



Foto: Shutterstock

KØD UDEN KØD ELLER DYR

– hvordan det?

Flere og flere erstatter kød med produkter baseret på planteprotein. Ved en særlig proces kaldet ekstrudering kan planteproteinet komme til at minde om kød i struktur og konsistens.

Om forfatterne



Bjørn Petrat-Melin er ph.d. i fødevidenskabsforskning, forsker i fødevarer og kvalitet, og underviser på Erhvervsakademiet Aarhus' uddannelser inden for fødevarer og teknologi. bmel@eaaa.dk.



Aaron M. Saunders er ph.d. i mikrobiologi, forsker i fødevarer og mikrobiologi, og underviser på Erhvervsakademiet Aarhus' laborantuddannelse. amsa@eaaa.dk.

I gennemsnit spiser hver dansker mere end sin egen kropsvægt i kød hvert år! Det skyldes blandt andet, at Danmark historisk set er et landbrugsland, med en høj tilgængelighed af protein af en høj kvalitet fra kød og mejeriprodukter. Det har gjort, at disse fødevarer traditionelt har været en fast bestanddel af de fleste danskers kost, men sådan er det ikke nødvendigvis længere. Stadig flere vælger at skære ned på kødindtaget, og mange vælger endda helt at fjerne kød fra et eller flere af deres ugentlige hovedmåltider.

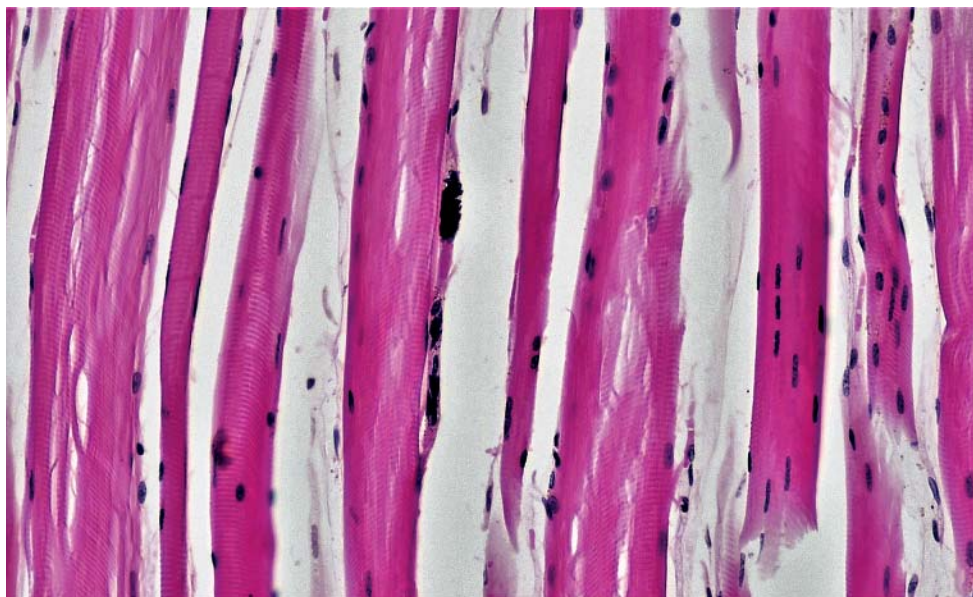
Denne gruppe af forbrugere kaldes flexitarer. Desuden er gruppen af forbrugere, der betragter sig selv som enten vegetarer eller veganere, og altså slet ikke spiser kød, også voksende. Forbrugeranalyser foretaget blandt kunder i en kæde af danske dagligvarebutikker har vist, at i årene fra 2010 til 2017 er andelen af forbrugere, der vælger at have én eller flere kødfri dage om ugen, steget fra 17% til 28%. Beregner man det samlede antal kødfri dage, som danske forbrugere har, svarer det til, at hver eneste dansker spiser kødfrit hver niende dag.

