mælken, men ikke

mælkeydelsen. Hvis der er tale om køer, der ammer deres kalve, skal mælkens A-vitaminindhold kunne dække kalvenes behov.

Der er således ikke grundlag for at fastsætte et minimumsbehov for A-vitamin eller β -caroten til laktation. Det fremgår imidlertid af de refererede arbejder, at de mængder, der anbefales til vedligehold og drægtighed, også er tilstrækkelige til laktation.

Der henvises i øvrigt til næste afsnit, hvor problemstillingen vedrørende højtydende køer tages op.

B.6. Behov til vedligehold, drægtighed og laktation med henblik på højtydende køer

Behovet for vitamin A og β -caroten til vedligehold, drægtighed og laktation til højtydende køer er ikke fastlagt eksperimentelt. Køer, der yder mere end 25 kg mælk/dag og skal ikælvles på et tidspunkt, hvor ydelsen måske er 35–40 kg mælk pr. dag, formodes at være presset til det yderste fysiologisk set.

Der er foretaget følgende teoretiske overvejelser over to ydelsesniveauer:

Antages det, at to køer med en ydelse på henholdsvis 20 og 40 kg mælk og med samme leverdepoter af A-vitamin fodres med et A-vitamin- og carotenfrit foder, vil leverdepoterne tømmes med samme hastighed, hvilket, alt andet lige, vil medføre, at koen med den store ydelse vil udskille mælk med lavere A-vitaminindhold end den lavtydende ko. Dette betyder sandsynligvis ikke noget for koen. Spørgsmålet er imidlertid om, det er realistisk at regne med, at de to køer har lige store leverdepoter. I sommerperioden, hvor de optager frisk grønt, vil den mængde A-vitamin, de udskiller med mælken, afhænge af, hvor meget der er i foderet som beskrevet i afsnit B.5. Under forudsætning af at de får samme mængde caroten i foderet, samt at mælkens kemiske sammensætning er ens for de to køer, vil den højtydende ko udskille dobbelt så meget A-vitamin i mælken som den lavtydende. Følgelig bliver der mindre A-vitamin til rådighed for leverdeponering. Sådanne vurderinger er ganske vist behæftet med mange fejl, fordi det er ukendt, hvor meget der deponeres, og hvor meget der udskilles med mælken. Disse overvejelser fører imidlertid til den konklusion, at højtydende køer ikke bør udsættes for fodring med caroten- eller A-vitaminfattigt foder.

Der er ikke tilstrækkeligt eksperimentelt grundlag for at ansætte et minimumsbehov for vitamin A og β -caroten specielt til højtydende køer, men det konkluderes i henhold til ovenstående, at de mængder, der anbefales til vedligehold, drægtighed og laktation også er tilstrækkelige til højtydende køer (se tabel 15).

IV. Fastlæggelse af normer

Minimumsbehovet for vitamin A og β -caroten angiver den mindste mængde, dyrene skal tilføres for at undgå, at der opstår mangelsymptomer. Set fra et praktisk synspunkt bør det både sikres, at dyrene undgår mangelsymptomer og fungerer og producerer optimalt i det givne miljø. Derfor må man sikre, at dyrene tilføres så meget A-vitamin og β -caroten, at der er en rimelig sikkerhedsmargin.

De mængder A-vitamin og/eller β -caroten, der skal tilføres for at sikre, at minimumsbehov samt eventuelle behov for ekstra tilførsel er tilgodeset, er i nærværende redegørelse betegnet *normer*.

A. Sammendrag af litteraturstudier over faktorer, der influerer på normfastsættelsen

Minimumsbehovenes størrelse afhænger af en lang række faktorer, såsom:

1. Det valgte kriterium for A-vitaminmangel.
2. Individuelle forskelle (race, alder, køn, arv, fysisk aktivitet, adaptationsevne, depotstørrelse, evne til at udnytte og omsætte vitamin A og provitaminerne).
3. Fysiologisk tilstand (vækst, mælkeproduktion, fosterproduktion).
4. Klima (temperatur og luftfugtighed).
5. Foderets sammensætning og kvalitet (mængde og forhold mellem energi, protein, mineralstoffer og andre vitaminer).
6. Tilstedeværelse af oxidations- og reduktionsmidler under fordøjelse og absorption.
7. Sundhedstilstand.

Ved bestemmelse af minimumsbehovene er der taget et vist hensyn til nogle af de nævnte faktorer, idet forsøgene omfatter bestemte racer, bestemte dyr, bestemte fodersammensætninger og bestemte miljøer. Endvidere har arbejdsgruppen lagt det mest følsomme kriterium for A-vitaminmangel til grund for vurderingen af minimumsbehovene. Alligevel kan der være faktorer, som der bør tages særligt hensyn til under danske forhold, når almenlydige normer foreslås.

A.1. Foderets energikoncentration

Beaumont & Parr (1963) observerede, at *ungdyr*, der udelukkende fodredes med kraftfoder, havde et lavere vitamin A indhold i leveren (20 i.e. pr. g væv), end dyr, hvor kraftfoderet delvis var erstattet af hø og sukkerroeffald (41 i.e. pr. g væv). Den daglige vitamin A tilførsel var henholdsvis ca. 30.000 og 22.000 i.e. Foderets carotenindhold er omregnet til vitamin aktivitet på grundlag af 1 mg caroten = 400 i.e. vitamin A. Forsøget belyser ikke, om effekten af fodring

med koncentreret foder er forbundet med et højere metabolisk forbrug af vitamin A, eller med nedsat absorption af vitamin A fra tarmen. Det er muligt, at vitamin A værdien af grovfoderets caroten har været undervurderet i dette forsøg, idet den benyttede omregningsfaktor afhænger af de tilførte caroten-mængder.

Tilsvarende fandt Erwin & Gordon (1963), i et 2³ faktorielt forsøg med 300 Hereford *stude*, at en øget energikoncentration i foderet medførte nedsat vitamin A aflejring i leveren. I forsøget fandtes ingen samspilseffekt mellem energi, protein og antioxidant (ethoxyquin).

Potkanski et al. (1974 b) undersøgte det præ-intestinale tab af caroten hos 8 *væddere*, der enten tildeltes en celluloserig (76 pct.) eller en stivelsesrig (68 pct. majsstivelse + 8 pct. cellulose) foderration. I forsøgsperioden tildeltes med 12 timers interval, caroten i form af »småkugler«. Det præ-intestinale carotentab var ens for de to foderrationer (ca. 23 pct.). Forsøget viser således, at det præ-intestinale carotentab er upåvirket af de to fodertyper, når carotenkilden er den samme. Ved forskellig carotenkilde (henholdsvis lucerne og et handelspræparat) fandt Potkanski et al. (1974 a) imidlertid, at det præintestinal carotentab var forskelligt (henholdsvis 35 og 26 pct.). Warner et al. (1970) fandt højere præ-intestinal nedbrydning af vitamin A ved øget energikoncentration i foderet til 4 *stude* (tabel 6). Foderet var tilsat 20.000 i.e. vitamin E.

Tabel 6. Præ-intestinal nedbrydning af vitamin A (Warner et al., 1970)
Table 6. Preintestinal decomposition of vitamin A (Warner et al., 1970)

Formålet majs, procent <i>Ground maize, per cent</i>	Formålet lucerne hø, procent <i>Ground alfalfa hay, per cent</i>	Nedbrydningsgrad, procent ¹⁾ <i>Degree of decomposition, per cent</i>
20	76	52
40	53	56
60	30	70
80	7	62

¹⁾ Gennemsnit af 16 observationer. *Average of 16 observations.*

Vitamin A nedbrydningen var signifikant ($P < 0,01$) større ved høj energikoncentration (60 og 80 pct. majs) end ved lav energikoncentration (20 og 40 pct. majs). På grund af den høje nedbrydningsgrad for alle hold udelukker forfatterne en eventuel beskyttende effekt af vitamin E mod ruminel nedbrydning af vitamin A. I modsætning hertil fandt Keating et al. (1964) ved in vitro undersøgelser i vomvæske, at en høj energikoncentration i foderet medførte en lavere mikrobiel nedbrydning af vitamin A, end når der fodredes med grovfoder. Tilførsel af ethoxyquin havde i dette forsøg en beskyttende effekt på nedbrydningen af vitamin A ved fodring med grovfoder. Det er dog tvivlsomt, om resultaterne i sidstnævnte forsøg har nogen praktisk betydning.

Ifølge Topps et al. (1966) er utilstrækkelig tildeling af vitamin E eller højt nitratindhold i foderet de sandsynligste årsager til den hurtigere udtømmning af leverens vitamin A depoter hos dyr med høj energioptagelse.

Quaterman & Mills (1964) observerede en øget frekvens af lever- og nyrebekadigelser hos fededyr, der tildeltes et energirigt foder, hvilket Thompson (1975) forbinder med en utilstrækkelig tilførsel af vitamin A, selvom NRC's normer var fulgt. Quaterman (1966) anbefaler på grundlag af egne og andres undersøgelser, at der tildeles 2–3 gange NRC's norm (1966), når der anvendes foder med høj energikoncentration til fedning.

På grundlag af ovenstående kan det konkluderes, at høj energioptagelse f.eks. hos højtydende køer og fededyr i stærk vækst muligvis medfører en forøgelse af behovet for vitamin A i forhold til NRC's normer (1966).

De tilførsler, som arbejdsgruppen angiver, er imidlertid større end NRC's normer, og må anses for at være tilstrækkelige, også ved fodring med energirigt foder.

A.2. Foderets proteinindhold

Undersøgelser af såvel mennesker som dyr har klarlagt, at proteinforsyningen er af betydning for udnyttelsen af foderets vitamin A aktivitet. Forsøgene viser, at lav biologisk værdi og/eller underforsyning med protein medfører en negativ effekt på absorption (Deshmukh et al., 1964), transport (Deshmukh et al., 1964; Mahadevan et al., 1965), depotdannelse (indirekte) (Esh et al., 1960), og omsætning af retinol (Rechcigl et al., 1962), samt på β -carotenets omdannelse til retinol i tarmslimhinden (Deshmukh & Ganguly, 1965).

Proteinforsyningens effekt på depotdannelsen i leveren synes at være afhængig af tildelingsniveauet af A-vitaminaktive stoffer. Ved underforsyning med vitamin A og varierende proteintildeling observeredes de største leverdepoter hos dyr på lavt proteinniveau (f.eks. Deshmukh et al., 1964; Rao et al., 1974); formentlig som følge af, at den høje proteintilførsels stimulerende effekt på retinolomsætningen er en dominerende faktor. Hvis vitamin A forsyningen imødekommer den øgede retinolomsætning hos dyrene på høj proteintildeling, vil disse have større leverdepoter end dyr på lavt proteinniveau, sandsynligvis på grund af større absorption fra tarmen (Friend et al., 1961). I overensstemmelse hermed fandt Kamath & Arnrich (1973) en bedre carotenuudnyttelse hos rotter, når foderets proteinindhold øgedes fra 10 til 40 pct. Anderson et al. (1962) observerede derimod ikke nogen væsentlig ændring i fårs carotenuudnyttelse ved et proteinniveau på henholdsvis 6 og 10 pct. I forsøget fandtes dobbelt så store vitamin A depoter i leveren hos får på det høje proteinniveau, når de tilførtes retinylacetat i stedet for caroten. I et forsøg med udtømmning af leverens vitamin A depoter observerede Erwin & Gordon (1963) en signifikant hurtigere udtømmning hos fededyr på høj proteinniveau (ca. 19 pct. vs. 11 pct.). Hos kalve

observerede Miller (1969) kun en meget usikker positiv proteineffekt på carotenuudnyttelsen.

Undersøgelser udført på mennesker og enmavede dyr udsat for ekstreme ernæringsbetingelser har vist, at udnyttelsen af både caroten og A-vitamin påvirkes af organismens proteinforsyning. Hos drøvtyggere er der ikke påvist nogen sikker effekt af proteintilførslen på udnyttelsen af A-vitamin og caroten. Proteinniveauet antages derfor ikke at påvirke udnyttelsen af A-vitamin og caroten under danske foderingsforhold.

A.3. Foderets indhold af fedt og fedtlignende stoffer

Erwin et al. (1956) observerede en signifikant højere retention af caroten, men ikke af retinol, når foderet til fedekvæg suppleredes med 7 pct. talg (mættede fedtsyrer). Effekten var uafhængig af carotenniveauet.

Hjarde & Larsen (1956) anvendte mælkefedtets indhold af vitamin A og caroten som mål for udnyttelsen af foderets caroten fra lucerneensilage. I forsøget registreredes en nedsat carotenuudnyttelse ved tilskud af ca. 390 g fedt i form af majs-kimmel (umættet fedt). Fedtets depressive effekt på mælkefedtets indhold af vitamin A og caroten kunne ikke opvejes ved at øge carotentildelingen 2,5 gange.

McDowall & McGillivray (1963) fandt ved fodring med græs fra forskellige udviklingstrin, at græsser fra yngste udviklingstrin medførte en forøgelse af mælkefedtets indhold af caroten og vitamin A, hvilket både tilskrives, at ungt græs har et højere indhold af caroten, og især et højere indhold af umættet fedt. Der fandtes ingen forskelle i blodets retinolkoncentration, og koncentrationen af retinolestre måltet tilsyneladende ikke. I et tilsvarende forsøg påviste Thompson (1970) samme effekt på mælkefedtets indhold af caroten og vitamin A, når der fodredes med kunsttørret græs fra forskellige udviklingstrin.

Desværre er hverken fordøjeligheden af græstørstoffet totalt eller af lipidfraktionen undersøgt i de to sidstnævnte forsøg. Den faldende fordøjelighed af carotenet fra planter på et sent udviklingstrin kan også skyldes et stigende ligninindhold (Nehring & Hoffman, 1967).

Tilskud af paraffin til malkekøer reducerede indholdet af caroten og retinolestre i blodet, samt smørfedtets indhold af caroten med henholdsvis 40, 20 og 40–50 pct. (McDowall et al., 1957). Paraffin er ufordøjeligt og anvendes undertiden som antiskummiddel i forbindelse med trommesyge. Forfatterne formoder, at vitamin A opløses i paraffinet, hvorefter vitaminet således følger en ufordøjelig fase. Ufordøjelige vokarter i visse fodermidler og andre former for kulbrinter formodes at besidde samme effekt som paraffin. Således iagttog Burns et al. (1951) en væsentlig lavere carotenuudnyttelse, når der anvendtes mineralsk olie (0,08 pct.) som antistøvmiddel i mineralblanding og lucerne-grønmel.

Det må på grundlag af ovenstående konkluderes, at foderfedtets fordøjelighed og art er af betydning for udnyttelsen og omsætningen af caroten og vitamin A. Det kan ikke anbefales at ændre vitamin A normerne generelt, men man bør altid være opmærksom på, at udnyttelsen af foderets vitamin A kilder nedsættes ved nedsat fordøjelighed af fedtfasen i foderet. Højt indhold af umættede fedtsyrer i foderet belaster udnyttelsen af vitamin A, især ved utilstrækkelig vitamin E tilførsel.

A.4. Foderets indhold af vitaminer

Tilsyneladende er vitamin E (og andre antioxidanter) det eneste vitamin, der er undersøgt for en eventuel effekt på vitamin A udnyttelsen. Især har syntetiske antioxidanter været anvendt i undersøgelser vedrørende antioxidanternes evne til at forhindre oxidativ nedbrydning af foderets vitamin A kilder under oplagring. De fleste undersøgelser (f.eks. Boado & Ferrer, 1974; Boado & Valdes, 1974) har vist en positiv effekt af tilsætning af antioxidanter til foderet.

