



QUITOSANA: UM AMINO POLISSACARÍDIO COM CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

César DAMIAN*

Luiz Henrique BEIRÃO*

Alicia de FRANCISCO*

Milton Luiz Pinho ESPÍRITO SANTO**

Evanilda TEIXEIRA*

■ **RESUMO:** A obesidade pode ser vista como um excesso de adiposidade que leva riscos à saúde. Este risco, incorrido pela pessoa obesa, é provavelmente contínuo com o aumento da adiposidade. A saúde começa a ser afetada com um excesso de 20 % do peso. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a obesidade está aumentando para proporções epidêmicas em países ocidentais e subdesenvolvidos ao redor do mundo. O crescimento epidêmico é predominantemente maior nas classes menos favorecidas. A obesidade leve (sobrepeso entre 10 e 25 %) acarreta aumentos no risco para a morte prematura, diabetes, hipertensão, arteriosclerose e certos tipos de cânceres, estando associadas 44 diferentes doenças. Em função das conseqüências à saúde, a prevenção e o tratamento do sobrepeso e obesidade, seriam de grande interesse da população. Na maioria das sociedades industrializadas, recomenda-se que os consumidores reduzam sua ingestão de energia e gordura a 30 % ou menos do total de calorias. A produção de alimento com baixo valor calórico inclui produtos cárneos com reduzido teor de gordura. O teor de gordura dos produtos cárneos como salsichas e mortadelas, apresentam propriedades funcionais específicas, capaz de interferir nas características sensoriais relacionadas com o sabor e a textura.

■ **PALAVRAS-CHAVE:** Obesidade; triglicerídios; quitina; quitosana.

Introdução

O excesso de gordura corporal é, atualmente, considerado um importante fator de risco para a saúde e, mais especificamente, a doenças cardiovasculares. Isto porque, além de predispor a várias doenças crônico-degenerativas, assume proporções epidêmicas em alguns países e crescimento rápido e progressivo em outros. Os dados da Organização Mundial de Saúde – OMS, que incluem 96 países, mostram uma prevalência global de obesidade de 8,2 % contra 5,8 % de subnutrição, com diferenças proporcionais marcantes, de acordo com estágio

de desenvolvimento econômico dos países. Assim, a prevalência de obesidade varia de 1,8 % nos países mais pobres a 17,1 % nas economias em transição, entre as quais, se situa o Brasil, e, até 20,4 % nas economias mais desenvolvidas, as chamadas economias de mercado como os Estados Unidos, país que lidera os índices de prevalência de sobrepeso e obesidade. Mais da metade dos americanos (57,3 milhões) acima de 20 anos apresenta sobrepeso (77,7 %) e obesidade (22,3 %), correspondendo a 39,8 milhões; a taxa de sobrepeso é maior entre os homens (39,9 %) e a de obesos, entre as mulheres (57,8 %) ²¹.

Nos últimos trinta anos, a incidência de crianças e adultos obesos aumentou drasticamente nas nações industrializadas, causando significantes conseqüências físicas e econômicas ³³.

Alguns índices mencionados por Guimarães ²¹ diferem dos pesquisados por outros autores a exemplo de Cotta ¹⁰, quando especifica que, nada menos que 60 % dos norte-americanos têm problemas com o excesso de peso, mais de 30 % são obesos e, o Brasil segue o mesmo caminho. De 10 a 15 % dos brasileiros são obesos e, destes, 5 a 6 % obesos mórbidos. Isto significa que de 1,5 a 2 milhões de pessoas estão na faixa da obesidade mórbida. Em matéria de obesidade, o Brasil nos próximos anos, pode acompanhar os Estados Unidos. Ou seja, estima-se que na próxima década cerca de 60 % da população brasileira estará mais pesada do que deveria. Um dos motivos seria a alimentação inadequada, os *fast-foods*, pela comodidade e modismo. A adequação nutricional é uma das necessidades básicas de saúde para os adolescentes poderem desenvolver todo o seu potencial biológico associado ao crescimento e desenvolvimento. O excesso de peso corporal, em particular, a obesidade, tem sido reconhecido como um problema brasileiro, acarretando prejuízos à saúde que incluem desde dificuldades respiratórias, problemas dermatológicos do aparelho locomotor até o favorecimento de enfermidades potencialmente letais, as cardiovasculares, diabetes não-insulino dependente e certos tipos de cânceres.

Diversos endocrinologistas mencionam a existência acentuada de crianças obesas no Brasil, elas representavam em 1998 cerca de 13,9 % da população de uma faixa-etária entre 6 e 9 anos, mas que, as pesquisas recentes revelam um aumento de 50 % neste percentual, o que ainda não é

*Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - 88034-001 - Florianópolis - SC - Brasil.

** Departamento de Química - Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG - 96200-260 - Rio Grande - RS - Brasil.

um dado oficial. O crescimento de crianças obesas é visto por organismos internacionais como uma espécie de epidemia, verificada principalmente em países mais populosos, como estados Unidos, Rússia, China e Brasil. Tratar a obesidade infantil requer mudanças de hábitos alimentares, inclusão de exercícios na rotina da criança e dietas balanceadas. O uso de fitoterápicos para o controle de peso de crianças e adolescentes pode ser feito com os princípios ativos da garcínia, que promovem a perda de peso através da inibição da lipogênese, redução da formação de tecido adiposo. Outros componentes coadjuvantes, utilizados neste sentido, é o cromo, metal fundamental para o metabolismo do açúcar no organismo e o aminoácido carnitina, um importante oxidante de gorduras com propriedades termogênicas, que auxilia na queima de tecido adiposo, e ainda o ácido lipóico, que atua como fonte antioxidante por agir na fluidez das membranas das células melhorando assim o aproveitamento da glicose sanguínea e auxiliando na perda de peso³.

De acordo com Walzem⁵⁸, as pesquisas têm mostrado, de forma repetitiva, que a dieta é um dos fatores mais significativos que influenciam o risco e a gravidade da maioria das doenças associadas a distúrbios metabólicos. Os mecanismos associados a esses efeitos iniciam ou promovem as doenças como o câncer, obesidade, diabetes e osteoporose. Estrategicamente, a prevenção destas doenças é obtida através de mudanças de hábitos ao longo de um determinado tempo e, isto inclui exercícios físicos, observação de princípios higiênicos, eliminação do hábito de fumar e mudanças na dieta.

Os alimentos funcionais apresentam grandes propriedades nutricionais em combinação com componentes moleculares biologicamente ativos que previnem os distúrbios metabólicos causadores de morte ou doenças crônicas. Entretanto, para que o agente tenha efeito na prevenção da doença, é necessária uma tomada de medidas criteriosas na formulação do alimento que deve ser específica para cada tipo de consumidor. Há necessidade de se realizar o acompanhamento durante todo o processo de consumo avaliando seus resultados. Assim que, são realizados vários esforços no sentido da caracterização e utilização de matérias-primas naturais e compostos que afetam o metabolismo e são capazes de promover os benefícios desejados³.

Na avaliação desta complexa situação, há uma grande tendência para o desenvolvimento de produtos "saúdáveis". Assim que, estes produtos devem possuir, no mínimo, uma das seguintes características: composição modificada ou condições de processamento que previnem ou limitem a presença de certos componentes potencialmente nocivos e/ou a possibilidade de inclusão de certas substâncias com subseqüentes benefícios associados à saúde humana^{8,33}.

Na União Européia, embora as alegações de propriedades funcionais estejam proibidas, existe um projeto extensivo de revisão das leis relacionadas aos alimentos como um todo. Paralelamente, para cada país da comunidade, tais como Bélgica, Holanda, Reino Unido e

Suécia, foram elaboradas normas próprias baseadas em consensos entre os cientistas, autoridades governamentais e indústrias⁵⁹.

