

Forskning om æg og sundhed – et litteraturstudie

Marianne Hammershøj, Lektor, PhD.

Institut for Fødevarer

Faculty of Science and Technology

Aarhus Universitet

ver. 2, 2011



Indhold

Sammendrag	3
1. Baggrund - forbrug og anbefalinger af ægindtag	4
2. Metode - søgning, indsamling og ekstraktion af forskningsbaseret litteratur	5
3. Resultater	6
3.1 Æg og protein	6
3.1.1 Biologisk værdi	6
3.1.2 Allergi	7
3.2 Æg og kolesterol – hjertekarsygdomme	9
3.3 Æg og fedtsyresammensætning	12
3.4 Æg og lutein – aldersrelateret makular degeneration (synssvækkelse)	13
3.5 Æg og vitamin D og K – knogleskørhed	15
3.6 Æg og øvrige vitaminer og mineraler	18
4. Konklusion	21
5. Referencer	22

Sammendrag

Hønsæg er en letfordøjelig fødevarer og ernæringsmæssigt set en protein- og fedtkilde, som indeholder en lang række vitaminer og mineraler af behov for hos mennesket. Ægs aminosyre-sammensætning, som er perfekt afbalanceret i forhold til menneskets behov, klassificerer æg mellem de proteinkilder, der har højst ernæringsmæssig værdi. Æggets lipider indeholder relativt store mængder af umættede fedtsyrer og fosfolipider. Overordnet set varierer ægs sammensætning meget lidt, og afhænger primært af proportionerne mellem æggehvite og æggeblomme, hvilket igen varierer med hønens alder. Derimod kan ægs indhold af fedtsyrer, vitaminer, mineraler og pigmenter variere en del.

Indflydelsen af hønens foder på æggets indhold heraf gør det muligt at påvirke ægs sundhedsmæssige værdi som human fødevarer. For eksempel har humane ernæringsstudier vist en positiv effekt af indtag af æg beriget med umættede fedtsyrer. Karotenoiderne lutein og zeaxanthin optages meget effektivt af mennesker og har høj tilgængelighed for øjets retina, når de indtages fra æg. Tilmed synes det negative image af æg på baggrund af dets relativt høje kolesterolindhold at være aftaget, idet den tidligere formodning om øget kardiovaskulær risiko ikke underbygges af hovedparten af nyere epidemiologiske studier, men kan ikke udelukkes at gælde for mandlige diabetikere og personer med hyperkolesterolæmi, som har øget risiko for forhøjet serum kolesterol ved højt indtag heraf gennem kosten.

Indtaget af æg er for andre specifikke grupper dog begrænset af hhv. sammenhængen til allergene proteiner, og opmærksomheden herpå bør især udvises overfor småbørn (Nau et al., 2010)kolesterol.

1. Baggrund – forbrug og anbefalinger af ægindtag

I Danmark er det Fødevarestyrelsens ernæringskontor, der har ansvaret for de officielle ernæringsanbefalinger. I samarbejde med Motions- og Ernæringsrådet har styrelsen formuleret otte kostråd med målet at nedbringe befolkningens indtag af mættet fedt og øge indtaget af frugt, grønt og fisk.

Æg er ikke direkte nævnt i de otte kostråd. Men da æg bidrager med en lang række værdifulde næringsstoffer og kun indeholder 11 g fedt pr. 100 g (heraf 57 % umættet fedt) har Fødevarestyrelsen formuleret en anbefaling om ægindtaget: ”3-4 æg om ugen kan med fordel indgå i en almindelig sund og varieret kost”.

"I Fødevarestyrelsen anbefaler vi, at man spiser 3-4 æg om ugen. Mange mennesker er urolige for kolesterolindholdet i æg, og æggeblommen har også et relativt højt indhold af kolesterol. Det er dog vigtigt at fremhæve, at det først og fremmest er hele kostens indhold af mættet fedt, der påvirker blodets kolesterolindhold, og at det derfor er langt vigtigere, at man fokuserer på andre madvarer end æg, når man vil tage hensyn til kolesterol i kroppen. "

Else Molander, chef for Fødevarestyrelsens Ernæringskontor

(www.danishmeat.dk)

Denne anbefaling skal sammenholdes med, at hver voksne dansker ifølge undersøgelsen Danskernes Kostvaner 2003-2008 i gennemsnit kun spiser 2,2 æg om ugen og børn spiser 1,5 æg om ugen (Pedersen et al., 2010). Andre undersøgelser viser, at det totale forbrug af æg i Danmark er beregnet til et årligt gennemsnit på 250 æg/indbygger (gennemsnit 2000-2004), og 275 æg/indbygger i 2008, hvilket svarer til ca. 5 æg om ugen (www.danskfjerkræe.dk), hvor EU-gennemsnittet er ca. 220 æg (www.danishmeat.dk), mens amerikanernes ægforbrug til sammenligning lå på 249-259 æg/indbygger i 2007 (www.hsus.org; www.agmrc.org).

Der har gennem en årrække indtil begyndelsen af 1990'erne været et faldende forbrug af æg både i Danmark og den øvrige vestlige verden, hvilket dog synes at være stagneret eller svagt stigende. Tallene fra undersøgelser af danskernes kostvaner fra hhv. 2000-2002 til 2003-2008 viser en mindre stigning i kostens indhold af æg på +5-6% (Pedersen et al. 2010). Produktionsmæssigt er der fra 1990-2007 på verdensplan sket en markant stigning på 78%, hvilket er domineret af Asien, mens Europa og Nordamerika har tabt terræn produktionsmæssigt (Windhorst, 2009). I USA toppede forbruget af æg i 1945 med 402 æg/indbygger om året, dvs. over 7 æg om ugen, og laveste forbrug var i 1991

(www.agmrc.org). Den store forskel mellem kostundersøgelseres resultater for ægindtag (2,2 æg/uge) og det totale ægforbrug (5 æg/uge) kan bl.a. skyldes, at en del af de æg (20-30%) som forarbejdes ikke altid fremgår direkte i kostundersøgelser, og at der er et vist madspild, som bidrager til denne difference.

I Danmark kan det med andre ord se ud til, at indtaget af æg ligger lige omkring Fødevarestyrelsens anbefaling på 3-4 æg/uge. Ud fra denne baggrund søges det gennem den eksisterende viden at belyse:

- *Hvilke stoffer i æg har betydning for æggs sundhedsmæssige værdi eller risiko?*
- *Hvad vides i dag om sammenhængen mellem æg og human sundhed?*
- *Og hvad betyder indtaget af æg herfor?*

2. Metode – søgning, indsamling og ekstraktion af forskningsbaseret litteratur

Et vidensbaseret litteraturstudie om æg og sundhed med målet at søge svar på de spørgsmål, som er stillet i forrige afsnit, er udarbejdet ved Institut for Fødevarekvalitet, Aarhus Universitet. Søgning og indsamling af ny relevant litteratur omkring emnet er foretaget med søgeværktøjet 'ISI Web of Knowledge', som er anvendt til søgning i databaserne Web of Science®, CABI, MEDLINE®, og Food Science and Technology abstracts™. Tilsammen dækker disse videnskabelig litteratur fra år 1899-nu.

Udover de videnskabelige artikler publiceret i tidsskrifter med 'peer review' og proceedings fra konferencer, som er fremkommet fra ovennævnte databaser udgøres litteraturgrundlaget også af oplysninger fra forskellige hjemmesider - både nationale og internationale, og officielle hjemmesider fra fødevarer- og sundhedsmyndigheder samt fra fjerkræbranchen.

Litteraturen er indsamlet i perioden medio-ultimo 2010 og den faktuelle viden, der viderebringes herfra er citeret, gengivet, fortolket, og oversat med kildehenvisninger.

3. Resultater

3.1 Æg og protein

3.1.1 Biologisk værdi

Den ernæringsmæssige værdi af æg er høj. Et helæg (52 g) dækker ca. 12 % af en voksens daglige proteinbehov, samt en del af vitamin og mineralbehovet (se afsnit 3.6) (Sparks, 2006). Især har æg en meget høj biologisk værdi for mennesker idet biotilgængeligheden af mange næringsstoffer er høj. Den biologiske værdi af æg som proteinkilde er >90% p.g.a. en ideel aminosyre sammensætning (Seuss-Baum, 2005). Som proteinkilde er til sammenligning mælks biologiske værdi ~85%, fisk ~75%, og majs ~60% (Seuss-Baum, 2005).

Æg er en fødevarer med et relativt højt proteinindhold; 12,6 g/100g helæg, 15,6 g/100 g æggeblomme og 10,9 g/100 g æggehvite (Tabel 2; www.foodcomp.dk). Da den biologiske værdi samtidig er høj er forsyningen med protein og aminosyrer til eksempelvis muskelopbygning god. For overvægtige fysisk inaktive voksne er en diæt med højt protein indtag (>1.5 g/kg kropsvægt) og lavt kulhydratindhold (<150 g/dag) effektivt til at give vægttab og samtidig forbedre kropssammensætningen (Layman & Walker, 2006). En proteinrig kost under vægttab reducerer tabet af muskelmasse og øger tabet af krops fedt. En hypotese er at aminosyren leucin stimulerer proteinsyntesen, hvorved muskelproteinmassen vedligeholdes i perioder med begrænset energiindtag, og at leucin modulerer insulin signalet og brugen af glucose af skeletmuskulaturen. Hvor totalprotein er vigtigt som substrat for gluconeogenesis, synes leucin at regulere den oxidative brug af glucose i skeletmuskulaturen og stabiliserer glucose miljøet med efterfølgende lavt insulinrespons ved lavt energiindtag. Et måltid indeholdende 2.5g leucin udløser efterfølgende et anabolisk respons som beskytter fysisk aktivt væv f.eks. muskelmasse under vægttab og øger fedtforbrændingen (Layman & Walker, 2006; Devkota & Layman, 2010).

