

# Multispectral imaging –

## hurtig information om farve på inhomogene produkter

Inden for fødevareindustrien bestemmes farven af et produkt ofte ved at benytte farvebrikker, der visuelt sammenlignes med emnet, der skal vurderes. Hvis farven skal beskrives med god reproducerbarhed, benyttes der i stedet instrumentelle målinger.

Af Claus Borggaard, Margit D. Aaslyng og Kirsten Jensen, Danish Meat Research Institute, Teknologisk Institut

Blandt disse systemer skal nævnes Minoltas CR 400, Hunterlab XE Spectrophotometer samt VideometerLab, som alle er udviklet til at foretage målinger under standardiserede lysforhold. De to førstnævnte systemer benytter xenon flashlamper som lyskilde, og lyset, som reflekteres fra emnets overflade, registreres i en fast vinkel, relativt til det indkommende lys. En sådan fast vinkel mellem det indkommende lys og retningen til detektorsystemet medvirker på glatte overflader betragteligt til at reducere bidraget fra det spekulært reflekterede lys (direkte spejlinger), som ikke indeholder farveinformation. De to systemer måler en gennemsnitsfarve over et på forhånd fastlagt cirkulært område (Ø5 mm til 50 mm), i CIELAB  $L^*a^*b^*$ -værdier.

$L^*$  er et generelt mål for lyshed,  $a^*$  er en rød-grøn balance og  $b^*$  er en gul-blå balance.

Såfremt man ønsker at måle kødfarven på en kotelet, kan det med disse systemer være umuligt at undgå bidrag fra fedtmarmorering, der altid vil være i rødt kød.

### Multispektralt visionsystem

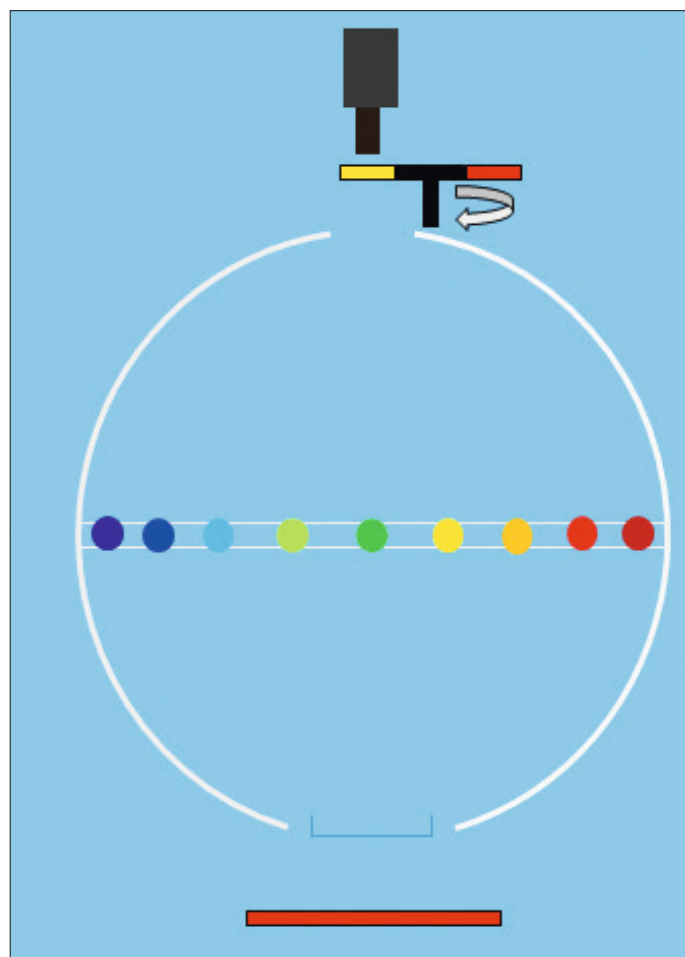
VideometerLab 3 instrumentet (Videometer A/S, Hørsholm) benytter en hel anden målegeometri. Emnet belyses med lys, som er helt diffust. En sådan belysning opnås ved at have lyskilderne på indersiden af en hvidmalet integrerende kugle. Lyskilderne består af op til 19 smalspektrede lysdioder (typisk med halvværdibredder på 10-20 nm) fordelt nogenlunde ækvidistant i bølglængdeområdet 375 nm til 1.000 nm. Den integrerende kugle har en åbning (Ø110 mm) i bunden, hvorigennem emnet belyses fra kuglens inderside. I kuglens top er der en mindre åbning, der tillader optagelser af billeder med et monokromt kamera, placeret uden for den integrerende kugle, figur 1.

