

FULDKORN

Definition og vidensgrundlag for anbefaling af fuldkornsindtag i Danmark



Fuldkorn

Definition og vidensgrundlag for anbefaling af
fuldkornsindtag i Danmark

Redigeret af

Heddie Mejborn
Anja Bilot-Jensen
Ellen Trolle
Inge Tetens

DTU Fødevareinstituttet
Afdeling for Ernæring

Fuldkorn

Definition og vidensgrundlag for anbefaling af fuldkornsindtag i Danmark

Wholegrain

Definition and scientific background for recommendations of wholegrain intake in Denmark

1. udgave, maj 2008

Copyright: Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet

Oplag: 100 eksemplarer

ISBN: 978-87-92158-15-4

Foto på for- og bagside: Colourbox

Rapporten findes i elektronisk form på adressen:

www.food.dtu.dk

Fødevareinstituttet

Danmarks Tekniske Universitet

Mørkhøj Bygade 19

DK-2860 Søborg

Tlf. +45 72 34 70 00

Fax +45 72 34 70 01

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	3
Forord	6
Sammendrag	7
Summary	11
1. Indledning	15
2. Definition af fuldkorn og forslag til betingelser for brug af betegnelsen 'Fuldkorn'	16
Definition af fuldkorn	16
Fødevarer, som ikke medregnes under fuldkornsbetegnelsen	18
Fødevarergrupper der omfatter produkter, der er kvalificerede til betegnelsen fuldkorn	18
Fødevarernes tilhørsforhold til fuldkornsbegrebet	19
Krav til produkter der anpriser for deres indhold af fuldkorn	20
Ernæringsprofiler	20
Referencer	21
3. Næringsstoffer og andre indholdsstoffer i fuldkorn	22
Kornkernens opbygning	22
Formaling af korn	23
Kornets indholdsstoffer	25
Stivelse	25
Protein	26
Fedt	26
Kostfibre	26
Mineraler	28
Vitaminer	29
Andre indholdsstoffer	31
Alkylresorcinoler	32
Andre fenoliske forbindelser	33
Fytosteroler	33
Konklusion	34
Referencer	34
4. Indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko – en systematisk gennemgang	37
Indledning	37
Fejlkilder ved prospektive studier	37
Definition af fuldkorn og fuldkornsprodukter	38
Fælles patogenetiske faktorer	39
Hjerte-karsygdomme	39
Indtag af fuldkorn og hjerte-karsygdom	40
Indtag af fuldkorn og risikofaktorer	41
Indholdsstoffer	41

Glykæmisk respons	43
Opsummering	43
Diabetes	44
Indtag af fuldkorn og diabetes	44
Indtag af fuldkorn og risikofaktorer	45
Indholdsstoffer	45
Glykæmisk respons	45
Opsummering	46
Fedme	46
Indtag af fuldkorn og kropsvægt	46
Indtag af fuldkorn og risikofaktorer	46
Indholdsstoffer	47
Glykæmisk respons	47
Opsummering	47
Kræftsygdomme	47
Indtag af fuldkorn og kræft	48
Indtag af fuldkorn og risikofaktorer	48
Indholdsstoffer	48
Glykæmisk respons	50
Opsummering	50
Andre sygdomme og samlet dødelighed	50
Samlet dødelighed	51
Opsummering	51
Konklusion	51
Referencer	61
5. Forureninger og uønskede kemiske stoffer i fuldkornsprodukter	76
Kemiske forureninger	76
Pesticidrester	76
Polycycliske aromatiske hydrocarboner, PAH	77
Mykotoksiner	78
Tungmetaller	78
N-nitrosaminer	79
Acrylamid	79
Sygdomsfremkaldende bakterier i korn og kornprodukter	79
Naturlige giftstoffer i korn og kornprodukter	80
Konklusion	80
Referencer	80
6. Anbefalet indtag af fuldkorn	81
Anbefaling	81
Anbefaling for indtag af fuldkorn og fuldkornsprodukter	83
Konklusion	83
Referencer	84
7. Danskernes indtag af fuldkorn	85

Materialer og metoder	85
Resultater	87
Fuldkornsindhold i forskellige produkttyper	87
Indtag af brød og kornprodukter samt fuldkorn	88
Fuldkornskilder i danskernes kost	91
Måltidernes bidrag til fuldkornsindtaget	93
Næringsstofindhold i kosten ved forskelligt fuldkornsindtag	96
Indtag af fuldkorn i forskellige socioøkonomiske grupper	96
Udvikling i indtag af udvalgte cerealier 1995-2004	97
Diskussion	97
Referencer	99
Forkortelser	101

Forord

Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet har bl.a. til formål at levere forskningsbaseret rådgivning om fremme af sunde kostvaner og forebyggelse af kostrelaterede sygdomme i den danske befolkning. Afdelingen fokuserer på sunde kostvaner og har blandt andet været hovedaktør i udarbejdelse af anbefalinger for indtag af mejeriprodukter, kød, frugt og grønt og fisk og har desuden bidraget til udarbejdelse af de officielle danske kostråd.

I fødevarerbranchen har der været stigende fokus på fuldkorn, især med reference til dets sundhedsfremmende egenskaber, og nogle fødevarer sælges med en anprisning af indhold af fuldkorn. Der har hidtil ikke foreligget en officiel dansk definition på begrebet fuldkorn, ligesom der ikke har været officielle regler for, hvor meget fuldkorn en fødevarer skal indeholde for at indholdet kan anprises.

Hidtil har der ikke været en kvantitativ anbefaling for indtag af fuldkorn i Danmark, blot en opfordring via Kostrådene (2005) om at spise "groft" samt nogle overordnede betragtninger om, hvilke former for cerealer man bør vælge.

Med baggrund i de tidligere erfaringer fra et partnerskab mellem myndighed, erhverv, sundhedsorganisationer og forskningsinstitutioner om at fremme danskernes indtag af frugt og grønt blev der i 2007 dannet et partnerskab for at fremme indtaget af fuldkorn og fuldkornsprodukter blandt danskerne. Der blev opnået økonomisk støtte fra Fødevareministeriet gennem Innovationsloven til partnerskabet. Som grundlag for partnerskabets arbejde omkring en fuldkornskampagne var det væsentligt at få defineret begrebet "fuldkorn" samt at nå til enighed om en anbefaling for indtag af fuldkorn i den danske befolkning. Nærværende rapport sammenfatter det arbejde, der ligger til grund for udarbejdelsen af en kvantitativ anbefaling af fuldkornsindtaget i den danske befolkning, herunder en gennemgang af den foreliggende viden om sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og risikoen for udvikling af forskellige sygdomme.

Rapporten er udarbejdet af Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet. Derudover har professor Knud Erik Bach Knudsen og seniorforsker Helle Nygaard Lærke fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet bidraget med kapitlet om kornets opbygning og næringsstofindhold, mens overlæge Lars Ovesen, Slagelse Sygehus har udarbejdet kapitlet om indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko.

Assistent Anne Lise Christensen har varetaget arbejdet med rapportens layout.

Sammendrag

Der har hidtil ikke foreligget en officiel dansk definition på begrebet fuldkorn, ligesom der ikke har været regler for, hvor meget fuldkorn en fødevarer skal indeholde, for at indholdet kan anpriser. Hertil kommer, at der hidtil ikke har været en kvantitativ anbefaling for indtag af fuldkorn i Danmark, blot en opfordring via Kostrådene (2005) til at spise "groft", samt nogle overordnede betragtninger om, hvilke former for cerealier man bør vælge.

Kornkerner består af 3 dele: frøhvide (endosperm), skaldele (klid) og kim (embryo). *Fuldkorn defineres* som hele kerner, og som forarbejdede kerner (knækkede, formalede og lignende), hvor indholdet af endosperm, klid og kim findes i samme forhold som i den intakte kerne. I nærværende definition er der ikke taget hensyn til kernernes formalingsgrad.

Fuldkornsdefinitionen dækker frø fra følgende slægter af græsfamilien *Gramineae*: byg (*Hordeum*), havre (*Avena*), hvede (*Triticum*), rug (*Secale*), ris (*Oryza*), hirse (*Panicum*), majs (*Zea*; kun i tørret form) og sorghum (*Sorghum*). Definitionen omfatter frø fra arter, arts krydsninger og sorter fra de nævnte slægter.

Der skelnes mellem fuldkorn og fuldkornsprodukter. Begrebet "*fuldkorn*" dækker selve kernen, mens "*fuldkornsprodukter*" er fødevarer, der indeholder en minimumsmængde af fuldkorn. Fuldkorn bør udgøre en betydelig del af de fødevarer, som kan betegnes fuldkornsprodukter, og fuldkornsbetegnelsen bør udelukkende anvendes på følgende fødevarer og fødevarergrupper: mel og gryn (herunder ris), bagværk (brød, knækbrød), morgenmadscerealier, pasta og nudler. Mel og gryn skal være 100% fuldkorn. Fødevarer, hvor der er tilsat andre ingredienser end fuldkorn, bør indeholde over 50% fuldkorn i tørstoffet ($\geq 51\%$). Hvis et produkt anpriser for sit indhold af fuldkorn (fx i form af et fuldkornsmærke), skal indholdet af fuldkorn deklareres efter forud fastlagte retningslinier (Quantitative Ingredient Declaration, QUID). Omregnes indholdet på $\geq 51\%$ af tørstof efter retningslinierne for QUID, svarer det til et fuldkornindhold på mindst 35% for brød og mindst 55% for knækbrød, morgenmadscerealier og tørret pasta og nudler.

Kornarterne har grundlæggende den samme anatomiske opbygning, men mellem kornarter og kornsorter er der væsentlige forskelle i struktur og indholdsstoffer, hvilket har betydning både for næringsværdi og funktionelle egenskaber. Det yderste cellelag i endospermen (aleuronlaget) har tykkere cellevægge og anden sammensætning af indholdsstoffer end den øvrige endosperm. Fx har aleuroncellerne et højere indhold af kostfibre og af essentielle aminosyrer (fx lysin) end de andre af kornets dele. Aleuronlaget har også den højeste koncentration af mineraler, inklusiv en stor mængde af fytinsyre-bundet fosfor og andre næringsstoffer. Ved formaling kommer aleuronlaget sammen med klidfraktionen.

Korn er først og fremmest en kulhydratkilde med et højt indhold af stivelse, der er koncentreret i endospermen, og kostfibre, der er koncentreret i kliddele, inklusiv aleuronlaget. Udover at indeholde hovedparten af kornets indhold af vitaminer og mineraler indeholder kim- og klidfraktionerne en række fenoliske forbindelser og andre bioaktive stoffer. Udmalingsgraden har stor betydning for indholdet af de forskellige næringsstoffer og bioaktive komponenter i kornprodukter.

Som grundlag for en kvantitativ anbefaling af indtag af fuldkorn blev der udført en systematisk gennemgang af prospektive befolkningsundersøgelser, hvor indtaget af fuldkornsprodukter er målt kvantitativt (enten i form af hyppighed eller mængde), og hvor effektmålet er risikoen for udvalgte

kostrelaterede sygdomme samt specifikke studier af effekten af de vigtigste af fuldkornets indholdsstoffer på risiko for disse sygdomme. For de fleste studier gælder, at der ikke er oplysninger om det kvantitative indtag af fuldkorn, men en reference til et antal portioner af fuldkornsprodukter.

Mange kohortestudier har vist en signifikant omvendt sammenhæng mellem indtag af fuldkorn (eller fuldkornsprodukter) og risiko for total hjerte-karsygdom, iskæmisk hjerte-karsygdom og slagtilfælde. Fuldkornsprodukter reducerer risikofaktorer for hjerte-karsygdom, især dokumenteret for effekten af havre på blodlipider og –lipoproteiner. Sammenhængen er konsistent, relativt stærk (20-30% risikoreduktion), uafhængig af andre livsstilsfaktorer og biologisk troværdig. Blandt fuldkornets indholdsstoffer har man især haft fokus på dets bidrag til indtaget af kostfibre, magnesium og kalium samt antioxidanter, specielt E-vitamin, som har dokumenterede effekter på insulinfølsomhed, blodlipider og –lipoproteiner og blodtryksniveau, men ingen af de ovenfor omtalte enkeltstoffer kan forklare den samlede sammenhæng.

Flere større kohortestudier viser en relativ overbevisende omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og type 2 diabetes. Det er især indholdet af kostfibre og magnesium i fuldkornsprodukter, som har været lagt til grund for en mulig beskyttende effekt af fuldkornsprodukter.

Sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og risikoen for udvikling af fedme er beskrevet i flere amerikanske kohortestudier, hvoraf ét af studierne kun har resultater for indtag af morgenmadsprodukter. Alle studierne viser omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og vægtstigning eller risiko for fedme. Ingen randomiserede undersøgelser har undersøgt den isolerede effekt af et øget indtag af fuldkornsprodukter (fx sammenlignet med raffinerede kornprodukter) på kropsvægt og ændringer i kropsvægt. Betydning af indtaget af fuldkornsprodukter på vægtregulering menes at kunne forklares ved fuldkornets indhold af kostfibre og kostfibres betydning for glukoseomsætning og mæthed.

Effekten af indtag af fuldkorn på risikoen for udvikling af kræft er beskrevet i ganske få studier for de enkelte typer af kræft. Resultaterne tegner et noget broget billede. Hvad angår endetarmskræft er sammenhængen ikke sikker, mens der for tyktarmskræft er tendens til en mulig beskyttende effekt af højt fuldkornsindtag. Der er ingen sammenhæng med risiko for kræft i mavesækken eller kræft i livmoder. Derimod ses en tendens til øget risiko for brystkræft ved højt fuldkornsindtag. For den samlede kræftisiko i øvre luftveje og mave-tarmkanal er der fundet en omvendt sammenhæng med indtaget af fuldkornsprodukter, medens der kun ses en tendens til omvendt sammenhæng for total kræft. Blandt fuldkornets komponenter har de fleste undersøgelser især berørt dets bidrag af kostfibre (specielt kræft i tyktarm), folat og til en vis grad B₆-vitamin, samt magnesium. Også en mulig effekt af lignaner har påkaldt sig forskningsmæssig interesse.

Det synes ikke muligt på nuværende tidspunkt at udpege specifikke indholdsstoffer i kornet som ansvarlige for virkningerne på sygdomsrisiko. Det er overvejende sandsynligt, at det er kombinationen af indholdsstoffer, der er af betydning for sygdomsrisiko. Fuldkornets indholdsstoffer er stærkt korrelerede med hinanden, hvorfor det ikke er muligt fuldstændigt at adskille den uafhængige effekt af et enkelt indholdsstof fra de øvrige. Sammenhængen med sygdomsrisiko er fundet fra de laveste indtag af fuldkornsprodukter til de højeste.

Langt de fleste gennemgåede undersøgelser er foretaget på amerikanske kohorter og kun få undersøgelser på skandinaviske kohorter. Der er kulturelle forskelle i spisemønstre og specielt valg af fuldkornsprodukter mellem USA og Skandinavien. Det typiske indtag i USA er under 1 portion

(16-28 g) fuldkorn per dag, medens det i Skandinavien er på 2-3 portioner (35-55 g) per dag. I den forbindelse vurderes det, at der på nuværende tidspunkt ikke er tilstrækkelig videnskabelig dokumentation for at fremhæve en kornart frem for en anden som speciel sundhedsgavnlig.

Fuldkorn og fuldkornsprodukter kan som andre fødevarer indeholde uønskede kemiske stoffer fra mange forskelligartede kilder. Forureninger kan omfatte organiske og uorganiske forbindelser såsom miljøforureninger, produktionshjælpemidler og stoffer dannet utilsigtet under produktion af fødevarerne. Desuden kan korn og kornprodukter være forurenede med sygdomsfremkaldende bakterier, og endelig kan korn indeholde naturlige giftstoffer. Den løbende kontrol med indhold af forureninger og uønskede stoffer viser imidlertid, at indholdet i korn og kornsprodukter er på et lavt niveau i Danmark og generelt overholder gældende grænseværdier. Der vurderes således ikke at være grund til sundhedsmæssige betænkeligheder ved et øget og varieret forbrug af brød og andre kornprodukter, herunder fuldkorn.

Sammenfattende vurderes det, at den videnskabelige dokumentation giver tilstrækkelig basis for en anbefaling af indtag af fuldkorn i Danmark på 4 portioner fuldkorn per dag, hvilket omsat til danske forhold skønnes at svare til minimum 75 g *fuldkorn*/10 MJ. Anbefalingen for indtag af fuldkorn er i overensstemmelse med kostrådet om at spise 500 g kartofler, ris, pasta, brød og gryn per dag, og kan ses som en specificering af det eksisterende kostråd. I anbefalingen bør der ikke udelukkende fokuseres på indtaget af fuldkorn, men på hvordan fuldkornsprodukter kan indgå i en sund kost, og der bør lægges vægt på, at indtaget af fuldkornsprodukter varieres. Anbefalingen skal betragtes som en minimumsanbefaling for personer med et energiindtag på ca. 10 MJ/dag, svarende til en dansk gennemsnitskost. For personer med et energiindtag < 10MJ/dag skal fuldkornsanbefalingen reduceres procentvis i samme størrelsesorden som energiindtaget, og tilsvarende skal fuldkornsanbefalingen øges for personer med et energiindtag > 10MJ/dag. Når der korrigeres for et lavere energiindtag, betyder det i praksis, at anbefalingen for små børn 4-10 år (især piger) og for småtspisende større børn og kvinder vil være ca. 20-50% lavere, svarende til et anbefalet indtag af fuldkorn på 40-60 g/dag. Det skal understreges, at anbefalingen refererer til *fuldkorn*, hvilket kan udmøntes i forskellige former for *fuldkornsprodukter* med varierende indhold af fuldkorn.

Beregninger af danskernes indtag af fuldkorn ved hjælp af data fra den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysiske Aktivitet 2000-2004 viser, at danskernes indtag af fuldkorn udgør knapt halvdelen af det anbefalede, og at kun 6% af befolkningen lever op til en fuldkornstæthed i kosten på 75 g/10 MJ. Det typiske indhold (median indholdet) er omkring 30 g/10 MJ per dag. Indholdet af fuldkorn i kosten er højest hos de yngste og ældste aldersgrupper og mindst hos de unge, især de 14-24-årige. Hovedparten af de personer, der lever op til fuldkornsanbefalingen, spiser den vejledende mængde brød og kornprodukter. Rugbrød er det enkeltprodukt, der bidrager mest til fuldkornsindtaget i både danske børns og voksnes kost. Herefter kommer havregryn (der også indgår i havregrød). Groft hvedebrød bidrager i mindre grad til fuldkornsindtaget.

Frokosten bidrager med halvdelen af det daglige fuldkornsindtag hos både børn og voksne, hvilket skyldes det høje indhold af rugbrød. Herefter kommer morgenmaden efterfulgt af aftensmaden og mellemmåltiderne. Det største potentiale for en forbedring af fuldkornsindtaget er i forbindelse med morgenmaden og aftensmaden. Det vurderes, at der vil være et potentiale for at øge fuldkornsindtaget ved øgning af indholdet af fuldkorn i fast food brød samt pitabrød, sandwichbrød, flutes, boller m.m.

Ifølge den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysisk Aktivitet 2000-2004 har kosten hos de personer, der opfylder fuldkornsanbefalingen, en mere optimal næringsstofprofil i

forhold til de Nordiske Næringsstofanbefalinger end hos de personer, der ikke når fuldkornsanbefalingen. Således har de, der opfylder fuldkornsanbefalingen, en mere favorabel makronæringsstoffordeling, et indtag af kostfibre på det anbefalede niveau samt et højere indtag af en række vitaminer og mineraler. Da de personer, der når fuldkornsanbefalingen, samtidig har et højere indtag af grønt (børn) og frugt (voksne), tyder det på, at et højt indtag af fuldkorn er en del af en generelt sundere kost. De beregnede indtagstal for fuldkorn viser, at en kommende indsats for at øge fuldkornsindtaget i første omgang bør rettes mod hele befolkningen.

Summary

Hitherto neither an official Danish definition of the concept wholegrain nor rules/guidelines for the wholegrain content of foods claiming to be wholegrain foods existed. In addition, there has been no quantitative recommendation for wholegrain intake in Denmark, only a suggestion in the Dietary Guidelines (2005) to eat “coarse” foods, plus some overall considerations about the type of grain products one should choose.

Grains consist of three parts: endosperm, bran, and germ. Wholegrain is defined as intact and processed (dehulled, ground, cracked, flaked or the like) grains, where the components endosperm, bran and germ are present in the same proportions as in the intact grain. Studies show that the level of milling affects the way wholegrain is digested and metabolised, and the resulting nutritional and health effects. However, data does not support a limit for milling, where the positive effect on health is larger than the negative. Therefore, the current definition does not take level of milling into consideration.

The definition of wholegrain includes grain seeds from the following genera of the grass family *Gramineae*: barley (*Hordeum*), oat (*Avena*), wheat (*Triticum*), rye (*Secale*), rice (*Oryza*), millet (*Panicum*), maize (*Zea*; only as dried maize) and sorghum (*Sorghum*). The definition includes grain seeds from species, hybrids and cultivars from the above mentioned genera.

A distinction is made between wholegrain and wholegrain products. The concept “*wholegrain*” refers to the grain itself, whereas “*wholegrain products*” are foods containing a minimum amount of wholegrain. Wholegrain should contribute considerably to foods being labelled as wholegrain products, and the term wholegrain should only be used on the following foods and food groups: flour and grain (including rice); bread and crisp bread; breakfast cereals; pasta and noodles. Flour and grain must be 100% wholegrain. Foods containing other ingredients than wholegrains should contain more than 50% wholegrain in dry matter ($\geq 51\%$). If a product is claimed to contain wholegrain (e.g. by using a label), the wholegrain content must be declared according to predetermined instructions (Quantitative Ingredient Declaration, QUID). A content of $\geq 51\%$ of dry matter corresponds to a wholegrain content of at least 35% for bread, and at least 55% for crisp bread, breakfast cereals and dry pasta and noodles, according to QUID.

Basically grain seeds have the same anatomical structure, but important differences exist in chemical composition, which affects nutritional value and functional qualities. The outer cell layer of the endosperm (the aleuron layer) has thicker cell walls and a different chemical composition than the rest of the endosperm. For example, the aleuron cells have a higher content of dietary fibres and essential amino acids (e.g. lysine) than other parts of the grain. The aleuron layer also has the highest concentration of minerals, including a large amount of phytic acid-bound phosphorus and other nutrients. During milling the aleuron layer ends up in the bran fraction.

Grains are primarily carbohydrate sources with a high content of starch (concentrated in the endosperm) and dietary fibres (concentrated in the bran including the aleuron layer). Most of the vitamins and minerals are situated in the germ and bran fractions, as a number of phenolic and other bioactive compounds are. The extraction rate is very important for the content of nutrients and bioactive compounds in grain.

As a basis for a quantitative recommendation of wholegrain intake, a review of prospective population studies was undertaken. Quantitative studies, which had the intake of wholegrain

products measured (either as frequency or amount) against risk of disease, were included. The review included prospective studies of the association between wholegrain intake and risk markers for selected diseases influenced by dietary habits plus specific studies of the effect of the most important components in wholegrain on risk for these diseases. For most studies there is no information of the quantitative intake of wholegrain, but a reference to a number of portions of wholegrain products.

Many cohort studies have shown a significant inverse association between the intake of wholegrain (or wholegrain products) and risk of total heart disease, coronary heart disease and stroke. Wholegrain products could reduce risk factors for heart disease, mainly documented for the effect of oats on blood lipids and lipoproteins. The association is consistent, relatively strong (20-30% risk reduction), independent of other lifestyle factors, and biologically plausible. The focus has mainly been on wholegrain's contribution of dietary fibres, magnesium and potassium, and antioxidants (especially vitamin E), which have documented effects on insulin sensitivity, blood lipids and lipoproteins, and blood pressure. Having said this, none of the above single components can explain the overall association.

Several larger cohort studies show a relative convincing, inverse association between intake of wholegrain products and type-2 diabetes. It is mainly the content of dietary fibres and magnesium in wholegrain product that were suggested to give the possible protecting effect of wholegrain products.

The association between intake of wholegrain and the risk of being overweight is the result of several American cohort studies, of which only one study has results for breakfast cereal intake. All studies show inverse association between intake of wholegrain products and weight gain or risk of obesity. No randomised experiments have separately investigated the effect of increased intake of wholegrain products (e.g. compared to refined cereals) on body weight and weight change. The importance of wholegrain intake on weight regulation is considered a result of the content of dietary fibres in wholegrain, and the importance of dietary fibres for glucose metabolism and satiety.

The effect of wholegrain intake on risk of cancer development is described in a few studies on individual types of cancer. The results are not aligned. For colon and rectal cancer an association cannot be established. Furthermore, there is no association in risk of cancer in stomach or uterus. On the other hand, a tendency for increased risk of breast cancer was shown with high wholegrain intake. For total cancer risk in upper respiratory tract and stomach-digestive tract an inverse association to intake of wholegrain products was shown, while there was only a tendency for inverse association between wholegrain intake and total cancer. The majority of studies concern the contribution of dietary fibres (especially colon cancer), folate and, to a certain extent, vitamin B₆ and magnesium from wholegrain. Also the possible effect of lignans has gained scientific interest.

Presently, it is not possible to verify specific compounds in the grain seeds as being responsible for the effects of disease risk. It is most likely that it is the combination of chemical compounds found in wholegrain that are important for disease risk. It should be noted that the chemical compounds in wholegrain are highly correlated, and thus it is impossible to separate the effect of individual compounds. The association to disease risk is shown from the lowest to the highest intakes of wholegrain products.

Most studies consisted of American cohorts and only few studies included Scandinavian cohorts. Cultural differences exist in dietary habits, and especially in choice of wholegrain products, between the US and Scandinavia. The typical intake in the US is less than 1 portion (16-28 g) of

wholegrain per day, while in Scandinavia it is 2-3 portions (35-55 g) per day. At present there is insufficient scientific evidence to argue that one species is necessarily healthier than another.

Wholegrain and wholegrain products can, similar to other foods, contain unwanted chemical compounds from several different sources. Contaminations include a broad spectrum of organic and inorganic compounds like environmental pollutions, production aids and compounds produced unintended during food production. Besides, grains and grain products can also be contaminated with pathological bacteria, and finally grain seeds can contain natural toxins. However, the continuous control of contaminants and unwanted chemical compounds show that the content in grain and grain products is at a very low level in Denmark, and in general below existing threshold values. Thus no health concerns should be necessary in connection to an increased and diversified use of bread and other cereals including wholegrain products.

It is concluded that the scientific documentation is sufficient to recommend a wholegrain intake in Denmark of 4 portions per day, equal to minimum 75 g *wholegrain*/10 MJ under Danish conditions. The recommendation for wholegrain intake agrees with the dietary guideline advising an intake of 500 g potatoes, rice, pasta, bread and grains per day, and can be considered a specification of the existing dietary advice. The recommendation should not just focus on intake of wholegrain, but on how wholegrain products can be part of a healthy diet, and emphasis should be placed on a varied intake of wholegrain products. The recommendation shall be seen as a minimum recommendation for persons with a energy intake of approximately 10 MJ/day, equal to an average Danish diet. For persons with an energy intake of less than 10MJ/day the wholegrain recommendation shall be reduced in percentage terms equal to the energy intake, and similarly increased for persons with an energy intake of more than 10MJ/day. Correcting for a lower energy intake, it means the recommendation for small children age 4-10 years (mainly girls) and for light eating larger children and women will be approximately 20-50% lower, corresponding to a recommended intake of 40-60 g wholegrain per day. It is important to note that the recommendation refers to *wholegrain*, which can be implemented as different types of *wholegrain products* with variable wholegrain content.

Calculations of a Dane's wholegrain intake from data from The Danish National Survey of Dietary Habits and Physical Activity 2000-2004 show, that Danes eat approximately half the recommended amount of wholegrain, and only 6% of the population have a dietary wholegrain density of 75 g/10 MJ. The typical content (median content) is around 30 g/10 MJ per day. The dietary wholegrain content is highest among the youngest and the eldest age groups and lowest among young people, particularly those aged 14-24 years. The majority of persons living up to the wholegrain recommendation eat the recommended amount of bread and grain products. Rye bread is the single largest contributor to the wholegrain intake for both Danish children and adults. Next comes oats (including porridge). Coarse wheat bread contributes less to the wholegrain intake.

Due to the high wholegrain content of rye bread, lunch contributes with about half the wholegrain intake for both children and adults. Next comes breakfast, followed by dinner and snacks. Breakfast and dinner present the greatest potential for increase in wholegrain intake. It is estimated that there is a potential for increased wholegrain intake through increased wholegrain content of fast food and pita bread, sandwiches, flutes and buns.

According to The Danish National Survey of Dietary Habits and Physical Activity 2000-2004, the diet of persons living up to the wholegrain recommendation has a more optimal nutrition profile in accordance with Nordic Nutrition Recommendations than the diet of those who do not live up to the recommendation. Thus, those living up to the wholegrain recommendation, have a diet with a more favourable macronutrient composition, have an intake of dietary fibres at the recommended level,

plus a higher intake of a number of vitamins and minerals. Since those living up to the wholegrain recommendation, simultaneously have a higher intake of vegetables (children) or fruit (adults), it seems that a high wholegrain intake is, in general, part of a healthier diet. The calculations of wholegrain intake of Danes show that an effort to increase the intake should be primarily targeted towards the whole population.

1. Indledning

Studier af kostvaner og sundhed i forskellige befolkninger viser, at personer med en sund livsstil ofte har et højt indtag af fuldkornsprodukter, og at indtag af fuldkorn kan påvirke helbredet i positiv retning. Det er derfor et ønske blandt myndigheder, ernæringsprofessionelle og visse sundhedsorganisationer at få vurderet det videnskabelige grundlag for at sætte et arbejde i gang med det formål at øge indtaget af fuldkorn i den danske befolkning. Tilsvarende har dele af fødevareerhvervet en interesse i at øge deres udbud og salg af fødevarer med indhold af fuldkorn.

Begrebet "fuldkorn" opfattes forskelligt blandt den danske befolkning afhængig af, om man er lægmand eller beskæftiger sig professionelt med begrebet. I videnskabelige artikler optræder begrebet fuldkorn undertiden, uden at det er nærmere defineret, hvad der menes med ordet, dels dets konkrete betydning, og dels hvilke fødevarer det knytter sig til.

I foråret 2007 blev der med økonomisk støtte fra Fødevareministeriet gennem Innovationsloven indledt et partnerskab, som har til formål at skabe grundlag for en generisk kampagne for fuldkorn. Kampagnen skal gøre det lettere for danskerne at spise mere fuldkorn. Målet skal nås gennem et samarbejde mellem partnere inden for sundhedsverdenen og erhvervet, støttet af den ansvarlige myndighed (Fødevarestyrelsen). Som grundlag for arbejdet har det været vigtigt at skabe konsensus om en definition på fuldkorn og et anbefalet dagligt indtag. Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet indgår ikke i partnerskabet, men fik til opgave at definere begrebet fuldkorn, samt – med udgangspunkt i Den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysisk Aktivitet, at beregne danskernes nuværende indtag af fuldkorn. Desuden at gennemgå den foreliggende viden om sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og risikoen for udvikling af forskellige kostrelaterede sygdomme. Afdelingen blev bedt om på baggrund af denne viden at komme med en anbefaling til dagligt indtag af fuldkorn og at beregne, hvilke konsekvenser det kan ventes at få for kosten og næringsstofindtaget, hvis anbefalingen følges.

Nærværende rapport sammenfatter det arbejde, der er udført i Afdeling for Ernæring som grundlag for fuldkornskampagnen.

Ved læsning af rapporten er det vigtigt at skelne mellem *fuldkorn* og *fuldkornsprodukter*.

2. Definition af fuldkorn og forslag til betingelser for brug af betegnelsen 'Fuldkorn'

Af Heddie Mejborn og Inge Tetens

Afdeling for Ernæring, Fødevarerinstitutionen, Danmarks Tekniske Universitet

Dette kapitel omhandler en definition af begrebet fuldkorn og forslag til kvantitative betingelser, der skal være opfyldt, for at fødevarer kan anpriseres for deres indhold af fuldkorn.

Definition af fuldkorn

Kerner fra korn består af 3 dele: frøhvide (endosperm), skaldele (klid) og kim (embryo). Det er ikke muligt at angive et standardforhold mellem de tre komponenter, idet forholdet mellem dem varierer mellem og inden for plantearterne, og det varierer desuden med kernestørrelsen.

Fuldkorn defineres som hele kerner, og som forarbejdede kerner (knækkede, formalede og lignende), hvor indholdet af endosperm, klid og kim findes i samme forhold som i den intakte kerne. Endosperm, klid og kim kan separeres under formalingen, men skal efterfølgende blandes, så forholdet mellem dem er som i den intakte kerne.

Denne definition er i overensstemmelse med definitioner, som en række organisationer og udenlandske myndigheder har foreslået. Således anføres i den svenske Livsmedelsbranches regler, at ved ordet fuldkorn forstås "intakte eller formalede hele kerner, hvor alle bestanddele, som er indesluttet af frøskallen, indgår".

Det amerikanske Whole Grains Council (WGC) definerer fuldkorn som "hele kerner eller fødevarer fremstillet heraf, som indeholder alle de essentielle dele og naturligt forekommende næringsstoffer fra de intakte kerner. Hvis kernerne er forarbejdede (fx knækkede, ekstruderede eller lignende), så skal produktet bestå af omtrent samme rige balance af næringsstoffer, som findes i de oprindelige kerner".

I American Association of Cereal Chemists (AACC) er man enedes om følgende definition på fuldkorn: "Fuldkornscerealier og fødevarer fremstillet heraf består af hele korn, normalt betegnet som kerner. Kerner består af tre komponenter – klid, kim og endosperm. Hvis kernen er knækket, knust eller lavet til flager, skal den bevare næsten samme relative forhold mellem klid, kim og endosperm som i den oprindelige kerne. Fuldkornsingredienser kan bruges hele, de kan koges, formales til mel og bruges til brødfremstilling og andre produkter, eller de kan ekstruderes til cerealieprodukter."

Omtrent samme definition anvendes af US Food and Drug Administration (FDA), der siger, at fuldkorn er "intakte kerner, som, hvis de knækkes, knuses, formales eller laves til flager, skal indeholde omtrent samme relative proportioner mellem klid, kim og endosperm som den oprindelige kerne".

Også hos Food Standard Australia New Zealand (FSANZ) defineres fuldkorn som "intakte, formalede, knækkede eller flagede kerner, hvor komponenterne endosperm, kim og klid i det væsentlige forekommer i samme proportioner som i den intakte kerne".

Formalingsgraden formodes at påvirke den måde, hvorpå fuldkornet fordøjes og omsættes i kroppen og dermed den effekt, fuldkorn kan have rent sundhedsmæssigt. En øget formalingsgrad vil alt andet lige gøre mange næringsstoffer mere tilgængelige for absorption, det glykæmiske indeks (GI) vil stige, samtidig med at fuldkornets effekt på mæthed muligvis reduceres. Der findes ikke tilstrækkelig gode data til, at man kan foreslå en grænse for formalingsgrad, hvor den positive effekt på sundhed er større end den negative. I nærværende definition er der derfor ikke taget hensyn til kernernes formalingsgrad. Ved eventuelle senere opdateringer af denne rapport kan det blive aktuelt at inddrage formalingsgrad som en parameter, der skal tages hensyn til.

Fuldkornsbetegnelsen dækker frø fra visse arter af græsfamilien (*Gramineae*). *Gramineae* underopdeles i en række underfamilier, blandt andet:

- *Pooideae* (rapgræs-underfamilien) – hertil hører kornarterne
- *Oryzoideae* (ris-underfamilien)
- *Panicoideae* (hirse-underfamilien) – der igen kan underopdeles i:
 - PANICUM-gruppen (hirse)
 - ANDROPOGON-gruppen (sorghum (durra), majs)

Tabel 1. Almindelig anvendte arter til menneskeføde fra *Gramineae* familien.

Navn	Slægt	Art
Byg	Hordeum	Hordeum vulgare (alm. byg)
Havre	Avena	Avena sativa (alm. havre)
Hvede	Triticum	Triticum aestivum (alm. hvede)
		Triticum spelta (spelt)
		Triticum dicoccum (emmer)
		Triticum monococcum (enkorn)
		Triticum durum (durum)
Rug	Secale	Secale cereale (alm. rug)
Ris	Oryza	Oryza sativa
Hirse	Panicum	Panicum miliaceum (alm. hirse)
Majs	Zea	Zea mays
Sorghum/durra	Sorghum	Sorghum bicolor (alm. durra)

Definitionen af begrebet fuldkorn omfatter frø fra arter, arts-krydsninger og sorter fra de i tabel 1 nævnte slægter af rapgræs-, ris-, og hirseunderfamilierne. Det betyder for eksempel, at hvedesorten *T. aestivum* 'Grommit', rugsorten *S. cereale* 'Matador', og arts-krydsningen *T. aestivum* x *S. cereale* = *Triticoseale* (triticale), medtages under betegnelsen fuldkorn. Der dyrkes adskillige typer af hirse på verdensplan (se kapitlet Næringsstoffer og andre indholdsstoffer i korn). De tilhører forskellige slægter, men kun *Panicum miliaceum* (alm. hirse) og eventuelle andre *Panicum*-arter medtages under betegnelsen fuldkorn. Majs medtages kun i tørret form.

Denne definition er i overensstemmelse med den svenske definition på fuldkorn, idet svenskerne betragter byg, havre, hvede, rug, triticale, majs, ris, sorghum og hirse som fuldkorn. Andre lande (fx Australien/New Zealand) medtager kun kornarter/sorter, mens nogle lande (fx USA) også medtager amaranth, boghvede, vilde ris med flere.

I kapitlet "Indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko" konkluderes det, at det ikke er muligt at fremhæve en kornart frem for en anden som specielt sundhedsgavnlig. Selv om de amerikanske studier også medtager frø fra arter, som ikke tilhører græsfamilien, er det valgt af afgrænse den danske fuldkornsdefinition til frø fra græsfamilien, da disse grundlæggende ligner hinanden rent anatomisk.

Fødevarer, som ikke medregnes under fuldkornsbetegnelsen

Frisk majs spises normalt som en grøntsag i Danmark og indgår dermed på lige fod med andre grøntsager i '6-om-dagen' anbefalingen. Frisk majs defineres derfor ikke som fuldkorn. Popcorn består af hele, tørrede majs-kerner, men medtages ikke, da det ikke indgår i de fødevarergrupper, som er kvalificeret til fuldkornsbetegnelsen (se nedenfor).

Boghvede er ikke hvede (hører til pileurt-familien), og medtages ikke under fuldkornsbetegnelsen. Quinoa medtages ligeledes ikke under fuldkornsbetegnelsen. Quinoa tilhører amaranth-familien. Bælgfrugter (fx ærter, soja), frø (fx solsikke, græskar, hørfrø) og nødder defineres ikke som fuldkorn i Danmark, da makronæringsstofsammensætningen er væsentlig anderledes end i cerealier.

Fødevarergrupper der omfatter produkter, der er kvalificerede til betegnelsen fuldkorn

Fuldkorn skal udgøre en betydelig del af de fødevarer, som kan betegnes fuldkornsprodukter. Af sundhedsmæssige årsager bør fuldkornsbetegnelsen ikke anvendes på produktgrupper, der anses for nydelsesmidler, fx slik (popcorn) og kager, da den må formodes at føre til et øget indtag. Fuldkornsbetegnelsen bør derfor udelukkende anvendes på følgende fødevarergrupper og fødevarer, hvis de øvrige betingelser er opfyldt: mel og gryn (herunder ris), bagværk (brød, knækbrød), morgenmadscerealier, pasta og nudler.

Flager (ekstruderede), der er fremstillet af de forskellige plantearter, som hører under fuldkornsbegrebet, kan ligeledes betragtes som fuldkornsprodukter, hvis de indeholder alle tre fraktioner (endosperm, klid og kim) i samme forhold som de intakte kerner.

Fødevarernes tilhørsforhold til fuldkornsbegrebet

Tabel 2. Almindelige fødevarer/fødevaringredienser og deres tilhørsforhold til fuldkornsbegrebet.

Korn	Fødevarer/fødevaringrediens	Fuldkorn	Supplerende oplysninger
Byg	Byggryn	Ja	Består af skårne bygkerner
	Bygflager	Ja	
	Bygmel	Nej	
	Perlebyg	Nej	
Havre	Havregryn (grov- eller finvalsede)	Ja	Indeholder ikke klid og kim i samme proportioner som den intakte havrekerne
	Havreflager	Ja	
	Havremel	Nej	
	Havreklid	Nej	
Hvede	Knækkede hvedekerner	Ja	Indeholder ikke klid og kim
	Hvedeflager	Ja	
	Fuldkornshvedemel	Ja	
	Grahamsmel	Ja	
	Mannagryn	Nej	
	Hvedeklid	Nej	
	Hvedekim	Nej	
	Perlespelt	Nej	
	Landmel/Eftermel/Strømel	Nej	
	Cous-cous	Nej (Ja)	
	Bulgur	Nej (Ja)	
Majs	Cornflakes	Nej	Cornflakes indeholder ikke kim (og ofte ikke klid)
	Majsmel	Nej	
	Maizena	Nej	
	Popcorn	Nej	
Ris	Løse ris (incl. basmati, jasmin, o.lign.)	Nej	Indeholder ikke klid og kim
	Parboiled ris	Nej	
	Brune ris	Ja	
	Røde ris	Ja	
	Vilde ris	Nej	
	Grødris	Nej	
	Rismel	Nej	
	Risstivelse	Nej	
	Sushi-ris	Nej	
	Rug	Knækkede rugkerner	
Skårne rugkerner		Ja	
Rugflager		Ja	
Fuldkornsrugmel		Ja	
Rugmel		Ja	
Halvsigtet rugmel		Nej	
Rugsigtemel		Nej	
Blandinger	Sigtemel	Nej	70% almindeligt hvedemel + 30% rugsigtemel
Hirse	Hel hirse	Ja	Indeholder ikke klid og kim
	Hirseflager	Nej	
Sorghum			Findes måske ikke på det danske marked

Krav til produkter der anpriser for deres indhold af fuldkorn

For at en fødevarer kan betegnes som et *fuldkornsprodukt*, bør den indeholde en vis mængde *fuldkorn*. I modsat fald kan betegnelsen være vildledende for forbrugeren.

