Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Efeito de Diferentes Doses de Radiação Gama na Solução de Quitosana

Effect Of Different Doses Of Range Gamma In The Quitosana Solution.

Ingrid Alves de Moraes[1], Adriana Régia Marques de Souza[2], Pablo Kashisol Duarte de Lima[2], Luana Miranda Lopes de Mello[3], Valter Arthur[4]

[1] Universidade Federal de Goiás (UFG), Av. Esperança, s/n - Chácaras de Recreio Samambaia, Goiânia -

Recebido em: 08/10/2017 Aceito em:18/10/2017

Resumo: Quitosana é um polissacarídeo adquirido da desacetilização da quitina, existente em insetos e invertebrados marinhos. Possui ação fungistática e não causa reações de toxicidade ao organismo humano. Ela é utilizada como revestimento de alimentos, prolongando a vida pós-colheita e melhorando a aparência do produto. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de radiação gama na solução de quitosana. As amostras foram analisadas quanto à cor onde foi observado que a radiação gama induz a mudança da intensidade e na tonalidade da solução de quitosana. A análise de MEV mostrou que as partículas do pó de quitosana possuem formatos irregulares, e as amostras irradiadas apresentaram grânulos menores dando uma aparência mais fina e dispersa. A solução também foi analisada quanto à viscosidade e foi visto que a irradiação alterou a viscosidade da solução, deixando-a menos viscosa. Assim, dentre as doses, a de 5 kGy foi a que apresentou alteração mais relevante às características da solução e a futuras aplicações da mesma.

Palavras-chave: cor, irradiação gama, MEV, reologia

Abstract: Chitosan is a polysaccharide acquired from the deacetylation of chitin, found in marine insects and invertebrates. It has fungistatic action and does not cause reactions of toxicity to the human organism. It is used as a coating material, prolonging a post-harvest life and improving the appearance of the product. The objective of this work is to evaluate the effect of different doses of gamma radiation on the chitosan solution. As samples were analyzed for a place where it was observed that the gamma radiation induces the change in intensity and in the hue of the chitosan solution. MEV analysis showed that as particles of chitosan powder have irregular shapes, and as irradiated samples they presented smaller granules giving a thinner and more dispersed appearance. A solution was also analyzed for viscosity and was viewed as an irradiation altered to the viscosity of the solution, leaving it less viscous. Thus, the dose of 5 kGy presented the most relevant alteration to the characteristics of the solution.

Keywords: color, gamma irradiation, SEM, rheology

Introdução

A quitosana tem sido estudada, devido ao elevado poder diversificado em atividades biológicas, podendo atuar em diferentes áreas, como médicas, agrícolas, alimentícias, têxteis, cosméticas e tratamento de águas residuais. Além destas, há características de biocompatibilidade, biodegradabilidade e atoxicidade. Tal substância é um polissacarídeo adquirido da desacetilização da quitina, existente em insetos e invertebrados marinhos, com ação fungistática sem, no entanto, causar reações de toxicidade ao organismo humano (Fráguas et al., 2015; Oliveira e Santos, 2015; Silva et al., 2016).

A aplicação de quitosana é obtida através dos descartes do processamento de crustáceos, processo característico por seu pequeno custo de produção. Devido à sua capacidade de formar um recobrimento semipermeável, denominado como filme, o revestimento da quitosana adequado controla as perdas dadas por podridões, prolonga a vida pós-colheita, minimiza a taxa de respiração, reduz a incidência de microrganismos patogênicos e melhora a aparência pelo incremento do brilho superficial (Oliveira e Santos, 2015; Chevalier et al., 2016).

A quitosana é um polissacarídeo constituído por 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranose e 2-acetamido-2-deoxi-D-Glicopiranose, uma substância facilmente solúvel em água acidificada

e que tem a predisposição de formar interações químicas com materiais hidrofóbicos e aniônicos. A característica policatiônica de oligômeros de quitosana a permite realizar ligações com uma variedade de componentes celulares (como constituintes da membrana plasmática e parede celular). As propriedades advêm a priori de sua massa molar aparente e do grau de desacetilação, já que ambos os parâmetros são importantes para definir a solubilidade do polissacarídeo em meio aquoso (Abreu et al., 2012; Jardin, 2015).

