

FOCO: Caderno de Estudos e Pesquisas

ISSN 2318-0463

APLICAÇÃO DE BIOFILME COMESTÍVEL EM MAÇÃS MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO

CASTILHO, Thiago Gozzoli¹

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
thiagogcastilho@gmail.com

BRANDANI, Maurício Thenório²

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
mauricio.brandani@hotmail.com

DEZIDERIO, Marcela Aparecida³

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP
marceladeziderio@gmail.com

AGUIAR-OLIVEIRA, Elizama⁴

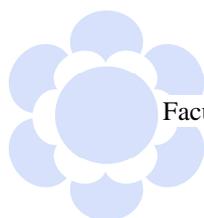
Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
elizamaguaiar@yahoo.com.br

KAMIMURA, Eliana Setsuko⁵

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP
elianask@usp.com

MALDONADO, Rafael Resende⁶

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
Colégio Técnico de Campinas – COTUCA/UNICAMP
ratafta@yahoo.com.br



FIMI
FACULDADES INTEGRADAS
MARIA IMACULADA

RESUMO

¹ Bacharel em Química Industrial pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI), Mogi Guaçu-SP, 2015.

² Bacharel em Química Industrial pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI), Mogi Guaçu- SP, 2015.

³ Bacharel em Química Industrial pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI), Mogi Guaçu-SP, 2013. Mestranda em Ciência dos Alimentos pela Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP, (2016 - atual).

⁴ Doutora em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/Unicamp), 2012. Professora Adjunta da Universidade Estadual Santa Cruz (UESC), Ilhéus-BA, (2016- atual). Pesquisadora nas áreas de Alimentos e Bioprocessos.

⁵ Doutora em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/Unicamp), Campinas, 2000. Professora Livre Docente na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP (2001-atual). Pesquisadora nas áreas de Alimentos e Bioprocessos.

⁶ Doutor em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/Unicamp), Campinas, 2012. Professor adjunto das Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI), Mogi Guaçu-SP, (2008-atual) e professor na área de Análise de Alimentos, Colégio Técnico de Campinas (COTUCA/UNICAMP), Campinas (2010-atual). Pesquisador nas áreas de Alimentos e Bioprocessos.

Alimentos minimamente processados tem se tornado cada vez mais presentes no mercado de alimentação, devido à semelhança que apresentam com alimentos *in natura* e também em relação às facilidades de preparo e armazenamento. No entanto, esses alimentos podem apresentar maiores problemas de deterioração química, enzimática e/ou microbiológica. A utilização de biofilmes comestíveis pode ser uma alternativa promissora para preservar por mais tempo vegetais minimamente processados. O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de um biofilme a base de quitosana (1%*m/v*) e dextrina (3%*m/v*), associado ou não com branqueamento químico (ácido cítrico a 1% *m/v*), para preservação de maçãs minimamente processadas armazenadas sob refrigeração. Quatro formulações foram avaliadas (controle, biofilme, branqueamento e biofilme + branqueamento) em três tipos de embalagem (bandejas de polietileno, sacos de polietileno fechados e sacos de polietileno selados). A aplicação do biofilme garantiu redução do escurecimento enzimático, enquanto o branqueamento com ácido cítrico provocou piorada qualidade das maçãs avaliadas. A vida de prateleira das maçãs embaladas e em contato com ar atmosférico foi de quatro a cinco dias (bandejas e sacos de polietileno) e de 25 dias (embalagens seladas e sem ar atmosférico). A acidez titulável e a concentração de sólidos solúveis foram bastante estáveis até o 5º dia de armazenamento. Foi possível concluir que a aplicação do biofilme de quitosana e dextrina proporcionou aumento da vida útil das maçãs minimamente processadas e refrigeradas nos dois tipos de embalagem avaliadas.

Palavras-chave: Biofilme comestível. Maçã. Quitosana. Dextrina.

1 INTRODUÇÃO

Vegetais minimamente processados (frutas, legumes e hortaliças) são aqueles que passam apenas por alterações físicas mantendo seu estado de frescor e tem sido uma tendência crescente nos últimos anos. Esse tipo de processamento inclui operações como seleção, lavagem, sanitização, descascamento, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento e comercialização (FONTES et al., 2008). Atributos como cor, textura, sabor e valor nutricional são referências para o consumidor no momento da compra e, por isso, manter a integridade dessas características é fundamental para a qualidade e aceitação desses produtos. Por outro lado, vegetais são muito susceptíveis a alterações tanto durante o processamento como no armazenamento devido à decomposição ou formação de pigmentos, reações de escurecimento, perda de água, hidrólise de compostos insolúveis, etc. (OLIVEIRA et al., 2007).

Existem inúmeras formas de se minimizarem as alterações nas características de vegetais submetidos a processamento mínimo, tais como branqueamento, armazenamento em atmosfera modificada, refrigeração e utilização de substâncias que protejam os vegetais durante o processamento e o armazenamento. Dentre as inúmeras alternativas, a utilização de biofilmes comestíveis é uma que se mostra bastante promissora. Biofilmes comestíveis são películas finas aplicadas na superfície de um sólido agindo como barreiras a elementos externos, protegendo o produto de danos físicos e biológicos e aumentando a vida útil (SANTOS et al., 2012)

Os biofilmes ou revestimentos não são pegajosos, são brilhantes, transparentes, atóxicos e podem tanto ser ingeridos junto com o produto como removidos com água. Além disso, em geral, são compatíveis com diversos alimentos, apresentam barreira ao vapor de água e vapores orgânicos, de baixo custo, de tecnologia simples e não poluente, com boa estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica. Eles são normalmente materiais poliméricos e a literatura demonstra que podem ser aplicados nas frutas inteiras ou cortadas, sendo capazes de preservá-las por períodos maiores, mantendo a qualidade exigida pelos consumidores, ou seja, a característica da fruta *in natura* (de MELLO LUVIELMO & LAMAS, 2012; DARABA, 2008).

Os biofilmes comestíveis podem ser simples (formados por uma macromolécula) ou compostos (formados por dois ou mais tipos de macromoléculas) e podem ser aplicados em uma ou mais camadas. Os filmes compostos têm como vantagem agregar aspectos positivos de diferentes materiais, por exemplo, materiais hidrofóbicos que formam barreira ao vapor de água e materiais hidrofílicos que formam barreira a gases e propiciam melhores propriedades mecânicas (SANTOS, 2012).

