

APLICAÇÃO DE PAPEL KRAFT REVESTIDO COM FILMES DE QUITOSANA CONTENDO ZEÓLITAS

Thalita R.P. Soares ¹, Classius Ferreira da Silva ², Cristiana M. P. Yoshida ³

¹ Unifesp, Brasil

² Unifesp, Brasil

³ Unifesp, Brasil

RESUMO

O desenvolvimento de um novo material com potencial aplicação para retardar o processo de amadurecimento de frutos climatéricos foi estudado, baseado no revestimento a base de quitosana contendo zeólita na superfície de folhas de papel Kraft. Este sistema consiste na interação da quitosana, um polímero natural e a zeólita, adsorvente dotado de microporos, que pode atuar como um adsorvedor do fito-hormônio etileno. O papel Kraft é matéria-prima na fabricação de papelão ondulado, que é extensivamente usado em diversos setores como embalagens primárias e secundárias devido ao baixo custo de sua produção. A aplicação de filmes de quitosana como revestimento em folhas de papel Kraft pode ser uma alternativa aos sistemas de embalagem que usam frequentemente polímeros sintéticos como revestimento. As vantagens são sua fácil biodegradabilidade e reciclagem, que poderiam reduzir o lixo urbano e desperdício. Diferentes formulações de revestimento foram estudadas, contendo somente quitosana e quitosana incorporando zeólita Y, e com zeólita Y tratada com prata (Y-Ag). Este material foi denominado sistema papel-filme de quitosana com e sem a incorporação de zeólita Y-Ag. As características visuais e físico-químicas como gramatura e taxa de transmissão de vapor d'água (WVTR) foram avaliadas. Em seguida um teste de aplicação do novo material foi realizado, assim uma caixa foi confeccionada com as folhas de papel kraft revestidas com os filmes ativos para acondicionar um fruto climatérico (tomate cereja) e avaliar a eficiência do material na redução de velocidade do processo de maturação. Os sistemas papel-filme caracterizaram-se pela homogeneidade, formando um revestimento uniforme nas fibras do papel Kraft, com redução do WVTR. O material mais adequado para conservar o fruto climatérico (tomate cereja), associado pela menor perda de massa e pela manutenção da textura foi o sistema papel-filme com incorporação de zeólita Y tratada com Ag, que pode ser associado à redução da concentração de etileno no headspace.

Palavras-chave: papel kraft revestido, embalagem ativa, adsorvedor de etileno, fruto climatérico

1. INTRODUÇÃO

O papelão é um material de embalagem muito utilizado como embalagem primária e secundária, sendo obtido a partir do entrelaçamento de fibras de celulose (polímero mais abundante na natureza), possuindo como principal fonte de matéria-prima o papel Kraft ^[1]. Tem como vantagens a total reciclabilidade, biodegradabilidade, diminuição nas perdas e custos no manuseio e no armazenamento. Uma desvantagem do papel Kraft é não apresentar barreira a gases e vapor d'água. ^[6] Desta forma, revestimentos plásticos ou ceras são aplicados na superfície dos papéis, o que implica na perda da reciclabilidade total do papel final.

A aplicação de um filme obtido a partir de um polímero natural, como a quitosana, que provém da desacetilação da quitina, polissacarídeo abundante na natureza, um dos mais extensos em biomassa, pode ser uma alternativa sustentável. ^[2] A quitosana forma filmes flexíveis, com potencial para incorporar biocompostos, além da fácil biodegradação. ^[3] Devido a essa característica esse copolímero encontra aplicações nos mais variados campos.

Além disso, a preocupação ambiental vem crescendo nos últimos anos, devido a grande quantidade de resíduos sólidos que estão acumulando na natureza. Os materiais de embalagens representam aproximadamente 70 % do total do lixo gerado no mundo. Novos materiais podem ser empregados com características de fácil biodegradação e/ou reciclagem. [4]

A função de proteção e conservação estão sendo o foco dos diversos estudos de tecnologias que vêm sendo desenvolvidas para preservar e garantir a qualidade e segurança dos alimentos, tais como as embalagens ativas [5], que consiste em incorporar compostos bioativos, visando melhorar o seu desempenho nas funções principais da embalagem. A adição dos compostos bioativos promove uma modificação nas propriedades físico-químicas, atuando na superfície do material embalado, aumentando a vida-de-prateleira [4]

