



Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Avanços e Desafios da Nutrição 4

Atena
Editora
Ano 2019

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Avanços e Desafios da Nutrição 4

Atena Editora
2019

EFEITO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS E O TEMPO DE SECAGEM NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' MINIMAMENTE PROCESSADAS

Rufino Fernando Flores Cantillano

Núcleo de Alimentos, Embrapa Clima Temperado
Pelotas - Rio Grande do Sul

Jardel Araujo Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de
Pelotas
Pelotas - Rio Grande do Sul

Mauricio Seifert

Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de
Pelotas
Pelotas - Rio Grande do Sul

Carla Ferreira Silveira

Núcleo de Alimentos, Embrapa Clima Temperado
Pelotas - Rio Grande do Sul

Daiane Nogueira

Núcleo de Alimentos, Embrapa Clima Temperado
Pelotas - Rio Grande do Sul

Leonardo Nora

Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de
Pelotas
Pelotas - Rio Grande do Sul

RESUMO: Maçãs minimamente processadas, são comumente encontradas no comércio devido à disponibilidade, popularidade e versatilidade de uso durante todo o ano. No entanto, este produto é mais perecível que os

frutos inteiros devido aos danos provocados pelo processamento mínimo. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diversas coberturas comestíveis e o tempo de secagem na prevenção da qualidade e do escurecimento da polpa de maçãs minimamente processadas. Maçãs 'Royal Gala' foram sanitizadas e posteriormente cortadas em fatias longitudinais. Em seguida, foram imersas por um minuto nas coberturas comestíveis: água destilada (C0), alginato de sódio 3 % (C1), fécula de mandioca 3 % (C2) e amido de arroz 3 % (C3). O excesso de cobertura foi drenado por 3 minutos e as fatias foram expostas ao ar forçado (1,8 m/s a 2,2 m/s) por 5 min (5) e 20 min (20) para secagem das mesmas. Ao longo do armazenamento, as coberturas comestíveis não impediram o escurecimento e não provocaram alterações anormais na polpa das maçãs minimamente processadas. Também não ocorreu diminuição significativa do pH, sólidos solúveis totais e acidez total, mantendo a qualidade dos frutos. A firmeza se manteve estável e a perda de massa ficou abaixo de 2%. Recomenda-se 20 minutos de exposição ao ar forçado para as maçãs minimamente processadas recobertas com as coberturas comestíveis. Este tempo proporciona maior aderência das coberturas na polpa das maçãs, facilitando o manuseio.

PALAVRAS-CHAVE: pós-colheita, escurecimento, fécula de mandioca, amido de

ABSTRACT: Minimally processed apples are commonly found in the market due to the availability, popularity and versatility of use throughout the year. However, this product is more perishable than the whole fruits due to the damages caused by the processing operations. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of several edible coatings and the drying time in the prevention on the quality maintenance and prevention of pulp darkening of minimally processed apples. 'Royal Gala' apples were sanitized and later cut into longitudinal slices. They were then immersed for one minute in the edible coatings: distilled water (C0), sodium alginate 3% (C1), cassava starch 3% (C2) and rice starch 3% (C3). Over coating was drained for 3 minutes and the slices were exposed to forced air (1.8 m / s at 2.2 m / s) for 5 min (5) and 20 min (20) to dry them. During the storage, the edible coatings did not prevent browning and did not cause abnormal changes in the pulp of minimally processed apples. There was also no significant decrease in pH, total soluble solids and total acidity, maintaining fruit quality. The firmness remained stable and the mass loss was below 2%. It is recommended 20 minutes of exposure to forced air for the minimally processed apples covered with edible coatings. This time provides greater adhesion of the coatings in the apples pulp, facilitating the handling.

KEYWORDS: post-harvest, browning, cassava starch, rice starch, sodium alginate

1 | INTRODUÇÃO

Maçãs minimamente processadas (MMP), são comumente encontradas nos mercados devido à disponibilidade, popularidade e versatilidade de uso durante todo o ano (PUTNIK et al., 2017c). Essa disponibilização aumentou nos últimos anos, devido o desejo dos consumidores em adquirir alimentos frescos (PUTNIK; BURSAĆ; KOVAČ, 2017a), saudáveis e que permitam o consumo imediato. Segundo a *International Fresh-Cut Producers Association* (PAULA et al., 2009), os produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça, ou ainda qualquer combinação destas, que foi alterada fisicamente a partir de sua forma original, mantendo o seu estado fresco. Independente do tipo, eles são selecionados, lavados, descascados e fatiados, resultando num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado (PAULA, et al., 2009). Contudo, estes processos deixam as MMP mais perecíveis que o fruto *in natura*. Isso ocorre porque o processamento mínimo provoca lesões nos tecidos, estimulando uma ampla gama de alterações degenerativas que aumentam a deterioração e encurtam o prazo de validade do produto (PUTNIK et al., 2017c). Essa deterioração é induzida principalmente pelo escurecimento, perda de firmeza, mudanças sensoriais e crescimento microbiano (BRODY; ZHUANG; HAN, 2011), diminuindo significativamente o prazo de validade de frutas e hortaliças minimamente processadas (ANESE et al., 2012, MONTERO-CALDERÓN; MILAGRO CERDAS-ARAYA, 2011). Portanto, uma tarefa essencial nesse tipo de fabricação de

alimento é garantir vida útil prolongada e segurança alimentar (OMS-OLIU; SOLIVA-FORTUNY, 2011) sem alterações nas características sensoriais.

Além da perecibilidade, maçãs minimamente processadas podem perder seu valor de mercado devido ao escurecimento da polpa, tornando-se pouco atraentes para os consumidores (PUTNIK et al., 2017b). O escurecimento ocorre porque ao danificar as paredes celulares durante o corte, há liberação uma gama de compostos que em reação com enzimas, provocam o escurecimento enzimático, afetando as características sensoriais e aparência dos vegetais, um dos principais atributos observado pelos consumidores antes da compra.