Os revestimentos comestíveis podem ser feitos a partir de materiais como proteínas, lipídeos e polissacarídeos, tais como: amidos, amidos modificados, derivados de celulose, quitosana, pectina, alginato e outras gomas (tais como goma do cajueiro, xantana, arábica, etc). A maioria das películas e revestimentos comestíveis contém pelos menos um polímero de alta massa molecular, que são estruturas de cadeia longa capazes de criar matrizes com força coesiva adequada para aderirem ao alimento. Filmes assim obtidos são pouco flexíveis e porosos a gases, vapores e solutos, porém a adição de grupos polares ao longo da cadeia polimérica aumenta a capacidade de formar ligações de hidrogênio e de interações iônicas e melhora as qualidades do revestimento (MONCAYO; BUITRAGO; ALGECIRA 1993). Revestimentos a base de

polissacarídeos têm sido aplicados para aumentar a vida de prateleira pós-colheita de frutas e, também, podem ser associados a lipídeos e outras substâncias, abrandando as trocas respiratórias e aumentando a vida de prateleira (de MELLO LUVIELMO & LAMAS, 2012).

Quitossana, amido e dextrinas são exemplos de polissacarídeos aplicáveis a formação de biofilmes comestíveis. A quitossana é obtida pela desacetilação da quitina (presente no exoesqueleto de crustáceos e outros animais marinhos). É um produto de baixa toxicidade, formador de gel e com atividade antimicrobiana, capaz de retardar o crescimento micelial e diminuir a germinação de fungos. Tem sido utilizada para diminuir a severidade de doenças pós-colheita em mamão, tomate, pepino, maçã e uvas. A quitossana é bastante influenciada pelo pH do meio, pois este altera a protonação dos grupos amina e altera sua capacidade de solvatação. Em pH mais elevados, as cadeias de quitossana se aproximam devido à redução da protonação, o que aumenta a viscosidade. Por outro lado, em pH mais baixos, em razão do aumento da protonação, ela se torna mais solúvel em meio aquoso (FELIPINI & DI PIERO, 2009).

Soluções à base de amido também podem ser aplicadas como coberturas comestíveis e em geral essas coberturas são obtidas por meio de geleificação do composto em água a temperaturas próximas a 70°C, sob agitação constante com posterior resfriamento para faixa de 15°C. Uma alternativa aos biofilmes de amido é a utilização de dextrina, um produto da degradação do amido, que tem a vantagem de ser solúvel em água à temperatura ambiente, podendo ser usada como agente espessante, revestimento, adsorvedor, adesivo, formador de filme, suplemento nutritivo, entre outras aplicações (RIBEIRO et al, 2009).

Existem inúmeros trabalhos na literatura que descrevem sobre processamento mínimo de frutas e legumes, como: abacaxi, alface, alho, banana, beterraba, goiaba, mamão, mandioca, manga, melão, morango, rabanete, repolho e muitos outros. Dentre as diferentes frutas passíveis de sofrer processamento mínimo pode ser destacada a maçã, que é uma fruta bastante apreciada no Brasil e cujo cultivo está concentrado na região Sul, especialmente no estado de Santa Catarina. Ela possui aproximadamente 85% m/m de água, possui boa textura, alto teor de açúcares e de acidez, sendo um fruto firme, de aspecto visual, aroma e sabor atrativos (CORDOVA, 2006; RIZZON, BERNARDI & MIELE et al, 2005). Apesar destas características o consumo per capita de maçã no Brasil ainda é baixo comparado com países de clima temperado e a maior

parte do consumo no país é feita com o fruto na forma *in natura* (BITTENCOURT & MATTEI 2008).

O processamento mínimo é uma opção para aumentar a vida de prateleira e, conseqüentemente, aumentar o consumo de maçãs, no entanto, o desenvolvimento de fungos e o escurecimento enzimático são dois fatores que precisam ser contornados para se obter um produto de boa qualidade. Maçãs são muito acometidas por fungos, inclusive espécies termorresistentes, tais como *Aspergillus fumigatus*, *Byssoschlamys fulva*, *Eupenicillium* sp. e *Neosartorya fischeri* (GUMERATO, 1995; SALOMÃO, MASSAGUER & ARAGÃO, 2008), que podem levar a produção de toxinas e ao desenvolvimento de podridão. Além disso, o escurecimento enzimático causado pela ação das enzimas polifenoloxidasas (PPO), que catalisam a oxidação de compostos fenólicos formando pigmentos escuros ocorre de forma acentuada em maçãs após o descascamento e corte, o que leva a perda da qualidade sensorial devido as alterações na cor do alimento (HAMINIUK et al., 2005). Os substratos fenólicos mais importantes na maçã são 3,4-diidroxifeniletilamina (dopamina), o ácido clorogênico e a o-catequina (ARAUJO, 1999), sendo que a presença e a concentração desses substratos associados a outros fatores como pH, temperatura e concentração de oxigênio afetam diretamente o escurecimento enzimático dessa fruta (SANTOS, et al., 2012).

O tratamento clássico aplicado para se evitar o escurecimento enzimático em vegetais é o branqueamento, que pode ser feito de forma térmica ou com aplicação de substâncias que inibam a ação das enzimas, tais como ácidos (HAMINIUK et al., 2005). No entanto, a aplicação de biofilmes pode ser uma boa opção para evitar os problemas de desenvolvimento de fungos e de escurecimento enzimático em maçãs, melhorando a qualidade do produto minimamente processado.

Canaver & Dipiero (2011) aplicaram revestimentos de quitosana em maçãs, observando uma redução na incidência de fissuras ou rachaduras profundas, o que levou à redução da severidade do mofo azul no pós-colheita. Além disso, foi possível perceber que o aumento de quitosana na formulação aumentou a eficiência no controle do crescimento do mofo, bem como a adição de estearato de magnésio e Tween-80, materiais de caráter hidrofóbico.

Santos, Silva & Maldonado (2013) também verificou que a aplicação de biofilme comestível formado por quitosana e dextrina retardou o aparecimento de fungos em morangos orgânicos sob armazenamento refrigerado, aumentando sua vida

de prateleira. Chiumarelli (2011), por sua vez, obteve uma vida de prateleira de cinco dias com a aplicação de biofilme de fécula de mandioca e glicerol em maçãs previamente branqueadas com ácido cítrico e ascórbico e armazenadas sobre refrigeração. Em outro trabalho, Krochta e Mulder-Johnston (1997) obtiveram resultados satisfatórios como barreira de umidade em amêndoas e barreira ao oxigênio em maçãs com a aplicação de coberturas à base de dextrina.

