

Töjreologi

Reologiskolan del 3

TEXT OCH FOTO: MATS STADING

Bubbelbildningen i en deg, konsistensen hos en yoghurt och spritsning genom ett munstycke är exempel på processer som styrs av töjviskositeten.

Detta är en storhet som är väl beskriven teoretiskt men som vi hittills inte fäst någon större vikt vid för livsmedel, trots att den alltid är större än den "vanliga" viskositeten.

När vi pratar om viskositeten hos en vätska så menar vi egentligen skjuvviskositeten, vilken är fullt tillräcklig för att beskriva t ex flödet i ett rör och hur en "snäll", Newtonsk vätska (se *Reologiskolan del 1, Livsmedelsteknik nr 4, 2002*) uppför sig. De flesta livsmedel är dock viskoelastiska och en ändring i geometrin under flöde orsakar direkt ett flöde med en töjkomponent.

Sådana töjflöden återfinns i förträngningar, munstycken, homogenisatorer, skrapvärmväxlare, i munnen, vid celledelning m m, alltså tillfällen då en vätska tvingas töja ut sig för att flöda vidare. Töjning av en vätska orsakar mycket större flödesmotstånd än skjuvning och är därför viktig att ta hänsyn till. Vi drar nytta av töjningen för att bryta upp droppar vid homogenisering och för att få luftigt bröd, medan den mer skapar problem i processer såsom extrudering.

Vätskans motstånd mot töjning beskrivs av töjviskositeten, vilken alltid är minst tre gånger så stor som skjuvviskositeten, beskrivet av "Trouton-talet". För ett viskoelastiskt livsmedel är Troutontalet ofta ännu större, snarare hundra eller tusen gånger större än skjuvviskositeten. Det är dessutom svårt att förutsäga dess uppförande – en skjuvtunnande vätska kan mycket väl vara töjtjockande. Töjreologin



Långfil visar ett tydligt töjreologiskt uppförande och bildar långa trådar när man lyfter skeden ur fatet.

hos ett flytande livsmedel är alltså mycket viktig för dess uppförande. Varför använder vi då inte denna egenskap?

Svårt mäta töjreologiskt uppförande

Det finns bara en kommersiellt tillgänglig töjreometer och den klarar bara ett begränsat viskositetsområde.

Det finns en del experimentella forskningsmetoder beskrivna, men få klarar att karakterisera halvfasta livsmedel som krämer, yoghurtar och lättmargariner. Fastare material, som plastsmältor och deg, kan undersökas genom att sträckas mellan roterande rullar (Meissner-reometern) och utspädda lösningar karakteriseras med "opposed jets", där två motriktade jetstrålar skapar ett mätbart töjflöde. För mer grundläggande studier har idag några laboratorier runtom i världen byggt "filament stretching"-reometrar, där testmaterialet sträcks ut flera meter mellan två accelererande plattor.

Få livsmedel klarar dock att sträckas ut så långt och det är svårt att utföra mätningarna annat än vid rumstemperatur. För halvfasta livsmedel kan teknikerna "contraction flow" och "filament breakup" användas. Filament breakup påminner om filament stretching, fast testvätskan sträcks bara några centimeter. Sträckningen är

momentan och diametern på det filamentet, eller tråd, som då bildas mäts som funktion av tiden tills det bryts. Minskningen i filamentets diameter beror både på vätskans töjviskositet och på dess ytspänning varför en kvot av dessa fås som resultat.

"Contraction flow"

"Contraction flow" är en mätteknik först beskriven av Leif Bohlin (Reologen i Lund AB) som SIK nu utvecklar tillsammans med Leif Bohlin. Tekniken bygger på att man mäter kraften på ett specialdesignat munstycke som provvätskan trycks igenom. Munstyckets form är beräknad att ge en konstant töjhastighet genom hela munstycket. När man vet kraften och töjhastigheten kan man på samma sätt som vid skjuvning beräkna töjviskositeten.



Principen för contraction flow-tekniken.

Fördelarna med contraction flow är att metoden passar halvfasta livsmedel, det är lätt att utföra mätningarna och temperaturen är väl kontrollerad.

Den uppmätta kraften beror delvis på skjuvning under flödet, men för skjuvtunnande vätskor kan denna del försummas. De flesta halvfasta livsmedel är skjuvtunnande så detta utgör ingen nämnvärd begränsning.

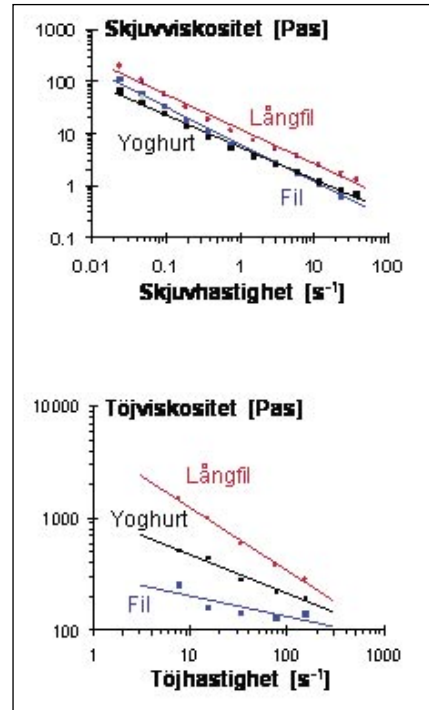
När töjreologi är avgörande

När en deg jäser, skapar jästen gasbubblor som sakta växer till. Töjviskositeten hjälper till att stabilisera bubblorna så de stannar i degen och inte kollapsar. Glutenet i degen ger även "strain hardening" dvs att degen blir styvare ju mer den töjs ut, vilket också hjälper till att stabilisera bubblorna. Om de börjar töjas för mycket vid en försvagning ger "strain hardening" effekten att omgivningen blir styvare och bromsar tillväxten av försvagningen. Dessa effekter har karaktäriserat för vetedeg med hjälp av contraction flow.

När vi äter ett halvfast livsmedel tuggar vi det inte, utan pressar det bakåt

i munnen mellan tungan och gommen. Detta ger upphov till ett töjflöde, varför töjviskositeten är extra viktig för dessa produkter.

Diagrammen nedan visar reologiska mätningar av några fermenterade



mjölkprodukter: yoghurt, filmjök och långfil. Konsistensen hos dem upplevs mycket olika. Långfilen har en lång, trådig konsistens medan yoghurt och filmjök upplevs jämnare. Trots skillnaden i upplevd konsistens ger en mätning av skjuvviskositeten liknande flytkurvor för alla de tre produkterna. Töjflytkurvorna däremot visar dock tydligt att långfilen har betydligt högre töjviskositet och även är mer töjtunnande än övriga produkter, vilket stämmer väl överens med den upplevda konsistensen.

Töjreologi är en del av reologin där utvecklingen går snabbt. Det kommer fler och fler resultat som visar töjreologins betydelse i verkliga tillämpningar. Mättekniken utvecklas allt mer och vi kan nu mäta töjreologiska effekter –även i så pass komplexa system som i verkliga livsmedel.



INSTITUTET FÖR LIVSMEDEL OCH BIOTEKNIK