Vários procedimentos de conservação pós-colheita são comumente empregados em produtos minimamente processados. Dentre eles a cadeia de frio, boas práticas de armazenamento, uso de antioxidantes, entre outros. No entanto, há uma busca constante por novas estratégias para aumentar o tempo de prateleira destes alimentos. Dentre eles, destaca-se as coberturas comestíveis (CC). Nos últimos anos, as coberturas comestíveis têm sido considerados uma das novas tecnologias com potencial para alcançar tais objetivos, assegurando a sanidade e preservação de características do alimento minimamente processado (VARGAS et al., 2008; ASSIS; FORATO; BRITO, 2009). As CC podem atuar como uma embalagem alternativa, apresentando vantagens em relação às sintéticas, uma vez que são produzidas a partir de materiais comestíveis de fontes naturais. Uma boa cobertura deve dar ao fruto o brilho, a aparência atrativa e reduzir a perda de peso, por meio da redução da respiração normal dos frutos, sem provocar condições de anaerobiose (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012).

Dentre as coberturas comestíveis, destacam-se o alginato de sódio, um composto formador de filme atraente devido à sua não toxicidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixo preço (VU; WON, 2013). Suas propriedades funcionais, espessamento, estabilização, suspensão, formação de filme, produção de gel e estabilização de emulsão têm sido bem estudadas (DHANAPAL et al., 2012; ZACTITI; KIECKBUSCH, 2006). Além disto, os alginatos têm muitas aplicações em alimentos devido a sua estrutura linear, capaz de formar filmes fortes (TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016), agindo como agente antioxidante e/ou antimicrobiano (SONG et al., 2012).

A fécula de mandioca é uma substância pulverulenta, farinácea, extraída a partir da região tuberosa da mandioca (*Pennisetum purpureum* Schum.), rica em amido. Este polissacarídeo além de ser uma matéria prima de baixo custo, apresenta um ótimo custo-benefício (NUNES et al., 2017). Destaca-se devido à boa transparência, boa resistência às trocas gasosas, resistência a danos mecânicos, manutenção e integridade da parede celular, retenção do teor de vitamina C, barreira à incorporação de solutos e propriedades fungicidas (LUVIELMO; LAMAS, 2012; NUNES et al., 2017). Além disto, segundo Nunes et al., (2017), há diversos estudos comparando diversas concentrações de fécula de mandioca, em frutas minimamente processadas, sendo os

melhores resultados obtidos nas concentrações de 2% e 3%.

Já o amido de arroz, tem o seu uso atribuído a sua ampla disponibilidade, baixo custo e capacidade de formar coberturas inodoras e incolores com baixa permeabilidade ao oxigênio (CANO et al., 2014, JIMÉNEZ et al., 2012). O amido é o principal componente químico dos grãos de cereais, compreendendo aproximadamente 90% do peso seco do grão de arroz (*Oryza sativa* L.) (ZHOU et al., 2002).

As perdas pós-colheita de frutas no Brasil são estimadas aproximadamente 45% do total produzido (PERA et al., 2015; HENZ, 2017); . Dependendo da região e/ou espécie vegetal as perdas podem ser ainda maiores. Assim, a eliminação ou minimização destas perdas através da utilização de coberturas comestíveis, apresenta diversas vantagens, como: aumento no abastecimento de produtos sem aumento da área de cultivo, economia energética relacionada à fração de sua produção e comercialização, redução da poluição e satisfação das necessidades do consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disto, os bons resultados das coberturas podem contribuir com o setor da pomicultura, visto que haverá agregação de valor na cadeia da maçã e a diversificação de produtos derivados, além de proporcionar ao consumidor produtos convenientes ao consumo, com vida útil prolongada e semelhantes ao fruto *in natura*. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diversas coberturas comestíveis e o tempo de secagem nas características de qualidade de maçãs Gala minimamente processada.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

Maçãs (*Malus domestica* Borkh) ‘Royal Gala’, oriundas de um pomar comercial localizado na cidade de Vacaria/RS, Brasil, colhidas no ano de 2014.

2.2 Colheita e armazenamento das frutas

As maçãs foram colhidas quando alcançaram seu ponto de maturação comercial, considerando-se teor de amido, firmeza da polpa, e concentração de sólidos solúveis totais. Foram selecionadas quanto ao tamanho, ausência de danos mecânicos visíveis e de podridão. Posteriormente as frutas foram armazenadas a 1,0°C, umidade relativa 90,0% $\pm$ 5,0%, preparadas e analisadas no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Clima Temperado.

2.3 Sanitização, preparo das frutas e coberturas comestíveis

A sanitização ocorreu com imersão das frutas *in natura* em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm, pH 6,5 e temperatura entre 5,0°C a 8,0°C), por 10 minutos.

Antes da aplicação das coberturas, as frutas foram cortadas em quatro fatias longitudinais, de tamanho semelhante, sendo a região do eixo central e as sementes

descartadas, preservando a epiderme. Imediatamente após o corte, as fatias permaneceram imersas por um minuto em: água destilada (C0), alginato de sódio 3 % (C1), fécula de mandioca 3 % (C2) e amido de arroz 3 % (C3). O excesso de cobertura foi drenado por 3 minutos e as fatias foram expostas ao ar forçado (1,8 m/s a 2,2 m/s) por 5 min (5) e 20 min (20) para secagem das mesmas. Da combinação das coberturas com tempos de secagem, resultaram os seguintes tratamentos: **a)** C0-5, **b)** C1-5, **c)** C2-5, **d)** C3-5 **e)** C0-20, **f)** C1-20, **g)** C2-20 e **h)** C3-20.

A unidade experimental consistiu em cinco fatias de maçãs, acondicionadas em bandeja de poliestireno selada com filme PVC esticável de 9 μ . As unidades experimentais foram dispostas completamente ao acaso em câmara refrigerada (4,0°C $\pm$ 1,0°C e UR de 90,0% $\pm$ 5,0%). As avaliações foram realizadas em quatro períodos, na instalação do experimento 0 d (dias) e após 3 d, 6 d, e 9 d de armazenamento.

2.4 Elaboração das coberturas

Para elaboração das coberturas comestíveis a partir de fécula de mandioca (HENRIQUE; CEREDA, 1999) e amido de arroz (oriundos do laboratório de pós-colheita, industrialização e qualidade de grãos – DCTA – FAEM - UFPel), foram utilizadas as concentrações de 3% para cada cobertura. A solubilização ocorreu em água ultrapura através de aquecimento a 70,0°C $\pm$ 1,0°C, sob agitação constante por 15 minutos e apresentarem aspecto gelificado. Em seguida ocorreu o resfriamento até aproximadamente 15,0°C $\pm$ 1,0°C.