Embora alimentos funcionais e orgânicos sejam igualmente de qualidade reconhecidamente superior, é importante mencionar que as propriedades funcionais de um alimento nada têm a ver com o seu sistema de produção. Existem alimentos funcionais produzidos de forma convencional com agrotóxicos e fertilizantes altamente solúveis e, de modo agro-ecológico. A grandeza deste mercado no comércio internacional, somente em 1999 foi da ordem de 32 bilhões de dólares, com previsões de chegar a 54 bilhões em 2005. Uma maior regulamentação e um controle e comunicação baseado em um alto padrão de pesquisas científicas, ajudarão a reconstruir a confiança de consumidores e produtores na manutenção de uma cadeia de alimentos mais saudáveis, segura e eticamente correta⁴.

Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo derivado da quitina e, tem sido tradicionalmente usada nos países orientais para o tratamento de queimaduras e cicatrização de feridas⁶. A quitosana foi isolada em 1859 pelo aquecimento da quitina em solução concentrada de hidróxido de potássio, resultando na sua desacetilação¹⁸.

Apresenta em maior proporção, na cadeia polimérica, unidades de β - (1-4) - 2 - amino - 2 - desóxi - D - glicose e, um menor número de unidades de β - (1-4) - 2 - acetamido - 2 - desóxi - D - glicose da quitina. Possui semelhança na sua estrutura química com a celulose, porém exibe propriedades diferenciadas devido à presença dos grupos amínicos. Pode ser encontrada naturalmente na parede dos fungos, especialmente nas espécies do gênero *Mucor*. A maior fonte disponível de quitosana é a partir da desacetilação da quitina⁴³.

Embora a estrutura da quitosana seja representada como um homopolímero, a operação de desacetilação é raramente completa e a maioria dos produtos comerciais é de copolímeros compostos por unidades repetidas de quitosana e quitina alternadamente⁶.

Os maiores produtores de quitina e quitosana (Estados Unidos e Japão) têm aumentado nos últimos anos a produção desses polímeros naturais em consequência do aumento da sua utilização nas diferentes aplicações, principalmente na indústria de alimentos, quelação de metais e produção de membranas simétricas para separação de gases¹⁵.

A quitosana se caracteriza por possuir grupos amínicos livres, pela solubilidade em soluções ácidas, insolubilidade em pH superior a 6,5, insolubilidade em H₂SO₄, baixa solubilidade em H₃PO₄, insolubilidade em solventes orgânicos e grupos amínicos protonados (-NH₃⁺), solubilidade em pH inferior a 6,5, capacidade de formar soluções viscosas com formação de geleificação com poliânions e de se solubilizar em misturas de água e álcool³⁶.

Síntese e purificação

A quitosana, polímero constituído por unidades de β - (1,4) - 2 - amino - 2 - desóxi - D - glicopirano, foi sintetizada a partir da reação de hidrólise básica da quitina²⁹.

O método mais comum está baseado na utilização da quitina pré-purificada, imersa em solução de NaOH 50 % (p/v) na proporção de 1:4 (p/v) com agitação mecânica e aquecimento a 80°C por 3 horas, resfriada por 12 horas, filtrada, novamente tratada com NaOH a 50 % (p/v), aquecida e agitada por 3 horas, resfriada por 12 horas, filtrada, lavada e seca em estufa a 60°C³⁷.

O peso molecular da quitina é geralmente maior que 1.000.000 Dalton enquanto que a da quitosana comercial atinge 100.000 a 1.200.000 Dalton. Entretanto, durante a produção, condições severas como altas temperaturas, oxigênio dissolvido e pressão, podem conduzir à degradação da quitosana, desconfigurando a estrutura molecular e, por conseguinte, o peso molecular. O peso molecular da quitosana pode ser determinado por cromatografia líquida ou viscosimetria. A viscosimetria é o método mais simples e rápido, embora esta metodologia não esteja sempre relacionada com sua viscosidade devido à presença de partículas coloidais³⁵.

O método viscosimétrico é, entretanto, amplamente utilizado para a determinação do peso molecular relativo. A viscosidade da quitosana em dispersão é influenciada por muitos fatores, tais como: grau de desacetilação do polímero, peso molecular, concentração, força iônica, pH e temperatura. Geralmente com o aumento da temperatura, a viscosidade da dispersão polimérica diminui. Contudo, a mudança do pH na dispersão polimérica pode levar a diferentes resultados, dependendo do tipo de ácido empregado. Com ácido acético, a viscosidade da quitosana tende a aumentar com a diminuição do pH, enquanto que, com ácido clorídrico, a viscosidade diminui³⁰.

A quitosana comporta-se como um polieletrólito catiônico moderadamente básico ($pK_a = 6,3$) formando sais com ácidos. Isto é definitivamente uma vantagem em comparação com a celulose, a qual, para exibir propriedades de troca iônica precisa ser convertida quimicamente em derivados contendo agrupamentos químicos apropriados. Além disso, a presença de grupos amínicos primários na quitosana oferece maiores possibilidades de modificações, tais como N-acilação e N-alquilação. A quitina e a quitosana são comercialmente importantes devido a sua alta porcentagem de nitrogênio (6,89 %) se comparada com a celulose substituída sinteticamente (1,25 %)⁴³.

Solubilidade

A quitosana é insolúvel em água, em solventes orgânicos e em bases, mas é solúvel na maioria das soluções de ácidos orgânicos com pH inferior a 6. O ácido acético e o fórmico são os mais usados para a solubilização da quitosana. Alguns ácidos inorgânicos diluídos, tais como: ácido nítrico, clorídrico, perclórico e fosfórico, também

podem ser usados para preparar uma dispersão da quitosana, mas somente após prolongada agitação e aquecimento. Misturas como dimetilformamida com tetróxido de dinitrogênio numa proporção de 3:1 também podem ser utilizados como solventes. Quitosanas com um grau de desacetilação (50 %), são solúveis em água quando obtidas em condições homogêneas e insolúveis quando obtidas em condições heterogêneas. Esse efeito na sua solubilidade é provavelmente devido à diferença na estrutura do polímero, causado por diferentes condições de reação. A quitosana obtida por hidrólise homogênea apresenta uma estrutura com unidades de N - acetil-D-glucosamina e D-glucosamina distribuídas ao acaso na cadeia polimérica. Entretanto, o produto da hidrólise heterogênea apresenta uma estrutura em blocos, ou seja, em unidades N - acetil-D-glucosamina e D-glucosamina, formando a cadeia. Essa diferença na seqüência das unidades monoméricas também está relacionada com a menor cristalinidade do polímero obtido em condições homogêneas¹⁶.

A quitina é um sólido cristalino, insolúvel em água, solventes orgânicos, ácidos diluídos e em álcalis. Dissolve-se em ácidos minerais concentrados com simultânea degradação do polímero. Um dos solventes mais utilizados para a quitina é N,N - dimetilacetamida contendo 5% de cloreto de lítio. Contudo, a quitina também pode ser dispersa em uma solução concentrada e aquecida de tiocianato de lítio e ser submetida a uma nova precipitação em álcool, acetona ou água³⁴.

Sua solubilidade em alguns solventes está relacionada com o tipo de matéria-prima utilizada para sua obtenção. A β -quitina obtida das cascas de siri, camarão e caranguejo é solúvel em solventes do tipo hexafluoroisopropanol e hexafluoroacetona e é completamente solúvel em cloroálcoois associados a soluções aquosas de ácidos minerais ou ácidos orgânicos⁶.

Devido à presença de grupos amínicos, a quitosana é considerada mais versátil quimicamente do que a celulose. Esses grupos conferem a quitosana, solubilidade em uma faixa específica de pH (≈ 6), em solventes como ácidos orgânicos diluídos (acético e fórmico) e ácidos inorgânicos, para originar soluções viscosas. Conferem propriedades como polieletrólito e agente quelante e também com possibilidade de formação de filmes, fibras e membranas⁵⁵.

