

Nederlandstalige versie zie hieronder

Version française: voir ci-dessous

Success stories on utilizing waste, continued

Arifin et al.[2023] write in their abstract ... *The high number of valuable compounds, such as starch, protein, and bioactive materials in waste and by-products from food manufacturing industries creates opportunities for the food packaging industry. These opportunities include the development of biodegradable plastics, functional compounds, active and intelligent packaging materials...* The term “opportunities” arouses our curiosity; all research findings that address the challenges and opportunities of commercialising food waste and by-products (FWBP) for the purpose of the food packaging industry deserve our full attention. Whether the food was wasted during agricultural production, postharvest, or during food processing, the massive number of valuable components in FWBP makes it a lucrative source for the development of other useful materials.

Monitoring the condition of either the packaged food or the food environment inside the package

Generally, one distinguishes between three types of tools for intelligent packagings: (1) monitoring tools for environmental conditions, (2) monitoring tools for the quality attributes of the food itself and (3) data carriers. The first type controls conditions that may give rise to changes in the quality characteristics of the food. Examples are time-temperature indicators, gas leakage indicators, and relative humidity sensors. The second type is used for direct monitoring of the quality attributes of the food itself. Examples are biosensors and freshness sensor/indicators. Finally, the data carriers are used to store and transfer data.

Colorimetric pH indicator film received a lot of attention for its simplicity and customer-friendliness. It provides accurate real-time information, and is also non-destructive and non-invasive. In pH-sensitive films, the colour varies as a result of pH changes in the packaged food. Such pH changes are often seen in protein-rich foods; they are normally caused by food spoilage due to microbial growth or oxidation. For this reason pH-based films are suitable universal indicators of the food condition.

Formerly, pH indicator films were developed by embedding synthetic indicator dyes that are sensitive to a certain pH range. Many (older) chemists performed titrations during their first undergraduate year with indicators, such as phenolphthalein or bromocresol purple. What a lovely memory!

Synthetic indicators were originally incorporated into the packaging materials. Today, their toxic effects have led to new investigations to extract safer indicators from FWBP.

Exploring the purple end of the food spectrum

Anthocyanins are a group of deep red, purple and blue plant pigments; they are part of a larger category of plant-based chemicals, called flavonoids, that are abundant in fruits, seeds, shoots, flowers and leaves.

Anthocyanins are described as water-soluble pigments that are natural as well as non-toxic. Moreover, they are especially good pH indicators, a feature that packaging designers are increasingly starting to take advantage of.

pH-sensitive films were successfully developed using extracts from blueberry and blackberry as well as from raspberry pomace extract (RPE). The film colour visibly transforms from pale yellow for control films, to blue-green and purple with the addition of blueberry and blackberry pomace extracts, respectively. With changing pH from 2 to 10, films with blueberry extract changed from rose to blue green and those with blackberry changed from red to dark violet. The most significant change was observed in the pH range from 4 to 7, which is important for the determination of pH change due to the food spoilage in real foodstuff [Kurek et al. 2018]. Moreover, different RPE concentrations (0,5 g/L, 1,5 g/L and 3 g/L) were incorporated into composite film of pectin, sodium alginate and xanthan gum, resulting in colorimetric raspberry films with excellent discoloration at pH 1 to 13. Especially at pH 5 to 10, the colour changes from pink-red-brown-blue-dark green and this is perfectly observable with the naked eye. It also has the potential to be a pH-sensitive film used in monitoring protein-rich food freshness [Yang et al. 2021].

While previous research used pomace, peel, and seeds from food waste, recent research utilized a highly unconventional pH indicator, which is, broken riceberry. Riceberry is a unique type of rice produced in Thailand, and processing generates 1200 to 1800 tons of broken rice per harvest season. In their research Eze et al. [2022] used a holistic approach to develop a pH-sensitive film, as it considered all aspects of the film, including colour changes, and mechanical, water barrier, and antioxidant properties. Their research results reveal the films exhibited excellent hydrophobicity, mechanical resistance, thermal stability, barrier properties, and antioxidant activity. Moreover, they were cytocompatible and produced intense naked-eye detectable colorimetric response at pH variation from 2 to 12.

