



Forunderlige fødevarematriceeffekter

Nogle gange er sagen faktisk den, at $1+1 \neq 2$, når det drejer sig om næringsstoffers værdi.

Af Hanne Christine Bertram og Marianne Hammershøj, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

Verden over er fødevareforskere optaget af at forstå såkaldte fødevarematriceeffekter. Disse matriceeffekter dækker over, at nogle gange er sagen faktisk den, at $1+1 \neq 2$, når det drejer sig om næringsstoffers værdi. Med andre ord kan man ikke tage summen af de tilstedeværende næringsstoffer i en fødevarer og fastlægge dens næringsmæssige værdi direkte herfra. Et kompliceret samspil mellem næringsstofferne og de fysiske og strukturelle forhold spiller ind og gør den sande næringsmæssige værdi langt mere kompleks.

Æblet som et af de første beviser

En af de første opdagelser i forhold til fødevarematriceeffekter blev gjort i et studie, hvor man lod forsøgspersoner

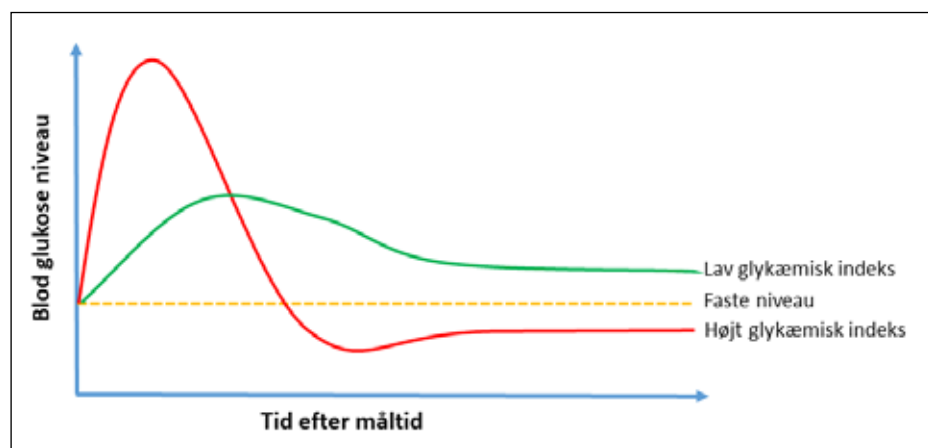
indtage enten intakt æble, æblepuré eller æblejuice, svarende til, at alle produkter indeholdt 60 gram kulhydrat, men hvor strukturen af produkterne og desuden kostfiberindholdet blev varieret [1]. Forskerne bag dette studie fandt, at insulin og glukoseniveauet efter indtag varierede afhængigt af produkttypen. Efter indtag af æblejuice skete der en markant stigning i blodets glukoseniveau, som derefter faldt betragteligt efter 60-90 minutter, mens glukoseniveauet forblev mere stabilt efter indtag af æble [1].

I dag er det velkendt, at fødevarer med lettilgængelige kulhydrater giver disse markante udsving i blodsukkeret, og dette har givet anledning til introduktionen af glykæmisk indeks (figur 1). Men

dette var ny viden, da "æbleforsøget" blev udført, og i dag fremhæves studiet gerne som et klassisk eksempel på en fødevarematriceeffekt [2]. Andre klassiske eksempler på fødevarematriceeffekter er blandt andet mandler og nødder. Deres grove fysiske struktur gør, at de ikke nedbrydes tilstrækkeligt i vores mave-tarm-kanal til, at vi optager alle de næringsstoffer, herunder fedt, som nødderne reelt indeholder. Amerikanske forskere fandt således, at hvis vi spiser hele mandler, så overestimeres energindtaget op til omkring 30 procent [3].

Osten overrasker

En anden fødevarer, hvor man funderer over matriceeffekterne, er ost. ▶



Figur 1. Illustration af, hvordan forskellige fødevarematricer med enten højt (rød kurve) eller lavt (grøn kurve) glykæmisk indeks påvirker blodglukose efter indtag af fødevarer.



i) Cheddar ost

ii) Homogeniseret ost

iii) Drik

iv) Gel

Figur 2. De fire prototyper af mejeriprodukter med ens næringsstofsammensætning, men forskellig makro- og mikrostruktur testet i "DAIRYMAT".