Mel og gryn skal være 100% fuldkorn. Fødevarer, hvor der er tilsat andre ingredienser end fuldkorn, bør indeholde over 50% fuldkorn i tørstoffet ($\geq 51\%$).

Det er i overensstemmelse med reglerne i den svenske Livsmedelsbranche. Ifølge Livsmedelsbranchen's regler skal produkter indeholde mindst 50% fuldkorn i tørstof, for at kunne anprise sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og reduceret risiko for hjerte-karsygdom. I modsætning hertil kræver FDA i USA, at et produkt skal indeholde $\geq 51\%$ fuldkorn (friskvægt) for at kaldes fuldkorn. Denne definition foreslog AACC i 2006 ændret til, at $\geq 51\%$ af kornet (melet) skal være fuldkorn for at et produkt kan benævnes fuldkorn. FDA har dog ikke ændret sin definition.

Hvis et produkt anpriser for sit indhold af fuldkorn (fx i form af et fuldkornsmærke), skal indholdet af fuldkorn deklareres efter forud fastlagte retningslinier (Quantitative Ingredient Declaration, QUID)¹.

For at undgå forvirring om grænsen for mindste-indhold af fuldkorn i produkter, der betegnes fuldkorn, er grænsen på $\geq 51\%$ af tørstof omregnet efter retningslinierne for QUID (tabel 3). Bemærk at de i tabel 3 anførte grænser er mindste-indhold af fuldkorn. Et brød kan godt have et fuldkornsindhold, der er højere end 35%. Således vil et rugbrød fx kunne have et fuldkornsindhold på 55-65%.

Tabel 3. Mindste-indhold af fuldkorn (% af vægt) i produkter udregnet efter retningslinier for Quantitative Ingredient Declaration¹.

Produkt	Fuldkornsindhold
Mel og gryn	100
Brød	35
Knækbrød	55
Morgenmadscerealier	55
Pasta, nudler (tørret)	55

Ernæringsprofiler

Den danske kost indeholder generelt for meget fedt, især mættet fedt, sukker og salt i forhold til det anbefalede². Hvis en dansk myndighed opfordrer befolkningen til at vælge visse fødevarer frem for andre, bør det være fødevarer med et lavt indhold af disse næringsstoffer. Ud over krav til mindste-indholdet af fuldkorn bør der derfor stilles krav til indhold af totalfedt, mættet fedt, sukker og salt, for at produkter kan betegnes som fuldkornsprodukter eller anpriser for fuldkornsindhold, da det formodes at påvirke befolkningens fødevalg. Grænserne bør svare til de til enhver tid gældende grænser for "Spis MEST" mærket³ (eller tilsvarende, hvis det afløses af et andet mærke). Grænserne ser for nuværende således ud:

1) *Totalfedt* maksimalt 5 g/100 g. Grænsen må dog godt overskrides, hvis fedtindholdet stammer fra naturligt forekommende fedt i fuldkornet og tilsatte frø som fx hørfrø eller fra nødder. Således må havregryn, hvis naturlige indhold af fedt er ca. 5-9 g/100 g, anpriser. Også brød og morgenmadscerealier, som tillige er tilsat frø (fx hørfrø, solsikkekerner og lignende) eller nødder, kan anpriser, selv om det totale fedtindhold overstiger 5 g/100 g – dog må det totale fedtindhold ikke overstige 10 g/100 g. Hvis en del af fedtet stammer fra tilsatte fedtstoffer (fx olie, smør, margarine), må det samlede fedtindhold ikke overstige 5 g/100 g. Samme grænse gælder for samtlige fuldkornsprodukter.

2) *Mættet fedt* maksimalt 1,5 g/100 g eller naturligt indhold fra fuldkorn og tilsatte frø eller nødder (efter samme regler som nævnt under totalfedt). Hvis det totale indhold af mættet fedt overstiger 4 g/100 g produkt, kan fuldkornsindholdet dog ikke anprises. Samme grænse gælder for samtlige fuldkornsprodukter.

3) *Sukker* For mel og gryn, brød og knækbrød, pasta og nudler gælder, at sukkerindholdet maksimalt må være 5 g/100 g. Der er opstillet en særlig grænse for sukkerindhold i morgenmadscerealier, hvori der indgår andre ingredienser end fuldkorn. Her må det totale sukkerindhold maksimalt være 10 g/100 g.

4) *Salt* Mel og gryn må ikke være tilsat salt. I brød, knækbrød, pasta og nudler må der maksimalt være 1,5 g salt/100 g (600 mg natrium/100 g). I morgenmadsprodukter må der maksimalt være 1,0 g salt/100 g (400 mg natrium/100 g).

Bemærk at "Spis MEST" mærket stiller krav om et vist kostfiberindhold for bagværk, mel, gryn og morgenmadscerealier, men ikke om fuldkornsindhold. For at en fødevarer kan fremhæves som et fuldkornsprodukt, foreslås det, at kravet til indhold af kostfibre ikke behøver at være overholdt, fordi fuldkornsindholdet erstatter kostfiber som parameter til vurdering af fuldkornsprodukter. I modsat fald vil fx ris ikke kunne kaldes fuldkorn, da fuldkornsris har et lavt indhold af kostfiber.

Tabel 4. Ernæringsprofiler for fuldkornsprodukter².

Produkt	Total fedt g/100 g	Mættet fedt g/100 g	Sukker g/100 g	Natrium mg/100g*
Mel og gryn	Naturligt indhold	Naturligt indhold	≤ 5	Naturligt indhold
Brød og knækbrød, pasta, nudler o.lign.	≤ 5 eller naturligt indhold fra cerealier, frø eller nødder [§]	≤ 1,5 eller naturligt indhold fra cerealier, frø eller nødder [#]	≤ 5	≤ 600 mg
Morgenmadscerealier	≤ 5 eller naturligt indhold fra cerealier, frø eller nødder [§]	≤ 1,5 eller naturligt indhold fra cerealier, frø eller nødder [#]	≤ 10	≤ 400 mg

* Saltindhold udregnes som natrium x 2,5.

[§] Hvis det naturlige indhold overstiger 10 g/100 g kan betegnelsen fuldkorn ikke anvendes.

[#] Hvis det naturlige indhold overstiger 4 g/100 g kan betegnelsen fuldkorn ikke anvendes.

Referencer

1. Vejledning om mærkning med mængdeangivelse af ingredienser i fødevarer. Fødevederedirektoratet, Søborg, 2000.
2. Nordic Nutrition Recommendations 2004. 4th edition, Nord 2004:13. Nordic Council of Ministers.
3. Bekendtgørelse om Ernæringsmærket, nr. 330 af 3. april 2007. Fødevestyrelsen.

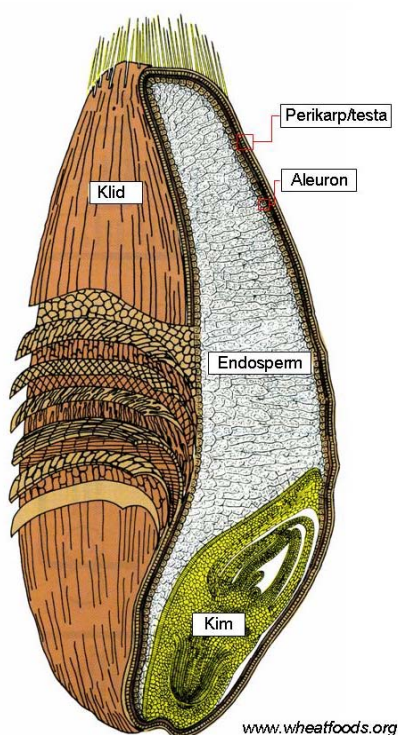
3. Næringsstoffer og andre indholdsstoffer i fuldkorn

Af Helle Nygaard Lærke og Knud Erik Bach Knudsen
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Kornkernens opbygning

Kornarterne har grundlæggende den samme anatomiske opbygning, men mellem kornarter og kornsorter er der væsentlige forskelle i struktur og indholdsstoffer. Det har betydning både for næringsværdi og funktionelle egenskaber af såvel de hele kerner (intakte og formalede) som ved anvendelse af formalingfraktioner som mel og klid.

Kornkernen består af en kim (embryo), en frøhvide (endosperm), der er frøets oplagsnæring, og en frøskal (pericarp/testa) (figur 1). Mellem endospermen og kimen ligger skjoldlaget (scutellum). Cellerne i kimen har tynde vægge og indeholder en stor cellekerne og samt rigelige mængder protein og fedt. Endospermen har tynde cellevægge og mange stivelseskorn, som er indlejret i en proteinmatrix.



Det yderste cellelag i endospermen, der næsten fuldstændigt omslutter endospermen og kimen, kaldes aleuronlaget. Laget er 1 celledykkelse i hvede, rug, havre, ris, sorghum, hirse og 2-4 celledykkelse i byg. Aleuronlaget har meget tykkere cellevægge og anden sammensætning af indholdsstoffer end den øvrige endosperm. Fx har aleuroncellerne et højere indhold af essentielle aminosyrer (fx lysin) specielt stammende fra enzymer end oplagsproteinet i endospermen. Aleuronlaget har også den højeste koncentration af mineraler – 60% af hvedes askeindhold findes i aleuronfraktionen, men tillige langt den overvejende del af fytinsyre-bundet fosfor (87%) i form af fytin-krystaller. Endelig indeholder aleuronlaget mere end 80% af hvedekornets niacin, har høj koncentration af andre B-vitaminer og et højt fedtindhold¹. Også i sub-aleuronlaget, der ligger lige under aleuronlaget, er cellerne mindre, og her er stivelseskornene ikke pakket særlig tæt, hvorfor proteinindholdet er højere. Udviklingsmæssigt tilhører aleuronlaget endospermen, men ved formaling kommer aleuronlaget sammen med klidfraktionen.

Figur 1. Kornkernens anatomi.

Endosperm og kim omkranses inderst af frøskallen (testa), der består af 1-2 celledykkelse, hvoraf det ene (hyalinlaget) er struktur- og farveløst, hvorimod det andet lag oftest er farvet. Yderst består skallen (pericarp) af 4 celledykkelse af døde celler (epidermis, hypodermis, tværceller og rørceller).

Perikarp og testa består primært af stærkt lignificerede cellevægge med et højt indhold af cellulose og stærkt forgrenet arabinoxylaner.

Før høst er kornet dækket af avner (dækblade). Hos rug, almindelig hvede og de fleste sorghumsorter sidder avnerne så løst, at de falder af under tærskning. Hos byg, havre, ris og hirse sidder avnerne derimod fast med mindre, der er tale om de såkaldt nøgne sorter, hvor avnerne falder af. Disse sorter har dog meget ringe udbredelse i Danmark. Også de 'gamle' hvedearter: enkorn, emmer og spelt, har fastsiddende avner og går under fælles betegnelsen 'dækket hvede'². Før anvendelse til human konsumtion skal avnerne på de dækkede kornarter fjernes ved afskalning. Dette er vigtigt at holde sig for øje, når man taler om kornets indholdsstoffer, da nogen litteratur opgiver indhold af næringsstoffer med avner (især ved foderanvendelse), medens andre angiver indholdet i det afskallede korn.

Endospermen udgør 81-84% af kornets samlede volumen i hvede og 87% i rug, men da rugkerner er mindre end hvede, vil rug ved en given mængde fuldkorn have en lavere mængde endosperm og højere mængde klid end en tilsvarende mængde fuldkornshvede³. På tilsvarende vis udgør endospermen ca. 75% af bygkernen og 80% i havre¹. I hirse, hvor kernerne er betydeligt mindre, udgør endospermen 71-76%, mens kimen udgør 15-21%.

Formaling af korn

Forskelle i kornarternes anatomi, herunder om kornet har fast- eller løstsiddende avner, hårdheden af endospermen og adhæsion mellem de anatomisk komponenter bevirker, at det er forskellige mølleritekniske foranstaltninger, der skal til ved forarbejdning af kornet.

Hvede og rug

Konventionel hvede (*Triticum vulgare* eller *T. aestivum*) og rug (*Secale cereale*) skal ikke afskalles. Adskillelse af klid og mel foregår traditionelt ved hjælp af grynbrækkere – evt. efter konditionering (korrektur af vandindhold), derefter valsning i en valsemølle og plansigtning. I hvede kan kimen forholdsvis let adskilles som en separat fraktion, men i praksis sker det ikke i stort omfang, hvorfor kimen som regel indgår i klidfraktionen. I rug er skaldelene og kimen sværere at adskille fra endospermen, som også lettere går i stykker og er sværere at sigte.

Byg, havre og dækket hvede

Havre (*Avena sativa*) har mere fedt end de øvrige kornarter (tabel 1) og tillige et højt lipase-indhold i perikarpen, hvorfor der må ske en inaktivering i en dampsnække inden formaling. Efter inaktiveringen tørres kornet, og havren afskalles i en skalkværn (grubbekværn). Yderligere afskalning foregår i slibe- og polermaskiner. Fremstilling af havregryn foregår ved, at de rensede kerner skæres i flager, der koges med damp og efterfølgende vales og tørres.

Byg (*Hordeum vulgare*), spelt (*Triticum spelta*) og de andre dækkede kornarter fx emmer (*Triticum dicoccum*) og enkorn (*Triticum monococcum*), skal tillige afskalles før anvendelse enten som fuldkornprodukt eller i mere raffineret form som fx perlebyg eller perlespelt, hvor perikarp, testa, kim, aleuron- og subaleuronlag er fjernet⁴.

Ris

Riskorn har ingen bugfure og afskalles ved slibning og polering. Hos fuldkornsrís er det kun avnerne, der er fjernet, hvorfor risene er farvede. Ved yderligere polering fjernes perikarp, testa og aleuronceller, og risene bliver hvide. Parboiled ris er fuldkornsrís, som er blevet varmebehandlet, hvorefter skaldelene er fjernet. Eftersom udmalingsgraden er højere af parboiled ris end af ikke-parboiled, afskallede ris, bliver indholdet af de fleste vitaminer og mineraler højere i parboiled ris end i hvide ris.

Majs

Den mest almindelige formalingsproces for majs er temperering-afkimning. Efter rensning, tempereres majskernelne til ca. 20% vandindhold, og kernerne formales i grynbrækkere, hvor kliddelene (perikarpen) og kimen adskilles fra den grove endosperm (grits). Ved yderligere formaling og sigtning fremstilles forskellige melprodukter af endospermen. Kim- og klidfraktionen formales og sigtes yderligere for at adskille kim fra resterende endosperm- og klidprodukter.

Alkali-kogning er en anden metode til adskillelse af kim og klid fra endosperm. Majsene koges i en basisk opløsning i 5-50 minutter og støbsættes herefter i 2 til 12 timer. Ved en efterfølgende vaskeproces fjernes overskydende base og den løsnede perikarp, og efter tørring og formaling fås masa harina, som bl.a. anvendes til tortilla.

Sorghum og hirse

Sorghum og hirse har i de lande, hvor disse kornarter er mest udbredt, traditionelt været formalet med morter og pistel samt simple stenmøller. Møllertechnisk er sorghum og hirse mere udfordrende end fx hvede, og der har ikke været den samme udvikling af industriallæg, da disse kornarter er mest udbredt i udviklingslande og ikke i væsentlig grad til human konsumtion i de industrialiserede lande⁵. Sorghum (*Sorghum vulgare* eller *S. bicolor*) har enorm genetisk variation med hensyn til størrelse og farve. Ligeledes er forskellige hirse-typer, der endog ikke har taxonomisk slægtsfællesskab, yderst forskellige i form og størrelse⁶. Alm. hirse (*Panicum miliaceum*), perlehirse (*Pennisetum glaucum*), kolbehirse eller rævehalehirse (*Setaria italica*), fingerhirse (*Eleusine coracana*), japansk hirse (*Echinochloa frumentacea* eller *E. crus-galli* eller *E. utilis*) er på verdensplan de mest udbredte. Den etiopiske græsart teff (*Eragrostis tef*) regnes også som en type hirse. Arten, som har meget små kerner (1-1,5 mm lange og 0,75-1 mm brede), har fået stigende bevågenhed i bl.a. USA, da den er glutenfri og dermed egnet for personer med cøliaki på lige fod med sorghum og andre hirsearter.

Sorghum kan kun valseformales ved en semi-våd proces, idet der ellers sker en ufuldstændig separation af klid og endosperm. Metoden giver dog lavt udbytte og er slet ikke egnet til hirse. Sorghum har på den anden side ingen bugfure og har ensartede runde kerner, hvorfor afskalning ved slibning og polering efter samme princip som ris og byg er en mulighed. Det samme gælder visse arter af hirse⁵.

Fremstilling af alle typer fuldkornsmel kan i princippet foregå på enten valsemøller eller skivemøller, også kaldet stenmøller, hvor skaldele og kim er bevaret. For de dækkede kornarter skal avnerne imidlertid fjernes først.

Udmalingsgrad

Udtrykker hvor stor en andel (i %) af kernen, der anvendes i melet. En udmalingsgrad på 100% svarer til at hele kernen anvendes. En udmalingsgrad på fx 72% som i hvidt hvedemel betyder, at kun 72% af kernen – startende fra centrum af kernen – indgår i melet.

Formalingsgrad

Udtrykker graden af findeling af kernen eller fraktioner af kernen. Jo højere formalingsgrad, jo mere findelt er materialet.

Kornets indholdsstoffer

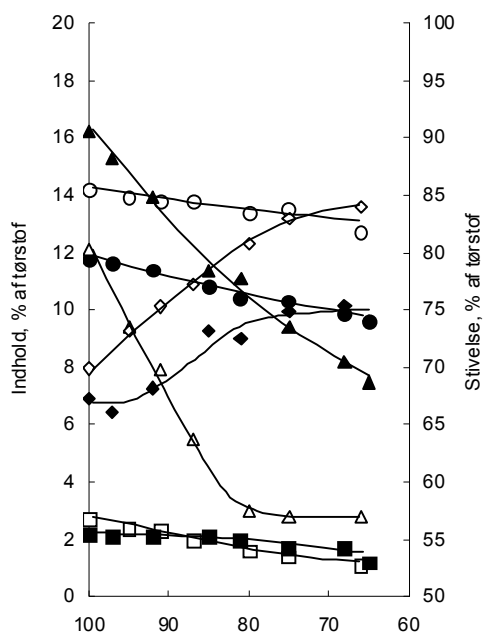
Korn er først og fremmest en kulhydratkilde med et højt indhold af stivelse og kostfibre og et lavt indhold af sukre og fruktaner. Stivelsen er koncentreret i endospermen og kostfibre i kliddelene. Herudover indeholder kim- og klidfraktionerne hovedparten af kornets indhold af vitaminer, mineraler samt en række fenoliske forbindelser og andre bioaktive stoffer.

Kornets kim har et højt fedtindhold med en høj andel af mono- og polyumættede fedtsyrer, samt et højt indhold af plantesteroler, som gør, at cerealiene yder et væsentligt bidrag (ca. 40%) af det daglige indtag af steroler, på trods af at koncentrationen i korn er væsentlig lavere end i oliefrø³.

Endelig skal det nævnes, at de fleste af kornets enzymer er lokaliseret i kim og i klidfraktionen. Enzymindholdet i mel påvirker dels de teknologiske egenskaber og dels holdbarheden af melet. Af ovenstående fremgår, at udmalingsgraden har meget stor betydning for indholdet af de forskellige næringsstoffer og bioaktive komponenter, hvilket vil blive gennemgået mere detaljeret i det følgende.

Stivelse

Stivelse er frøets primære energikilde og koncentreret i endospermen, hvor det er indlejret som korn med en størrelse og form, der afhænger af kornarten.



Figur 2. Indhold af protein (○), fedt (□), stivelse (◇) og kostfibre (△) som funktion af udmalingsgrad af henholdsvis hvede (åbne symboler) og rug (lukkede symboler).

Stivelsen består hovedsagelig af to molekyler: amylose og amylopektin. Forholdet mellem amylose og amylopektin er især afhængig af art, men der er også forskel mellem de forskellige sorter. Ved opvarmning kvælder og forklistres stivelsen, og i forbindelse med den efterfølgende nedkøling omlægges amylosen, hvorved der dannes ufordøjelig (resistent) stivelse ved retrogradering.

Stivelse, der er indkapslet i intakte cellevægge (fx ved grov formaling eller hele kerner), er langsommere fordøjelig end stivelse, der er fint formalet. Resistent stivelse har visse fiberlignende egenskaber og kan have helsefremmende effekter. Generelt er stivelsen i alle gængse kornarter dog ret let fordøjelig i både rå og varmebehandlet form.

Eftersom stivelse hovedsagelig er koncentreret i endospermen stiger stivelsesindholdet med faldende udmalingsgrad (figur 2, tabel 1). Hvidt hvedemel har en udmalingsgrad på ca. 66-72%.

Protein

Cerealierne er kendetegnet ved, at proteinets næringsværdi er begrænset af et relativt lavt indhold af nogle af de essentielle aminosyrer, først og fremmest lysin fulgt af tryptofan, methionin, isoleucin, valin og threonin. Havre har en bedre proteinkvalitet end de øvrige kornarter på grund af et højere lysinindhold.

Med lavere udmalingsgrad stiger proteinfordøjeligheden generelt, men samtidig med falder proteinets biologisk værdi. Det betyder, at for de fleste kornarter (hvede, rug, byg, ris, majs og sorghum) falder udnyttelsen af proteinet. Det gør sig især i særlig grad gældende for majs, hvor 50% af proteinet i endospermen består af zein, som har et meget lavt indhold af lysin og tryptofan, mens indholdet af disse aminosyrer er højere i kimen⁷.

For de fleste kornarter udgør endospermen ca. 80% af kernen, mens kun 70% af proteinet sidder her. I sorghum udgør endosperm-protein 81% af det totale protein indhold, mens kimen udgør ca. 15%. I perlehirse udgør kimens protein på grund af den lille kernestørrelse derimod 31% af det totale protein, hvorimod endospermen kun udgør 60%⁶.

Fedt

De fleste cerealier har et fedtindhold på 1,5-4%, men i havre er fedtindholdet højere (5-9%). Lipiderne består dels af oliesyre, der udgør 30-40% af lipiderne i ris og havre og ca. 15% i de øvrige kornarter, og dels af polyumættede fedtsyrer primært i form af linolensyre, der udgør henholdsvis 42-44% i ris og havre og 63-70% i de øvrige kornarter.

Lipiderne er koncentreret i kimen, men der er også et betydeligt indhold i aleuroncellerne¹. Havre har imidlertid også et højt fedtindhold i den øvrige del af kernen. Fedtindholdet er analyseret til at være 7% i endospermen, 9% i klidfraktionen, 15% i kimen og 24% i scutellum, og fedtindholdet i endospermen og klidfraktionen udgør således henholdsvis 38% og 53% af kernens totale fedtindhold⁸. Det høje fedtindhold sammen med et højt indhold af lipaser gør det nødvendigt at varmebehandle havre inden formaling.

Kimen udgør en større andel af kernen i majs, sorghum og hirse end for de øvrige kornarter (1-4%). I majs udgør kimen 12-15% af kernen, og fedtindholdet er her ca. 30-35%, hvorimod fedtindholdet i endospermen er meget lavt (< 1%). Ved afkimning af majs med et fedtindhold på 5,2% blev fedtindholdet reduceret til 1,4%⁷. I sorghum, der har et fedtindhold på 3,6% udgør kimen 9,4% med et fedtindhold på 27-31%, hvilket svarer til ca. 76% af kernens totale fedtindhold. Perlehirse, som ellers i struktur minder om sorghum, har på grund af deres meget små kerner en højere andel af kim i forhold til endosperm. Kimen, der her udgør 15-21% af kernen, indeholder samtidig 88% af kernens totale indhold af fedt⁶.

Kostfibre

Der er endnu ikke en universel og entydig definition af begrebet kostfibre. Uagtet udfaldet af de løbende diskussioner vil hovedparten af kostfibre i cerealier bestå af ikke-stivelses polysakkarider og lignin, der udgør den væsentligste bestanddel af cerealierne cellevægge. De væsentligste kostfiberkomponenter i cerealier er cellevægs polysakkariderne: arabinoxylaner, β -glukaner og cellulose samt phenylpropan polymeren lignin. Man skelner groft mellem to typer af kostfibre – opløselige og uopløselige. De opløselige fibre har den egenskab, at de kan øge viskositeten i tarmen og dermed påvirke mavens tømningshastighed samt fordøjelses- og absorptionsprocesserne. Fx er havrens kolesterolsænkende egenskaber for en stor del knyttet til indholdet af opløselige fibre i form af viskositetsgivende β -glukaner. De opløselige fibre nedbrydes kun i ubetydelig grad i den humane tyndtarm, men bliver for en stor del omsat af

mikroorganismene i tyktarmen. De uopløselige fibre er mere resistente mod mikrobiel nedbrydning i tyktarmen. De uopløselige fibre virker først og fremmest som ufordøjet fyldstof, der påvirker tarmens peristaltik.

Selv om alle kornarter indeholder de samme typer cellevægspolysakkarider (kemiske komponenter) er fordelingen mellem typerne afhængig af art, ligesom der også er store forskelle mellem kornkernens forskellige anatomiske dele. Lignin og cellulose er koncentreret i de yderste celledele (perikarp/testa), mens arabinoxylaner og β -glukaner især findes i aleuron og subaleuron cellerne samt endospermen (tabel 1). De fleste af kernens kostfibre er således koncentreret i klidfraktionen, og ved en udmalingsgrad over 80% stiger indholdet af kostfibre i hvedemel og de andre cerealier markant.

Tabel 1. Indhold af makronæringsstoffer og kostfiberkomponenter i fuldkornsmel og formalingsfraktioner af udvalgte kornarter (g/kg tørstof).

	Aske	Protein	Fedt*	Sukre ⁺	Fruk- taner	Stivelse	Cellu- lose	β - glukan	AXU	Total NSP	Klason lignin	Kost- fibre	Ref.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (=7+8+9)	11	12 (=10+11)	
Hvede													
Klid	-	151	65	48	27	168	98	14 (12)	287 (46)	414 (63)	86	500	9
Perikarp/testa	-	110	5	33	15	160	144	9 (11)	296 (36)	465 (52)	92	557	9
Aleuron	-	157	54	36	19	514	39	9 (8)	118 (25)	174 (38)	26	200	9
Endosperm	-	103	21	13	16	829	5	4 (4)	22 (11)	34 (17)	1	35	9
Brødhvede	-	122	24	-	13	686	16	5 ¹⁰	68 (16) [#]	106 (24)	10	102	10,11
Fuldkornsmel	19	151	23	-	-	-	-	-	-	-	-	122	12
Klid	67	179	51	-	-	-	-	-	-	-	-	522	12
Kim	48	297	122	-	-	-	-	-	-	-	-	109	12
Mel	5	134	13	-	-	-	-	-	-	-	-	30	12
Mel (hård)	6	135	10	-	-	774	-	-	-	-	-	46 (16)	13
Mel (blød)	7	110	9	-	-	779	-	-	-	-	-	37 (18)	13
Havre													
Afskallet havre	21	169	84	12	-	568	-	47	-	-	-	99	8
Klid	-	250	102	18	2	424	8	98 (77)	43 (11)	155 (91)	30	185	9
Klid	436	225	103	-	-	413	4	98	52 (10)	193 (102)	21	193	14
Gryn	-	139	75	12	1	646	14	42 (38)	29 (8)	91 (47)	15	106	9
Gryn	204	138	86	-	-	649	4	42	25 (7)	102 (34)	-	80	14
Endosperm	118	117	80	-	-	732	5	23	12 (6)	47 (14)	-	41	14
Rug													
Klid	41	128	30	-	-	249	67	19	256	364	42	406	15
Fuldkornsmel	14	83	15	-	-	634	25	14	99	150	11	161	15
Fuldkornsmel	18	114	27	29	25	622	13	15	94	136	15	151	16
Perikarp/testa	32	102	34	21	4	30	136	5	415	623	110	733	16
Aleuron	46	176	42	42	32	345	20	33	176	251	39	283	16
Endosperm	6	68	15	13	20	782	4	8	44	64	1	65	16

AXU, arabinoxylaner beregnet som sum af arabinose, xylose og uronsyrer.

NSP, ikke-stivelses polysakkarider.

Værdier i parentes angiver indholdet af opløselige fibre.

* Fedtbestemmelse efter syrehydrolyse.

⁺ Total sukre bestemt som summen af monosakkarider, sukrose og de ufordøjelige oligosakkarider raffinose, stakyose og verbaskose.

[#]Beregnet fra sum af arabinose og xylose¹¹ og oplyst indhold af uronsyre.

Hovedbestanddelen af fibre i hvede og rug er arabinoxylaner. Rug indeholder mere arabinoxylan og har især et højt indhold af opløselig arabinoxylan sammenlignet med hvede. Indholdet af β -glukan er også højere i rug end i hvede, hvorimod indholdet af cellulose og lignin er identisk.

Både i hvede og rug er der forskel i arabinoxylanernes struktur mellem cellerne i henholdsvis perikarp/testa, aleuron og endosperm^{16, 17}. Arabinoxylanerne i perikarp er kraftig substitueret med en høj grad af krydsbindinger til fenoliske komponenter ligesom hele cellevæggen er stærkt lignificeret. Dette gør fibre mindre nedbrydelige end fibre i testa, aleuron- og endosperm celler¹⁸.

Sorghum, majs og hirse indeholder primært uopløselige fibre og meget lidt opløselig fiber i form af β -glukaner. Det stigende indhold af uopløselige fibre ved stigende udmalingsgrad følger således tæt indholdet af total kostfiber¹⁹. I sorghum og i majs er der desuden et højere indhold af arabinoxylan i fuldkorn end i mel fra endospermen som følge af et højt indhold i perikarpen¹⁹. Indholdet af kostfibre i fuldkornsmel fra majs, sorghum og hirse er lavere (8-10%) end de øvrige kornarter (11-19%).

Havre og byg er karakteriseret ved et højt indhold af β -glukan. Indholdet af β -glukan er stort set identisk i de to kornarter, dog afhængig af sort. I havre er β -glukanerne især koncentreret i meget fortykkede cellevægge i subaleuronlaget, der ved formaling bliver en del af klidfraktionen. I byg er β -glukanerne mere jævnt fordelt i hele endospermen. Der er små strukturelle forskelle i β -glukan fra byg og havre, og opløseligheden og molekylvægten af β -glukaner er generelt højere i havre end i byg²⁰.

Mineraler

Den største del af kornets mineraler findes i kernens yderste cellelag. Derfor er der en drastisk stigning i indholdet af mineraler med øget udmalingsgrad (figur 3), hvilket resulterer i, at indholdet af mineraler er 2-4 gange højere i fx fuldkornshvedemel end i almindelig hvedemel med lav udmalingsgrad.

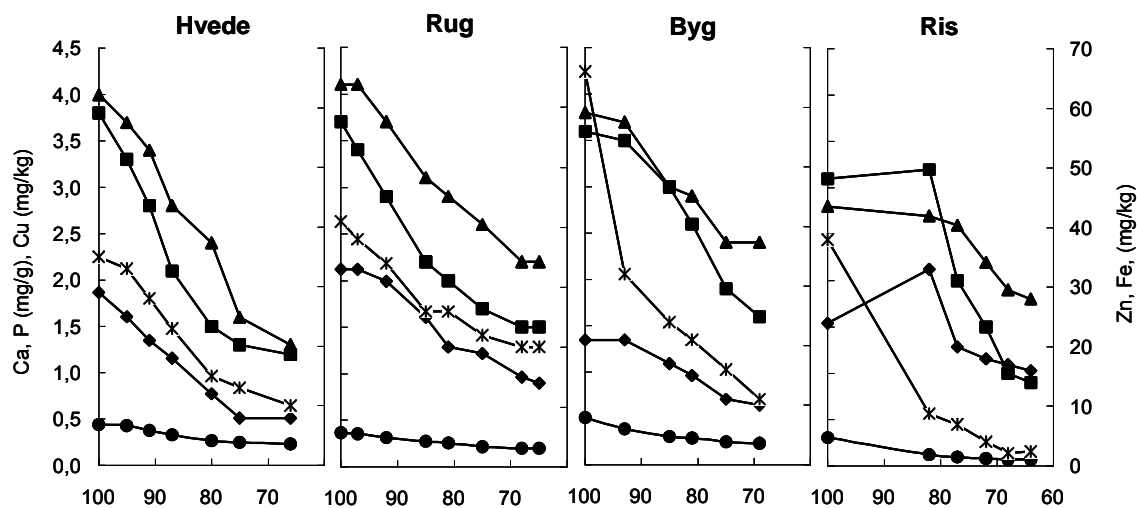
Faldet i mineralindhold med lavere udmalingsgrad er knap så drastisk for byg og rug sammenholdt med hvede. Dette skyldes, at skaldele i begge kornarter i modsætning til hvede splintrer under formaling, hvorfor mel med en lavere udmalingsgrad vil have et betydeligt indhold af fintformalet perikarp og testa, der også er med til at give mel fra disse kornarter en mørkere farve.

Afkimning medfører en markant reduktion i mineralindholdet i majs. Det er fx fundet, at zinkindholdet i afkimet majs blev reduceret til en femtedel, medens indholdet af calcium, jern og kobber blev mere end halveret⁷. Fosforindholdet blev tillige reduceret til 30%, medens fyttbundet fosfat, der i fuldkornsmajs udgør 81% af total fosfor, stort set blev elimineret.

Som øvrige cerealier er sorghum og hirse ikke særlig rige på calcium bortset fra fingerhirse og teff. Både sorghum og hirse er en god kilde til kalium, og fuldkornsprodukterne anses for at være tilstrækkelige kilder for magnesium, jern, zink og kobber. Imidlertid reduceres indholdet af disse væsentligt ved afkimning og afskalning⁶.

Magnesium er et kvantitativt betydende mineral i hvede, hvor det især er koncentreret i klidfraktionen. Indholdet af magnesium er fundet til at være mere end 15 gange så højt i hvedeklid (602 mg/100 g tørstof) som i hvedemel (39 mg/100 g tørstof)²¹. I samme undersøgelse var indholdet af kalium og fosfor i klid ca. 9 gange så højt, medens calciumindholdet var ca. 4 gange så

højt som i hvedemel. Også for visse af mikromineralerne (jern, kobber, mangan og zink) var der 7-18 gange så højt indhold i klid som i hvedemel. For rugklid var indholdet af makro- og mikromineralerne 2-4 gange så højt som i fuldkornsrugmel, medens indholdet i havreklid var ca. 1,5 gange så højt som i havregryn. For magnesium og mangan var indholdet ca. 3 gange så højt i brune ris sammenlignet med hvide ris, mens indholdet af de øvrige mineraler var 10-60% forøget med undtagelse af calcium, hvor indholdet i de brune ris var betydeligt lavere. Dette er imidlertid ikke i overensstemmelse med tidligere undersøgelser²².



Figur 3. Indhold af mineraler i henholdsvis hvede, rug, byg og ris som funktion af udmalingsgrad (%).

Calcium (Ca) ● og fosfor (P) ■ i mg/g tørstof, kobber (Cu) ▲, zink (Zn) ◆ samt jern (Fe) × i mg/kg tørstof (ppm) (Adapteret fra Pedersen & Eggum²²⁻²⁵).

Plantefrø indeholder stoffet fytinsyre, der er deres vigtigste fosfor-oplagringsforbindelse. Fytinsyre indeholder en række negativt ladede fosfatgrupper, som danner meget stabile komplekser med en række mineraler, hvorved biotilgængeligheden af mineralerne nedsættes. Effekten afhænger af koncentrationen af både fytinsyre og mineraler og er forskellig for forskellige mineraler. Især calcium, magnesium, kalium, jern og zink bindes let til fytinsyre. Forskellige forarbejdningsprocesser kan have effekt på fytinsyreindholdet i cerealieprodukter, og en nedbrydning af fytinsyre vil alt andet lige betyde en øget mineraltilgængelighed⁴¹. Fytinsyre kan nedbrydes af enzymet fytase, som forekommer naturligt i cerealierne, i forbindelse med dejfremstilling. Også mælkesyrebakterier kan nedbryde fytinsyre, hvilket har betydning for brød, der fremstilles ved hjælp af surdej. For bedst mulig udnyttelse af det høje mineralindhold i fuldkorn har fremstillingsprocessen derfor betydning. Lang hævetid/effektiv fermentering vil således øge nedbrydningen af fytinsyre og dermed øge biotilgængeligheden af mineraler fra cerealierne⁴².

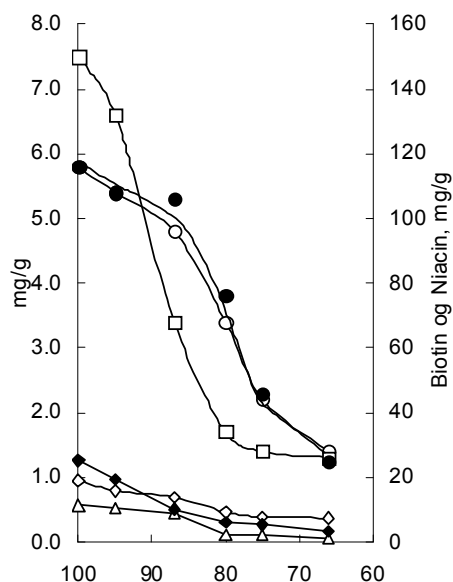
Vitaminer

Korn er især rigt på B-vitaminerne thiamin, riboflavin, niacin, pantothen-syre, pyridoxin (B6), biotin samt folat, men har også et højt indhold af tokoferoler og tokotrienoler (E-vitamin).

B-vitaminer

Aleuroncellerne er rige på niacin, ligesom riboflavin, thiamin og muligvis også de øvrige B-vitaminer forekommer i høje koncentration her¹. Niacinet i aleuroncellerne er imidlertid kompleksbundet og samtidig indeholdt i cellevæggen, hvorfor biotilgængeligheden i uforarbejdet klid er lav.

Ved en udmalingsgrad under 80% falder indholdet af B-vitaminer i hvede kraftigt (figur 4) – for folat og riboflavin til henholdsvis 10% og 40% af indholdet i fuldkornshvedemel og byg (figur 5). Også ved en udmalingsgrad lavere end 95% (brune ris) sker der en kraftig reduktion i B-vitaminindholdet i ris.

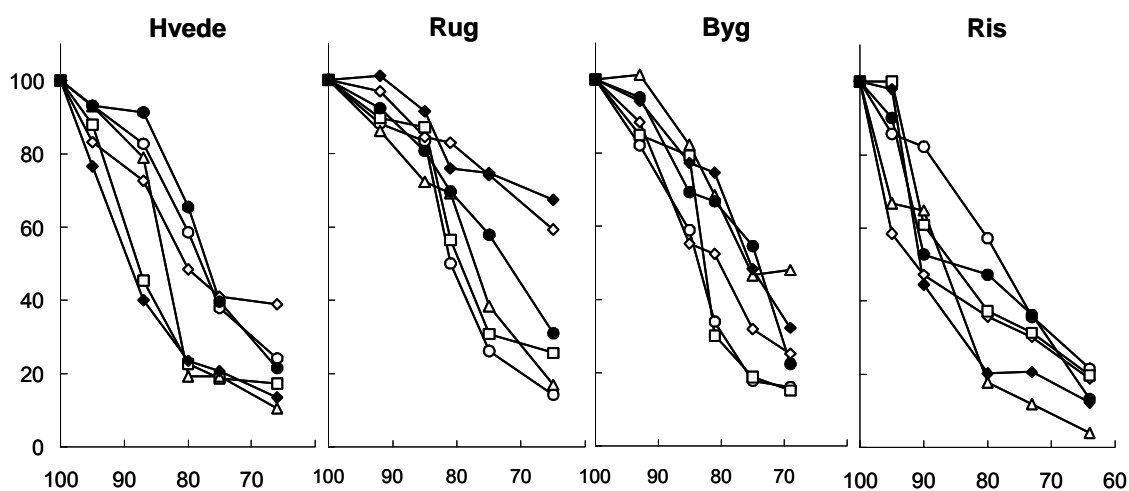


I rug er reduktionen af riboflavin og niacin ikke så markant som for de øvrige kornarter og de andre B-vitaminer i rug.

Sorghum og hirse er også rige på B-vitaminer, men da disse er koncentreret i aleuronlaget og kimen, reduceres indholdet væsentligt ved afskalning. På tilsvarende vis sker der en reduktion i B-vitaminindholdet på 60-80% ved afkimning af majs⁷.

Figur 4. Indhold af B-vitaminer i hvede som funktion af udmalingsgrad (%).

Thiamin ○, B₆-vitamin □, riboflavin ◇, folat Δ, biotin ● og niacin ◆ i g/kg tørstof. (Adapteret fra Hegedüs et al.²⁶).



Figur 5. Den procentvise reduktion af B-vitaminer i mel med faldende udmalingsgrad.

Thiamin ○, B₆-vitamin □, riboflavin ◇, folat Δ, biotin ● og niacin ◆ (Adapteret fra Hegedüs et al.²⁶).

E-vitamin

E-vitamin er primært en antioxidant, der hæmmer lipid-oxidationen i biologiske membraner. Hidtil har α -tokoferol været betragtet som den mest effektive antioxidant, men nyere undersøgelser tyder på, at α -tokotrienol er mindst 3 gange så effektiv til at hæmme frie radikalens kædereaktioner²⁷. Kimen er en rig kilde til E-vitamin i form af både tokoferoler og tokotrienoler (tokoler). Indholdet i forskellige kornarter er ret ens, men fordelingen mellem de forskellige isomere er meget forskellige²⁷.

Hvor hvede (blød og durum), spelt og tritikale har et højt indhold af β -tokotrienol, har havre og byg især et højt indhold af α -tokotrienol. Udregnet som E-vitamin ækvivalenter, er der således mere end dobbelt så højt indhold i havre (34 mg/kg tørstof) som i durumhvede og spelt med henholdsvis 15 og 17 mg/kg tørstof. Hvede og byg har derimod samme indhold (23-24 mg/kg tørstof). Der foreligger ikke megen litteratur om indholdet af tokoferoler og tokotrienoler i forskellige formalingsfraktioner af cerealier, men givet at kim og skaldelene fjernes, reduceres indholdet af E-vitamin i mel fra korn, der ikke er fuldt udmalet (tabel 2).