A quitosana possui peso molecular na ordem de $1,5 \times 10^5$ Dalton, grau de polimerização entre 600 e 1.800 e uma extensão entre 60 e 80 % de desacetilação, sendo que, em solução a 1% (p/v) de ácido acético apresenta uma viscosidade entre 250 e 2.500 cps. Quitina e quitosana são degradadas por vários lisozimas, as quais estão amplamente distribuídas em plantas e animais¹⁸.

Degradação térmica

Quando polímeros são aquecidos a temperaturas mais elevadas, várias mudanças físico-químicas podem ocorrer como a formação de gases, líquidos e mudanças de coloração. A degradação térmica é uma reação que envolve

a ruptura das ligações das cadeias principais e secundárias. A habilidade do polímero em resistir à decomposição química causada pelo aquecimento a altas temperaturas é chamada de estabilidade térmica. A estabilidade térmica é geralmente caracterizada pela temperatura na qual a decomposição do polímero se torna perceptível pela formação de produtos e cinética do processo. Um dos fatores determinantes da estabilidade térmica do polímero é a energia das ligações da cadeia principal³¹.

A ligação C-C é uma das mais resistentes à degradação térmica. A presença de átomos de hidrogênio na molécula do polímero diminui a energia entre a ligação C-C, motivo pelo qual os hidrocarbonetos com elevada massa molecular e seus derivados possuem comparativamente baixa estabilidade sendo facilmente degradados com o aquecimento a temperaturas mais elevadas. Quitina e quitosana, quando aquecidas a temperaturas mais elevadas sofrem degradação. Os termogramas da quitina e quitosana, realizados por calorimetria de análise térmica diferencial e termogravimétrica mostraram um efeito endotérmico a 60°C, seguido por resistentes efeitos exotérmicos entre 280 e 480°C. A estabilidade térmica da quitina aumenta com o grau de acetilação. Quando a forma acetilada prevalece, o efeito exotérmico aparece em 320°C, enquanto que, na forma desacetilada o efeito ocorre a 280°C⁴².

Grau de desacetilação

O grau de desacetilação (GD) é uma das características mais importantes da quitosana. Ele determina o conteúdo de grupos amínicos livres no polissacarídeo diferenciando-o da quitina e influenciando principalmente a sua solubilidade. Para a produção de quitosana, a quitina bruta é desacetilada com hidróxido de sódio 40 -50 % na temperatura de 110 -115°C⁴³.

A quitosana possui propriedades que podem variar amplamente, tais como: pureza, viscosidade, grau de desacetilação, peso molecular e estrutura polimorfa devido às diversas variáveis de processamento, entre elas, temperatura, tempo de reação e composição dos reagentes, influenciando as características do produto final. Preparações comerciais de quitosana têm valores com peso molecular entre 10⁴ e 10⁵ Dalton. Do ponto de vista ecológico, a produção de quitina e quitosana acarretam menos problemas do que a produção de celulose por requererem tratamentos com produtos químicos relativamente perigosos. Os produtos secundários obtidos, como acetato de sódio, carbonato de cálcio e determinados pigmentos podem ser reaproveitados. O grau de desacetilação pode variar entre 70 e 95 %, dependendo da metodologia utilizada. É importante considerar que a desacetilação da quitina em atmosfera inerte produz quitosana com maior viscosidade do que a desacetilação ao ar atmosférico^{29, 30}.

A literatura descreve vários métodos para a avaliação do conteúdo dos grupos amínicos livres na quitosana.

Muzzarelli³⁸, utilizou aldeído salicílico e tratamentos prolongados com solução concentrada de NaOH, obtendo uma completa N-desacetilação com degradação do produto. Menciona, ainda, tratamento da quitina com 40% de NaOH por 4 horas a 110°C. Tempos prolongados ou altas temperaturas aumentam a porcentagem de desacetilação e reduzem o tamanho da molécula.

Hayes & Davies²² desenvolveram um método potenciométrico em que o polímero é dissolvido em um excesso de HCl 0,3 M e diluído em um grande volume de água destilada para permitir uma boa dispersão do precipitado formado após ter sido efetuada a titulação com NaOH. A curva de titulação apresenta dois pontos de inflexão; o primeiro é a neutralização do HCl utilizado na dissolução do polímero e o segundo, a desprotonação dos grupos amínicos correspondente a diferença entre os volumes relacionados com a quantidade de NaOH necessária para desprotonar os grupos amínicos.

Moore & Roberts³⁴, trabalhando com a obtenção de quitosana, reagiram os grupos amínicos livres do polímero com aldeído salicílico na proporção 3:1, isto é, 3 mol de aldeído por 1 mol de NH₂. A quantidade de aldeído salicílico consumido foi determinada por análise espectroscópica da solução inicial e final, determinando assim o conteúdo dos grupos amínicos. Domszy & Roberts¹⁴, propuseram a técnica da espectroscopia de infravermelho para determinação do grau de N-acetilação da quitosana.

Métodos para detectar a remoção dos grupos acetila na quitosana incluem espectroscopia de infravermelho, titulação potenciométrica, cromatografia gasosa, reação calorimétrica com ninhidrina e adsorção de corantes^{14, 49, 52}.

Muzzarelli & Rocchetti³⁶ sugeriram que a espectrofotometria de UV a 199 nm é o melhor método para determinar o grau de desacetilação em amostras de quitosana. Com esta técnica, a leitura de absorvância de N-acetilglicosamina é linearmente dependente da concentração e não é influenciada pela presença de ácido acético.

O conteúdo de acetila pode ser determinado por espectroscopia (NMR ou infravermelho), potencimetria, titulação química ou enzimática e, por cromatografia gasosa. O próton do grupo N-acetila permite, através da espectroscopia de NMR, a determinação do grau de desacetilação. O método da titulação apresenta certas dificuldades para quitina parcialmente insolúvel com alto conteúdo de N-acetila devido à demora na decomposição do polímero. A análise espectroscópica do infravermelho parece ser mais adequada devido a sua rapidez e eficiência^{13, 34}.

Aplicações industriais

A quitosana apresenta propriedades antimicrobianas e estimulantes do sistema imune, as quais são manifestadas na aceleração de cicatrização de feridas⁴³. Outras propriedades que estão presentes na quitosana incluem: inibição de células tumorais, efeito antifúngico, atividade antiácida e antiúlcera, ação hemostática e hipocolesterolêmica^{27, 30}.

A afinidade da quitosana por biomoléculas tem sido utilizada para reduzir efeitos adversos de medicamentos. Ouchi et al.³⁹ ligaram covalentemente um antineoplásico, 5-fluorouracila, com espaçador hexametileno via ligação carbamóil. Nos experimentos *in vivo*, a quitosana direcionou o fármaco, exibindo um aumento no efeito inibitório contra as células tumorais sem apresentar toxicidade aparente.

A quitosana tem atraído a atenção como uma matriz para a liberação controlada de fármacos devido a sua decomposição por enzimas e apresentarem produtos de degradação não tóxicos. A insolubilidade da quitosana em água e em alguns solventes orgânicos limita seu uso como suporte de drogas. Também está sendo utilizada para fabricação de membranas para hemodiálise, materiais odontológicos e biomembranas artificiais para a encapsulação de enzimas³⁸.

Na indústria alimentícia, a quitina, através da pirólise, forma importantes aromatizantes, como a pirazina. Está presente em vários alimentos e é identificada como componente aromatizante⁵⁵.

A quitina e seus derivados possuem grande aplicação como agentes texturizantes e estabilizantes na fabricação de sorvetes e pães com alto teor de fibras. Na biomassa, a quitosana tem sido utilizada como coagulante polieletrólítico e como agente floculante para a recuperação de proteínas a partir do processamento de resíduos de alimentos².

