

Maillard reaktionsprodukter i plantebaserede og traditionelle kødburgere

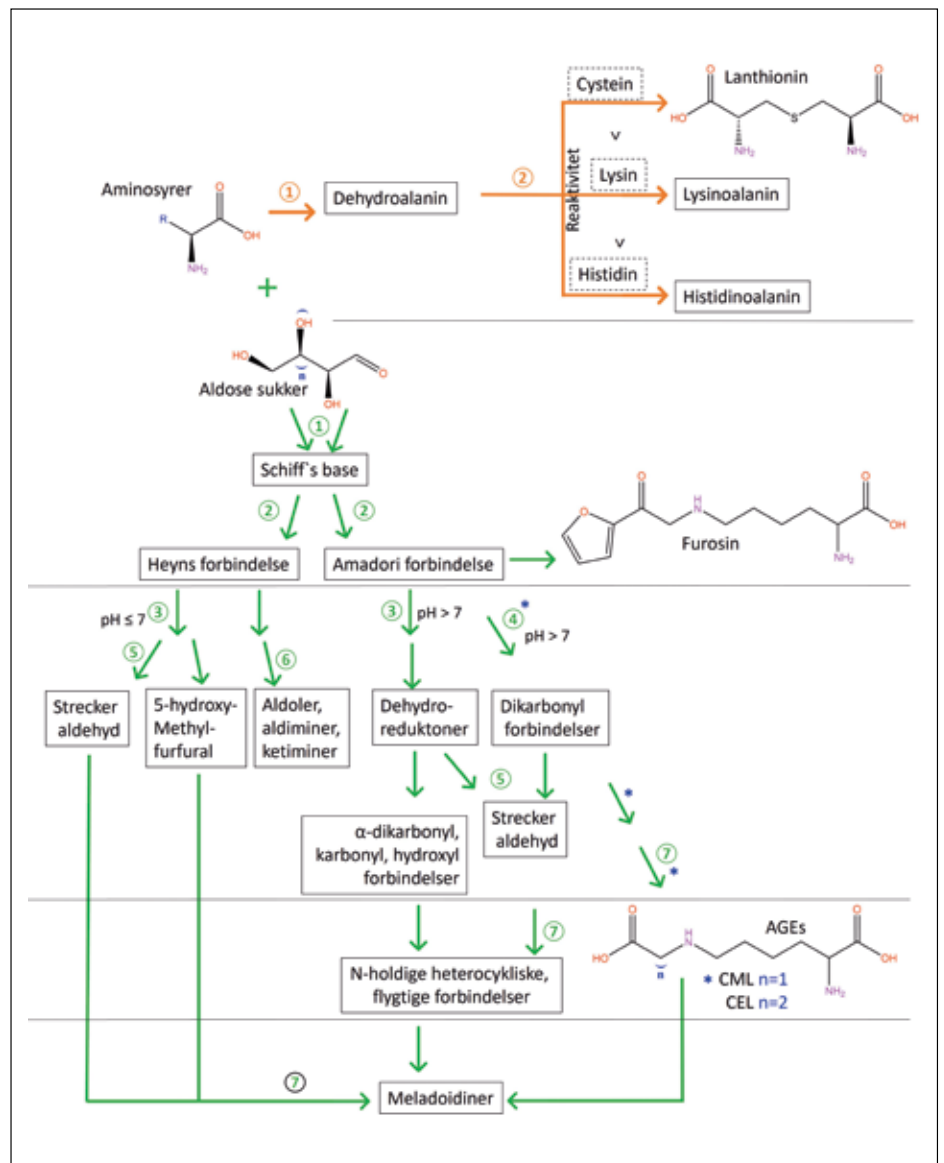
Vi har kigget på Maillard-produkter; et resultat af kemiske reaktioner, der har betydning for blandt andet smagsudvikling i varmebehandlede fødevarer.

Af Hanne Christine Bertram, Louise Margrethe Arildsen Jakobsen, Søren Drud-Heydary Nielsen og Banny Barbosa Silva Correia, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

Med fokus på at gøre vores kost mere plantebaseret som en del af den grønne omstilling, er der på det seneste lanceret en lang række af plantebaserede alternativer til de sædvanlige kødprodukter. Mange af disse plantebaserede alternativer forsøger at efterligne de mest populære, traditionelle kødprodukter, og et af de første alternative plantebaserede produkter, der dukkede op på scenen, var burgerbøffer. Mens man i Asien har en lang tradition for plantebaserede proteinrige fødevarer såsom tofu og tempeh, opleves det, at de plantebaserede alternativer har svært ved at vinde accept hos forbrugerne i den vestlige verden.