O Brasil figura entre os principais produtores mundiais de frutas, proporcionando uma grande diversidade de cores e sabores. As exportações de frutas frescas e processadas representam 31% do total produzido no entanto as perdas de frutas e vegetais ainda são consideráveis no pós-colheita, atingindo índices superiores a 35 % da produção total. As principais causas foram associadas ao não consumo ou comercialização após colheita em tempo hábil, processamento inadequado, a danos mecânicos ocorridos durante o transporte e armazenagem e outros. [6] [7]

O tomate cereja é classificado como fruto climatérico onde apresenta um aumento significativo na taxa de respiração no início do amadurecimento, provocado pelo aumento da produção de gás etileno. [8] Esse aumento resulta em uma série de transformações caracterizadas por alterações fisiológicas e bioquímicas no fruto, sendo um fator determinante na vida-de-prateleira do mesmo. [8]

O etileno é um gás de fórmula C_2H_4 produzido durante o amadurecimento de frutos climatéricos e conhecido como hormônio da fruta, e na sua presença, acelera o processo de amadurecimento. Quando o etileno é removido do ambiente, o processo de maturação e deterioração são retardados, o que leva à uma extensão no tempo de vida de armazenamento do produto de interesse. [9]

Ao se tratar de zeólita se faz referência a uma família de minerais que são aluminossilicatos hidratados altamente cristalinos com estrutura porosa de diâmetro de poros que vão desde 3 a 20 Å. Essa estrutura microporosa faz com que a zeólita adquira propriedades de troca de íons e dessorção reversível de água. O corpo cristalino é formado pela combinação tridimensional de tetraedros de silício e alumínio. A zeólita Y tem uma Si/Al maior que 1,5. [10] Um material que exibe uma forte afinidade pelo íon prata, se ligando por interações eletrostáticas em aproximadamente 40% (massa) na estrutura da zeólita. [11] A zeólita contendo íon de prata possui grande atividade antimicrobiana. Este material é usado extensivamente para a conservação de alimentos, desinfecção de material médico, descontaminação de superfícies de materiais como brinquedos, utensílios de cozinha uma vez que possuem baixa toxicidade para humanos. [12]

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um novo material de embalagem ativa a partir do revestimento de filmes de quitosana contendo zeólitas tratadas com prata em superfícies de papel kraft com potencial de aplicação como embalagem de frutos climatéricos (pós-colheita) com função adicional de adsorver o etileno e assim, aumentar a vida-de-prateleira.

2. MÉTODOS

As zeólitas usadas nesse trabalho serão zeólita Y (sem tratamento), obtida comercialmente e zeólita Y tratada com prata (Ag-Y), troca iônica realizada dentro do laboratório.

2.1 Filmes de Quitosana e Revestimento em Papel Kraft

O método consistiu em preparar uma solução de quitosana 2% (p/v) em solução aquosa ácida, onde ácido acético foi adicionado estequiometricamente, de acordo com o grau de acetilação e a massa de quitosana (o que evita a adição em excesso de ácido), sob agitação contínua durante 90 min até solubilização total da mesma. [13] A zeólita (20 % da massa de quitosana) foi incorporada na solução de quitosana em ultrahomogeneizador (20.000 rpm) por 10 min. Para o revestimento, aproximadamente 3 mL das soluções de quitosana com ou sem incorporação de zeólitas foram dispersas uniformemente nas folhas de papel Kraft com o auxílio do extensor de 60 micrometros. As folhas foram submetidas às condições de secagem rápida em uma estufa de circulação forçada (150 °C por 60 s). Os sistemas papel-filme desenvolvidos estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Sistemas papel-filme desenvolvidos no projeto.

Nomenclatura	Descrição
SR	Papel Kraft sem revestimento
PQ	Sistema Papel- Filme de quitosana
PQY	Sistema Papel-Filme de quitosana com Zeólita
PQY-Ag	Sistema Papel-Filme de quitosana com Zeólita-Ag

2.2 Caracterização dos Sistemas Papel-filme Ativo

2.2.1 Taxa de transmissão de vapor de água (WVTR)

O WVTR foi determinada utilizando o método padronizado ASTM E96-00.^[14] As amostras foram fixadas em células contendo um dessecante (sílica). Essas células foram acondicionadas em dessecadores contendo solução salina saturada (cloreto de sódio), garantindo a umidade relativa igual a 75 % à 25° C. Foram cortadas 5 amostras para cada tipo de revestimento. O ganho de massa do sistema (célula e filme) foi determinado em intervalos de 24 h por um período de 120 h utilizando uma balança analítica. A permeabilidade foi calculada pela Equação 1.