Der findes ikke direkte evidens for at indtag af æg skulle have ovennævnte effekt, men da indholdet af leucine er relativt højt: 1,1 g/100 g helæg, 1,4 g/100 g æggeblomme og 1,0 g/100 g æggehvite (www.foodcomp.dk), kan en hypotese være at ægs indhold af leucin er med til at æg kan anbefales under en diæt med vægttab som mål. Til sammenligning er indholdet af leucin generelt højest i tørrede mælke- og ægprodukter med 3,5-6,9 g/100g, og ost har et relativt højt indhold på 2,2-2,8 g/100g, mens fisk indeholder 1,5-2,1 g/100 g og kød indeholder 1,1-1,8 g/100g (www.foodcomp.dk)

En undersøgelse af proteinkilders effekt på mæthedsfornemmelse og appetitregulering viste at når valleprotein, tun, kalkun og æg albumin blev indtaget 4 timer forud for et buffet måltid, gav valleprotein den signifikant største mæthedsfornemmelse, laveste blod glucose respons og reducerede appetitten, så energiindtaget ved et ad libitum måltid blev lavere (Pal & Ellis, 2010). Der var ingen forskel mellem æg, tun og kalkun som proteinkilder herpå, hvilket indikerer at æg ikke er en potentiel god proteinkilde til brug for appetitsænkning og

dermed vægttab hos overvægtige, hvilket er bekræftet af Anderson et al. (2004). Modsat har det vist sig, at indtag af et ægbaseret måltid (22% kulhydrat/55% fedt/23% protein) til morgenmad sammenlignet med et hvedebaseret måltid (72% kulhydrat/12% fedt/16% protein) betød et lavere energiindtag efter ægmåltidet og signifikant mindre sultfølelse 3 timer efter (Ratliff et al., 2010), samt kan betyde vægttab efter 8 uger på en lavenergiholdig kost, men ikke på en ikke-reguleret kost (Vander Wal et al., 2008).

Der er således divergerende resultater omkring æg og ægproteins effekt på appetitreguleringen, hvilket er relativt til hvad der sammenlignes med. I forhold til andre proteinkilder synes æg ikke at have en særlig effekt på appetitreguleringen og mæthedfølelsen, mens dette er tilfældet når der sammenlignes med en kulhydratbaseret kilde. Det antages, at protein:kulhydrat forholdet er afgørende her og ikke ægs protein eller aminosyresammensætning.

3.1.2 Allergi

Ægs proteinindhold og aminosyresammensætning er således vigtig i en ernæringsmæssig sammenhæng. Dog kan æg forårsage fødevarerallergi, hvilket skyldes proteinerne i æg og er resultatet af et atypisk respons i slimhindens immunsystem ved indtag af æg (Armentia et al., 2010). Ægallergi giver oftest symptomer på huden eller som respirationsbesvær, men anafylaktiske reaktioner kan forekomme. Ægallergi er absolut et vigtigt sundhedsmæssigt problem, hvor det kan være vanskeligt for æg-allergikere at undgå æg i mange forarbejdede fødevarer.

Udbredelsen af ægallergi er størst hos børn med eksempelvis 2% i forhold til 0,1% hos voksne i Storbritannien (Clark et al., 2010). En tidligere spørgeundersøgelse i Europa med svar for 8825 børn viste, at et gennemsnit på 19% af børn er allergiske overfor æg (Steinke et al., 2007), dog med meget stor variation mellem lande fra praktisk taget 0% i Danmark til ~27% i Grækenland, Polen og Slovenien. Selv om dette studie viste at ægallergi i Danmark ikke er udbredt, er ægallergi i dag – næstefter mælk – den næst hyppigste fødevarerallergi blandt børn. I USA har ca. 1,3% af børnene ægallergi (Sicherer and Sampson, 2006). Heraf vil ca. halvdelen vokse fra deres ægallergi inden 5-årsalderen (www.foedevareallergi.dk, www.foodallergy.org). Der findes desværre ikke danske repræsentative data, som beskriver forekomsten af ægallergi (www.sundhed.dk). Sandsynligvis er der en sammenhæng mellem pollenallergi og forskellige fødevarerallergier, som krydsreagerer. Da der er mange birkeallergikere i Danmark og Sverige – som ikke krydsreagerer med æg – er der færre, der lider heraf i forhold til f.eks. i Baltikum og Rusland, hvor bynke-allergi er mere udbredt, og denne allergi krydsreagerer med overfølsomhed overfor æg (Eriksson et al., 2004).

De allergene proteiner i æg, som er identificerede, er primært æggehviteproteinerne ovalbumin og ovomucoid, og herefter ovomucin, lysozyme og ovotransferrin, som sammen

med nogle æggeblomme proteiner (α -livetin, apovitellenin I og VI, samt phosvitin) er mindre allergene (Deblay et al., 1994; Walsh et al., 1988). Selv om dette er et relativt sparsomt studeret område er der etableret nogle sammenhænge for visse patienter mellem anafylaksis og allergi overfor ovotransferrin (Mine and Jie, 2002), og mellem overfølsomhed eller allergi og reaktion overfor pepsin-fordøjet ovomucoid (Urisu et al., 1999; Yamada et al., 2000).

Det vides, at nogle personer, som er allergiske overfor rå æg ikke reagerer overfor kogt æg, og at varmebehandling generelt nedsætter allergeniciteten ved at denaturere proteinerne, d.v.s. konformationen ændres (Nowak-Wegrzyn and Fiocchi, 2009). Dog er ovomucoid relativt varmeresistent, så allergi udløst af dette protein kan vanskeligt inaktiveres ved kogning af æg, mens stærkere varmebehandling som f.eks. ved bagning kan nedbringe det ovomucoid specifikke IgG4 immunrespons (Lemon-Mule et al., 2008).

Nyere forskning viser, at ægallergi måske kan reduceres ved tilsætning af syre (eddike) under varmebehandling af fødevaren (Armentia et al., 2010), hvilket er med til at sænke mavens pH, som kan give øget fordøjelsesfunktionen og dermed reducere risikoen for fødevareallergi.

Det har været normalt at anbefale at udsætte introduktion af madvarer, som anses som stærke allergener (æg, fisk, nødder og ærter) til børn efter 1 års alderen (www.sundhedsinformation.dk). Disse anbefalinger om at udsætte introduktion af f.eks. æg, som regnes som stærk allergen til efter 1 års alderen, tilrådes kun til familier, hvor risikoen for udvikling af allergisygdom er betydelig. Et meget nyligt australsk studie har undersøgt om ægallergi hos børn, der er 11-15 måneder gamle, hænger sammen med, hvornår æg er introduceret i kosten (Koplin et al., 2010). I alt 2589 børn deltog i studiet, og det viste, at jo ældre børnene var, når de første gang fik æg, jo højere var risiko-oddsene for ægallergi: ved 1 års alderen var der 5,6 % af børnene, som var introduceret til kogt æg ved 4-6 måneders alderen, som havde ægallergi, 7,8% havde ægallergi af de, som var introduceret til kogt æg ved 7-9 måneders alderen, og 10,1% ved introduktion af kogt æg ved 10-12 måneders alderen. Der var ingen sammenhæng til hvor længe børnene var blevet ammet eller hvornår de ellers var introduceret til fast føde, og forfatterne konkluderer at introduktion af kogt æg ved 4-6 måneders alderen muligvis kan beskytte mod ægallergi (Koplin et al., 2010).

Sammenfattende er æg en vigtig proteinkilde med høj biologisk værdi. På basis af ægs indhold af leucin kan æg potentielt indgå i en diæt med væggtab som mål på linie med andre proteinrige fødevarer. Ægallergi er et problem hos små børn, men mindre udbredt hos voksne. Ægallergi kan mindskes ved varmebehandling, surt pH under tilberedning af æg og muligvis ved at introducere æg tidligt i småbørns kost. Omkring halvdelen af børn med ægallergi vokser fra dette.

3.2 Æg og kolesterol – hjertekarsygdomme

Det har været kendt gennem årtier, at hyperkolesterolæmi eller et højt indhold af total kolesterol herunder specifikt LDL-kolesterol i blodbanens plasma hos mennesker øger risikoen for hjertekarsygdomme som bl.a. forårsager blodpropper (Constance, 2009). Der er derfor gennem tiden blevet sat lighedstegn mellem et højt kolesterolindtag gennem kosten og et helbredsmæssigt skadeligt højt kolesterolindhold i serum (Jones, 2009). Efterhånden er der på baggrund af observationer, mekanistiske og genetiske studier skabt evidens for, at øget koncentration af HDL-kolesterol i blodbanen som en kosteffekt reducerer risikoen for hjertekarsygdomme (Kitamura et al., 1994; Stein & Stein, 1999; Vega & Grundy, 1996).

For omkring 45-60 år siden, i to studier gennemført i 1949 og fra 1958-1964, blev der for første gang foreslået en sammenhæng mellem kostens kolesterolindhold, blodets kolesterolindhold og dødelighed af hjertekarsygdomme (Keys, 1953; Keys et al. 1984). Disse to studier kombinerede data fra hhv. 6 og 7 lande, og fandt 1) en sammenhæng mellem dødelighed og andelen af kalorier indtaget fra fedt som kilde, 2) en national udvikling i fedt-indtag og øget forekomst af hjertekarsygdomme samt 3) en korrelation mellem serum kolesterol og frekvens af dødsfald med hjertekarsygdomme som årsag. Disse studier er kritiseret (Volk, 2007) for at være baseret på usammenlignelige data, og for hverken at be- eller afkræfte hypotesen om en sammenhæng mellem serum kolesterol niveau og hjertekarsygdomme.

Hønseæg indeholder ca. 200 mg kolesterol pr. æg eller 425 mg kolesterol pr. 100 g æg, så det var/er umiddelbart nærliggende at sætte lighedstegn mellem indtag af æg i kosten og øget serum kolesterol og deraf øget risiko for hjertekarsygdomme og dødsfald forårsaget heraf. Den formodede forbindelse mellem æg, højt kolesterolindhold i kosten og blodets lipidstatus blev dannet ud fra en række tværsnitsundersøgelser med en del uforklarede uoverensstemmelser (Constance, 2009; Jones, 2009).

