

## Avaliação de diferentes embalagens na manutenção de características físico-químicas de morangos

### *Evaluation of different packages for the maintenance of strawberry physical and chemical characteristics*

Majo Rockenbach de Farias<sup>1</sup>, Natália Mendes Sate<sup>1</sup>, Michele Rosset<sup>2, 2</sup>, Caroline Mongruel Eleutério dos Santos<sup>3</sup>

**RESUMO:** Uma importante função da embalagem nos alimentos é a conservação do produto. Quando se trata de frutas, essa função é determinante já que os atributos visuais de qualidade (aparência e cor) são limitantes no momento da compra, e sofrem transformações rápidas após a colheita. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de diferentes embalagens (tereftalato de polietileno, embalagem ativa e biofilme de pectina) na conservação de morangos. As frutas foram lavadas e sanitizadas com hipoclorito de sódio, e posteriormente envolvidas pelas embalagens. Foi realizado um delineamento experimental 3<sup>2</sup>, sendo que os fatores foram o tipo de embalagem e o tempo de armazenamento (3, 5 e 7 dias). Foram avaliados os parâmetros colorimétricos (L\*, a\* e b\*), a perda de massa, o teor de sólidos solúveis e pH durante os períodos de armazenamento. O biofilme de pectina resultou em maiores variações do peso (29,03%), porém manteve as menores variações nos demais parâmetros avaliados. O fator tempo foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) apenas para as respostas a\* e b\* da cor. Os resultados deste trabalho demonstram uma alternativa para melhorar a conservação dos morangos.

**Palavras-chave:** Biofilme. Embalagem ativa. Frutas. PET. Qualidade.

**ABSTRACT:** Product's conservation is one of the most important functions in food packages, especially with regard to fruits. This is due to the fact that visual attributes for quality (appearance and color) are crucial during purchasing and due to quick transformations after harvest. Current study evaluates the effect of different packings (terephthalate of polyethylene, active package and pectin biofilm) in the conservation of strawberries. Fruit samples were washed and sanitized with sodium hypochlorite and enveloped in the packages. Assay featured a 3<sup>2</sup> factorial scheme, with factors comprising packings and storage time (3, 5 and 7 days). Colorimetric parameters (L\*, a\* and b\*), mass loss, soluble rates and pH were evaluated during storage period. Pectin biofilm was the product of several weight variations (29.03%) although lowest variations were maintained for the other parameters. Time was significant ( $P \leq 0.05$ ) only for color responses a\* and b\*. Results reveal an alternative to improve the conservation of strawberries.

**Keywords:** Active packages. Biofilm. Fruits. PET. Quality.

**Autor correspondente:**

Caroline Mongruel Eleutério dos Santos: [caroline.santos@ifpr.edu.br](mailto:caroline.santos@ifpr.edu.br)

Recebido em: 12/08/2020

Aceito em: 15/03/2021

## INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa*) é um pseudofruto não climatérico, originalmente de clima temperado, e apresenta como atrativos coloração vermelho brilhante, odor característico, textura macia e sabor levemente acidificado (MORAES, 2005). De acordo com Nadim *et al.* (2015), as principais características de qualidade associadas a esses frutos maduros são textura, cor e *flavor*. O *flavor* está associado aos teores de açúcares, acidez e compostos voláteis. No momento da compra, os fatores de qualidade cor e textura são considerados pelos consumidores (CHU *et al.*, 2020).

<sup>1</sup> Graduandas do Curso Técnico em Alimentos Integrado ao Ensino Médio, Instituto Federal do Paraná, Colombo (PR), Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Ciência de Alimentos, Instituto Federal do Paraná, Colombo (PR), Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia de Alimentos, Instituto Federal do Paraná, Colombo (PR), Brasil.

Após sua colheita, o morango apresenta taxa respiratória elevada, fator que dificulta a comercialização devido à rápida senescência. As principais alterações nesse período são devidas à contaminação por fungos, injúrias mecânicas, perda de água e alteração de cor. A composição da atmosfera à qual os produtos são submetidos após a colheita influencia tanto na atividade respiratória quanto na atividade metabólica, sendo um fator limitante para acelerar ou retardar essas transformações (PERETTO *et al.*, 2014; TREVIÑO-GARZA *et al.*, 2015; FILHO *et al.*, 2018).

Essa atmosfera é influenciada pela embalagem que envolverá a fruta, a qual é importante para garantir a manutenção dos atributos desejáveis de qualidade. As embalagens comumente utilizadas são as pequenas caixas de tereftalato de polietileno (PET) revestidas com filme de policloreto de vinila (PCV) ou com tampa PET perfurada. Essa embalagem evita parcialmente a desidratação e contaminação, porém pouco contribui para aumentar a vida de prateleira do produto.

As tampas PET perfuradas apresentam um melhor resultado com relação à alteração gasosa em seu interior, quando comparadas com o filme de PVC. Em contrapartida, a tampa PET permite maior perda de massa durante o período de armazenamento, pois o filme de PVC se comporta como uma barreira ao vapor d'água (CUNHA JUNIOR *et al.*, 2011; CUNHA JUNIOR *et al.*, 2012; CUNHA JUNIOR *et al.*, 2017). No entanto, o grande desafio dessa embalagem é o seu descarte, já que na maioria das vezes o consumidor realiza o descarte, sendo utilizada apenas uma única vez. Mesmo que esse descarte seja feito em lixos recicláveis e o produto siga para reciclagem, é importante considerar o custo de produção e logística, e os impactos dessas etapas para o meio ambiente. É importante ressaltar que ainda existem consumidores que realizam o descarte dessas embalagens de maneira incorreta, em lixos comuns, misturados a resíduos orgânicos, comprometendo o meio ambiente por meio da geração de impacto ambiental. Dessa forma, o ideal seria diminuir a produção e uso desse tipo de embalagem (MIKUS *et al.*, 2019).

