

Shrimp packaged in ... shrimp waste

Shrimp and vegetable soup, shrimp and broccoli tempura, shrimp and sausage with polenta, shrimp and mango lettuce wraps, pasta with shrimp and spinach and ... you name it. Finding the recipes on the internet takes few minutes only. Muscular shrimp tails are succulent, savory and easy to prepare. Moreover, shrimps are widely caught and farmed for human consumption and easy to purchase.

Farmed shrimp accounts for ~55 % of the global production. Most shrimp aquaculture occurs in China, followed by Thailand, Indonesia, India, Vietnam, Brazil, Ecuador and Bangladesh. It has generated substantial income in these countries, since farming has made shrimp more accessible to an eager and shrimp-loving public in the U.S., Europe, Japan and elsewhere. The annual *per capita* consumption of shrimp in the US is estimated at 1.5 – 2.0 kg since 2010 [About Seafood], and shrimp has the highest consumption rate in the US among all types of seafood.

Farmed crustaceans account for ~10 % (some 6.4 Mt) of food fish production by volume, they account for ~22.4 % by value though [Aquaculture 2014].

The crustacean processing industry generates a significant amount of waste. The heads and exoskeletons are mainly disposed; this represents 50 to 70 % of the original material weight (De Holanda & Netto, 2006). On the one hand, disposal and subsequent environmental management of the waste involve additional costs. On the other hand, shrimp active materials such as protein concentrates, protein hydrolysates and carotenoid extracts, are increasingly being recovered from shrimp processing waste because of their antioxidative as well as antimicrobial properties.

Crustacean waste is the largest source of chitin or its deacetylated derivative, chitosan, a linear polysaccharide composed of randomly distributed β -(1-4)-linked D-glucosamine (deacetylated unit) and N-acetyl-D-glucosamine (acetylated unit). Chitosan has been extensively studied for its industrial applications and, more specifically, for its antioxidant, antimicrobial and film-forming properties. In order to improve food safety and shelf life, increasing attention has been paid to the development and testing of films with antimicrobial properties. They have proven to be very effective in food preservation. The presence of amino groups in C2-position of chitosan generates its functionality towards biotechnological needs, particularly, in food applications [Dutta et al. 2004]. Its antimicrobial activity against different groups of microorganisms such as bacteria and fungi has received considerable attention in recent investigations [Leceta et al. 2013].

In addition to the chitinous material, the remains of heads and exoskeletons are also rich in other compounds of high nutritional value and functionality, primarily proteins, which can be up to 40 % of the total waste weight, and lipid soluble carotenoid pigments, responsible for the typical crustacean orange pink color [Cahú et al. 2013]. Protein hydrolysates constitute an

important source of antioxidant peptides [Manni et al. 2010]. The principal carotenoid and antioxidant present in the shrimp waste is astaxanthin. Its recovery from crustacean waste has been well documented [Sánchez-Camargo et al. 2011].

Postharvest shrimp is highly susceptible to both microbiological spoilage and endogenous enzymatic browning. Hence, shrimp should be preserved properly, using effective and appropriate methods.

Among the methods used for shrimp preservation are freezing, cold storage or a combination of brining and chilling. They often fail to effectively slow down spoilage and, moreover, produce unacceptable sensory changes or compromise the quality of the shrimp. Furthermore, the spoilage may be aggravated by enzymatic browning or melanosis, which occurs as soon as the crustaceans are harvested and stored, either in ice or in cold chambers. Melanosis is a natural postmortem mechanism involving the endogenous enzyme polyphenol oxidase (PPO), which is present under the shrimp shell. In the presence of oxygen PPO forms compounds that can polymerize into insoluble pigments : PPO converts colorless monophenols into diphenols; diphenols are converted into highly colored quinones and, finally, quinones react with amino acids to form complex brown polymers.

Melanosis or blackspot is a harmless, but unappealing, surface discoloration. The visible result of the reaction reminds us of the browning of apples or potatoes. This reduces both the commercial value of shrimp products as well as its acceptance. Formerly this was corrected by antioxidants, such as ascorbic acid, citric acid, or erythorbic acid. They visually eliminate blackspot temporarily. Since PPO remains active until the shrimps are frozen (or cooked) the activity will resume upon thawing. In other words, the black color returns when the temperature rises again. Industrial bleaching agents, such as sulfites, mask blackspot discoloration by reversing the formation of quinones. Shrimp farmers dip baskets of shrimp after they are caught into a solution of sodium bisulfite to maintain a healthy appearance; but similar to the acid treatment procedures melanosis returns upon thawing. Moreover, since sulfites are consumed in the reaction, repeated treatments are needed.