Tabel 2. Indhold af α -tokoferolenheder (α TE/100 g) og α -tokoferol (mg/100 g) i forskellige mel og grynprodukter.

Råvare	α TE	α -tokoferol
Byggryn, rå	0,68	0,25
Bygmel	0,25	0,25
Havregryn	1,55	0,75
Hvedekerner, hele/knækkede	1,52	1,40
Hvedeklid	1,97	1,60
Grahamsmel, fuldkornshvedemel	0,99	0,87
Sigtemel	0,66	0,59
Hvedemel	0,46	0,43
Hvedegryn, mannagryn	0,13	0,10
Hvedekim, rå	11,00	11,00
Rugkerner, hele/knækkede	1,52	1,15
Rugmel, groft, fuldkornsrugmel	1,17	0,80
Rugmel, halvstet (udmalingsgrad ca. 85%)	0,59	0,59
Rugsigtemel (udmalingsgrad ca. 70%)	0,29	0,29
Ris, brune, rå	0,68	0,68
Ris, parboiled, rå	0,07	0,05
Ris, polerede, rå	0,07	0,05

Kilde: ©Fødevaredatabanken, version 6.0, juni 2005.

Andre indholdsstoffer

Lignaner (fytøstrogener)

Lignaner er difenoliske forbindelser, der fungerer som planternes naturlige forsvarsstoffer (sekundære metabolitter). Plantelignaner omdannes af mikrofloraen i tyktarmen til enterodiol og enterolakton (pattedyrlignaner), der optages til kroppen. En række undersøgelser tyder på, at lignaner har en lang række biologiske aktiviteter herunder nedsat risiko for at udvikle en række sygdomme, der er udbredt i den vestlige verden - visse cancerformer (bryst-, prostata-, og coloncancer) og hjerte-karsygdomme²⁸.

Forskning i plantelignaner er fortsat et jomfrueligt område. Hvor lignanerne secoisolariciresinol (Seco) og matairesinol (Mat) indtil nogle få år siden blev betragtet som de eneste forstadier til 'enterolignaner', har forbedrede analyseteknikker udvidet listen af plantelignaner, der kan omdannes til enterolignaner, til også at omfatte pinosinol (Pin), lariciresinol (Lar)²⁹, medioresinol (Med) samt syringaresinol (Syr)³⁰. En nyere artikel nævner op til 20 forskellige plantelignaner i klid fra forskellige cerealier³¹.

Rug, både som fuldkornsmel og som klid, er den kornart, der har det højeste indhold af lignaner, mens byg har et lavt indhold (tabel 3). Når det gælder fuldkorn har hvede et lavere indhold end havre, mens klidfraktionen i almindelig hvede har et højere indhold af lignaner end både havre og spelt. For alle kornarter er lignanerne primært koncentreret i klidfraktionen.

Tabel 3. Total indhold ($\mu\text{g/g}$ frisk vægt) af lignaner i fuldkornsmel³⁰ og klid³¹ bestemt henholdsvis som summen af matairesinol (Mat), secoisolariciresinol (Seco), pinoresinol (Pin), syringaresinol (Syr), lariciresinol (Lar) og medioresinol (med) eller alle til dato identificerede (kendte) lignaner.

	Fuldkornsmel ³⁰	Klid ³¹		
	Sum af Seco, Mat, Lar, Pin, Med og Syr	Sum af Seco, Mat, Lar, Pin, Med og Syr	Samtlige kendte lignaner	% af samtlige kendte lignaner
Rug	1891	8639	11177	77
Hvede	507	3202	9207	35
Triticale		2183	4077	54
Havre	859	2272	3487	65
Spelt hvede		2649	3220	82
Byg	370	450	1246	36
Japansk ris		2340	2433	96
Røde ris		468	479	98
Brune ris		365	378	97

Den hastige udvikling i analyseteknikkerne for lignaner har medført, at der ikke findes fødevareretabler, som dækkende beskriver indholdet af lignaner i forskellige kornarter og formalingsfraktioner. Hvor de 6 hidtil kendte lignaner udgør 96-98% af lignanerne i ris og henholdsvis 77% og 82% af lignaner i rug og spelt hvede, dækker de kun 35% og 36% af de nu erkendte lignaner i hvede og byg (tabel 3).

Alkylresorcinoler

Alkylresorcinoler er 1,3-dihydroxybenzen derivater, der især findes i visse cerealier. Alkylresorcinolerne har anti-oxidative egenskaber og har muligvis anti-cancer og anti-mikrobielle effekter³².

Alkylresorcinoler findes især i rug (260-3200 $\mu\text{g/g}$ tørstof), hvede/durum hvede (310-1080 $\mu\text{g/g}$ tørstof) og triticale (440-1630 $\mu\text{g/g}$ tørstof), i mindre udstrækning i byg (40-500 $\mu\text{g/g}$ tørstof) og slet ikke i havre og ris.

Alkylresorcinoler findes udelukkende i kernens yderste lag (pericarp/testa) og aleuroncellelaget. I formalingsfraktioner af rug med et indhold på 559 $\mu\text{g/g}$ tørstof, fandt man et næsten dobbelt så højt indhold (958 $\mu\text{g/g}$ tørstof) i perikarp/testa fraktionen og næsten 4 gange så meget (2174 $\mu\text{g/g}$ tørstof) i aleuronfraktionen. Endospermenfraktionen indeholdt 35 $\mu\text{g/g}$ tørstof, hvilket formodentlig skyldes forurening med klid-bestanddele, da adskillelse af de enkelte fraktioner som nævnt er meget vanskelig i rug³³.

Alkyl-derivaterne kan have forskellig kædelængde (C15-C25), men altid med ulige antal C-atomer i kæden. Fordelingen mellem homologer (forbindelser, der er ens bortset fra kædelængde) er forskellig mellem kornarterne. Det har derfor været foreslået, at indhold og sammensætningen af homologer benyttes som markør for indtaget af fuldkornsrug og -hvede.

Andre fenoliske forbindelser

Klidfraktionen af korn har et højt indhold af anti-oxidative stoffer, der især er koncentreret i aleuroncellerne. Ferulinsyre, kumarsyre og relaterede kanel-syre-derivater, samt flavonioder, avenatharamider og lignende forbindelser er lokaliseret her.

Indhold og sammensætning af de fenoliske forbindelser i de yderste cellelag (perikarp, testa og aleuronceller) er yderst forskellige¹⁷. I durumhvede har man fundet, at både arabinoxylanindholdet og ferulinsyreindholdet øges kraftigt ved udmalingsgrader over 60%. Af det total ferulinsyreindhold var 69% lokaliseret i aleuronlaget, hvor det er esterificeret til arabinoxylanerne. Kimen og pericarp/testa indeholdt 27%, hvorimod endospermen indeholdt under 2% af kornets totale indhold af ferulinsyre³⁴.

I en undersøgelse af hvedeklid fra henholdsvis rød og hvid hvede har man fundet, at hvid hvede har et 5-12% lavere indhold af frie og bundne fenoliske forbindelser³⁵, hvilket dels skyldes et generelt lavere indhold af de dominerende komponenter samt fravær af nogle, herunder kaffesyre og salicylsyre, i den hvide hvede.

Den biologiske aktivitet af de fenoliske forbindelser i klidfraktionen er imidlertid ikke afklaret. *In vitro*-studier har vist, at den antioxidative kapacitet er korreleret til indholdet af fenoliske forbindelser, hvor ekstrakter af rugklid havde højere aktivitet end fuldkorn og mel³⁶. Andre studier viser, at selv om klidfraktionerne havde det højeste indhold af hydroxycinnamater, bliver disse ikke opløst og har derfor ringe anti-oxidativ kapacitet i forhold til andre cerealiefractioner³⁷.

Sorghum er unik blandt cerealierne idet pigmenterede sorter har et højt indhold af kondenserede tanniner, der har en negativ indflydelse på proteinfordøjeligheden. Imidlertid er de færreste kultiverede sorter farvede og dermed tanninholdige, selv om brun sorghum foretrækkes i visse kulturer. Også visse sorter af fingerhirse har varierende indhold af tanniner svarende til niveauet i sorghum. For begge arter reduceres indholdet af kondenserede tanniner væsentligt ved afskalning med en øget proteinfordøjelighed til følge⁶.

Fytosteroler

Plantesterolerne i cerealier er hovedsagelig sitosterol og campesterol og deres analoge mættede former, sitostanol og campestanol. Sterolerne forekommer frie eller bundet i form af sterolglukosider eller sterolferulater. Plantesterolerne har især vist kolesterolsænkende effekter³⁸.

Ved ekstraktion af lipider og efterfølgende analyse af fytosterol indholdet i klid fra forskellige cerealier har man fundet, at sitosterol, campesterol, og stigmasterol var de dominerende fytosteroler, og kun i hvedeklid blev der fundet brassicasterol. Risklid indeholdt i modsætning til de andre klidprøver væsentlige mængder af cycloartenol og 24-methylenecycloartenol. Den totale sterolkoncentration i ekstraheret lipid var identisk for risklid, hvedeklid, hvedekim og durum (15,1-21,3 mg/g), medens indholdet var meget lavere i lipider ekstraheret fra havreklid og -skaller (henholdsvis 3,4 og 8,2 mg/g). Majs fibre, som havde et lavt fedtindhold, havde til gengæld den højeste koncentration af steroler³⁹.

Fuldkornshvede indeholder 59-64 mg plantesteroler per 100 g, mens der i hvedemel kun er 33-35 mg/100g. Indholdet i hvedeklid er derimod 5 gange så højt (148-167 mg/100 g) som i hvedemel³⁸. På tilsvarende vis er indholdet af steroler halveret i rugsigtemel (41-43 mg/100g) mens indholdet er næsten dobbelt så højt i rugklid (148-152 mg/100 g) som i fuldkornsmel (82-85 mg/100 g).

Ved formaling af hvede er der en klar gradient med stigende indhold af steroler mod de yderste lag af kernen. En lige så tydelig gradient ses ikke ved fremstilling af formalingsfraktioner i rug, hvilket kan tilskrives en dårlig separation ved formaling³.

Ved sammenligning af spelt og vinterhvede har man fundet, at indhold (53 mg/100 g) og sammensætning af fytosteroler var identisk i fuldkornsmålet fra de to typer cerealier, selv om indholdet af lipider var lidt højere i speltmelet⁴⁰.

Konklusion

Størstedelen af kornets vitaminer, mineraler, kostfibre samt en række steroler, fenoler og andre bioaktive stoffer findes i højeste koncentrationer i skaldelene og de yderste lag af endospermen. Indholdet af disse stoffer er følgelig væsentlig højere i fuldkornsmel end i mel og gryn med lav udmalingsgrad.

Referencer

1. Fulcher RG, Duke TKR. Whole-Grain structure and organization: Implications for nutritionists and processors. In Whole-grain foods in health and disease Marquart L, Slavin J, Fulcher RG (eds). American Association of Cereal Chemists, pp 9-45 (2002).
2. Stallknecht GF, Gilbertson KM, Ranney JE. Alternative wheat cereals as food grains: Einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale. In Progress in new crops. Janick J (ed). ASHS Press, pp 156-70 (1996).
3. Nystrom L, Paasonen A, Lampi AM, Piironen V. Total plant sterols, steryl ferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rye. *J Cereal Sci* 2007;45:106-15.
4. Izdorczyk MS, Symons SJ, Dexter JE. Fractionation of Wheat and Barley. In Whole-grain foods in health and disease. Marquart L, Slavin J, Fulcher RG (eds). American Association of Cereal Chemists, pp 47-82 (2002).
5. Munck L. New milling technologies and products: Whole plant utilization by milling and separation of the botanical and chemical components. In Sorghum and Millets. Chemistry and Technology. Dendy DAV (ed). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp 223-81 (1995).
6. Serna-saldivar S, Rooney LW. Structure and chemistry of sorghum and millets. In Sorghum and Millets. Chemistry and Technology. Dendy DAV (ed). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp 69-124 (1995).
7. Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains .5. Maize. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1983;33:299-311.
8. Webster FH. Whole-grain oats and oat products. In Whole-grain foods in health and disease. Marquart L, Slavin J, Fulcher RG (eds). American Association of Cereal Chemists, pp 83-123 (2002).
9. Bach Knudsen KE, Hansen I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat dietary fibre. 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. *Br J Nutr* 1991;65:217-32.
10. Havrlentova M, Kraic J. Content of beta-D-glucan in cereal grains. *Journal of Food and Nutrition Research* 2006;45:97-103.
11. Steinfeldt S. The dietary effect of different wheat cultivars for broiler chickens. *British Poultry Science* 2001;42:595-609.
12. Atwell WA. Whole-wheat products - An overview. In Whole-grain foods in health and disease. Marquart L, Slavin J, Fulcher RG (eds). American Association of Cereal Chemists, pp 125-38 (2002).
13. Ragaee S, Abdel-Aal EM, Noaman M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 2006;98:32-38.

14. Johansen HN, Knudsen KEB, Sandstrom B, Skjoth F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *Br J Nutr* 1996;75:339-51.
15. Nilsson M, Aman P, Harkonen H, Hallmans G, Knudsen KEB, Mazur W, Adlercreutz H. Content of nutrients and lignans in roller milled fractions of rye. *J Sci Food Agric* 1997;73:143-8.
16. Glitso LV, Bach Knudsen KE. Milling of Whole Grain Rye to Obtain Fractions with Different Dietary Fibre Characteristics. *J Cereal Sci* 1999;29:89-97.
17. Parker ML, Ng A, Waldron KW. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *J Sci Food Agric* 2005;85:2539-47.
18. Glitso LV, Jensen BB, Knudsen KEB. In vitro fermentation of rye carbohydrates including arabinoxylans of different structure. *J Sci Food Agric* 2000;80:1211-8.
19. Nyman M, Siljeström M, Pedersen B, Knudsen KEB, Asp N-G, Johansson C-G, Eggum BO. Dietary fiber content and composition in six cereals at different extraction rates. *Journal of Cereal Chemistry* 1984;61:14-9.
20. Lee CJ, Horsley RD, Mantley FA, Schwarz PB. Comparisons of beta-glucan content of barley and oat. *Cereal Chem* 1997;74:571-5.
21. Ekholm P, Reinivuo H, Mattila P, Pakkala H, Koponen J, Happonen A, Hellstrom J, Ovaskainen ML. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* 2007;20:487-95.
22. Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains Rice. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1983;33:267-78.
23. Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains 2. Wheat. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1983;33:51-61.
24. Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains 1. Rye. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1983;32:185-96.
25. Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains 3. Barley. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1983;33:99-112.
26. Hegedus M, Pedersen B, Eggum BO. The Influence of Milling on the Nutritive-Value of Flour from Cereal-Grains .7. Vitamins and Tryptophan. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 1985;35:175-80.
27. Panfili G, Fratianni A, Irano M. Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003;51:3940-4.
28. Hallmans G, Zhang JX, Lundin E, Stattin P, Johansson A, Johansson I, Hulten K, Winkvist A, Lenner P, Aman P, Adlercreutz H. Rye, lignans and human health. *Proceedings of the Nutrition Society* 2003;62:193-9.
29. Heinonen S, Nurmi T, Liukkonen K, Poutanen K, Wahala K, Deyama T, Nishibe S, Adlercreutz H. In vitro metabolism of plant lignans: New precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001;49:3178-86.
30. Penalvo JL, Haajanen KM, Botting N, Adlercreutz H. Quantification of lignans in food using isotope dilution gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2005;53:9342-7.
31. Smeds AI, Eklund PC, Sjöholm RE, Willfor SM, Nishibe S, Deyama T, Holmbom BR. Quantification of a broad spectrum of lignans in cereals, oilseeds, and nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007;55:1337-46.
32. Ross AB, Shepherd MJ, Schupphaus M, Sinclair V, Alfaro B, Kamal-Eldin A, Aman P. Alkylresorcinols in cereals and cereal products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003;51:4111-8.

33. Ross AB, Kamal-Eldin A, Jung C, Shepherd MJ, Aman P. Gas chromatographic analysis of alkylresorcinols in rye (*Secale cereale* L) grains. *J Sci Food Agric* 2001;81:1405-11.
34. Lempereur I, Rouau X, Abecassis J. Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum* L.) grain and its milling fractions. *J Cereal Sci* 1997;25:103-10.
35. Kim KH, Tsao R, Yang R, Cui SW. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry* 2006;95:466-73.
36. Andreasen MF, Landbo AK, Christensen LP, Hansen A, Meyer AS. Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale* L.) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001;49:4090-6.
37. Gallardo C, Jimenez L, Garcia-Conesa MT. Hydroxycinnamic acid composition and in vitro antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chemistry* 2006;99:455-63.
38. Hakala P, Lampi AM, Ollilainen V, Werner U, Murkovic M, Wahala K, Karkola S, Piironen V. Steryl Phenolic Acid Esters in Cereals and Their Milling Fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2002;50:5300-7.
39. Wang T, Jiang YZ. Phytosterols in cereal by-products. *Journal of the American oil Chemists' Society* 2005;82:439-44.
40. Ruibal-Mendieta NL, Rozenberg R, Delacroix DL, Petitjean G, Dekeyser A, Baccelli C, Marques C, Delzenne NM, Meurens M, Habib-Jiwan JL, Quetin-Leclercq J. Spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) wholemeals have similar sterol profiles, as determined by quantitative liquid chromatography and mass spectrometry analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2004;52:4802-7.
41. Lopez HW, Leenhardt F, Coudray C, Remesy C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int J Food Sci Technol* 2002;37:727-39.
42. Brune M, Rossander-Hultén L, Hallberg L, Gleerup A, Sandberg A-S. Iron absorption from bread in humans: Inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. *J Nutr* 1992;122:442-9.

4. Indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko – en systematisk gennemgang

Af Lars Ovesen, Slagelse Sygehus

Indledning

Nærværende systematiske gennemgang inkluderer prospektive undersøgelser, hvor indtaget af fuldkornsprodukter er målt kvantitativt (enten i form af hyppighed eller mængde), og hvor effektmålet er risikoen for sygdom. Gennemgangen inkluderer også (overvejende) prospektive studier af sammenhængen mellem fuldkornsprodukter og risikomarkører for sygdom samt studier af effekten af de vigtigste af fuldkornets indholdsstoffer på risiko for sygdom. Da kostens glykæmiske indeks og belastning har påkaldt sig stor videnskabelig opmærksomhed, og da en kost med et højt indhold af fuldkorn (på bekostning af raffinerede kornprodukter) almindeligvis sænker det glykæmiske respons, vil de vigtigste studier af sammenhængen mellem glykæmisk respons og sygdom også blive diskuteret. Undersøgelser af biologiske markører for indtaget af fuldkornsprodukter eller væsentlige komponenter i disse fødevarer er kun sparsomt berørt, da disse undersøgelser også omfatter personer med høje farmakologiske indtag af de pågældende markører og derfor ikke altid er et udtryk for indtaget af fuldkornsprodukter.

Kun prospektive undersøgelser er medtaget. Langt de fleste prospektive undersøgelser af sammenhængen mellem fuldkornsprodukter og sygdomsrisiko udgøres af kohorteundersøgelser. Den prospektive kohorteundersøgelse er et bedre design end retrospektive *case-kontrol*-undersøgelser, ikke mindst da risikoen er stor for, at personer med sygdom vil rapportere deres indtag anderledes end raske ("*recall bias*").

PubMed er anvendt som søgedatabase, og søgeordene er angivet i de enkelte kapitler. Databasesøgningen blev komplementeret med søgning i Cochrane-databasen og med mulige relevante studier fra referencelisten i de refererede artikler og i oversigtsartikler. Denne proces blev fortsat indtil ingen nye referencer dukkede op. Søgningen er afsluttet 30. juni 2007.

Fejlkilder ved prospektive studier

Som det vil fremgå af gennemgangen nedenfor, hviler sammenhængen mellem indtaget af fuldkornsprodukter og nedsat sygdomsrisiko især på resultater fra prospektive kohortestudier (resultater fra undersøgelser med et andet design er tydeligt oplyst i teksten). Kohortestudier er imidlertid behæftet med mange muligheder for fejlkilder, som kort skal omtales her.

Det kan dreje sig om mangelfuld eller forkert identifikation af *cases*, fejl i målinger af indtag (blandt disse er fejlklassificering, variation i portionsstørrelser og ikke mindst variation i fuldkornsindholdet i de registrerede fødevarer), begrænsninger i antallet af registrerede fødevarer, den (mere eller mindre) arbitrære definition af fuldkornsprodukter og risiko for ændringer i kostvalg over tid (enkelte studier, bl.a. Nurses' Health Study har gentagne registreringer af indtaget, som tager højde for dette problem). De fleste studier korrigerer for tilstedeværelsen af intermediære *end-points*, som fx hyperkolesterolemie, hyperglykæmi, angina pectoris og hypertension samt andre forhold, som kan ændre kostvalget, men denne korrektion hviler selvkært på sikre og fyldestgørende oplysninger om disse intermediære *end-points*. Det er imidlertid specielt fænomenerne *confounding* og samvariation, der volder problemer for tolkningen af de refererede undersøgelser.

Confounding opstår, fordi indtaget af fuldkornsprodukter kan være markør for andre livsstilsfaktorer, som er den faktiske årsag til den nedsatte risiko. Sammenlignet med personer med lavt indtag af fuldkornsprodukter har personer med et højt indtag en sundere livsstil, bl.a. ryger de mindre og er mere fysisk aktive. Et højere indtag af fuldkornsprodukter er ledsaget af højere indtag af kulhydrater, frugt og grøntsager og kostfibre, og et lavere indtag af fedtstoffer, kolesterol og alkohol. Selv om alle de opgivne risikoreduktioner er statistisk kontrolleret for (oftest groft opdelt) *confoundere*, er det meget forskellige *confoundere*, der er korrigeret for (og kan korrigeres for) – og der er altid risiko for ikke-erkendte *confoundere* (residual *confounding*). Risikoestimerne kan dog også blive for konservative, hvis de faktorer, der korrigeres for (fx blodtryksforhøjelse eller serumkolesterol) er involveret i kausalitetskæden mellem indtag og sygdom.

Samvariation er beslægtet med *confounding*. Samvariation skyldes den indbyggede sammenhæng, der er i kostens sammensætning (et større indtag af en fødevarer må nødvendigvis følges af energimæssigt tilsvarende reduktioner i indtaget af andre fødevarer, forudsat uændret totalt energiindtag).

Resultater fra det randomiserede, kontrollerede og blindede interventionsstudie har den højeste videnskabelig evidens. Hovedfordelen ved det kontrollerede interventionsdesign er, at randomiseringen sikrer, at man undgår systematiske fejl. Kontrollerede studier med kostintervention kan imidlertid ikke gennemføres blindet. Det er et problem, fordi kontrolgruppen altid vil ændre kost i retning af interventionsgruppens kost, og det svækker muligheden for at opdage signifikante forskelle mellem grupperne. Noget andet er, at kontrollerede studier med sygdomsrisiko som *end-point* som regel skal inkludere mange personer over lang tid og det stiller store krav til design, opfølgning og omkostninger. Der er derfor kun gennemført få kostinterventionsstudier med sygdomsrisiko som *end-point*.

Det skal afslutningsvis understreges, at modsat det kontrollerede undersøgelsesdesign, kan kohorteundersøgelser kun vise statistiske sammenhænge, ikke kausale sammenhænge. En kausal sammenhæng er dog mere sandsynlig, når følgende kriterier vedrørende en sammenhæng er opfyldt:

- Konsistens. Forskellige studiedesigns og studier i forskellige populationer fører til samme resultat.
- Styrke. Sammenhængen mellem risikofaktor og sygdomsforekomst er stærk.
- Specificitet. Personer med sygdom er i besiddelse af den pågældende risikofaktor.
- Tidsmæssig sammenhæng. Risikofaktoren er til stede før sygdommen optræder.
- Kohærens. Sammenhængen har biologisk troværdighed.

Definition af fuldkorn og fuldkornsprodukter

Der er ingen international konsensus om definition af et fuldkornsprodukt. Almindeligvis opfattes et fuldkornsprodukt som en fødevarer, der enten indeholder (en vis mængde af) det intakte korn eller som er tilsat kornets 3 komponenter (endosperm, klid og kim) i indbyrdes mængder svarende til det hele korn.

Langt de fleste studier (refereret senere) har brugt en definition af fuldkornsprodukter, som fødevarer, der indeholder $\geq 25\%$ (vægt) fuldkorn eller kostfibre, oprindeligt foreslået af Jacobs et al.¹. Definitionen er kvalitativ forstået på den måde, at den ikke tager hensyn til fuldkornsindholdet i forskellige portionsstørrelser, ligesom den ikke giver oplysninger om mængden af fuldkorn i en kost. Med etableringen af en database af fødevarers indhold af fuldkorn i år 2000 i USA, har det

været muligt kvantitativt at estimere indtaget af fuldkorn (og fuldkornsprodukter med forskelligt indhold af fuldkorn)².

I forbindelse med godkendelse af en sundhedsanprisning for fuldkornsprodukter indførte det amerikanske FDA³ en definition af et fuldkornsprodukt som en fødevarer, der indeholder mindst 51% fuldkorn per sædvanligt indtaget portion af den pågældende fødevarer (RACC =Reference Amount Customarily Consumed baseret på nationale kostundersøgelser). Fødevarer klassificeret som fuldkornsprodukter skal desuden indeholde alle de komponenter, der findes i det intakte korn og indeholde mindst 16 g fuldkorn per RACC.

Kun enkelte af de senere refererede undersøgelser har benyttet definitionen fra FDA, ligesom kun meget få undersøgelser har vurderet den sundhedsmæssige effekt ud fra en kvantitativ analyse af fuldkornsindtaget ligesom betydning af tilsat klid og kim (ud over de mængder, der findes i det intakte korn) som regel heller ikke er taget højde for. Etablering af nyere databaser tager imidlertid højde for sidstnævnte problemstilling⁴.

Det skal bemærkes, at fødevarerfrekvensmetoden (FFQ) som regel er brugt til at estimere indtaget af fuldkornsprodukter. FFQ består af et relativt begrænset antal fødevarer og er konstrueret i 1990'erne, før man var opmærksom på sammenhængen mellem fuldkorn og sygdomsrisiko. Der er derfor også en relativt begrænset mængde fuldkornsprodukter inkluderet i de brugte skemaer, hvorfor risikoen for misklassificering er stor. Det er karakteristisk, at de brugte kostregistreringsmetoder ikke er valideret overfor indtaget af fuldkornsprodukter.

Fælles patogenetiske faktorer

Da risikoen for de kroniske sygdomme: iskæmisk hjerte-karsygdom, diabetes mellitus og kræft, er indbyrdes direkte sammenhængende, har man søgt at identificere eksistensen af en fælles patogenetisk metabolisk faktor (*common soil*-teorien) for disse sygdomme. I denne forbindelse har man specielt indenfor de senere år haft den forskningsmæssige opmærksomhed rettet mod kroppens insulinfølsomhed/insulinresistens.

Forekomsten af insulinresistens (IR) og hyperinsulinæmi er direkte forbundet med risikoen for hjerte-karsygdom^{5,6}, diabetes mellitus^{7,8} og for mange kræftsygdomme^{9,10,11}. IR er et grundlæggende element i det metaboliske syndrom (eller IR-syndrom), som også omfatter abdominal fedme, forhøjet fastebloodglucose, forhøjet blodtryk og dyslipidæmi (nedsat HDL-kolesterol og øget triglycerid)¹² samt metaboliske forandringer forenelig med en subakut inflammatorisk tilstand (bl.a. øget koncentration af CRP, PAI-1, fibrinogen og IL-6)¹³. Tilstedeværelsen af det metaboliske syndrom øger risikoen betydeligt for iskæmisk hjertesygdom^{14,15,16} og slagtilfælde^{17,18}, og diabetes^{16,19,20}, men også kræft^{21,22,23,24}.

Flere af de komponenter, som fjernes ved raffineringen af kornet, kunne forventes at bedre insulinfølsomheden. I de senere år er forskningen af effekten af indtaget af fuldkorn og specielt dets indholdsstoffer på IR blevet intensiveret. Nogle af disse undersøgelser vil blive omtalt senere. Om der er tale om en fælles patogenetisk proces med hensyn til risiko for nævnte sygdomme, og hvilken rolle IR og forekomsten af IR-syndrom i givet fald spiller, er dog fortsat uvist.

Hjerte-karsygdomme

Hjerte-karsygdom er den hyppigste dødsårsag i Danmark. I slutningen af 1990'erne kunne der registreres omkring 22.000 dødsfald om året som følge af hjerte-karsygdom, nogenlunde ligeligt fordelt mellem mænd og kvinder. Halvdelen af dødsfaldene skyldtes iskæmisk hjertesygdom

(blodprop i hjertet), og en fjerdedel skyldtes blodprop i hjernen (apopleksi = cerebro-vaskulær sygdom eller slagtilfælde).

Iskæmisk hjertesygdom er årsag til godt 20% af samtlige dødsfald i Danmark. Det er især i de ældre aldersgrupper, at iskæmisk hjertesygdom kræver mange dødsfald, men for mænd sker omkring en tredjedel af dødsfaldene før 75 års alderen. Det skønnes, at omkring 200.000 danskere har kroniske gener som følge af iskæmisk hjertesygdom.

Hvert år rammes godt 10.000 danskere af cerebro-vaskulær sygdom. Det er hyppigst ældre mennesker, der rammes, men omkring 15% er under 60 år. Op imod hver 4. patient dør indenfor det første år, og mange overlevende har svære handicaps.

Forekomsten af iskæmisk hjertesygdom har siden 1960'erne været faldende for mænd og siden 1950'erne for kvinder. Forekomsten af cerebro-vaskulær sygdom har derimod været konstant gennem de seneste årtier.

Indtag af fuldkorn og hjerte-karsygdom

Søgeordene ("*whole grain*" OR "*cereals*") AND ("*cardiovascular*" OR "*heart*" OR "*slagtilfælde*") AND ("*prospective*" OR "*longitudinal*") resulterede i 77 publikationer i PubMed, hvoraf 7^{1,25,26,27,28,29,30} havde data for sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og sygdoms-*end-points*. Databasesøgningen blev komplementeret med søgning i Cochrane-databasen og med mulige relevante studier fra referencelisten i de refererede artikler og i oversigtsartikler, hvorved yderligere 4 studier fandtes^{31,32,33,34}.

De 11 kohortestudier inkluderede data for 9 kohorter, og blandt studierne havde 4 data for sammenhængen med risiko for total hjerte-karsygdom, 7 for iskæmisk hjertesygdom eller koronar hjertesygdom og 5 for slagtilfælde eller iskæmisk cerebro-vaskulær sygdom (tabel 1). Bortset fra 2 studier fra henholdsvis Norge og Finland er alle studier amerikanske. Alle studierne finder en omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risiko for såvel total hjerte-karsygdom som for iskæmisk hjertesygdom og slagtilfælde. Der er tale om risikoreduktioner på mellem 20% og 30%, og i de fleste tilfælde viser risikoreduktionen en signifikant trend fra de højeste til de laveste indtag.

En meta-analyse kunne identificere 7 kohortestudier med kvantitative data for indtaget af fuldkornsprodukter og kardio-vaskulære outcome-data³⁵. Meta-analysen viste, at højere indtag af fuldkornsprodukter (2,5 portioner/dag vs. 0,2 portioner/dag) var forbundet med en signifikant nedsættelse af risikoen for hjerte-karsygdom (OR: 0,79; 95% konfidensinterval: 0,73-0,85). Lignende reduktioner fandtes også for iskæmisk hjertesygdom og slagtilfælde.

Ingen randomiserede interventionsundersøgelser har undersøgt sammenhængen mellem et øget indtag af fuldkornsprodukter og risiko for hjerte-karsygdom. Derimod er der flere interventionsundersøgelser indgået en målsætning om et øget indtag af fuldkornsprodukter blandt øvrige ændringer i interventionskosten. Disse undersøgelser skal kort omtales.

I den engelske Diet and Reinfarction Trial (DART) undersøgte en af behandlingsarmene effekten af et øget indtag af kostfibre fra kornprodukter vs. et sædvanligt indtag med henblik på at nedsætte risikoen for re-infarkt hos mænd³⁶. Gruppen randomiseret til et større kostfiberindtag blev opfordret til at spise mindst 6 skiver fuldkornsbrød dagligt (eller en tilsvarende mængde kostfibre fra en blanding af fuldkornsbrød, fiberrige morgenmadsprodukter og hvedeklid). Til trods for relativt store forskelle i indtaget af kostfibre grupperne imellem (8 g kornfibre/dag) fandtes ingen forskel i

forekomsten af re-infarkt efter 2 år. En opfølgning 10 år senere (hvor forskellen i kostfiberindtaget mellem grupperne var mindsket betydeligt) fandt ingen forskel i dødeligheden af iskæmisk hjertesygdom eller slagtilfælde³⁷.

Raffinerede kornprodukter. Seks kohorter har også data for sammenhængen mellem indtaget af raffinerede korn- eller brødprodukter og risiko for hjerte-karsygdom. I ingen af disse fandtes sammenhæng (tabel 1).

Indtag af fuldkorn og risikofaktorer

De fleste tværsnitsundersøgelser, men ikke alle³⁸, har vist, at et højt indtag af fuldkornsprodukter er ledsaget af øget insulinfølsomhed og lavere forekomst af IR-syndrom^{34,39,40,41}. Randomiserede prospektive studier har imidlertid givet forskellige resultater, idet nogle studier har rapporteret en større insulinfølsomhed ved et højere indtag af fuldkornsprodukter sammenlignet med raffinerede kornprodukter^{42,43}, medens andre studier ikke har vist sammenhæng^{44,45}. En Cochrane-analyse fandt 10 randomiserede studier, hvor effekten af fuldkorn på blodlipider og –lipoproteiner var undersøgt, hvoraf 8 studier omhandlede havre⁴⁶. Blandt disse studier kunne der påvises en mindre, men signifikant nedsættelse af totalcholesterol (-0,20 mmol/l; 95% konfidensinterval: -0,31 - -0,10) og LDL-cholesterol (-0,18 mmol/l; 95% konfidensinterval: -0,28 - -0,09).

I det prospektive amerikanske ARIC-studie (Coronary Artery Risk Development in Young Adults) fandtes 15-årig kumuleret forekomst af blodtryksforhøjelse omvendt forbundet med indtaget af fuldkornsprodukter⁴⁷. Tilsvarende resultater fandtes i Framingham Offspring-kohorten⁴¹. Randomiserede studier, alle af 1-3 måneders varighed, med tilskud af fuldkornsprodukter har imidlertid ikke alle medført blodtryksnedsættelse^{48,49,50}. Randomiserede studier med tilskud af fuldkornsprodukter, de fleste med havre^{45,50,52,264}, men også byg⁵³ og rug⁵⁴ har påvist nedsat total- og LDL-cholesterol, nedsat homocysteinkoncentration⁴² og nedsat blodtryk⁵¹. Endelig har flere longitudinelle studier fundet mindre vægtstigning og mindre risiko for fedme ved øget indtag af fuldkorn (se senere). Andre mulige mekanismer for effekten af fuldkornsprodukter på risiko omfatter en forbedret endothelfunktion, samt ændringer af fibrinolyse og koagulation.

Kohortestudier har vist, at øget indtag af fuldkornsprodukter er ledsaget af nedsat angiografisk progression af atherosklerose i hjertets kranspulsårer⁵⁵ og nedsat vægtykkelse af halspulsåren⁵⁶, der begge er gode markører for risiko for blodprop.

Det amerikanske Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) studie er et kontrolleret indtogsstudie, der sammenligner to eksperimentelle diæter med en sædvanlig amerikansk kost. De eksperimentelle diæter inkluderede 4 portioner fuldkornsprodukter dagligt (mod det sædvanlige amerikanske indtag på <1 portion dagligt) samt øget indtag af frugt og grønt og magre mejeriprodukter. De eksperimentelle diæter medførte signifikante reduktioner i systolisk og diastolisk blodtryk⁵⁷, og i total- og LDL-cholesterol⁵⁸ samt homocystein⁵⁹. En eventuel specifik effekt af fuldkornsprodukter kan ikke vurderes ud fra DASH-studiet.

Indholdsstoffer

Blandt fuldkornets næringsstoffer er det først og fremmest dets indhold af kostfibre, folat, magnesium og kalium, samt antioxidanter, specielt E-vitamin, der er blevet udpeget som ansvarlige for en beskyttende effekt mod hjerte-karsygdom.

Fibre. En *pooled* analyse af 10 kohortestudier, som inkluderede 326.244 mænd og kvinder med 5.249 cases, fandt 10% lavere risiko for koronar hjertesygdom for hver gang indtaget af kornfibre blev øget med 10 gram/dag⁶⁰. Flere store kohortestudier har desuden fundet omvendt

sammenhæng mellem indtaget af kornfibre og risiko for slagtilfælde^{61,62,63}. Kostfiberindtaget har indflydelse på flere risikofaktorer for hjerte-karsygdom. Indtaget af totalfibre og kornfibre er omvendt forbundet med IR og risiko for IR-syndrom⁶⁴. Der er fundet omvendt sammenhæng mellem indtaget af totalfibre og blodtryksniveau^{65,66}, men sammenhængen med indtaget af fibre fra kornprodukter er ikke tilstrækkeligt belyst⁶⁷. En meta-analyse af randomiserede interventionsundersøgelser har vist, at tilskud af både opløselige og uopløselige kostfibre nedsætter blodtrykket⁶⁸.

Interventionsstudier har vist, at tilskud af hvedeklid (og andre uopløselige kostfibre) har ingen virkning på total- og LDL-kolesterol^{69,70}. Tilskud med isolerede opløselige fibre synes derimod at kunne nedsætte total- og LDL-kolesterol⁷¹; effekten på kolesterolniveauet er dog beskeden indenfor den normale variation i indtaget af opløselige fibre og bidrager næppe markant til den relativt store reduktion i forekomsten af hjerte-karsygdom fundet i de ovenfor omtalte kohortestudier.

Vitaminer. Mange befolkningsundersøgelser har samstemmende vist, at lavt blodfolat^{72,73,74} og forhøjet homocystein⁷⁵ er forbundet med en øget risiko for hjerte-karsygdom. Kostens indhold af folat er ligeledes fundet omvendt forbundet med risiko^{76,77}. Kontrollerede interventionsstudier har dokumenteret, at folsyre kan nedsætte koncentrationen af homocystein⁷⁸. Betydningen af folsyretilskud i forebyggelsen af hjerte-karsygdom er undersøgt i flere randomiserede studier. Tilskud af folsyre (i kombination med B₁₂-vitamin og/eller B₆-vitamin) har ikke vist nedsat risiko for blodprop i hjertet hos patienter med allerede tilstedeværende hjertesygdom (sekundær prævention) til trods for markante fald i homocystein^{79,80}, medens en meta-analyse af randomiserede studier har vist nedsat risiko for blodprop i hjernen (primær profylakse), især i de undersøgelser, som varede længere end 3 år⁸¹.

Tværsnitsundersøgelser tyder på, at personer med IR har højere homocystein^{82,83}; det vides imidlertid ikke om øget folatindtag forbedrer insulinfølsomheden.

Mineraler. Lav magnesiumstatus er ledsaget af øget IR⁸⁴ og IR-syndrom⁸⁵ samt iskæmisk hjertesygdom^{86,87}. Tilskud af magnesium kan bedre insulinfølsomheden hos personer med IR⁸⁸. Kostens magnesiumindhold er omvendt forbundet med risiko for blodtryksforhøjelse^{67,89,90}, og magnesiumtilskud kan desuden nedsætte blodtrykket⁹¹ og forbedre blodets lipidprofil⁸⁸. Magnesium har flere direkte effekter på hjerte-karsystemet, bl.a. øger magnesiummangel hjertets irritabilitet, karrtonus og sammenklæbeligheden af blodplader. Kohorteundersøgelser har imidlertid ikke, med få undtagelser⁹², fundet sikker sammenhæng mellem indtaget af magnesium og risiko for iskæmisk hjertesygdom^{87,93,94,95} eller slagtilfælde^{61,95,96}.

Der er eksperimentelle holdepunkter for, at små stigninger i ekstracellulært kalium hæmmer produktionen af frie radikaler fra monocytter, nedsætter migration og proliferation af glatte muskelceller i karvæggen og hæmmer sammenklumpningen af blodplader, som alle vil medvirke til at hæmme atherosklerose og trombosedannelse⁹⁷. Enkelte kohortestudier har fundet omvendt sammenhæng mellem indtaget af kalium i kosten og som tilskud og risikoen for slagtilfælde⁹⁸, overvejende iskæmisk slagtilfælde hos personer med forhøjet blodtryk^{61,99}. En meta-analyse af randomiserede studier har vist, at tilskud af kalium kan nedsætte blodtrykket hos personer med normalt og forhøjet blodtryk¹⁰⁰.

Antioxidanter. Blandt antioxidanterne har der især været fokus på kornets indhold af E-vitamin og visse fytoøstrogener. Medens flere kohorteundersøgelser har vist direkte sammenhæng mellem

kostens E-vitaminindhold og risiko for iskæmisk hjertesygdom¹⁰¹, har blinde randomiserede undersøgelser ikke vist effekt af tilskud med E-vitamin^{102,103}.

