

Et kig på accelereret fotostabilitetstest af emballerede levnedsmidler

Effekten af lys og temperaturer på emballerede føde- og drikkevarer samt de test der foretages for at fastsætte de rette krav.

Der er sket en stor udvikling inden for emballerede føde- og drikkevarer, og tingene er ikke længe som de var engang. Moderne opskrifter er ofte mere komplekse end tidligere. Med en stigning i antallet af tilgængelige ingredienser og den stærke differentiering mellem forskellige målgrupper, er produktudvalget vokset betragteligt de senere år. Ud fra et laboriemæssigt synspunkt betragtes moderne produkter som flerkomponentsystemer. Dertil vælger føde- og drikkevarerproducenter i højere grad end tidligere at pakke deres produkter i transparent plastemballage som er let og økonomisk, og som ikke mindst præsenterer sit indhold på en visuelt attraktiv måde. Men der er også ulemper ved den gennemsigtige emballage; fx trænger der lys ind i emballagen hvilket medfører en stor efterspørgsel efter egnet lysbeskyttelse. Dette gælder både for produktformuleringen og selve emballagen.

Stabilitetstest under påvirkning af lys og temperatur må ikke tilsidesættes til fordel for markedsføring af produktet, brugervenlighed eller udseende. Risikoen for uønskede kemiske ændringer er øget på grund af en stigning i antallet af teknisk realiserbare formuleringer. UV-lys og forskellige ingredienser i drikkevarer kan føre til ekstremt komplekse vekselvirkninger der ofte har en negativ effekt på basale egenskaber som er essentielle for fabrikatet^[1]. (Se figur 1 for eksempler på eksponering).

Hvor traditionelle metoder til fastsættelse af "bedst før"-datoer er for langsomme eller unøjagtige, kræves der i dag hurtigere metoder. Hidtil har der ikke været nationale eller internationale standarder for accelererede fotostabilitetstest af føde- og drikkevarer. Der findes kun interne test som individuelle medlemmer af produktionskæden har udviklet uafhængigt af hinanden; det gælder hovedsagelig farvestof- og aromaproducenter og blandere.

Fotostabilitet og testkrav

I forbindelse med fotostabilitetstest i et laboratorium er der mange faktorer som skal tages i betragtning for at håndtere den øgede kemiske og fysiske kompleksitet, og for at teste så realistisk som muligt. Interessen retter sig primært mod risikoen for misfarvning som produkterne udsættes for ved kontakt med sollys.

Oxygen der trænger ind i produktet gennem plastmaterialet eller gennem en forsegling, kan nemt omdannes til singlet oxygen ved eksitation, og hurtigt oxidere ingredienser som er følsomme over for iltning. Der er risiko for delvis eller komplet misfarvning eller for tab af vitaminer såsom C-vitaminer. Citronsyre og spormetaller kan destabilisere produktets farve hvis det eksponeres for UV-lys. Skønt B12-vitamin i sig selv er relativt stabilt, nedbrydes det ved kontakt med C-vitamin og UV-lys^[1].



Figur 1: Xenon-teknologi udfører accelererede fotostabilitetstest ved realistiske betingelser. Prøvekommeret har "flatbed" (til venstre SUNTEST® XXL+) og en karrusel (til højre, Xenotest® Beta+).

I drikkevarer fyldt på PET-flasker^[2] blev det observeret at frugtromaen blev nedbrudt. Ud over oxygengennemtrængning til produktet skal man også undersøge indtrængningshastigheden for kuldioxid – fx i øl og alkoholfri drikke. Endelig skal der nøje gøres rede for hvorvidt produktet er egnet til den påtænkte beholder, eller om der er behov for en bedre emballagebeskyttelse.

