

## BIOCONVERSÃO DE RESÍDUOS DE CAMARÃO *LITOPENAEUS VANNAMEI* (BOONER, 1931) PARA PRODUÇÃO DE BIOFILME DE QUITOSANA

Anamélia Sales de Assis<sup>1\*</sup>, Thayza Christina Montenegro Stamford<sup>2</sup>, Tânia Lúcia Montenegro Stamford<sup>1</sup>

1) Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, Brasil. Correo electrónico: anameliavet@hotmail.com

2) Departamento de Odontologia da Faculdade Integrada de Patos, Patos – PB, Brasil

Recibido: Enero 2008; Aceptado: Julio 2008

### RESUMEN

Los camarones *Litopenaeus vannamei* es originario del Océano Pacífico y ha introducido en Brasil como cultura de camarones marino desde los años de 1980. Su productividad ha sido incrementada en la región Nordeste de Brasil por las características favorables y bien como por su aceptabilidad en función de condiciones climáticas regionales. La expansión de la industria del camarón ha generado impacto ambiental en consecuencia de los residuos orgánicos que son puestos en aterramientos sanitarios, en los mares y en los ríos. En búsqueda de alternativas para nuevos productos y el aprovechamiento de residuos, investigadores testaran los polímeros quitina y quitosana en distintas áreas como: medicina, farmacia, industria química y alimenticia. El quitina es un componente del esqueleto de crustáceos, y pelo proceso de desacetilación alcalina es transformada en quitosana. Además, hay que tener en cuenta que estudios teóricos traerán subsidios para el efectivo aprovechamiento Del quitosana visando la reducción de impactos ambientales y favoreciendo la bioconversión de residuos de la industria de camarones en biofilmes semipermeables, biodigestibles, biocompatibles, biodegradables y con características de protección con acción antimicrobiana, que puede ser utilizado como alternativa económica y prominente en sistemas de conservación de alimentos.

**Palabras-claves:** bioconversion; residuos; *Litopenaeus vannamei*; quitosana; biofilme.

### RESUMO

O camarão *Litopenaeus vannamei* é uma espécie nativa do Oceano Pacífico introduzida na carcinicultura marinha brasileira desde a década de 80 e tem sua produtividade crescente no nordeste, por possuir características de manejo favorável e ótima aceitação a diversidade de clima e região. A expansão da indústria de camarão gerou um impacto ambiental em decorrência dos resíduos industriais jogados em aterros sanitários, mares e rios. Buscando alternativas para criar novos produtos e o aproveitamento desses resíduos, pesquisadores testaram os polímeros quitina e quitosana em várias áreas como: medicina, farmácia, na indústria química e de alimentos. A quitina é um componente da carapaça de crustáceos e através da desacetilação alcalina transforma-se em quitosana. Assim, acredita-se que estudo teórico dessa natureza trará subsídios para o efetivo aproveitamento da quitosana, reduzindo o impacto ambiental e favorecendo a bioconversão do resíduo da indústria de camarão em biofilme semipermeável, biodigestível, biocompatível, biodegradável, e com características protetoras de ação fungicida e bactericida, que pode ser utilizado como uma alternativa rentável e promissora em sistemas de conservação de alimentos.

**Palavras-chaves:** bioconversão; resíduos; *Litopenaeus vannamei*; quitosana; biofilme.

### ABSTRACT

The shrimp *Litopenaeus vannamei* is native from the Pacific Ocean and was introduced in the Brazilian sea shrimp culture since the decade of the 80's. It has had its productivity increased in the northeast for presenting favorable handling characteristics and excellent adaptation to the climate and regional diversities. The expansion of the shrimp industry has

generated environmental impacts as a result of the disposal of industrial residues in sanitary embankments, seas and rivers. In order to find alternative products to reprocess those residues, researches have been trying to test chitin and chitosan in many different areas, such as: medicine, pharmacology, chemical and food industries. Chitin is a component of the shrimp shell and chitosan is the product of chitin's alkaline deacetylation. Therefore, the theoretical study of this problem will subsidize an effective exploitation of chitosan, reducing the environmental damage and favoring the bioconversion of the residue from the shrimp industry into semi-permeable, biodigestive, biocompatible and biodegradable biofilms, presenting protective characteristics by acting as bactericides and fungicides, which could be used as a promising and profitable alternative to food preservation.