I det tidligere nævnte forsøg af Erwin & Gordon (1963) observeredes en signifikant forøgelse af leverens vitamin A depoter, når dyrene fik tilskud af ethoxyquin. Eftersom der ikke fandtes samspilseffekt mellem protein, energi og antioxidant, formoder forfatterne, at ethoxyquinet nedsætter in vivo oxidationen af vitamin A.

Nicholson & Cunningham (1965) fandt ligeledes en positiv effekt på ammekørs vitamin A depoter i leveren, når de fik et dagligt tilskud af vitamin E (100 i.e.). Moore (1957) (cit. fra Bridge & Spratling, 1966) har fremsat den teori, at for høj tilførsel af vitamin E (antioxidanter) måske kunne hæmme den oxidative spaltning af carotenet i tarmepitelet, hvorved carotenets A-vitamineffekt ville reduceres.

På baggrund af de refererede undersøgelser formodes det, at vitamin E påvirker stabiliteten af vitamin A. Derfor bør det sikres, at dyrenes vitamin E tilførsel er tilstrækkelig ved fodring med fedtrigt foder. Det kan ikke anbefales at ændre vitamin A normerne på grundlag af de foreliggende undersøgelser.

A.5. Foderets indhold af mineralstoffer

Der foreligger tilsyneladende ingen nyere undersøgelser af mineralers påvirkning af udnyttelsen af vitamin A og β -caroten. Kun har Moore et al. (1972) iagttaget, at Cu-forgiftning af lam medfører et betydeligt fald i plasmaets retinolkoncentration, men et eventuelt samspil er ikke klarlagt.

Det kan ikke anbefales at ændre vitamin A normerne som følge af en eventuel over- eller underdosering med et enkelt eller flere mineralstoffer.

A.6. Foderets indhold af nitrat

Indholdet af nitrat i græsmarksafgrøder, majs- og andre grønafrøder, samt i roer og roetop udgør ca. 1 pct. af plantetørstoffet, men under ugunstige forhold

kan nitratinholdet stige til 3–4 pct. Især ved rigelig kvælstofgødskning efterfulgt af tørkeperioder, samt i regnfulde perioder, hvor fotosyntesen er nedsat som følge af lav lysintensitet, kan en ekstrem akkumulering finde sted. Dette er ofte set ved dyrkning af italiensk rajgræs som efterafgrøde.

Kvægets tolerance for nitrat er begrænset. Rapporter om sygdomsudbrud i kvægbesætninger under diagnosen »kronisk nitratforgiftning« forårsaget af indtagelse af et stærkt nitratholdigt foder er velkendte fra litteraturen. Under danske forhold har sådanne sygdomstilfælde især optrådt om efteråret i forbindelse med fødsel af dødfødte eller stærkt svækkede kalve hos kvier, som har gået på kraftigt gødskede græsmarker indtil kælvning.

Årsagsforholdene omkring de uspecifikke sygdomssymptomer, som kan iagttages, når der ikke foreligger en akut forgiftning med methæmoglobindannelse, er i nogen grad blevet sammenkædet til en kompleks tilstand, hvori mangel på vitamin A skulle indgå. Dette skyldes især, at nogle ældre amerikanske observationer indicerede en lav udnyttelse af caroten fra nitratholdig majsensilage, samt det forhold at nitrat og dets reduktionsprodukt nitrit kan påvirke stabiliteten af caroten, samt hæmme dets absorption og omdannelse til vitamin A. Derimod synes et højt nitratinhold i plantetørstoffet ikke at være korreleret med et lavt carotenindhold.

Den tilladelige mængde nitrat i foder til kvæg er ikke entydigt fastslået, men 1 pct. nitrat i fodertørstof anses under alle omstændigheder for acceptabelt. Efter tilvænnning tåles væsentligt større mængder, især når energikoncentrationen i foderet er høj. Hvorvidt anvendelse af nitratholdigt foder øver nogen væsentlig indflydelse på kvægets vitamin A status har de senere år været gjort til genstand for omfattende undersøgelser, som det vil fremgå af følgende oversigt.

Præ-intestinal nedbrydning af caroten og vitamin A

Da nitrat under den bakterielle reduktion i formaveindholdet omdannes til ammoniak med nitrit som mellemprodukt, medfører et øget indhold af nitrat i fodermidlerne en potentiel risiko for nedsat udnyttelse af caroten og vitamin A ved oxidativ inaktivering, idet nitrit er et meget aktivt oxidationsmiddel. Ved inkubering af vandige nitritopløsninger tilsat β -caroten og retinol inaktiveredes disse stoffer næsten momentant ved pH 5 eller derunder (Olson et al., 1963). Tilsvarende undersøgelser med nitritholdigt vom- og løbeindhold medførte næsten total inaktivering af tilsat β -caroten og retinol i løbeindholdet ved pH 2,6, medens stabiliteten ikke fandtes påvirket i vomindholdet ved pH 6,1 (Pugh & Garner, 1963; Roberts & Sell, 1963). Inkubering med nitratholdige medier medførte ingen vitamindestruktion, uanset det benyttede pH. Disse undersøgelser bekræftede samstemmende, at nitrit er et yderst reaktivt stof i svagt surt miljø.

Roberts & Sell (1963) undersøgte endvidere den destruktive effekt af nitrit hos får ved tilsætning af 2 pct. kaliumnitrit til foderet. I prøver af vom- og

løbeindhold udtaget 90 min. efter fodringen fandtes ingen effekt af nitrittilsætningen med hensyn til nedbrydning af caroten og vitamin A, ligesom der ikke kunne påvises nitritrester i indholdet. I forsøg med stude undersøgte Mitchell et al. (1965) effekten af nitrat på genfindelsen af vitamin A efter peroral tilførsel af 1 mill. i.e. indgivet som retinylacetat sammen med 45 g kaliumnitrat. Analyser af løbeindholdet opsamlet 24 timer senere viste, at nedbrydningen i gennemsnit udgjorde 57 pct. hos kontrollholdet og 50 pct. hos forsøgsholdet, hvorfor det konkluderedes, at de benyttede mængder nitrat ikke havde nogen negativ indflydelse på nedbrydningen af vitamin A i formaveindholdet.

Intestinal effekt af nitrat og nitrit

I tarmindeholdet kan nitrat og nitrit nedsætte absorptionen og konverteringen af β -caroten direkte ved kemisk irritation af tarmvæggen og indirekte ved interferens med skjoldbruskkirtlens funktion. Forsøg med rotter (O'Dell et al., 1960) og med fedekvæg (Jordan et al., 1963) har således vist, at nitrat- og nitritholdigt foder kan øge tøjningshastigheden af leverdeponeret vitamin A. Endvidere har adskillige injektions- og fodringsforsøg vist, at nitrat hæmmer skjoldbruskkirtlens jodoptagelse (Bloomfield et al., 1961 og 1962). Da nedsat jodoptagelse medfører reduceret produktion af thyreoideahormon, kan en kompensatorisk vægtøgning af såvel skjoldbruskkirtlen (Becker, 1968) som hypofysen (Jainudeen et al., 1965) finde sted ved brug af nitratholdigt foder. Sidstnævnte forfattere tillagde dog ikke dette eksperimentelle resultat nogen særlig betydning.

Konverteringen af β -caroten til vitamin A hos kvæg finder, som tidligere nævnt, hovedsageligt sted i tarmvæggen ved processer, der i forsøg med rotter er fundet direkte afhængige af skjoldbruskkirtelaktiviteten (Johnson & Baumann, 1947). I undersøgelser med vævshomogenater af kalveduodenum tilsat β -caroten påviste Reddy & Thomas (1962), at såvel nitrat som andre antithyroide stoffer nedsatte konverteringen. Jordan et al. (1963) viste ligeledes i forsøg med kvæg, at tilskud af thyreoideaaktive stoffer (trijodtyronin) medførte en væsentlig øgning af leverdeponeret vitamin A uden en tilsvarende stigning af de deponerede carotenmængder. Endelig fandt Owen (1965), at tilskud af thyroxin til malkekøer signifikant øgede mælkens indhold af vitamin A, medens tilskud af thyreoideahæmmende stoffer (thiouracil) havde en udtalt negativ effekt. Den snævre sammenhæng mellem omsætningen af vitamin A og skjoldbruskkirtelaktiviteten medfører, at tilstande med nedsat aktivitet, f.eks. forårsaget af antithyroide stoffer eller høj temperatur, kan øge behovet for vitamin A.

Produktionsforsøg med nitratholdigt foder

I et omfattende produktionsforsøg med fedekalve, hvor grundfoderet indeholdt 7,5 mg caroten pr. kg tørstof, har Lichtenwalner et al. (1973) fulgt vitamin

A omsætningen gennem et halvt år. Halvdelen af kalvene fik iblandet 1 pct. kaliumnitrat i foderet. Den benyttede mængde caroten var ikke tilstrækkelig til at opretholde normale koncentrationer af vitamin A og caroten i levervævet hos de to hold. Derimod var faldet af plasma vitamin A og en udtalt stigning i plasmacaroten mest markant hos kalve, som fik nitrat. Disse resultater tyder på, at underforsyning med vitamin A kan medføre en nedsat konvertering af caroten, som yderligere kan forstærkes af nitrat i foderet.

I et fodringsforsøg med etårige *stude* benyttede Weichenthal et al. (1963) et fedefoder bestående af majs, hør og kraftfoder. Foderet indeholdt i gennemsnit 4,2 mg caroten pr. kg. Halvdelen af dyrene fik et tilskud af retinylpalmitat svarende til 1200 i.e. vitamin A pr. kg foder. I hver af grupperne fik halvdelen af studene yderligere tilsat 1 pct. natriumnitrat til foderet. Ved slagtning 5 måneder senere viste vitamin A- og carotenganalyser udført på levervæv ingen effekt af nitrattilsætningen. Miller et al. (1965) opnåede et lignende resultat i et 2 måneders fodringsforsøg med *tyrekalve*, hvor foderet blev tilsat forskellige mængder caroten og nitrat. Vitamin A kilden var caroten ekstraheret fra majsensilage tildelt i 4 doseringsniveauer (44, 53, 70 og 97 μg pr. kg legemsvægt dagligt), og hver gruppe fik tilført kaliumnitrat i 3 doseringsniveauer (0, 147 og 440 mg nitrat pr. kg legemsvægt dagligt). Der fandtes en god udnyttelse af caroten fra majsensilage, og carotendoseringsniveauet viste en liniært stigende effekt på serumkoncentrationerne af caroten og vitamin A samt et faldende cerebrospinalvæsketryk. Resultaterne var uafhængige af de benyttede mængder nitrat.

Effekten af nitrat på udnyttelsen af caroten i græshø blev undersøgt hos *kviekalve* og *løbekvier* af Wallace et al. (1964). Carotenindholdet var 40 mg pr. kg hør, og der tilsattes henholdsvis 0, 0,6 og 1,2 pct. kaliumnitrat pr. kg fodertørstof. Inden forsøgets start var dyrenes levervitamin A depoter søgt reduceret, og efter en 100 dages forsøgsperiode fandtes en stigning i leverens vitamin A indhold på 101 og 48 i.e. pr. g væv henholdsvis hos kalve og kvier uafhængigt af nitrattilførslen.

Effekten af meget store mængder nitrat på omsætningen af vitamin A blev undersøgt hos *kvier* i et langtidsforsøg, hvor Davison et al. (1964) fulgte 44 kvier fra 2 måneder før ikælvning til 1 måned efter kælvning. Dyrene fik lucernehø ad libitum, som indeholdt 5–18 mg caroten pr. kg, og 2 kg kraftfoder dagligt tilsat retinylpalmitat svarende til 4000 i.e. vitamin A pr. kg, samt nitrat i mængder beregnet til 0, 440 og 660 mg pr. kg legemsvægt dagligt. Nitrattilførslerne svarer til ca. 3 pct. nitrat eller knapt 4 pct. natriumnitrat i fodertørstof hos den kraftigst forsynede gruppe. Til trods for denne ekstreme behandling kunne der ikke påvises nogen effekt af nitrattilførslen udtrykt ved serum- og leverkoncentrationerne af caroten og vitamin A.

I forsøg med *lakterende køer* fandt Jones et al. (1966) ingen effekt af kaliumnitrat i koncentrationer fra 0,2 til 1 pct. på udnyttelsen af caroten fra majsensi-

lage og lucernehø udtrykt ved serum- og leverkoncentrationerne af caroten og vitamin A fulgt gennem 9 uger. Flerårige hollandske undersøgelser over effekten af høj og lav kvælstofgødskningsintensitet på malkekvægets produktion medførte et gennemsnitligt nitratindehold på 0,85 og 0,25 pct. i græstørstof efter tilførsel af henholdsvis 556 og 160 kg kvælstof pr. ha årligt (Groot et al., 1973). Gødskningsintensiteten var uden indflydelse på malkekøernes vitamin A stofskifte udtrykt ved leverdeponeret vitamin A.

Praktisk betydning af nitrat i foderet

Den potentielle risiko for inaktivering af caroten og vitamin A i mave-tarmindhold samt for hæmning af absorption og konvertering af caroten til vitamin A på grund af indhold af nitrat i foder har utvivlsomt været betydeligt overvurderet med henblik på vitamin A mangeltilstande hos kvæg. De forholdsvis ældre fodringsundersøgelser, som viste en negativ effekt af nitrat på leverdepoternes varighed samt på konverteringen af caroten til vitamin A (f.eks. Jordan et al., 1963) støttede sig til gamle normer for vitamin A forsyningen. De mere sensitive metoder til bestemmelse af vitaminbehovene og den større vækst- og ydelsesintensitet, som det danske kvæg har i dag, har medført, at de oprindelige normer ikke mere er optimale. De refererede fodringsundersøgelser viser tydeligt, at når vitaminforsyningen har haft et mere relevant omfang, har der ikke kunnet iagttages nogen negativ effekt på vitamin A omsætningen efter endog meget betydelige og langvarige tilførsler af nitrat.

En væsentlig årsag til, at nitrat i foderet ikke medfører nogen negativ effekt på kvægets vitamin A stofskifte, er, at nitrat omsættes i formaverne. Under den bakterielle forgæring i formaveindholdet sker der en reduktion af nitrat til nitrit, som reduceres videre til ammoniak med hydroxylamin som mellemprodukt (Tillman et al., 1965). Reaktionshastigheden for den bakterielle reduktion er stærkt afhængig af surhedsgraden i formaveindholdet. Optimum for reduktion af nitrat er pH 6,5, medens nitrit reduceres hurtigst ved pH 5,6. For at undgå ophobning af nitrit i formaveindholdet er det vigtigt, at bakterieantallet er højt, da reduktionsprocesserne er afhængige af bakterielle reduktaser, samt at pH er forholdsvis lavt. En sådan tilstand stimuleres af en høj energikoncentration i foderet, f.eks. opnået ved supplering med letopløselige kulhydrater fra korn, roer eller melasse. Derved stiger bakterietætheden, og pH falder til det optimale område mellem 5,5 og 6. Med en veladapteret bakterieflora kan kvæget omsætte betydelige mængder nitrat uden negativ effekt, og med det nærværende kendskab til kvælstofomsætningen i kvægets vom, må nitrat betragtes som en kvælstofkilde, der i lighed med en række andre NPN forbindelser kan udnyttes i bakteriernes proteinsyntese.

Uanset akkumuleringen af nitrat i plantematerialet indeholder dette ikke nitrit. Efter afhøstning af grønfoder kan der dog under uheldige omstændigheder dannes nitrit ved bakterievækst i materialet. Ved ensilering sker der en

reduktion af nitrat ved tilsvarende processer som i vommen, bortset fra at der som mellemprodukter kan dannes betydelige mængder nitrøse gasser. Ensileringsbetingelserne bliver således bestemmende for omfanget af disse reduktionsprocesser, men forekomst af nitrit i ensilage udgør ikke noget væsentligt problem.