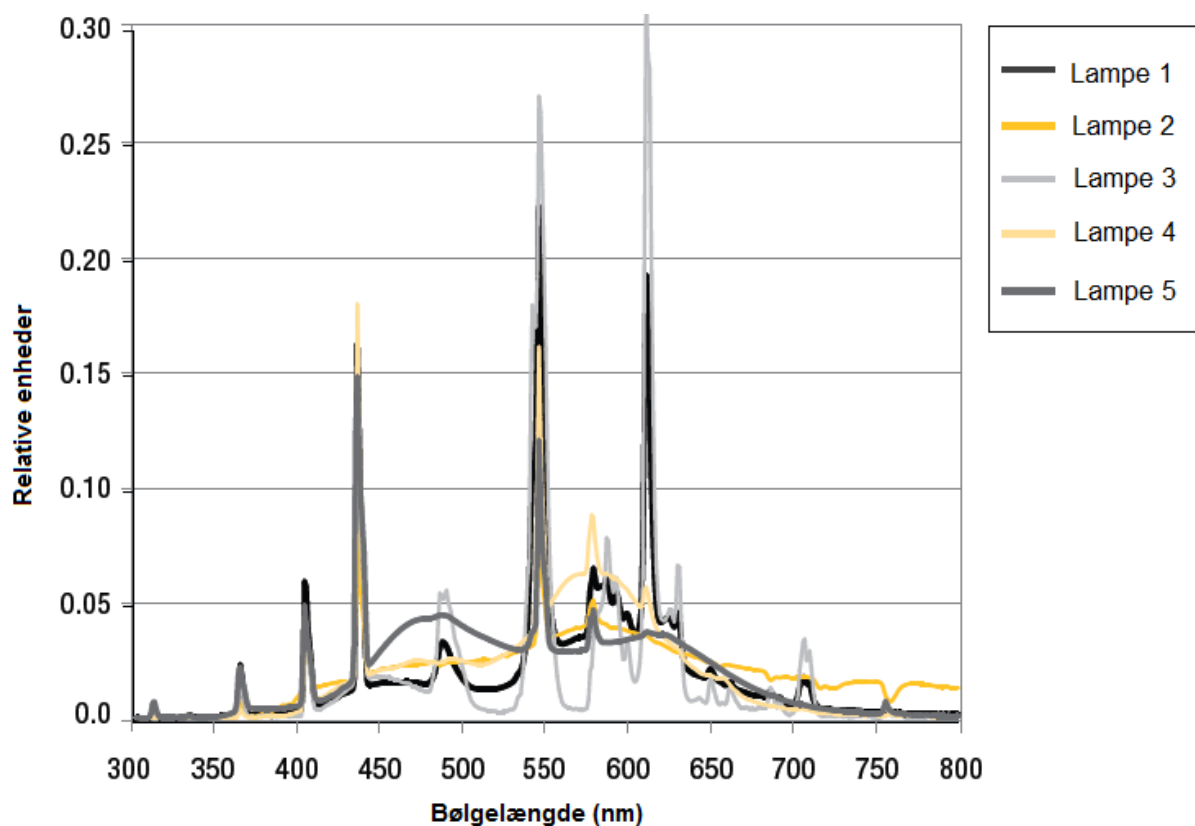
Også de faktiske temperaturer der forekommer i proceskæden, skal betragtes som en stressfaktor. Reelle temperaturer har en stor del af ansvaret for hvor hurtigt den kemiske nedbrydning sker efterhånden som et produkt via forskellige distributionsruter transporteres fra producenten eller leverandøren ud på hylderne i butikken og derfra ud til forbrugeren.

Emballagematerialer

De hyppigst anvendte plastmaterialer til føde- og drikkevarer er polyethylen (HD polyethylen), polypropylen (PP) og polyethylenterephthalat (PET) der formes til emballage og forskellige typer af flasker ved ekstrudering, blæsestøbning eller sprøjtstøbning. PET-flasker fremstilles med forskellige godstykkelser men hvis siderne er meget tynde, tillader de en relativt kraftig oxygengennemtrængning. I dag findes der imidlertid processer der gør det muligt at opnå specielle barriereegenskaber – men prisen gør at man bør overveje dette nøje.

En væsentlig faktor er materialernes individuelle spektraltransmissions-egenskaber i bølglængdeområdet 290-600 nm. Fx kan UVA-stråler trænge gennem PET. Det samme gælder for transparent PE samt PP-folier eller -flasker.

Afhængigt af hvilken og hvor meget lysbeskyttelse der er blandet i samt de enkelte materials følsomhed over for stråling, ældes ovennævnte plasttyper når de udsættes for lys og varme. Dette medfører en ændring af de fysiske egenskaber hvilket kan have en negativ indflydelse på emballagens beskyttende egenskaber. En lige så vigtig faktor er overførslen af stoffer fra emballagen til produktet og vice versa. Selv hvis et emballagemateriale, når det er nyt, ikke overskrider de acceptable grænser for forurenende stoffer, kan den fotooxidative ældning betyde at der udvikles skadelige migrerbare nedbrydningsprodukter.

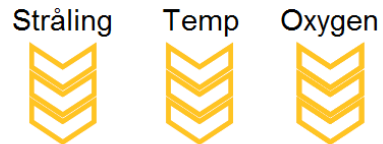


Figur 2: Typisk spektrum for fluorescerende lamper som kan påvirke produkter i forbindelse med produktion, oplagring og bearbejdning.