I en samlet vurdering af 222 studier over årene fra 1974-1999, hvor forholdet mellem kostens kolesterol og forholdet mellem total:HDL kolesterol koncentration blev undersøgt, viste kun 17 studier sig at opfylde grundlæggende videnskabelige kriterier om at inkludere en kontrolgruppe, at de eksperimentelle diæter kun var forskellige m.h.t. mængden af kolesterol i kosten eller antal æg, og at forsøgsperioden var mindst 14 dage (Weggemans et al., 2001). Det samlede billede af disse studier viste, at et øget kolesterolindtag på 100 mg/dag forøgede total:HDL kolesterol med 0,020 enheder, total kolesterolindholdet med 0,056 mM, og HDL kolesterolindholdet med 0,008 mM. Ud fra denne sammenfatning synes rådet om at begrænse kolesterolindtaget gennem kosten stadig at være gældende.

Først i slutningen af 1990'erne blev et mere definitivt studie om emnet 'kostens kolesterolindhold og hjertekarsygdomme hos mænd og kvinder' offentliggjort (Hu et al. 1999). Dette studie er efterfølgende refereret som 'the Harvard Egg Study', og er baseret på data for 37851 mænd, som fulgtes fra 1986-1994 og 80082 kvinder, som fulgtes fra 1976-1990. Til forskel fra tidligere studier er data herfra analyseret under korrektion for forskelle i

alder, total energiindtag, rygning, alkoholindtag, forhøjet blodtryk, forældres historik omkring hjerteanfald, BMI, vitaminindtag og andre risikofaktorer for hjertekarsygdomme. Resultatet viste ingen generel sammenhæng mellem indtag af æg og risiko for hjertekarsygdom eller hjerteanfald. Dette synes at være gældende for et ægindtag på op til 7 stk. om ugen. Selv ved dette indtag var den relative risiko for hjertekarsygdom hos både mænd og kvinder 1,08, og for hjerteanfald 1,07 hos mænd og 0,89 hos kvinder. Denne risiko forblev usignifikant efter opdeling i hjerteanfald forårsaget hhv. af åreforkalkning og blødning (Hu et al., 1999).

Én undergruppe i undersøgelsen udviste dog en signifikant forhøjet risiko for hjertekarsygdom; nemlig mænd med type 2 diabetes, som indtog mindst et æg om dagen (Hu et al., 1999), hvor den relative risiko var 2,02. Senere har en undersøgelse af kvindelige diabetikere vist, at kolesterolindtaget var relateret til en øget risiko for kardiovaskulære sygdomme (Tanasescu et al., 2004). Dette forhold omkring risikoen for hjertekarsygdomme hos type 2 diabetikere er senere blevet bekræftet (Qureshi et al., 2007), mens andre ikke finder en statistisk sikker effekt på risikoen for hjerteinfarkt og blodprop ved et indtag på 7 æg eller mere pr. uge (Qureshi et al., 2007). Derimod var dødeligheden i opfølgningsstiden efter et hjerteanfald fordoblet hos de diabetikere, som spiste 7 æg eller mere om ugen, og hos ikke-diabetikere var denne dødelighed øget med 22% efterfølgende (Djoussé and Gaziano, 2008b). Forklaringen herpå kan være relateret til unormal kolesterol transport hos diabetikere som resultat af lavere niveau af apolipoprotein E og et øget niveau af apolipoprotein III (Jones, 2009).

Efterfølgende har en række studier og undersøgelser understøttet 'the Harvard Egg Study's' resultater: at sammenhængen mellem kostens og blodets kolesterolindhold sandsynligvis er mere kompleks og ikke umiddelbar lineær, som det tidligere er antaget (Harman et al. 2008; Constance, 2009; Jones, 2009).

I det europæiske EURODIAB Complications Study fandt man, at de mest signifikante bidrag gennem kosten til en øget prævalens af kardiovaskulære sygdomme er indtag af totalt fedt, mættet fedt og kolesterol (Toeller et al., 1999). Disse sammenhænge var dog ikke længere signifikante efter justering for indtag af kostfibre, for hvilke en selvstændig sammenhæng med serumkolesterol og kardiovaskulære sygdomme er demonstreret (Toeller et al., 1999). De europæiske anbefalinger omkring mættet fedt og trans-umættet fedt er at disse skal udgøre <10% af totale daglige energiindtag, og at dette bør være <8% hvis LDL-kolesterol er øget (Mann et al., 2004)

Også i et Japansk studie, som indbefattede måling af kolesterol tallet hos mere end 30.000 personer, fandt man ingen forbindelse mellem ægindtag og risiko for hjertekarsygdom, mens total kolesterol i blodet øgede risikoen signifikant, og konkluderede at hyppig ægindtag ikke kan forbindes med øget tilfælde af hjertekarsygdom hos midaldrende Japanske mænd og kvinder (Nakamura et al., 2006).

Herunder har det bl.a. vist sig, at indtag af 3 æg pr. dag øger HDL kolesterol og triglyceridindhold i serum hos overvægtige mænd, som indtager en kulhydrat-begrænset

kost, mens hverken total eller LDL-cholesterol var signifikant påvirket gennem 12 ugers diæt (Mutungi et al., 2008). Desuden viser et par nyere studier, at risikoen for hjertesvigt forhøjes ved et indtag på 7 æg eller mere om ugen (Djoussé and Gaziano, 2008a; Nettleton et al., 2008).

For diabetes patienter følger de danske anbefalinger i dag de Europæiske retningslinier givet af 'Diabetes and Nutrition Study Group' (DNSG) under 'European Association for the Study of Diabetes (EASD)' (Hermansen, 2011). Her anbefales at kolesterol indtaget ikke overstiger 300 mg/dag og hvis LDL-cholesterol niveauet er forhøjet reduceres anbefalingen af indtaget yderligere (Mann et al., 2004). Dette svarer ca. til kolesterolindholdet i 1 æg á 60 g (Tabel 2), så for denne gruppe kan anbefalingen ikke inkludere 1 æg om dagen under hensyntagen til andre kolesterolkilder i kosten. DNSG's evaluering af kolesterolindtag er bl.a. baseret på data (Weggemans et al., 2001), som viser, at kolesterolniveauet i plasma stiger med øget indtag af kolesterol i kosten, og som dermed leder hen til anbefalingen om at begrænse kolesterolindtaget (Mann et al., 2004).

Problemstillingen omkring kolesterolindholdet i menneskets kost har givet anledning til mange forsøg på at reducere kolesterolindholdet i æg. Selv om dette har involveret en række forskellige tilgange, inklusiv genetisk selektion og ernæringsmæssige eller farmakologisk manipulation, har resultaterne gang på gang vist at æggeblommens kolesterolindhold er meget modstandsdygtigt overfor at kunne ændres (Griffin 1992). Årsagen hertil formodes at være den specifikke mekanisme ved æggeblommens dannelse. Forstadierne til æggeblommerne syntetiseres i leveren og transporteres i plasmaet til ovariet, hvor de optages i de udviklende follikler ved receptor-medieret endocytose. Som en konsekvens heraf, afhænger kolesterolindholdet af æggeblommen primært af kolesterolindholdet i de triglyceridholdige lipoproteiner. Studier hos pattedyr har vist, at inhibering af kolesterol syntesen kan reducere syntesen og sekretionen af lipoproteiner fra leveren, men har meget lille effekt på sammensætningen af de lipoproteiner som sekreteres. Dette i sammenhæng med kolesterol's hovedrolle i syntesen af steroid-hormoner, ser ud til at forhindre mulighederne for væsentlige reduktioner i æggeblommens kolesterolindhold gennem manipulation af kolesterol metabolismen (Griffin, 1992).

Sammenfattende synes der ikke ud fra den foreliggende viden i dag at være en generel forøget risiko for forhøjet kolesterolindhold i blodbanen eller forhøjet risiko for hjertekarsygdom hos personer med normalt helbred, d.v.s. hos ikke-diabetikere og personer, som ikke lider af hypercholesterolemí, ved et ægindtag på op til 7 æg/uge.

3.3 Æg og fedtsyresammensætning

Betydningen af kostens fedtsyresammensætning, herunder især omega-3 fedtsyrer og langkædede (> 20 kulstofatomer) polyumættede fedtsyrer (PUFA), for den humane sundhed er gennem de seneste årtier belyst i en lang række studier og undersøgelser. De sundhedsmæssige fordele ved indtagelse af langkædede omega-3 fedtsyrer har vist sig at være signifikante og veldokumenterede for forebyggelse og behandling af hjertekarsygdomme, forhøjet blodtryk, leddegigt og autoimmune lidelser, så vel som forebyggelse af visse kræftformer og er essentielle for udviklingen af hjerne og syn i fosterstadiet (Kovacs-Nolan et al. 2005; Simopoulos, 2002; Bourre, 2004; Woods and Fearon, 2009).

Æg indeholder fedt og dermed fedtsyrer alene i æggeblommen. Fedtsyresammensætningen i æg kan relativt let påvirkes i retning af højere indhold af omega-3 fedtsyrer og PUFA gennem fodring med et øget indhold heraf i foderet. Igennem tiden har forskellige kilder med øget indhold af omega-3 fedtsyrer og PUFA været studeret for deres effekt på fedtsyresammensætningen i hønseæg, som f.eks. fiskeolie (Aro et al., 2000; Hammershøj, 1995; Hargis and Elswyk, 1993), mikroalger (Fredriksson et al., 2006), rapsfrø (Brettschneider et al., 1997; Vogtmann and Clandinin, 1975), hørfrø (Caston and Leeson, 1990; Cherian and Sim, 1991; Yannakopoulos et al., 1999) og senest også krill-olie (Kassis et al., 2010). Også nyere forskning har fokuseret på berigelse af æg med omega-3 fedtsyrer og PUFA (Cherian et al., 2007; Kassis et al., 2010; Musa-Veloso et al., 2010; Woods and Fearon, 2009).