Com relação à atuação da quitosana em emulsões, Schulz⁵¹ desenvolveu pesquisas relacionadas com a sua solubilização em ácidos fracos e calcularam o seu HLB (Balanço Hidrofílico-Lipofílico). Como foram obtidos valores elevados para o HLB, concluíram que a quitosana pode atuar como um bom estabilizante em emulsões óleo-água. Observaram também que, a quitosana protege a interface da emulsão contra a convalescença e contribui com a estabilidade mecânica e eletrostática. Jumaa & Muller²⁵ prepararam emulsões combinando quitosanas unidas a outros polímeros e testaram a resistência em autoclave. Os resultados indicaram que houve a formação de um filme, com os dois polímeros na composição, na interface óleo-água. A filtração não pôde ser feita devido ao grande tamanho das suas partículas. As emulsões preparadas com a combinação quitosana-polímero mostraram adequada estabilidade durante o processo de autoclavagem.

Na emulsificação de óleo de girassol utilizando quitosana solubilizada em um ácido fraco, Del Blanco et al.¹² verificaram que há influência do grau de desacetilação na qualidade das emulsões formadas. E, os resultados dos experimentos indicaram que, a faixa entre 81 a 88 % de GD formaram as melhores emulsões. Isto pode ser explicado, partindo do princípio de que, se um emulsificante for muito lipofílico, algumas moléculas tendem a migrar para o óleo resultando em uma película descontínua e falha na interface.

Em emulsões cárneas, Youn et al.⁶¹, adicionaram quitosana em salsichas produzidas com carne bovina para estudar o efeito relacionado com a qualidade e armazenamento. Ao adicionarem quitosana em quantidade superior a 0,2 % (v/v), houve um aumento do tempo de

armazenagem. O tempo de armazenamento foi mantido mesmo adicionando-se 50 % (v/v) do volume normalmente utilizado de nitrito de sódio. A cor vermelha também foi intensificada com a adição de quitosana. Os autores concluíram que, a adição de quitosana com peso molecular de 30.000 Dalton melhorou significativamente a qualidade e tempo de estocagem das salsichas. O desenvolvimento de tecnologias baseadas na utilização de derivados da quitina é devido às suas propriedades polieletrólíticas, a presença de grupos funcionais reativos, a habilidade de formação de gel, elevada capacidade de adsorção, biodegradabilidade, efeito bacteriostático e características fungicidas. A quitina é obtida por processo industrial a partir de carapaças de crustáceos e parede celular de espécies de fungos. Tradicionalmente, a quitina é isolada de carapaças de crustáceos com desmineralização com ácido diluído e desproteínização através de um álcali aquecido. A quitina é convertida em quitosana por desacetilação com solução de NaOH concentrada. Isto causa mudanças no peso molecular e no grau de desacetilação do produto e, ainda, na redução dos valores nutricionais (degradação proteica).

Estudos mostram que a quitina é resistente a desacetilação enzimática. Entretanto, a quitina parcialmente desacetilada por tratamentos químicos pode ser, ainda, processada por processo enzimático (enzimas desacetilases). A eficiência da desproteínização depende da origem do crustáceo e das condições de processamento. O tratamento enzimático remove mais do que 90 % da proteína e carotenóides do camarão no processo por arraste com vapor⁵³.

Roller et al.⁴⁷ desenvolveram estudos relacionados com novos sistemas de preservação de salsichas a partir da carne de suíno baseado na combinação de quitosana, carnocina (bacteriocina produzida pela *Carnobacterium piscicola*) e alta concentração de sulfito. Os estudos mostraram que 0,6 % de quitosana combinada com reduzido teor de sulfito (170 ppm) retarda o crescimento de microrganismos deterioradores (3 a 4 Log UFC g⁻¹) em detrimento da utilização de altos níveis de sulfito (340 ppm). A contagem microbiana das salsichas congeladas mostrou que, a eficiência do sistema preservativo quitosana/sulfito se manteve na estocagem do produto congelado. A carnocina não evita a deterioração da salsicha, mas, como componente participante do sistema de biopreservação, reduz a contagem de *Listeria innocua* em 2 Log UFC g⁻¹ nos primeiros 5 dias de estocagem sob refrigeração. Comparando os tratamentos, o sulfito é degradado rapidamente nos três primeiros dias de estocagem em todas as amostras de salsicha que contém apenas este preservativo. Os níveis se reduzem rapidamente, porém, persistem por mais tempo na presença da quitosana. Os resultados das análises descritivas quantitativas de 31 analistas sensoriais refletiram a gradual deterioração de todas as amostras de salsicha durante a estocagem.

Salsichas produzidas na Inglaterra, com carne de suínos contém 60 % de carne, gordura, amido e condimentos dissolvidos em molho a base de proteínas colagenosas. Na Inglaterra, o metabissulfito de sódio é utilizado na inibição

da microbiota deterioradora da salsicha crua para assegurar a vida de prateleira durante 15 dias à temperatura de refrigeração. O sulfito é um agente seletivo; inibe o crescimento de bactérias Gram-negativas permitindo a atividade da microbiota fermentativa (bactérias Gram-positivas e leveduras). Estas últimas são responsáveis pela produção de acetaldeído ocasionando a inativação do sulfito, causando uma redução na atividade antimicrobiana⁴⁸.

Byun et al.⁵ pesquisaram as propriedades qualitativas das salsichas de suínos preparadas com quitosana com alto peso molecular. As salsichas foram embaladas a vácuo e estocadas a 4°C por 3 semanas. Os resultados mostraram que, não houve diferença de crescimento microbiano entre as amostras com a adição de quitosana e o controle ($p > 0,05$). Em comparação, com o controle, durante as três semanas de estocagem, a oxidação de lipídios foi inferior nas amostras de salsicha produzidas com quitosana com elevado peso molecular. Os testes sensoriais não mostraram diferenças na coloração, sabor, textura e aceitação para consumo, assim como, as análises de textura por instrumentação também não mostraram diferenças significativas.

Efeitos no trato gastrointestinal

A indigestibilidade no trato gastrointestinal superior, alta viscosidade, natureza polimérica e baixa afinidade pela água no trato gastrointestinal inferior são fatores responsáveis pelo efeito hipocolesterolêmico da dieta fibrosa. A quitosana atende a maioria destes critérios e tem uma característica específica em relação a outras fibras; *in vitro*, pode ligar-se a uma variedade de ânions, como ácidos biliares e ácidos graxos livres em soluções com pH reduzido através das ligações iônicas resultantes dos grupos amínicos²⁰.

O mecanismo de inibição do colesterol e absorção dos triglicerídios pela dieta fibrosa não é muito bem definido. Vários mecanismos são sugeridos: a redução do esvaziamento gástrico e tempo de trânsito intestinal, a absorção de sais biliares e, conseqüentemente a inibição da solubilidade micelar do colesterol e digestão de glicerídeos, a redução da acessibilidade das micelas na superfície das células absorventes do intestino, particularmente pelas fibras viscosas e, a alteração crônica da secreção de enzimas e função fisiológica das células absorventes do intestino²³.

Considerando a viscosidade da goma-guar, celulose e quitosana, Ikeda et al.²³ verificaram que, a quitosana foi a mais efetiva na redução da absorção de colesterol. Alguns autores mencionam que o grau de polimerização da unidade de glicosamina é o maior determinante da viscosidade e está diretamente ligado ao peso molecular da molécula. Embora não existam evidências claras sobre a efetividade da viscosidade no efeito hipocolesterolêmico, parece que algum grau de polimerização é requerido para provocar esta atividade²⁰.

A adição de ácido ascórbico em uma solução de quitosana acidificada com HCl diminuiu a viscosidade, indicando que a inibição da digestão de gorduras pela

quitosana se deve a sua mobilidade no estômago e ao abaixamento do pH em meio ácido²⁶. Neste estudo, foi sugerido um mecanismo para a diminuição da digestibilidade das gorduras pela ação da quitosana associada ao ácido ascórbico; a quitosana, solúvel no suco gástrico, é misturada com as gorduras da dieta no estômago e emulsificada pelo ácido ascórbico. Quando a mistura entra em contato com o suco pancreático (meio alcalino), gotículas de óleo absorvem o gel de quitosana que são excretadas através das fezes.