In this context, chitosan, the natural polymer obtained from crustacean exoskeletons, plays an important role due to its well documented antimicrobial and antioxidant properties [Arancibia et al. 2014]. Large numbers of publications in the 1990s, describing the antimicrobial potentials of chitosan and its derivatives, ushered in the modern era of chitosan research. These publications exhibit a wide spectrum of activities against human pathogens and foodborne microorganisms; they report that chitosan shows a broad range of activities and an elevated inactivation rate against both Gram-positive and Gram-negative bacteria.

Shelf-life extension is of interest to the food industry as it is an important economic and public health parameter. Although several synthetic preservative chemicals are very efficient in extending shelf life, only very few are approved for utilization in the food industry. The major concerns are their potential toxicity and carcinogenicity. These chemicals may do more harm than good !!! As a result thereof, numerous studies have focused on natural ingredients for food preservation. One recent trend is edible coatings, with applications in food packaging

operations to replace, at least partially, traditional chemical preservatives [Elsabee & Abdou 2013].

Antioxidant and antimicrobial carotenoids extracted from plant and animal resources are highly unstable. Therefore, different methods have been described to increase their stability, e.g. encapsulation with chitosan. Owing to its good film-forming capacity, chitosan can be used in the form of films or coatings to improve the quality and extend the shelf life of fresh and processed foods. Additionally, to increase their antioxidative and/or antimicrobial properties, chitosan films and coatings have been enriched with active compounds, such as essential oils [Sánchez-González et al. 2011] or green tea extracts [Siripatrawan & Noipha 2012].

Arancibia et al. [2014] enriched chitosan films or coatings with active compounds, including astaxanthin, extracted from the same crustacean residues, to provide increased functionality. Chitosan-based solutions were tested for their viscosity and their antioxidative and antimicrobial properties against 26 selected microbial strains. All blend solutions showed higher antioxidant capacity and reduced viscosity as compared to the base chitosan solution. The incorporation of an astaxanthin-rich protein concentrate increased the antimicrobial capacity of the blend solution, but no further effect was observed.

In additional research [Arancibia et al. 2015], an active coating solution composed of chitosan and a shrimp protein-lipid concentrate, both obtained from processing wastes of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), a variety of prawn of the eastern Pacific Ocean that is commonly caught or farmed for food, was applied to preserve shrimp during chilled storage. The addition of protein-lipid concentrate increased the antioxidant capacity of the coating, yielding a lower-viscosity mixture which, however, was viscous enough to adhere to the shrimp while maintaining its activity. The shrimp storage trial showed that the coatings, especially when enriched with protein-lipid concentrate, delayed microbial growth. Moreover, the coating delayed the onset of melanosis and did not confer any sensorially detectable color, taste or odor. The authors conclude that it shows promise as a means to improve the quality of shrimp during cold storage.

An important step forward! Finding a replacement for plastic food packaging is a matter of urgent importance. Food containers and packaging — the majority of which are made from synthetic polymers — are a large component of the solid waste stream, clogging our landfills as well as our oceans, where plastic kills marine life. Its pollutants might also be absorbed by fish and, eventually, the humans that eat those fish. And moreover, like the gas in our cars, plastic is completely unsustainable; it's made from petroleum, which we're fast running out of. Yes! Packaging made from shrimp waste is an important step in the right direction, a step towards more sustainable materials.

References

About Seafood, Top 10 Consumed Seafoods; <http://www.aboutseafood.com/about/about-seafood/top-10-consumed-seafoods>

Aquaculture [2014]. FAO releases “World Review of Fisheries and Aquaculture for 2014”

Arancibia et al. [2014]. Antimicrobial and antioxidant chitosan solutions enriched with active shrimp (*Litopenaeus vannamei*) waste materials, *Food Hydrocolloids* 35, 710 – 717

Arancibia et al. [2015]. Chitosan coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation, *Food Control* 54, 259 - 266

Cahú et al. [2013]. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste, *Process Biochemistry* 47, 4, 570 – 577

De Holanda et al. [2006]. Recovery of components from shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) processing waste by enzymatic hydrolysis, *Journal of Food Science* 71, 5, C298 - C303.