Især de to langkædede omega-3 fedtsyrer eicosapentaensyre (C20:5n-3) og docosahexaensyre (C22:6n-3), som bl.a. findes i fisk og marine produkter, har vist sig at have en gavnlige effekt på triglyceridindholdet i serum (Musa-Veloso et al., 2010). Et anbefalet dagligt indtag på 200-500 mg kan reducere triglyceridindholdet i serum med 3-7%. Indholdet i æg ved fodring med f.eks. 3% fiskeolie kan nå op på ca. 25 mg eicosapentaensyre og 148 mg docosahexaensyre i et gennemsnitsæg på 60 g (Hammershøj, 1995). Her skal man dog være opmærksom på, at fiskeolie kan give afsmag til æggene ved et højt indhold i foderet. Ved et øget PUFA indhold i æggeblommefedt ses en samtidig reduktion i indhold af monoumættet fedt, hvorimod den relative andel af mættet fedt ikke ændres væsentligt (Cherian et al., 2007; Hammershøj, 1995).

Et gennemgående træk ved mange studier af ægs sundhedsmæssige egenskaber er at indtag af æg oftest refererer til mængde og mangler kvalitativ information. Muligheden for at differentiere det ernæringsmæssige bidrag fra æg kan f.eks. finde anvendelse i forhold til hjertekarsygdomme. I denne sammenhæng kan æg beriges med omega-3 PUFA og langkædede PUFA i størrelsesordenen 2-4 gange forøgelse i indholdet heraf og reducere forholdet mellem omega-6/omega-3 fedtsyrer (Shapira, 2010). Sådanne berigede æg kan betyde et bidrag på op til 10-20% af omega-3 PUFA indtaget og 40% af indtaget af DHA i kosten (Shapira, 2010).

Sammenfattende kan æg være en kilde til polyumættede langkædede omega-3 fedtsyrer med en sundhedsgavnlig effekt overfor især hjertekarsygdomme. Der er muligheder for at berige æg med disse fedtsyrer primært gennem fodring med olier eller marine fodermidler. Æg kan yde et væsentligt bidrag af disse fedtsyrer til det totale indtag gennem kosten.

3.4 Æg og lutein – aldersrelateret makular degeneration (synssvækkelse)

I planter er det de naturlige pigmenter karotenoider, klorofyller og betalaniner, som giver farven. Karotenoiderne er gule, orange og røde farvestoffer (Kidmose *et al.*, 2002).

Karotenoiderne kan opdeles i to undergrupper: xanthofyllerne, som har en hydroxygruppe i molekylestrukturen, og karotenerne, som ikke har en hydroxygruppe. Der er stor variation i farverne for de enkelte karotenoider indenfor såvel xanthofyllerne som karotenerne.

Xanthofyllet lutein har således en kraftig gul farve, mens zeaxanthin er gul/orange.

Udover, at karotenoiderne har en betydning for farven af grønsager, er visse af dem også kendt for at have en beskyttende effekt mod en lang række kroniske sygdomme. Provitamin A karotenoiderne kan efter absorption omdannes til A-vitamin i kroppen. Endvidere ser visse af karotenoiderne ud til at have en positiv effekt for human sundhed, som følge af deres beskyttende egenskaber mod forskellige typer af hjerte-kar sygdomme, visse kræftformer (Burri, 1997; Basu *et al.* 2001), samt visse øjensygdomme (Mares-Perlman *et al.*, 2002). Senest er luteins og zeaxanthins effekt som sundhedsfremmende stoffer beskrevet i et review (Ma & Lin, 2010). Xanthofyllerne lutein og zeaxanthin, som ikke er provitamin A karotenoider, ser således ud til at kunne forebygge og reducere forekomsten af øjensygdommene grå stær og Age Related Macular Disease (ARMD), eller på dansk: aldersrelateret synssvækkelse, som i den vestlige verden er den hyppigste årsag til synsnedsættelse hos ældre (Leeson & Caston, 2004). Lutein og zeaxanthin indlejres i øjets retina og linse, hvor disse xanthofyller virker antioxidativt og er aktive som lys-filtre af lys med blå bølgelængder og beskytter dermed mod fotooxidativ beskadigelse (Johnson, 2002; Mares-Perlman *et al.*, 2002; Leeson & Caston, 2004; Ma & Lin, 2010).

Spørgsmålet er, hvor meget skal indtaget af lutein og/eller zeaxanthin være for at forebygge aldersrelateret synssvækkelse? Dette afhænger bl.a. af ens alder, ens fysiske tilstand og andre faktorer. Studier af ARMD udvikling og lutein indtag via kosten viser, at mellem 4-20 mg/dag med et gennemsnit omkring 6 mg lutein pr. dag er nødvendigt for at reducere forekomsten af ARMD (Granado *et al.*, 2003); <http://www.jcrows.com/lutein.html>). Blandt andet er det vist, at et indtag på 6 mg/dag af lutein igennem 5 måneder øgede koncentrationen af pigment i macula signifikant (Landrum *et al.*, 1997). I fortsættelse heraf viser et meget nyt studie, at et dagligt indtag af lutein på hhv. 0, 5, 10 eller 20 mg giver et lineært respons i serum lutein koncentration og samtidig et lineært dosis-respons i hastigheden, hvormed maculas pigment tæthed øges (Bone and Landrum, 2010), hvilket indikerer, at lutein optagelse og deponering i kroppen er proportionalt med indtaget.

Data for aktuelle lutein (og zeaxanthin) indtag gennem kosten er meget sparsomme. En del mennesker får sandsynligvis ikke nok lutein igennem kosten. Generelt er indtaget lavt omkring 0,6-3 mg/dag (Johnson, 2002; Leeson and Caston, 2004; Leth et al., 2000). En undersøgelse i UK viste et gennemsnitligt lutein-indtag på 1-3 mg/dag (Brewer, 2010).

Da indtaget af lutein gennem kosten således er lavere end det anbefalede indtag for at forebygge og/eller reducere ARMD kan kosttilskud af lutein overvejes. Selv meget høje doser af hhv. lutein og lutein-ester på op til 400 mg/kg kropsvægt hos rotter over en periode på 13 uger viste ingen toksiske effekter og medførte ingen ændringer i hverken lever- eller nyrefunktion (Preethi et al., 2008)

En gennemgang af de forskellige studier omkring sammenhænge mellem lutein indtag, serum koncentration af lutein, forekomst af ARMD og udvikling af grå stær viser, at der er fundet store forskelle i effekten heraf; lige fra en beskyttende effekt af lutein til ingen påviselige sammenhænge (Granado et al., 2003; Lyle et al., 1999; Mares-Perlman et al., 2002; Schweitzer et al., 2010; Seddon et al., 1994). Det overvejende billede er dog, at lutein og zeaxanthin er vigtige for at bevare en god synsfunktion og forebygge udvikling af ARMD og grå stær (Zhao et al., 2006).

De enkelte forbindelser indenfor karotenoiderne vil, afhængigt af deres kemiske og fysiske egenskaber, absorberes i æggeblommen på forskellig vis. Nyere forskning har således vist, at graden af polariteten af karotenoiderne har stor betydning for allokering af disse forbindelser i æggeblommen, idet de mest polære karotenoider, xanthofyllerne, absorberes bedre end de mere apolære karotenoider, karotenerne (Na *et al.*, 2004). Af det syntetisk fremstillede xanthofyl, β -8-apo-carotenoidsyre ethyl ester, akkumuleres der f.eks. 34 % i æggeblommen (Roche 1988). Et studie med anvendelse af orange gulerødder sammen med majsensilage som grovfoder til æglæggende høner viste, at blommefarven blev signifikant mørkere og mindre grønlig, hvilket indikerede en aflejring i æggeblommen af karotenoider fra grovfoderet (Hammershøj & Steinfeldt, 2005). Tilsætning af syntetisk lutein eller et koncentrat af tagetes til hønsefoder har vist sig at øge indholdet af lutein i æggeblommen signifikant (Leeson & Caston, 2004; Chung *et al.*, 2004). Samtidig har humane koststudier vist, at biotilgængeligheden af lutein, som indtages fra æg, er signifikant højere end af syntetisk lutein eller lutein i spinat (Chung *et al.*, 2004). Den eksakte mekanisme bag dette kendes endnu ikke. Blodets luteinkoncentration efter indtag af æg med lutein var 2-3 gange højere end ved samme dosis indtaget fra hhv. spinat og syntetisk lutein.

Desuden har et studie med fodring med 70 g/høne/dag af forskellige farvede gulerodssorter, som havde forskellig karotenoidsammensætning, vist, at den rødlige farvekomponent af æggeblommens farve var positivt påvirket ved fodring med lilla gulerødder, hvilket korrelerede positivt med karotenoidindholdet i æggeblommen. Især de lilla gulerødder resulterede i signifikant højere luteinindhold: 1,5 gange højere end i æg fra høner som ikke fik gulerødder og mere end 100 gange højere β -karotenindhold. Således kan den sundhedsmæssige værdi af æg også øges ved at vælge fodermidler med naturligt højt karotenoidindhold (Hammershøj & Steinfeldt, 2010).

Luteinindholdet i æggeblommen afhænger dels af fodringen af hønerne og også delvist af produktionssystemet. Hvor der er adgang til et udeareal med grøn vegetation har hønerne større mulighed for at indtage karotenoider. Eksempelvis, har en undersøgelse vist, at økologiske æg i Danmark indeholdt 2-3 gange så meget lutein som konventionelle æg (Leth et al., 2000), hvorimod en undersøgelse i UK viste, at indholdet af lutein i konventionelle æg var 2-4 gange højere end i økologiske æg (Surai et al., 2000), hvilket sandsynligvis afspejler forskelle i foderets sammensætning og indhold af luteinrige kilder.

Betydningen af æg i kosten for bidraget til lutein indtaget blev undersøgt i 5 europæiske lande (Granado et al., 2003), og alle steder var æg i top-10 blandt fødevarer som bidrog til lutein (og zeaxanthin) indtaget. Mellem 4-10% af luteinindtaget viser sig at stamme fra æg. Grønbladede vegetabilier er de største bidragende fødevarer til luteinindtaget, især spinat, broccoli, salat og ærter (Granado et al., 2003).

