



Alkaloider i lupiner (*Frieda* og *Bolero*) - effektivitet af tilberedningsmetoder til reduktion af alkaloider

Forfatter: Christine Thomsen, SEGES Innovation P/S

I samarbejde med Innovationscenter for Økologisk Landbrug



Foto: Maja Bertelsen



Indledning

I takt med den grønne omstilling mod en mere bæredygtig fødevarerproduktion, er der stigende fokus på at fremme plantebaserede fødevarer som en del af kosten. Ifølge Fødevarestyrelsens officielle kostråd fra 2021 anbefales det at indtage 100 gram tilberedt bælgfrugt dagligt for at styrke både sundhed og klimaindsatsen [1]. Denne omstilling kræver en øget produktion af bælgfrugter til konsum, hvor lokale, bæredygtige løsninger kan spille en vigtig rolle.

Lupiner udmærker sig som en værdifuld fødevarer i denne sammenhæng. De er rige på plantebaseret protein, kostfibre og essentielle mineraler som jern og magnesium. Samtidig har de et lavt glykæmisk indeks, hvilket gør dem særligt velegnede til personer med behov for at stabilisere blodsukkeret. Deres potentiale som erstatning for animalsk protein betyder, at de kan bidrage til at reducere fødevarerens klimaaftryk. Lupiner kan dyrkes lokalt i Danmark og repræsenterer derfor en mulighed for at styrke både fødevarerens sikkerhed og den grønne omstilling.

Trods deres ernæringsmæssige fordele, indeholder lupinfrø naturlige alkaloider som en del af deres forsvarsmekanismer. Alkaloiderne har en bitter smag, der kan påvirke smagsoplevelsen negativt. I høje koncentrationer kan de desuden give anledning til alvorlige helbredsproblemer som kramper, opkast og i værste fald påvirkning af centralnervesystemet [2]. Derfor er det nødvendigt at undersøge metoder til at reducere alkaloidindholdet for at sikre, at lupiner er både sikre og velsmagende som fødevarer.

For at opnå sunde og sikre råvarer fokuseres der i stigende grad på, hvordan uønskede stoffer kan minimeres gennem processering og tilberedning, for eksempel ved afskalning, iblødsætning eller kogning af bælgfrugter, herunder lupiner. Denne rapport præsenterer resultaterne fra projektet "Sunde og velsmagende bælgfrugter", hvor to lupinsorter, *Frieda* og *Bolero*, er blevet undersøgt for at få større indsigt i, hvordan tilberedning kan reducere alkaloidindholdet og forbedre deres egnethed til konsum.

Introduktion

Denne undersøgelse undersøger, hvordan tilberedningsmetoder som udblødning og kogning, metoder der typisk anvendes i husholdninger til andre bælgfrugter, kan reducere alkaloidindholdet i lupinsorterne *Frieda* og *Bolero*.

Lupiner indeholder flere alkaloider, primært fra quinolizidin-alkaloidgruppen. Blandt de mest markante forbindelser i hvid lupin og smalbladet lupin, herunder sorterne *Frieda* og *Bolero*, er Albin, Anagyrin, Angustifolin, Cytisin, 13-Hydroxylupanin, alpha-Isolupanin, Lupanin, Lupinin, Multiflorin og Spartein. Disse alkaloider har forskellige niveauer af toksicitet og biologiske virkninger, og når de optræder sammen, kan de forstærke hinandens toksiske effekter. Toksiciteten af disse alkaloider afhænger dog af koncentrationen. Særligt lupanin og spartein kan, i for høje doser, forårsage rystelser, ophidselse, sløret syn, mundtørhed, krampetrækninger og nervøsitet [3]. I alvorlige tilfælde kan de forårsage kramper, opkast og omfattende påvirkning af centralnervesystemet [2]. Danmark har ikke grænseværdier for alkaloider i lupiner, men internationalt er 200 mg/kg ofte anført som et sikkert niveau for alkaloidindhold i lupinfrø [2].

Tidligere studier har vist, at tilberedningsmetoder som udblødning og kogning kan reducere alkaloidindholdet i lupiner [4]. Derudover har anvendelsen af salt, eddikesyre og natriumbicarbonat i udblødningsvandet vist sig effektiv til at reducere mængden af antinæringsstoffer i bælgfrugter [5]. I Middelhavsområdet hvor lupiner med høje alkaloidniveauer alligevel bruges som snacks, følger tilberedningen en traditionel metode til at reducere alkaloidindholdet. Ifølge en teknisk vejledning i at reducere alkaloider i lupiner beskrevet i FiBL (Research Institute of Organic Agriculture) kan alkaloider i lupiner effektivt

reduceres gennem en proces, der består i en lang udblødningstid på 24 timer, efterfulgt af kogning i 10 minutter, og herefter gentagne udblødninger i frisk vand over flere dage med 2-3 daglige vandskift, indtil de ikke længere smager bitre. Bitterhed fungerer som en indikator for alkaloidernes tilstedeværelse. For yderligere at forbedre udvaskningen kan der tilsættes salt eller citronsyre til udblødningsvandet. Lav pH (2,2-2,4) eller tilsætning af salt øger alkaloidernes opløselighed, især ved længere behandlingstider [6].

