

SUBPRODUTOS COM IMPORTÂNCIA TECNOLÓGICA PROVENIENTES DO RESÍDUO DE CRUSTÁCEOS E SUAS APLICAÇÕES

Sandra Regina Salvador Ferreira¹
Sara Albino Antunes Valcareggi²
Haiko Hense³

Resumo

Milhares de toneladas de crustáceos são processadas anualmente, tornando-se um problema socioambiental, já que na industrialização grande parte do corpo dos animais, como carapaça, cabeça e patas, não é destinada ao consumo humano e possui lenta degradação, gerando uma grande quantidade de resíduo altamente perecível. Resíduos do processamento de crustáceos são constituídos por componentes, como proteína, quitina, ácidos graxos e carotenoides, que possuem grande interesse comercial. Assim, a utilização deste tipo de resíduo tem sido mais estudada. Este trabalho reúne uma série de estudos científicos sobre compostos provenientes do resíduo de crustáceos, como camarão, siri, lagosta, entre outros, e suas aplicações nas mais diversas áreas.

1 Mestre, e-mail:
saraantunes@outlook.
com

2 Doutora, e-mail:
s.ferreira@ufsc.br

3 Doutor, e-mail: haiko.
hense@ufsc.br

Palavras-chave: Crustáceos. Resíduo do processamento de crustáceos. Quitina. Quitosana. Astaxantina. Ácidos graxos.

1 INTRODUÇÃO

Na industrialização de crustáceos, é gerada uma grande quantidade de resíduo altamente perecível, já que grande parte do corpo dos animais (carapaça, cabeça e patas) não é destinada ao consumo humano. Resíduos do processamento de crustáceos são constituídos por diversos compostos que possuem potencial de insumo para diferentes indústrias (LEFFLER, 1997).

A utilização do resíduo do processamento de crustáceos como fonte alternativa na obtenção de compostos que futuramente podem ser empregados como insumo em outras indústrias tem um apelo ambiental e social (ARCHER; RUSSELL, 2007).

Assim, a retirada desse poluente do meio ambiente como fonte alternativa de subprodutos tem vantagens, como: (a) reciclagem de um poluente; e (b) uma fonte de renda alternativa para pequenos pescadores artesanais, que poderiam vender, além da carne do animal, as partes não destinadas ao consumo humano (LEFFER, 1997).

Existe uma vasta gama de extratos e compostos que podem ser obtidos a partir de resíduo do

processamento de crustáceos. Muitas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de identificar, desenvolver processos e encontrar uma aplicação a esses compostos (BATAILLE; BATAILLE, 1983; SAHIDI; SYNOWIECKI, 1991; MEZZOMO, 2012).

Entre os principais compostos que podem ser extraídos do resíduo de crustáceos estão: (a) quitina, que pode facilmente ser transformada em quitosana, pela sua desacetilação alcalina, tendo esta diversas aplicações, principalmente da indústria alimentícia e farmacêutica (GOYCOOLEA, 2000; KURITA, 2001); (b) os carotenoides, entre o principal deles está a astaxantina, que pertence ao grupo das xantofilas, um poderoso antioxidante e amplamente utilizada na indústria de alimentação de salmônídeos (ÖZOĞUL, 2000); e (c) ácidos graxos, principalmente o ácido graxo poli-insaturado ômega 3, cujo consumo por seres humanos está relacionado à prevenção de doenças cardiovasculares e câncer (MEZZOMO, 2012).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma ampla revisão bibliográfica relacionada aos principais compostos extraídos do resíduo do processamento de crustáceos e suas aplicações em diferentes áreas.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Este estudo constitui-se de uma revisão da literatura especializada, realizada no período de fevereiro a setembro de 2015. Para a realização da pesquisa, foram realizadas consultas a artigos científicos através do banco de dados do SciELO (Scientific Electronic Library Online), ScienceDirect e MEDLINE (Literatura

Internacional em Ciências da Saúde), livros disponíveis na biblioteca da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC - Florianópolis – SC e teses e dissertações disponibilizadas *on-line*.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa a respeito da industrialização mundial de crustáceos

e seus resíduos gerados. A partir de uma análise criteriosa dos artigos, foram escolhidos três importantes compostos presentes no resíduo de crustáceos para discorrer sobre eles.

Foram selecionados, para esta revisão, estudos sobre o resíduo de processamento de crustáceos

e dos três compostos de interesse: quitosana, as-taxantina e ácidos graxos, avaliando seu método de extração, atividades biológicas e aplicações industriais.

3 RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE CRUSTÁCEOS

Crustácea é uma classe de organismos do filo Arthropoda, que inclui caranguejos, lagostas, cirripédia (cracas) e camarões. Todos os artrópodes têm exoesqueletos e apêndices articulados. A classe Crustacea inclui os artrópodes que respiram usando guelras ou brânquias e possuem dois pares de antenas. A maioria dos artrópodes marinhos são crustáceos e o camarão é o espécime mais comercializado no mundo (PRABU; NATARAJAN, 2012).

No Brasil, a produção de pescado foi de 1.240.813 t em 2009, representando 0,86% da produção mundial de pescado. Com o aumento no percentual de contribuição da produção total de pescado mundial de 2008 para 2009, o Brasil ganhou quatro posições e passou a ocupar o 18º lugar no *ranking* geral dos maiores produtores de pescado do mundo. O estado de Santa Catarina é o maior polo produtor de pescado do Brasil, com 183.770 t (IBAMA, 2011).

A produção pesqueira marinha do grupo dos crustáceos foi de 57.142 t em 2010, o que caracterizou uma queda de 5,5% em relação a 2009 (60.475 t), mas um aumento de 4,2%, se comparada a 2008, quando foi de 54.830 t. O camarão-sete-barbas e o camarão-rosa foram as espécies de crustáceos mais capturadas no país em 2010, com 15.276 t e 10.237 t, respectivamente. Estes valores representaram 26,7% e 17,9% da composição total da produção de crustáceos marinhos no Brasil (IBAMA, 2011).

A indústria de processamento de crustáceos enfrenta sérios problemas de descarte de resíduos sólidos e líquidos. Milhões de toneladas de crustáceos são processados todos os anos e grande parte desta produção torna-se resíduo (FAO, 2010; GORTARI; HOURS, 2013).

A degradação de resíduos provenientes de crustáceos se dá de forma muito lenta, fazendo com que o descarte indevido contribua para o aumento da poluição ambiental (SHAHIDI; SYNOWIECKI, 1991; FAMINO et al., 2000).

Quando o camarão não é comercializado *in natura*, sua industrialização para obtenção de produtos sem cabeça gera como resíduo o cefalotórax, enquanto os produtos descascados têm como resíduo o cefalotórax e exoesqueleto. O



cefalotórax compreende entre 30% a 40% da matéria-prima e o exoesqueleto em torno de 37%. Juntos chegam a representar cerca de 70% do peso da matéria-prima. Aproximadamente 14% do siri vivo resulta em alimento para consumo humano, sendo restante subproduto e resíduo (EPA, 1974).

A composição química do resíduo de crustáceos é basicamente constituída de proteína, quitina, minerais, ácidos graxos, inclusive ômega-3, e carotenoides, essencialmente a astaxantina (BATAILLE; BATAILLE, 1983; SAHIDI; SYNOWIECKI, 1991; MEZZOMO, 2012).

