

## Antinæringsstoffer i bælgplanter og virkningen af forarbejdning på bioaktive forbindelser

*Litteraturgennemgang af Eva Bräuner Sørensen, SEGES Innovation*

Bælgplanter er planter af ærteblomstfamilien, fabaceae, som danner frø i en bælg. Disse frø kaldes bælgfrugter. Mange bælgfrugter er spiselige og betragtes i mange dele af verden som en bæredygtig basisfødevarer. Generelt anses bælgfrugter som sunde og er en god kilde til kostfibre, protein, vitaminer og mineraler (Carbas et al., 2020; Shi et al., 2018). Desuden indeholder bælgfrugter bioaktive komponenter, som ofte er forbundet med ernærings- og sundhedsmæssige fordele, f.eks. kræftforebyggende effekt (KU FOOD et al., 2020). Dog er nogle af disse bioaktive komponenter, giftige, bitre eller har en skadelig og reducerende virkning på proteinfordøjeligheden og/eller biotilgængeligheden af essentielle næringsstoffer i tilstrækkelige koncentrationer (Acquah et al., 2021; Joye, 2019; KU FOOD et al., 2020; Kumar et al., 2022).

På grund af deres ernæringsmæssige påvirkning bliver disse uønskede stoffer ofte omtalt som antinæringsstoffer i litteraturen. Adskillige forskningsteams har undersøgt effekten af forskellige forarbejdningsteknikker på reduktion af antinæringsstofindholdet i bælgfrugter (Acquah et al., 2021; Gharibzahedi & Smith, 2021; Joye, 2019; Nkhata et al., 2018; Popova & Mihaylova, 2019).

De mest almindelige antinæringsstoffer, der findes i bælgfrugter er lektiner, fytinsyre, oligosaccharider og enzyminhibitorer, såsom trypsin- chymotrypsin og  $\alpha$ -amylase inhibitorer, tanniner, fenoler og saponiner og oxalater. Fytinsyre, enzyminhibitorer og oligosaccharider findes primært i kimbladene i frøet, mens fenoler og tanniner primært findes i skallen (Kumar et al., 2022a). Antiernæringsmæssige faktorer i bælgfrugter produceres som sekundære metabolitter i planter og er en del af planternes forsvarsmekanisme mod skadedyr, konkurrerende planter og stressende miljøfaktorer (Acquah et al., 2021).

Dette litteraturstudie belyser tilstedeværelsen af antinæringsstoffer i bælgfrugter (herunder hestebønner, markærter, lupiner, kikærter og linser), samt deres antiernæringsmæssige effekter, og redegør for forskellige forarbejdningsteknikker til at reducere indholdet af disse antinæringsstoffer.

### Antinæringsstoffer

Nedenfor beskrives de mest gængse antinæringsstoffer i bælgfrugter samt deres effekter.

#### Lektiner (phytohemagglutinin)

Lektiner er planteproteiner der kan binde kulhydrater og proteiner, og findes typisk i bælgfrugter. Ved indtagelse kan de binde sig til specifikke receptorceller i tarmen, hvor de forårsager ændringer i tarmens evne til at optage næringsstoffer, og kan give akutte mavesmerter og oppustethed, hæmning af vækst, indre blødninger og leverskader. Lektiner kan ligeledes mindske aktiviteten af fordøjelsesenzymer ved at binde mineraler som ellers skulle fungere som co-faktorer. Der er forskel på, hvor giftige forskellige typer af lektiner er, hvorfor lektiner i en art eller sort kan være mere skadelige end lektiner i en anden (Kumar et al., 2022; Shi et al., 2018). Selvom lektiner anses som antinæringsstoffer, er det blevet påvist, at de i mindre mængder kan have gavnlige effekter i f.eks. modvirkning af kræft (Kumar et al., 2022) og kan hjælpe med at regulere blodsukkerniveauet (Acquah et al., 2021).

#### Fytinsyre (fytat)

Fytinsyre findes i alle typer af bælgfrugter i varierende mængder, og er den primære form hvorpå fosfor lagres i bælgfrugter. Fytinsyre er i stand til at binde mineraler i uopløselige komplekser, hvorved mineralerne bliver

biologisk utilgængelige, hvilket kan medføre mineralmangel. Den stærke binding af mineraler påvirker ligeledes aktiviteten af fordøjelsesenzymer, som behøver mineraler som co-faktorer for normal funktion.

Derudover er det blevet vist, at fytinsyre kan binde protein og stivelse i stærke komplekser, hvorved opløseligheden og biotilgængeligheden af disse næringsstoffer nedsættes (Kumar et al., 2022; Shi et al., 2018).