Der skal ikke her tages stilling til grænser for acceptable nitratmængder med hensyn til kvægets sundhed og produktion i almindelighed, men vedrørende forsyning med vitamin A eller provitaminet caroten findes ingen grund til at træffe specielle forholdsregler ved fodring med nitratholdigt foder. Det skal dog bemærkes, at i tilfælde af »kronisk nitratforgiftning« hos kvæg vil det være en terapeutisk sikkerhedsforanstaltning at give tilskud af vitamin A, især til eventuelle svagfødte kalve, da indholdet af vitamin A i colostrum meget vel kan tænkes at være lavt.

På baggrund af de refererede undersøgelser konkluderes, at anvendelse af nitratholdige fodermidler ikke medfører øgede krav med hensyn til kvægets vitamin A forsyning, når de foreslåede normer iøvrigt respekteres.

A.7. Foderets indhold af caroten

Nogle af de faktorer, der tilsyneladende betyder mest for udnyttelsen af foderets carotenindhold, er mængden af tilført caroten samt plantematerialets botaniske sammensætning og konserveringsform. Det er derfor et spørgsmål, om de fastlagte normer gælder generelt under danske fodringsforhold.

Her i landet stammer den altovervejende del af kvægets carotenforsyning fra græsmarksprodukter. Roetop og majs indeholder også caroten, men i mindre omfang.

Græsmarksfoder (græs, kløver og lucerne) anvendes som:

- 1) Frisk foder
- 2) Tørrede produkter
- 3) Ensilage
- 4) Hø

Forskellen for de tre sidstnævnte består i konserveringsmetoden. Foruden konserveringsmetoden påvirker bl.a. udviklingstrin og gødskningsniveau fodermidlernes carotenindhold.

Planteart og udviklingstrin

Græsmarksfoderet vil typisk kunne opdeles i græsser og bælglplanter. Under græsser henregnes foruden de typiske græsser, hundegræs og rajgræs, også majs, medens der under bælglplanter foruden kløver vil være lucerne. Græsmarksfoderet vil, når der ses bort fra majs og lucerne, i mange tilfælde bestå af kløvergræs, d.v.s. en blanding af kløver og græs. Carotenindholdet i kløvergræs vil afhænge af andelen af kløver og græs.

Indholdet af caroten i kløvergræs aftager med stigende udviklingstrin. Thompson (1964 b) fandt, at ligninindholdet havde stor negativ effekt på carotenindholdet. Dette er i udmærket overensstemmelse med udviklingstrinets indflydelse, idet der er en klar positiv sammenhæng mellem udviklingstrin og ligninindhold. Med fremskridende udviklingstrin og større ligninindhold vil råproteinindholdet aftage. Dette medfører, at der er en sammenhæng mellem kløvergræssets råproteinindhold og carotenindholdet, således at stigende råproteinindhold medfører stigende carotenindhold. Undersøgelser udført på kløvergræs ved Den jyske Græsmarksektion i årene 1965–67 viser i gennemsnit af 92 prøver, at carotenindholdet (mg pr. kg tørstof) er 12,5 gange råproteinprocenten. Råproteinindholdet (pct. af tørstof) varierede fra 12,3 til 23,7 pct. Faktoren 12,5 kan derfor bruges som rettesnor for bestemmelse af afgrøders carotenindhold.

Israelsen (1977) har fundet, at indholdet af caroten i tørret grønt umiddelbart efter tørringen stort set er det samme som for tørstof i råvaren til tørring. Derfor kan de fundne værdier med nogen tilnærmelse overføres til frisk grønt. I gennemsnit af årene 1967–72 er der fundet følgende sammenhæng i tørret grønt mellem råprotein- og carotenindhold: $y = 28,2x - 225$, hvor y = mg caroten pr. kg tørstof og x = råproteinprocenten i pct. af tørstof. Sidstnævnte formel giver stort udslag for ekstremt lavt og højt indhold af råprotein. I området 12–18 pct. råprotein vil de to beregningsmåder give samme carotenindhold. Ved et råproteinindhold på over 18 pct. vil den forenkede beregning medføre en undervurdering af carotenindholdet.

Til beregning af carotenindholdet i kunsttørret lucerne har Israelsen (1977) beregnet følgende formel:

mg caroten pr. kg tørstof i lucernepiller = $62 + 7,2 \times \text{råprotein i pct. af tørstof} + 19 \times \text{slætnummer} - 2,3 \times \text{tørstofprocent i råvaren}$.

Da der kun er ringe forskel på den friske råvare og det tørrede produkt, må denne beregningsmetode være rimelig at anvende på frisk lucerne.

Indholdet af caroten i majs er stærkt påvirket af høsttidspunktet, d.v.s. udviklingstrinet, og i tilfælde af frost kan indholdet nærme sig nul. Coppoch & Stone (1968) fandt et carotenindhold i majs høstet på mælkestadiet på 132 mg pr. kg tørstof, medens indholdet ved modenhed faldt til 32 mg, og efter en let frost var indholdet så lavt som 4 mg pr. kg tørstof (mælkestadiet er det tidspunkt, hvor frøet indeholder mælkehvidt saft).

Carotenindhold efter konservering

I bestræbelserne på at få et højere tørstofindhold forvejres græsmarksafgrøder ofte forud for konserveringen. Effekten af forvejringen vil afhænge af vejrforholdene. Israelsen (1965) fandt, at vejret i forvejringsperioden og forvejringsperiodens længde havde betydning for tabet af caroten. I tørt vejr med

solskin indtræder carotentabet omtrent ved forvejringsens begyndelse, medens tabet i fugtigt vejr er ubetydeligt de første 36 timer. Tabel 7 viser forvejringsens indvirkning på carotentabet under indflydelse af vejrforholdene.

Tabel 7. Vejringens indflydelse på carotentabet ved forskellige vejrbetingelser (Israel-sen, 1965)

Table 7. Association between length of wilting period and the loss of carotene (Israel-sen, 1965)

Forvejrning, antal timer <i>Wilting period, hours</i>	Carotenindhold: mg/kg tørstof <i>Concentration of carotene: mg/kg dry matter</i>		
	Vejrkonditionen under forvejringsen <i>Weather condition during wilting</i>		
	tørt <i>dry</i>	middel tørt <i>medium dry</i>	fugtigt <i>humid</i>
0	271	200	247
12	260	200	258
24	237	181	254
36	226	164	240
48	192	147	227
60	181	132	209

De vigtigste årsager til tabet er enzymatiske og fotokemiske processer. I begyndelsen af forvejringsperioden er de enzymatiske processer dominerende, men efterhånden som tørstofindholdet i materialet stiger, giver den fotokemiske nedbrydning anledning til de største tab, såfremt materialet er udsat for lys (Israel-sen, 1965).

Carotenindhold i kløvergræssensilage, roetopensilage og hø

Breirem et al. (1967) har ved konservering af græs som henholdsvis ensilage eller hø fundet et carotentab som vist i tabel 8.

I tabel 8 er der ikke taget hensyn til græssets udviklingstrin eller forvejringsgrad, d.v.s. tørstofindhold. Derfor kan de anførte procentiske tab kun betragtes som meget grove skøn.

Som det fremgår af tabel 8, kan tabet ved høbjergning under naturlige betingelser variere fra 70–100 pct., medens tabet ved ladetørring er lidt lavere. Forholdet er i udmærket overensstemmelse med de anførte tab som følge af forvejrning, idet høbjergning blot er en forlængelse af forvejringsen. Når tabet kan blive så stort som 100 pct., hænger det sammen med lagringstiden. Hø, som opfodres mod slutningen af vinterperioden, kan således kun forventes at indeholde caroten, såfremt bjergningsbetingelserne har været gunstige. Under dårlige bjergningsbetingelser vil al caroten være tabt mod slutningen af vinteren. Hø kan derfor ikke betragtes som nogen betydende carotenkilde for kvæg.

Tabel 8. Tab af caroten ved konservering af græs i procent af indhold i frisk græs (Breirem et al., 1967)

Table 8. Loss of carotene in silage and hay: Per cent of concentration in fresh grass (Breirem et al., 1967)

	Procent tab <i>Per cent loss</i>
Ensilage: Silage	
Vellykket	20–30
<i>Excellent quality</i>	
Middel	40–50
<i>Medium quality</i>	
Dårlig	50–80
<i>Low quality</i>	
Hø: Hay	
Gunstige bjergningsforhold	70–80
<i>Favorable outdoor airing condition</i>	
Middelgode bjergningsforhold	80–90
<i>Fair outdoor airing condition</i>	
Dårlige bjergningsforhold	90–100
<i>Poor outdoor airing condition</i>	
Ladetørring	60–80
<i>Drying in barn</i>	

Da der indgår store mængder græsensilage i mange foderrationer til malkekøer i vinterperioden, vil ensilagens indhold af caroten øve stor indflydelse på den samlede carotenforsyning.

Ved Statens forsøgsstation i Silstrup er der bl.a. i årene 1968–72 udført analyser af ensilagens carotenindhold under hensyntagen til bjergningsmetode og gødskningsniveau (Christiansen et al., 1971; Skovborg & Andersen, 1973). Resultaterne herfra fremgår af tabel 9.

Tørstof og råproteinindhold er tidligere fremhævet som værende af betydning for carotenindholdet – hver for sig. Derfor er der på grundlag af de i tabel 9 anførte resultater beregnet en sammenhæng mellem tørstof og råprotein og det deraf forventede carotenindhold i ensilage. Følgende ligning er fundet:

$$y = \div 6,39x + 7,84 z + 248$$

y = mg caroten pr. kg tørstof

x = tørstofprocent

z = råprotein i pct. af tørstof

Ud fra ovennævnte formel kan carotenindholdet beregnes i en ensilage, såfremt der foreligger en kemisk analyse. Formlen gælder dog kun i de tilfælde, hvor ensileringsforløbet kan betegnes som vellykket. Ved et tørstof- og råproteinindhold på henholdsvis 25 og 18 pct. kan der således forventes at være 229 mg caroten pr. kg ensilagetørstof.

Roetop opfodres stort set kun som ensilage, og analyser omfattende 12 prøver viser et gennemsnitsindhold på 102 mg caroten pr. kg tørstof. *Carotenindholdet i helsædsensilage er formodentlig meget lavt, hvorfor det vil være rigtigst i praksis ikke at tillægge helsædsensilage nogen carotenværdi.*

Carotenindhold i kunsttørret foder

Ifølge Israelsen (1977) kan carotenindholdet i tørret kløvergræs og lucerne beregnes ud fra følgende ligninger:

mg caroten/kg kløvergræstørstof = $28,2x - 225x$ = råprotein i pct. af tørstof
 mg caroten/kg lucernetørstof = $62 + 7,2 \times$ råprotein i pct. af tørstof + $19 \times$ slætnummer - $2,3 \times$ tørstofprocent i råvaren.

Disse ligninger gælder dog kun, såfremt der ingen forvejring har fundet sted. Endvidere vil de beregnede carotenindhold kun være gældende umiddelbart efter høst og tørring.

Ifølge figur 4 kan der regnes med et tab på ca. 6 pct. pr. måned, regnet fra høsttidspunktet. Derfor vil grønpiller, som opfodres i forårsmånederne, have et reduceret indhold af caroten.

Græsgrønmel, grønmel og lucernegrønmel, der forhandles, er underkastet foderstofloven og skal ifølge denne indeholde mindst 100 mg caroten pr. kg tørstof pr. 1. oktober i fremstillingsåret (Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 581 af 7. november 1976).

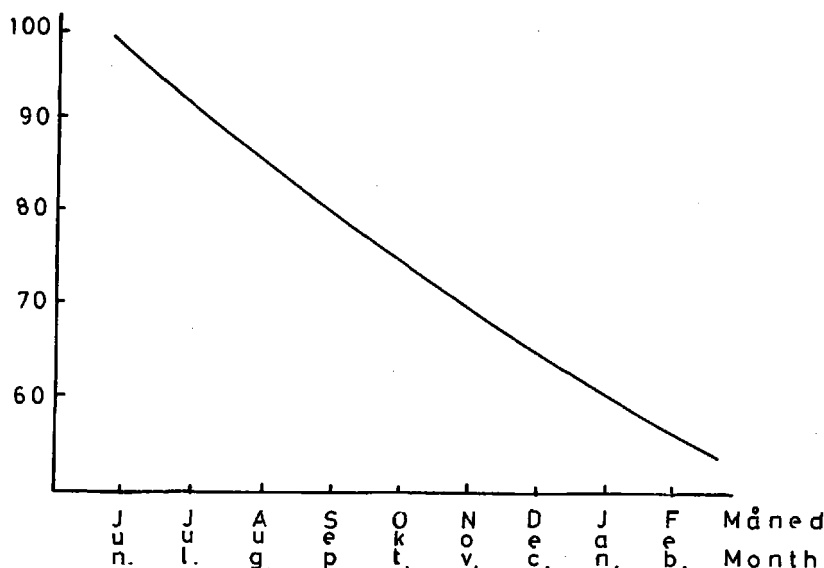
Tabel 9. Tørstof, råprotein- og carotenindhold i græsensilage (1968-72)
 (Christiansen et al., 1971; Skovborg & Andersen, 1973)

Table 9. Concentration of dry matter, crude protein and carotene in grass silage (1968-72)

(Christiansen et al., 1971; Skovborg & Andersen, 1973)

Tørstof procent <i>Per cent dry matter</i>	Procent råprotein i tørstof <i>Per cent crude protein in dry matter</i>	mg caroten/kg tørstof <i>mg carotene/kg dry matter</i>
15,9	19,0	313
18,4	13,0	290
22,2	19,6	284
23,0	10,6	220
23,4	11,0	134
23,4	18,1	229
24,5	9,6	128
31,6	19,6	100
32,2	19,7	183
36,3	9,7	70
36,6	13,0	168
46,7	20,1	151

Caroten i tørstof (pct. af oprindeligt indhold)
Carotene in dry matter (per cent of original content)



Figur 4. Tab af caroten i grønpiller under opbevaring (Israelsen et al., 1966).

Figure 4. The graph illustrates the decrease of the carotene concentration in green pellets during storage (Israelsen et al., 1966).

Carotenindhold i typiske vinter- og sommerfoderrationer

I tabel 10 er carotenindholdet i ensilagen beregnet ved forskellig tørstof- og råproteinprocent. Ved et højt tørstofindhold og et lavt råproteinindhold vil carotenindholdet blive meget lavt. Omvendt vil lavt tørstofindhold og højt råproteinindhold medføre stort indhold af caroten, hvilket også fremgår af tabel 9. Carotenindholdet ses således at variere fra 31 til 364 mg pr. kg tørstof.

I foderrationer med forskellige andele af græsensilage kan carotentildelingen beregnes ud fra tabel 10 under samtidig hensyntagen til bjergningsteknik og gødskningsniveau.

I sommerperioden kan tildelingen af frisk græs til malkekøer variere. Tabel 11 viser den samlede carotenforsyning ved forskellig græstildeling, tørstofprocent og råproteinindhold.