Is there waste in food packaging then?

The answer to this question is an unconcealed yes!

And what is even more, packaging for food products could be a combination of antimicrobial, antioxidant, (see also the article posted last month) and pH-sensitive films. Wu et al. [2019], for example, developed an intelligent film that showed both antioxidant activity and pH-sensitive capability. It could be used as an intelligent food packaging for monitoring animal-based protein food spoilage and, at the same time, it reduces the production of the total volatile basic nitrogen, that arises because of proteolysis, or the segmentation of proteins into their basic fragments (amino acids) via hydrolysis, catalysed by so-called "proteolytic" enzymes. Similarly, Ge et al. [20] manufactured an intelligent nanocomposite film with pH-sensitivity and antioxidant activity to monitor the freshness of shrimp and hairtail by visible colour changes. Yet another example is the development of biodegradable watermelon rind pectin films containing kiwifruit peel extract that showed an excellent tensile strength and Young's modulus. With higher kiwi peel extract concentrations, the opacity, elongation at break, and water vapor permeability of

the films increased, whereas the rigidity of the films decreased. After 9 days of storage, the contents of peroxides and thiobarbituric acid reactive substances in chicken thigh wrapped with this film were noticeably lower than those in the unwrapped samples [Han et al. 2021].

Edible coatings are another form of packaging, about which somewhat less has been communicated. Yet they can be very efficient. Rezaei et al. [2018] compared the efficiency of the direct addition, edible coating, and biodegradable film of an essential oil, apple peel extract and zinc oxide nanoparticles in extending the shelf-life of fish fillet and found that edible coating is most effective. The edible coating also had appropriate sensory properties (odour, colour, and overall acceptability), making it a recommended packaging material.

Clearly, waste is not a synonym for useless.

References

Arifin et al. [2023]. Utilization of food waste and by-products in the fabrication of active and intelligent packaging for seafood and meat products, *Foods* 12, 3, 456

Eze et al. [2022]. Fabrication of intelligent pH-sensing films with antioxidant potential for monitoring shrimp freshness via the fortification of chitosan matrix with broken Riceberry phenolic extract, *Food Chemistry* 366, 130574

Ge et al. [2020]. Intelligent gelatin/oxidized chitin nanocrystals nanocomposite films containing black rice bran anthocyanins for fish freshness monitorings, *International Journal of Biological Macromolecules* 155, 1296 - 1306

Han et al. [2021]. Antioxidant properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind pectin films containing kiwifruit (*Actinidia chinensis*) peel extract and their application as chicken thigh packaging, *Food Packaging and Shelf Life* 28, 100636

Kurek et al. [2018]. Development and evaluation of a novel antioxidant and pH indicator film based on chitosan and food waste sources of antioxidants, *Food Hydrocolloids* 84, 238 – 246

Rezaei et al. [2018]. Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film, *LWT* 87, 122 - 133

Wu et al. [2019]. Preparation of an intelligent film based on chitosan/oxidized chitin nanocrystals incorporating black rice bran anthocyanins for seafood spoilage monitoring, *Carbohydrate Polymers* 222, 115006

Yang et al. [2021]. Colorimetric films based on pectin/sodium alginate/xanthan gum incorporated with raspberry pomace extract for monitoring protein-rich food freshness, *International Journal of Biological Macromolecules* 185, 959 - 965

Succesverhalen over het gebruik van afval, vervolg

Arifin et al. [2023] schrijven in hun samenvatting ... *Het grote aantal waardevolle stoffen, zoals zetmeel, eiwitten en bioactieve materialen in afval en bijproducten van de voedselverwerkende industrie creëert opportuniteiten voor de industrie van voedselverpakkingen. Deze omvatten de ontwikkeling van biologisch afbreekbare kunststoffen, functionele verbindingen, actieve en intelligente materialen voor verpakkingen...* De term "opportuniteiten" prikkelt onze nieuwsgierigheid; alle onderzoeksresultaten die inspelen op de uitdagingen en mogelijkheden van het commercialiseren van voedselafval en bijproducten (*food waste and by-products*, FWBP) ten behoeve van de industrie van voedselverpakkingen verdienen onze volle aandacht. Of het voedsel nu verspild werd tijdens de landbouwproductie, na de oogst of tijdens de voedselverwerking, het enorme aantal waardevolle componenten in FWBP maakt het tot een lucratieve bron voor de ontwikkeling van andere nuttige materialen.

