



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

JÚLIA VITÓRIA BARBOSA DIAS

**EFEITOS DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS
FUNCIONAIS EM FRUTAS MINIMAMENTE
PROCESSADAS**

JOÃO PESSOA - PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D541e Dias, Júlia Vitória Barbosa.

Efeitos de revestimentos comestíveis funcionais em
frutas minimamente processadas / Júlia Vitória Barbosa
Dias. - João Pessoa, 2023.

85 f. : il.

Orientação: Marciane Magnani.

Coorientação: Tatiana Colombo Pimentel.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Conservação de alimentos - frutas processadas. 2.
Manga - Revestimento comestíveis. 3. Melão -
Revestimento comestíveis. 4. Probiótico - revestimento
comestível. 5. frutooligossacarídeo. I. Magnani,
Marciane. II. Pimentel, Tatiana Colombo. III. Título.

UFPB/BC

CDU 664-41(043)

JÚLIA VITÓRIA BARBOSA DIAS

**EFEITOS DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS FUNCIONAIS EM
FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador(a): Profª Drª Marciane Magnani
Coorientador(a): Profª Drª Tatiana Colombo Pimentel

JOÃO PESSOA - PB

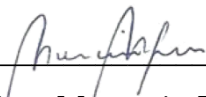
2023

JÚLIA VITÓRIA BARBOSA DIAS

**EFEITOS DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS FUNCIONAIS EM FRUTAS
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

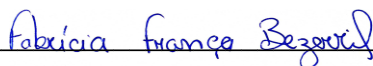
Dissertação **APROVADA** em **08/03/2023**

BANCA EXAMINADORA



Profª Drª Marciane Magnani - DEA/CT/UFPB

Orientadora e Coordenadora da Banca Examinadora



Prof. Dr. Fabrícia França Bezerril - DEA/CT/UFPB

Examinador Interno



Profª Drª Lucélia Cabral - UNESP

Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço por sempre me fortalecer e amparar, confiando que os propósitos dEle sempre serão cumpridos na minha vida.

À minha mãe, Liliane, que sempre apoia os meus sonhos e nunca mediu esforços para que eu pudesse realizá-los. Obrigada por seu amor incondicional, carinho e por toda compreensão. Ao meu padrasto, André, pela torcida, apoio e amizade.

Ao meu pai, Fábio, que sempre se dedicou ao máximo para que eu pudesse realizar os meus sonhos, me apoiando, incentivando e principalmente compreendendo que para seguir os meus objetivos é necessário a distância. Obrigada por seu o meu amigo, por todo cuidado e amor. À minha madrasta, Tânia, pelas palavras de incentivo e torcida.

Ao meu irmão, Yuri, pela força, amor e equilíbrio que ele é na minha vida. Obrigada por compreender essa distância e ser a minha inspiração para seguir nos objetivos. Eu amo você incondicionalmente!

Aos meus avós, Ademar e Zélia, por serem a minha família por perto, cuidando, apoiando, incentivando e tornando os meus dias mais leves. Obrigada por não medirem esforços para verem a minha felicidade e a realização dos meus sonhos. Vocês foram essenciais em mais uma etapa!

À minha avó Dora, pelas orações, apoio e incentivo.

Ao meu avó Joaquim (*in memoriam*), que é a minha base e o meu exemplo de ser humano, de simplicidade, compaixão e humildade.

À toda a minha família, tios, tias, primos e primas, que torcem por todas as conquistas e vivem junto mais um sonho.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani, sou grata pelo acolhimento, por toda a confiança depositada em mim, por toda paciência e por orientar com tamanha excelência, disponibilizando seu tempo para conversas e conselhos que agregam aprendizado profissional e que também levarei para a vida. É uma honra ter a oportunidade de aprender e conviver com uma profissional competente e inspiradora como a senhora.

À minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Tatiana Colombo Pimentel, obrigada pelo acompanhamento, por toda a atenção, paciência e as contribuições na condução desse trabalho.

