

Kartoflen

- Sund delikatesse eller fedende fyld

Jævnligt debateres det, om kartofler er sunde eller usunde. Svaret må være et rungende "Ja, hvis.....". Kartofler er blevet kastebolde i fedmedebatten, fordi de indeholder meget stivelse og derfor antages at have højt glykæmisk index (GI). Men kartofler har ikke altid høj GI, og deres kulinariske og sundhedsmæssige værdi afhænger både af sortens genetiske sammensætning, dyrkningsbetingelser, behandling under transport, opbevaring og tilberedning.

Af Inga C. Bach, Planteforskning.dk, Andreas Blennow og Birgitte Sloth, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Jørgen Christiansen, Poul Erik Lærke og Peter Ulvskov, Danmarks JordbrugsForskning, Pia Knuthsen, Kit Granby og Mette E. Poulsen, Danmarks Fødevarerforskning og Hanne Grethe Kirk, LKF Vandel

Kartofler har længe været indbegrebet af et sundt levnedsmiddel, og de har ligget trygt i bunden af kostpyramiden. De anbefales også i de nye officielle kostanbefalinger fra Motions- og Ernæringsrådet, men i den amerikanske ernæringsforsker Walter Willets "Omvendte kostpyramide" er kartofler placeret i toppen - degraderet til en usund fødevarer.

Uenigheden om kartoflens plads i kostpyramiderne skyldes dels uenighed om betydningen af letfordøjelige kulhydrater i kosten, og dels at der er stor forskel på amerikanske og danske kartofler.

Indtagelse af letfordøjelige kulhydrater, kan medføre en relativt stor stigning i blodets indhold af glukose (blodsukker), og blandt ernæringsforskere er der enighed om, at indtaget af meget sukkerholdige fødevarer og drikke bør begrænses. Nogle ernæringsforskere anbefaler desuden at begrænse indtaget af andre fødevarer med højt glykæmisk index (GI) - et mål for kulhydratrige fødevarers påvirkning af blodets glukoseindhold. Se Boks 1.

Stivelsesrige fødevarer som hvidt brød, pasta, ris og kartofler regnes ofte for at have højt GI, og placeres derfor i toppen af Willets kostpyramide. Der er imidlertid en udbredt misforståelse, at stivelse altid er letfordøjeligt. For eksempel har det vist sig, at nogle kartoffeltyper har lav GI, selvom de indeholder ligeså meget stivelse som andre kartofler. Stivelsens struktur har stor betydning for fordøjeligheden, og mens nogle typer stivelse nedbrydes meget hurtigt i fordøjelsessystemet, nedbrydes andre typer kun langsomt. Også tilberedningsmetoden påvirker GI.

Nogle kartoffelprodukter, f.eks. pulverkartoffelmos, har

som regel høj GI, men da fedt, protein og fibre mv. påvirker optagelsen af glukose, kan det være svært at forudsige det samlede måltids GI ud fra de enkelte ingrediensers mængdeforhold og GI (Figur 1). Hvis et kartoffelprodukt med høj GI indgår i et måltid med grønsager og kød, har det derfor begrænset indflydelse på måltidets samlede GI.

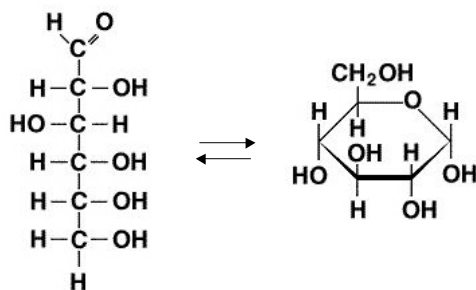
I nogle undersøgelser er der fundet en sammenhæng mellem kostens GI og trangen til at spise for meget. I andre undersøgelser kunne der ikke påvises en sammenhæng



Figur 1. Fedt, protein og fibre påvirker optagelsen af glukose. Den beregnede GI for et måltid kan derfor være usikker. Forsidefoto fra Hjerteforeningens kogebog "Mad til rigtige mænd".

Box 1. Glykæmisk index

Glykæmisk index (GI) er oprindeligt et begreb fra diabetesforskningen. Det bruges til at klassificere kulhydratrige fødevarer efter deres påvirkning af blodets indhold af glukose (blodsukker). For at beregne en kulhydratrig fødevarers GI skal ti forsøgspersoner spise en mængde, som svarer til 50 g tilgængeligt kulhydrat. Koncentrationen af glukose i forsøgspersonens blod måles flere gange i løbet af de næste to timer og sammenlignes med tilsvarende målinger efter indtagelse af en referencefødevarer. Referencen er oftest 50 g ren glukose opløst i vand, men kan også være en portion hvidt brød med 50 g tilgængelig kulhydrat. Værdier målt med brød angivet som reference er generelt



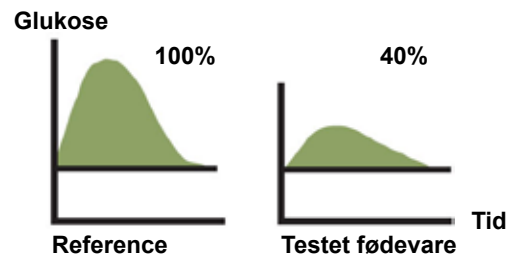
Den kemiske formel for glukose er $C_6H_{10}O_5$. Et glukosemolekyle kan enten være lineært eller ringformet.

højere end GI med glukose som reference. Fødevarer med lav GI har værdier under 55, mens høj GI er over 70 (målt med glukose som reference).