Outra alternativa que tem sido estudada para preservar as qualidades de frutas durante o armazenamento pós-colheita é o uso de embalagens ativas, as quais consistem em embalagens onde a interação entre produto, embalagem e o meio influencia ativamente o produto, prolongando seu tempo de armazenamento, mantendo tanto suas características físicas, químicas e sensoriais (aparência, aroma, consistência, textura e *flavor*) quanto a garantia de um produto seguro para consumo (SUPPAKUL *et al.*, 2003; BRAGA; SILVA, 2017). Ou seja, a embalagem ativa exerce outro papel na preservação dos alimentos, não apenas promovendo uma barreira inerte a influências externas, mas também interagindo com o produto (CESAR; MORI; BATALHA, 2009; SOLTANI FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID, 2021).

A formulação de embalagens ativas é por meio da incorporação de moléculas de antimicrobianos ao material da embalagem, proporcionando maior eficiência na proteção, maior estabilidade e segurança do vegetal. Este tipo de embalagem apresenta benefícios consideráveis para a manutenção dos atributos de qualidade de frutas e hortaliças, porém, mais estudos são necessários para avaliar os impactos gerados no meio ambiente (YAMASHITA *et al.*, 2005; SHIMAZU; MALI; GROSSMANN, 2007; GUIGA *et al.*, 2010; SOLTANI FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID, 2021).

Existe também o uso dos filmes plásticos como embalagem, os quais geram uma atmosfera modificada alterando a concentração de gases ao redor do alimento. Esses filmes aumentam a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) proveniente do próprio produto durante a respiração, e a diminuição da concentração

de oxigênio (O<sub>2</sub>) devido ao consumo no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SIQUEIRA *et al.*, 2009).

Uma opção que vem sendo estudada são as coberturas comestíveis, que permitem a criação de uma atmosfera modificada interna no produto, reduzindo a atividade respiratória com manutenção dos atributos sensoriais e aumentando a vida de prateleira, somado a isso não apresenta riscos ao ambiente (YAN *et al.*, 2019; BAL, 2019; PINZON *et al.*, 2020).

O uso de revestimentos em frutas e vegetais é considerado um método conveniente e seguro e cada vez mais é utilizado na indústria de alimentos (MANTILLA *et al.*, 2013; MARINGGAL *et al.*, 2020). A aplicação de revestimentos ou coberturas comestíveis durante o armazenamento e comercialização de morangos tem sido uma alternativa na manutenção de parâmetros de qualidade como perda de massa, murchamento, pH, textura, acidez total titulável e sólidos solúveis totais (NADIM *et al.*, 2015; YAN *et al.*, 2019), assim como reduzem possíveis danos biológicos e ambientais (TRIGO *et al.*, 2012).

Vargas *et al.* (2008) observaram que a fécula de mandioca mantém por período adequado a massa das frutas envolvidas e também possibilita o uso de materiais e de tecnologias de baixo custo. Os filmes, de maneira geral, resultam em melhor apresentação do produto, eliminação ou redução do uso de fungicidas, redução da superfície de abrasão, diminuição do contato do fruto na sua comercialização, diminuição da contaminação do fruto durante o manuseio, manutenção de alta umidade relativa e redução da perda de massa (MARINGGAL *et al.*, 2020).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes embalagens (tereftalato de polietileno, embalagem ativa e biofilme de pectina) na conservação de morangos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os morangos foram obtidos na Chácara Morango Natural, localizada na cidade de Colombo (PR). Os frutos foram colhidos manualmente, lavados em água corrente, sanitizados por meio de imersão em uma solução de hipoclorito de sódio (250 ppm) por 20 minutos e depois novamente lavados em água corrente (BRASIL, 1999).

Após o processo de higienização, os morangos foram acondicionados em três diferentes tipos de embalagens: embalagem de tereftalato de polietileno (Sanpack, S695), embalagem de polietileno-buteno (20 x 25 x 0,14 mm), contendo como princípios ativos íons zinco e absorvedores do hormônio etileno e biofilme de pectina, o qual foi preparado a partir da homogeneização em liquidificador (JL Colombo - BR6L) de uma solução de pectina 1% (Êxodo Científica - PC08128RA) até a completa geleificação. Neste caso, os morangos foram imersos na solução de pectina por 1 minuto e colocados em uma mesa higienizada, expostos em temperatura de 22 °C para análises posteriores (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Ao longo do armazenamento (0, 3, 5 e 7 dias) foram realizadas análises físicas e químicas nos morangos. A perda de massa foi obtida por meio da diferença dos pesos de cada intervalo de tempo e do tempo zero de armazenamento. Os resultados foram expressos em %. O teor de sólidos solúveis (Brix) foi determinado em refratômetro digital portátil (HI 96801, Hanna). O pH foi avaliado em potenciômetro digital (MS TECNOPON Instrumentação - mPA210), após calibração com soluções tampão pH 4 e 7. As determinações foram realizadas diretamente na polpa de cada fruto (AOAC, 2005). As análises de cor das amostras foram

realizadas em colorímetro portátil (Datacolor - Check II Plus), usando o sistema CIEL\*a\*b\*, no qual os valores de luminosidade ( $L^*$ ) variam entre zero (preto) e 100 (branco), e os valores das coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$  variam de  $-a^*$  (verde) até  $+a^*$  (vermelho), e de  $-b^*$  (azul) até  $+b^*$  (amarelo). As análises de cor das amostras dos morangos foram feitas em 3 pontos previamente marcados em cada fruta.