$$WVTR = \frac{W \cdot E}{A \cdot t \cdot \Delta p} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

WVTR= Taxa de transmissão de vapor de água (gmm/m²diakPa)

W=Massa ganha (g)

A=Área da superfície exposta do sistema papel-filme (m²)

t=tempo; (dia)

Δp=diferença de pressão parcial pelo filme (kPa)

E=espessura (mm)

2.2.2 Gramatura

A análise de gramatura foi baseada na norma NBR NM ISO 536.^[15] Este ensaio avalia a massa por área de papel. As amostras de papel Kraft foram cortadas com área de 0,017m² (0,125 m x 125 m). A massa foi medida com o auxílio de uma balança analítica. Foram feitas 20 repetições para cada tipo de formulação.

2.2.3 Capacidade de Absorção de Água (Cobb Test)

A capacidade de absorção de água foi avaliada de acordo com a norma da ASTM D3285.^[16] O teste consiste em cortar amostras de dimensões 125 mm x 125 mm. As amostras foram inicialmente acondicionadas em dessecador contendo sílica por 72 h em temperatura ambiente (25° ± 2° C). Em seguida, individualmente pesadas em balança analítica em precisão de 0,01g foram fixadas no equipamento para Cobb (Regmed, Brasil), adicionou-se 100 mL de água em contato com a superfície delimitada pelo anel do aparelho por 120 segundos. Após os 120 segundos, retirou-se o corpo de prova e eliminou-se o excesso de água da superfície do papel, colocando-o entre duas folhas de papel mata-borrão e pressionou-se rapidamente com o rolo cilíndrico. Pesou-se imediatamente o corpo de prova novamente. A capacidade de absorção de água é calculada pela Equação 2:

$$Abs = (Mf - Mi) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

em que *Abs* é a absorção de água (g/m²), *Mi* é a massa inicial do corpo-de-prova (g) e *Mf* é a massa final do corpo-de-prova (g).

2.2.4 Espessura

A espessura dos filmes (µm) foi medida utilizando um micrômetro manual digital (0,001 mm). As medidas foram realizadas em cinco pontos diferentes em cada amostra e foram utilizados 20 corpos-de-prova para a determinação. ^[17]

2.2.5 Rigidez Taber

A resistência à flexão foi determinada conforme a norma T489om-92^[18] e NBR NM ISO 2493^[19]. Os corpos-de-prova foram cortados nas dimensões de 38,1 x 38,1 mm, nas direções longitudinal e transversal de fabricação das fibras celulósicas, utilizando uma guilhotina pneumática específica para o equipamento medidor de rigidez e pré-acondicionados por um período de 48 h a 23±1°C e 50±2% de umidade. Em seguida foram avaliados utilizando o Medidor de Rigidez. Foram realizadas 10 repetições para cada direção (longitudinal e transversal).

2.3 Teste de aplicação dos Sistemas Papel-Filme

Os sistemas foram aplicados como embalagem de tomates cereja (fruto climatérico) na forma de pequenas caixas, utilizando as folhas de papel revestido com o intuito de avaliar o tempo de vida-de-prateleira. Quatro sistemas foram avaliados: folha sem revestimento, folha revestida com filme de quitosana, folha revestida com filme de quitosana com incorporação de zeólita Y e folha revestida com filme de quitosana com incorporação de zeólita Y tratada com prata.

2.3.1 Protótipo de Embalagens

Uma embalagem pequena (6,5 cm x 6,5 cm x 6,2 cm) foi elaborada, a partir da área de papel revestido (Figura 1). A colagem foi feita com cola *hot melt*, para garantir total vedação.



Figura 1: Caixa utilizada no teste de aplicação do sistema papel-filme

2.3.2 Etapas de Beneficiamento do Tomate Cereja.

Os tomates cereja foram adquiridos em supermercados locais e submetidos à 3 etapas de beneficiamento: seleção (padronização do estado de maturação, tamanho, integridade física), sanitização (tomates imersos por 10 min em solução de hipoclorito, em seguida lavados em água corrente) e armazenamento. Os tomates cereja foram distribuídos de forma aleatória nas caixas e acondicionados em incubadora a 25° C. O tempo de armazenamento dos tomates-cereja foi acompanhado pelo perfil de textura e a perda de massa em função do tempo de armazenamento, durante 7 dias.

2.3.2.1 Perda de Massa

A variação de perda de massa foi avaliada e calculada em porcentagem em base da massa do produto fresco, segundo literatura. ^[20] O resultado foi expresso em porcentagem (%).