Alternativamente, o resíduo de crustáceos pode ser utilizado na extração de componentes com importância tecnológica, com objetivo de melhorar a sua gestão (ÖZOĞUL, 2000; SACHINDRA, MAHENDRAKAR, 2011).

Nesse estudo, serão abordados os três compostos que podem ser obtidos a partir do resíduo de crustáceos com maior importância biológica e tecnológica: (a) quitina e quitosana; (b) carotenoides; e (c) ácidos graxos (ômega 3 e 6) e suas aplicações.

3.1 Quitina e quitosana

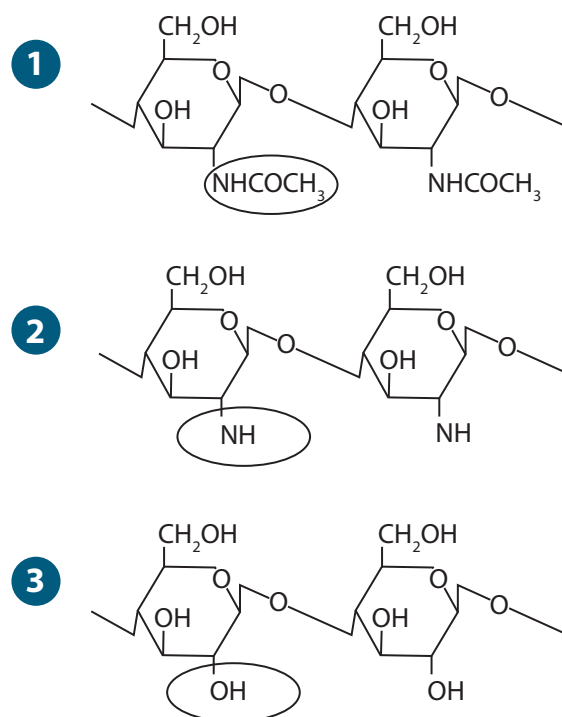
A quitina (β -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina) é o biopolímero mais abundante encontrado na natureza depois da celulose. Este biopolímero é encontrado no exoesqueleto de crustáceos, na parede celular de fungos e em outros materiais biológicos (MOURA et al., 2006).

A maioria dos polissacarídeos de ocorrência na natureza, como a celulose, dextrino, ácido algínico, ágar, agarose e carragenas, são neutros ou ácidos, enquanto que a quitina é um exemplo de polissacarídeo altamente básico. Como a celulose, a quitina é um polissacarídeo estrutural natural, mas difere da celulose em

algumas propriedades. A quitina é altamente hidrofóbica e insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos (KUMAR, 2000).

Na Figura 1, pode-se verificar que apenas um grupo funcional (em círculo) difere as moléculas de quitina, quitosana e celulose.

Figura 1: Estruturas químicas da quitina (1), quitosana (2) e celulose (3).



Fonte: Leffler (2007)

A quitina e seus derivados possuem um grande valor econômico por causa da sua versatilidade biológica e suas aplicações agroquímicas. Resíduos de crustáceos marinhos possuem uma grande quantidade de quitina, em torno de 20%, e estima-se que a produção anual mundial dessa substância é de aproximadamente 10¹⁰ - 10¹² toneladas (GORTARI; HOURS, 2013). Segundo Santos (2004), as carapaças de crustáceos advindas de resíduos industriais são as principais matérias-primas para a produção de quitina.

A extração da quitina segue três etapas básicas: a) despigmentação: pode ser realizada com solventes orgânicos, extração supercrítica e por

branqueamento; b) desproteinização: podem ser utilizados diversos solventes, como NaOH (mais utilizado), KOH, Na₂S, NaHSO₄, K₂CO₃, NaCO₃, CaHSO₃, Na₂SO₃; e, c) desmineralização: ocorre através de tratamento ácido, em que podem ser utilizados o HCl (mais utilizado), HCOOH, H₂SO₃, HNO₃, CH₃COOH. A ordem das etapas pode ser diferente, devido à diferença entre as matérias-primas e as metodologias (GOYCOOLEA, 2000).

Devido às diferenças estruturais de cada material, estes tratamentos devem ser específicos para cada fonte de quitina. A quitina extraída deve ser classificada em termos de pureza e cor, pois proteínas residuais e pigmentação podem causar problemas principalmente em produtos biomédicos (RINAUDO, 2006).

Através da N-desacetilação alcalina da quitina, forma-se a quitosana, um polímero de cadeia linear de glucosamina e N-acetilglucosamina (MUZZARELLI et al., 1997). A desacetilação parcial da quitina no estado sólido pode ser feita sob condições alcalinas (NaOH concentrado) ou por hidrólise enzimática em presença de uma quitina desacetilase (RINAUDO, 2006).

A quitosana (derivado da quitina) é um polímero biodegradável e biocompatível, com aplicações em diferentes áreas: agricultura (mecanismos defensivos e adubo para plantas), tratamento de água (floculante para clarificação, remoção de íons metálicos, polímero ecológico e redução de odores), indústria alimentícia (fibras dietéticas, redutor de colesterol, conservante para molhos, fungicida e bactericida, recobrimento de frutas), indústria de cosméticos (esfoliante para a pele, tratamento de acne, hidratante capilar, creme dental) e biofarmacêutica (imunológico, anti-tumoral, hemostático e anticoagulante). Porém, sua maior aplicação é na área biomédica (suturas cirúrgicas, implantes dentários, reconstituição óssea, lentes de contato, liberação controlada de

drogas em animais e humanos, encapsulamento de materiais (RINAUDO; DOMARD, 1989; AZEVEDO et al., 2007).

3.1.1 Atividade Antimicrobiana

Existem alguns estudos que comprovam que a quitina e seus derivados possuem atividade antimicrobiana (JE; KIM, 2006; BENHABILES et al., 2012; YOUNES et al., 2012; HUANG et al., 2013).

O mecanismo da atividade antimicrobiana da quitina e seus derivados não é totalmente compreendido, mas alguns autores sugerem que este mecanismo está ligado à capacidade da quitosana de romper as células através do rompimento da membrana citoplasmática. Ainda poder ser um agente quelador de alguns metais necessários para o crescimento microbiano (CHUNG et al., 2004; JE; KIM, 2006).

Benhabiles et al. (2012) compararam a atividade antimicrobiana de um quito-oligosacarídeo com quitina e quitosana extraídas de casca de camarão contra bactérias Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, *Prevotella melaninogenica* e *Bacteroides fragilis*) e Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*). A quitina exibiu um efeito bacteriostático sobre as Gram-negativas, *E. coli*, *V. cholerae*, *S. dysenteriae* e *B. fragilis*. Já a quitosana apresentou efeito bacteriostático sobre todas as bactérias testadas, exceto a *S. typhimurium*. Já os quito-oligômeros mostraram um efeito bactericida sobre todas as bactérias estudadas.

Je e Kim (2006) sintetizaram um derivado de quitina solúvel em água (aminoetil-quitina) a partir de casca de siri e testaram a ação do mesmo contra bactérias Gram-negativas. Eles observaram que a aminoetil-quitina foi efetiva

na inibição de bactérias patogênicas que podem ser encontradas em alimentos, como *E. coli*, *S. typhimurium* e *P. aeruginosa*.