Indtag af lignaner er ikke forbundet med sikre ændringer i blodets kolesterol eller triglycerid^{104,105} eller blodtrykket¹⁰⁴. Et højere indtag af fuldkornsprodukter var i en undersøgelse af 857 danske kvinder (50-64 år) sammen med indtag af grøntsager associeret med højere plasma enterolactonkoncentrationer¹⁰⁶, og lignanindtaget er vist at være forbundet med en lavere pulsølgehastighed i hovedpulsåren (som udtryk for nedsat stivhed af karvæggen)¹⁰⁷. Et højt indtag af plantelignaner, der blev opnået igennem et højt indtag af rugklid i et randomiseret interventionsstudie med raske postmenopausale kvinder på 55-71 år, havde ingen målbar effekt på sammensætningen af tarmmikrofloraen¹⁰⁸. Høje serumkoncentrationer af enterolignaner (enterolacton og enterodiol, som dannes af tarmens bakterier ud fra lignaner og derfor kan bruges som markør for indtaget af lignan) er i tværsnitstudier ledsaget af nedsat risiko for hjerte-karsygdom^{109,110}. Kohortestudier har dog ikke vist sammenhæng mellem indtaget af lignaner og risiko^{111,112}.

Glykæmisk respons

Fuldkornets indhold af kulhydrater spaltes og optages normalt langsomt og udløser således et mindre post-prandialt glukose- og insulinrespons sammenlignet med raffinerede kornprodukter^{113,114}. Den botaniske struktur af kornet i en fødevarer har således stor indflydelse på fødevarerens glykæmiske respons (GR) – selv om andre faktorer af betydning for struktur og forarbejdning af en fødevarer også bidrager til GR¹¹⁵. Der er 2 måder at udtrykke en kosts GR på: ved dens glykæmiske indeks (GI) og dens glykæmiske belastning (GB).

GI udtrykker forskellen i GR mellem en testfødevarer og en kontrolfødevarer (som regel franskbrød) i procent. Kostens samlede GI beregnes som: Σ af de enkelte fødevarer (indtag x kulhydratindhold x GI) / kostens samlede kulhydratindhold. Kostens GB beregnes som summen af de enkelte fødevarer GI multipliceret med mængden af fordøjeligt kulhydrat og er et udtryk for kvalitet og kvantitet af kostens kulhydrater (et højere GI bidrager mere til GB ved højere kulhydratindtag; populært sagt udtrykker GB det kostinducerede insulinbehov). En fødevarer eller et måltid kan derfor have et højt GI, men en lav GB, afhængig af kulhydratindholdet. En substitution af isokaloriske mængder af høj-glykæmiske fødevarer med lav-glykæmiske fødevarer vil alt andet lige nedsætte GB.

I tværsnitstudier er høj GI forbundet med højt triglycerid og lavt HDL-kolesterol¹¹⁶ og med højere forekomst af IR-syndrom^{117,118}, men en Cochrane-analyse af randomiserede studier tyder ikke på, at en kost med lavt GI har stor betydning for risikoen for koronar hjertesygdom¹¹⁹. GB er sandsynligvis en bedre prædikator for hjerte-karsygdom. En kost med høj GB er ledsaget af forværring af risikofaktorer^{120,121,122}, og store kohortestudier har vist, at personer, der indtager en kost med en høj GB har en større risiko for hjerte-karsygdom^{123,124}, iskæmisk hjertesygdom^{123,125} og slagtilfælde^{62,123}, især ved en øget fedtmasse og dermed højere forekomst af IR.

Opsummering

De fleste blandt mange kohortestudier har vist en signifikant omvendt sammenhæng mellem indtag af fuldkornsprodukter (eller fuldkorn) og risiko for total hjerte-karsygdom, iskæmisk hjerte-karsygdom og slagtilfælde. Fuldkornsprodukter har også kunnet reducere risikofaktorer for hjerte-karsygdom, især dokumenteret for effekten af havre på blodlipider og –lipoproteiner. Blandt fuldkornets indholdsstoffer har man især haft fokus på dets bidrag til indtaget af kostfibre, magnesium og kalium, som har dokumenterede effekter på insulinfølsomhed, blodlipider og –

lipoproteiner og blodtryksniveau, men ingen af de ovenfor omtalte enkeltstoffer kan alene forklare den samlede sammenhæng.

Diabetes

I Danmark findes der ca. 22.000 personer med type 1 diabetes mellitus (T1DM), ca. 198.000 med type 2 diabetes mellitus (T2DM) og yderligere ca. 250.000, der har T2DM uden at vide det. Den årlige stigning for det totale antal diabetestilfælde er ca. 7,5%²⁶¹. Diabetes medfører især øget risiko for atherosklerose og andre skader på blodkarrene, som kan medføre de såkaldte sendiabetiske følgesygdomme. Over halvdelen af patienterne med T2DM har senkomplikationer på det tidspunkt, de får konstateret diabetes.

T2DM er en metabolisk sygdom, der som regel manifesterer sig blandt midaldrende eller ældre, og som skyldes en kombination af utilstrækkelig insulinproduktion i bugspytkirtlens β -celler og nedsat følsomhed i cellerne for insulin. Der er en stærk genetisk disposition for T2DM, og blandt de eksterne faktorer er overvægt og fedme samt fysisk inaktivitet langt de vigtigste. Med den kraftigt stigende forekomst af overvægt og fedme stiger også risikoen for T2DM, og det kan forventes inden kort tid også at slå igennem på forekomsten af komplikationer til diabetes.

Indtag af fuldkorn og diabetes

De anvendte søgeord: (“*whole grain*” OR “*cereals*”) AND (“*diabetes*”) AND (“*prospective*” OR “*longitudinal*”) gav 38 *hits*, hvoraf 3 var kohortestudier med data for sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og diabetes^{126,127,128}. Efter yderligere granskning af den videnskabelige litteratur fandtes yderligere 1 studie¹²⁹. Sidstnævnte studie er også publiceret med en længere observationsperiode (23 år), men kun med data for indtag af rugprodukter, hvor der ikke kunne påvises sammenhæng mellem indtag og risiko for T2DM (RR: 0,80; 95% konfidensinterval: 0,57-1,11; P = 0,24)¹³⁰.

Tre af studierne var fra USA og 1 fra Finland (tabel 2). Alle 4 studier viste signifikante risikoreduktioner for T2DM på mellem 35% og 21% ved sammenligning af højeste indtogsgruppe med laveste indtogsgruppe. P_{trend} var ligeledes signifikant i alle studierne.

Der fandtes ingen randomiserede interventionsundersøgelser af den isolerede effekt af fuldkornsprodukter på risiko for T2DM. Interventionsundersøgelser har derimod inkluderet et øget indtag af kostfibre fra fuldkornsprodukter som en del af en sund livsstil i forebyggelsen af T2DM. Den bedst gennemførte randomiserede interventionsundersøgelse er det finske Diabetes Prevention Study¹³¹.

Diabetes Prevention Study inkluderede 522 midaldrende overvægtige mænd og kvinder med glukoseintolerance, men uden diabetes. Interventionen bestod i intensiv rådgivning med henblik på at øge indtaget af kostfibre (til mindst 15 g/1000 kcal/dag) ved et øget indtag af fuldkornsprodukter (samt frugt og grønt). Diæten var desuden energireduceret og med en energiprocentfordeling svarende til anbefalingerne, og endelig indgik råd om øget fysisk aktivitet. Efter en gennemsnitlig observationstid på 4 år var den kumulative incidens af T2DM signifikant mindre i interventionsgruppen sammenlignet med kontrolgruppen, som fik standard rådgivning (11% vs. 23%).

Raffinerede kornprodukter. I 2 af studierne fandtes direkte sammenhæng mellem indtaget af raffinerede brødprodukter og risiko¹²⁷, 1 studie en omvendt sammenhæng¹²⁹, medens de 2 øvrige studier ikke fandt sammenhæng^{126,128} (tabel 2).

Indtag af fuldkorn og risikofaktorer

Som tidligere omtalt øger et højt fasteglucose og IR risikoen for at udvikle T2DM. Randomiserede studier har som omtalt ovenfor givet forskellige resultater for fuldkorns effekt på insulinfølsomhed^{34,39,42,43,45}. Rugbrød har resulteret i lavere postprandialt insulinrespons sammenlignet med hvedebrød uafhængigt af kostfiberindholdet i brødene¹³². Enkelte tværnsundersøgelser og kortvarige interventionsundersøgelser tyder på, at fuldkornsprodukter kan bedre inflammatoriske markører (fx C-reaktivt protein og adiponectin) hos patienter med T2DM og derved muligvis nedsætte risikoen for kardio-vaskulære komplikationer til diabetes¹³³. Endelig har flere longitudinelle studier fundet mindre vægtstigning og mindre risiko for fedme ved øget indtag af fuldkorn (se senere).

Indholdsstoffer

Det er især indholdet i fuldkornsprodukter af fibre og magnesium, som har været lagt til grund for en mulig beskyttende effekt af fuldkornsprodukter.

Fibre. Mange studier har vist, at et højt indtag af uopløselige kostfibre bedrer insulinfølsomheden^{134,135} og nedsætter risikoen for IR-syndrom¹¹⁸ og T2DM^{128,136,129,137,138,139,140,141}. En meta-analyse af 9 kohortestudier viste en reduktion i T2DM på 33% (95% konfidensinterval: 0,62-0,72) ved sammenligning af højeste indtag af kostfibre fra korn med laveste indtag¹⁴⁰. I Nurses Health Study II fandtes en omvendt sammenhæng mellem præ-gravidt indtag af kostfibre fra kornprodukter og risiko for udvikling af gestationel diabetes (kvinder, der udvikler diabetes under graviditet har som regel en præ-gravid IR og har højere risiko for senere at udvikle diabetes)¹⁴².

Mekanismen for den gavnlige virkning på insulinfølsomheden af uopløselige kostfibre er ukendt, men kan måske skyldes en øget produktion af tyktarmens bakterier af kortkædede fedtsyrer, der medfører en øget insulinfølsomhed i leveren¹⁴³ eller en forsinket glukoseoptagelse som følge af en hurtigere transittid¹⁴⁴. Opløselige kostfibre nedsætter tømningshastigheden af et måltid i mavesækken og absorptions-hastigheden af glukose i tyndtarmen, og mange studier har dokumenteret, at opløselige kostfibre nedsætter det post-prandiale glykæmiske respons^{45,115}.

Mineraler. Lav magnesiumstatus er forbundet med øget IR⁸⁴, en større risiko for IR-syndrom⁸⁵ og T2DM^{128,145}. En meta-analyse, som omfattede 8 kohortestudier, viste en signifikant omvendt sammenhæng mellem indtaget af magnesium og risiko for diabetes (RR: 0,77; 95% konfidensinterval: 0,72-0,84)¹⁴⁰. Tilskud af magnesium kan øge insulinfølsomheden hos magnesiummanglende diabetikere¹⁴⁶ og personer med IR⁸⁸.

Antioxidanter. To prospektive kohorteundersøgelser har vist en omvendt sammenhæng mellem kostens indhold af E-vitamin og risiko for T2DM^{147,148}.

Glykæmisk respons

Det er en fremherskende hypotese, at det øgede insulinbehov (der forstærkes ved øget fedtmasse og fysisk inaktivitet), som opstår efter indtag af raffinerede kornprodukter, på længere sigt vil medføre en "udmattelse" af de insulinproducerende celler i bugspytkirtlen resulterende i glukoseintolerance og diabetes^{152,153}.

Resultaterne fra store kohorteundersøgelser af sammenhængen mellem GI og GB og risiko for T2DM har imidlertid givet inkonsistente resultater. Et højere GI^{137,138,139} og GB¹³⁸ var ledsaget af højere risiko for T2DM i Nurses' Health Study I og II og i Health Professionals Follow-up Study. I det australske Melbourne Collaborative Cohort Study fandtes GI direkte forbundet med risiko for udvikling af T2DM¹⁵⁴. Der fandtes imidlertid ingen sammenhæng i Iowa Women's Health Study¹²⁸

og i Atherosclerosis Risk in Communities Study¹⁴¹. Der er fundet sammenhæng mellem kostens GB og risiko for gestationel diabetes, specielt hos de kvinder der også havde et lavt indtag af fibre fra kornprodukter¹⁴².

Opsummering

Fire store kohortestudier har vist en overbevisende omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risiko for T2DM. IR er fremtrædende blandt risikofaktorer for diabetes, men prospektive studier har ikke vist en overbevisende sammenhæng med indtag af fuldkornsprodukter. Derimod har adskillige studier enstemmigt vist en bedring i insulinfølsomheden og for nedsat risiko for T2DM ved højere indtag af kostfibre fra korn og til dels også magnesium.

Fedme

Fedme er en almindelig og stigende sygdomstilstand i Danmark og i resten af den industrialiserede del af verden. De seneste undersøgelser viser, at omkring 400.000 (9,5%) voksne danskere er fede og 1,7 mio. er overvægtige. Fedme og overvægt er også et stort og tiltagende problem blandt børn. Blandt piger og drenge i skolealderen er hyppigheden af overvægt 15-20% og af fedme omkring 4%. Fedme har siden midten af 1970'erne været stærkt stigende. Eksempelvis er der blandt danske teenagere sket en fire-dobling af fedmeforekomsten i dette tidsrum.

Fedme øger risikoen for en lang række sygdomme, som også mere direkte kan være knyttet til et højt indtag af fuldkornsprodukter, herunder diabetes mellitus, hjerte-karsygdom og forskellige kræftsygdomme.

Indtag af fuldkorn og kropsvægt

Søgeordene ("*whole grain*" OR "*cereals*") AND ("*obesity*" OR "*weight*") AND ("*prospective*" OR "*longitudinal*") gav 41 *hits*, hvoraf 3 var kohortestudier med data for sammenhængen mellem indtag af fuldkorn og udviklingen eller forekomsten af fedme^{155,156,263}. Ingen yderligere publikationer dukkede op i Cochrane databasen eller i relevant oversigtslitteratur.

De 3 studier er alle amerikanske kohorter, hvoraf 1 af studierne kun har resultater for indtag af morgenmadsprodukter. Alle studierne viser omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og vægtstigning eller risiko for fedme (tabel 3).

Ingen randomiserede undersøgelser har undersøgt den isolerede effekt af et øget indtag af fuldkornsprodukter (fx sammenlignet med raffinerede kornprodukter) på kropsvægt og ændringer i kropsvægt. Derimod har adskillige undersøgelser studeret effekten af energibegrænsede diæter med en sammensætning svarende til anbefalingerne, dvs. formentlig også med et højere indhold af fuldkornsprodukter (dog sjældent oplyst).

Raffinerede kornprodukter. Der er ikke fundet konsistent sammenhæng mellem indtaget af raffinerede kornprodukter og risiko for større vægtstigning.

Indtag af fuldkorn og risikofaktorer

Flere, men ikke alle prospektive epidemiologiske undersøgelser, har vist, at de personer, der har det højeste insulinniveau under faste og efter fødestimulation, også har den største vægtstigning^{157,158,159}, men som anført ovenfor er betydningen af indtaget af fuldkornsprodukter for blodets niveau af insulin samt for insulinfølsomheden usikker.

Indholdsstoffer

Betydning af indtaget af fuldkornsprodukter på vægtregulering menes at kunne forklares ved fuldkornets indhold af kostfibre og kostfibres betydning for glukoseomsætning og mæthed.

Fibre. Tilskud af kostfibre, både opløselige og uopløselige, kan fremme mætheden¹⁶⁰ og nedsætte det post-prandiale glukoserespons^{134,135,161} og inducere et vægttab¹⁶². Kostens indhold af kostfibre er omvendt forbundet med kropsvægt¹⁶³ og mængden af kropsfedt^{164,165}. I det amerikanske CARDIA-studie, fandtes det totale kostfiberindtag omvendt forbundet med Body Mass Index (BMI) og graden af abdominal fedme uafhængigt af kostens fedtindhold⁶⁶.

Glykæmisk respons

Medens kohortestudier kun har vist svage sammenhænge mellem kostens GI og GB og efterfølgende vægtændringer^{166,167}, har mange eksperimentelle studier, dog alle gennemført over relativt kort tid, vist, at indtag af en kost med lavt glykæmisk respons er ledsaget af signifikant nedsat kropsmasse og/eller fedtmasse^{168,169,170,171}. I de få langtidsstudier, der er gennemført (1 år eller mere), har man ikke kunnet dokumentere et større vægttab eller fedttab ved indtag af lav-glykæmiske diæter sammenlignet med høj-glykæmiske eller fedtbegrænsede diæter^{172,173,174}. En veltillægt interventionsundersøgelse af Pereira et al.¹²² viste en mindre nedgang i hvileenergiomsætningshastigheden ved indtag af en energireduceret kost med lav GB sammenlignet med en fedtbegrænset (og høj-glykæmisk) energireduceret diæt ved samme grad af vægtreduktion. Hypotesen er, at måltider med lavt GI sammenlignet med måltider med højt GI vil kunne understøtte et vægttab ved at øge kroppens forbrænding af fedt, som følge af måltidets lavere insulin- og glukoserespons¹⁷⁵. Eksperimentelle studier med indtag af isokaloriske måltider med forskelligt GI, har dog ikke kunnet understøtte denne hypotese²⁶².

En anden fremherskende hypotese er, at kostens glykæmiske respons har betydning for sultfølelsen, idet et hastigere og større glykæmisk og insulinæmisk respons medfører hurtigere og kraftigere sultfølelse og dermed en tendens til overspisning¹⁵². Kostens glykæmiske og insulinæmiske effekt på sult og appetit har givet divergerende resultater^{122,175,176,177,178,179,180}. Et andet og vigtigt forhold er, at alle undersøgelser er af kort varighed (maksimalt få dage). Da appetit- og vægtregulering foregår over en betydeligt længere tidsperiode er langtidseffekten af kostens glykæmiske respons på vægtændringer ukendt.

Opsummering

Kohortestudier tyder på at et højere indtag af fuldkornsprodukter er forbundet med en nedsat risiko for fedme. Det er dog tvivlsomt om fuldkornsprodukter har en selvstændig effekt på vægtudvikling, idet effekten synes at kunne forklares alene ud fra det øgede indtag af kostfibre. Ingen interventionsundersøgelser (gennemført over længere tid) har undersøgt om fuldkornsprodukter har en specifik vægtreducerende virkning.

Kræftsygdomme

Kræftsygdomme udgør et væsentligt og stigende problem i den vestlige verden. I Danmark er antallet af årlige nye kræfttilfælde steget konstant fra godt 9.000 i 1940'erne til næsten 33.000 i 2001. Der dør godt 15.000 af en kræftsygdom årligt her i landet, og omkring 215.000 danskere lever med en kræftsygdom. Lidt under halvdelen af alle kræftsygdomme rammer mennesker under 65 år, og kræft er den hyppigste dødsårsag blandt personer under 65 år. Beregninger anslår, at omkring en tredjedel af alle kræftsygdomme skyldes kostmæssige forhold.

De hyppigste kræftsygdomme udgøres hos mænd af kræft i lunger, blærehalskirtel, urinblære og tyktarmen og hos kvinder af kræft i bryst, lunger, tyktarm, æggestok og livmoder.

Indtag af fuldkorn og kræft

Søgeordene: ("whole grain" OR "cereals") AND ("cancer" OR "neoplasms") AND ("prospective" OR "longitudinal studies") resulterede i 61 publikationer. Seks af disse studier^{181,182,183,184,185,186} kunne identificeres som kohortestudier med resultater for sammenhængen mellem indtag af fuldkornsprodukter og risiko for kræft. Cochrane-databasen og opsøgning af mulige relevante studier fra referencelisten i de refererede artikler, afslørede yderligere 3 studier^{25,26,187}.

De 9 publicerede kohortestudier er opført i tabel 4. De omfatter resultater fra 6 kohorter fra USA og 3 fra Skandinavien (henholdsvis Finland, Norge og Sverige). Tre kohortestudier har undersøgt sammenhængen med kræft i tyktarmen^{184,186,187}, 1 studie sammenhængen med kræft i mavesækken¹⁸³, 1 studie sammenhængen med brystkræft¹⁸⁵ og 1 studie sammenhængen med kræft i livmoderen¹⁸¹, og 1 studie har undersøgt sammenhængen med kræft i øvre luftveje plus mave-tarmkanal¹⁸². Endelig har 2 studier resultater for sammenhængen mellem indtag af fuldkornsprodukter og risiko for totalkræft^{25,26}. Resultaterne tegner et noget broget billede. Hvad angår tyktarmskræft viser 2 undersøgelser lavere risiko ved højere indtag af fuldkornsprodukter, i den største undersøgelse såvel for kræft i colon som i rectum, medens 1 undersøgelse ikke viser sammenhæng. Der er ingen sammenhæng med risiko for kræft i mavesækken eller kræft i livmoder. Derimod ses en tendens til øget risiko for brystkræft. For den samlede kræftisiko i øvre luftveje og mave-tarmkanal er der fundet en omvendt sammenhæng med indtaget af fuldkornsprodukter, medens der kun ses en tendens til omvendt sammenhæng for totalkræft.

Raffinerede kornprodukter. Kun 1 studie giver resultater for sammenhængen med raffinerede kornprodukter og i denne undersøgelse findes ingen sammenhæng med totalkræft²⁵.

Indtag af fuldkorn og risikofaktorer

Et øget indtag af fuldkornsprodukter øger volumen og forkorter passagetiden af fæces, og nedsætter indholdet af sekundære galdesyre i fæces^{188,189}, og specielt indtag af fuldkornsprodukter fra rug synes at øge indholdet af butyrat i fæces¹⁸⁹, alle faktorer der menes at være beskyttende mod kræft i tyktarmen. Forekomsten af IR^{9,11} og IR-syndrom^{21,22,23,24} øger risikoen for en række kræftformer, men effekten af fuldkornsprodukter på IR har ikke vist konsistente resultater. Der synes ikke at være forskel i post-prandialt respons i glukose eller insulin efter indtag af fuldkornsprodukter primært bestående af rug sammenlignet med hvede¹⁸⁹. Fedme er en anden velkendt risikofaktor for kræft. Effekten af fuldkornsprodukter overfor udviklingen af fedme er beskrevet ovenfor.

Indholdsstoffer

Blandt fuldkornets komponenter har de fleste undersøgelser især berørt dets bidrag af kostfibre (specielt kræft i tyktarm), folat og til en vis grad B₆-vitamin, samt magnesium. Også en mulig effekt af lignaner har påkaldt sig forskningsmæssig interesse.

Fibre. Hypotesen om at et højt kostfiberindtag nedsætter risikoen for kræft i tyktarmen er godt 50 år gammel og kunne efterfølgende bekræftes i flere korrelationsundersøgelser og case-kontrolundersøgelser^{190,191}. Fremherskende hypoteser for en direkte sammenhæng mellem indtaget af kostfibre og tyktarmskræft er et øget fæcesvolumen og nedsat tarmpassagetid medførende nedsat eksponering af tarmslimhinden for carcinogener samt en øget produktion af kortkædede fedtsyrer med anticarcinogene effekter og inaktivering af carcinogene sekundære galdesyre¹⁹². Store kohorteundersøgelser har imidlertid givet inkonsistente resultater, idet nogle studier ikke har vist sammenhæng med indtaget af kostfibre og kornfibre^{193,194,195,196,197}, medens andre undersøgelser, bl.a. det europæiske EPIC-studie, har vist en omvendt sammenhæng med kræftisiko^{198,199} (se desuden tabel 4). En *pooled* analyse af 13 kohorteundersøgelser omfattende

mere end 725.000 individer kunne ikke dokumentere en sammenhæng med indtag af totalfibre eller kornfibre²⁰⁰, og randomiserede interventionsundersøgelser har ikke vist overbevisende effekt på recidiv af tyktarmspolypper (et forstadium til kræft) ved øget indtag af kostfibre hverken som tilskud eller gennem fiberrige fødevarer^{201,202}.

Øget indtag af kostfibre er ledsaget af nedsat koncentration af endogent østrogen i blodet (som følge af nedsat dekonjugering og reabsorption af østrogen fra tyktarmen)^{203,204}. Et øget kostfiberindtag kunne derfor tænkes at nedsætte risikoen for især hormonafhængige tumorer. De fleste kohorteundersøgelser har imidlertid ikke fundet sammenhæng mellem indtaget af totalfibre eller kornfibre og æggestokkræft^{205,206} eller brystkræft^{207,208,209}.

Vitaminer. Folat spiller en vigtig rolle for metyleringen af DNA (som har betydning for genekspression) og for biosyntesen af nukleotider, der indgår i syntese og reparation af DNA, hvorfor mangel på folat medfører øget risiko for cellemutationer og kræftudvikling. I adskillige prospektive epidemiologiske studier har der imidlertid ikke kunne påvises nogen, eller i bedste fald en moderat, beskyttende effekt af kostfolat på risikoen for kræft i tyktarm^{210,211,212,213,214,215,216}, bryst²¹⁷, mavesæk²¹⁸, bugspytkirtel^{219,220}, lunger²²¹ og blærehalskirtel²²², en sammenhæng der i nogle undersøgelser (men ikke alle) synes at kunne forstærkes ved et højt alkoholindtag (som kan modvirke omsætningen af folat) og/eller lavt methioninindtag (der forsyner kroppen med metylgrupper gennem S-adenosylmethionin). De negative resultater understøttes af en kontrolleret interventionsundersøgelse, der ikke har vist effekt på forekomsten af polypper i tyktarmen efter flere års tilskud med folsyre²²³.

B₆-vitamin er nødvendigt for funktionen af folsyre (coenzym for hydroxymethyltransferase, som katalyserer dannelsen af 5,10-methylentetrahydrofatreduktase). Kohortestudier har med enkelte undtagelser²¹³ ikke fundet sammenhæng mellem indtaget af B₆-vitamin og risiko for kræft i bugspytkirtel²²⁴ og tyktarm²¹⁶.

Mineraler. En tilstrækkelig tilførsel af magnesium er vigtig for stabilitet og reparation af genomet, og et øget indtag af magnesium kan reducere oxidativt stress og bedre insulinfølsomheden, faktorer af betydning for normal cellevækst og –differentiering²²⁵. De få prospektive studier, hvor sammenhængen mellem indtag af magnesium og kræft er undersøgt, har ikke givet konsistente resultater^{226,227,228}.

Antioxidanter. De fleste kohortestudier har, ligesom blindede randomiserede undersøgelser, ikke vist en sikker effekt af E-vitamin på risikoen for kræft^{102,103,229}.

Lignaner er fytoøstrogener, der i deres kemiske opbygning ligner endogene østrogener. De har svage østrogenlignende (konkurrerer med østrogener om binding til østrogenreceptorer) og antioxidative virkninger (og kan desuden hæmme nydannelsen af kar)²³⁰. Indtaget af lignaner er derfor hovedsagligt undersøgt med hensyn til deres muligt beskyttende virkning overfor hormonafhængige kræftsygdomme. Prospektive studier har især undersøgt sammenhængen mellem blodkoncentrationen eller urinudskillelsen af enterolactoner og risiko for brystkræft, hvor alle undersøgelser, med en enkelt undtagelse (en dansk undersøgelse, som omfatter en population med en gennemsnitlig koncentration af enterolacton, der er højere en i de øvrige studier²³¹), ikke har fundet sammenhæng^{232,233,234,235,236,237}. En velgennemført stor fransk kohorteundersøgelse fandt dog omvendt sammenhæng mellem indtaget af lignaner og risiko for brystkræft, især blandt kvinder med østrogen- og/eller progesteronpositive receptorer²³⁸. En *pooled* undersøgelse omfattende 3 kohorter viste ingen sammenhæng mellem koncentrationen af enterolacton i blodet

og risiko for livmoderkræft²³⁹. Prospektive data tyder heller ikke på, at prædiagnostisk serumenterolacton har sammenhæng med risiko for kræft i blærehalskirtlen²⁴⁰.

Glykæmisk respons

Kostens glykæmiske respons spiller, som allerede omtalt, en afgørende rolle for insulinniveauet i blodet. Insulin er en vækstfaktor, som (enten direkte eller indirekte ved at øge frit IGF-1 (Insulin-Like-Growth-Factor) og østrogen) kan stimulere cellevækst (faciliterer mitosens G1-fase) og hæmme apoptose (programmeret celledød) og derved øge kræftisiko²⁴¹. Betydningen af kostens glykæmiske respons for kræftisiko er derfor undersøgt i en række kohorteundersøgelser.

Kohorteundersøgelser har kun fundet svage og oftest insignifikant sammenhænge mellem kostens GI eller GB og risiko for brystkræft, og betydningen af overvægt for en eventuel sammenhæng er usikker^{207,208,242,243,244}. Der er kun fundet svag sammenhæng med risikoen for livmoderkræft, især hos overvægtige og fysisk inaktive kvinder^{245,246,247}. Kostens glykæmiske respons synes ikke at have sammenhæng med risiko for kræft i bugspytkirtel^{248,249,250} eller med kræft i mavesæk²⁵¹. Endelig finder de fleste kohortestudier ingen sammenhæng med kræft i tyktarmen^{252,253} eller med polypper i tyktarmen²⁵⁴. I Womens' Health Study fandtes imidlertid en direkte sammenhæng mellem GI og GB med risiko²⁵⁵, og flere kohorteundersøgelser har fundet tendens til direkte sammenhæng hos overvægtige personer^{256,257}.

Opsummering

Der er ikke fundet sikker evidens for sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risiko for kræft. Blandt kræftsygdommene er sammenhængen bedst undersøgt for tyktarmskræft, og her har kohorteundersøgelser givet inkonsistente resultater. De 2 bedst gennemførte undersøgelser har dog vist en omvendt sammenhæng mellem indtag af fuldkorn og risiko for tyktarmskræft. For de øvrige kræftsygdomme er der ikke et tilstrækkeligt antal undersøgelser til at kunne drage konklusioner. En mulig effekt er især tilskrevet fuldkornets indhold af fibre, men adskillige kohorteundersøgelser og interventionsundersøgelser har ikke givet samstemmende resultater med hensyn til effekten af et øget indtag af kornfibre på kræftisiko.

Andre sygdomme og samlet dødelighed

Sammenhæng med indtaget af fuldkornsprodukter er kun undersøgt for inflammatoriske sygdomme og periodontitis (sidstnævnte sygdom kan også karakteriseres som en inflammatorisk sygdom) (tabel 5).

Et højere fastblodsukker er ledsaget af et højere indhold i blodet af inflammatoriske markører og øget produktion af reaktive frie radikaler, og en kost med højt indhold af fuldkornsprodukter og lav glykæmisk respons nedsætter koncentrationen af inflammatoriske markører i blodet og sænker formentlig det oxidative stress¹³³. Denne hypotese, som har basis i relativt få humane studier, er baggrunden for en effekt af øget indtag af fuldkornsprodukter på en række sygdomme, hvor inflammation og generering af reaktive iltforbindelser menes at være et patogenetisk element. I overensstemmelse med denne hypotese fandtes i Iowa Womens' Health Study omvendt sammenhæng mellem risikoen for en række inflammatoriske sygdomme (ekskl. diabetes og iskæmiske hjerte-karsygdomme) og indtaget af fuldkornsprodukter²⁵⁸.

I det amerikanske Health Professionals Follow-up Study fandtes omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risikoen for periodontitis²⁵⁹. En mulig forklaring på den nedsatte risiko er som beskrevet ovenfor. Der er en direkte sammenhæng mellem graden af glykæmi og risiko for periodontitis, og en bedre glykæmisk kontrol hos diabetikere nedsætter risikoen for periodontitis²⁶⁰.

Samlet dødelighed

Fem kohortestudier oplyser om sammenhængen mellem indtaget af fuldkornsprodukter og den totale dødelighed (tabel 6)^{25,26,29,30,34}. I alle studier er der omvendt sammenhæng med indtaget af fuldkornsprodukter, som i 4 studier er signifikant (i kun 1 studie er der tale om en ikke signifikant sammenhæng, men dette studie er meget lille og inkluderer alene ældre personer).

Opsummering

Der er ikke tilstrækkelige data til at vurdere om indtaget af fuldkorn kan nedsætte risikoen for inflammatoriske sygdomme, herunder periodontitis. Der er nogen evidens for, at et højt indtag af fuldkornsprodukter har gavnlige virkninger på den totale dødelighed (dvs. forlænger livet).

Konklusion

Mange kohortestudier har påvist en omvendt sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risikoen for iskæmiske hjerte-karsygdomme. Sammenhængen er konsistent, relativt stærk (20-30% risikoreduktion), uafhængig af andre livsstilsfaktorer og biologisk troværdig. Sammenhængen opfylder de tidligere nævnte kriterier for en kausal sammenhæng (med undtagelse af specificitet, som kan være vanskelig at eftervise for en sammenhæng mellem en kostfaktor og sygdom, som følger af en sandsynlig langvarig tidshorisont for udviklingen af sygdom).

Der er relativt overbevisende sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og T2DM, men sammenhængen hviler alene på 4 kohortestudier. Kohortestudier tyder på at et højere indtag af fuldkornsprodukter er forbundet med en nedsat risiko for fedme (eller mindre vægtstigning). Det er dog tvivlsomt om fuldkornsprodukter har en selvstændig effekt på vægtudvikling, idet effekten synes at kunne forklares alene ud fra det øgede indtag af kostfibre. Der er ikke fundet sikker evidens for sammenhæng mellem indtaget af fuldkornsprodukter og risiko for kræft. Sammenhængen er bedst undersøgt for tyktarmskræft, hvor 2 kohorteundersøgelser har vist en mulig beskyttende effekt af højt indtag af fuldkornsprodukter, men flere studier er nødvendige før en sikker konklusion kan drages. For de øvrige kræftsygdomme er der heller ikke et tilstrækkeligt antal undersøgelser til at kunne drage konklusioner.

Mængden af fuldkornsprodukter (defineret som produkter, der indeholder > 25% fuldkorn) har generelt ligget på 2-3 portioner om dagen i de højeste indtogsgrupper blandt amerikanere, men noget højere, omkring 4 portioner om dagen, blandt skandinaver. Det er ikke muligt at få et mere præcist udtryk for indtaget, da de forskellige undersøgelser har inkluderet forskellige fødevarer (med varierende indhold af fuldkorn) som bidragsydere til indtaget af fuldkorn. Da de fleste fødevederedatabaser ikke har oplysninger om fuldkornsindholdet i forskellige fødevarer, har man, med få undtagelser, ikke kunnet sætte sygdomsrisiko i relation til indtaget af fuldkorn *per se*.

Det er ikke muligt at udpege specifikke indholdsstoffer i kornet som ansvarlige for virkningen på sygdomsrisiko. Fuldkorn består af en kompleks pakke af indholdsstoffer, der ud over stivelse, protein og mange vitaminer og mineraler også bidrager med forskellige antioxidanter, fytinsyre, lektiner, fenoler, plantesteroler, amylasehæmmere, saponininer, resistent stivelse, opløselige og uopløselige fibre og meget mere. Det er karakteristisk, at korrektion for flere af de nævnte indholdsstoffer kun delvis svækker sammenhængen mellem fuldkornsindtaget og sygdomsrisiko. Det er derfor overvejende sandsynligt, at det er kombinationen af indholdsstoffer ("hele pakken"), der er af betydning for sygdomsrisiko og ikke specifikke enkeltstoffer. Det skal dog bemærkes, at fuldkornets indholdsstoffer er stærkt korrelerede med hinanden, hvorfor det ikke er muligt fuldstændigt at adskille den uafhængige effekt af et indholdsstof fra de øvrige.

Langt de fleste undersøgelser er foretaget på amerikanske kohorter (og kun få undersøgelser på skandinaviske kohorter). Der er store kulturelle forskelle i spisemønster og specielt valg af fuldkornsprodukter mellem USA og Skandinavien. Det mest spiste fuldkornsprodukt i USA er således hvede, medens det i Danmark (og Finland) er rug, kornslægter med forskellig opbygning som kunne tænkes at have forskellig effekt på sygdomsrisiko. Desuden er det sædvanlige indtag forskelligt landene imellem. Det typiske indtag i USA er under 1 portion per dag, medens det i Skandinavien er på 2-3 portioner per dag. Det skal dog bemærkes, at sammenhængen med sygdomsrisiko er fundet fra de laveste indtag af fuldkornsprodukter til de højeste. I den forbindelse er der ikke tilstrækkelig videnskabelig evidens for at fremhæve en kornart frem for en anden som speciel sundhedsgavnlig.

Tabel 1. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og hjerte-karsygdom. Kohortestudier.