Foram avaliadas três frutas em cada tipo de embalagem estudada. Foi aplicado um planejamento fatorial completo  $3^2$ , sendo que todos os experimentos foram realizados em temperatura de 22 °C. Os fatores testados foram: tipo de embalagem e tempo de armazenamento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fatores mínimos, médios e máximos avaliados no planejamento  $3^2$

Parâmetros	-1	0	+1
Embalagem	PET	BP	Ativa
Tempo (dias)	3	5	7

PET: Embalagem de Tereftalato de Polietileno

BP: Biofilme de Pectina, Embalagem Ativa e Biofilme de Pectina (BP)

Ativa: Embalagem de polietileno-buteno, contendo como princípios ativos íons zinco e absorvedores do hormônio etileno

As respostas ou variáveis dependentes utilizadas foram sólidos solúveis, pH, parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e perda de massa. Os resultados foram avaliados pelo método de análise de variância (ANOVA) com comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% para verificar diferenças entre as médias, utilizando o programa *Statistica* 10.0 (StatSoft, USA).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação de massa apresentou diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) em todos os ensaios do planejamento. Para os demais fatores analisados, houve ensaios em que os resultados foram semelhantes ( $P > 0,05$ ), sendo que na maioria os resultados significativamente iguais representavam dados de uma mesma embalagem (Tabela 2). Para os cálculos de variação, foi considerada a diferença entre os valores obtidos no dia 7 e no tempo zero de experimento.

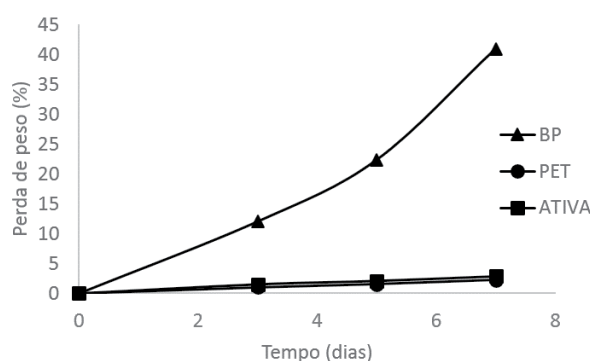
**Tabela 2.** Respostas das variáveis dependentes do planejamento fatorial  $3^2$

Ensaio	Embalagem	Tempo (dias)	Peso (g)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Sólidos Solúveis (Brix)	pH
1	-1 (PET)	-1 (3)	26,72 ± 0,00 <sup>a</sup>	37,87 ± 0,49 <sup>a</sup>	39,68 ± 0,96 <sup>a</sup>	22,33 ± 1,22 <sup>a</sup>	6,87 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,64 ± 0,20 <sup>d</sup>
2	-1 (PET)	0 (5)	26,57 ± 0,001 <sup>b</sup>	36,93 ± 0,44 <sup>b</sup>	36,20 ± 1,65 <sup>b</sup>	19,62 ± 0,54 <sup>b</sup>	6,23 ± 0,29 <sup>c</sup>	3,51 ± 0,01 <sup>f</sup>
3	-1 (PET)	1 (7)	26,40 ± 0,01 <sup>c</sup>	35,87 ± 0,11 <sup>b</sup>	33,49 ± 1,13 <sup>bcd</sup>	15,86 ± 0,80 <sup>cde</sup>	6,07 ± 0,06 <sup>c</sup>	3,74 ± 0,02 <sup>c</sup>
4	0 (BP)	-1 (3)	22,35 ± 0,01 <sup>d</sup>	31,16 ± 0,42 <sup>c</sup>	35,48 ± 1,12 <sup>bc</sup>	17,90 ± 0,83 <sup>bc</sup>	8,07 ± 0,40 <sup>a</sup>	3,63 ± 0,00 <sup>d</sup>
5	0 (BP)	0 (5)	20,47 ± 0,00 <sup>b</sup>	32,04 ± 0,32 <sup>c</sup>	35,06 ± 0,75 <sup>bc</sup>	16,14 ± 0,84 <sup>cde</sup>	8,47 ± 0,30 <sup>a</sup>	3,89 ± 0,02 <sup>b</sup>
6	0 (BP)	1 (7)	17,77 ± 0,00 <sup>i</sup>	29,83 ± 0,91 <sup>d</sup>	28,57 ± 1,11 <sup>c</sup>	15,86 ± 0,61 <sup>cde</sup>	8,37 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,64 ± 0,00 <sup>d</sup>
7	1 (ATIVA)	-1 (3)	21,50 ± 0,01 <sup>c</sup>	36,94 ± 0,28 <sup>ab</sup>	32,70 ± 0,40 <sup>cd</sup>	17,32 ± 0,78 <sup>bcd</sup>	6,17 ± 0,06 <sup>c</sup>	3,53 ± 0,01 <sup>ef</sup>
8	1 (ATIVA)	0 (5)	21,38 ± 0,00 <sup>f</sup>	36,46 ± 0,43 <sup>b</sup>	31,05 ± 1,07 <sup>de</sup>	14,53 ± 0,20 <sup>c</sup>	5,53 ± 0,50 <sup>c</sup>	3,56 ± 0,01 <sup>c</sup>
9	1 (ATIVA)	1 (7)	21,22 ± 0,00 <sup>g</sup>	36,03 ± 0,11 <sup>b</sup>	31,03 ± 0,22 <sup>de</sup>	15,03 ± 0,14 <sup>dc</sup>	4,53 ± 0,12 <sup>d</sup>	3,98 ± 0,02 <sup>a</sup>