**Keyword:** bioconversion; residues; *Litopenaeus vannamei*; chitosan, biofilm.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de camarões marinhos teve sua origem no Mediterrâneo, no Século XV. A partir dos anos 30, em condições controladas o japonês *Motosaku Fujinaga* obteve a desova do *Penaeus japonicus* permitindo a produção das técnicas de cultivo comercial de pós-larvas. Nos anos 80, houve a propagação das técnicas de cultivo comercial em países de regiões tropicais [1].

A atratividade pela produção de camarões marinhos deve-se aos fatores relacionados ao avanço tecnológico, tanto em termos de melhoria de manejo quanto na melhor compreensão comportamental das espécies. Na década de 80, foi introduzida no Brasil a espécie exótica do Oceano Pacífico *Litopenaeus vannamei* e disseminou-se por todo o nordeste após sua excelente adaptação às condições climáticas locais, contribuindo de imediato para um melhor desempenho das criações [2].

Dados estatísticos da Associação Brasileira de Criadores de Camarão [3] demonstram que a produção brasileira de camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* cresceu entre os anos 1998 a 2005; e sua produtividade subiu, entre esses anos, de 7 mil para 65 mil toneladas por ano. Esta elevada produção de camarões tem gerado grandes quantidades de resíduos sólidos, tendo em vista que cabeça e casca do animal correspondem a aproximadamente 40% do seu peso total, culminando num forte impacto ambiental.

O resíduo da produção de camarões (casca e cabeça) contém: 15 a 20% de quitina, 25 a 40% de proteínas e 40 a 55% de carbonato de cálcio. Em crustáceos, a quitina encontra-se associada aos demais constituintes do exoesqueleto. Por esse motivo, são necessárias três etapas para se isolar esse polímero: desproteinização, desmineralização e despigmentação [4]. Esta última etapa pode ou não ser realizada dependendo da espécie de crustáceos. No caso do *L. vannamei* não se faz necessário devido a pouca pigmentação.

*Canella e Garcia* [5] descreveram a extração dos componentes protéicos, ligados

covalentemente à matriz polimérica, através do tratamento com solução aquosa de NaOH 3% com agitação constante à 70°C, durante três horas. Depois, lavaram até neutralidade do produto. Em seguida, desmineralizaram em solução HCl 0,10 mol/dm<sup>3</sup>, com adição de L-octanol para evitar o transbordamento do material, por três horas, sob agitação constante à temperatura ambiente, filtraram e lavaram até pH neutro. Na última etapa (despigmentação) utilizaram solução de NaOCl contendo 3% de cloro ativo, por duas horas.

A quitina e quitosana são polímeros atóxicos, biodegradáveis, biocompatíveis e produzidos por fonte naturais renováveis, cujas propriedades vêm sendo exploradas em aplicações industriais e tecnológicas há quase setenta anos [6].

A quitina é um polímero linear natural, composto por unidade de 2-desoxi-2-acetoamido-D-glucopiranoose. É encontrada em carapaças de crustáceos [7], insetos e moluscos [8], fungos e leveduras [9].

Biofilmes são preparados de materiais biológicos, que agem como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, pode proteger o produto e aumentar a sua vida de prateleira [10], controlando a perda de umidade, a troca de oxigênio, etileno e dióxido de carbono dos tecidos de frutas. Dessa forma, controla a respiração do produto e aumenta sua durabilidade, funcionando como uma alternativa ao tratamento por atmosfera controlada [11].

Dados recentes demonstram o sucesso da aplicação de filmes obtidos a partir de derivados de proteínas e lipídios como coberturas semipermeáveis revestindo frutas tropicais [10]. Além das proteínas, os polissacarídeos têm sido avaliados como uma alternativa consideravelmente econômica e eficiente para esse fim, sendo a quitosana o sacarídeo mais estudado [12]. Logo, este ensaio teórico demonstra a potencialidade da utilização da quitosana na indústria de alimentos, buscando alternativas ao desenvolvimento de produtos de valor agregado.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

**2.1. Produção de camarão e geração de resíduos.** O Brasil possui um vasto litoral e potencial hídrico, com várias bacias hidrográficas, além de uma biodiversidade de fauna marinha, e um grande potencial pesqueiro de camarões. Porém, seguindo a tendência mundial, a produção de camarão por captura está em declínio no Brasil, enquanto a produção do camarão em cativeiro (carcinicultura) tem aumentado. A principal razão do crescimento da criação destes animais (aqüicultura) foi gerada pela dificuldade de abastecer a demanda mundial de pescados apenas com a pesca extrativista. A produção brasileira de camarão por

captura está estimada em cerca de 22 mil toneladas anuais [13-14].

