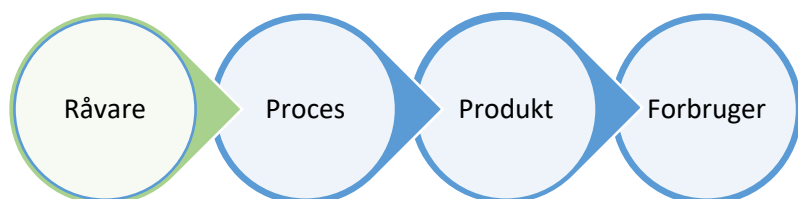




FREMTIDENS PLANTEBASEREDE FØDEVARER

Planteproteiner i fokus



Food & Bio Cluster
Denmark

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion til forskning i fremtidens plantebaserede fødevarer.....	3
2. Proteinets vej fra planten til fødevarer	4
2.1 Proteiner fra planter	4
Antinæringsstoffer	4
2.2 Proteiner i mikroalger	5
2.3 Sidestrømme – en holistisk tilgang	5
3. Forarbejdning.....	6
3.1 Ekstrahering og fraktionering.....	6
3.2 Mikroorganismer og fermentering.....	7
3.3 Spiring – udnyttelse af frøets egne enzymer.....	8
4. Ernæringsmæssig kvalitet og biotilgængelighed	8
5. Produkter og applikationer	9
5.1 Traditionelle fermenterede plantebaserede fødevarer	9
Tempeh – et eksempel.....	9
Snacks	10
6. Forbrugeren	10
7. Referencer	12

1. Introduktion til forskning i fremtidens plantebaserede fødevarer

Verden er udfordret på fødevarerområdet. Der er brug for flere fødevarer og en bæredygtig produktion. Fødevarer bidrager i dag meget til klimabelastningen – med ca. 20% af den totale globale CO₂ emission (FAO, 2016). Produktion, forarbejdning og forbrugeraccept af planteprotein er og vil være et vigtigt element i fremtidens fødevarerproduktion, da det især er produktion af animalsk protein, der belaster vores klima. For at sikre sundheden af den voksende befolkning globalt og minimere klima-aftrykket er det essentielt at ændre kosten fra animalsk domineret til at lade flere plantebaserede proteiner indgå. Det øgede indtag af planteprotein skal både tænkes ind i det hele måltid, men også når det gælder proteiner som fraktioner i forarbejdede fødevarer (EAT-Lancet Commission, 2019). Internationalt er der fokus på bæredygtige fødevarer. Således indgår fødevarer i hele otte af FN's 17 verdensmål (United Nations, 2015). Disse drejer sig om at mindske sult, øge sundhed og trivsel, skabe ligestilling mellem kønnene, mindske ulighed, skabe ansvarligt forbrug og produktion, øge klimaindsatsen, beskytte livet i havet og beskytte livet på land. Dette kræver nye, sunde, plantebaserede fødevarer, som forbrugerne vil spise. En nylig undersøgelse fra Coop af flere end 1000 danskeres mad- og måltidsvaner viser, at halvdelen af de adspurgte i en eller anden grad ønsker at spise mindre kød, end de gør i dag. Knap en tredjedel af de adspurgte siger, at det skyldes hensyn til klima og miljø og en tredjedel siger, at det skyldes hensyn til sundhed (Coop Analyse, 2019).

På Institut for Fødevarervidenskab på Københavns Universitet (KU FOOD) udfører vi forskning og uddannelse, der er med til at løse de globale udfordringer på fødevarerområdet. Vores forskning indgår i udviklingen af nye fødevarer og nye måder at producere dem på. På KU FOOD har vi arbejdet med bæredygtigheds mål i flere årtier. Vi tager udgangspunkt i vores tværvidevidenskabelige viden og bruger en systemtankegang, hvor bæredygtighed tænkes ind i processen fra dyrkning, til forarbejdning, til næringsstofindhold, til forbrugeraccept og sundhed. Målet er, at vi i forskningen hele tiden har blik for den samlede bæredygtighed så en løsning der lokalt kan virke attraktiv, ikke skaber afledte problemer andre steder. Denne tilgang er specielt vigtig inden for fødevarerområdet, fordi den knytter producenter og forbrugere sammen. Konkret ser vi systemtankegangen, når vi for eksempel undersøger forbrugernes holdning til nye teknologier inden for forædling af kornprodukter eller insekter som nye proteinkilder, og samtidig undersøger de miljømæssige konsekvenser af den nye teknologi og brugen af insekter. Eller når vi afprøver et bestemt kostmønster, der kan være til gavn for ældres sundhed, hvor vi også inddrager personlige præferencer og behov.