Média ± Desvio Padrão (n = 3). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ).

O biofilme de pectina foi escolhido, após estudos prévios entre diferentes revestimentos comestíveis, por apresentar as melhores características para os parâmetros físicos e químicos avaliados. Ronque (1998) afirma que a porcentagem máxima de perda de água aceitável para a comercialização do morango é de 6% durante o período de armazenamento. Chitarra e Chitarra (2005) consideram que perdas na ordem de 3% a 6% são suficientes para causar marcante declínio na qualidade.

A aplicação do biofilme de pectina resultou numa perda de massa de 29,03%. Esse valor é considerado elevado e não adequado para uso comercial (Figura 1). Essa perda de massa deve-se à transpiração da fruta, e a pectina não apresentou bons resultados com relação à retenção de umidade. Isso pode estar relacionado com a estrutura da cadeia da pectina, que tem comportamento hidrofílico. Biofilmes elaborados a partir de polissacarídeos não são considerados efetivos contra a perda de massa de frutos devido à natureza hidrofílica dos mesmos (GUERREIRO *et al.*, 2015; CHU *et al.*, 2020).



**Figura 1.** Perda de massa nos morangos avaliados nos dias 0, 3, 5 e 7, de acordo com o tipo de embalagem.

No entanto, as embalagens PET e ativa resultaram em 2,15 e 2,79% de perda, respectivamente. A perda de massa com perda de água (na forma de vapor d'água) é considerada um dos principais fatores responsáveis pela deterioração de frutas. Essa deterioração, que é um indicativo da aceleração da senescência, resulta em perdas quantitativas e qualitativas devido a desintegração da membrana, resultando no murchamento, enrugamento (aparência inadequada), perda de frescor e suculência dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Esse resultado corrobora com Friedrich (2017) que avaliou o efeito de filmes comestíveis produzidos a partir de gelatina, amido nativo, sorbitol e extrato de *Tetradenia riparia* (agente antimicrobiano) na conservação de morangos em pós-colheita durante 10 dias. Foi observada que a perda de massa aumentou com o prolongamento do armazenamento. Os frutos revestidos com filmes de extrato de *T. riparia*, tanto em média (500 µg/mL) quanto em alta (1000 µg/mL) concentração, apresentaram perdas de massa superiores a 10% no 4º dia de armazenamento. Treviño-Garza *et al.* (2015), analisando três diferentes biofilmes (pectina, quitosana e pululano) também observaram que o biofilme de pectina resultou nas maiores perdas de massa de morangos frescos.

As embalagens PET e ativa alcançaram resultados semelhantes entre elas (Figura 1), com baixas variações dessa resposta com o passar dos dias, demonstrando que para essas embalagens a variável tempo não teve um efeito significativo na variação da massa ( $P \leq 0,05$ ). Essa manutenção na massa pode ser decorrente do fato que essas duas embalagens evitam o contato do morango com o ar circundante, inibindo a difusão do vapor de água e dificultando a transpiração (AFIFI *et al.*, 2016).

A textura das frutas é um importante fator sensorial de qualidade, e está diretamente relacionado com a perda de massa. Assim, a escolha da embalagem adequada é fundamental para a manutenção da qualidade de frutos, minimizando a perda de massa (CHU *et al.*, 2020).

A cor dos morangos consiste em um dos principais atributos de qualidade na aceitação do consumidor (TREVINO-GARZA *et al.*, 2015). Com relação a Luminosidade ( $L^*$ ), as embalagens PET e ativa apresentaram resultados semelhantes entre si ( $P \leq 0,05$ ), resultando em uma maior variação da luminosidade com o tempo de armazenamento (21,67 e 22,20%, respectivamente), quando comparados ao biofilme de pectina (variação de 17,24%) (Figura 2). Esses resultados corroboram com Zhao *et al.* (2019), em que os morangos armazenados em diferentes embalagens apresentaram uma diminuição na luminosidade com o passar dos dias em temperatura de 20 °C. Isso demonstra que essas frutas se tornam mais escuras e opacas ao longo do seu período de conservação.