Man ved dog også, at fytinsyre spiller en vigtig rolle i DNA reparation, endocytose og hormonsignalering. Desuden er det vist at fytinsyre kan modvirke kræft og virke som en antioxidant (Kumar et al., 2022).

## Oligosaccharider

Oligosaccharider er korte kulhydrater, der består af to til 10 monosacchariderenheder (fructose eller glucose), bundet sammen via  $\alpha$ -galactosidbindinger. Disse bindinger kan ikke nedbrydes af mennesker, men nedbrydes i tyktarmen af mikroorganismer via fermentering, hvilket kan forårsage oppustethed, flatulens og mavesmerter, og i visse tilfælde diarré.

Eftersom oligosaccharider ikke kan nedbrydes af menneskets fordøjelsesenzymer, anses de for kostfibre, som er vigtige for mave-tarmkanalens sundhed. De fungerer som probiotika for mælkesyrebakterier og bifidobakterier, og indtag af oligosaccharider er blevet vist at reducere risikoen for hjerte-/karsygdomme (Kumar et al., 2022).

Visse oligosaccharider kan dog have positive effekter ved at bremse nedbrydningen af kulhydrater og dermed også frigivelsen af glucose til blodet, hvilket sikrer et stabilt blodsukker over længere tid. Desuden fungerer disse oligosaccharider som prebiotika for gavnlige bakterier såsom bifidobakterier og lactobacilli i tarmen (Singh et al., 2017).

## Enzyminhibitorer

Enzyminhibitorer er proteiner, som binder sig specifikt til det aktive center i visse enzymer, hvorved enzymets katalytiske aktivitet bremses. I bælgfrugter findes typisk trypsin-, chymotrypsin- og  $\alpha$ -amylaseinhibitorer, som reducerer nedbrydningen og dermed optageligheden af proteiner (trypsin- og chymotrypsininhibitorer) og kulhydrater ( $\alpha$ -amylaseinhibitorer). Enzyminhibitorerne har dog også positive effekter, idet de har både antiinflammatorisk effekt og modvirker kræft. Desuden bremser  $\alpha$ -amylaseinhibitorer nedbrydningen af stivelse til sukre, hvilket kan være et effektivt redskab for diabetespatienter (Kumar et al., 2022).

## Saponiner

Saponiner er sekundære metabolitter, som findes i skallen af alle typer af bælgfrugter. Saponiner giver en bitter smag til bælgfrugten og kan danne skum i forskellige opløsninger. Saponiner er antinæringsstoffer, da de kan øge permeabiliteten af tarmvæggene og facilitere optagelsen af stoffer, der normalt ikke kan absorberes i tarmen.

Dog kan saponiner være gavnlige ved at de kan sænke kolesterol i blodet samt blodsukkerniveauet, virke antiinflammatorisk og anticarcinogent og antimutagent (Kumar et al., 2022). Saponiner kan ligeledes reducere absorptionen af fedtsyrer og kolesterol fra kosten (Acquah et al., 2021).

## Fenoler/polyfenoler

Fenoler/fenolske komponenter, herunder også tanniner, giver en mørk farve og bitter smag. Befinder sig oftest i skallen af bælgfrugter. Typisk indeholder mørke bælgfrugter større mængder af fenolske komponenter end lyse (Kumar et al., 2022)

## Tanniner

En type af fenolske komponenter, som primært befinder sig i skallen på bælgfrugter. Giver en bitter og astringerende smag. Tanniner kan danne stærke komplekser med metalioner og uopløselige og enzymresistente komplekser med proteiner og kulhydrater, hvorved biotilgængeligheden af disse næringsstoffer mindskes betragteligt (Kumar et al., 2022). Tanniner og andre typer af polyfenoler kan være gavnlige i mindre mængder idet de anses for at have antioxidanteffekt i kroppen (Singh et al., 2017).

## Oxalsyre/oxalater

Oxalsyre er et affaldsstof for mennesker, og udskilles via urinen. Da oxalsyre danner uopløselige komplekser med mineraler, kan det forårsage nyresten ved indtag af store mængder (López-Moreno et al., 2022; Popova & Mihaylova, 2019; Shi et al., 2018). Oxalsyre binder især calcium meget stærkt, og forhindrer at mineralet optages i kroppen (Popova & Mihaylova, 2019). De fleste mennesker kan indtage oxalater i moderate mængder, mens individer med bestemte lidelser, f.eks. hyperoxaluri, skal mindske deres indtag af oxalater, da selv små mængder kan forårsage irritationer i øjne, ører, mund og hals, og større mængder kan give mavesmerter, kvalme, diarré og muskelsvaghed (Popova & Mihaylova, 2019).