Fremstilling af den plantebaserede burger

I typiske kødbaserede produkter såsom burgerbøffer, er især tekstur og smag vigtige egenskaber, der afgør forbrugernes vurdering og accept [1]. I plantebaserede alternativer kan den fibrøse struktur, som karakteriserer tekturen af kød, genereres ved hjælp af såkaldt teksturering. Ekstruderings teknologier er den mest anvendte metode til at frembringe tekstureret vegetabilsk protein (TVP). TVP fremstillet ud fra råmaterialer som sojabønner eller marværter, udgør typisk hovedingrediensen i plantebaserede burgerprodukter. Ekstruderings teknologier kategoriseres efter, om ekstruderingen af protein sker ved høj fugtighed (HME: High Moisture Extrusion) eller ved lav fugtighed (almindelig TVP). I plantebaserede burgerbøffer indgår almindeligvis både



Figur 1. Illustration af de reaktionsveje, der kan forekomme under varmebehandling af fødevarer. Maillard-reaktionen er afhængig af reducerende sukker (vist i grøn farve) og dehydroalalanin reaktionsvejen er ikke afhængig af reducerende sukker (vist i orange farve). Reaktionstrin i Maillard: 1) Sukker-amin kondensering, 2) Amadori-omlejring, 3) Sukkerdehydrering, 4) Sukkerfragmentering, 5) Strecker aminosyrenedbrydning, 6) Aldol kondensation og 7) Aldehyd-amin kondensation og dannelse af heterocyclisk N-forbindelse. Dehydroalanin-vejen: 1) β -eliminering, 2) Tværbindingdannelse (Michael addition). CML: N⁻-(carboxymethyl)lysine. CEL: N⁻-(carboxyethyl)lysine (CEL).



Foto: Pixabay

TVP-ingredienser fremstillet ved henholdsvis ekstrudering under lav og høj fugtighed.

De kemiske reaktionsveje med betydning for brunng og stegt smag

De ikke-enzymatiske kemiske reaktioner, der er afgørende for dannelsen af den karakteristiske og attraktive smag af stegt kødsmag, og som forløber under varmetilberedningen af kød, betegnes Maillard-reaktioner. Maillard-reaktioner involverer en reaktion mellem aminosyrer og sukker. Sukkermolekylets reaktive karbonylgruppe interagerer med aminosyrernes frie aminogruppe. Maillard-reaktionen konkurrerer med en kemisk reaktionsvej, der betegnes dehydroalanin-vejen, da frie aminogrupeer i aminosyrerne indgår som substrat i begge reaktionsveje. Hvilke reaktionsveje, der finder sted, kan følges ved at måle de typiske reaktionsprodukter som for eksempel N^ε-(2-furoyl-methyl)-L-lysin (furosin), N^γ-(carboxyethyl) lysin (CEL) og N^γ-(carboxymethyl)lysine (CML), der indgår i Maillard-reaktionen og lanthionin og lysinoalanin, der indgår i dehydroalanin-vejen [2]. Ved også at måle bredspektret på de forskellige kemiske forbindelser (metabolitter) kan der samlet opnås information om både tilstedeværelsen af substrater såsom reducerende sukre, aminosyrer og reaktionsprodukter (figur 1).

Maillard-reaktioner i kommercielle plantebaserede kødburgere

For at få smagen af plantebaserede produkter til at ligne smagen af traditionelt kød, er det vigtigt at forstå, om de afgørende kemiske reaktioner forløber ens i de to typer af produkter. Dette vil hjælpe os på vej i forhold til at optimere fremstillingen af de

■ Maillard-reaktionen er en kemisk reaktion, der opstår, når fødevarer varmebehandles. Det er en reaktion mellem aminosyrer og sukker. Lige som karamellisering er det tale om ikke-enzymatisk brunng. Sukkermolekylets reaktive karbonylgruppe interagerer med aminosyrernes nukleofile aminogruppe, og resultatet er dannelse af molekyler, som giver smag og duft. Særligt aminosyretyper bestemmer duften og smagen, og Maillard-reaktionen danner basis for store dele af smagsindustrien.

Der dannes flere hundrede forskellige smagsstoffer ved reaktionen. De nedbrydes til endnu flere nye smagsstoffer. Processen har været brugt siden oldtiden. Den er opkaldt efter kemikeren Louis-Camille Maillard, som undersøgte den i 1912.

plantebaserede produkter. Med henblik på at belyse forekomsten og betydningen af Maillard-reaktioner i henholdsvis plantebaserede alternativer og traditionelle kødburgere, analyserede vi derfor Maillard reaktionsprodukter samt lanthionin og lysinoalanin, der indgår i dehydroalanin-vejen i både plantebaserede burgere og traditionelle kødburgere [3]. Analyserne var baseret på massespektrometri og blev gennemført på prøver fra både ikke-varmebehandlede og varmebehandlede kommercielle produkter, plantebaserede burgerbøffer og traditionelle kødburgerbøffer. Varmebehandlingen bestod i at grille burgerne på en stegeplade ved 200°C i 90 sekunder på hver side. Derefter blev burgerbøfferne pakket ind i aluminiumsfolie og efterfølgende varmebehandling i en dampovn (80 procent relativ fugtighed) ved 200°C til en centrumtemperatur på 76°C.