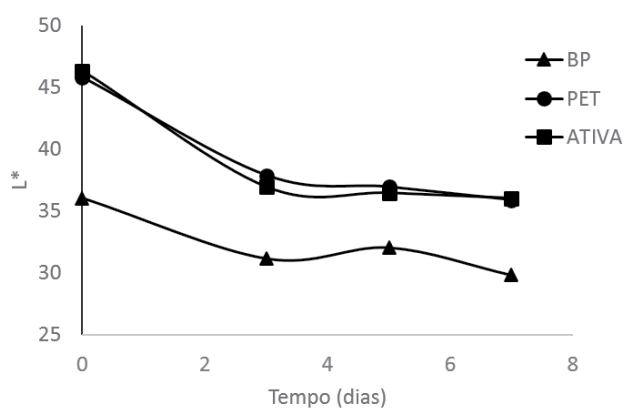


Figura 2. Variação da luminosidade ( $L^*$ ) nos morangos avaliados nos dias 0, 3, 5 e 7, de acordo com o tipo de embalagem.

Com relação ao parâmetro colorimétrico  $a^*$  (intensidade do vermelho-verde) (Figura 3a), os melhores resultados foram obtidos com a embalagem PET por 3 dias de armazenamento devido a menor variação com o tempo (29,06%) e maior valor final de  $a^*$  (33,49). A maior variação para esse fator foi obtida com a embalagem ativa, 35,72%. Essa redução no valor do parâmetro  $a^*$  é contrária aos resultados obtidos por Zhao *et al.* (2019), onde esses valores aumentaram durante o período do experimento com embalagens PET com filme de polietileno (com atmosfera modificada) e caixas de poliestireno expandido, resultando em frutas com intensidade de cor vermelha mais escura.

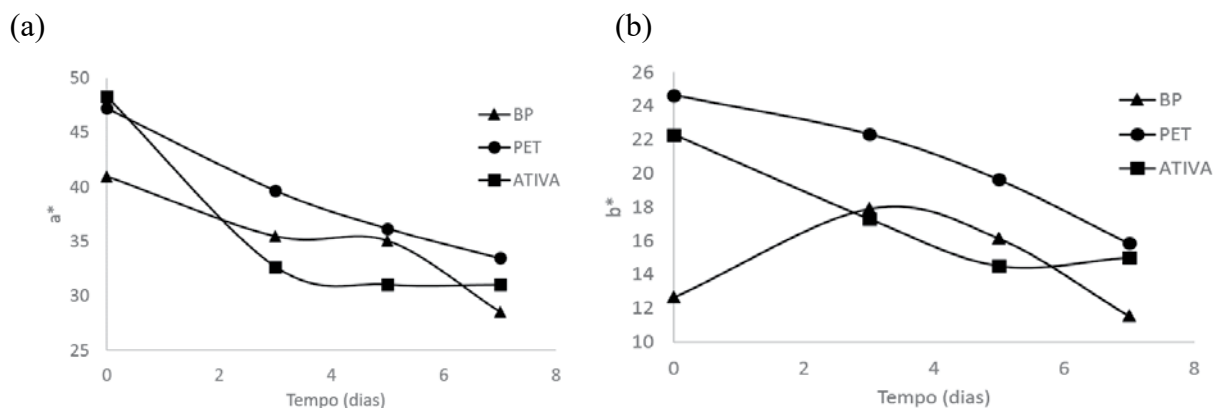
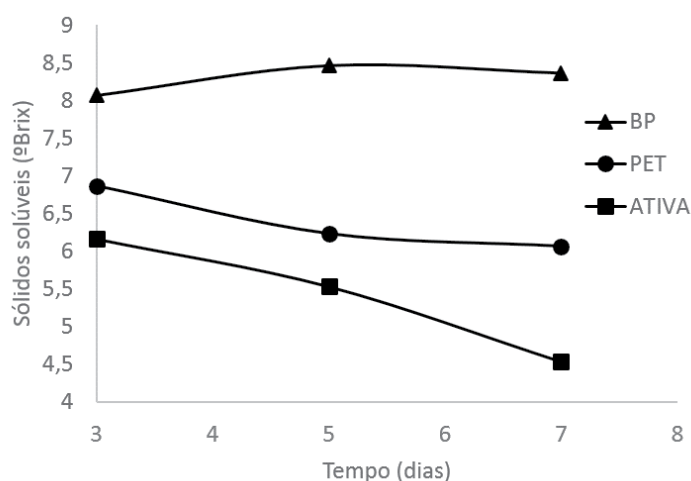


Figura 3. Variação dos parâmetros  $a^*$  (a) e  $b^*$  (b) da cor nos morangos avaliados nos dias 0, 3, 5 e 7, de acordo com o tipo de embalagem.

O parâmetro  $b^*$  (intensidade azul-amarelo) apresentou menores variações durante os dias de análise quando armazenado nas embalagens PET e ativa (Figura 3b), porém quando se avalia a variação entre valor final e inicial, essas duas embalagens apresentaram maiores variações (35,61 e 32,57, respectivamente) quando comparadas ao biofilme de pectina (8,70%). O uso do biofilme de pectina apresentou variações elevadas no valor  $b^*$  durante os dias de armazenamento, porém essas variações podem ser devidas ao processo de amadurecimento do fruto, resultando em uma fruta com coloração mais escura e intensa.

Esses fatores (parâmetros  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L$  da análise de cor externa dos frutos) também foram avaliados por Ribeiro *et al.* (2007) e Hernández-Munóz *et al.* (2006), os quais não encontraram diferença significativa na cor de morangos armazenados com películas comestíveis ou sem a película.