I denne undersøgelse vil vi fokusere på metoder og processer, der er relevante og anvendelige i en almindelig husholdning, med henblik på at evaluere effekten af udblødning (med og uden salt) samt efterfølgende kogning på alkaloidindholdet i de to lupinsorter *Frieda* og *Bolero*. Resultaterne kan bidrage til udviklingen af bæredygtige fødevarer og styrke brugen af lupiner i fremtidens kost.

Materialer og metoder

I denne undersøgelse blev der anvendt 100 gram lupinfrø fra de økologisk dyrkede sorter *Frieda* og *Bolero*, dyrket på Djursland, Danmark. *Frieda* er en hvid lupin, mens *Bolero* er en smalbladet lupinsort kendetegnet ved et lavt indhold af alkaloider. Begge sorter blev analyseret både afskallede og med skal. Formålet var at undersøge effekten af forskellige forarbejdningsmetoder, herunder udblødning og kogning, på alkaloidindholdet i frøene.

Udblødning:

Både *Frieda* og *Bolero* blev udblødt i 1 liter postevand ved stuetemperatur i 0, 4, 8 og 12 timer. Derudover blev *Frieda*-sorten også udblødt i 1 liter postevand tilsat 10% bordsalt ved de samme udblødningstider (0, 4, 8, 12 timer).

Kogning:

Efter udblødning blev lupinfrøene kogt i 0, 20, 40 eller 60 minutter.

Prøvebehandling og opbevaring:

Efter kogning blev alle prøver hurtigt nedkølet i isvand for at stoppe kogningen. De nedkølede lupiner blev derefter pakket i poser og frosset ned for at stabilisere deres sammensætning og forhindre yderligere ændringer i indholdsstofferne.

Alkaloidmåling:

De frosne prøver blev sendt til JenaBios, Tyskland, for analyse af alkaloidindholdet. Der blev målt 10 forskellige typer alkaloider: Albin, Anagyrin, Angustifolin, Cytisin, 13-Hydroxylupanin, alpha-Isolupanin, Lupanin, Lupinin, Multiflorin og Spartein. Analysen blev udført ved hjælp af HPLC-MS/M-teknologi (JenaBios analyseprotokol HA JB505, 2023-06), og alkaloidindholdet blev målt som mg/kg tørstof.

Tørstofindhold:

Tørstofindholdet blev analyseret i alle prøver for at sikre nøjagtigheden af alkaloidmængderne i forhold til den faktiske tørstofmængde.

Denne metode gør det muligt at vurdere effekten af både udblødning, saltindhold og kogning på reduktionen af alkaloiderne i lupinerne og sikrer en præcis måling af de ønskede parametre.

Resultater og diskussion

Alkaloidtyper i *Bolero* og *Frieda*

Indholdet af alkaloiderne Albin, Anagyrin, Angustifolin, Cytisin, 13-Hydroxylupanin, alpha-Isolupanin, Lupanin, Lupinin, Multiflorin og Spartein i lupinfrø fra sorterne *Frieda* og *Bolero*, både afskallede og med skal, er vist i Tabel 1.

Tabel 1: Indhold af forskellige alkaloidtyper i lupinsorterne *Frieda* og *Bolero* (afskallet og med skal), angivet i mg/kg tørstof (TS)

Alkaloid mg/kg TS	<i>Frieda</i> afskallet	<i>Frieda</i> med skal	<i>Bolero</i> afskallet	<i>Bolero</i> med skal
Albin	320	86	< 10	< 10
Anagyrin	< 10	< 10	< 10	< 10
Angustifolin	95	58	250	160
Cytisin	< 10	< 10	< 10	< 10
13-Hydroxylupanin	160	140	280	250
alpha-Isolupanin	33	23	52	47
Lupanin	2.000	1.300	170	160
Lupinin	< 10	< 10	< 10	< 10
Multiflorin	71	24	< 10	< 10
Spartein	< 10	< 10	< 10	< 10
Sum af alkaloider	2637	1585	752	616

Resultaterne fra Tabel 1 viser markante forskelle i alkaloidindholdet både mellem lupinsorterne og mellem de afskallede og ikke-afskallede prøver. *Frieda* indeholder betydeligt højere niveauer af alkaloider, hvilket ses i summen af alkaloider. Især lupanin, et alkaloid som kan påvirke nervesystemet og forstyrre reguleringen af blodtryk og hjerterytme, bidrager væsentligt til den højere toksicitet af *Frieda*-lupinen. *Bolero*, både afskallet og med skal, udviser lavere niveauer af alkaloider, hvilket gør denne sort mere egnet til humant konsum. Yderligere viser resultaterne, at skallen påvirker alkaloidindholdet, idet de afskallede lupiner har højere niveauer. [7]