O alginato de sódio (marca safc®-Sigma-Aldrich - sal sódico do ácido algínico de algas castanhas), também foi utilizado na concentração de 3% com aquecimento até 70,0°C $\pm$ 1,0°C e sob agitação constante para completa dissolução. Posteriormente foi resfriado até aproximadamente 15,0°C $\pm$ 1,0°C conforme descrito por Fontes et al., (2008).

2.5 Avaliações de qualidade

a) *Perda de massa*: mensurada conforme Pereira et al., (2006), com resultado expresso em porcentagem (%);

b) *Cor*: mensurada com calorímetro Minolta CR-400, com sistema de leitura CIE L*a*b*, proposto pela Comissão Internacional de l'Eclairage (CIE). Com esses parâmetros, foram avaliadas cromaticidade (C*), matiz Hue (°H) e índice de escurecimento (IE) de acordo com Palou et al., (1999);

c) *Firmeza da polpa*: mensurada conforme Melo; Vilas Boas; Justo, (2009), utilizando penetrômetro eletrônico TA XT plus 40855, com ponteira de 2 mm de diâmetro com velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s; velocidade de teste de 2,0 mm/s; velocidade de pós-teste de 10,0 mm/s; força de 5 kg. A leituras foram realizadas na porção mediana dos gomos de maçã, com o resultado expresso em Newton (N).

d) *Sólidos Solúveis Totais (SST)*: obtido através de refratômetro digital de mão

da marca ATAGO, modelo PAL-1, expresso em °Brix (ZENECON; PASCUET; TIGLEA, 2008);

e) *Potencial Hidrogeniônico*: determinado com o auxílio de um potenciômetro (pHmetro) da marca Quimis modelo Q400A (ZENECON; PASCUET; TIGLEA, 2008);

f) *Acidez titulável (AT)*: foram utilizadas 10mL de suco da polpa, adicionadas a 90mL de água destilada, em seguida a titulação da amostra ocorreu com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N até atingir o ponto de viragem no pH 8,1, expressa em gramas de ácido málico por /100 g⁻¹ de polpa fresca (ZENECON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

2.6 Análise estatística

Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (4 x 2 x 4), sendo o tipo de cobertura (com 4 níveis), o tempo de secagem das coberturas (com 2 níveis) e os períodos de armazenamento (com 4 níveis). Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Diferenças Mínimas Significativas (DMS) ($p \leq 0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando as maçãs são cortadas, as células do tecido são rompidas e enzimas, como polifenoloxidase são liberadas, entrando em contato com seus substratos, causando o escurecimento (GARCIA; BARRET, 2002). O controle do escurecimento nas fatias de maçã não foi inibido efetivamente apenas com a aplicação de coberturas. No entanto, segundo Olivas et al., (2007) alguns revestimentos tem essa capacidade, por funcionar como barreiras ao oxigênio, necessário para que ocorram reações de escurecimento. Na coordenada b* (Tabela 1), relacionada ao eixo que varia de azul (-b*) a amarelo (+b*), verificou-se que durante o tempo de secagem de 5 minutos, não houve diferença entre as coberturas e o controle. No tempo de secagem de 20 minutos, o escurecimento se intensificou na C0-20 (controle) ao longo dos 9 dias de armazenamento. Nos outros tratamentos, embora numericamente o escurecimento tenha aumentado, estatisticamente essa tendência não foi significativa. O menor escurecimento observado nestas coberturas (C1-20, C2-20 e C3-20) em relação ao controle (C0-20) denotam efetividade na ação das coberturas comestíveis; contribuindo para estender a vida útil de produtos minimamente processados, reduzindo a migração de umidade e soluto, troca gasosa, respiração e taxas de reações oxidativas, bem como reduzindo ou até mesmo suprimindo desordens fisiológicas (ROJAS-GRAÜ et al., 2009). Coberturas de alginato são uma boa opção para MMP, pois estas coberturas se tornam mais fortes quando reticuladas com cálcio (Ca), aglutinando-se à superfície da maçã minimamente processada através desta reticulação (alginato-Ca-pectina) (OLIVAS et al., 2007; FERNANDES et al., 2018). Diante disto, possivelmente

o alginato de sódio não agiu efetivamente no controle do escurecimento da polpa das MMP porque o cálcio não foi utilizado neste trabalho. Como medida alternativa, ao uso do Ca, agentes antioxidantes poderiam ser aplicados antes das coberturas para prevenir o escurecimento da polpa das MMP.

Coberturas	Tempo de armazenamento							
	0 dias		3 dias		6 dias		9 dias	
	b*							
C0 - 5	29,79	A a	29,93	A a	26,70	A a	28,77	A a
C1 - 5	24,35	A ab	25,65	A a	27,58	A a	26,14	A a
C2 - 5	27,57	A ab	27,17	A a	30,21	A a	27,60	A a
C3 - 5	23,51	A ab	28,95	A a	27,91	A a	26,29	A a
C0 - 20	22,56	B b	26,14	AB a	25,47	AB a	28,82	A a
C1 - 20	26,70	A ab	29,54	A a	27,20	A a	26,19	A a
C2 - 20	28,84	A ab	27,84	A a	29,78	A a	28,79	A a
C3 - 20	26,39	A ab	27,04	A a	26,91	A a	27,49	A a
L*								
C0 - 5	74,28	A abc	74,10	A bc	76,57	A a	74,47	A a
C1 - 5	76,11	A abc	75,49	A abc	73,61	A a	76,21	A a
C2 - 5	75,98	A abc	76,73	A ab	75,78	A a	76,02	A a
C3 - 5	78,02	A ab	77,07	A ab	76,36	A a	76,21	A a
C0 - 20	78,41	A a	78,51	A a	77,79	A a	75,96	A a
C1 - 20	74,03	A bc	73,29	A c	74,43	A a	75,03	A a
C2 - 20	73,73	A c	75,43	A abc	75,51	A a	76,64	A a
C3 - 20	76,20	A abc	76,77	A bc	77,06	A a	75,23	A a
CROMA								
C0 - 5	29,93	A a	30,12	A a	26,73	A a	28,93	A a
C1 - 5	24,38	A ab	25,66	A a	27,70	A a	26,15	A a
C2 - 5	27,63	A ab	27,22	A a	30,35	A a	27,69	A a
C3 - 5	23,55	A ab	29,02	A a	27,99	A a	26,33	A a
C0 - 20	22,60	B b	26,22	AB a	25,49	AB a	28,98	A a
C1 - 20	26,81	A ab	29,70	A a	27,28	A a	26,21	A a
C2 - 20	28,99	A ab	27,90	A a	29,85	A a	28,85	A a
C3 - 20	26,45	A ab	27,04	A a	26,93	A a	27,57	A a