O estudo de Younes et al. (2012) indica que a quitosana obtida por desproteíntização enzimática pode apresentar melhores resultados do que a quitosana comercial obtida por desproteíntização química, na atividade antimicrobiana.

3.1.2 Uso como clarificante em sucos de frutas

Clarificação é uma etapa importante na indústria de processamento de suco de frutas, principalmente na remoção de pectina e outros carboidratos. O processo de clarificação ocorre por floculação/coagulação, devido à interação entre a quitosana e proteínas e carboidratos. Neste caso, as partículas suspensas são separadas das bebidas (BOUGH; LANDES, 1976).

Domingues et al. (2012) utilizaram quitosana (a partir de quitina extraída de casca de camarão) para clarificar suco de maracujá e observaram uma redução da turbidez e de cor de aproximadamente 100% entre a amostra controle e o suco de maracujá tratado com quitosana e centrifugado a 4000 rpm.

O chá verde é uma solução instável devido à presença de proteínas, polifenóis, aminoácidos livres, cafeína, amido, pectina etc. Sendo assim, Rao et al. (2011) investigaram o efeito de três diferentes métodos (ultrafiltração, sílica gel e quitosana) na clarificação de infusão de chá verde. Os resultados encontrados pelos autores indicaram que a sílica gel e a quitosana podem ser utilizadas para clarificar esse tipo de bebida

devido às pontes de hidrogênio e adsorção eletrostática. Já a ultrafiltração não foi suficientemente eficiente na clarificação de chá verde.

Outros estudos reportaram a aplicação benéfica da quitosana como clarificante de suco de uva (CHATTERJEE et al., 2004), maçã (RUNGSARDTHONG et al., 2006; OSZMIANSKI; WOJDYLO, 2007), laranja (CHATTERJEE et al., 2004) e limão (CHATTERJEE et al., 2004).

3.1.3 Microencapsulação de compostos

Microencapsulação é uma das mais importantes formas de obter compostos com liberação controlada e permitir a utilização de substâncias que de outra forma seria inviável (ALMOND et al., 2003).

As microcápsulas são frequentemente obtidas por polímeros de diferentes fontes. Carboidratos, gomas, proteínas e quitosana são exemplos de alguns biopolímeros (ESTEVINHO et al., 2013).

A quitosana tem algumas vantagens sobre outros polímeros, como: (a) é um produto natural; (b) obteve bons resultados na liberação gradual de várias drogas; (c) tem a habilidade de aderir à mucosa gástrica; (d) atóxica; (e) degradável e biocompatível; (f) a degradação não gera produtos tóxicos; (g) não causa reações alérgicas; (h) aumenta a permeabilidade com a diminuição do pH; e (i) tem versatilidade nas aplicações (ESTEVINHO et al., 2013).

Como a maioria dos carotenoides, a astaxantina é uma molécula altamente insaturada e pode ser facilmente degradada por processos térmicos ou oxidativos durante sua fabricação e estocagem. Assim, astaxantina sintética foi encapsulada em matriz de quitosana. Foram obtidas cápsulas esféricas com um diâmetro entre 5-50 µm e o rendimento do processo (quantidade de astaxantina microencapsulada/astaxantina utilizada) foi em torno de 92%. A astaxantina encapsulada se manteve em condições estáveis de isomeração e pigmentação durante uma estocagem de 8 semanas a diferentes temperaturas – 25, 35 e 45 °C (HIGUERA-CIAPARA et al., 2004). Esta pesquisa é muito importante, por se tratar da utilização de dois subprodutos que podem ser extraídos do resíduo do processamento de crustáceos, formando um só produto e com excelentes propriedades físico-químicas.

Trabelsi et al. (2013) encapsularam um novo probiótico (*Lactobacillus plantarum* TN8) com alginato recoberto com quitosana e testaram a exposição das bactérias em condições gastrointestinais artificiais. Os autores concluíram que o encapsulamento das bactérias fez com que a resistência das mesmas aumentasse significativamente em sucos gastrointestinais artificiais e ainda foi notada uma proteção efetiva das células durante o aquecimento a 65 °C e refrigeração a 4 °C, em um período de 30 min.

O encapsulamento de suco de frutas também foi relatado na literatura. Bastos et al. (2012) encapsularam suco de caju, natural e comercial, por *spray-drying* utilizando o sistema quitosana-proteína isolada do leite, com o objetivo de

estabilizar físico-quimicamente o produto. O diâmetro das partículas obtidas no estudo foram de 0,2 a 5,0 µm, para o suco comercial, e de 0,2 a 40,0 µm, para o suco natural. Os sucos encapsulados demonstraram alta estabilidade físico-química dos componentes avaliados (vitamina C e cor), quando comparados às amostras de controle, e o suco natural encapsulado teve uma maior estabilidade, quando comparado ao suco comercial encapsulado.

3.1.4 Efeito antitumoral

A quitosana e seus derivados podem inibir o crescimento de células tumorais, exercendo efeitos positivos sobre o sistema imunológico. Resultados do estudo de Tokoro et al. (1998) indicam que a atividade antitumoral dos derivados de quitosana pode não estar relacionada diretamente com a morte de células tumorais e sim com o aumento de produção de linfocinas (proteínas secretadas pelos linfócitos), conduzindo à manifestação do efeito antitumoral através da proliferação de linfócitos T citolíticos. O derivado de quitina *N*-succinil-quitosanamitomicina C apresentou alta eficiência na inibição do crescimento de células sólidas tumorais de Sarcoma 180 em testes em camundongos (SONG et al., 1996).

A Tabela 1, elaborada por Kim e Rajapakse (2005), mostra que o efeito dos oligossacarídeos de quitosana na atividade antitumoral depende das características estruturais, como o grau de desacetilação (GD) e o peso molecular.

Tabela 1: Efeito de diferentes oligossacarídeos de quitosana na inibição de diferentes tumores

Oligossacarídeos de quitosana			Tipo de tumor	Inibição (%)***	Referência
PM (kDa)*	GD (%)**	Dose (mg/(kg/dia))			
~1	100	10	Meth-A tumor sólido	41	Tokoro et al. (1998)
~1	100	300	Sarcoma 180 tumor sólido	93	Suzuki et al. (1986)
~1	100	500	MM 46 tumor sólido	55	Suzuki et al. (1986)
6,5-12	90	10	Sarcoma 180 tumor sólido	61,7	Jeon e Kim (2002)
1,5-5,5	90	10	Sarcoma 180 tumor sólido	66,7	Jeon e Kim (2002)
1,5-5,5	90	50	Tumor uterino	73,6	Jeon e Kim (2002)
1,4	85	50	Sarcoma 180 tumor sólido	50,4	Qin et al. (2002)
3-10	80	200	Sarcoma 180 tumor sólido	56,9	Qin et al. (2002)

* PM: Peso molecular.

** GD: Grau de desacetilação.

*** Dados de inibição do crescimento de tumor calculado em percentual, por comparação da redução do peso do tumor (com o tratamento com oligossacarídeos de quitosana) com o peso do tumor na amostra controle.