Kanauchi et al.²⁶ e Ventura⁵⁷ estudando os mecanismos de ação da quitosana no sistema digestivo e concluíram que a solubilização pelo ácido gástrico é imprescindível para a emulsificação das gorduras. No estômago, a quitosana torna-se um sal solúvel com capacidade de reagir com o ácido clorídrico, ácidos biliares e orgânicos, interferindo na emulsificação de gorduras. Como a quitosana torna-se insolúvel em pH próximo a 6,3, no intestino ela precipita e forma agregados com ácidos graxos, colesterol e gorduras.

Devido ao fato da quitosana ligar-se a ácidos graxos, é possível preparar complexos utilizando determinados ácidos, como o oléico, linoléico ou palmítico. O complexo poderá ligar lipídios adicionais no intestino, provavelmente devido a sua alta característica hidrofóbica. Uma boa parte destes lipídios ligados poderão ser absorvidos e excretados antes de serem metabolizados^{19, 20}.

Ventura⁵⁶ e Veneroni⁵⁷ conduziram diferentes experimentos para determinar o efeito de uma nova dieta com quitosana em pacientes obesos. Eles foram divididos em dois grupos: um foi tratado com dieta hipocalórica e quitosana e o outro com a mesma dieta do primeiro e placebo por quatro semanas. Ao final do período de estudos, foram observados em ambos os grupos uma redução estatisticamente significativa no peso corporal e sobrepeso, nos níveis de triglicerídios, colesterol total e colesterol LDL mas, naquele tratado com quitosana, as diferenças de valores foram estatisticamente superiores que o do placebo. Do resultado obtido, a dieta com administração de quitosana parece apresentar um tratamento mais adequado para tratar o sobrepeso e hiperlipidemia em indivíduos obesos. Outro estudo conduzido por Goosen²⁰ obteve dados de efeitos da dieta com quitosana em homens adultos. A fibra foi administrada na forma de biscoito por um período de estudo de quatro semanas. Quando a quitosana foi adicionada na dieta (3 a 6 g/dia), o nível sérico de colesterol total diminuiu significativamente, enquanto o de lipoproteína de alta densidade aumentou quando comparado com os níveis encontrados antes da ingestão.

Wright et al.⁶⁰ observaram que, substituindo a gordura saturada por insaturada numa dieta pobre em fibras, houve uma diminuição expressiva da pressão sanguínea em hipertensos. Entretanto, quando estudava outro grupo tratado somente com dieta rica em fibras, obteve resultados idênticos. Isso indica que, uma associação de dieta fibrosa com substituição de gordura saturada por insaturada pode contribuir significativamente para a melhoria da saúde de

hipertensos.

A dose de quitosana prescrita é muito baixa em relação àquela usada em testes com animais. É reconhecida como um componente seguro, atóxico e desprovida da capacidade de ação de enzimas humanas envolvidas na síntese de colesterol e, isso a torna diferente de outras drogas. Portanto, não há risco de overdose, não favorece efeitos colaterais, e não tem ação estimulante³.

Atividade antimicrobiana

Jolles & Muzzarelli²⁴ inibiram completamente o crescimento do tóxico *Aspergillus flavus* em milho e em amendoim após tratamento com quitosana. Também foi inibido o crescimento de *Botrytis* spp. com o tratamento de quitosana em berinjela.

Jolles & Muzzarelli²⁴ utilizaram quitosana no revestimento de frutas e vegetais na prevenção de microrganismos patogênicos. Conseguiram um aumento na qualidade e no tempo de armazenamento do produto. A fonte de quitosana influi diretamente na sua atividade antimicrobiana. Apesar de poder ser obtida a partir de bactérias, fungos e crustáceos, é a partir destes últimos que ela apresenta um maior número de mecanismos antimicrobianos, incluindo a indução de quitosanase, formação de componentes fenólicos e capacidade de bloqueio de nutrientes inibindo a multiplicação de microorganismos.

Soluções de quitosana preparadas com ácido acético exibiram contra fungos efeitos mais imediatos em comparação com soluções preparadas com ácido láctico²⁴.

O crescimento de bactérias Gram-negativas, particularmente pseudomonas e enterobacteriáceas é inativado em salsichas com a adição de sulfitos, mas favorece o crescimento de leveduras contribuindo para que esta microbiota permaneça de forma dominante no produto. O resultado do desenvolvimento desta microbiota (levedura) é a produção de acetaldeído, que, por decorrência, provoca a inativação do sulfito. Os sulfitos há muito tempo são largamente utilizados em produtos de carne. Entretanto, a exposição a este agente, provoca em determinados indivíduos, com maior sensibilidade, problemas respiratórios e o agravamento da asma. Desde 1995, a Diretiva Colegiada da Comunidade Européia é responsável pela determinação dos níveis de sulfito na aplicação em alimentos. Nos Estados Unidos, agentes sulfitantes não são permitidos em carnes. A partir de 1986 foi banida a sua utilização em frutas frescas e vegetais. Entretanto, alguns industriais, deliberadamente, adicionam sulfitos ou outros preservativos químicos em alimentos caracterizando as conhecidas adulterações⁴⁸.

Em função da legislação implantada, há necessidade de uma alternativa relacionada com o desenvolvimento de novos sistemas de preservação para carne e outros produtos alimentares. As possibilidades para a utilização da quitosana têm sido a quelação de metais no tratamento de água e a produção de fibras dietéticas. Entretanto, a quitosana exibe atividade antimicrobiana contra a maioria dos fungos

filamentosos causadores de doenças alimentares, leveduras e bactérias e, tem sido indicada como um preservativo alternativo, de origem natural, como coadjuvante no processamento de alimentos⁴⁶.

As pesquisas indicam uma concentração inibidora (SO_2) mínima que varia de 0,01 a 1,0 %. Entretanto, a eficiência antimicrobiana demonstrada *in vitro* não é observada com a aplicação em alimentos devido a natural e elevada reatividade dos radicais catiônicos da quitosana que interagem de forma acentuada com as proteínas, gorduras e outras substâncias aniônicas presentes nos produtos alimentícios²⁸.

Pesquisas indicam, porém, a eficiência da atividade da quitosana no controle do crescimento de fungos em frutas e vegetais durante a estocagem e distribuição destes produtos. Uma outra potencialidade da quitosana, associada à atividade antimicrobiana, se refere à aplicação em sucos de frutas, molhos emulsificados e saladas de vegetais cozidos. Em produtos cárneos, os estudos indicam uma elevada inibição (1 Log UFC g⁻¹) de crescimento microbiano em pedaços de carne refrigerados com a adição de 1,0 % de quitosana⁴⁵.

Roller⁴⁷ comprovou em trabalhos de pesquisas a eficiência da aplicação da quitosana, com percentual de 1,0 % na prevenção da deterioração da carne de suíno estocada em temperatura de 7°C durante 18 dias. Menciona ainda, que, contrastando com os resultados desta pesquisa, outros trabalhos informam a ineficiência inibidora da quitosana frente a *Serratia liquefaciens* ou *Lactobacillus sakei*, presente em presunto cozido acondicionado em filmes com quitosana e estocado a 4°C sob vácuo por 21 dias.

Critérios microbiológicos estabelecidos nos Estados Unidos em 1990 recomendam que a contagem total de microrganismos mesófilos aeróbios viáveis em salsicha crua não poderá exceder a 10⁵ UFC g⁻¹, imediatamente após a elaboração sob as Boas Práticas de Fabricação. Na pesquisa de Roller⁴⁸, a contagem na salsicha tratada com 1,0 % de quitosana se manteve abaixo dos níveis máximos aceitáveis especificados pela referência microbiológica para carnes. A pesquisa realizada com a salsicha crua submetida ao tratamento com quitosana teve a vida de prateleira aumentada na temperatura de resfriamento (4°C), de 7 para 15 dias.