Tabela 1: Avaliação de cor (b*, L* e Croma) em maçãs ‘Royal Gala’ minimamente processadas recoberta com três diferentes coberturas e dois períodos de secagem, 5 min e 20 minutos. Frutos armazenados a 4,0°C ±1,0°C e UR de 90,0% ± 5,0%) e avaliados por 0d, 3d, 6d, e 9 dias.

Coberturas (C): água destilada (C0), alginato de sódio 3 % (C1), fécula de mandioca 3 % (C2) e amido de arroz 3 % (C3). Tempo de exposição dos frutos ao ar forçado por 5 min (5) e 20 min (20). Da combinação das coberturas com tempos de secagem, resultaram: a) C0-5, b) C1-5, c) C2-5, d) C3-5 e) C0-20, f) C1-20, g) C2-20 e h) C3-20.

Letras maiúsculas na linha indicam diferença significativa do tratamento ao longo do armazenamento e letras minúsculas na coluna, indicam diferença entre os tratamentos. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Diferenças Mínimas Significativas (DMS) ($p \leq 0,05$).

A variável de cor L* (Tabela 1), que indica a luminosidade da amostra na faixa de 100 (branco) a 0 (negro), mostra que a fécula de mandioca (C1 - 20) e o alginato de sódio (C2 -20) foram as coberturas que até o terceiro dia mantiveram a cor mais clara das MMP. No sexto e nono dia, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Ao longo dos nove dias de armazenamento, a luminosidade se manteve estável, sem decréscimo. Os bons resultados observados nos três primeiros dias na fécula de mandioca podem ser atribuídos a sua capacidade de formar uma matriz polimérica contínua, apresentando forte caráter hidrofílico (GHANBARZADEH; ALMASI, 2011;

CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014). Além disto, este polissacarídeo forma coberturas insípidas, inodoras e transparentes, não alterando o sabor, o aroma e a aparência do produto (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014).

As variáveis de cor a^* , hue e IE não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos e períodos avaliados.

De acordo com Pomeranz; Meloan (1994), o croma (C^*) é uma medida da saturação, pureza ou intensidade da cor. Assim, mudanças nesses valores estão relacionadas ao processo de maturação e efeitos de processamento. No presente trabalho, um aumento significativo no parâmetro C^* foi observado ao longo do armazenamento para a C1-20 (Figura 1). A tendência de aumento na cromaticidade observada neste tratamento indica aumento do escurecimento enzimático. Um dos possíveis motivos para este aumento pode ser atribuído a maior exposição destes tratamentos ao ar forçado. Como o tratamento C1-20 não tem nenhuma cobertura protegendo os tecidos da ação do oxigênio e a polifenoloxidase oxida os compostos fenólicos na presença de oxigênio na superfície da MMP, produzindo quinonas, que se autopolimerizam para formar pigmentos de cor marrom (HU et al., 2018).

Nas figuras 1a e 1b são apresentados os valores de pH encontrados nas MMP recobertas com as coberturas comestíveis. As maçãs não apresentaram diferença estatística entre as coberturas nos valores de pH em ambos os tempos de secagem. A principal alteração verificada foi ao longo do armazenamento, onde ocorreu um incremento no pH das maçãs, independente da cobertura utilizada. No entanto, essa alteração embora estatisticamente significativa, não foi suficientemente alta para comprometer a qualidade dos frutos. Diferente do resultado obtido neste trabalho, Fontes et al., (2008) observaram que o pH se manteve inalterado durante o armazenamento ao trabalharem com diferentes coberturas aplicadas em MMP, dentre elas a fécula de mandioca e o alginato de sódio.

Com relação aos teores de sólidos solúveis (Figuras 1c e 1d), no tempo de secagem de 5 minutos (1c), a maior concentração foi verificada nos tratamentos controle (C0 - 5) e no alginato de sódio (C1 - 5) até o terceiro dia de armazenamento. No final da avaliação (9º dia), não houve diferença estatística entre as coberturas e o controle (C0 -5). No tempo de 20 minutos de secagem, embora os valores dos tratamentos tenham oscilado ao longo dos dias, também não houve diferença estatística entre eles no nono dia. Uma peculiaridade observada entre coberturas e o tempo de secagem foi o aumento na concentração de sólidos solúveis ao longo do armazenamento. O aumento nas concentrações de SST é bem aceito pelo consumidores, pois melhora as características organolépticas dos frutos (BLEINROTH, 1992). A perda de massa ocorrida nas maçãs ao longo do armazenamento pode ter contribuído para o aumento dos SST ao longo do armazenamento (COSTA; BALBINO, 2002). Além disto, a concentração de sólidos solúveis aumenta durante a maturação, como resultado da hidrólise do amido, pois a glicose e a frutose são os monossacarídeos principais e a sacarose é o principal dissacarídeo resultante desse processo (MEDEIROS et al.,

2012). Assim, a degradação de carboidratos mais complexos em açúcares simples como a glicose e a frutose também pode aumentar a concentração de SST (WILLS; GOLDING, 2016). Mesmo com a variação ocorrida entre alguns tratamentos, Wu et al, (2007) estudando diferentes cultivares de maçãs, encontraram valores semelhantes aos verificados no presente estudo, os quais variaram entre 10,48 a 14,68 °Brix em diferentes cultivares de maçãs.