Ifølge López-Moreno et al. (2022), er der ikke fundet bevis for at oxalsyre/oxalater har gavnlige sundhedsmæssige effekter.

## Vicin/convicin

Vicin (2,6-diamino-4,5-dihydropyrimidine-5-[ $\beta$ -D-glucopyranoside]) og convicin (2,4,5-trihydroxy-6-aminopyrimidine-5-[ $\beta$ -D-glucopyranoside]) er pyrimidin glycosider, der findes i hestebønner og andre arter af *Vicia* (vikke) familien. Når vicin og convicin indtages, hydrolyseres disse komponenter ved hjælp af enzymet  $\beta$ -glycosidase fra mikroorganismer i fordøjelsessystemet, til hhv. produkterne divicin og isouramil.

Divicin og isouramil kan ikke nedbrydes hos individer, der ikke producerer enzymet glucose-6-P-dehydrogenase, og kan ved indtagelse forårsage sygdommen favisme hos disse individer. Favisme er en alvorlig sygdom, der kan føre til akut hæmolytisk anæmi, og kan være dødelig. De første symptomer på favisme er træthed, svimmelhed, mavesmerter, kvalme og opkastninger (Cardador-Martínez et al., 2012).

Der er dog også indikationer for at vicin og convicin kan have gavnlige effekter, idet vicin og convicin er blevet forbundet med modvirkning af hjertearytmi og tumorudvikling, foruden at have antiinflammatoriske effekter.

## Alkaloider

Alkaloider (eller quinolizidin alkaloider) er sekundære metabolitter, der findes i lupinfrø. Der findes omkring 100 forskellige alkaloider, der er en gruppe af molekyler med bicykliske, tricykliske eller tetracykliske strukturer. Alkaloider har en bitter smag og fungerer i naturen som beskyttelse imod planteædere.

Ved indtagelse i høje doser kan alkaloider forårsage kramper, opkastninger, og tilmed dødsfald på grund af lammelse af åndedrætsorganerne. Alkaloider, særligt lupanine og sparteine, kan påvirke centralnervesystemet og forårsage rystelser, ophidselse, sløret syn, mundtørhed, krampetrækninger og nervøsitet (Prusinski, 2017). I små mængder kan alkaloider have en stimulerende effekt, som vi kender det fra f.eks. koffein og nikotin (Prusinski, 2017).

Indholdet af alkaloider er i mange moderne sorter af lupin meget lavt, som et resultat af forædling (Prusinski, 2017). I Danmark er der endnu ikke fastsat grænseværdier for indhold af alkaloider i lupinfrø, mens man i England anser lupinfrø med et alkaloidindhold på under 200 mg/kg som sikkert at indtage. (Fødevarestyrelsen, personlig korrespondance, [Lupin-alkaloider \(foedevarestyrelsen.dk\)](https://www.fsa.gov.uk/news/2017/01/20170120_lupin_alkaloids.html)).

Alkaloider kan i mindre mængder have gavnlige effekter, idet de kan virke som antioxidanter, og have antiinflammatoriske effekter, samt modvirke dannelsen af tumorer (Acquah et al., 2021).

I Tabel 1 er en oversigt over de almindelige antinæringsstoffer, der findes i bælgfrugter, hvilke bælgfrugter, de findes i samt de potentielle skadelige effekter, hvis de indtages af mennesker uden korrekt forbehandling.