Kameraets CCD-sensor, der har en pixelopløsning på  $2.056 \times 2.056$  med 12 bits fotometrisk opløsning, er følsomt fra det langbølgede UV-område til og med den nær-nærinfrarøde del af det elektromagnetiske spektrum. Pixelopløsningen giver mulighed for at måle med en rumlig opløsning på  $45 \mu\text{m} \times 45 \mu\text{m}$ .

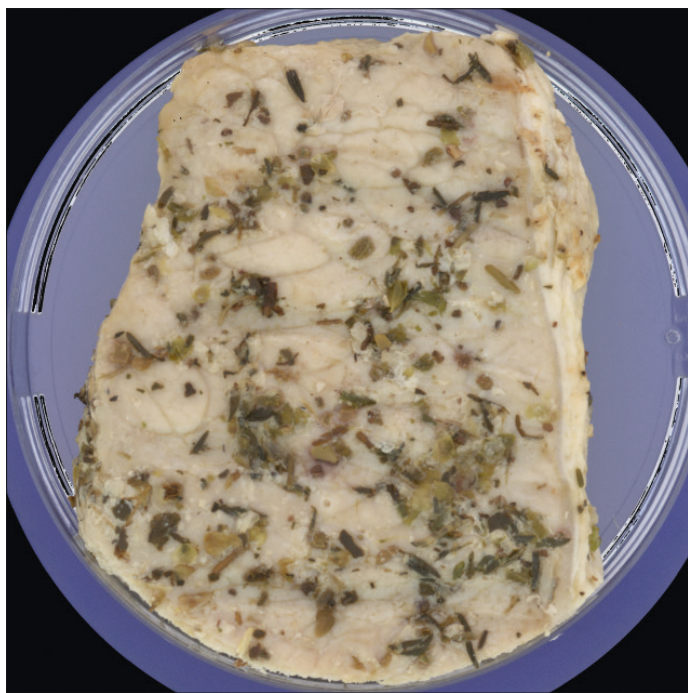
Målingerne foregår ved at tænde én diode ad gangen og optage et billede af emnet. En måling består således af op til 19 billeder, optaget ved separate bølglængder (farver). I hvert af de  $2.056 \times 2.056$  pixler vil der være målt et spektrum bestående af 19 målepunkter. Data fra en måling repræsenteres således af en datakub med to rumlige dimensioner og én lysintens-

tetsdimension. Et sådant system benævnes et "multispektralt visionsystem".

Systemet kalibreres fotometrisk ved at måle på to gråtonestandardplader. Da billeder, der optages under forskellige belysninger (bølglængder), skal kunne lægges over hinanden med den korrekte pixelkorrespondance mellem billederne, benyttes endvidere målinger på en prikket plade til at foretage en geometrisk opretning af alle 19 billeder.



Figur 1. VideometerLab principskitse. Set oppefra: Kamera, emissionsfilter til fluorescensmålinger (hvis ønskeligt), integrerende kugle med diodeplaceringer. Nederst åbning, hvori prøven kan placeres.



Figur 2. Tilberedt kotelet i petriskål med krydderiblanding.

### Udvælgelse af interessante områder

På ikke-homogene emner af biologisk oprindelse er et multispektralt visionsystem stærkt overlegent, set i forhold til almindeligt VIS/NIR-reflektionsspektroskopi. Det skyldes, at det er muligt at analysere emnets overflade ved at kombinere standardspektrofotometri med metoder fra almindelig billedbehandling. Fordelen ved denne kombination er, at overfladens kemi og struktur kan analyseres samtidig. Billedbehandlingen kan benyttes til at udvælge særligt interessante områder på overfladen, hvorfra man ønsker at udtrække eksempelvis farveinformation.

Ved at måle et fuldt spektrum i bølgelængdeområdet 400 nm til 700 nm, som er synligt for det menneskelige øje, kan objekters farve således beskrives langt mere detaljeret. Herudover kan det være en fordel at medtage den kortbølgede del af det infrarøde spektrum mellem 700 nm og 1.000 nm, som er usynligt for mennesker, men som kan supplere med information om emnets struktur og kemi. Med de integrerede algoritmer kan man ikke blot måle produktets overfladefarve, men også databehandle, så der skelnes mellem de områder, man ønsker farven bestemt på, og de områder, hvor farven ikke skal vurderes, f.eks. fravælg områder med fedtmarmorering i rødt kød.