A partir de trabalhos citados na literatura e dos resultados obtidos anteriormente no processamento mínimo de morangos orgânicos (SANTOS, SILVA & MALDONADO, 2013), esse trabalho teve por objetivo avaliar a influência da aplicação de biofilme de dextrina e quitosana em maçãs minimamente processadas, com e sem aplicação prévia de branqueamento ácido, em diferentes tipos de embalagens e armazenadas sob refrigeração tanto no aumento da vida de prateleira como nas propriedades físico-químicas durante o armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Processamento mínimo de maçãs

Para realização desse estudo maçãs da variedade Fuji (*Maluscommunis*), maduras, sem presença de podridão e sem danos na casca foram adquiridas em supermercados da região de Mogi Guaçu-SP. As amostras foram lavadas e sanitizadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio 0,02% m/v por 5 minutos e, em seguida, enxaguadas com água destilada antes de iniciar o processamento (Rodrigues et al., 2011). Após a sanitização, as maçãs foram fatiadas em formato circular com espessura de aproximadamente 1,0 cm e submetidas a diferentes tratamentos:

- Controle – as maçãs não sofreram nenhum tipo de tratamento após o fatiamento.
- Biofilme – as maçãs foram imersas em biofilme comestível de quitosana (1% m/v) e dextrina (3,0% m/v) de acordo com metodologia descrita por Santos, Silva & Maldonado (2013).
- Branqueamento – as maçãs passaram por branqueamento químico por imersão em solução de ácido cítrico 1% m/v.

- Branqueamento + biofilme – as maçãs foram submetidas ao processo de branqueamento e em seguida houve aplicação do biofilme de quitosana e dextrina.

Após a aplicação dos respectivos tratamentos, as maçãs foram armazenadas em geladeira na temperatura de 4°C e foram realizadas avaliações, visual e físico-química, das frutas em função do tempo de armazenamento.

2.2. Preparação e aplicação do biofilme

O biofilme comestível foi preparado pela dissolução de dextrina 3,0% m/v e quitosana 1,0% m/v em solução acidificada com ácido ascórbico na concentração de 0,6% m/v e homogeneizada com agitador mecânico até a completa solubilização dos dois polímeros (SANTOS, SILVA & MALDONADO, 2013). Após preparo do biofilme, as amostras de maçã fatiadas (com e sem branqueamento) foram imersas na solução do biofilme por um minuto em temperatura ambiente e sem agitação. Após o tempo de um minuto, as fatias foram retiradas e deixou-se escorrer o excesso de biofilme sobre um suporte metálico.



2.3. Branqueamento

O branqueamento foi realizado pela imersão das fatias de maçã em solução de ácido cítrico 1% m/v pelo período de 5 minutos. Após esse período, as amostras foram retiradas da solução e lavadas com água destilada (SANTOS, CHIUMARELLI & HUNBINGER, 2010).

2.4. Avaliação das maçãs minimamente processadas em função do tempo de armazenamento refrigerado

No primeiro experimento realizado, fatias de maçãs submetidas aos tratamentos descritos acima foram acondicionadas em bandejas plásticas de polietileno de baixa densidade, tampadas e armazenadas a 4°C por um período de cinco dias. Foi realizada a avaliação visual das amostras e avaliação físico-química com medidas da acidez titulável, concentração de sólidos solúveis e pH.

No segundo experimento, as fatias de maçã foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade dotadas de um dispositivo de

fechamento. As amostras foram então armazenadas sob refrigeração a 4°C e realizou-se a avaliação visual das amostras.

Em um terceiro experimento, o mesmo tipo de embalagem do segundo experimento foi utilizado; no entanto, foi feita a remoção de ar do interior da embalagem e as embalagens foram seladas e armazenadas sob refrigeração a 4°C e realizou-se a avaliação visual das amostras.

2.5. Análise visual e físico-química

A análise visual foi feita para avaliar a cor das amostras com intuito de verificar a ocorrência de escurecimento enzimático, surgimento de pontos de podridão, desenvolvimento de microrganismos e exsudação de líquido das frutas. A aparência das frutas foi registrada por meio de fotografias tiradas ao longo do tempo de armazenamento.

A avaliação físico-química foi realizada pela medida da acidez titulável, concentração de sólidos solúveis, pH e medida da massa das fatias. As metodologias utilizadas foram baseadas no Manual de Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Para acidez titulável uma massa de aproximadamente 10g de maçã foi pesada em balança analítica triturada com 90g de água em liquidificador. Na sequência, alíquotas de 10g da pasta obtida eram transferidas para erlenmeyers, feita adição de água destilada, 4 gotas de fenolftaleína e tituladas com hidróxido de sódio 0,01 mol/L até o ponto de viragem do indicador.