**Table 1.** Mulige bivirkninger af nogle antinæringsstoffer til stede i bælgfrugter (Acquah et al., 2021).

Bioaktive komponenter	Beskrivelse	Findes i	Negative effekter	Referencer
<b>Alkaloider</b>	Naturligt forekommende aminer. En del af lupiners selvforsvarsmekanismer.	Lupiner	Kan forårsage kramper, opkastninger, og i sidste ende dødsfald. Kan forårsage forstyrrelser i reproduktions- fordøjelses- og immunsystemet, og kan påvirke centralnervesystemet.	Kurek (2019) Prusinski (2017)
<b>Oligosaccharider</b>	Den største gruppe af oligosaccharider i bælgfrugter er $\alpha$ -galactosider, og består primært af raffinose, stachyose og verbascose.	Kikærter Linser Markærter Kidneybønner Lupiner	Genererer methan når de fermenteres i tyktarmen, hvilket resulterer i mavesmerter og flatulens hos individer der mangler gavnlige bakterier, der kan omdanne oligosacchariderne til kortkædede fedtsyrer.	Singh et al., (2017) Tosh & Yada, (2010) Vadivambal & Jayas, (2010)
<b>Polyphenoler</b>	Hovedgruppen af sekundære plante-metabolitter i fødevarer. De varierer i struktur fra helt simple molekyler, såsom phenolsyrer til stærkt polymeriserede molekyler, såsom proanthocyanidiner.	Linser Mungbønner Kikærter Markærter Kidneybønner Hestebønner Lupiner	Mindsker biotilgængeligheden af visse mineraler samt mindsker proteinfordøjeligheden og absorptionen af bioaktive peptider.	Karaš et al. (2017) Sun et al. (2020)
<b>Saponiner</b>	Bittert smagende triterpene glycosider, som danner skum i vandige opløsninger.	Mungbønner Kikærter Linser Markærter Kidneybønner Hestebønner Lupiner	Kan binde til celler i tyndtarmen, hvilket mindsker absorptionen af næringsstoffer	Bessada et al. (2019) Margier et al. (2018)
<b>Phytosteroler</b>	Plantesteroler med en molyklærstruktur, der minder om kolesterol.	Kikærter Linser Kidneybønner Hestebønner Lupiner Markærter	Phytosteroler er forbundet med en potentiel risiko for hjerte-/karsygdomme pga. dannelsen af sterol oxidationsprodukter af phytosteroler via processing.	Alizadeh et al. (2014) Singh et al. (2017)
<b>Lektiner</b>	En type proteiner, der binder sukre, og som har høj modstandskraft overfor proteolyse, og er meget stabile overfor ændringer i pH	Kikærter Mungbønner Linser Markærter	Mindsker biotilgængeligheden af polysaccharider og mineraler. Kan forårsage koagulering af blod, oppustethed og mavesmerter. Forstyrrer protein hydrolyse.	Joye (2019) Liu et al. (2013) Pusztai & Grant (1998)

		Kidneybønner Hestebønner Lupiner		
<b>Fytinsyre</b>	Også kendt som myoinositol hexakisfosfat. Den primære form, fosfor lagres på i frø og kerner.	Hestebønner Linser Markærter Mungbønner Kidneybønner Kikærter Lupiner	Kan hæmme optagelsen af mineraler såsom calcium, kobber, jern, zink, magnesium og mangan. Fytinsyre kan hæmme fordøjeligheden af proteiner ved at konkurrere om mineralske co-faktorer for peptidaser.	(Gupta et al., 2015; Joye, 2019; Shi et al., 2018)
<b>Oxalsyre</b>	Også kendt som oxalater. Plantemetaboliske slutprodukter.	Hestebønner Kikærter Linser Lupin Markærter	Hæmmer absorptionen af mineraler og kan forårsage nyresten når indtaget i store mængder.	(Shi et al., 2018)
<b>Vicin og convicin</b>	Pyrimidin glycosider som findes i arter af Vicia slægten, herunder f.eks. hestebønner.	Hestebønner	Kan forårsage en tilstand kaldet favisme (akut hemolytisk anæmi) hos mennesker, der mangler enzymet Glukose-6-fosfat-dehydrogenase (G6PD).	Cardador-Martínez et al. (2012) Hussein (2012)
<b>Tanniner</b>	En gruppe af naturligt forekommende, vandopløselige polyfenoler med højmolekylær vægt. Danner komplekser med proteiner, der udfældes i vandige opløsninger	Linser Mungbønner Markært Kidneybønner Hestebønner Kikærter Lupiner	Mindsker proteinfordøjeligheden og hæmmer absorptionen af jern og zink	Joye (2019) Margier et al. (2018)
<b>Trypsin og chymotrypsin inhibitorer</b>	Sekundære metabolitter, der inhiberer trypsin og protease	Linser Mungbønner Kikærter Markærter Hestebønner Lupiner	Inhiberer proteasen trypsin, hvilket mindsker nedbrydningen og dermed optagelsen af protein.	Avilés-Gaxiola et al. (2018); KU FOOD et al. (2020)

## Forarbejdningsmetoder

Bælgfrugter kan processeres på mange måder, for at mindske indholdet af antinæringsstoffer. I en omfattende gennemgang af bioaktive komponenter i bælgplanter og effekten af forarbejdning herpå, udført af Acquah et al. (2021), blev det konkluderet, at de traditionelle forarbejdningsteknikker, herunder afskalning, iblødsætning, formaling, spiring, fermentering og kogning, er meget effektive til at reducere indholdet af antinæringsstoffer og dermed også de potentielle negative effekter ved indtagelse heraf. Konklusionerne gjort af Acquah et al. (2021) gør det klart, at forarbejdningsmetoderne bør tilpasses efter typen af bælgfrugter, man arbejder med, for at opnå det optimale resultat. Ofte er det nødvendigt at kombinere behandlingerne, f.eks. iblødsætning efterfulgt af kogning, for at opnå den bedste effekt.