2.3.2.2 - Perfil de Textura

O perfil de textura avaliou a força necessária para comprimir o tomate cereja durante o tempo de armazenamento. O tomate-cereja foi apoiado em uma placa de Petri para realizar o ensaio. Esta placa foi colocada em todos os ensaios para padronizar a medida. A avaliação foi feita em um texturômetro, utilizando as condições: célula de 50N, probe cilíndrico de 45mm, velocidade do teste de 5mm/s, utilizando deformação de 10%. O resultado foi expresso em N.^[21]

2.4 Análise Estatística dos Dados

Para comparação das médias obtidas nas análises utilizou-se o teste de Tukey ($p > 0,05$)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

3.1 Caracterização dos Sistemas Papel-Filme

3.1.1 Gramatura, Espessura, Capacidade de Absorção de Água, WVTR

Os sistemas papel-filme foram caracterizados quanto gramatura (G), espessura (E), capacidade de absorção de água (Cobb) e permeabilidade ao vapor de água (WVTR). Os resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades dos sistemas papel-filme.

Revestimento	G (g/m ²)	E (mm)	Coob (g/m ²)	WVTR (g mm/m ² dia kPa)
SR	177,11(3,35) ^a	0,25(0,01) ^a	92,11(15,27) ^a	0,72(0,098) ^a
PQ	184,35(4,35) ^b	0,27(0,02) ^b	84,40(13,44) ^a	0,85(0,069) ^a
PQY-Ag	186,47(3,23) ^b	0,27(0,01) ^{a,b}	68,16(19,63) ^b	0,66(0,101) ^b

Nota: letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias obtidas pelo teste de Tukey.

A gramatura é uma especificação importante do papel, pois corresponde à massa do material relativa a uma área (expressa em m²). Essa relação influencia fortemente no custo final do papel, já que este é comumente comercializado com base no peso (g/m²). Os revestimentos aumentaram a gramatura do papel Kraft, na ordem de 5% em comparação com o papel controle (SR).^[22] No entanto, o revestimento com quitosana e o revestimento com zeólita apresentaram médias estaticamente iguais, o que mostra que a adição de zeólita não alterou a gramatura do papel.

A unidade de espessura estabelece a distância entre as duas faces do papel cartão e influencia as características físicas e ópticas (resistência à tração, transparência, na cor, na alvura e resistência elétrica) do papel. Os resultados da espessura média confirmam que os revestimentos aumentaram a espessura do papel Kraft, na ordem de 6% em comparação com o papel controle (SR).

O Teste Cobb das folhas de papel Kraft está diretamente relacionado com a barreira à água da embalagem de papel. O Teste Cobb do sistema PQ apresentou uma redução não significativa em relação ao sistema SR, podemos evidenciar através do Teste Tukey realizado e o sistema PQY-Ag, reduziu significativamente na ordem de 26% em comparação com SR. Este é um resultado favorável, uma vez que, a característica hidrofílica das fibras celulósicas faz com que as mesmas formem ligações de hidrogênio com moléculas de água, reduzindo a resistência e rigidez das folhas de papel Kraft, e consequentemente a integridade do material.^{[23] [24]} Filmes de quitosana são caracterizados pela baixa solubilidade em água ^[25], o que pode ter favorecido a característica de redução dos valores de Cobb, e que foi mais acentuada no sistema PQY-Ag, que pode estar associada a presença da zeólita na superfície do material. A célula unitária da zeólita Y é cúbica com grandes dimensões (25 Å), isto é, cerca de 50 % do volume cristal desidratado. Estas propriedades confirmam a adequação da mesma com a sua grande capacidade de adsorção de água.^[23]

Folhas de papel Kraft não apresentam barreira a gases e vapor d'água. [26] o WVTR representa a característica de barreira ao vapor d'água do material. O seu conhecimento é imprescindível para eventuais aplicações dos filmes em embalagens, porém não é uma propriedade restritiva. [24] A aplicação do revestimento dos filmes PQY-Ag reduziu significativamente os valores de WVTR dos sistemas papel-filme, na ordem de 8%, aumentando a barreira ao vapor d'água do papel Kraft se comparado com o SR. E nenhum efeito no WVTR foi observado no sistema PQ.