CHD: koronar hjertesygdom; IHD: iskæmisk hjertesygdom; ICVD: iskæmisk cerebrovaskulær sygdom; CVD: kardio-vaskulær sygdom.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelsesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
Adventist Health Study ³¹	USA	26.473; Mænd og kvinder	?; 6	394 CHD, heraf 134 non-fatale og 260 fatale	FFQ. Antallet af fødevarer ikke opgivet. Undersøgelsen inkluderer kun fuldkornshvede	Ikke angivet, kun regelmæssigt indtag af fuldkornshvedebrød vs. regelmæssigt indtag af hvidt hvedebrød	Alder; køn; rygning; fysisk aktivitet; vægt; forhøjet blodtryk	Fuldkornsspisere vs. hvidbrødsspisere 0,45 (0,28-0,71); P<0,01 (non-fatal CHD) 0,82 (0,55-1,21) (fatal CHD)	
Alpha-tocopherol, Beta-carotene Cancer Prevention Study ³³	Finland	21.930; Mænd	50-69; 6,1	635 fatale CHD	Modificeret kosthistorisk interview. Indtaget inkluderer kun rugprodukter	Høj vs. lav kvintil Gram per dag 172,2 vs. 16,0	Alder; behandlingsgruppe; rygevarighed; BMI; blodtryk; energiindtag; indtag af mættet fedt; indtag af alkohol; uddannelse; fysisk aktivitet	Høj vs. lav kvintil 0,75 (0,58-0,98); P=0,02	
Iowa Women's Health Study ¹	USA	31.284; Kvinder	55-69; 9	438 fatale IHD	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >18,5 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; civilstand; forhøjet blodtryk; diabetes; BMI; hofte-taljeratio; fysisk aktivitet; rygning; alkoholindtag; vitamintilskud; brug af p-piller; brug af østrogen substitution; Key's score; indtag af frugt og grønt; indtag af rødt kød; indtag af fisk; indtag af sukker	Høj vs. lav kvintil 0,70 (0,50-0,98); P=0,018	Indtag af mørkt brød omvendt forbundet med risiko Ingen sammenhæng med indtaget af fuldkornsmorgenmadscerealier eller andre ldkornsprodukter Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter
Iowa Women's Health Study ²⁵	USA	34.333; Kvinder	55-69; 9	1097 fatale CVD, heraf 682 CHD 165 slagtilfælde	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >23 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; civilstand; forhøjet blodtryk; diabetes; hjertesygdom; kræft; BMI; hofte-taljeratio; alder ved første fødsel; fysisk aktivitet; rygning; alkoholindtag; vitamintilskud; brug af østrogen substitution; indtag af totalfedt og mættet fedt; indtag af frugt og grønt; indtag af rødt kød; indtag af fisk	Høj vs. lav kvintil 0,82 (0,66-1,01); P=0,02 (CVD) 0,82 (0,63-1,06); P=0,03 (CHD) 0,87 (0,52-1,48); P=0,38 (slagtilfælde)	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter
Nurses' Health Study ³²	USA	75.521; Kvinder	38-63; 10	761 CHD	FFQ omfattende 126 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >1,77 vs. <0,26	Alder; BMI; rygning; alkoholindtag; blodprop i familien; forhøjet blodtryk; forhøjet kolesterol; menopause; proteinindtag; aspirinbrug; indtag af multivitamin; tilskud af vitamin E; stor fysisk aktivitet; energiindtag	Høj vs. lav kvintil 0,74 (0,58-0,94); P=0,01 Per portion øgning i indtag af fuldkorn: 0,91 (0,85-0,97)	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelsesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
Nurses' Health Study ²⁸	USA	75.521; Kvinder	38-63; 12	352 ICVD	FFQ omfattende 126 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >1,77 vs. <0,26	Alder; BMI; rygning; alkoholindtag; blodprop i familien; forhøjet blodtryk; forhøjet kolesterol; menopause; aspirinbrug; indtag af multivitaminer; indtag af tilskud af vitamin E; fysisk aktivitet; indtag af mættet fedt; indtag af transfedt; energiindtag	Høj vs. lav kvintil 0,69 (0,50-0,98); P=0,08	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter Omvendt sammenhæng mellem indtag af fuldkorn og risiko for slagtilfælde
Cardiovascular Disease Study in Norwegian Counties ²⁶	Norge	33.848; Mænd og kvinder	35-56; 11-17	843 CVD (fatal)	FFQ omfattende 66 fødevarer. Antallet af fuldkornskategorier ikke angivet	Der anføres kun kategorier af fødevarer baseret på et fuldkorns brødscore (antal skiver brød multipliceret med deres fuldkornsindhold)	Alder; energiindtag; køn; rygning; fysisk aktivitet; tilskud af levertran; tilskud af multivitaminer; indtag af mættet fedt; systolisk blodtryk; kolesterol; BMI	Høj vs. lav indtagsscore 0,79 (0,62-1,02); P=0,07	
Physicians' Health Study ²⁹	USA	86.110; Mænd	40-84; 5,5	1381 fatale CVD, herunder 488 CHD og 146 slagtilfælde	FFQ. Antallet af fødevarer ikke angivet. Undersøgelsen omfatter alene indtaget af morgenmadscrealier	Høj vs. lav kategori Portioner per dag >1 vs. sjældent (<1 portion per uge)	Alder; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet; BMI; diabetes; forhøjet kolesterol; forhøjet blodtryk; tilskud af multivitaminer	Høj vs. lav kategori 0,80 (0,66-0,97); P=0,008 (CVD) 0,71 (0,51-0,98); P=0,01 (CHD) 1,41 (0,85-2,34); P=0,18 (slagtilfælde)	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede morgenmadscrealier
Atherosclerosis Risk in Communities Study ³⁰	USA	11.940; Mænd og kvinder	45-64; 11	535 CHD 214 ICVD	FFQ omfattende 66 fødevarer. Antallet af fuldkornskategorier ikke angivet. Fuldkorn defineret som fødevarer indeholdende >25% fuldkorn eller klid	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >2,0 vs. 0,2	Alder; race; køn; energiindtag; uddannelse; rygning; fysisk aktivitet; alkoholindtag; hormonsubstitution; BMI; hofte-taljeratio; systolisk blodtryk; blodtryks-sænkende behandling; HDL; LDL	Høj vs. lav kvintil 0,72 (0,93-0,97); P=0,05 (CHD) 0,75 (0,46-1,22); P=0,15 (ICVD)	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter
Health Professionals Follow-up Study ²⁷	USA	42.850; Mænd	40-75; 14	1818 CHD	FFQ omfattende 131 fødevarer. FK omfatter: ris; brød; morgenmadsprodukter indeholdende fuldkornshvede, havre eller fuldkornshavremel, fuldkornsmajsmel, brune ris eller mel, byg, rug, bulgur, boghvede, popcorn, amarant og psyllium	Høj vs. lav kvintil Gram per dag (median) 42,4 vs. 3,5	Alder; energiindtag; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet; blodprop i familien; tilskud af vitamin E; indtag af fedt; indtag af frugt og grønt; indtag af fisk; tilsat klid og kim	Høj vs. lav kvintil 0,82 (0,70-0,96); P=0,01	Omvendt sammenhæng med indtag af tilsat klid Ingen sammenhæng med indtag af tilsat kim Omvendt sammenhæng ved kun at indregne fødevarer med >51% fuldkorn (per referencemængde sædvanligt indtaget)
Sahyoun et al. ³⁴	USA	535; Mænd og kvinder	>60; 12-15	89 fatale CVD	3-dages registrering	Høj vs. lav kvartil Portioner per dag >1,94 vs. <0,56	Alder; køn; race; uddannelse; civilstand; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet; BMI; energiindtag; E% mættet fedt; hjertesygdom; brug af blodtryks- eller kolesterolsænkende medicin	Høj vs. lav kvartil 0,48 (0,25-0,96); P=0,04	Ingen sammenhæng med indtag af raffineret brød

Tabel 2. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og diabetes. Kohortestudier.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelsesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
Nurses' Health Study ¹²⁷	USA	75.521; Kvinder	38-63; 10	1879	FFQ omfattende 126 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >1,77 vs. <0,26	Alder; BMI; fysisk aktivitet; rygning; alkoholindtag; diabetes i familien; tilskud af multivitaminer; tilskud af vitamin E; energiindtag	Høj vs. lav kvintil 0,73 (0,63-0,85); P<0,0001	Direkte sammenhæng med indtaget af raffinerede FK og med ratio mellem raffineret og FK
Iowa Women's Health Study ¹²⁸	USA	35.988; Kvinder	55-69; 6	1141	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >17,5 vs. <3,0	Alder; energiindtag; BMI; hofte-taljeratio; uddannelse; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet	Høj vs. lav kvintil 0,79 (0,65-0,96); P=0,0089	Omvendt sammenhæng med indtaget af fibre fra korn Ingen sammenhæng med kostens GI eller GL Ingen sammenhæng med indtaget af raffineret brød
Health Professionals Follow-up Study ¹²⁵	USA	42.898; Mænd	40-75; 12	1197	FFQ. Antallet af fødevarer ikke angivet. FK omfatter mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; kogte morgenmadscerealier med fuldkorn; hvedekim; klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >2,9 vs. <0,4	Alder; fysisk aktivitet; energiindtag; manglende FFQ; rygning; diabetes i familien; alkoholindtag; indtag af frugt og grønt; BMI	Høj vs. lav kvintil 0,70 (0,57-0,85); P=0,0006	Ingen sammenhæng med raffinerede kornprodukter
Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey ¹²⁹	Finland	4.316; Mænd og kvinder	40-69; 10	156	Kosthistorisk interview omfattende brødprodukter samt fuldkornsindhold i sammensatte produkter (>25% fuldkorn eller klid)	Høj vs. lav kvartil Gram (median) per dag 302 vs. 79	Alder; køn; geografisk område; rygning; BMI; energiindtag; indtag af frugt, bær og grøntsager	Høj vs. lav kvartil 0,65 (0,36-1,18); P=0,02	Omvendt sammenhæng med indtag af rugprodukter Omvendt sammenhæng med indtag af raffinerede kornprodukter Omvendt sammenhæng med indtag af total kornprodukter Omvendt sammenhæng med indtag af uopløselige fibre og kornfibre

Tabel 3. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og kropsvægt. Kohortestudier.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observa- tionstid	Cases	Undersøgel- sesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
Nurses' Health Study ²⁸³	USA	74.091; Kvinder	38-63; 12	6400 blev fede (BMI>30) 657 fik stor vægtstigning (>25 kg)	FFQ omfattende 126 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Ved indgangen i studiet: Portioner per 1000 kcal per dag <i>Høj vs. lav kvintil</i> 1,65 vs. 0,07 (median)	Alder; samt ændringer i: fysisk aktivitet; rygning; hormonbehandling; alkoholindtag; koffein; total energi; mættet fedt; flerumættet fedt; monoumættet fedt; trans fedt og protein; BMI ved indgangen i studiet	<i>Høj vs. lav kvintil</i> 0,81 (0,73-0,91); P=0,0002 (BMI>30) 0,77 (0,59-1,01); P=0,03 (vægtstigning >25 kg)	Højere indtag af fuldkorn og kostfibre i observationsperioden var forbundet med mindre vægtstigning hver 2-4 år. Højere indtag af raffinerede kornprodukter ledsaget af større vægtstigning
Health Professionals Follow-up Study ¹⁵⁶	USA	27.082; Mænd	40-75; 12		FFQ omfattende 131 fødevarer. FK omfatter: ris; brød; morgenmadsprodukter indeholdende fuldkornshvede, havre eller fuldkornshavremel, fuldkornsmajsmel, brune ris eller mel, byg, rug, bulgur, boghvede, popcorn, amaranth og psyllium med >51% fuldkornsindhold	Ændring i indtaget over 12 år: Gram per dag <i>Høj vs. lav kvintil</i> 15,6 vs. -17,8	Alder; indtag ved indgangen i studiet; rygning; vægt ved indgangen i studiet; ændringer i raffinerede kornprodukter, energi, fysisk aktivitet, alkohol, protein, transfedt, mættet fedt, umættet fedt	<i>Høj vs. lav kvintil</i> Ændring i vægt over 12 år: 0,69 kg vs. 0,96 kg; P<0,01	Ændringer i det totale indtag af fuldkorn (fra alle fødevarer) var omvendt forbundet med vægtstigning Ændring i indtaget af kornfibre omvendt forbundet med vægtstigning Ændringer i indtaget af raffinerede kornprodukter ikke forbundet med vægtændringer
Physicians' Health Study ¹⁵⁵	USA	22.071; Mænd	40-84; 13	2.713 blev overvægtige (BMI>25) 555 fik stor vægtstigning (>15 kg)	FFQ omfattende 61 fødevarer, heraf 1 spørgsmål om morgenmadsprodukter	Ved indgangen i studiet: Portioner per dag/uge <i>Høj vs. lav kategori</i> >1 per dag vs. <1 per uge	Alder; rygning; BMI ved indgangen i studiet, alkoholindtag; fysisk aktivitet, forhøjet blodtryk; forhøjet kolesterol; brug af multivitaminer	<i>Høj vs. lav kategori</i> 0,91 (0,79-1,05); P=0,13 (BMI>25) 0,69 (0,39-1,22); P=0,21 (vægtstigning >15 kg)	Samme sammenhæng fandtes for indtag af raffinerede morgenmadsprodukter, og totalindtag af morgenmadsprodukter

Tabel 4. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og kræft. Kohortestudier.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelsesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
<i>Tyktarm (colo-rectal)</i>									
Alpha-tocopherol, Beta-carotene Cancer Prevention Study ¹⁸⁷	Finland	27.111; Mænd	50-69; 8	185	Modificeret DH omfattende 276 fødevarer, heraf 17 brødkategorier som blev summeret op til 1 fuldkornskategori	Høj vs. lav kvartil Gram per dag 374 vs. 96	Rygning; BMI; alkoholindtag; uddannelse; fysisk aktivitet på arbejde; calciumindtag	Høj vs. lav kvartil 1,0 (0,7-1,6); P=0,99	Ingen sammenhæng med indtag af rugprodukter
Swedish Mammography Study ¹⁸⁴	Sverige	61.433; Kvinder	40-76; 14,8	805, heraf 507 i colon og 252 i rectum	FFQ omfattende 67 fødevarer, heraf 4 fuldkornskategorier: fuldkornsrugbrød (knækbrød); blødt fuldkornbrød, grød; corn flakes	Høj vs. lav kategori Portioner per dag >4,5 vs. <1,5	Alder; energiindtag; uddannelse; BMI; frugt og grønt; rødt kød; mættet fedt; calcium	Høj vs. lav kategori Colorectal 0,80 (0,60-1,06); P=0,16 Colon 0,67 (0,47-0,96); P=0,06 Rectum 1,11 (0,67-1,83); P=0,85	Indtag af fuldkornsknækbrød omvendt forbundet med risiko Indtag af kornfibre omvendt forbundet med risiko
NIH-AARP Diet and Health Study ¹⁸⁶	USA	489.611; Mænd og kvinder	50-71; 5	2974, heraf 2140 i colon (1139 i proximale og 914 i distale colon) og 858 i rectum	FFQ omfattende 124 fødevarer, heraf 19 fuldkornskategorier: bl.a. fiberrige morgenmadscerealier, fuldkornbrød, kogte cerealier; popcorn, pandekager; vafler; French toast; ris; bagels; English muffins; tortillas; pasta; kiks; chips; kager; wienerbrød og pier	Høj vs. lav kvartil Portioner per 1000 kcal per dag 1,3 vs. 0,2	Køn; fysisk aktivitet; rygning; rygning; hormonsubstitution; indtag af rødt kød; calcium; folat; energi	Høj vs. lav kvartil Colorectal 0,79 (0,70-0,89); P<0,001 Colon 0,86 (0,75-0,99); P=0,03 Proximal colon 0,84 (0,69-1,01); P=0,10 Distal colon 0,85 (0,69-1,06); P=0,05 Rectum 0,64 (0,51-0,81); P=NB	Indtag af kornfibre omvendt forbundet med risiko
<i>Mavesæk</i>									
Cancer Prevention Study II ¹⁸³	USA	533.391; Kvinder 436.654; Mænd	Voksne; 14	Kvinder: 439; Mænd: 910 (fatal)	FFQ omfattende 32 fødevarer, heraf 3 fuldkornskategorier: brune ris/hvede/byg; klid/majskager; havregryn/fuldkornscerealier/hvede cornflakes	Ikke angivet, kun hyppigheder Høj vs. lav tertil Dage per uge >4,5 vs. <1 (kvinder) >4 vs. <1 (mænd)	Alder; uddannelse; BMI; rygning; vitamintilskud; brug af aspirin; race; ventrikelkræft i familien	Høj vs. lav tertil 0,97 (0,77-1,24); P=0,83 (kvinder) 0,90 (0,77-1,06); P=0,20 (mænd)	Blandt kvinder direkte sammenhæng med indtaget af brune ris/fuldkornshvede/byg Blandt mænd omvendt sammenhæng med indtaget af "kolde" morgenmadsprodukter
<i>Bryst</i>									
Iowa Women's Health Study ¹⁸⁵	USA	27.588; Kvinder	55-69; 9	977	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvartil Portioner per uge >19 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; vægt; hofte-taljeratio; vitamintilskud; frugt og grønt; rødt kød; vitamin A-indtag; raffineret KH; antal fødsler; brug af østrogen; benign brystsygdom; brystkræft i familien, mammografistatus, alder ved første fødsel, antal fødsler	Høj vs. lav kvartil 1,21 (0,96-1,5); P=0,02	Sammenhængen synes især at findes blandt kvinder, som havde fået foretaget mammografi før inklusion i studiet

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observa- tionstid	Cases	Undersøgel- sesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
<i>Livmoder</i>									
Iowa Women's Health Study ¹⁸¹	USA	23.014; Kvinder	55-69; 13	382	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >18,5 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; BMI; rygning; vitamintilskud; frugt og grønt; rødt kød; raffineret KH; total fedt; mættet fedt; menarkalder; menopausealder; antal fødsler; brug af østrogen	Høj vs. lav kvintil 0,89 (0,61-1,29); P=0,24	Blandt kvinder, som aldrig havde brugt østrogen: HR: 0,63 (0,39-1,01); P=0,05 Ingen sammenhæng blandt brugere af østrogen
<i>Øvre luftveje og mave-tarmkanal</i>									
Iowa Women's Health Study ¹⁸²	USA	34.351; Kvinder	55-69; 14	169	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >13 vs. <6,5	Alder; energiindtag; vægt; alkoholiindtag; rygning	Høj vs. lav kvintil 0,53 (0,34-0,81); P=0,005	Omvendt sammenhæng med indtaget af totalfibre og fuldkornsfibre Omvendt sammenhæng med risikoen for individuelle cancerformer: mund/svælg; spiserør; mavesæk; næse/spyttekirtel; strube
<i>Total kræft</i>									
Iowa Women's Health Study ²⁵	USA	34.333; Kvinder	55-69; 9	1507 (fatal)	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >23 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; civilstand; højt blodtryk; diabetes; hjertesygdom; kræft; BMI; hofte-taljeratio; alder ved første fødsel; fysisk aktivitet; rygning; alkoholiindtag; brug af vitaminer; brug af østrogen; indtag af total fedt og mættet fedt; indtag af rødt kød; indtag af fisk	Høj vs. lav kvintil 0,89 (0,75-1,05); P=0,34	Ingen sammenhæng med indtag af raffinerede kornprodukter
Cardiovascular Disease Study in Norwegian Counties ²⁶	Norge	33.848; Mænd og kvinder	35-56; 11-17	843 (fatal)	FFQ omfattende 66 fødevarer.	Der anføres kun kategorier af fødevarer baseret på et fuldkorns brødscore (antal skiver brød multipliceret med deres fuldkornsindhold)	Alder; energiindtag; køn; rygning; fysisk aktivitet; brug af levertran; brug af multivitamin; indtag af mættet fedt; systolisk blodtryk; kolesterol; BMI	Høj vs. lav indtagsscore 0,79 (0,62-1,02); P=0,07	

Tabel 5. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og andre sygdomme. Kohortestudier.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelsesmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
<i>Inflammatoriske sygdomme</i>									
Iowa Women's Health Study ²⁵⁸	USA	27.312; Kvinder	55-69; 15	1064 fatale ekskl. kræftsygdomme og hjerte-karsygdomme	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 8 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >19 vs. <3,5	Alder; energiindtag; BMI; hofte-taljeratio; uddannelse; fysisk aktivitet; brug af østrogener; indtag af multivitaminer; indtag af stivelse; indtag af kaffe; rødt kød; fisk; frugt og grøntsager; alkoholindtag; rygning	Høj vs. lav kvintil 0,66 (0,54-0,81); P=0,008	Ingen sammenhæng med indtaget af stivelse Omvendt sammenhæng mellem indtag af FK og stort set alle sygdomskategorier, som menes at være forårsaget af oxidativ skade
<i>Periodontitis</i>									
Health Professionals Follow-up Study ²⁵⁹	USA	31.160; Mænd	40-75; 14	1897	FFQ omfattende 131 fødevarer, heraf 8 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >2,5 vs. <0,6	Alder; rygning; BMI; alkoholindtag; fysisk aktivitet; energi	Høj vs. lav kvintil 0,77 (0,66-0,89); P<0,001	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter Omvendt sammenhæng med indtag af kornfibre

Tabel 6. Sammenhængen mellem indtaget af fuldkorn og total dødelighed. Kohortestudier.

Studie	Land	Antal; Køn	Alder; Observationstid	Cases	Undersøgelingsmetode og inkluderede fuldkornsprodukter	Indtag	Korrektionsfaktor	Risiko (95% konfidensinterval); P _{trend}	Bemærkninger
Iowa Womens Health Study ²⁵	USA	34.333; Kvinder	55-69; 9	3320	FFQ omfattende 127 fødevarer, heraf 6 fuldkornskategorier: mørkt brød; morgenmadsprodukter med >25% fuldkorn eller klid; popcorn, havregryn, hvedekim, brune ris, klid og andet fuldkorn	Høj vs. lav kvintil Portioner per uge >23 vs. <3,5	Alder; energiindtag; uddannelse; civilstand; højt blodtryk; diabetes; hjertesygdom; kræft; BMI; hoftet-taljeratio; alder ved første fødsel; fysisk aktivitet; rygning; alkoholindtag; brug af vitaminer; brug af østrogen; indtag af total fedt og mættet fedt; indtag af frugt og grønt; indtag af rødt kød; indtag af fisk	Høj vs. lav kvintil 0,86 (0,76-0,97); P=0,005	Større dødelighed ved indtag af raffinerede kornprodukter
Cardivasular Disease Study in Norwegian Counties ²⁶	Norge	33.848; Mænd og kvinder	35-56; 11-17	843	FFQ omfattende 66 fødevarer	Der anføres kun kategorier af fødevarer baseret på et fuldkorns brødscore (antal skiver brød multipliceret med deres fuldkornsindhold)	Alder; energiindtag; køn; rygning; fysisk aktivitet; tilskud af levertran; tilskud af multivitamin; indtag af mættet fedt; systolisk blodtryk; kolesterol; BMI	Høj vs. lav indtagsscore 0,75 (0,65-0,88); P=0,006	
Physicians Health Study ²⁹	USA	86.110; Mænd	40-84; 5,5	1381	FFQ. Antallet af fødevarer ikke angivet. Undersøgelsen omfatter alene indtaget af morgenmadscerealier	Høj vs. lav kategori Portioner per dag >1 vs. sjældent (<1 portion per uge)	Alder; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet; BMI; diabetes; forhøjet kolesterol; forhøjet blodtryk; tilskud af multivitamin	Høj vs. lav kategori 0,83 (0,73-0,94); P<0,001	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede morgenmadscerealier
Atherosclerosis Risk in Communities Study ³⁰	USA	11.940; Mænd og kvinder	45-64; 11	867	FFQ omfattende 66 fødevarer. Antallet af fuldkornskategorier ikke angivet. Fuldkorn defineret som fødevarer indeholdende >25% fuldkorn eller klid	Høj vs. lav kvintil Portioner per dag >2,0 vs. <0,2	Alder; race; køn; energiindtag; uddannelse; rygning; fysisk aktivitet; alkoholindtag; hormonsubstitution; BMI; hoftet-taljeratio; systolisk blodtryk; blodtryksænkende behandling; HDL; LDL	Høj vs. lav kvintil 0,77 (0,61-0,97); P=0,02	Ingen sammenhæng med indtaget af raffinerede kornprodukter
Sahyoun et al. ³⁴	USA	535; Mænd og kvinder	>60; 12-15	182	3-dages registrering	Høj vs. lav kvartil Portioner per dag <0,56 vs. >1,94	Alder; køn; race; uddannelse; civilstand; rygning; alkoholindtag; fysisk aktivitet; BMI; energiindtag; E% mættet fedt; hjertesygdom; brug af antihypertensive og kolesterolsænkende medicin	Høj vs. lav kategori 0,82 (0,52-1,28); P=0,65	Ingen sammenhæng med indtaget af raffineret brød

Referencer

1. Jacobs DR, Meyer KA, Kushi LH, Folsom AR. Whole-grain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa Women's Health Study. *Am J Clin Nutr* 1998;68:248-57.
2. Cleveland LE, Moshfegh AJ, Albertson AM, Goldman JD. Dietary intake of whole grains. *J Am Coll Nutr* 2000;19:331s-8s.
3. FDA, Center for Food Safety and Applied Nutrition. A food labeling guide. Health claim notification for wholegrain foods. US Food and Drug Administration. Docket 99P-2209. US Food and Drug Administration 2000.
4. Franz M, Sampson L. Challenges in developing a whole grain database: definitions, methods and quantification. *J Food Comp Anal* 2006;19:S38-S44.
5. Jeppesen J, Hansen TW, Rasmussen S, Ibsen H, Torp-Pedersen C, Madsbad S. Insulin resistance, the metabolic syndrome, and risk of incident cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2112-9.
6. Ruige JB, Assendelft WJJ, Dekker JM, Kostense PJ, Heine RJ, Bouter LM. Insulin and risk of cardiovascular disease. A meta-analysis. *Circulation* 1998;97:996-1001.
7. Hanley AJ, Williams K, Gonzalez C, D'Agostino RB, Wagenknecht LE, Stern MP, Haffner SM, San Antonio Heart Study; Mexico City Diabetes Study; Insulin Resistance Atherosclerosis Study. Prediction of type 2 diabetes mellitus using simple measures of insulin resistance: combined results from the San Antonio Heart Study, the Mexico City Diabetes Study, and the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Diabetes* 2003;52:463-9.
8. Song Y, Manson JE, Tinker L, Howard BV, Kuller LH, Nathan L, Rifai N, Liu S. Insulin sensitivity and insulin secretion determined by homeostasis model assessment and risk of diabetes in a multiethnic cohort of women: the Women's Health Initiative Observational Study. *Diabetes Care* 2007;30:1747-52.
9. Limburg PJ, Stolzenberg-Solomon RZ, Vierkant RA, Roberts K, Sellers TA, Taylor PR, Virtamo J, Cerhan JR, Albanes D. Insulin, glucose, insulin resistance, and incident colorectal cancer in male smokers. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2006;4:1514-21.
10. Ma J, Giovannucci E, Pollak M, Leavitt A, Tao Y, Gaziano JM, Stampfer MJ. A prospective study of plasma C-peptide and colorectal cancer risk in men. *J Natl Cancer Inst* 2004;96:546-53.
11. Stolzenberg-Solomon RZ, Graubard BI, Chari S, Limburgh P, Taylor PR, Virtamo J, Albanes D. Insulin, Glucose, insulin resistance, and pancreatic cancer in male smokers. *JAMA* 2006a;294:2872-8.
12. Moller DE, Kaufman KD. Metabolic Syndrome: A Clinical and Molecular Perspective. *Annu Rev Med* 2005;56:45-62.
13. Boehm BO, Claudi-Boehm S. The metabolic syndrome. *Scand J Clin Lab Invest* 2005;65 (Suppl 240):3-13.
14. Alexander CM, Landsman PB, Teutsch SM, Haffner SM. NCEP-defined metabolic syndrome, diabetes, and prevalence of coronary heart disease among NHANES III participants age 50 years and older. *Diabetes* 2003;52:1210-4.
15. Lakka H-M, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, Salonen JT. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA* 2002;288:2709-16.
16. Meigs JB, Wilson PWF, Fox CS, Ramachandran VS, Nathan DM, Sullivan LM, D'Agostino RB. Body mass index, metabolic syndrome, and risk of type 2 diabetes or cardiovascular disease. *J Clin Endocrin Metab* 2006;91:2906-12.
17. Kurl S, Laukkanen JA, Niskanen L, Laaksonen D, Sivenius J, Nyysönen K, Salonen J. Metabolic syndrome and risk of stroke in middle-aged men. *Stroke* 2006;37:806-11.

18. Takahashi K, Bokura H, Kobayashi S, Iijima K, Nagai A, Yamaguchi S. Metabolic syndrome increases the risk of ischemic stroke in women. *Intern Med* 2007;46:643-8.
19. Hanley AJG, Karter AJ, Williams K, Festa A, D'Agostino RB, Wagenknecht LE, Haffner SM. Prediction of type 2 diabetes mellitus with alternative definitions of the metabolic syndrome: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Circulation* 2005;112:3713-21.
20. Lorenzo C, Okoloise M, Williams K, Stern MP, Haffner SM. The metabolic syndrome as predictor of type 2 diabetes. The San Antonio Heart Study. *Diabetes Care* 2003;26:3153-9.
21. Ahmed RL, Schmitz KH, Anderson KE, Rosamond WD, Folsom AR. The metabolic syndrome and risk of incident colorectal cancer. *Cancer* 2006;107:28-36.
22. Håheim LL, Wisløff, Home I, Nafstad P. Metabolic syndrome predicts prostate cancer in a cohort of middle-aged Norwegian men followed for 27 years. *Am J Epidemiol* 2006;164:769-74.
23. Laukkanen JA, Laaksonen DE, Niskanen L, Pukkala E, Hakkarainen A, Salonen JT. Metabolic syndrome and the risk of prostate cancer in Finnish men: a population-based study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004;13:1646-50.
24. Stürmer T, Buring JE, Lee I-M, Gaziano JM, Glynn RJ. Metabolic abnormalities and risk for colorectal cancer in the Physicians' Health Study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006;15:2391-7.
25. Jacobs DR, Meyer KA, Kushi LH, Folsom AR. Is whole grain intake associated with reduced total and cause-specific death rates in older women? The Iowa Women's Health Study. *Am J Public Health* 1999;89:322-9.
26. Jacobs DR, Meyer HE, Solvoll K. Reduced mortality among whole grain bread eaters in men and women in the Norwegian County Study. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:137-43.
27. Jensen MK, Koh-Banerjee P, Hu FB, Franz M, Sampson L, Grønbaek M, Rimm EB. Intakes of whole grains, bran, and germ and the risk of coronary heart disease in men. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1492-9.
28. Liu S, Manson JE, Stampfer MJ, Rexrode KM, Hu FB, Rimm EB, Willett WC. Whole grain consumption and risk of ischemic stroke in women. A prospective study. *JAMA* 2000a;284:1534-40.
29. Liu S, Sesso HD, Manson JE, Willett WC, Buring JE. Is intake of breakfast cereals related to total and cause-specific mortality in men? *Am J Clin Nutr* 2003a;77:594-9.
30. Steffen LM, Jacobs DR, Stevens J, Shahar E, Carithers T, Folsom AR. Associations of whole-grain, refined-grain, and fruit and vegetable consumption with risks of all-cause mortality and incident coronary artery disease and ischemic stroke: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Am J Clin Nutr* 2003;78:383-90.
31. Fraser GE, Sabaté J, Beeson WL, Strahan TM. A possible protective effect of nut consumption on risk of coronary heart disease. The Adventist Health Study. *Arch Intern Med* 1992;152:1416-24.
32. Liu S, Stampfer MJ, Hu FB, Giovannucci E, Rimm E, Manson JE, Hennekens CH, Willett WC. Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health Study. *Am J Clin Nutr* 1999;70:412-9.
33. Pietinen P, Rimm EB, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J. Intake of dietary fiber and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Circulation* 1996;94:2720-7.
34. Sahyoun NR, Jacques PF, Zhang XL, Juan W, McKeown NM. Whole-grain intake is inversely associated with the metabolic syndrome and mortality in older adults. *Am J Clin Nutr* 2006;83:124-31.
35. Mellen PB, Liese AD, Toozé JA, Vitolins MZ, Wagenknecht LE, Herrington D. Whole-grain intake and carotid artery atherosclerosis in a multiethnic cohort: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Am J Clin Nutr* 2007a;85:1495-502.

36. Burr ML, Gilbert JF, Holliday RM, Elwood PC, Fehily AM, Rogers S, Sweetnam PM, Deadman NM. Effects of changes in fat, fish, and fibre intakes on death and myocardial reinfarction: Diet and Reinfarction Trial (DART). *Lancet* 1989;ii:757-61.
37. Ness AR, Hughes J, Elwood PC, Whitley E, Smith GD, Burr MI. The long-term effect of dietary advice in men with coronary disease: follow-up of the Diet and Reinfarction trial (DART). *Eur J Clin Nutr* 2002;56:512-8.
38. Yoo S, Nicklas T, Baranowski T, Zakeri IF, Yang S-J, Srinivasan SR, Berenson GS. Comparison of dietary intakes associated with metabolic syndrome risk factors in young adults: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr* 2004;80:841-8.
39. Esmailzadeh A, Mirmiran P, Azizi F. Whole-grain consumption and the metabolic syndrome: a favourable association in Tehranian adults. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:353-62.
40. Liese AD, Roach AK, Sparks KC, Marquart L, D'Agostino RB, Mayer-Davis EJ. Whole-grain intake and insulin sensitivity: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Am J Clin Nutr* 2003;78:965-71.
41. McKeown NM, Meigs JB, Liu S, Wilson PWF, Jacques PF. Whole-grain intake is favourably associated with metabolic risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease in the Framingham Offspring Study. *Am J Clin Nutr* 2002;76:390-8.
42. Jang Y, Lee JH, Kim OY, Park HY, Lee SY. Consumption of whole grain and legume powder reduces insulin demand, lipid peroxidation, and plasma homocysteine concentrations in patients with coronary artery disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001;21:2065-71.
43. Pereira MA, Jacobs DR, Pins JJ, Raatz SK, Gross MD, Slavin JL, Seaquits ER. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. *Am J Clin Nutr* 2002;75:848-55.
44. Andersson A, Tengblad S, Karlström B, Kamal-Eldin A, Landberg R, Basu S, Aman P, Vessby B. Whole-grain foods do not affect insulin sensitivity or markers of lipid peroxidation and inflammation in healthy, moderately overweight subjects. *J Nutr* 2007;137:1401-7.
45. Davy B, Davy KP, Ho RC, Beske SD, Davrath LR, Melby CL. High-fiber oat cereal compared with wheat cereal consumption favorably alters LDL-cholesterol subclass and particle numbers in middle-aged and older men. *Am J Clin Nutr* 2002a;76:351-8.
46. Kelly SA, Summerbell CD, Brynes A, Whittaker V, Frost G. Wholegrain cereals for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2007 Apr 18(2):CD005051.
47. Steffen LM, Kroenke CH, Yu X, Pereira MA, Slattery ML, Van Horn L, Gross MD, Jacobs DR. Associations of plant food, dairy product, and meat intakes with 15-y incidence of elevated blood pressure in young black and white adults: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study. *Am J Clin Nutr* 2005;82:1169-77.
48. Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. Whole-grain diets reduce blood pressure in mildly hypercholesterolemic men and women. *J Am Diet Assoc* 2006;106:1445-9.
49. Davy BM, Melby CL, Beske SD, Ho RC, Davrath LR, Davy KP. Oat consumption does not affect resting casual and ambulatory 24-h arterial blood pressure in men with high-normal blood pressure to stage 1 hypertension. *J Nutr* 2002b;132:394-8.
50. Saltzman E, Das SK, Lichtenstein AH, Dallal GE, Corrales A, Schaeffer EJ, Greenberg AS, Roberts SB. An oat-containing hypocaloric diet reduces systolic blood pressure and improves lipid profile beyond effects of weight loss in men and women. *J Nutr* 2001;131:1465-70.
51. Hallfrisch J, Scholfield DJ, Behall KM. Blood pressure reduced by whole grain diet containing barley or whole wheat and brown rice in moderately hypercholesterolemic men. *Nutr Res* 2003;23:1631-42.
52. Poulter N, Chang CL, Cuff A, Poulter C, Sever P, Thom S. Lipid profiles after the daily consumption of an oat-based cereal: a controlled crossover trial. *Am J Clin Nutr* 1994;59:66-9.
53. Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1185-93.

54. Leinonen KS, Poutanen KS, Mykkänen HM. Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. *J Nutr* 2000;130:164-70.
55. Erkkilä AT, Herrington DM, Mozaffarian D, Lichtenstein AH. Cereal fiber and whole-grain intake are associated with reduced progression of coronary-artery atherosclerosis in postmenopausal women with coronary artery disease. *Am Heart J* 2005;150:94-101.
56. Mellen PB, Walsh TF, Herrington DM. Whole grain intake and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2007b Apr 19; [Epub].
57. Appel LJ, Moore TJ, Obarzanek E, Vollmer WM, Svetkey LP, Sacks FM, Bray GA, Vogt TM, Cutler JA, Windhauser MM, Lin P-H, Karanja N, for the DASH Collaborative Research Group. A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. *N Engl J Med* 1997;336:1117-24.
58. Obarzanek E, Sacks FM, Vollmer WM, Bray GA, Miller ER, Lin P-H, Karanja NM, Most-Windhauser MM, Moore TJ, Swain JF, Bales CW, Proschan MA, on behalf of the DASH Research Group. Effects on blood lipids of a blood pressure-lowering diet: the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) Trial. *Am J Clin Nutr* 2001;74:80-9.
59. Appel LJ, Miller ER, Jee SH, Stolzenberg-Solomon R, Lin P-H, Erlinger T, Nadeau MR, Selhub J. Effect of dietary patterns on serum homocysteine. Results of a randomized, controlled feeding study. *Circulation* 2000;102:852-7.
60. Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, Fraser GE, Goldbourt U, Heitmann BL, Hallmans G, Knecht P, Liu S, Pietinen P, Spiegelman D, Stevens J, Virtamo J, Willett WC, Ascherio A. Dietary fiber and risk of coronary heart disease. A pooled analysis of cohort studies. *Arch Intern Med* 2004a;164:370-6.
61. Ascherio A, Rimm EB, Hernan MA, Giovannucci EL, Kawachi I, Stampfer MJ, Willett WC. Intake of potassium, magnesium, calcium, and fiber and risk of stroke among US men. *Circulation* 1998;98:1198-1204.
62. Oh K, Hu FB, Cho E, Rexrode KM, Stampfer MJ, Manson JE, Liu S, Willett WC. Carbohydrate intake, glycemic index, glycemic load, and dietary fiber in relation to risk of stroke in women. *Am J Epidemiol* 2005;161:161-9.
63. Mozaffarian D, Kumanyika SK, Lemaitre RN, Olson JL, Burke GL, Siscovick DS. Cereal, fruit, and vegetable fiber intake and the risk of cardiovascular disease in elderly individuals. *JAMA* 2003;289:1659-6.
64. Bessesen DH. The role of carbohydrates in insulin resistance. *J Nutr* 2001;131:2782S-6S.
65. Ascherio A, Hennekens C, Willett WC, Sacks F, Rosner B, Manson J, Witterman J, Stampfer MJ. Prospective study of nutritional factors, blood pressure, and hypertension among US women. *Hypertension* 1996;27:1065-72.
66. Ludwig DS, Pereira MA, Kroenke CH, Hilner JE, Van Horn L, Slattery ML, Jacobs DR. Dietary fiber, weight gain, and cardiovascular disease risk factors in young adults. *JAMA* 1999;282:1539-46.
67. Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Colditz GA, Rosner B, Willett WC, Sacks F, Stampfer MJ. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men. *Circulation* 1992;86:1651-3.
68. Streppel MT, Arends LR, van't Veer P, Grobbee DE, Geleijnse JM. Dietary fiber and blood pressure. A meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Arch Intern Med* 2005;165:150-6.
69. Anderson JW, Gilinsky NH, Deakins DA, Smith SF, O'Neal DS, Dillon DW, Oeltgen PR. Lipid responses of hypercholesterolemic men to oat-bran and wheat-bran intake. *Am J Clin Nutr* 1991;54:678-83.
70. Jenkins DJ, Kendall CW, Vuksan V, Augustin LS, Mehling C, Parker T, Vidgen E, Lee B, Faulkner D, Seyler H, Josse R, Leiter LA, Conolly PW, Fulgoni V. Effect of wheat bran on serum lipids: influence of particle size and wheat protein. *J Am Coll Nutr* 1999;18:159-65.

71. Brown L, Rosner B, Willett WC, Sacks FM. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1999;69:30-42.
72. Giles WH, Kittner SJ, Anda RF, Croft JB, Casper ML. Serum folate and risk of ischemic stroke. First National and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study. *Stroke* 1995;26:1166-70.
73. Loria CM, Ingram DD, Feldman J, Wright JD, Madans JH. Serum folate and cardiovascular disease mortality among US men and women. *Arch Intern Med* 2000;160:3258-62.
74. Morrison HI, Schaubel D, Desmeules M, Wigle DT. Serum folate and risk of fatal coronary heart disease. *JAMA* 1996;275:1893-6.
75. Eikelboom JW, Lonn E, Genest J, Hankey G, Yusuf S. Homocyst(e)ine and cardiovascular disease: a critical review of the epidemiologic evidence. *Ann Intern Med* 1999;131:363-75.
76. Bazzano LA, He J, Ogden LG, Loria C, Vupputuri S, Myers L, Whelton PK. Dietary intake of folate and risk of stroke in US men and women. NHANES I Epidemiologic Follow-Up Study. *Stroke* 2002;33:1183-9.
77. Rimm EB, Willett WC, Hu FB, Sampson L, Colditz GA, Manson JE, Hennekens C, Stampfer MJ. Folate and vitamin B6 from diet and supplements in relation to risk of coronary heart disease among women. *JAMA* 1998;279:359-64.
78. Homocysteine Lowering Trialists' Collaboration. Lowering blood homocysteine with folic acid based supplements: meta-analysis of randomised trials. *BMJ* 1998;316:894-8.
79. Børnaa KH, Njølstad I, Ueland PM, Schirmer H, Tverdal A, Steigen T, Wang H, Nordrehaug JE, Arnesen E, Rasmussen K, for the NORVIT Trial Investigators. Homocysteine lowering and cardiovascular events after acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2006;354:1578-88.
80. The Heart Outcomes Prevention Evaluation (HOPE) 2 Investigators. Homocysteine lowering with folic acid and B vitamins in vascular disease. *N Engl J Med* 2006;354:1567-7.
81. Wang X, Qin X, Demirtas H, Li J, Mao G, Huo Y, Sun N, Liu S, Xu X. Efficacy of folic acid supplementation in stroke prevention: a meta-analysis. *Lancet* 2007;369:1876-82.
82. Gallistl S, Sudi K, Mangge H, Erwa W, Borkenstein M. Insulin is an independent correlate of plasma homocysteine levels in obese children and adolescents. *Diabetes Care* 2000;23:1348-52.
83. Meigs JB, Jacques PF, Selhub J, Singer DE, Nathan DM, Rifai N, D'Agostino RB, Wilson PWF. Fasting plasma homocysteine levels in the insulin resistance syndrome. *Diabetes Care* 2001;24:1403-10.
84. Barbagallo M, Dominguez LJ, Galioto A, Ferlisi A, Cani C, Malfa L, Pineo A, Busardo A, Paolisso G. Role of magnesium in insulin action, diabetes and cardio-metabolic syndrome X. *Mol Aspects Med* 2003;24:39-52.
85. Rodriguez-Moran M, Guerrero-Romero F. Low serum magnesium levels and metabolic syndrome. *Acta Diabetol* 2002;39:209-13.
86. Ford ES. Serum magnesium and ischemic heart disease: findings from a national sample of US adults. *Intern J Epidemiol* 1999;28:645-51.
87. Liao F, Folsom AR, Brancati FL. Is low magnesium concentration a risk factor for coronary heart disease? The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Am Heart J* 1998;136:480-90.
88. Guerrero-Romero F, Tamez-Perz HE, Gonzalez-Gonzalez G, Salinas-Martinez AM, Montes-Villarreal J, Trevino-Ortiz JH, Rodriguez-Moran M. Oral magnesium supplementation improves insulin sensitivity in non-diabetic subjects with insulin resistance. A double-blind placebo-controlled randomized trial. *Diabetes Metab* 2004;30:253-8.
89. Song Y, Sesso HD, Manson JE, Cook NR, Buring JE, Liu S. Dietary magnesium intake and risk of incident hypertension among middle-aged and older US women in a 10-year follow-up study. *Am J Cardiol* 2006;98:1616-21.

90. Witteman JC, Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA, Sacks FM, Speizer FE, Rosner B, Hennekens CH. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US women. *Circulation* 1989;80:1320-7.
91. Jee SH, Miller ER, Guallar E, Singh VK, Appel LJ, Klag MJ. The effect of magnesium supplementation on blood pressure: a meta-analysis of randomized clinical trials. *Am J Hypertens* 2002;15:691-6.
92. Abbott RD, Ando F, Masaki KH, Tung K-H, Rodriguez BL, Petrovitch H, Yano K, Curb JD. Dietary magnesium intake and the future risk of coronary heart disease (the Honolulu Heart Program). *Am J Cardiol* 2003;92:665-9.
93. Al-Delaimy WK, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. Magnesium intake and risk of coronary heart disease among men. *J Am Coll Nutr* 2004;23:63-70.
94. Elwood PC, Fehily AM, Ising H, Poor DJ, Pickering J, Kamel F. Dietary magnesium does not predict ischaemic heart disease in the Caerphilly cohort. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:694-7.
95. Song Y, Manson JE, Cook NR, Albert CM, Buring JE, Liu S. Dietary magnesium intake and risk of cardiovascular disease among women. *Am J Cardiol* 2005;96:1135-41.
96. Iso H, Stampfer MJ, Manson JE, Rexrode K, Hennekens CH, Colditz GA, Speizer FE, Willett WC. Prospective study of calcium, potassium, and magnesium intake and risk of stroke in women. *Stroke* 1999;30:1772-9.
97. Young DB, Lin H, McCabe RD. Potassium's cardiovascular protective mechanisms. *Am J Physiol* 1995;268:R825-37.
98. Khaw K-T, Barrett-Connor E. Dietary potassium and stroke-associated mortality. A 12-year prospective population study. *N Engl J Med* 1987;316:235-40.
99. Bazzano LA, He J, Ogden LG, Loria C, Vupputuri S, Myers L, Whelton PK. Dietary potassium intake and risk of stroke in US men and women. National Health and Nutrition Examination Survey I Epidemiologic Follow-Up Study. *Stroke* 2001;32:1473-80.
100. Whelton PK, He J, Cutler JA, Brancati FL, Appel LJ, Follman D, Klag MJ. Effects of oral potassium on blood pressure. Meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA* 1997;277:1624-32.
101. Gaziano JM. Vitamin E and cardiovascular disease. *Ann NY Acad Sci* 2004;1031:280-91.
102. Lee IM, Cook NR, Gaziano JM, Gordon D, Ridker PM, Manson JE, Hennekens CH, Buring JE. Vitamin E in the primary prevention of cardiovascular disease and cancer. The Women's Health Study. *JAMA* 2005;294:55-65.
103. Lonn E, Bosch J, Yusuf S, Sheridan P, Pogue J, Arnold JM, Ross C, Arnold A, Sleight P, Probstfield J, Dagenais GR, HOPE and HOPE 2 trial investigators. Effects of long-term vitamin E supplementation on cardiovascular events and cancer: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005;293:1338-47.
104. de Kleijn MJJ, van der Schouw YT, Wilson PWF, Grobbee DE, Jacques PF. Dietary intake of phytoestrogens is associated with a favorable metabolic cardiovascular risk profile in postmenopausal U.S. women: the Framingham Study. *J Nutr* 2002;132:276-282.
105. van der Schouw Y, Simpson L, Willett WC, Rimm EB. The usual intake of lignans but not that of isoflavones may be related to cardiovascular risk factors in U.S. men. *J Nutr* 2005a;135:260-6.
106. Johnsen NF, Hausner H, Olsen A, Tetens I, Christensen J, Knudsen KEB, Overvad K, Tjønneland A. Intake of whole grains and vegetables determines plasma enterolactone concentration of Danish women. *J Nutr* 2004;134:2691-7.
107. van der Schouw YT, Pijpe A, Lebrun CEI, Bots ML, Peeters PHM, van Staveren WA, Lamberts SWJ, Grobbee DE. Higher usual dietary intake of phytoestrogens is associated with lower aortic stiffness in postmenopausal women. *Arterioscl Thromb Vasc Biol* 2002;22:1316-22.