Der er stor usikkerhed på måling af GI. Foruden måleusikkerhed er der også stor variation i GI inden for den samme type fødevarer. Det skyldes, at en fødevarers GI afhænger af mange faktorer såsom partikelstørrelse, tilberedning, opbevaring og tilstedeværelsen af andre fødekomponenter som protein, fedt og fibre. GI-værdier for en lang række fødevarer kan findes i en database, som er etableret af The University of Sydney. Se <http://www.glycemicindex.com>.

Store udsving i blodets indhold af glukose er af nogle forskere blevet associeret med øget risiko for at udvikle bl.a. type-2-diabetes og hjertekarsygdomme. Nogle ernæringsforskere mener desuden, at også appetitreguleringen påvirkes, og at store udsving i blodsukkerniveauet kan føre til dårlig appetitregulering og overvægt. Andre ernæringsforskere tillægger fødevarernes GI-værdi ringe betydning i forbindelse med overvægt og fremhæver, at appetitreguleringen påvirkes af mange forskellige faktorer, såvel fysiologiske og psykologiske. For eksempel reduceres trangen til at spise for meget, hvis man spiser fiberrig

mellem kostens GI og vægt. Sikkert er det, at mange andre faktorer end kostens GI har indflydelse på appetit og vægt. F.eks. har det stor betydning, hvor meget fødevarer mætter i forhold til energiindholdet. Generelt mætter fødevarer med lav energitæthed mest, men også andre faktorer spiller ind. Australiske forskere har undersøgt mæthedsindexet



Blodsukkerresponskurver.

Blodets indhold af glukose følges i to timer efter indtagelse af en fødevarer. Arealet over fasteniveau under blodsukkerresponskurven (iAUC) sammenlignes med iAUC for en referencefødevarer. Referencefødevarers iAUC sættes til 100%.

$$GI (\text{testfødevarer}) = \frac{iAUC (\text{testfødevarer}) \cdot 100}{iAUC (\text{reference})}$$

kost med lav energitæthed og motionerer.

Der er lavet en række studier af måltider med hhv. høj og lav glykæmisk index. Forsøgspersoners følelse af sult og mæthed efter testmåltidet blev registreret og det blev målt, hvor meget de spiste, når de senere fik serveret et almindeligt måltid ad libitum. Flere men ikke alle disse studier viste lavere sult, mere mæthed og/eller mindre energi indtag ved efterfølgende ad libitum måltider, når forsøgspersonerne havde spist et testmåltid med lav GI-værdi, men i de fleste af undersøgelserne blev forsøgspersonerne kun fulgt i en kort periode.

I en undersøgelse på Institut for Human Ernæring, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole spiste to grupper let overvægtige kvinder kulhydratrig og fedtfattig mad med hhv. lav (LGI) og høj GI-værdi (HGI) i 10 uger. Indholdet af fibre, protein, fedt og energitætheden mv. var det samme i begge kosttyper. Begge grupper kvinder tabte sig; LGI gruppen lidt mere end HGI-gruppen, men der var ikke signifikant forskel. Det daglige energiindtag faldt for begge grupper i løbet af de 10 uger, selvom kvinderne kunne spise, så meget de ville. Det kan tyde på, at den fedtfattige kulhydratrige kost uanset GI mættede mere end den kost, som kvinderne plejede at spise.

I samme undersøgelse blev kvindernes kolesteroltal målt, og det viste sig, at kvinderne i LGI-gruppen havde signifikant 10% fald i det skadelige LDL-kolesterol, mens der var en lille stigning i dette hos HGI gruppen. Dette studium og flere øvrige studier tyder således på, at kostens GI kan have indflydelse på risikofaktorer af betydning for udvikling af hjerte- og karsygdomme.