Nedenfor ses en gennemgang af de forskellige processer, og hvilke antinæringsstoffer, de forskellige metoder påvirker.

### Afskalning

Afskalning er en mekanisk proces, hvor den yderste skal på frøet fjernes. Ved afskalning reduceres antinæringsstoffer, såsom tanniner, saponiner og fenoler, der primært befinder sig i skallen. Afskalning kan ske ved en våd proces, hvor bælgfrugterne lægges i blød i 6-8 timer, inden skallen fjernes. Herved er det muligt at en del af antinæringsstofferne udvaskes og dermed reduceres (Kumar et al., 2022).

### Iblødsætning

Iblødsætning er en velkendt metode til at blødgøre tørrede bælgfrugter og reducerer tilberedningstiden. Ifølge litteraturen kræver linser og ærter ikke iblødsætning før tilberedning. Iblødsætning reducerer ligeledes indholdet af visse antinæringsstoffer, idet de diffunderer ud i iblødsætningsvandet. Af samme årsag er det vigtigt, at udblødningsvandet kasseres, inden den videre processering (Acquah et al., 2021). Ifølge Acquah et al. (2021) og Nkhata et al. (2018), kan udblødning reducere indholdet af fytat, tanniner, trypsininhibitorer, oligosaccharider, oxalater og fenoler signifikant. Iblødsætning er blevet vist at kunne reducere indholdet af fytat, sandsynligvis fordi enzymet fytase aktiveres ved tilstedeværelsen af vand, hvorved fytat nedbrydes ved hydrolyse (Acquah et al., 2021). En undersøgelse har vist, at indholdet af oligosaccharider i bælgfrugter kan reduceres med op til 75 % ved iblødsætning natten over (Acquah et al., 2021). Lignende konklusioner blev fundet i en undersøgelse af kikærter, hvor kikærter blev iblødsat i vand i 12 timer ved 22-25°C og derefter spiret i 24 timer (Nkhata et al., 2018).

Traditionelt set udblødes bælgfrugter i vand ved stuetemperatur, men vandet kan også tilsættes salt eller bikarbonat, hvilket giver en mere effektiv reduktion af antinæringsstofindhold (Kumar et al., 2022). Effekten af iblødsætning i forhold til reduktion af antinæringsstofindhold varierer afhængig af typen af bælgfrugt, antinæringsstofferne kemiske struktur, udblødningstiden samt udblødningsmediumets sammensætning, pH og temperatur (Acquah et al., 2021; Kumar et al., 2022).

### Varmebehandling

Bælgfrugter varmebehandles som regel inden de spises. Varmebehandling kan foretages via forskellige metoder, f.eks. kogning, som er det mest almindelige, ristning, trykkogning, hydrotermisk opvarmning, autoklavering, mikrobølgeopvarmning, infrarød opvarmning og slow cooking. Effekten af varmebehandling afhænger af typen af bælgfrugt, størrelsen af frø, tid og temperatur, samt den kemiske struktur af antinæringsstoffet.

Ved varmebehandling reduceres eller inaktiveres tanniner, enzyminhibitorer, fenolske komponenter, lektiner og fytat. Desuden reduceres indholdet af vicin og convicin i f.eks. hestebønner ved kogning (Acquah et al., 2021; Kumar et al., 2022; Popova & Mihaylova, 2019). Inaktivering af tanniner og polyfenoler ved varmebehandling menes at skyldes at de bindes til proteiner og andre organiske komponenter under opvarmningen

(Kumar et al., 2022). Enzyminhibitorer denaturerer ved opvarmning, hvorved proteinstrukturen ændres og enzymaktiviteten mindskes eller fjernes helt. Oligosaccharider reduceres til simple sukre via termisk hydrolyse, hvorved de nemmere fordøjes (Kumar et al., 2022).

## Ekstrudering

Ekstrudering er en proces, hvor mel eller ekstraherede proteiner eller stivelse fra f.eks. bælgfrugter blandet med vand, udsættes for højt tryk og temperatur samt mekanisk påvirkning. Massen presses ud gennem en dyse, hvorved man opnår en særlig teksturering af materialet. Man har påvist en reduktion af lektiner, tanniner, fytinsyre og enzyminhibitorer ved ekstruderingsprocessen (Acquah et al., 2021).

## High hydrostatic pressure treatment (HHP)

I en grundig gennemgang af (Gharibzahedi & Smith, 2021) med fokus på virkningerne af højt hydrostatisk tryk på proteiner fra bælgfrugter, så man, at behandling af lupin med 300 eller 600 Mpa ved 20°C i 30 minutter havde en høj tendens til at ødelægge bindinger mellem protein og saccharider. Endvidere steg proteinfordøjeligheden in vitro i kikærter ved iblødsætning med højt tryk før varmebehandling.