De toestand van het verpakte voedsel of van de voedselomgeving binnenin de verpakking opvolgen

Gewoonlijk onderscheidt men drie soorten van hulpmiddelen voor intelligente verpakkingen: (1) de hulpmiddelen voor de controle van de omgevingscondities, (2) deze voor controle op de kwaliteit van het voedsel zelf en (3) de gegevensdragers. Het eerste type controleert de omstandigheden die aanleiding kunnen geven tot veranderingen van de voedselkwaliteit. Voorbeelden zijn tijd-temperatuurindicatoren, gaslekindicatoren en sensoren voor de relatieve vochtigheid. Het tweede type wordt gebruikt voor de directe bewaking van de kwaliteitskenmerken van het voedsel zelf. Voorbeelden zijn biosensoren en versheidssensoren en/of indicatoren. En tenslotte worden de gegevensdragers gebruikt voor het opslaan en de transfer van gegevens.

Colorimetrische pH-indicatorfolie kreeg veel aandacht omwille van zijn eenvoud en klantvriendelijkheid. Het geeft nauwkeurige *real-time* informatie; het is niet-destructief en niet-invasief. Bij pH-gevoelige folies verandert de kleur ten gevolge van de pH-veranderingen in het verpakte voedsel. Zulke pH-veranderingen komen vaak voor in eiwitrijk voedsel en worden normaal gesproken veroorzaakt door voedselbederf dat te wijten is aan microbiële groei of oxidatie. Daarom zijn pH-gebaseerde folies geschikte indicatoren van de algemene toestand van het voedsel.

Vroeger werd pH-indicatorfolie ontwikkeld door er synthetische indicatorkleurstoffen die gevoelig zijn voor een bepaald pH-bereik in te verwerken. Heel wat (oudere) chemici voerden tijdens hun eerste jaar nog titraties uit met indicatoren, zoals fenolftaleïne of bromocresol paars. Wat een leuke herinnering!

Synthetische indicatoren werden oorspronkelijk in het verpakkingsmateriaal ingebed. Vandaag leiden hun toxische effecten tot nieuwe onderzoeken, die streven naar een manier om veiligere indicatoren te extraheren uit FWBP.

Een verkenning van de paarse kant van het voedselspectrum

De anthocyaninen zijn een groep dieprode, paarse en blauwe plantepigmenten; ze maken deel uit van een grotere categorie plantaardige chemicaliën, flavonoïden genaamd. Ze komen overvloedig voor in fruit, zaden, scheuten, bloemen en bladeren. Anthocyaninen worden beschreven als wateroplosbare pigmenten, die natuurlijk zijn en niet giftig. Bovendien zijn het bijzonder goede pH-indicatoren, een eigenschap waarvan verpakkingsontwerpers steeds meer gebruik beginnen te maken.