Ydre påvirkninger (stressfaktorer)

Inden for levnedsmiddelindustrien er de vigtigste stressparametre stråling, ilt og temperatur^{1, 2}. Til højre vises de individuelle stressparametre i forhold til deres reelle virkninger i proceskæden.

Miljøpåvirkning



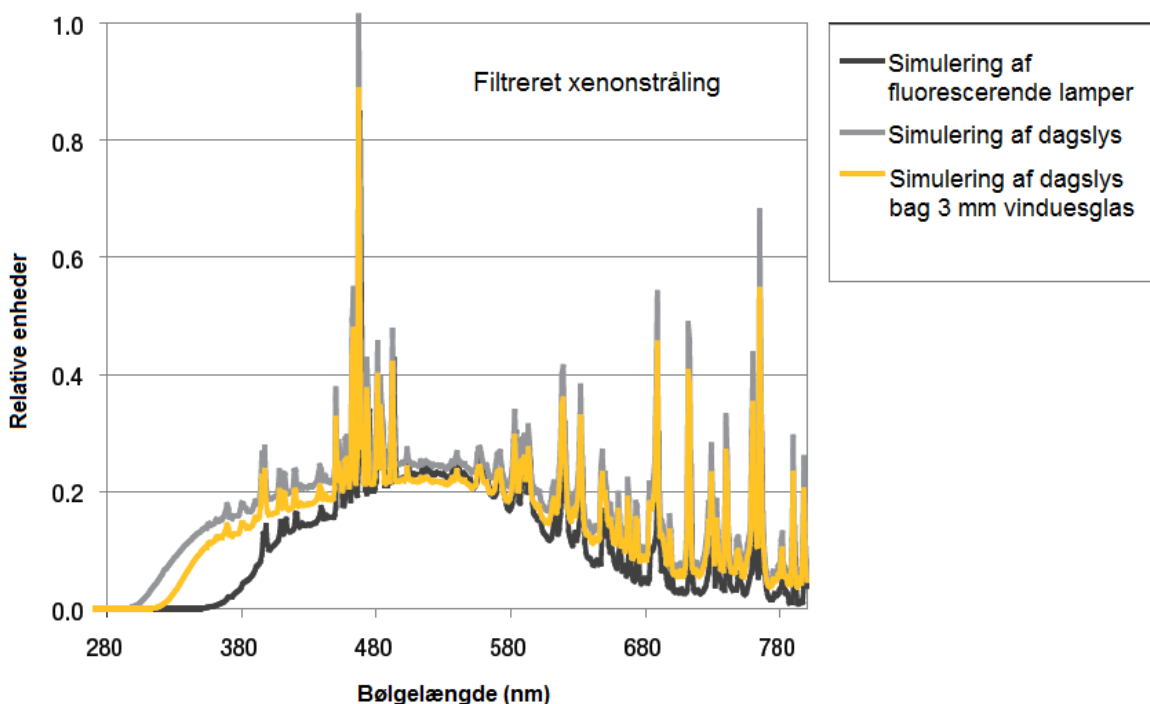
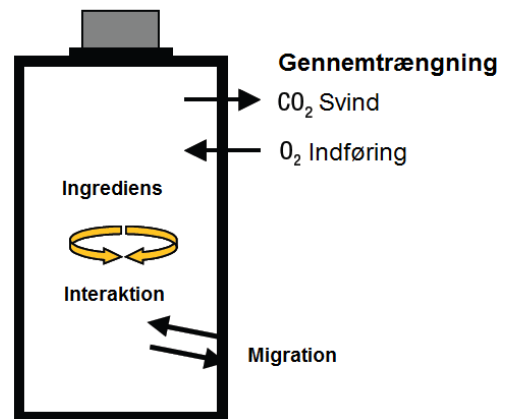
Stressfaktor: Stråling

Når man taler om fotokemisk udløste ændringer, er den vigtigste stressfaktor den faktiske stråling som føde- eller drikkevarer eksponeres for. Hele proceskæden skal tages i betragtning: produktion (forarbejdning) -> oplagring -> transport -> opbevaring -> bearbejdning (konsumering). Hvilke led af proceskæden der fordrer speciel opmærksomhed, afhænger af det specifikke produkt og de benyttede foranstaltninger til beskyttelse mod stråling.