Lutein er kvantitativt det mest dominerende karotenoid i æggeblommen og udgør i gennemsnit ca. 65% (53-72%) af det totale karotenoidindhold (Hammershøj et al., 2010). Gennem fodring af æglæggende høner med forskellige lutein- og zeaxanthinrige fodermidler kan koncentrationen i æggeblommen variere fra 7-120 mg lutein /kg blomme og 0,2-13 mg zeaxanthin/kg blomme (Hammershøj et al., 2010; Handelman et al., 1999; Karadas et al., 2006; Leeson and Caston, 2004; Schlatterer and Breithaupt, 2006; Surai et al., 2000).

Sammendragende er der behov for øget indtag gennem kosten af karotenoiderne lutein og zeaxanthin for at forebygge aldersrelateret synssvækkelse i forhold til det nuværende indtag. Naturlige luteinkilder er bladgrøntsvegetabilier f.eks. spinat men også æg har et højt luteinindhold og er en vigtig kilde. Æg kan gennem hønens fodring relativt let beriges med lutein og zeaxanthin.

3.5 Æg og vitamin D og K – knogleskørhed

Livsstilssygdommen osteoporose (knogleskørhed) koster hvert år samfundet mange penge og optager sengepladser på de danske hospitaler i forbindelse med knoglebrud, som især rammer ældre kvinder. Helingsprocessen er langvarig og ofte ikke til fuld førlighed. Gruppen af ældre er voksende i det danske samfund, så alene herudfra forventes osteoporose at blive et stigende problem for flere.

Menneskets knoglemasse topper omkring 30 års alderen, hvorefter en langsom afkalkning sker, og hos kvinder hurtigere efter menopausen. Ved skeletsygdommen osteoporose er knogledens brydningen høj, knoglemassen nedsat og mikrostrukturen er ændret, så knoglebrud let kan opstå. Opbygning af knoglemasse kræver et vist indtag af calcium gennem kosten. D-vitamin øger absorptionen af calcium over tarmepithelet, og K-vitamin kan også have en positiv effekt på binding af calcium og dermed reducere afkalkningen

fra knoglerne, men effekten heraf er mindre undersøgt. Blandt ældre er ~80% i D-vitamin underskud p.g.a. faldende evne til at danne D-vitamin i huden ved soleksponering og lavt indtag via kosten. Især fede fisk er en god D-vitamin kilde, grønne bladgrønsager er gode K-vitamin kilder, og mælkeprodukter er vores vigtigste calciumkilde. For ældre med lille appetit kan det være vanskeligt at indtage tilstrækkeligt D-vitamin, K-vitamin og calcium til at dække behovet. .

De vigtigste faktorer for forebyggelse af osteoporose er tilstrækkelig indtag gennem kosten af calcium, vitamin D status, og fysisk aktivitet (Wickham et al 1989; Charles, 1999; Burckhardt, 2002; Ingerslev et al 2002). Forholdet mellem calcium og vitamin D i knoglemineraliseringen har været studeret intenst (Chaupy et al. 1992; Dawson-Hughes, et al. 1997; Burckhardt, 2002; Mosekilde, 2005). Calcium reducerer koncentrationen i plasma af parathyroid hormon (PTH), som ved forhøjet niveau/koncentration er associeret med øget knogleomsætning og tab af knoglemasse (Brot et al. 2001). Vitamin D øger calcium absorptionen, og dermed sænkes PTH niveauet, og på sigt reduceres knogleomsætningen og knoglens mineraltæthed øges (Burckhardt, 2002).

Et dagligt indtag af 10 µg vitamin D og 1 g calcium kan reducere antal tilfælde med osteoporose-knoglebrud med 16% over en 3-årig periode (Larsen et al., 2004). En anden vigtig funktion af vitamin D er effekten på muskelfunktionen (Mosekilde, 2005). Osteoporosepatienter er også kendetegnede ved nedsat muskelmasse og -styrke. Vitamin D stimulerer optagelsen af uorganisk fosfat i muskelcellerne. Fosfat er vigtigt for forbindelserne ATP og kreatin, som er vitale for muskelkontraktionen.

Vitamin K er et andet vigtigt, men mindre studeret, faktor i knogledannelsen. Nogle studier har vist at vitamin K er gavnlig for at øge knoglemassen og reducere knoglebrud hos osteoporosepatienter (Luo & Xu, 2003). Vitamin K er en cofaktor for carboxylase-reaktionen, hvor γ -carboxyglutamate (Gla) dannes. Gla er en sjældent forekommende aminosyre, som er en stærk chelator af calcium, og Gla-proteiner er bl.a. involveret i blodkoagulering og knoglemetabolismen, hvor niveauet i serum af osteocalcin, et af knogle Gla-proteinerne, som kun produceres i osteoblasterne, generelt bruges som markør for knoglemetabolismen (Suzuki et al., 1997). Sædvanligvis behandles osteoporose med f.eks. PTH, bisphosphonater, selektive østrogen-receptor modulatorer, og/eller kosttilskud af calcium og vitamin D, hvoraf nogle kan give bivirkninger.

Tilstrækkeligt indtag af calcium, vitamin D og K er således vigtigt, men hvad er status? I nedenstående Tabel 1 ses de anbefalede daglige indtag (ADI), målte indtag i Danmark og indhold i æg og mælk af calcium og vitamin D og K. Vitamin K2 (menaquinon) har en højere biologisk aktivitet end vitamin K1 (phylloquinon) i knoglemetabolismen hos rotter, men indholdet af vitamin K2 i fødevarer er lavt. Fugle har en højere vitamin K2 metabolisme end pattedyr, og relativt høje koncentrationer kan indlejres i hønseæg.

Tabel 1. Dagligt anbefalet og aktuelt indtag af calcium, vitamin D og vitamin K samt indhold heraf i æg og mælk.

<i>Indtag og anbefalinger</i>	<i>Anbefalet Dagligt indtag</i>	<i>Dagligt indtag i DK²</i>	<i>100 g (~ 1½ æg)</i>	<i>100 g mælk (3.5% fedt)</i>
<u>Calcium</u>			40 mg ⁴	110-116 mg ⁴
Voksne 15-80 år	800 mg ¹	1046 mg		
Kvinder > 60 år	1300-1800 mg ¹	903 mg		
<u>Vitamin D</u>			1,4-1,75 µg ⁴	0,1 µg ⁴
Voksne 15-80 år	7.5 µg ¹	3,4 µg		
> 60 år	10µg ¹	3.3 µg		
<u>Vitamin K</u>	1 µg/kg kropsvægt ³	-	0,3-3,5 µg ^{4,5}	0,3-0,5 µg ⁵

¹NNA (2004); ²Danskernes Kostvaner (1995) og Pedersen et al. (2020); ³RDA (1989);

⁴Levnedsmiddeltabeller (1989) og www.foodcomp.dk; ⁵Jakob & Elmadfa (2000).

En stor del af den danske befolkning er i vitamin D mangel, hvilket for 5 år siden blev estimeret til at være 66% af små børn og 80% af ældre (Mosekilde et al., 2005). Ingen data omkring vitamin K indtag er fundet. Generelt har grønne bladgrønsager et højt indhold af vitamin K på 50-800 µg/100 g (Levnedsmiddeltabeller, 1989). Behovet er estimeret til at være ~1 µg/kg kropsvægt (Suttie et al. 1988), men carboxylering af knogle Gla-proteiner kræver højere vitamin K indtag (Vermeer et al., 1996).

Hønsæg er en vigtig kilde til vitamin D, hvor 100% heraf findes i æggeblommen med et indhold på 4 µg/100g svarende til indholdet i makrel (Levnedsmiddeltabeller, 1989). Selv i Japan, hvor indtaget af fisk er 300% af det i Europa og USA (Nakamura et al. 2000), og færre end 5% af kvinder i alderen 60-73 år er i D-vitamin mangel, viser et studie, at de som ikke spiser æg har signifikant (P<0.05) lavere 25-OH-D-vitamin koncentration (44 nmol/L) i blodet end de, som spiser æg 1-3 gange/uge (61 nmol/L) (Nakamura et al. 2000). Dette indikerer således, at indtag af æg kan gøre en forskel i vitamin D status.

Ved at fodre æglæggende høner med 15.000 IU syntetisk vitamin D3/kg foder øges æggeblommens vitamin D3 indhold til 33µ g/100 g (Mattila et al., 2004), hvilket bekræftes i et studie med fodring med 12.000 IU vitamin D/kg foder (Park et al., 2005). Berigelse af æggeblommen med vitamin D og vitamin K nåede et maksimalt niveau efter ~3 uger. Generelt overføres fedtopløselige forbindelser fra foderet via hønen til ægget relativt effektivt som f.eks. smagskomponenter og karotenoider (Hammershøj, 1995; Hammershøj

& Steinfeldt, 2005). I et fodringsforsøg med vitamin K1 (phylloquinon) og menadion til høner, fandt man en høj omdannelsesgrad til vitamin K2 (menaquinoner) (Suzuki & Okamoto, 1997). Fugle har fra naturens side en signifikant høj metabolisk effektivitet m.h.t. omdannelse af vitamin K1 til K2 (Dialameh et al. 1970). Vitamin K2 er vigtig i knoglemetabolismen (Hara et al, 1996), men indholdet heraf i vores kost er lavt. Ud over fodring, kan adgang til udearealer med sollys og grøn vegetation påvirke æggenes indhold af vitamin D og K. Dog er der ingen studier som beskriver, hvor vidt disse produktionssystemer, som i Danmark efterhånden er en betragtelig andel, medfører æg med anderledes sundhedsmæssigt indhold. Derfor er videre studier af, hvordan æg kan beriges med vitamin D og K ad naturlig vej nødvendige. Samtidig mangler viden om hvordan forarbejdning af æg påvirker indhold og biotilgængelighed af disse vitaminer.