A irradiação ionizante é um procedimento físico que, em diversas doses, consegue manter a qualidade dos produtos ao longo da armazenagem, certificando-lhe segurança microbiológica e extensão de vida útil (Mastro, 2015; Vieira et al, 2016). No Brasil, a legislação referente à irradiação em alimentos é a Resolução RDC no 21, de 21 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001). A irradiação gera alterações químicas mínimas nos alimentos, nenhuma das quais nocivas ou perigosas à saúde humana (OMS, 1999).

Desta maneira, o trabalho teve como objetivo verificar o efeito de diferentes doses de radiação gama na solução de quitosana a partir das análises de cor, MEV e reologia.

Material e Métodos

A quitosana comercial empregada foi doada pela empresa Polymar, localizada em Fortaleza (CE), possui peso molecular médio e grau de desacetilação de 85%. Os experimentos foram realizados na Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO). No Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic) foi feita a análise de microscopia eletrônica de varredura. A análise de reologia ocorreu no Laboratório Multiusuário de análises de Textura, Reologia e HPLC (LabMulti).

Irradiação da quitosana

A quitosana foi irradiada nas doses de 0 (controle),5, 10 e 15kGy e armazenadas em sacos de polietileno. As amostras foram irradiadas em irradiador Gamacell com fonte de ^{60}Co com taxa de irradiação de 0,6 kGy/hora, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) na cidade de Piracicaba – SP.

Foram preparadas soluções de quitosana com concentrações de 1% e 2% adicionados 5g e 10g de quitosana, respectivamente, em 25 mL de ácido acético glacial e o restante de água destilada até completar 500 mL para dissolver a quitosana. A solução ficou em constante agitação no homogenizador Turrax por 1 hora.

As amostras de pó a serem analisadas foram colocadas em suporte de alumínio ou "stubs" com fita adesiva dupla-face, em seguida, foram levadas para câmara metalizadora (SCO –040 Marca Balzers), onde foram revestidas com uma capa de ouro. A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no microscópio eletrônico (JEOL – JSM 6610, Japão), utilizando-se um acelerador de voltagem de 2,5 kV.

A análise reológica foi realizada no Reômetro (Anton Paar - Physica MCR101), computadorizado. As condições utilizadas para caracterização do fluido foram temperatura constante de 25°C com a variação da taxa de deformação de 1 a 500 s^{-1}, com sistema homogêneo cone-placa 50, para determinação do perfil de escoamento, com a obtenção de 50 pontos.

O sistema CIE foi utilizado para calcular os parâmetros: luminosidade (L*), de preto (0) até branco (100); a* (intensidade da cor verde a vermelho) e b* (intensidade da cor amarelo a azul). Os parâmetros de cor foram determinados por intermédio do software do equipamento. Em cada amostra, dez leituras foram realizadas. Também foram calculados o índice croma (C*), considerado atributo quantitativo de cor (Equação 1) e hue (H*), considerado o atributo qualitativo de cor (Eq.2).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

Os resultados foram submetidos à análise estatística, onde se empregou o teste t, com 10 replicatas. Os resultados de cada parâmetro foram submetidos a 95% de confiança o que ocasiona um erro amostral de 5%, analisado através do programa estatístico Microsoft Excel (2010).

Resultados e Discussão

A caracterização microscópica do pó de quitosana (Figura 1) é importante quando uma melhor compreensão do comportamento da irradiação é desejada. A visualização a partir da microscopia eletrônica de varredura permitiu verificar o quão homogênea é a estrutura do pó.

Os resultados mostraram que as partículas da quitosana possuem uma rede aglomerada com arranjos irregulares. Dentre tais características, as amostras que passaram pelo processo de irradiação apresentaram degradação da molécula e presença de glóbulos menores. De acordo com Rashid et al. (2012) após a irradiação, uma deformação no carboidrato tende a ocorrer porque a irradiação causa quebra na cadeia separando as ligações glicosídicas (1-4), tornando-as oligômeros com cadeias com número pequeno de unidades repetitivas.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