Vi har en solid viden om anvendelsen og forarbejdning af fødevarer og mulighederne for at bruge de plantebaserede fødevarer bæredygtigt. Endelig har vi unikke muligheder for at undersøge de sundhedsmæssige konsekvenser af forskellige fødevarer på kort og længere sigt samt ikke mindst at finde ud af, om forbrugerne kan lide og vil spise de nye plantebaserede fødevarer. KU FOOD udfører grundlæggende og anvendt forskning bl.a. med fokus på fremtidens plantebaserede fødevarer – ofte i tæt samarbejde med fødevarer- og ingrediensindustrien. Forskningsområdet har en holistisk og tværfaglig tilgang, som giver en forståelse af, hvordan råmaterialer og forarbejdning påvirker kvaliteten af det færdige produkt. Vi udfører dybdegående karakterisering af kendte og nye råvarer, optimering af eksisterende og ny proces teknologi i forhold til mere bæredygtige processer, herunder udnyttelse af sidestrømme, samt til at forbedre det færdige produkt i forhold til holdbarhed, funktionalitet og ernæringsmæssig kvalitet. Vi udfører desuden forskning i krydsfeltet mellem fødevarer og mennesker med fokus på sensorisk perception, struktur, mikroorganismers funktionalitet, smag, forbruger-accept og adfærd.

2. Proteinets vej fra planten til fødevarer

Planteproteiner er ganske forskellige fra de proteiner man finder i mælk og kød, som traditionelt er de råvarer dansk fødevarerforskning har fokuseret på. Planteproteiners størrelser, struktur og dertilhørende egenskaber adskiller sig fra animalske proteiner, og det er således afgørende, at vi forstår disse planteproteiner hele vejen fra planten til fødevarer for at udnytte dem bedst muligt. Planteproteinforskningen på KU FOOD centrerer sig om at forstå deres strukturer og interaktioner, som er altafgørende for deres forskellige funktioner i fødevarer eller i kroppen.

På KU FOOD arbejdes med planteprotein fra mange forskellige kilder. Cerealier, pseudocerealier, oliefrø, nødder, flere slags bælgplanter såsom linse, ært og hestebønne, som nogle af de vigtigste. Desuden arbejder vi også med bladprotein fra eks. græs og roetoppe. Der er tilmed et stort fokus på mikroalger, fordi de er enestående til at levere en proteinrig biomasse foruden et højt indhold af sunde omega-3-fedtsyrer og D-vitamin, og med mikroorganismer og svampe groet på sidestrømme fra eksisterende fødevarerproduktioner.

2.1 Proteiner fra planter

En af de store udfordringer ved proteiner fra planter er, at proteinerne er indkapslet i plantecellen og derfor kan være svært tilgængelige i flere henseender. Således kræves der effektive teknikker til at åbne plantematricen og efterfølgende ekstrahere proteinerne. Endvidere er selve proteinstrukturen også særegen, og således er hverken den videre forarbejdning eller fordøjelsen af dem enkel. Fra naturens side er en stor del af planteproteinerne såkaldte opbevaringsproteiner, der tjener som biologiske energireserver nødvendige for den voksende plante. Således er proteindelen i frøet udviklet evolutionært til overlevelse i lang tid og netop derfor er det ikke nemt tilgængeligt eller nedbrydeligt som fødevarer eller proteiningrediens, og samtidigt er de mindre opløselige end fx mælkeproteinerne. Mange planteproteinkilder, indeholder samtidig en del uhensigtsmæssige indholdsstoffer, såkaldte antinæringsstoffer, som gør dem mindre tilgængelige i den humane ernæring.

Antinæringsstoffer

Planter er kendetegnet ved at have effektive beskyttelsesmekanismer mod eksempelvis insektangreb. Dette betyder, at mange planter indeholder forskellige forsvarsstoffer, også kaldet sekundære metabolitter. Disse stoffer kan beskytte planten mod at blive spist ved at være fx giftige eller have en bitter smag. Da de har en negativ effekt på næringsværdien kaldes de også antinæringsstoffer. I små mængder kan disse stoffer dog godt have både en positiv helbredseffekt eller ønsket smag, som fx glucosinolater i peberrod, som ved tygning omdannes til de skarpt smagende isothiocyanater. Flere af disse antinæringsstoffer menes også at kunne have en positiv effekt på vores helbred, fx i form af en anticarcinogen effekt. I store mængder vil de dog kunne have en negativ effekt på en fødevarers næringsværdi, smag eller farve, og derfor er det et område der har stor fokus på KU FOOD. Når der er et større indtag af plantebaserede fødevarer, herunder specielt forarbejdede fødevarer, er det vigtigt at vi har en grundlæggende viden om, hvad der sker med disse antinæringsstoffer. Herunder skal vi sikre os, at der ikke sker en opkoncentrering af antinæringsstofferne sammen med planteproteinerne, og at vi har fokus på at udvikle metoder og processer. Det er derfor vigtigt, at vi kan minimere selve antinæringsstofferne eller deres negative effekt, i forbindelse med de forarbejdningsstrin planten gennemgår (se afsnit nedenfor, fx ekstrahering, fermentering, spiring) inden den når frem til forbrugerens tallerken i en plantebaseret fødevarer.