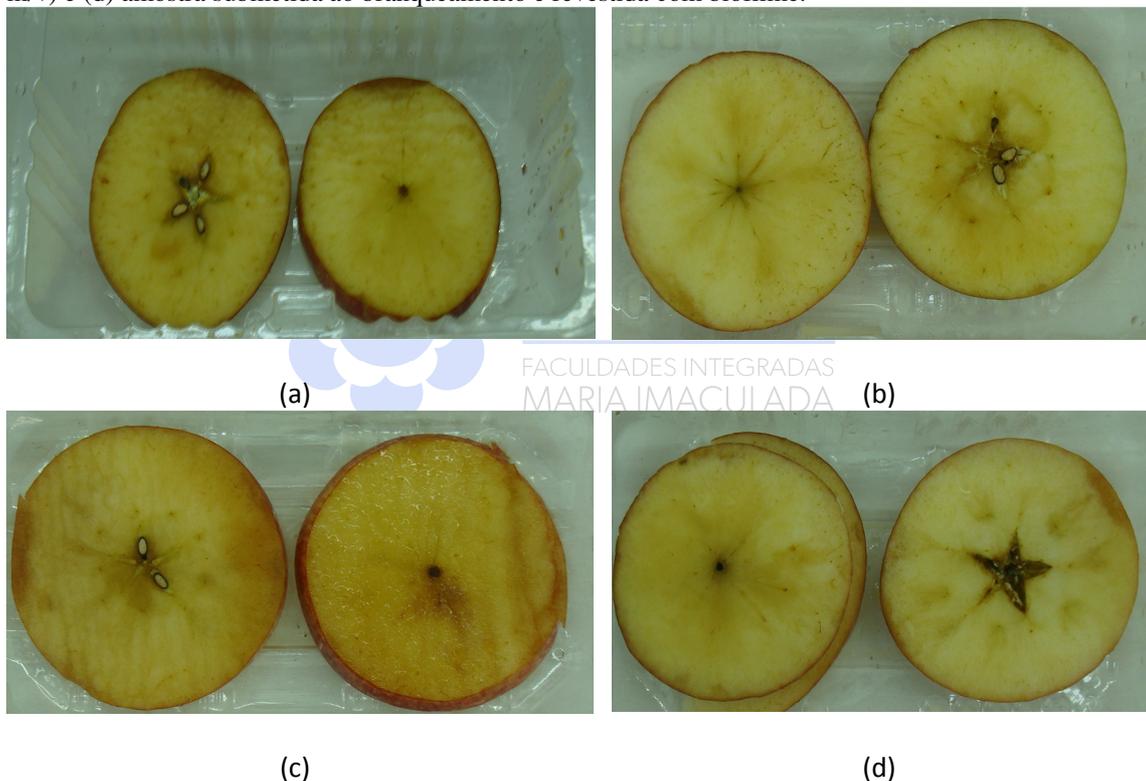
Para medida de pH, 10g de amostra foram trituradas com 90g de água destilada em liquidificador e a pasta obtida foi utilizada para leitura direta do pH em pHmetro digital (Digimed). A determinação da concentração de sólidos solúveis foi feita por leitura direta da amostra de maçã macerada em refratômetro portátil (Instrutemp). A medida da massa das amostras foi feita por medida direta em balança semi-analítica (Ohaus).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação da aplicação de biofilme comestível e/ou branqueamento na conservação de maçãs minimamente processadas armazenadas refrigeradas

No primeiro experimento, as maçãs fatiadas submetidas aos quatro tratamentos (controle, biofilme, branqueamento e branqueamento + biofilme) foram avaliadas visualmente e pelas análises físico-químicas durante cinco dias sob armazenamento refrigerado a 4°C em bandejas de polietileno de baixa densidade. O aspecto visual das amostras após cinco dias de armazenamento refrigerado pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Aspecto visual de maçãs minimamente processadas armazenadas refrigeradas em bandejas de polipropileno de baixa densidade após cinco dias a 4°C (a) amostra controle; (b) amostra com biofilme de dextrina (3,0% m/v) e quitosana (1,0% m/v); (c) amostra com branqueamento com ácido cítrico (1,0% m/v) e (d) amostra submetida ao branqueamento e revestida com biofilme.



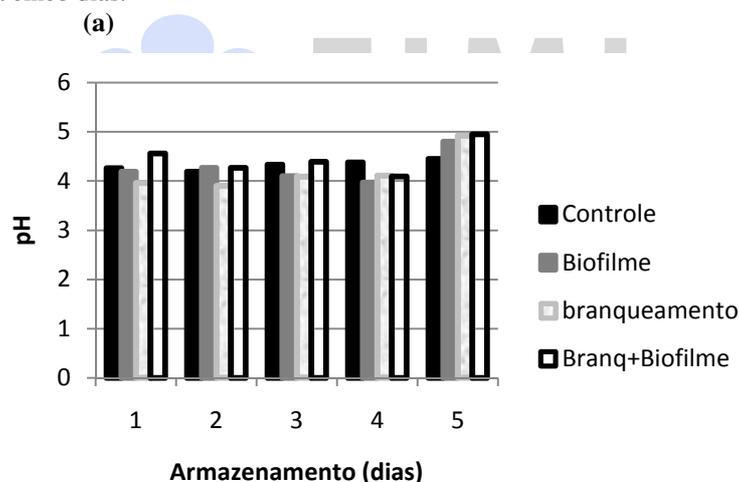
Fonte: Autores, 2015.

Na figura 1, demonstra-se que após cinco dias de armazenamento as amostras de maçã com aplicação do biofilme apresentaram menos alterações do que as outras amostras (controle e com branqueamento). Isso indica que a aplicação do biofilme ajudou a retardar o processo de escurecimento enzimático, o que se deve a redução do contato da superfície da maçã com o oxigênio da atmosfera. A amostra em que se aplicou o branqueamento (amostra c) apresentou uma coloração mais escura do que a

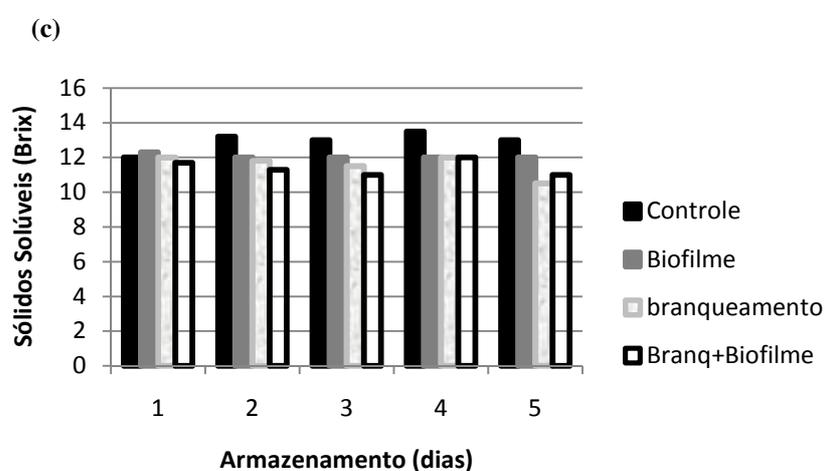
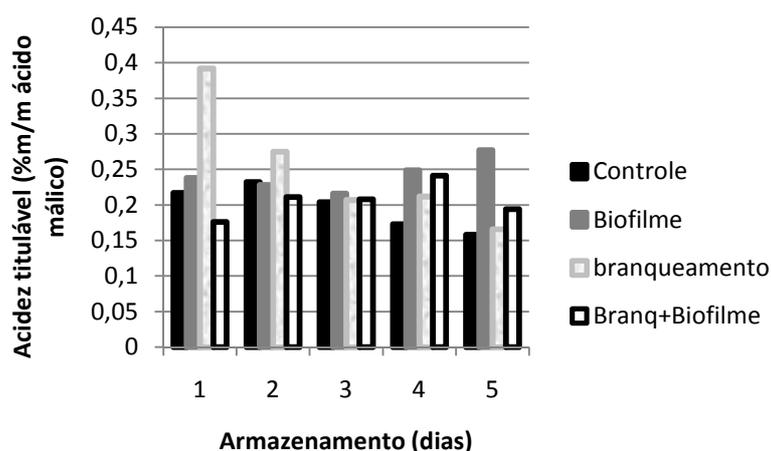
amostra controle (sem nenhum tratamento), demonstrando que o branqueamento utilizado não foi eficiente. A amostra com branqueamento foi inclusive pior do que a amostra controle, que se apresentou menos escurecida. Ainda pela análise visual, notam-se pequenos pontos de apodrecimento nas amostras controle e branqueamento, o que sugere que o tempo de cinco dias de armazenamento em bandejas e sob refrigeração foi excessivo para estes tratamentos. O fato de amostras recobertas com biofilme apresentarem-se com aspecto melhor do que aquelas que não receberam o revestimento também foi observado em trabalho anterior de Santos, Silva & Maldonado (2013) que trabalharam com aplicação da mesma formulação de biofilme para o revestimento de morangos orgânicos.