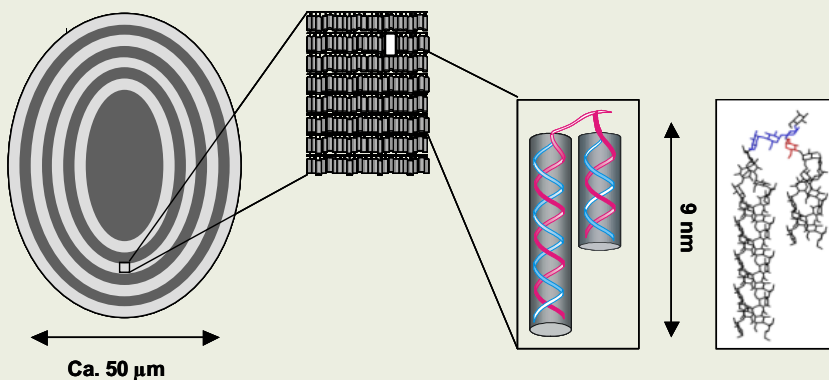
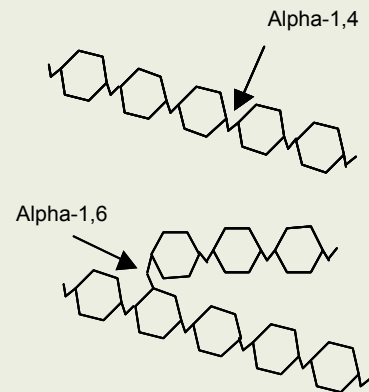
for 38 forskellige fødevarer og fandt, at kogte kartofler mættede mest i forhold til energiindholdet - 7 gange mere end croissanter. Blandt grundene til kartoflers høje mæthedsindex er, at de indeholder meget vand (ca. 80%) og har en lav energitæthed (ca. 350kJ/100g).

Kartofler indeholder vitaminer, mineraler, essentielle

Boks 2. Stivelse

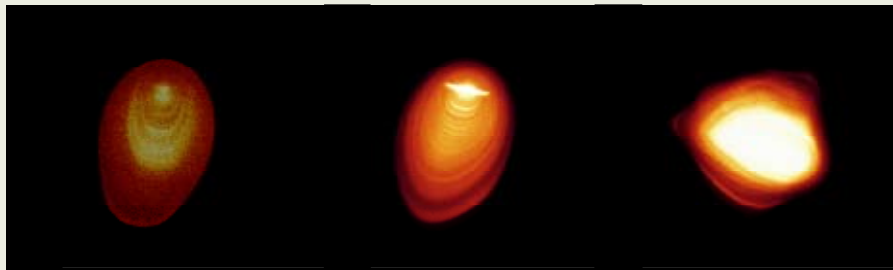
Stivelse er et polysakkarid, der fortrinsvis består af lange kæder af glukose. Stivelsesmolekyler er blandt naturens største molekyler, og et enkelt molekyle kan indeholde flere millioner glukoseenheder. Den kemiske formel er $(C_6H_{10}O_5)_n$, hvor "n" angiver det totale antal glukoseenheder pr. molekyle.

De lange glukosekæder i stivelse kan være mere eller mindre forgrenede. Molekyler med få eller ingen forgreninger kaldes amylose, mens forgrenede molekyler kaldes amylopektin. I amylopektin er der en forgrening for hver 24-30 glukoseenheder. De fleste glukoseenheder er forbundet med alpha-1,4 bindinger, men i forgreningerne er to glukoseenheder forbundet med en alpha-1,6 binding.

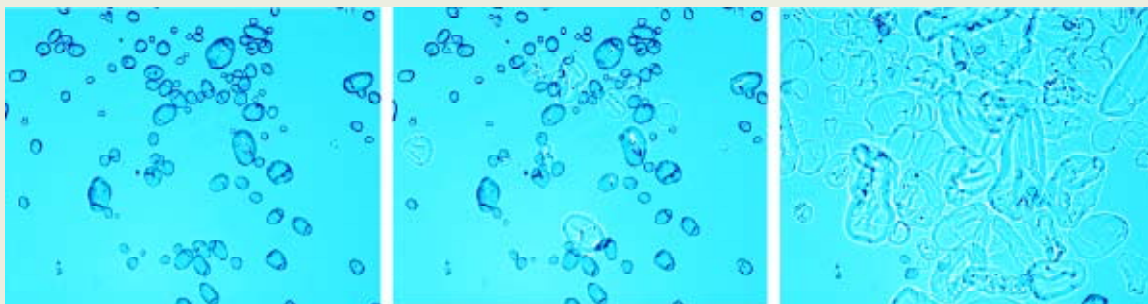


Amylopektin kan danne dobbelt-helixer som ordner sig i koncentriske krystallinske lag.

Amylose derimod er ikke så velordnet i stivelseskornet, men lægger sig ind imellem de krystallinske amylopektinlag.



De karakteristiske stivelseskorn kan ses i mikroskop. Man kan vurdere, om der er lidt eller meget amylose i stivelseskornene ved konfokalmikroskopi efter tilsætning af et fluorescerende molekyle, der binder til stivelsesmolekylerne. Jo lysere korn, jo mere amylose.



