# Kød, muskelproteiner og co-produkter

## Relevans, funktion og anvendelse i human ernæring

Anders Nedergaard, PhD, specialkonsulent

Landbrug & Fødevarer

**Kød, muskelproteiner og co-produkter**
*Relevans, funktion og anvendelse i human ernæring*

Anders Nedergaard, PhD, specialkonsulent

1. udgave, juni 2017
Copyright: Landbrug & Fødevarer
Oplag: 100 eksemplarer

Foto:
Rene Stenberg Riis
Maria P

Tryk:
Grafipro

Rapporten findes i elektronisk form her: www.ernæringsfokus.dk

Udgivet af
Landbrug & Fødevarer
Axelborg, Axeltorv 3
1609 København V
www.lf.dk

# Indholdsfortegnelse


Forord . . . . . 6

1 - Hvorfor er kødprotein vigtigt? . . . . . 7
- 1.1 - Den generelle befolkning
  - 1.1.1 - Nationale og internationale anbefalinger for proteinindtag
    - World Health Organization
  - Den europæiske fødevaresikkerhedsautoritet
    - Nationale anbefalinger
  - Forskningsbetragninger
    - Bør man tale om mængden af protein per dag eller per måltid?
    - Proteinindtag vs. Leucinindtag
  - 1.1.2 - Øvre grænser for proteinindtag
    - Kan højt proteinindtag forårsage sygdom?
    - Almindeligt forekommende proteinindtag er sikre for nyrerne
  - 1.1.3 - Nationale protein- og kødindtag
    - Danskernes nuværende proteinindtag
- 1.2 - Befolkningsgrupper med særlige behov
  - 1.2.1 - Ældre, sarcopeni, fejlernæring og småtspisende
    - Underernæring eller sarcopeni? – to sider af samme sag
    - Underernæring
    - Sarcopeni - tab af muskelmasse og -funktion
    - "Anabolic resistance"
  - 1.2.2 - Trænende
    - Øget proteinbehov i forbindelse med udholdenhedsidræt
    - Serotoninhypotesen ved udholdenhedssport
    - Øget proteinbehov i forbindelse med styrketræning og kraftsport
  - 1.2.3 - Vægttab og vægtkontrol
    - Energiunderskud er en forudsætning for vægttab
- 1.3 - Betydning af proteinkvalitet
  - Ernæringsmæssig kvalitet
  - Definitioner
  - PDCAAS
  - DIAAS
  - Implikationer af DIAAS og PDCAAS
  - Proteinkvalitet og proteinindtag anbefalinger
- 1.4 - Sammenfatning

2 - Hvilke former proteiner fra kød og animalske co-produkter er relevante? . . . . . **24**
2.1 - Deklaration og anprisninger
Anprisninger
Hvad kan man kalde "kød" og "beef protein"
Proteinkvalitet et deklarationsmæssigt tomrum i fødevaresammenhæng
2.2 – Forskellige typer af animalsk protein
Skeletmuskler og hjerte
Bindevæv (som sener, ligamenter og brusk)
Knogler
Blod
Huder/svær
Fedt
2.2.2 - Protein homogenater
2.2.3 - Hydrolysater
Hurtigere optagelighed
Smag/sensoriske egenskaber
Ændrede funktionelle egenskaber
Ændret biologisk aktivitet
2.2.4 - Fraktionerede peptider og proteiner
2.3 - Opsummering

3 - Kødproteiner som bidrag til kosten - hvad, hvorfor og hvornår? . . . . . **32**
3.1 - Kødproteinprodukter har en høj proteinkvalitet
3.1.1 - Aminosyresammensætning og fordøjelighed af forskellige kødproteiner
Forskel mellem arter og dyreracer
Forskelle imellem forskellige væv og udskæringer
Fordøjelighed af kødproteiner
DIAAS og PDCAAS andre protein produkter
3.1.2 - Effekt på proteinomsætningen i musklerne
Effekt på proteinomsætning i hvile og ved træning
3.2. - Optagskinetikker og effekter på proteinomsætningen
3.3 - Andre biologisk aktive komponenter i kødprotein
3.3.1 - Ikke-proteinogene aminosyrer
Kreatin
Beta-alanin, balenin, anserin og carnosin
3.3.2 - Biologisk aktive peptider
Collagen hydrolysater og stimulering af bruskdannelse
Angiotensin converting enzyme (ACE) hæmmende peptider fra kød
3.4 - Kødproteins effekt på mæthed og sult
Ad libitum vs. kalorietælling
Proteiners effekt på mæthed og ad libitum energiindtag
Mekanismer bag mæthedsregulering
Aminosyreprofil

Nedbrydningshastighed og aminosyrelevering til kredsløbet
Termisk effekt
3.5 - Opsummering

4 - Som næringstilskud . . . . . **41**
4.1 - Kød er allerede en vinder..
4.2 – Hydrolyserede kødproteiner som protein ernæring
Kødproteinberigelse fører til højere proteinkvantitet og -kvalitet
Højere udnyttelse af slagtekroppe
Nye produkter
4.3 - Kød og kødprotein for den generelle befolkning
4.3.1 - Forbrugertrends og kostkultur
Den historiske udvikling i proteinindtag
Den historiske udvikling i kødindtag
4.4 - Kød og kødprotein for særlige grupper
4.4.1 - Styrketrænende
"Stenaldervenlig" protein
4.4.2 - Ældre og småtspisende
Flere måltider med nok protein
4.4.3 - Ved vægttab og vægtstabilisering
4.5 - Opsummering

Referencer . . . . . **46**

**Enheder**
Gram (g), kilogram (kg)

**Forkortelser**
*ACE*, Angiotensin Converting Enzyme
*BCAA*, Branched Chain Amino Acid
*BV*, Biological Value
*DIAAS*, Digestible Indispensable Amino Acid Score
*DTU*, Danmarks Tekniske Universitet
*EFSA*, European Food Safety Authority
*FAO*, Food and Agriculture Organization
*ICD*, International Classification of Diseases, Sygdomsklassifikations-kode
*LNAA*, Large Neutral Amino Acid
*PDCAAS*, Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score
*PER*, Protein Efficiency Ratio
*N*, Kvælstof/Nitrogen
*NNR 2012*, Nordiske Næringsstofanbefalinger 2012 (Nordic Nutrition Recommendations 2012 – Integrating nutrition and physical activity)
*NPU*, Net Protein Utilization
*WHO*, World Health Organization

# Forord

Protein har forbrugernes og de ernæringsprofessionelles interesse, idet der er øget evidens for, at tilførsel af tilstrækkeligt med protein er afgørende for livet selv! Faktisk kan mangel på protein føre til dårlig vækst og udvikling hos spædbørn og i løbet af barndommen. Kendte følger af mangel på protein er svage muskler, anæmi, kompromitteret immunfunktion, problemer med reproduktion – og hvis alvorlig nok endog døden.

Men hvor meget protein har vi brug for, og hvilke faktorer kan øge eller mindske vores krav?

Alle fødevaregrupper bidrager i større eller mindre grad til protein og med proteiner af højere eller lavere biologisk kvalitet. Kødprodukter udgør en stor del af danskernes proteinindtag, på tværs af alle demografiske grupper. Af disse grunde er det væsentligt at italesætte kødproteiners ernæringsmæssige og funktionelle kvaliteter som levnedsmiddel og tilskud.

Visse befolkningsgrupper har gavn af komplette proteinkilder, der er lette at optage. Der er mere og mere der tyder på, at proteinbehov ikke kun afhænger af kropsvægt, men også af alder, overordnet kropssammensætning og fysiske aktivitetsmønstre. Et øget behov for protein ses blandt ældre, sportsudøvere, børn og unge i vækst og individer, der undergår vægttab, og her kan der forudses stigende efterspørgsel efter protein og situations-tilpassede måltidsløsninger, hvor kødprodukter og produkter med proteinberigelse med stor sandsynlighed kommer til at spille en rolle i fremtiden.

Formålet med indeværende rapport er at beskrive kød og kødprotein i lyset af danskernes proteinbehov og aktuelle indtag, både generelt og for grupper med særlige behov (Kapitel 1), kødprodukters oprindelse, forarbejdning og særlige træk (kapitel 2), kødets anvendelse og betydning i human ernæring (kapitel 3) og endelig fremtidige muligheder som næringstilskud, specielt i forhold til grupper med særlige proteinbehov (Kapitel 4).

# Hvorfor er kødprotein vigtigt?

Protein indgår i kroppens stofskifte som byggesten, særligt i kroppens fedtfrie væv, herunder muskler, og som brændstof. Der foregår i kroppens væv en løbende opbygning og nedbrydning af væv. Når opbygningen går hurtigere end nedbrydningen, resulterer det i en netto akkumulering af fedtfri masse (anabolisme), og når nedbrydningen foregår hurtigst, resulterer det i netto tab af fedtfri masse (katabolisme). Både anabolisme og katabolisme er betinget af tilgængeligheden af aminosyrer fra proteinerne i kosten.

Proteiner består af de 21 proteinogene aminosyrer. Mennesker har det enzymatiske maskineri til selv at danne 12 af disse, såfremt de resterende 9 er til stede i tilstrækkelige mængder. Disse 9 resterende aminosyrer benævnes de essentielle aminosyrer. Under særlige omstændigheder kan kroppens evne til at danne visse aminosyrer blive utilstrækkelig, hvorved disse aminosyrer kan blive betinget essentielle.

Proteiner, der helt mangler eller blot har lave koncentrationer af en eller flere af de essentielle aminosyrer, er altså i udgangspunktet af ringere ernæringsmæssig kvalitet end proteiner, der har høje koncentrationer af alle de essentielle aminosyrer. Derudover er den ernæringsmæssige kvalitet af proteiner betinget både af indholdet af essentielle aminosyrer og fordøjeligheden af de enkelte aminosyrer. På begge disse punkter adskiller de animalske proteiner fra mælkeprodukter, æg og kød sig fra vegetabilske proteiner, der generelt set har en væsentlig lavere ernæringsmæssig kvalitet som proteinkilder både i kraft af aminosyreindhold og fordøjelighed.

De forskellige kødudskæringer indeholder ikke kun en favorabel proteinmængde (15-22 %) og -kvalitet, men også en høj koncentration af essentielle mikronæringsstoffer i form af vitaminer og mineraler, og også gavnlige ikke-essentielle mikronæringsstoffer som kreatin, carnitin, carnosin. Dermed udgør kød "pakker" med meget høj næringstæthed.

Derfor er det relevant at kigge på, hvor meget protein danskerne spiser, hvor stor en andel der får nok i forhold til gældende anbefalinger, og i særdeleshed hvem der ikke gør.

## 1.1 - Den generelle befolkning

### 1.1.1 - Nationale og internationale anbefalinger for proteinindtag

De centrale spørgsmål omkring protein som makronæringsstof er: 1) hvor meget protein skal man som minimum indtage, 2) hvor meget er for meget og 3) er der et optimum? Svarene på dem alle er betinget af:

- Det samlede energiforbrug
- Aktivitetsformer
- Alder og sundhedstilstand
- Kropsstørrelse- og sammensætning
- Kostsammensætning, særligt proteinkilder

En lang række studier har adresseret disse spørgsmål med forskellige metoder. Herunder følger en sammenfatning fra nogle af de førende videnskabelige institutioner på området.

## World Health Organization

World Health Organization (WHO) laver periodisk en gennemgang af litteraturen om anbefalet dagligt indtag af samtlige makro- og mikronæringsstoffer. Deres seneste rapport fra 2002 konkluderede, at et minimumsindtag anbefales være 0,83 g/kg kropsvægt/dag (1). Arbejdet i forbindelse med denne meta-analyse er også publiceret selvstændigt (2).

**Hvordan beregnes behov for næringsstoffer?**
Når man skal beregne næringsstofbehov, gør man det ved at samle alle tilgængelige observationer (studier) om proteinbehov, og derefter beregne middelværdi og spredning af proteinbehovet. Så fastsætter man det anbefalede proteinindtag, så det vil være tilstrækkeligt for 97,5 % af befolkningen.

## Den europæiske fødevaresikkerhedsautoritet

Den europæiske fødevaresikkerhedsautoritet (EFSA) lægger sig op af den videnskabelige litteratur og dermed den samme anbefaling som WHO (2, 3). EFSA noterer dog, at det anbefalede proteinindtag til yngre efter alt at dømme er utilstrækkeligt til ældre, men at der endnu ikke findes god nok dokumentation til, at man kan lave konkrete anbefalinger for denne gruppe.

## Nationale anbefalinger

De officielle kostråd er formuleret på baggrund af De Nordiske Næringsstofanbefalinger fra 2012. Her er anbefalingerne for proteinindtag for raske voksne 10-20 % af det samlede energiindtag og 15-20 % for ældre (over 65 år). Indenfor dette interval og rammerne af almindelige proteinindtag svarer det til 0,8-1,5 g/kg kropsvægt/dag (se Tabel 1). I publikationen Den Danske Institutionskost arbejder man med en planlægningsnorm på 15 % af energiindtaget eller 0,8 g/kg kropsvægt/dag (4).

Årsagen til at man i de danske anbefalinger vælger at angive proteinindtaget som en andel af energiindtaget, i stedet for som en vægt relativ til kropsvægten, er, at energiforbruget for det første hænger forholdsvis godt sammen med kropsvægten og for det andet, at man ved et højt energiforbrug vil "miste" en større del af proteinet fra proteinopbygning til energistofskiftet, hvilket vil retfærdiggøre et større indtag, såfremt man vil sikre den samme aminosyretilgængelighed til proteinsyntesen.

| Anbefalinger for proteinindtag | | | |
|---|---|---|---|
| Institution | WHO | EFSA | FVST (Danmark) |
| Anbefaling | 0,83 g/kg kropsvægt/dag | 0,83 g/kg kropsvægt/dag | 10-20 % af energiindtaget fra protein |
| Dagligt proteinindtag, eksempler | (g/dag) | | |
| Kropsvægt 60 kg, energiindtag på 8.000 kJ/dag | 49,8 | 49,8 | 47,1-94,2 |
| Kropsvægt 60 kg, energiindtag på 11.000 kJ/dag | 49,8 | 49,8 | 64,7-129,4 |
| Kropsvægt 85 kg, energiindtag på 10.000 kJ/dag | 70,6 | 70,6 | 58,8-117,6 |
| Kropsvægt 85 kg, energiindtag på 14.000 kJ/dag | 70,6 | 70,6 | 82,4-164,8 |

**Tabel 1:** *Oversigt over de internationale (WHO/FAO og EU/EFSA) og nationale anbefalinger for proteinindtag for type personer med varierende kropsvægt og energiforbrug. Eftersom de internationale og nationale anbefalinger er angivet henholdsvis som en mængde relativt til kropsvægt per dag og som energiprocent af det daglige indtag, er det i tabellen anskueliggjort hvilket absolut proteinindtag de forskellige anbefalinger fører til ved forskellige eksempler på kropsvægt og energiforbrug.*

## Forskningsbetragtninger

### Bør man tale om mængden af protein per dag eller per måltid?

Anbefalingerne fra de store nationale og internationale ernæringsfaglige institutioner har hidtil baseret sig på samlede proteinindtag per dag. Flere forskergrupper med speciale i proteinstofskiftet har i de senere år præsenteret fund, der peger på at det måske er mere meningsfuldt at tale om mængde protein per måltid end mængde protein per dag. Man har således påvist at et proteinindtag på 0,24 g/kg kropsvægt (svarende til 20-30 g/måltid) er tilstrækkeligt til maximere proteinsyntesen i raske yngre personer, mens en tilsvarende mængde ikke er tilstrækkelig for ældre (5, 6). Det indikerer, at et proteinindtag fordelt over dagens måltider ville virke bedre end et proteinindtag, der er koncentreret på aftensmåltidet, som det er normalt i den vestlige kostkultur. Det er dog endnu ikke påvist.

### Proteinindtag vs. Leucinindtag

En stor del af forskningen omkring proteins effekt på den fedtfri masse og særligt muskelmassen er baseret på valleprotein og dets effekter på proteinsyntesen. Valleprotein er karakteriseret som et højkvalitetsprotein med et højt indhold af essentielle aminosyrer og i særdeleshed leucin. Således vil 20-30 g valleprotein svarender til 2-3 g leucin. Leucin stimulerer selvstændigt proteinsyntesen og derfor taler man også ofte om et selvstændigt leucin behov på 2-3 g per måltid som værende nødvendigt for at stimulere proteinsyntesen tilstrækkeligt. Således har man tidligere vist, at man kan løfte proteinkvaliteten af dårligere proteinkilder, ved at tilsætte leucin (7, 8).

## 1.1.2 - Øvre grænser for proteinindtag

### Kan højt proteinindtag forårsage sygdom?

Sundhedsdebatten i Danmark og den øvrige vestlige verden, er tilbagevendende præget af diskussioner om påstået farlighed af højt proteinindtag. Flere befolkningsstudier har påvist sammenhænge mellem højt indtag af rødt kød og dødelighed, særligt forbundet med mave-/tarmkræft, kredsløbssygdomme og nyresygdomme (9–12). Senere studier, der har kigget på mortalitetseffekter fra forskellige typer af kødprodukter, har dog vist at denne effekt ser ud til primært at stamme fra forarbejdede kødprodukter.

De i videnskabelig sammenhæng mistænkte forhold, der kan forklare hvorfor særligt rødt kød eller dets forarbejdning skulle være usundt, er røge-mutagener, stege-mutagener, tilstedeværelsen af bioorganisk hæmjern fra hæmoglobin og myoglobin i kødprodukter og måske tilsat nitrats afledte effekt (10, 11, 13, 14). Disse forhold er gennemgået i større detalje i en ny rapport fra Danmarks Tekniske Universitet – Fødevareinstituttet (DTU Fødevareinstituttet) (15). Det skal siges, at der for disse forhold i skrivende stund kun findes evidens på epidemiologisk niveau og dermed ikke "hård" kausal evidens fra lodtrækningsstudier.