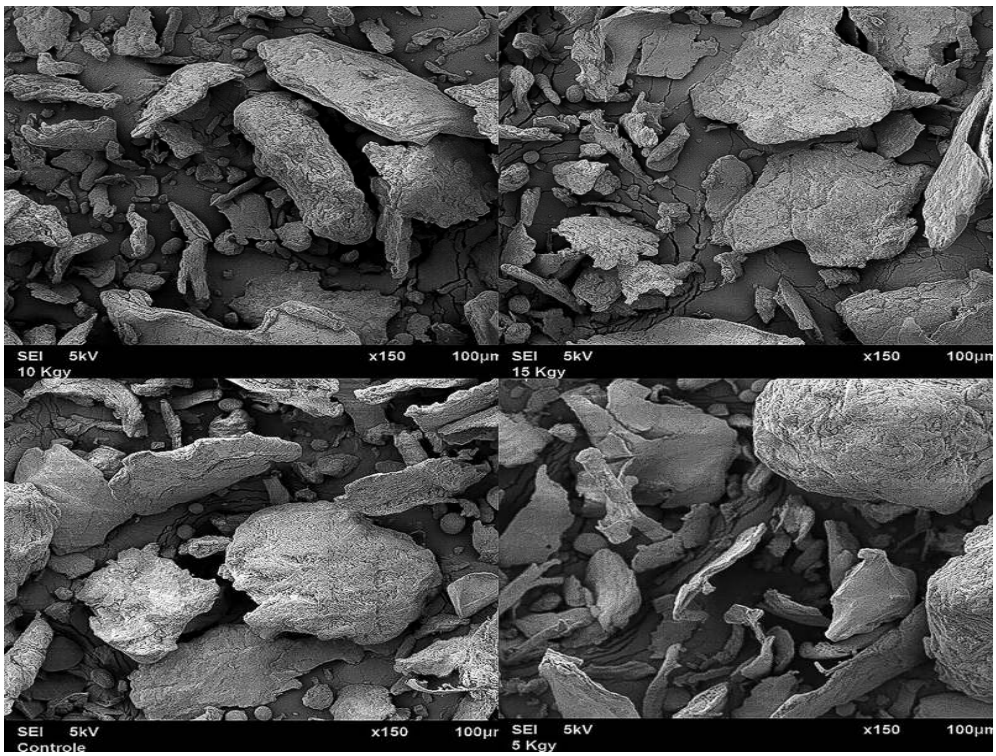

Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura do pó de quitosana irradiada nas doses 0, 5, 10 e 15 kGy.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa et al. (2016), que concluíram que as moléculas de quitosana são degradadas com a aplicação da radiação gama. Eles observaram a quitosana como um pó com estrutura rugosa e irregular com presença de grânulos que diminuem os diâmetros com a aplicação da irradiação e apresentam-se estruturas mais lisas.

Os resultados reológicos das soluções de quitosana das amostras irradiadas nas doses de 5, 10 e 15 kGy e da controle (0 kGy), estão representados nas Figuras 2 e 3, com concentrações de 1% e 2% de quitosana, respectivamente, com temperatura constante à 25 °C. Tal análise foi fundamentada no modelo de Braun e Rosen (2000), onde se relaciona a tensão de cisalhamento pela taxa de deformação do fluido.

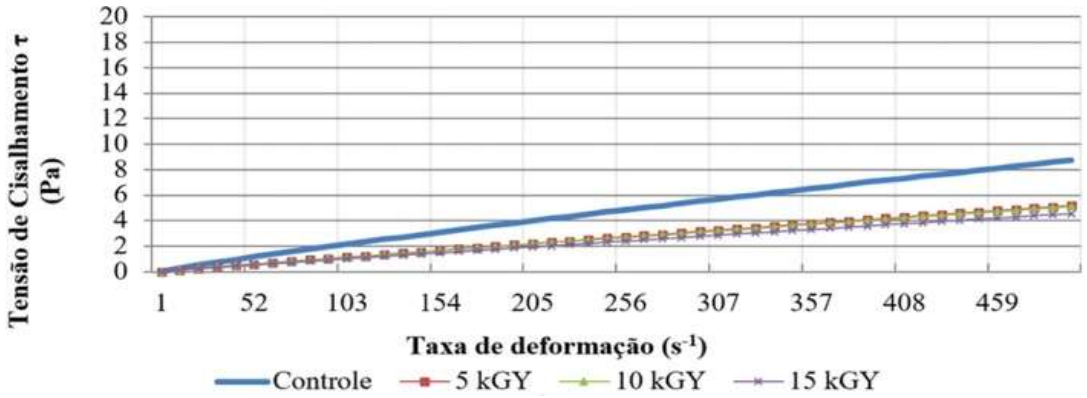

Figura 2. Comportamento reológico das soluções de 1% de quitosana tratradas com radiação gama nas doses 0, 5, 10 e 15 kGy.