Mange plantefamilier indeholder forskellige sekundære metabolitter, såsom tanniner, fytinsyre, oxalater, saponiner, lektiner, cyanogene glukosider, alkaloider, vicin/convicin, glucosinolater osv. Flere af disse kan binde sig til proteinerne og dermed vanskeliggøre en nedbrydning i vores fordøjelsessystem, mens andre er direkte giftige. Visse antinæringsstoffer er selv proteiner, som fx trypsin-inhibitorer (en protease inhibitor), som virker ved at inhibere vores fordøjelsesenzymer. Trypsin-inhibitorer er specielt kendetegnende for bælgplanterne, herunder særligt for sojabønner. I nogle tilfælde kan fibre og oligosakkarider også karakteriseres som antinæringsstoffer. Førstnævnte kan nedsætte fordøjeligheden af planteproteiner, mens sidstnævnte har en negativ effekt på forbrugere med mave-tarmsygdomme. Både fibre og oligosakkarider er dog også kendetegnet ved ikke at kunne nedbrydes i tyndtarmen, hvorfor de passerer videre til tyktarmen, hvor de fremmer væksten af bakterier der er gavnlige for vores tarmsundhed. Skaldele har ofte en høj koncentration af antinæringsstoffer, hvorfor man ved en afskalning kan reducere indholdet.

2.2 Proteiner i mikroalger

Mikroalger er encellede organismer der, ligesom alle andre fotosyntetiserende planter, indeholder protein. Alger kan indeholde op til 50% protein på tørstofbasis. Hos algerne skal cellevæggen nedbrydes for, at proteinet bliver tilgængeligt og efterfølgende kan benyttes til fødevarereproduktion. Forskerne arbejder med at finde løsninger, der enten ødelægger cellevæggen med enzymer eller fysisk påvirkning for at kunne ekstrahere proteinerne og andre indholdsstoffer som umættede fedtsyrer. Proteinene fra mikroalgerne er mere opløseligt end det man finder i frøene fra mange andre højerestående planter. Derfor er forventningen, at når proteinet er ekstraheret, kan det relativt nemt indgå i fødevarerapplikationer.

En af udfordringerne ved mikroalger er smagen. De har ofte en anderledes smag, som mange forbrugere nok vil finde mindre attraktiv. Smagen er dog ganske acceptabel i protein fra friskhøstede alger, men der kan opstå en bismag, når algerne bliver lagret uhensigtsmæssigt. Korrekt lagring og stabilisering af råvaren og det ekstraherede algeprotein er central, ligesom man kender det fra alle andre fødevarer, eksempelvis mælk. En anden udfordring med algeprotein er farven. Den grønne farve stammer fra klorofyllet i fotosynteseapparatet, og det gør, at det ikke er lige til at trække farven ud af proteinet. Forskerne arbejder på metoder til at minimere/eliminere den grønne farve, eksempelvis justering i vækstbetingelser og udvælgelse af farvneutrale algestammer. Der findes enkelte smags- og farvneutrale mikroalger, fx blonde Chlorella. Farveproblematikken er bestemt en parameter, der vil have indflydelse på applikationen af algeprotein nu og i fremtiden. I samarbejde med en start-up virksomhed har vi isoleret algevarianter uden klorofyl og med varierende indhold af gule, orange og røde pigmenter. Disse bliver ligeledes undersøgt i forskellige fødevarer.

2.3 Sidestrømme – en holistisk tilgang

Ud over frø, bælgfrugter og mikroalger findes der en lang række andre kilder til planteprotein fra den eksisterende produktion af fødevarer. Det kan fx være dele af eksisterende afgrøder eller restprodukter fra anden fødevarereproduktion, hvor hele planten eller produktet ikke udnyttes fuldt ud. De såkaldte sidestrømme er derfor også en vigtig faktor i fremtidens produktion af plantebaserede proteiner. En sådan sidestrøm er eksempelvis roetoppe, hvor proteinet kan ekstraheres fra de grønne blade og indgå som ingrediens i nye fødevarer. Mask eller "brewers' spent grain" (BSG), et restprodukt fra ølbrygning, er et andet eksempel på en sidestrøm, der kan genudnyttes og bruges som ingrediens. For at udnytte proteinet i fx BSG bedst muligt kan det

være relevant at lade gær og skimmelsvampe gro på sidestrømmen. Disse organismer omdanner de svært fordøjelige proteiner og kulhydrater til mikrobielle proteiner. Svampeproteinet har en højere næringsværdi for mennesker end proteinet i den uforarbejdede sidestrøm. Sidestrømmen bliver således sat i spil på en ny måde, og proteinmassens biotilgængelighed bliver øget.

3. Forarbejdning

3.1 Ekstrahering og fraktionering

Planteproteiner bruges oftest i fødevarer i form af mel, koncentrat eller isolat. Mel fremstilles ved en simpel formaling på en mølle af enten hele tørrede frø, afskallede frø eller affedtede frø (fx fra olieafgrøder som eksempelvis soja). Planteproteinkoncentrater er formalede produkter der indeholder ca. 60-90 % protein, mens planteproteinisolater indeholder >90 % protein. Koncentrater er oftest fremstilles ved en formaling (oftest afskallede og evt. affedtede frø), og afhængigt af proteinindholdet i udgangsmaterialet, så kan der også laves en tørfraktionering. Ved tørfraktionering sigtes det formalede mel for at adskille proteinerne fra de andre bestanddele såsom stivelse og fibre. Formalingen og sigtningen kan udføres i flere omgange, således opnås proteinfraktioner med forskellige protein-partikelstørrelser.