Esse resultado é considerado satisfatório, uma vez que conferiu ao papel Kraft revestido com filme ativo de quitosana, uma permeabilidade seletiva, ou seja, embalagens para armazenar e transportar frutos climatéricos não devem apresentar total barreira a gases, pois devem permitir a continuidade de seu processo de amadurecimento, que envolve respiração, transpiração além de proteger contra injúrias. [24]

3.1.2 Rigidez Taber

No setor de embalagens, a rigidez de papéis e cartões é um indicativo da resistência estrutural e maquinabilidade. [22] Durante o processo de fabricação de papel as fibras tendem a se arranjar na direção de movimentação da tela formadora da máquina desta forma podemos dizer que o papel quanto ao sentido de fibra se distinguem em duas direções: longitudinal e transversal. Esta característica é usada no controle de qualidade de embalagens e também na pesquisa e desenvolvimento de novas embalagens. Os resultados da medida de rigidez Taber podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Resistência à flexão dos sistemas SR, PQ e PQY-Ag e PQY, com aplicação na direção longitudinal e transversal.

Revestimento	Resistência a Flexão (mN)	
	Longitudinal	Transversal
SR	39,00(6,42) ^a	16,45(2,86) ^a
PQ	47,40(08,44) ^b	25,35(8,06) ^{a,b}
PQY-Ag	57,40(10,93) ^c	30,60(9,27) ^b

Nota: letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias obtidas pelo teste de Tukey

Os valores da resistência à flexão obtidos apresentaram diferenças estatisticamente significativas, com um aumento na ordem de 17% dos papéis revestidos PQY-Ag em relação ao papel SR, na direção longitudinal. Uma possível explicação para esse aumento pode ser atribuída a presença da zeólita que forma um cristal, tornando os filmes com propriedades de maior rigidez.

Outro ponto que podemos observar e comparar se refere a espessura. Alguns estudos [28] afirmam que a rigidez é uma característica diretamente relacionada à espessura. O aumento da rigidez com a inclusão dos revestimentos provoca um aumento da espessura. Fenômeno que pode ser observado nos resultados anteriores.

Melhor resistência à flexão de uma embalagem implica em afirmar que o revestimento aplicado atuou positivamente como um reforço quando a mesma é submetida aos possíveis imprevistos durante o transporte e armazenagem. Os resultados obtidos confirmam as afirmações encontradas na literatura no que diz respeito aos valores de rigidez, a direção longitudinal sempre apresentará valores mais elevados que a direção transversal devido ao alinhamento das fibras de celulose. [29]

3.2 Eficiência dos Sistemas Papel-filme Ativo

Para poder estimar a eficiência deste novo material, propôs-se elaborar uma embalagem (caixa) com os sistemas papel-filme para acondicionar frutos climatéricos e analisar as propriedades do fruto em função do tempo de armazenamento. Para este estudo foram utilizadas as quatro condições de embalagem (SR, PQ, PQY, PQY-Ag).

O tomate cereja foi escolhido por ser um fruto climatérico, com velocidade moderada de amadurecimento, e tamanho compatível a caixa confeccionada a partir da área revestida do papel Kraft neste trabalho. O tomate cereja, por ser um fruto climatérico caracteriza-se pelo aumento significativo na taxa de respiração no início do amadurecimento, provocado pelo aumento da produção de gás etileno. Esse aumento resulta em uma série de transformações caracterizadas por alterações fisiológicas e bioquímicas no fruto. Essas alterações influenciadas pelo genótipo, maturidade na colheita e condições de armazenamento, determinam a vida-de-prateleira do mesmo. [7]

No período pós-colheita do tomate cereja, quando os frutos são colhidos e rapidamente comercializados, as transformações são mais rápidas à medida que aumenta a temperatura de exposição dos frutos. Em temperatura ambiente, a vida-de-prateleira do tomate cereja é variada, dependendo do grau de maturação, cultivar, manejo pós-colheita e embalagem. Tendo conhecimento destas grandes variações optou-se de tomar o cuidado das embalagens serem muito bem vedadas e acondicioná-las em temperatura 25° C, além de usar 5 amostras em cada caixa, repetindo 3 caixas de cada, buscando minimizar essas variações.

3.2.1 Peso

A perda de massa dos tomates cereja foi avaliado em função do tempo de armazenamento nos diferentes sistemas de papel-filme (Figura 3).