Tabel 12 viser 6 forskellige sammensætninger af foderrationer til malkekøer de første 24 uger efter kælvning. Ved beregning af carotenmængden fra græsen-

Tabel 10. Mg caroten pr. kg ensilagetørstof ved forskellig tørstof- og råproteinprocent
Table 10. Milligram carotene/kg dry matter of silage with different concentrations of dry matter and crude protein

Procent tørstof Per cent dry matter	Råprotein i procent af tørstof Crude protein in per cent of dry matter						
	9	12	15	18	21	24	27
15	223	246	270	293	317	340	364
20	191	214	238	261	285	308	332
25	159	182	206	229	253	276	300
30	127	150	174	197	221	244	268
35	95	118	142	165	189	213	236
40	63	86	110	134	157	181	204
45	31	55	78	102	125	149	172

silage er der forudsat 1,3 kg tørstof pr. f.e. og 25 pct. tørstof samt 18 pct. råprotein i tørstof svarende til 229 mg caroten pr. kg tørstof. Tilsvarende er der regnet med 1,35 kg tørstof pr. f.e. roetopensilage og 102 mg caroten pr. kg tørstof. Carotenindholdet i hø er ansat til 25 mg pr. kg tørstof. Af planerne ses, at på nær »stort roefoder« og »lille roe- og høfoder« vil den samlede carotentildeling være mindst 550 mg.

Carotenindholdet kan selvfølgelig være anderledes end de ved forudsætnin-
 gerne beregnede. *Det er imidlertid vigtigt at konstatere, at i typiske danske vinterfoderrationer vil græs- og roetopensilage være de eneste væsentlige carotenkilder.*

Tabel 13 viser carotendildelingen ved forskelligt indhold i tørstof og ved forskellig andel af græsensilage i en foderration til kvier, kalve eller ungtyre. Det fastlagte carotenindhold pr. kg tørstof er beregnet ud fra tabel 10.

Tabel 11. Malkekøers beregnede forsyning med caroten (mg pr. dag) gennem frisk græs ved forskellig tildeling, tørstofværdi og råproteinindhold

Table 11. Calculated amount (milligram) of carotene ingested daily by dairy cows via fresh grass at different feeding levels and concentrations of dry matter and crude protein

F.e./dag Feeding units/day	Kg tørstof pr. f.e. Kilogram dry matter per feeding unit	Caroten tilførsel (mg/dag) i afhængighed af græssets proteinkoncentration (% af tørstof) Association between the amount (mg) of carotene ingested per day and the concentration (%) of crude protein in dry matter			
		12	16	20	24
3	1,1	495	660	825	990
	1,3	585	780	975	1170
6	1,1	990	1320	1650	1980
	1,3	1170	1560	1950	2340
9	1,1	1485	1980	2475	2970
	1,3	1755	2340	2925	3510

Tabel 12. Det beregnede indhold af caroten i typiske danske foderrationer til malkekøer (600 kg)

Table 12. Calculated amount of carotene in typical Danish rations for milking cows with a body weight of 600 kg

	F.e. Feeding units	Kg tørstof Kilogram dry matter	mg caroten Milligram carotene
a. Stort roefoder:			
<i>Large ration of beets</i>			
Roer/affald/melasse	6	6,6	—
Beets/pulp/molasses			
Roetopensilage	1	1,3	133
Beet top silage			
Hø Hay	2	3,9	85
Halm/frøgræshalm	1	3,4	—
Straw/grass straw			
Kraftfoder Concentrates	6	5,1	—
I alt Total	16	19,8	218
b. Middelstort roe- og græsmarksfoder:			
<i>Medium ration of beets and grass products</i>			
Roer/affald/melasse	4	4,4	—
Beets/pulp/molasses			
Græsensilage Grass silage	3	3,9	893
Hø Hay	2	3,4	85
Kraftfoder Concentrates	7	6,0	—
I alt Total	16	17,7	978
c. Stort græsmarksfoder:			
<i>Large ration of grass products</i>			
Roer/affald/melasse	2	2,2	—
Beets/pulp/molasses			
Græsensilage Grass silage	4	5,2	1191
Hø Hay	2	3,4	85
Kraftfoder Concentrates	8	6,8	—
I alt Total	16	17,6	1276
d. Lille roe- og ensilagefoder:			
<i>Small ration of beets and silage products</i>			
Roer/melasse Beets/molasses	4	4,4	—
Græsensilage Grass silage	2	2,6	595
Klid Bran	2	2,2	—
Halm/frøgræshalm	1	3,4	—
Straw/grass straw			
Kraftfoder Concentrates	7	6,0	—
I alt Total	16	18,6	595

e. Lille roe- og høfoder:

Small ration of beets and hay

Roer/melasse <i>Beets/molasses</i>	4	4,4	—
Hø <i>Hay</i>	3	5,1	128
Klid <i>Bran</i>	2	2,2	—
Halm/frøgræshalm	0,5	1,7	—
<i>Straw/grass straw</i>			
Kraftfoder <i>Concentrates</i>	6,5	5,5	—
I alt <i>Total</i>	16,0	18,9	128

f. Biprodukter:

By-products

Affald/melasse <i>Pulp/molasses</i>	4	4,4	—
Roetopensilage	4	5,4	551
<i>Beet top silage</i>			
Halm/frøgræshalm	1	3,4	—
<i>Straw/grass straw</i>			
Kraftfoder <i>Concentrates</i>	7	6,0	—
I alt <i>Total</i>	16,0	19,2	551

Det fremgår af tabel 11, at malkekøer optager meget store mængder caroten om sommeren, når de fodres med frisk grønt. Det samme vil være tilfældet for opdrættets vedkommende. Om vinteren tilføres kun store mængder caroten, hvis der indgår 2–3 f.e. græs- eller roetopensilage af rimelig god kvalitet (tabel 12 og 13). Da en stigende mængde caroten i foderet nedsætter udnyttelsen af caroten (se figur 2), er det nødvendigt at vurdere, hvor stor en A-vitaminaktivitet foderets carotenindhold kan tillægges. En sådan vurdering foretages i afsnit A.9., idet det først er nødvendigt at belyse om plantematerialets botaniske sammensætning og kvalitet påvirker udnyttelsen.

**Tabel 13. Opdrættets carotenforsyning (mg pr. dag) i vinterperioden ved forskellig tilde-
ling af græsensilage med forskellig koncentration af caroten i ensilagetørstoffet**
*Table 13. Amount (milligram) of carotene ingested daily by young stock at different
rations with different concentrations of carotene*

F.e./dag <i>Feeding units/day</i>	Kg tørstof <i>Kilogram dry matter</i>	mg caroten pr. kg tørstof <i>Milligram carotene per kilogram of dry matter</i>				
		100	150	200	250	300
0,5	0,7	70	105	140	175	210
1,0	1,3	130	195	260	325	390
1,5	2,0	200	300	400	500	600
2,0	2,6	260	390	520	650	780
2,5	3,3	330	495	660	825	990
3,0	3,9	390	585	780	975	1170

A.8. Carotenkilde

Ved bestemmelse af minimumsbehov for β -caroten til kalve anvendte Eaton et al. (1964) kunsttørret lucernegrønsmel, medens Meyer et al. (1975) brugte gelatinstabiliseret β -caroten i deres undersøgelser.

Det er imidlertid et spørgsmål, om man ville have fundet de samme værdier, hvis der anvendtes tilsvarende mængder caroten fra andre kilder som f.eks. frisk græs, hø eller ensilage af forskellige planter. For at kunne besvare dette spørgsmål, er det nødvendigt at vurdere udnyttelsesgraden af de β -carotenkilder, der normalt anvendes under danske fodringsforhold.

Det er tidligere påpeget (II.D), at der er store vanskeligheder forbundet med at fastslå carotenuudnyttelsen ud fra fordøjelighedsforsøg. Thompson (1975) anfører, at der er mere mening i at undersøge carotenets værdi ved dets indflydelse på A-vitaminindholdet i plasma, lever og for lakterende køers vedkommende i mælken, da dette sidste hurtigt afspejler variationer i tilførslen. Det er mælkens indhold af A-vitaminestre, ikke retinol, der viser den øjeblikkelige A-vitamin- eller carotentilførsel (Thompson & Ascarelli, 1962). En eksakt vurdering af carotenets A-vitaminværdi i organismen er altså ikke mulig, og en relativ vurdering er kompliceret, fordi de forskellige fodermidler, der skal sammenlignes, er afprøvet under forskellige forsøgsbetingelser. Et forhold synes der dog at være enighed om: *Alt foder af dårlig kvalitet har en meget lille eller ingen carotenværdi.*

Ligeledes synes der at være enighed om, at *fordøjeligheden aftager, jo ældre planterne bliver.* Nogle resultater til belysning af dette forhold fremgår af tabel 14.

Af tabel 14 fremgår det tillige, at der er mindre variationer i fordøjeligheden af caroten fra de forskellige plantearter, hvilket også fremgår af andre undersøgel-

Tabel 14. Carotenets fordøjelighed i plantemateriale i relation til planternes udviklingstrin (Hoffmann, 1966)

Table 14. Association between digestibility of carotene and the stage of maturity of the plants (Hoffmann, 1966)

Udviklingstrin Stage of maturity	Fordøjelighed i procent Digestibility, per cent		
	1	2	3
Ensilage: Silage			
Foderrug Fodder rye	52	39	30
Enggræs Meadow grass	58	34	22
Rødkløvergræs Red clover and grass	62	39	34
Silomajs Silo maize	49	30	1
Tørret grønfoder: Dried plant material			
Enggræs Meadow grass	24	21	20
Rødkløvergræs Red clover and grass	35	28	28

ser (bl.a. Wing, 1969). Den forskel, der er i fordøjeligheden mellem ensilage og kunsttørret grønfoder, skal nok tages med forbehold, idet mange nyere undersøgelser har vist, at grønfoder tørret efter moderne principper har en meget høj carotenværdi vurderet i henhold til mælkens A-vitaminindhold (Thompson, 1975).

Wing (1969) fandt en gennemsnitlig fordøjelighed af carotenet på 78 pct., hvor hø og græs (afgræsset) lå højere, medens ensilage og afskåret græs lå lavere end gennemsnittet.

Med hensyn til udnyttelsen af carotenet i ensilage er litteraturens angivelser ikke entydige, men de fleste undersøgelser synes dog at vise, at der er en dårligere udnyttelse for caroten i ensilage end for caroten i frisk eller kunsttørret plantemateriale. Mange undersøgelser, navnlig fra de østeuropæiske lande, viser, at majsensilage ofte har en meget ringe carotenværdi.

Af særlig interesse er det at se på foreliggende danske undersøgelser, der muliggør en vurdering af værdien af caroten, tilført med plantemateriale, som er konserveret efter de her i landet anvendte metoder.

Der foreligger imidlertid kun 3 publikationer, som belyser dette emne (Hjarde et al., 1954; Hjarde & Larsen, 1956; Skovborg & Andersen, 1973). I alle 3 tilfælde beror bedømmelsen af de anvendte carotenkilders A-vitaminværdi på deres indflydelse på mælkens indhold af A-vitamin og caroten. Der er her mulighed for at vurdere ensilagecarotenets værdi i forhold til værdien af caroten tilført med frisk plantemateriale, men kun i den ene af de foreliggende undersøgelser (Hjarde & Larsen, 1956).

Denne undersøgelse viste, at ved tilførsel af 670–2900 mg caroten med friskskåret lucerne fandtes 30–33 i.e. A-vitamin pr. g mælkefedt, uafhængig af tilførselens størrelse inden for de nævnte grænser. Dette er formentlig det højeste A-vitaminindhold, der kan opnås i komælk (bortset fra colostrum), og svarende til indholdet i sommermælk her i landet.

Til sammenligning fandtes i samme undersøgelse ca. 25 i.e. A-vitamin pr. g mælkefedt ved tilførsel af 700 mg caroten i lucerneensilage, hvilket viser, at ensilagecarotenet udnyttes dårligere end carotenet i frisk plantemateriale.

Hjarde et al.'s (1954) undersøgelse viste også en ringere værdi af græsensilagecaroten. En tilførsel på ca. 950 mg daglig gav 22–25 i.e. A-vitamin pr. g mælkefedt.

I Skovborg & Andersens undersøgelse (1973) gav ca. 1500 mg caroten og derved tilført med kløvergræsensilage et A-vitaminindhold i mælken svarende til normale sommerværdier. Ved tilførsel af ca. 1000 mg caroten med kløvergræsensilage fandtes imidlertid kun ca. 25 i.e. A-vitamin og ved ca. 250 mg caroten med kløvergræsensilage kun ca. 20 i.e. A-vitamin pr. g mælkefedt. Tilførsel af ca. 400 mg caroten i form af kløvergræshø gav ca. 22 i.e. A-vitamin pr. g mælkefedt.

Vurderingen af dette forsøgsmateriale tyder på, at værdien af caroten fra hø og ensilage kun er det halve af værdien af carotenet i frisk plantemateriale.

Konklusion: På baggrund af ovenstående må det konkluderes, at man ikke generelt kan regne med at opnå samme udnyttelsesgrad af foderets caroten ved anvendelse af frisk græs, ensilage og hø, som fundet i de forsøg, hvor minimumsbehovene for β -caroten blev bestemt ved anvendelse af kunsttørret lucernegrønsmel og gelatinestabiliseret β -caroten. Plantearten og navnlig planternes udviklingstrin påvirker fordøjeligheden og udnyttelsen af carotenet. Desuden tyder resultaterne på, at den A-vitamineffekt, som er fundet i forsøgene med gelatinestabiliseret β -caroten og kunsttørret lucernegrønsmel, svarer til A-vitamineffekten af caroten fra frisk græs, hvorimod A-vitamineffekten af caroten fra ensilage og hø kun er ca. det halve heraf.

I det følgende afsnit vurderes udnyttelsen af foderets carotenindhold i relation til de foregående konklusioner.

A.9. Samlet vurdering af udnyttelsesgraden af foderets carotenindhold under danske fodringsforhold

Minimumsbehovene for β -caroten til kalve blev bestemt med kunsttørret lucernegrønsmel som carotenkilde, medens Meyer et al. (1975) anvendte gelatinestabiliseret β -caroten i deres undersøgelser. I foregående afsnit blev det konkluderet, at A-vitamineffekten af caroten fra frisk græs var af samme størrelsesorden som for disse kilder, medens A-vitamineffekten af caroten fra ensilage og hø kun var ca. halv så stor. Dette var under forudsætning af, at der tildeltes samme carotenmængder.

I praksis tildeles normalt meget større carotenmængder, end der er behov for. Som vist i figur 2, aftager β -carotenets A-vitamineffekt stærkt med stigende indhold af caroten i foderet. Det er derfor af interesse at undersøge, hvor meget caroten der er i foderet til kvæg under danske forhold.

Tabel 11 viser, at malkekøer i sommertiden, når de optager frisk grønt, får fra 495 til 3510 mg caroten dagligt, hvilket for en ko på 600 kg svarer til henholdsvis 825 og 5850 μ g caroten pr. kg legemsvægt, mængder der langt overstiger de fysiologiske behov. Om vinteren tilføres malkekvæget typisk caroten som vist i tabel 12. Når der fodres med »stort roefoder« eller »lille roe- og høfoder« indeholder det samlede foder henholdsvis 363 og 213 μ g caroten pr. kg legemsvægt til en ko på 600 kg, medens der ved anvendelse af de øvrige foderrationer vil være fra 918 til 2176 μ g caroten pr. kg legemsvægt.

For opdrættets vedkommende kan der i sommerperioden regnes med nogenlunde den samme tilførte carotenmængde i græs som for køernes vedkommende udtrykt pr. kg legemsvægt.

Af tabel 13 fremgår det, at opdrættet i vinterperioden ved fodring med mindst 1 f.e. græsensilage tilføres fra 130 til 1170 mg caroten pr. dag, hvilket for opdræt med en gennemsnitsvægt på 270 kg (ca. 12 mdr.) svarer til en forsyning på 482 til 4333 μ g pr. kg legemsvægt.