Hvis man derimod skal producere et proteinisolat er det nødvendigt at benytte vådekstrahering. Ved vådekstrahering udnyttes sure eller basiske vandige opløsninger, hvorved en del af proteinerne bliver trukket ud i opløsningen. Der arbejdes også med enzymatisk behandling til ekstraktion og forarbejdning af disse proteiner. Dels kan man anvende enzymer der nedbryder cellulose og lignin i plantens cellevægge sådan at proteinerne "frigives", dels kan man anvende såkaldte protease-enzymet der "klipper" proteinet i mindre dele. Disse mindre proteinfraktioner er mere opløselige og fordøjelige. Denne proces, også kaldet en hydrolysering, medfører ofte bismag og andre problemstillinger i slutproduktet kaldet et proteinhydrolysat. Nogle proteinhydrolysater og isolater har en dårlig smagsprofil, nogle en dårlig ernæringsprofil eller andre mindre attraktive egenskaber, såsom farveprofil. Ideelt ønsker ingrediensfirmaerne et rent proteinprodukt, der er smagsløst, farveløst og har en god funktionalitet, så det kan bruges direkte i de applikationer, man ønsker. Dermed kan man nemmere lave attraktive endelige fødevarerprodukter, som opfylder de krav, forbrugerne har.

Der er naturligvis forskellige fordele og ulemper ved hhv. tørfraktionering og vådekstrahering. Ved en tørfraktionering kan det være svært at fjerne uønskede komponenter såsom antinæringsstoffer og nogle smagskomponenter. Proteinkoncentrationen er lavere end for et proteinisolat, men til gengæld er det en billigere proces, der ikke kræver samme vand- og energiforbrug som en vådekstrahering. Ved en vådekstrahering er det muligt at fjerne eller minimere indholdet af nogle af de uønskede komponenter, men ofte på bekostning af funktionaliteten. Sojaprotein har været på markedet i mange år, både som affedt mel, koncentrat, isolat og hydrolysat. Da alle plantefrø varierer i størrelse og indholdet af makronæringsstoffer, kan man ikke blot udvikle en proces, der passer til alle planter, og derfor er det endnu begrænset, hvor mange alternativer der findes til sojaproteinprodukterne. På KU FOOD har vi fokus på, i samarbejde med industripartnere, at udvikle skånsomme og bæredygtige vådfraktioneringsmetoder til produktion af planteproteinfraktioner af høj ernæringsmæssig kvalitet (se fx Muneer et al., 2018; Vogelsang-O'Dwyer, Bez, et al., 2020; Vogelsang-O'Dwyer, Petersen, et al., 2020). Det bæredygtige aspekt indebærer også, at der er fokus på at skabe værdi for alle "sidestrømmene" som fx stivelse, fibre samt opløselige kulhydrater og lavmolekylære stoffer.

3.2 Mikroorganismer og fermentering

En tilgang til at udnytte planteproteinerne bedst muligt i videre fødevarereproduktion er at benytte forskellige fermenteringsprocesser. Her kan planteproteinerne fungere som næringssubstrat for bakterier og svampe. Disse mikroorganismer nedbryder proteinerne ved brug af deres egne enzymer. Ved en sådan fermenteringsproces vil proteinerne blive omsat til svampe- eller bakteriebiomasse, som så kan bruges som proteiningrediens eller til videre forarbejdning. Fermenteringer kan ses som en teknologi, man kan udnytte i industrien, for at gøre fødevarerne mere spiselige og øge mængden af vigtige ernæringsmæssige komponenter. Fermenteringer ændrer ikke kun selve råvarens opbygning, men kan også have stor indflydelse på den funktionelle kvalitet som holdbarhed, smag og tekstur. Fermentering er også med til at øge fødevarens indhold af vitaminer og sikre fjernelse af forbindelser, som fx fytater, der uønsket binder mineraler som jern og zink hvorved fødevarens næringsværdi mindskes.