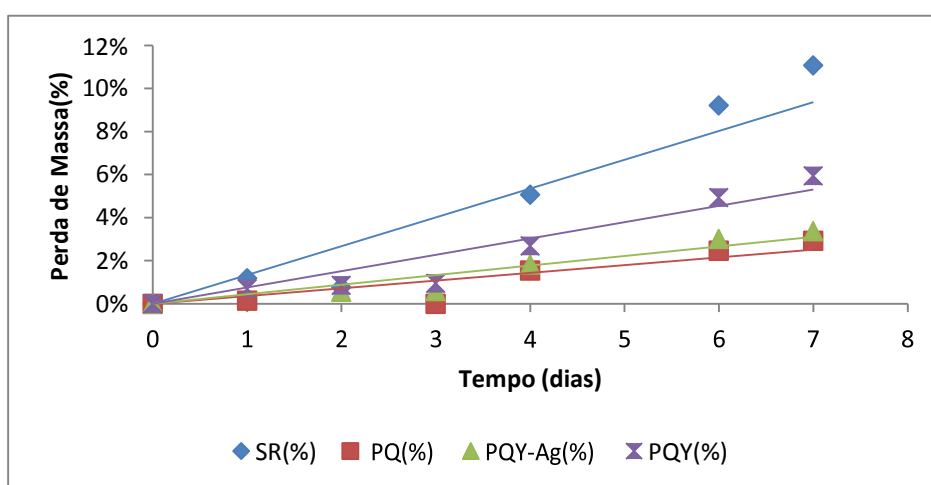


Figura 3: Gráfico da perda de massa versus tempo

Se considerarmos a massa inicial do SR e a massa após 7 dias, da sua massa inicial os tomates cereja perderam na ordem de 11,07% quando armazenados em caixas. Em caixas de folhas revestidas com filme de quitosana, quitosana contendo zeólita e quitosana contendo zeólita tratada com prata, a perda foi de 5,92%, 3,38% e 2,92%, respectivamente. Isto indica que houve um retardo na velocidade de amadurecimento dos tomates, o que poderia estar associado a adsorção de etileno pela zeólita. Estudos indicam que moléculas pequenas de gás são altamente adsorvidas em zeólitas com cátions bivalentes quando comparadas a cátions monovalentes. A diferença é muitas vezes atribuída maiores interações eletrostáticas associadas com os cátions bivalentes. [30]

Em todos os revestimentos podemos identificar uma redução na perda de massa do tomate cereja. Uma perda de massa equivalente de 3 a 6% já representa depreciação do produto. [31] Os resultados seguiram como o esperado, onde verificamos que os revestimentos PQ, PQY-Ag e PQY apresentaram-se iguais do ponto de vista estatístico, comprovando a eficiência dos revestimentos.

A colheita de frutos e hortaliças interrompe o suprimento de água para o órgão vegetal e, assim, a perda de água subsequente por transpiração determina em grande parte a perda de peso desses produtos. É decorrente desses processos o murchamento e perda da qualidade dos frutos, diminuindo a sua aceitabilidade comercial. Enzimas hidrolíticas presentes no citoplasma celular, produzidas a partir de processos bioquímicos e fisiológicos relacionados à maturação, promovem maior flacidez da parede celular, permitindo maior perda de água. [24],[32]

3.2.2 Perfil de Textura

A textura é um atributo de qualidade importante, pois está relacionada com a combinação de sensações olfativas, gustativas. Cada área é sensível a diferenças de pressão com respostas diferentes para as características do produto. A perda da firmeza se relaciona com a composição da parede celular e sua estrutura, principalmente com a fração pectínica que quando degradada provoca o amolecimento dos frutos de tomate. [21][31]

A característica da textura está relacionada com a facilidade de “romper” a camada superficial do tomate. Essa característica se altera ao longo do tempo, conforme o amadurecimento do fruto. Ao aplicar uma determinada força no tomate, uma deformação mínima é verificada até certo ponto (limiar), a partir do qual a camada superficial do fruto se rompe. Considerou-se a textura como o valor de carga máxima verificada no limiar do rompimento. Os dados correspondentes às variações da textura ao longo dos dias estão demonstradas na Figura 4.