O litoral nordestino é considerado ideal para a criação de camarões, pois possui extensas áreas costeiras com águas de temperatura morna durante todo o ano. As primeiras tentativas para a criação experimental de camarões marinhos no país começaram nos anos 70 com a espécie *P. japonicus*. No início da década de 80, órgãos do governo federal começaram a promover a exploração racional dos recursos marinhos, através de incentivos e créditos financeiros. A construção dos projetos pioneiros de carcinicultura na Região Nordeste foi criada como forma alternativa de aproveitamento de áreas costeiras abandonadas pela atividade salineira [1].

O Nordeste possui cerca de 300 mil hectares propícios para a exploração da carcinicultura marinha e que poderão produzir até 1 milhão de toneladas/ano. Em 2003, a produção de camarão criado no Brasil foi a maior dos últimos anos, cerca de 90 mil toneladas das quais aproximadamente 95% foram originadas na Região Nordeste aonde a carcinicultura vem se desenvolvendo em ritmo acelerado, desde 1996 [15].

Segundo *Barbieri Júnior e Ostrensky Neto* [16], a carcinicultura é uma alternativa de investimento produtivo capaz de acelerar o crescimento econômico das regiões onde está inserida, em função de sua alta remuneração. É uma atividade de ciclo curto, que pode ser realizada durante todo o ano e tem seu retorno de investimento rápido. Cada hectare de viveiro permite a obtenção de níveis de produtividade de 3.900 Kg de camarão, permitindo o acesso a pequenos, médios e grandes produtores. É uma produção de caráter sócio-econômica viável, além de reduzir a marginalidade do homem do campo, retendo esse na terra e valorizando as cidades litorâneas.

O camarão é um alimento rico em proteína, cálcio, vitaminas e vários componentes extraíveis e tem sido usado como um dos mais populares e importantes ingredientes para preparações alimentares, em vários países. Os hábitos alimentares mudaram e houve um rápido crescimento da indústria de “*fast food*”, acarretando, conseqüentemente, um volume bem maior das partes não comestíveis (cabeça, casca e cauda), ocasionando problemas ambientais [17].

Este resíduo é em geral clandestinamente enterrado ou jogado no mar ou em rios, causando problemas ambientais, principalmente em países produtores de camarão onde não há rigor na fiscalização ambiental. Porém, no mundo, as exigências impostas por órgãos de gerenciamento e conservação ambiental ao controle de poluição dos recursos naturais tem sido crescente, devido a escassez de água potável e ao maior entendimento dos efeitos

ambientais ocorridos [18,19].

A produção anual de resíduos das indústrias de crustáceos é de aproximadamente 39 mil toneladas. Esses são biodegradáveis, por isso não provocam acúmulo excessivo na natureza, apesar de causarem grande problema de ordem social por serem desagradáveis no cheiro e atraírem insetos, podendo acarretar danos a saúde humana [8,15].

A geração de resíduos da indústria de pescado é um grande desafio para os empresários do setor que precisam destinar esses resíduos e não poluírem o ambiente. Por outro lado, a comunidade científica especializada está recebendo essa fonte de resíduos e buscando alternativas para o aproveitamento desses; e assim tornar uma atividade aquícola sustentável e viável ecologicamente [20].

Tendo em vista que o resíduo proveniente do beneficiamento de camarão é constituído por quitina, proteína e carbonato de cálcio, tem havido grande interesse em seu reaproveitamento, buscando alternativas ao desenvolvimento de produtos de valor agregado, aumentando a produtividade do setor e garantindo a preservação ambiental. Estudos têm sido realizados no sentido de encontrar um destino adequado para esses resíduos de modo que as agressões ao meio ambiente sejam cada vez mais reduzidas [21].

**2.2. Quitina e quitosana.** A quitina é largamente distribuída na natureza, sendo o principal componente estrutural do exoesqueleto dos invertebrados marinhos. Também é encontrada na cutícula dos insetos, e na parede celular de alguns fungos e leveduras [9].