Sammenfattende er æg en god kilde til både vitamin D og K. Tilsætning af syntetisk D- og K-vitamin til foderet kan øge æggeblommens vitaminindhold til niveauer, så indtag af ét æg om dagen dækker de flestes behov herfor, hvilket kan være med til at øge befolkningens generelle vitamin D status, som især i de nordiske lande er lav i vinterhalvåret, og samtidig være med til at forebygge knogleskørhed.

3.6 Æg og øvrige vitaminer og mineraler

Æg er, som nævnt i afsnit 3.1, en god proteinkilde, og også en god kilde til B12-vitamin og selen. Æg har et højt indhold af de fedtopløselige vitaminer A, D og E, de vandopløselige vitaminer riboflavin og niacin samt mineralerne fosfor, jern, zink og jod. Disse mikro-næringsstoffer findes næsten udelukkende i blommen. Der findes adskillige opslagsværker med ægs næringsstofindhold og sammensætning f.eks. Levnedsmiddeltabeller (1989). Af nyere dato er hhv. Landbrug og Fødevarers hjemmeside med tal fra 2006 (<http://www.danishmeat.dk>) og Fødevarerdatbanken version 7.01 med tal fra 2008 (<http://www.foodcomp.dk>). I Tabel 2 er samlet data fra disse to kilder samt Sparks (2006), som giver et generelt overblik over næringsstofferne i helæg og hhv. æggeblomme og æggehvite.

Et helæg på omkring 52 g dækker 19% af behovet for fosfor og iod, 87% af vitamin B12 behovet, 18% af riboflavin (vitamin B2) behovet, og mindst 10% af behovet for jern, vitamin A, folinsyre og niacin (Sparks, 2006).

Tabel 2. Ægs næringsindhold fordelt på helæg, æggeblomme og æggehvite.

Næringsindhold (gennemsnit*)	1 æg ~ 60 g	Hele æg pr. 100 g	Æggeblomme pr. 100 g	Æggehvite pr. 100 g
Energi, kJ	367-385	594-641	1312-1460	192-205
Protein, g	7,3-7,6	12,1-12,6	15,9-16,8	10,1-10,9
Kulhydrat, g	0,72	0,8-1,2	1,8-3,6	0,7-1,2
Fedt, g	6,51-6,72	9,9-11,2	26,5-30,9	0,0-0,2
Cholesterol, mg	329	423-548	1281	0
A-vitamin, RE	114-125	208	610	0
D-vitamin, µg	1,05	1,75	4,0	0
E-vitamin, α-TE.	1,14	1,8-1,9	5,2-5,45	0
K-vitamin, µg	30	0,3-0,5	0,7-1,5	0
B1-vitamin, mg	0,042-0,058	0,070	0,22	0
B2-vitamin, mg	0,27-0,28	0,45	0,40	0,45
Niacin, NE	1,73	2,88-3,05	3,36-3,70	2,75-2,91
B6-vitamin, mg	0,072	0,12	0,30	0,002
Pantothensyre, mg	0,96	1,6	4,4	0,2
Biotin, µg	15	25	60	0
Folat, µg	12,6	21	51	7,0
B12-vitamin, µg	1,2	2,0	3,3	0
C-vitamin, mg	0	0	0	0
Natrium, mg	83	138-140	48-49	152-166
Kalium, mg	78	130	90-109	137-163
Calcium, mg	24	40	100	5,0
Magnesium, mg	7,8	13	14	9-11
Fosfor, mg	126	210	540	11-15
Jern, mg	1,2	2,0	5,5	0,02
Kobber, mg	0,042	0,07	0,16	0
Zink, mg	0,84	1,4	3,8	0,02-0,03
Iod, µg	12,6	21	57	1,9
Mangan, mg	0,028	0,046	0,097	0
Krom, µg	0,36	0,47-0,60	2,0	0
Selen, µg	7,0-13,3	22,2-23,3	30	6,0
Nikkel, µg	0,6	0,7-1	4,0	0,6-1

* Efter Sparks (2006), www.danishmeat.dk og www.foodcomp.dk

En anden opgørelse findes i Tabel 3 nedenfor baseret på Landbrug og Fødevarers hjemmeside (www.danishmeat.dk; NNA, 2004) med data fra 2004/2006, som viser hvor stor del af det anbefalede indtag af en række næringsstoffer, der dækkes af 100 g æg og til sammenligning er angivet det registrerede bidrag til næringsstofferne fra ægindtaget i danskernes faktiske kost 2003-2008 (Pedersen et al., 2010).

Tabel 3. Ægs bidrag til anbefalet indtag og faktuelle bidrag i kosten af visse vitaminer og mineraler

Næringsstof	100 g æg dækker af det anbefalede indtag for voksne (%)	Bidrag (%) i danskernes kost 2003-2008 fra æg
B12-vitamin	100	1
D-vitamin	30 (kvinder), 23 (mænd)	9
A-vitamin	24 (kvinder), 19 (mænd)	3
E-vitamin	55 (kvinder), 44 (mænd)	4
Selen	23	9
Iod	14	2
Jern	13 (kvinder i fertile alder), 22 (mænd)	4

Der er således nogen forskel mellem forskellige tabelværker og opgørelser, hvilket også afspejler forskellige anbefalinger. Desuden kan det konstateres, at ægs bidrag i kosten med næringsstoffer ligger langt under potentialet, som det ses i Tabel 3. I og med, at indtaget kun ligger på 12-17 g æg dagligt (Pedersen et al., 2010) kommer det relative næringsstofbidrag til højst at udgøre 9% som det ses for selen og D-vitamin. Den seneste undersøgelse af danskernes kostvaner viser at kun ca. 5% af befolkningen får opfyldt behovet for D-vitamin gennem kosten, ca. 20% får opfyldt anbefalingen for vitamin E, og at jernindtaget er utilstrækkeligt for menstruerende kvinder (Pedersen et al., 2010). Som vist i Tabel 3 kan et øget indtag af æg være med til at give et bidrag af disse vitaminer og mineraler.

Sammenfattende er æg en vigtig ernæringsmæssig kilde af vitaminer og mineraler. Æg indeholder betydelige mængder heraf og især, hvor der er mangel på opfyldelse af det anbefalede indtag f.eks. vitamin D, vitamin E og jern kan æg potentielt have en sundhedsmæssig betydning.

4. Konklusion

Da ægs sammensætning – specielt af fedt og fedtopløselige komponenter – i høj grad afhænger af hønens foder, og da disse ved humant indtag påvirker plasma koncentrationen af næringsstoffer og lipoprotein sammensætning, har æg et stort potentiale for at bibringe både ernæringsmæssige og funktionelle positive egenskaber. Hønsefoder kan nøjagtigt sammensættes for en målrettet berigelse eller modificering af ægs sammensætning og indhold af disse stoffer for at adressere specifikke sundhedsmæssige behov eller risici hos forbrugerne. Fremtidig forskning bør derfor fokusere på ægs differentierede sundhedseffekter og dermed tilhørende anbefalinger for det kvantitative indtag af æg for at højne potentialet heraf.

De største potentialer for æg som ernærings- og sundhedsmæssig bibringende fødevarer ses indenfor fedtsyresammensætning i retning af øget omega-3 og PUFA indhold, xanthophyl indhold af især lutein og zeaxanthin, som har høj biotilgængelighed, indhold af vitamin D og K, mineraler som selen og jern samt øget fokus på ny viden omkring æggets indhold af protein og leucin samt kolesterol og betydningen heraf for vægttab, allergi og blodets kolesterolindhold.

5. Referencer

- Anderson, G.H., Tecimer, S.N., Shah, D. & Zafar, T.A. 2004. Protein source, quantity, and time of consumption determine the effect of proteins on short-term food intake in young men. *Journal of Nutrition*, 134, 3011-3014.
- Armentia A, Duenas-Laita A, Pineda F, Herrero M & Martin B. 2010. 'Vinegar decreases allergenic response in lentil and egg food allergy. *Allergologia et Immunopathologia*, 38, 74-77.
- Aro H S, Kiiskinen T, Panula S, Tupasela T, Huopalahti R & Ryhänen E L. 2000. Production of n-3 enriched eggs: New promising resources of nutritionally important long chain fatty acids, in Buttriss J & Saltmarsh M, *Functional Foods II: Claims and Evidence*, Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 191-193.
- Basu, H.N., Del Vecchio, A.J., Flider, F. & Orthofer, F.T. 2001. Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. *JAOCS* 78, 665-675.
- Bone R A & Landrum J T. 2010. Dose-dependent response of serum lutein and macular pigment optical density to supplementation with lutein esters. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 504, 50-55.
- Bourre, J.M. 2004. Roles of unsaturated fatty acids (especially omega-3 fatty acids) in the brain at various ages and during ageing. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 8, 163-174.
- Brettschneider J G, Jeroch H, Daenicke S & Pikul J. 1997. Influence of a modified fatty acid profile of egg yolk fat on technological properties of hens' eggs. *Fett/Lipid*, 99, 362-364.
- Brewer, S. 2010. *The Essential Guide to Vitamins, Minerals and Herbal Supplements*. Publisher: Constable and Robinson, UK, 608 pp.
- Brot, C., Vestergaard, P., Kolthoff, N., Gram, J., Hermann, A.P. & Sørensen O. H. 2001. Vitamin D status and its adequacy in healthy Danish perimenopausal women: relationships to dietary intake, sun exposure and serum parathyroid hormone. *British Journal of Nutrition*, 86, suppl. 1, S97-S103.
- Burckhardt, P. 2002. Calcium and Vitamin D in Osteoporosis: Supplementation or Treatment? *Calcified Tissue International*, 70, 74-77.
- Burri, B.J. 1997. Beta-carotene and human health: a review of current research. *Nutr. Res.* 17, 547-580.
- Caston L & Leeson S. 1990. Research note: Dietary flax and egg composition, *Poultry Science*, 69, 1617-1620.
- Charles, P. 1999. Knoglesundhed. In: *Børn og drikkevarer – Viden og visioner*. Report from Danish Dairy Board. ISBN 97-89795-19-9, p 15-17. (In Danish).
- Chaupy, C.H., Arlot, M.E., DuBoef, F. & Brun, J. 1992. Vitamin D3 and calcium to prevent hip fractures in elderly women. *New England Journal of Medicine*, 327, 1637-1642.
- Cherian G & Sim J S. 1991. Effect of feeding full fat flax seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*, 70, 917-922.