## Spiring

Spiring er en veldokumenteret og effektiv proces til at reducere antinæringsstoffer. Ved spiring absorberer frøet vand, dvaletilstanden brydes, og den primære rod og stamme begynder at vokse. Under spiringsprocessen aktiveres eller syntetiseres enzymer i frøet, som kan nedbryde eller inaktivere antiernæringsmæssige faktorer (Joye, 2019; Nkhata et al., 2018). Aktiverede proteaser nedbryder antinæringsstoffer med proteinstrukturer, f.eks. enzyminhibitorer (trypsininhibitorer og amylaseinhibitorer) og lektiner. Fytinsyre hydrolyseres ved hjælp af det iboende enzym, fytase, som ligeledes aktiveres under spiringsprocessen. Desuden er spiring blevet vist at kunne reducere indholdet af fenolske komponenter (Acquah et al., 2021; Popova & Mihaylova, 2019).

Det er ligeledes vist at spiring kunne reducere den bønneagtige smag, bælgfrugter kan have, og samtidig øge fordøjeligheden af protein og stivelse i bælgfrugter (Acquah et al., 2021). Effekten af spiringen på reduktion af antinæringsstoffer afhænger ifølge Acquah et al. (2021) og Kumar et al., (2022) af typen af bælgfrugt, typen af antinæringsstof og procesbetingelserne (vandmængde, lys, tid, ilt og temperatur).

## Fermentering

Fermentering er en proces, hvor gavnlige mikroorganismer nedbryder komplekse molekyler, herunder proteiner og kulhydrater (f.eks. stivelse eller oligosaccharider) til simple molekyler, såsom peptider og sukre, via anaerobe katabolske processer. Herved forbedres fordøjeligheden af proteiner og stivelse, samtidig med at biotilgængeligheden af mineraler øges (Kumar et al., 2022). Det er set at fermentering af bælgfrugter kan reducere indholdet af fytinsyre og polyfenoler, samt trypsininhibitorer, lektiner og tanniner (Acquah et al., 2021; Popova & Mihaylova, 2019).

I Tabel 2 ses en oversigt over forarbejdningsteknikker, der i flere undersøgelser er blevet påvist at reducere koncentrationen af specifikke antinæringsstoffer.