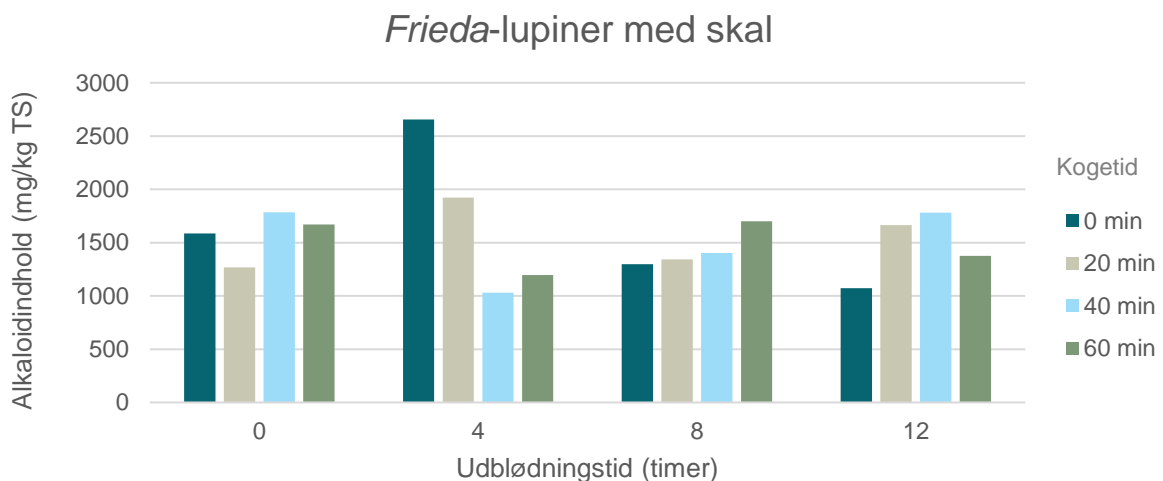
Samlet set tyder resultaterne på, at både sort og skaltilstand har betydelig indvirkning på alkaloidindholdet i lupiner. Disse resultater er i overensstemmelse med tidligere forskning, der har dokumenteret, at både sort og skaltilstand har betydelig indvirkning på alkaloidniveauerne i lupiner [7]. Alle de rå prøver i denne undersøgelse ligger over grænseværdien på 200 mg/kg TS, hvilket indikerer, at yderligere forarbejdning er nødvendig for at gøre lupinerne sikre at konsumere.

Effekt af udblødningstid og kogetid på alkaloidindholdet i *Frieda*- og *Bolero*-lupiner

For at undersøge effekten af udblødning og kogning på alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner, blev prøverne udblødt i 0, 4, 8 eller 12 timer i almindeligt postevand. Herefter blev prøverne kogt i 0, 20, 40 eller 60 minutter, før de blev nedkølet, frosset og sendt til analyse. Dataene er præsenteret baseret på de samlede alkaloidniveauer, hvilket giver et samlet billede af de undersøgte alkaloider, der kan være til stede i prøverne.

Frieda

Figur 1 viser alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner med skal ved de forskellige kogetider og udblødningstider.

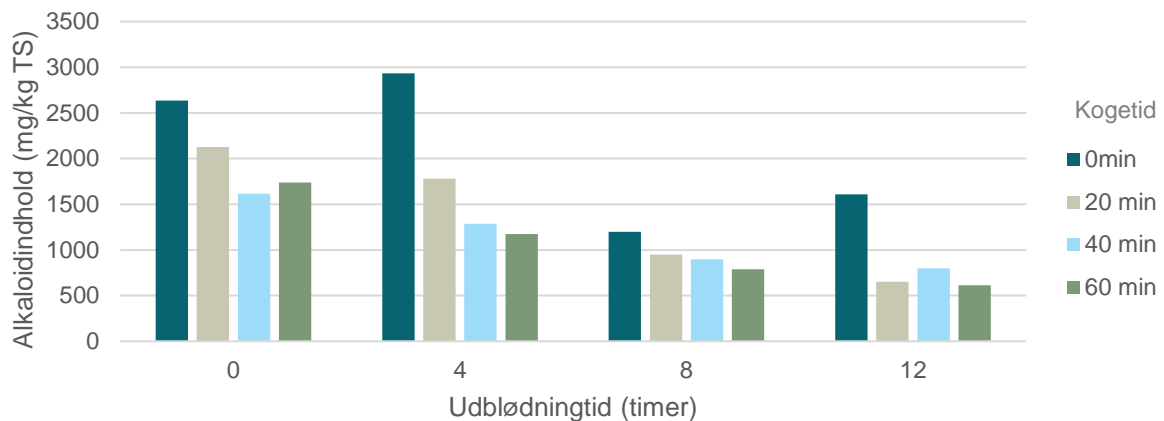


Figur 1: Effekt af udblødningstid og kogetid på alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner med skal