Eftersom fersk, rødt kød må forventes at indeholde de samme proteiner, som forarbejdet[1], er der ikke biologiske argumenter for, at det skulle være en kvalitet ved *proteinerne* i rødt kød, der skulle bære en negativ effekt. Protein fra andre kilder end rødt kød, som fx bælgfrugter, fjerkræ og fisk, synes ikke at være associeret med øget dødelighed, hvilket yderligere indikerer, at det heller ikke er relateret til proteinindtag generelt (10, 11).

DTU Fødevareinstituttet har således i en stor systematisk oversigtsartikel vist, at evidensen for at en effekt af højt proteinindtag på generel dødelighed (all-cause mortality) er *inkonklusiv*, men at evidensen antyder, at der *kan* være en effekt ved samtidig lavt kulhydratindtag[2] og højt proteinindtag (16). De potentielle problematiske effekter forbundet med visse kødprodukter er altså ikke knyttet til hverken protein eller kød som sådan, men endnu ikke afklarede ernæringsmæssige og livsstilsmæssige faktorer, der akkompagnerer indtaget af mere eller mindre rødt kød, samt faktorer der opstår under forarbejdning/tilberedning (8, 12). Nuværende viden giver altså ikke anledning til at tro, at protein fra animalske produkter i sig selv er årsag til sygdom.

### Almindeligt forekommende proteinindtag er sikre for nyrerne

Proteinindtag forbindes fejlagtigt med svækket nyrefunktion. Det kommer primært af, at flere befolkningsstudier har vist, at reduceret proteinindtag er forbundet med langsommere progression af allerede eksisterende nyresygdom (16). Det er dog ikke vist, at proteinindtaget er forbundet med manifestation af nyresygdom hos raske. Således konkluderer den tidligere nævnte rapport fra DTU Fødevareinstituttet, at der er evidens for, at proteinindtag på op til 2,4 g/kg/dag er sikkert for personer med raske nyrer, både når man kigger på langtidsudvikling af glomerulær filtrationsrate og forekomsten af albumin i urinen (16).

---

[1] *I mange studier omfatter forarbejdet kød også fjerkræ og indmad.*

[2] *Fra fuldkorn, frugt og grønt.*

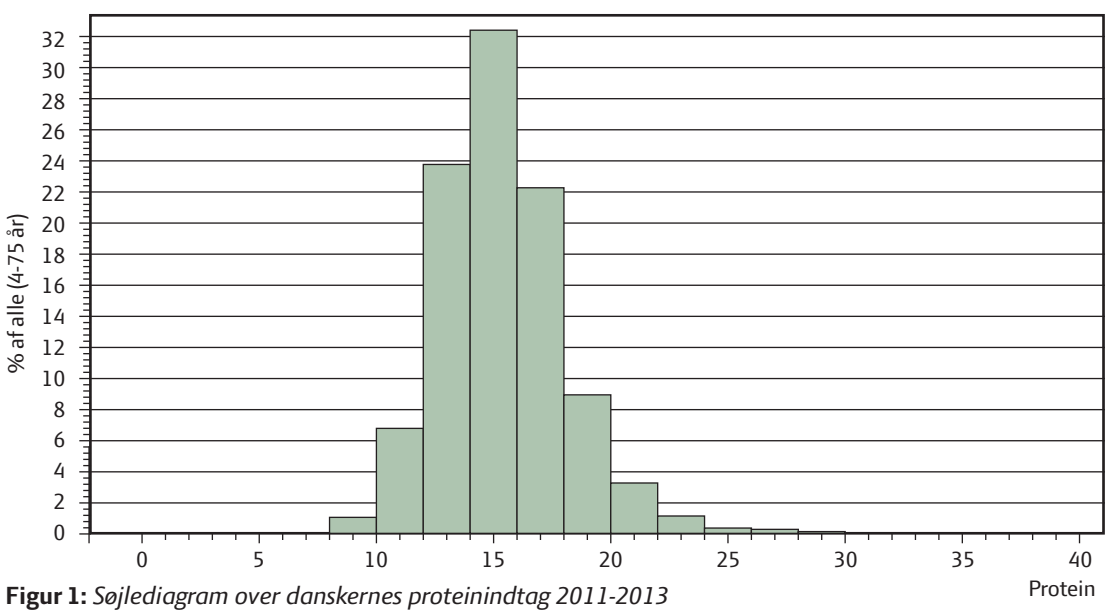
## 1.1.3 - Nationale protein- og kødindtag

### Danskernes nuværende proteinindtag

Danskernes proteinindtag monitoreres blandt andet løbende igennem epidemiologiske studier, se tabel 2, og fundene herfra opsamles cirka hvert 8. år sammen med lignende fund fra resten af Norden i de nordiske næringsstofanbefalinger (17). Afrapporteringen viser på gennemsnitsniveau, at kun en meget lille del (2-3 %) af befolkningen spiser mindre end de nationale og internationale anbefalinger for protein, som ses i histogrammet fra DTU rapporten Danskernes Kostvaner 2011-2013 (figur 1) (17). Det kræver yderligere indsigt i Danskernes kostvaner at få identificeret de grupper i befolkningen, som har et lavt indtag af protein.

| **Senest rapporterede nationale proteinindtag (g/dag)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gn.-snit (Spredning) | Percentiler | | |
| Gruppe | (g/dag) | 10 | median | 90 |
| Drenge, 4-9 år | 71 (18,1) | 51 | 69 | 93 |
| Drenge, 9-17 år | 90 (27,4) | 61 | 84 | 129 |
| Mænd, 18+ år | 101 (30,0) | 66 | 98 | 138 |
| Piger, 4-9 år | 64 (15,9) | 45 | 61 | 86 |
| Piger, 10-17 år | 67 (18,6) | 44 | 66 | 94 |
| Kvinder, 18+ år | 76 (21,4) | 51 | 75 | 101 |
| Børn, 4-9 år | 68 (17,4) | 47 | 66 | 90 |
| Børn, 10-17 år | 78 (26,0) | 48 | 75 | 108 |
| Voksne, 18+ år | 88 (28,8) | 56 | 85 | 125 |

**Tabel 2:** *Proteinindtag i den danske befolkning angivet i g/dag. Reproduceret fra (17)*




**Figur 1:** *Søjlediagram over danskernes proteinindtag 2011-2013 angivet i procent af energiindtaget. Reproduceret fra (17).*

## 1.2 - Befolkningsgrupper med særlige behov

### 1.2.1 - Ældre, sarcopeni, fejlernæring og småtspisende

Selvom befolkningen i gennemsnit ser ud til at være dækket ind med hensyn til proteinindtag, kan det forholde sig anderledes blandt ældre. Med fremskreden alder og eventuelt indtræden af kroniske sygdomme, som typisk følger med alderdom, vil appetitten, kropsvægten, muskelmassen og -funktionen gradvist dale. Fysisk svækkelse påvirker den subjektive livskvalitet og lav muskelmasse og -styrke er selvstændigt forbundet med større dødelighed (18). Her kan kostinterventioner spille en rolle, både i forbindelse med forebyggelse og som element i egentlig behandling.

Som tidligere nævnt har WHO/FAO og EFSA vurderet, at der ikke er tung nok evidens til, at der er udstedt særlige officielle anbefalinger for proteinindtag til raske ældre, altså i en primær forebyggelseskontekst (1, 3). I Nordiske Næringsstof Anbefalinger 2012 (NNR 2012) findes dog anbefalinger om øget proteinindtag til ældre (15-20 % i stedet for 10-20 %), ligesom en række videnskabelige grupper er kommet frem til nedenstående anbefalinger for øget proteinindtag hos raske ældre (Tabel 3).

I 2016 blev NNR 2012 fulgt op af Fødevarestyrelsen med officielle supplerende kostråd for ældre over 65 år. Rådene er baseret på modelberegninger af en dagskost på 9 MJ. Det anbefales at de ældre indtager mere protein og mindre kulhydrat og fedt. Kosten skal med andre ord være mere næringstæt for at opnå et tilstrækkeligt næringsstofindhold for den ældre del af befolkningen (19).

| **Anbefalinger for proteinindtag i ældre** | |
|---|---|
| Forebyggelse af underernæring eller sarcopeni | |
| Anbefaling | Reference |
| 1,0-1,2 g/kg/dag for ældre generelt<br>1,2-1,5 g/kg/dag for ældre med akut eller kronisk sygdom | (20) |
| 1,0-1,5 g/kg/dag for at forebygge sarcopeni | (21) |
| 15-20 % af energiindtaget skal stamme fra proteiner generelt | (22) |
| 0,4 g/kg/*måltid* | (5) |

**Tabel 3:** *Oversigt over anbefalinger for proteinindtag for ældre.*

#### Underernæring eller sarcopeni? – to sider af samme sag

Alderdomssvækkelse hos i øvrigt raske ældre forårsages af underernæring og tab af muskelmasse og -funktion, også kaldet sarcopeni. Underernæring er typisk defineret ved en differentialdiagnose, der inkluderer lav vægt (BMI under 18,5), nylig vægttab, manglende fødeindtag og/eller akut sygdom. Behandling fokuserer på vægt og fødeindtag.

Når man kigger på sammenhængen imellem BMI og dødelighed for ældre ser man typisk en U-formet kurve, hvor både meget lave og meget høje BMI værdier er forbundet med højere mortalitet end BMI-værdier i midten. Flere studier har vist, at den øgede mortalitet forbundet med lave BMI-værdier kan forklares ved den lavere muskelmasse, der følger med lavt BMI, mens mortaliteten forbundet med højt BMI kan forklares ved en højere fedtmasse (23, 24).

Det er ikke tilstrækkeligt at se på BMI og vægtændring alene for at kunne identificere underernæring. Man vil overse de tilfælde, der har højt BMI med høj fedtmasse og samtidig lav muskelmasse, hvilket i øvrigt også er et klinisk problem. Ser man på lav vægt og nyligt vægttab, vil man identificere de meget gamle og syge (25).

Generelle proteinanbefalinger til raske ældre skulle gerne forebygge vægttab, tab af muskelmasse og deraf følgende sarcopeni.

Før 2016 har der ikke været en entydig klinisk definition af sarcopeni. Først i 2016 fik sarcopeni sin egen International Classification of Diseases (ICD) og tilhørende diagnosekriterier. Det er en udfordring, at måle muskelmasse og – funktion, hvorfor der er behov for en differentialdiagnose, hvor man skal give point for, hvor svært den enkelte har ved at gennemføre en række fysiske dagligdagssituationer, blandt andet gå op ad trapper, løfte en vægt på 5 kg, gå 5 m og rejse sig fra en stol (26).

## Underernæring

Forekomsten af underernæring blandt raske voksne i Danmark er meget lav, men det er et erkendt problem, man ser med tiltagende frekvens blandt ældre og indlagte (Tabel 4). Det vurderes, at op mod 20 % af alle ældre, der bor på plejehjem eller modtager hjemmehjælp, kan være underernærede (27). Dette er et problem, der må forventes at tage til sammen med stigningen i gennemsnitsalder og antallet af personer over 70 år. Der er altså tale om en potentielt meget stor gruppe af ældre og patienter i behandling.

| **Forekomst af risiko for underernæring** | |
|---|---|
| Forekomst (%) | Gruppe |
| 5 | Alle |
| 10 | Alle over 65 år |
| 15 | hjemmeboende over 75 år |
| 40 | alle patienter |
| 60 | ældre på plejehjem |

**Tabel 4:** *Oversigt over risiko for underernæring i forskellige befolkningsgrupper i Danmark. Reproduceret fra (27)*

I Sundhedsstyrelsens vejledning til kliniske diætister om behandling af underernæring indgår en nøgle for energi- og proteinindtag, for henholdsvis vægtvedligehold og vægtøgning, fordelt på kropsvægt i 10-kgs spring (28). Disse anbefalinger er på cirka 1,1-1,2 g protein/kg/dag i en kost indeholdende 1,0-1,2 MJ per dag.

## Sarcopeni - tab af muskelmasse og -funktion

Bortset fra træningseffekter, taber vi mennesker op til 0,5 % om året af vores styrke og muskelmasse fra den topper i 20'erne og frem til 50'erne. Herefter accelererer hastigheden af tabet op til 1-2 % om året. Ved kritisk og kronisk sygdom kan man se accelererede tab, der særligt for ældre har vist sig svære at indhente senere (29).

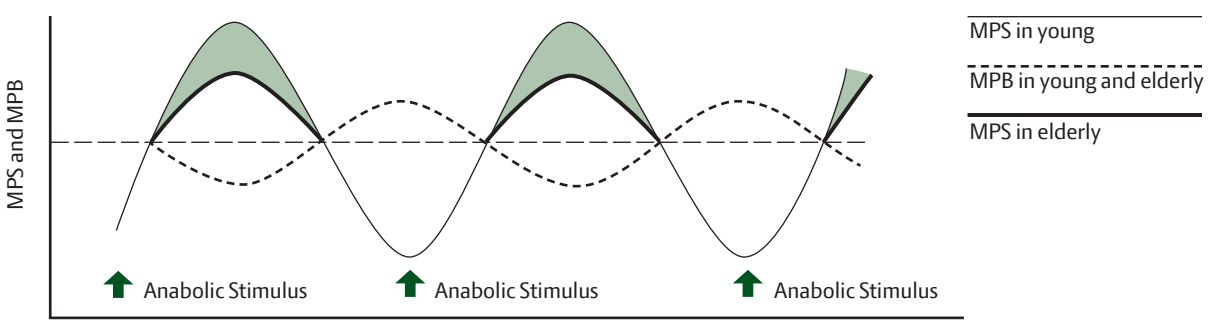
Forekomsten af sarcopeni i Danmark er mindre belyst end forekomsten af underernæring. To forskellige studier har vist forekomster på 4,8-8,5 % blandt raske 60-74-årige mænd og 12,3-40,2 % i 70-årige kvinder, dog målt med forskellige metoder (30, 31). Tilsvarende studier fra vores nabolande viser tal i samme størrelsesorden og med stigende forekomst med alderen.

Tab af muskelmasse og muskelfunktion er en væsentlig komplikation til livet som ældre eller sygdomsramt. Lav fedtfri masse og særligt muskelmasse, eller tab deraf, er stærke prædiktorer for funktionstab, forlænget indlæggelsestid, co-morbiditeter ved indlæggelse og ultimativt død. Det er ikke klart i hvilket omfang, at denne sammenhæng er kausal, altså om en højere muskelmasse direkte giver en større modstandskraft mod sygdom og skade, eller om der er fælles betingende forhold, der både påvirker muskelmassen og modstandskraften (32, 33).

Såfremt det akkumulerede muskeltab når en given tærskelværdi, fører det til en egentlig svækkelse og giver symptomer i kraft af at fysiske handlinger bliver sværere eller umulige at udføre, og her kan man på et tidspunkt begynde at tale om, at tilstanden sarcopeni udvikles. Om man når under denne tærskelværdi af muskelfunktion, er betinget af hastigheden af tabet af muskler og muskelstyrke gennem livet, samt fra hvilke niveauer dette er sket.

## "Anabolic resistance"

Normalt stiger proteinsyntesen i musklerne efter et blandet[3] måltid. Dette er i særlig grad betinget af indholdet af leucin i måltidet, da leucin kan tænde proteinsyntesen i kroppens celler, såfremt der er tilstrækkelige mængder af de øvrige aminosyrer. Således er man hen over et døgn skiftevis i positiv og negativ kvælstofbalance (svarende til skiftevis vævsopbyggende og vævsnedbrydende), når proteinsyntesen henholdsvis stiger efter et måltid og falder igen lidt senere.




**Figur 2:** *Visualisering af "Anabolic resistance". Afbildning af udsving i proteinsyntese (hele linjer – MPS: Metabolic Protein Synthesis) og proteinnedbrydning (stiplede linjer – MPB: Metabolic Protein Breakdown) i yngre og ældre. Figuren viser hvordan proteinsyntesen og -nedbrydningen skiftes til at være størst, samt hvordan ældre mister evnen til at opregulere proteinsyntesen ved anabole stimuli, hvilket fører til, at man ikke kan indhente det tabte protein fra underskudsperioderne. Figuren er reproduceret fra (34)*

[3] *Et måltid der består af protein, fedt og kulhydrat.*

Når snigende defekter i kroppens kontrolsystemer forårsager "anabole resistance", betyder det at kroppens evne til at tænde for proteinsyntesen i musklerne efter et leucinsignal bliver dårligere. Det betyder så igen, at de skiftende perioder mellem positiv og negativ kvælstofbalance bliver domineret af negativ, hvilket så igen fører til et nettotab af kvælstof, fedtfri masse og muskler (35–37). Hvor man, som tidligere beskrevet, har vist at for unge mænd er 0,24 g højkvalitetsprotein/kg tilstrækkeligt til at få en optimal stimulering af proteinsyntesen i et enkelt måltid, skal der for ældre 0,4 g (højkvalitets) protein/kg til (5). Forskningen har således afdækket, at der skal en større mængde både protein og leucin til at maximere proteinsyntesen hos ældre, samt at et højere proteinindtag er forbundet med langsommere tab af muskelfunktion og -masse (5, 38, 39).

## 1.2.2 - Trænende

Det er veldokumenteret, at kroppens proteinbehov øges i forbindelse med fysisk aktivitet. Det er vigtigt for såvel optimal akut præstationsevne som for tilpasninger til træningen i et længere tidsperspektiv. Der findes i den videnskabelige litteratur mange undersøgelser, hvor man har forsøgt at fastlægge disse behov (Tabel 5). Helt overordnet tager disse estimater dog ikke højde for proteinkvalitet, og på trods af potentiel betydning af højere eller lavere proteinkvalitet for proteinbehov, så er det ikke undersøgt i litteraturen. En ny oversigtsartikel diskuterer denne problemstilling og den litteratur der findes omkring det (8).

| **Anbefalinger for proteinindtag for trænende** | |
|---|---|
| Udholdenhedstræning | |
| Anbefaling | Reference |
| 1,2-2,0 g/kg/dag<br>-primært "højkvalitets" protein<br>-spredt over dagens måltider<br>-måske mere i energiunderskud | (40) |
| 1,4-2,0 g/kg/dag<br>-udholdenhedsatleter skal være i den nedre ende af dette interval | (41) |
| 1,0-1,6 g/kg/dag | (42) |
| Styrketræning | |
| Anbefaling | Reference |
| 1,6-2,0 g/kg/dag | (40) |
| 1,4-2,0 g/kg/dag<br>-styrkeatleter skal være i den øvre ende af dette interval | (41) |

**Tabel 5:** *Oversigt over nogle forskningsgruppers anbefalinger for proteinindtag i forbindelse med træning.*

## Øget proteinbehov i forbindelse med udholdenhedsidræt

Ved udholdenhedssport som langdistance løb eller cykling, hårdt fysisk arbejde eller intense træningsperioder med adskillige træningspas om dagen, ses typisk ret store energiforbrug. Muskler kan oxidere de seks aminosyrer leucin, isoleucin, valin, asparagin, aspartat og glutaminsyre til energi, og under store energiforbrug drænes disse aminosyrer væk fra proteinsyntese i musklerne såvel som fra andre væv. Dermed oplever vævene i praksis mindre aminosyretilgængelighed, hvilket let kan føre til vævsnedbrydning.