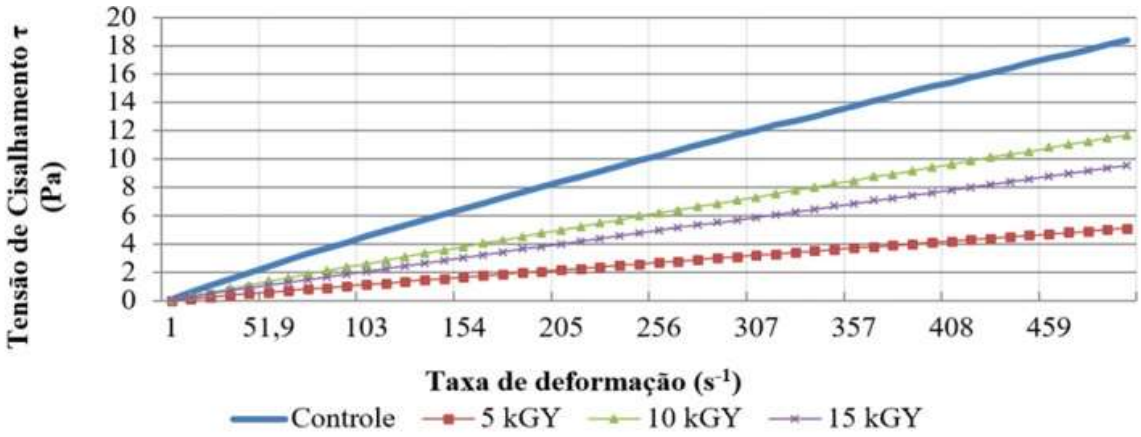

Figura 3. Comportamento reológico das soluções de 2% de quitosana tratradas com radiação gama nas doses 0, 5, 10 e 15 kGy.

O coeficiente de determinação, R^2, valor de ajuste da regressão linear, mostrou medidas próximas a 1, portanto as amostras podem ser analisadas e explicadas pelo modelo de Braun e Rosen (2000). Os resultados encontrados de R^2 para as amostras irradiadas com as diferentes doses foram 0,999, enquanto controle foi 0,998.

Na concentração de 1% de quitosana, as curvas das amostras irradiadas quase se sobrepõem entre as mesmas, distinguindo apenas da amostra controle. Entretanto a amostra irradiada apresenta praticamente a metade do valor das não irradiadas em relação à viscosidade de cisalhamento visto na Figura 4 e 5, ou seja, 0,02 $Pa.s^{-1}$ contra 0,01 $Pa.s^{-1}$.

As amostras irradiadas com 2% apresentaram comportamento diferenciado em relação à curva das medidas com concentração de 1% de quitosana, pois não ficaram sobrepostas entre elas. A amostra de 5 kGy, apresentou a menor viscosidade de cisalhamento, 0,01 $Pa.s^{-1}$, e a amostra controle, a qual não sofreu irradiação, apresentou a maior viscosidade, 0,04 $Pa.s^{-1}$, depois de estabilizada. As amostras com doses de radiação de 10 kGy e 15 kGy apresentaram, viscosidades de 0,025 e 0,02 $Pa.s^{-1}$.