- Cherian G, Gonzalez D, Ryu K S & Goeger M P. 2007. Long-term feeding of conjugated linoleic acid and fish oil to laying hens: Effects on hepatic histopathology, egg quality, and lipid components, *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 420-428.
- Chung, H.Y., Rasmussen, H.M. & Johnson, E.J. 2004. Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. *J. Nutr.* 134, 1887-1893.
- Clark A T, Skypala I, Leech S C, Ewan P W, Dugue P, Brathwaite N, Huber P A J & Nasser S M. 2010. British Society for Allergy and Clinical Immunology guidelines for the management of egg allergy, *Clinical and Experimental Allergy*, 40, 1116-1129.
- Constance, C. 2009. Better understanding of cholesterol from the egg. *The International Journal of Clinical Practice*, 63, suppl. 163, iii.
- Constance, C. 2009. The good and the bad: what researchers have learned about dietary cholesterol, lipid management and cardiovascular disease risk since the Harvard Egg Study. *The International Journal of Clinical Practice*, 63, suppl. 163, 9-14.
- Danish Poultry Council, 2002. Annual Report. 197 pp.
- Danskernes kostvaner, 1995. Hovedresultater – Levnedsmiddelstyrelsen. Quickly Tryk A/S. ISBN 87-601-6279-1, 298 pp. (In Danish).
- Dawson-Hughes, B. Harris, S.S., Krall, E.A., & Dallal, G.E. 1997. Effect of calcium and vitamin D supplementation on bone density in men and women 65 years of age and older. *New England Journal of Medicine*, 337, 670-676.
- Deblay F, Hoyet C, Candolfi E, Thierry R & Pauli G. 1994. Identification of Alpha-Livetin As A Cross-Reacting Allergen in A Bird-Egg Syndrome. *Allergy Proceedings*, 15, 77-85.
- Devkota, S. & Layman, D.K. 2010. Protein metabolic role in treatment of obesity. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 13, 403-407.
- Dialameh, G.H., Yekundi, K.G., & Olson, R.E. 1970. Enzymatic alkylation of menaquinone-0 to menaquinones by microsomes from chick liver. *Biochemistry et Biophysics Acta*, 223, 332-338.
- Djousse L & Gaziano J M. 2008a. Egg consumption and risk of heart failure in the Physicians' Health Study, *Circulation*, 117, 512-516.
- Djousse L & Gaziano J M. 2008b. Egg consumption in relation to cardiovascular disease and mortality: the Physicians' Health Study, *American Journal of Clinical Nutrition*, 87, 964-969.
- Eriksson N E, Moller C, Werner S, Magnusson J, Bengtsson U & Zolubas M. 2004. Self-reported food hypersensitivity in Sweden, Denmark, Estonia, Lithuania, and Russia. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 14, 70-79.
- Fredriksson S, Elwinger K & Pickova J. 2006. Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. *Food Chemistry*, 99, 530-537.
- Granado, F., Olmedilla, B. & Blanco, I. 2003. Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition*, 90, 487-502.
- Griffin, H.D. 1992. Manipulation of egg-yolk cholesterol – A physiologists view. *World's Poultry Science Journal*, 48, 2, 101-112.

- Hermansen, K. 2011. Personlig meddelelse omkring retningslinier for kolesterolindtag for diabetikere.
- Hammershøj M. 1995. Effects of dietary fish oil with natural content of carotenoids on fatty acid composition, n-3 fatty acid content, yolk colour and egg quality of hen eggs. *Archiv für Geflügelkunde*, 59, 189-197.
- Hammershøj, M. & Steinfeldt, S. 2005. Effect of blue lupin (*Lupinus Angustifolius*) in organic layer diets and supplement with foraging on egg production and some egg quality parameters. *Poultry Sci.*, 84, 723-733.
- Hammershøj, M., Kidmose, U. & Steinfeldt, S. 2010. Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of colored carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 7, 1163-1171.
- Handelman G J, Nightingale Z D, Lichtenstein A H, Schaefer E J & Blumberg J B. 1999. Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 247-251.
- Hara, K., Akiyama, Y., Nakamura, T., Murota, S. & Morita, I. 1995. The inhibitory effect of vitamin K2 (menatetrenone) on bone resorption may be related to its side chain. *Bone*, 16, 179-184.
- Hargis P S & Elswyk M E. 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *Worlds Poultry Science Journal*, 49, 251-264.
- Harman, N.L., Leeds, A.R. & Griffin, B.A. 2008. Increased dietary cholesterol does not increase plasma low density lipoprotein when accompanied by an energy-restricted diet and weight loss. *European Journal of Nutrition*, 47, 287-293.
- Hu, F.B., Stampfer, M.J. Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M., Hennekens, C.H. & Willet, W.C. 1999. A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *The Journal of the American Medical Association*, 281, 1387-1394.
- Ingerslev J, Beck AM, Bjørnsbo KS, Hessov I, Hyldstrup L & Pedersen AN. Nutrition and ageing [In Danish: Ernæring og aldring]. Publication no. 28. Copenhagen: Danish Nutrition Council, 2002.
- Jakob, E. & Elmadfa, I. 2000. Rapid and simple HPLC analysis of vitamin K in food, tissues and blood. *Food Chemistry*, 68, 219-221.
- Johnson, E.J. 2002. The role of carotenoids in human health. *Nutrition in Clinical Care*, 5, 56-65.
- Jones, P.J.H. 2009. Dietary cholesterol and the risk of cardiovascular disease in patients: a review of the Harvard Egg Study and other data. *International Journal of Clinical Practice*, 63, suppl. 163, 1-8.
- Karadas F, Grammenidis E, Surai P F, Acamovic T & Sparks C. 2006. Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *British Poultry Science*, 47, 561-566.
- Kassis N M, Beamer S K, Matak K E, Tou J C & Jaczynski J. 2010. Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils. *Lwt-Food Science and Technology*, 43, 1204-1212.
- Keys, A. 1953. Atherosclerosis: a problem in newer public health. *Journal of the Mount Sinai Hospital New York*, 20, 118-139.

- Keys A, Menotti A, Aravanis C, Blackburn H, Djordevic BS, Buzina R, Dontas AS, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, et al. 1984. The seven countries study: 2,289 deaths in 15 years. *Preventive Medicine*, 13, 141–154.
- Kidmose, U., Edelenbos, M., Nørbæk, R. & Christensen, L.P. 2002. Colour stability in vegetables. In: MacDougall D. B. (ed). *Colour in food: improving quality*. CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Wokingham, Cambridge, UK, pp. 179-232.
- Kitamura, A., Iso, H., Naito, Y, Iida, M., Konishi, M., Folsom, A.R., Sato, S., Kiyama, M., Nakamura, M. Sankai, T., Shimamoto, T. & Komachi, Y. 1994. High-density lipoprotein cholesterol and premature coronary heart disease in urban Japanese men. *Circulation*, 89, 2533–2539.
- Koplin J J, Osborne N J, Wake M, Martin P E, Gurrin L C, Robinson M N, Tey D, Slaa M, Thiele L, Miles L, Anderson D, Tan T, Dang T D, Hill D J, Lowe A J, Matheson M C, Ponsonby A L, Tang M L K, Dharmage S C & Allen K J. 2010. Can early introduction of egg prevent egg allergy in infants? A population-based study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 126, 807-813.
- Kovacs-Nolan, J., Phillips, M. & Mine, Y. 2005. Advances in the value of eggs and egg components for human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8421-8431.
- Landrum J T, Bone R A, Joa H, Kilburn M D, Moore L L & Sprague K E. 1997. A one year study of the macular pigment: The effect of 140 days of a lutein supplement. *Experimental Eye Research*, 65, 57-62.
- Larsen, E.R., Mosekilde, L. & Foldspang, A. 2004. Vitamin D and Calcium Supplementation Prevents Osteoporotic Fractures in Elderly Community Dwelling Residents: A Pragmatic Population-Based 3-Year Intervention Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19, 370-378.
- Layman, D.K. & Walker, D.A. 2006. Potential importance of leucine in treatment of obesity and the metabolic syndrome. *Journal of Nutrition*, 136, 319S-323S. Leeson, S. & Caston, L. 2004. Enrichment of eggs with lutein. *Poultry Sci.* 83, 1709-1712.
- Lemon-Mule H, Sampson H A, Sicherer S H, Shreffler W G, Noone S & Nowak-Wegrzyn A. 2008. Immunologic changes in children with egg allergy ingesting extensively heated egg. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 122, 977-983.
- Leth T, Jakobsen J & Andersen N L. 2000. The intake of carotenoids in Denmark. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 128-132.
- Levnedsmiddeltabeller, 1989. Food composition tables, nutrient compositions of Danish foods. Levnedsmiddelstyrelsen. ISBN 87-503-7699-3, p716 + p776.
- Luo, L.Z. & Xu, L. 2003. Vitamin K and osteoporosis. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, 25, 3, 346-349 (In Chinese).
- Lyle B J, Mares-Perlman J A, Klein B E K, Klein R, Palta M, Bowen P E & Greger J L. 1999. Serum carotenoids and tocopherols and incidence of age-related nuclear cataract. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 272-277.
- Ma, L. & Lin, X.M. 2010. Effects of lutein and zeaxanthin on aspects of eye health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2-12.
- Mann, J.I., De Leeuw, I., Hermansen, K., Karamanos, B., Karlström, B., Katsilambros, N., Riccardi, G., Rivellese, A.A., Rizkalla, S., Slama, G., Toeller, M., Uusitupa, M. & Vessby, B. 2004. Evidence-

based nutritional approaches to the treatment and prevention of diabetes mellitus. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 14, 373-394.

Mares-Perlman, J.A., Millen, A.E., Ficek, T.L. & Hankinson, S.E. 2002. The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. Overview. *J. Nutr.* 132, 518S-524S.