International Society of Sports Nutrition (ISSN) anbefaler således 1,0-1,6 g/kg/dag i deres seneste standpunkt for proteinindtag i forbindelse med kredsløbstræning (41), hvor det specifikke indtag skaleres med energiforbruget, så den øvre ende er reserveret til atleter med meget store udholdenhedstræningsbyrder.

Der er lavet adskillige studier med proteintilskud i forbindelse med udholdenhedssport, men i skrivende stund endnu ingen med supplerende protein fra kødprodukter.

## Serotoninhypotesen ved udholdenhedssport

Et andet aspekt ved protein og aminosyreernæring, der er relevant ved udholdenhedstræning, er at indtaget af protein og særligt bestemte aminosyrer kan modvirke træthedsudvikling og derigennem præstationsevne ved langvarig udholdenhedsidræt via en proces kaldet "serotonin-hypotesen" (43, 44).

I centralnervesystemet findes der mange systemer der bidrager til træthedsudvikling. Et af disse systemer er knyttet til mængden af serotonin i bestemte dele af hjernen, hvor højere niveauer af serotonin er knyttet til øget træthedsoplevelse.

Aminosyren tryptofan omdannes til Serotonin i hjernen. Det meste tryptofan optages via en gruppe kanaler, der transporterer aminosyrer med store eller neutralt ladede sidekæder (Large neutral amino acids (LNAA)) ind i hjernen. Optagelsen af disse aminosyrer sker gensidigt kompetitivt, så når mængden af en aminosyre i blodet øges, øges optaget af den på bekostning af de andre (Tabel 6).

| Aminosyrer relevante i serotonin hypotesen | | | |
|---|---|---|---|
| Store, neutrale aminosyrer | Leucin | | Aminosyrer med forgrenede sidekæder (BCAA) |
| | Isoleucin | | |
| | Valin | | |
| | Tryptophan | Omdannes til serotonin | Aromatiske aminosyrer |
| | Phenylalanin | | |
| | Tyrosin | Omdannes til dopamin | |

**Tabel 6:** *Oversigt over aminosyrer involveret i Serotonin hypotesen, navnlig Store neutral aminosyrer (Large Neutral Amino Acids, LNAA), Aromatiske aminosyrer (Aromatic Amino Aicds, AAA) og aminosyrer med forgrenede sidekæder (Branch-Chain Amino Acids, BCAA).*

Eftersom aminosyrer med forgrenede sidekæder (Branched Chain Amino Acids, BCAA) lettere lader sig forbrænde som energi end andre aminosyrer, ser man under langvarig udholdenhedsidræt at niveauerne af disse aminosyrer i blodet udtæres. Konsekvensen heraf er øget optagelse af tryptofan i hjernen, og potentielt øget dannelse serotonin, som kan bidrage til serotonin-medieret træthed. Dette kan potentielt modvirkes ved at supplere med aminosyrerne fra BCAA-gruppen samt phenylalanin og tyrosin, da man derved kan udkonkurrere optagelsen af tryptofan og den sekundære dannelse af serotonin.

Flere studier har vist at denne form for supplering modvirker udtæringen af aminosyreniveauerne i plasma, og at det påvirker mængden af serotonin i centralnervesystemet. I yderste instans virker det præstationsfremmende ved langvarig udholdenhedsidræt (43, 45, 46).

## Øget proteinbehov i forbindelse med styrketræning og kraftsport

Under styrketræning og kraftsport er forudsætningen for det øgede proteinoptag primært genopbygning af muskulaturen, som ultimativt fører til akkumulering af muskel- og bindevæv (fedtfri masse) i de trænede strukturer. Efter påført træningsstimulus er både proteinsyntesen og proteinnedbrydningen forøget i op til 48 timer. Ved tilstedeværelse af tilstrækkelige mængder aminosyrer i blodbanen, vil proteinsyntesen stige mere end nedbrydningen, hvilket fører til en positiv kvælstofbalance i muskel- og bindevæv, hvilket så igen over tid resulterer i tilvækst af fedtfri masse.

Der er således evidens på meta-analyse niveau for, at et forøget proteinindtag fra kosten eller i form af supplerende proteinprodukter er forbundet med bedre tilpasning til styrketræning (47), og ISSN anbefaler i deres standpunktsartikel et proteinindtag på 1,2-2,0 g/kg/dag for personer der styrketræner (41). Det påpeges desuden i begge oversigtsartikler, at man bør tilstræbe at opnå denne proteinmængde med protein af høj kvalitet, med særligt fokus på et højt indhold af leucin (7).

## 1.2.3 - Vægttab og vægtkontrol

### Energiunderskud er en forudsætning for vægttab

Vægttab fordrer energiunderskud på helkropsniveau eller, at konkurrencen om næringsstoffer i blodbanen på anden måde intensiveres (på grund af øget forbrug i andre væv). Dette kan opnås ved at sænke energiindtaget, eller at øge mængden af energi der bruges på arbejde (typisk kredsløbstræning) eller ombygning i kroppen (styrketræning).

| **Anbefalinger for proteinindtag i forbindelse med vægttab og/eller vægtkontrol** | |
|---|---|
| Udholdenhedstræning | |
| Anbefaling | Reference |
| 1,2-1,6 g/kg/dag<br>-muligvis sigte efter maksimering af antallet af måltider med 25-30 g protein | (48) |
| >25 % af energiindtaget fra protein<br>-specifikt for ældre, der skal tabe sig | (49) |
| >1,2 g/kg/dag | (50) |

**Tabel 7:** *Oversigt over anbefalinger for proteinindtag i forbindelse med vægttab eller vægtkontrol.*

Normalt vil denne øgede konkurrence om næringsstoffer også medføre øget konkurrence om aminosyrer, hvilket vil føre til tab af fedtfri masse, særligt muskelmasse. I forbindelse med vægttabsstudier uden samtidig træning eller protein- og ernæringsintervention ses 25-50 % af vægttabet stammer fra fedtfri masse (51).

En lang række studier har dokumenteret, at et højere proteinindtag i energiunderskud sparer kroppen for en del af dette tab. Størrelsesordenen af anbefalingerne rangerer fra 1,3-3,1 g/kg/dag, og der findes desværre endnu ikke anbefalinger fra de større ernæringsvidenskabelige selskaber (52–54), men der foreligger anbefalinger fra flere forskergrupper, hvoraf nogle er listet i tabel 7.

Derudover kan et højere proteinindtag principielt bidrage til vægttab eller vægtkontrol gennem andre mekanismer, navnligt deres mæthedsindex og effekt på måltidsinduceret termogenese (dækket i dybden under afsnit 3.4)

# 1.3 - Betydning af proteinkvalitet

### Ernæringsmæssig kvalitet

Der er forskel på den ernæringsmæssige proteinkvalitet imellem forskellige proteinkilder. Den ernæringsmæssige proteinkvalitet forstås, som hvor let kroppen har ved at bruge en given proteinkilde til at bygge nye proteiner. I denne henseende ses forbrænding af aminosyrer til energi som spild. Aminosyreprofilen er afgørende for bestemmelse af den ernæringsmæssige kvalitet af

et givent protein, herunder indholdet af de essentielle aminosyrer og dets fordøjelighed, altså hvor stor en del af aminosyrerne, der er tilgængelig for kroppen, efter man har indtaget proteinet.

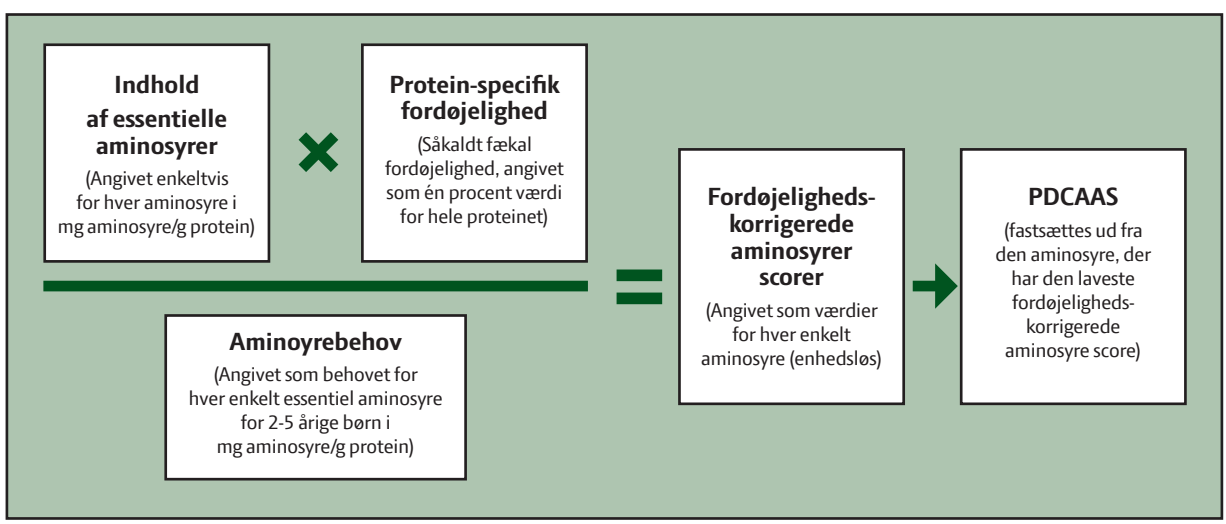
## Definitioner

Historisk har man brugt flere forskellige værktøjer til angivelse af proteinkvalitet. I litteraturen for human ernæring og husdyrvidenskab finder man en række udtryk, der skal beskrive proteinkvalitet, herunder Biological Value (BV), Protein Efficiency Ratio (PER), Net Protein Utilization (NPU), Protein Digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) og Digestable Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) (1, 55).

## PDCAAS

BV, PER og NPU er alle eksperimentelt bestemte, og baseret på kvælstofbalance ved indtag af en enkelt type fødeemne (målt over flere døgn), hvilket dels gør det svært at måle hos mennesker, og dels ikke tager hensyn til, at proteinkilder kan supplere hinanden. I forbindelse med human ernæring har WHO og deres fødevarefaglige organ, Food and Agriculture Organization (FAO), i 1993 rådet til, at bruge PDCAAS fremfor de gamle mål, da de vurderedes at være upræcise og utilstrækkelige, en anbefaling, som EU's fødevarefaglige organ European Food Safety Authority (EFSA) bakkede op om. Således har PDCAAS domineret litteraturen i over 20 år.

I PDCAAS sammenholder man indholdet af hver enkelt essentielle aminosyre med et af WHO definerede minimumskrav (56), justeret for fordøjelighed, og lader den aminosyre med den mindste forekomst relativt til minimumskravet definere PDCAAS dog med en score, der er begrænset til 1,00, så selv hvis den begrænsende aminosyre er til stede i mængder større end minimumskravet, forbliver scoren 1,00 (Figur 3) (57).



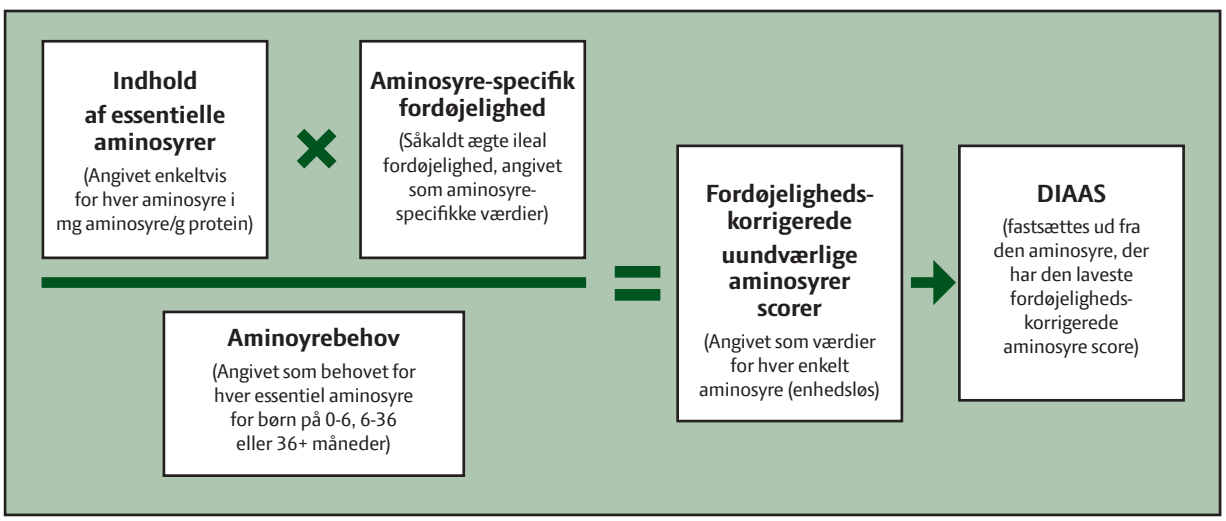

**Figur 3:** *Oversigt over beregningen af PDCAAS score.*

PDCAAS værktøjet var dog genstand for tiltagende kritik, særligt på grund af begrænsningen af scoren til 1,00, da det ikke tillader separation imellem proteinkilder i den bedre ende af kvalitetsskalaen. Et andet kritikpunkt var, at man brugte fækal fordøjelighed.

## DIAAS

FAO har i deres seneste standpunktsrapport anbefalet at bruge Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) i stedet for PDCAAS (55). DIAAS minder om PDCAAS, men DIAAS beregnes på aminosyrernes individuelle fordøjeligheder defineret ved den eksperimentelt bestemte "ægte" ileale[4] fordøjelighed. Derudover er scoren ikke begrænset til 1,00, og desuden bruger man de aldersbaserede aminosyrebehov for aldersgrupperne 0-6 mdr., 6-36 mdr. og over 36 mdr. Samlet set medfører disse ændringer, at man kan adskille proteinkilder, som før scorede 1,00 i PDCAAS. Det er særligt aktuelt for animalske proteinkilder, som overordnet set er af en høj ernæringsmæssig kvalitet (58).

I DIAAS bruger man som sagt den ægte ileale fordøjelighed, som er en aminosyrespecifik værdi, der bestemmes eksperimentelt i studier med grise eller mennesker. Disse fordøjelighedsscorer er i skrivende stund kun sporadisk tilgængelige med få referencepunkter for animalske proteiner i naturlig eller forarbejdet form. I FAO's primære opslagsreference for fordøjelighed til DIAAS beregning fremgår således ikke fordøjeligheder for mælk, æg eller kød og ingen af disse er direkte tilgængelige via den videnskabelige litteratur. Der findes dog DIAAS værdier for oksekød fra ikke-fagfællebedømte publikationer fx konference præsentationer (59).




**Figur 4:** Oversigt over beregningen af DIAAS.

## Implikationer af DIAAS og PDCAAS

DIAAS og PDCAAS har den fordel i forhold til de tidligere scorer, at man kan bestemme dem teoretisk givet, at man har nogle oplysninger om aminosyreindhold og fordøjelighed om en given proteinkilde.
Eftersom disse scorer afledes af mængden af den begrænsende aminosyre i forhold til behovet for den aktuelle aminosyre, er det tydeligt at proteinkilder kan supplere hinanden. To forskellige proteinkilder som hver mangler forskellige essentielle aminosyrer helt, og derfor har PDCAAS og DIAAS værdier på 0, kan sammen give en høj score. Et oplagt eksempel på dette er korn og gryn,

[4] *"Ileal" er adjektiv vedrørende ileum, den sidste del af tyndtarmen. Ileal fordøjelighed er fordøjeligheden målt dette sted i tarmen. Dette er i modsætning til den fækale fordøjelighed der bruges i PDCAAS. Den ileale fordøjelighed vurderes at være mere præcis og mere relevant for mennesker.*

der generelt set har et meget lavt indhold af lysin, mens bælgfrugter mangler methionin, cystein og tryptofan. Disse fødevaregrupper supplerer dermed hinandens mangler, og resulterer i en højere proteinkvalitet blandet end hver for sig.