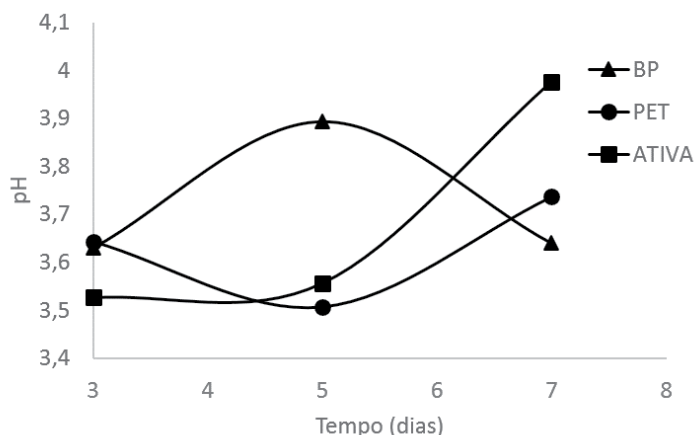
O teor de sólidos solúveis pode ser um indicador do grau de maturidade de morangos, podendo influenciar no *flavor* dos frutos (YAN *et al.*, 2020). O teor de sólidos solúveis não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelo tempo nas embalagens BP e PET (Figura 4), podendo ser armazenado pelos 7 dias, tempo máximo do experimento sem alterações no seu teor. Já para morangos armazenados com a embalagem ativa houve uma variação de 26,58% no teor de sólidos solúveis durante os sete dias de experimento. As variações que ocorreram nos dias 3 e 5 do experimento com o biofilme de pectina podem ser decorrentes das transformações que ocorrem na cor dos morangos durante o período de amadurecimento pela hidrólise dos açúcares durante o processo de senescências das frutas (KARTAL; ADAY; CANER, 2012; ADAY; CANER, 2013).



**Figura 4.** Variação no teor de sólidos solúveis (°Brix) nos morangos avaliados nos dias 0, 3, 5 e 7, de acordo com o tipo de embalagem.

Esses resultados estão em concordância com os encontrados por Yan *et al.* (2019) e Pinzon *et al.* (2020), que detectaram que os sólidos solúveis no morango não variam significativamente durante o período de armazenamento sob diferentes temperaturas. Esses resultados são contrários aos encontrados por Friedrich (2017), no qual os teores de sólidos solúveis totais aumentaram com o aumento do período de armazenamento (10 dias).

Em todas as embalagens avaliadas, o valor final de pH se manteve satisfatório (Figura 5), porém os fatores avaliados neste trabalho, tipo de embalagem e tempo de armazenamento, não foram significativos ( $P > 0,05$ ) na análise deste parâmetro.



**Figura 5.** Variação no pH nos morangos avaliados nos dias 0, 3, 5 e 7, de acordo com o tipo de embalagem.

Realizando uma análise da variação, os morangos armazenados em embalagem ativa apresentaram a maior variação (12,75%) quando comparados com as frutas armazenadas em BP (0,28%) e PET (2,47%). Fontes (2005) também não observou variação no pH em maçãs cobertas com soluções conservadoras (ácidos cítrico e ascórbico e cloretos de cálcio e sódio) e fécula de mandioca, armazenadas ao longo de 13 dias. Mendonça (2016) avaliou as qualidades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de morangos recobertos com diferentes filmes biodegradáveis em 19 dias de armazenamento. Não foi observada variação significativa na alteração do pH durante os 19 dias de armazenamento. Estudos mostraram que o pH apresenta pouca variação após a colheita, mesmo com a alteração de fatores externos, como temperatura, CO<sub>2</sub> e presença de revestimentos (TREVIÑO-GARZA *et al.*, 2015).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), oscilações na acidez das frutas durante o período de armazenamento podem estar relacionadas às transformações bioquímicas decorrentes do processo de respiração das mesmas, que tanto produzem quanto consomem ácidos na forma de carbono.

O efeito da variável tempo foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) para os parâmetros a\* e b\* apenas, sendo que o terceiro dia de armazenamento foi a melhor condição de forma geral, exceto apenas para a Luminosidade e a variação no pH. O tipo de embalagem também apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para a maioria dos parâmetros avaliados, exceto para pH, sendo o biofilme de pectina considerado o mais eficiente na manutenção das características físicas avaliadas, seguido pela embalagem ativa.

A significância da otimização proposta pode ser observada pelos valores de R<sup>2</sup>, o qual fornece uma medida da variabilidade das respostas. Neste trabalho os valores de R<sup>2</sup> são considerados satisfatórios (acima de 0,80), que podem ser observados para perda de massa, L\*, a\*, b\* e sólidos solúveis com 0,92, 0,98, 0,84, 0,85 e 0,92, respectivamente. Valores de R<sup>2</sup> próximos a 1 indicam alto grau de correlação entre os valores experimentais e os ajustados pelo modelo. Dessa forma, os dados aqui apresentados são significativos e preditivos para o tipo de embalagem (biofilme de pectina, PET e ativa) e o tempo de armazenamento (3, 5 e 7 dias) de morangos nas funções das variáveis testadas.

O uso de atmosferas modificadas tem se apresentado como uma estratégia para minimizar a deterioração e o surgimento de pontos de podridão nas frutas (SIQUEIRA *et al.*, 2009). Essa atmosfera pode ser desenvolvida por meio do uso de filmes poliméricos ou mesmo embalagens sob vácuo total ou parcial. Isso foi observado neste trabalho, já que as frutas armazenadas em biofilme de pectina apresentaram as menores variações na maioria dos fatores avaliados (luminosidade, b\*, sólidos solúveis e pH).