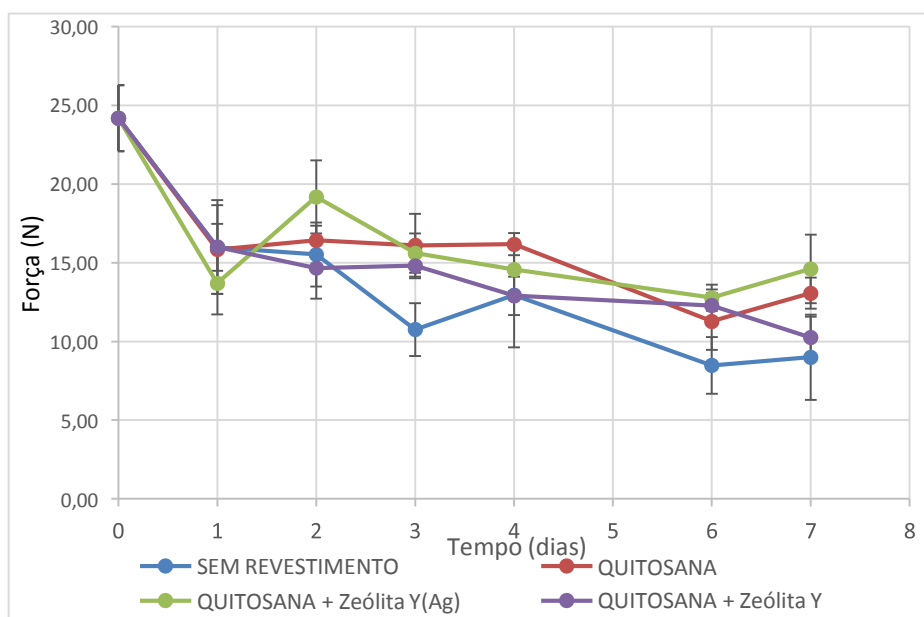


Figura 4: Perfil de textura dos tomates-cereja acondicionados em embalagens de papel Kraft revestidos ou não com filme de quitosana em função do tempo de armazenamento a 25°C.

A força compressiva reduziu em função do tempo de armazenamento em todos os tipos de embalagens estudadas. A condição de PQY-Ag foi a melhor condição observada se comparada com os outros tipos de embalagens.

O revestimento de PQY-Ag apresentou menor mudança no perfil de textura dos tomates cereja acondicionados durante o período de estocagem, e os que mais alteraram foram os embalados nos papéis SR. Isto confirma o indicativo encontrado na perda de massa, em que os tomates embalados no sistema papel-filme contendo zeólita Y-Ag promoveram um retardo na velocidade de amadurecimento dos tomates. Este resultado pode estar associado a uma adsorção do gás etileno pelas zeólita. [30]

4 CONCLUSÕES

Os papéis revestidos com filme ativo de quitosana apresentaram uma redução na capacidade de absorção de água e permeabilidade ao vapor d'água e uma maior rigidez da folha.

A incorporação da zeólita Y tratada com Ag como composto ativo em filmes de quitosana para aplicação como revestimento em folhas de papel Kraft apresentou-se como uma possibilidade válida e viável de capacidade de adsorção de gás etileno, o fito-hormônio de maturação de frutos, e ainda pode considerá-la como agente antimicrobiano na embalagem ativa de alimentos.

Os experimentos realizados levaram ao desenvolvimento de uma embalagem ativa com vantajosa tecnologia no setor de embalagens de papel, devido a atuar como um substituto parcial dos papéis Kraft revestidos comerciais, que aplicam filmes de polímeros sintéticos. A redução em perdas pós-colheita pode aumentar de forma significativa a quantidade de alimentos disponíveis à população e reduzir custos de transporte, água e energia, utilizando uma embalagem bem empregada e já bem estabelecida no mercado. Essa embalagem pode ainda atuar com baixos impactos ao ambiente, já que faz uso de produtos que possibilitem a biodegradação e a reciclabilidade da mesma, sem modificações de suas propriedades mecânicas.