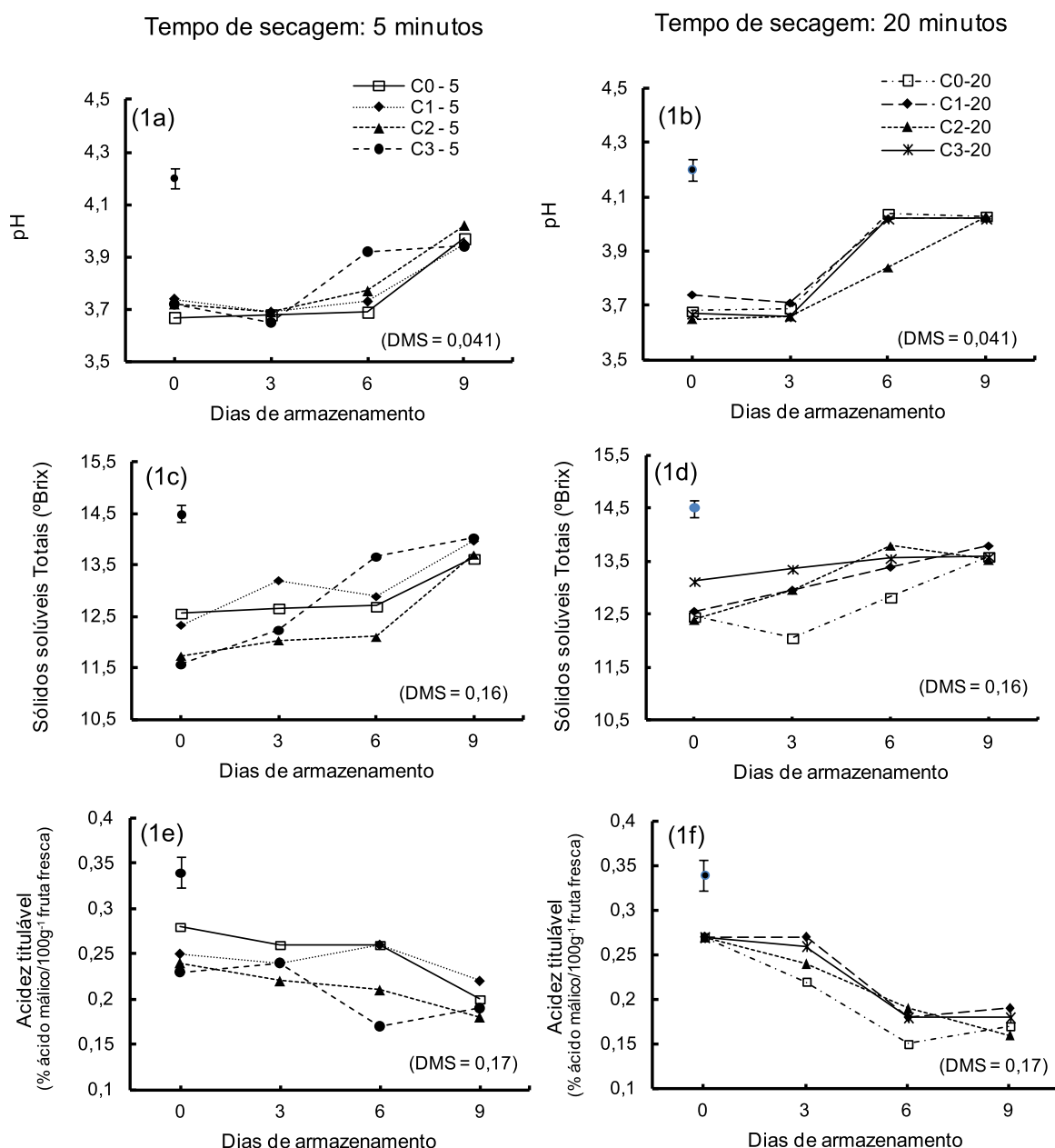


Figura 1: Avaliação de pH (1a e 1b), sólidos solúveis totais (1c e 1d) e acidez titulável (1e e 1f) de maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas. Frutos recobertos com diferentes coberturas comestíveis (C): água destilada (C0), alginato de sódio 3 % (C1), fécula de mandioca 3 % (C2) e amido de arroz 3 % (C3). Frutos armazenados a 4,0°C ± 1,0°C e UR de 90,0% ± 5,0%) e avaliados por 0d, 3d, 6d, e 9 dias. Barra vertical representa teste DMS (p ≤ 0,05). Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2014.

A acidez é um dos parâmetros mais importantes na avaliação sensorial da maçãs, dado que permite prever com algum rigor o sabor ácido e o aroma das frutas

(PETKOVŠEK et al., 2007). Além disto, a acidez está vinculada ao pH, que influencia no escurecimento oxidativo dos tecidos vegetais (PIZATO et al., 2013). O uso das coberturas influenciaram a acidez titulável (Figuras 1e e 1f) dos frutos minimamente processados durante o tempo de armazenamento. No menor tempo de secagem (5 minutos), as maçãs recobertas com as coberturas comestíveis C1-5, C2-5 e C3-5 mantiveram a acidez inferior ao tratamento C0-5 (controle) até o terceiro dia de armazenamento. No nono dia, não houve diferença estatística entre as coberturas e o controle (C0-%). Por outro lado, independente da cobertura utilizada, e o tempo de secagem, houve decréscimo na acidez de todos os tratamentos, tendência oposta a observada nos SST e pH. Segundo Kerdchoechuen et al., (2011) a diminuição a acidez pode ser atribuída ao aumento na taxa respiratória após o processamento mínimo. Isso ocorre porque os sólidos solúveis e os ácidos orgânicos são rapidamente consumidos durante a respiração em comparação com outros compostos químicos da fruta (KIM et al., 1993). Além disto, segundo Freitas, (2010) a diminuição na acidez, acarreta na redução da velocidade de escurecimento do fruto. Característica observada neste experimento, pois o escurecimento praticamente se manteve estável ao longo dos nove dias armazenamento.

A firmeza da polpa é outro fator importante que define a qualidade da fruta e influencia fortemente a aceitabilidade pelos consumidores (HARKER et al., 1997), sendo determinada pela composição da parede celular, turgor celular, anatomia celular e teor de água. Neste estudo, embora sutil, observou-se um decréscimo dos valores da firmeza da polpa para todas as coberturas e tempos de secagem (Figuras 2a e 2b). Olivas et al., (2007) ao avaliar diferentes coberturas de alginato de sódio em maçãs também verificou que a firmeza se manteve praticamente constante. O decréscimo na firmeza esta relacionado com a ação de enzimas de deterioração da parede celular, como a poligalacturonase e a pectinesterase, ambas vinculadas a senescencia e a perecibilidade (SONG et al., 2013) antes e após o processamento mínimo.