Mattila, P., Valaja, J., Rossow, L., Venäläinen, E. & Tuupasela, T. 2004. Effect of vitamin D2- and D3-enriched diets on egg vitamin D content, production, and bird condition during an entire production period. *Poultry Science*, 83, 433-440.

Mine Y & Jie W Z. 2002. Comparative studies on antigenicity and allergenicity of native and denatured egg white proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2679-2683.

Mosekilde, L., Brot, C., Hyldstrup, L., Mortensen, L.S., Mølgård, C, Rasmussen, S.E., Mejborn, H. & Rasmussen, L.B. 2005. D-vitaminstatus i den danske befolkning bør forbedres. *Ugeskrift for læger*, 167, 8, 895-897.

Mosekilde, L. 2005. Vitamin D and the elderly. *Clinical Endocrinology*, 62, 265-281.

Musa-Veloso K, Binns M A, Kocenas A C, Poon T, Elliot J A, Rice H, Oppedal-Olsen H, Lloyd H & Lemke S. 2010. Long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid dose-dependently reduce fasting serum triglycerides. *Nutrition Reviews*, 68, 155-167.

Na, J.-C., Song, J.-Y., Lee, B.D., Lee, S.-J., Lee, C.-Y. & An, G.H. 2004. Effect of polarity on absorption and accumulation of carotenoids by laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 117, 305-315.

Nakamura Y, Iso H, Kita Y, Ueshima H, Okada K, Konishi M, Inoue M & Tsugane S. 2006. Egg consumption, serum total cholesterol concentrations and coronary heart disease incidence: Japan Public Health Center-based prospective study. *British Journal of Nutrition*, 96, 921-928.

Nakamura, K. Nashimoto, M., Hori, Y., & Yamamoto, M. 2000. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and related dietary factors in peri- and postmenopausal Japanese women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 1161-1165.

Nau, F., Nys, Y., Yamakawa, Y. & Rehault-Godbert, S. 2010. Nutritional value of the hen egg for humans. *Productions Animales*, 23, 2, 225-235.

Nettleton J A, Steffen L M, Loehr L R, Rosamond W D & Folsom A R. 2008. Incident Heart Failure Is Associated with Lower Whole-Grain Intake and Greater High-Fat Dairy and Egg Intake in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Journal of the American Dietetic Association*, 108, 1881-1887.

NNA (Nordic Nutrient Recommendations), 2004. Integrating nutrition and physical activity. Nord 2004:13. ISBN 92-893-1062-6, 11 pp. (In Danish).

Nowak-Wegrzyn A & Fiocchi A. 2009. Rare, medium, or well done? The effect of heating and food matrix on food protein allergenicity. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 9, 234-237.

Pal, S. & Ellis, V. 2020. [The acute effects of four protein meals on insulin, glucose, appetite and energy intake in lean men](#). *British Journal of Nutrition*, 104, 1241-1248.

- Park, S.W., Namkung, H., Ahn, H. J. & Paik, I. K. 2005. Enrichment of vitamins D3, K and iron in eggs of laying hens. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 18, 226-229.
- Pedersen, A.N., Fagt, S., Groth, M.V., Christensen, t., Bilstoft-Jensen, A., Matthiessen, J., Andersen, N.L., Kørup, K., Hartkopp, H., Ygil, K.H., Hinsch, H.-J., Saxholt, E. & Trolle, E. 2010. Danskernes kostvaner 2003-2008 Hovedresultater. DTU Fødevareinstituttet, Søborg, 196 pp.
- Preethi K C, Kuttan R, Shankaranarayana M L & Deshpande J. 2008. Toxicity profile of lutein and lutein ester isolated from marigold flowers (*Tagetes erecta*). *International Journal of Toxicology*, 27, 1-9.
- Qureshi A I, Suri M F K, Ahmed S, Nasar A & Kirmani J F. 2007. Regular egg consumption does not increase the risk of stroke and cardiovascular diseases. *Medical Science Monitor*, 13, CR1-CR8.
- Ratliff, J., Leite, J.O., de Ogburn, R. Puglisi, M.J. VanHeest, J. & Fernandez, M.L. 2010. Consuming eggs for breakfast influences plasma glucose and ghrelin, while reducing energy intake during the next 24 hours in adult men. *Nutrition Research*, 30, 96-103.
- RDA – Recommended Dietary Allowances. 1989. 10th edition National Academy Press, Washington, D.C. 285 pp.
- Roche vitamins and fine chemicals. 1988. Egg yolk pigmentation with carophyll. 3rd ed. Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Switzerland, p.1218
- Schlatterer J & Breithaupt D E. 2006. Xanthophylls in commercial egg yolks: Quantification and identification by HPLC and LC-(APCI)MS using a C30 phase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2267-2273.
- Schweitzer D, Jentsch S, Bohm V, Hammer M & Dawczynski J. 2010. Supplementation with Lutein and Zeaxanthin - a possible protection against age-related macular degeneration. *Spektrum der Augenheilkunde*, 24, 242-247.
- Seddon J M, Ajani U A, Sperduto R D, Hiller R, Blair N, Burton T C, Farber M D, Gragoudas E S, Haller J, Miller D T, Yannuzzi L A & Willett W. 1994. Dietary carotenoids, vitamin-A, vitamin-C, and vitamin-E, and advanced age-related macular degeneration. *Journal of the American Medical Association*, 272, 1413-1420.
- Seuss-Baum, I. 2005. Eier als Nährstofflieferanten. *Flaischwirtschaft*, 85, 117-122.
- Sicherer S H & Sampson H A. 2006. Food allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117, S470-S475.
- Shapira, N. 2010. Every egg may have a targeted purpose: toward a differential approach to egg according to composition and functional effect. *Worlds Poultry Science Journal*, 66, 271-284.
- Simopoulos, A.P. 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of the American College of Nutrition*, 21, 495-505.
- Sparks N-H C. 2006. The hen's egg - is its role in human nutrition changing?. *Worlds Poultry Science Journal*, 308-315.
- Stein, O. & Stein Y. 1999. Atheroprotective mechanisms of HDL. *Atherosclerosis*, 144, 285–301.
- Steinke M, Fiocchi A, Kirchlechner V, Ballmer-Weber B, Brockow K, Hischenhuber C, Dutta M, Ring J, Urbanek R, Terracciano L & Wezel R. 2007. Perceived food allergy in children in 10

European nations - A randomised telephone survey. *International Archives of Allergy and Immunology*, 143, 290-295.

Surai P F, MacPherson A, Speake B K & Sparks N-H C. 2000. Designer egg evaluation in a controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, 298-305.

Suzuki, Y. & Okamoto, M. 1997. Production of hen's eggs rich in vitamin K. *Nutrition Research*, 17, 1607-1615.

Tanasescu M, Cho E, Manson JE, & Hu FB. 2004 Dietary fat and cholesterol and the risk of cardiovascular disease among women with type 2 diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 999-1005.

Toeller M, Buyken A, Heitkamp G, Scherbaum WA, Krans HMJ, Fuller JH & the EURODIAB IDDM Complications Study Group. 1999. Associations of fat and cholesterol intake with serum lipid levels and cardiovascular disease: The EURODIAB IDDM Complications Study. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 107, 512-521.

Urisu A, Yamada K, Tokuda R, Ando H, Wada E, Kondo Y & Morita Y. 1999. Clinical significance of IgE-binding activity to enzymatic digests of ovomucoid in the diagnosis and the prediction of the outgrowing of egg white hypersensitivity. *International Archives of Allergy and Immunology*, 120, 192-198.

Vander Wal, J.S., Gupta, A., Khosla, P. & Dhurandhar, N.V. 2008. Egg breakfast enhances weight loss. *International Journal of Obesity*, 31, 1545-1551.

Vega, G.L. & Grundy, S.M. 1996. Hypoalphalipoproteinemia (low high density lipoprotein) as a risk factor for coronary heart disease. *Current Opinions in Lipidology*, 7, 209-16.

Vermeer, C., Gijsbers, B.L.M.G., Craciun, A.M., Groenen-van Dooren, M.M.C.L., & Knapen, M.H.J. 1996. Effects of vitamin K on bone mass and bone metabolism. *Journal of Nutrition*, 126, 1187S-1191S.

Wickham CA, Walsh K, Cooper C, Barker DJ, Margetts BM, Morris J, & Bruce SA. 1989. Dietary calcium, physical activity, and risk of hip fracture: a prospective study. *British Medical Journal*, 299, 889-892.

Vogtmann H & Clandinin D R. 1975. The effects of crude and refined low erucic acid rapeseed oils in diets for laying hens. *British Poultry Science*, 16, 55-61.

Volk, M.G. 2007. An examination of the evidence supporting the association of dietary cholesterol and saturated fats with serum cholesterol and development of coronary heart disease. *Alternative Medical Reviews*, 12, 228-245.

Walsh B J, Barnett D, Burley R W, Elliott C, Hill D J & Howden M E H. 1988. New Allergens from Hens Egg-White and Egg-Yolk - Invitro Study of Ovomucin, Apovitellenin-I and Apovitellenin-Vi, and Phosvitin. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, 87, 81-86.

Weggemans R M, Zock P L & Katan M B. 2001. Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, 885-891.

Windhorst, H.W. 2009. Recent patterns of egg production and trade: a status report on a regional basis', *Worlds Poultry Science Journal*, 65, 685-707.

Woods V B & Fearon A M. 2009. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 126, 1-20.

Yamada K, Urisu A, Kakami M, Koyama H, Tokuda R, Wada E, Kondo Y, Ando H, Morita Y & Torii S. 2000. IgE-binding activity to enzyme-digested ovomucoid distinguishes between patients with contact urticaria to egg with and without overt symptoms on ingestion. *Allergy*, 55, 565-569.

Yannakopoulos A L, Tserveni-Gousi A S & Yannakakis S. 1999. Effect of feeding flaxseed to laying hens on the performance and egg quality and fatty acid composition of egg yolk. *Archiv für Geflügelkunde*, 63, 260-263.

Zhao D Y, Bhosale P & Bernstein P S. 2006. Carotenoids and ocular health. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 4, 53-67.