A quitosana é obtida a partir da reação de desacetilação da quitina em solução alcalina [22]. Durante essa reação, os grupamentos acetoamido ( $-\text{NHCOCH}_3$ ) da quitina são transformados, em graus variados, em grupos amino ( $-\text{NH}_2$ ), dando origem a quitosana [23]. Esta, quando diluída em ácidos orgânico (ácido acético, fórmico, cítrico) e inorgânico (ácido clorídrico), resulta em soluções viscosas capazes de formar filmes.

Neste sentido, a quitosana vem sendo estudada com sucesso em uma grande variedade de aplicações por ser biocompatível [24], biodegradável [25,10] e apresenta propriedade antimicrobiana [26], emulsificante [27-29], quelante de metais [30], usada no tratamento de efluentes [23] e por formar gel [31]. Em razão da quitosana formar facilmente filmes e membranas em soluções ácidas diluídas, várias aplicações estão sendo sugeridas, dentre elas a formação de um filme semi-permeável, que pode ser utilizado como envoltório protetor de alimentos [32].

A quitosana é um polissacarídeo obtido a partir da hidrólise da quitina, em meio alcalino, por meio de reação de desacetilação em temperaturas elevadas. A desacetilação

também ocorre na natureza através de enzimas específicas como a quitinase ou pela ação de microrganismos. Essa ação de desacetilação é incompleta, formando um copolímero constituído de repetições de unidades de 2-acetamida-2-deoxi-D-glucopiranosose e 2-amino-2-deoxi-D-glucopiranosose associadas a ligações glicosídicas  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). A quitosana assemelha-se quimicamente com o biopolímero original quitina tendo no carbono 2 uma amina primária (-NH<sub>2</sub>). O produto totalmente desacetilado é raramente obtido, pois pode sofrer despolimerização de sua cadeia, devido ao tempo de reação necessária para completa desacetilação [5].

Atualmente, a presença de grupos amino desacetilado permite maior reatividade da quitosana em relação à quitina. Por isso, a quitosana desperta muito interesse para aplicações médicas e farmacêuticas. Sua propriedade intrínseca, a biocompatibilidade com células humanas, permite seu uso em várias aplicações médicas [33]. Além disso, a quitosana é metabolizada por certas enzimas humanas, especialmente a lisozima, o que lhe confere a característica de ser considerada biodegradável [26,34].

Muitas são as possíveis aplicações da quitosana, devido à sua versatilidade. A lista de aplicações da quitosana é ainda mais extensa quando são incluídos os vários derivados de quitosana obtidos por meio de reações químicas através das quais são inseridos diferentes grupos funcionais às suas moléculas, conferindo diferentes propriedades e aplicações [35,27].

A quitosana pode ser usada na oftalmologia como película ocular protetora na recuperação de tecido submetido a cirurgias intraoculares ou em casos de comprometimento crônico da córnea pois não necessita de remoção, pois é biodegradável [36]. Para pacientes com insuficiência renal a aplicação da membrana de quitosana ajuda na filtração renal [37]. Por suas propriedades fungicidas, bactericidas e ativador de sistema imunológico e cicatrizante, a quitosana é usada como pele artificial, para regeneração de tecido epitelial, reparando e normalizando o tecido lesado [38].

A enzima responsável pela degradação da quitosana, a lisozima, está presente em tecidos, órgãos e fluidos corporais de mamíferos, inclusive no fluido lacrimal com teores acima de 1%. Algumas propriedades biológicas tais como, atividades antimicrobianas e cicatrizantes, têm sido atribuídas aos fragmentos (oligossacarídeos) resultantes da degradação enzimática da quitosana [26]. Os produtos da degradação enzimática da quitosana são oligômeros de N-acetil-D-glicosamina, que, além de apresentarem propriedades cicatrizantes, antimicrobianas, são totalmente absorvíveis pelo organismo [39].

Na indústria farmacêutica é utilizada na liberação de fármacos e seu sucesso maior

está na absorção de gordura, pois quando ingerida, antes da refeição, é solubilizada. A quitosana (carga positiva) ao entrar em contato com o ácido estomacal é transformada em gel, e atrai moléculas de gorduras (cargas negativas), formando um grupo que é arrastado até o intestino e se solidifica, e assim é excretado junto com as fezes. Assim, a gordura não é absorvida pelo organismo, ajudando também no controle do colesterol [8].