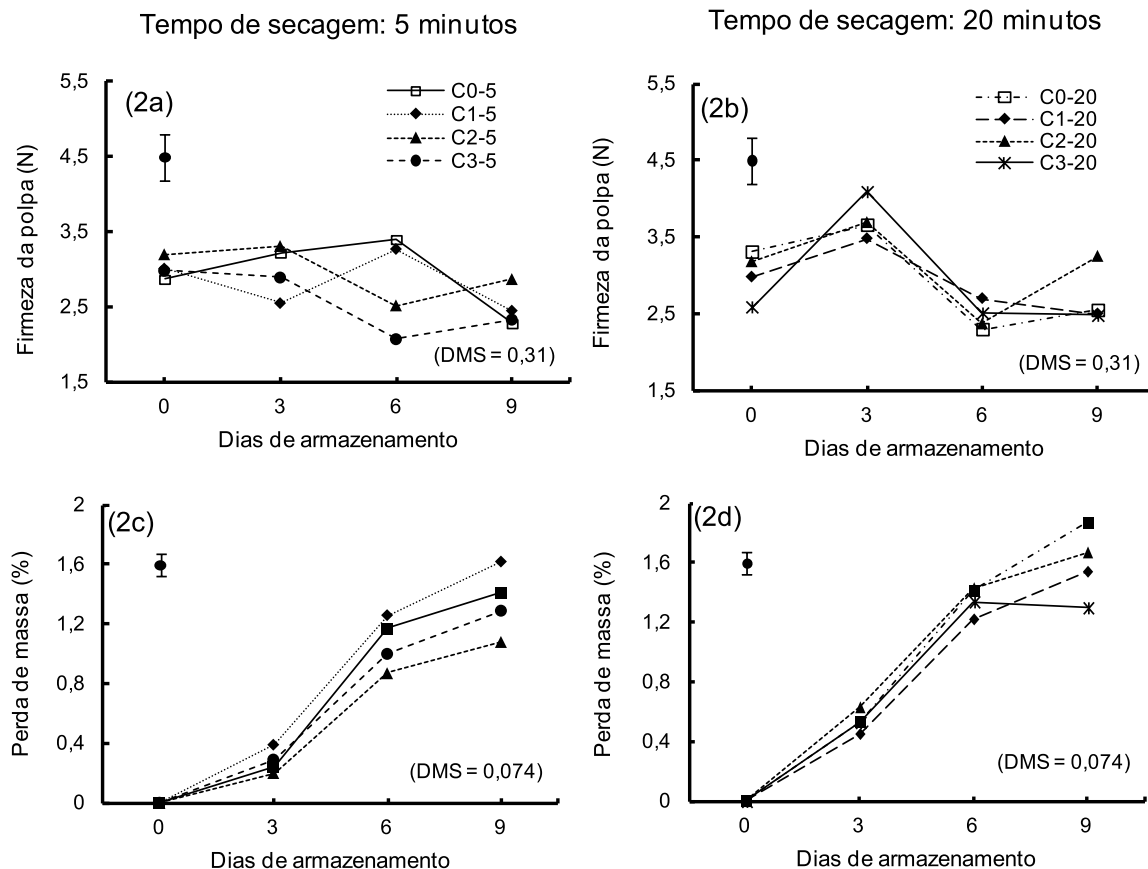


Figura 2: Firmeza da polpa (2a e 2b) e perda de massa (2c e 2d) de maçãs ‘Royal Gala’ minimamente processadas. Frutos recobertos com diferentes coberturas comestíveis (C): água destilada (C0), alginato de sódio 3 % (C1), fécula de mandioca 3 % (C2) e amido de arroz 3 % (C3). Frutos armazenados a $4,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e UR de $90,0\% \pm 5,0\%$ e avaliados por 0d, 3d, 6d, e 9 dias. Barra vertical representa teste DMS ($p \leq 0,05$). Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2014.

Resultado antagônico ao observado com a firmeza da polpa pode ser observado na perda de massa (Figuras 2c e 2d), pois durante o armazenamento todos os tratamentos apresentaram aumento gradativo nesta variável. Isso ocorre porque o processamento mínimo expõe os tecidos a um ambiente com menor umidade relativa, causando assim perda de massa substancial e constante. Durante os 5 minutos de secagem, a fécula de mandioca (C2 - 5) foi a cobertura com menor perda de massa (1,1%) no dia nono dia de armazenamento e o alginato de sódio (C1 - 5) a cobertura com maior perda (1,6%). A reduzida perda de massa nas MMP tratadas com fécula de mandioca, pode ser atribuída ao processo de gelificação, que formou uma espécie de filme na superfície da polpa dos frutos, impedindo a transpiração, que depende do gradiente de pressão do vapor de água entre a atmosfera circundante e o tecido da fruta (SIDDIQUI, 2016).

As coberturas comestíveis atuam como uma barreira na superfície do fruto, reduzindo assim a transferência de água, selando pequenas lesões e reduzindo a perda de massa. No tempo de secagem de 20 minutos, foi o tratamento controle (C1 -20) o que apresentou a perda de massa mais significativa (2%). Finger e Vieira (1997) afirmam que a perda de massa máxima, sem o aparecimento de murchamento ou

enrugamento da superfície oscila entre 5 % e 10 % e que a perda de massa para os produtos minimamente processados varia em função da espécie e do nível de exigência do consumidor. A perda de massa média observada neste experimento foi aceitável, pois foi 7 vezes inferior há relatada por Qi et al., (2011) com maçãs Fuji minimamente processadas tratadas com antioxidantes e armazenadas por 8 dias.