indeholder betragtelige mængder mættet fedt, og der er formodninger om, at et stort indtag af mættet fedt kan have uheldige sundhedsmæssige virkninger. Det, som gør osten interessant, er imidlertid, at hvis man sammenligner de effekter, der henholdsvis er forbundet med at indtage mættet fedt i form af ost, eller som smør (hvor fedtsyresammensætningen vil være ens), så er de forskellige. Studier, hvor forsøgspersoner enten har spist ost eller smør, og indtaget samme mængde fedt, har vist, at osten ikke forårsager samme stigning i blodets kolesterolfraktioner, som smørret gør [4-6]. Dette har givet anledning til spekulationer omkring, hvorfor osten er en særlig matrice. En mulig faktor, der er blevet peget på, er ostens indhold af

calcium, som måske kan reagere med fedtet, således at fedtet udfældes og udskilles i afføringen i stedet for at blive optaget i kroppen. Der kan for eksempel ske en forsæbning mellem calcium og de frie fedtsyrer, så et uopløseligt kompleks dannes, og muligvis sker der også en adsorption af galdehydsyrer til calciumfosfat komplekser [7]. Lignende effekter synes nemlig at gøre sig gældende for mejeriprodukter generelt, hvor man mener, at den høje mængde calcium formentlig bidrager til at nedbringe optagelsen af fedt [8]. Men er der andre matriceeffekter i osten end calcium?

Vi lavede et metabolomics studie, hvor vi målte på en bred skare af metabolitter i urin og afføring fra forsøgspersoner, der i et måltid enten havde spist betydelige mængder ost eller drukket mælk, men justeret til samme calciumindtag. Studiet afslørede, at det at spise ost var forbundet med flere kortkædede fedtsyrer som eddikesyre, propionsyre og smørsyre i afføringen [9]. Disse kortkædede fedtsyrer dannes under fermentering af kulhydrater, og de får i dag stor bevågenhed, da de forbindes med en række gavnlige effekter på kroppen og metabolismen [10-11]. Det er altså således endnu ikke slået fast, hvilke underliggende matriceeffekter der gør osten til noget særligt. Ligesom der hos andre fødevarer er matriceeffekter, som vi ikke har kortlagt. Men mange ledende internationale forskere har henledt opmærksomheden på, at disse effekter ikke bør ignoreres, når man fastlægger vejledninger for indtag af mættet fedt [12].

varematriceeffekter? I Danmark er en projektgruppe, bestående af forskere fra både Københavns Universitet, Aarhus Universitet samt Arla Foods a.m.b.a. gået sammen for at grave et skovstik dybere ned i dette. Det tværdisciplinære projekt "DAIRYMAT" består både af forskere specialiseret i fødevaretekstur og strukturkarakterisering, og forskere specialiseret i human ernæring. I projektet er det lykkedes at frembringe prototyper af mejeriprodukter, der har en identisk sammensætning af protein, fedt, kulhydrat og calcium, som udelukkende varierer i tekstur og struktur [13]. Prototyperne bestod således af fire produkter: i) En cheddarost, dvs. at produktet har en hård struktur og et iboende proteinnetværk og intakte fedtdråber, ii) Et produkt svarende til en homogeniseret cheddar, svarende til en mellemfast struktur, hvor det iboende proteinnetværk og fedtdråberne er disintegreret, iii) Et flydende produkt svarende til en drik, dvs. at der ikke er noget proteinnetværk, men fedtdråberne er intakte, og iv) En gel fremstillet ved at syrne det flydende produkt, og hvor der dannes et proteinnetværk af en anden type end i produkt i) (figur 2).

Således gjorde disse prototyper det muligt at undersøge matricestrukturens betydning uden indflydelse fra andre varierende faktorer. På disse prototyper la-

DAIRYMAT-projektet er et 3½-årigt forskningsprojekt med et budget på 4,9 millioner DKK.

Formål: At kortlægge sammenhængen mellem mejeriprodukters fødevarematricestruktur og optagelsen af næringsstoffer.

Projektleder: Lektor Marianne Hammershøj, Aarhus Universitet, Institut for Fødevarer.

Projektdeltagere:

- Københavns Universitet, Institut for Idræt og Ernæring (Professor Arne Astrup, professor Anne Raben, adjunkt Louise Kjølback)
- Aarhus Universitet, Institut for Fødevarer (postdoc Jesper Malling Schmidt, postdoc Rebekka Thøgersen, professor Hanne Christine Bertram)

- Arla Foods a.m.b.a.

- Arla Foods Ingredients P/S

Finansiering: Arla Food for Health, der er et partnerskab etableret mellem universiteterne og Arla Foods (<https://arlafoodforhealth.com/>).