Når stivelse koges, optager stivelseskornene vand og kvælder op. En væske med kogt stivelse bliver tyktflydende og stivner, når den køles af. Amylopektin gelatiniserer lettere end amylose. Den gelatiniserende effekt af stivelse udnyttes til mange forskellige formål.

amino-syrer og fibre, som vi har behov for at få via vores kost, men de indeholder også stoffer, som kan påvirke vores helbred i negativ retning, hvis indholdet er for højt.

Stivelses struktur og nedbrydning

Kartoffelknoldens energilag består hovedsageligt af stivelse, der udgør 15-20% af kartofflen. Stivelse er ikke en homogen masse af ens molekyler (Se boks 2). Kæderne af glukose kan være mere eller mindre forgrenede, og de kan have meget forskellig længde. Både stivelsesmolekylernes forgreningsgrad og længde har betydning for kartofflens GI.

I rå kartofler er næsten al stivelse organiseret i krystalstrukturer i stivelseskornene, og kornenes størrelse afspejler amylose- og amylopektinkædernes længde.

Stivelsens sammensætning afhænger bl.a. af sort, dyrkningsbetingelser, kartofflens udviklingstrin og forhold under og efter tilberedning. Små umodne kartoffelknolde (nye kartofler) har som regel små stivelseskorn med relativt korte stivelsesmolekyler, mens store færdigtudviklede kartofler (f.eks. bagekartofler) oftest har store stivelseskorn med lange stivelsesmolekyler.

Stivelseskornene i en rå kartoffel er kompakte og meget resistente mod enzymatisk nedbrydning, men når kartoflerne koges kvælder mange af stivelseskornene op, så glukosekæderne bliver tilgængelige for stivelsesnedbrydende enzymer. Nedbrydningen begynder allerede, mens man tygger kartofflen, og fortsætter i mave-tarmkanalen. Det sker ved hjælp af fordøjelsesenzymer, f.eks. alfa-amylaser, som udskilles i spytkirtler og bugspytkirtel.

Ved nedkøling af kogte kartofler, kan de korte amylose kæder, der er blevet frigjort fra stivelseskornene efter kogningen, re-krystallisere til meget kompakte partikler. Stivelsesmolekyler, der er tæt pakket i krystaller eller beskyttet f.eks. i et netværk af protein som i pasta, undgår nedbrydning og optagelse i tyndtarmen, og betegnes resistent stivelse.

Resistent stivelse nedbrydes først, når det har passeret tyndtarmen og udsættes for enzymer fra tyktarmens mikroflora. I tyktarmen forgæres stivelsen af tarmens mikroflora til kortkædede fedtsyrer, som bl.a. har en forebyggende effekt på tyktarmsbetændelse. Resistent stivelse har desuden en kolesterolsænkende effekt. En stor del af befolkningens totale indtag af resistent stivelse kommer fra kartofler, og kartofflen kan således tænkes at bidrage til sygdomsforebyggelse i befolkningen.

Biosyntese af stivelse

Stivelsesgruppen, Plantebiokemisk Laboratorium ved Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole (KVL) forsker i biosyntese af kartoffelstivelse. En lang række enzymer spiller hver sin rolle i biosyntesen af stivelse, og de enkelte enzymeres aktivitet er afgørende for stivelsens sammensætning.

Kendskabet til enzymernes funktion og de gener, der koder for enzymerne, gør det muligt at udvikle kartofler

med modificeret stivelse. På KVL er der f.eks. fremstillet genetisk modificerede kartofler med en meget lav GI-værdi. I disse kartofler har man nedreguleret ekspresionen af genet, der koder for det enzym, der danner alfa-1,6-forgreningspunkterne i stivelsesmolekylet. Stivelsen indeholder derfor mindre af det letfordøjelige amylopektin og mere amylose, og kartoflerne har dermed et højt indhold af resistent stivelse.

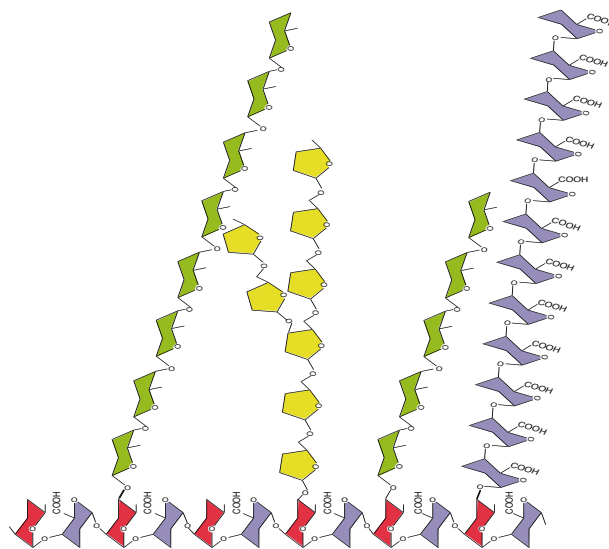
Man kan også bruge den nye viden om generne til at udvikle kartoffelsorter med mere resistent stivelse ved hjælp af traditionel forædling. Der er en vis genetisk variation i dyrkede kartoffelsorter, som kan udnyttes, men for at få større ændringer i stivelsens sammensætning, må forædlerne enten krydse varianter af de involverede gener ind fra vilde kartofler eller lede efter planter, hvor der er sket en mutation.

