MICROSCOPISCHE BLIK OP VERVORMING VAN APPELWEEFSEL IN 4 DIMENSIES

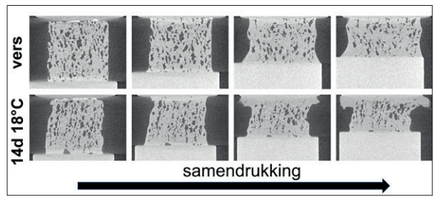
De hardheid van fruitweefsel bepaalt in grote mate de kwaliteit. Vers fruit is knapperig en sappig. Afgeleefd fruit is vaak zacht en melig. Die verschillen hebben te maken met hoe het vruchtweefsel vervormt tijdens het samendrukken tussen de kiezen, iets wat we ook machinaal kunnen testen op een universele testmachine. De textuurervaring van het vruchtvlees tijdens het samendrukken zijn het gevolg van hoe de cellen in het weefsel ten opzichte van elkaar bewegen en al of niet breken. Die celbewegingen kunnen we nu ook visualiseren door het samendrukken van weefselstukjes uit te voeren in een X-stralen CT-scanner die de veranderende microstructuur van het weefsel in beeld brengt. Zo zien we in real time de drie-dimensionele structuur van het weefsel instorten tijdens een compressie.

4D CT BIEDT NIEUWE INZICHTEN IN DE HARDHEIDS-VERANDERINGEN VAN FRUIT

TIJD + 3D-BEELDEN = 4D-BEELDVORMING VAN COMPRESSIE

Om een samendruktest uit te voeren in een CT-scanner, moeten we een speciale opstelling bouwen die een stukje weefsel gecontroleerd kan samendrukken terwijl we X-stralen beelden nemen. In de XCT Core facility van KU Leuven is zo'n opstelling nu beschikbaar (Figuur 1). We testten de opstelling uit op kleine stukjes vruchtvlees van appel, vers en na 2 weken uitstalling bij 18°C.

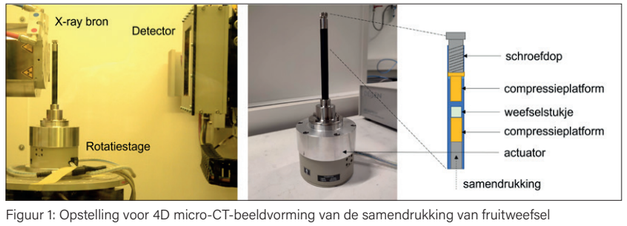
De scans werden genomen met een beeldresolutie van 9 µm, zodat we de cellen en de poriën in het weefsel kunnen onderscheiden. De compressie duurde 17 minuten aan een compressiesnelheid van 0.1 mm/min. In totaal werden 27 scan genomen. Er was 35 seconden nodig voor één scan.



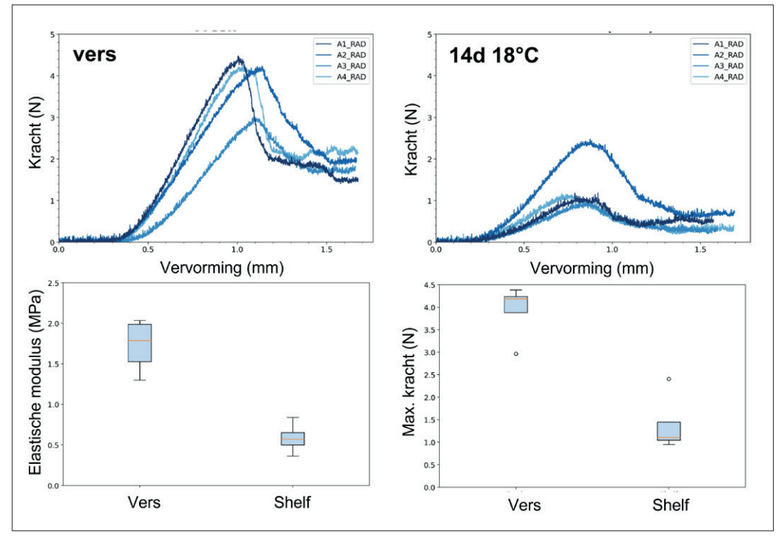
Figuur 2: Micro-CT snapshots van de microstructuur van appelweefsel tijdens een compressie.