Na indústria alimentícia, a quitosana oferece em amplo espectro de possíveis aplicações, como seja: formação de filmes biodegradáveis, recuperação de subprodutos, purificação de água, clarificação de sucos, emulsificante de aromas, agente antioxidante, emulsificante e estabilizante, destacando-se sua eficácia quanto à preservação da qualidade microbiológica do alimento [40].

Segundo *Assis e Silva* [32], a quitosana possui características físico-químicas que resultam em propriedades como fácil formação de gel, e com propriedades de barreiras mecânicas. *Santos et al.* [41] relataram em seus estudos que esse polímero tem características de solubilidade muito diferenciadas, dependendo do pH do meio em que se encontra, sendo possível formar filmes comestíveis com a simples adição de determinados solventes.

**2.3. Filmes e coberturas.** Emulsões derivadas de óleos minerais têm sido empregadas desde o século XIII, na China, na conservação de frutas cítricas e em outros produtos para o transporte a longa distância por via marítima. Na década de 50, a cera de carnaúba foi introduzida para esse fim, mas, devido à aparência fosca resultante de sua aplicação, foram misturados com polietileno e parafina. Nos anos 60, ceras e vernizes processados a partir de goma solúvel em água se tornaram populares no revestimento de cítricos e frutas em geral [42].

As coberturas denominadas “comestíveis” são mais recentes e criadas nas décadas finais do século passado, quando seu interesse aumentou devido à expansão da oferta de produtos processados e pelo impacto ambiental provocado pela degradação muito lenta das embalagens convencionais de alimento. Seu principal papel é atuar como uma barreira à perda de umidade, controlar a respiração do fruto e evitar contaminações microbiológicas e químicas [31]. Os autores comentam ainda, que os revestimentos comestíveis sobre os alimentos devem apresentar certas peculiaridades como serem invisíveis, terem aderência suficiente para não serem facilmente removidos no manuseio e não introduzirem alterações no gosto.

Filmes finos de quitosana têm sido, há algum tempo, objeto de avaliações práticas. A ausência ou não de poros e suas dimensões tornam-se fundamentais para definição de suas

aplicações. Macro e microporos apresentam uma relação “tamanho-exclusão” apropriados ao emprego em montagem de membranas filtrantes sob baixa pressão, adequadas a sistemas de purificação de água ou separação de resíduo [43-44]. Os biofilmes possuem estruturas nanoporosas que podem ser aplicados em sistemas de controle de troca de gases, para liberação de drogas ou compostos moleculares e como cobertura comestível sobre alimentos processados e embalagens genéricas [45].

*Rathke e Hudson* [46] citam que as preparações dos biofilmes de quitosana, na grande maioria, são feitas de maneira rudimentar. O polímero é dissolvido em meio ácido e vertido sobre uma superfície plana e, após a evaporação do solvente, o filme é removido por destacamento. Porém, a maioria dos filmes processados dessa forma é irregular quanto a sua espessura e heterogeneidade. Mas, *Paterno et al.* [47] estudaram uma alternativa viável para obtenção de filmes poliméricos com um maior controle estrutural pela técnica de automontagem (self-assembly), que tem como base à adsorção resultante de interações eletrostática. A simples imersão de um substrato sólido carregado em uma solução rica de um material carregado contrariamente a este, produzirá a adsorção inicial de uma monocamada sobre a superfície, caracterizando o processo de automontagem. Considerando que a quitosana em meio ácido apresenta cargas positivas devido à protonação dos grupos amino ( $\text{NH}_3$ ), um substrato com alta densidade de sítios negativos imerso nessa solução se comportará como um suporte adequado à atração, e subsequente formação de um filme homogêneo.

Contudo, as quitosanas disponíveis, principalmente no Brasil, são de procedências diversas e apresentam diferentes graus de pureza e densidade molar. Por outro lado, não há industrialmente um procedimento comum de desacetilação entre as indústrias, o que torna os produtos comercializados diferentes entre si. Esse fato tem dificultado o estabelecimento de um processamento padrão de géis e a obtenção de filmes e revestimentos com características reprodutíveis [45].

A utilização do biofilme de quitosana pode ampliar a vida de prateleira das frutas, promovendo uma atmosfera modificada. Esse tratamento modifica o ar circulante e interno das frutas, reduzindo os níveis de  $\text{O}_2$  e aumentando os níveis de  $\text{CO}_2$ , conseqüentemente, reduzem o metabolismo do vegetal, retardando a senescência [48-50].