As amostras também foram avaliadas por análises físico-químicas, cujos resultados podem ser vistos na figura 2.

Figura 2 – (a) pH (b) acidez titulável (c) sólidos solúveis de maçãs minimamente processadas com diferentes tratamentos armazenadas em bandejas de polietileno de baixa densidade sob refrigeração a 4°C no período de um a cinco dias.



(b)



Fonte: Autores, 2015.

Os resultados das análises físico-químicas não apontaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos utilizados nas maçãs minimamente processadas. Observa-se como tendência geral um aumento do pH, com conseqüente diminuição da acidez titulável na maioria das amostras avaliadas e pequenas oscilações na concentração de sólidos solúveis. Considerando que o tempo de armazenamento foi curto e que esse foi feito sob refrigeração, pequenas variações já eram esperadas nas propriedades físico-químicas.

Os valores de pH variaram entre 4,0 e 5,0, a acidez titulável entre 0,15 e 0,45% m/m em ácido málico e a concentração de sólidos solúveis entre 10 e 14° Brix de acordo com o tratamento aplicado. Comparativamente, Goulart, Antunes & Antunes (2000) encontraram valores de pH = 3,76, acidez de (0,33±0,10)% m/m em ácido málico e 14°Brix de sólidos solúveis para maçãs 'Fuji' maduras *in natura*. Chiumarelli (2011), por sua vez, encontrou valores de pH entre 3,73 e 4,34 e sólidos solúveis entre

11,07 e 12,17°Brix entre zero e cinco dias de armazenamento para maçãs minimamente processadas com cobertura comestível de fécula de mandioca. Em outro trabalho, Lunardiet al. (2002) obtiveram valores de sólidos solúveis em maçãs refrigeradas a 0°C entre 14 e 15,5°Brix após um, dois e três meses de armazenamento, sendo que as maçãs foram submetidas a diferentes tratamentos antes do armazenamento refrigerado.

Durante o armazenamento, diferentes autores têm observado uma tendência de aumento do pH e da concentração de sólidos solúveis em frutas devido ao metabolismo durante o processo de maturação. No entanto, vale destacar que a composição dos frutos é bastante variável em função das condições de cultivo, variedade da fruta, época da colheita, estágio de maturação, da forma de processamento e das condições de armazenamento. (LUNARDI et al., 2002; OLIVA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; PARK et al., 2005; CHIUMARELLI, 2011).

A aplicação do biofilme de dextrina + quitosana (com ou sem realização do branqueamento) mostrou-se eficiente para manutenção do aspecto visual das maçãs minimamente processadas em até cinco dias de armazenamento refrigerado a 4°C. As formulações controle e branqueamento apresentaram cor mais escura quando comparadas com aquelas onde foi aplicado o biofilme. Chiumarelli (2011) observou resultado semelhante ao aplicar cobertura formada por fécula de mandioca (3%) e glicerol (1,5%) em maçãs previamente branqueadas com solução de ácido cítrico + ácido ascórbico e armazenadas refrigeradas a 5°C, obtendo uma vida de prateleira de cinco dias para esta formulação.

Em outro estudo, a aplicação de filmes de quitosana, com diferentes graus de acetilação e diferentes massas molares, não teve efeito significativo na proteção de maçãs minimamente processadas. Verificou-se apenas diminuição no desenvolvimento de fungos quando aplicados filmes com quitosanas de baixamassa molar após 10 dias de armazenamento a 28°C e 80% de umidade relativa (BRITTO, SANTOS & ASSIS, 2012).

Por sua vez, Shaoet al. (2012) verificaram um efeito positivo do revestimento de quitosana (1%) em maçãs que sofreram tratamento térmico prévio por quatro dias a 38°C. As maçãs revestidas apresentaram vida de prateleira de 20 semanas a 0°C e de sete dias a 20°C, além disso, as maçãs revestidas apresentaram menor taxa de respiração, menor produção de etileno, maior firmeza, maior aceitação sensorial, menor

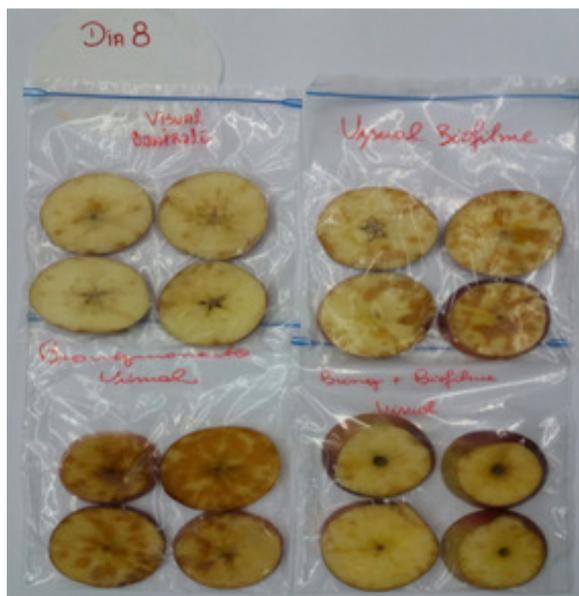
perda da cor, da acidez titulável e de massa comparadas às maçãs submetidas apenas ao tratamento térmico.

3.2. Avaliação do tipo de embalagem sobre maçãs minimamente processadas

Os resultados da análise visual das maçãs minimamente processadas sob diferentes tratamentos, armazenadas sob refrigeração a 4°C com embalagem fechada de polietileno de baixa densidade podem ser vistos na figura 3.