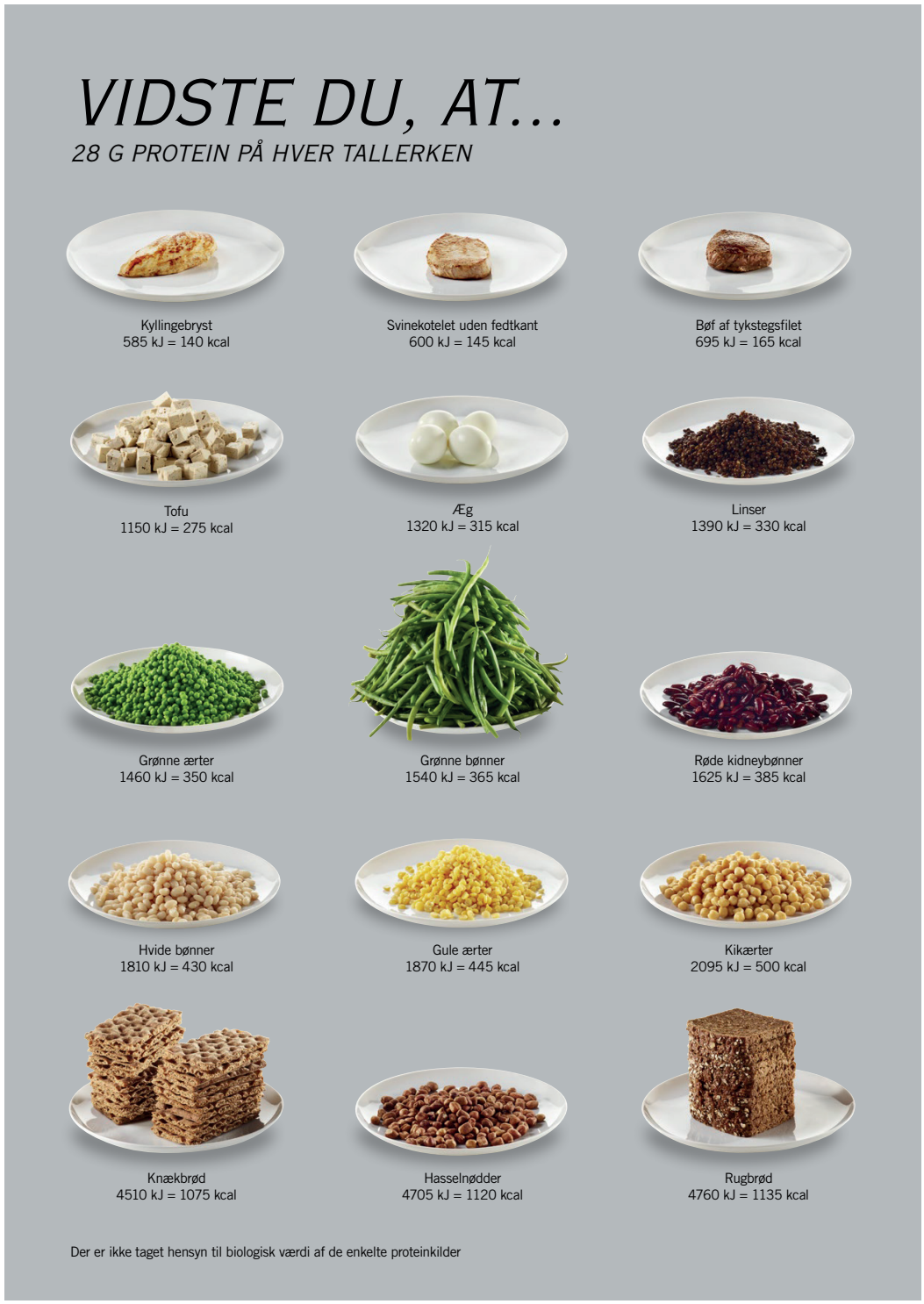
DIAAS har altså højere teknisk validitet som metode til at bestemme forskellige proteinkilders indbyrdes kvalitet. Ud fra PDCAAS ser soya og valleprotein sammenlignelige ud, mens DIAAS tydeligt viser en forskel, se tabel 8. En forskel som man også finder i praktiske studier, hvor man sammenligner proteinprodukter som fx valle og soya, hvor der altså *er* praktisk forskel på resultaterne (60).

| **Proteinkvaliteten af almindelige proteinkilder** | | | |
|---|---|---|---|
| Proteinkilde | DIAAS | PDCAAS | Reference |
| Mælkeprotein-koncentrat | 1,31 | 1,00 | (59) |
| Mælkeproteinpulver | 1,18 | 1,00 | (62) |
| Valleprotein-isolat | 1,09 | 1,00 | (62) |
| | 1,25 | 1,00 | (59) |
| Oksekød | 1,00-1,10 | 0,92 | (59, 61) |
| Valleprotein-koncentrat | 0,97 | 1,00 | (62) |
| | 1,10 | 1,00 | (59) |
| Sojaprotein-isolat | 0,91 | 1,00 | (62) |
| | 1,00 | 1,00 | (59) |
| Sojaprotein-koncentrat | 0,90 | 0,98 | (62) |
| Ærteprotein-koncentrat | 0,82 | 0,89 | (62) |
| Kogt ris | 0,60 | 0,62 | (62) |
| Kogte kidneybønner | 0,59 | 0,65 | (62) |
| Kogte ærter | 0,58 | 0,60 | (62) |
| Kogte havregryn | 0,54 | 0,67 | (62) |
| Ristede jordnødder | 0,43 | 0,51 | (62) |
| Hvedeklid | 0,41 | 0,53 | (62) |
| Risprotein-koncentrat | 0,37 | 0,42 | (62) |
| Corn flakes | 0,01 | 0,08 | (62) |

**Tabel 8:** *Oversigt over PDCAAS og DIAAS for almindelige proteinkilder.*

## Proteinkvalitet og proteinindtag anbefalinger

Der er altså udtalte forskelle på kvaliteten af forskellige proteinkilder. Animalske proteiner fra kød, æg og mælk sikrer et højere indtag af essentielle aminosyrer end en plantebaseret kost med samme samlede proteinindtag.




**Figur 5:** *Visualisering af 28 gram protein i forskellige fødevarer. Der er ikke taget højde for biotilgængelighed i de enkelte fødevarer.*

De eksisterende anbefalinger for proteinindtag er baseret på antagelser om en form for gennemsnitlig proteinkvalitet. Hvis et individ indtager protein med en lavere proteinkvalitet, er det sandsynligt, at vedkommende vil have brug for en højere samlet proteinmængde for at få dækket proteinbehovet. Det er dog ikke undersøgt i praksis, hvor stort dette problem er i virkeligheden. Dette er særligt relevant at få klarlagt yderligere i befolkningsgrupper, hvor man forventer, at der i forvejen kan være utilstrækkeligt indtag, fx ældre.

## 1.4 - Sammenfatning

- WHO, FAO og EFSA har lavet anbefalinger der dækker minimumsindtagene for protein på 0,83 g/kg/dag.
- Det kan ikke sandsynliggøres ud fra den videnskabelige litteratur at proteinindtag på op til 3 gange det anbefalede daglige minimumsindtag (2,5 g/kg/dag) er sundhedsskadeligt for raske mennesker.
- Danskernes median proteinindtag ligger på 1,1-1,2 g/kg/dag, og er dermed over det anbefalede minimumsindtag.
- Der findes en række særlige omstændigheder under hvilke højere proteinindtag kan retfærdiggøres:
    - *Vægttab.* Højere proteinindtag beskytter mod muskeltab under vægttab og virker mættende (op til 2,3 g/kg/dag).
    - Ældre og småtspisende. Hos ældre og småtspisende reagerer kroppen ikke lige så let på protein som hos yngre voksne. Selvom der ikke foreligger konkrete anbefalinger endnu, er der enighed om, at ældre med stor sandsynlighed skal have mere protein end yngre voksne.
    - *Træning.* Både styrketræning og store mængder kredsløbstræning kan øge proteinbehovet i en grad, hvor den normale kost viser sig at være utilstrækkelig (1,0-1,6 g/kg/dag for kredsløbstræning og 1,2-2,0 g/kg/dag for styrketræningen).
- De aktuelle anbefalinger for proteinindtag tager ikke direkte højde for proteinkvalitet, bortset fra anbefaling om varieret indtag i og mellem fødevaregrupper. Det er et oplagt mål for fremtidig forskning at få afklaret, hvorvidt proteinkvaliteten i kosten påvirker proteinoptag.

# Hvilke former proteiner fra kød og animalske co-produkter er relevante?

I praksis består alt animalsk væv af collagenøst bindevæv, i hvilket der er indlejret celler med specialfunktioner relateret til de væv, de udgør, fx muskelfibre, hepatocytter eller adipocytter/fedtceller. Forholdet mellem mængden af bindevæv og specialiserede celletyper varierer fra væv til væv, og kan også variere med individ, køn, alder, sygdom eller andre stimuli. Hvor bindevævet har en forholdsvis homogen aminosyresammensætning har de specialiserede celler forskelligartede aminosyreprofiler. De collagenøse bindevæv har generelt en aminosyreprofil, der er præget af et meget højt indhold af aminosyrerne glycin og prolin, men lave indhold af de resterende essentielle aminosyrer, hvilket resulterer i en lav ernæringsmæssig kvalitet, lav DIAAS, som selvstændig proteinkilde.

Muskelceller indeholder derimod større mængder af de essentielle aminosyrer og specielt af leucin. Proteiner fra kød er således komplette.

## 2.1 - Deklaration og anprisninger

Fra producentens perspektiv er det interessant, hvordan man kan differentiere sit produkt fra andres, og fra forbrugerens perspektiv er det interessant, hvordan man finder oplysninger om produktet. Begge dele er reguleret ifølge EU-forordninger.

### Anprisninger

Antallet af godkendte anprisninger for fødevarer i EU er ret begrænsede. EFSA vurderer og godkender eller afviser kvalitative anprisninger vedrørende fødevarers indhold med relation til ernæring generelt (ernæringsanprisninger/nutrition claims) og anprisninger med relation til sundhed (sundhedsanprisninger/health claims). EFSA har godkendt tre ernæringsanprisninger og fire sundhedsanprisninger for så vidt angår protein i kød (tabel 9).

Det er værd at bemærke, at der ikke er godkendt anprisninger vedrørende proteinkvalitet på trods af, at der allerede eksisterer beregningsmetoder til det i form af PDCAAS og DIAAS, der begge er anbefalet af WHO/FAO.

| **Anprisninger med relation til kød- eller proteinindtag** | |
|---|---|
| Ernæringsanprisninger | |
| Anprisning | Beskrivelse |
| PROTEINKILDE | Mindst 12 % af fødevarens energiindhold skal stamme fra protein. |
| HØJT INDHOLD AF PROTEIN | Mindst 20 % af fødevarens energiindhold skal stamme fra protein. |
| FORØGET INDHOLD AF PROTEIN | Produktet skal som minimum overholde kravene til "proteinkilde", og derudover skal produktets indhold af protein være mindst 30 % højere end lignende produkter på markedet. |
| Sundhedsanprisninger | |
| Anprisning | Beskrivelse |
| Protein bidrager til øget muskelmasse | Denne anprisning må kun bruges for fødevarer der som minimum har et proteinindhold tilstrækkeligt til at møde kravene til PROTEINKILDE anprisningen. |
| Protein bidrager til at vedligeholde muskelmasse | Denne anprisning må kun bruges for fødevarer der som minimum har et proteinindhold tilstrækkeligt til at møde kravene til PROTEINKILDE anprisningen. |
| Protein bidrager til at vedligeholde normale knogler | Denne anprisning må kun bruges for fødevarer der som minimum har et proteinindhold tilstrækkeligt til at møde kravene til PROTEINKILDE anprisningen. |
| Protein er nødvendigt for barnets normale vækst og knogleudvikling. | Denne anprisning må kun bruges for fødevarer der som minimum har et proteinindhold tilstrækkeligt til at møde kravene til PROTEINKILDE anprisningen. |

**Tabel 9:** *Oversigt over eksisterende ernærings- og sundhedsanprisninger der vedrører proteinindhold.*

## Hvad kan man kalde "kød" og "beef protein"

Forholdene om anprisning kompliceres yderligere inden for gruppen af oprensede kødproteinprodukter, da disse kan findes deklareret under relativt uspecifikke navne såsom "beef protein" eller "beef protein hydrolysate". Dette kan være en kilde til forvirring, da "beef" i praksis henviser til "noget fra kalv/ko" og ikke muskelvæv som sådan. I oversættelse af "beef", kan det på de fleste sprog både blive til "kød" og "noget fra kalv eller ko". Det er af ernæringsmæssig relevans, fordi producenter undertiden deklarerer proteiner af collagen oprindelse som "beef protein" med en tvetydighed, der kan forlede forbrugere til at tro, at det modsatte er tilfældet. Meget tyder på at denne vildledning, tilsigtet eller ej, finder sted i udpræget grad.

**Figur 6:** *Figuren viser et kommercielt tilgængeligt produkt, der er deklareret som "beef protein". Deklarationen viser tydeligt en aminosyreprofil med meget højt indhold af glycin, prolin og hydroxyprolin og meget lavt indhold af tryptofan, hvilket fortæller at produktet er lavet af collagen og dermed ikke af muskel, men af collagenøst væv som hud/svær eller sener.*

Søger man på "beef protein" kosttilskud vil man for det første se, at de færreste producenter deklarerer aminosyreindholdet. Hos de få, der angiver det, afsløres proteinets oprindelse. Et produkt med en aminosyreprofil hvor glycin, prolin og eventuelt hydroxyprolin er de mest forekommende aminosyrer (evt. sammen med glutamin), mens tryptofan stort set er fraværende (se figur 6) er konsistent med væv med meget stort collagenindhold. Det betyder i praksis, at produktet er et hydrolysat fra hud/svær, sener eller brusk, hvilket resulterer i en væsentlig ringere ernæringsmæssig kvalitet end muskelvæv (63).

Dette er tilfældet både for sportsprodukter og proteintilskud til ældre og småtspisende. Særligt for de ældre og småtspisende kan dette være problematisk, såfremt man for grupper med et reelt klinisk betinget behov for proteintilskud, fejlagtigt tror sig dækket helt ind ved brug af protein-produkter baseret på hud/svær, sener eller brusk, som er af en absolut underlegen kvalitet i forhold til proteiner fra muskelvæv.

### Proteinkvalitet et deklarationsmæssigt tomrum i fødevaresammenhæng

Der findes ikke kvalitative anprisninger, der fortæller noget om proteinkvalitet, hvilket i praksis gør det svært for forbrugere og ernærings- og sundhedsprofessionelle at gennemskue, hvilke proteinkilder, der har en høj proteinkvalitet. Det kan i praksis vise sig at være et problem for de forbrugere, der har reelle behov for øget proteinindtag, særligt visse patientgrupper og ældre, da deres øgede behov ikke vil kunne dækkes af proteinkilder med ufuldstændig ernæringsmæssig kvalitet.

## 2.2 – Forskellige typer af animalsk protein

Der findes ernæringsmæssigt relevante proteiner i stort set samtlige dele af kroppen fra varmblodede dyr. På tværs af kostkulturer har de fleste væv også fundet frem til spisebordet i den ene eller anden udformning. I praksis udnyttes alle væv fra okse og gris i vestlig industriel slagtning i en eller anden form, enten som fødevare eller i industriel produktion.

### Skeletmuskler og hjerte

Størstedelen af det kød, der indtages på verdensplan, stammer fra de konventionelle udskæringer. De specifikke udskæringer varierer fra dyr til dyr og fra land til land, men generelt set dækker de konventionelle udskæringer alle de store skeletmuskler. Pattedyr har generelt 5-700 muskler, hvoraf de fleste er små muskler. De fleste af de små muskler havner ikke i konventionelle udskæringer, men i co-produktudnyttelse som dyrefoder eller andet (64).
Muskelvæv er karakteriseret ved et højt proteinindhold (15-22 %) og et fedtindhold, der varierer stærkt fra udskæring til udskæring (1-30 %). De kontraktile proteiner fra muskelfibrene har en favorabel aminosyreprofil, som samlet set bidrager til, at muskelvæv overordnet set har en af de bedste ernæringsmæssige proteinkvaliteter på tværs af kødprodukter.

### Bindevæv (som sener, ligamenter og brusk)

Bindevævene er ernæringsmæssigt karakteriseret ved at have et lavt fedtindhold (0,5 %), men et højt proteinindhold (30-35 %). Proteinerne deri er af ringe ernæringsmæssig kvalitet, da de har meget lavt indhold af essentielle aminosyrer og særligt af den essentielle aminosyre tryptofan, mens indholdet af de ikke essentielle aminosyrer glycin og prolin typisk er meget højt. Bindevæv knuses ofte og bruges traditionelt som industrielle co-produkter (64).

### Knogle

Knogler forarbejdes generelt set med henblik på produktion af dyrefoder ("bone meal" eller til produktion af gelatine (hydrolyseret collagen).

### Blod

Blod bruges både direkte i fødevarer til mennesker og dyr, og fraktioner af blod bruges også industrielt i fødevarer som emulgator, klaringsmiddel, fødevarestabilisator og farvestof. Som fødevareadditiv er det oftest den klare plasmafraktion, der er af interesse, da den er farveløs

og har den stærkeste evne til at binde vand og danne geler (65). Ydermere kan man oprense transglutaminase fra blod, som bruges i kødforarbejdning. Ligesom i protein fra muskler er der et højt indhold af essentielle aminosyrer i plasmaprotein.

### Huder/svær

Huder og svær bruges enten til produktion af læder og pels eller forarbejdes med henblik på gelatineproduktion (65). Ligesom gelatine fra knogler anvendes det til konsistensregulering i madlavning, men har en relativ begrænset ernæringsmæssig profil som proteintilskud, da det er afledt af collagener.

### Fedt

Overskydende fedt, der ikke bruges til konsum, hydrolyseres til fedtsyrer og glycerin, som bruges industrielt i mange sammenhænge, samt til opvarmning og produktion af biodiesel.

Samlet set har man i vestlig industriel slagteriproduktion en meget høj udnyttelsesgrad af slagtekroppene, omkring 96 % for grise og 73 % for kvæg (65). Yderligere udnyttelsesmuligheder ligger derfor i en opkvalificering af eksisterende produkter fx ved at lave proteinhydrolysater med højt fordøjeligt indhold af essentielle aminosyrer, der som fuldt opløselige og varmestabile proteiningredienser nemt og fleksibelt kan adderes som proteinberigelse i diverse fødevarer og kosttilskud.

## 2.2.2 - Protein-homogenater

Protein homogenater er protein bragt i opløsning eller opslemning, typisk efter vævet er findelt ved hakning eller knusning. Strukturelle proteiner fra væv, fx collagenøse bindevævsproteiner, samt kontraktile proteiner fra muskelceller, har generelt meget ringe opløselighed, mens proteiner fra cellernes indre (e.g. hæmoglobin), eller blodet (e.g. albumin eller myoglobin) har højere opløselighed. Protein-homogenater er normalt nødvendige mellemtrin før videre fraktionering eller hydrolysering af proteiner.