Quando se pensa no desempenho para estocagem de frutos, o ponto relevante é o pico climatérico retardado. Esta condição pode ser atingida pela redução da tensão de oxigênio na atmosfera de armazenagem. Quando a concentração de oxigênio é reduzida para valores abaixo da concentração normal do ar, a taxa de evolução de  $\text{CO}_2$  é marcadamente afetada,

com o pico climatérico retardado e diminuído em sua magnitude. Além disso, o teor de oxigênio reduzido tende a retardar a síntese endógena do etileno [51].

*Qiuping e Wenshui* [52] pesquisando novas técnicas de preservação e manutenção da qualidade de cerejas da Índia (*Ziziphus mauritina*, cv. Cuim) à temperatura ambiente, constataram que o uso de biofilme combinando quitosana e 1-metilciclopropeno foi eficaz para incrementar a vida útil desse fruto em oito dias, diminuindo sua taxa respiratória e de produção de etileno e poligalacturonase, observando também redução da perda de peso, maior conservação da coloração verde e níveis mais altos de ácido ascórbico e sólidos solúveis totais.

Segundo *Medina* [53], a perda de água de produtos armazenados não só resulta numa perda de peso, mas também na perda de qualidade principalmente por causa da textura mais pobre. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas aquelas responsáveis pelo murchamento ou enrugamento devem ser evitadas.

*Chien et al.* [54] reportaram a eficiência do biofilme de quitosana para retardar o escurecimento, a deterioração e a perda de água em pitayas vermelhas (*Hylocereus undatus*) fatiados, mantendo o conteúdo de sólidos solúveis totais, acidez titulável e ácido ascórbico verificando, ainda, que este revestimento não influenciou em sua qualidade sensorial, sugerindo assim, o uso de coberturas de quitosana para preservar frutas minimamente processadas de forma geral.

A técnica da atmosfera modificada consiste no envolvimento das frutas em filmes flexíveis. Essa técnica tem um problema na sua aplicação decorrente à alta umidade que se forma dentro do envoltório fechado o que favorece o crescimento de fungos. Contudo, isto pode ser evitado com o uso do biofilme da quitosana devido a sua ação fungicida [31].

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em virtude da viabilidade econômica das indústrias beneficiadoras de crustáceos é de primordial importância diminuir o impacto ambiental decorrente do descarte dos resíduos gerados por tais indústrias. Dessa forma, a utilização da casca de camarão para produção de quitina e quitosana tornou-se uma alternativa de baixo custo para aproveitamento desses resíduos. Quitina e quitosana apresentam propriedades específicas que revelam seus potenciais para inúmeras aplicações, destacando-se alta biocompatibilidade. A quitosana, através de suas propriedades bactericidas naturais, filtradoras de efluentes, ativadora do sistema imunológico e biofilme para alimentos, está sendo o polímero mais pesquisado nos

últimos anos. Filmes comestíveis de quitosana tem refletido, em âmbito mundial, na atenção para novas pesquisas de materiais e agentes com propriedades preservativas e bactericidas naturais que possam ser convenientemente empregados como material para revestimento de alimentos.