Fonte: Kim e Rajapakse (2005)

3.1.5 Atividade hipocolesterolêmica e hipolipidêmica

A quitosana possui a capacidade de diminuir os níveis de colesterol no sangue. A atividade hipocolesterolêmica e hipolipidêmica, ou seja, capacidade de reduzir colesterol e lipídeos no sangue, respectivamente, é provavelmente devido à inibição da formação de micelas, reduzindo a absorção de lipídeos (GAGNÉ, 1993).

Pesquisas comprovaram que a suplementação com quitosana solúvel e quitosana insolúvel em água na dieta humana, durante 8 semanas, pode reduzir os níveis de lipídios no sangue e manter normais níveis de cálcio, magnésio e ferro em pacientes hiperlipidêmicos, ou seja, com altas taxas de lipídios no sangue (LIAO et al., 2007).

Zhang et al. (2012) compararam a atividade hipocolesterolêmica de quitosana comum com

quitosana ultrafina (tamanho de partícula: de 385,3 e 337,2 nm e obtida por moagem) com testes em animais. Os resultados demonstraram que a quitosana ultrafina mostrou um aumento na atividade hipocolesterolêmica, quando comparada à quitosana normal. Esta habilidade pôde ser atribuída ao aumento de lipídios nas excreções e estimulação das atividades da LPL (lipoproteína lipase) e HL (lipase hepática).

3.2 Carotenoides

Os carotenoides são compostos solúveis em gordura, que estão associados às frações lipídicas. Quimicamente, os carotenoides são *poli-isoprenoides* e podem ser divididos em dois grupos principais: (a) carotenos, ou carotenoides hidrocarbonetos, compostos apenas de átomos de carbono e hidrogênio; e (b) xantofilas, que são derivados de hidrocarbonetos oxigenados, que contêm moléculas de oxigênio, tais como hidroxil, ceto, epoxi, metoxi, ou grupos de ácido carboxílico. Sua característica estrutural é um sistema de ligação dupla conjugada, o que influencia as suas propriedades químicas, bioquímicas e físicas (QUIRÓS; COSTA, 2006).

Os carotenoides obtidos naturalmente são mais resistentes ao calor, aos processos de congelamento e apresentam eficiência mesmo quando aplicados nos alimentos em pequenas quantidades (SKULBERG, 2004; MEZZOMO, 2012).

A astaxantina é o principal pigmento carotenóidico encontrado em crustáceos marinhos e na carne de salmonídeos. Crustáceos são capazes de modificar alguns carotenoides, como β -caroteno e cataxantina, e transformá-los em astaxantina. Os salmonídeos são capazes de transformar luteína, β -caroteno, zeaxantina ou cataxantina

em astaxantina (FÉLIX-VALENZUELA et al., 2001).

Trabalhos recentes mostram que a utilização de enzimas no pré-tratamento da amostra pode aumentar o rendimento na extração de carotenoides de resíduos de crustáceos (BABU; CHAKRABARTI; SAMBASIVARAO, 2008; NAWANI, 2010; SACHINDRA; MAHENDRAKAR, 2011). Babu, Chakrabarti e Sambasivarao (2008) obtiveram um aumento de 50 $\mu\text{g/g}$ para 705 $\mu\text{g/g}$ e 987 $\mu\text{g/g}$ na quantidade total de carotenoides utilizando pepsina e tripsina, respectivamente, no pré-tratamento do resíduo de camarão (*Penaeus monodon*).

3.2.1 Astaxantina

A astaxantina (3,3'-dihidroxi- β - β -caroteno-4,4'-diona) é um pigmento xantofila de fórmula $\text{C}_{40}\text{H}_{52}\text{O}_4$ e é o principal componente responsável pela coloração rosa-alaranjada nos músculos de salmonídeos e alguns crustáceos. Naturalmente os carotenoides são sintetizados apenas pelos vegetais, enquanto os animais obtêm os mesmos pela alimentação. Ela é o principal pigmento carotenóidico encontrado em animais aquáticos e está presente em muitos frutos do mar, incluindo salmão, truta, camarão, lagosta e ova de peixes. Também está presente em aves, como flamingos e codornizes. Na maioria dos animais aquáticos em que ela se encontra, a astaxantina possui várias funções biológicas essenciais, incluindo a proteção à oxidação de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, proteção contra os efeitos de luz UV, resposta imune, pigmentação etc. (LORENZ; CYSEWSKI, 2000; GUERIN; HUNTLEY; OLAIZOLA, 2003).

A astaxantina está presente no resíduo de crustáceos como um éster, em níveis de 50-200 mg/kg. Estes pigmentos podem ser extraídos também durante a produção de quitina e quitosana (QUIRÓS; COSTA, 2006).

A extração da astaxantina de carapaças de crustáceos normalmente é realizada com solventes orgânicos, mas outras técnicas vêm sendo empregadas atualmente, como extração com fluido supercrítico (FÉLIX-VALENZUELA et al., 2001; MEZZOMO et al., 2012) e utilizando óleos comestíveis, tanto de origem vegetal quanto animal (CORAL et al., 1997; MEZZOMO et al., 2012). A extração de pigmentos do resíduo de crustáceos é uma importante alternativa econômica e tecnológica.

A identificação desta xantofila pode ser realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), acoplada ao espectrômetro de massa, com detectores de ultravioleta-visível (UV-Vis) ou de arranjo de fotodiodos, ou com espectrofotômetro UV-Vis (MEZZOMO et al., 2012).

O principal mercado para a astaxantina é como fonte de pigmentação na aquicultura, principalmente em salmão e truta. O valor comercial da astaxantina sintética é em torno de US\$ 2,500 por quilograma, com um faturamento mundial anual estimado em US\$ 200 milhões (LORENZ; CYSEWSKI, 2000).



A astaxantina tem importante aplicação na indústria nutracêutica, de cosméticos, alimentícia e de alimentação animal. Os atributos mais importantes da astaxantina são a sua capacidade de pigmentação e o seu potencial antioxidante. As diversas funções biológicas da astaxantina tem atraído interesse devido aos benefícios à saúde humana (GUERIN; HUNTLEY; OLAIZOLA, 2003).

A astaxantina é o principal carotenoide encontrado no resíduo do processamento de crustáceos marinhos. Sendo assim, a seguir serão apresentadas as suas funções biológicas e aplicações.

3.2.1.1 Atividade antioxidante

Os radicais livres (por exemplo, radicais hidroxil e peroxil) e formas altamente reativas de oxigênio (por exemplo, oxigênio singlete) são produzidos no organismo durante as reações metabólicas normais. Estresse fisiológico, poluição do ar, tabaco, exposição a substâncias químicas ou exposição à radiação ultravioleta (UV) podem aumentar a produção de tais agentes. Os fagócitos para combater invasores também podem gerar um excesso de radicais livres. Os radicais livres podem danificar o DNA, proteínas e membranas lipídicas. O dano oxidativo tem sido associado ao envelhecimento, aterogênese e cânceres (ANARJAN; TAN, 2013; BUSTOS-GARZA; YÁÑEZ-FERNÁNDEZ; BARRAGÁN-HUERTA, 2013).