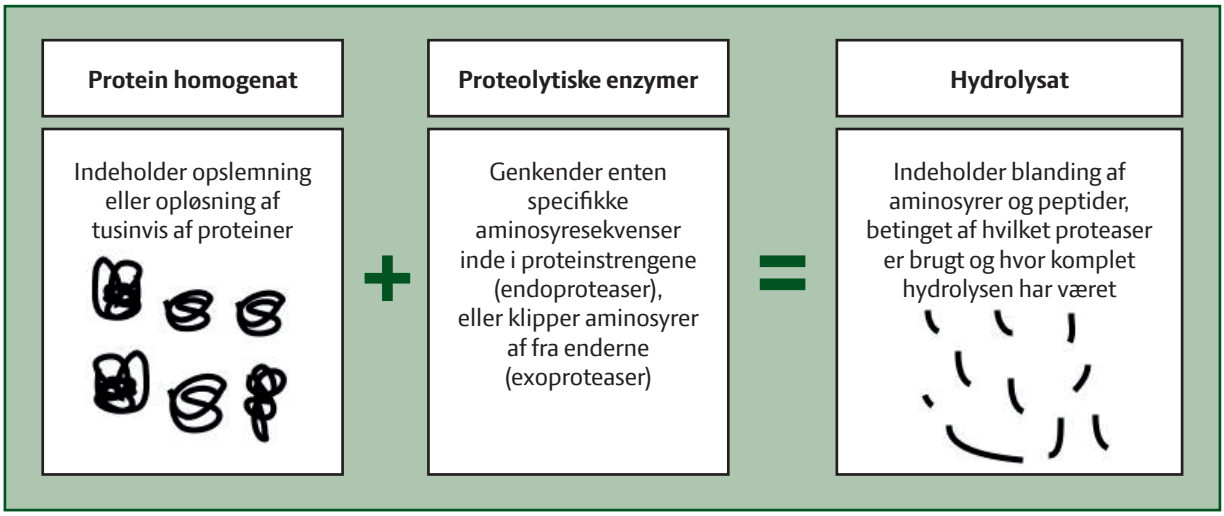
Typisk vil der i homogeniseringsprocessen være et oprensningstrin, hvor man fraseparerer fedt og eventuelt kulhydrater, så man står med et "rent" protein homogenat.

## 2.2.3 - Hydrolysater

Alle proteiner kan hydrolyseres, altså nedbrydes helt eller delvist med tilsatte enzymer. Afhængigt af hvilket enzym der er brugt, vil nedbrydningen være til kortere peptider eller enkelte aminosyrer. Det kan gøres både, mens vævet er intakt (in situ hydrolysering), fx når man modner/mørner kød med papain-inkubering og via protein homogenater, hvor proteiner er i opløsning eller opslemning, efter vævet er knust.

Hydrolysen kan være af forskellige grader. Jo flere kløvninger der er lavet i de oprindelige proteiner, jo kortere gennemsnitslængde af peptiderne. Antallet af kløvninger i de oprindelige proteiner afhænger af, hvor lang tid hydrolysen har varet, hvilke proteaser man har brugt og i

hvilke koncentrationer og ved hvilken temperatur, den har foregået. Peptidstørrelsen, og dermed graden af hydrolyse, kan have flere konsekvenser for proteinets funktionelle og ernæringsmæssige kvaliteter (se figur 7).




**Figur 7:** *Diagram over proteolytisk nedbrydning af proteinhomogenater in vitro.*

Hydrolysering ændrer ikke på aminosyresammensætningen af et protein, men det kan potentielt godt ændre på fordøjeligheden. Hvor fordøjeligheden af kødprotein generelt set er rimeligt god i raske unge, kan hydrolysering i visse tilfælde have en gunstig effekt i form af øget fordøjelighed og dermed ernæringsmæssig proteinkvalitet, som defineret ved PDCAAS eller DIAAS værdier. Som eksempel kan dette være af stor betydning for immobile ældre eller til særligt fysisk aktive med stort proteinbehov til genopbygning af muskler.

## Hurtigere optagelighed

For langt de fleste proteiner vil hydrolysering medføre væsentligt hurtigere optag (66). Dette er ikke specifikt undersøgt i en sammenhæng, hvor man direkte sammenligner kødprotein med dets tilsvarende hydrolysat, men det er en erfaring, man har fra kasein, valle og sojaprotein hydrolysater (66). Pågående dansk forskning vil afdække disse forhold indenfor få år.

## Smag/sensoriske egenskaber

Kødsmagen er præget særligt af umami. Umamismagen stammer særligt fra indholdet af glutamin, særligt fri glutamin, i fødevaren. Eftersom hydrolyse ikke påvirker indholdet af de enkelte aminosyrer, forbliver umami-smagen i hydrolysatet ved hydrolysering, men kan dog påvirkes af hydrolysen. Således har studier vist, at hydrolyse med enzymet bromelain resulterer i peptider, der har en mere umami præget smag end enzymerne pepsin og chymotrypsin (67). Derudover vil smagen blive gradvist mere bitter, efterhånden som peptiderne bliver kortere.

## Ændrede funktionelle egenskaber

Et proteins funktionelle egenskaber ændres med hydrolysering. For det første vil det for kødproteiner generelt set øge opløseligheden, da opløseligheden af kødproteiner i udgangspunktet er meget lav. Evnen til at emulgere, danne geler og binde væske falder med stigende hydrolyseringsgrad (67). Denne egenskab er vigtigt for et proteins egenskaber som vandbindingsmiddel, stabilisator og i visse tilfælde også som emulgator. Funktionelle egenskaber som disse karakteriserer hovedparten af de kødproteiner, der i dag finder industriel anvendelse, og som traditionelt er benyttet til optimering af forarbejdede kødprodukter mht. en fastere eller mere saftig konsistens.

Sådanne ikke-hydrolyserede proteiners tilbøjelighed til at binde vand og danne geler kan til gengæld bevirke, at de er mindre egnede i flydende produkter eller i fødevareemner, hvor det sensoriske udtryk ønskes bevaret. Særligt flydende produkter som samtidig er varme, har høj eller lav pH-værdi eller høj saltkoncentration favoriserer denaturering (63, 68–70).
Hvis et proteins geleringstilbøjelighed bliver for stor, kan det betyde, at man ikke kan tilsætte det i særligt store mængder, uden at det færdige produkt bliver for viskøst, hvilket fx ville være et problem for valleprotein i varme, flydende produkter. Dermed vil varme, flydende produkter - sure eller salte, som supper eller saucer repræsentere fødevarer, der bedre kan proteinberiges med hydrolysater end med klassiske proteiner.

Hydrolyserede kødproteiner frembyder en ny og ganske anden kategori af kødprotein og ingrediens, der muliggør ernæringsoptimeret tilsætning af kvalitetsprotein i en lang række fødevarer og kosttilskud.

## Ændret biologisk aktivitet

For de proteinkilder, hvor det intakte protein har en form for biologisk aktivitet, vil denne aktivitet gradvist svækkes med tiltagende hydrolysering. Til gengæld kan hydrolyseringen resultere i dannelsen af nye peptider med deres egen biologiske aktivitet (beskrivelser af kendte biologisk aktive peptider fra kød, der dannes under hydrolyse beskrives i afsnit 3.3.2).

Samlet set kan man med hydrolyse af kødproteiner producere peptider med optimal aminosyresammensætning og højere fordøjelighed end i oprindelsesproduktet, og som har funktionelle egenskaber og smagsmæssige egenskaber, der gør dem velegnede til fødevareberigelse, særligt med henblik på opkvalificering af proteinindhold og fordøjelighed. Derudover kan man givetvis bruge det til at genopdage og anvende nogle af de mindre prominente fødevaregodkendte co-produkter (mindre populære udskæringer, indmad, blod) som kan levere proteinernæring af høj kvalitet.

### 2.2.4 - Fraktionerede peptider og proteiner

Såfremt man er interesseret i særlige proteiner eller peptider i en opløsning, fx ren albumin eller antistoffer eller biologiske aktive peptider produceret ved en forudgående proteolyse, kræver det en fraktionering. Fraktionering af proteiner foregår fra proteinhomogenater ved en eller flere proteinkemiske oprensningsteknikker, typisk en eller flere af følgende:

- Filtration
- Dialyse
- Udfældning
- Kromatografi

Ville man således oprense ikke-proteinogene aminosyrer fra kød, som kreatin eller beta-alanin, eller biologisk aktive proteiner eller peptider forudsætter det en eller flere af de nævnte fraktioneringsmetoder.

## 2.3 - Opsummering

- Den industrielle udnyttelse af slagtekroppe i vestlig slagteriproduktion er meget høj
- De fleste væv i dyr har et højt indhold af protein og særligt proteiner i skeletmuskelvæv og levervæv er af høj kvalitet.
- Ligesom det er tilfældet for proteinkilder fra mælkeproduktion, kan proteiner fra animalske væv hydrolyseres helt eller delvist. Afhængig af hydrolysegraden, kan det resultere i hydrolysater med interessante sensoriske, funktionelle og biologiske egenskaber
- Man kan bruge forarbejdet væv fra sideproduktionen til at opkvalificere eksisterende produkter fra hovedproduktionen, fx i form af berigelse af klassiske fødeemner med hydrolysater fra proteiner fra sidesporet.
- Det er aktuelt et problem, at der endnu ikke findes muligheder for at lave ernærings- eller sundhedsanprisninger med relation til proteinkvalitet, der således kan bruges til at differentiere proteinholdige produkter. Dette er særligt relevant i forbindelse med kosttilskud til ældre og småtspisende.
- Der er ringe opmærksomhed omkring den tvetydighed som "beef" og andre kødlignende betegnelser, der ses i deklarationer af animalsk protein særligt i kombination med fraværet af anprisninger eller deklaration af proteinkvalitet eller vævsoprindelse.

# Kødproteiner som bidrag til kosten – hvad, hvorfor og hvornår?

## 3.1 - Kødproteinprodukter har en høj proteinkvalitet

Generelt set har animalske proteiner en høj ernæringsmæssig kvalitet. Der findes omfattende dokumentation for den gunstige aminosyreprofil og høje fordøjelighed for særligt mælkeproteiner, dernæst kødprotein og i et vist omfang æggeprotein.

### 3.1.1 - Aminosyresammensætning og fordøjelighed af forskellige kødproteiner

For proteiner fra kød er den videnskabelige litteratur væsentlig mere sparsom end for mælkeproteiner. Meget af litteraturen er over 50 år gammel og omfatter ofte ikke alle 21 aminosyrer og er på grund af alderen muligvis forbundet med væsentlige usikkerheder.

#### Forskel mellem arter og dyreracer

Imellem dyr er der kun marginale forskelle i aminosyrekoncentrationer for de samme muskler eller udskæringer (tabel 10). For aminosyresammensætning målt på samme måde ser vi generelt, at variationen for den enkelte aminosyre i den samme udskæring eller muskel ikke varierer mere end 10 % fra art til art. Det gælder for får/lam, gris og okse (71–73).

Enkelte studier har karakteriseret forskelle i aminosyreprofiler imellem forskellige kvægracer. Ikke overraskende er forskellene mellem racer for samme udskæringer eller muskler marginale (op til cirka 8 %) (74, 75).

#### Forskelle imellem forskellige væv og udskæringer

Inden for de enkelte udskæringer finder man den største variation i indholdet af prolin og glycin. Dette reflekterer vævets indhold af collagen, da collagen er karakteriseret ved at indeholde lange gentagne sekvenser af tre aminosyrer, hvor de to af dem udgøres af glycin og prolin (samt den modificerede udgave hydroxyprolin, der også næsten udelukkende forekommer i collagener)(76). Dette billede tegner sig på tværs af både kalv, gris og lam (72, 74, 77–79).

| Koncentrationer af essentielle aminosyrer på tværs af væv (mg aminosyre/g protein) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oprindelse | gris | | | | Okse | | | | WHO refe-rence |
| | muskel | muskel | hjerte | lever | muskel | lever | bov | tyksteg | |
| Reference | (80) | (81) | (80) | (80) | (81) | (82) | (82) | (82) | (55) |
| Essentielle aminosyrer | | | | | | | | | |
| Histidin | 27,2 | 32,0 | 24,0 | 50,7 | 29,0 | 30,9 | 31,2 | 31,9 | 16 |
| Isoleucin | 50,7 | 49,0 | 53,4 | 48,3 | 51,0 | 47,5 | 44,4 | 45,5 | 30 |
| Leucin | 89,1 | 75,0 | 89,8 | 81,3 | 84,0 | 93,9 | 77,7 | 79,5 | 61 |
| Lysin | 77,1 | 78,0 | 72,0 | 98,8 | 84,0 | 78,00 | 82,5 | 84,5 | 48 |
| Methionin | 24,8 | 25,0 | 21,4 | 24,6 | 23,0 | 26,7 | 25,4 | 26,1 | 23 |
| Cystein | 18,9 | 13,0 | 21,9 | 13,0 | 14,0 | 18,4 | 12,6 | 12,9 | |
| Phenylalanin | 49,0 | 41,0 | 47,2 | 40,0 | 40,0 | 53,3 | 38,6 | 39,5 | 41 |
| Tyrosin | 34,1 | 30,0 | 36,0 | 35,7 | 32,0 | 39,7 | 31,1 | 31,8 | |
| Threonin | 42,6 | 51,0 | 41,4 | 47,0 | 40,0 | 42,6 | 39,0 | 39,9 | 25 |
| Tryptofan | 14,1 | 13,0 | 13,0 | 13,4 | 11,0 | 12,9 | 6,4 | 6,6 | 6,6 |
| Valin | 61,8 | 50,0 | 57,6 | 53,6 | 57,0 | 61,9 | 48,5 | 49,6 | 40 |

**Tabel 10:** *Oversigt over indholdet af essentielle aminosyrer i en række forskellige væv og udskæringer fra gris og okse. I rækken yderst til højre, ses de aminosyreindhold, der bruges til at score proteinkilder. I udregningen af DIAAS bruger man det samlede indhold af svovlholdige aminosyrer (methionin og cystein) og aromatiske aminosyrer (phenylalanin og tyrosin) i stedet for de enkelte indhold af disse aminosyrer.*

## Fordøjelighed af kødproteiner

Der er få data om fordøjelighed af kødproteiner i litteraturen. I en tillægsrapport opsummerer FAO data om fordøjelighed af kendte fødeemner, hvor der ud af næsten 100 datasæt kun er én omhandlende animalske proteiner, og det er for fisk (83), mens resten er for vegetabilske proteiner. I DIAAS skal man bruge fordøjelsesdata fra grise eller mennesker, og de er kun tilgængelige i den videnskabelige litteratur i begrænset omfang for animalske proteiner.

Et enkelt studie har undersøgt den ægte ileale fordøjelighed af kød i rotter. Studiet fandt en god fordøjelighed på tværs af aminosyrerne i rotter og en gennemsnitlig ægte ileal fordøjelighed på 88 % (84), hvilket er sammenligneligt med, hvad man ser for mælkeproteiner og æg (83).

### DIAAS og PDCAAS andre protein produkter

På trods af at PDCAAS har været den anbefalede metode til at angive protein i mange år og DIAAS i lidt færre år, findes der meget få normative data om kødproteiner og produkters PDCAAS og DIAAS værdier. Metoderne kræver både oplysninger om aminosyreindhold og fordøjelighed, og hvor aminosyreprofilen kan bestemmes in vitro, skal fordøjeligheden bestemmes eksperimentelt in vivo i mennesker eller grise for hver type produkt. Disse data findes i meget begrænset omfang for kødprodukter. Dette kompliceres af, at opvarmning af rødt kød potentielt kan sænke fordøjeligheden, hvorfor DIAAS for behandlet kød kun giver mening, når standardiserede forarbejdningsprotokoller er til stede (84–87). Således er der i den fagfællebedømte videnskabelige litteratur kun tilgængelige DIAAS for fisk (88), for hydrolysater fra lammekød og blod fra kvæg (89), men der findes DIAAS for kød fra kommercielle aktører (Fonterra), som dog ikke er publiceret i fagfællebedømt videnskabelig litteratur. Eftersom fordøjeligheden for råt kalvekødsprotein generelt er høj (over 80 %), og vi kender aminosyreprofilerne for de fleste kødprodukter, må det forventes at de rå kødprodukter vil have DIAAS på 0,8-1,1, hvilket også er den score, man ser i data fra kommercielle aktører (59, 85, 90) (tabel 11). Dette placerer ubetinget kød i gruppen af komplette proteiner og som en kilde, der kan bruges til at supplere kost med for lidt protein.

| **Tilgængelige DIAAS værdier** | | | |
|---|---|---|---|
| Proteinkilde | PDCAAS | DIAAS | Limiting amino acid |
| Beef | 0,92 (61) | 1,00 (59) | Trytophan |
| Lam, muskel-hydrolysat | | 0,79 (89) | Valin |
| Lam, hydrolyserede myofibrillære proteiner | | 0,84 (89) | Valin |
| Lam, hydrolysat af lever | | 1,08 (89) | Valin |
| Lam, hydrolysat af visceralt væv | 0,93 (91) | | Tryptofan |

**Tabel 11:** *Oversigt over tilgængelige PDCAAS og DIAAS for kødproteiner. Referencer på tallene er angivet i parentes.*

## 3.1.2 - Effekt på proteinomsætningen i musklerne

### Effekt på proteinomsætning i hvile og ved træning

Der er lavet få kontrollerede studier, hvor man undersøger effekten af kødprotein eller supplerende kødprotein i forbindelse med styrketræning.

I et studie af Campbell et al blev effekten af en kødholdig kost sammenlignet med en lacto-ovo-vegetarisk kost med samme proteinmængde (begge under ad libitum indtag). Her fandt man at omnivor-kosten var forbundet med større styrkefremgang og tilvækst af muskelmasse (92). Dette bekræfter altså, at kødet ser ud til at bidrage mere til muskeltilvækst enten via en favorabel proteinkvalitet eller igennem andre næringsstoffer i kødet.

I et studie af Robinson et al undersøgte man dosisresponsforholdet mellem indtag af kød og aktivering af proteinsyntese i musklerne efter træning. Her fandt man, at den højeste dosis, et indtag på 170 g hakket kalvekød, svarende til 36 g protein, gav større respons end mindre doser, så det kræver mindst 170 g kød (rå vægt) at maksimere muskelproteinsyntesen (93). Man fandt desuden en aktivering af proteinsyntesen i samme størrelsesorden, som man ser ved supplering med valleprotein (60), omend mængden af protein der skulle til at nå maximal proteinsyntese var højere med kødprotein.