Også for andre stivelsesholdige afgrøder er der fokus på stivelsens sammensætning, og der er fundet mutanter af bl.a. ris, majs, hvede og byg med modificeret stivelse.

Fibre

Fiberrig kost anbefales både ifølge de danske kostråd og i Willets kostpyramide. Fibrene findes fortrinsvis i plantecellernes vægge, og selvom cellevæggene kun udgør godt én procent af kartofflens vægt, er de væsentlige for vores sundhed. For eksempel fører et øget fiberindtag til et fald i koncentrationen af kolesterol i blodet. Den primære effekt af fibrene skyldes, at fibrene binder galde og dermed reducerer genoptagelsen af kolesterol fra tarmen.

De meget grenede polysakkarider (f.eks. pektin) i



Figur 2. Pektin består af forskellige forgrenede polysaccharider. Her ses rhamnogalacturonan-I, en meget grenet pektinpolymer, som kartofler er rige på. Rhamnogalacturonan-I er sammensat af forskellige sukkerenheder: Arabinose (markeret med gult), galactose (grønt), galacturonsyre (violet) og ramnose (rødt). Homogalacturonan, dvs. lange kæder af galacturonsyre, anvendes bl.a. som fortykkelsesmiddel i syltetøj.

kartoflens cellevægge kan ikke omsættes uden hjælp fra tarmens mikroflora. Ved den mikrobielle nedbrydning (fermentering) af denne type kulhydrater dannes især kortkædede fede syrer ligesom ved mikrobiel nedbrydning af resistent stivelse.

Cellevæggene har en indirekte effekt på stivelsens resistens. Hvis en celle stadig er intakt, når den når ud i tyndtarmen, vil dens indhold først blive omsat, når tyktarmens mikroflora nedbryder den beskyttende cellevæg.

Både fibrene og de intakte planteceller med solide vægge gavner mikrofloraen og giver et godt miljø i mave-tarmsystemet. Grov og fiberrig kost forsinkes også optagelsen af glukose og er derfor med til at give et stabilt blodsukkerniveau.

Der produceres meget kartoffelmel i Danmark, og her er cellevæggene et biprodukt. Kartoffelfibre er en vigtig ingrediens i f.eks. fedtfattig leverpostej.

Forskere ved Biocentrum-DTU og Forskningscenter Årsløv, Danmarks JordbrugsForskning (DJF) har sammen med partnere i fødevarerindustrien optimeret en metode til enzymatisk ekstraktion af de vandopløselige kostfibre fra kartoffelpulp (restproduktet fra stivelsesfremstilling) og de oprensede fibres ernæringsmæssige værdi er testet i dyreforsøg.

Biosyntesen af kartoflens cellevægge studeres i forskergruppen for Cellevægsbiologi og molekylær virologi (DJF, Frederiksberg). Her er der særligt fokus på strukturen af pektin. Se figur 2.

Proteiner, vitaminer og mineraler

Stivelse er det dominerende næringsstof i kartofler, men de indeholder også proteiner, fedt, vitaminer og mineraler. Proteinfraktionen udgør kun 0,5-2% af friske kartofler og fedtindholdet er under 0,5%. Kartoffelproteinernes aminosyresammensætning er ernæringsrigtig og fedtstofferne består primært af sunde umættede fedtsyrer.

Det har dog meget begrænset ernæringsmæssig betydning, da koncentrationen af protein og fedt er så lav.

Kartofler indeholder flere gavnlige vitaminer og mineraler, f.eks. B-vitaminer, C-vitamin, kalium og jern. C-vitaminskoncentrationen i nye kartofler er højere end i agurker, gulerødder og æbler, men lavere end i broccoli, solbær og citroner. I kartofler, der er høstet om efteråret og har ligget på lager hele vinteren, er C-vitaminindholdet faldet. Kartoffler dækker alligevel en stor del af vores daglige behov for C-vitamin, fordi vi spiser relativt store mængder. Alternativer til kartofler, som pasta og ris, indeholder ikke C-vitamin.

Hvert år produceres mange tusinde tons proteinrig pulp som biprodukt fra stivelsesproduktionen. En del af proteinfraktionen kan oprensnes fra pulpen og sælges som et værdifuldt fodertilskud til husdyr. Restproduktet indeholder mineraler og kvælstof og anvendes som gødning på markerne.

En kartoffel indeholder omkring 1000 forskellige proteiner, hvoraf langt de fleste kun findes i meget lav koncentration. Nogle af kartoflens proteiner er enzymer med funktioner i cellens stofskifte, mens andre er strukturelle proteiner, der spiller en rolle i cellens arkitektur. Lagerproteiner, som skal forsyne kartoffelspirer med aminosyrer, udgør omkring 80% af proteinfraktionen.