### Farvemålinger på koteletter

I en større forbrugerundersøgelse af grilltilberedning af marinerede koteletter ønskede vi at bestemme, hvor hårdt forbrugerne havde tilberedt kødet, dvs. hvor mørk overfladefarven var. Udfordringen var, at der var rester af urterne fra marinaden på overfladen, hvilket vi ønskede at fjerne fra målingen, således at disse ikke påvirkede resultatet fra farvemålingen af overfladen.

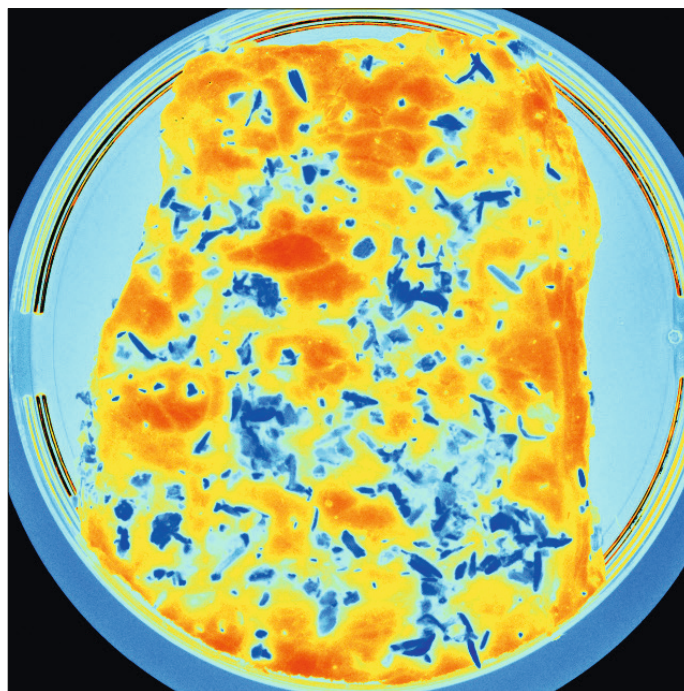
Koteletterne blev udskåret, så de passede til en petriskål, som passer i lysningen på VideometerLabs' integrerende kugle. Et repræsentativt emne blev målt, figur 2, og herfra blev der udviklet en segmenteringsmodel, der finder de områder i billedet, der er interessante, det såkaldte ROI (region of interest).

Der er normalt kun brug for at måle på et enkelt emne for at opbygge en model, der kan bruges på alle efterfølgende optagelser af samme produkttype. At et enkelt billede er tilstrækkeligt, skyldes, at der i en enkelt VideometerLab-optagelse er

op til fire millioner spektre, som i sig selv udgør et meget stort indlæringsset.

Første trin i databehandlingen (segmenteringen) var at substrahere petriskålen og den øvrige baggrund, hvilket sker ved en normaliseret canonisk diskriminantanalyse (nCDA). På tilsvarende måde blev fedtkanter og marmorering fjernet og endelig de synlige urter. I figur 3 er de interessante områder, hvor der måles farve, vist med en blå-rød farveskala, hvor de rødlige områder svarer til køddelen (ROI). Spektret for hver pixel inden for ROI kan omsættes til farvekoordinater, eksempelvis CIELAB  $L^*a^*b^*$ -værdier. Det gennemsnitlige spektrum, samt  $L^*a^*b^*$ -værdier med spredning inden for ROI, leveres som resultat til en Excel-fil. Disse kan herefter behandles i andre programmer, i dette tilfælde for at analysere forskelle i overfladefarve afhængig af marinade, figur 3.

Metoden har den fordel, at den er hurtig, når først segmenteringsprocessen er tilpasset produktet. En lidt erfaren laborant kan udvikle en segmenteringsmodel på ca. 30 minutter. Metoden er informativ, da den giver information i hele spektret af bølgelængder. Metoden er samtidig objektiv, idet den ikke kræver en subjektiv udvælgelse af måleområder på emnets overflade for at undgå uønskede delområder. Den kan anvendes på mange medier, ikke kun fødevarer, men også til at bestemme eksempelvis spireevne i frø og korn samt til at identificere



Figur 3. Farvelægning efter udfaldet af nCDA-beregningen. De røde områder viser de områder, hvorpå der måles kødfarve.

defekter på disse, forårsaget af eksempelvis svampeangreb. En variant af systemet anvendes endvidere til kvalitetssortering af pelse efter dækhårenes længde samt tæthed og farve.

E-mail:

Claus Borggaard: CBO@dti.dk

Kirsten Jensen: KIJ@dti.dk