108. Brejnholt SM, Tannock GW, Moller PL, Munro K, Tetens I. A rye bran diet, rich in plant lignans, has no influence on the composition of the gut microflora in postmenopausal women. *Microbial Ecology in Health and Disease* 2005;17:21-7.
109. Kilkkinen A, Erlund I, Virtanen MJ, Alfthan G, Ariniemi K, Virtamo J. Serum enterolactone concentration and the risk of coronary heart disease in a case-cohort study of Finnish male smokers. *Am J Epidemiol* 2006;163:687-93.
110. Vanharanta M, Voutilainen S, Rissanen TH, Adlercreutz H, Salonen JT. Risk of cardiovascular disease-related and all-cause death according to serum concentrations of enterolactone. *Arch Intern Med* 2003;163:1099-1104.
111. Milder IEJ, Feskens EJM, Arts ICW, Bueno-de-Mesquita HB, Hollman PCH, Kromhout D. Intakes of 4 dietary lignans and cause-specific and all-cause mortality in the Zutphen Elderly Study. *Am J Clin Nutr* 2006;84:400-5.
112. van der Schouw YT, Kreijkamp-Kaspers S, Peeters PHM, Keinan-Boker L, Rimm EB, Grobbee DE. Prospective study on usual dietary phytoestrogen intake and cardiovascular disease risk in western women. *Circulation* 2005b;111:465-71.
113. Hallfrisch J, Behall KM. Mechanisms of the effects of grains on insulin and glucose responses. *J Am Coll Nutr* 2000;19:320S-5S.
114. Slavin JL, Jacobs D, Marquart L. Grain processing and nutrition. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2000;40:309-26.
115. Jenkins DJA, Axelsen M, Kendall CWC, Augustin LSA, Vuksan V, Smith U. Dietary fibre, lente carbohydrates and the insulin-resistant diseases. *Br J Nutr* 2000;83, Suppl. 1:S157-S63.
116. Frost G, Leeds AA, Doré CJ, Madeiros S, Brading S, Dornhorst A. Glycaemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration. *Lancet* 1999;353:1045-8.
117. Ford ES. Glycemic index and serum high-density lipoprotein cholesterol concentration among US adults. *Arch Intern Med* 2001;161:572-6.
118. McKeown NM. Whole grain intake and insulin sensitivity: evidence from observational studies. *Nutr Rev* 2004b;62:286-91.
119. Kelly S, Frost G, Whittaker V, Summerbell C. Low glycaemic index diets for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2004 Oct 18(4):CD004467.
120. Liu S, Manson JE, Stampfer MJ, Holmes MD, Hu FB, Hankinson SE, Willett WC. Dietary glycemic load assessed by food-frequency questionnaire in relation to plasma high-density-lipoprotein cholesterol and fasting plasma triacylglycerols in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2001;73:560-6.
121. Oxlund AL, Heitmann BL. Glycaemic index and glycaemic load in relation to blood lipids – 6 years of follow-up in adult Danish men and women. *Publ Health Nutr* 2006;9:737-45.
122. Pereira MA, Swain J, Goldfine AB, Rifai N, Ludwig DS. Effects of a low-glycemic load diet on resting energy expenditure and heart disease risk factors during weight loss. *JAMA* 2004b;292:2482-90.
123. Beulens JWW, de Bruijne LM, Stolk RP, Peeters PHM, Bots ML, Grobbee DE, van der Schouw YT. High dietary glycemic load and glycemic index increase the risk of cardiovascular disease among middle-aged women. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:14-21.
124. Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB, Franz M, Sampson L, Hennekens CH, Manson JE. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000b;71:1455-61.
125. Halton TL, Willett WC, Liu S, Manson JE, Albert CM, Rexrode K, Hu FB. Low-carbohydrate-diet score and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 2006;355:1991-2002.
126. Fung TT, Hu FB, Pereira MA, Liu S, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC. Whole-grain intake and the risk of type 2 diabetes: a prospective study in men. *Am J Clin Nutr* 2002;76:535-40.

127. Liu S, Manson JE, Stampfer MJ, Hu FB, Giovannucci E, Colditz GA, Hennekens CH, Willett WC. A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. *Am J Publ Health* 2000c;90:1409-15.
128. Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr* 2000;71:921-30.
129. Montonen J, Knekt P, Järvinen R, Aromaa A, Reunanen A. Whole-grain and fiber intake and the incidence of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2003;77:622-9.
130. Montonen J, Järvinen R, Heliövaara M, Reunanen A, Aromaa A, Knekt P. Food consumption and the incidence of type II diabetes mellitus. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:441-8.
131. Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, Valle TT, Hämäläinen H, Ilanne-Parikka P, Keinänen-Kiukaanniemi S, Laakso M, Louheranta A, Rastas M, Salminen V, Uusitupa M, for the Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001;344:1343-50.
132. Juntunen KS, Laaksonen DE, Poutanen KS, Niskanen LK, Mykkanen HM. High-fiber rye bread and insulin secretion and sensitivity in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2003;77:385-91.
133. Qi L, Hu FB. Dietary glycemic load, whole grains, and systemic inflammation in diabetes: the epidemiological evidence. *Curr Opin Lipidol* 2007;18:3-8.
134. Robertson MD, Bickerton AS, Dennis AL, Vidal H, Frayn KN. Insulin-sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. *Am J Clin Nutr* 2005;82:559-67.
135. Weickert MO, Möhlig M, Schöfl C, Otto B, Viehoff H, Koebnick C, Kohl A, Spranger J, Pfeiffer AFH. Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. *Diabetes Care* 2006;29:775-80.
136. Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S, Solomon CG, Willett WC. Diet, lifestyle, and risk of type 2 diabetes mellitus in women. *NEJM* 2001;345:790-7.
137. Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care* 1997a;20:545-50.
138. Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *JAMA* 1997b;277:472-7.
139. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JE, Willett WC, Hu FB. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 2004;80:348-56.
140. Schulze MB, Schulz M, Heidemann C, Schienkiewitz A, Hoffmann K, Boeing H. Fiber and magnesium intake an incidence of type 2 diabetes. A prospective study and meta-analysis. *Arch Intern Med* 2007;167:956-65.
141. Stevens J, Ahn K, Juhaeri, Houston D, Steffan L, Couper D. Dietary fiber intake and glycemic index and incidence of diabetes in African-American and white adults. *Diabetes Care* 2002;25:1715-21.
142. Zhang C, Liu S, Solomon CG, Hu FB. Dietary fiber intake, dietary glycemic load, and the risk for gestational diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2006a;29:2223-30.
143. Thorburn A, Muir J, Proietto J. Carbohydrate fermentation decreases hepatic glucose output in healthy subjects. *Metabolism* 1993;42:780-5.
144. Weickert MO, Möhlig M, Koebnick, Holst JJ, Namsolleck P, Ristow M, Osterhoff, Rochlitz H, Rudovich N, Spranger J, Pfeiffer AFH. Impact of cereal fibre on glucose-regulating factors. *Diabetologia* 2005;48:2343-53.
145. Song Y, Buring JE, Manson JE, Liu S. Dietary magnesium intake in relation to plasma insulin levels and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care* 2004;27:59-65.

146. Rodriguez-Moran M, Guerrero-Romero F. Oral magnesium supplementation improves insulin sensitivity and metabolic control in type 2 diabetic subjects. *Diabetes Care* 2003;26:1147-52.
147. Mayer-Davis EJ, Costacou T, King I, Zaccaro DJ, Bell RA; The Insulin Resistance and Atherosclerosis Study (IRAS). Plasma and dietary vitamin E n relation to incidence of type 2 diabetes. The Insulin Resistance and Atherosclerosis Study. *Diabetes Care* 2002;25:2172-7.
148. Montonen J, Knekt P, Järvinen R, Reunanen A. Dietary antioxidant intake and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:362-6.
149. Brand-Miller JC, Thomas M, Swan V, Ahmad ZI, Petocz P, Colagiuri S. Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *J Nutr* 2003;133:2728-32.
150. Brand J, Nicholson P, Thorburn A, Truswell A. Food processing and the glycemic index. *Am J Clin Nutr* 1985;42:1192-6.
151. Heaton K, Marcus S, Emmett P, Bolton C. Particle size of wheat, maize, and oat test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and on the rate of starch digestion in vitro. *Am J Clin Nutr* 1988;47:675-82.
152. Ludwig DS. The glycemic index. Physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002;287:2414-23.
153. Willett WC, Manson J, Liu S. Glycemic index, glycemic load, and the risk of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2002;76(suppl):274S-80S.
154. Hodge AM, English DR, O'Dea K, Giles GG. Glycemic index and dietary fiber and the risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:2701-6.
155. Bazzano LA, Song Y, Bubes V, Good CK, Manson JE, Liu S. Dietary intake of whole and refined grain breakfast cereals and weight gain in men. *Obes Res* 2005;13:1952-60.
156. Koh-Banerjee P, Franz M, Sampson L, Liu S, Jacobs DR, Spiegelman D, Willett W, Rimm E. Changes in whole-grain, bran, and cereal fiber consumption in relation to 8-y weight gain among men. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1237-45.
157. Folsom AR, Vitelli LL, Lewis CE, Schreiner PJ, Watson RL, Wagenknecht LE. Is fasting insulin concentration inversely associated with rate of weight gain? *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998;22:48-54.
158. Odeleye OE, de Courten M, Pettitt DJ, Ravussin E. Fasting hyperinsulinemia is a predictor of increased body weight gain and obesity in Pima Indian children. *Diabetes* 1997;46:1341-5.
159. Sigal RJ, El-Hashimy M, Martin BC, Soeldner JS, Krolewski AS, Warram JH. Acute postchallenge hyperinsulinemia predicts weight gain: a prospective study. *Diabetes* 1997;46:1025-9.
160. Porikos K, Hagamen S. Is fiber satiating? Effects of a high fiber preload on subsequent food intake of normal-weight and obese young men. *Appetite* 1986;7:153-62.
161. Casiraghi MC, Garsetti M, Testolin G, Brighenti F. Post-prandial responses to cereal products enriched with beta-glucan. *J Am Coll Nutr* 2006;25:313-20.
162. Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev* 2001;59:129-39.
163. Alfieri MA, Pomerleau J, Grace DM, Anderson L. Fiber intake of normal weight, moderately obese and severely obese subjects. *Obes Res* 1995;3:541-7.
164. Miller WC; Niederpruem MG, Wallace JP, Lindeman AK. Dietary fat, sugar, and fiber predict body fat content. *J Am Diet Assoc* 1994;94:612-5.
165. Nelson LH, Tucker LA. Diet composition related to body fat in a multivariate study of 203 men. *J Am Diet Assoc* 1996;96:771-7.
166. Hare-Bruun H, Flint A, Heitmann B. Glycemic index and glycemic load in relation to changes in body weight, body fat distribution, and body composition in adult Danes. *Am J Clin Nutr* 2006;84:871-9.

167. Ma Y, Olendzki B, Chiriboga D, Hebert JR, Li Y, Li W, Campbell MJ, Gendreau K, Ockene IS. Association between dietary carbohydrates and body weight. *Am J Epidemiol* 2005;161:359-67.
168. Bouché C, Rizkalla SW, Luo J, Vidal H, Veronese A, Pacher N, Fouquet C, Lang V, Slama G. Five-week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. *Diabetes Care* 2002;25:822-8.
169. Ebbeling CB, Leidig MM, Sinclair KB, Hangen JP, Ludwig DS. A reduced-glycemic load diet in the treatment of adolescent obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157:773-9.
170. Slabber M, Barnard HC, Kuyl JM, Dannhauser A, Schall R. Effects of a low-insulin-response, energy-restricted diet on weight loss and plasma insulin concentrations in hyperinsulinemic obese females. *Am J Clin Nutr* 1994;60:48-53.
171. Spieth L, Harnish JD, Lenders CM, Raezer LB, Pereira MA, Hangen SJ, Ludwig DS. A low-glycemic index diet in the treatment of pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000;154:947-51.
172. Das SK, Gilhooly CH, Golden JK, Pittas AG, Fuss PJ, Cheatham RA, Tyler S, Tsay M, McCrory MA, Lichtenstein AH, Dallal GE, Dutta C, Bhapkar MV, DeLany JP, Saltzman E, Roberts SB. Long-term effects of 2 energy-restricted diets differing in glycemic load on dietary adherence, body composition, and metabolism in CALERIE: a 1-y randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1023-30.
173. Ebbeling CB, Leidig MM, Feldman HA, Lovesky MM, Ludwig DS. Effects of a low-glycemic load vs low-fat diet in obese young adults. A randomized trial. *JAMA* 2007;297:2092-102.
174. Stern L, Iqbal N, Seshadri P, Chicano KL, Daily DA, McGrory J, Williams N, Gracely EJ, Samaha FF. The effects of low-carbohydrate versus conventional weight loss diets in severely obese adults: one-year follow-up of a randomized trial. *Ann Intern Med* 2004;140:769-77.
175. Ludwig DS. Dietary glycemic index and obesity. *J Nutr* 2000;130:280S-3S.
176. Alfenas RCG, Mattes RD. Influence of glycemic index/load on glycemic response, appetite, and food intake in healthy humans. *Diabetes Care* 2005;28:2123-9.
177. Flint A, Møller BK, Raben A, Sloth B, Pedersen D, Tetens I, Holst JJ, Astrup A. Glycemic and insulinemic responses as determinants of appetite in humans. *Am J Clin Nutr* 2006;84:1365-73.
178. Raben A. Should obese patients be counseled to follow a low-glycaemic index diet? No. *Obes Rev* 2002;3:245-56.
179. Roberts SB. High-glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection? *Nutr Rev* 2000;58:163-9.
180. Warren JM, Henry CJK, Simonite V. Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003;112:e414-e419.
181. Kasum CM, Nicodemus K, Harnack LJ, Jacobs DR, Folsom AR. Whole grain intake and incident endometrial cancer: the Iowa Women's Health Study. *Nutr Cancer* 2001;39:180-6.
182. Kasum CM, Jacobs DR, Nicodemus K, Folsom AR. Dietary risk factors for upper aerodigestive tract cancers. *Int J Cancer* 2002;99:267-72.
183. McCullough ML, Robertson AS, Jacobs EJ, Chao A, Calle EE, Thun MJ. A prospective study of diet and stomach cancer mortality in United States men and women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2001;10:1201-5.
184. Larsson SC, Giovannucci E, Bergkvist L, Wolk A. Whole grain consumption and risk of colorectal cancer: a population-based cohort of 60 000 women. *Br J Cancer* 2005a;92:1803-7.
185. Nicodemus KK, Jacobs DR, Folsom AR. Whole and refined grain intake and risk of incident postmenopausal breast cancer (United States). *Cancer Causes Contr* 2001;12:917-25.
186. Schatzkin A, Mouw T, Park Y, Subar AF, Kipnis V, Hollenbeck A, Leitzmann MF, Thompson FE. Dietary fiber and whole-grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP Diet and Health study. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1353-60.

187. Pietinen P, Malila N, Virtanen M, Hartman TJ, Tangrea JA, Albanes D, Virtamo J. Diet and risk of colorectal cancer in a cohort of Finnish men. *Cancer Causes Contr* 1999;10:387-96.
188. Gråsten SM, Juntunen KS, Poutanen KS, Gylling HK, Miettinen TA, Mykkänen HM. Rye bread improves bowel function and decreases the concentrations of some compounds that are putative colon cancer risk markers in middle-aged women and men. *J Nutr* 2000;130:2215-21.
189. McIntosh GH, Noakes M, Royle PJ, Foster PR. Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 2003;77:967-74.
190. Howe GR, Benito E, Castelleto R, Cornée J, Estève J, Gallagher RP, Iscovich JM, Deng-ao J, Kaaks R, Kune GA. Dietary intake of fiber and decreased risk of cancers of the colon and rectum: evidence from the combined analysis of 13 case-control studies. *J Natl Cancer Inst* 1992;84:1851-3.
191. Trock B, Lanza E, Greenwald P. Dietary fiber, vegetables, and colon cancer: critical review. *J Natl Cancer Inst* 1990;82:650-61.
192. Lipkin M, Reddy B, Newmark H, Lamprecht SA. Dietary factors in human colorectal cancer. *Annu Rev Nutr* 1999;19:545-86.
193. Jansen MCJF, Bueno-de-Mesquita HB, Buzina R, Fidanza F, Menotti A, Blackburn H, Nissinen AM, Kok FJ, Kromhout D for the Seven Countries Study Research Group. Dietary fiber and plant foods in relation to colorectal cancer mortality: the Seven Countries Study. *Int J Cancer* 1999;81:174-9.
194. Lin J, Zhang SM, Cook NR, Rexrode NR, Liu S, Manson JE, Lee I-M, Buring JE. Dietary intake of fruit, vegetables, and fiber, and risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women (United States). *Cancer Causes Contr* 2005;16:225-33.
195. Michels KB, Fuchs CS, Giovannucci E, Colditz GA, Hunter DJ, Stampfer MJ, Willett WC. Fiber intake and incidence of colorectal cancer among 76,947 women and 47,279 men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;14:842-9.
196. Nomura AMY, Hankin JH, Henderson BE, Wilkens LR, Murphy SP, Pike MC, Le Marchand L, Stram DO, Monroe KR, Kolonel LN. Dietary fiber and colorectal cancer risk: the multiethnic cohort study. *Cancer Causes Contr* 2007;18:753-64.
197. Otani T, Iwasaki M, Ishihara J, Sasazuki S, Inoue M, Tsugane S for the Japan Public Health Center-based Prospective Study Group. Dietary fiber intake and subsequent risk of colorectal cancer: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Int J Cancer* 2006;119:1475-80.
198. Bingham SA, Day NE, Luben R, Ferrari P, Slimani N, Norat T, Clavel-Chapelon F, Kesse E, Nieters A, Boeing H, Tjønneland A, Overvad K, Martinez C, Dorronsoro M, Gonzalez CA, Key TJ, Trichopoulou A, Naska A, Vineis P, Tumino R, Krogh V, Bueno-de-Mesquita HB, Peeters PHM, Berglund G, Hallmans G, Lund E, Skeie G, Kaaks R, Riboli E. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *Lancet* 2003;361:1496-501.
199. Ma M, Pera G, Agudo A, Bueno-de-Mesquita HB, Palli D, Boeing H, Carneiro F, Berrino F, Sacerdote C, Tumino R, Panico S, Berglund G, Manjer J, Johansson I, Stenling R, Martinez C, Dorronsoro M, Barricarte A, Tormo MJ, Quiros JR, Allen N, Key TJ, Bingham S, Linseisen J, Kaaks R, Overvad K, Jensen M, Olsen A, Tjønneland A, Peeters PH, Numans ME, Ocka MC, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault MC, Trichopoulou A, Lund E, Slimani N, Jenab M, Ferrari P, Riboli E, Gonzales CA. Cereal fiber intake may reduce risk of gastric adenocarcinomas: the EPIC-EURGAST Study. *Int J Cancer* 2007 Jun 20; [Epub].
200. Park Y, Hunter DJ, Spiegelman D, Bergkvist L, Berrino F, van den Brandt PA, Buring JE, Colditz GA, Freudenheim JL, Fuchs CS, Giovannucci E, Goldbohm RA, Graham S, Harnack L, Hartman AM, Jacobs DR, Kato I, Krogh V, Leitzmann MF, McCullough ML, Miller AB, Pietinen P, Rohan TE, Schatzkin A, Willett WC, Wolk A, Zeleniuch-Jacquotte A, Zhang SM,

- Smith-Warner SA. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer. A pooled analysis of prospective cohort studies. *JAMA* 2005;294:2849-57.
201. Asano T, McLoed RS. Dietary fibre for the prevention of colorectal adenomas and carcinomas. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;(2):CD003430.
 202. Jacobs ET, Lanza E, Alberts DS, Hsu C-H, Jiang R, Schatzkin A, Thompson PA, Martinez ME. Fiber, sex, and colorectal adenoma: results of a pooled analysis. *Am J Clin Nutr* 2006;83:343-9.
 203. Goldin BR, Woods MN, Spiegelman DL, Longcope C, Morrill-LaBrode A, Dwyer JT, Gualtieri LJ, Hertzmark E, Gorbach SL. The effect of dietary fat and fiber on serum oestrogen concentrations in premenopausal women under controlled dietary conditions. *Cancer* 1994;74(3Suppl):1125-31.
 204. Rose DP, Goldman M, Conolly JM, Strong LE. High-fiber diet reduces serum estrogen concentrations in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1991;54:520-5.
 205. Kushi LH, Mink PJ, Folsom AR, Anderson KE, Zheng W, Lazovich D, Sellers TA. Prospective study of diet and ovarian cancer. *Am J Epidemiol* 1999;149:21-31.
 206. Silvera SAN, Jain M, Howe GR, Miller AB, Rohan TE. Dietary fiber intake and ovarian cancer risk: a prospective cohort study. *Cancer Causes Contr* 2007;18:335-41.
 207. Cho E, Spiegelman D, Hunter DJ, Chen WY, Colditz GA, Willett WC. Premenopausal dietary carbohydrate, glycemic index, glycemic load, and fiber in relation to risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003;12:1153-8.
 208. Holmes MD, Liu S, Hankinson SE, Colditz GA, Hunter DJ, Willett WC. Dietary carbohydrates, fiber, and breast cancer risk. *Am J epidemiol* 2004;159:732-9.
 209. Terry P, Jain M, Miller AB, Howe GR, Rohan TE. No association among total dietary fiber, fiber fractions, and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2002a;11:1507-8.
 210. Flood A, Caprario L, Chatterjee N, Lacey JV, Schairer C, Schatzkin A. Folate, methionine, alcohol, and colorectal cancer in a prospective study of women in the United States. *Cancer Causes Contr* 2002;13:551-61.
 211. Giovannucci E, Rimm EB, Ascherio A, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC. Alcohol, low-methionine, low-folate diets, and risk of colon cancer in men. *J Natl Cancer Inst* 1995;87:265-73.
 212. Giovannucci E, Stampfer MJ, Colditz GA, Hunter DJ, Fuchs C, Rosner BA, Speizer FE, Willett WC. Multivitamin use, folate, and colon cancer in women in the Nurses' Health Study. *Ann Intern Med* 1998;129:517-24.
 213. Ishihara J, Otani T, Inoue M, Iwasaki M, Sasazuki S, Tsugane S; for the Japan Public Health Center-based Prospective Study Group. Low intake of vitamin B6 is associated with increased risk of colorectal cancer in Japanese men. *J Nutr* 2007;137:1808-14.
 214. Konings EJM, Goldbohm RA, Brants HAM, Saris WHM, van den Brandt PA. Intake of dietary folate vitamers and risk of colorectal carcinoma. Results from the Netherlands Cohort Study. *Cancer* 2002;95:1421-33.
 215. Terry P, Jain M, Miller AB, Howe GR, Rohan TE. Dietary intake of folic acid and colorectal cancer risk in a cohort of women. *Int J Cancer* 2002b;97:864-7.
 216. Zhang SM, Moore SC, Lin J, Cook NR, Manson JE, Lee I, Buring JE. Folate, vitamin B6, multivitamin supplements, and colorectal cancer risk in women. *Am J Epidemiol* 2006b;163:108-15.
 217. Stolzenberg-Solomon RZ, Chang S-C, Leitzmann MF, Johnson KA, Johnson C, Buys SS, Hoover RN, Ziegler RG. Folate intake, alcohol use, and postmenopausal breast cancer risk in the Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian Cancer Screening Trial. *Am J Clin Nutr* 2006b;83:895-904.
 218. Larsson SC, Giovannucci E, Wolk A. Folate intake and stomach cancer incidence in a prospective cohort of Swedish women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006a;15:1409-12.

219. Larsson SC, Håkansson N, Giovannucci E, Wolk A. Folate intake and pancreatic cancer incidence: a prospective study of Swedish women and men. *J Natl Cancer Inst* 2006b;98:407-13.
220. Stolzenberg-Solomon RZ, Pietinen P, Barrett MJ, Taylor PR, Virtamo J, Albanes D. Dietary and other methyl-group availability factors and pancreatic cancer risk in a cohort of male smokers. *Am J Epidemiol* 2001;153:680-7.
221. Voorrips LE, Goldbohm RA, Brants HAM, van Poppel GAFC, Sturmans F, Hermus RJJ, van den Brandt PA. A prospective cohort study on antioxidant and folate intake and male lung cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2000;9:357-65.
222. Stevens VL, Rodriguez C, Pavluck AL, McCullough MJ, Thum MJ, Calle EE. Folate nutrition and prostate cancer in a large cohort of US men. *Am J Epidemiol* 2006;163:989-96.
223. Cole BF, Baron JA, Sandler RS, Haile RW, Ahnen DJ, Bresalier RS, McKeown-Eyssen G, Summers RW, Rothstein RI, Burke CA, Snover DC, Church TR, Allen JI, Robertson DJ, Beck GJ, Bond JH, Byers T, Mandel JS, Mott LA, Pearson LH, Barry EL, Rees JR, Marcon N, Saibil F, Ueland PM, Greenberg ER, for the Polyp Prevention Study Group. Folic acid for the prevention of colorectal adenomas. A randomized clinical trial. *JAMA* 2007;297:2351-9.
224. Larsson SC, Giovannucci E, Wolk A. Methionine and vitamin B6 intake and risk of pancreatic cancer: a prospective study of Swedish women and men. *Gastroenterology* 2007a;132:113-8.
225. Hartwig A. Role of magnesium in genomic stability. *Mutat Res* 2001;475:113-21.
226. Folsom AR, Hong C-P. Magnesium intake and reduced risk of colon cancer in a prospective study of women. *Am J Epidemiol* 2006;163:232-5.
227. Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A. Magnesium intake in relation to risk of colorectal cancer in women. *JAMA* 2005b;293:86-9.
228. Lin J, Cook NR, Lee I-M, Manson JE, Buring JE, Zhang SM. Total magnesium intake and colorectal cancer incidence in women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006;15:2006-8.
229. Cho E, Hunter DJ, Spiegelman D, Albanes D, Beeson WL, van den Brandt PA, Colditz GA, Feskanich D, Folsom AR, Fraser GE, Freudenheim JL, Giovannucci E, Goldbohm RA, Graham S, Miller AB, Rohan TE, Sellers TA, Virtamo J, Willett WC, Smiths-Warner SA. Intakes of vitamins A, C and E and folate and multivitamins and lung cancer: a pooled analysis of 8 prospective studies. *Int J Cancer* 2006;118:970-8.
230. Webb AL, McCullough ML. Dietary lignans: potential role in cancer prevention. *Nutr Cancer* 2005;51:117-31.
231. Olsen A, Knudsen KE, Thomsen BL, Loft S, Stripp C, Overvad K, Moller S, Tjønneland A. Plasma enterolactone and breast cancer incidence by estrogen receptor status. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004;13:2084-9.
232. den Tonkelaar I, Keinan-Boker L, van't Veer P, Arts CJ, Adlerkretz H, Thijssen JH, Peeters PH. Urinary phytoestrogens and postmenopausal breast cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2001;10:223-8.
233. Grace PB, Taylor JI, Low YL, Luben RN, Mulligan AA, Botting NP, Dowsett M, Welch AA, Khaw KT, Wareham NJ, Day NE, Bingham SA. Phytoestrogen concentrations in serum and spot urine as biomarkers for dietary phytoestrogen intake and their relation to breast cancer risk in European Propective Investigation on Cancer and Nutrition-Norfolk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004;13:698-708.
234. Hulten K, Winkvist A, Lenner P, Johansson R, Adlerkretz H, Hallmans G. An incident case-referent study on plasma enterolactone and breast cancer risk. *Eur J Nutr* 2002;41:168-76.
235. Kilkinen A, Virtamo J, Vartiainen E, Sankila R, Virtanen MJ, Adlerkretz H, Pietinen P. Serum enterolactone concentration is not associated with breast cancer risk in a nested case-control study. *Int J Cancer* 2004;108:277-80.
236. Verheus M, van Gils CH, Keinan-Boker L, Grace PB, Bingham SA, Peeters PH. Plasma phytoestrogens and subsequent breast cancer risk. *J Clin Oncol* 2007;25:648-55.

237. Zeleniuch-Jacquotte A, Adlerkreutz H, Shore RE, Koenig KL, Kato I, Arslan AA, Toniolo P. Circulating enterolactone and risk of breast cancer: a prospective study in New York. *Br J Cancer* 2004;91:99-105.
238. Touillaud MS, Thiebaut ACM, Fournier A, Niravong M, Boutron-Ruault M-C, Clavel-Chapelon F. Dietary lignin intake and postmenopausal breast cancer risk by estrogen and progesterone receptor status. *J Natl Cancer Inst* 2007;99:475-86.
239. Zeleniuch-Jacquotte A, Lundin E, Micheli A, Koenig KL, Lenner P, Muti P, Shore RE, Johansson I, Krogh V, Lukanova A, Stattin P, Afanasyeva Y, Rinaldi S, Arslan AA, Kaaks R, Berrino F, Hallmans G, Toniolo P, Adlerkreutz H. Circulating enterolactone and risk of endometrial cancer. *Int J Cancer* 2006;119:2376-81.
240. Stattin P, Adlerkreutz H, Tenkanen L, Jellum E, Lumme S, Hallmans G, Harvei S, Teppo L, Stumpf K, Luostarinen T, Lehtinen M, Dillner J, Hakama M. Circulating enterolactone and prostate cancer risk: a Nordic nested case control study. *Int J Cancer* 2002;99:124-9.
241. Gupta K, Krishnaswami G, Karnad A, Peiris AN. Insulin: a novel factor in carcinogenesis. *Am J Med Sci* 2002;323:140-5.
242. Jonas CR, McCullough ML, Teras LR, Walker-thurmond KA, Thun MJ, Calle EE. Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of incident breast cancer in postmenopausal women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003;12:573-7.
243. Nielsen TG, Olsen A, Charistensen J, Overvad K, Tjønneland A. Dietary carbohydrate intake is not associated with the breast cancer incidence ratio in postmenopausal Danish women. *J Nutr* 2005;135:124-8.
244. Silvera SAN, Jain M, Howe GR, Miller AB, Rohan TE. Dietary carbohydrates and breast cancer risk: a prospective study of the roles of overall glycemic index and glycemic load. *Int J Cancer* 2005a;114:853-8.
245. Folsom AR, Demissie Z, Harnack L. Glycemic index, glycemic load, and incidence of endometrial cancer: the Iowa Women's Health study. *Nutr Cancer* 2003;46:119-24.
246. Larsson SC, Friberg E, Wolk A. Carbohydrate intake, glycemic index and glycemic load in relation to risk of endometrial cancer: a prospective study of Swedish women. *Int J Cancer* 2006c;120:1103-7.
247. Silvera SAN, Rohan TE, Jain M, Terry PD, Howe GR, Miller AB. Glycaemic index, glycaemic load and risk of endometrial cancer: a prospective cohort study. *Publ Health Nutr* 2005b;8:912-9.
248. Michaud DS, Liu S, Giovannucci E, Willett WC, Colditz GA, Fuchs CS. Dietary sugar, glycemic load, and pancreatic cancer risk in a prospective study. *J Natl Cancer Inst* 2002;94:1293-300.
249. Patel AV, McCullough ML, Pavluck AL, Jacobs EJ, Thun MJ, Calle EE. Glycemic load, glycemic index, and carbohydrate intake in relation to pancreatic cancer risk in a large US cohort. *Cancer Causes Contr* 2007;18:287-94.
250. Silvera SAN, Rohan TE, Jain M, Terry PD, Howe GR, Miller AB. Glycemic index, glycemic load, and pancreatic cancer risk (Canada). *Cancer Causes Contr* 2005c;16:431-6.
251. Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A. Glycemic load, glycemic index and carbohydrate intake in relation to risk of stomach cancer: a prospective study. *Int J Cancer* 2006d;118:3167-9.
252. Larsson SC, Giovannucci E, Wolk A. Dietary carbohydrate, glycemic index, and glycemic load in relation to risk of colorectal cancer in women. *Am J Epidemiol* 2007b;165:256-61.
253. Strayer L, Jacobs DR, Schairer C, Schatzkin A, Flood A. Dietary carbohydrate, glycemic index, and glycemic load and the risk of colorectal cancer in the BCDDP cohort. *Cancer Causes Contr* 2007 Jun 29; [Epub].
254. Oh K, Willett WC, Fuchs CS, Giovannucci EL. Glycemic index, glycemic load, and carbohydrate intake in relation to risk of distal colorectal adenoma in women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004;13:1192-8.

255. Higginbotham S, Zhang Z-F, Lee I-M, Cook NR, Giovannucci E, Buring JE, Liu S. Dietary glycemic load and risk of colorectal cancer in the Women's Health Study. *J Natl Cancer Inst* 2004;96:229-33.
256. McCarl M, Harnack L, Limburg PJ, Anderson KE, Folsom AR. Incidence of colorectal cancer in relation to glycemic index and load in a cohort of women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006;15:892-6.
257. Michaud DS, Fuchs CS, Liu S, Willett WC, Colditz GA, Giovannucci E. Dietary glycemic load, carbohydrate, sugar, and colorectal cancer risk in men and women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;14:138-43.
258. Jacobs DR, Andersen LF, Blomhoff R. Whole-grain consumption is associated with a reduced risk of noncardiovascular, noncancer death attributed to inflammatory diseases in the Iowa Women's Health Study. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1606-14.
259. Merchant AT, Pitphat W, Franz M, Joshipura KJ. Whole-grain and fiber intakes and periodontitis risk in men. *Am J Clin Nutr* 2006;83:1395-400.
260. Taylor GW. Periodontal treatment and its effects on glycemic control: a review of the evidence. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;87:311-6.
261. Det Nationale Diabetesregister 2005. Sundhedsstyrelsen 2006.
262. Diaz EO, Calgani JE, Aguirre CA, Atwater IJ, Burrows R. Effect of glycemic index on whole-body substrate oxidation in obese women. *Int J Obes* 2005;29:108-14.
263. Liu S, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Rosner B, Colditz G. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 2003b;78:920-7.
264. Karmally W, Montez MG, Palmas W, Martinez W, Branstetter A, Ramakrishnan R, Holleran SF, Haffner SM, Ginsberg HN. Cholesterol-lowering benefits of oat-containing cereal in Hispanic Americans. *J Am Diet Assoc* 2005;105:967-70.

5. Forureninger og uønskede kemiske stoffer i fuldkornsprodukter.

Uddrag fra rapporten "Mad med mange kulhydrater"¹ sammenskrevet og opdateret af Heddie Mejborn, Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet med bidrag fra Jens-Jørgen Larsen, Afdeling for Toksikologi og Risikovurdering, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet

Der er mange forskelligartede kilder til forureninger af fødevarer med uønskede kemiske stoffer. Sådanne forureninger omfatter et bredt spektrum af organiske og uorganiske forbindelser såsom miljøforureninger, produktionshjælpemidler, fx pesticider, og stoffer dannet utilsigtet under produktion af fødevarerne. Der er tale om stoffer med store forskelle i de fysisk-kemiske egenskaber og ikke mindst i de toksikologiske egenskaber. I det følgende gennemgås de kemiske forureninger, der er af størst betydning i forbindelse med fuldkornsprodukter. Det drejer sig om pesticidrester, polycykliske aromatiske hydrocarboner, mykotoxiner, tungmetaller og N-nitrosaminer. Desuden kan korn og kornprodukter være forurenede med sygdomsfremkaldende bakterier, og endelig kan korn indeholde naturlige giftstoffer.

Kemiske forureninger

Pesticidrester

Pesticider anvendes til at bekæmpe ukrudt, svampe, insekter og andre skadedyr og til at påvirke afgrødernes vækst. Pesticider virker således enten som en egentlig gift over for skadevoldende organismer, eller de griber ind i plantens livsprocesser og vækstregulerende systemer. Anvendelsen af pesticider har stor økonomisk betydning, fordi de kan reducere angreb fra fx skadedyr og svampe betydeligt, men rester af pesticider er uønskede, når afgrøderne skal bruges som fødevarer.

Der er faste bestemmelser for, hvordan pesticider må anvendes ved dyrkning af korn. I godkendelsen indgår bestemmelser om hvilke pesticider og hvilken dosering, der må anvendes på en given afgrøde, lige som der er regler for, hvor tæt på høst der må sprøjtes. I forbindelse med godkendelsen vurderes pesticidets toksicitet, og grænseværdier fastlægges på baggrund af internationalt samarbejde inden for EU og FN-organisationerne FAO og CODEX.

Der er ikke så stor sandsynlighed for at påvise pesticidrester i fuldkornsprodukter, da korn primært sprøjtes om foråret og forsommeren længe før høst, så pesticiderne nedbrydes inden høsten. Dog anvendes en række pesticider i forbindelse med oplagring af afgrøderne.

I korn vil en meget stor del af eventuelt restindhold af pesticider findes i kliddet. Derfor er der alt andet lige større risiko for indhold af pesticidrester i fuldkornsprodukter end i raffinerede kornprodukter.

Ved lagring og forarbejdning bliver eventuelle restindhold lavere, fordi pesticiderne nedbrydes eller fjernes, fx under bagning eller ved afskalning. Således sker der en 30-100% reduktion af pesticidrestindholdet ved bagning af fuldkornshvedemel.

Økologiske produkter

Økologiske produkter undersøges i den løbende kontrol af Fødevarestyrelsen i et omfang svarende til den vægt, som de indgår med i det samlede konsum. Da der som hovedregel ikke må anvendes sædvanlige pesticider inden for det økologiske landbrug, er restindholdet af pesticider generelt væsentligt lavere i økologiske afgrøder end i traditionelt dyrkede produkter. Dog findes en række modstandsdygtige stoffer, der ikke længere må anvendes som pesticider, som forureninger i det omgivende miljø, hvorfra de finder vej til afgrøderne og dermed også til de økologisk dyrkede. Man kan derfor ikke regne med, at økologiske afgrøder er helt uden restindhold af pesticider, men indholdet vil være væsentligt under indholdet i traditionelt dyrkede produkter.

Sundhedsmæssig vurdering

I meget få prøver af kornprodukter findes der overskridelser af grænseværdierne for pesticider. Grænseværdierne er både fastsat ud fra de laveste indhold, som kan opnås med god landbrugsmæssig praksis og med en stor sikkerhedsmargen på baggrund af toksikologiske undersøgelser. Det toksikologisk acceptable daglige indtag af pesticidet (ADI= acceptable daily intake) sættes 100-1000 gange lavere end den såkaldte NOAEL-værdi. NOAEL-værdien er den maksimale stofmængde, der er uden sundhedsskadelig effekt i dyreeksperimentelle undersøgelser, hvor man både undersøger akut giftighed og kroniske effekter som følge af gentagen eksponering, herunder om stoffet er kræftfremkaldende eller påvirker reproduktion eller arveegenskaber. ADI er ikke en grænseværdi eller en faregrænse, med en sikkerhedsværdi fastlagt af eksperter som udtryk for, hvad man kan indtage af pesticidet dagligt gennem hele livet uden risiko for uønskede sundhedsmæssige effekter.

Undertiden kan en fødevarer indeholde rester af flere pesticider. Undersøgelser viser, at der kan være et samspil mellem stoffer, vi udsættes for, sådan at de forstærker eller hæmmer hinandens virkning. Den viden, der foreligger nu, peger ikke på, at det at blive udsat for flere stoffer med forskellig virkningsmekanisme i doser omkring grænseværdierne skulle udgøre et væsentligt større sundhedsmæssige problem end det at blive udsat for enkeltstofferne. I de tilfælde hvor beslægtede kemiske stoffer virker på samme måde i organismer, tages der ved fastsættelse af grænseværdier hensyn til, at stofferne kan forstærke hinandens effekt.

Beregninger viser, at en danskers gennemsnitlige pesticidindtag typisk ligger omkring eller under 1 procent af ADI for de mest brugte pesticider. De forholdsvis få overskridelser, der forekommer i korn, giver således ikke anledning til sundhedsmæssige betænkeligheder.

Polycykliske aromatiske hydrocarboner, PAH

PAH er en betegnelse for et meget stort antal organiske forbindelser. PAH dannes ved ufuldstændig forbrænding af organisk materiale som træ, kul benzin og fyringsolie.

En række PAH, bl.a. benzo(a)pyren, har vist sig at være kræftfremkaldende i dyreforsøg. Indholdet af PAH i fødevarer er sædvanligvis lavt, typisk nogle få mikrogram per kg. Indholdet i korn kan skyldes nedfald fra forurenede luft på voksestedet eller forurening som følge af tørring med uren luft. PAH-forurening i korn afhænger derfor blandt andet af dyrkningsstedet. Undersøgelser har vist et forøget indhold i afgrøder dyrket i stærkt industrialiserede områder eller nær stærkt trafikerede veje. Derimod er det ikke sandsynligt, at PAH kan optages via rodnettet i planter, der dyrkes i PAH-forurenede jord. Koncentrationen af PAH er i sagens natur højest i skaldelene fra korn. Selv om der kun forekommer lave niveauer af PAH i korn og kornprodukter, så giver disse et væsentligt bidrag til det samlede PAH-indtag via kosten.

På trods af mange undersøgelser, især med benzo(a)pyren, er der ikke et tilstrækkeligt grundlag til at foretage en sikker risikovurdering af PAH i fødevarer. Der er fortsat grund til at begrænse forureningen med PAH mest muligt.

Mykotoksiner

Mykotoksiner er giftstoffer, der kan dannes, når skimmelsvampe vokser på afgrøder og fødevarer. Mykotoksiner kan forårsage sygdomme hos dyr og mennesker, idet de kan beskadige bl.a. lever, nyrer og nervesystem.