Dutta et al. [2004]. Chitin and chitosan, properties and applications, *Journal of Scientific and Industrial Research* 63, 20 - 31

Dutta et al. [2009]. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications, *Food Chemistry* 114, 1173 – 1182

Elsabee & Abdou [2013]. Chitosan based edible films and coatings: A review, *Materials Science and Engineering: C* 33, 4, 1819 – 1841

Leceta et al. [2013]. Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films, *Journal of Food Engineering* 116, 889 – 899

Manni [2010]. Extraction and characterization of chitin, chitosan, and protein hydrolysates prepared from shrimp waste by treatment with crude protease from *Bacillus cereus* SV1, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 162, 2, 345 -357

Sánchez-Camargo et al. [2011]. Proximate composition and extraction of carotenoids and lipids from Brazilian redspotted shrimp waste (*Farfantepenaeus paulensis*), *Journal of Food Engineering* 102, 87 - 93.

Sánchez-González [2011]. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan, *Journal of Food Engineering* 105, 2, 246 - 253.

Siripatrawan & Noipha [2012]. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages, *Food Hydrocolloids* 27, 1, 102 - 108.

Garnalen verpakt in ... garnaalafval

Soep van garnaal en groenten, tempura van garnaal en broccoli, garnaal en worst polenta, garnaal en mango sla, pasta met garnaal en spinazie en ... noem maar op. De recepten opzoeken op het internet vergt hoogstens enkele minuten. Het spierweefsel van garnaalstaarten is sappig, hartig en gemakkelijk te bereiden. En bovendien, garnalen worden op grote schaal gevangen en gekweekt voor menselijke consumptie en ze zijn gemakkelijk te verkrijgen.

Gekweekte garnalen zijn goed voor ~55 % van de wereldproductie. We vinden het merendeel van de aquaculturen voor garnalen in China, Thailand, Indonesië, India, Vietnam, Brazilië, Ecuador en Bangladesh. In deze landen leidde dit trouwens tot aanzienlijk meer inkosten, omdat het kweken de garnalen toegankelijker heeft gemaakt voor een gretig en garnaalminnend publiek in de VS, Europa, Japan en elders. Sedert 2010 wordt de jaarlijkse *per capita* consumptie in de VS geschat op 1.5 à 2.0 kg [About Seafood], en van alle soorten zeevruchten worden garnalen het meest geconsumeerd in de VS.

Wat het volume betreft stellen gekweekte garnalen ~10 % (zo'n 6.4 Mt) voor van de vis voor menselijke voeding, maar wat de waarde betreft is dat ~22.4 % [Aquaculture 2014].

De schaaldierenverwerkende industrie genereert significante hoeveelheden afval. Koppen en uitwendige skeletten worden meestal weggeworpen; dit vertegenwoordigt zo'n 50 tot 70 % van het gewicht van het oorspronkelijk materiaal [De Holanda & Netto, 2006]. Enerzijds, brengen de afvalverwijdering en het bijbehorend milieubeheer meerkosten met zich mee. Anderzijds, worden steeds meer actieve bestanddelen van de garnaalverwerkingsresidus, zoals proteïneconcentraten, proteïnehydrolysaten en extracten van carotenoïen, teruggewonnen omwille van hun anti-oxidatieve en antimicrobiële eigenschappen.

Afval van schaaldieren is de belangrijkste bron van chitine of het gedeacetyleerd derivaat, chitosan, een lineair polysaccharide dat is samengesteld uit willekeurig verdeelde β -(1-4)-linked D-glucosamine (de gedeacetyleerde eenheid) en N-acetyl-D-glucosamine (de geacetyleerde eenheid). Chitosan werd uitgebreid bestudeerd voor industriële toepassingen en vooral voor zijn antioxiderende, antimicrobiële en folievormende eigenschappen. Het bleek zeer effectief voor de bewaring van voeding. De aanwezigheid van aminogroepen op de C2-posities van chitosan verklaart zijn functionaliteit in biotechnologische behoeften en vooral in voedingstoepassingen [Dutta et al. 2004]. Zijn antimicrobiële activiteit tegen meerdere groepen van micro-organismen zoals bacteriën en schimmels kwam uitgebreid aan bod tijdens recent onderzoek [Leceta et al. 2013].