I henhold til figur 2 udnyttes mere end 300 μg β -caroten i foderet givet som lucernehø med mindre end ca. 20 pct. Udnyttelsesgraden er her beregnet i procent af den A-vitamineffekt β -caroten har hos rotter og fjerkræ, hvor værdien af 1 mg β -caroten sættes lig med 1667 i.e. A-vitamin. Denne værdi sættes lig med en udnyttelse på 100 pct., selv om den i realiteten kun repræsenterer en udnyttelse på ca. 50 pct. (se tabel 3). Små mængder β -caroten i foderet udnyttes ifølge figur 2 op til ca. 40 pct., forudsat at det stammer fra foder af god kvalitet. Store mængder udnyttes med mindre end 5 pct.

Carotenets A-vitamineffekt har afgørende betydning ved fastsættelse af normer for A-vitamin- og carotentildeling. Det er derfor nødvendigt at finde ud af, hvilken A-vitaminværdi foderets carotenindhold kan tillægges under danske forhold.

ARC (1965) anvender et omsætningsforhold mellem β -caroten og vitamin A for kvæg på 1:5 på vægtbasis og pointerer, at dette gunstige forhold kun kan anvendes ved marginal optagelse. Da ARC (1965) fastlægger minimumsbehov, er det rimeligt at anvende dette forhold, hvilket også er i overensstemmelse med de af Rousseau et al. (1956) opnåede resultater. NRC anvender i alle deres publikationer vedrørende næringsbehov til kvæg et omsætningsforhold mellem β -caroten og A-vitamin ($\mu\text{g}/\mu\text{g}$) på ca. 1:8, hvilket svarer til at 1 mg β -caroten er lig med 400 i.e. vitamin A. Disse størrelser er imidlertid ikke eksperimentelt bestemt.

Vurderingen af β -carotenets værdi vanskeliggøres yderligere ved, at kvier og køer skal have tilført uomdannet β -caroten. Desuden er de forsøg, de diskuterede udnyttelsesprocenter bygger på, udført med kalve, ikke med voksne dyr. Der mangler således eksperimentelt grundlag for at afgøre, hvor store mængder β -caroten, der skal tilføres for at dække minimumsbehovene.

Arbejdsgruppen har valgt at angive normerne som A-vitamin. Da kvæget imidlertid i det naturlige foder overvejende får caroten, er det nødvendigt at kunne vurdere, hvor stor en A-vitamineffekt dette kan tillægges. Under hensyntagen til de nye undersøgelser vedrørende β -carotenets betydning i organismen, må der regnes med en noget større udnyttelsesprocent end den, der opnås alene ved hensyntagen til carotenmængden i foderet.

Ved konvertering af normerne for A-vitamin til β -caroten skønnes det rimeligt at anvende samme konverteringsforhold mellem β -caroten og A-vitamin som NRC, d.v.s. 1 mg β -caroten svarer til 400 i.e. vitamin A. Dette forhold kan kun anvendes i de tilfælde, hvor A-vitaminet kan erstatte β -carotenet, og hvor carotenet stammer fra frisk grønt eller kunsttørrede grønafrøder. I de tilfælde, hvor carotenet kommer fra ensilage eller hø ansættes værdien af 1 mg β -caroten til 200 i.e. vitamin A.

Det ville være ønskeligt, at der blev gennemført forsøg til belysning af kvægets udnyttelse af carotenet fra de almindeligt anvendte β -carotenkilder herhjemme, navnlig med højtydende køer gennem flere laktationsperioder.

A.10. Stress

I husdyrbruget tales ofte om stress i relation til drægtighed, kælvning og høj ydelse. Stress er samlebetegnelsen for påvirkninger af såvel fysiologisk som patofysiologisk natur. Påvirkningerne kan både være legemlige (somatiske) og psykiske. Som eksempler på stress-faktorer kan nævnes ekstremt lave og høje temperaturer, infektioner, traumer, giftstoffer, sult og fysisk aktivitet. Ved traumer forstås voldelige påvirkninger af legemet. For en voldsom påvirkning af psykisk art benyttes betegnelsen psykisk traume.

I en organisme udsat for stress udløses en række afværgereaktioner, der tilsammen udgør det såkaldte »almindelige adaptationssyndrom« baseret på hypofyse-binyrebarksystemets hormoner.

Det er tidligere omtalt (kapitel III.B.5), at kælvning i den kolde tid forøger behovet for A-vitamin. Tarminfektioner nedsætter absorptionen af vitamin A og omdannelsen af β -caroten til vitamin A i tarmepitelet. Hvorvidt fysiske og psykiske belastninger forøger behovet for A-vitamin og β -caroten er ukendt. Det nævnes ofte, at der for højtydende køers vedkommende må være tale om stress i den periode, hvor de skal ikælves. På dette tidspunkt har de samtidig en meget høj daglig mælkeydelse (35–40 kg mælk), og de er stadig i rehabiliteringsfasen efter sidste kælvning.

Der foreligger desværre ikke undersøgelser over, om højtydende køer har et større fysiologisk behov som følge af den større mælkeydelse. Det er ved teoretiske overvejelser påpeget (III.B.6), at højtydende køer ikke bør udsættes for fodring med vitamin A- eller carotenfattigt foder, navnlig fordi deres lever-reserver af A-vitamin ikke kendes på forhånd.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at de refererede undersøgelser i kapitel III tager tilstrækkeligt hensyn til stressfaktorer så som høj ydelse, drægtighed og kælvning, forudsat at dyrene er raske og ikke udsættes for ekstreme temperaturer i længere tid.

A.11. Andre faktorer

Af de faktorer, der er nævnt i kapitel IV, som eventuelt kunne påvirke minimumsbehovenes størrelse, er en række ikke omtalt specielt. Disse omfatter individuelle forskelle bl.a. alder, race, forskellige arvelige anlæg for udnyttelse og omsætning af A-vitamin og β -caroten, adaptationsevne, fysisk aktivitet og psykisk tilstand. Den hormonale aktivitet f.eks. skjoldbruskkirtlens aktivitet, har også betydning for dyrets evne til at udnytte A-vitamin.

I de anførte minimumsbehov er adskillige af disse forskelle inkluderet, idet forsøgene er udført med mange forskellige dyr. Wing (1969) fandt ingen signifikant effekt af individuelle forskelle i de 445 fordøjelighedsforsøg han udførte med 35 forskellige dyr.

Det antages, at de refererede undersøgelser i kapitel III tager tilstrækkelig hensyn til de variationer i behovet, der kan tilskrives individuelle forskelle. Heri er dog ikke medregnet sygelige tilstande, der bør behandles specielt.

V. Vejledende normer

De vejledende normer, der er anført i tabel 15, er baseret på en vurdering af minimumsbehovenes størrelse for kalve samt et skøn over, hvilke faktorer der kan påvirke udnyttelsen af A-vitamin og β -caroten under danske fodringsforhold. Det fremgår af kapitel III, at det kun er minimumsbehovet for A-vitamin eller β -caroten til kalve, der er fastlagt eksperimentelt med det for tiden kendte mest følsomme mangelsymptom (forhøjet cerebrospinalvæsketryk) som kriterium. For opdræt og vedligehold til udvoksede dyr er det skønnet, at minimumsbehovene for A-vitamin og β -caroten er af samme størrelsesorden som for kalve. For kviers og køers vedkommende er der ikke mulighed for at vurdere et minimumsbehov for A-vitamin og β -caroten. Det er imidlertid vist, at kvier har et behov for β -caroten omkring insemineringstidspunktet og i den første del af drægtighedsperioden (Meyer et al., 1975; Lotthammer et al., 1976). I den øvrige drægtighedstid kan A-vitamin erstatte β -caroten.

På grundlag af disse undersøgelser samt de forsøg, der er refereret i kapitel III afsnit B.4 og B.5, anbefales det at tildele kvier og køer de i tabel 15 anførte mængder A-vitamin og/eller β -caroten.

Af de faktorer, der kunne tænkes at påvirke udnyttelsen af foderets A-vitamin- og β -carotenindhold (foderets energikoncentration, foderets indhold af protein, fedt, vitaminer, mineraler, nitrat og caroten, carotenkilde, dyrenes stresstilstand og individuelle forskelle), er det fundet, at udnyttelsen af A-vitamin ikke påvirkes væsentligt af de nævnte faktorer, hvorimod udnyttelsen af β -caroten aftager med stigende tilførsel af caroten med foderet og påvirkes af konserveringsformen. Da der mangler eksperimentelt grundlag for at vurdere udnyttelsen af foderets β -carotenindhold, er det fundet rigtigst at anvende minimumsbehovene for A-vitamin som udgangspunkt for normfastsættelsen, undtagen for løbekviers og køers vedkommende, der skal tildeles β -caroten omkring insemineringstidspunktet og i den tidlige drægtighed.

I de tilfælde, hvor A-vitamin kan erstattes med β -caroten, er der regnet med, at 1 mg β -caroten kan erstatte 400 i.e. A-vitamin, vel at mærke når carotenet tilføres i form af frisk grønt eller kunsttørret grønfoder. I de tilfælde, hvor carotenet tilføres i form af høg eller ensilage, bør normerne fordobles, idet 1 mg β -caroten da kun kan tillægges en A-vitaminværdi på 200 i.e.

Normerne i tabel 15 skulle sikre, at der ikke udvikles kliniske mangelsymptomer, samt at tilvækst, foderforbrug, slagtekvantitet, fosterudvikling og mælkeproduktion er optimal under de givne forhold. De gælder for kvæg af alle racer under almindelige danske forhold inklusive højtydende dyr (stor tilvækst, høj mælkeydelse). Det forudsættes dog, at der fodres med et i øvrigt optimalt sammensat foder af rimelig god kvalitet, og at dyrene er raske.

Tabel 15. Vejledende normer for kvægets daglige A-vitamin forsyning
Table 15. Recommended daily allowances for vitamin A to cattle)*

Dyr Category	Daglig tilførsel Daily allowances
Kalve: 30–250 kg (under 1 år) <i>Calves:</i> 30–250 kg (Under 1 year of age)	Pr. kg legemsvægt: 100 i.e. A-vitamin eller 0,25 mg β -caroten <i>Per kg body weight:</i> 100 i.u. A-vitamin or 0.25 mg β -carotene Pr. dyr: 3000–25.000 i.e. A-vitamin eller 10–65 mg β -caroten <i>Per animal:</i> 3000–25.000 i.u. A-vitamin or 10–65 mg β -carotene
Opdræt og ungtyre: 250–500 kg (over 1 år) <i>Young stock:</i> 250–500 kg above 1 year of age	Pr. kg legemsvægt: Som for kalve <i>Per kg body weight:</i> As for calves Pr. dyr: 25.000–50.000 i.e. A-vitamin eller 65–125 mg β -caroten <i>Per animal:</i> 25.000–50.000 i.u. A-vitamin or 65–125 mg β -carotene
Drægtige kvier: 300–500 kg (fra ca. 1 måned før inseminering til ca. 1. måned ind i efterfølgende drægtighed) <i>Pregnant heifers:</i> 300–500 kg during interval from 1 month prior to insemination until 1 month into subsequent gestation	Pr. kg legemsvægt: 0,3 mg β -caroten + 80 i.e. A-vitamin, hvor A-vitamin kan erstattes med 0,2 mg β -caroten <i>Per kg body weight:</i> 0,3 mg β -carotene + 80 i.u. A-vitamin where the vitamin A may be substituted with 0,2 mg β -carotene Pr. dyr: Enten 90–150 mg β -caroten + 24.000–40.000 i.e. A-vitamin (caroten kan ikke erstattes af A-vitamin) eller 150–350 mg β -caroten <i>Per animal:</i> Either 90–150 mg β -carotene + 24.000–40.000 i.u. A-vitamin (the β -carotene cannot be substituted with A-vitamin) or 150–350 mg β -carotene
Øvrige drægtighedstid: <i>Rest of gestation:</i>	Pr. kg legemsvægt: 200 i.e. A-vitamin eller 0,5 mg β -caroten <i>Per kg body weight:</i> 200 i.u. A-vitamin or 0.5 mg β -carotene Pr. dyr: 60.000–100.000 i.e. A-vitamin eller 150–250 mg β -caroten <i>Per animal:</i> 60.000–100.000 i.u. A-vitamin or 150–250 mg β -carotene

Malkekøer:

400–700 kg (fra kælvning til ca. 1 måned efter ny drægtighed)

Milking cows:

400–700 kg from calving to 1 month into subsequent gestation

Pr. kg legemsvægt: Som for drægtige kvier
Per kg body weight: As for pregnant heifers

Pr. dyr: Enten 120–210 mg β -caroten + 32.000–56.000 i.e. A-vitamin (β -caroten kan ikke erstattes af A-vitamin) eller 200–350 mg β -caroten
Per animal: Either 120–210 mg β -carotene + 32.000–56.000 i.u. A-vitamin (the β -carotene cannot be substituted with vitamin A) or 200–350 mg β -carotene

Øvrige drægtighedstid:

Rest of gestation:

Pr. kg legemsvægt: Som for drægtige kvier
Per kg body weight: As for pregnant heifers

Pr. dyr: 80.000–140.000 i.e. A-vitamin eller 200–350 mg β -caroten
Per animal: 80.000–140.000 i.u. A-vitamin or 200–350 mg β -carotene

*) Der er regnet med, at 100 i.e. A-vitamin kan erstattes af 0,25 mg β -caroten, hvilket (jvf. kapitel A 9) gælder for frisk grønt eller kunsttørrede grønafrøder. For caroten fra ensilage eller hø må talangivelserne øges til det dobbelte.

The allowances are based on the assumption that 100 i.u. of vitamin A may be substituted with 0.25 mg of β -carotene. This assumption is valid when feeding freshly cut or artificially dried green fodder. When silage or hay is the source of carotene 0.50 mg of β -carotene is required to replace 100 i.u. of vitamin A.

A. Dækkes normerne under almindelige fodringsforhold?

Når drægtige kvier og køer tildeles de mængder β -caroten, der er anført i tabel 15, skulle colostrum og mælk indeholde tilstrækkeligt A-vitamin til at dække kalvenes behov de første leveuger. I praksis har stort set alle kalve (dog ikke ammekalve) adgang til sødmælkserstatning fra 1–2-ugers alderen. Disse sødmælkserstatninger bør være tilsat A-vitamin i tilstrækkeligt omfang til at dække kalvenes behov.

For større kalve, ungtyre, opdræt og malkekøer gælder, at de i sommertiden, hvor de græsser eller fodres med frisk grønt, indtager meget større mængder caroten, end de har behov for. I vinterperioden vil kalve, ungtyre og opdræt få tilstrækkeligt caroten, hvis de dagligt får 1–2 f.e. græsensilage af rimelig god kvalitet eller tilsvarende carotenmængder fra andre konserverede grønafrøder.

Ved benyttelse af de vinterfoderplaner til malkekøer, der er vist i tabel 12, dækkes normerne for A-vitamin og/eller β -caroten ikke i alle tilfælde. Regnes med en gennemsnitsvægt på 600 kg, skal en malkeko fra kælvning til ca. 1 måned efter ny drægtighed have 360 mg β -caroten + 48.000 i.e. A-vitamin, hvor

β -carotenet ikke kan erstattes af A-vitamin, medens den i den øvrige drægtighedstid skal have 120.000 i.e. A-vitamin. På grundlag af tallene i tabel 12 og de nævnte normer for en malkeko på 600 kg er det i tabel 16 beregnet, hvor stort et tilskud af β -caroten og/eller A-vitamin, der skal gives til de forskellige vinterfoderrationer. Det ses af tabel 16, at fodring med »stort roefoder« eller »lille roe- og høfoder« i de her anvendte mængder, kræver tilskud af 140 henholdsvis 230 mg β -caroten og desuden 48.000 i.e. A-vitamin. I den øvrige drægtighedstid kan β -carotenet erstattes af A-vitamin. Da β -caroten her tilføres i form af hø eller ensilage, der som tidligere diskuteret kun kan tillægges den halve A-vitamineffekt i forhold til caroten fra frisk grønt eller kunsttørrede produkter, er de i tabel 12 anførte carotenmængder konverteret til A-vitamin således, at 1 mg β -caroten svarer til 200 i.e. A-vitamin.