Darmadji & Izumimoto¹¹ desenvolvendo pesquisa semelhante mencionaram que, a quitosana utilizada na concentração de 1,0 % reduziu a contagem bacteriana de 1 a 2 Log UFC g⁻¹ em carne de bovino moída, estocada a 4°C durante 10 dias. A contagem bacteriana foi avaliada somente em duas ocasiões: no momento da preparação e no décimo dia. Nos tratamentos equivalentes às concentrações reduzidas de quitosana (0,2 e 0,5 %), na temperatura elevada de estocagem (30°C), não houve inibição bacteriana. Neste trabalho, o número de microrganismos considerados como microbiota (inicial) acompanhante da carne foi 10⁷ UFC g⁻¹.

Mais recentemente, Youn et al.⁶¹ relataram a inativação de 2 Log UFC g⁻¹ da contagem total de microrganismos em salsicha de carne imediatamente após

a fabricação e adição de 0,35 e 0,5 % de quitosana. Entretanto, após a estocagem por 1 dia a 30°C a contagem total de microrganismos na salsicha tratada com quitosana foi a mesma do controle. Estes pesquisadores sugerem que, neste sentido, a quitosana quando utilizada em concentrações reduzidas como preservativo de carne mantém eficientemente a vida de prateleira de carne crua cominuída e seus derivados quando estocados a temperatura de refrigeração. São recentes os estudos com quitosana associados à avaliação inibidora de microrganismos e como produto inócuo para consumo humano (*Generally Recognized as Safe – GRAS*) pelo USA-FDA, que restringiu sua utilização em alimentos. Há necessidade de pesquisas com alimentos para a avaliação da quitosana como inibidora de bactérias, principalmente no que se refere ao modo de ação sobre os microrganismos. Estudos indicam que as cargas catiônicas da quitosana são capazes de reagir com as cargas aniônicas presentes na parede celular das células das bactérias Gram-negativas ocasionando ruptura da parede celular e desequilíbrio do citoplasma. A pesquisa usando combinação de quitosana com concentrações reduzidas de sulfitos poderá ser bastante eficiente de maneira que se obtenha uma redução de preservativos sintéticos em alimentos.

Zhu & Zheng⁶² pesquisaram a atividade antimicrobiana da quitosana em diferentes condições e obtiveram resultados conflitantes. Quando *Staphylococcus aureus* foi usado como microrganismo indicador, os resultados mostraram que o efeito é maior quando a quitosana tem baixo peso molecular.

Estudos semelhantes, Zhu & Zheng⁶² mostraram que, o efeito da atividade antimicrobiana sobre a *E. coli* reduziu com o aumento do peso molecular da quitosana. De acordo com o pesquisador, há indicações que o peso molecular da quitosana mais apropriado para a atividade antimicrobiana é 1,5 kDa. Outros experimentos mostraram que, na concentração de 0,5 %, estes oligossacarídeos podem inibir o crescimento de *E. coli* completamente. Contrastando, Ueno et al. citados por Zhu & Zheng⁶² mencionaram que a quitosana com peso molecular menor que 2,2 kDa tem um efeito muito reduzido no crescimento bacteriano. Com peso molecular de 40 kDa inibe 90 % de *Staphylococcus aureus* e *E. coli*. Com relação a *E. coli*, uma bactéria Gram-negativa, a atividade antimicrobiana aumentou com o decréscimo do peso molecular da quitosana. A solução de quitosana a 0,25 % (peso molecular < 5 kDa) inibiu o crescimento da *E. coli*. Em relação a *S. aureus* uma bactéria Gram-positiva, a atividade antimicrobiana aumentou com o aumento do peso molecular da quitosana. O efeito da inibição foi o mais elevado com o peso molecular equivalente a 305 kDa, mesmo com a menor concentração da quitosana em solução.

Gordura saturada em embutidos

Segundo Ferreira et al.¹⁷, o Anuário Estatístico do Brasil revela que, do total de 820.000 óbitos humanos

registrados em 1994, 230.000 foram devidos às doenças do aparelho circulatório. Estes números se tornam expressivos se comparados a outras causas de morte, como aquelas causadas por neoplasias (83.000), doenças do aparelho respiratório (71.000), por doenças infecciosas e parasitárias (42.000). Outros fatores contribuem para a existência de dados alarmantes como a hipertensão, o fumo, o estresse, a vida sedentária, sendo, contudo, a alimentação inadequada um dos fatores mais importantes. No Brasil, os produtos de salsicharia, em seu conjunto, equivaleram nos estabelecimentos sob Inspeção Federal a um total de 340.670 toneladas ou 44,78 % em relação aos demais tipos de carnes processadas. Devido ao grande consumo e seu elevado teor de gordura, os embutidos têm sido incluídos numa lista de produtos a serem evitados. Em países desenvolvidos, como Estados Unidos, o Departamento de Agricultura têm solicitado às indústrias, alimentos com frações lipídicas menores, entre eles, salsichas de diferentes tipos. A razão desta preocupação reside no fato de que o consumo de gordura animal em percentuais elevados de ácidos graxos saturados responde significativamente pelo aumento da taxa de colesterol no sangue, e se constitui um dos principais fatores de risco para doenças coronarianas.

O colesterol se deposita na camada interna das artérias, principalmente nos vasos de grande e médio calibre, formando ateromas e, segundo este mesmo autor, os níveis de colesterol no plasma não dependem somente do conteúdo de colesterol, mas também do balanço entre os ácidos graxos saturados e ácidos graxos polinsaturados³².

A gordura saturada é considerada a causa primária de hipercolesterolemia. Produtos oxidados do colesterol têm também efeitos adversos relacionados com a saúde humana¹. A aparente relação entre uma dieta alimentar rica em gorduras saturadas e o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e hipertensão tem levado as pessoas a serem mais conscientes em relação aos alimentos que consomem diariamente⁹.

Pietrasik & Duda⁴⁴ afirmam que, é necessário alterar as formulações dos produtos como salsichas, que possuem elevado teor de gordura saturada (40 %), para poder atender a crescente quantidade de consumidores que procuram alimentos mais saudáveis. Ao contrário das gorduras saturadas e polinsaturadas, as dietas com elevado nível de gordura monoinsaturada têm sido associadas à redução de doenças coronarianas.

A prevalência de doenças do coração é relativamente baixa em áreas da região do mediterrâneo, nas quais as dietas possuem grande quantidade de gorduras monoinsaturadas. Assim que, a incorporação de gorduras monoinsaturadas em produtos cárneos tem um efeito positivo na saúde do consumidor⁴.

St. John⁵⁴ aumentou a proporção de ácidos graxos monoinsaturados e saturados em salsichas com baixo teor de gordura usando carne magra e com elevado teor de gordura originária de suínos alimentados com altos níveis de óleo de canola contendo 64 % de ácido oléico. Os produtos com teor calórico e gordura reduzidos se mantiveram em

níveis aceitáveis de consumo.

Park et al.⁴¹ reportam que as propriedades sensoriais de salsichas tipo Frankfurter, com baixo teor de gordura, fabricadas com a incorporação direta de óleo de girassol com alto nível de ácido oléico (fonte de gordura monoinsaturada) apresentaram níveis aceitáveis de qualidade, sem efeitos adversos no rendimento do processo. Os autores relatam que a gordura foi substituída por água, sem prejuízos na textura do produto.

A gordura que deverá compor os produtos preparados requer cuidados especiais de classificação, tendo em vista não apenas seu estado de conservação, mas também sua cor, odor, sabor e consistência, características que variam conforme a espécie, raça, idade, alimentação, grau de engorda e estado geral do animal. O teor de tecido conjuntivo é variável na gordura (2–10 %). A consistência das gorduras varia de acordo com os ácidos graxos que entram na sua composição. Quanto maior a consistência, maior a dificuldade de digestão. As gorduras ricas em ácidos graxos insaturados estão sujeitas a diversas alterações e, devem receber cuidados especiais de higiene durante a manipulação e acondicionamento e, em especial, a conservação dos produtos finais. Os acúmulos gordurosos de diversas origens diferem em sua estrutura e composição. De um modo geral, as gorduras acumuladas são caracterizadas como de cobertura ou subcutâneas, inguinal e cavitárias ou viscerais, como a perirenal, a mesentérica e a mediastínica. As gorduras de acúmulo, depois de fundidas, são mais utilizadas em culinária, mas algumas, como as de suínos, são utilizadas em salsicharia, na forma cominuída, com a massa muscular aderida ou em frações⁴⁰.