Variáveis	SST (1)	pH (2)	AT (3)	Ratio (4)	L* (5)	a* (6)	b* (7)	C* (8)	°H (9)	IE (10)	Perda de massa (11)	Firmeza (12)
(1)	1,00	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(2)		1,00	-0,83	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-
(3)			1,00	-	-	-	-	-	-	-	-0,64	-
(4)				1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
(5)					1,00	-0,68	-0,74	0,69	-0,58	-0,64	-	-
(6)						1,00	0,65	-0,98	0,68	0,72	-	-
(7)							1,00	-0,66	0,74	0,72	-	-
(8)								1,00	-0,69	-0,73	-	-
(9)									1,00	0,98	-	-
(10)										1,00	-	-
(11)											1,00	-
(12)												1,00

Tabela 2: Coeficientes de correlação de Pearson ($p < 0,05$), entre pH, sólidos solúveis totais (SST), Acidez total (AT), *Ratio* (relação acidez total/SST), firmeza (N), perda de massa (%), luminosidade (L*), Ângulo de tonalidade Hue (°H), Cromaticidade (C*) e Índice de escurecimento (IE) em maçã 'Royal Gala' minimamente processadas, recobertas com diferentes coberturas e avaliadas após 0d, 3d, 6d e 9 dias de armazenamento em câmara fria a $4,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $90,0\% \pm 5,0\%$ de umidade relativa.

*significativo a $p < 0,05$

Foi observada uma correlação negativa (Tabela 2) elevada entre a acidez titulável e o pH nas MMP devido à vinculação existente entre essas duas variáveis, pois a redução da acidez titulável implica no aumento do pH. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) esse fato pode ser explicado pela degradação que os ácidos orgânicos sofrem à medida que a maturação ocorre, proporcionando uma redução na acidez do produto. Resultado semelhante de correlação negativa observada neste trabalho foi relatado por Fontes et al. (2008), estudando MMP tratadas com diferentes coberturas, porem os coeficientes por eles observados foram menores aos obtidos neste trabalho.

Foram observados índices de correlação elevados (superiores a 0,70) entre as variáveis índice de escurecimento (IE) e as variáveis de cor L*, a*, b*, C* e °H. Este resultado era esperado, pois a partir das variáveis L*, a* e b*, se obtém as outras variáveis relacionadas a cor dos frutos. Na medida que o índice de escurecimento aumenta a cor das MMP é afetada de forma negativa. Esse dado é importante pois

o aumento do índice de escurecimento afeta negativamente a aparência do produto, fator importante na aquisição dele pelo consumidor. Segundo Batista (1994) a cor é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição do produto pelo consumidor. Por isso a importância de produtos que permitam reduzir o índice de escurecimento de frutas minimamente processadas.

4 | CONCLUSÃO

As coberturas comestíveis e tempo de secagem não alteraram a maioria dos parâmetros físico-químicos de qualidade, apresentando uma evolução fisiológica normal nos frutos.

A aplicação de antioxidantes antes das coberturas comestíveis deve ser considerada, visando inibir efetivamente o escurecimento da polpa das maçãs minimamente processadas.

As coberturas após 20 minutos de exposição ao ar forçado, apresentaram maior aderência na polpa, facilitando o manuseio.

As maçãs minimamente processadas e tratadas com fécula de mandioca apresentam menor perda de massa quando submetidas ao tempo de secagem de cinco minutos.

REFERÊNCIAS

ANESE, M., LANCIOTTI, R., GARDINI, F., LAGAZIO, C. (2012). **Case studie**. In NICOLI M. C. (Ed.), Shelf life assessment of food (pp. 247e299). Florida, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.

ASSIS O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas. **Embrapa Instrumentação - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009.

BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. **Edible coatings and films to improve food quality**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2012. 460 p.

BATISTA, C. L. L. C. **Produção e avaliação da estabilidade de corante hidrossolúvel de urucum**. 71 p. 1. Ed. UFLA. Brasil, 1994.

BLEINROTH, E. W., SIGRIST, J. M. M., DE FGARDITO, E., DE CASTRO, J. V., SPAGNOL, W. A. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. ITAL. 1992.

BRODY, A.; ZHUANG, H.; HAN, J. H. (2011). **Modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables**. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.

CANO, A., JIMÉNEZ, A., CHÁFER, M., GÓNZALEZ, C., CHIRALT, A. Effect of amylose: amylopectin ratio and rice bran addition on starch films properties. **Carbohydrate polymers**, v.111, p.543-555, 2014.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. atual. eampl. v. 1, 783 p. UFLA, Lavras. 2005.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food hydrocolloids**, v. 38, p. 20-27, 2014.

COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (Ed.). Mamão: pós-colheita. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 12-18. 2002.

DHANAPAL, A., SASIKALA, P., RAJAMANI, L., KAVITHA, V., YAZHINI, G., BANU, M. S. Edible films from polysaccharides. **Food science and quality management**, v. 3, n. 0, p. 9, 2012.

FERNANDES, L., CASAL, S., PEREIRA, J. A., PEREIRA, E. L., SARAIVA, J. A., RAMALHOSA, E. Effect of alginate coating on the physico-chemical and microbial quality of pansies (*Viola x wittrockiana*) during storage. **Food Science and Biotechnology**, v.27, n.4, p.987-996, 2018.

FINGER, F. L.; VIEIRA G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos minimamente processados**. Viçosa: UFV. 29p. 1997.

FONTES, L. C. B., SARMENTO, S. B. S., SPOTO, M. H. F., DIAS, C. T. D. S. (2008). Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas v. 28, n.4, p.872-880, 2008.

FREITAS, I. R. **Goma xantana como carreadora de solução conservadora e cloreto de cálcio aplicado a maçã minimamente processada**. 2010. Monografia (Especialização em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GARCIA, E.; BARRET, D.M. **Preservative treatments for fresh cut fruits and vegetables**. LAMIKANRA, O. (Ed.), Fresh-Cut Fruits and Vegetables, CRC, Press, Florida (2002), p. 267-304.

GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H. Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid International. **Journal of Biological Macromolecules**, V.48, p.44-49, 2011.

HARKER, F.R.; STEC, M.G.H.; HALLETTAND, I.C.; BENNETT, C.L. Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness **Postharvest Biol. Technol.**, v.11, p. 63-72, 1997.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilization of biofilms in the postharvest conservation of strawberry (*fragaria ananassa* duch) cv iac campinas. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.

HENZ, G.P. Postharvest losses of perishables in Brazil: what do we know so far?. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 6-13, 2017.