B. Tilskud

Er tilskud af A-vitamin eller β -caroten nødvendigt, melder spørgsmålet sig om mængder, præparat og tilførselsmåde.

Tabel 16. Nødvendigt dagligt A-vitamin og/eller β -caroten supplement til malkekøer (600 kg) ved forskellig sammensætning af foderrationen

Table 16. Daily vitamin A supplement to lactating dairy cows during the winter season feeding rations containing different amounts of roughage

Grovfoderkombination (sammenlign tabel 12) <i>Roughage composition (compare with table 12)</i>	Fra kælvning til ca. 1. måned efter ny drægtighed <i>From calving until 1 month into next gestation</i>		Øvrige drægtig- hedstid <i>Rest of the gestation</i>
	A-vitamin i.e. A-vitamin i.u.	β -caroten mg β -carotene mg	A-vitamin i.e. A-vitamin i.u.
a. Stort roefoder <i>Large ration of beets</i>	48.000 +	140	76.000
b. Middelstort roe- og græsmarksfoder . . . <i>Medium ration of beets and grass products</i>	0	0	0
c. Stort græsmarksfoder <i>Large ration of grass products</i>	0	0	0
d. Lille roe- og ensilagesfoder <i>Small ration of beets and silage</i>	0	0	0
e. Lille roe- og høfoder <i>Small ration of beets and hay</i>	48.000 +	230	94.000
f. Biprodukter <i>By-products</i>	10.000	0	10.000

1 mg β -caroten = 200 i.e. A-vitamin, da carotenkilden er græs/roetopensilage/hø.
 1 mg β -carotene is the equivalent of 200 i.u. of vitamin A since hay or silage from grass and beet top is the source of β -carotene.

A-vitamin tilskud bør som hovedregel tilføres gennem foderet, således at vitamininjektion er undtagelsen, der kun finder sted i terapeutisk øjemed. Såvel ved oral som parenteral tilførsel bør overdosering undgås, jfr. kapitel V.C.

Vitamin A tilskud i foderet gives sædvanligvis i form af sandkornsstøre gelatinekugler (»beads«) indeholdende vitamin A estre opløst i olie. Aktiviteten af tilsat A-vitamin vil aftage under opbevaring på grund af oxidation. Nedbrydningen fremskyndes under indflydelse af fugt, og det er derfor vigtigt, at blandingerne opbevares tørt. Af levnedsmiddelhygiejniske og fysiologiske grunde bør der til injektion kun benyttes specielt fremstillede præparater. I terapeutisk øjemed anbefales sædvanligvis 500–1000 i.e. A-vitamin pr. kg legemsvægt til køer og kalve, medens støddosis er ca. 5 gange større. Ved anvendelse af tran bør man være opmærksom på, at de store mængder polyumættede fedtsyrer, som findes heri, kan påvirke smørfedtydelsen i uheldig retning (Church, 1975).

I de tilfælde, hvor der skal gives tilskud af β -caroten, må det anbefales at anvende græspiller (175–250 mg caroten/kg tørstof), lucernegrøn timer (125–300 mg caroten/kg tørstof) eller andet med kendt carotenindhold. Dog vil det på længere sigt være hensigtsmæssigt at ændre foderrationen i retning af mere carotenholdigt foder, f.eks. ensilage, for derved at undgå at give tilskud.

Det er et spørgsmål, om dyr, der har græsset hele sommeren, har aflejret så store depoter af A-vitamin, at de kan klare sig uden tilskud det meste af vinteren. Det er ganske vist fundet, at behovet for tilskud afhænger af leverens A-vitaminindhold. F.eks. viste Kohlmeier & Burroughs (1970), at dyr med middelstore depoter af A-vitamin i leveren (70–140 i.e./g) kunne klare sig uden tilskud i 90–120 dage, medens dyr, der havde små depoter (≤ 15 i.e./g) skulle have tilskud af A-vitamin eller caroten med det samme. I praksis kender man imidlertid ikke depoternes størrelse. Derfor må det tilrådes, at dyrene får tilskud således, at de dagligt har de i tabel 15 anførte mængder til rådighed.

C. Overdosering med A-vitamin

Vort kendskab til følgerne af overdosering med A-vitamin stammer hovedsagelig fra tilrettelagte undersøgelser på forsøgsdyr, men spontant opståede tilfælde af hypervitaminose kendes dog også.

Forfatterne har ikke kendskab til, at sådanne tilfælde skulle være iagttaget hos kvæg, hvilket hænger sammen med, at disses A-vitaminforsyning fra naturens hånd udelukkende er baseret på carotenet tilført med det vegetabiliske foder, medens præformeret A-vitamin udelukkende forekommer i animalske produkter. Eksperimentelt fremkaldt hypervitaminose hos kvæg er først gennemført i de senere år, og resultater herfra er kun publiceret i beskedent omfang.

For at give et indtryk af følgerne af overdosering med A-vitamin vil det være rimeligt her kort at omtale de iagttagelser, der er gjort med andre dyrearter end

kvæget. Der er vedrørende dette emne publiceret oversigtsarbejder (Rodahl, 1950; Nieman & Obbink, 1954), der omfatter de fleste af de symptomer på overdosering med A-vitamin, man har iagttaget.

Fra sidstnævnte kan meget forkortet gengives en oversigt over de mest karakteristiske af disse symptomer:

Appetitløshed med nedsat vækst og afmagring til følge

Hudforandringer med fortykkelse af epitelet, hyperæmi, blødninger i huden og nedsat keratinisering. Desuden hårfald.

Forstyrrelser i knogledannelsen med nedsat vækst i tykkelsen, en følge af forhøjet osteoklastisk og nedsat osteoblastisk aktivitet. Der kan opstå spontane knoglebrud.

Intramuskulære og subkutane blødninger. Blodansamlinger i lever og nyrer og udskillelse af blod i urinen.

Forandringer i de endokrine kirtler f.eks. forhøjet aktivitet af skjoldbrusk-kirtlen.

Histologiske forandringer i nyrenes glomeruli og tubuli, i testes, i hjerte og i ringe grad i levercellerne.

Fedtdegeneration af det retikuloendotheliale system med øget fedtindhold i hjerte, lever, nyrer og milt.

I blodet ses nedsat antal erythrocytter, nedsat hæmoglobinkoncentration. Et øget indhold af total lipid og kolesterol kunne tyde på en sammenhæng mellem hypervitaminosen og fedtstofskiftet.

I centralnervesystemet ses degeneration af hjernebarken og cerebellum m.m.

Fra den nyere litteratur kan denne oversigt suppleres med yderligere følger af A-hypervitaminose:

Fosterudviklingen: På fostre fra rotter, der fik en enkelt injektion af 100.000 i.e. A-vitamin, kunne iagttages retarderet udvikling og med tiden fremskridende misdannelser (Morries, 1972). Tidspunktet for A-vitamin tilførslen vistest at have betydning for omfanget af fosterskaderne (Hutchings et al., 1973 og 1974). Også hos mennesker har man konstateret en skadelig virkning af store A-vitamin tilførsler på afkommet (Bernhardt & Dorsey, 1974).

Nedsat cerebropinalvæsketryk er observeret på geder (Frier et al., 1974) og på rotter, der fik tilført 25.000 eller 50.000 i.e. A-vitamin pr. dag i 3–8 dage, hvorved hjerneødem var et ledsagende symptom (Maddux et al., 1974).

Det synes som om, forholdet mellem toksisk dosis og A-vitaminbehov er større for mindre end for større dyrearter. Således vil for rotter en dosis på 50.000–100.000 i.e. A-vitamin pr. kg legemsvægt (Rodahl, 1950), svarende til ca. 1000 gange A-vitaminbehovet, være nødvendig for at fremkalde lette toksiske symptomer, medens f.eks. hos mennesker følge af overdosering er konstateret ved tilførsler af 150.000–200.000 i.e. A-vitamin pr. dag (Fisher & Skillern, 1974; Katz & Tzagournis, 1972), svarende til knapt 100 gange A-vitaminbehovet.

Kendskabet til hypervitaminose A hos kvæg er hovedsagelig baseret på undersøgelser af Hazzard et al. (1964), som på ca. 80 dage gamle kalve, der fik A-vitamintilførsler, varierende fra 450–120.000 i.e. pr. kg legemsvægt dagligt i 12 uger, observerede følgende relationer mellem tilførsel og fremkomst af karakteristiske symptomer:

Nedsat vækst iagttoges ved tilførsel af 25.000 i.e. pr. kg legemsvægt.

Nedsat foderindtagelse sås ved ca. 30.000 i.e. pr. kg legemsvægt.

Hjertefrekvensen steg ved tilførsler over ca. 14.000 i.e. pr. kg legemsvægt.

Cerebrospinalvæsketrykket faldt ved tilførsler over ca. 10.000 i.e. pr. kg legemsvægt.

Protrombintiden steg ved indtagelser over 7.600 i.e. pr. kg legemsvægt.

I et forsøg med 96 dage gamle kalve, der i 12 uger fik henholdsvis 30.000 og 90.000 i.e. pr. kg legemsvægt pr. dag, fandt Grey et al. (1964) tydelige kliniske symptomer på overdosering hos de kalve, der fik den høje dosis, medens der kun var et enkelt klinisk symptom på overdosering (hyperæmi i huden) hos kalvene, der fik den lave dosis, men begge grupper viste nedsat cerebrospinalvæsketryk.

Frier et al. (1970) påviste, at det nedsatte cerebrospinalvæsketryk snarere skyldtes øget resorption på grund af større permeabilitet af vævet, end nedsat dannelse af cerebrospinalvæske. På denne baggrund gennemførte Gorgacz et al. (1970) nogle biokemiske undersøgelser af hjernehinderne (dura mater) og lever ved hypervitaminose A på kalve. Der konstateredes nedsat indhold af mucopolysakkarider i hjernehinderne, særlig af chondroitinsulfat, og såvel i hjernehinder som i lever en sænkning af forholdet mellem koncentrationen af RNA og DNA. Det lave indhold af mucopolysakkarider anses som en mulig årsag til det lave cerebrospinalvæsketryk.

Medens stigning i cerebrospinalvæsketrykket er associeret med de letteste grader af A-vitaminmangel, er et fald i cerebrospinalvæsketrykket ikke tilsvarende associeret med de letteste grader af hypervitaminose A (Eaton, 1969). Således sås knoglelæsioner hos kalve ved tilførsel af ca. 4.000 i.e. A-vitamin/kg legemsvægt/døgn, medens der krævedes tilførsel af ca. 11.000 i.e. A-vitamin/kg legemsvægt/døgn for at udløse et fald i cerebrospinalvæsketrykket.

Regnes der med et A-vitaminbehov hos kalve på 100 i.e. A-vitamin pr. kg legemsvægt pr. dag, er der således en sikkerhedsfaktor på 40, før overdosering vil gøre sig gældende.

Det kan dog tænkes, at en mindre overdosering end denne med vitamin A over en længere periode vil kunne medføre A-vitaminoplagring i dyrenes lever i en sådan mængde, at leveren som levnedsmiddel kan være toksisk for forbrugeren.

VI. Afslutning

Normer for tilførsel af næringsstoffer bør altid betragtes som vejledende størrelser. Det må altid være op til den enkelte at afgøre, hvor meget af et næringsstof et dyr skal tilføres i en given situation. For at kunne træffe den rigtigste afgørelse er det imidlertid nødvendigt, at det klart fremgår, hvilke faktorer der er taget hensyn til ved normfastsættelsen, og i hvilket omfang.

Denne artikel omfatter kun et af de essentielle næringsstoffer, vitamin A til kvæg. Vanskeligheden ved at vurdere, hvor meget A-vitamin der skal tilføres for at sikre optimal produktion, består først og fremmest i, at kvæget normalt ikke får selve vitaminet, men dets provitamin, β -caroten, i foderet. Dertil kommer, at det for nylig er sandsynliggjort, at β -caroten er et essentielt næringsstof for køer, idet det er vist, at β -caroten er nødvendigt for ovarierens funktion og for den tidlige fosterudvikling. A-vitaminets og β -carotenets funktioner i organismen er endnu ikke afklarede, og det medfører, at de eksakte behov ikke kan fastlægges. Tilførslen af A-vitamin og β -caroten må derfor bero på et skøn.

De vejledende normer, der er anført i tabel 15, er baseret på en vurdering af minimumsbehovenes størrelse samt et skøn over, hvilke faktorer der kan påvirke udnyttelsen af A-vitamin og β -caroten under danske fodringsforhold. Det fremgår af kapitel III, at minimumsbehovet for A-vitamin og β -caroten kun er fastlagt eksperimentelt til kalve med det mest følsomme mangelsymptom (forhøjet cerebrospinalvæsketryk) som kriterium.

De faktorer, der kunne tænkes at påvirke udnyttelsen af foderets A-vitamin og β -carotenindhold (foderets energikoncentration, foderets indhold af protein, fedt, vitaminer, mineraler, nitrat og caroten, carotenkilde, dyrenes stresstilstand og individuelle forskelle), er vurderet i kapitel IV. Det er fundet, at udnyttelsen af vitamin A ikke påvirkes væsentligt af de nævnte faktorer, hvimod udnyttelsen af β -caroten aftager med stigende tilførsel af caroten med foderet og påvirkes af konserveringsformen. Der er imidlertid ikke eksperimentelt grundlag for at vurdere en udnyttelsesgrad af foderets carotenindhold.

Det er fundet rimeligt at anvende samme konverteringsforhold mellem β -caroten og A-vitamin som NRC (National Research Council, USA), når der anvendes frisk plantemateriale eller kunsttørrede grønafrøder, nemlig 1 mg β -caroten = 400 i.e. A-vitamin. Når der anvendes hø eller ensilage, er carotenets A-vitamineffekt kun ca. det halve af effekten af frisk grønt, og det er derfor fundet rimeligt at sætte værdien af 1 mg β -caroten lig med 200 i.e. A-vitamin i disse tilfælde.

Af det foregående fremgår det, at det i høj grad ville være ønskeligt, at der blev gennemført undersøgelser over følgende forhold:

1. Hvor stor er udnyttelsen af caroten fra de almindeligt anvendte carotenkilder, friske grønafrøder, hø og ensilage under hensyntagen til planteart, udviklingstrin, gødskningsniveau og konserveringsmetode.
Der bør her medtages en undersøgelse af carotenets effekt på fremkomsten af kliniske mangelsymptomer hos koen, ovariernes funktion, kliniske mangelsymptomer hos kalven (forhøjet cerebrospinalvæsketryk), koncentrationer af A-vitamin i plasma, lever og mælk.
2. Hvorledes klarer højtydende køer sig gennem flere laktationsperioder efter de under punkt 1 nævnte kriterier samt produktionsøkonomiske kriterier som ydelse, drægtighedsprocent og persistens (holdbarhed).

Med svar på ovennævnte forhold ville det være lettere at fastsætte generelle normer, men et rigtigt vurderingsgrundlag fås først, når A-vitaminets og β -carotenets funktioner i organismen er klarlagt.