pH-gevoelige films werden met succes ontwikkeld met extracten van bos- en braambessen evenals met het extract van frambozenpulp (*raspberry pomace extract*, RPE). De kleur van de film verandert zichtbaar van lichtgeel in de controlefilms naar blauwgroen en paars met de toevoeging van de extracten van pulp van bos- en braambessen respectievelijk. Bij het veranderen van de pH van 2 naar 10 veranderden de films met bosbessenextract van roze naar blauwgroen en die met braambessenextract van rood naar donkerpaars. De meest significante verandering werd waargenomen in het pH-bereik van 4 tot 7, wat belangrijk is voor de bepaling van een pH-verandering als gevolg van voedselbederf in voedingsmiddelen [Kurek et al. 2018]. Bovendien werden verschillende RPE-concentraties (0,5 g/L, 1,5 g/L en 3 g/L) verwerkt in composietfilms van pectine, natriumalginaat en xanthaangom, wat resulteerde in colorimetrische frambozenfilms met een uitstekende verkleuring bij pH-verandering van 1 tot 13. Vooral bij pH 5 tot 10 verandert de kleur van roze-rood-bruin-blauw-donkergroen en dit is perfect waarneembaar met het blote oog. Tevens kunnen de films als pH-gevoelige films gebruikt worden bij de controle op de versheid van eiwitrijk voedsel [Yang et al. 2021].

Eerder onderzoek maakte gebruik van pulp, schillen en zaden van voedselafval, maar recent onderzoek maakt ook gebruik van een vrij onconventionele pH-indicator, namelijk gebroken Riceberry rijst. Deze rijst is een unieke soort die in Thailand wordt geproduceerd en bij de verwerking ervan komt per oogstseizoen 1200 tot 1800 ton gebroken rijst vrij. Eze et al. [2022] maakten gebruik van een holistische benadering om een pH-gevoelige film te ontwikkelen, omdat ze alle aspecten van de film in beschouwing namen, inclusief kleurveranderingen, mechanische waterbarrière en antioxiderende eigenschappen. Hun onderzoeksresultaten tonen aan dat de films uitstekende hydrofobiciteit, mechanische weerstand, thermische stabiliteit, barrière-eigenschappen en antioxidantactiviteit vertoonden. Bovendien waren ze cytocompatibel en produceerden ze een intense, met het blote oog waarneembare colorimetrische respons bij een pH-variatie van 2 tot 12.

Zit er dan afval in voedselverpakkingen

Het antwoord op deze vraag is een onverhoed ja.

En wat meer is, verpakkingen voor voedingsmiddelen zouden een combinatie kunnen zijn van antimicrobiële, antioxiderende (zie ook het artikel dat vorige maand werd geplaatst) en pH-gevoelige folies. Wu et al. [2019] ontwikkelden bijvoorbeeld een intelligente film, die zowel antioxiderende activiteit als pH-gevoeligheid vertoonde. Die zou kunnen gebruikt worden als een intelligente voedselverpakking voor de controle op het bederf door dierlijke eiwitten en bovendien vermindert hij de productie van de totale vluchtige basische stikstof, die ontstaat als gevolg van proteolyse, of van de segmentatie van eiwitten in hun bouwstenen (aminozuren) na hydrolyse die is gekatalyseerd door zogenaamde "proteolytische" enzymen. Op dezelfde manier maakten Ge et al. [20] een intelligente nanocomposietfilm met pH-gevoeligheid en antioxiderende activiteit om de versheid van garnalen en zwaardvis te controleren aan de hand van zichtbare kleurveranderingen. En nog een ander voorbeeld is de ontwikkeling van biologisch afbreekbare pectinefilms op basis van watermeloenschillen met kiwischilextract, die een uitstekende treksterkte en Young's modulus vertoonden. Met hogere concentraties aan kiwischilextract namen de opaciteit, breukrek en waterdampdoorlaatbaarheid van de films toe, terwijl de stijfheid van de films afnam. Na 9 dagen opslag waren de gehaltes aan peroxiden en thiobarbituurzuur reactieve stoffen in kippenbil omwikkeld met deze folie opmerkelijk lager dan die in de niet omwikkelde monsters [Han et al. 2021].

Eetbare coatings zijn een andere vorm van verpakking, waarover iets minder wordt gecommuniceerd. Toch kunnen ze zeer efficiënt zijn. Rezaei et al. [2018] vergeleken de efficiëntie van de directe toevoeging, de eetbare coating en de biologisch afbreekbare film van een etherische olie, appelschilextract en zinkoxidenanodeeltjes op het verlengen van de houdbaarheid van visfilet. Zij stelden vast dat de eetbare coating het meest effectief is en bovendien ook geschikte sensorische eigenschappen had (geur, kleur en algemene aanvaardbaarheid), waardoor het een aanbevolen verpakkingsmateriaal is.