**Agradecimentos.** Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pelo apoio dado para realização dessa pesquisa.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nunes AJP “Carcinicultura – Panorama do cultivo de camarões marinhos no Brasil”, *Revista Brasileira de Agropecuária*, **12**, 40 (2001)
2. Madri RM “Camarões – Como está o agronegócio “camarão marinho”. *Revista Brasileira de Agropecuária*, **11**, 66 (2001)
3. ABCC–Associação Brasileira de Criadores de Camarão. Capturado em 07 de jan. 2006. Online. Disponível na internet: <http://www.abccam.com.br>.
4. Mathur NK, Narang CK “Chitin and Chitosan: versatile Polysaccharides from marine animals”, *J. Chem. Educ.*, **67**(11), 938 (1990)
5. Canella KMNC, Garcia RB “Caracterização de quitosana por Cromatografia de Permeação em Gel – Influência do método de preparação e do solvente”, *Química Nova*, **24**(1), 13 (2001)
6. Gildberg A, Stenberg E “A new process for advanced utilization of shrimp waste”, *Process Biochemistry*, **36**, 809 (2001)
7. Abazinge MDA, Fontenot JP, Allen VG, Flick GJ “Ensiling characteristics of crab waste and wheat straw treated with different additives”, *J. Agriculture Food Chemistry*, **41**(4), 657 (1993)
8. Craveiro AA, Craveiro AC, Queiroz DC “*Quitosana: A fibra do futuro*”. Editora Universitária, 1998
9. Franco LO, Stamford TCM, Stamford NP, Takaki GMC “*Cunnigamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana”, *Revista Analytica*, **14**, 40 (2005)
10. Tanada-Palmu P, Fakhouri FM, Grosso CRF “Filmes biodegradáveis: extensão da vida útil de frutas tropicais”, *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, **26**, 12 (2002)
11. Avena-Custillos, R.J.; Krochta, J.M. Water vapor permeability of caseinate based edible films as affected by pH, calcium cross linking and lipid content. *Journal Food Science*, **58**, 904 (1993)
12. Coma V, Martial Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J. Food Sci.*, Chicago, **67**(3), 1162 (2002)
13. BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Apóia exportação de camarões e lagostas no Nordeste. 2001. Capturado em 27 de maio. 2002. Online. Disponível na internet: <http://www.bndes.gov.br/noticias/financia/not455.asp>.
14. FAO – Food and Agricultural Organization. Fishery country profile: the Federative Republic of Brazil. Capturado em 12 abril de 2002. Online. Disponível na internet: [http://www.fao.org/fi/fcp/FICP\\_BRA\\_E.asp](http://www.fao.org/fi/fcp/FICP_BRA_E.asp). (2002)
15. Rocha IP, Rodrigues J, Amorim LA carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, 30 (2004)
16. Barbieri Júnior RC, Ostrensky Neto A “*Camarões marinhos*”. Engorda. Editora: Aprenda Fácil, **2**, 370 (2002)
17. Heu MS, Kim JS, Shahidi F “Componentes and nutritional quality of shrimp processing by-products”, *Food Chemistry*, **82**(2), 235 (2003)
18. Cira LA, Huerta S, Hall GM, Shirai K. Pilot scale lactic acid fermentaions of shrimp waste for chitin recovery. *Process in Biochemistry*, **37**, 1359 (2002)
19. Brasil. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Regulamenta classificação das águas, poluição e seu uso. Brasília, DF: CONAMA, (1986)
20. Bezerra RS, Santos JF, Paiva PMG, Correia MTS, Coelho LCBB, Vieira VLA, Carvalho JR LB “Partial purification and characterization of thermostable trypsin from pyloric caeca of tambaqui (*Colossoma macropomum*)”, *J. Food Biochemistry*, **25**(3), 199 (2001)
21. Zakaria Z, Hall GM, Shama G “Lactic acid fermentation of scampi waste in a rotating