En daarenboven zijn de overblijfsels van koppen en exoskeletten ook nog rijk aan andere bestanddelen met een nutritionele waarde en functionaliteit, in hoofdzaak eiwitten, die tot 40 % van het totale gewicht kunnen voorstellen, en vetoplosbare caroteenpigmenten, die zorgen voor de typische oranje kleur van schaaldieren [Cahú et al. 2013]. Proteïnehydrolysaten vormen een belangrijke bron voor antioxiderende peptiden [Manni et al. 2010]. Het belangrijkste

carotenoïde en antioxidant van garnaalafval is astaxanthine. Er werd goed beschreven hoe het uit afval kan worden teruggewonnen [Sánchez-Camargo et al. 2011].

Enmaal gevangen zijn garnalen erg gevoelig voor microbiologisch bederf en voor endogene enzymatische bruinkleuring. Daarom moeten garnalen goed worden bewaard, met effectieve en geschikte methoden.

Voor de bewaring van garnalen wordt vaak gebruik gemaakt van invriezen, koude bewaring of een combinatie van pekelen en bevrozing. Maar met die methoden wordt het bederf vaak weinig efficiënt afgeremd, ze veroorzaken bovendien onaanvaardbare veranderingen in smaak en doen afbreuk aan de kwaliteit van de garnalen. Daar komt bij dat het bederf nog wordt verergerd door enzymatische bruinkleuring of melanosis, dat onmiddellijk optreedt wanneer schaaldieren worden geoogst en opgeslagen, hetzij in ijs of in koelkamers. Melanosis is een natuurlijk post mortem mechanisme waarbij het endogene enzyme polyfenoloxidase (*polyphenol oxidase*, PPO), dat zich onder de schaal bevindt, is betrokken. In aanwezigheid van zuurstof vormt PPO bestanddelen die kunnen polymeriseren tot onoplosbare pigmenten: PPO zet kleurloze monofenolen om in difenolen, difenolen worden op hun beurt omgezet in sterk gekleurde chinonen en, uiteindelijk, reageren deze chinonen met aminozuren tot complexe bruine polymeren.

Melanosis is een ongevaarlijke, maar onaantrekkelijke oppervlakteverkleuring. Het zichtbare resultaat van de reactie doet denken aan de bruinkleuring van appels en aardappelen. Daar werd vroeger aan verholpen met antioxidanten zoals ascorbinezuur, citroenzuur of erythorbinezuur. Met deze stoffen verdwijnt de zichtbare bruinkleuring tijdelijk. PPO blijft actief tot de garnalen worden ingevroren of gekookt; bij ontdooiing herneemt de activiteit. Met andere woorden, de bruine kleur verschijnt weer wanneer de temperatuur stijgt. Industriële bleekmiddelen, zoals sulfieten, maskeren blackspot-verkleuring omdat ze de vorming van chinonen omkeren. Garnalkwekers dompelen manden vol gevangen garnalen onder in een oplossing van natriumbisulfiet, opdat ze er gezond zouden blijven uitzien. Maar net zoals bij de behandeling met zuren komt de melanosis nadien terug. Daar komt nog bij dat sulfiet wegreegeert tijdens de reactie; de behandeling moet dus herhaald worden.

In deze context speelt chitosan, het natuurlijk polymeer dat verworven wordt uit de exoskeletten van schaaldieren, een grote rol omwille van zijn antimicrobiële en antioxiderende eigenschappen [Arancibia et al. 2014]. Grote aantallen publicaties in de 90-er jaren, die de antimicrobiële mogelijkheden van chitosan beschrijven, luidden het moderne tijdperk van chitosanonderzoek in. Deze publicaties illustreren dat chitosan en zijn afgeleiden een brede waaier van activiteiten vertoont evenals een hoge inactivatiesnelheid tegen Gram-positieve en Gram-negatieve bacteriën.

Grotere bewaartijden zijn nuttig voor de voedingsindustrie, zij gelden als een belangrijke parameter voor de economie en de volksgezondheid. Ofschoon er veel synthetische chemische stoffen heel efficiënt zijn voor de bewaring van voedsel, zijn er slechts enkele goedgekeurd voor gebruik in de voedingsindustrie. De belangrijkste aandachtspunten zijn hun potentiële toxiciteit en carcinogeniciteit. Die stoffen doen soms meer kwaad dan goed !!! Daarom hebben veel

onderzoeken zich toegespitst op het gebruik van natuurlijke ingrediënten voor de voedselbewaring. Een recente trend zijn de eetbare coatings met toepassing in voedselverpakkingen om er tenminste gedeeltelijk de traditionele chemische bewaarmiddelen te vervangen [Elsabee & Abdou 2013].