Ved Aalborg Universitet analyseres kartoffelproteinerne i detaljer bl.a. med henblik på at udnytte kartoffelproteineres enzymaktivitet i industrien.

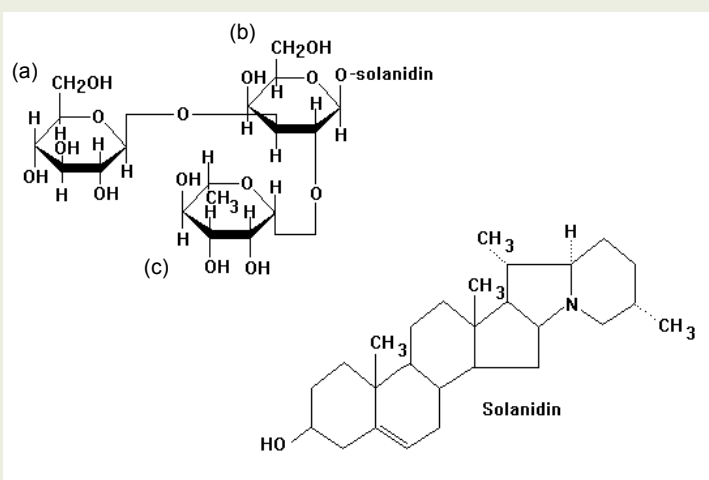
Kartoflens forsvarstoffer

Solaniner og chaconiner er naturlige forsvarstoffer af typen glycoalkaloïder. Disse stoffer forekommer i alle dele af kartoffelplanten, men den højeste koncentration findes i de overjordiske dele af planten samt i spirer. Små mængder i knoldene bidrager til den karakteristiske kartoffelsmag, men kartofler med høje koncentrationer af glycoalkaloïder

Box 3. Glycoalkaloïder

Kartoffel (*Solanum tuberosum*) tilhører slægten *Solanum* i natkyggefamilien (*Solanaceae*). Natkyggefamilien inkluderer mange vigtige afgrøder, som f.eks. tomat, aubergine peberfrugt og chili, men i natkyggefamilien findes også giftige arter som tobak og bulmeurt.

Kartofler indeholder de giftige glycoalkaloïder solanin og chaconin. Glycoalkaloïder er naturlige stoffer, som forekommer i alle dele af kartoffelplanten. Koncentrationen er lav i knoldene hos de sorter, der er på markedet idag, men det stiger, hvis kartoflerne udsættes for svampe- eller bakterieangreb, hårdhændet behandling eller opbevaring i lys.



Glycoalkaloïdet solanin er sammensat af tre sukkermolekyler (glukose (a), galactose (b) og rhamnose (c), som er forbundet med alkaloidet solanidin. Sukkerdelen i chaconin er lidt anderledes.

smager bittert. Moderne spisekartofler indeholder typisk 20-100mg/kg.

Solaniner og chaconiner er meget giftige stoffer, der bl.a. kan udløse mavesmerter og påvirke nervesystemet, og hvis koncentrationen overstiger 200mg/kg, bør kartoflerne ikke anvendes til konsum. Kartofflens frugter ligner små grønne tomater, men da koncentrationen af glykoalkaloider i frugterne kan være meget høj, kan indtagelse medføre døden.

For så giftige stoffer som kartoflens glykoalkaloider, ville man normalt fastsætte en grænseværdi med en stor sikkerhedsmargen, f.eks. 100-1000 gange lavere end skadelig dosis. Når man accepterer en betydeligt mindre sikkerhedsmargen for kartoflers glykoalkaloider end for mange andre giftige stoffer, skyldes det, at århundreders erfaring har vist, at mennesker kan tåle at spise knoldene.

Der er meget stor sortsvariation med hensyn til indholdet af glykoalkaloider i kartoffelknolde. Når der forædles nye kartoffelsorter, bliver indholdet i knoldene målt både lige efter høst og efter lagring under forskellige betingelser. Hvis indholdet i en sort er for højt, bliver den ikke markedsført.

Forskellige faktorer betydning for indholdet af glykoalkaloider i spisekartofler blevet undersøgt ved Afdeling for Jordbrugsproduktion og Miljø (DJF i Foulum). Der udvikles også genetiske markører, der er koblet til gener, som er involveret i syntesen af glykoalkaloider. Disse markører vil gøre det lettere at udvikle nye sorter med lavt indhold af glykoalkaloider.