For *Frieda*-lupiner med skal viser resultaterne, at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem udblødningstid og kogetid og alkaloidindholdet i lupinerne. Alkaloidniveauerne varierer på tværs af de forskellige behandlingskombinationer, uden at der kan identificeres et klart mønster eller en systematisk effekt af ændringerne i udblødningstid eller kogetid. Denne observation kan eventuelt forklares ved, at alkaloider er varmeresistente, hvilket betyder, at de ikke nedbrydes under varmebehandling. Ved kort kogning kan alkaloiderne frigives fra frøene og udvaskes i kogevandet. Men hvis kogevandet reduceres under længere varmebehandling, kan de frigjorte alkaloider genopkoncentreres i frøene. Denne mekanisme kan være ansvarlig for de højere alkaloidniveauer, der observeres under visse tilberedninger.

Figur 2 viser alkaloidindholdet i afskallede *Frieda*-lupiner ved de forskellige kogetider og udblødningstider.

Frieda-lupiner, afskallet



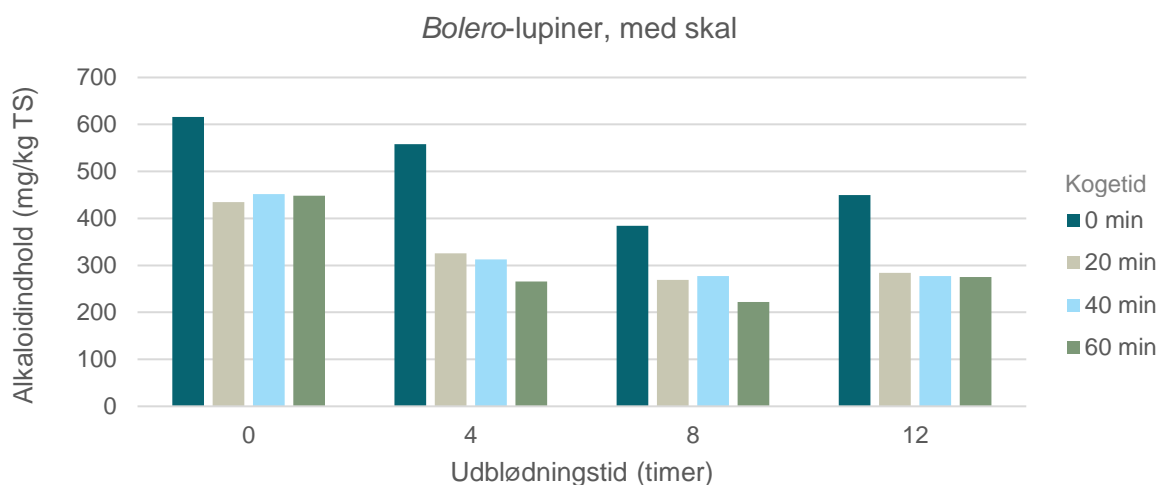
Figur 2: Effekt af udblødningstid og kogetid på alkaloidindholdet i afskallede Frieda-lupiner

Resultaterne viser, at alkaloidindholdet i de afskallede *Frieda*-lupiner varierer afhængigt af både udblødningstid og kogetid. Generelt observeredes en reduktion i alkaloidniveauerne med længere udblødning og kogning. Ved kort udblødningstid (0 timer) var alkaloidindholdet relativt højt, men faldt gradvist med længere kogetider, dog med en undtagelse ved 60 minutters kogning. For prøver med længere udblødningstider (4 og 8 timer) blev der ligeledes målt lavere alkaloidniveauer i takt med at kogetiden blev forlænget. Ved den længste udblødningstid (12 timer) faldt alkaloidindholdet yderligere efter kogning, men ikke i en lineær progression. Uregelmæssighederne i resultaterne kan muligvis tilskrives analysefejl, da forsøget ikke inkluderede gentagelser, hvilket kan begrænse resultatets robusthed.

Samlet set viser disse data, at både udblødning og kogning har en betydelig effekt på alkaloidindholdet i *Frieda* lupinfrø, og effekten afhænger af, om lupinerne er afskallede eller har skal. Det væsentlige er, at ingen af tilberedningsmetoderne resulterede i et alkaloidindhold, der faldt under den fastsatte grænseværdi på 200 mg/kg tørstof. Dette viser, at de anvendte tilberedningsmetoder i dette tilfælde ikke var tilstrækkelige til at reducere alkaloidniveauerne til et sikkert niveau for konsum, og at lupinsorten *Frieda* ikke er praktisk anvendelig i en typisk dansk husholdning, da den kræver omfattende tilberedning for at reducere alkaloidindholdet til et sikkert niveau. Idet quinolizidin-alkaloide er varmeresistente, betyder det, at de ikke ødelægges ved opvarmning [8]. Deres vandopløselighed gør dog, at deres koncentration kan reduceres gennem en specifik kombination af udblødning og kogning, som den der anvendes i Middelhavsområdet [6]. En undersøgelse af denne metode kunne bidrage til at afdække, om *Frieda*-lupiner kan gøres sikre til konsum ved hjælp af mere omfattende og specialiserede tilberedningsprocesser.