I et studie af Sharp et al blev effekten af supplering med samme mængde kødproteinisolat og valleproteinisolat undersøgt. Resultatet var ens tilpasninger til træning i form af styrkefremgang og muskeltilvækst (94), hvilket indikerer at gram for gram, virker kødproteinhydrolysater lige så godt som valleprotein.

Således viser den tilgængelige litteratur, at en kødholdig kost er forbundet med bedre træningstilpasninger end en isonitrogenøs[5] vegetarkost, og at man kan nå den samme grad af aktivering af proteinsyntese som ved valleprotein (58).

## 3.2. - Optagskinetikker og effekter på proteinomsætningen

Proteiner optages med forskellige hastigheder fra mave/tarmkanalen og det har potentielt betydning for deres effekt og efterfølgende omsætning. Optag er betinget af madens findeling (mere fint = hurtigere at optage), samtidigt indhold af fedt og kostfibre i måltidet (mere fedt og kostfibre = langsommere optag) og hvor let proteinerne i kosten kløves af proteaserne i mave/tarmkanalen (95).

Der findes meget lidt forskning, der undersøger, hvor hurtigt man optager aminosyrer fra kødprodukter. Derfor må vurdering af om optagshastigheden har betydning forlade sig på forskning af andre proteinkilder, hvor særligt valle og kasein typisk bruges som henholdsvis hurtigt og langsomt optagelige proteiner.

Hurtigt optagelige proteiner har generelt set en tilbøjelighed til at stimulere proteinsyntese stærkere end langsomt optagelige proteiner. På samme måde er den samlede mængde aminosyrer, der når blodet, også højere fra hurtige end langsomme proteinkilder, både i hvile og i forbindelse med styrketræning (66). Til gengæld oxideres en større del af aminosyrerne fra hurtige proteiner muligvis også på grund af den meget høje tilgængelighed (96).

I praksis har det vist sig, at valleprotein i forbindelse med træningsforløb giver lidt større muskelvækst end en tilsvarende mængde kasein, men det står fortsat ikke klart, om det er relateret til optagshastigheder, eller om det skyldes forskelle i aminosyreindhold, særligt at leucinindholdet i valle er større end i kasein (97).

Man har i et enkelt studie sammenlignet optagskinetikkerne mellem isonitrogenøse mængder af skummetmælk, soyadrik, hårdkogte æg, en bøf og valleproteinpulver. Her fandt man, at proteinet fra bøffen var længst tid om at blive optaget (98). Dette fund kan dog være betinget af,

*5 Isonitrogenøse = samme mængde protein.*

at opvarmet kød optages langsommere end råt (99). Derudover optages protein hurtigere, hvis det er findelt, end hvis det er i større partikler, da det så vil have en større samlet tilgængelig overflade for proteaserne i mave/tarmkanalen. Et studie med ældre, som gennemsnitligt set tygger maden dårligere end yngre, har vist, at hakket kød giver hurtigere stigning i mængden af aminosyrer i blodet hos ældre end helt kød som steg eller bøf (100), hvilket indikerer at udskæringernes størrelse kan have betydning for hvor hurtigt aminosyrerne optages i kroppen. Endelig vil hydrolysater af kødprotein sandsynligvis have optageprofiler, der er sammenlignelige med hydrolysater fra andre produkter.

Samlet set tyder det ikke på, at optagshastigheden af proteiner er afgørende for hvor let kroppen har ved at bruge dem til at bygge nye proteiner af. Så selvom kød er langsommere optageligt end andre proteinkilder, og optaget sløves yderligere af tilberedning, tyder det ikke på, at det langsommere optag har en negativ konsekvens for kødproteiners evne til at blive indbygget i kroppens fedtfri masse og særligt i musklerne.

## 3.3 - Andre biologisk aktive komponenter i kødprotein

Udover at aminosyrerne fra proteinkilder kan indgå i kroppens egen proteinsyntese eller energistofskifte, kan kødproteinkilder have en række andre biologisk relevante effekter, som ikke er betinget af indholdet af proteinogene aminosyrer. Disse kan være i form af ikke-proteinogene aminosyrer, biologisk aktive peptider eller principielt andre mikronæringsstoffer.

### 3.3.1 - Ikke-proteinogene aminosyrer

#### Kreatin

Kreatin er uden sammenligning dét stof, der ikke er et makronæringsstof, som har den bedst dokumenterede effekt på kort-tids muskeludholdenhed, styrkepræstation og muskeltilvækst i forbindelse med styrketræning. Vi danner selv kreatin og lagrer den i hjernen og musklerne, men det kan også tilføres udefra i form af kosttilskud eller kødprodukter. Hos kødspisere har man målt, at en del af kreatinen i musklerne og hjernen stammer fra fødeindtag, ligesom vegetarer og veganere har lavere kreatinlagre (101).

Kreatinen i musklerne udgør det hurtigste energilager, der findes i menneskekroppen, hvor det kan omsættes under intenst, kortvarigt muskelarbejde, som sprint, kast eller styrkesport/styrketræning.

Kød indeholder 4-7 g kreatin pr. kg uforarbejdet kød (102). Under forarbejdning er der et tab af kreatin på 5-20 % (103). For at opnå forhøjede kreatinlagre i musklerne, skal der tilføres 2-5 g ekstra kreatin pr. dag, hvilket vil svare til 500 g kød pr. dag.

I uforarbejdet kød er der således 2-4 g kreatin per 100 g protein og for at opnå en præstations-fremmende effekt skal man indtage 2-5 g per dag. Hvis man i produktionen af et oprenset

kødprotein kan bevare kreatinindholdet i dette forhold eller bedre, og har man en kødkilde med kreatinindhold i den høje ende af det angivne interval, ville man kunne nå et tilstrækkeligt kreatinindtag med 50-100 g kødprotein.

Udover at være præstationsfremmende for musklerne, har kreatin også en række neurobeskyttende effekter. Således indikerer flere studier allerede, at det kan sinke visse neurodegenerative sygdommes udvikling. Hjernen har et udtalt anaerobt stofskifte, og man har vist, at kreatinsupplementering resulterer i kreatinretention i hjernen ligesom i musklerne. Her virker det også som et særligt hurtigt energilager, og den beskyttende effekt er muligvis igennem en antioxidant funktion (104).

### Beta-alanin, balenin, anserin og carnosin

Beta-alanin er en anden præstationsfremmende ikke-proteinogen aminosyre, vi selv både danner og lagrer, men som også kan optages og lagres fra fødevarer, særligt kød. Beta-alanin findes i musklerne primært i form af dipeptiderne balenin, carnosin og anserin, der virker som intracellulære pH-buffere, og det er sandsynligvis denne effekt, der giver ophav til beta-alanins præstationsfremmende virkninger (105).

Når vi spiser muskler fra dyr, optager vi carnosin, anserin og frit beta-alanin derfra. Adskillige studier har vist, at kødspisere har højere niveauer af carnosin end vegetarer (106). Anserin og carnosin nedbrydes delvist i mave/tarmkanalen til beta-alanin og histidin, der så kan optages. Både anserin og carnosin virker som antioxidanter, og carnosin har en stærk hæmmende effekt på dannelsen af glykeringsprodukter, der opstår som komplikation til prædiabetes eller diabetes (107).

Almindeligt kød indeholder op til 5 g beta-alanin pr. kg, svarende til cirka 2,5 g beta-alanin pr. 100 g protein (107).

Indtag af beta-alanin har vist sig at øge muskeludmattelsestolerancen og mængden af arbejde, der kan laves ved gentagne kortvarige belastninger til udmattelse, fx cykelsprints og styrketræningsøvelser. Det har også vist sig, at brugere af beta-alanin laver flere løft pr. træning voluntært end tilsvarende udøvere, der får placebo (105).

Nogle få studier tyder på, at brug af beta-alanin sammen med udmattende styrketræning kan give ekstra muskelvækst gennem træningen alene. For at opnå en præstationsfremmende effekt skal man indtage 4-8 g beta-alanin pr. dag. Selvom det lyder som en stor mængde i forhold til den mængde, man realistisk kan opnå via indtag af kød, skal man huske på, at kødspisere faktisk har højere carnosin-niveauer i musklerne end vegetarer (106).

## 3.3.2 - Biologisk aktive peptider

Man har over de sidste 20 år erfaret, at en række peptider, der opstår under kløvning af proteiner, er biologisk aktive, altså virker som deciderede signalstoffer. Et af de mest kendte eksempler er Endostatin, der dannes ved kløvning af Collagen XVIII og modvirker kardannelse. Man har endvidere identificeret utallige biologiske peptider, som opstår ved kløvning særligt af extracellulær matrix-proteiner, som let kan frisættes til omgivelserne (108).

### Collagen hydrolysater og stimulering af bruskdannelse

En lang række studier har indikeret, at indtag af forskellige collagen-hydrolysater kan støtte proteinsyntesen i bruskvæv og mindske subjektive, og måske endda objektive, tegn på slidgigt (osteoarthritis, OA). Disse hydrolysater menes at virke i kraft af, at hydrolysaterne indeholder biologisk aktive peptider, der stimulerer proteinsyntesen af brusk i ledfladerne.

Den samlede evidens på området er blandet, der er studier med og uden effekt. Det seneste systematiske review på området (fra 2016) når frem til, at collagen hydrolysater godt kan have en terapeutisk effekt på OA (109).

Taget i betragtning at lægemiddelindustrien endnu ikke har opdaget ægte sygdomsmodificerende behandling mod slidgigt, er det af absolut klinisk forskningsmæssig interesse at afklare, hvilke peptider fra hydrolyse af kød der kan have denne effekt, på hvilke mål for slidgigt de kan virke og på hvilke grupper af patienter.

### Angiotensin converting enzyme (ACE) hæmmende peptider fra kød

En lang række forsøg har beskrevet, hvordan flere peptider fra hydrolyse af skeletmuskulatur har en hæmmende effekt på ACE-enzymet. Dette enzym kløver normalt angiotensinogen til angiotensin. Angiotensin øger blodtrykket og stimulerer tørst. ACE-hæmning medfører generelt blodtryksfald og beskytter mod patologisk vækst af hjertet (kardiomyopati) under kredsløbsoverbelastning (volume overload). Man har således identificeret adskillige peptider fra hydrolyse af kød, der har klinisk væsentlige ACE-hæmmende egenskaber (110–112).

## 3.4 - Kødproteins effekt på mæthed og sult

### Ad libitum vs. kalorietælling

Man kan realisere energiunderskud med henblik på vægttab enten ved at gennemføre en hård kontrol af energiindtag ved at tælle kalorier eller ved en ad libitum diæt, der er manipuleret på en anden måde, så energiindtaget sænkes. Man har tidligere vist, at fastholdelse af både sundhedsadfærd og vægttab gennemsnitligt set er bedre ved ad libitum metoder, givetvis fordi den kræver mindre bevidst indsats og mindre indskrænkninger i adfærd (113). Dermed er der et stærkt videnskabeligt grundlag for at spekulere i metoder, der kan sænke energiindtaget i en ad libitum diæt.

### Proteiners effekt på mæthed og ad libitum energiindtag

Proteinrige fødevarer har vist sig at have et højt mæthedsindex på tværs af fødevaregrupper (114–116). Det betyder, at en given energimængde af fødevarer med højere indhold af protein, vil mætte mere end en tilsvarende energimængde af fødevarer med et lavere indhold af protein. I praksis betyder det, at en ad libitum diæt med et højere proteinindtag dels vil mætte mere og i forlængelse deraf vil medføre et mindre energiindtag. Dét er blevet dokumenteret i flere forskellige sammenhænge (117, 118).

Således har man vist, at en større energiprocent fra protein i et enkelt måltid vil føre til højere rapporteret mæthed og et mindre energiindtag indenfor det samme måltid, samt at den højere mæthed betyder, at forsøgspersonerne har indtaget mindre mad i deres næste måltid også. Dette er blevet påvist i sammenligninger mellem store forskelle i energiprocent (over 40 % forskel), men også forskelle mellem 10 og 30 % energi fra protein (114–116). De sidstnævnte eksempler er helt klart realistiske proteinindtag for almindelige måltider og derfor relevante for almindelig kostplanlægning.

I længerevarende studier har man vist, at denne højere mæthed bliver ved, således at det reducerede energiindtag kan realiseres i vægttab på en ad libitum diæt (117, 119). Derudover har man på tilsvarende vis dokumenteret, at evnen til at fastholde opnåede vægttab også er lettere med højere proteinindtag (120).

## Mekanismer bag mæthedsregulering

En lang række mekanistiske studier har forsøgt at afklare, hvordan protein påvirker appetitsansningen, specifikt de hormoner, som stimulerer sult (orexigen) og mæthed (anorexigen). Her har man fundet, at protein bidrager selvstændigt til mæthedssansningen ved at øge produktionen af de appetithæmmende hormoner GLP-1 (hvis protein indtages sammen med kulhydrater) (121), PYY (122) og Cholecystokinin (123), mens det mindsker mængden af sulthormonet ghrelin (124).

Det er til gengæld dårligere belyst hvilke forhold ved proteiners kemiske og fysiske egenskaber i mave/tarmkanalen, der kontrollerer disse hormoner.

## Aminosyreprofil

Det er dårligt belyst, hvilken rolle aminosyreprofilen af proteiner spiller i forhold til mæthed. Man har i nogle få studier spekuleret i, om mængden af tryptofan i en fødevare spiller en rolle for graden af mæthed, den inducerer. Det skyldes, at tryptofan i hjernen omdannes til serotonin, som spiller en vigtig rolle i mæthedsregulering både i hjernen og i mave/tarmkanalens nervesystem (125). Men bedre kontrollerede studier har ikke kunnet finde en sammenhæng mellem disse forhold og mæthed (126). Samlet set er der på nuværende tidspunkt ikke overbevisende dokumentation for, at aminosyreprofilen af et protein har signifikant betydning for proteinets effekt på mæthedssansningen.

Det vil altså sige, at en proteinkildes effekt på mætheden ikke umiddelbart hænger sammen med dens ernæringsmæssige kvalitet eller fordøjelighed. Der er heller ikke systematiske forskelle mellem mæthedseffekten af vegetabilske proteiner i forhold til animalske.

## Nedbrydningshastighed og aminosyrelevering til kredsløbet

Det er ret godt dokumenteret, at mavefyldningsgraden bidrager til mætheden, uanset hvad maven er fyldt med. Dermed burde man forvente, at proteiner, der bliver nedbrudt langsommere, bidrager mere til mætheden ved at fylde i maven i længere tid, på samme måde som visse typer af kostfibre (127–129). Men i praksis ser det faktisk ikke ud til at være tilfældet. I sammenligning mellem de typiske eksempler på langsomme og hurtige proteiner, kasein og valle, ser man sammenlignelige effekter hos de to typer af proteiner på mæthed og fødeindtag (130, 131). Undertiden ser man

endda stærkere mæthed med valleprotein end kasein (132). Dette skyldes givetvis, at selve mængden af aminosyrer i blodet bidrager til den samlede mæthedsoplevelse (133). Det passer med et studie, hvor man sammenligner forskellige typer kød og fandt at dét, der gav de hurtigste stigninger i aminosyrer i blodet, også gav den hurtigste stigning i mæthedsfornemmelse(125).

Samlet set ser det ikke ud til, at nedbrydningshastigheden har en entydig effekt på intensiteten af mæthedsoplevelsen. Dermed vil køds lidt langsommere nedbrydelighed end mælkeproteiner ikke betyde mere mæthed, men måske en mere langvarig effekt.

### Termisk effekt

Udover proteins direkte effekt på mæthed, ved man også, at de inducerer mere termogenese, altså varmeproduktion (thermic effect of food/feeding, TEF). Dette er i form af en øget pris for fordøjelsen og nedbrydningen af proteiner (134). I praksis er effekten af dette dog sandsynligvis marginal, idet en ændring af et proteinindtag fra 15-25 % vil resultere i en samlet øget termogenese på maksimalt 2-3 % af det samlede energiindtag. En sådan effekt vil sandsynligvis være mindre end en kostinterventions effekt på appetitregulering.

## 3.5 - Opsummering

- Kødproteiner ser ud til overordnet set at have en gunstig aminosyreprofil og fordøjelighed, førende til høje PDCAAS og DIAAS. Men der findes meget lidt forskning i aminosyreprofiler i forskellige kødprodukter og ægte ileal fordøjelighed af forskellige typer af kødprodukter, så det er i praksis svært at beregne de DIAAS værdier for kød, som WHO og FAO har sat som standard for proteinkvalitet. Det er oplagte mål for forskningen fremadrettet.
- Kød og kødprotein er en god proteinkilde i forbindelse med træning. En god aminosyreprofil og indhold af præstationsfremmende næringsstoffer som kreatin og beta-alanin gør det til en bedre kost for styrketrænende end en lactoovovegetar kost.
- Kød og kødprotein bidrager til mæthedssansningen på grund af deres proteinindhold, og øget mæthedseffekt af kosten har vist sig tilstrækkelig til at sænke fødeindtaget i en ad libitum diæt og give vægttab. Et højere proteinindtag i forbindelse med vægttab og vægtkontrol hæmmer tab af muskelmasse, stimulerer bedre appetitkontrol og termisk effekt.
- Endelig har man i hydrolysater fra kødprodukter fundet peptider med biologisk aktivitet, der sandsynligvis kan modvirke brusknedbrydningen under slidgigt, og andre stoffer, der virker hæmmende på enzymet ACE, og derigennem har blodtrykssænkende og hjertebeskyttende effekter. Dette kan gøre dem egnede til at løse særlige kliniske problemer.

# Som næringstilskud

## 4.1 - Kød er allerede en vinder..

De tidligere kapitler i rapporten har adresseret, hvordan kød og kødproteiner herunder kødproteinhydrolysater har en høj proteinkvalitet og indeholder en række interessante mikronæringsstoffer, der kan gavne muskler, kredsløb og led. En tidligere rapport fra DTU Fødevareinstituttet har beskrevet køds høje indhold af essentielle mikronæringsstoffer (12). Således er kød efter alle målbare parametre en af de mest næringstætte fødevaregrupper der findes.