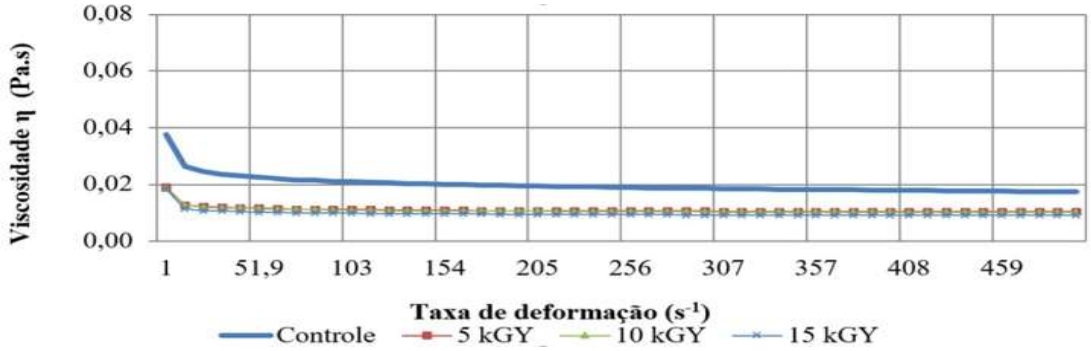

Figura 4. Viscosidade das soluções de 1% de quitosana tratradas com radiação gama nas doses 0, 5, 10 e 15 kGy.

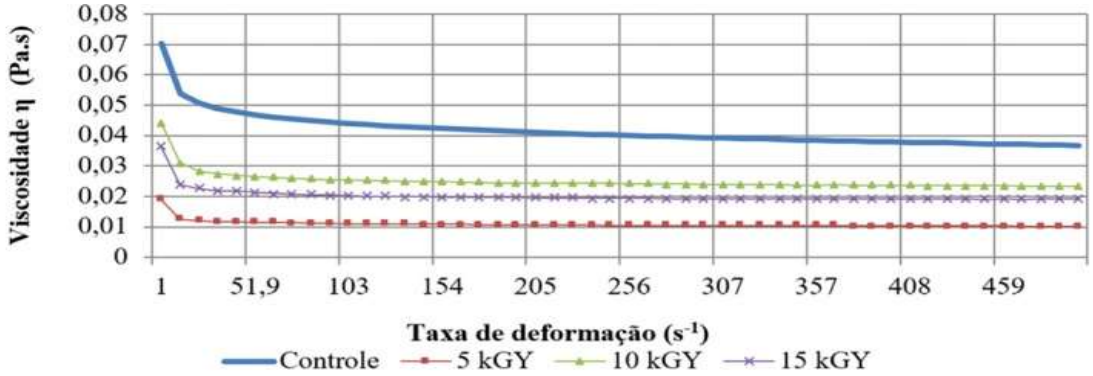

Figura 5. Viscosidade das soluções de 2% de quitosana tratradas com radiação gama nas doses 0, 5, 10 e 15 kGy.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A análise de cor a partir da solução da quitosana é importante para o aspecto sensorial. Foi observado que a luminosidade L* na amostra de 10 kGy com concentração de 1% apresentou valor

superior as demais, o que apresentou diferença significativa na análise estatística. Como visto na tabela 1, as amostras irradiadas 2% apresentou o maior valor na aplicação 15 kGy

Nos dados referentes ao parâmetro L* a análise estatística, teste t, mostrou que as amostras controle com concentração 1% e as amostras 15 kGy com 1% não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Os resultados do croma a* no teste estatístico mostrou que as amostras controle 1% e 5 KGy a 1% e 15KGy com 1% se mantiveram estatisticamente iguais a faixa de 95% de confiança. A análise de C* mostrou que apenas as amostras controle 1% e de aplicação de 10 kGy com 1% se mantiveram estatisticamente iguais ($p < 0,05$). Quanto aos dados de H* e croma b* nenhuma amostra apresentou resultados iguais na análise.

Observou-se que os valores de croma a* próximos a 0 indicam que o pó não apresenta tendência significativa às cores verde e vermelha. Nos valores de croma b* e H* a irradiação promoveu incremento, apresentando valores positivos, o que resultou em uma coloração amarela. Com o aumento dos valores nas amostras irradiadas, a cor foi intensificada. Assim, a diferença significativa foi detectada ao aumentar os valores de H* e b* em relação à aplicação de radiação, vez que todas as amostras apresentaram valores significativamente diferentes.

A visualização a partir da microscopia eletrônica de varredura permite verificar os efeitos morfológicos e o quão homogênea é a estrutura do pó da quitosana. As imagens são mostradas na Figura 1, com aumento de 150x e 2500x, em aplicações nas doses 5, 10 e 15 kGy de irradiação, comparadas com a amostra controle (0 kGy) não irradiada.

Tabela 1. Efeito da radiação gama na cor da solução de quitosana. (Letras minúsculas iguais na linha não diferem significativamente entre as diferentes doses aplicadas, pelo teste T a 95% de confiança).