Antioxiderende en antimicrobiële carotenoïden, gewonnen uit planten of dieren, zijn erg onstabiel. Om die reden, werden er verschillende methoden voorgesteld om hun stabiliteit te verbeteren, b.v. inkapseling met chitosan. Vermits chitosan gemakkelijk goede folies maakt, kan het gebruikt worden in de vorm van folies of coatings om de houdbaarheid van verse en verwerkte voeding te vergroten. Bovendien kan chitosan verrijkt worden met actieve bestanddelen, zoals essentiële olie [Sánchez-González et al. 2011] of groene thee-extracten [Siripatrawan & Noipha 2012], om de antioxiderende en antimicrobiële eigenschappen nog te verbeteren.

Om de functionaliteit nog te vergroten hebben Arancibia et al. [2014] chitosan folie en coatings verrijkt met actieve substanties, astaxanthine inbegrepen, die gewonnen werden uit residus van de schaaldieren zelf. Oplossingen op basis van chitosan werden uitgetest voor hun viscositeit en antioxiderende en antimicrobiële eigenschappen tegen 26 geselecteerde bacteriestammen. Ze vertoonden allemaal een betere antimicrobiële capaciteit in vergelijking met de basisoplossing van chitosan. De verwerking van astaxanthine in een proteïnerijk concentraat vergrootte de antimicrobiële capaciteit van de oplossing; er werden geen verdere effecten waargenomen.

En in bijkomend onderzoek [Arancibia et al. 2015] werd een actieve coating, samengesteld uit chitosan en een proteïne-lipide concentraat van garnalen, gebruikt voor koude bewaring van garnalen. Coating en concentraat waren afkomstig van afval van witte garnalen uit de oostelijke Stille Oceaan (*Litopenaeus vannamei*), die zowel gevangen als gekweekt worden. Toevoegingen van proteïne-lipiden concentraten verhoogde de antioxiderende capaciteit van de coating; het mengsel was evenwel minder viskeus maar wel nog actief en nog voldoende viskeus om op de garnaal te hechten. De bewaartest gaf duidelijk aan dat de coatings, en vooral die met proteïne-lipide concentraat, de groei van microben vertraagden. De coating vertraagde ook het verschijnen van melanosis en had geen zintuiglijk waarneembare verandering in kleur, smaak of geur voor gevolg. De auteurs vinden dit beloftevol als middel om de kwaliteit van de garnalen tijdens de koude bewaring te verbeteren.

Een belangrijke stap voorwaarts! Het is dringend en belangrijk alternatieven te vinden voor kunststoffen voedingsverpakking. Recipiënten en verpakking voor voeding — het merendeel is gemaakt van synthetische polymeren — vormen een groot deel van de vaste afval, die onze stortplaatsen overlaadt maar ook onze oceanen, waar kunststoffen mariene organismen doden. De verontreiniging kan ook door vis geabsorbeerd worden en nadien door de mens die de vis consumeert. Daar komt nog bij dat kunststoffen helemaal niet duurzaam zijn, net zoals voor de brandstof in onze auto's. Ze zijn gemaakt uit aardolie en die zijn we snel aan het opgebruiken. Ja! Verpakking uit afval van garnalen is een belangrijke stap in de goede richting, een stap naar duurzamere materialen.

Referenties

About Seafood, Top 10 Consumed Seafoods; <http://www.aboutseafood.com/about/about-seafood/top-10-consumed-seafoods>

Aquaculture [2014]. FAO releases “World Review of Fisheries and Aquaculture for 2014”

Arancibia et al. [2014]. Antimicrobial and antioxidant chitosan solutions enriched with active shrimp (*Litopenaeus vannamei*) waste materials, *Food Hydrocolloids* 35, 710 – 717

Arancibia et al. [2015]. Chitosan coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation, *Food Control* 54, 259 - 266

Cahú et al. [2013]. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste, *Process Biochemistry* 47, 4, 570 – 577

De Holanda et al. [2006]. Recovery of components from shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) processing waste by enzymatic hydrolysis, *Journal of Food Science* 71, 5, C298 - C303.