Chao & Lin⁷ avaliaram as características microbiológicas e físico-químicas de salsichas (tipo chinesas) com baixo teor de gordura (22 %), contendo 0,1 % quitosana solubilizada em ácido láctico a 1 % (pH 2,84) e, caracterizada por vários pesos moleculares; 150 kDa (baixo peso molecular), 600 kDa e, 1.250 kDa (alto peso molecular). O pH final, da quitosana solubilizada no ácido láctico foi 3,94. Salsicha tipo chinesa é um dos mais tradicionais produtos de consumo (disponíveis em supermercado) devido ao sabor específico de produto curado. Entretanto, a aceitação por parte do consumidor deste tipo de produto tem diminuído devido ao alto teor de gordura (28 a 30 %). Os ingredientes (não cárneos) adicionados compreendem, de um modo geral: 8 % dextrose, 1,5 % cloreto sódico, 1,0 % glutamato monossódico, 0,012 % nitrito de sódio, 0,05% eritorbato de sódio, 0,15% tripolifosfato de sódio e 10 % água. As quitosanas com peso molecular 150 e 600 kDa possuíam grau de desacetilação equivalente a 85 % e a de maior peso molecular (1250 kDa), 86,6 %. As salsichas após os tratamentos com os três tipos de quitosana (deferentes pesos moleculares) foram estocadas durante 9 semanas. A contagem total de bactérias mesófilas aeróbias viáveis e bactérias lácticas aumentaram ligeiramente em todos os tratamentos até o final da estocagem. A contagem total de bactérias mesófilas não ultrapassou 7 Log UFC g⁻¹ no final das 9 semanas de estocagem. O resultado da avaliação

sensorial mostrou que as salsichas elaboradas com quitosana com peso molecular de 150 e 600 kDa tiveram maior aceitabilidade. Ficou demonstrado também que, a adição de quitosana para a redução da gordura não apresentou resultados significativos relacionados com a variação de textura. A incorporação de 0,1 % quitosana, com vários pesos moleculares, na formulação de salsichas tipo chinesas com baixo teor de gordura, não resultou em diferenças significativas relacionadas com as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, principalmente com relação ao atributo textura. Estes pesquisadores concluíram que há necessidade de novas pesquisas relacionadas com a aplicação da quitosana e seus efeitos em produtos cárneos, entretanto. O estudo desenvolvido serve de base para novas pesquisas relacionadas com a utilização da quitosana como aditivo alimentar com elevado grau de segurança alimentar.

Conforme Sadler⁵⁰, existe um crescimento e contínuas oportunidades para o desenvolvimento e utilização de aditivos e ingredientes para a melhoria da qualidade da carne e seus derivados. Com o contínuo desenvolvimento tecnológico, este setor proporciona a descoberta de novos ingredientes para serem utilizados como alternativas de compostos funcionais na elaboração destes produtos.

DAMIAN, C.; BEIRÃO, L. H.; DE FRANCISCO, A.; ESPÍRITO SANTO, M. L. P.; TEIXEIRA, E., Chitosan: an amino polysaccharide with functional characteristics. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 195-205, abr./jun. 2005.

■ **ABSTRACT:** The purpose of this review is to take a closer look at chitin and chitosan applications. Chitin is the most abundant natural amino polysaccharide and is estimated to be produced annually almost as much as cellulose. It has become of great interest not only as underutilized resource, but also as a new functional material of high potential in various fields, and recent progress in chitin chemistry is quite noteworthy. This review presents a critical analysis of covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels and related networks for food or medical applications. The structural basis of these hydrogels is discussed with reference to the specific chemical interactions, which dictate gel formation. The synthesis and chemistry of these hydrogels is discussed using specific pharmaceutical.

■ **KEYWORDS:** Obesity; triglycerides; chitin; chitosan

Referências bibliográficas

1. ADDIS, P. B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. **Food Chem. Toxicol.**, n. 24, p.1021, 1986.
2. AL ZAEMEY, A. B.; MAGAN, N.; THOMPSON, A. K. Studies on the effect of fruit-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on

- post-harvest control of anthracnose of bananas. **Mycol. Res.**, v. 97, n. 12, p. 1463-1468, 1993.
3. BARROS, L. A. **Obesidade infantil**: uma alternativa natural contra o excesso de peso. Disponível em: <http://www1.uol.com.br/bemzen/ultnot/saude/ult491u111.htm>. Acesso em: 25 nov. 2004.
 4. BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D. Substituting olive oil for pork back fat affects quality of low-fat Frankfurters. **J. Food Sci.**, v. 58, p. 705-709, 1993.
 5. BYUN, M. W. et al. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomer. **Meat Sci.**, v. 59, n. 4, p. 369-375, 2001.
 6. CHANDY, T.; SHARMA, C. P. Chitosan matrix for oral sustained delivery of ampicilin. **Biomaterial**, v. 12, n. 12, p. 65-70, 1993.
 7. CHAO, J. Y.; LIN, K. W. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. **Meat Sci.**, v. 59, n. 4, p. 343-351, 2001.
 8. COFRADES, S.; JIMÉNEZ - COLMENERO, F.; CARBALLO, J. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Sci.**, v. 59, p. 5-13, 2001.
 9. CREHAN, C. M.E. et al. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30 % fat. **Meat Sci.**, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.
 10. COTTA, C. **Obesidade é problema mundial**: Vida e saúde: alimentação. Disponível em: http://www.saude.terra.com.br/interna/0_OI244192-EI1501,00.html. Acesso em: 17 ago. 2004.
 11. DARMADJI, P.; IZUMIMOTO, M. Effect of chitosan in meat preservation. **Meat Sci.**, n. 38, p. 243-254, 1994.
 12. DEL BLANCO, L. F. et al. Influence of the deacetylation degree on chitosan emulsification properties. **Colloid Polym. Sci.**, v. 277, n. 19, p.1087-1092, 1999.
 13. DOMARD, A.; RINAUDO, M. Preparation and characterization of fully deacetylated chitosan. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 5, n. 2, p. 49-52, 1983.
 14. DOMSZY, J. G. E.; ROBERTS, A. F. Evaluation of infrared spectroscopic technique for analyzing chitosan. **Macromol. Chem.**, v. 186, p. 1671-1677, 1985.
 15. EIDEM, C. A. Interaction of lead and chromium with chitin and chitosan. **J. Appl. Polym. Sci.**, v. 25, p.1587-1588, 1980.
 16. FELT, O.; BURI, P.; GURNY, R. Chitosan: a unique polysaccharide for drug delivery. **Drug Dev. Ind. Pharm.**, v. 24, p. 979-993, 1998.
 17. FERREIRA, M. F. et al. Avaliação físico-química de salsichas tipo Viena com substituição de gordura animal por óleo de girassol. **Braz. J. Food Technol.**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2003.
 18. FREEPONS, D. Enhancing food production whit chitosan seed-coating technology. In: MUZZARELLI, R.; JEUNIAUX, C.; GOODAY, G. W. (Ed.). **Chitin in nature and technology**. New York: Plenum Press, 1986. p. 129-139.
 19. FURDA, I. No absorbable lipid binder. U.S., n. 423, 1980. 458 p.
 20. GOOSEN, M. F. A. **Applications of chitin and chitosan**. Lancaster: Technomic, 1997. 336 p.
 21. GUIMARÃES, A. C. Sobrepeso e obesidade: fatores de risco cardiovascular. **Rev. Hipert.**, v. 4, n.3, 2001.
 22. HAYES, E. R.; DAVIES, D. H. Characterization of chitosan. II: the determination of the degree of acetylation of chitosan and chitin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHITIN/CHITOSAN, 1978,Cambridge. **Proceedings...** Cambridge:MA-MIT,1978. p. 406-420.
 23. IKEDA, I.; TOMARI, Y.; SUGANO, M. Interrelated effects of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. **J. Nutr.**, n.119, p.1383-1386, 1989.
 24. JOLLES, P.; MUZZARELLI, R. A. A. **Chitin and chitinases**. Berlin: Birkhauser, 1999. 340 p.
 25. JUMAA, M.; MÜLLER, B. W. Physicochemical properties of chitosan-lipid emulsions and their stability during the autoclaving process. **Int. J. Pharm.**, v. 13, n. 2, p. 175-184, 1999.
 26. KANAUCHI, O. et al. Mechanism for the inhibition of fat digestion by chitosan and for the synergistic effect of ascorbate. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v. 59, n. 5, p. 786-790, 1995.
 27. KARLSEN, J. Excipient properties of chitosan. **Manufacture Chem.**, v. 3, p. 18-19, 1991.
 28. KNOWLES, J. R.; ROLLER, S. Efficacy of chitosan, carvacrol and a hydrogen peroxide-based biocide against food borne microorganisms in suspension and adhered to stainless steel. **J. Food Prot.**, n. 64, p. 1542-1548, 2001.
 29. KUMAR, S. Recent trends in use of nitrites in cured meats: a review. **Indian Food Packer**, v. 5, p. 84, 1982.
 30. LI, Q. et al. Applications and properties of chitosan. In: GOOSEN, M. F. A. (Ed.). **Applications of chitin and chitosan**. Basel: Technomic, 1997. p. 3-29.
 31. LIM, L. Y.; WAN, L. S. C. Heat treatment of chitosan films. **Drug Dev. Ind. Pharm.**, v. 21, n. 7, p. 839-846, 1995.
 32. MAERKER, G. Cholesterol autoxidation. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 64, p. 388, 1987.
 33. MERMEL, V. L. Old paths new directions: the use of functional foods in the treatment of obesity. **Food Sci. Technol.**, v. 15, p. 532-540, 2004.
 34. MOORE, G. K.; ROBERTS, G. A. E. Determination of the degree of acetylation of chitosan. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 2, p. 115-116, 1980.
 35. MUZZARELLI, R. A. A. et al. N - (carboxymethylidene) chitosans and N - (carboxymethyl) chitosans: novel chelating polyampholytes obtained from chitosan glyoxylate. **Carbohydr. Res.**, v. 107, p. 199-214, 1982.
 36. MUZZARELLI, R. A. A.; ROCCHETTI, R. The determination of the degree of acetylation of chitosan by spectrophotometry. In: MUZZARELLI, R.; JEUNIAUX, C.; GOODAY, G. W. (Ed.). **Chitin in nature and technology**. New York: Plenum Press, 1986.