Figura 3 – Acompanhamento visual de maçãs minimamente processadas armazenadas em embalagem de polipropileno de baixa densidade com dispositivo de fechamento com as condições (i) sem tratamento; (ii) com aplicação de biofilme de dextrina (3%*m/v*) e quitosana (2%*m/v*); (iii) com aplicação de branqueamento por ácido cítrico (1%*m/v* por 5 minutos) e (iv) com aplicação de branqueamento + biofilme após (a) 1 (b) 4 e (c) oito dias de armazenamento refrigerado em geladeira a 4°C.





(c)

Fonte: Autores, 2015.

O resultado do segundo experimento mostrou-se semelhante ao que foi observado no primeiro, ou seja, as amostras com aplicação do biofilme tiveram a melhor preservação da cor do que as amostras controle e com branqueamento apenas. Isso evidencia que o biofilme aplicado foi de fato eficiente para reduzir o escurecimento enzimático das maçãs minimamente processadas. Pode-se observar que após um e quatro dias de armazenamento as amostras cobertas com biofilme apresentaram-se pouco alteradas e sem presença de apodrecimento.

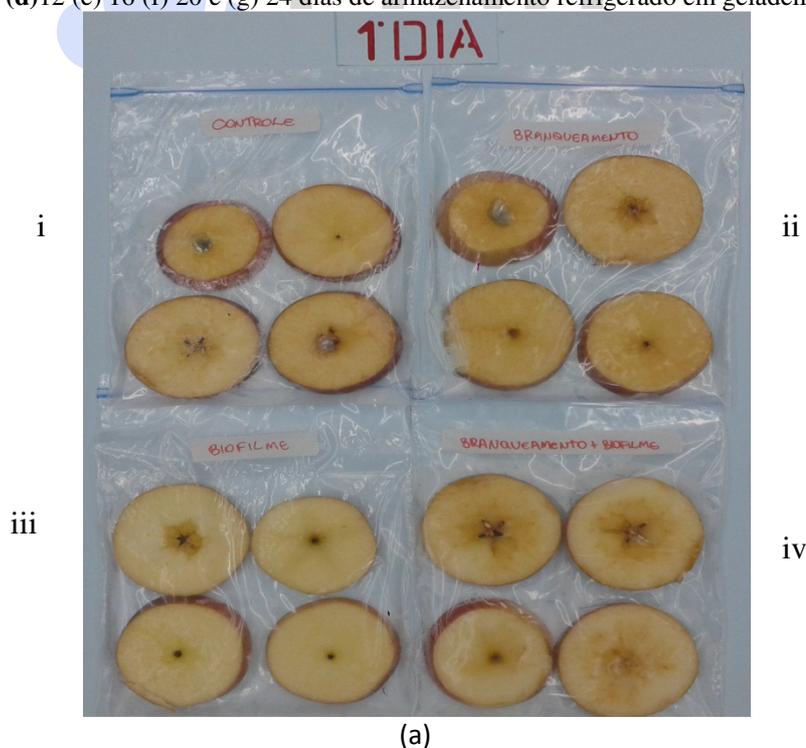
No entanto, após oito dias de armazenamento, as amostras (ii) coberta com biofilme e (iii) com branqueamento já apresentaram vários pontos de apodrecimento. Sendo assim, pode-se concluir que as maçãs minimamente processadas revestidas com biofilme de quitosana + dextrina, armazenadas a 4°C e em contato com o ar atmosférico, seja acondicionadas em bandejas ou em embalagem fechadas de polietileno de baixa densidade apresentaram uma vida de prateleira similar, entre quatro e cinco dias. Além disso, o aspecto visual das maçãs revestidas foi melhor do que das amostras não revestidas após quatro dias de armazenamento.

Maçãs da variedade Golab foram tratadas com nanoemulsões de quitosana com concentrações de 2000 e 5000 ppm e armazenadas em embalagem cartão normal a $(2\pm 1)^\circ\text{C}$ e a 80-85% UR (umidade relativa). A avaliação semanal durante a estocagem (por 10 semanas) mostrou redução na taxa de respiração, perda de peso, perda da

firmeza, atividade enzimática, perda da cor da casca e manutenção da atividade antioxidante das maçãs revestidas em comparação a amostra controle não revestida (BADII et al., 2013). Em outro trabalho, a aplicação de revestimentos com nanopartículas de quitosana e de quitosana dissolvida em ácido cítrico sobre maçãs da variedade ‘Gala’ mostrou uma melhor preservação da cor do que nas amostras não revestidas armazenadas a 5°C por 10 dias. Além disso, o tratamento com nanopartículas de quitosana de 110 nm mostrou a maior atividade antimicrobiana contra bolores, leveduras, bactérias mesófilas e psicrotólicas do que os demais tratamentos (PILON et al., 2015).

Um terceiro experimento foi realizado utilizando o mesmo tipo de embalagem, mas nesse caso com a retirada de ar das embalagens seguida de selagem antes do armazenamento refrigerado a 4°C. Os resultados podem ser visualizados na figura 4.

Figura 4 – Acompanhamento visual de maçãs minimamente processadas armazenadas em embalagem de polipropileno de baixa densidade com remoção de ar e selagem com as condições (i) sem tratamento; (ii) com aplicação de branqueamento por ácido cítrico (1%*m/v*) por cinco minutos; (iii) com aplicação de biofilme de dextrina (3%*m/v*) e quitosana (2%*m/v*) e (iv) com aplicação de branqueamento + biofilme após (a) 1 (b) 4 (c) 8 (d) 12 (e) 16 (f) 20 e (g) 24 dias de armazenamento refrigerado em geladeira a 4°C.