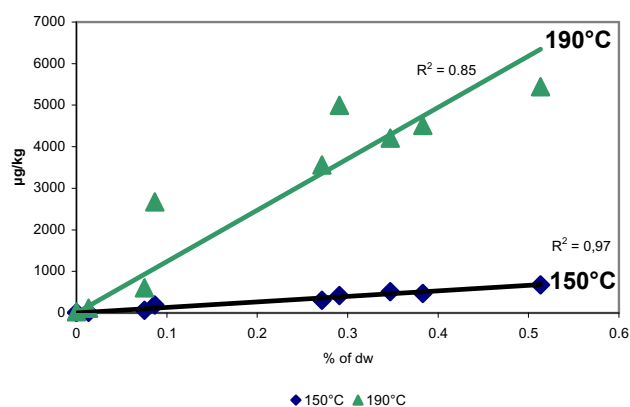
Indholdet af glykoalkaloider er højere i umodne kartofler end i modne kartofler, og det falder yderligere under lagring på kølelager. Koncentrationen er højest i skrællen. Ved sygdomsangreb eller hårdhændet håndtering kan kartoflernes forsvarssystem aktiveres, så indholdet af glykoalkaloider øges betydeligt, især hvis kartoflerne udsættes for dårlige opbevaringsforhold, f.eks. lys og varme.

Fødevarestyrelsen og Danmarks Fødevarerforskning har igennem flere år gennemført kortlægningundersøgelser af indhold af glykoalkaloider i både danske og importerede kartofler.

Pesticidrester

Kartofler angribes af mange forskellige sygdomme og skadedyr, men især kartoffelskimmel volder problemer. Langt de fleste kartoffelmarker bliver behandlet med kemiske midler, for at begrænse skimmelangreb. I de fleste lande må også økologiske kartoffelmarker behandles med f.eks. kobberholdige midler, men det er ikke tilladt i Danmark.

Fødevarestyrelsen analyserer stikprøver af både danske og importerede kartofler for at sikre, at grænseværdierne for pesticidrester ikke er overskredet. I 2003 blev der analyseret 70 prøver af danske kartofler og 17 prøver af importerede kartofler. Der blev fundet pesticidrester under grænseværdien i én dansk prøve. Tre udenlandske prøver indeholdt pesticidrester, for hvilke der ikke er fastsat nogen



Figur 3. Akrylamid (y-akse) i forhold til glukose (x-akse) i chips, som er fritret ved 190°C eller 150°C.

grænseværdi.

Data fra stikprøvekontrollen af frugt og grønt offentliggøres på Fødevarestyrelsens hjemmeside.

Forarbejdning

Både råvarens kvalitet og forarbejdningsmetoderne har betydning for kvaliteten af et færdigt kartoffelprodukt. Chips og pommes frites kan ikke blot blive misfarvede; der kan også dannes sundhedsskadelige stoffer ved uheldsmæssig tilberedning.

Når kartofler tilberedes ved bruningsprocesser som f.eks. ristning, fritering eller varmebehandling i ovnen dannes det kemiske stof akrylamid, der er klassificeret som sandsynligvis kræftfremkaldende. Færdigproducerede kartoffelprodukter som f.eks. chips indeholder også akrylamid. Produkter som chips eller pommes frites indeholder omkring 500µg akrylamid/kg, men med stor variation mellem prøverne. Det samlede kostindtag af akrylamid er ca. 30-40µg om dagen, og heraf er ca. 1/3 fra kartoffelprodukter.

Dannelsen af akrylamid sker ud fra aminosyren asparagin og sukkerstoffer, som findes i de rå kartofler. Jo mere der findes af udgangsstofferne og jo kraftigere varmebehandling des mere akrylamid dannes der. Se figur 3. Indholdet af udgangsstofferne i den rå kartoffel afhænger af dyrkningsforhold, sort og lagringsbetingelser. Specielt sukkerindholdet varierer over året (ca en faktor 3), med stigende indhold gennem lagringsperioden. Det skyldes, at kartofflen danner sukker, når temperaturen er lav, og derfor skal lagringstemperaturen helst ikke være under 8°C.

Forbehandling med varmt vand (blanchering) af de snittede kartofler inden fritering kan nedsætte indholdet af sukker og asparagin og dermed reducere akrylamid i færdige og forbrugertilberedte pommes frites med ca. 80% (fra 2500µg/kg til 500µg/kg).

Hovedparten af akrylamiden dannes ved den endelige tilberedning. Derfor er det vigtigt, at både forbrugere og spisesteder er opmærksomme på at tilberede kartofler ved moderate temperaturer. Også andre fødevarer, f.eks. ristet brød, kan indeholde akrylamid, og stoffet findes også i kaffe.

DFVF undersøger sammen med Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og en industriproducent mulighederne for at reducere indholdet af akrylamid i bl.a. friterede kartofler. Her ses bl.a. på betydningen af de forskellige procestrin i produktionen og den endelige tilberedning af pommes frites.

På Afdeling for Jordbrugsproduktion og Miljø (DJF i Foulum) undersøges sortforskelle og dyrknings- og lagerbetingelsers indflydelse på råvarekvaliteten af kartofler til fremstilling af chips og pommes frites.