Het is overduidelijk dat afval geen synoniem is van nutteloos.

Referenties

Arifin et al. [2023]. Utilization of food waste and by-products in the fabrication of active and intelligent packaging for seafood and meat products, *Foods* 12, 3, 456

Eze et al. [2022]. Fabrication of intelligent pH-sensing films with antioxidant potential for monitoring shrimp freshness via the fortification of chitosan matrix with broken Riceberry phenolic extract, *Food Chemistry* 366, 130574

Ge et al. [2020]. Intelligent gelatin/oxidized chitin nanocrystals nanocomposite films containing black rice bran anthocyanins for fish freshness monitorings, *International Journal of Biological Macromolecules* 155, 1296 - 1306

Han et al. [2021]. Antioxidant properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind pectin films containing kiwifruit (*Actinidia chinensis*) peel extract and their application as chicken thigh packaging, *Food Packaging and Shelf Life* 28, 100636

Kurek et al. [2018]. Development and evaluation of a novel antioxidant and pH indicator film based on chitosan and food waste sources of antioxidants, *Food Hydrocolloids* 84, 238 – 246

Rezaei et al. [2018]. Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film, *LWT* 87, 122 - 133

Wu et al. [2019]. Preparation of an intelligent film based on chitosan/oxidized chitin nanocrystals incorporating black rice bran anthocyanins for seafood spoilage monitoring, *Carbohydrate Polymers* 222, 115006

Yang et al. [2021]. Colorimetric films based on pectin/sodium alginate/xanthan gum incorporated with raspberry pomace extract for monitoring protein-rich food freshness, *International Journal of Biological Macromolecules* 185, 959 - 965

Nederlandstalige versie zie hierboven

English version française: see above

Les exemples de réussite en matière d'utilisation des déchets, suite

Arifin et al. [2023] écrivent dans leur résumé ... *Le grand nombre de composés précieux, tels que l'amidon, les protéines et les matériaux bioactifs, présents dans les déchets et les sous-produits de l'industrie alimentaire crée des opportunités pour l'industrie de l'emballage alimentaire. Ces opportunités incluent le développement de plastiques biodégradables, de composés fonctionnels, de matériaux d'emballage actifs et intelligents...* Le terme « opportunités » attise notre curiosité ; tous les résultats de recherche qui abordent les défis et opportunités de la commercialisation de déchets et de sous-produits alimentaires (*food waste and by-products, FWBP*) au profit de l'industrie de l'emballage alimentaire méritent toute notre attention. Que les aliments aient été gaspillés au cours de la production agricole, après la récolte ou au cours de leur transformation, le nombre considérable de composants précieux contenus dans les FWBP en fait une source lucrative pour le développement d'autres matériaux utiles.

Contrôler l'état de l'aliment emballé ou l'environnement alimentaire à l'intérieur de l'emballage

En général, on distingue trois types d'outils pour les emballages intelligents : (1) les outils de contrôle des conditions environnementales, (2) les outils de contrôle des attributs de qualité de l'aliment même et (3) les supports de données. Le premier type d'outils contrôle les conditions susceptibles d'entraîner des changements dans les caractéristiques de qualité de l'aliment. Il s'agit par exemple d'indicateurs temps-température, d'indicateurs de fuites de gaz ou de détecteurs d'humidité relative. Le second type est utilisé pour la surveillance directe des attributs de qualité de l'aliment. Il s'agit par exemple de biocapteurs et de capteurs/indicateurs de fraîcheur. Enfin, les supports de données sont utilisés pour stocker et transférer les données.