Dutta et al. [2004]. Chitin and chitosan, properties and applications, *Journal of Scientific and Industrial Research* 63, 20 - 31

Dutta et al. [2009]. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications, *Food Chemistry* 114, 1173 – 1182

Elsabee & Abdou [2013]. Chitosan based edible films and coatings: A review, *Materials Science and Engineering: C* 33, 4, 1819 – 1841

Leceta et al. [2013]. Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films, *Journal of Food Engineering* 116, 889 – 899

Manni [2010]. Extraction and characterization of chitin, chitosan, and protein hydrolysates prepared from shrimp waste by treatment with crude protease from *Bacillus cereus* SV1, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 162, 2, 345 -357

Sánchez-Camargo et al. [2011]. Proximate composition and extraction of carotenoids and lipids from Brazilian redspotted shrimp waste (*Farfantepenaeus paulensis*), *Journal of Food Engineering* 102, 87 - 93.

Sánchez-González [2011]. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan, *Journal of Food Engineering* 105, 2, 246 - 253.

Siripatrawan & Noipha [2012]. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages, *Food Hydrocolloids* 27, 1, 102 - 108.

Crevettes emballées dans ... les déchets de crevettes

Soupe de crevettes et légumes, tempura de crevettes et brocoli, polenta de crevettes et sauce, salade de crevettes et mangue, pâtes aux crevettes et épinards et ... vous le nommer. Trouver les recettes sur l'internet ne prend que quelques minutes. Le tissu musculaire des queues de crevettes est juteux, savoureux et facile à préparer. En outre, les crevettes sont largement capturées et élevées pour la consommation humaine et elles sont faciles à obtenir.

Les crevettes d'élevage représentent ~55 % de la production mondiale. On retrouve la plupart des aquacultures pour crevettes en Chine, Thaïlande, Indonésie, Vietnam, Inde, Brésil, Équateur et Bangladesh. Cela a généré des revenus supplémentaires substantiels dans ces pays, car leur élevage les a rendu de plus en plus accessibles pour un public avide, qui adore les crevettes, tant en Amérique, qu'en Europe, au Japon et ailleurs. Depuis 2010, la consommation annuelle par habitant est estimée à 1,5 à 2,0 kg aux États-Unis [About Seafood]. Et de tous les fruits de mer les crevettes sont le plus souvent consommées aux États-Unis.

Là où le volume des crevettes élevées représente ~10 % (environ 6,4 Mt) du poisson pour l'alimentation humaine, sa valeur représente ~22,4 % [Aquaculture 2014].

L'industrie de transformation des crustacés génère des quantités considérables de déchets.

Les têtes et exosquelettes sont habituellement jetées; cela représente environ 50 à 70 % du poids de la matière d'origine [De Holanda & Netto, 2006]. D'une part, l'élimination des déchets et la gestion de l'environnement y associée impliquent des coûts supplémentaires. D'autre part, de plus en plus de substances actives, comme par exemple les concentrés de protéines, les hydrolysats de protéines et les extraits de caroténoïdes, sont récupérés des résidus de la transformation des crustacés en raison de leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

Les déchets de fruits de mer sont la principale source de la chitine ou le dérivé déacétylé, le chitosan, un polysaccharide linéaire qui se compose de β -(1-4)-lié de D-glucosamine (l'unité déacétylée) et de N-acétyl-D-glucosamine (l'unité acétylée), distribués au hasard. Le chitosan a été largement étudié pour ses applications industrielles et surtout pour ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et filmogènes. Il s'est avéré très efficace pour la conservation de nourriture. La présence de groupes amino en position C2 du chitosan explique sa fonctionnalité dans les besoins biotechnologiques et plus particulièrement dans les applications alimentaires [Dutta et al., 2004]. Son activité antimicrobienne contre plusieurs groupes de micro-organismes comme les bactéries et les champignons a été largement abordé dans des recherches récentes [Leceta et al., 2013].

En outre les restants des têtes et des exosquelettes sont aussi riches en d'autres substances ayant une valeur nutritionnelle et une fonctionnalité, principalement des protéines, qui peuvent représenter jusqu'à 40 % du poids total, et des pigments caroténoïdes liposolubles, responsables de la couleur orange typique des crustacés [Cahú et al., 2013]. Les hydrolysats de protéines sont une source importante de peptides antioxydants [Manni et al., 2010]. Le

principal caroténoïde et antioxydant présent dans les déchets de crevettes est l'astaxanthine. On a bien décrit comment le récupérer des déchets [Sánchez-Camargo et al. 2011].