Aos membros da banca avaliadora, Prof.^a Dr.^a Lucélia Cabral e Prof.^a Dr.^a Fabrícia França Bezerril, obrigada por aceitarem o convite, pela disponibilidade, correções e por toda as contribuições valiosas.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Processos Microbianos de Alimentos (LPMA) no qual eu tive a oportunidade de dividir os momentos de bancada e de convivência durante esses anos, Bianca, Fabrícia, Fernando, Geany, Isis, Jade, Jane, Mayara, Ruthchelly, obrigada por todo conhecimento compartilhado e por tornarem as manhãs e tardes mais alegres e divertidas, e também por todos os momentos de descontração além do ambiente de bancada, que renderam ótimas risadas e recordações. Em especial, agradeço a Iara, por ter compartilhado por um breve tempo o seu cantinho, entre sustos, surtos, boas risadas e bons momentos no 301. Whyara, pelo seu competente trabalho como técnica, por toda a organização do LPMA facilitando os planejamentos e execução da pesquisa, e que também contribuiu diretamente na condução desse trabalho. Agradeço principalmente como amiga, por todas as palavras, os momentos de descontração, incentivo, e juntamente com Átila, por terem deixado mais leve o último ano. Obrigada pela amizade e presença de vocês!

Ao Sr. Gilvandro, técnico do LABA, por ser tão prestativo e gentil, que agrega um conhecimento multidisciplinar e de vida, na qual tivemos boas conversas durante os tempos de bancada.

Aos meus amigos, que me acompanham da infância ou formação acadêmica, obrigada por compreenderem a minha ausência, por trazerem leveza e felicidade, e principalmente pela torcida e apoio de vocês.

As minhas colegas de turma, Layane, Jéssica, Fabrícia, Ana Luisa e Anna Júlia, obrigada pelos momentos de descontração e parceria nas atividades.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade, assim como os docentes membros do programa, pelo aprendizado e atenção disponibilizados durante a formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela concessão e disponibilidade da bolsa, tornando possível a realização desse sonho.

Por fim, agradeço aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui e realizasse não somente um objetivo profissional, mas também um sonho de vida.

Muito obrigada!

RESUMO

Existe uma demanda crescente de mercado por alimentos nutritivos frescos e práticos para consumo. O tamanho de algumas frutas limita esta praticidade de consumo, apesar da composição nutricional e bioativa atrativa, como ocorre com a manga e melão. A comercialização dessas frutas na forma de minimamente processados é uma forma de ampliar seu consumo, porém aumentar sua perecibilidade. A aplicação de revestimentos comestíveis adicionadas de ingredientes funcionais como probióticos e prebióticos pode ampliar o tempo de armazenamento e agregar funcionalidade em frutas minimamente processadas. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de revestimentos comestíveis adicionados de *Lactocaseibacillus casei* 01 (Lc-01) e/ou frutooligossacarídeo (FOS) nos aspectos físico-químicos de qualidade (perda de peso, firmeza, cor, pH, acidez titulável-AT, sólidos solúveis totais-SST e atividade enzimática), na composição química (açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis), e sensoriais de manga e melão minimamente processados durante o armazenamento refrigerado (5 ± 1 °C / 12 dias). Foram também avaliadas características da superfície dos revestimentos e seus impactos na viabilidade e metabolismo do probiótico, quando adicionado, durante a exposição gastrointestinal simulada e armazenamento. Os revestimentos adicionados de Lc-01 e/ou FOS foram capazes de manter a qualidade de manga e melão atrasando o aumento de SST, pH, conteúdo de açúcares (glicose e frutose) e a diminuição de AT e ácidos orgânicos, contribuindo para manutenção da firmeza e redução na perda de peso. A diminuição nas atividades enzimáticas (PPO, POD) contribuíram para o atraso no desenvolvimento da cor. Os cubos de manga e melão revestidos com ALG-SYN apresentaram maior concentração da composição volátil e associados ao painel com melhores propriedades sensoriais. A análise da MEV mostrou a presença do probiótico na superfície da fruta revestida e as contagens de Lc-01 mantiveram acima de 6 log UFC/g durante todo o armazenamento para manga e melão revestidos com ALG-Lc-01 e ALG-SYN antes e após a digestão *in vitro*. Os resultados apresentados indicam que os revestimentos comestíveis funcionais, como o ALG-SYN, podem ser utilizados como alternativa para ampliar o tempo de prateleira de manga e melão minimamente processados, indicando a aceitabilidade do produto durante os 12 dias de armazenamento, bem como serem ofertados como um alimento funcional probiótico sem alterar os aspectos físico-químicos de qualidade e das propriedades sensoriais.