Selvom danskerne i gennemsnit spiser en kost med tilstrækkelige mængder protein og kød, findes der som beskrevet tidligere stadig relevante grupper, som enten selv opsøger højere proteinindtag, eller kan have gavn af det. I disse grupper er det værd at diskutere perspektiverne i at øge eller opkvalificere indtaget af kød eller kødprotein.

## 4.2 – Hydrolyserede kødproteiner som protein ernæring

### Kødproteinberigelse fører til højere proteinkvantitet og -kvalitet

Berigelse med kødproteinhydrolysater kan bruges til at lave produkter med favorabel makronæringsstoffordeling, højere proteinkvantitet og -kvalitet. Dette er potentielt interessant i forbindelse med at dække øget proteinbehov hos trænende, ældre og ved vægttab og vægtkontrol.

### Højere udnyttelse af slagtekroppe

Kød der forarbejdes til oprenset kødprotein eller kødprotein hydrolysater, kan komme fra udskæringer eller co-produkter, der ikke bruges til direkte fødevarekonsum. Dermed kan denne form for fødevareberigelse bidrage til højere udnyttelse af slagtekroppe.

### Nye produkter

Kødprodukter og kødproteiner, herunder hydrolysater, vil generelt set have en helt anden smagsprofil og funktionelle egenskaber end de proteiner, der dominerer markedet for oprensede proteiner. Soja, valle og kasein sløres oftest af frugtsmag eller smagsgivere fra det "søde køkken". Kødproteiner vil på grund af deres smagsmæssige og funktionelle egenskaber sandsynligvis være mere egnede til salte og varme flydende produkter end mælkeproteiner. Dermed kan kødproteinberigelse spille en rolle i udvikling af helt nye typer af proteinberigede produkter.

# 4.3 - Kød og kødprotein for den generelle befolkning

## 4.3.1 - Forbrugertrends og kostkultur

I de senere år har der været flere kosttrends, der påbød højere proteinindtag, e.g. ketosediæter (som Atkins), Palæo og i varierende grader low-carb. Det har afsmittet sig i kostkulturen, således at der nu blandt almindelige forbrugere eksisterer et eksplicit ønske om fødevarer med højere proteinindhold, på trods af proteinindtag som ellers på befolkningsniveau er tilstrækkelige (135, 136). Den efterspørgsel har i DK betydet, at der nu kan købes proteinberiget mælk (Protein+ fra Arla) i almindelige supermarkeder, ligesom salget af højprotein yoghurten Skyr, har boomet i de sidste 2 år.

### Den historiske udvikling i proteinindtag

Den seneste gennemgang af danskernes kostvaner viser entydigt, at danskerne gennemsnitligt set spiser nok protein til at opfylde de danske og internationale anbefalinger, uanset om det angives absolut i antal gram eller som procent af energiindtaget, eftersom de rammer indtag omkring ca. 1 g/kg/dag. Proteinindtaget har i Danmark været på 13-15 % af det samlede energiindtag på tværs af aldersgrupper og køn fra 1985 og frem til slutningen af 00'erne, mens proteinindtaget i den seneste opgørelse fra 2011-2013 er øget fra 14 % til 16 % (17, 137, 138) (tabel 12). Det reflekterer den aktuelle kosttrend, hvor forbrugerne er begyndt at efterspørge højprotein- eller proteinberigede produkter, og den næste opgørelse af danskernes kostvaner vil med altoverskyggende sandsynlighed vise en yderligere stigning. Samtidig viser tal fra Euromonitor, at salget af proteinkosttilskud fortsat er i stigning. Der foreligger endnu ikke tal på hvor stor en del af proteinindtaget, der stammer fra proteintilskud eller proteinberigede fødevarer, så det er ikke kendt i hvilket omfang denne type produkter bidrager til det samlede proteinindtag i forskellige køn og aldersgrupper (139). Disse tal dokumenterer altså, at det øgede fokus på proteinindtag har smittet af på en forbrugeradfærd, hvor proteinindtaget er steget.

### Den historiske udvikling i kødindtag

Det samlede indtag af kød (okse, gris, lam) har været stabilt henover 00'erne ifølge de store danske kostundersøgelser. Mændenes indtag har konsekvent ligget cirka 20 % over kvindernes (når det er angivet relativt til energiindtag). I den sidste opgørelse er indtagelsen dog steget væsentligt med cirka 10 % for både mænd og kvinder (tabel 13). Dermed ser man indtaget af kød reflekterer den stigning i proteinindtag der har været.

| Udviklingen i danskernes proteinindtag (energiprocent) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Periode | 1985 | 1995 | 2000/1 | 2000-2002 | 2003-2008 | 2011-2013 |
| referencer | (138) | (138) | (138) | (140) | (137) | (17) |
| Drenge, 4-14 år | | 14 | 13 | | | |
| Mænd, 15+ år | 13 | 14 | 13 | | | |
| Drenge, 4-9 år | | | | 14 (1,9) | 14 (2,0) | 14 (2,0) |
| Drenge, 9-17 år | | | | 14 (2,3) | 15 (2,3) | 15 (2,5) |
| Mænd, 18+ år | | | | 14 (2,2) | 14 (2,3) | 16 (2,7) |
| Piger, 4-14 år | | 14 | 13 | | | |
| Kvinder, 15+ år | 14 | 15 | 13 | | | |
| Piger, 4-9 år | | | | 14 (1,9) | 14 (2,0) | 14 (2,4) |
| Piger, 10-17 år | | | | 14 (2,3) | 14 (2,2) | 15 (2,2) |
| Kvinder, 18+ år | | | | 14 (2,3) | 15 (2,4) | 15 (2,8) |
| Børn, 4-14 år | | 14 | 13 | | | |
| Voksne, 15+ år | 13 | 14 | 13 | | | |
| Børn, 4-9 år | | | | 14 (1,9) | 14 (2,0) | 14 (2,2) |
| Børn, 10-17 år | | | | 14 (2,3) | 14 (2,3) | 15 (2,4) |
| Voksne, 18+ år | | | | 14 (2,3) | 14 (2,4) | 16 (2,7) |

**Tabel 12:** *Udviklingen i proteinindtag angivet som andel (energiprocent) af det daglige energiindtag.*

| Udviklingen i danskernes indtag af kødprodukter (g/10MJ/dag) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Periode | 2000-2002 | | 2003-2008 | | 2011-2013 | |
| reference | (140) | | (137) | | (17) | |
| | g/10 MJ | g | g/10 MJ | g | g/10 MJ | g |
| Drenge, 4-9 år | 107 (40) | 90 (38) | 108 (38) | 90 (34) | 107 (42) | 91 (42) |
| Drenge, 9-17 år | 119 (47) | 115 (49) | 126 (50) | 119 (56) | 149 (63) | 147 (74) |
| Mænd, 18+ år | 136 (54) | 141 (67) | 135 (54) | 140 (65) | 156 (70) | 172 (88) |
| Piger, 4-9 år | 100 (40) | 78 (37) | 102 (37) | 76 (31) | 107 (45) | 82 (40) |
| Piger, 10-17 år | 104 (46) | 85 (46) | 103 (43) | 79 (39) | 122 (53) | 93 (47) |
| Kvinder, 18+ år | 111 (50) | 89 (45) | 106 (49) | 82 (40) | 118 (61) | 99 (53) |
| Børn, 4-9 år | 104 (40) | 86 (38) | 105 (37) | 83 (33) | 107 (43) | 87 (41) |
| Børn, 10-17 år | 111 (47) | 99 (50) | 113 (48) | 97 (51) | 135 (60) | 120 (68) |
| Voksne, 18+ år | 123 (53) | 113 (62) | 120 (53) | 109 (60) | 137 (68) | 134 (81) |

**Tabel 13:** *Historiske kødindtag fra opgørelser over de sidste tre opgørelser af de danske kostvaner. Data er angivet både som mængde relativt til energiindtag (g/10 MJ) og per dag (g/dag). Data er angivet som "middelværdi (standardafvigelse)". Det er værd at bemærke, at tallene er angivet i rå vægt. Tilberedning er forbundet med 25-30 % svind (12, 141).*

# 4.4 - Kød og kødprotein for særlige grupper

## 4.4.1 - Styrketrænende

Blandt trænende, særligt styrketrænende, er der som tidligere beskrevet øget proteinbehov, som ikke vil dækkes med en gennemsnitlig dansk kost. I dette segment dækkes dette ekstra behov ofte med proteintilskud i form af pulver, overvejende fra valleprotein, eller proteinbarer, overvejende med en blanding af soya og valleprotein eller fra andre proteinberigede fødeemner.

### "Stenaldervenlig" protein

Stenalderkost-trenden har vokset sig frem i fitnessmiljøet, særligt i tilknytning til træningsformen crossfit. I forbindelse med denne kosttrend er der over de sidste 2-4 år begyndt at dukke kosttilskud op, primært fra vegetabilske proteiner og kødprotein. Gruppen af tilskud med kødprotein lider efter alt at dømme af de deklarationsmæssige problemer, der er adresseret i Kapitel 2 og er i praksis domineret af collagen hydrolysater, med lav ernæringsmæssig kvalitet. Dermed er der oplagte muligheder for at lave bedre produkter med kødproteini form af fx supper eller grøntsagsjuicer, som vil være de eksisterende proteintilskud og proteinberigede produkter ernæringsmæssigt overlegne.

## 4.4.2 - Ældre og småtspisende

For ældre er der som beskrevet tidligere sandsynligvis også øget proteinbehov, som ikke dækkes enten for hele gruppen af ældre eller for undergrupper der er i særlig risiko for underernæring, sarcopeni eller begge.

### Flere måltider med nok protein

Diskussionen i det videnskabelige miljø peger mere og mere mod, at ældre skal fokusere på, om de får nok måltider per dag med tilstrækkelig protein, end på det samlede proteinindtag per dag. Det udgør en kostkulturmæssig udfordring, fordi danskere spiser langt det meste af deres protein til aftensmad, og fordi ældre erfaringsmæssigt har sværere ved at ændre adfærd end yngre (142). Dermed kan det være et mere gangbart alternativ, at forsøge at proteinberige nogle af de produkter de allerede spiser, fremfor at forsøge at få dem til at spise nogle helt andre produkter. Her udgør proteinberigelse med kødprotein eller kødproteinhydrolysater af pålæg, som pateer og kolde samt varme charcuteri produkter oplagte muligheder.

## 4.4.3 - Ved vægttab og vægtstabilisering

Som diskuteret tidligere, er der flere gode grunde til at fokusere på et øget proteinindtag i forbindelse med vægttab og vægtkontrol. Protein sikrer mæthedsfornemmelse, reducerer tabet af fedtfri masse, og øger den føde-inducerede termogenese.

Dette øgede behov er allerede italesat i samtidens populærlitteratur, og noget der i almindelighed er fokus på. For denne gruppe er øget indtag af højkvalitetsprotein generelt ønskeligt, og de primære specifikke produkter der imødegår dette er Nupo-type måltidserstatning produkter, som egentlig bare er proteinpulver tilsat fibre og mikronæringsstoffer. Taget i betragtning hvor stort et emne vægttab er i populær-litteraturen og i sundhedsvidenskaben, er der stadig påfaldende få specifikke produkter rettet mod dette segment i dagligvarehandelen. Hvorfor ligger der for eksempel oftere proteinbarer og -pulvere, tydeligt rettet imod fitnessmiljøet, ved kassen, end vægttabsprodukter? Samlet set er der plads både til en mere udtalt branding af kød og kødprodukter af vægttabsmad, men også af berigelse af proteinmængde og -kvalitet i allerede tilgængelig fødevarer, samt udvikling af proteinberigede vægttabsprodukter.

## 4.5 - Opsummering

- Forbrugerne efterspørger aktivt produkter med højt proteinindhold, herunder decideret proteinberigede produkter.
    - Aktuelle markedstrends afslører en stigning i protein- og kødindtag.
- Kødprodukter og deres hydrolysater er lovende som næringstilskud:
    - Kan bruges til berigelsen af proteinindhold og kvalitet
    - Højere slagtekropsudnyttelse og dermed mindre sekundær miljøbelastning
    - Kødproteiner og deres hydrolysater har smagsmæssige og funktionelle egenskaber der gør dem egnede i andre typer af produkter end de eksisterende valle- og soyaprotein-produkter.
- Proteinberigelse med kødproteiner kan spille en rolle for de grupper i den danske befolkning, der har særlige proteinbehov
    - For ældre, særligt i forbindelse med proteinberigelse af eksisterende produkter
    - I forbindelse med styrketræning, generelt som alternativ til eksisterende proteinprodukter eller specifikt som stenalderkost-venligt proteintilskud eller i stenalderkost-venlige proteinberigede produkter.

# Referencer

1. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations University. *Protein and amino acid requirements in human nutrition Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation [Internet]*. WHO; 2007:

2. Rand WM, Pellett PL, Young VR. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003;77(1):109–127.

3. van Loveren and Hans Verhagen. EP on DPNAA (nda) CAJ-LBSF-TAFIGHKPLMLRMAMBMMN-BHPSSYSS (J J). SSSITDTH. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein [Internet]. *EFSA Journal* 2015;2012 (10)(2):2577.

4. Agnes N. Pedersen, seniorrådgiver, DTU Fødevareinstituttet Lars Ovesen, overlæge, Slagelse Sygehus. *Anbefalinger for den danske institutionskost [Internet]*. Fødevarestyrelsen; 2009:

5. Moore DR et al. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2015;70(1):57–62.

6. Phillips SM, Chevalier S, Leidy HJ. Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(5):565–572.

7. Layman DK et al. Defining meal requirements for protein to optimize metabolic roles of amino acids. *Am. J. Clin. Nutr.* 2015;ajcn084053.

8. Phillips SM. The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutr. Metab.* 2016;13(1):1–9.

9. Kaluza J, Akesson A, Wolk A. Processed and unprocessed red meat consumption and risk of heart failure: prospective study of men. *Circ. Heart Fail.* 2014;7(4):552–557.

10. Wang X et al. Red and processed meat consumption and mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Public Health Nutr.* 2016;19(5):893–905.

11. Larsson SC, Orsini N. Red meat and processed meat consumption and all-cause mortality: a meta-analysis. *Am. J. Epidemiol.* 2014;179(3):282–289.

12. Anja Biltoft-Jensen, Karsten Kørup, Tue Christensen, Katja Eriksen, Karin Hess Ygil, Sisse Fagt. *Køds rolle i kosten [Internet]*. DTU Fødevareinstituttet; 1. januar 2016:

13. Bastide NM, Pierre FHF, Corpet DE. Heme iron from meat and risk of colorectal cancer: a meta-analysis and a review of the mechanisms involved. *Cancer Prev. Res.* 2011;4(2):177–184.

14. Cross AJ et al. Developing a heme iron database for meats according to meat type, cooking method and doneness level. *Food Nutr. Sci.* 2012;3(7):905–913.

15. Mejborn H, Biltoft-Jensen AP, Hansen M, Licht TR. Mechanisms behind cancer risks associated with consumption of red and processed meat [Internet][published online ahead of print: 2016];http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2346073370. cited

16. Pedersen AN, Kondrup J, Børsheim E. Health effects of protein intake in healthy adults: a systematic literature review [Internet]. *Food Nutr. Res.* 2013;57. doi:10.3402/fnr.v57i0.21245

17. Pedersen AN et al. *Danskernes kostvaner 2011-2013 [Internet]*. DTU Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet; 2015:

18. Chang S-F, Lin P-L. Systematic Literature Review and Meta-Analysis of the Association of Sarcopenia With Mortality. *Worldviews Evid. Based. Nurs.* 2016;13(2):153–162.

19. Pedersen AN. *Modelberegninger bag kostråd til ældre over 65 år - Notat til Fødevarestyrelsen, Altomkost.dk [Internet]*. DTU Fødevareinstituttet; 1 of February. 2017:

20. Bauer J et al. Evidence-Based Recommendations for Optimal Dietary Protein Intake in Older People: A Position Paper From the PROT-AGE Study Group. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2013/8;14(8):542–559.

21. Morley JE et al. Nutritional recommendations for the management of sarcopenia. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2010;11(6):391–396.

22. Nordic Council of Ministers. *Nordic Nutrition Recommendations 2012: Integrating nutrition and physical activity*. Nordic Council of Ministers; 2014:

23. Bigaard J et al. Body fat and fat-free mass and all-cause mortality. *Obes. Res.* 2004;12(7):1042–1049.

24. Heitmann BL, Erikson H, Ellsinger BM, Mikkelsen KL, Larsson B. Mortality associated with body fat, fat-free mass and body mass index among 60-year-old swedish men-a 22-year follow-up. The study of men born in 1913. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2000;24(1):33–37.

25. Cederholm T et al. Diagnostic criteria for malnutrition - An ESPEN Consensus Statement. *Clin. Nutr.* 2015;34(3):335–340.

26. Cao L, Morley JE. Sarcopenia Is Recognized as an Independent Condition by an International Classification of Disease, Tenth Revision, Clinical Modification (ICD-10-CM) Code. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2016;17(8):675–677.

27. *Underernæring - Det skjulte samfundsproblem [Internet]*. Kost & Ernæringsforbundet; 2014:

28. Jens Kondrup, Linda Greffel, Vibeke Graff, Ulla Hølund, Susanne Lorenzen, Kirsten Schroll Bjørnsbo. *VEJLEDNING TIL LÆGER, SYGEPLEJERSKER, SOCIALOG SUNDHEDSASSISTENTER, SYGEHJÆLPERE OG KLINISKE DIÆTISTER - Screening og behandling af patienter i ernæringsmæssig risiko [Internet]*. Sundhedsstyrelsen; 2008:

29. Deschenes MR. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med.* 2004;34(12):809–824.

30. Frost M, Nielsen TL, Brixen K, Andersen M. Peak muscle mass in young men and sarcopenia in the ageing male. *Osteoporos. Int.* 2015;26(2):749–756.

31. Tankó LB, Movsesyan L, Mouritzen U, Christiansen C, Svendsen OL. Appendicular lean tissue mass and the prevalence of sarcopenia among healthy women. *Metabolism* 2002;51(1):69–74.

32. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan* 2014;3(1):9.

33. Evans WJ. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. *Am. J. Clin. Nutr.* 2010;91(4):1123S–1127S.

34. Skeletal Muscle Protein Metabolism in the Elderly [Internet]. *Medscape* http://www.medscape.com/viewarticle/754680. cited October 13, 2016

35. Dardevet D, Sornet C, Balage M, Grizard J. Stimulation of in vitro rat muscle protein synthesis by leucine decreases with age. *J. Nutr.* 2000;130(11):2630–2635.

36. Attaix D et al. Altered responses in skeletal muscle protein turnover during aging in anabolic and catabolic periods. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2005;37(10):1962–1973.

37. Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR. A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006;291(2):E381–7.

38. Houston DK et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 2008;87(1):150–155.

39. Landi F et al. Protein Intake and Muscle Health in Old Age: From Biological Plausibility to Clinical Evidence [Internet]. *Nutrients* 2016;8(5). doi:10.3390/nu8050295

40. Nutrition and Athletic Performance. *Med. Sci. Sports Exercise* 2016;48(3):543.

41. Campbell B et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2007;4(1):8.

42. Tarnopolsky M. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* 2004;20(7-8):662–668.

43. Fernstrom JD. Large neutral amino acids: dietary effects on brain neurochemistry and function. *Amino Acids* 2013;45(3):419–430.

44. Choi S, Disilvio B, Fernstrom MH, Fernstrom JD. Oral branched-chain amino acid supplements that reduce brain serotonin during exercise in rats also lower brain catecholamines. *Amino Acids* 2013;45(5):1133–1142.

45. Fernstrom JD et al. The ingestion of different dietary proteins by humans induces large changes in the plasma tryptophan ratio, a predictor of brain tryptophan uptake and serotonin synthesis. *Clin. Nutr.* 2013;32(6):1073–1076.

46. Choi S, DiSilvio B, Fernstrom MH, Fernstrom JD. The chronic ingestion of diets containing different proteins produces marked variations in brain tryptophan levels and serotonin synthesis in the rat. *Neurochem. Res.* 2011;36(3):559–565.

47. Cermak NM, Res PT, de Groot LCPGM, Saris WHM, van Loon LJC. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 2012;96(6):1454–1464.

48. Leidy HJ et al. The role of protein in weight loss and maintenance [Internet]. *Am. J. Clin. Nutr.* [published online ahead of print: April 29, 2015]; doi:10.3945/ajcn.114.084038

49. Kim JE, O'Connor LE, Sands LP, Slebodnik MB, Campbell WW. Effects of dietary protein intake on body composition changes after weight loss in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Nutr. Rev.* 2016;74(3):210–224.

50. Krieger JW, Sitren HS, Daniels MJ, Langkamp-Henken B. Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression 1. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006;83(2):260–274.

51. Chaston TB, Dixon JB, O'Brien PE. Changes in fat-free mass during significant weight loss: a systematic review. *Int. J. Obes.* 2007;31(5):743–750.

52. Phillips SM. A brief review of higher dietary protein diets in weight loss: a focus on athletes. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 2(S2):S149–53.

53. Wycherley TP, Moran LJ, Clifton PM, Noakes M, Brinkworth GD. Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 2012;96(6):1281–1298.

54. Churchward-Venne TA, Murphy CH, Longland TM, Phillips SM. Role of protein and amino acids in promoting lean mass accretion with resistance exercise and attenuating lean mass loss during energy deficit in humans. *Amino Acids* 2013;45(2):231–240.

55. Consultation R. Dietary protein quality evaluation in human nutrition [Internet]. *FAO Food Nutr. Pap.* 2011;92.http://www.nutrinfo.com/biblioteca/libros_digitales/fao_protein_quality.pdf. cited

56. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* 1985;724:1–206.

57. Schaafsma G. The protein digestibility-corrected amino acid score. *J. Nutr.* 2000;130(7):1865S–7S.

58. van Vliet S, Burd NA, van Loon LJC. The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *J. Nutr.* 2015;145(9):1981–1991.

59. Moughan PJ. Dietary Protein Quality: New Perspectives [Internet]2013;http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/Nutrition_Symposium_Proceedings/Proceed_Protein_Reqs_final.pdf. cited

60. Phillips SM, Tang JE, Moore DR. The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *J. Am. Coll. Nutr.* 2009;28(4):343–354.

61. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein - Which is Best?. *J. Sports Sci. Med.* 2004;3(3):118–130.

62. Rutherfurd SM, Fanning AC, Miller BJ, Moughan PJ. Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially describe protein quality in growing male rats. *J. Nutr.* 2015;145(2):372–379.

63. Asghar A, Henrickson RL. Chemical, Biochemical, Functional, and Nutritional Characteristics of Collagen in Food Systems. In: C.O. Chichester EMMAGFS ed. *Advances in Food Research*. Academic Press; 1982:231–372

64. Heinz G, Hautzinger P. *Meat processing technology for small to medium scale producers*. FAO; 2009:

65. Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J. Food Sci. Technol.* 2012;49(3):278–293.

66. Koopman R et al. Ingestion of a protein hydrolysate is accompanied by an accelerated in vivo digestion and absorption rate when compared with its intact protein. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009;90(1):106–115.

67. Maehashi K, Matsuzaki M, Yamamoto Y, Udaka S. Isolation of peptides from an enzymatic hydrolysate of food proteins and characterization of their taste properties. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 1999;63(3):555–559.

68. Zayas JF. Gelling Properties of Proteins. In: *Functionality of Proteins in Food*. Springer Berlin Heidelberg; 1997:310–366

69. Sun XD, Holley RA. Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2011;10(1):33–51.

70. Li-Chan E, Nakai S, Wood DF. Hydrophobicity and Solubility of Meat Proteins and Their Relationship to Emulsifying Properties. *J. Food Sci.* 1984;49(2):345–350.

71. Dai Z, Wu Z, Jia S, Wu G. Analysis of amino acid composition in proteins of animal tissues and foods as pre-column o-phthaldialdehyde derivatives by HPLC with fluorescence detection. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 2014;964:116–127.

72. Wu G et al. Composition of free and peptide-bound amino acids in beef chuck, loin, and round cuts. *J. Anim. Sci.* 2016;94(6):2603–2613.

73. Schweigert BS, Guthneck BT. The amino acid composition of pork and lamb cuts. *J. Biol. Chem.* 1949;180(3):1077–1083.

74. Quang N, Zarkadas CG. Comparison of the amino acid composition and connective tissue protein contents of selected bovine skeletal muscles. *J. Agric. Food Chem.* 1989;37(5):1279–1286.

75. Samicho Z, Roha Ab Mutalib S, Abdullah N. Amino acid composition of droughtmaster beef at various beef cuts. *AS* 2013;04(05):61–64.

76. Nollet LML, Toldra F. *Handbook of Analysis of Edible Animal By-Products*. CRC Press; 2011:

77. Eastoe JE. The amino acid composition of mammalian collagen and gelatin. *Biochem. J* 1955;61(4):589–600.

78. Schweigert BS, Bennett BA, Guthneck BT. AMINO ACID COMPOSITION OF ORGAN MEATSa. *J. Food Sci.* 1954;19(1-6):219–223.

79. Löest CA, Ferreira AV, Van der Merwe HJ. Chemical and essential amino acid composition of South African Mutton Merino lamb carcasses [Internet]. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 1997;27(1).http://www.ajol.info/index.php/sajas/article/download/44367/27877. cited

80. Samicho Z, Mutalib SRA, Abdullah N. Amino acid composition of droughtmaster beef at various beef cuts [Internet]. *Agricultural Sciences* 2013;4(5B):61–64.

81. Srinivasan KS, Moorjani MN. Essential amino acid content of goat meat in comparison with other meats. *Journal of Food Science and Technology, India* 1974;11(3):123–124, 9 ref.

82. USDA Food Composition Database [Internet]https://ndb.nal.usda.gov/ndb/. cited October 13, 2016

83. Gilani S, Tomé D, Moughan P, Burlingame B. Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation on "Protein Quality Evaluation in Human Nutrition" on [Internet]. *fao.org* http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nutrition/docs/2011_protein_subcommittee_rep.pdf. cited

84. Oberli M et al. High True Ileal Digestibility but Not Postprandial Utilization of Nitrogen from Bovine Meat Protein in Humans Is Moderately Decreased by High-Temperature, Long-Duration Cooking. *J. Nutr.* 2015;145(10):2221–2228.

85. Bax M-L et al. Effects of meat cooking, and of ingested amount, on protein digestion speed and entry of residual proteins into the colon: a study in minipigs. *PLoS One* 2013;8(4):e61252.

86. Gatellier P, Santé-Lhoutellier V. Digestion study of proteins from cooked meat using an enzymatic microreactor. *Meat Sci.* 2009;81(2):405–409.

87. Santé-Lhoutellier V, Astruc T, Marinova P, Greve E, Gatellier P. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *J. Agric. Food Chem.* 2008;56(4):1488–1494.

88. Shaheen N, Islam S, Munmun S, Mohiduzzaman M, Longvah T. Amino acid profiles and digestible indispensable amino acid scores of proteins from the prioritized key foods in Bangladesh. *Food Chem.* 2016;213:83–89.

89. Cui J et al. Gross and true ileal digestible amino acid contents of several animal body proteins and their hydrolysates. *Meat Sci.* 2013;94(3):349–354.

90. Suárez L, Kizlansky A, Lopez LB. Assessment of protein quality in foods by calculating the amino acids score corrected by digestibility [Internet]. *Nutr. Hosp.* [published online ahead of print: 2005];http://europepmc.org/abstract/med/16562812. cited

91. Bhaskar N, Modi VK, Govindaraju K, Radha C, Lalitha RG. Utilization of meat industry by products: protein hydrolysate from sheep visceral mass. *Bioresour. Technol.* 2007;98(2):388–394.

92. Campbell WW et al. Effects of an omnivorous diet compared with a lactoovovegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999;70(6):1032–1039.

93. Robinson MJ et al. Dose-dependent responses of myofibrillar protein synthesis with beef ingestion are enhanced with resistance exercise in middle-aged men. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2013;38(2):120–125.

94. Sharp M et al. The effects of beef protein isolate and whey protein isolate supplementation on lean mass and strength in resistance trained individuals - a double blind, placebo controlled study [Internet]. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2015;12(Suppl 1):P11.

95. Bos C et al. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J. Nutr.* 2003;133(5):1308–1315.

96. Tipton KD et al. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004;36(12):2073–2081.

97. Sindayikengera S, Xia W-S. Nutritional evaluation of caseins and whey proteins and their hydrolysates from Protamex. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 2006;7(2):90–98.

98. Burke LM et al. Effect of intake of different dietary protein sources on plasma amino acid profiles at rest and after exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2012;22(6):452–462.

99. Bax M-L et al. Cooking temperature is a key determinant of in vitro meat protein digestion rate: investigation of underlying mechanisms. *J. Agric. Food Chem.* 2012;60(10):2569–2576.

100. Pennings B et al. Minced beef is more rapidly digested and absorbed than beef steak, resulting in greater postprandial protein retention in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2013;98(1):121–128.

101. Watt KKO, Garnham AP, Snow RJ. Skeletal muscle total creatine content and creatine transporter gene expression in vegetarians prior to and following creatine supplementation. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2004;14(5):517–531.

102. del Campo G, Gallego B, Berregi I, Casado JA. Creatinine, creatine and protein in cooked meat products. *Food Chem.* 1998;63(2):187–190.

103. Tarnopolsky MA. Caffeine and creatine use in sport. *Ann. Nutr. Metab.* 2010;57 Suppl 2:1–8.

104. Sestili P et al. Creatine as an antioxidant. *Amino Acids* 2011;40(5):1385–1396.

105. Trexler ET et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2015;12(1):30.

106. Everaert I et al. Vegetarianism, female gender and increasing age, but not CNDP1 genotype, are associated with reduced muscle carnosine levels in humans. *Amino Acids* 2011;40(4):1221–1229.

107. Gil-Agustí M, Esteve-Romero J, Carda-Broch S. Anserine and carnosine determination in meat samples by pure micellar liquid chromatography. *J. Chromatogr. A* 2008;1189(1-2):444–450.

108. Li-Chan ECY. Bioactive peptides and protein hydrolysates: research trends and challenges for application as nutraceuticals and functional food ingredients. *Current Opinion in Food Science* 2015/2;1:28–37.

109. Porfírio E, Fanaro GB. Collagen supplementation as a complementary therapy for the prevention and treatment of osteoporosis and osteoarthritis: a systematic review. *Rev. bras. geriatr. gerontol.* 2016;19(1):153–164.

110. Ahhmed AM, Muguruma M. A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Sci.* 2010;86(1):110–118.

111. Udenigwe CC, Howard A. Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Res. Int.* 2013;54(1):1021–1032.

112. Jang A, Lee M. Purification and identification of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides from beef hydrolysates. *Meat Sci.* 2005;69(4):653–661.

113. Toubro S, Astrup A. Randomised comparison of diets for maintaining obese subjects' weight after major weight loss: ad lib, low fat, high carbohydrate diet v fixed energy intake. *BMJ* 1997;314(7073):29–34.

114. Barkeling B, Rössner S, Björvell H. Effects of a high-protein meal (meat) and a high-carbohydrate meal (vegetarian) on satiety measured by automated computerized monitoring of subsequent food intake, motivation to eat and food preferences. *Int. J. Obes.* 1990;14(9):743–751.

115. Johnson J, Vickers Z. Effect of Flavor and Macronutrient Composition of Food Servings on Liking, Hunger and Subsequent Intake. *Appetite* 1993/8;21(1):25–39.

116. Brennan IM et al. Effects of fat, protein, and carbohydrate and protein load on appetite, plasma cholecystokinin, peptide YY, and ghrelin, and energy intake in lean and obese men. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2012;303(1):G129–40.

117. Skov AR, Toubro S, Rønn B, Holm L, Astrup A. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1999;23(5):528–536.

118. Weigle DS et al. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005;82(1):41–48.

119. Weigle DS et al. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005;82(1):41–48.

120. Aller EEJG et al. Weight loss maintenance in overweight subjects on ad libitum diets with high or low protein content and glycemic index: the DIOGENES trial 12-month results. *Int. J. Obes.* 2014;38(12):1511–1517.

121. Veldhorst M et al. Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins. *Physiol. Behav.* 2008;94(2):300–307.

122. Batterham RL et al. Critical role for peptide YY in protein-mediated satiation and body-weight regulation. *Cell Metab.* 2006;4(3):223–233.

123. Bowen J, Noakes M, Trenerry C, Clifton PM. Energy intake, ghrelin, and cholecystokinin after different carbohydrate and protein preloads in overweight men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2006;91(4):1477–1483.

124. Lejeune MPGM, Westerterp KR, Adam TCM, Luscombe-Marsh ND, Westerterp-Plantenga MS. Ghrelin and glucagon-like peptide 1 concentrations, 24-h satiety, and energy and substrate metabolism during a high-protein diet and measured in a respiration chamber. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006;83(1):89–94.

125. Uhe AM, Collier GR, O'Dea K. A comparison of the effects of beef, chicken and fish protein on satiety and amino acid profiles in lean male subjects. *J. Nutr.* 1992;122(3):467–472.

126. Koren MS et al. Changes in plasma amino Acid levels do not predict satiety and weight loss on diets with modified macronutrient composition. *Ann. Nutr. Metab.* 2007;51(2):182–187.

127. Clark MJ, Slavin JL. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. *J. Am. Coll. Nutr.* 2013;32(3):200–211.

128. Slavin J, Green H. Dietary fibre and satiety. *Nutr. Bull.* 2007;32:32–42.

129. Alviña M, Araya H. Rapid carbohydrate digestion rate produced lesser short-term satiety in obese preschool children. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2004;58(4):637–642.

130. Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendsen NT, Rasmussen C, Astrup A. Effect of dairy proteins on appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials. *Adv. Nutr.* 2013;4(4):418–438.

131. Pal S, Radavelli-Bagatini S, Hagger M, Ellis V. Comparative effects of whey and casein proteins on satiety in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2014;68(9):980–986.

132. Hall WL, Millward DJ, Long SJ, Morgan LM. Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Br. J. Nutr.* 2003;89(2):239–248.

133. Gielkens HA et al. Effect of i.v. amino acids on satiety in humans. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 1999;23(2):56–60.

134. Halton TL, Hu FB. The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* 2004;23(5):373–385.

135. A Global Food Forums IE. *2013 Protein Trends & Technologies: A Seminar Report [Internet]*

136. A Global Food Forums IE. *2014 Protein Trends & Technologies Seminar: Report: Formulating with Proteins [Internet]*. 2014:

137. Pedersen AN et al. *Danskernes kostvaner 2003 - 2008 [Internet]*. DTU Fødevareinstituttet; 2010:

138. Fagt S et al. *Udviklingen i danskernes kost 1985 - 2001 [Internet]*. Danmarks Fødevare- og Veterinærforskning Afdeling for Ernæring; 2004:

139. Sports Nutrition in Denmark [Internet]http://www.euromonitor.com/sports-nutrition-in-denmark/report. cited August 5, 2016

140. Lyhne N et al. *Danskernes kostvaner 2000-2002 [Internet]*. Danmarks Fødevareforskning - Afdeling for Ernæring; 2005:

141. Råt kød - tilberedt kød [Internet]http://www.ernaeringsfokus.dk/tilberedning/naeringsberegning/naeringsberegning-i-praksis/100-g-tilberedt-koed-ved-at-stege. cited October 13, 2016

142. Susanne Gjedsted Bügel, Wender Bredie, Andreas Buchhave Jensen, Jørgen Dejgård Jensen, Christine Bagge Petersen, Karen Leth. *SMAG - Skønne Måltider til Alle Gamle - Hvidbog om nærende måltider med kulinarisk kvalitet til ældre [Internet]*. Københavns Universitet; 2015:

**Landbrug & Fødevarer**
Axelborg, Axeltorv 3
1609 København V

T +45 3339 4000
F +45 3339 4141

E info@lf.dk
W www.lf.dk