Der er mange årsager til, at folk fravælger kød, hvor den mest tungtvejende er opfattelsen af, at det er sundere. For en stor dels vedkommende er overvejelser omkring bæredygtighed og dyrevelfærd dog også afgørende for valget. Det er for rigtig mange ikke nødvendigvis en manglende lyst til at spise kød, der er det væsentligste argument, og disse forbrugere søger typisk alternative produkter, der kan udfylde kødets rolle i måltidet. Nogle af kødets vigtigste egenskaber er at være en kilde til det protein, som kroppen skal bruge til at vedligehol-

de sig selv, såvel som at bidrage til spiseoplevelsen gennem struktur og tekstur. Kan man opnå dette med et produkt baseret på plante-protein, vil overgangen fra at spise kød til at spise kødfrit for mange være væsentligt lettere. Det betyder at nogenlunde de samme madvarer kan bevares, når det er muligt at lave de retter man kender og er vant til. Disse forhold har gjort, at der inden for de seneste få år er kommet en række nye produkter på det danske marked, som er plante-baserede og sigter mod at erstatte noget af det kød, forbrugere ellers ville have anvendt i deres kost.

Kødets struktur

Det, vi kalder kød, har på et tidspunkt været musklerne på et dyr. Det gør det til en særdeles god proteinkilde, da dets sammensætning af aminosyrer, som er de molekyler der sættes sammen til proteiner, svarer rigtig godt til, præcis de behov menneskekroppen har. Desuden indeholder kød også vigtige vitaminer og mineraler, såsom vitamin B12 og jern, som vi mennesker har brug for at få tilført gennem kosten. Derudover spiller kød også en vigtig rolle i forhold til den sensoriske oplevelse af mange måltider, altså hvordan ser maden ud, hvordan dufter og smager den, men ikke mindst hvordan føles det, når vi tygger på den. Sidstnævnte har at gøre med den molekylære struktur, der er i kødet, som er bestemmende for den oplevede konsistens, eller tekstur, når vi tygger på det. Når muskelfæv dannes, sker det ved, at et antal stamceller til muskelfibrene, såkaldte myoblaste, fusionerer og danner nogle langstrakte strukturer kaldet myorør. Disse myorør er forstadier til egentlige muskelfibre (muskelfibre), som, når de er færdigudviklede, strækker sig fra den ene ende af musklen til den anden. Samtidig dannes inde i muskelfibrene de proteiner, der gør det muligt for musklen at trække sig sammen. Disse proteinstrukturer kaldes myofilamenter; de er langstrakte, ligger parallelt med muskelfiberens længderetning og bidrager således til den fibrøse struktur af musklen eller kø-



Billedet viser et tværsnit af en muskel fra skeletmuskulatur. De langstrakte muskelfibre ses tydeligt og er farvet røde. De sorte pletter er cellekernerne fra de oprindelige myoblastceller. Foto: Berkshire Community College Bioscience Image Library

det, som vi kan mærke, når vi tygger på det. Det er denne fibrøse struktur, som man nødvendigvis må imitere, hvis man vil lave et plantebaseret produkt med en tekstur, der minder om kød. Det kan lade sig gøre gennem en proces kaldet ekstrudering (se boks næste side).

Sådan laver man kødstruktur af planteprotein

I første omgang har man brug for mere eller mindre isoleret planteprotein til processen. Dette proteinpulver blandes med vand og bliver til en opløsning med en relativt høj viskositet, en slags dej. Det er også her, man kan tilsætte smagsgivere eller andre ønskede ingredienser, der skal bidrage til duft, smag og mundfornemmelse. Derefter fødes proteindejen ind i en ekstruder, hvor den bliver udsat for høj varme, det kan være fra omkring 100 °C op til omkring 200 °C, og samtidig kommer under tryk og oplever kraftige friktionskræfter. Alt dette resulterer i, at proteinernes molekylære struktur ændres, de "strækkes" ud og ender med at ligge i et mere langstrakt netværk, som stabiliseres af nydannede interaktioner, eller bindingskræfter, mellem de enkelte proteinmolekyler. Det kan så undersøges, hvorvidt den ønskede struktur er opnået, hvilket kan gøres ved