Sammendrag

A-vitamin og β -caroten til kvæg

Denne oversigtsartikel indeholder normer for A-vitamin og β -caroten tilførslen under danske forhold. For vitamin A og dets provitaminer beskrives de biokemiske forhold (Fig. 1, Tabel 1), absorption, transport, koncentration i plasma og lever (Tabel 4), funktion og udnyttelse (Tabel 2, 3), samt mangelsymptomer (Tabel 5). Under hensyn til tabet af vitamin A og dets provitaminer i fordøjelseskanalen (Tabel 6), samt tabet af disse stoffer under fremstilling og opbevaring af hø og ensilage (Tabel 7, 8), anføres normer for kalve og voksent kvæg til vækst, vedligehold og produktion (Tabel 15). Behovet for tilskud af vitamin A og caroten ved fodring med bestemte grovfoderemner er anført i Tabel 16. De anførte tilskud er beregnet på basis af carotenindholdet i ensilage (Tabel 9, 10), og i typiske danske foderrationer til malkekøer (Tabel 12), carotenets fordøjelighed (Tabel 14), samt den beregnede carotenforsyning til malkekøer via frisk græs (Tabel 11), og til opdræt via græsensilage i vinterperioden (Tabel 13).

Det er vigtigt at bemærke, at kvier og køer i perioden fra 1 måned før inseminering til 1 måned ind i den følgende drægtighed har et behov for β -caroten, der ikke kan erstattes med vitamin A (Tabel 15).

En række faktorer, der kunne påvirke normerne under praktiske forhold, er vurderet. Der er ikke sikre holdepunkter for at antage, at et stort protein- og energiindtag er associeret med øget behov for vitamin A. Foderfedtets fordøjelighed er positivt korreleret med udnyttelsen af foderets A-vitamin og caroten. Højt indhold i foderet af umættede fedtsyrer øver en negativ indflydelse på udnyttelsen af A-vitamin, især i tilfælde med utilstrækkelig tilførsel af E-vitamin, der formodes at være af betydning for stabiliteten af A-vitamin. Derimod medfører anvendelse af nitratholdige fodermidler ikke krav om A-vitamintilskud, når de foreslåede normer respekteres.

De anførte normer for tilførsel af vitamin A og caroten skønnes også at være dækkende under stress i form af høj ydelse, drægtighed og kælvning, under forudsætning af at dyrene er raske og ikke i længere tid udsættes for ekstreme temperaturer.

Carotenets fordøjelighed aftager med stigende tilførsel pr. kg legemsvægt (Fig. 2). Carotenkoncentrationen i grønfodermidler aftager under lagring (Fig. 4), samtidig med at også carotenets tilgængelighed nedsættes. I ensilage og hø udnyttes det tilstedeværende caroten kun halvt så godt som caroten i frisk grønt eller caroten i kunsttørret grønfoder. Værdien af 1 mg β -caroten i frisk grønt eller kunsttørret grønfoder anses derfor at være 400 i.e. A-vitamin, medens 1 mg β -caroten i hø eller ensilage kun ækvivalerer med 200 i.e. A-vitamin.

Der gives en kort beskrivelse af de patofysiologiske forhold ved overdosering med vitamin A, idet der dog ikke i litteraturen findes rapporter om overdoseringsyndromer hos kvæg under naturlige forhold.

Oversigtsartiklen fremhæver behovet for forskning på adskillige områder inden for vitamin A problemstillingen, således bl.a. undersøgelser vedrørende tilgængeligheden af caroten i forskellige plantematerialer, samt carotenets evne til at forebygge vitamin A mangelsyndromer hos højtydende køer.

Summary

Vitamin A and β -carotene requirements in cattle under Danish conditions

It is the aim of this review to present standards for vitamin A requirements of cattle under Danish conditions. The chemistry (Fig. 1, Table 1), absorption, transport, concentration in plasma and liver (Table 4), function and utilization (Table 2, 3) of vitamin A and its provitamins are briefly described together with deficiency syndromes (Table 5). Considering the loss of vitamin A and its provitamins in the intestinal tract (Table 6), the loss of these compounds during drying and storage of hay and silage (Table 7, 8), the requirements have been defined for calves and adult cattle in relation to growth, maintenance and production (Table 15). The need for vitamin A and carotene supplements in relation to a variety of rations are listed in Table 16. The supplementary doses have been calculated on the basis of the concentration of carotene in silage (Table 9, 10) and in typical Danish rations for milking cows (Table 12), the digestibility of carotene (Table 14), the assessed carotene provision for milking cows via fresh grass (Table 11), and for young stock via grass silage during the winter (Table 13).

It is noteworthy that heifers and cows during the interval from 1 month prior to insemination until 1 month into the subsequent gestation have a specific need for β -carotene that cannot be substituted with vitamin A (Table 15).

A number of factors that might influence the recommended standard requirements for vitamin A to cattle have been evaluated. There is no indication that a great supply of energy and/or protein is associated with an increased vitamin A requirement. The digestibility of fat in the feed is positively correlated with the utilization of vitamin A and carotene in the feed. A high concentration of unsaturated fatty acids in the feed depresses the utilization of vitamin A, especially in situations with an insufficient supply of vitamin E that seems to be essential as a stabilizer for vitamin A. Use of feed containing nitrate does not create the necessity of vitamin A supplement when the recommended standard requirements are fulfilled.

The requirements for carotene and vitamin A listed in Table 15 are sufficient to meet the demand for these compounds during stress due to high milk yield, pregnancy and calving provided that the animals are healthy and not exposed to extreme temperatures during extended periods of time.

The digestibility of carotene decreases with increasing supply per kg body weight of this compound (Fig. 2). During storage the concentration (Fig. 4) and availability of carotene in green feed decrease. In silage and hay the digestibility

of carotene is only half of the comparable value for carotene in fresh green or artificially dried material where 1 mg of β -carotene is considered to be the equivalent of 400 i.u. of vitamin A.

A brief account is given of the pathophysiology associated with overdosing of vitamin A. However, for cattle this phenomenon has not been reported in the literature to occur under natural conditions.

The review draws attention to the need for further research in several fields including the availability of carotene in a variety of plant materials and the ability of carotene to prevent vitamin A deficiency syndromes in cows with high milk yield.

Litteraturliste

- Abrams, J.T., K.C. Barnett, P.S. Bridge, A.C. Palmer, F.R. Spratling & I.M. Sharman (1969): The retinol status and voluntary food consumption of the calf on a vitamin A free diet. *Int. Ztschr. Vit. Forsch.* 39: 416–425.
- A.E.C. (1974): Comparison of the biological value of three esters of vitamin A. July 1974. Société de Chimie Organique et Biologique. Commeny, France.
- Anderson, T.A., F. Hubbert jr., C.B. Roubicek & R.E. Taylor (1962): Influence of protein depletion on vitamin A and carotene utilization by vitamin A deficient sheep. *J. Nutrition* 78: 342–347.
- A.R.C. (1965): The Nutritional requirements of farm livestock no. 2. Ruminants. Technical reviews and summaries, Agricultural Research Council, London.
- Barnett, K.C., A.C. Palmer, J.T. Abrams, P.S. Bridge, F.R. Spratling & I.M. Sharman (1970): Ocular changes associated with hypovitaminosis A in cattle. *Brit. Vet. J.* 126: 561–573.
- Baumont, W.H. & W.H. Parr (1963): Vitamin A status of young beef cattle. *Vet. Rec.* 75: 1344.
- Becker, M. (1968): Nitrat und Nitrit in der Tierernährung. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 15: 48–64.
- Beeson, W.M., T.W. Perry, W.H. Smith & M.T. Mohler (1965): Effect of different levels of vitamin A on performance of Hereford and Charolais × Hereford heifers self-fed on blue grass pasture. *Purdue Univ. Agr. Exp. St. Res. Prog. Rep.* 169.
- Bernhardt, I.B. & D.J. Dorsey (1974): Hypervitaminosis A and congenital renal anomalies in a human infant. *Obstetr. Gynecol.* 43: 750–755.
- Bieri, J.G. & C.J. Pollard (1954): Studies of the site of conversion of β -carotene injected intravenously into rats. *Brit. J. Nutr.* 8: 32–44.
- Bloomfield, R.A., C.W. Welsch, G.B. Garner & M.E. Muhrer (1961): Effect of dietary nitrate on thyroid function. *Science* 134: 1690.
- Bloomfield, R.A., C.W. Welch, G.B. Garner & M.E. Muhrer (1962): Thyroid compensation under the influence of dietary nitrate. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 111: 288–290.
- Boado, A. & F. Ferrer (1974): Losses of vitamin A in native fishmeal stored with or without antioxydant (Cuba). *cit. Nutr. Abstr. Rev.* (1976), abstr. 1107.
- Boado, A. & F. Valdes (1974): Vitamin A content of milk powder fresh and stored with or without antioxydant (Cuba) *cit. Nutr. Abstr. Rev.* (1976), abstr. 110.

- Breirem, K., O. Saue & A. Ekern (1967): Generelle problemer i forbindelse med bruk af høy, silage og kunsttørret græs til melkekøer. Institut for husdyrernæring og föringslära, Norge Landbrukshögskola, Særtryk nr. 316.
- Bridge, P.S. & F.R. Spratling (1966): The importance of vitamin A in the feeding of farm ruminants. I: Abrams: Recent advances in animal nutrition: 143–187. I & A. Churchill, London.
- Bro-Rasmussen, F. (1956): Statens Vitamin-Laboratoriums undersøgelser over danske mejeriprodukters indhold af A-vitamin og caroten. Statens Husholdningsråds Faglige Meddelelser: 37–40.
- Bro-Rasmussen, F. (1958): Statens Vitamin-Laboratoriums undersøgelser over A-vitamin-indholdet i danske animalske næringsmidler. Statens Husholdningsråds Faglige Meddelelser: 9–12.
- Burns, M.J., S.M. Hauge & F.W. Quackenbush (1951): Utilization of vitamin A and carotene by rat. Effect of mineral oil and fat content of diet. Arch. Biochem. 30: 347–350.
- Cappa, V., G. Bertoni & A. Galimberti (1974): Low levels of vitamin A in milking stock. Revista di Zootecnia e Veterinaria 4: 345–353.
- Christiansen, B., E. Bülow Skovborg & P.E. Andersen (1971): Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer. 2. beretning. Fællesudv. Stat. Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg. København.
- Church, D.C. (1975): Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2. edition, vol. 1–3, Oregon USA.
- Church, D.C., R. McVicar, J.G. Bieri, F.H. Baker & L.S. Pope (1954): Utilization of intravenously-administered carotene by sheep and cattle. J. Anim. Sci. 13: 677–683.
- Cohen, F.S., P. Budowski, I. Ascarelli, H. Neumark & A. Bondi (1976): Pre-intestinal stability of β -carotene in ruminants. Int. J. Vit. Nutr. Res. 46: 439–445.
- Coppoch, C.E. & J.B. Stone (1968): Corn silage in the ration of dairy cattle. A review. New York State Coll. Agr. Cornell Misc. Bull. no. 89 p.p. I + 36.
- Cullison, A.E. & C.S. Word (1965): Coastal Bermuda grass hay as a source of vitamin A for beef cattle. J. Anim. Sci. 24: 969–972.
- Davison, K.L., W.M. Hansel, L. Krook, K. McEntee & M.J. Wright (1964): Nitrate toxicity in dairy heifers. I. Effects on reproduction, growth, lactation and vitamin A nutrition. J. Dairy Sci. 47: 1065–1073.
- Deshmukh, D.S. & J. Ganguly (1965): Effect of dietary protein contents on the intestinal conversion of β -carotene to vitamin A in rats. Ind. J. Biochem. 1: 204–207.
- Deshmukh, D.S., P. Malathi & J. Ganguly (1964): Dietary protein content and metabolism of vitamin A. Biochem. J. 90: 98–104.
- Eaton, H.D. (1969): Chronic bovine hypo- and hypervitaminosis A and cerebrospinal fluid pressure. Amer. J. clin. Nutr. 27: 1070–1080.

- Eaton, H.D., J.J. Lucas, S.W. Nielsen & C.F. Helmboldt (1970): Association of plasma or liver vitamin A concentrations with the occurrence of parotid duct metaplasia or of ocular papilloedema in Holstein male calves. *J. Dairy Sci.* 53: 1775-1779.
- Eaton, H.D., G.S. Myers, M.W. Dicks, B.A. Dehority, A.P. Grifo, R. Teichman, C.F. Helmboldt, E.L. Jungherr & D.G. Gooslee (1959): Conversion of carotene from alfalfa to vitamin A by Guernsey and Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 42: 642-650.
- Eaton, H.D., J.E. Rousseau jr., R.C. Hall jr., H.J. Frier & J.J. Lucas (1972): Re-evaluation of the minimum vitamin A requirement of Holstein calves based upon elevated cerebrospinal fluid pressure. *J. Dairy Sci.* 55: 232-237.
- Eaton, H.D., J.E. Rousseau jr., C.G. Woelfel, M.C. Calhoun, S.W. Nielsen & J.J. Lucas (1964): Re-evaluations of the minimum carotene requirement of Holstein male calves based upon elevated cerebrospinal fluid pressure. *Connecticut Agr. Exp. Stat. Bull. no. 383 Univ. Conn. Storrs, Conn.*
- Ender, F. (1934): Über den Unterschied im A-Vitamin-Gehalt der Kuh- und der Stierleber. *Zeitschr. Vitaminforsch.* 3: 247-253.
- Erwin, E.S., I.A. Dyer & E.M. Ensminger (1956): The influence of fat, chlorotetracycline and stilbesterol on vitamin A and carotene storage in the liver of beef steers. *J. Anim. Sci.* 15: 1147-1153.
- Erwin, E.S. & R.S. Gordon (1963): Effect of antioxydant, protein and energy on vitamin A and feed utilization in steers. *J. Anim. Sci.* 22: 341-345.
- Esh, G.C. & R.K. Bhattacharya (1960): Dietary protein quality and vitamin A. *Proc. Symp. Proteins. Mysore:* 107-113.
- Fisher, G. & P.G. Skillern (1974): Hypercalcemia due to hypervitaminosis A. *J. Amer. Med. Assoc.* 227: 1413-1414.
- Friend, C.J., C.R.C. Heard, B.S. Platt, R.J.C. Stewart & M.R. Turner (1961): The effect of dietary protein deficiency on transport of vitamin A in blood and its storage in the liver. *Brit. J. Nutr.* 15: 231-240.
- Frier, H.J., E.J. Gorgacz, R.C. Hall jr., A.M. Gallina, J.E. Rousseau jr., H.D. Eaton & S.W. Nielsen (1974): Formation and absorption of cerebrospinal fluid in adult goats with hypo- and hypervitaminosis A. *Amer. J. Vetr. Res.* 35: 45-55.
- Frier, H.J., J.E. Rousseau jr., A.M. Gallina, H.D. Eaton & R.C. Hall jr. (1970): Rates of formation and absorption of cerebrospinal fluid in mild chronic bovine hypervitaminosis A. *J. Dairy Sci.* 53: 1051-1057.
- Ganguly, J. & S.K. Murthy (1967): Biogenesis of vitamin A and carotene. I: Sebrell, H. & R.S. Harris: *The Vitamins* (Vol.1, p. 142) New York.
- Gorgacz, E.J., J.E. Rousseau jr., H.J. Frier, R.C. Hall jr. & H.D. Eaton (1970): Composition of the Dura Mater in Chronic Bovine Hypervitaminosis A. *J. Nutr.* 101: 1541-1546.