Le film indicateur de pH colorimétrique a reçu beaucoup d'attention pour sa simplicité et convivialité. Il fournit des informations précises en temps réel et est également non destructif et non invasif. Dans les films indicateurs de pH, la couleur varie en fonction des changements de pH dans l'aliment emballé. Ces changements de pH sont souvent observés dans les aliments riches en protéines et sont normalement causés par la détérioration des aliments due à la croissance microbienne ou à l'oxydation. C'est la raison pour laquelle les films indicateurs de pH sont des indicateurs universels appropriés de l'état des aliments.

Auparavant, les films indicateurs de pH étaient développés en incorporant des colorants indicateurs synthétiques sensibles à une certaine plage de pH. Au cours de leur première année d'études de nombreux chimistes (plus âgés) ont effectué des titrages avec des indicateurs, tels que la phénolphthaléine ou le pourpre de bromocrésol. Quel beau souvenir !

À l'origine, les indicateurs synthétiques étaient incorporés dans les matériaux d'emballage. Aujourd'hui, leurs effets toxiques font l'objet de nouvelles études visant à extraire des indicateurs plus sûrs du FWBP.

Une exploration de l'extrémité violette du spectre alimentaire

Les anthocyanines sont un groupe de pigments végétaux rouges profonds, violets et bleus; ils font partie d'une catégorie plus large de produits chimiques d'origine végétale, appelés flavonoïdes, qui sont abondants dans les fruits, les graines, les pousses, les fleurs et les feuilles. Les anthocyanines sont des pigments hydrosolubles naturels et non toxiques. En outre, ils sont de très bons indicateurs de pH, une caractéristique dont les créateurs d'emballages commencent de plus en plus à tirer parti.

Des films sensibles au pH ont été développés avec succès en utilisant des extraits de myrtille et de mûre ainsi que des extraits de marc de framboise (*raspberry pomace extract*, RPE). La couleur des films passe visiblement du jaune pâle pour les films de contrôle au bleu-vert et au violet avec l'ajout d'extraits de marc de myrtille et de mûre, respectivement. Lorsque le pH passe de 2 à 10, les films contenant de l'extrait de myrtille passent du rose au bleu vert et ceux contenant de la mûre passent du rouge au violet foncé. Le changement le plus significatif est observé dans la plage de pH de 4 à 7, ce qui est important pour la détermination du changement de pH dû à la détérioration des aliments dans les produits alimentaires réels [Kurek et al. 2018]. De plus, différentes concentrations de RPE (0,5 g/L, 1,5 g/L et 3 g/L) ont été incorporées dans un film composite composé de pectine, d'alginate de sodium et de gomme xanthane, ce qui a permis d'obtenir des films colorimétriques à base d'extrait de framboise présentant un excellent changement de couleur à des pH compris entre 1 et 13. En particulier entre les pH 5 et 10, la couleur passe du rose-rouge au brun-bleu-vert foncé, ce qui est parfaitement observable à l'œil nu. Ce film a également le potentiel d'être un film sensible au pH utilisé pour contrôler la fraîcheur des aliments riches en protéines [Yang et al. 2021].

Alors que les recherches précédentes utilisaient le marc, les pelures et les graines provenant de déchets alimentaires, des recherches récentes ont utilisé un indicateur de pH très peu conventionnel, à savoir des brisures de riz Riceberry. Le Riceberry est un type unique de riz produit en Thaïlande, et son traitement génère 1200 à 1800 tonnes de brisures de riz par saison de récolte. Dans cette recherche, une approche holistique a été utilisée pour développer un film sensible au pH, en prenant en compte tous les aspects du film, y compris les changements de couleur, les propriétés mécaniques, la barrière à l'eau et les propriétés antioxydantes. Eze et al. [2022] ont utilisé une approche holistique pour développer un film sensible au pH, en prenant en compte tous les aspects du film, y compris les changements de couleur et les propriétés mécaniques de barrière à l'eau et antioxydantes. Les résultats de leurs recherches ont révélé que les films présentaient une excellente hydrophobie, résistance mécanique, stabilité thermique, ainsi que des propriétés de barrière et une activité antioxydante. En outre, ils étaient cytocompatibles et produisaient une réponse colorimétrique intense détectable à l'œil nu pour des variations de pH de 2 à 12.