Bolero

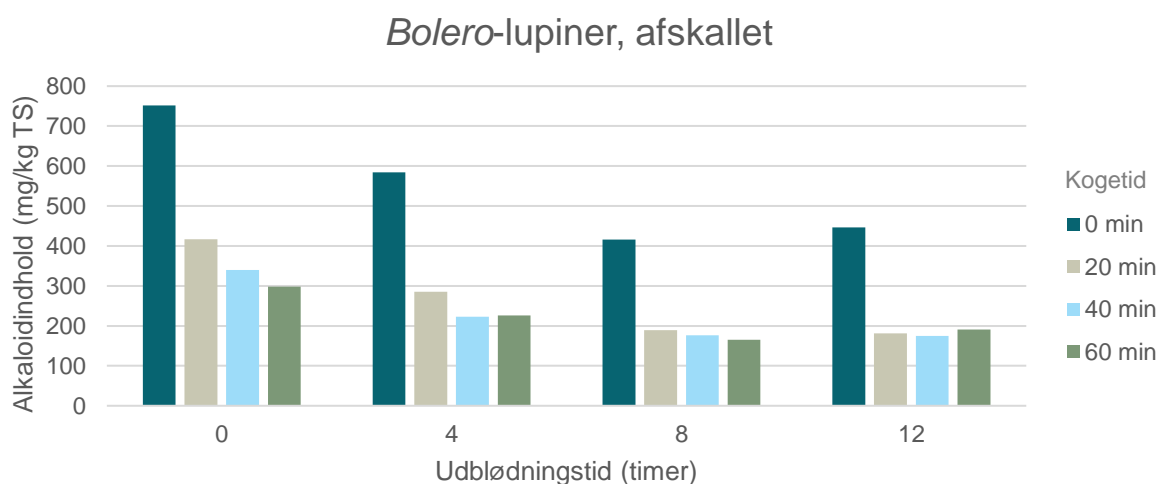
Figur 3 viser alkaloidindholdet i *Bolero*-lupiner med skal ved de forskellige kogetider og udblødningstider.



Figur 3: Effekten af udblødningstid (T) og kogetid (min) på alkaloidindholdet i *Bolero*-lupiner med skal

Resultaterne for *Bolero*-lupiner med skal viser, at både udblødning og kogning har en indvirkning på alkaloidindholdet. Generelt observeres et fald i alkaloidniveauerne med længere udblødningstider på 4 timer i forhold til ingen udblødning, og et yderligere fald ved udblødning på 8 timer. For lupiner, der ikke var udblødt (0 timer), var faldet i alkaloidindholdet højest efter en kort kogning på 20 minutter, mens længere kogetider ikke havde nogen yderligere effekt. Ved en udblødningstid på 4 timer faldt alkaloidindholdet ved alle kogetider, og denne tendens var den samme ved 8 timers udblødningstid, hvor de laveste alkaloidniveauer blev observeret. Dog blev der set en stigning i alkaloidindholdet ved 12 timers udblødningstid, særligt ved 0 minutters kogning. Derudover fortsatte alkaloidindholdet heller ikke med at falde i takt med længere kogetider som man kunne forvente. Dette kan indikere at der kan være en kompleks interaktion mellem udblødningstid og alkaloidudvaskning, som kræver yderligere undersøgelse.

Figur 4 viser alkaloidindholdet i afskallede *Bolero*-lupiner ved de forskellige kogetider og udblødningstider.



Figur 4: Effekten af udblødningstid (T) og kogetid (min) på alkaloidindholdet i afskallede *Bolero*-lupiner

Resultaterne for de afskallede *Bolero*-lupiner viser, at både udblødningstid og kogetid har en indflydelse på alkaloidindholdet. Generelt falder alkaloidniveauerne med længere udblødningstider og kogetider indtil 8 timers udblødningstid, hvorefter der observeres en lille stigning i alkaloidindholdet ved 12 timers udblødningstid. For lupiner uden udblødning (0 timer) er alkaloidindholdet højest ved ingen kogning, og niveauet falder gradvist med længere kogetider. Et lignende mønster ses ved 4 timers udblødning, hvor alkaloidindholdet reduceres yderligere med de laveste niveauer efter 40 og 60 minutters kogning. Ved 8 timers udblødning fortsætter faldet i alkaloidindholdet med stigende kogetid, og det laveste niveau opnås efter 60 minutters kogning. For 12 timers udblødningstid ses også en reduktion af alkaloid ved kogning, men alkaloidindholdet forbliver stabilt på tværs af kogetiderne, og opnår ikke lavere niveauer end lupiner udblødt i 8 timer. Dette tyder på, at længere udblødningstid ikke nødvendigvis fører til en yderligere reduktion i alkaloidindholdet.