Som belysning ved produktion, opbevaring og bearbejdning anvendes ofte traditionelle fluorescerende lamper (se spektrere på Figur 2). Bestrålingsstyrken fra lamperne i bølglængdeområdet 300-800 nm ved objektet afhænger af afstanden mellem objekt og lyskilde, og er ca. 2-20 W/m². Det er også muligt at nå 100 W/m² meget tæt på lampen. Der er ingen relevant stråling fra lysstofrør under 360 nm (se Figur 3). Anvender man en xenonlampe til accelererede test, skal lampens effekt reduceres så man opnår lavest mulige bestrålingsstyrker hvilket ofte kun kan lade sig gøre ved hjælp af ekstra neutrale filtre.

Under transport og opbevaring kan føde- og drikkevarer også eksponeres for direkte sollys eller sollys gennem vinduesglas (se spektrere på Figur 4). Eksempelvis opbevares produkter ofte udenørs på en gårdsplads; de transporteres på en åben lastbil; eller de opbevares i et lokale med vinduer eller ovenlysvinduer. I dette tilfælde varierer bestrålingsstyrken i bølglængdeområdet 300-800 nm mellem ca. 200 W/m² og 550 W/m². Maksimumsværdien bruges normalt i forbindelse med simulering af stråling, og disse solspektrere simuleres bedst med filtreret xenonstråling som vist på Figur 4.

Fluorescerende lamper (også kendt som lysstofrør), halogenlamper og normale glødepærer kan spille en rolle i forarbejdningen forud for selve indtagelsen hvor farvetemperaturen for de to sidstnævnte typer kan falde ca. mellem 2000 K og 3000 K. Bestrålingsstyrkerne ved objektet vil i disse tilfælde også variere mellem 2 og 20 W/m². Simuleringen kan også ske med filtreret xenonstråling (fluorescerende lamper til simulering i Figur 3).



Figur 3: Filtreret xenonstråling til simulering af forskellige lyskilder.