A exposição de lipídios e tecidos à luz pode gerar oxigênio singlete, radicais livres e danos foto-oxidativos a estes lipídios e tecidos. Os carotenoides têm um importante papel na proteção de tecidos contra a foto-oxidação da luz UV. A astaxantina pode ser mais efetiva que o

β -caroteno e a luteína na prevenção da foto-oxidação de lipídios por luz UV (O'CONNOR; O'BRIEN, 1998).

Os olhos e a pele são as partes do corpo humano que mais sofrem com os danos oxidativos causados pela luz UV. Assim, a astaxantina pode ser um importante aliado para a fotoproteção desses importantes componentes do corpo humano (PAPAS, 1998; GUERIN; HUNTLEY; OLAIZOLA, 2003).

3.2.1.2 Efeito cardioprotetor e anti-hipertensivo

A aterosclerose pode causar problemas cardiovasculares, como o infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral. A maioria desses eventos deriva da ruptura ou erosão da placa aterosclerótica (IBRAHIMI et al., 2013). Pequenas doses, na ordem de miligramas, de astaxantina consumidas diariamente podem inibir a oxidação do LDL (*Low Density Lipoprotein*), comumente conhecido como mau colesterol, e contribuir para a prevenção da aterosclerose (IWAMOTO et al., 2000).

Gross e Lockwood (2004) estudaram os efeitos do disuccinatodissódico de astaxantina (*Cardax*TM) como agente cardioprotetor usando o modelo de Sprague-Dawley de infarto do miocárdio em ratos. Foram aplicadas, por meio de injeção, em uma das veias da cauda dos ratos, doses diárias (25, 50 e 75 mg/kg) da substância durante 4 dias. *Cardax*TM na concentração de 50 e 75 mg/kg por 4 dias resultaram em uma redução média na área de risco de $35 \pm 3\%$ (41% de proteção) e $26 \pm 2\%$ (56% de proteção), respectivamente. Os autores concluíram que a astaxantina sintética (disuccinatodissódico de astaxantina) pode ser útil em aplicações clínicas em que o pré-tratamento de pacientes com risco de infarto do miocárdio é realizado.

Hussein et al. (2007) estudaram os efeitos anti-hipertensivo em ratos espontaneamente hipertensos. No estudo, foi administrada, por via oral, astaxantina durante 7 semanas. Os autores concluíram que apenas 5 mg/kg de astaxantina são capazes de reduzir em 9% a pressão sanguínea arterial média.

3.2.1.3 Efeito antitumoral

Um importante componente da dieta dos Esquimós e tribos da América do Norte é o salmão (principal fonte de astaxantina). Estes grupos normalmente têm baixa incidência de câncer, que tem sido normalmente atribuída aos altos níveis de certos ácidos graxos no salmão. Ainda é possível que a astaxantina também desempenhe um papel importante na quimio-prevenção do câncer nesses povos (KIM; PARK; CHEW, 2001).

Além disso, a astaxantina inibiu em até 40% a proliferação de células de tumor mamário murino (BATES et al., 1985), células de câncer de cólon humanas também foram inibidas com astaxantina em experimentos *in vitro* (ONOGI, 1998). Um fraco efeito da astaxantina contra células de câncer de próstata foi notado. Neste último caso, a neoxantina e a fucoxantina parecem ser mais efetivas (KOTAKE-NARA et al., 2001).

3.2.1.4 Diminuição no nível de glicose no sangue

Camundongos diabéticos que receberam suplementação de 0,02% de astaxantina durante 12 semanas mostraram uma leve diminuição no nível de glicose no sangue, quando comparados aos camundongos que não receberam a suplementação (NAITO et al., 2004).

Em ratos com síndrome metabólica (SHRmrc-p), a ingestão oral de 2,25-2,75 mg/kg de astaxantina foi capaz de uma pequena redução da glicose e aumento da sensibilidade da insulina (HUSSEIN et al., 2007).

3.3 Ácidos Graxos

Os principais lipídios presentes em animais marinhos são os triglicerídeos (faixa de massa molecular de 500 a 1200 Da), monoglicerídeos, diglicerídeos e ácidos graxos livres (MUKHOPADHYAY, 2000). Além disso, é conhecido que esses animais também possuem grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), que são classificados de acordo com a posição das ligações duplas. Os mais importantes PUFAs pertencem aos grupos ω -3 e ω -6. Os mamíferos não podem sintetizar esses ácidos graxos, o que significa que eles devem ser obtidos na dieta alimentar (SAHENA et al., 2009).

O papel dos ácidos graxos insaturados ω -3 (ômega 3) na alimentação humana e na prevenção de muitas doenças imunodeficientes e cardiovasculares é bem conhecida. Ácidos graxos poli-insaturados C-20 ω -3 e ω -6 (PUFAs) são precursores de hormônios conhecidos como oxilipinas. Estes compostos controlam vários processos bioquímicos e fisiológicos no organismo humano. A síntese de ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 ocorre em organismos aquáticos, principalmente em algas, que são repassados por meio da cadeia alimentar a um nível trófico mais elevado, incluindo os seres humanos (HOLMAN, 1997; LATYSHEV et al., 2009).

SÁNCHEZ-CAMARGO ET AL. (2011) CONCLUÍRAM POR MEIO DE ESTUDOS QUE 4,83% DO EXTRATO DE RESÍDUO DE CAMARÃO, OBTIDO POR EXTRAÇÃO EM SOXHLET COM ÉTER DE PETRÓLEO, SÃO COMPOSTOS POR ÔMEGA-3.

O método mais utilizado para extrair ácidos graxos de crustáceos é por meio de solventes orgânicos. A escolha do solvente é muito importante para a obtenção de extratos de boa qualidade. Além disso, o solvente deve ser não-inflamável e atóxico. A extração com dióxido de carbono (CO_2) tem se tornado uma importante técnica de separação na área de suplementos nutracêuticos e alimentos funcionais, pois o CO_2 é considerado um solvente GRAS, barato e de fácil separação do extrato (SÁNCHEZ-CAMARGO et al., 2011).

A importância comercial dos ácidos graxos ômega-3 e 6 têm crescido com o aumento do conhecimento dos seus benefícios à saúde humana e de animais. Atualmente a possibilidade de extração desses ácidos graxos dos resíduos de crustáceos está sendo considerada, mas ainda existem poucos dados e métodos disponíveis. A maioria dos estudos atuais leva em consideração os ômega-3 e 6 presentes na carne dos animais. Já em relação ao resíduo, existem poucos trabalhos que abordam o assunto. A viabilidade comercial desses ácidos graxos extraídos do resíduo de crustáceos requer estudos mais aprofundados (ARCHER; RUSSELL, 2007).

Assim, os itens a seguir tratarão das aplicações atuais em alimentos e na saúde humana dos ômega-3 e 6, extraídos da carne de frutos do mar.

3.3.1 Proteção contra doenças cardiovasculares

Ácidos graxos ômega-3 advindos de frutos do mar podem proteger contra doenças cardiovasculares. Profissionais da saúde e o público em geral estão cada vez mais interessados no seu papel na prevenção e tratamento de doenças coronárias. Atualmente existem vários tratamentos farmacológicos para doenças cardiovasculares, mas diversos profissionais acreditam que intervenções simples na dieta ou suplementos nutricionais podem ser métodos mais naturais de proporcionar esses benefícios (DIN; NEWBY; FLAPAN, 2004).