(b)



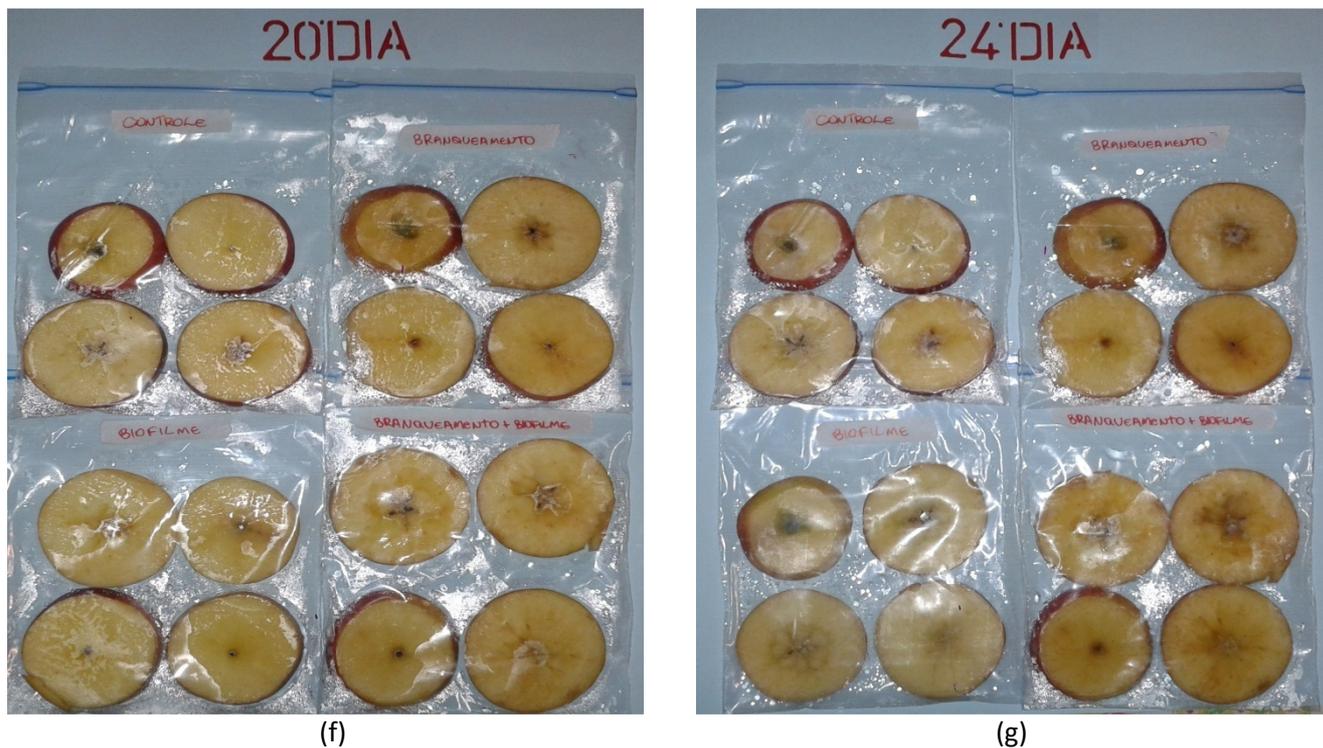
(c)



(d)



(e)



Fonte: Autores, 2015.

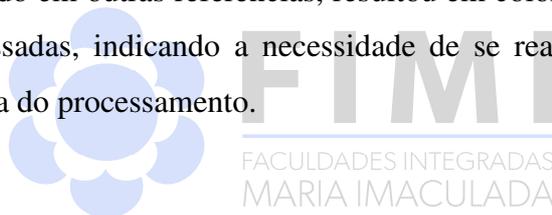
Nesse experimento, foi possível perceber o aumento significativo da vida de prateleira das maçãs minimamente processadas com a remoção de ar das embalagens. Após 24 dias todas as amostras ainda não apresentavam sinais de apodrecimento nem de escurecimento excessivo. Ainda é possível verificar que as amostras revestidas com biofilme de quitosana + dextrina apresentaram a coloração mais clara do que os demais tratamentos.

Essa diferença é bem evidente no primeiro dia de armazenamento (Figura 4a) e tende a diminuir à medida que avança o tempo de armazenamento. Foi possível concluir que a redução da concentração de oxigênio teve uma importância muito significativa no aumento da vida de prateleira das maçãs minimamente processadas avaliadas neste estudo.

Para efeito de comparação, estudo realizado por Wijewardane e Guleria (2013) avaliou diferentes tipos de embalagem [(1) caixas com placas de fibra de papelão ondulado (CFB) + bandejas de papel moldável, (2) CFB + forros de polietileno e (3) bandejas embrulhadas encolhidas] sobre o aumento da vida de prateleira de maçãs da variedade 'Royal Delicious' revestidas com biofilme composto de óleo de *neem* (*Azadirachta indica*) e extrato de flor de calêndula (*Tagetes erectus*). Os melhores resultados foram obtidos com a combinação do biofilme composto com 2% de óleo de

neem com as bandejas embrulhadas encolhidas, que resultaram no maior aumento da vida de prateleira das frutas durante a estocagem a 18-25°C e 65-75% UR. Isso sugere que a combinação de revestimento comestíveis + embalagem adequada + refrigeração podem contribuir significativamente para o aumento da vida de prateleira de maçãs minimamente processadas e que outras formas de embalagem precisam ainda ser mais bem investigadas.

Vale ressaltar que a adição de dextrina ao biofilme de quitosana realizado nesse estudo mostrou melhora da eficiência na redução do escurecimento enzimático comparado com outros estudos. Britto, Santos & Assis (2012) verificaram que apesar da melhora na preservação microbiológica, que tanto as maçãs revestidas com quitosana como as não revestidas apresentaram o mesmo grau de escurecimento enzimático. Pilonet al. (2015) por sua vez verificaram apenas uma pequena diferença na velocidade de escurecimento de maçãs tratadas com micropartículas de quitosana do que as maçãs não revestidas. Outro aspecto que chama a atenção é que o branqueamento utilizado, ao contrário do que citado em outras referências, resultou em coloração inferior das maçãs minimamente processadas, indicando a necessidade de se reavaliar a realização e as condições dessa etapa do processamento.



4 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos nesse trabalho foi possível verificar a eficiência do revestimento do biofilme de quitosana (1%*m/v*) + dextrina (3%*m/v*) para reduzir a velocidade do escurecimento enzimático de maçãs minimamente processadas e refrigeradas. Os resultados obtidos de vida de prateleira são semelhantes aos obtidos para maçãs minimamente processadas armazenadas refrigeradas utilizando diferentes tipos de cobertura. A adição de dextrina melhorou o desempenho do biofilme comparado com outros estudos que relataram apenas a utilização de quitosana. O branqueamento, nas condições aplicadas, resultou em pior qualidade final das maçãs e o armazenamento em embalagens seladas com quantidade reduzida de oxigênio foi determinante para um aumento significativo da vida de prateleira das maçãs minimamente processadas.