Figur 2, side 14, viser resultater opnået for både ikke-varmebehandlede og varmebehandlede kommercielle produkter, plantebaserede burgerbøffer og traditionelle kødburgerbøffer. Indholdet af furosin, CML og CEL var ganske ubetydeligt i de ikke-varmebehandlede kødburgerbøffer, og blev tydeligvis dannet under varmebehandlingen. I de plantebaserede burgerbøffer derimod, var indholdet af furosin, CML og CEL allerede højt i de ikke-varmebehandlede produkter, og ændringen under varmebehandlingen var langt mindre end for kødburgerbøfferne. Markante forskelle optrådte altså i Maillard-reaktioner mellem de plantebaserede alternativer og traditionelle kødburgerbøffer.

TVP-type i planteburgeren har indflydelse på indholdet af Maillard-produkter

At der allerede er forekommet Maillard-reaktioner i de

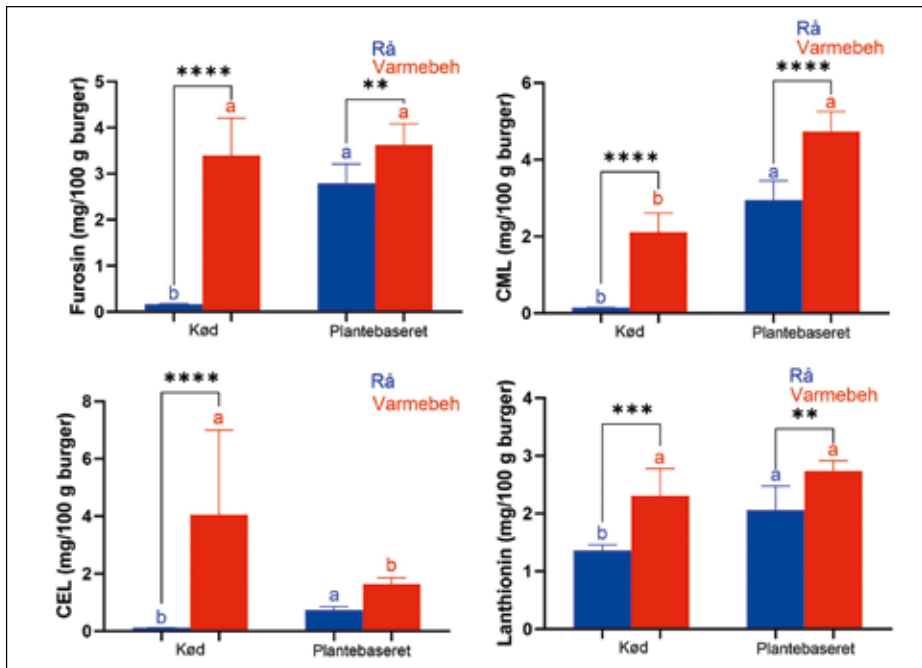
ET CENTRALT VAKUUMSYSTEM. UTALLIGE FORDELE.

Afhængig af applikationen kan energibesparelser på op til 70 % opnås med et centralt vakuumsystem. Dette er ikke den eneste fordel. Med en VakuuAudit kan vi identificere mange andre fordele, du kan opnå baseret på din proces.

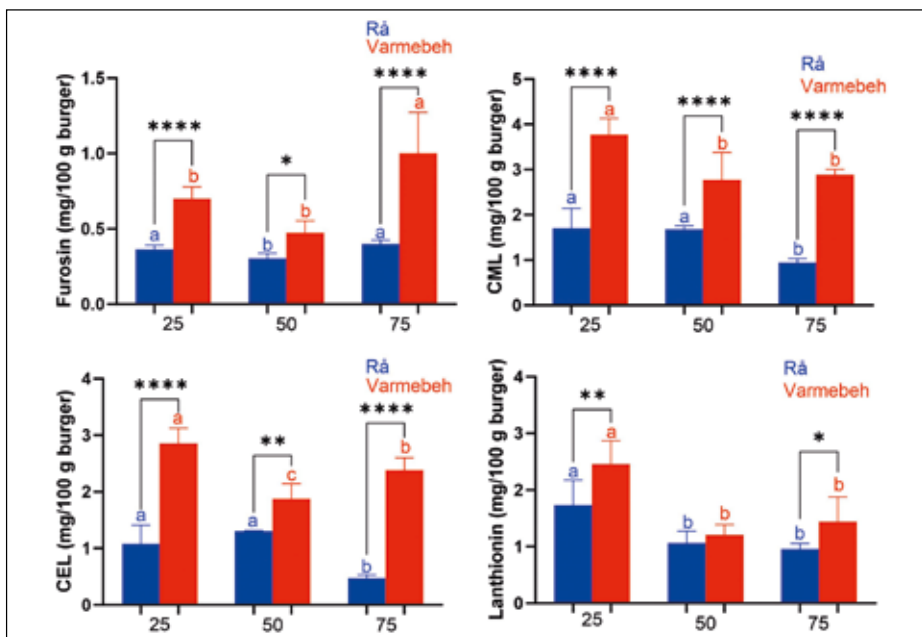
Lad vores eksperter rådgive dig!