- Grey, R.M., M.C. Calhoun, J.E. Rousseau jr., C.G. Woelfel, R.C. Hall jr., S.W. Nielsen, H.D. Eaton & J.J. Lucas (1964): Cisternal and intraventricular cerebrospinal fluid pressure in chronic bovine hypervitaminosis A. *J. Dairy Sci.* 47: 783–788.
- Groot, Th. de, J.A. Keuning & L. Padmos (1973): High rates of nitrogen on grassland and the health of dairy cattle. *Stikstof* 16: 1–42.
- Hazzard, D.G., C.G. Woelfel, M.C. Calhoun, J.E. Rousseau jr. & H.D. Eaton (1964): Chronic hypervitaminosis A in Holstein male calves. *J. Dairy Sci.* 47: 391–401.
- Hjarde, W. & J. Brolund Larsen (1956): Influence of fodder on the vitamin A content of milk and butter. *Proc. XIV Int. Dairy Congr. Rom Vol. II.*
- Hjarde, W., J. Nielsen & Olga Porotnikoff: Utilization of carotene by dairy cows (1954). *Acta Agr. Scand.* 4: 3–16.
- Hladik, V. & L. Laitova (1968): Optimum amounts of vitamin A, D and C in semisynthetic feeds for fattening cattle (på czekisk) *Biol. Chem. Vých. Zvirat.* 4: 237–242.
- Hoffmann, M. (1966): Bemerkungen zur Carotinversorgung der Milchkühe. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 21: 427–431.
- Hume, J.D., G.E. Mitchell & R.E. Tucker (1970): Excretion of radioactivity from ^{14}C -retinoic acid by sheep. *J. Anim. Sci.* 31: 244.
- Hutchings, D.E. & J. Gaston (1974): The effects of vitamin A excess administered during mid – fetal period on learning and development in rat offspring. *Developmental Psychobiol.* 7: 225–233.
- Hutchings, D.E., J. Gibbon & M.A. Kaufman (1973): Maternal Vitamin A-excess during the early fetal period: effects on learning and development in the offspring. *Developmental. Psychobiol.* 6: 445–457.
- Israelsen, M. (1965): Forvejring af grønafrøder til kunstig tørring. Beretning nr. 41 fra Forskningsinstituttet for Handels- og Industriplanter.
- Israelsen, M. (1977): Personlig meddelelse.
- Israelsen, M., B. Holm Christensen & P. Sonne Frederiksen (1966): Kunstig tørring af grønafrøder II. Beretning nr. 42 fra Forskningsinstituttet for Handels- og Industriplanter.
- Jainudeen, M.R., W. Hansel & K.L. Davison (1965): Nitrate toxicity in dairy heifers III. Endocrine responses to nitrate ingestion during pregnancy. *J. Dairy Sci.* 48: 217–221.
- Johnson, R.M. & C.A. Baumann (1947): The effect of thyroid on the conversion of carotene into vitamin A. *J. Biol. Chem.* 171: 513–521.
- Jones, I.R., P.H. Weswig, J.F. Bone, M.A. Peters & S.O. Alpan (1966): Effect of high-nitrate consumption on lactation and vitamin A nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 49: 491–499.
- Jordan, H.A., G.S. Smith, A.L. Neumann, J.E. Zimmermann & G.W. Breniman (1963): Vitamin A nutrition of beef cattle fed corn silage. *J. Anim. Sci.* 22: 738–745.

- Kamath, S.K. & L. Arnrich (1973): Effect of dietary protein on the intestinal biosynthesis of retinol from ^{14}C - β -Carotene in rats. *J. Nutr.* 103: 202-206.
- Kapoor, V.R. & S.K. Ranjhan (1974): Plasma carotinoids and vitamin A in relation to carotene intake in three breeds of cattle. *Ind. J. Anim. Sci.* 44: 22-31.
- Katz, C.M. & M. Tzagournis (1972): Chronic adult hypervitaminosis A with hypercalcemia. *Metabolism* 21: 1171-1176.
- Keating, E.K., W.H. Hale & F. Hubbert jr. (1964): In vitro degradation of vitamin A and carotene by rumen liquor. *J. Anim. Sci.* 23: 111-117.
- Kirk, W.G., R.L. Shirley, J.F. Easley & F.M. Peacock (1971): Effect of carotene deficient rations and supplemental vitamin A on gain, feed utilization and liver vitamin A of calves. *J. Anim. Sci.* 33: 476-480.
- Kohlmeier, R.H. & W. Burroughs (1970): Estimation of critical plasma and liver vitamin A levels in feedlot cattle with observations upon influence of body stores and daily dietary requirement. *J. Anim. Sci.* 30: 1012-1018.
- Leth, T. (1973): Undersøgelse af A-vitamin-indholdet i kalve- og svinelever. Husholdningsrådets Tekniske Meddelelser 13, nr. 4: 14.
- Lewis, J.M. & L.T. Wilson (1945): Vitamin A requirements in Calves. *J. Nutr.* 30: 467-475.
- Lichtenwalner, R.E., J.P. Fontenot & R.E. Tucker (1973): Effect of source of supplemental nitrogen and level of nitrate on feedlot performance and vitamin A metabolism of fattening beef calves. *J. Anim. Sci.* 37: 837-847.
- Lotthammer, K-H. & L. Ahlswede (1977): Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin A unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. 3. Mitteilung: Blutserumuntersuchungen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 84: 205-252.
- Lotthammer, K-H., L. Ahlswede & H. Meyer (1976): Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin A unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. 2. Mitteilung: Weitere klinische Befunde und Befruchtungsergebnisse. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 83: 351-390.
- Maddux, G.W., F.M. Foltz & S.R. Nelson (1974): Effect of vitamin A intoxication on intracranial pressure and brain water in rats. *Journ. Nutr.* 104: 478-482.
- Mahadevan, S., P. Malathi & J. Ganguly (1965): Influence of proteins on absorption and metabolism of vitamin A. *Wld Rev. Nutr. Diet.* 5: 209-236.
- Masoro, E.J. (1968): Physiological chemistry of lipids in mammals. W.B. Saunders Comp., Philadelphia.
- McDowall, F.H. & W.A. McGillivray (1963): Studies on the properties of New Zealand butterfat VII. Effect of the stage of maturity of ryegrass fed to cows on the characteristics of butterfat and its carotene and vitamin A contents. *J. Dairy Res.* 30: 59-66.

- Mc.Dowall, F.H., W.A. Mc.Gillivray & C.S.W. Reid (1957): Effects of ingestion of paraffins by ruminants. 2. Ingestion of heavy liquid paraffin by milking cows in relation to yield and composition of milk and to properties and fatsoluble vitamins of butterfat. *N.Z.J. Sci. Techn.* 38: 839-852.
- Meacham, T.N., K.P. Bovard, B.M. Priode & J.P. Fontenot (1970): Effect of supplemental vitamin A on the performance of Beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.* 31: 428-433.
- Meyer, H., L. Ahlswede & K.H. Lotthammer (1975): Untersuchungen über eine spezifische Vitamin A unabhängige Wirkung des β -carotins auf die Fertilität des Rindes. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 82: 444-449.
- Miller, R.W. (1969): A study of some factors affecting the utilization of carotene and vitamin A in the bovine. *Diss. Abstr. (B)* 29: 3803B-3804B.
- Miller, R.W., L.A. Moore, D.R. Waldo & T.R. Wren (1965): Effect of nitrate on utilization of corn silage carotene by calves. *J. Anim. Sci.* 24: 898.
- Mingazov, T.A. (1974): The role of vitamin A in preventing embryonic death (på russisk). *Zhivotohovodstvo* No. 9, 68.
- Mitchell, G.E. jr., C.O. Little, B.W. Hayes & R.E. Tucker (1965): Preintestinal destruction of vitamin A in steers fed nitrate. *J. Anim. Sci.* 24: 898.
- Moore, T. (1957): Vitamin A. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- Moore, T., I.M. Sharman, J.R. Todd and R.H. Thompson (1972): Copper and vitamin A concentrations in the blood of normal and Cu-poisoned sheep. *Brit. J. Nutr.* 28, 23-30.
- Morries, G.M. (1972): Morphogenesis of the malformations induced in rat embryos by maternal hypervitaminosis A. *J. Anatomy* 113: 241-250.
- Nehring, K. & M. Hoffmann (1967): Carotinuntersuchungen an Futterpflanzen. *Arch. Tierernähr.* 17: 263-279.
- Nicholson, J.W.G. & H.M. Cunningham (1965): Retained placenta, abortions and abnormal calves from beef cows fed all barley rations. *Can. Vet. J.* 6: 275-281.
- Nielsen, S.W., J.H.L. Mills, C.G. Woelfel & H.D. Eaton (1966): The pathology of marginal vitamin A deficiency in calves. *Res. Vet. Sci.* 7: 143-150.
- Nieman, C. & H.J. Klein Obbink (1954): The biochemistry and pathology of hypervitaminosis A. *Vitamins and Hormones* 12: 69-99.
- N.R.C. (1966): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. *Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council., Washington. Publ.* 1349.
- N.R.C. (1971): Nutrient requirements of domestic animals 3. Nutrient requirements of dairy cattle. *National Academy of Sciences. National Research Council. Washington* 54 p.p.
- O'Dell, B.L., Z. Ereik & L. Flynn, G.B. Garner & M.E. Muhrer (1960): Effects of nitrite containing rations in producing vitamin A and vitamin E deficiencies in rats. *J. Anim. Sci.* 19: 1280.

- Olson, O.E., D.L. Nelson & R.J. Emerick (1963): Effect of nitrate and some of its reduction products on carotene stability. *J. Agr. Food Chem.* 11: 140-143.
- Onderscheka, K. (1973): Untersuchungen über die Vitamin A Versorgung landwirtschaftliche Nutztiere. *Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung* 3: 62 p.p.
- Owen, E.C. (1965): Some aspects of the metabolism of vitamin A and carotene. *Wld Rev. Nutr. Diet.* 5: 133-208.
- Perry, T.W., W.M. Beeson, W.H. Smith & M.T. Mohler (1967): Injectable versus oral vitamin A for fattening steer calves. *J. Anim. Sci.* 26: 115-118.
- Potkanski, A.A., R.E. Tucker & G.E. Mitchell jr. (1974a): Preintestinal carotene losses in sheep fed alfalfa or isolated carotene beadlets. *Int. J. Vit. Nutr. Res.* 44: 3-7.
- Potkanski, A.A., R.E. Tucker, G.E. Mitchell jr. & G.T. Schelling (1974 b): Preintestinal losses of carotene in sheep fed high starch or high cellulose diets. *Int. J. Vet. Nutr. Rec.* 44: 147-150.
- Pugh, D.L. & G.B. Garner (1963): Reaction of carotene with nitrite solutions. *J. Agr. Food Chem.* 11: 528-529.
- Puscaru, D., S. Oprescu, I. Dinu, M. Gondos, V. Maxim & N. Vermesan (1967): Digestibility of carotene in feeds for cattle. *cit.: Nutr. Abstr. Rev.* 38: no. 359.
- Quarterman, J. (1966): Vitamin A Requirement of intensively-fed beef cattle. *Vet. Rec.* 78: 855.
- Quarterman, J. & C.F. Mills (1964): Vitamin A and riboflavine concentrations in livers of intensively fattened cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 23: X-XI.
- Rao, M.S.S., K. Thyagarajan, G.S. Kishore & H.R. Cama (1974): Vitamin A metabolism under nutritional stress. *Int. J. Vit. Nutr. Res.* 44: 151-158.
- Rechcigl, M. jr., S. Berger, J.K. Lossli & H.H. Williams (1962): Dietary protein and utilization of vitamin A. *J. Nutr.* 76: 435-440.
- Reddy, B.S. & J.W. Thomas (1962): Interrelationship between thyroid status and nitrate on carotene conversion. *J. Anim. Sci.* 21: 1010.
- Rice, R.W. & L.H. Paulis (1965): Comparison of a fifty percent hay and a no-hay ration with or without supplemental vitamin A for beef production from young dairy calves. *J. Dairy Sci.* 48: 1668-1671.
- Roberts, W.K. & J.L. Sell (1963): Vitamin A destruction by nitrite in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 22: 1081-1085.
- Rodahl, K. (1950): Hypervitaminosis A. *J. Nutr.* 41: 399-421.
- Rousseau, J.E. jr., H.D. Eaton, R. Teichmann, C.F. Helmboldt, E.L. Jungherr & E.L. Bacon (1956): Relative value of carotene from alfalfa and vitamin A from a dry carrier fed at medium to high levels to Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 39: 1565-1577.

- Skovborg, E. Bülow & P.E. Andersen (1973): Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer II. 4. beretning. Fællesudv. Stat. Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg. København.
- Swanson, E.W., G.G. Martin, F.E. Pardue & G.M. Gorman (1968): Milk production of cows fed diets deficient in vitamin A. *J. Anim. Sci.* 27: 541-548.
- Thompson, S.Y. (1964a): Factors affecting the absorption of carotene and its conversion into vitamin A. *Exp. Eye. Res.* 3: 392-394.
- Thompson, S.Y. (1964b): Grass silage as a source of carotene for dairy cows. *Rep. Nat. Inst. Res. Dairing*: 119-120.
- Thompson, S.Y. (1970): Biological availability of carotene from pasture and from artificially dried forage grass. 18th Int. Dairy Congr. IE: 569.
- Thompson, S.Y. (1975): Role of carotene and vitamin A in animal feeding. *Wld Rev. Nutr. Diet.* 21: 224-280.
- Thompson, S.Y. & I. Ascarelli (1962): Utilization of carotene by the cow. *Proc. XVI Int. Dairy Congr., Copenhagen*, pp. 81-88.
- Tillman, A.D., G.M. Sheriha & R.J. Sirny (1965): Nitrate reduction studies with sheep. *J. Anim. Sci.* 24: 1140-1146.
- Tomlinson, J.E., G.E. Mitchell jr., N.W. Bradley, R.E. Tucker, J.A. Boling & G.T. Schelling (1974): Transfer of vitamin A from bovine liver to milk. *J. Anim. Sci.* 39: 813-817.
- Topps, J.H., R.C. Elliot, P.D. Johnson & W.D.C. Reed (1966): Vitamin A requirements of intensively fattened cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 25: XXXV-XXXVI.
- Ullrey, D.E. (1972): Biological availability of fat-soluble vitamins: Vitamin A and carotene. *J. Anim. Sci.* 35: 648-657.
- Vargas, A., A. Boado, A.M. Pantoja & F. Ferrer (1974): Comparison of vitamin A contents in colostrum of Jersey and Holstein cows fed on pasture. *Cit.: Nutr. Abstr. Rev.* 1976, 46: no. 1754.
- Vasudevan, B. & B. Dutt (1969a): Urinary calculi in vitamin A deficient calves. *Ceylon Vet. J.* 17: 26-30.
- Vasudevan, B. & B. Dutt (1969b): Clinical Syndromes in experimental vitamin A deficient calves. *Ind. Vet. J.* 46: 658-668.
- Vintan, A., A. Birurescu, A. Gherdan, M. Milos & A. Palincas (1970): Carotene in placenta and digestive disorders in newborn calves. *Rev. Zooth. Med. Vet.* 20, no. 2: 35.
- Voigtländer, K. & H.L. Glässer (1974): Die Veränderungen der Zusammensetzung von Kolostralmilch und transitorischer Milch. *Arch. Tierzucht* 17: 107-118.
- Wallace, J.D., R.J. Raleigh & P.H. Weswig (1964): Performance and carotene conversion in Hereford fed different levels of nitrate. *J. Anim. Sci.* 23: 1042-1045.

- Warner, R.L., G.E. Mitchell jr., C.O. Little & N.E. Alderson (1970): Preintestinal disappearance of vitamin A in steers fed different levels of corn. *Int. J. Vit. Res.* 40: 585-588.
- Weichenthal, B.A., L.B. Emery, R.J. Emerick & F.W. Whetzel (1963): Influence of sodium nitrate, vitamin A and protein level on feedlot performance and vitamin A status of fattening cattle. *J. Anim. Sci.* 22: 979-984.
- Wing, J.M. (1969): Effect of sources and season on apparent digestibility of carotene in forage by cattle. *J. Dairy Sci.* 52: 479-483.