Palavras-chave: frutas minimamente processadas, revestimento comestível probiótico, frutooligossacarídeo, manga, melão.

ABSTRACT

There is a growing market demand for consumption of nutritious, fresh and practical foods for consumption. The size of some fruits limits this practicality of consumption, despite their attractive nutritional and bioactive composition, as occurs with mango and melon. The sale of fruits in minimally processed form is a way to increase their consumption, while increasing their perishability. Considering that the application of edible coatings added with functional ingredients such as probiotics and prebiotics can prolong storage time and add functionality to minimally processed fruits, the objective of this work was to evaluate the effects of edible coatings added with *Lactobacillus casei* 01 (Lc-01). and/or fructooligosaccharide (FOS) in the physical-chemical aspects of quality (weight loss, firmness, color, pH, titratable acidity-AT, total soluble solids-TSS and enzymatic activity), in the chemical composition (sugars, organic acids and compounds volatiles) and sensorial of minimally processed mango and melon during refrigerated storage (5 ± 1 °C / 12 days). Surface characteristics of the coatings and their impacts on the viability and metabolism of the probiotic, when added, during simulated gastrointestinal exposure and storage were also evaluated. The coatings added with Lc-01 and/or FOS were able to maintain the quality of mango and melon by delaying the increase in TSS, pH, sugar content (glucose and fructose), and the decrease in TA and organic acids, contributing to the maintenance of firmness and reduction in weight loss. The coatings added with Lc-01 and/or FOS were efficient in maintaining the quality of mango and melon by delaying the increase in TSS, pH, sugar content (glucose and fructose), and organic acids, contributing to the maintenance of firmness and reduction in weight loss. The decrease in enzyme activities (PPO, POD) contributed to the delay in color development. Mango and melon cubes coated with ALG-SYN showed a higher concentration of the volatile composition and were associated with the panel with better sensory properties. SEM analysis showed the presence of the probiotic on the surface of the coated fruit and Lc-01 counts remained above 6 log CFU/g during storage for mango and melon coated with ALG-Lc-01 and ALG-SYN before and after in vitro digestion. The results presented indicate that functional edible coatings, such as ALG-SYN, can be used as an alternative to extend the shelf life of minimally processed mangoes and melons, as well as being probiotic carriers, reducing the impacts of storage on changes in physical-chemical aspects. quality and sensory properties.

Keywords: minimally processed fruits, edible coating probiotic, fructooligosaccharide, mango, melon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dados da exportação de mangas e melões entre 2019-2023 (janeiro-julho).	16
Figura 2. Manga (<i>Mangifera indica</i> L cv. Tommy Atkins).....	17
Figura 3. Melão (<i>Cucumis melo</i> L. Inodorus var. amarelo).....	19
Figura 4. Representação das soluções de revestimento comestível e aplicação.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutricional de polpa de manga em 100g	18
Tabela 2. Composição nutricional em polpa de melão em 100g.....	19