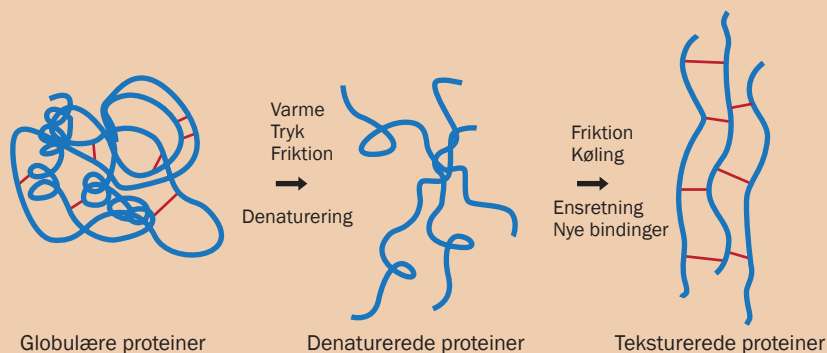
brug af forskellige metoder, alt efter formål og tilgængelighed. Det kan være en analyse af mikrostrukturen ved hjælp af mikroskopiteknikker som elektronmikroskopi, der tillader adskillige tusinde ganges forstørrelse. Det kan også undersøges ved en sensorisk analyse med et professionelt smagspanel, eller ved at måle den kraft, der skal til for at bryde strukturen med en probe, der efterligner menneskers fortænder. Sidstnævnte kaldes teksturanalyse, og hvis brudstyrken måles både på tværs af og parallelt med ekstruderingsretningen, indikerer en eventuel forskel i brudstyrken på de to, at der er dannet en kød-lignende struktur. Det svarer til, når eksempelvis en oksesteg er skåret ud i den "forkerte" retning (parallelt med muskelfibrene) sammenlignet med den "rigtige" retning (på tværs af muskelfibrene).

Hvilke planter, hvorfor og kan de holde?

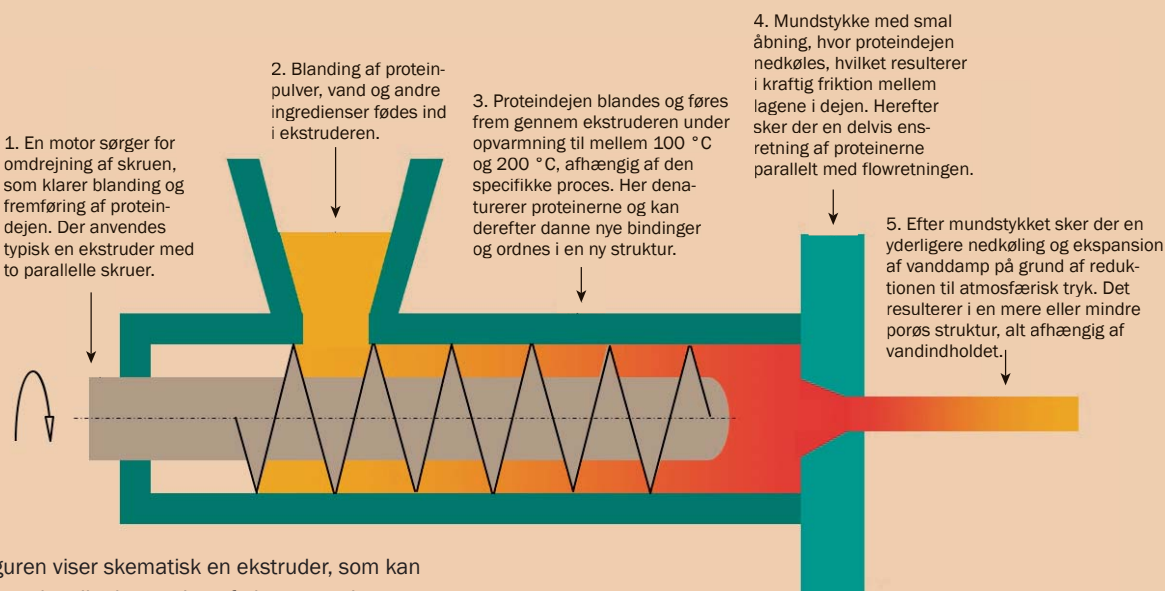
Udviklingen af tekstureret planteprotein startede i 1960'erne med produkter baseret på sojaprotein udvundet fra affedt sojamel. At anvende soja er dog forbundet med visse udfordringer, idet det eksempelvis skal transporteres over lange afstande og kan være svært at garantere fri for GMO, hvilket

Ændringer i proteins struktur under ekstrudering

Proteiner er opbygget af lange kæder af aminosyrer, der sidder sammen som perler på en snor. De er typisk foldet sammen i en kuglelignende struktur, der kan minde om et garnnøgle, som stabiliseres af flere typer af elektrostatisk tiltrækning mellem proteinkædens forskellige områder. Disse stabiliserende interaktioner brydes under ekstrudering på grund af varmen, trykket og friktionskræfterne, som proteinerne udsættes for på deres vej gennem ekstruderen. Når interaktionerne er brudt, kan proteinerne foldes ud, man siger at de denaturerer, og strækkes ud og rettes ind i den fibrøse struktur, som minder om muskelfibre.