Samlet set indikerer resultaterne, at både udblødning og kogning, og især kombinationen af udblødning og kogning, er effektive til at reducere alkaloidindholdet i *Bolero*-lupiner. For afskallede lupiner opnås sikre alkaloidniveauer (under 200 mg/kg TS) efter 8 timers udblødning og mindst 20 minutters kogning. For *Bolero*-lupiner med skal nåede ingen af de undersøgte behandlingsmetoder sikre alkaloidniveauer på 200 mg/kg TS.

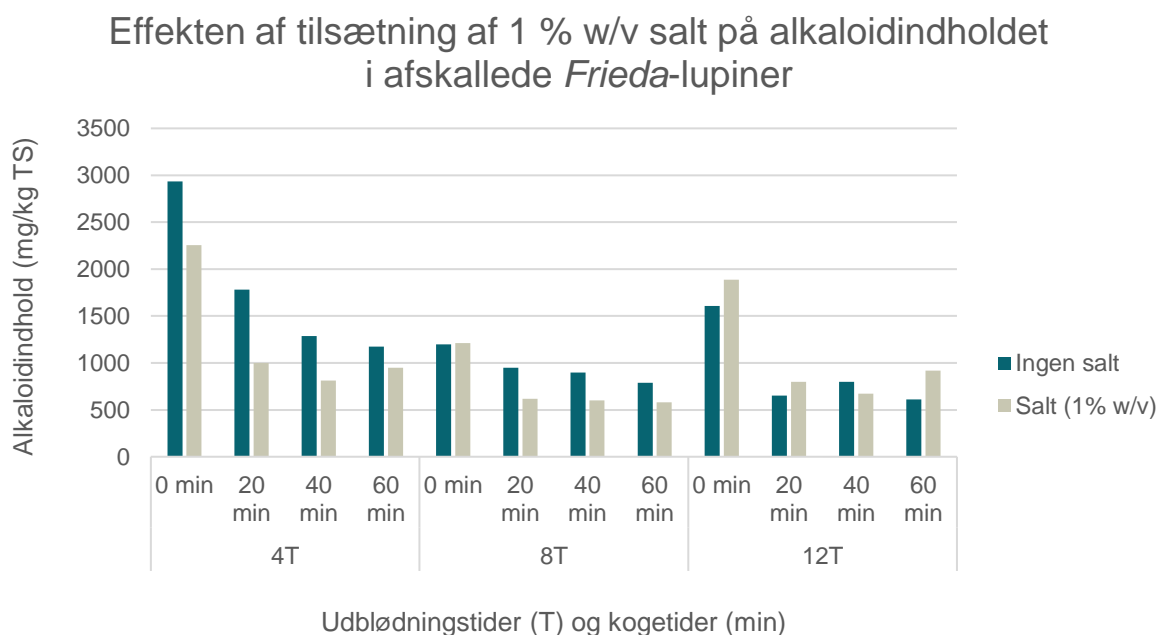
Derudover viser data, at længere udblødningstider ikke altid reducerer alkaloidindholdet yderligere og i visse tilfælde kan føre til en stigning. Dette peger på en kompleks interaktion mellem udblødningstid og alkaloidudvaskning, som kræver yderligere undersøgelse.

Disse resultater understreger betydningen af at kombinere udblødning, kogning og eventuel afskalning for at sikre et lavt alkaloidindhold for at gøre *Bolero*-lupiner til en sikker og velsmagende fødevarer.

Effekten af salt i udblødningsvandet på alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner

For at undersøge effekten af salt i udblødningsvandet blev *Frieda*-lupiner udblødt i postevand, tilsat 1% salt, i henholdsvis 4, 8 og 12 timer. Efter udblødningen blev prøverne kogt i hhv. 0, 20, 40 og 60 minutter.