- horizontal bioreactor for chitin recover". *Process Biochemistry*, **33**(1), 1 (1998)
22. Denkbas EB, Kiliçay E, Birlıkseven C, Öztürk E. Magnetic chitosan microspheres: preparation and characterizations, *Reactive & Functional Polymers*, **50**, 225 (2002)
23. Kimura IY, Gonçalves JR, Stolberg J, Laranjeira MCM, Favere VT. Efeito do pH e do tempo de contato na adsorção de corantes reativos por microesferas de quitosana. *Polímeros*, **9**(3), 51, (1999)
24. Roberts GAF. Chitin chemistry. *The Macmillan Press*, London, (1992)
25. Tanada-Palmu P, Proença PSP, Trani FAP, Grosso CRF. Recobrimento de sementes de brócolis e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. *Bragantia*, **64**(2), 291 (2005)
26. Berger J, Reist M, Mayer JM, Felt O, Gurny R. Structure and interactions in chitosan hydrogels formed by complexation or aggregation for biomedical applications, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, **57**(1), 35 (2004)
27. Kumar MNVR. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, **46**(1), 1 (2000)
28. Teng LW, Knor E, Tan TK, Lim LY, Tan SC. Concurrent production of chitin from shrimp shells and fungi. *Carbohydrate Research*, **332**, 305 (2001)
29. Jaafari, K.; Elmaleh, S.; Coma, J.; Benkhouja, K. Equilibrium and kinetics of nitrate removal by protonated cross-linked chitosan. *Water SA Research Comission*, **27**(1) 9 (2001)
30. Khor E, Lim LY. Implantable applications of chitin and chitosan, *Biomaterials*, **24**(13), 2339 (2003)
31. Assis OBG, Leoni AM "Filmes comestíveis de quitosana: Ação biofungicida sobre frutas fatiadas", *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, **30**, 33 (2003)
32. Assis OBG, Silva VL. Caracterização Estrutural e da Capacidade de Absorção de Água em Filmes Finos de Quitosana Processados em Diversas Concentrações. *Polímeros*, **13**(4), 223 (2003)
33. İkinci G, Senel S, Akincibay H, Kas S, Ercis S, Wilson CG, Hincal AA. Effect of chitosan on a periodontal pathogen *Porphyromonas gingivalis*. *Inter. J. Pharmaceutics*, **235**, 121 (2002)
34. Finisic MR, Josué A, Fávère VT, Laranjeira MCM. Synthesis of calcium-phosphate and chitosan bioceramics for bone regeneration, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **73**(4), 525 (2001)
35. Gamzazade AI, Nasibov SN, Rogozhin SV "Study of lipoprotein sorption by same sulfoderivatives of chitosan", *Carbohydrate Polymers*, **34**(4), 381 (1998)
36. Shi X-Y, Tan T-W "New Contact Lens Based on Chitosan/Gelatin Composites", *J. Bioactive and Compatible Polymers*, **19**, 467 (2004)
37. Byung KK, Shim HJ, Sang-Mun H, Park ES "Chitin-based Embolic Materials in the Renal Artery of Rabbits: Pathologic Evaluation of an Absorbable Particulate Agent", *Radiology*, **236**, 151 (2005)
38. Gingras M, Paradis I, Berthod F "Nerve regeneration in a collagen-chitosan tissue-engineered skin transplanted on nude mice", *Biomaterials*, **24**(9), 1653 (2003)
39. Lia J, Dua Y, Yanga J, Fenga T, Lia A, Chen P "Preparation and Characterization of low molecular weight chitosan and chito-oligomers by a commercial enzyme" *Polymer Degradation and Stability*, **87**, 441 (2005)
40. Borgognoni CF, Polakiewicz B, Pitombo RNM "Estabilidade de emulsões de d-limoneno em quitosana modificada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **26**(3), 502 (2006)
41. Santos JE, Dockal ER, Campana Filho SP, Cavalheiro ETG "Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens. *Polímeros*, **13**(4), 242 (2003)
42. Martinez MF, Happer C, Perez FM, Chaparro M "Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits", *J. Food Sci.*, **67**(9), 3365 (2002)
43. Assis OBG, Viera DC, Vasques RA, Campana-Filho SPR "Formed-in-place chitosan-carboxymethylcellulose supported microfiltration membranes for water purification. In: International Symposium on Natural Polymers and Composites, S. Pedro, SP., (2002)
44. Wang X, Spencer HG "Formation and characterization of chitosan formed-in-place ultrafiltration membranes", *J. Appl. Polym. Sci.*, **67**(3), 513 (1998)
45. Assis OBG, Alves HC "Metodologia mínima para produção de filmes comestíveis de quitosanas e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas". *Comunicado Técnico – Embrapa Instrumentação Agropecuária*, 5 (2002)
46. Rathke TD, Hudson SM "Review of chitin and chitosan as fiber and film formers", *Journal Macromolecules Science*, **34**(3) 375 (1994)
47. Paterno LG, Mattoso, LHC, Oliveira jr ON. Filmes ultrafinos produzidos pela técnica de automontagem: preparação, propriedades e aplicações. *Química Nova*, **24**(2), 228 (2001)

48. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE, 320 p. (1990)
49. Gorris LGM, Peppelenbos HW. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, **2**(3), 303 (1992)
50. Lana MM, Finger FL. Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas. *EMBRAPA Hortaliças – Comunicação para Transferência de Tecnologia*, 34 (2000)
51. Ptaffenbach LB, Castro JV, Carvalho CRL “Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha”, *Revista Brasileira de Fruticultura*, **25** (3), 410 (2003)
52. Qiuping Z, Wenshui X “Effect of 1-methylcyclopropene and quality maintenance of India jujube fruit”, *Food Science and Technology*, **40**, 404 (2007)
53. Medina PVL “Alguns aspectos da fisiologia pós-colheita e a qualidade dos produtos perecíveis”. In Congresso Brasileiro de Olericultura. *Palestras*. Brasília. EMBRAPA/DDT, 150 (1984)
54. Chien PJ, Sheu F, Lin HR “Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas”, *J. Food Engineering*, **79**(2) 736 (2007)