

Bennie Mols

Kijkduinstraat 121-2
1055 XW Amsterdam
bmols@wanadoo.nl

Studiegroep Wiskunde met de Industrie 2006

Op zoek naar luchtdicht verpakkingsfolie

Dun plastic verpakkingsfolie wordt veel in de levensmiddelenindustrie gebruikt, bijvoorbeeld om vleeswaren te beschermen tegen bederf. Toch laat het altijd wel een beetje lucht door. Een nieuw idee is om in het folie een soort druppeltjes te stoppen die reageren met de langzaam doordringende lucht. Zo wordt het vlees nog beter afgeschermd tegen de bedervende buitenlucht.

Wie in de supermarkt een stuk kipfilet of een biefstukje koopt, kijkt eerst goed naar het vlees. Ziet het er wel goed uit? Een dun stukje plastic folie beschermt het vlees tegen de buitenlucht, die het vlees kan bederven. Het is een volledig doorzichtig, rekbaar plastic folie, vaak niet meer dan vijfhonderdste millimeter dik. Chemieconcern DSM zoekt naar een manier om dit soort plastic verpakkingsmaterialen nog luchtdichter te maken.

Omdat de consument het vlees wil zien, moet het verpakkingsmateriaal volledig doorzichtig zijn. Helaas blijken dunne, doorzichtige verpakkingen in de praktijk ook sneller het zuurstof uit de lucht door te laten. Hoe meer zuurstof het verpakte product bereikt, hoe sneller het product bederft. Daar is niet eens zo veel zuurstof voor nodig. Voor veel producten is de toelaatbare zuurstofconcentratie niet groter dan tien deeltjes op een miljoen.

Het idee van DSM is nu om in het dunne

verpakkingsfolie kleine, niet-zichtbare druppeltjes aan te brengen die reageren met het zuurstof. De druppeltjes — met afmetingen van tien nanometer of kleiner, en gemaakt van een polymeer — dienen zo als een afvangmateriaal. Zo moet er minder zuurstof het product bereiken dan zonder de druppeltjes. Bij een reactie van het afvangmateriaal met het zuurstof, verdwijnen zowel het zuurstof als het afvangmateriaal. Het is dus duidelijk dat het afvangmateriaal een keer op raakt. Gebeurt dat, dan heeft de buitenlucht vrij spel en kan het er makkelijk doorheen. Maar het afvangmateriaal kan het proces wel lang vertragen. De houdbaarheidsdatum van het product wordt zo verlengd.

Grote vraag is nu welke verdeling van druppeltjes het beste werkt om het zuurstof af te vangen. Is het beter om overal in het folie evenveel afvangmateriaal te hebben? Of is het beter om meer afvangmateriaal aan de buitenkant te hebben, of juist aan de binnen-

kant, dicht tegen het product aan? En welke vorm moeten de druppeltjes hebben voor het optimaal afvangen?

Druppels dicht bij product

DSM had zelf al een model opgesteld bestaande uit twee wiskundige vergelijkingen die aan elkaar gekoppeld zijn: eentje voor de concentratie zuurstof in het folie en eentje voor de concentratie afvangmateriaal. Beide concentraties hangen af van de plaats in het folie en van de tijd. Het oplossen van deze twee vergelijkingen bleek echter buitengewoon lastig. Voor de wiskundigen van de Studiegroep was het daarom de uitdaging om met eenvoudigere benaderingen toch nieuwe inzichten te krijgen over hoe DSM de luchtdichtheid van het folie kan verbeteren.

Wiskundige Simon van Mourik van de Universiteit Twente: "In een eendimensionale analyse hebben we laten zien dat de tijd die het zuurstof nodig heeft om door het folie heen te dringen kwadratisch toeneemt met de diameter van de afvangdruppeltjes. Een twee maal zo breed druppeltje leidt dus tot een vier maal zo lange doordringingstijd van het zuurstof. Verder hangt die tijd lineair af van de hoeveelheid afvangdruppeltjes. Twee maal zo-

veel afvangmateriaal leidt tot een twee maal zo lange doordringingstijd.”

De doordringingstijd hangt ook lineair af van de afstand tussen de buitenkant van het folie en de druppeltjes. Ofwel: het is effectiever de druppeltjes zoveel mogelijk aan de kant van het product te plaatsen. Dat laat zowel de analytische benadering als de computersimulatie zien. De concentratie zuurstof in het folie neemt af als je van de buitenkant naar de productkant gaat. Idealiter zou er geen zuurstof bij het product komen, maar in de praktijk komt er altijd wel iets bij het product. Omdat aan de productkant van het folie altijd minder zuurstof zit dan aan de buitenkant van het folie, gaat het afvangmateriaal langer mee en is het effectiever in het tegenhouden van de zuurstof. Als je juist meer afvangmateriaal aan de buitenkant van het folie plaatst, dan reageert het sneller weg en kan de zuurstof sneller door het folie heendringen.