5 REFERÊNCIAS

1. ARDITO, E.F.G. **Estudo do desempenho de papelão ondulado virgem e reciclado exposto a diferentes condições de umidade relativa**. UNICAMP-Universidade Estadual de Campinas - São Paulo - Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2000. Tese (Doutorado).
2. JOHN, M.J.; THOMAS, S. **Biofibres and biocomposites**. Carbohydrate Polymers, v.71, p. 343-364, 2008.
3. ELSABEE, M. Z.; ABDU, E. S. **Chitosan based edible films and coatings: A review**. Material Science and Engineering, v.33, n. 4, 1 May 2013.
4. SOARES, N. de F. F.; SILVA, W. A. da; PIRES, A. C. dos S.; CAMILLOTO, G. P.; Silva, P.S. **Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos**. Ceres, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.
5. FERREIRA, Márcia Pires Fortes. **Embalagens Ativas para Alimentos**. Porto Alegre, 2012. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS).
6. MENDES, L. H. **Exportações de frutas aumentam 6,2% em 2013**. Disponível em: <http://portosenavios.com.br/geral/22625-exportacoes-de-frutas-crescem-6-2-em-2013>>Acesso em Junho de 2014.
7. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio**. Lavras 2 ed.: FAEPE, 2005.
8. SILVA JUNIOR, E.O. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 5.ed. São Paulo, Livraria Varela, 479 p.2002.
9. KIEBER J. **Etileno: o hormônio gasoso**. In: TAIZ L; ZEIGER E. (Eds.). Fisiologia vegetal. 3ªed. Porto Alegre: Artmed Ed. p.541-559. 2004.
10. SHELDON, R.A.; **Current Opinion in Solid State and Materials Science**. p. 1 – 101, 1996.
11. MATSUMURA, Y.; YOSHIKATA, K.; KUNISAKI, S.; TSUCHIDO T. **Mode of bactericidal action of silver zeolite and its comparison with that of silver nitrate**. Appl Environ Microbiol. v.69, n.7, p: 4278-4281, 2003.
12. GARZA, R.M.; OLGUÍN, M.T.; SOSA, I.G.; ALCÁNTARA, D.; FUENTES, G.R. **Silver supported on natural Mexican zeolite as an antibacterial material**. Microporous and Mesoporous Materials, v. 39, p. 431- 444, 2000.
13. YOSHIDA, C.M.P.; OLIVEIRA-JUNIOR E.N.; Franco, T.T. (2009) **Chitosan Tailor made films: The effects of additives on barrier and mechanical properties**. Packaging Technology Science, v.22, n.3, p.161-170, 2009.
14. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM Book of Standards, Philadelphia, PA. **ASTM E96-00 - Standard test methods for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting**, 1995.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT NBR NM-ISO 536** – Determinação da gramatura, 2000.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT. NBR NM- ISO 535** – Determinação da capacidade de absorção de água – Método de Cobb, 1999.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT. NBR NM-ISO 6738** – Determinação da espessura, 2001.
18. TAPPI-TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, Atlanta. **Tappi Test Methods T489 om-92** - Stiffness of paperboard, 1994.
19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT. NBR NM-ISO 2493** – Determinação da resistência à flexão, 1999.
20. AOAC. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C. p. 1058-1059. 2005
21. LANDIM, L.B.; SAMPAIO, V.S.; BONOMO, R.C.F. **Avaliação de diferentes espessantes nas propriedades físicoquímicas, sensoriais e reológicas de bebida láctea**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.17, n.1, p.87-96, 2015.
22. REIS, Arlete Barbosa. **Processo de revestimento à base de quitosana em papel kraft: propriedades mecânica de barreira e biodegradabilidade**.2010.Tese(Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
23. ABOUL-GHEIT, A.K. **Effect of humidity, Na⁺ ion exchange and silica/alumina ratio of zeolite H-Y on its physical properties as assessed by water desorption using differential scanning calorimetry**, Thermochimica Acta, v160, pg 193-200,1990.
24. SILVA, J.S; FINGER, F.L; CORREA, P.C. **Armazenamento de Frutas e Hortaliças**. Cap 18, 2010.
25. YOSHIDA,C.M.P.; MACIEL, V. B. V.; MENDONÇA, M. E. D.; FRANCO, T. T. **Chitosan biobased and intelligent films: Monitoring pH variations**. LWT - Food Science and Technology, v.55, p.83-89, 2014.
26. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM Book of Standards, PA. **ASTM Standard Test Methods for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting**, Philadelphia, 1995
27. SOBRAL, P. J. A.; OCUNO, D. **Permeabilidade ao Vapor de Água de Biofilmes à Base de Proteínas Miofibrilares de Carne**. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, n.3, p.11-16, 2000.
28. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Técnicas de Fabricação de Papéis e Cartões para Embalagem**. São Paulo: Klabin fabricante de papel e celulose S/A, n. 21, p. 64, 1994.
29. KIRWAN, M.J.; **Paper and Paperboard Packaging Technology**, Blackwell Publishing 2005.
30. HUANG,Y. **Ethylene complexes in copper(I) and silver (I) Zeolites** .Journal of Catalysis, Vol 61, 2, Pages 461-476, 1980.
31. ANDRADE JÚNIOR VC. **Avaliação do potencial produtivo e da firmeza pós-colheita de frutos em híbridos de tomateiro**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 52p,1999.
32. GÓMEZ, P. A.; CAMELO, A. F. L. **Calidad post cosecha de tomates almacenados em atmosferas controladas**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 1, p. 38-43, mar. 2002.