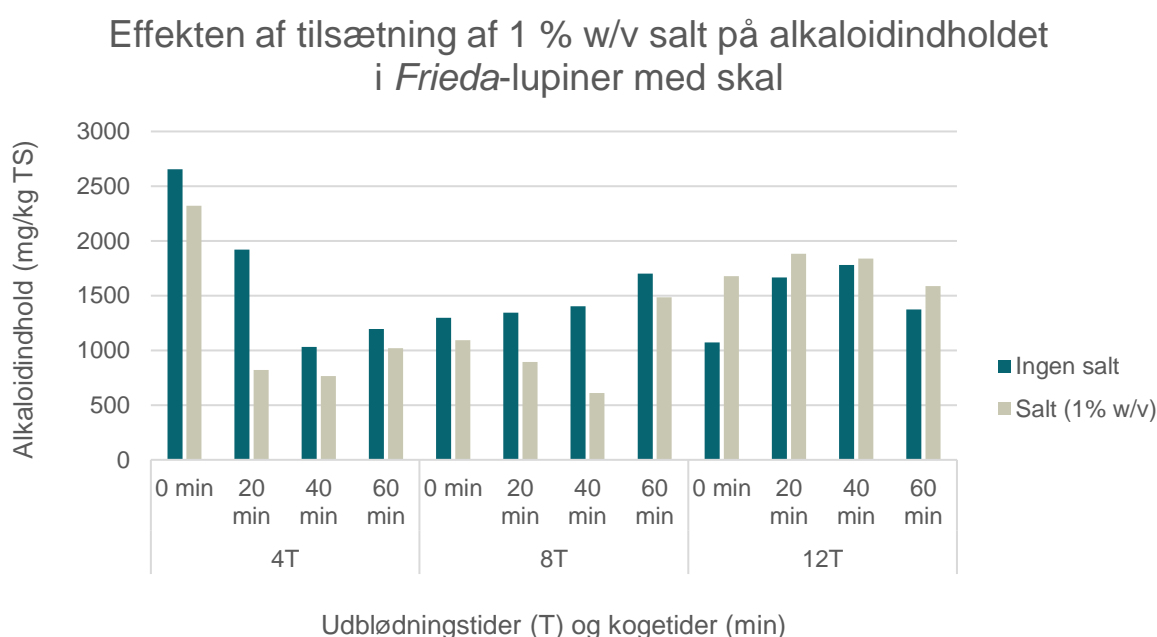
Figur 5 nedenfor viser effekten af tilsætning af 1 % w/v salt på alkaloidindholdet i afskallede *Frieda*-lupiner ved forskellige udblødningstider (4, 8 og 12 timer) og tre kogetider (20, 40 og 60 minutter).



Figur 5: Effekten af salt i udblødningsvandet på alkaloidindholdet i afskallede *Frieda*-lupiner

Resultaterne fra undersøgelsen viser, at tilsætning af salt i udblødningsvandet påvirker alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner forskelligt afhængigt af både udblødningstid og kogetid. Overordnet set indikerer data, at salt generelt bidrager til en reduktion af alkaloidindholdet. For lupiner udblødt i 4 timer med salt blev alkaloidniveauet gradvist reduceret med stigende kogetid, og det laveste niveau blev opnået efter 40 minutters kogning sammenlignet med prøver uden salt. Lupiner udblødt i 8 timer viste en lignende tendens, hvor prøver med salt havde lavere alkaloidindhold end dem uden salt, særligt ved længere kogetider. For prøver udblødt i 12 timer var sammenhængen mere kompleks; ved kortere kogetider (20 og 40 minutter) resulterede salt i udblødningsvandet i lavere alkaloidniveauer, mens ingen kogning eller længere kogetider (60 minutter) førte til højere alkaloidindhold i de saltbehandlede prøver sammenlignet med dem uden salt.

Figur 6 nedenfor viser effekten af tilsætning af 1 % w/v salt på alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner med skal ved forskellige udblødningstider (4, 8 og 12 timer) og tre kogetider (20, 40 og 60 minutter).



Figur 6: Effekten af salt i udblødningsvandet på alkaloidindholdet i *Frieda*-lupiner med skal

Resultaterne viser, at tilsætning af salt til udblødningsvandet generelt reducerer alkaloidindholdet ved udblødningstider på 4 og 8 timer. Effekten aftager dog ikke lineært med længere kogetider, idet en kogetid på 60 minutter resulterede i en stigning i alkaloidniveauet. Ved en udblødningstid på 12 timer blev der derimod observeret højere alkaloidniveauer i lupiner udblødt med salt på tværs af alle kogetider. Dette indikerer, at længere udblødningstider med salt ikke nødvendigvis bidrager til yderligere reduktion af alkaloider, og i nogle tilfælde, kan have en modsat effekt. Disse variationer kan skyldes osmotiske processer og alkaloidernes varmeresistente egenskaber. Saltets evne til at øge det osmotiske tryk kan fremme udtrækningen af alkaloider fra frøene. Dog kan længere behandlingstider skabe ubalancer, der tillader tilbageføring af alkaloider, eller andre uforudsete interaktioner mellem behandlingstrin.

Samlet set indikerer resultaterne, at udblødning og kogning generelt reducerer alkaloidindholdet både i lupiner med og uden skal. Lupiner uden skal opnåede markant lavere alkaloidniveauer og er dermed lettere at behandle effektivt til ønsket reduktion i alkaloidindhold. Trods denne reduktion formåede ingen af de undersøgte behandlingskombinationer at sænke alkaloidindholdet under den tilladte grænse på 200 mg/kg TS. Dette betyder, at lupinerne ikke er egnede til humant konsum i den private husholdning uden yderligere optimering af behandlingsmetoderne. Kombinationen af afskalning, optimeret udblødning og kogning bør undersøges nærmere for at opnå sikre niveauer.

Konklusion

Denne undersøgelse har evalueret effekten af forskellige tilberedningsmetoder – herunder afskalning, udblødning med og uden salt samt kogning – på alkaloidindholdet i lupinsorterne *Frieda* og *Bolero* for at vurdere deres egnethed som fødevarer.