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do planejamento fatorial indicou uma tendência de quais são as melhores condições para a conservação dos morangos utilizando diferentes tipos de embalagens. De acordo com os dados apresentados, o biofilme de pectina apresenta potencial para ser utilizado com uma embalagem nos morangos, pois contribuiu para a manutenção da cor, teor de sólidos solúveis e pH. Os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  se mantiveram bons durante 03 dias de armazenamento. No entanto, os morangos apresentaram variações elevadas de perda de massa com a aplicação de biofilme de pectina.

A embalagem PET apresentou resultados positivos na manutenção do peso, dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  de cor, e também na manutenção dos valores de sólidos solúveis e pH. Já a embalagem ativa teve resultados satisfatórios para manutenção da massa e do parâmetro  $b^*$  na coloração.

Outras matérias-primas devem ser estudadas na formulação dos biofilmes, as quais possam contribuir para a redução da perda de massa durante o armazenamento ou mistura de pectina com outros materiais mais resistentes na manutenção da água em sua estrutura. Essas variações estão diretamente relacionadas com o detrimento da qualidade das frutas. Além disso, é importante considerar que morangos consistem em frutas de elevada sensibilidade ao impacto, o que dificulta a venda a granel. Assim, estudos são necessários para determinar uma eficiente maneira de comercialização das frutas armazenadas em biofilmes.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Paraná pela concessão de bolsa ao estudante e disponibilização de estrutura para realização das atividades.

#### REFERÊNCIAS

- ADAY, M. S.; CANER, C. The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. *IWT-Food Sci. Technol.*, v. 52, n. 2, p. 102-109, jul. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.006>.
- AFIFI, E. H.; RAGAB, M. E.; EL-GAWAD, H. G. A.; EMAM, M. S. Effect of active and passive modified atmosphere packaging on quality attributes of strawberry fruits during cold storage. *Arab Universities J. Agric. Scien.*, v. 24, n. 1, p. 157-168, fev. 2016. DOI: [10.21608/ajs.2016.14192](https://doi.org/10.21608/ajs.2016.14192).
- ALI, Z. M.; CHIN, L. H.; MARIMUTHU, M.; LAZAN, H. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. *Postharvest Biol. Technol.*, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.02.007>.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 18. ed. Washington: AOAC, 2005.
- BAL, E. Influence of Chitosan-Based Coatings with UV Irradiation on Quality of Strawberry Fruit During Cold Storage. *Turkish JAF Sci. Tech*, v. 7, n. 2, p. 275-281, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i2.275-281.2252>.

BRAGA, L. R.; SILVA, F. M. Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias. **Braz. J. Food Res.**, Campo Mourão, v. 8, n. 4, p. 170-186, out./dez. 2017. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n4.4602.

BRASIL. ANVISA. **Portaria CVS nº 06, de 10 de março de 1999**. Regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação. Disponível em: [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/E\\_PT-CVS-06\\_100399.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/E_PT-CVS-06_100399.pdf). Acesso em: 08 mar. 2021.

CESAR, A. S.; MORI, C.; BATALHA, M. O. Inovações tecnológicas de embalagens nas indústrias de alimentos: estudo de caso da adoção de embalagem ativa em empresas de torrefação de café. **Rev. Bras. Inov.**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 355-378, jul./dez. 2009. DOI: 10.20396/rbi.v9i2.8649005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

CHU, Y.; GAO, C.; LIU, X.; ZHANG, N.; XU, T.; FENG, X.; YANG, Y.; SHEN, X.; TANG, X. Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil cinnamon essential oil nanoemulsion. **IWT-Food Scien. Technol.**, v. 122, n. 109054, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109054>.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; SCARPARE FILHO, J. A. Altas concentrações de oxigênio favorecem a conservação de morango 'Oso Grande'. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1074-1083, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400005>.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; JACOMINO, A. P.; OGASSAVARA, F. O.; TREVISAN, M. J.; PARISI, M. C. M. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO<sub>2</sub>. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 4, p. 688-694, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400020>.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; MORGADO, C. M. A.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; PARISI, M. C. M.; NASCIMENTO, A. R. Embalagem alternativa para cadeia produtiva de morango. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 2, p. 42-51, jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16155>.

FILHO, M. J.; SCOLFORO, C. Z.; SARAIVA, S. H.; PINHEIRO, C. J. G.; SILVA, P. I.; LUCIA, S. M. D. Physicochemical, microbiological and sensory acceptance alterations of strawberries caused by gamma radiation and storage time. **Sci. Hortic.**, v. 238, p. 187-194, abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.053>.

FONTES, L. C. B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis em maçãs da cultivar Royal Gala minimamente processadas**: efeito na fisiologia e na conservação. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FRIEDRICH, J. C. C. **Biofilmes a base de amido, gelatina e extrato de Tetradenia riparia na conservação de morango**. 2017. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

GUERREIRO, A. C.; GAGO, C. M. L.; FALEIRO, M. L.; MIGUEL, M. G. C.; ANTUNES, M. D. C. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 100, p. 226-233, fev. 2015. DOI: <http://10.1016/j.postharvbio.2014.09.002>.