Dansk forskningsprojekt

Hvordan bliver vi klogere på disse føde-



vede man så en såkaldt *in vitro* fordøjelse, dvs. at man i et modelsystem kunstigt simulerer de biokemiske processer, som produkterne vil undergå i vores mave-tarm-kanal under fordøjelsen. Studiet viste, at cheddarosten var mere resistent overfor den enzymatiske og mekaniske nedbrydning, mens drikken og gelen var de produkter, der nemmest blev opløst i den sure, gastriske væske. Mikroskopiske undersøgelser afslørede, at fedtdråberne generelt var større i cheddarosten under den simulerede fordøjelse, og samtidig var frigivelsen af frie fedtsyrer langsommere og totalt set lavere [13]. Sammenlagt demonstrerede studiet således, at den struktur, der findes i en ost, har betydning for, hvordan fedtet fordøjes og optages. Ernæringsforskerne i projektet undersøger nu de eksakt samme prototypeprodukter i et humant interventionsstudie, hvor forsøgspersoner indtager produkterne i et måltid og efterfølgende skal en lang række af blodprøveanalyser fastslå, om de samme effekter som i den kunstige simulering af fordøjelsen, også gør sig gældende i den rigtige menneskekrop. Derudover vil det humane studie også gøre det muligt at

afsløre andre effekter, for eksempel hormonalt betingede effekter, der kan have indvirkning på appetitregulering.

E-mail:

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

Referencer

1. G.B. Haber et al. (1977). Depletion and disruption of dietary fibre - effects on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. *The Lancet*, 679-682.
2. I. Tetens (2019). Foredrag ved ernæringskonference afholdt af Landbrug & Fødevarer (<https://ernaeringsfokus.dk/nyheder-og-events/events/tidligere-events/2019-ernaeringsfokus-konference>).
3. J.A. Novotny et al. (2012). Discrepancy between the Atwater factor predicted and empirically measured energy values of almonds in human diets. *Am. J. Clin Nutr.* 96, 296-301.
4. T. Tholstrup et al. (2004). Does fat in milk, butter and cheese affect blood lipids and cholesterol differently? *J. Am. Coll Nutr.* 23, 169-176.
5. D. Brassard et al. (2017). Comparison of the impact of SFAs from cheese and butter on cardiometabolic risk factors: a randomized controlled trial. *Am J. Clin Nutr.* 105, 800-809.
6. J. de Goede et al. (2015). Effect of cheese consumption on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr. Rev.* 73, 259-275.
7. T.K. Thorning et al. (2017). Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. *Am. J. Clin Nutr.* 105, 1033-1045.
8. J.K. Lorenzen et al. (2007). Effect of dairy calcium or supplementary calcium intake on postprandial fat metabolism, appetite, and subsequent energy intake. *Am J Clin Nutr.* 85, 678-687.
9. H. Zheng et al. (2015). Metabolomics investigation to shed light on cheese as a possible piece in the French paradox puzzle. *J. Agric. Food Chem.* 63, 2830-2839.
10. E.E. Canfora et al. (2015). Short-chain fatty acids in control of body weight and insulin sensitivity. *Nat Rev. Endocrinol.* 11, 577-591.
11. A. Rauf et al. (2021). Recent advances in the therapeutic application of short-chain fatty acids (SCFAs): An updated review. *Crit. Rev. Food Sci.* <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895064>
12. A. Astrup et al. (2019). WHO draft guidelines on dietary saturated and trans fatty acids: time for a new approach? The 2018 WHO draft guidance on fatty acids fails to consider the importance of the food matrix, argue Arne Astrup and colleagues. *BMJ*, 366, 6
13. J.M. Schmidt et al. (2020). Influence of type of dairy matrix micro- and macrostructure on *in vitro* lipid digestion. *Food & Funct.* 11, 4960-4972.

TOTALLØSNINGER TIL LABORATORIET

hos MSC

KURSER

Standardkurser - Tilrettede kurser - Seminarer og Workshops

Biotek
Celledyrkning
Histologi
PCR
ELISA
Antistoffer
Proteinkemi
Immunologi m.fl.

Chromatografi
GC - GCMS - HPLC - LCMS m.fl.
Teori og hands-on
Intro- og videregående kurser
Træning on-site

Tjek hele kursuskalenderen på
www.msconsult.dk

MSC Bøgesvinget 8 DK-2740 Skovlunde +45 44 53 93 66 info@msconsult.dk www.msconsult.dk