Parâmetro	Solução				
	Concentração	Dose (kGy)			
	(%)	0	5	10	15
L*	1	31,66 ±0,01^{b}	31,38 ±0,02^{a}	31,93 ±0,07^{c}	31,55 ± 0,02^{b}
	2	44,06 ±0,04^{a}	44,17 ±0,15^{b}	44,01 ±0,03^{c}	47,19 ± 0,06^{d}
a*	1	-1,44 ± 0,02^{b}	-1,43 ± 0,03^{b}	-1,50 ± 0,03^{a}	-1,43 ± 0,03^{b}
	2	-2,33 ± 0,02^{c}	-2,41 ± 0,02^{b}	-2,26 ± 0,02^{d}	-2,53 ± 0,03^{a}
b*	1	1,65 ± 0,02^{b}	1,95 ± 0,02^{d}	1,59 ± 0,02^{a}	1,87 ± 0,04^{c}
	2	6,32 ± 0,06^{b}	6,11 ± 0,09^{a}	7,43 ± 0,03^{c}	7,76 ± 0,02^{d}
C*	1	2,19 ± 0,03^{a}	2,41 ± 0,04^{c}	2,19 ± 0,04^{a}	2,35 ± 0,05^{b}
	2	6,74 ± 0,06^{a}	6,57 ± 0,09^{b}	7,76 ± 0,04^{c}	8,16 ± 0,04^{d}
h*	1	48,87 ±0,36^{b}	53,75 ±0,15^{d}	46,56 ±0,49^{a}	52,58 ±0,82^{c}
	2	69,75 ±0,25^{b}	68,46 ±0,46^{a}	73,05 ±0,17^{d}	71,91 ±0,2^{c}

A vantagem que a irradiação apresenta ao degradar a molécula da quitosana é reduzir o peso molecular, a qual está associada ao aumento das atividades antioxidantes e antimicrobianas da quitosana. Tal substância também possui o benefício de ser um processo relativamente simples e ecologicamente adequado, ao possuir custos menores que os métodos físicos e químicos (Garcia et al., 2015).

Rashid et al. (2012) estudaram a microscopia das moléculas de quitosana não irradiadas e irradiadas nas doses de 100 kGy. Esse

trabalho também observou que as partículas não irradiadas são aglomeradas, havendo após a irradiação rompimento nas cadeias da quitosana, obtendo moléculas com arranjos irregulares. Revelaram que a irradiação causa degradação na molécula da quitosana, resultando em uma superfície com estrutura de partículas mais dispersas.

Essa degradação que ocorre na molécula da quitosana é vantajosa vez que há formação de novos grupos funcionais nas unidades de base da quitosana. A irradiação induz a formação de radicais e podem ocorrer aleatoriamente em qualquer átomo de carbono das unidades de base da quitosana. As reações de radicais em C1 ou C4 levam à divisão da ligação glicosídica (1-4), acarreta o corte da cadeia principal Rashid et al. (2012). Tal comportamento foi visualizado na análise de Microscopia eletrônica de varredura (MEV), a qual as amostras de pó irradiadas apontaram moléculas menores e mais dispersas viabilizando a amostra de 5kGy a qual possui os tópicos positivos antes citados, porém não ocasionou desnaturalização da característica do composto.

Todas as amostras apresentaram comportamento de fluido newtoniano, vez que a relação tensão de cisalhamento (τ) versus taxa de deformação (γ) se manteve constante (Felippe, 2016). As amostras tratadas com radiação gama mostraram características semelhantes entre si ao sobrepor suas retas (Figura 4), contudo se diferenciaram da amostra padrão (0 kGy) que apresentou maior tensão de cisalhamento.

As curvas de escoamento foram designadas por curvas sobrepostas, com as medidas da tensão de cisalhamento em função de valores crescentes e decrescentes da taxa de deformação. Como não houve surgimento de duas curvas distintas, significa que mesmo com o aumento gradativo desta taxa, não houve alteração da estrutura do material. A modificação aconteceria se ao após alcançar o valor máximo da taxa de cisalhamento, esta começasse a diminuir com o relaxamento da estrutura do material, esse comportamento também foi observado por Moura (2014), em relação a pequenas concentrações, o qual pesquisou sobre hidrogeis de quitosana para administração por via injetável.