Une fois récoltées, les crevettes sont très sensibles à la détérioration microbiologique ainsi qu'à un brunissement endogène enzymatique. C'est pourquoi les crevettes doivent être bien conservées avec des méthodes efficaces et appropriées.

Pour la conservation des crevettes on fait souvent appel à la congélation, la conservation à froid, ou le saumurage et la congélation combinés. Mais avec ces méthodes la désintégration est souvent insuffisamment ralentie, elles causent également des changements de goût inacceptables et compromettent la qualité de la crevette. En outre, la dégradation est aggravée par la coloration brune enzymatiques ou la mélanose, qui se manifeste immédiatement après la récolte et le stockage sur glace ou dans les chambres frigorifiques des crustacés. La mélanose est un mécanisme naturel post-mortem, dans lequel participe l'enzyme endogène polyphénol oxydase (*polyphenol oxidase*, PPO), qui se trouve sous la carapace. En présence d'oxygène le PPO forme des substances qui peuvent polymériser en pigments insolubles: le PPO transforme les monophénols incolores en diphénols; les diphénols sont à leur tour transformés en quinones fortement colorées et, en fin de compte, ces quinones réagissent avec des acides aminés pour former des polymères complexes bruns.

La mélanose est une décoloration de surface inoffensive mais peu attrayante. Le résultat visible de la réaction rappelle le brunissement des pommes et des pommes de terre. Autrefois on y remédiait avec des antioxydants comme l'acide ascorbique, l'acide citrique ou l'acide érythorbique. Avec ces substances le brunissement visible disparaissait temporairement. Le PPO reste actif jusqu'à ce que les crevettes soient congelées ou cuites; mais après la décongélation son activité reprend. En d'autres termes, la couleur brune réapparaît quand la température monte. Des agents industriels de blanchiment, comme les sulfites, masquent la décoloration parce qu'ils inversent la formation de quinones. Les producteurs de crevettes immergent des paniers pleins de crevettes pêchées dans une solution de bisulfite de sodium afin de maintenir une apparence saine. Mais tout comme le traitement aux acides, la mélanose revient par la suite. En outre, les sulfites sont consommés dans la réaction; le traitement doit donc être répété.

Dans ce contexte, le chitosan, le polymère naturel obtenu de la carapace des crustacés, joue un rôle important en raison de ses propriétés antimicrobiennes et antioxydantes [Arancibia et al. 2014]. Un grand nombre de publications dans les années 90, décrivant les fonctionnalités antimicrobiennes du chitosan, ont introduit l'ère moderne de la recherche sur le chitosan. Ces publications illustrent le large éventail d'activités du chitosan et de ses dérivés, mais aussi sa grande vitesse d'inactivation des bactéries Gram-positives et Gram-négatives.

Des périodes de conservation plus longues sont utiles pour l'industrie alimentaire, elles sont considérées comme un paramètre importants pour l'économie et la santé publique. Bien qu'il existe de nombreux produits chimiques synthétiques, qui s'avèrent très efficaces pour la conservation des denrées alimentaires, seulement quelques uns sont approuvés pour utilisation dans l'industrie alimentaire. Les principales préoccupations sont leur toxicité potentielle et la

cancérogénicité. Parfois ces substances font plus de mal que de bien. Par conséquent, de nombreuses études portent sur l'utilisation d'ingrédients naturels pour la conservation des aliments. Une tendance récente est le revêtement comestible appliqué dans les emballages alimentaires pour remplacer, au moins partiellement, les conservateurs chimiques traditionnels [Elsabee & Abdou 2013].