Der eksisterer solid viden om klassiske kontrollerede fermenterede fødevarer i dansk industri, såsom mejeriprodukter og kødprodukter, samt øl, vin og chokolade. Mikroorganismer har enzymer (proteaser), som kan klippe et komplekst foldet protein til ønskede mindre fragmenter. Dermed bliver proteinerne nemmere at optage, og ændrer struktur eller vandbindingsevne. Man kan bruge mikroorganismer naturligt i stedet for fx at tilsætte enzymer. Fermentering er i dag en standardmetode brugt i oste- og yoghurtproduktion, men ikke nær så udbredt i forbindelse med forarbejdning af planteproteiner, hvorfor ny viden er påkrævet. Det er dog ikke muligt at benytte de mikroorganismer, der i dag bliver brugt inden for mejeriområdet fx til ostefremstilling, på en plantematrice. Her skal der nye mikroorganismer i spil. Dog er eksisterende viden fra mejeriindustrien stadig yderst brugbar. Her har man udviklet hundredevis af produkter ud fra en enkelt råvare: mælk. Og sidestrømmen efter osteproduktionen, valle, og det protein, man kan udvinde derfra, er nu mere værdifuld for mejerierne end osten. På KU FOOD arbejder vi med fermentering af plantebaserede råvarer, hvor vi kigger på, om man kan kombinere fermentering og ekstrudering, hvor sidstnævnte er en forarbejdningsteknologi til at skabe struktur (se afsnit 3.1). Ekstrudering er allerede kendt fra produktionen af pasta, morgenmadsprodukter samt plantebaserede kødanaloger. Det vil betyde, at i stedet for "bare" at ekstrudere matricen, så kan den ved hjælp af fermentering forarbejdes inden ekstruderingen, så man øger tilgængeligheden af fx proteinet. Et ønske kunne også være at fjerne specifikke aminosyrer, som danner bitre peptider, eller sænke indholdet af antinæringsstoffer. På den måde kan man lave et mere acceptabelt plantebaseret produkt til forbrugeren både i forhold til smag og struktur. En del forskere besidder en særlig ekspertise inden for udvikling, karakterisering og opbevaring af starterkulturer.

Spontane fermenteringer er en anden interessant gren indenfor fermentering, da der indgår nye og måske ukendte mikroorganismer, man ikke benytter i den nuværende industrielle og standardiserede fødevarereproduktion. Man får derfor viden om nye mikroorganismers potentiale og effekt i forhold til fx smag og struktur.

Fast-fase fermentering er, modsat fermentering af flydende produkter som fx vin og øl, fermenteringer af faste fødevarer. Det kan være fermentering af kål til kimchi eller surkål eller fermentering af de friske kakaobønner, når man producerer chokolade. Her er det vigtigt at kende til mikroorganismernes fordeling i fødevarematricen for fuldt ud at kunne udnytte deres funktionalitet. Forskerne undersøger, hvordan organismene interagerer med matricen, både for at kunne skabe ensartede produkter og ikke mindst for at sikre fødevarerens sikkerhed.

Det er langt mere udfordrende at arbejde med fast-fase fermenteringer end flydende fermenteringer, da det er sværere at sikre, at processerne er ensartede, dvs. at mikroorganismene kommer i kontakt med proteiner og kulhydrater i hele fødevaren. I en flydende fødevarematrice kan mikroorganismene lettere bevæge sig rundt, og det er nemmere at fordele dem ved omrøring. På KU FOOD har vi også flere projekter med fokus på at omdanne plantebaserede sidestrømme til fødevarer ved hjælp af fast-fase fermentering.

3.3 Spiring – udnyttelse af frøets egne enzymer

Spiring af fx maltbyg og forskellige frø fra bælgplanter har forskningsfokus i disse år. Spiring er et andet interessant værktøj til at øge biotilgængeligheden af planteproteiner og mineraltilgængeligheden for mennesker, samt en måde at reducere indholdet af antinæringsstoffer og andre uønskede indholdsstoffer. En spiringsproces medfører, at stivelse, store proteiner og fedt i frøet bliver nedbrudt af frøets egne enzymer. I det frøet spirer, bliver stivelseskornene aktiveret og nedbrudt af enzymer for at få energi til at lave en ny plante med stængel og blade. I denne biokemiske proces bliver de store svært tilgængelige proteiner nedbrudt af protease enzymer til mindre lettere tilgængelige proteiner og peptider. Dette kendes bl.a. fra maltningen i forbindelse med ølbrygning. Denne form for mobilisering af frøets fødevarerrelevante komponenter skal især ses i forbindelse med en efterfølgende mikrobiel fermentering.

4. Ernæringsmæssig kvalitet og biotilgængelighed

Protein er ikke bare protein. Den ernæringsmæssige kvalitet varierer meget for proteiner fra forskellige kilder såsom kød, mælk og planter. Man taler her om komplette og ikke-komplette proteiner. Komplette proteiner indeholder alle de essentielle aminosyrer, som der er brug for, og i rette mængde. Ikke-komplette proteiner har et for lavt indhold af en eller flere essentielle aminosyrer, og dermed bliver de den begrænsende faktor for, hvor godt proteinet kan udnyttes. Dette kan opvejes ved at kombinere proteiner fra forskellige typer planter, som hver især mangler forskellige essentielle aminosyrer. Protein fra animalske kilder kategoriseres som komplette proteiner, da de indeholder alle de essentielle aminosyrer i ønskede forhold. Enkelte planter har dog en komplet aminosyreprofil, som fx frø fra quinoa og amarant. Men langt de fleste planter er begrænsende på en eller flere aminosyrer, og deres proteiner betegnes derfor som ikke-komplette. Hvor bælgplanter oftest er begrænsende på den essentielle aminosyre methionin, er cerealier oftest begrænsende på den essentielle aminosyre lysin. Ved at kombinere proteiner fra bælgplanter og cerealier kan man øge den ernæringsmæssige kvalitet, idet aminosyresammensætningen kan komplementere hinanden. Dette har vi haft fokus på i forskellige studier. Et studie har, i samarbejde med en start-up haft fokus på at øge både proteinindholdet og forbedre aminosyresammensætningen i en plantedrik baseret på havre suppleret med bælgplanteprotein (Bonke et al., 2020). Et andet studie fra det netop afsluttede EU-projekt Protein2Food har haft fokus på at forbedre den ernæringsmæssige kvalitet af almindelig hvedebrød ved at tilsætte bl.a. hestebønneprotein (Hoehnel et al., 2020). Dette er begge eksempler på hvordan bælgplanter og cerealier kan komplementere hinanden og forbedre aminosyreprofilen.