Synlig vækst af skimmelsvamp kendes af de fleste fx som mugpletter på rugbrød. Som udgangspunkt er mugne fødevarer uegnede til menneskeføde, og porøse eller vandholdige fødevarer som fx franskbrød eller marmelade med skimmelangreb skal altid kasseres, da eventuelle giftstoffer kan være spredt i hele fødevareren. Der kan ikke umiddelbart drages paralleller mellem mængden af synlig skimmel og tilstedeværelsen af mykotoksiner. Desuden kan en fødevare uden synlig mug godt indeholde mykotoksiner, enten fordi væksten af skimmelsvampe ikke kan ses, eller fordi skimmelsvampen ikke længere er til stede i fødevareren efter forarbejdning. Mykotoksiner er derimod generelt meget stabile stoffer, der ikke nedbrydes så let ved forarbejdning og tilberedning af fødevarer.

Der føres løbende kontrol med indholdet af en række mykotoksiner i fødevarer på det danske marked for at sikre, at danske fødevarer ikke giver anledning til sundhedsmæssige betænkeligheder. De vigtigste mykotoksiner, der kan findes i korn og kornprodukter, er: *Ochratoxin A* kan dannes i kornprodukter under lagring, specielt i år hvor høstperioden er våd, og kornet ikke bliver tørret tilstrækkeligt før lagring. Fødevestyrelsen har siden 1986 løbende overvåget indholdet af ochratoxin A i korn og kornprodukter. Indholdet i dansk korn har i visse tilfælde ligget over det niveau, som er fundet acceptabelt i forhold til befolkningens sundhed, og der blev derfor i 1995 indført en grænse for maksimalt tilladt indhold af ochratoxin A i korn og kornprodukter. Tidligere har økologisk korn, specielt rug, haft et højere indhold af ochratoxin end konventionelt dyrket korn, men den forskel er ikke set i de senere år.

Meldrøje-alkaloider findes i overvintringslegemer fra meldrøjesvampen, som fortrinsvis vokser på rug. I de seneste år er meldrøjer forekommet hyppigere på dansk rug på grund af brugen af mere modtagelige rugsorter, men ved rensning af kornet på møllerne før formaling sorteres langt størstedelen af meldrøjerne fra.

Mykotoksinindholdet i korn og kornprodukter på det danske marked giver ikke anledning til sundhedsmæssige betænkeligheder.

Tungmetaller

Fødevestyrelsen har gennem sit overvågningsystem fulgt indholdet af tungmetaller i kornprodukter siden 1982. De mest betydningsfulde tungmetaller i fødevarer er:

Nikkel forekommer især i forholdsvis høje koncentrationer i grove kornprodukter, herunder brød. Det kan være et problem for en begrænset del af befolkningen, der lider af nikkelallergi, men har ikke betydning for andre.

Cadmium. I en almindelig gennemsnitskost er kornprodukter den væsentligste kilde til indtag af cadmium. De højeste cadmiumindhold findes i grove produkter som klid og fuldkornsmel samt i brune ris. Brød af fuldkornsmel indeholder derfor mere cadmium end brød af sigtet mel. Et særligt højt indhold af cadmium findes i visse typer frø og kerner, uanset om de kommer fra mere eller mindre forurenede områder. Specielt i solsikkekerner og hørfrø er indholdet højt med niveauer fem gange over, hvad der findes i almindelige kornsorter. Som følge heraf bør man ikke spise

solsikkekerner i store mængder som snacks, men man kan uden risiko bruge dem i brød og morgenmadsprodukter, hvor de kun udgør en mindre del.

Bly. Indholdet af bly i fødevarer er faldet meget, siden blyindholdet i motorbenzin er blevet reduceret. Trods det bør man fortsat undgå at dyrke afgrøder inden for 30 m fra stærkt trafikeret vej.

N-nitrosaminer

N-nitrosaminer dannes ved reaktion mellem en amin og et nitroserende stof, fx nitrit eller nitrogenoxider. Det kan fx ske, hvis kornprodukter ved tørring kommer i direkte kontakt med forbrændingsgas. Mange N-nitrosaminer anses for at være kræftfremkaldende i mennesker. I korn, brød og morgenmadsprodukter påvises sjældent nitrosaminer og kun i meget lave koncentrationer nær den analytiske påvisningsgrænse.

Acrylamid

Ved varmebehandling af specielt kulhydratholdige fødevarer ved høj temperatur såsom stegning og bagning kan der dannes acrylamid. Acrylamid dannes hovedsagelig ud fra aminosyren asparagin og reducerende sukre, der forekommer naturligt i fødevarer. Jo højere temperatur der anvendes ved tilberedningen, jo mere acrylamid dannes der sædvanligvis. Ligeledes giver længere tilberedningstid anledning til mere acrylamid, da dannelsen stiger meget, når vandindholdet bliver lavt. Derfor er acrylamidindholdet i knækbrød og ristet rugbrød væsentlig højere end i bagt brød, hvor andelen af brunet overflade er mindre. Undersøgelser har vist, at acrylamid er kræftfremkaldende i forsøgsdyr, og et dansk epidemiologisk studie viser sammenhæng mellem øget acrylamidindikatorer i blodet og øget risiko for brystkræft².

Sygdomsfremkaldende bakterier i korn og kornprodukter

Der forekommer ret få arter af sygdomsfremkaldende bakterier i korn og kornprodukter. Det drejer sig hovedsagelig om bacillusbakterier. Toksinproducerende skimmelsvampe er omtalt ovenfor.

Flere arter af bacillus-bakterier er beskrevet i forbindelse med fødevareforgiftninger, især efter indtag af retter med kogte ris eller mel (fx sovs, creme med majsme, og melholdig kødfars). Bacillus-fødevareforgiftning sker som regel fordi råvarerne, fx ris eller mel, indeholder bacillus-sporer, som er særdeles udbredt i jord og støv og derfor også meget let kan findes på fx korn. Bacillus-sporer er varmestabile, og mange tåler kogning. Hvis maden ikke opvarmes tilstrækkeligt, overlever sporerne, og når temperaturen i maden så falder, spirer sporerne og bliver til aktive bakterieceller. Da de øvrige bakterier i retten er dræbt under varmebehandlingen, er der ingen konkurrerende bakterieflora for de fremvoksende bacillus-bakterier, som da kan vokse ugeneret, hvis maden ikke nedkøles hurtigt i køleskab.

Symptomer på en bacillusforgiftning (opkastning, diarré) indtræder relativt hurtigt, nemlig efter en til fem timer. Forløbet af forgiftningen strækker sig sjældent udover 12-48 timer.

Som følge af dårlig hygiejne under tilberedningen er der eksempler på, at bl.a. pastaprodukter har fået overført sygdomsfremmende stafylokokker og streptokokker fra mennesker. Hvis pastaen efterfølgende opbevares for længe ved rum-temperatur, opformeres bakterierne. Streptokokker kan i antal nå et niveau, der er tilstrækkeligt til at starte en infektion hos den, der efterfølgende spiser retten, mens stafylokokker under væksten kan danne et varmestabil toksin, der kan fremkalde fødevareforgiftning.

Selv om der kun forekommer forholdsvis få arter af sygdomsfremmende bakterier i korn og kornprodukter, er det vigtigt, at man ved tilberedning, opbevaring og servering af disse fødevarer overholder grundprincipperne for god hygiejne i køkkenet: tilstrækkelig opvarmning og hurtig afkøling.

Naturlige giftstoffer i korn og kornprodukter

Naturlige giftstoffer i korn udgør normalt ikke noget sundhedsmæssigt problem.

Konklusion

Korn og kornprodukter kan være forurenede med mange forskellige stoffer fra forskellige kilder. Den løbende kontrol med indhold af forureninger og uønskede stoffer viser, at indholdet i korn og kornprodukter er på et lavt niveau og generelt overholder gældende grænseværdier, så der ikke er grund til sundhedsmæssige betænkeligheder ved et øget og varieret forbrug af brød og andre kornprodukter.

Referencer

1. Mad med mange kulhydrater. Om danskernes forbrug af kornprodukter, grøntsager, kartofler og frugt og om kulhydratrige levnedsmidlers betydning for sundheden. Rapport, oktober 1997. Veterinær- og Fødevaredirektoratet, Søborg.
2. Olsen PT, Olsen A, Frandsen H, Frederiksen K, Overvad K, Tjønneland A. Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health Study. *Int J Cancer* 2008;122:2094-2100.

6. Anbefalet indtag af fuldkorn

Af Heddie Mejbørn, Anja Biloft-Jensen, Karin Hess Ygil, Ellen Trolle, Inge Tetens
Afdeling for Ernæring, Fødevarerinstitutionen, Danmarks Tekniske Universitet

Resultaterne af en række prospektive kohortestudier viser, at der er potentielle sundhedsmæssige fordele ved at spise fuldkorn. Resultaterne mangler stadig at blive underbygget med randomiserede, kontrollerede, humane interventionsstudier. Sammenhængen mellem højere indtag af fuldkorn og udvalgte sundhedsparametre er dog vurderet tilstrækkelig sikker til at kunne understøtte en sundhedsanprisning om sammenhængen mellem fuldkornsindtag og reduceret risiko for hjerte-karsygdom og visse kræftformer i USA¹ og om sammenhængen mellem fuldkornsindtag og reduceret risiko for hjerte-karsygdom i Sverige².

De danske kostråd indeholder ingen kvantitativ anbefaling for indtag af fuldkorn. I kostrådene er rådet om cerealieprodukter formuleret: "Spis kartofler, ris eller pasta og groft brød – hver dag". Ved "groft brød" forstås i denne sammenhæng brød bagt overvejende af fuldkornsmel³.

En kvantitativ anbefaling for indtag af fuldkorn findes kun i USA i Dietary Guidelines for Americans 2005⁴. Her anbefales, at voksne raske personer med et energibehov på gennemsnitlig 8,4 MJ/dag spiser mindst 6 portioner kornprodukter per dag, og at mindst halvdelen af indtaget af kornprodukter bør komme fra fuldkorn, hvilket betyder 3 portioner fuldkornsprodukter per dag for en kost med 8,4 MJ. Hvis man spiser en kost med 10 MJ/dag, anbefales et indtag af kornprodukter på 8 portioner per dag, heraf 4 portioner fuldkornsprodukter.

Anbefaling

United States Department of Agriculture (USDA) har udarbejdet et system, som skal hjælpe befolkningen med at forstå kostrådene, det såkaldte MyPyramid Food Guidance System, og heraf fremgår det, at 1 portion fuldkornsprodukt kan indeholde mellem 16 g og 28 g fuldkorn afhængig af hvilket kornprodukt, det drejer sig om. De 4 portioner fuldkornsprodukter, som anbefales for en kost med 10 MJ (svarende til en dansk referencekost³), svarer således til 65-112 gram fuldkorn, afhængig af hvilke fuldkornsprodukter der indgår.

Bemærk, der skelnes mellem fuldkorn og fuldkornsprodukter. Begrebet "*fuldkorn*" dækker selve kernen, mens "*fuldkornsprodukter*" er fødevarer, der indeholder en minimumsmængde af fuldkorn. Ifølge den definition, der anbefales i Danmark (se kapitlet Definition af fuldkorn og forslag til betingelser for brug af betegnelsen "Fuldkorn"), skal mindst 51% af tørstoffet, svarende til mindst 35% af spiseklart brød, 55% af knækbrød, og 55% af tørret pasta være fuldkorn for at produktet kan betegnes som et fuldkornsprodukt. For mel og gryn gælder, at produktet per definition skal være 100% fuldkorn.

Primært på baggrund af de prospektive kohortestudier konkluderes det i kapitlet "Indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko", at der er en omvendt sammenhæng mellem fuldkornsindtag og risiko for udvikling af specifikke sygdomme (hjerte-karsygdom, diabetes og overvægt) fra de laveste indtag af fuldkorn til de højeste indtag. Der synes således at være videnskabelig evidens for, at et øget indtag af fuldkorn kan forventes at have gavnlige sundhedsmæssige effekter.

Størstedelen af de gennemgåede studier er amerikanske, hvor det typiske fuldkornsindtag er mindre end 1 portion per dag, mens høj-indtagsgrupperne gennemsnitlig indtager 2-3 portioner per dag. På grund af de store forskelle i kostmønstre mellem USA og Danmark kan de amerikanske

resultater ikke direkte overføres til danske forhold. Gennemgangen af studierne vedrørende sammenhængen mellem fuldkornsindtag og sygdomsrisiko inkluderer nogle få norske og finske studier. I disse ligger det gennemsnitlige indtag af fuldkorn i høj-indtagsgrupperne omkring 4 portioner per dag. Den norske og finske kost vurderes at være nogenlunde sammenlignelig med den danske.

Sammenfattende vurderes det på basis af litteraturgennemgang af hovedsagelig prospektive kohortestudier og understøttet ved den omfattende viden, der findes om næringsindhold i fuldkorn og fuldkornsprodukter, at der er basis for en kvantitativ anbefaling af indtag af fuldkorn i Danmark.

Anbefalingen modsvarer 4 amerikanske portioner fuldkorn per dag, svarende til 65-112 g fuldkorn, og er således behæftet med nogen usikkerhed. Når de 4 amerikanske portioner fuldkorn skal omsættes til danske forhold, bør man ikke blot vælge middelværdien mellem 65 g og 112 g, men man bør i stedet tage hensyn til dansk madkultur og sammensætningen af en dansk kost, herunder forholdet mellem forskellige fuldkornsprodukter i kosten⁵. Med udgangspunkt i danskernes kostvaner⁶ er der lavet en opgørelse af det nuværende indtag af forskellige cerealieprodukter. Ud fra fordelingen mellem de forskellige typer af cerealier i den nuværende danske kost er det beregnet, at 4 portioner fuldkornsprodukter skønnes at svare til **minimum 75 g fuldkorn/10 MJ**.

Beregninger baseret på detaljeret viden om fuldkornsindholdet i danske cerealieprodukter viser, at et indtag på ca. 75 g fuldkorn per dag er i overensstemmelse med det danske kostråd³ om at spise ca. 250 gram brød og gryn samt ca. 250 gram kartofler, ris og pasta per dag, heraf godt halvdelen i form af fuldkornsprodukter. Anbefalingen for indtag af fuldkorn er således en specificering af det eksisterende kostråd.

Beregninger viser endvidere, at anbefalingen om minimum 75 g fuldkorn per dag øger muligheden for, at de Nordiske Næringsstofanbefalinger⁷ (NNA) for kostfiberindtag kan overholdes. Ifølge NNA anbefales voksne personer et kostfiberindtag på mellem 25 g og 35 g per dag, eller 3 g/MJ svarende til 30 g/dag for en kost på 10 MJ⁷. Da cirka halvdelen af kostfibrene kan komme fra frugt, grønt og kartofler, bør resten (minimum 15 g) komme fra cerealier (brød og gryn, ris og pasta).

Anbefalingen for indtag af fuldkorn skal betragtes som en minimumsanbefaling for personer med et energiindtag på ca. 10 MJ/dag, svarende til en dansk gennemsnitskost. For personer med et energiindtag < 10 MJ/dag skal fuldkornsanbefalingen reduceres procentvis i samme størrelsesorden som energiindtaget, og tilsvarende skal fuldkornsanbefalingen øges for personer med et energiindtag > 10MJ/dag. På nuværende tidspunkt findes der ikke videnskabeligt belæg for at vurdere børns behov for fuldkorn. Da det generelt anbefales, at børn spiser en kost, der ligner de voksnes, betyder det, at anbefalingen for indtag af fuldkorn også gælder børn. Når der korrigeres for et lavere energiindtag, betyder det i praksis, at anbefalingen for små børn 4-10 år (især piger) og for småtspisende større børn og kvinder vil være ca. 20-50% lavere, svarende til et anbefalet indtag af fuldkorn på 40-60 g/dag. For de helt små børn under 4 år er det mere usikkert at kvantificere en fuldkornsanbefaling. Der findes da heller ikke en veldokumenteret anbefaling for kostfiberindtaget i de første leveår⁸.

På baggrund af litteraturgennemgangen i kapitlet "Indtag af fuldkorn og sygdomsrisiko" kan det konkluderes, at det ikke er muligt at udpege specifikke indholdsstoffer i kornet som ansvarlige for effekter på sygdomsrisiko, men at det er overvejende sandsynligt, at det er kombinationen af indholdsstoffer, der er af betydning. Litteraturgennemgangen giver ikke tilstrækkelig belæg for at fremhæve nogle typer fuldkorn frem for andre. En anbefaling om at variere indtaget af fuldkornsprodukter støtter de gældende kostråd og næringsstofanbefalinger.

Anbefaling for indtag af fuldkorn og fuldkornsprodukter

Anbefalingen om at spise mindst 75 g fuldkorn/10 MJ om dagen kan være vanskelig for forbrugerne at håndtere i praksis, da det kan være svært at gennemskue, hvor meget fuldkorn forskellige fødevarer indeholder. Da det ikke bør være en kompliceret regneøvelse at spise sundt, bør anbefalingen omsættes til let forståelige og praktiske råd for indtag af specifikke fødevarer.

De cirka 250 g brød og gryn og 250 g kartofler, ris eller pasta bør ifølge kostrådene³ fortrinsvis være rugbrød, havregryn og andre fuldkornsprodukter. Som eksempel i kostrådene er anført, at "for brød- og gryn-delen kan rugbrød og havregryn udgøre halvdelen (altså 125 g), mens de resterende 125 g kan varieres mellem fuldkornsprodukter og finere hvidt brød". Følger man kostrådene, vil indtaget af fuldkorn variere betydeligt afhængig af, hvilke fuldkornsprodukter man vælger. Såfremt indtaget af fuldkorn opnås gennem havregryn (65 g) og brød med højt fuldkornsindhold (fx rugbrød med 55% fuldkorn), fås et samlet dagligt indtag af fuldkorn på over 130 g og tilstrækkelig med kostfibre. Vælges derimod udelukkende brød, der indeholder ca. 35% fuldkorn, og undlades gryn og fuldkornspasta og –ris, opnås et indtag af fuldkorn på under 70 g/dag, og kostfiberindtaget vil ligge i underkanten af det anbefalede.

Omvendt vil et indtag på 75 g fuldkorn ikke i alle tilfælde medføre, at kostrådet er fulgt. Hvis der spises 75 g fuldkornsprodukter med 100% fuldkorn (fx havregryn), vil fuldkornsanbefalingen i princippet være opfyldt, men det vil kostrådet om at spise ca. 250 g brød og gryn ikke. Desuden er hverken indtaget af kulhydrat eller kostfibre fra cerealiene oppe på de mængder, som anbefales i Nordiske Næringsstofanbefalinger⁶, der ligger til grund for kostrådet. Fuldkornsanbefalingen bør derfor nøje knyttes til kostrådet om at spise 500 g kartofler, ris, pasta, brød og gryn per dag, og der bør lægges vægt på, at indtaget af fuldkornsprodukter varieres.

Fuldkornsanbefalingen, som en del af kostrådet, kan derfor udtrykkes på flere måder. Hvis der spises et varieret indtag af cerealiar, bør som hovedregel halvdelen af det ris, pasta, brød og gryn, der spises, være fuldkorn.

Hvis man vælger at få hele sit fuldkornsindtag fra brød og ikke spiser gryn, ris og pasta, skal alt brødet være fuldkornsbrød, og heraf skal mindst én skive være brød med højt fuldkornsindhold (fx rugbrød med 55% fuldkorn) for at både fuldkornsanbefalingen er opfyldt og kostfiberbehovet dækket.

Fuldkornsanbefalingen kan således udmøntes i flere forskellige kostmønstre, hvori der indgår forskellige kombinationer af fuldkornsprodukter.

Konklusion

Med baggrund i den nuværende videnskabelige evidens kan det konkluderes, at et øget indtag af fuldkorn kan forventes at have gavnlige sundhedsmæssige effekter og at enhver forøgelse i indtaget af fuldkorn vil være gavnlige. Det skønnes, at et indtag på minimum 75 g fuldkorn per dag som en del af en sund dansk kost vil være passende. Der er tale om en minimumsanbefaling for personer med et energiindtag på ca. 10 MJ/dag, svarende til en dansk gennemsnitskost. For personer med et energiindtag < 10MJ/dag skal fuldkornsanbefalingen reduceres procentvis i samme størrelsesorden som energiindtaget, og tilsvarende skal fuldkornsanbefalingen øges for personer med et energiindtag > 10MJ/dag. Når der korrigeres for et lavere energiindtag, betyder det i praksis, at anbefalingen for små børn 4-10 år (især piger) og for småtspisende større børn og kvinder skal være 20-50% lavere, svarende til et anbefalet indtag af fuldkorn på 40-60 g/dag.

Bemærk at anbefalingen refererer til *fuldkorn*, som kan omsættes til forskellige kombinationer af *fuldkornsprodukter*.

I anbefalingen bør der ikke udelukkende fokuseres på indtaget af fuldkorn, men på hvordan fuldkornsprodukter kan indgå i en sund kost i overensstemmelse med kostrådet om at spise 500 g kartofler, ris, pasta, brød og gryn om dagen, og der bør lægges vægt på, at indtaget af fuldkornsprodukter varieres.

Da anbefalingen er baseret på forholdsvis få, og hovedsagelig prospektive kohortestudier, der er sammenlignelige med danske forhold, bør evidensgrundlaget opdateres, når der er publiceret tilstrækkelige resultater af nye studier. Kontrollerede, randomiserede interventionsstudier bør foretrækkes.

Referencer

1. Authorized Health Claims 1999. FDA-authorized health claims and some specifics on their use. <http://vm.cfsan.fda.gov>.
2. Hälsopåståenden i märkning och marknadsföring av livsmedel. Livsmedelsbranschens regler (egenåtgärdsprogram). Revideret program september 2004. Swedish Nutrition Foundation, Lund.
3. Astrup A, Andersen NL, Stender S, Trolle E. Kostrådene 2005. En rapport fra Ernæringsrådet og Danmarks Fødevareforskning. Publikation nr. 36. Søborg, Danmark.
4. Dietary Guidelines for Americans 2005. U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. www.healthierus.gov/dietaryguidelines.
5. Development of Food-Based Dietary Guidelines. EFSA Scientific colloquium summary report. 21-22 March 2006, Parma, Italy. 2007.
6. Lyhne N, Christensen T, Groth MV, Fagt S, Biloft-Jensen A, Hartkopp H, Matthiessen J, Møller A, Saxholt E, Trolle E. Danskernes kostvaner 2000-2002. Hovedresultater. DFVF Publikation nr. 11, Danmarks Fødevareforskning, Søborg, Danmark. 2005.
7. Nordic Nutrition Recommendations 2004. 4th edition, Nord 2004:13. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
8. Sundhedsstyrelsen 2005. Anbefalinger for spædbarnets ernæring. Vejledning til sundhedspersonale.

7. Danskernes indtag af fuldkorn

Af Anja Billoft-Jensen, Karin Hess Ygil, Karsten Kørup, og Tue Christensen
Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet

Indtaget af fuldkorn er ikke tidligere blevet beskrevet i et repræsentativt udsnit af den danske befolkning. Formålet med dette afsnit er derfor at beskrive danskernes indtag af fuldkorn og afklare, hvor tæt danskerne er på at indtage den anbefalede mængde fuldkorn på 75 g/10 MJ, herunder at:

- Identificere hovedkilderne til fuldkorn i kosten
- Identificere hvilke måltider der bidrager henholdsvis mest og mindst til fuldkornsindtaget
- Sammenligne indtaget af udvalgte næringsstoffer hos de personer, der når anbefalingerne, med dem der ikke gør
- Skabe en baseline måling i forhold til en fremtidig monitorering af indtaget samt til at målrette kampagne- og informationsindsatser.

Materialer og metoder

Den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysiske Aktivitet 2000-2004 (herefter kaldet Kostundersøgelsen) giver ikke umiddelbart information om deltagernes specifikke fuldkornsindtag.

Til beregning af danskernes indtag af fuldkorn anvendes derfor en kombination af data, nemlig 1) Data om kostindtag fra Kostundersøgelsen 2000-2004, 2) Indkøbs- og markedstal fra et repræsentativt husstandspanel og 3) Indhold af fuldkorn i enkelte produkter, opgivet fra producenter, møller, m.m. Processen er beskrevet nedenunder og illustreret i figur 1.

1. Kostundersøgelsen 2000-2004

Data til beregning af danskernes indtag af fuldkorn kommer fra den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysiske Aktivitet 2000-2004. Kostundersøgelsen er designet til at få detaljeret viden om kostindtaget hos et repræsentativt udsnit af den danske befolkning i alderen 4-75 år. I årene 2000-2004 deltog i alt 5851 personer. Den samlede svarprocent var 53. Den deltagende population blev efterfølgende sammenlignet med hensyn til køn, alder, uddannelse og urbanisering med data fra Danmarks Statistik, og populationen blev vurderet som repræsentativ for den danske befolkning.

Undersøgelsesdeltagerne registrerede løbende deres indtag af mad og drikke i 7 på hinanden følgende dage. Kostregistreringen foregik i en kostdagbog med prækodede svarkategorier og med mulighed for åbne svar. Deltagerne registrerede desuden deres fysiske aktivitet, og der blev gennemført et personligt interview i hjemmet om baggrundsforhold. Interview, mundtlig instruktion og udlevering af kostdagbøger med tilhørende skriftlig instruktion blev gennemført af trænede interviewere fra Socialforskningsinstituttet, mens dataopbejldning foregik i DTU Fødevareinstituttets Afdeling for Ernæring. Kostundersøgelsen er beskrevet yderligere andre steder^{1,2}.

I Kostundersøgelsen registrerer deltagerne indtaget af forskellige typer fødevarer/retter til forskellige måltider. Den forholdsvis lange registreringsperiode på en uge giver mulighed for at estimere, hvor mange individer der over en periode når fuldkornsanbefalingen. Da Kostundersøgelsen foregår løbende, vil det være muligt at følge udviklingen i indtaget over tid.

Kostundersøgelsens indtagsdata giver oplysninger om mængden af cerealer, som danskerne spiser, i form af: rugbrød (med og uden solsikkekerner og hørfrø), fint hvedebrød, groft hvedebrød, knækbrød, skorper, kiks og lignende, morgenmadscerealier, havregryn, mysli, ymerdrys, ris (herunder risretter), pasta (herunder pastaretter), bulgur m.m. I Kostundersøgelsen indgår i alt 59 prækodede svarmuligheder per dag, der bidrager til at beskrive danskernes indtag af fuldkorn. I nærværende opgørelse af danskernes fuldkornsindtag er ikke medtaget fast food brød som fx pølsebrød, burgerboller og brød i pizza. Det er antaget, at disse brødtyper udgøres af fint hvedebrød.

Kostundersøgelsen indeholder ikke oplysninger om indtaget af enkelte fødevarer på mærkevareniveau, da denne oplysning ofte er ukendt for den adspurgte, hvis ikke den adspurgte selv har købt ind og tilberedt maden. Derfor må kostundersøgelsens data suppleres med oplysninger om indkøb fordelt på mærkevarer samt markedsandele.

2. Indkøbs- og markedstal

GfK (Growth from Knowledge) indkøbsdata giver oplysninger om husholdenes indkøb af brød og cerealer på mærkevareniveau. Når disse indkøbsdata sættes i forhold til hinanden og kombineres med kostundersøgelsens indtagstal, opnås det bedste skøn over indtagelsen.

GfK har et husstandspanel hvor ca. 3000 husstande registrerer indkøb af fødevarer på et detaljeret mærkevareniveau, samt om indkøbet af brød er foretaget hos bageren. Til beregninger af fuldkornsindtag er anvendt GfK-tal fra henholdsvis 1999/2000 og 2005/2006, kombineret med en markedsundersøgelse af cerealer, der i 1998/99 dannede grundlag for et analyseprojekt, hvor en lang række cerealieprodukter blev analyseret for energigivende næringsstoffer, vitaminer og mineraler. Resultaterne herfra er blevet brugt til at opdatere næringsstofindholdet i disse produkter i Fødevaredatabanken, og derfor er det også disse produkter, der regnes videre på.

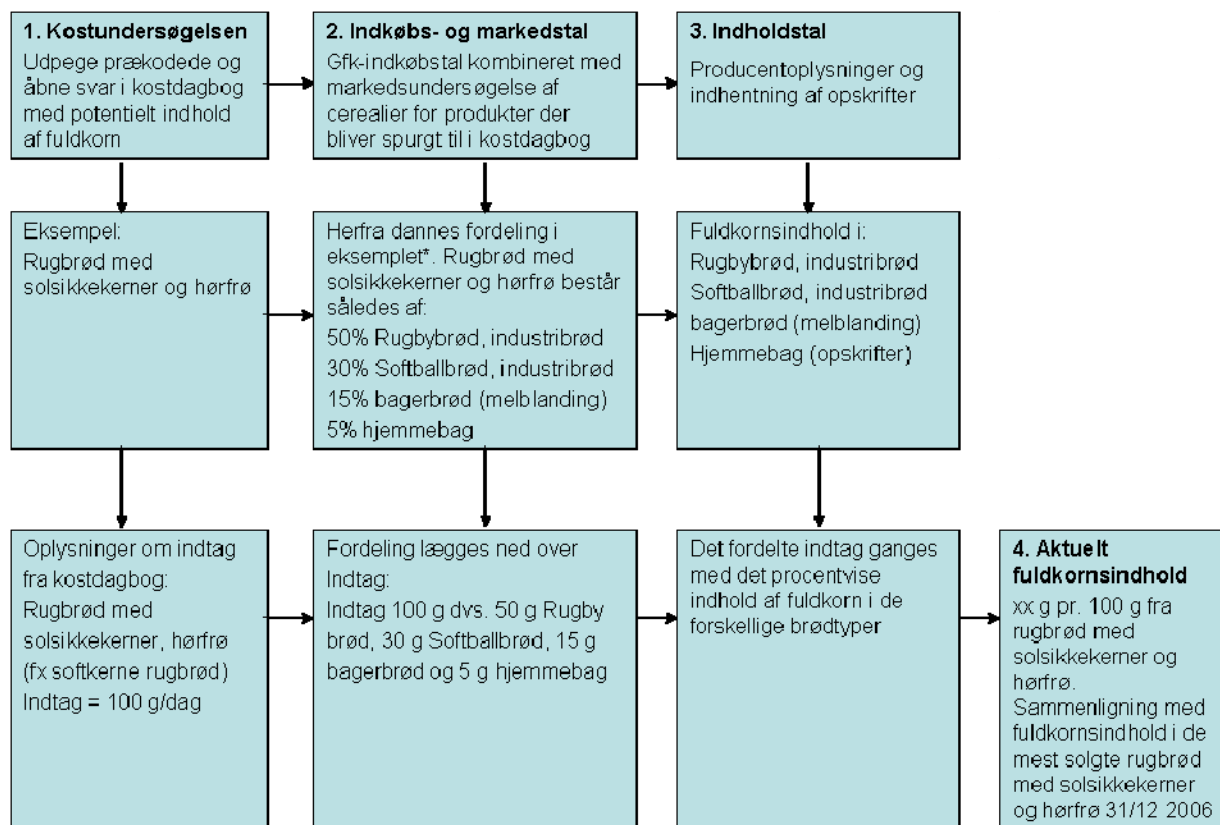
3. Indholdstal

Beregning af fuldkornsindtaget fra de forskellige cerealietyper foretages ud fra kendskab til fuldkornsindholdet i de konkrete brød- og kornprodukter, der er fremkommet ved at kombinere indkøbstal med markedsundersøgelsen. Oplysninger om fuldkornsindholdet i industrielt fremstillede rug- og hvedebrød, melblandinger til bagere og detailmarkedet, knækbrød, kiks, morgenmadscerealier, pasta, ris og lignende er indhentet fra producenter, møller m.m. Desuden er forskellige opskriftbøger anvendt til at konstruere opskrifter, der repræsenterer hjemmebag. I alt er beregningerne baseret på oplysninger om fuldkornsindholdet i 279 produkter/opskrifter. Herudover kommer en del oplysninger hentet via internettet og butiksbesøg.

Beregninger af fuldkornsindholdet i de forskellige produkter er foretaget på forskellig vis, da producenterne har givet oplysninger på forskellige niveauer. I nogle tilfælde er beregningerne baseret på oplysninger fra producenter om de meltyper, der indgår i brødopskrifterne, samt med hvilken procent de indgår. Desuden er der brugt oplysninger om tørstofindholdet i det færdige brød. I andre tilfælde er oplysningerne givet i procent af det færdige brød.

4. Aktuelt fuldkornsindhold

For at vurdere om det fundne fuldkornsindtag er aktuelt, blev der også beregnet fuldkornsindhold i de i de mest solgte brød og kornprodukter pr. 31/12 2006. Derefter er fuldkornsindholdet i de mest solgte produkter 2000-2002 sammenlignet med fuldkornsindholdet i de mest solgte produkter pr. 31/12 2006.



* Da oplysninger om produktsammensætning og markedsandele fra producenterne er fortrolige, er dette et opdigtet eksempel.

Figur 1. Illustration af oparbejdningsprocessen i forbindelse med beregning af danskernes indtag af fuldkorn ud fra den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysiske Aktivitet 2000-2004.

Resultater

Fuldkornsindhold i forskellige produkttyper

Sammenlignes de fremkomne fuldkornstal baseret på markedsundersøgelsen, kombineret med GfK salgstal, med fuldkornsindholdet i de mest solgte brød- og kornprodukter per 31/12 2006, fremgår det, at fuldkornsindholdet i rugbrød og i hvedebrød har haft forskydningerne af uvæsentlig størrelse. Samlet set er fuldkornsindholdet i brød og kornprodukterne stort set uændret, hvilket betyder, at de fremkomne fuldkornstal vurderes betegnende for det nuværende indtag i den danske befolkning.

I tabel 1 er angivet det gennemsnitlige fuldkornsindhold i en typisk portionsstørrelse af udvalgte produktgrupper. Gennemsnitsværdierne i tabel 1 dækker over en stor variation i fuldkornsindholdet i de forskellige produkter. De typiske portionsstørrelser er de portionsstørrelser, der hyppigst er valgt for de pågældende produkttyper i kostundersøgelsen 2000-2004, dog med undtagelse af rugbrød, da rugbrød i kostundersøgelsen registreres i halve skiver. Af tabellen fremgår det, at en typisk portion havregryn bidrager med 65 g fuldkorn, svarende til 87% af den anbefalede mængde fuldkorn (75 g/10 MJ) i en kost på 10 MJ. En typisk portion mysli bidrager med knapt halvdelen af den anbefalede mængde fuldkorn. Af brødtyperne er det rugbrød og groft knækbrød, der bidrager med mest fuldkorn per portion, hvorimod en portion groft hvedebrød kun bidrager med ca. en femtedel af det fuldkorn, som rugbrød bidrager med, og en tredjedel af det fuldkorn som groft knækbrød bidrager med. En portion fuldkornspasta eller fuldkornsrís bidrager med godt halvdelen af det anbefalede daglige fuldkornsindtag i en kost på 10 MJ.

Det er vigtigt at bevare helhedssynet og ikke kun fokusere på indholdet af enkelte komponenter, når den sundhedsmæssige værdi af en fødevarer bedømmes. Således er rugbrød et bedre ernæringsmæssigt valg end knækbrød, fordi der lettere kan opnås en god balance mellem brød og pålæg. Det kan fx være svært at skrabe fedtstoffet på knækbrødet, og typisk anvendes samme mængde pålæg som på rugbrød, selv om et stykke knækbrød vejer betydeligt mindre end et stykke rugbrød. Desuden er det ernæringsmæssigt bedre at vælge groft hvedebrød frem for kiks på grund af det høje indhold af fedt og sukker i kiks, selv om fuldkornsindholdet er det samme.

Tabel 1. Gennemsnitligt fuldkornsindhold i en typisk portionsstørrelse af udvalgte fødevarergrupper.

Produktgruppe	Typisk portionsstørrelse (g) [§]	Bidrag af fuldkorn i en typisk portionsstørrelse (g)
Rugbrød	50 (1 skive)	16
Groft hvedebrød	40 (1 skive)	3
Havregryn	65	65
Mysli	65	35
Lette ¹ morgenmadscerealier	35	1
Grød (havregrød)	150	19
Knækbrød, (groft rug type)	12	10
Kiks, digestive type	15	3
Pasta fuldkorn, kogt	125	41
Ris fuldkorn, kogt	140	47
Polenta/bulgur/hvedekerner, kogt	145	44

[§] Typisk portionsstørrelse ifølge den Nationale Undersøgelse af Danskernes Kostvaner og Fysiske Aktivitet (Kostundersøgelsen) 2000-2004.

Indtag af brød og kornprodukter samt fuldkorn

Tabel 2 præsenterer det totale indtag af brød og kornprodukter samt fuldkorn i den danske befolkning opgjort efter køn og to aldersgrupper (børn og voksne). De vejledende mængder brød og kornprodukter samt den anbefalede mængde fuldkorn er afrundet til nærmeste 5 gram, og er dermed opgivet som niveauer og ikke eksakte mængder. De vejledende mængder brød og kornprodukter er estimeret ud fra kostrådene 2005³. Heri vejledes voksne til at indtage ca. 250 g brød og gryn og ca. 250 g kartofler, ris eller pasta, dvs. i alt 500 g dagligt ved et energibehov på 10 MJ. Som uddybning af kostrådet foreslås kartofler som tilbehør til aftensmaden mindst 4 gange om ugen, dvs. ris, pasta eller brød og lignende højst 3 gange om ugen. Det vil sige, at vejledningen vedrørende indtag af brød og andre kornprodukter varierer fra 250 g/dag (hvis der ikke spises ris og pasta, men spises kartofler hver dag) til ca. 355 g/dag (hvis der spises ris, pasta og/eller brød og lignende 3 gange om ugen udover de 250 g brød og gryn). I tabel 2 er den vejledende mængde derfor opgivet som et interval, der svinger i forhold til, om der udelukkende spises kartofler til den varme aftensmad, eller om ris og pasta inkluderes 3 gange om ugen.

I tabel 2 omfatter gruppen brød og kornprodukter, udover alle typer brød, også ris og pasta samt morgenmadscerealier. Endvidere indgår mel anvendt i madlavningen. Brød og kornproduktgruppen omfatter således en blanding af produkter (fx brød) og ingredienser (fx mel), hvorimod fuldkorn kun omfatter selve fuldkornet.

¹ Lette morgenmadscerealier inkluderer sprøde og luftige produkter som fx cornflakes, Havrefras, Frosties, Guldkorn etc. i det procentvise forhold som danskerne spiser dem.

Tabel 2. Gennemsnitligt indtag af brød og gryn samt fuldkorn i den danske befolkning opgjort efter køn og alder (g/d og % af anbefalede mængde samt andel af personer der indtager den anbefalede mængde (%)).

Alder	Børn 4-14 år			Voksne 15-75 år			Alle		
Køn	Dreng	Piger	Alle	Mænd	Kvinder	Alle	Mænd	Kvinder	Alle
Antal	593	566	1159	2189	2503	4692	2782	3069	5851
Energi (MJ/dag)	8,9	7,8	8,4	10,5	8,1	9,2	10,1	8,1	9,1
Indtag, g/dag									
- Brød og kornprodukter [§]	223	190	207	247	195	220	242	194	217
- Fuldkorn	32	24	28	39	28	33	37	28	32
Anbefalede* mængde justeret i forhold til energiindtaget, ca. g/dag									
- Brød og kornprodukter (nedre - øvre grænse) [¶]	225-320	195- 275	210- 300	260- 370	200- 290	230- 325	250-360	200-290	230-320
- Fuldkorn	70	60	65	80	60	70	75	60	70
Indtag, % af anbefalede mængde									
- Brød og kornprodukter [†]	99-70	97-69	99-69	95-67	98-67	96-68	97-67	97-67	94-68
- Fuldkorn	46	40	43	49	47	47	49	47	47
Andel personer der spiser den anbefalede mængde (%)									
- Brød og kornprodukter	48	48	48	40	42	41	42	43	42
- Fuldkorn	7	3	5	8	5	7	8	5	6
- Både brød og kornprodukter samt fuldkorn	6	3	5	7	4	5	7	4	5

[§] Brød og kornprodukter omfatter udover alle typer brød også ris og pasta samt morgenmadscerealier. Endvidere indgår mel anvendt i madlavningen.

* For brød og kornprodukter er der tale om vejledende mængder. For fuldkorn er der tale om en anbefalet mængde.

[¶] I kostrådene 2005 vejledes Danskerne til at indtage 250 g brød og gryn samt 250 g kartofler, ris eller pasta i en kost på 10 MJ. Beregningerne for de nedre og øvre grænser er foretaget således: For personer der altid spiser kartofler, er det vejledende indtag den nedre grænse (dvs. baseret på de 250 g brød og gryn). For personer der også spiser ris og pasta (højest 3 gange om ugen ifølge Kostrådene 2005) er vejledningen den øvre grænse (dvs. der er lagt 250 g ris og pasta 3 gange om ugen, svarende til 105 g per dag, oveni de 250 g brød og gryn) pr. 10 MJ.

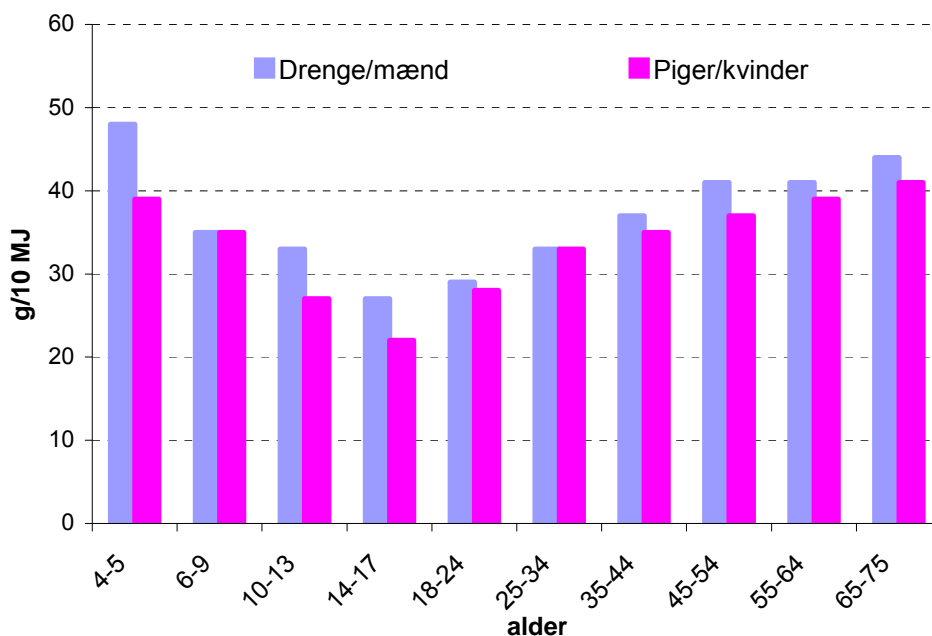
[†] Det aktuelle indtag sat i forhold til vejledningernes nedre og øvre grænser.