As curvas de viscosidade representativas dos comportamentos viscosos das amostras de quitosana, também resultaram na diminuição das resistências ao fluxo ao longo da taxa de deformação. Representadas nas figuras 4 e 5 as amostras seguiram comportamento análogo entre si, caracterizadas pela diminuição da viscosidade de cisalhamento conforme o aumento progressivo da taxa de deformação.

Com o modelo padrão foi possível verificar que a radiação gama diminuiu a resistência ao escoamento do fluido, ao ser capaz de alterar a tensão de cisalhamento, a aplicação pode ser citada como um fator influenciador na viscosidade. Os resultados apresentaram valores maiores desta força referentes ao continuo aumento da taxa de deformação.

As curvas com a solução de quitosana com concentração de 2% partem de valores de viscosidade maiores, ou seja, possuem maiores resistências ao escoamento, devido a maior área de contato entre as moléculas presentes na amostra dificultando o seu desembaraçamento, o que leva a uma maior restrição na liberdade de movimento das cadeias individuais.

A energia ionizante da radiação rompe a cadeia da quitosana nas ligações 1-4, produzindo oligoquitosana com leve peso molecular, o que ocasiona que a viscosidade da solução decresça. Um decréscimo na taxa de viscosidade oriunda da irradiação também foi visto por Torres (2006), vez que até a dose de 10 kGy, a viscosidade diminuiu rapidamente e depois foi diminuindo gradualmente até 200 kGy. As curvas das figuras 4 e 5 indicaram que a viscosidade é modificada pela concentração de quitosana, e resultados semelhantes foram apresentados por Moura (2014).

A intensidade do tom da cor aumentou em função do aumento da dose empregada. O amarelamento é uma característica da degradação. O efeito de escurecimento sobre a solução da quitosana, resultado da exposição aos raios gama pode ser atribuído ao aumento da concentração de C═O, que aumenta conforme o aumento da dose de radiação, devido à reação de cisão em cadeia de acordo com os obtidos por Zainol et al.(2009).

O amarelo mais forte é associado à reação de Maillard ocorrida durante a irradiação, que, segundo Chawla et al. (2009), ocorre à degradação dos açúcares, e durante esta degradação há a formação de compostos que absorvem uma energia emitida gerando compostos de coloração marrom o que neste caso intensificou o amarelo das amostras. A partir da espectroscopia de infravermelho, Lim et al. (1998) observaram que a quitosana irradiada a uma dose alta de 560 kGy indicou a formação de grupos carbonilo e carboxilo, juntamente com o decaimento dos carbonos terminais, OH e grupos NH2, resultando na reação de Maillard entre os grupos NH2 e OH, ao apresentar mais uma vez a coloração mais amarelada do pó irradiado.

De acordo com Granato e Masson (2010), quanto maior os valores de croma, maior é a

intensidade da cor das amostras. O índice croma foi fortemente influenciado pelos valores b*, seguindo a mesma tendência que estes, ou seja, a irradiação intensificou a coloração amarelada do pó tendendo ao marrom.

Em aplicações na área de tecnologia de alimentos, a aparência é considerada um dos estímulos mais importantes, uma vez que se o produto não apresentar um aspecto atraente, provavelmente o consumidor não testará as outras características como o sabor e a textura. A irradiação neste caso não apresentou alterações visíveis que depreciariam o produto, podendo o material ser utilizado para biofilmes e embalagens comestíveis em frutas e outros alimentos.

A dose 5 kGy com 1%, apresentou maior valor nos parâmetros C* e H*. Com tal valor o C* proporcionou maior saturação, quanto ao H* o acréscimo em relação ao estado natural (amostra controle) beneficiou a intensificação da cor sem descaracterizar a quitosana.

Conclusão

As doses de radiação gama aplicadas na quitosana tiveram efeitos significativos em todas as características analisadas, porém a dose de 5 kGy foi a que apresentou alteração mais relevante e satisfatória às características da solução e a futuras aplicações da mesma em industrias alimentícias.