Les caroténoïdes antioxydants et antimicrobiens, extraits de plantes ou d'animaux, sont très instables. Pour cette raison, plusieurs méthodes ont été proposées afin d'améliorer leur stabilité, comme par exemple l'encapsulation avec le chitosan. En raison de sa capacité de formulation de bons films, le chitosan peut être utilisé sous la forme de films ou de revêtements pour améliorer la qualité et la durée de conservation des aliments frais et les préparations. En outre, le chitosan peut être enrichi avec des substances actives, tels l'huile essentielle [Sánchez-González et al., 2011] ou les extraits de thé vert [Siripatrawan & Noipha 2012], afin d'améliorer davantage ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

Pour améliorer davantage la fonctionnalité, Arancibia et al. [2014] ont enrichi des films et des revêtements en chitosan avec des substances actives — y compris l'astaxanthine — dérivées de résidus des crustacés elles-mêmes. Des solutions à base de chitosan ont été testées pour leur viscosité et leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes contre 26 souches bactériennes sélectionnées. Elles présentaient toutes une meilleure capacité antimicrobienne par rapport à la solution de base de chitosan. Le traitement à l'astaxanthine dans un concentré riche en protéines a augmenté la capacité antimicrobienne de la solution; aucun autre effet a été signalé.

Dans une recherche complémentaire [Arancibia et al., 2015] un revêtement actif, composé de chitosan et d'un concentré protéine-lipide de crevettes, a été utilisé pour la conservation frigorifique de crevettes. Tant le revêtement que le concentré provenaient des déchets de crevettes blanches (*Litopenaeus vannamei*) de l'est du Pacifique, capturées et cultivées. Des ajouts de concentrés protéine-lipide augmentait la capacité antioxydante du revêtement; le mélange était cependant moins visqueux mais toujours actif et toujours suffisamment visqueux pour coller sur crevettes. Le test de conservation a indiqué clairement que les revêtements et en particulier ceux avec le concentré protéine-lipide, retardent la croissance des microbes. Le revêtement a également retardé l'apparition de la mélanose et aucun changement sensorielle de couleur, de goût ou d'odeur n'est apparu. Les auteurs trouvent cela prometteur pour améliorer la qualité de la crevette pendant sa conservation au froid.

Un grand pas en avant! Trouver une alternative pour les emballages alimentaires en plastique est une question d'une importance urgente. Les conteneurs et emballages d'aliments — la majorité est produite à partir de polymères synthétiques — forment une grande partie des déchets solides, qui colmatent nos sites d'enfouissement, mais aussi nos océans, où les plastiques tuent les organismes marins. La pollution peut être absorbée par les poissons et puis par l'être humain qui les consomme. S'ajoute à cela que les plastiques ne sont pas durables, tout comme le carburant de nos voitures. Ils sont synthétisés à partir de pétrole, dont nous épuisons rapidement les réserves. Oui ! L'emballage à base de déchets de crevettes est une étape importante dans la bonne direction, un pas vers les matériaux durables.

Références

About Seafood, Top 10 Consumed Seafoods; <http://www.aboutseafood.com/about/about-seafood/top-10-consumed-seafoods>

Aquaculture [2014]. FAO releases “World Review of Fisheries and Aquaculture for 2014”

Arancibia et al. [2014]. Antimicrobial and antioxidant chitosan solutions enriched with active shrimp (*Litopenaeus vannamei*) waste materials, *Food Hydrocolloids* 35, 710 – 717

Arancibia et al. [2015]. Chitosan coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation, *Food Control* 54, 259 - 266

Cahú et al. [2013]. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste, *Process Biochemistry* 47, 4, 570 – 577

De Holanda et al. [2006]. Recovery of components from shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) processing waste by enzymatic hydrolysis, *Journal of Food Science* 71, 5, C298 - C303.

Dutta et al. [2004]. Chitin and chitosan, properties and applications, *Journal of Scientific and Industrial Research* 63, 20 - 31

Dutta et al. [2009]. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications, *Food Chemistry* 114, 1173 – 1182

Elsabee & Abdou [2013]. Chitosan based edible films and coatings: A review, *Materials Science and Engineering: C* 33, 4, 1819 – 1841

Leceta et al. [2013]. Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films, *Journal of Food Engineering* 116, 889 – 899

Manni [2010]. Extraction and characterization of chitin, chitosan, and protein hydrolysates prepared from shrimp waste by treatment with crude protease from *Bacillus cereus* SV1, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 162, 2, 345 -357

Sánchez-Camargo et al. [2011]. Proximate composition and extraction of carotenoids and lipids from Brazilian redspotted shrimp waste (*Farfantepenaeus paulensis*), *Journal of Food Engineering* 102, 87 - 93.

Sánchez-González [2011]. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan, *Journal of Food Engineering* 105, 2, 246 - 253.

Siripatrawan & Noipha [2012]. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages, *Food Hydrocolloids* 27, 1, 102 - 108.