Busch VakuuMteknik A/S
87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com

BUSCH
VACUUM SOLUTIONS



Figur 2. Koncentrationer af furosine, N⁻-(carboxymethyl)lysin (CML), N⁻-(carboxyethyl)lysin (CEL), og lanthionin i rå (ikke-varmebehandlede) og varmebehandlede traditionelle kødburgerbøffer og plantebaserede burgerbøffer. Bogstaverne (a,b) over søjlerne indikerer statistisk forskel og * indikerer signifikansniveau: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.



Figur 3. Koncentrationer af furosine, N⁻-(carboxymethyl)lysin (CML), N⁻-(carboxyethyl)lysin (CEL), og lanthionin i plantebaserede burgerbøffer, fremstillet hvor indhold af tekstureret ingrediens var henholdsvis 25, 50 eller 100 procent (v/v) HME (High Moisture Extrusion) tekstureret vegetabilsk protein (TVP). Den resterende del af tekstureret ingrediens bestod af almindelig TVP (fremstillet ved lav fugtighed). Bogstaverne (a,b,c) over søjlerne indikerer statistisk forskel og * indikerer signifikansniveau: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

ikke-varmebehandlede plantebaserede produkter hænger højest sandsynligt sammen med, at der indgår teksturerede TVP-ingredienser i de plantebaserede produkter, som undergår en kraftig varmebehandling.

For endvidere også at undersøge betydningen af at variere på forholdet mellem HME TVP og TVP fremstillet

ved lav fugtighed, fremstillede vores projektpartner, Fraunhofer, Tyskland, derfor nogle plantebaserede burgerbøffer i deres pilotanlæg med varierende indhold af HME TVP og TVP fremstillet ved lav fugtighed. Efterfølgende analyserede vi disse produkter og fandt tendenser til højere indhold af CML og lanthionin med et lavere indhold af

■ Nærværende studie var en del af projektet "Forbedring af saftighed af plantebaserede kødalternativer" finansieret af EIT Food (projekt-nummer 21054). Projektpartnere inkluderede foruden Aarhus Universitet også Lunds Universitet (Sverige), Torino Universitet (Italien), Fraunhofer (Tyskland), virksomhederne DSM (Holland) og Roquette (Frankrig). Massespektroskopiske analyser blev gennemført på forskningsinfrastruktur ved Aarhus Universitet, herunder FOODHAY (Food and Health Open Innovation Laboratory).

HME TVP og et højere indhold af TVP fremstillet ved lav fugtighed (figur 3). Dette hænger formentlig sammen med, at TVP involverer en mere kraftfuld varmebehandling end HME TVP.

Konklusion

Nærværende studie kan betragtes som et første spadestik til at forstå de kemiske reaktioner i plantebaserede analoger til traditionelle kødprodukter. Forbrugernes valg af fødevarerprodukter er primært drevet af produkternes sensoriske egenskaber, pris, men også bekvemmelighed ("convenience"). Desuden er forbrugere typisk meget konservative, og de forventer, at de plantebaserede alternativer har en smag, der minder om kød. Ved at kortlægge de kemiske reaktioner, der forekommer i plantebaserede alternativer, og som har betydning for smagsudvikling, vil vi formentlig i højere grad forstå, hvordan vi kan skruer på ingredienser og processer for at optimere på smagen af plantebaserede alternativer.

E-mail:

Hanne Christine Bertram:
hannec.bertram@food.au.dk

Referencer

- van Vliet, S., Bain, J., Muehlbauer, M., & et al. (2021). A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed meat indicates large nutritional differences despite comparable Nutrition Facts panels. *Scientific Reports*, 11, 13828.
- Naik, R., Wang, Y., & Selomulya, C. (2022). Improvements of plant protein functionalities by Maillard conjugation and Maillard reaction products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 25, 371 7036-7061.
- Correia, B.S.B., Drud-Heydary Nielsen, S., Jorkowski, J., Jakobsen, L.M.A., Zacherl, C., Bertram, H.C. (2024). Maillard reaction products and metabolite profile of plant-based meat burgers compared with traditional meat burgers and cooking-induced alterations. *Food Chemistry*, 445, artikel no. 138705.