HU, W., JIANG, A., XIU, Z., FENG, K. Effect of thyme oil–alginate-based coating on quality and microbial safety of fresh-cut apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, n.6, p.2302-2311, 2018.

JIMÉNEZ, A., FABRA, M. J., TALENS, P., CHIRALT, A. Edible and biodegradable starch films: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, n.6, p.2058-2076, 2012.

KERDCHOECHUEN, O.; LAOHAKUNJIT, N.; TUSSAVIL, P.; KAISANGSRI, N.; MATTA, F. B. Effect of starch-based edible coatings on quality of minimally processed pummelo (*Citrus maxima* Merr.). **International Journal of fruit science**, v.11, n.4, p.410-423, 2011.

KIM, D.M.; SMITH, N.L.; LEE, C.Y. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. **Journal Food Sci.**, 58: 1111–1114, 1993.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Periódico Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

MEDEIROS, B.G.S, PINHEIRO, A.C, CARNEIRO-DA-CUNHA, M.G, VICENTE, A.A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectin and chitosan-evaluation of its gas barrier properties and application on 'Tommy Atkins' mangoes. **Journal Food Eng**, v.110, p.457-464, 2012.

MONTERO-CALDERON, M.; MILAGRO CERDAS-ARAYA, M. (2011). **Fruits and vegetables for the fresh-cut processing industry**. In MARTÍN-BELLOSO, O; SOLIVA-FORTUNY, R. (Eds.), *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing* (pp. 185-211). Florida, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.

NUNES, A. C. D., NETO, A. F., NASCIMENTO, I. K., DE OLIVEIRA, F. J., MESQUITA, R. V. C. Armazenamento de mamão formosa revestido à base de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.1, p.254-263, 2017.

OLIVAS, G. I., MATTINSON, D. S., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest biology and Technology*, v.45, n.1, p.89-96, 2007.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R. Future trends in fresh-cut fruit and vegetable processing. In MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. (Eds.), **Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing**. Florida, USA: CRC Press Taylor & Francis Group, 2011. p. 377-387, 2011.

PALOU, E., LÓPEZ-MALO, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., WELTI-CHANES, J., & SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v.64, n.1, p.42-45, 1999.

PAULA, N. D., VILAS BOAS, E. V. de B., RODRIGUES, L. J., CARVALHO, R. A., PICCOLI, R. H. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras-MG, Brasília-DF e São Paulo-SP. **Ciênc Agrotec**, v. 33, n. 1, p. 219-27, 2009.

PÉRA, TG; GAMEIRO, AH; BACCHI, DB; ROCHA, FV; CAIXETA FILHO, JV. 2015. An overview of the state-of-art of post-harvest losses in Brazil. In: **FIRST INTERNATIONAL CONGRESS ON POSTHARVEST LOSS PREVENTION**, 1. *Proceedings...* Rome, Italy: ADM Institute for the Prevention of Postharvest Loss, University of Illinois , Urbana-Champaign. p. 39-40.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S., BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, nov./dez., 2006.

PETKOVŠEK, M.M., ŠTAMPAR, F., VEBERIČ, R. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, v.114, p.37-44, 2007.

PIZATO, S., CORTEZ-VEGA, W. R., PRENTICE-HERNÁNDEZ, C., BORGES, C. D. Efeito da aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação de maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 34, n. 1, p. 253-264, jan./fev. 2013.

POMERANZ, Y.; MELOAN, C.E. 1994. **Food analysis: theory and practice**. 3rd ed. New York : Chapman & Hall. 778 p.

PUTNIK, P., KOVAČEVIĆ, D. B., HERCEG, K., ROOHINEJAD, S., GREINER, R., BEKHIT, A. E. D. A., LEVAJ, B. Modelling the shelf-life of minimally-processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere using food quality parameters. **Food control**, v. 81, p. 55-64, 2017c.

PUTNIK, P.; ROOHINEJAD, S.; GREINER, R.; GRANATO, D.; BEKHIT, A. E. A.; BURSACCOVACEVICA, D. Prediction and modelling of microbial growth in minimally processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere: A review. **Food Control**, v.80, p. 411-419, 2017b.

PUTNIK, P.; BURSAC, D.; KOVAČ, E. Fresh-cut apples spoilage and predictive microbial growth under modified atmosphere packaging. In RAI, R.; ASWATHANARAYAN, J.B. (Eds.) **Food safety and protection**. CRC Press, 2017a. p. 29-46.

QI, H.; HU, W.; JIANG, A.; TIAN, M.; LI, Y. Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. **Food Science and Emerging Technologies**, v.12, p.62–66, 2011.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; SOLIVA-FORTUNY, R.C.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. **Trends Food Sci Technol**, v.20, p.438-47, 2009.

SIDDIQUI, M. W. (Ed.). **Eco-friendly technology for postharvest produce quality**. Academic Press, 2016.

SONG, H.; JO, W.; SONG, N.; MIN, S.; SONG, K. B. Quality Change of Apple Slices Coated with Aloe vera Gel during Storage. **Journal of Food Science**, v.78, n.6, 2013.

SONG, Y.; LIU, L.; SHEN, H.; YOU, J.; LUO, Y. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*) **Food Control**, v.22, p. 608-615, 2011.

TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate polymers**, v. 137, p. 360-374, 2016.

VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; MCCLEMENTS, D. J.; GONZÁLEZMARTÍNEZ, C. Recent advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v, 48, n. 6, p. 496-511, 2008.

VILAS-BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 155-162, 2006.

VU, C. H. T.; WON, K. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. **Food chemistry**, v. 140, n. 1-2, p. 52-56, 2013.

WILLS, R. GOLDING, J. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. UNSW press, 2016.

WU, J.; GAO, H.; ZHAO, L.; LIAO, X.; CHEN, F.; WANG, Z.; E HU, X. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. **Food Chemistry**, v.103, n.1, p.88-93. 2007.

ZACTITI, E. M.; KIECKBUSCH, T. G. Potassium sorbate permeability in biodegradable alginate films: effect of the antimicrobial agent concentration and crosslinking degree. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 3, p. 462-467, 2006.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. Métodos físico-químicos para Análise de Alimentos (4ª ed.), **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo (2008).

ZHOU, Z., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International journal of food science & technology**, v.37, n.8, p.849-868, 2002.