Kartoflernes plads

Danskerne har halveret deres forbrug af kartofler gennem de seneste 50 år, og også i mange andre europæiske lande er kartoffelforbruget faldet markant. Især forbruget af kogte kartofler er faldet, mens der spises flere chips og pommes frites. I samme periode er der sket en markant stigning i antallet af overvægtige mennesker. Der er mange årsager til fedme, men blandt de vigtigste er mindre fysisk aktivitet og øget indtag af energitætte føde- og drikkevarer.

Når kartofler vurderes som usunde af nogle amerikanske ernæringsforskere, mens de anbefales i Europa, skyldes det bl.a. forskelle i foretrukne tilberedningsmetoder og sorter. I USA spises fortrinsvis bagte, friterede, mosede eller stegte kartofler, mens kogte kartofler foretrækkes i Central- og Nordeuropa. Generelt har kartofler i USA, Canada, Australien og Storbritannien højere GI-værdier end kartofler i Centraleuropa. Det kan dels skyldes sortforskelle, dels at mindre og mere umodne kartofler foretrækkes i Centraleuropa.

Selvom man foretrækker kost med lav GI, er der ingen grund til at droppe kartoflerne. Små nye kartofler har ofte lav GI, og hvis kartoflerne afkøles, kan det blive endnu lavere. Kartofler har lav energitæthed og giver en god mæthedsfornemmelse, så heller ikke under en slankekur behøver man at udelade kogte kartofler fra menuen. Men, som det også gælder for andre fødevarer, kan man godt tage på af kartofler, hvis man spiser for mange i forhold til det øvrige energiindtag og sit totale energiforbrug.

Nye typer kartofler

I mange år er kartofler blevet solgt som billig bulkvare, og de færreste lægger mærke til, om de køber den ene eller den anden sort. Sådan behøver det ikke at være. Der kan produceres en række nye typer spisekartofler. Allerede i dag sælges små convenience-kartofler, der er vaskede og klar til at putte i gryden.

Blandt de specialprodukter, som vil kunne leveres om få år, er små tyndskrællede salatkartofler med lav GI. Der kan også produceres blå, røde eller orange kartofler med et højt indhold af antioxidanter. Også vilde kartofler af arten *Solanum pureja* kunne finde vej til de danske gryder.

Britiske forældre har udviklet en bagekartoffel, med 26% færre kulhydrater. Bagekartofler har generelt høj GI, men GI for den nye bagekartoffel forventes at være betydeligt lavere. Desuden har den en cremet konsistens

og markedsføres som "butterless baker".

Til fremstilling af chips og pommes frites med lavere fedtindhold kan dyrkningsbetingelserne tilpasses, så kartoflernes tørstofindhold bliver så højt som muligt. Chips og pommes frites bliver aldrig sunde, men når kartoflerne indeholder mindre vand optager de mindre fedt under fritering.

I Indien er underernæring og fejlernæring et stort problem. Her har forskere udviklet genetisk modificerede kartofler med et højt indhold af protein for at forbedre ernæringstilstanden hos den fattigste del af befolkningen.

Indholdet af solanin er reduceret i en gensplejset kartoffel. Skotske forskere har nedreguleret et gen, som koder for et enzym med en central rolle i syntesen af solanin. Der er ingen planer om markedsføring af denne kartoffel i Danmark, men forskere fra Handelshøjskolen i Århus har brugt den som eksempel i en undersøgelse af forbrugernes holdninger til gensplejsede fødevarer.

Ingen af de kartoffelsorter, der sælges i Europa i dag, er gensplejsede, men med genteknologien åbnes nye muligheder. Gensplejsede kartofler med ændret stivelsessammensætning og kartofler med resistens mod skimmel er under afprøvning i markforsøg, men der vil formentlig gå en del år, før gensplejsede spisekartofler vil blive præsenteret for danske forbrugere.

Kartofflen har et stort potentiale, og når forskere, forældre og producenter samarbejder, kan der produceres spisekartofler, som har endnu bedre ernæringsmæssig og kulinarisk kvalitet, end de kartofler vi kender i dag.

Videre læsning:

En faglig vurdering af den "omvendte" kostpyramide. Ernæringsrådet. 2005. www.meraadet.dk/gfx/uploads/rapporter_pdf/Pyramiderapport_www.pdf

Kostrådene 2005. Ernæringsrådet. 2005.

www.meraadet.dk/gfx/uploads/rapporter_pdf/Kostraadene%202005_www.pdf

Links:

Alt om kost: www.altomkost.dk

Danmarks Fødevareforskning: www.dfvf.dk

Danmarks JordbrugsForskning: www.agrsci.dk

Fødevaredatabanken: www.foodcomp.dk

Fødevarestyrelsen: www.foedevarestyrelsen.dk

Kartoffelns hjemmeside: www.kartoffel-info.dk

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole: www.kvl.dk

LKF Vandel: www.lkvandel.dk

Motions og ernæringsrådet: www.meraadet.dk