Figuren viser skematisk udfoldning/denaturering og teksturering af globulære proteiner, der udsættes for ekstrudering. De blå streger er aminosyrekæden, der udgør proteinerne, og de røde linjer indikerer de elektrostatiske interaktioner mellem proteinerne forskellige områder. De fysiske betingelser under ekstruderingen fører til denaturering og derefter delvis ensretning af proteinerne med dannelse af nye interaktioner på tværs af aminosyrekæder.



Figuren viser skematisk en ekstruder, som kan anvendes til teksturering af planteprotein.

forbrugere efterspørger i stadig højere grad. Derfor er man nu begyndt at udvikle produkter baseret på protein fra ærter. Andre bælgplanter som hestebønner kunne også potentielt være anvendelige, idet de fleste bælgplanter typisk har et relativt højt proteinindhold. En anden fordel ved nogle af disse andre arter af bælgplanter er, at de kan dyrkes i Danmark, hvilket reducerer transportomkostninger markant, både i forhold til klimabelastning, tid og økonomi, og desuden er det muligt at have mere kontrol over

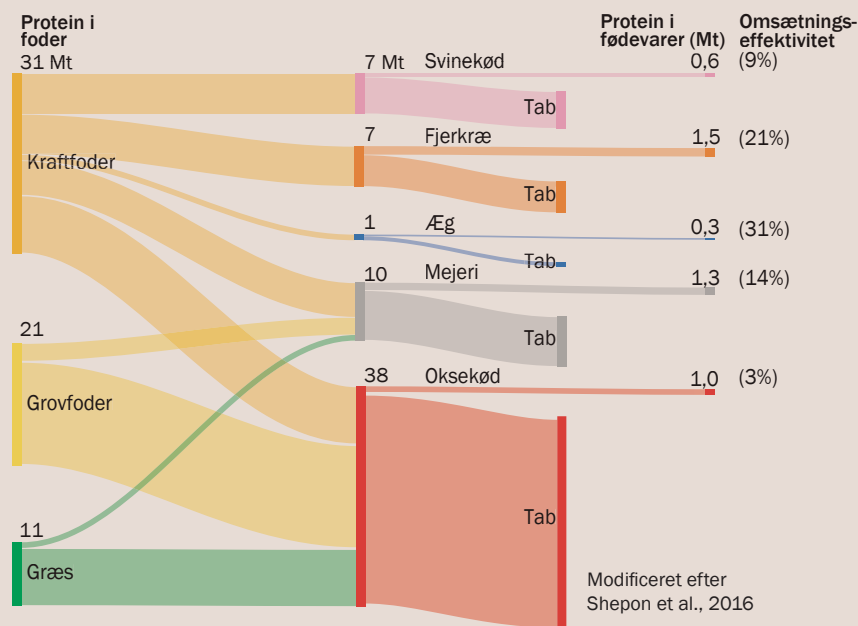
produktionsforholdene. Endvidere har bælgplanter den egenskab, at de indgår i symbiose med bestemte jordbakterier omkring deres rodnet, som gør dem i stand til at fiksere nitrogen (kvælstof) fra atmosfæren (gælder også for sojabønner). Dette vil i sidste ende reducere nødvendigheden af at tilsætte nitrogen gennem kunstgødning, hvorved udvaskning til søer og vandløb undgås.

I forhold til mikrobiologien er en stor forskel på plantebaserede produkter og kødprodukter, at der

typisk er en væsentlig forskel i bakteriesammensætningen. Dette udmønter sig i en længere holdbarhed af de plantebaserede produkter på grund af lavere forekomst af sygdomsfremkaldende og fordævelsesrelaterede bakterier, som i kød ofte stammer fra dyrenes hud eller afføring. Der kan dog være forskellige typer af jordbakterier og/eller mælkesyrebakterier til stede i de plantebaserede produkter, som påvirker holdbarheden her, men dette er ikke så velbeskrevet som mikrobiologien i kødprodukter. Vi