Deze resultaten kan DSM gebruiken om de optimale druppelgrootte, de optimale hoeveelheid en de optimale verdeling te bepalen. In principe werkt de druppelgrootte dus veel meer door in de doordringingstijd dan de hoeveelheid druppels en de plaats van de druppels. Druppelgrootte en druppelhoeveelheid kan DSM makkelijk tijdens het productieproces van het folie beïnvloeden. Waar de druppeltjes precies in het folie terecht komen, valt in het standaard productieproces echter niet te veranderen. Dat kan betekenen dat het handiger kan zijn om twee op meer lagen folie op elkaar te leggen, waarbij de folielaag aan de productkant veel meer afvangmateriaal bevat dan de folielaag aan de buitenkant.

Maar hoe het werkelijke productieproces er het beste uit kan zien, zal ook afhangen van de productiekosten van het maken van grotere druppels, van het plaatsen van meer druppels en van het plaatsen van meer druppels aan de productkant van het folie.

Pannenkoeken beter dan sigaren

“We hebben ook tweedimensionale simulaties gedaan”, vertelt Van Mourik. “Tweedimensionale simulaties zijn zeer geschikt om te onderzoeken wat het effect is van de vorm van de druppeltjes. Is een ronde vorm beter, of juist een afgeplatte vorm? Kleine, langwerpige druppeltjes — een soort sigaarvorm — zijn effectiever in het afvangen dan ronde druppeltjes. Maar op hun beurt werken pannenkoekvormige druppeltjes, die met de platte kant parallel aan het folie liggen, weer effectiever dan sigaarvormige druppeltjes.”

Hoe kan dat? Een tot een pannenkoek ge-

vormd druppeltje vormt door zijn grotere oppervlak een grotere barrière voor de zuurstof dan een rond druppeltje, dat een kleiner ‘vangoppervlak’ heeft. Het pannenkoekvormige druppeltje maakt zich als het ware breder dan het ronde druppeltje zodat er minder zuurstof langs kan.

Wanneer het folie wordt gemaakt, hebben de druppeltjes automatisch een ronde vorm. Maar tijdens de fabricage kan het folie worden uitgerekt. Uitrekken in één richting leidt tot sigaarvormige druppeltjes. Uitrekken in twee richtingen geeft pannenkoekvormige druppeltjes. Zo kan DSM de vorm van de afvangdruppeltjes beïnvloeden.

Multilaags-folie

Han Slot van DSM is enthousiast over de diversiteit van de aanpakken die de wiskundigen al in één week hebben verkend. “We waren zelf wel al bezig met modelleer- en experimenteerwerk, maar de resultaten van de studiegroep hebben ons een frisse nieuwe kijk gegeven. Ze helpen ons bij het interpreteren van de experimenten die we al hebben gedaan, en bij het opzetten van nieuwe experimenten. We weten nu beter wat we wel en wat we niet moeten doen.”

De minimale tijd dat een folie moet beschermen, zal sterk gaan afhangen van de toepassing, denkt Slot. Want DSM denkt aan een reeks van toepassingen. “Flexibele displays bijvoorbeeld, hebben ook vaak een bescherming tegen zuurstof in de lucht nodig. Dan heb je een bescherming van jaren nodig. Gaat het om verpakking van voedsel, dan praat je over een minimale beschermingstijd van dagen tot maanden. Wil je voedsel nog langer verpakken, dan kies je voor blik en niet langer voor een folie.”

DSM had zelf al geëxperimenteerd met een multilaags-folie, waarbij aan de productkant het meeste afvangmateriaal zit. Slot: “De resultaten van de studiegroep hebben de voordelen van die aanpak bevestigd. Veel folies die heden ten dage al worden gebruikt, werken trouwens ook al met meerdere lagen. Soms zelfs vijf tot zeven verschillende lagen. De concentratie afvangmateriaal binnen een folie laten afhangen van de plaats, is in de praktijk geen optie. Maar het maken van meerdere lagen dunne folie op elkaar, kan nu al makkelijk.”

Om heel concreet te helpen bij het ontwikkelen van een nieuw productieproces, moeten de modellen wel nog kwantitatiever worden, vertelt Slot. Ze moeten dichter bij de praktijk gaan aansluiten. “Maar dat kun je niet in een week voor elkaar krijgen. Dat is de

reden dat we een promovendus verder naar de modellering van het probleem willen laten kijken. Er zijn nog veel vragen te beantwoorden. Uiteindelijk willen we de modellen echt kunnen valideren met onze experimenten.”

Slot verwacht dat het nog wel enige tijd zal duren eer dit soort actieve folies echt op de markt gaat verschijnen. “Het is een nieuwe ontwikkeling. Pas sinds kort is het in Europa toegestaan om met actieve kunststoffen als verpakkingsmaterialen te werken. In de VS mag dat al wat langer. Daar bestaan al kunststof bierflesjes waarin een afvangmateriaal is verwerkt.”