Nas últimas 3 décadas, pesquisadores têm notado que populações que possuem dietas baseadas na ingestão de grande quantidade de pescados, como os esquimós da Groelândia, população nativa do Alaska e japoneses, possuem baixas taxas de doenças cardiovasculares. Assim, há grandes evidências de que o consumo de peixe ou a ingestão do ácido graxo poli-insaturado ômega 3 pode fornecer efeito cardioprotetor. Este efeito pode estar relacionado ao perfil lipídico, redução dos níveis de triglicerídeos, efeito antiarrítmico, função anti-inflamatória, diminuição da aterosclerose e hipertensão (HE, 2009).

Resultados de muitas metanálises e estudos intervencionais tem demonstrado que o consumo regular de fontes variadas de ácido graxo ômega 3, incluindo óleo de peixe, nozes, óleo de soja e suplementação de concentrados de ômega 3, foi inversamente associado ou promoveram reduções significativas de 30% a 60% na mortalidade causada por doenças cardiovasculares (PSOTA; GEBAUER; KRIS-ETHERTON, 2006).

Estudo em indivíduos hipertensos e normotensos (que possuem pressão arterial normal)

indicam que uma alta dose de ômega 3 pode diminuir significativamente a pressão sanguínea arterial (MORRIS; SACKS; ROSNER, 1993).

3.3.2 Efeito antitumoral



Alguns trabalhos comprovam que o ácido graxo poli-insaturado ômega 3 possui efeito protetor contra alguns cânceres comuns, como o de mama, colorretal e de próstata.

Múltiplos mecanismos são envolvidos nesta atividade quimiopreventiva, incluindo supressão de transformação neoplástica, inibição do crescimento das células e aumento do apoptose, ou seja, morte celular programada (ROSE; CONNOLLY, 1999).

Noventa camundongos fêmeas contaminadas com células de câncer de mama humano foram alimentadas durante 12 semanas com uma dieta rica em ácidos graxos ômega-3. A pesquisa indicou que uma dieta rica em ômega-3 pode suprimir o crescimento de células de câncer de mama humano e metástases em camundongos (ROSE; CONNOLLY, 1993).

Karmali et al. (1987) observaram que camundongos com câncer de próstata alimentados com óleo de peixe apresentaram: (a) inibição significativa no crescimento do tumor; (b) células tumorais em cortes histológicos menores;

(c) conteúdo do tumor menor do que no grupo alimentado com 23,52% de óleo de milho.

Estudo com diferentes proporções de óleo de milho e óleo de peixe na dieta de camundongos revelou um precoce efeito de proteção de

altos níveis de ômega-3 na mucosa do colón, indicando efeito quimioprotetor contra câncer colorretal (DESCHNER et al., 1990).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi exposto neste estudo, o problema de descarte industrial de resíduos é mais relevante quando se trata de material altamente perecível, como é o caso de resíduos de indústrias do processamento de crustáceos. Este tipo de indústria gera uma quantidade significativa de resíduos, cujo descarte no meio ambiente, em longo prazo, pode gerar danos socioeconômicos irreversíveis. Esses impactos ambientais têm aumentado o interesse na utilização de resíduos de diversas indústrias.

O Brasil produziu 57.142 t de crustáceos em 2010 (IBAMA, 2011), e mais de 50% desse valor é considerado resíduo. Sendo assim, é

importante a realização de pesquisas envolvendo estudos sobre a extração de componentes dos resíduos e suas aplicações.

Visto que os resíduos de indústrias de crustáceos possuem compostos de grande interesse, como a quitina, carotenoides e ácidos graxos, cada vez mais faz-se necessário o investimento em pesquisas a fim de aumentar o rendimento da extração destes compostos.

Embora vários estudos já tenham sido realizados, é necessário aprofundar a pesquisa de forma a encontrar métodos que permitam a extração em larga escala e a posterior comercialização para a população.



BY-PRODUCTS WITH TECHNOLOGICAL FROM THE CRUSTACEANS WASTE AND THEIR APPLICATIONS

ABSTRACT

Thousands of tonnes of crustaceans are processed annually, becoming a socio-environmental problem, since in industrialization a large amount of the body of animals, such as carapace, head and feet, is not destined for human consumption and it has a slow degradation, generating a large quantity of highly perishable waste. Crustacean processing waste consists of components such as protein, chitin, fatty acids and carotenoids, which have great commercial interest. This work brings together a series of scientific studies about compounds from the crustaceans waste, such as shrimp, crab, lobster, among others, and their applications in the most diverse areas.

*Keywords: Crustaceans.
Crustaceans Processing Waste.
Chitin. Chitosan. Astaxanthin.
Fatty acids.*

REFERÊNCIAS

- ALMOND, B. A. et al. Efficacy of mitoxantrone-loaded albumin microspheres for intratumoral chemotherapy of breast cancer. **Journal of Controlled Release**, v. 91, n. 1-2, p. 147-55, 2003.
- ANARJAN, N.; TAN, C. P. Developing a three component stabilizer system for producing astaxanthinnanodispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 30, p. 437-447, 2013.
- ARCHER, M.; RUSSELL, D. Crustacea processing waste management. **Seafish Research & Development**, p. 1-23, 2007.
- AZEVEDO, V. V. C. et al. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2.3, p. 27-34, 2007.
- BABU, C. M.; CHAKRABARTI, R.; SAMBASIVARAO, K. R. S. Enzymatic isolation of carotenoid-protein complex from shrimp head waste and its use as a source of carotenoids. **LWT**, v. 41, p. 227-235, 2008.
- BASTOS, D. S. et al. Microencapsulation of cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) juice using a new chitosan-commercialbovine whey protein isolate system in spray drying. **Food and Bioprocess Processing**, v. 90, p. 683-692, 2012.
- BATAILLE, M. P.; BATAILLE, P. F. Extraction of proteins from shrimp processing waste. **Journal Chemistry and Tecnology Biotechnology**, v. 33, n. 2, p. 303 - 208, 1983.
- BATES, C. et al. Plasma essential fatty acids in pure and mixed race American Indians on and off a diet exceptionally rich in salmon. **Prostaglandins Leukot. Med.**, v. 17, p. 77, 1985.
- BENHABILES, M. S. et al. Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimpshell waste. **Food Hydrocolloids**, v. 29, p. 48-56, 2012.
- BOUGH, W. A.; LANDES, D. R. Recovery and nutritional evaluation of proteinaceous solids separated from whey by coagulation with chitosan. **Journal of Dairy Science**, v. 59, p. 1874 - 1880, 1976.
- BUSTOS-GARZA, C.; YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J.; BARRAGÁN-HUERTA, B.E. Thermal and pH stability of spray-dried encapsulated astaxanthin oleoresin from *Haematococcuspluvialis* using several encapsulation wall materials. **Food Research International**, v. 54, p. 641-649, 2013.

CHATTERJEE, S. et al. Clarification of fruit juice with chitosan. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 2229–2232, 2004.

CHUNG, Y. C. et al. Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. **Acta Pharmacology Sinica**, v. 25, p. 932–936, 2004.