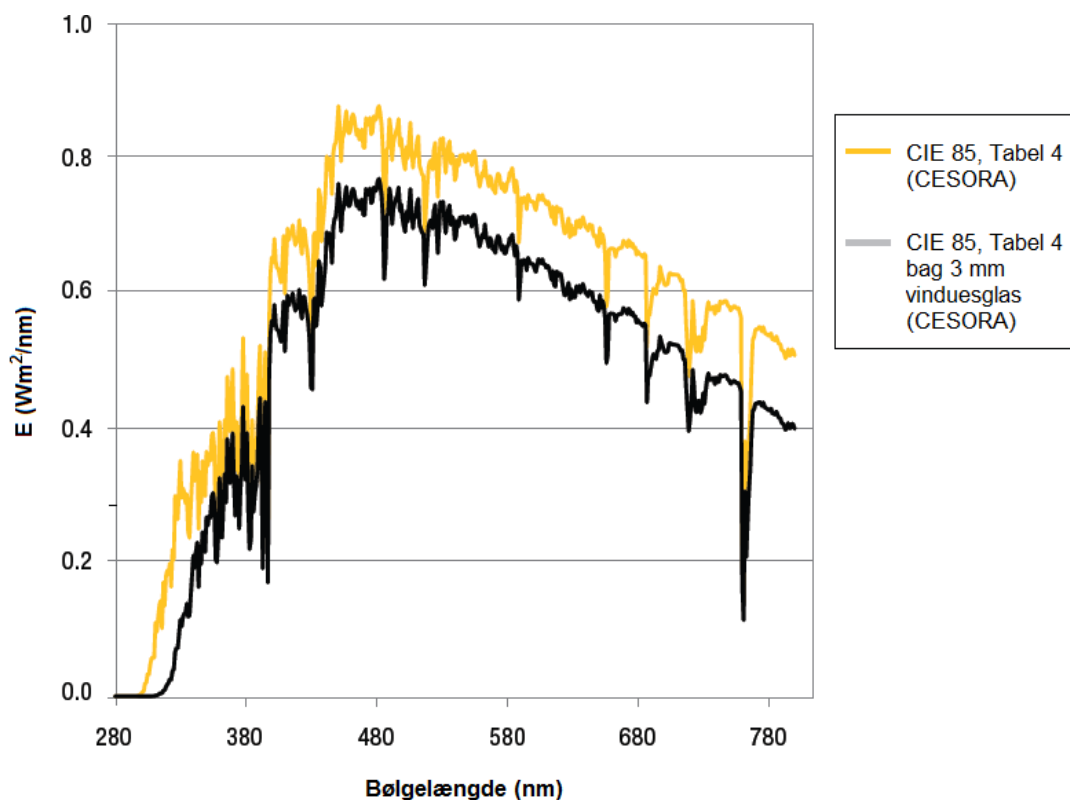
Stressfaktor: Temperatur

Temperatur er den anden faktor ved test af fotostabilitet. Kjemiske reaktioners hastighed kan skildres ved hjælp af Arrhenius ligning der beskriver temperaturens indflydelse på kemiske reaktioners hastighed; groft sagt: "jo højere temperatur, jo hurtigere den kemiske reaktion". I hvor stor udstrækning processtemperaturer skal tages i betragtning ved accelererede test, besluttet af producenten ud fra hvilket produkt det drejer sig om.

I Europa sker påfyldning hyppigst under aseptiske forhold mens produktet er koldt. I forbindelse med opbevaring og forarbejdning ligger den realistiske temperatur normalt under 22° C; under transporten ligger den over 22° C. Hvor solens stråler rammer, stiger temperaturen hurtigt til over 22° C fordi såvel den synlige som den infrarøde stråling absorberes af produktet. I disse tilfælde vil produkttemperaturen være noget højere end rumtemperaturen, måske helt op til 30-35° C. Derfor skal temperaturændringer der forekommer i virkeligheden, undersøges ved grundige test.

Testmetode

Testmetoden afhænger af hvilke stressfaktorer der skal tages højde for (se oversigt i Tabel 2). Der skal ligeledes tages stilling til hvorvidt man ønsker at simulere hele proceskæden eller kun dele af den. Er hele proceskæden relevant, kan man teste efter en standardmetode som fx ISO 4892-2^[5]. Dog er det formentlig nødvendigt at tilpasse testtemperaturer, luft- og sort standardtemperatur. De sædvanlige våd/tør-cykluser der simulerer effekten af regn og fugt, kan udelades. Instrumentets teknologi og udforming afgøres af kravet til nøjagtighed samt prøveemnets geometri.



Figur 4: Solspektrum iht. CIE nr. 85, Tabel 4^[3] beregnet med CESORA^[4].

Hvis produktet er beskyttet mod solens stråler under opbevaring og udendørs transport, kan den filtrerede xenonstråling der ses i Figur 3, bruges til at simulere lysstofrør (typisk lagerbelysning). Lufttemperaturen indstilles herefter så produkttemperaturen ikke overstiger 30° C; den relative fugtighed skal kontrolleres konstant.

Man har med gode resultater for nylig udført hurtige test med lignende testkonfiguration i Atlas SUNTEST® (flatbed-teknik) – sammenlignet med realtidstest^[6] til dels med meget høje accelerationsfaktorer på > 50. Vigtigheden af testen er ubestridt, og det vil blive spændende at se hvordan andre testemetoder udvikles for i sidste ende at godkende det store udvalg af mad- og drikkevarer og deres behørig emballage hvad angår fotostabilitet.

Tabel 1

Krav til en realistisk metode til test af fotostabiliteten hos emballerede føde- og drikkevarer

Proceskæde	Produktion, oplagring, forarbejdning	Transport, opbevaring
Spektrer	Fluorescerende lamper Halogenlamper Glødepærer	Solspektrum, direkte og bag vinduesglas
UV-begrænsning	Blokering under 360 nm	Blokering under 295 nm hhv. under 310 nm
Simuleret stråling	Filtreret xenonstråling, neutralt filter	Filtreret xenonstråling
E (300-800 nm) i W/m ²	20-100 nm	200-550 nm
Produkttemperatur i °C*	25-25° C	30-35° C
Relativ fugtighed i %	20-50 %	20-50 %

* Den reelle produkttemperatur skal stadig undersøges nøje.

Referencer

- [1] *Plastverabeiter* (55), nr. 5, årgang 2004.
- [2] Marco Schmidt, Gerhard Hübner, Joachim Tretzel, *LVT Lebensmittel Industrie* 7/8, 2002.
- [3] Publ. Nr. CIE85 1. Udgave 1989, *Teknisk rapport „Solar Spectral Irradiance“*, 1989.
- [4] A. Kühlen, B. Severon, *Kalkulation solarer Strahlungsparameter in der Materialprüfung*, 33. årlige kongres i GUS 2004.
- [5] ISO 4892-2: „*Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon arc sources*” (Revidering af ISO 4892-2: 1994), 2006.
- [6] Marco Schmidt, Gerhard Hübner, Joachim Tretzel, *AFG Wirtschaft* 4, 2002.