MICROSTRUCTUUR VERVORMT ANDERS IN VERS WEEFSEL DAN NA UITSTALLING

Figuur 2 toont de CT-scans van verse stukjes appelweefsel en na 2 weken uitstalling op 4 momenten tijdens de compressie. We zien hoe de cellen worden samengedrukt en de porositeit geleidelijk afneemt. In het vers stukje weefsel treedt er breuk op in het middenvlak. In het zacht weefsel na uitstalling daarentegen, zien we grote schade waar het weefsel tegen het compressieplatform wordt gedrukt. De vervorming tijdens het verloop van de compressie kunnen we ook visualiseren door een correlatie van de opeenvolgende scans. Figuur 3 toont duidelijk het verschil in compressiegedrag van de twee stukken weefsel.



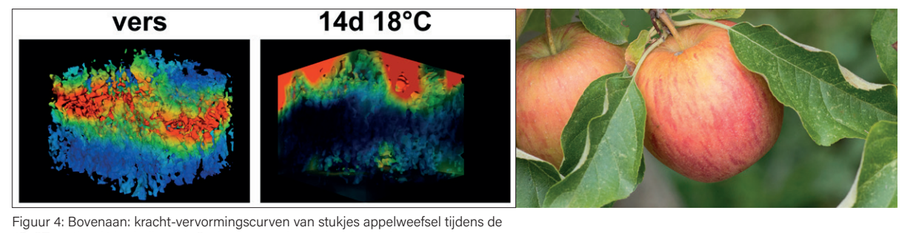
Figuur 1: Opstelling voor 4D micro-CT-beeldvorming van de samendrukking van fruitweefsel



Figuur 3: 3D plot van de vervorming van de cellen in de weefselstukjes: blauw: geen vervorming, rood: grote vervorming.

VERANDERINGEN IN STRUCTUUR LINKEN AAN MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Uiteindelijk willen we de beelden uit Figuren 2 en 3 linken aan de mechanische eigenschappen die de hardheid of textuur bepalen. Figuur 4 geeft de kracht-vervormingscurves van de weefsels tijdens de 4D CT-meting. Het verschillend gedrag van de cellen tijdens de compressie vertaalt in andere vervormingscurves. Voor een zelfde vervorming is er minder kracht nodig op het weefsel na uitstalling, wat erop duidt dat ze merkelijk zachter zijn. Dat vertaalt zich ook in significant lagere elasticiteit en piekkracht. In het verdere onderzoek willen we deze resultaten linken aan de microstructuur-eigenschappen van het weefsel.



Figuur 4: Bovenaan: kracht-vervormingscurven van stukjes appelweefsel tijdens de 4D CT-meting (4 herhalingen). Onderaan: mechanische eigenschappen van de weefselstukjes (elastische modulus en maximum compressiekracht).

A MICROSCOPIC LOOK AT THE DEFORMATION OF APPLE TISSUE IN 4 DIMENSIONS

The firmness of fruit tissue largely determines its quality. Fresh fruit is crunchy and juicy. Senescent fruit is often soft and mealy. These differences are correlated with the deformation of the fruit tissue during compression when chewing, something that we can also test mechanically on a universal testing machine. The texture experience of the pulp during compression is a result of the way that cells in the tissue move relative to each other and whether or not they break. We can now also visualize these cell movements by compressing tissue pieces in an X-ray CT scanner that visualizes the changing microstructure of the tissue. In this way we see in real time the three-dimensional structure of the tissue collapsing during compression, while measuring the mechanical properties.

Onderzoek in het kader van doctoraatsonderzoek (mandaatnummer 1SE3521N en 1189422N), gefinancieerd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). De 4D CT-metingen werden uitgevoerd in de XCT Core Facility van KU Leuven.