Referências

ABREU, F. O. M. S.; CAVALCANTE, L. G.; DOUNDEMENT, P. V.; CASTRO, A. M.; NASCIMENTO, A. P.; MATOS, J. E. X. Propriedades e características da quitosana obtida a partir do exoesqueleto de caranguejo-uçá utilizando radiação de microondas. Polímeros, São Paulo. 2012. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S0104-14282013000500011>. Acesso em: 10/02/2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Nº 21, de 21 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento para a irradiação de alimento. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2001.

BRAUN, D. B.; ROSEN, R. R.; Rheology Modifiers Handbook: Pratical Use e Application. **Willian Andrew Publishing**, 2000.

CHAWLA, S.P.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Antioxidant properties of Maillar reaction products obtained by gamma-irradiation of whey proteins.**Food Chemistry**, Great Britain, v.116, n.1, p.122-128, 2009.

CHEVALIER, R. C.; SILVA, G.F.A.; SILVA, D.M.; PIZATO, S.; CORTEZ-VEGA, W.R. Edible coating utilization the chitosan base to improve melon shelf life minimally processed. **Food Science**, v.3, n.3, p.130-138, 2016.

FELIPPE, C. D. S.; CRUZ, B. S.; MACEDO, B. A. B. REOLOGIA DE FLUIDOS ALIMENTÍCIOS. 16 ° congresso nacional de iniciação científica. 2016. Disponível em: <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000022415.pdf>. Acesso 10/02/2017.

FRÁGUAS, R.M. et al. Caracterização química e efeito cicatrizante de quitosana, com baixos valores de massa molar e grau de acetilação, em lesões cutâneas. **Polímeros**, v.25, n.2, p.205-211, 2015.

GARCIA, M.A.; PÉREZ, L.; PAZ, N.; GONZÁLEZ, J.; RAPADO, M.; CASARIEGO, A. Effect of molecular weight reduction by gamma irradiation on chitosan film properties. **Materials Science and Engineering C**, p. 174-180, 2015.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, vol.30, n.4, p.1090-1096, 2010.

JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, **ScientiaHorticulturae**, [S. l.], v. 196, p. 3-14, 2015.

LIM, L. Y.; KHOR, E.; KOO, O. Gamma irradiation of chitosan. **Journal of biomedical materials research (Applied biomaterials)**, n. 43, p. 282-290, 1998.

MASTRO, N. L. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. Visa em debate, São Paulo, mar. 2015. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/download/285/222>. Acesso em: 27/02/2017.

MOURA, M. J. C. PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANO PARA ADMINISTRAÇÃO POR VIA INJETÁVEL.Visa em debate, Coimbra, Set. 2014. Disponível em :< https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/26763/1/Hidrog%C3%A9is%20de%20Quitosano%20para%20Administra%C3%A7%C3%A3o%20por%20Via%20Injet%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 15/03/2017.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças.IFRN, Natal, 2015. Disponível em :<http://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/ar

quivos/livro-tecnologia-e-processamento-de-frutos-e-hortalicas>. Acesso em: 11/01/2017.

Organização Mundial de Saúde. 1999. High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10kGy. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group, technical report series n. 890. World Health Organization, Genebra.

RASHID, T. U.; RAHMAN, M. M.; KABIR, S.; SHAMSUDDIN, S. M.; KHAN, M. A. A new approach for the preparation of chitosan from Y-irradiation of prawn shell: effets of irradiation on the characteristics of chitosan. **Polymint**, n. 61, p. 1302-1308, 2012.

SILVA, R. K.; LADACHUMANANADASIVAM R; NASCIMENTO J.H.O,; SILVA K.K.O.S.; Quitosana como um adsorvente natural de íons metálicos e corantes: uma revisão.CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. 2016, Natal. **Anais**...Natal:22° CBECiMatnov, 2016.

TORRES, M. A.; BEPPU, M. M.; SANTANA, C. C.; ARRUDA, E. J. Viscous and viscoelastic properties of chitosan solutions and gels. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 101-108, 2006.

VIEIRA, R. P.; NUNES A. C.; REZENDE, R. E., CARVALHO, W. J.; GHERARDI, S. R. M. IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: uma revisão bibliográfica. **Multi-ScienceJournal**, Urutai, v. 1, n. 5. 2016.

ZAINOL, I.; Md AKIL, H.; MASTOR, A. Effect of γ-irradiation on the physical and mechanical properties of chitosan poder.**Materials Science and Engineering**, C. 29, p. 292– 297, 2009.