Den ernæringsmæssige kvalitet af (plante)proteiner bestemmes dog ikke kun af aminosyresammensætningen, men i høj grad også af biotilgængeligheden af proteinerne, dvs. hvor godt vi mennesker kan fordøje, altså nedbryde og optage aminosyrerne, som nævnt tidligere. Dette påvirkes delvist af proteinernes struktur, selve fødevarens sammensætning - er proteinet fx svært tilgængeligt pga. meget stivelse eller fiber i fødevaren, samt

tilstedeværelsen af antinæringsstoffer. Til at undersøge fordøjeligheden af (plante)proteiner har vi udviklet en *in vitro* protein fordøjelse-metode, en såkaldt IVPD metode (Joehnke, Rehder, et al., 2018). Med denne IVPD metode har vi undersøgt proteinfordøjeligheden af en lang række forskellige planteproteiner, både på ingrediensniveau og i færdige fødevarer. Vores undersøgelser har bl.a. vist at proteinfordøjeligheden nedsættes ved samtidig tilstedeværelse af fibre (Joehnke, Sørensen, et al., 2018), og at vi kan forbedre proteinfordøjeligheden ved at fjerne/nedsætte indholdet af antinæringsstoffer (Vogelsang-O'Dwyer, Bez, et al., 2020; Vogelsang-O'Dwyer, Petersen, et al., 2020). Derudover arbejder vi på at forstå hvordan proteinekstrahering og forarbejdning (jf. afsnit om forarbejdning) og selve fødevarematricen, dvs. sammensætningen af protein, stivelse og fibre påvirker proteinfordøjeligheden.

5. Produkter og applikationer

Udviklingen af kødanaloger baserede på planteprotein er allerede i fuld gang, og der findes allerede flere plantebaseret produkter på markedet, fx fars, pølser og burgere, der imiterer klassiske kødprodukter. Disse produkter er interessante, da det vil gøre det nemmere for forbrugeren at skifte fra dele af en kødbaseret kost til en langt højere grad af plantebaseret kost. Det er dog forbundet med store udfordringer at udvikle kødanaloger, da både strukturen og smagen af kød er meget kompleks og forskellig fra planter. Der forskes derfor i at restrukturere planteproteiner, så de får en mere fiberagtig struktur, som findes i kød samt at fjerne de planterelaterede smage og generere mere kødlignede smage.

5.1 Traditionelle fermenterede plantebaserede fødevarer

En anden tilgang til udvikling af nye proteinrige fødevarer er at tage udgangspunkt i traditionelle fødevarer fra hele verden. Igennem tiderne er der udviklet et veritabelt forrådskammer - ikke et tilfældigt ordspil - af plantebaserede fermenteringer, der stadig har stor succes regionalt og nogle enkelte globalt. Nogle af de mere kendte eksempler er sojasovs og miso (med oprindelse i Japan/Kina), tempeh (Indonesien), natto (Japan) og Kenkey (Ghana). Da de har vist deres potentiale gennem historien ved at brødføde befolkninger, er det værd at bygge videre på dem, og opdatere dem til det nye årtusind. KU FOOD har forskningskapacitet inden for flere af disse fødevarer, bl.a. gennem mangeårigt engagement i vestafrikanske fermenterede fødevarer såsom kenkey og dawadawa, og i de senere år samarbejde med et Indonesisk universitet om tempeh.

Tempeh – et eksempel

Tempeh er en fast fermenteret fødevarer, med hele bælgfrugter som råvare. Fermenteringen forestås af en skimmelsvamp af *Rhizopus*-slægten. Set udefra har frisk tempeh en del lighed med en brie. Skimmelsvampen binder de hele bønner sammen til en fast masse, der kan skæres meget lig et stykke kød eller fisk. Oprindelsen er i Indonesien, men det globale marked for tempeh er på ca. 25 milliarder kroner. Markedet er i god vækst, med en forventning om en årlig vækst på over 6% årligt indtil 2026. Tempeh kan bruges som proteindelen af et måltid, og dermed erstatte f.eks. kød. I Danmark er der en stigende interesse for tempehs kvaliteter, og de første producenter har startet produktion i 2019. Forskerne arbejder på at optimere fermenteringen, både ud fra fødevarekvalitetsparametre som smag, tekstur, holdbarhed, men også med at udnytte dansk dyrkede bælgfrugter som råvarer, såsom flækærter og lupiner. Videre forarbejdning af tempeh med langtids sousvide-tilberedning skaber helt nye meget smagsintense versioner, som tempeto, der kan bruges til at højne umami-smag, og de smage vi forbinder med veltilberedt kød (Guixer et al., 2017). Vi har lavet flere