CORAL, H. G. et al. Pigmentation of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with oil-extracted astaxanthin from the langostilla (*Pleuroncodes planipes*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 47, p. 237–241, 1997.

DESCHNER, E. E. et al. The effect of dietary omega-3 fatty acids (fish oil) on Azoxymethanol-induced focal areas of dysplasia and colon tumor incidence. **Cancer**, v. 66, p. 2350–2356, 1990.

DIN, J. N.; NEWBY, D. E.; FLAPAN, A.D. Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease—fishing for a natural treatment. **BMJ**, v. 30, p. 328, 2004.

DOMINGUES, R.C.C. et al. Clarification of passion fruit juice with chitosan: Effects of coagulation process variables and comparison with centrifugation and enzymatic treatments. **Process Biochemistry**, v. 47, p. 467–471, 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Development document for effluent limitations guidelines and new source performance standards of the catfish, crab, shrimp, and tuna segment of the canned and preserved seafood processing. P. 36–50. **Office of Water and Hazardous Materials**. EPA-440/1-74-020-a, 1974.

ESTEVINHO, B. N. et al. Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, p. 138–155, 2013.

EVERS, D. J.; CARROLL, D. J. Preservation of crab or shrimp waste as silage for cattle. **Animal Feed Science Technology**, v. 9, p. 233–244, 1996.

FAMINO, A. O. et al. Protein quality of shrimp-waste meal. **Bioresource Technology**, v. 72, n.1, p. 185–188, 2000.

FELIX-VALENZUELA, L.; HIGUERA-CIAPARA, I.; GOYCOOLEA-VALENCIA, F. Supercritical co-ethanol extraction of astaxanthin from blue crab (*Callinectes sapidus*) shell waste. **Journal of Food Process Engineering**, v. 24, p. 101–112, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Statistical Yearbook 2010. Table B.14: Capture fisheries and aquaculture production (2008). Disponível em: <http://zip.net/bxtyJH>. Acesso em: 19 mar. 2016.

GAGNÉ, N. **Production of chitin and chitosan from crustacean waste and their use as a food processing aid**. Montreal, 1993. 121 p. Thesis of Master of Science – McGill University, Department of Food Science and Agricultural Chemistry, 1993.

GORTARI, M. C.; HOURS, R. A. Biotechnological processes for chitin recovery out of crustacean waste: A mini-review. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 16, 2013.

GOYCOOLEA, F. M. et al. Chitin and Chitosan. In: DOXASTAKIS, G.; KIOSSEOGLOU, V. (Eds.). **Novel Macromolecules in Food Systems**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Science, 2000. p. 468.

GROSS, G.J; LOCKWOOD, S. F. Cardioprotection and myocardial salvage by a disodium disuccinateastaxanthin derivative (Cardax™). **Life Sciences**, v. 75, p. 215–224, 2004.

HE, K. Fish, Long-Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Prevention of Cardiovascular Disease—Eat Fish or Take Fish Oil Supplement? **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, p. 95–114, 2009.

HIGUERA-CIAPARA, I. et al. Microencapsulation of astaxanthin in a chitosan matrix. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 41–45, 2004.

HOLMAN, R. T. ω -3 and ω -6 essential fatty acid status in human health and disease. In S. Yehuda & D. I. Mostofsky (Eds.). **Handbook of essential fatty acid biology: Biochemistry, physiology and behavioral neurobiology**, p. 139–182, 1997.

HUANG, J. et al. Antibacterial activity evaluation of quaternary chitin against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 52, p. 85–91, 2013.

HUSSEIN, G. et al. Astaxanthin ameliorates features of metabolic syndrome in SHR/NDmcr-cp. **Life Science**, v. 80, p. 522–529, 2007.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Brasília: Ibama, 2011.

IBRAHIMI, P. et al. Coronary and carotid atherosclerosis: How useful is the imaging? **Atherosclerosis**, v. 231, p. 323–333, 2013.

- JE, J.-Y.; KIM, S.-K. Antimicrobial action of novel chitin derivative. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1760, p. 104 – 109, 2006.
- JEON, Y. J.; KIM, S. K. Antitumor activity of chisan oligosaccharides produced in an ultra-filtration membrane reactor system. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 12, p. 503–507, 2002.
- IWAMOTO, T. et al. Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by astaxanthin. **J. Atheroscler. Thromb.** v. 7, p. 216–222, 2000.
- KARMALI, R. A. et al. The effects of dietary omega-3 fatty acids on the DU-145 transplantable human prostatic tumor. **Anticancer Research**, v. 7, p. 1173–1179, 1987.
- KIM, H.W.; PARK, J.S.; CHEW, B.P. β -carotene and astaxanthin inhibit mammary tumor cell growth and induce apoptosis in mice in vitro, **FASEB J.** v. 15, 2001.
- KIM, S.-K.; RAJAPAKSE, N. Enzymatic production and biological activities of chitosan oligosaccharides (COS): A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, p. 357–368, 2005.
- KOTAKE-NARA, E. et al. Carotenoids affect proliferation of human prostate cancer cells. **The Journal of Nutrition**, v. 131, 3303–3306, 2001.
- KUMAR, M. N. V. R. A review of chitin and chitosan applications. **Reactive & Functional Polymers**, v. 46, p. 1–27, 2000.
- KURITA, K. Controlled functionalization of the polysaccharide chitin. **Progress in Polymer Science**, v. 26, n. 9, p. 1921–1971, nov. 2001.
- LATYSHEV, N. A. et al. Lipids and of fatty acids of edible crabs of the north-western Pacific. **Food Chemistry**, v. 116, p. 657–661, 2009.
- LEFFLER, M. Treasure from trash is there profit in crab waste? **Marine Notes**, March–April, 1997.
- LIAO, F.-H. et al. Chitosan supplementation lowers serum lipids and maintains normal calcium, magnesium, and iron status in hyperlipidemic patients. **Nutrition Research**, v. 27, p. 146– 151, 2007.
- LORENZ, R. T.; CYSEWSKI, G. R. Commercial potential for Haematococcus microalgae as a natural source of astaxanthin. **Trends in Biotechnology**, v. 18, p. 160–167, 2000.
- MEZZOMO, N. **Extração e encapsulamento de compostos com importância tecnológica e biológica proveniente do resíduo de processamento de camarão**. Florianópolis. 216 p. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, 2012.
- MORRIS, M.C.; SACKS, F.; ROSNER, B. Does fish oil lower blood pressure? A meta-analysis of controlled trials. **Circulation**, v. 88, p. 523–533, 1993.
- MOURA, C. et al. Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: Avaliação do processo em escala piloto. **Vetor**, v. 16(1/2), p. 37–45, 2006.
- MUKHOPADHYAY, M. Plant and Animal Lipids In: Natural extracts using supercritical carbon dioxide. **CRC Press**, 2000.
- MUZZARELLI, R. A. A. et al. **Methods for the determination of the degree of acetylation of chitin and chitosan**. In R. A. A Muzzarelli& M. G. Peter (Eds.), Chitin handbook, Italy: Atec. p. 109–119), 1997.
- NAITO, N. et al. Prevention of diabetic nephropathy by treatment with astaxanthin in diabetic db/db mice. **Bio Factors**, v. 20, p. 49–59, 2004.
- NAWANI, N. N.; PRAKASH, D.; KAPADNIS, B. P. Extraction, purification and characterization of an antioxidant from marine waste using protease and chitinase cocktail. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 26, p. 1509–1517, 2010.
- GUERIN, M.; HUNTLEY, M. E.; OLAIZOLA, M. Haematococcusastaxanthin: applications for human health and nutrition. **Trends in Biotechnology**, v. 21, p. 210–216, 2003.
- O'CONNOR, I.; O'BRIEN, N. Modulation of UVA light-induced oxidative stress by bcarotene, lutein and astaxanthin in cultured fibroblasts. **Journal of Dermatological Science**, v. 16, p. 226–230.
- ONOGI, N. et al. Antiproliferative effect of carotenoids on human colon cancer cells without conversion to retinoic acid. **Nutrition and Cancer**, v. 32, 20–24, 1998.
- OSZMIANSKI, J.; WOJDYLO A. Effects of various clarification treatments on phenolic compounds and color of apple juice. **European Food Reserch Technology**, v. 224, p. 755–762, 2007.
- ÖZOĞUL, Y. The possibility of using crustacean waste products (cwp) on rainbow trout (oncorhynchusmykiss) feeding. **Turkish Journal of Biology**, v. 24, p. 845–854, 2000.