A vida de prateleira das maçãs revestidas com biofilme de quitosana + dextrina armazenadas a 4°C foi estimada em quatro a cinco dias em embalagens em contato com oxigênio a cerca de 25 dias em embalagens com teor reduzido de oxigênio. As propriedades físico-químicas avaliadas (acidez titulável, pH e sólidos solúveis) foram bastante estáveis até o 5º. de armazenamento e as variações observadas (aumento do pH e de sólidos solúveis) foi semelhante aos dados citados na literatura.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J.M.A. **Química dos Alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa:UFV, p.319-329, 1999.
- BADII, F.; HASHEMI, M.; TAJEDDIN, B.; MAFTOONAZAD, N.; RAFIEE, Z.; KESHAVARZ, N.; KHAYAM NEKOUIE, M. Studying the effect of chitosan-based nano-emulsion coating on extending the shelf life of apple var. Golab. **Agricultural Scientific Information and Documentation Centre, Agricultural Research and Education Organization**. 2013. Disponível em <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2015000152> Último acesso em 28 de outubro de 2014.
- BITTENCOURT, C.C.; MATTEI, L.F. Panorama da cadeia da maçã no estado de Santa Catarina. In: Anais do II Encontro de Economia Catarinense, p. 87-100, 2008. Disponível em <http://necat.ufsc.br/files/2011/10/Laurooo-2008.pdf> Acesso em: 20 de abril de 2015.
- BRITTO, D.; DOS SANTOS, M.F.; ASSIS, O.B.G. Chitosan solutions with different degrees of acetylation as coating on cut apple. **Brazilian Journal of Food & Nutrition**, 23 (1), p.7-14, 2012.
- CANAVER, B. S.; DI PIERO, R. M. Quitosana e adjuvantes para o controle preventivo do mofo azul da macieira. **Tropical Plant Pathology**, 36(6), p.419-423, 2011.
- CHIUMARELLI, M. **Aplicação de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca e cera de carnaúba em maçãs minimamente processadas**. 2011. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas- SP.
- CORDOVA, K.R.V. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã Fuji comercial e industrial**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.
- DARABA, A. Future trends in packaging: edible, biodegradable coatings and films. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, 9(3), p.652-664, 2008.
- FELIPINI, R. B.; DI PIERO, R. M. Redução da severidade da podridão-amarga de maçã em pós-colheita pela imersão de frutos em quitosana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44, p.1591-1597, 2009.
- FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F.; DIAS, C. T. D. S. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28(4), p.872-880, 2008.

- GOULARTE, V. D. S.; ANTUNES, E. C.; ANTUNES, P. L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20(2), 160-163, 2000.
- GUMERATO, H.F. **Desenvolvimento de um programa de computador para identificação de alguns fungos comuns em alimentos e determinação da resistência térmica de *Neosartorya fischeri* isolado de maçãs**. 1993. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas- SP.
- HAMINIUK, C. W. I.; OLIVEIRA, C. R. G.; BAGGIO, É. C. R.; MASSON, M. L. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã fuji e gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, 29(5), p.1029-1033, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz** (4ª ed.) São Paulo: IMESP, (capítulo 4), p. 235-238.
- KROCHTA, J.M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, 51(2), p. 61-74, 1997.
- LUNARDI, R.; SEIBERT, E.; PEZZI, E. Tratamento por água quente na qualidade de maçãs 'Fuji' inoculadas artificialmente com *Botryosphaeria dothidea* em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, 32(4), p.565-570, 2002.
- LUVIELMO, M.M; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, 8(1), p.8-15, 2002.
- MONCAYO, D.; BUITRAGO, G.; ALGECIRA, N. The surface properties of biopolymer-coated fruit: A review. **Ingeniería e Investigación**, 33(3), p.11-16, 2013.
- OLIVAS, G.I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.B. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 45 (7-8), 657-670.
- OLIVEIRA, T. M.; SOARES, N. D. F. F.; DE PAULA, C. D.; VIANA, G. A. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**, 29(1), p.117-128, 2008.
- PARK, S.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Vitamin E and mineral fortification in fresh-cut apples (Fuji) using vacuum impregnation. **Nutrition and Food Science**, 35(6), p.393-402, 2005.
- PILON, L.; SPRICIGO, P. C.; MIRANDA, M.; MOURA, M. R.; ASSIS, O. B. G.; MATTOSO, L. H. C.; FERREIRA, M. D. Chitosan nanoparticle coatings reduce microbial growth on fresh-cut apples while not affecting quality attributes. **International Journal of Food Science & Technology**, 50(2), p.440-448, 2015.
- RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; SANTOS, A. C. N. D.; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 31(2), p.343-351, 2009.
- RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25(4), p.750-756, 2005.
- RODRIGUES, D. G.; DA SILVA, N. B. M.; REZENDE, C.; JACOBUCCI, H. B.; FONTANA, E. A. Avaliação de dois métodos de higienização alimentar. **Saúde e Pesquisa**, 4(3), p.341-350, 2011.
- SALOMÃO, B. D. C. M.; MASSAGUER, P. R.; ARAGÃO, G. M. F. Isolamento e seleção de fungos filamentosos termorresistentes em etapas do processo produtivo de néctar de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28(1), p.116-121, 2008.
- SANTOS, N. P.; CHIUMARELLI, M.; HUNBINGER, M. D. Efeito de coberturas à base de fécula de mandioca e cera de carnaúba em maçãs minimamente processadas. In:

XVIII Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, 2010, Campinas. Caderno de Resumos. Campinas: PIBIC.

SANTOS, Q.H. **Uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis em morangos orgânicos minimamente processados**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdades Integradas Maria Imaculada, 2012, Mogi Guaçu-SP,

SANTOS, Q.H.; SILVA, T.L.; MALDONADO, R.R. Avaliação de Morangos Orgânicos Revestidos com Biofilme Comestível de Dextrina e Quitosana. *In: Anais do X Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos*, 2013, Campinas.

SANTOS, V. S.; ARAÚJO, W. R. J.; TEIXEIRA, R.; NASCIMENTO, J.; BITTENCOURT, C.; BOULLOSA, C. Escurecimento Enzimático em Frutas. *In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, 2012.

SHAO, X. F.; TU, K.; TU, S.; TU, J. A combination of heat treatment and chitosan coating delays ripening and reduces decay in “Gala” apple fruit. *Journal of Food Quality*, 35(2), p.83-92, 2012.

WIJEWARDANE, R. N. A.; GULERIA, S. P. S. Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2), p.325-331, 2013.