Resultaterne viser, at *Bolero*-lupiner kan behandles til et alkaloidniveau under grænseværdien på 200 mg/kg tørstof ved metoder, der er realistiske i en almindelig husholdning. *Frieda*-lupiner kræver derimod mere omfattende behandling, hvilket gør dem mindre velegnede til konsum i private hjem.

Undersøgelsen fremhæver desuden, at både lupinsort og skaltilstand har en betydelig indflydelse på alkaloidindholdet. Samtlige rå prøver overskred den fastsatte grænseværdi, hvilket understreger nødvendigheden af behandling for at opnå fødevarer sikkerhed. Afskallede lupiner viste den største reduktion i alkaloidniveauer ved længere udblødning og kogning, mens lupiner med skal havde mere komplekse responsmønstre – herunder en potentiel opkoncentrering af alkaloider under længere kogetider.

Tilsætning af salt i udblødningsvandet reducerede generelt alkaloidindholdet, men effekten varierede afhængigt af kombinationen af udblødningstid og kogetid. Ingen af de analyserede metoder kunne dog reducere *Frieda*-lupinernes alkaloidindhold tilstrækkeligt til at gøre dem sikre for humant konsum.

Samlet set tyder resultaterne på, at *Bolero*-lupinen kan integreres i fødevarerproduktion med enkle tilberedningsmetoder, mens *Frieda*-lupinen kræver yderligere undersøgelser af mere avancerede behandlingsmetoder. Traditionelle metoder fra Middelhavsområdet, der kombinerer længere udblødning, kogning og efterfølgende udblødning med gentagne vandskift, kan danne grundlag for mulig fremtidig optimering. Desuden kan alkaloidindholdet i lupiner variere afhængigt af dyrkningsår, dyrkningslokalitet, herunder vejrforhold og jordbundsforhold, samt såningstidspunkt [9], [10], hvilket understreger vigtigheden af at tilpasse behandlingsmetoderne til de enkelte sorter samt de specifikke vækstbetingelser.

Fremtidige undersøgelser bør fokusere på at udvikle og standardisere sådanne processer i industrielle miljøer, hvor præcis kontrol med tid, temperatur og pH kan sikre sikkerhed og kvalitet. Dette vil understøtte anvendelsen af *Frieda*-lupiner som en del af en bæredygtig fødevarerekæde.

Referencer

- [1] Fødevarerstyrelsen, "Alt om Kost - De Officielle Kostråd."
- [2] D. Schrenk *et al.*, "Scientific opinion on the risks for animal and human health related to the presence of quinolizidine alkaloids in feed and food, in particular in lupins and lupin-derived products," *EFSA Journal*, vol. 17, no. 11, Nov. 2019, doi: 10.2903/j.efsa.2019.5860.
- [3] J. Prusinski, "White lupin (*Lupinus albus* L.) - Nutritional and health values in human nutrition - A review," 2017, *Czech Academy of Agricultural Sciences*. doi: 10.17221/114/2016-CJFS.
- [4] Y. Abeshu and B. Kefale, "Effect of Some Traditional Processing Methods on Nutritional Composition and Alkaloid Content of Lupin Bean," *International Journal of Bioorganic Chemistry*, vol. 2, no. 4, pp. 174–179, 2017, doi: 10.11648/j.ijbc.20170204.11.
- [5] N. Huma, F. M. Anjum, S. Sehar, M. Issa Khan, and S. Hussain, "Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes," *Nutr Food Sci*, vol. 38, no. 6, pp. 570–577, 2008, doi: 10.1108/00346650810920187.
- [6] I. Brandle, C. Arncken, U. Kretzschmar, L. Nicod, and M. Lazzaro, "The total alkaloid content of lupins depends on the."
- [7] Z. Zduńczyk, J. Juskiwicz, S. Frejnagel, M. Flis, and I. Godycka, "Chemical composition of the cotyledons and seed coat and nutritional value of whole and hulled seeds of yellow lupin," 1994.
- [8] Schryvers S, Arinzechukwu C, Miserez B, Eeckhout M, Jacxsens L., "The fate of quinolizidine alkaloids during the processing of lupins (*Lupinus* spp.) for human consumption," *Food Chem.* 2023 Dec 15;429:136847. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136847. Epub 2023 Jul 12. PMID: 37473631., 2003.
- [9] I. M. Valente *et al.*, "Agronomic, Nutritional Traits, and Alkaloids of *Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius* and *Lupinus luteus* Genotypes: Effect of Sowing Dates and Locations," *ACS Agricultural Science and Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 450–462, Apr. 2024, doi: 10.1021/acsag-sci.3c00581.
- [10] I. M. Valente *et al.*, "Insights from the yield, protein production, and detailed alkaloid composition of white (*Lupinus albus*), narrow-leafed (*Lupinus angustifolius*), and yellow (*Lupinus luteus*) lupin cultivars in the Mediterranean region," *Front Plant Sci*, vol. 14, 2023, doi: 10.3389/fpls.2023.1231777.