PRABU, K.; NATARAJAN, E. Bioprospecting of shells of crustaceans. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, 2012.

PAPAS, A.M. **Antioxidant Status, Diet, Nutrition, and Health**. CRC press, 1998.

PSOTA, T. L.; GEBAUER, S.K.; KRIS-ETHERTON, P. Dietary Omega-3 Fatty Acid Intake and Cardiovascular Risk. **The American Journal of Cardiology**, v. 98, 2006.

QIN, C. et al. Enzymic preparation of water-soluble chitosan and their antitumor activity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 31, p. 111–117, 2002.

QUIRÓS, A. R. B.; COSTA, H. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 97–111, 2006.

RAO, L. et al. Effect of ultrafiltration and fining adsorbents on the clarification of green tea. **Journal of Food Engineering**, v. 102, p. 321–326, 2011.

RINAUDO M.; DOMARD A. Solution properties of chitosan. In: SKJAK-BRAEK, G; ANTHONSEN, T; SANDFORD, P. Editors. **Chitin and chitosan. Sources, chemistry, biochemistry, physical properties and applications**. London and New York: Elsevier, 1989. p. 71–86.

RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. **Progress in Polymer Science**, v. 31, p. 603–632, 2006.

ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Effects of Dietary Omega-3 Fatty Acids on Human Breast Cancer Growth and Metastases in Nude Mice. **JNCI J. Natl. Cancer Inst.**, v. 85, p. 1743–1747, 1993.

_____. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 83, p. 217–244, 1999.

RUNGSARDTHONG, V. et al. Application of fungal chitosan for clarification of apple juice. **Process Biochemistry**, v. 41, p. 589–593, 2006

SACHINDRA, M. N.; MAHENDRAKAR, N. S. Effect of protease treatment on oil extractability of carotenoids from shrimp waste. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 20, p. 22–31, 2011.

SAHENA, F. et al. PUFAS in fish: extraction, fractionation, importance in health. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 8, p. 59–74, 2009.

SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P. et al. Supercritical CO₂ extraction of lipids and astaxanthin from Brazilian redspottedshrimp waste (*Farfantepenaeuspaulensis*). **Journal of Supercritical Fluids**, v. 56, p. 164–173, 2011.

SANTOS, J. E. **Preparação, caracterização e estudos termoanalíticos de bases de Schiff biopoliméricas e seus complexos de cobre**. São Carlos. Tese de Doutorado em Ciências – Área Química Analítica - Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2004.

SHAHIDI, F.; SYNOWIECKI, J. Isolation and Characterization of Nutrients and Value-Added Products from Snow Crab (*Chionoecetesopilio*) and Shrimp (*Pandalus borealis*) Processing Discards. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 9, p. 1527–1532, 1991.

SKULBERG, O. M. Bioactive chemicals in microalgae. In: RICHMOND, A. (ed.). **Handbook of Microalgae Culture: biotechnology and applied phycology**. Oxford: Blackwell Science, p. 485–512, 2004.

SONG, Y. et al. Drug release and antitumor characteristics of N-succinyl-chitosanmitomycin C as an implant. **Journal of Controlled Release**, v. 42, p. 93–100, 1996.

SUZUKI, K. et al. Antitumor effect of hexa-N-acetylchitohexaose and chitohexaose. **Carbohydrate Research**, v. 151, p. 403–408, 1986.

TOKORO, A. et al. Growth inhibitory effect of hexa-N-acetylchitohexaose and chitohexaose and Meth-A solid tumor. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 36, p. 784–790, 1998.

TRABELSI, I. et al. Encapsulation in alginate and alginate coated-chitosan improved the survival of newly probiotic in oxgall and gastric juice. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 61, p. 36–42, 2013.

YOUNES, I. et al. Chitin and chitosan preparation from shrimp shells using optimized enzymatic deproteinization. **Process Biochemistry**, v. 47, p. 2032–2039, 2012.

ZHANG, J. et al. A comparative study on hypolipidemic activities of high and low molecular weight chitosan in rats. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 51, p. 504–508, 2012.

Data de recebimento: 28/07/2015

Data de aprovação: 13/12/2016

SOBRE OS AUTORES



Sara Albino Antunes Valcareggi

Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Santa Catarina - UDESC (2010) e Mestra

na mesma área pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Atualmente é doutoranda em Engenharia de Alimentos na UFSC, com o projeto de pesquisa “Extração e caracterização de compostos obtidos a partir do resíduo do processamento de siri-azul (*Callinectes sapidus*)” e ministra aulas no curso de Aprendizagem Industrial de Operador de Alimentos no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Santa Catarina (SENAI). Atua na área de tecnologia supercrítica e encapsulamento de compostos bioativos no Laboratório de Termodinâmica e Extração Supercrítica (LATESC), no Departamento de Eng. Química e Eng. de Alimentos da UFSC.



Sandra Regina Salvador Ferreira

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela UFSC (1987), mestra em Engenharia de

Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1991) e doutorada em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP (1996). Ingressou como professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 1996. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Engenharia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: extração supercrítica, dióxido de carbono, óleos essenciais e atividades biológicas. Publicou vários artigos em revistas especializadas e participa de inúmeros projetos de pesquisa e de cooperação. Dentre as atividades administrativas, destaca-se a atuação como Diretora do Departamento de

Integração Acadêmica e Profissional da Pró-Reitoria de Ensino de Graduação da UFSC (3 anos), como Coordenadora de Curso de Graduação (4,5 anos) e como vice-coordenadora de Pós-Graduação (4,5 anos). Atualmente desempenha a função de sub-chefe do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC.



Haiko Hense

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná (1981), mestrado em Engenharia de Alimentos pela

Universidade Estadual de Campinas (1990) e doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Técnica de Hamburgo-Harburg - Technische Uni. Hamburg-Harburg (1997). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Operações de Separação e Mistura, atuando principalmente nos seguintes temas: supercritical fluid extraction (extração supercrítica) de antioxidantes naturais, condimentos, óleos essenciais e congelamento de alimentos.