GUIGA, W.; SWESI, Y.; GALLAND, S.; PEYROL, E.; DEGRAEVE, P.; SEBTI, I. Innovative multilayer

antimicrobial films made with Nisaplin® or nisin and cellulosic ethers: Physico-chemical characterization, bioactivity and nisin desorption kinetics. **Innova. Food Scien. Emerging Technol.**, v. 11, n. 2, p. 352-360, abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.01.008>.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M. J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biol. Technol.**, v. 39, n. 3, p. 247-253, fev. 2006. DOI: [doi:10.1016/j.postharvbio.2005.11.006](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.006).

KARTAL, S.; ADAY, M. S.; CANER, C. Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 71, n. 1, p. 32-40, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.009>

MANTILLA, N.; CASTELL-PEREZ, M. E.; GOMES, C.; MOREIRA, R. G. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **LWT-Food Scien. Technol.**, v. 51, n. 1, p. 37-43, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.010>.

MARINGGAL, B.; HASHIM, N.; MOHAMED AMIN TAWAKKAL, I. S.; MUDA MOHAMED, M. T. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends Food Sci Technol**, v. 96, p. 253-267, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024>.

MENDONÇA, J. N. de. **Avaliação da qualidade de morangos recobertos com diferentes filmes biodegradáveis durante sua “SHELF-LIFE”**. 2016. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia. Patos de Minas, 2016.

MIKUS, B. C.; RUTKOWSKI GONÇALVES, A. K.; BORGES FAGUNDES, A.; HÄNSCH BEURENF.; PEREIRA, D. Garrafas PET: problemática e aplicações pós-consumo. **PI&S**, Maringá, v. 6, n. 2, p. 90-98, dez. 2019.

MORAES, I. V. M. **Morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

NADIM, Z.; AHMADI, E.; SARIKHANI, H.; AMIRI CHAYJAN, R. Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage. **J. Food Process. Pres.**, v. 39, n. 1, p. 80-90, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12227>.

OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; SANTOS, D. C.; GOMES, J. V. P.; ALMEIDA, F. A. C. Armazenamento de tomates revestidos com pectina: avaliação colorimétrica. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 19-25, out./dez. 2012.

PERETTO, G.; DU, W. X.; AVENA-UTLLOS, R. J.; SARREAL, S. B. L.; HUA, S. S. T.; SAMBO, P. Increasing strawberry shelf-life with carvacrol and methyl cinnamate antimicrobial vapors released from edible films. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 89, p. 11-18, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.11.003>.

PINZON, M. I.; SANCHEZ, L. T.; GARCIA, O. R.; GUTIERREZ, R.; LUNA, J. C.; VILLA, C. C. Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 55, n. 1, p. 92-98, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14254>.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 44, n. 1, p. 63-70, abr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.015>.

- RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. p. 183-202.
- SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. A. G. Plasticizing and antiplasticizing effects of glycerol and sorbitol on biodegradable cassava starch films. **Semina: Ciênc. Agrár.**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-88, jan./mar. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n1p79>.
- SIQUEIRA, H. H.; VILAS BOAS, B. M.; SILVA, J. D.; NUNES, E. E.; LIMA, L. C. O.; SANTANA, M. T. A. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. spe, p. 1712-1715, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700002>.
- SOLTANI FIROUZ, M.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A Critical Review on Intelligent and Active Packaging in the Food Industry: Research and Development. **Food Res. Int.**, p. 110113. Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110113>.
- SUPPAKUL, P.; MILTZ, J.; SONNEVELD, K.; BIGGER, S. W. Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. **J. Food Sci.**, v. 68, p. 408-420, mar. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05687.x>
- TREVIÑO-GARZA, M. Z.; GARCÍA, S.; DEL, S. F. M.; ARÉVALO-NIÑO, K. Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). **J. Food Sci.**, v. 80, n. 8, p. M1823-M1830, 2015. DOI: [10.1111/1750-3841.12938](https://doi.org/10.1111/1750-3841.12938).
- TRIGO, J. M.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F.; SARMENTO, S. B. S.; LAI REYES, A. H.; SARRIÉS, G. A. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 125-133, abr./jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000005>.
- VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; McCLEMENTS, D. J.; GONZÁLEZ MARTINEZ, C. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 48, n. 06, p. 496-511, jun. 2008. DOI: [10.1080/10408390701537344](https://doi.org/10.1080/10408390701537344).
- YAMASHITA, F.; NAKAGAWA, A.; VEIGA, G. F.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Filmes biodegradáveis para aplicação em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 8, n. 4, p. 335-343, out./dez. 2005.
- YAN, J.; LUO, Z.; BAN, Z.; LU, H.; LI, D.; YANG, D.; LI, L. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 147, p. 29-38, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.09.002>.
- YAN, Y.; DUAN, S.; ZHANG, H.; LIU, Y.; LI, C.; HU, B.; LIU, A.; WU, D.; HE, J.; WU, W. Preparation and characterization of Konjac glucomannan and pullulan composite films for strawberry preservation. **Carbohydr. Polym.**, v. 243, p. 116446, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116446>.
- ZHAO, X.; XIAO, M.; WEIA, X.; XUB, C.; LUOA, Z.; MAO, L. Consolidated cold and modified atmosphere package system for fresh strawberry supply chains. **LWT - Food Sci. Technol.**, v. 109, p. 207-215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.032>.