Klimabelastning ved produktion af animalsk protein

Det anslås, at mere end en fjerdedel af den globale udledning af drivhusgasser stammer fra fødevarereproduktion. Heraf stammer op til 80 % fra husdyrproduktion. Derudover er det langt mere ressourcerekrævende at producere protein i form af kød sammenlignet med at producere samme mængde protein i form af planter, idet effektiviteten for omsætning af foderprotein til fødevarerprotein er forholdsvis ringe (se figur). Derfor kræves også langt større mængder vand og landarealer til produktion af foder til husdyr, end det ville kræve at producere samme mængde protein direkte til fødevarer i form af planter. Det skal dog tilføjes, at der findes områder, der er uegnede til agerbrug, som til gengæld godt kan anvendes til græsningsarealer for husdyr. Figuren viser strømmen af protein fra foder (venstre) til animalske proteinholdige fødevarer (højre) i USA udtrykt i megaton (1 Mt = 1



milliard kg). Tallene til venstre er den samlede mængde fra hver af tre typer foder. I parentes til højre vises omsætnings effektiviteten for protein i procent, det vil sige hvor

stor en andel af proteinet fra foderet, der ender i det færdige animalske produkt. Samlet set indeholder de endelige fødevarer blot 7,5 % af proteinet fra det oprindelige foder.

har derfor i vores laboratorium arbejdet på at etablere en hurtig og effektiv metode til kortlægning af mikrobiologien i plantebaserede produkter, som bygger på anvendelsen af en avanceret DNA-sekventeringsteknik kaldet *Next Generation Sequencing*. Med denne teknik, som kan gennemføres i løbet af 2-3 dage, er det muligt at identificere tusindvis af bakterier i en enkelt analyse. Det er væsentligt hurtigere end traditionelle mikrobiologiske analyser baseret på dyrkning af bakterier i petriskåle, som kan vare op til flere uger.

Insekter, tang og clean meat

Lige nu gøres der også en stor indsats for få bredt anvendelsen af insekter i fødevarer ud på markedet. Hvis man udelukkende er på udkig efter en mere klimavenlig, og måske mere dyreetisk forsvarlig, proteinkilde, kan insekter være et godt alternativ til kødprotein, men vil nok kræve en omfattende samfundsmæssig holdningsændring,

før det bliver normalt. Kort sagt: vi skal nok lige vænne os til, at insekter også kan være en fødevarer. En anden mulig alternativ proteinkilde er alger og tang, som har den fordel, at de ikke skal konkurrere med traditionel landbrug om ressourcer, hverken kød- eller planteproduktion, da det kan foregå i havet eller i tanke. Den helt store ulempe ved de sidstnævnte alternativer er, at de ikke giver den samme smagsoplevelse som kød, hvilket forbrugere typisk ønsker. Oplevelsen skal minde om at spise kød, uden er være behæftet med de samme klima- og dyrevelfærdsmæssige problemstillinger som kød.

En anden spændende udvikling, der foregår lige nu, er arbejdet med at fremstille egentligt kød uden for dyret, såkaldt *clean meat*, som dyrkes i en bioreaktor ud fra muskelceller taget fra et dyr. Muskelceller dyrket sammen med fedtceller på et stillads af eksempelvis kollagen bringes til at danne en struktur,

der minder om den, der findes i dyrenes muskelfæve. Dette kød kaldes *clean meat*, fordi det dyrkes under fuldstændig kontrollerede forhold i stil med brygning af øl eller fremstilling af medicin. Her kan det holdes helt sterilt uden brug af antibiotika, og uden den betragtelige risiko for kontaminering med sygdomsfremkaldende bakterier, der ellers er forbundet med slagtning af dyr. Teknologien er dog ikke moden på nuværende tidspunkt, men aktørerne på området forventer at kunne være på markedet med konkurrencedygtige produkter inden for 5 til 10 år.

Så hvis du sidder lige nu og ønsker at reducere dit kødforbrug, men helst ikke vil gå for meget på kompromis med smags- og teksturoplevelsen, er et godt bud nok at vælge produkter baseret på tekstureret planteprotein. Imens kan vi spændt følge udviklingen inden for andre mulige alternativer til "gammeldags" kød. ■

Videre læsning
F. Wild, M. Czerny, A. M. Janssen, A. P. W. Kole, M. Zunabovic, and K. J. Domig: The evolution of a plant-based alternative to meat. From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Industry Hi-Tech*, vol. 25, no. 1, pp. 45-49, 2014.

A. Shepon, G. Eshel, E. Noor, and R. Milo: Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environ. Res. Lett.*, vol. 11, no. 10, p. 105002, 2016.

S. Bleakley and M. Hayes: Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods*, vol. 6, no. 5, Apr. 2017.

inVALUABLE: www.dti.dk/specialists/invaluable/38118

Clean Meat: <https://cleanmeat.org/>