**Tabel 2.** Definition af behandlingsteknikker, der reducerer antinæringsstoffer i bælgplanter (Acquah et al., 2021).

Proces- ringsteknik	Definition	Påvirkede antinærings- stoffer	Reference
<b>Afskalning</b>	Fjernelse af den ydre skal af frøet. Mange antinæringsstoffer er lokaliseret i skallen, hvorfor afskalning reducerer indholdet af disse. Afskalning kan også ske ved våd-afskalning, hvor bælgfrugterne lægges i blød i 6-8 timer, hvor nogle vandopløselige antinæringsstoffer trækkes ud i vandet.	Tanniner, saponiner og fenoler.	(Kumar et al., 2022a)
<b>Iblødsætning</b>	Iblødsætning af bælgfrugter i vand ved stuetemperatur blødgør frøet og reducere kogetiden. Biotilgængeligheden af proteiner og mikronæringsstoffer øges, men det antioxidante og prebiotiske potentiale kan mindskes. Indholdet af fytinsyre mindskes ved iblødsætning da iboende fytase i bælgfrugten aktiveres og nedbryder fytinsyren.	Fytinsyre, tanniner, trypsin inhibitorer, oligosaccharider, saponiner og polyfenoler, alkaloider	(Acquah et al., 2021),
<b>Varmebehandling</b>	Varmebehandling, herunder kogning, trykkogning, ristning, autoklavering, og tilberedning i slow cooker. Disse teknikker inaktiverer eller fjerner varmelabile antinæringsstoffer. Desuden kan varmebehandling forårsage strukturelle ændringer i bælgfrugter, f.eks. protein denaturering og stivelsesforklistering og -retrogradering.	Tanniner, alkaloider, enzyminhibitorer, alkaloider og fenoler [Lektiner og fytinsyrer er varmemestabile, men deres aktivitet kan sænkes ved varmebehandling på $\geq 95^{\circ}\text{C}$ ]	(Acquah et al., 2021)
<b>Ekstrudering</b>	Ekstrudering er en proces, hvor råvaren under høj varme og tryk, presses ud af en dyse, hvorved der sker strukturelle ændringer i protein- og stivelsesstruktur. Varmen og trykket kan nedbryde antinæringsstoffer.	Lektiner, tanniner, fytinsyrer, enzyminhibitorer (trypsin og chymotrypsin) og lipidoxidation	(Acquah et al., 2021)
<b>Mikrobølgeopvarmning</b>	Tilberedning ved elektromagnetiske bølger ved høje frekvenser (300 MHz til 300 GHz). Studier har vist reduktion af antinæringsstoffer ved tilberedning af bælgfrugter med mikrobølger.	Tanniner, trypsininhibitorer, lektiner og saponiner	(Acquah et al., 2021) (Kumar et al., 2022a)
<b>Infrarød opvarmning</b>	Elektromagnetiske bølger til fødevarerprocessering med bølgelængder mellem 1,8 og 3,4 $\mu\text{m}$ . Infrarød processeringsteknikker inkluderer dehydrering, tørblanchering, Infrarød heating processing techniques are dehydration, dry blanching, og strålebehandling for at fjerne uønskede mikroorganismer og inaktivering af enzymer.	Fytinsyrer, oligosaccharider og trypsininhibitorer	(Acquah et al., 2021)
<b>High hydrostatic pressure treatment (HHP)</b>	Processering ved højt tryk er en effektiv metode til at ændre funktionaliteten af proteiner. Processen kan denaturere proteiner og mindske indholdet af antinæringsstoffer.	Phytinsyrer, tanniner og trypsininhibitorer	(Gharibzahedi & Smith, 2021; Joye, 2019)
<b>Spiring</b>	En proces hvor bælgfrugten optager vand og spiring påbegynder. Ved spiringen syntetiseres phenoler og andre bioaktive komponenter som frembringer beskyttende responser.	Fytinsyre, tanniner, lektiner og trypsin inhibitorer	(Acquah et al., 2021) (Kumar et al., 2022a)
<b>Fermentering</b>	En kendt teknik i bioprocessering af fødevarer, hvor råvaren nedbrydes ved hjælp af mikroorganismer. Fermenteringsprocessen aktiverer endogene hydrolytiske enzymer, som nedbryder antinæringsstoffer. Desuden forhindrer fermentering kompleksdannelse mellem mineraler og fytinsyre. For at opnå den optimale fermentering af de forskellige bælgfrugter bør metoden, herunder mikrobielle kulturer og fermenteringsproces tilpasses den enkelte råvare.	Oligosaccharider, tanniner, fytinsyre, lektin og trypsininhibitorer	(Acquah et al., 2021)

## Konklusion

Der er foretaget rigtig mange studier af bælgfrugternes sundhedsmæssige potentialer og risici. Bælgfrugter indeholder mange forskellige bioaktive komponenter, som potentielt kan være farlige at indtage. Derfor er det ekstremt vigtigt at kende til dem, og at vide, hvordan man skal tilberede bælgfrugterne således at de er sikre at spise. I dette litteraturstudie er en række af de mest almindelige antinæringsstoffer i bælgfrugter blevet beskrevet, samt metoder til at inaktivere, reducere eller eliminere antinæringsstofferne. Det er dog også vigtigt at understrege, at disse komponenter også kan have gavnlige effekter i moderate doser, hvilket bidrager til de mange positive og sundhedsfremmende effekter, der er ved at spise bælgfrugter.

## Referencer

- Acquah, C., Ohemeng-Boahen, G., Power, K. A., & Tosh, S. M. (2021). The Effect of Processing on Bioactive Compounds and Nutritional Qualities of Pulses in Meeting the Sustainable Development Goal 2. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 5). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.681662>
- Alizadeh, M., Gharaaghaji, R., & Gargari, B. P. (2014). The Effects of Legumes on Metabolic Features, Insulin Resistance and Hepatic Function Tests in Women with Central Obesity: A Randomized Controlled Trial. In *International Journal of Preventive Medicine* (Vol. 5, Issue 6). [www.irct.ir](http://www.irct.ir)
- Avilés-Gaxiola, S., Chuck-Hernández, C., & Serna Saldívar, S. O. (2018). Inactivation Methods of Trypsin Inhibitor in Legumes: A Review. In *Journal of Food Science* (Vol. 83, Issue 1, pp. 17–29). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13985>
- Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 93, pp. 53–68). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
- Carbas, B., Machado, N., Oppolzer, D., Ferreira, L., Queiroz, M., Brites, C., Rosa, E. A. S., & Barros, A. I. R. N. A. (2020). Nutrients, antinutrients, phenolic composition, and antioxidant activity of common bean cultivars and their potential for food applications. *Antioxidants*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/antiox9020186>
- Cardador-Martínez, A., Maya-Ocaña, K., Ortiz-Moreno, A., Herrera-Cabrera, B. E., Dávila-Ortiz, G., Múzquiz, M., Martín-Pedrosa, M., Burbano, C., Cuadrado, C., & Jiménez-Martínez, C. (2012). Effect of Roasting and Boiling on the Content of Vicine, Convicine and L-3,4-dihydroxyphenylalanine in *Vicia faba* L. *Journal of Food Quality*, 35(6), 419–428. <https://doi.org/10.1111/jfq.12006>
- Gharibzahedi, S. M. T., & Smith, B. (2021). Effects of high hydrostatic pressure on the quality and functionality of protein isolates, concentrates, and hydrolysates derived from pulse legumes: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 107, pp. 466–479). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.016>
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 52, Issue 2, pp. 676–684). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>
- Hussein, M. A. (2012). Anti-inflammatory effect of natural heterocycle glucoside vicine obtained from *Vicia faba* L. and its aglucone (divicine) and their effect on some oxidative stress biomarkers in Albino rats. *Free Radicals and Antioxidants*, 2(1), 44–54. <https://doi.org/10.5530/ax.2012.2.8>
- Joye, I. (2019). Protein digestibility of cereal products. *Foods*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/foods8060199>
- Karaś, M., Jakubczyk, A., Szymanowska, U., Złotek, U., & Zielińska, E. (2017). Digestion and bioavailability of bioactive phytochemicals. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2), 291–305. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13323>