forbrugerundersøgelser med tempeh i Indonesien, der har givet en forståelse for, hvordan man bedst og med størst forbrugeraccept moderniserer et traditionelt produkt (Fibri & Frøst, 2019, 2020). I Danmark er tempeh eksempel på en "ny" slags fødevarer, der ikke imiterer et kødprodukt, og det er tilmed et fleksibelt produkt, da det kan laves med mange forskellige typer af bælgfrugter, også lokale nordiske. Det kan også tilberedes på mange forskellige måder, og på den måde kan man tilpasse tempeh til dagens danske og europæiske forbrugere. Det spises direkte og er dermed et eksempel på ny fødevarer og ikke en ingrediens.

Snacks

Der er stort fokus på at udvikle sundere snacks og til dette er ekstrudering af råvarer med højt proteinindhold en oplagt mulighed. Ekstrudering udnyttes til at producere alt fra simple ready-to-eat puffed snacks, snack pellets som skal efterbehandles før indtagelse ved bagning, i mikroovn eller i friture, og til høj-forarbejdede kødanaloger. Snackprodukter med højt proteinindhold resulterer ofte i mindre puffed produkter, men samtidig er der opnået øget protein tilgængelighed og en reduceret mængde antinæringsstoffer. Det færdige produkt påvirkes af mange faktorer fra råvarens kemiske sammensætning til procesparametre som temperatur, tryk og hastighed. Ved at ændre på disse faktorer påvirkes den makromolekylære transformation under ekstruderingen, hvorved den ønskede produktkvalitet kan opnås.

6. Forbrugeren

Forbrugeraccepten skal være høj, hvis der skal flere planteproteiner på tallerkenen i fremtiden. Det er begrænset, hvor meget folk vil og kan gøre individuelt for at bidrage til ændrede forbrugsmønstre. Som forbruger vil man naturligvis undgå at føle et tab af velsmag eller livskvalitet ved at skifte til en mere plantebaseret kost. En kulturelt betinget udfordring ligger i de sociologiske aspekter hos forbrugeren, herunder mad til fx børn, da kød altid har ligget højt i værdipyramiden i Danmark og mange andre steder i verden. Vil man spise flere planteproteiner, så er der flere udfordringer set ud fra et smagsperspektiv: saftighed, tekstur og umamismag. Det er derfor relevant at arbejde med velsmag, og forstå de bagvedliggende principper, da de har en central betydning for forbrugeraccepten.

Mange traditionelle fødevarer er plantebaserede på globalt niveau. Det er interessant at arbejde netop med fermenterede, plantebaserede fødevarer, hvor mange gamle traditionelle teknologier stadig kan være relevante i dag, hvis de opdateres til nutidens produktion og lokale råvarer (se f.eks. Ole G. Mouritsen & Klavs Styrbæk, 2017; Ole G. Mouritsen, 2020). Nogle vil mene, at det kræver en anselig viden at kunne lave velsmagende mad kun med plantebaserede fødevarer. En forbrugerundersøgelse har vist, at nogle forbrugere oplever udfordringer ved at skifte til en overvejende plantebaseret kost på grund af en frygt for at mangle protein, manglende mæthed eller at det er svært at lave plantebaseret mad (Faber et al., 2020; Reipurth et al., 2019). Det kræver en fælles indsats at forstå og inkorporere nye typer af plantebaserede fødevarer i hverdagens danske køkken.

I Future Consumer Lab på KU FOOD forskes der i fremtidens forbrugermønstre. Dette indeholder blandt andet undersøgelser af såkaldte katalysatorer eller faktorer, der gør det nemmere for forbrugeren at lave mad med en ny type fødevarer eller ingrediens. Det kan være opskrifter eller nye retter og produkter, hvor man undersøger, om det kan passe ind, og om folk kan forstå det. Balancen mellem velkendthed og det nye og spændende skal helst være til stede samtidigt i og omkring et produkt, da man derved undgår, at forbrugeren synes, det er for

kedeligt, men samtidigt ikke skræmmes væk. Et andet eksempel, som kan have betydning for forbrugeres valg, er hvordan forskellige "nudging tiltag" kan fremme indtaget af plantebaserede fødevarer og måltider. Opmærksomheden omkring, at det ikke alene er godt for "planeten og mig", men det også er interessant og lækkert at spise, er alfa og omega, når det kommer til overgangen til en mere plantebaseret kost. Her har de nye nordisk inspirerede Michelin-restauranter haft en stor effekt ved at gøre det mondænt og spændende med de nye fødevarer.