I tabel 2 ses at danskernes indtag af fuldkorn udgør knapt halvdelen af det anbefalede, og at kun 6% af befolkningen lever op til en fuldkornstæthed i kosten på 75 g/10 MJ. Der er mellem 48% og 40% af henholdsvis børn og voksne, der indtager den vejledende mængde brød og kornprodukter. En stor del af dem, der lever op til fuldkornsanbefalingen, spiser tillige den vejledende mængde brød og kornprodukter. Således er det godt 90% af både børn og voksne, der når fuldkornsanbefalingen, der også spiser den vejledende mængde brød og gryn (data ikke vist). Men det omvendte gælder ikke, dvs. selv om man spiser den vejledende mængde brød og gryn, når man ikke automatisk den anbefalede mængde fuldkorn. Således er det kun 17% af de voksne og 10% af børnene, der spiser den vejledende mængde brød og gryn, der når fuldkornsanbefalingen (data ikke vist).

Tabel 3. Kostens indhold af fuldkorn per 10 MJ (g); gennemsnit, spredning og percentiler.

Gruppe	Antal	gns.	s.d.	median	1	5	10	25	75	90	95	99
Drenge, 4-5 år	115	48	28	42	3	15	18	27	61	84	99	161
Drenge, 6-9 år	229	35	23	30	2	10	13	20	46	61	77	129
Drenge, 10-13 år	206	33	21	29	3	6	9	16	43	61	73	110
Drenge, 14-17 år	128	27	23	20	1	3	6	12	34	55	76	131
Mænd, 18-24 år	184	29	25	23	0	3	4	11	38	58	82	135
Mænd, 25-34 år	384	33	22	29	1	5	9	15	45	63	78	105
Mænd, 35-44 år	458	37	25	32	1	6	10	21	46	68	90	118
Mænd, 45-54 år	444	41	25	35	3	11	16	25	54	78	88	118
Mænd, 55-64 år	384	41	26	38	2	10	15	23	53	74	85	135
Mænd, 65-75 år	250	44	27	40	2	10	15	27	56	71	96	155
Alle mænd	2782	37	25	33	2	6	11	20	49	69	85	117
Piger, 4-5 år	116	39	20	37	3	13	16	25	49	64	72	116
Piger, 6-9 år	214	35	19	33	5	11	15	22	45	58	74	104
Piger, 10-13 år	197	27	18	24	3	5	8	12	35	53	66	101
Piger, 14-17 år	166	22	17	18	1	5	6	11	27	46	55	93
Kvinder, 18-24 år	265	28	23	21	2	3	6	12	37	56	72	125
Kvinder, 25-34 år	458	33	22	29	2	5	9	17	45	62	79	99
Kvinder, 35-44 år	515	35	23	31	3	8	11	19	47	67	82	116
Kvinder, 45-54 år	525	37	19	33	6	13	17	24	46	65	77	102
Kvinder, 55-64 år	382	39	20	37	8	12	16	26	49	64	73	102
Kvinder, 65-75 år	231	41	19	38	5	16	20	27	54	64	77	114
Alle kvinder	3069	34	21	31	3	7	11	19	45	62	75	104
Alle	5851	36	23	32	2	7	11	19	47	65	80	110

I tabel 3 er kostens indhold af fuldkorn opgjort i forhold til køn og ti forskellige aldersgrupper. Kosten hos næsten alle indeholder fuldkorn. Det typiske indhold (median indholdet) er omkring 30 g/10 MJ per dag. Af tabel 3 fremgår det, at kosten hos førskolebørn (4-5 år) indeholder mest fuldkorn af alle aldersgrupper for drenge og for de fleste aldersgrupper for pigerne. Som illustreret i figur 2 er der næsten en u-formet sammenhæng mellem alder og kostens indhold af fuldkorn. Således er indholdet af fuldkorn i kosten højest hos de yngste og ældste aldersgrupper og mindst hos de unge, især de 14-24 årige. Men spredningen er stor, og fx for unge mænd 18-24 år varierer kostens indhold af fuldkorn fra 0 g/10 MJ til 135 g/10 MJ. En tilsvarende oversigt over indtaget af fuldkorn opgjort i g/dag findes i bilag 1.

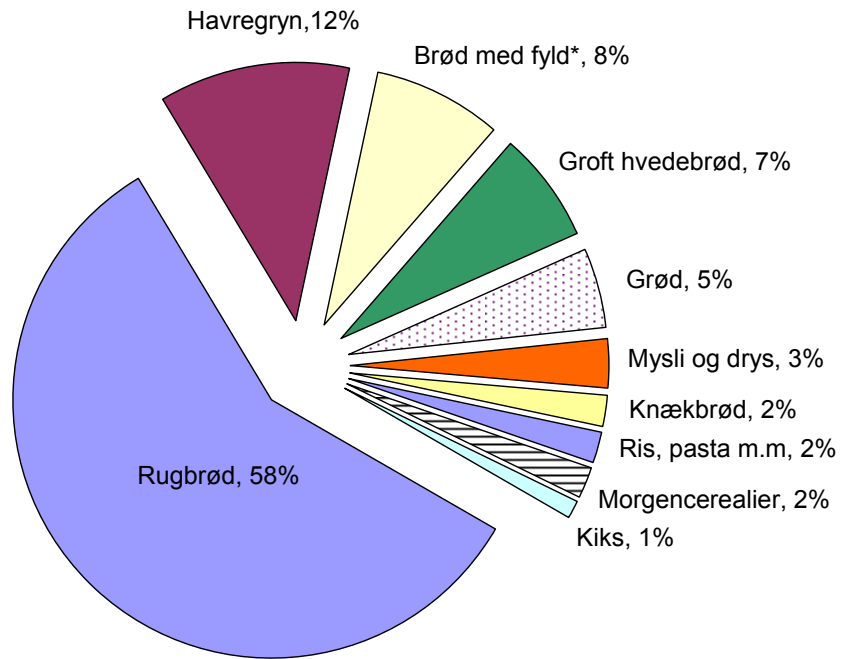


Figur 2. Gennemsnitlig indhold af fuldkorn i drenges/mænds og pigers/kvindes kost i forhold til aldersgruppe.

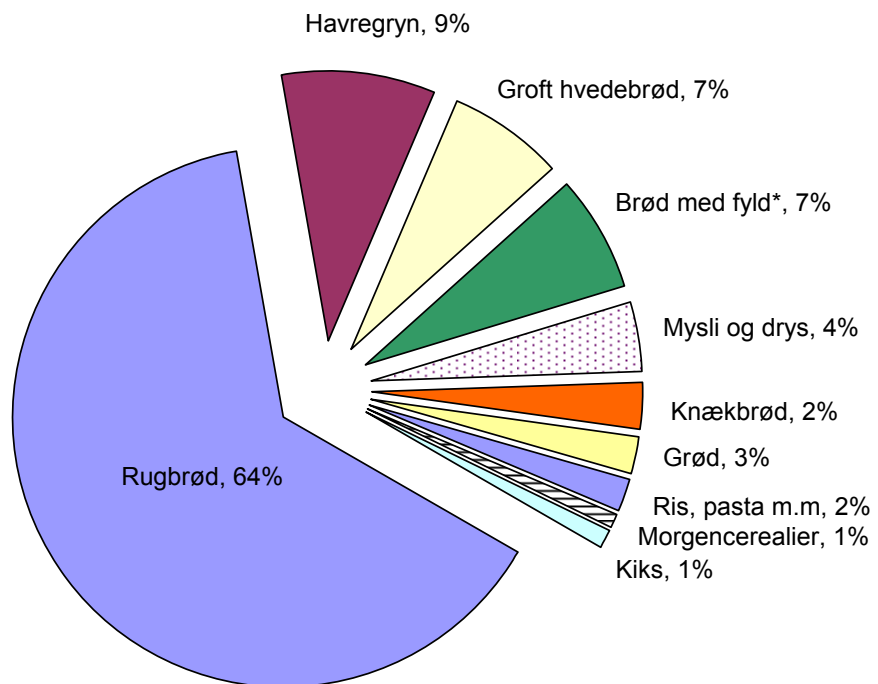
Fuldkornskilder i danskernes kost

Som illustreret i figur 3 og 4 er rugbrød det enkeltprodukt, der bidrager mest til fuldkornsindtaget i både danske børns og voksnes kost. Herefter kommer havregryn (der også indgår i havregrød), men der er et stort spring fra rugbrøds bidrag ned til havregryn, da rugbrød indtages af langt flere personer og i større mængder. Groft hvedebrød, bidrager i mindre grad til fuldkornsindtaget.

Sammenlignet med voksne får børn mere fuldkorn fra havregryn, brød med fyld og grød og lidt mindre fra rugbrød. Chancerne for at leve op til fuldkornsanbefalingen stiger med indtaget af rugbrød og havregryn. Således er der 93% voksne og 90% børn, der lever op til fuldkornsanbefalingen, som spiser rugbrød, mens det kun er henholdsvis 71% og 63% blandt de, der ikke lever op til fuldkornsanbefalingen. Otteogtres procent voksne og 84% børn, der opfylder fuldkornsanbefalingen, spiser havregryn, mens det kun er henholdsvis 16% og 24% blandt de, der ikke lever op til fuldkornsanbefalingen (data ikke vist).



Figur 3. Fuldkornskilder i børns kost (4-14 år).



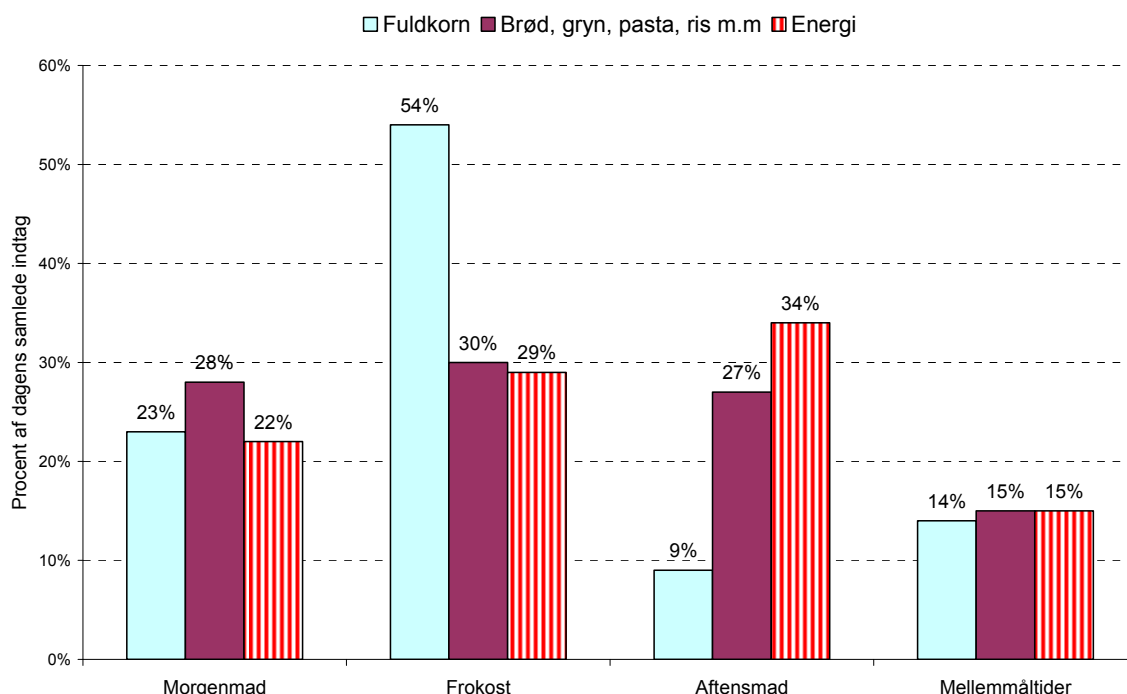
Figur 4. Fuldkornskilder i voksnes kost (15-75 år).

* Brød med fyld inkluderer sandwich, bolle, flûes, pitabrød, croissant m.m. med fyld.

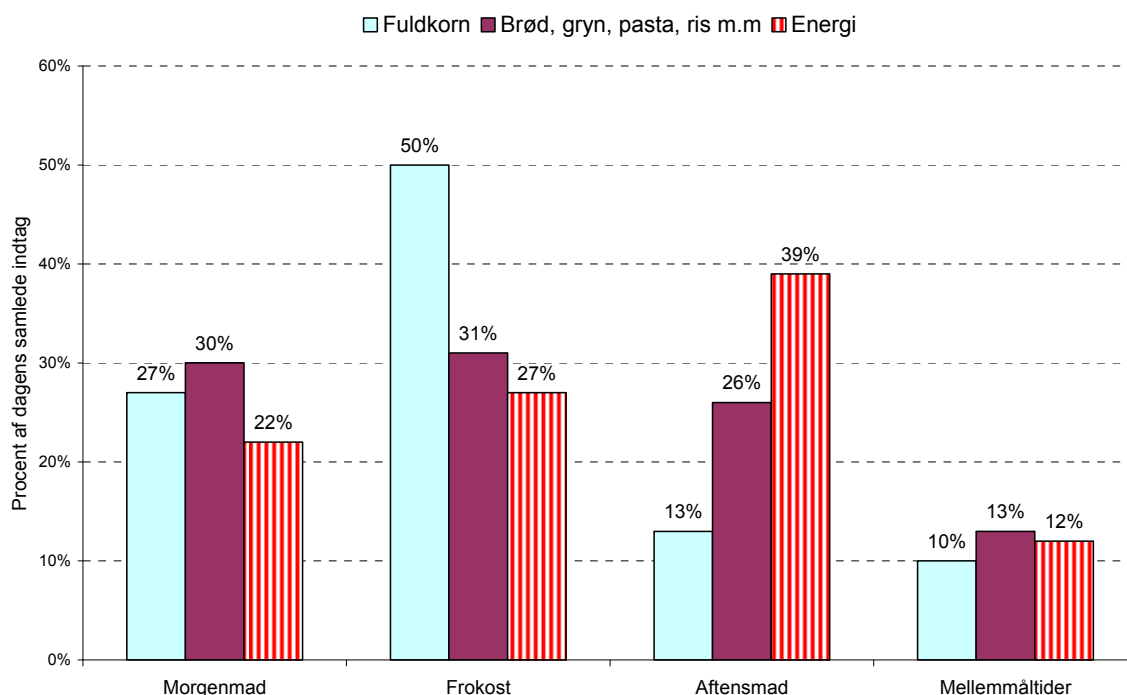
Måltidernes bidrag til fuldkornsindtaget

Frokosten bidrager med halvdelen af det daglige fuldkornsindtag og er det måltid, der bidrager mest til fuldkornsindtaget hos både børn og voksne. Det skyldes det høje indhold af rugbrød i frokosten. Herefter kommer morgenmaden og til sidst aftensmaden og mellemmåltiderne. Sammenlignes måltidernes bidrag med fuldkorn med måltidernes bidrag med brød, gryn, pasta, ris m.m. og energi, som gjort i figur 5 og 6, ses at morgenmaden indeholder lige så meget brød, gryn m.m. som frokosten og derfor har et langt større potentiale til forøgelse af fuldkornsindholdet. Det samme gælder aftensmaden, hvor fuldkornsbidraget er langt lavere end bidraget med brød, gryn, ris, pasta m.m. Aftensmaden bidrager også med meget lidt fuldkorn i forhold til måltidets energibidrag. I mellemmåltiderne er der også potentiale for at forøge fuldkornsindholdet, potentialet er dog ikke så højt som for morgenmadens og aftensmadens vedkommende.

Tendenserne er de samme for børn og voksne, dog er fordelingerne forskellige. Således får børn mere fuldkorn fra mellemmåltider og frokost og lidt mindre fra aftensmad og morgenmad sammenlignet med voksne (figur 5 og 6).



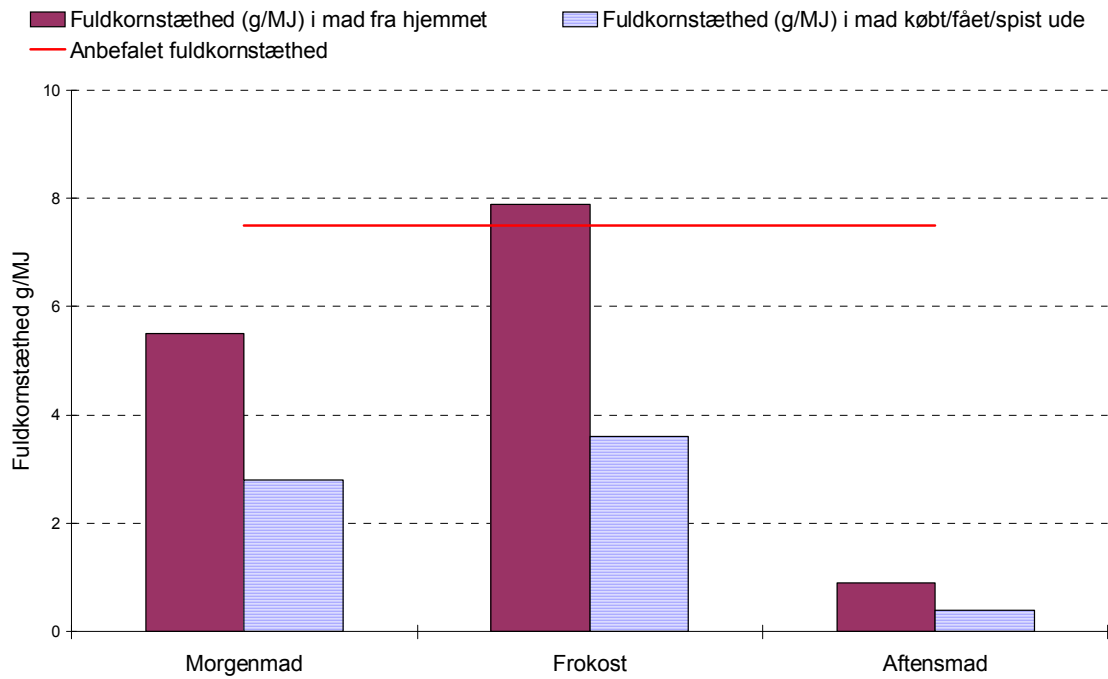
Figur 5. Måltidernes procentvise indhold af fuldkorn, brød, gryn, pasta, ris m.m. og energi blandt børn (4-14 år).



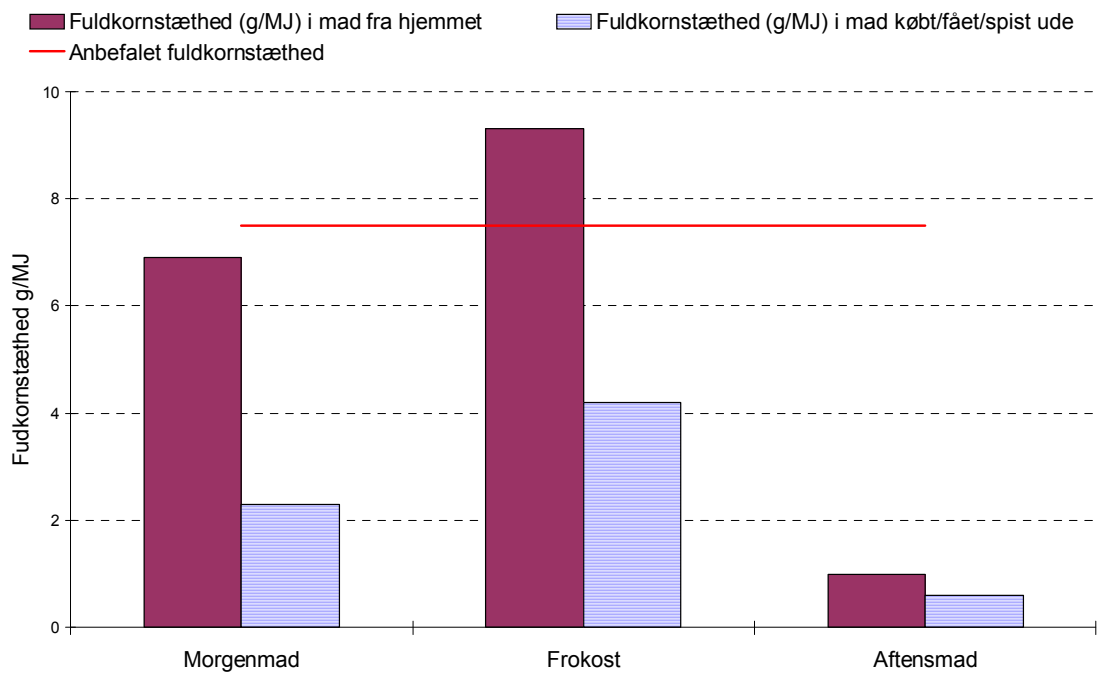
Figur 6. Måltidernes procentvise indhold af fuldkorn, brød, gryn, pasta, ris m.m. og energi blandt voksne (15-75 år).

Da en stor del af danskerne spiser mad ude hver dag, er det relevant at se på fuldkornstætheden i måltiderne, delt op efter om maden er spist hjemme eller medbragt hjemmefra (mad fra hjemmet) i forhold til, om maden er købt/fået/spist ude. I figur 7 og 8 er fuldkornstætheden i morgenmad, frokost og aftensmad opgjort i forhold til, om måltiderne er spist hjemme/medbragt hjemmefra eller købt/fået/spist ude. I disse beregninger er kun medtaget aldersgruppen 15-54 år, for at nedbringe antallet af personer, der i højere grad spiser hjemme (ældre og personer udenfor arbejdsmarkedet). Totalt set er langt flere måltider spist hjemme eller medbragt hjemmefra sammenlignet med måltider købt/fået/spist ude, men variationen er stor fra måltid til måltid. Derfor skal resultaterne tolkes med varsomhed. Yderligere information om måltider fra hjemmet kontra måltider købt/fået/spist ude findes blandt andet i Fagt et al.⁴.

Mad fra hjemmet har langt større fuldkornstæthed sammenlignet med mad købt/fået/spist ude for både morgenmad, frokost og aftensmad. Frokosten er det måltid, der har den største fuldkornstæthed. Når frokosten kommer fra hjemmet, er fuldkornstætheden oppe på det anbefalede niveau for både børn og voksne, hvilket sandsynligvis skyldes det høje indhold af rugbrød i frokosten, når den spises i og/eller medbringes fra hjemmet.



Figur 7. Fuldkornstæthed i mad spist hjemme eller medbragt hjemmefra (mad fra hjemmet) i forhold til mad købt/fået/spist ude blandt børn (4-14 år).



Figur 8. Fuldkornstæthed i mad spist hjemme eller medbragt hjemmefra (mad fra hjemmet) i forhold til mad købt/fået/spist ude blandt voksne (15-54 år).

Næringsstofindhold i kosten ved forskelligt fuldkornsindtag

Tabel 4 præsenterer indholdet af udvalgte næringsstoffer i kosten hos de, der opfylder fuldkornsanbefalingen, sammenlignet med de, der ikke når fuldkornsanbefalingen. Der er fokuseret på de vitaminer og mineraler, som gruppen af brød og kornprodukter fortrinsvis bidrager med. Kosten hos de, der opfylder fuldkornsanbefalingen, har en mere optimal næringsstofprofil i forhold til de Nordiske Næringsstofanbefalinger⁵ end hos de, der ikke når fuldkornsanbefalingen. Således har de, der opfylder fuldkornsanbefalingen, en mere favorabel makronæringsstoffordeling, et indtag af kostfibre på det anbefalede niveau samt et højere indtag af alle de udvalgte vitaminer og mineraler undtagen B₆-vitamin blandt voksne. Det skal bemærkes, at det er en forholdsvis lille gruppe, der opfylder fuldkornsanbefalingen, som bliver sammenlignet med en stor gruppe, der ikke gør. Derfor skal resultaterne tolkes med forsigtighed. Tendenserne gælder både børn og voksne. Da de, der når fuldkornsanbefalingen, samtidig har et højere indtag af grønt (børn) og frugt (voksne), kunne det tyde på, at et højt indtag af fuldkorn er en del af en generelt sundere kost, og at de viste forskelle derfor ikke udelukkende skyldes det højere fuldkornsindtag.

Tabel 4. Indhold af udvalgte næringsstoffer i kosten hos børn og voksne der opfylder fuldkornsanbefalingen, sammenlignet med børn og voksne der ikke når fuldkornsanbefalingen.

Næringsstof/kostkomponent	Børn 4-14 år		Voksne 15-75 år	
	Opfylder fuldkorns-anbefalingen	Opfylder ikke fuldkorns-anbefalingen	Opfylder fuldkorns-anbefalingen	Opfylder ikke fuldkorns-anbefalingen
<i>Antal</i>	62	1097	312	4380
Energi (MJ)	8,3	8,4	9,1	9,2
Brød og kornprodukter g/10 MJ	305 ^a	245 ^b	302 ^a	235 ^b
Fuldkorn g/10 MJ	96 ^a	31 ^b	94 ^a	32 ^b
Frugt g/10 MJ	211	219	254 ^a	220 ^b
Grønt g/10 MJ	183 ^a	151 ^b	185	185
Kostfibre g/10MJ	28 ^a	20 ^b	30 ^a	22 ^b
	(NNR 2004)			
Fedt E%	32 ^b	33 ^a	32 ^b	35 ^a
Mættede fedtsyrer E%	14 ^b	15 ^a	13 ^b	15 ^a
Monoumættede fedtsyrer E%	11 ^b	11 ^a	11 ^b	12 ^a
Polyumættede fedtsyrer E%	5	5	5	5
Kulhydrat E%	54	53	53 ^a	50 ^b
Sukker, tilsat E%	10 ^b	14 ^a	8 ^b	10 ^a
Protein E%	14 ^b	15 ^a	15	15
Alkohol E%	0	0	4 ^b	6 ^a
E-vitamin TE/10MJ	8,2 ^a	7,6 ^b	8,2 ^a	7,7 ^b
Thiamin mg/10MJ	1,6 ^a	1,4 ^b	1,5 ^a	1,3 ^b
B6-vitamin mg/10MJ	1,5 ^a	1,4 ^b	1,7	1,6
Folat µg/10 MJ	347 ^a	314 ^b	372 ^a	341 ^b
Fosfor mg/10MJ	1813 ^a	1541 ^b	1681 ^a	1481 ^b
Magnesium mg/10MJ	417 ^a	321 ^b	476 ^a	382 ^b
Jern mg/10MJ	11 ^a	10 ^b	13 ^a	11 ^b
Zink mg/10MJ	13 ^a	11 ^b	13 ^a	12 ^b
Selen µg/10MJ	42	42	44 ^a	41 ^b

Til test af forskelle er brugt en uparret t-test. Estimer med forskellige bogstaver er signifikant forskellige (P < 0,05).

Indtag af fuldkorn i forskellige socioøkonomiske grupper

Fuldkornsindholdet i kosten blev undersøgt i forskellige socioøkonomiske grupper (selvstændige, højere-, mellem- og lavere funktionærer, faglært og ufaglært arbejder). For mænd (15-75 år) blev der ikke fundet nogen sammenhæng mellem socioøkonomisk status og fuldkornsindhold i kosten. Således havde ufaglærte et lige så højt indhold i kosten som højere funktionærer. For kvinderne

(15-75 år) var der en tendens til, at kosten hos højere funktionærer havde det højeste indhold af fuldkorn, mens den hos de faglærte havde det laveste indhold. Dog var tendensen ikke signifikant, når der blev korrigeret for antallet af sammenligninger. Det kan dog ikke helt udelukkes, at der eksisterer forskelle i fuldkornsindtaget mellem forskellige socioøkonomiske grupper, hvis der i den statistiske analyse kontrolleres for andre faktorer (fx alder, rygning, BMI, fysisk aktivitet).

Udvikling i indtag af udvalgte cerealier 1995-2004

Tabel 5. Udvikling i børns og voksnes indtag (g/dag) af udvalgte brød- og kornprodukter 1995, 2000/02 og 2003/04.

Produkter	Børn (4-14 år)			Voksne (15-75 år)		
	1995	2000/02	2003/04	1995	2000/02	2003/04
<i>Antal</i>	983	823	336	1746	3297	1395
Rugbrød	55	43	53	64	58	65
Hvedebrød, i alt [§]	58	57	72	69	65	78
Hvedebrød, fint [§]	37	45	55	45	49	57
Hvedebrød, groft [§]	21	12	16	25	16	20
Brød uspecificeret [§]	14	4	1	11	3	1
Havregryn	6	6	5	4	5	5
Lette morgenmads-cerealier	12	9	8	3	3	3
Mysli/drys	3	2	2	4	3	4
Grød	19	8	8	12	6	7
Havregryn/cornflakes m. mælk	16	8	11	5	4	5
Pasta, tilbehør [†]	22	19	23	17	14	15
Ris, tilbehør [†]	14	14	19	15	18	19

[§] Inkluderer ikke brød i fastfood, sandwich, pitabrød, flutes m.m. med fyld.

[†] Som tilbehør til den varme mad. Inkluderer ikke ris og pasta der indgår i retter som fx lasagne og risotto.

Af tabel 5 fremgår det, at indtaget af rugbrød har holdt sig nogenlunde stabilt siden 1995, dog med en faldende tendens i 2000/02. Til gengæld er det gennemsnitlige indtag af hvedebrød steget, især indtaget af fint hvedebrød. Her skal gøres opmærksom på, at de viste tal ikke inkluderer indtaget af brød fra fast food og sandwich, pitabrød, flutes m.m. med fyld. Hvis dette brød blev lagt til ville det reelle indtag af fint hvedebrød være langt højere, fordi indtaget af fast food også er steget. Indtaget af fast food brød alene anslås til at være ca. 24 g/d for alle, lavere for voksne (ca. 22 g/d) og noget højere for børn (ca. 32 g/d). Indtaget af havregryn og mysli/drys har holdt sig stabilt, det samme har indtaget af lette morgenmadscerealier for voksne, mens der er en tendens til et lille fald for børnene. Indtaget af grød er halveret både for børn og voksne. Indtaget af pasta er nogenlunde stabilt, mens indtaget af ris ser ud til at være steget lidt for både børn og voksne. Der spises langt mere hvedebrød end rugbrød, ligesom børnene også spiser flere lette morgenmadscerealier end havregryn/mysli/drys.

Diskussion

Begrænsningerne i de præsenterede data sammenlignet med andre kostdata er, at der ikke har været umiddelbart tilgængelige oplysninger om et specifikt indtag af fuldkorn, og beregningerne har været afhængige af de oplysninger, det har været muligt at fremskaffe via producenter m.m. Endelig findes der ingen international standardiseret metode til beregning af fuldkornsindholdet i brød og kornprodukter og således ikke nogen standardiseret metode til at beregne befolkningers fuldkornsindtag. I USA, som er det eneste andet land med en officiel anbefaling for indtag af fuldkorn, er anbefalingen opgivet i antal servings, som kan indeholde mellem 16 g og 28 g fuldkorn^{6,7,8}. Det betyder, at det amerikanske indtag opgøres i servings, og det er derfor vanskeligt at sammenligne indtaget i USA med indtaget i Danmark. I beregningerne af danskernes indtag af fuldkorn er der en del usikkerhed på individniveau, da der ikke foreligger oplysninger om individets

mærkevareindtag eller fx om den spiste pizza var hjemmelavet på en bund bagt af fuldkornsmel. Det vurderes, at på gruppeniveau giver beregningerne et godt skøn over danskernes fuldkornsindtag.

Det nuværende indtag af fuldkorn udgør knapt halvdelen af det anbefalede, og kun 6% af befolkningen lever op til en fuldkornstæthed i kosten på 75 g/10 MJ. Det forholdsvis lave indtag af fuldkorn i den danske befolkning kan til dels skyldes den lille opmærksomhed, der er i befolkningen omkring fuldkorns placering i en sund kost. Således var der kun 9% i Kostundersøgelsen 2000-2004, der nævnte, at sund mad er ensbetydende med at spise "groft brød", hvorimod 70% og 55% nævnte, at sund mad er mad med henholdsvis mange grøntsager og fedtfattig mad². Resultaterne fra nærværende undersøgelser tyder ikke på, at fuldkornsindtaget er associeret med en speciel socioøkonomisk gruppe.

I forhold til fuldkornsindtaget er udviklingen i indtaget af forskellige brød og kornprodukter ikke favorabel, idet der ses en stigning i indtaget af fint hvedebrød, og indtaget af hvedebrød overstiger langt det fuldkornsholdige rugbrød, ligesom indtaget af "lette" morgenmadscerealier overstiger indtaget af havregryn hos børnene.

Næsten alle, der opfylder fuldkornsanbefalingen, spiser den vejledende mængde brød og kornprodukter, men langt fra alle, der spiser den vejledende mængde brød og kornprodukter, lever op til fuldkornsanbefalingen. At opfylde fuldkornsanbefalingerne er derfor ikke blot et spørgsmål om kvantitet, men også om kvaliteten af brød og cerealier. Rugbrød er langt den største bidragsyder af fuldkorn, efterfulgt af havregryn. Især de yngste aldersgrupper har et højt indtag af rugbrød og havregryn, og information til forældre om at gøre en indsats for at vedligeholde denne præference hos børnene gennem barndom og ungdom vil være en god idé, især da unge (14-24 år) er den aldersgruppe, der har det laveste fuldkornsindtag.

Beregningerne i denne undersøgelse viser, at det største potentiale for en forbedring af fuldkornsindtaget er i forbindelse med morgenmaden og aftensmaden. Til morgenmaden i form af brød og morgenmadscerealier med højere fuldkornsindhold som rugbrød og havregryn, til aftensmaden i form af først og fremmest fuldkornsris og pasta, men også fuldkornsbrød. Herudover er der også en udfordring i at fastholde og øge fuldkornsindholdet i mange danskeres frokost, da brødmåltiderne er de måltider, der naturligt bør bidrage med mest fuldkorn.

Mad spist hjemme eller medbragt hjemmefra indeholder mere fuldkorn end mad købt/spist/fået ude. Derfor vurderes det, at der vil være et potentiale for at øge fuldkornsindtaget ved øgning af indholdet af fuldkorn i fast food brød samt pitabrød, sandwichbrød, flutes, boller m.m., da det formodes at være brødtyper, der ofte ledsager mad, der er købt/spist/fået ude. Herudover er det også vigtigt at få fokus på brød serveret i madordninger på fx skoler og uddannelsesinstitutioner og i kantiner, i samme stil som det har været gjort i indsatserne for at få danskerne til at spise mere frugt og grønt⁹.

Kosten hos de, der lever op til fuldkornsanbefalingen, har en mere optimal næringsstofprofil, end hos de der ikke når fuldkornsanbefalingen, og de, der når fuldkornsanbefalingen, har et højere indtag af rugbrød og havregryn. Men spørgsmålet er, om en anden fordeling af fuldkornsindtaget vil være lige så hensigtsmæssig? Er det fx ernæringsmæssigt lige så godt at spise et grahambrød baseret på grahamsmel og raffineret hvedemel med et fuldkornsindhold på 35% (dvs. det falder indenfor definitionen af et fuldkornsprodukt), som det er at spise et rugbrød baseret på halvsigtet rugmel og fuldkornsrugmel med et fuldkornsindhold på fx 34% (dvs. det falder uden for definitionen af et fuldkornsprodukt). Næringsberegning af sådanne to brødtyper viser, at rugbrødet, der ikke kan

klassificeres som et fuldkornsprodukt, har et væsentligt højere indhold af en lang række næringsstoffer samt et markant højere indhold af kostfibre (rugbrød (34% fuldkorn): 9 g kostfibre per 100 g; grahamsbrød (35% fuldkorn): 6 g kostfibre per 100 gram). Fra et ernæringsmæssigt synspunkt vil det være fornuftigt at fremme indtaget af rugbrød og fuldkornshvedebrød på bekostning af raffineret hvedebrød, men derimod kan det ikke anbefales, at en øgning i hvedebrødsindtaget, næsten uanset fuldkornsindhold, sker på bekostning af rugbrød. Selv om rugbrødet nu har en klar førerposition, hvad angår fuldkornsindhold, er der potentiale for væsentlige forbedringer, fx ved at øge anvendelsen af fuldkornsrugmel på bekostning af halvsgtet rugmel og rugsigtemel.

Alt i alt viser de beregnede indtagstal for fuldkorn, at en kommende indsats for at øge fuldkornsindtaget i første omgang bør rettes mod hele befolkningen.

Referencer

1. Fagt S, Matthiessen J, Biloft-Jensen A, Groth MV, Christensen T, Hinsch HJ et al. (2004). Udviklingen i danskernes kost 1985-2001. Danmarks Fødevarer- og Veterinærforskning, København.
2. Lyhne N, Christensen T, Groth MV et al (2005). Danskernes kostvaner 2000-2002. Hovedresultater. Danmarks Fødevarerforsknig, København.
3. Astrup AV, Andersen NL, Stender S, Trolle E (2005) Kostrådene 2005. En rapport fra Ernæringsrådet og Danmarks Fødevarerforsknig. Publikation nr. 35. Søborg, Danmark.
4. Fagt S, Christensen T, Groth MV, Biloft-Jensen A, Matthiessen J, Trolle E (2007). Børn og unges måltidsvaner 2000-2004. Danmarks Tekniske Universitet, Fødevarerinstitutionet, København.
5. Nordic Council of Ministers (2004) Nordic Nutrition Recommendations 2004. Integrating nutrition and physical activity. 4th edition. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
6. Cleveland LE, Moshfegh AJ, Albertson AM, Goldman JD. Dietary intake of whole grains. J Am Coll Nutr 2000;19(3 Suppl):331S-8S.
7. Franz M, Sampson L. Challenges in developing a whole grain database: Definitions, methods and quantification. Journal of Food Composition and Analysis 2006;19:38-44.
8. Lin BH, en ST (2007). The U.S. Grain Consumption Landscape: Who Eats Grain, in What Form, Where, and How Much? U.S. Dept. of Agriculture, Econ. Res. Serv.
9. Lassen A, Thorsen AV, Trolle E, Elsig M, Ovesen L. Successful strategies to increase the consumption of fruits and vegetables: results from the Danish '6 a day' Work-site Canteen Model Study. Public Health Nutr 2004;7:263-70.

Bilag 1

Indtag af fuldkorn (g/dag); gennemsnit, spredning og percentiler.

Gruppe	Antal	gns.	s.d.	median	1	5	10	25	75	90	95	99
Dreng, 4-5 år	115	36	21	31	3	10	14	21	46	68	75	118
Dreng, 6-9 år	229	32	24	27	2	8	11	17	41	53	83	132
Dreng, 10-13 år	206	30	22	26	2	5	7	15	42	60	76	111
Dreng, 14-17 år	128	27	24	20	1	3	5	12	36	53	85	124
Mænd, 18-24 år	184	31	25	25	0	3	5	11	44	66	77	114
Mænd, 25-34 år	384	36	26	30	1	5	8	16	49	70	84	132
Mænd, 35-44 år	458	41	29	35	1	6	10	21	52	76	97	161
Mænd, 45-54 år	444	43	30	35	3	10	14	24	55	77	102	137
Mænd, 55-64 år	384	39	24	34	2	8	13	23	50	71	89	109
Mænd, 65-75 år	250	42	32	37	1	6	13	24	53	74	85	134
Alle mænd	2782	37	27	32	1	6	10	19	49	70	86	128
Piger, 4-5 år	116	28	16	25	2	8	11	18	33	46	62	99
Piger, 6-9 år	214	28	16	25	3	8	11	17	36	47	64	85
Piger, 10-13 år	197	21	16	18	2	4	6	10	27	41	45	75
Piger, 14-17 år	166	18	15	14	0	2	4	8	22	35	48	81
Kvinder, 18-24 år	265	22	19	17	1	3	4	9	28	49	58	95
Kvinder, 25-34 år	458	28	20	25	1	4	7	14	39	54	67	98
Kvinder, 35-44 år	515	30	21	25	2	7	9	14	39	60	74	102
Kvinder, 45-54 år	525	29	16	26	4	8	12	18	36	50	60	84
Kvinder, 55-64 år	382	30	17	28	5	8	11	18	38	52	59	91
Kvinder, 65-75 år	231	31	15	29	4	10	14	20	40	50	57	75
Alle kvinder	3069	28	18	24	2	5	8	15	36	51	62	88
Alle	5851	32	23	27	2	6	9	16	42	61	75	113

Forkortelser

AACC	American Association of Cereal Chemists
ADI	Acceptable Daily Intake
AXU	Arabinoxylaner
BMI	Body Mass Index
DNA	Deoxyribonukleinsyre
FDA	Food and Drug Administration
FFQ	Food Frequency Questionnaire (fødevarefrekvensskema)
FSANZ	Food Standard Australia New Zealand
GB	Glykæmisk Belastning
GI	Glykæmisk Indeks
GR	Glykæmisk Respons
HDL	High Density Lipoprotein
IGF-1	Insulin-like Growth Factor-1
IR	Insulin Resistens
LDL	Low Density Lipoprotein
MJ	Mega Joule
NNA	Nordiske NæringsstofAnbefalinger
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NSP	Non-Starch Polysaccharides (ikke-stivelses polysakkarider)
OR	Odds Ratio
PAH	Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner
QUID	QUantitative Ingredient Declaration
RACC	Reference Amount Customarily Consumed
RR	Relativ Risiko
T1DM	Type 1 Diabetes Mellitus
T2DM	Type 2 Diabetes Mellitus
WGC	Whole Grains Council