- p. 385-388.
37. MUZZARELLI, R. A. A. et al. Removal of trace metal ions from industrial waters, nuclear effluents and drinking water, with the aid of cross-linked N-carboxymethyl chitosan. **Carbohydr. Polym.**, v. 11, p. 293-306, 1989.
 38. MUZZARELLI, R. A. A. Chitosan-based dietary foods. **Carbohydr. Polym.**, v. 29, p. 309-316, 1996.
 39. OUCHI, T.; MANDA, T.; FUGIMOTO, M. Synthesis and antitumor-activity of chitosan carrying 5-fluorouracil. **Macromol. Chem.**, v. 190, p. 1817-1825, 1989.
 40. PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiania: Eduff, 1995. 586 p.
 41. PARK, J.; RHEE, K. S.; ZIPRIM, Y. A. Low-fat frankfurters with elevated levels of water and oleic acid. **J. Food Sci.**, v. 55, p. 871, 1990.
 42. PENICHE-COVAS, C.; JIMÉNEZ, M. S. Characterization of silver-binding chitosan by thermal analysis and electron impact mass spectrometry. **Carbohydr. Polym.**, v. 9, p. 249-256, 1988.
 43. PETER, M. G. Applications and environmental aspects of chitin and chitosan. **Pure Appl. Chem.**, v. 32, p. 629-640, 1995.
 44. PIETRASIK, Z.; DUDA, Z. Effect of fat content and soy protein/carragenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. **Meat Sci.**, v. 56, n. 2, p. 181-188, 2000.
 45. QUATTARA, B. et al. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. **Int. J. Food Microbiol.**, v. 62, n.1, p. 1-2, 2000.
 46. RHOADES, J.; ROLLER, S. Antimicrobial actions of degraded and native chitosan against spoilage organisms in laboratory media and foods. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 66, p. 80-86, 2000.
 47. ROLLER, S.; BOARD R.; SAGOO, S. Chitosan inhibits growth of spoilage microorganisms in chilled pork products. **Food Microbiol.**, v.19, p. 175-182, 2002.
 48. ROLLER, S. et al. Novel combinations of chitosan, carnocin and sulphite for the preservation of chilled pork sausages. **Meat Sci.**, v. 62, n. 2, p. 165-177, 2002.
 49. SABNIS, S.; BLOCK, L. H. Improved infrared spectroscopic method for the analysis and degree of N-deacetylation of chitosan. **Polym. Bull.**, v. 39, p. 67-71, 1997.
 50. SADLER, M. J. Meat alternatives: market developments and health benefits. **Food Sci. Technol.**, v. 15, n. 5, p. 250-260, 2004.
 51. SCHULZ, P. C. Emulsification properties of chitosan. **Colloid Polym. Sci.**, v. 276, p. 1.159-1.165, 1998.
 52. SINGH, D. K.; RAY, A. R. Characterization of grafted chitosan films. **Carbohydr. Polym.**, v. 36, p. 251-255, 1998.
 53. SYNOWIECKI, J.; AL-KHATEED, N. A. Production, properties and some new applications of chitin and its derivatives. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 43, n. 2, p. 145-231, 2003.
 54. ST. JOHN, L.C. Sensory and physical attributes of frankfurters with reduced fat and elevated monounsaturated fat. **J. Food Sci.**, v. 51, p. 1.144, 1986.
 55. THUR, N. K.; NARANG, C. K. Chitin and chitosan, versatile polysaccharides from marine animals. **J. Chem. Educ.**, v. 67, n. 11, p. 938-942, 1990.
 56. VENERONI, G. et al. Effect of a new chitosan on hyperlipidemia and overweight in obese patients. In: MUZZARELLI, R. A. A. (Ed.). INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHITIN ENZYMOLOGY, 2, 1996, Senigallia. **Proceedings...** Senigallia., 1996. p.63-67.
 57. VENTURA, P. Lipid lowering activity of chitosan, a new dietary integrator. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHITIN ENZYMOLOGY, 2, 1996, Senigallia. **Proceedings...** Senigallia, 1996. p.55-62.
 58. WALZEM, R. L. Functional foods. **Food Sci. Technol.**, v. 15, p. 518, 2004.
 59. WATKINS, S. M.; GERMAN, J. B. Metabolic assessment : a key to nutritional strategies for health. **Food Sci. Technol.**, v. 15, p. 541-549, 2004.
 60. WRIGHT, A.; BURSTYN, P.G.; GIBNEY, M.J. Dietary fibre and blood pressure. **Brit. Med. J.**, v. 2, p. 1541-1543, 1979.
 61. YOUN, S. K. et al. **Effect on storage property and quality in meat sausage by added chitosan**. 1999. Disponível em: <http://www.chitosan.or.kr/intro1/99-4-4-3.html>. Acesso em: 18 ago. 2001.
 62. ZHENG, L. Y.; ZHU, J.F. Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. **Carbohydr. Polym.**, v.54, n. 4, p.527-530, 2003.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.