På KU FOOD udføres der bl.a. kvantitative forbrugerundersøgelser, som bygger på store spørgeskemaundersøgelser, hvor vi rammer store populationer, og derved får et indblik i et udsnit af et samfund. Desuden bruger vi ofte kvalitative studier med organiserede fokusgruppeinterviews og opsætning af eksperimenter i laboratorier, hvor der bliver designet forskellige fødevarer og retter, som derefter testes ved at folk spiser retterne under observation. Folk får her mulighed for at smage på fødevarerne samtidigt med de evaluerer nydelsen, de såkaldte hedonisk respons. Kvantitative og kvalitative undersøgelser bliver kombineret for at give et samlet forbrugerbillede. I et igangværende forskningsprojekt arbejdes der fx med oplevelsen, man som forbruger har, når man spiser en udenlandsk modsat en lokal produceret bælgfrugt. Her undersøges det, om der ligger en merværdi i fortællingen omkring råvaren i forhold til selve spise- og smagsoplevelsen. Dette hænger uløseligt sammen, og ligeså snart man skal til- eller fravælge fødevarer, så spiller fortællingen en stor rolle og er en del af det samlede indtryk, man har som forbruger.

7. Referencer

- Bonke, A., Sieuwerts, S., & Petersen, I. L. (2020). Amino acid composition of novel plant drinks from oat, lentil and pea. *Foods*, 9(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods9040429>
- Coop Analyse. (2019). *Særligt de unge ønsker at spise mindre kød*. <https://om.coop.dk/coop+analyse/analyser.aspx>
- EAT-Lancet Commission. (2019). Healthy Diets From Planet; Food Planet Health. *Lancet*, 32.
- Faber, I., Castellanos-Feijóo, N. A., Van de Sompel, L., Davydova, A., & Perez-Cueto, F. J. A. (2020). Attitudes and knowledge towards plant-based diets of young adults across four European countries. Exploratory survey. *Appetite*, 145, 104498. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.104498>
- FAO. (2016). *The State of Food and Agriculture. Climate change, agriculture and food security*. <http://www.fao.org/publications/sofa/2016/en/>
- Fibri, D. L. N., & Frøst, M. B. (2019). Consumer perception of original and modernised traditional foods of Indonesia. *Appetite*, 133, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.10.026>
- Fibri, D. L. N., & Frøst, M. B. (2020). Indonesian millennial consumers' perception of tempe – And how it is affected by product information and consumer psychographic traits. *Food Quality and Preference*, 80, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103798>
- Guixer, B., Frøst, M. B., & Flore, R. (2017). Tempeto – Expanding the scope and culinary applications of tempe with post-fermentation sousvide cooking. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.03.002>
- Hoehnel, A., Bez, J., Petersen, I. L., Amarowicz, R., Juśkiewicz, J., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2020). Enhancing the nutritional profile of regular wheat bread while maintaining technological quality and adequate sensory attributes. *Food and Function*, 11(5), 4732–4751. <https://doi.org/10.1039/d0fo00671h>
- Joehnke, M. S., Rehder, A., Sørensen, S., Bjerregaard, C., Sørensen, J. C., & Markedal, K. E. (2018). In Vitro Digestibility of Rapeseed and Bovine Whey Protein Mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(3), 711–719. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04681>
- Joehnke, M. S., Sørensen, S., Bjerregaard, C., Markedal, K. E., & Sørensen, J. C. (2018). Effect of Dietary Fibre Fractions on in Vitro Digestibility of Rapeseed Napin Proteins. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 335–345. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2018-0005>
- Muneer, F., Johansson, E., Hedenqvist, M. S., Plivelic, T. S., Markedal, K. E., Petersen, I. L., Sørensen, J. C., & Kuktaite, R. (2018). The impact of newly produced protein and dietary fiber rich fractions of yellow pea (*Pisum sativum* L.) on the structure and mechanical properties of pasta-like sheets. *Food Research International*, 106(August 2017), 607–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.020>
- United Nations. (2015). *Sustainable Development Goals*. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>
- Ole G. Mouritsen & Klavs Styrbæk. (2017). *Tsukemono - Sprøde grøntsager på japansk* (1st ed.). Gyldendal.
- Ole G. Mouritsen, K. S. & J. D. M. (2020). *Grønt med umami og velsmag* (1st ed.). Gyldendal.
- Reipurth, M. F. S., Hørby, L., Gregersen, C. G., Bonke, A., & Perez Cueto, F. J. A. (2019). Barriers and facilitators towards adopting a more plant-based diet in a sample of Danish consumers. *Food Quality and Preference*, 73, 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.10.012>
- Vogelsang-O'Dwyer, M., Bez, J., Petersen, I. L., Joehnke, M. S., Detzel, A., Busch, M., Krueger, M., Ispiryanyan, L., Mahony, J. A. O., Arendt, E.

K., & Zannini, E. (2020). Techno-Functional, Nutritional and Environmental Performance of Protein Isolates from Blue Lupin and White Lupin. *Foods*, 9(2), 24. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9020230>

Vogelsang-O'Dwyer, M., Petersen, I. L., Joehnke, M. S., Sørensen, J. C., Bez, J., Detzel, A., Busch, M., Krueger, M., O'Mahony, J. A., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2020). Comparison of Faba bean protein ingredients produced using dry fractionation and isoelectric precipitation: Techno-functional, nutritional and environmental performance. *Foods*, 9(3), 24. <https://doi.org/10.3390/foods9030322>