Y a-t-il donc des déchets dans les emballages alimentaires

La réponse à cette question est un oui sans équivoque!

Qui plus est, les emballages pour produits alimentaires pourraient être une combinaison de films antimicrobiens, antioxydants (voir également l'article posté le mois dernier) et sensibles au pH. Wu et al [2019], par exemple, ont mis au point un film intelligent qui présente à la fois une activité antioxydante et une capacité de sensibilité au pH. Il pourrait être utilisé comme emballage alimentaire intelligent pour surveiller la détérioration des aliments à base de protéines animales et, en même temps, il réduit la production d'azote basique volatil total, qui se produit en raison de la protéolyse, ou de la segmentation des protéines en leurs fragments basiques (acides aminés) via l'hydrolyse catalysée par des enzymes dites "protéolytiques". De même, Ge et al. [2020] ont fabriqué un film nanocomposite intelligent sensible au pH et à l'activité antioxydante pour contrôler la fraîcheur des crevettes et du poisson sabre par des changements de couleur visibles. Un autre exemple est le développement de films biodégradables en pectine d'écorce de pastèque contenant de l'extrait d'écorce de kiwi qui ont montré une excellente résistance à la traction et un excellent module d'Young. Avec des concentrations plus élevées d'extrait de pelure de kiwi, l'opacité, l'allongement à la rupture et la perméabilité à la vapeur d'eau des films ont augmenté, tandis que la rigidité des films a diminué. Après 9 jours de stockage, les teneurs en peroxydes et en substances réactives de l'acide thiobarbiturique des cuisses de poulet emballées avec ce film étaient inférieures à celles des échantillons non emballés [Han et al. 2021].

Les enrobages comestibles sont une autre forme d'emballage. Mais on en parle peu. Pourtant, ils peuvent être très efficaces. Rezaei et al [2018] ont comparé l'efficacité de l'ajout direct, de l'enrobage comestible et du film biodégradable d'une huile essentielle, d'un extrait de peau de pomme et de nanoparticules d'oxyde de zinc pour prolonger la durée de conservation de filets de poisson et ont constaté que l'enrobage comestible était le plus efficace. En plus, il présentait également des propriétés sensorielles appropriées (odeur, couleur et acceptabilité globale), ce qui en fait un matériau d'emballage recommandé.

Il est clair que le terme "déchets" n'est pas synonyme d'inutiles.

Références

Arifin et al. [2023]. Utilization of food waste and by-products in the fabrication of active and intelligent packaging for seafood and meat products, *Foods* 12, 3, 456

Eze et al. [2022]. Fabrication of intelligent pH-sensing films with antioxidant potential for monitoring shrimp freshness via the fortification of chitosan matrix with broken Riceberry phenolic extract, *Food Chemistry* 366, 130574

Ge et al. [2020]. Intelligent gelatin/oxidized chitin nanocrystals nanocomposite films containing black rice bran anthocyanins for fish freshness monitorings, *International Journal of Biological Macromolecules* 155, 1296 - 1306

Han et al. [2021]. Antioxidant properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind pectin films containing kiwifruit (*Actinidia chinensis*) peel extract and their application as chicken thigh packaging, *Food Packaging and Shelf Life* 28, 100636

Kurek et al. [2018]. Development and evaluation of a novel antioxidant and pH indicator film based on chitosan and food waste sources of antioxidants, *Food Hydrocolloids* 84, 238 – 246

Rezaei et al. [2018]. Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film, *LWT* 87, 122 - 133

Wu et al. [2019]. Preparation of an intelligent film based on chitosan/oxidized chitin nanocrystals incorporating black rice bran anthocyanins for seafood spoilage monitoring, *Carbohydrate Polymers* 222, 115006

Yang et al. [2021]. Colorimetric films based on pectin/sodium alginate/xanthan gum incorporated with raspberry pomace extract for monitoring protein-rich food freshness, *International Journal of Biological Macromolecules* 185, 959 - 965