- KU FOOD, Food & Bio Cluster DENmark, & Danish Food Innovation. (2020). *DFI\_Planteproteinrapport*.  
[https://food.ku.dk/forskning-paa-food/forskningsomraader/plante-/DFI\\_Planteproteinrapport.pdf](https://food.ku.dk/forskning-paa-food/forskningsomraader/plante-/DFI_Planteproteinrapport.pdf)
- Kumar, Y., Basu, S., Goswami, D., Devi, M., Shivhare, U. S., & Vishwakarma, R. K. (2022a). Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. In *Legume Science* (Vol. 4, Issue 2). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/leg3.111>
- Kurek, J. (2019). Introductory Chapter: Alkaloids - Their Importance in Nature and for Human Life. In *Alkaloids - Their Importance in Nature and Human Life*. IntechOpen.  
<https://doi.org/10.5772/intechopen.85400>
- Liu, Z., Luo, Y., Zhou, T. T., & Zhang, W. Z. (2013). Could plant lectins become promising anti-tumour drugs for causing autophagic cell death? *Cell Proliferation*, *46*(5), 509–515. <https://doi.org/10.1111/cpr.12054>
- López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., & Miguel, M. (2022). Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? In *Journal of Functional Foods* (Vol. 89). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>
- Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., du Chaffaut, L., Amiot, M. J., & Reboul, E. (2018). Nutritional composition and bioactive content of legumes: Characterization of pulses frequently consumed in France and effect of the cooking method. *Nutrients*, *10*(11).  
<https://doi.org/10.3390/nu10111668>
- Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H., & Shingiro, J. B. (2018a). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. In *Food Science and Nutrition* (Vol. 6, Issue 8, pp. 2446–2458). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/fsn3.846>
- Popova, A., & Mihaylova, D. (2019). Antinutrients in Plant-based Foods: A Review. *The Open Biotechnology Journal*, *13*(1), 68–76. <https://doi.org/10.2174/1874070701913010068>
- Prusinski, J. (2017). White lupin (*Lupinus albus* L.) - Nutritional and health values in human nutrition - A review. In *Czech Journal of Food Sciences* (Vol. 35, Issue 2, pp. 95–105). Czech Academy of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.17221/114/2016-CJFS>
- Pusztai, A., & Grant, G. (1998). Assessment of Lectin Inactivation by Heat and Digestion. *Methods in Molecular Medicine*, *9*, 505–514.
- Shi, L., Arntfield, S. D., & Nickerson, M. (2018). Changes in levels of phytic acid, lectins and oxalates during soaking and cooking of Canadian pulses. *Food Research International*, *107*, 660–668.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.056>
- Singh, B., Singh, J. P., Shevkani, K., Singh, N., & Kaur, A. (2017a). Bioactive constituents in pulses and their health benefits. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 54, Issue 4, pp. 858–870). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-016-2391-9>
- Sun, X., Acquah, C., Aluko, R. E., & Udenigwe, C. C. (2020). Considering food matrix and gastrointestinal effects in enhancing bioactive peptide absorption and bioavailability. *Journal of Functional Foods*, *64*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103680>
- Tosh, S. M., & Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. In *Food Research International* (Vol. 43, Issue 2, pp. 450–460).  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.005>
- Vadivambal, R., & Jayas, D. S. (2010). Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials-A review. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 3, Issue 2, pp. 161–171).  
<https://doi.org/10.1007/s11947-008-0136-0>