ARTIGO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1. Profilometric 3D analysis from minimally processed coated mango (A) and melon (B) surfaces, in a “XYZ” mode.	69
Figure 2. SEM (Scanning Electron Microscopy) showing the adhesion and presence of Lc-01 on the surface of coated fruit.	70
Figure 3. Minimally processed mango: weight loss- A (◆ CONT-uncoated, ■ ALG, ★ ALG-FOS, ▼ ALG-Lc-01, ◆ ALG-SYN) and firmness- B (◊ CONT-uncoated, ⊕ ALG, △ ALG-FOS, ▽ ALG-Lc-01, ◇ ALG-SYN)during 12 days of storage (5± 1°C).Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples.	71
Figure 4. Minimally processed melon: weight loss- A (◆ CONT-uncoated, ■ ALG, ★ ALG-FOS, ▼ ALG-Lc-01, ◆ ALG-SYN) and firmness- B (◊ CONT-uncoated, ⊕ ALG, △ ALG-FOS, ▽ ALG-Lc-01, ◇ ALG-SYN)during 12 days of storage (5± 1°C).Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples.	72
Figure 5. Enzymatic activity: Polyphenol oxidase (PPO) - (A) mango and (a) melon; Peroxidase (POD)- (B) mango and (b) melon; Pectin methylesterase (PME) - (C) mango and (c) melon, during 12 days of storage (5 ± 1°C). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences (p < 0.05) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey’s test. Mean bars with different lowercase letters (a–d) denote significant differences (p < 0.05) among treatments for the same day of storage, based on Tukey’s test.	73

Figure 6. Lc-01 counts in edible coating ALG-Lc-01: mango (A) and melon (B); ALG-SYN: mango (B) and melon (b) during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences ($p < 0.05$) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey’s test. Mean bars with different lowercase letters (a–b) denote significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the same day of storage, based on Tukey’s test.75

Figure 7. Lc-01 viability in edible coating ALG-Lc-01: mango (A) and melon (B); ALG-SYN: mango (a) and melon (b), after exposure to simulated gastrointestinal tract during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences ($p < 0.05$) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey’s test. Mean bars with different lowercase letters (a–b) denote significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the same day of storage, based on Tukey’s test.76

Figure 8. GPA biplot maps for the mango formulations (Day 1). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3. 77

Figure 9. GPA biplot maps for the mango formulations (Day 12). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.78

Figure 10. GPA biplot maps for the melon formulations (Day 1). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.79

Figure 11. GPA biplot maps for the melon formulations (Day 12). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.80

LISTA DE TABELAS

Table 1. Color parameters in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). 81

Table 2. Physicochemical parameters in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).82

Table 3. Concentration of sugar in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).83

Table 4. Concentration organic acids in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).84

Table 5. Concentration of volatile compounds in minimally processed mango uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).86

Table 6. Concentration of volatile compounds in minimally processed melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	15
2.1.1 Manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	17
2.1.2 Melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	19
2.4 COBERTURAS COMESTÍVEIS EM FRUTAS	20
2.5 COBERTURAS COMESTÍVEIS FUNCIONAIS	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 FRUTAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO	23
3.2 CRESCIMENTO E PADRONIZAÇÃO DO INÓCULO	24
3.3 FORMULAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL	24
3.4 PERFILOMETRIA.....	26
3.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	26
3.6 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS	27
3.7 ATIVIDADE DE POLIFENOL OXIDASE (PPO), PEROXIDASE (POD) E PECTINAMETILESTERASE (PME)	28
3.8 DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES, ÁCIDOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	29
3.9 EXPOSIÇÕES AS CONDIÇÕES GASTROINTESTINAIS SIMULADAS	30
3.11 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS CUBOS DE FRUTAS REVESTIDAS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO	31
3.12 AVALIAÇÃO SENSORIAL PELO <i>PREFERRED ELICITATION ATTRIBUTE</i> (PAE) DE FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	31
3.13 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
REFERÊNCIAS	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O Brasil agrega uma diversidade em espécies de frutas tropicais, sendo o terceiro país com a maior produção de frutas do mundo (FAOSTAT, 2023). Entre as frutas tropicais produzidas no país, a manga (*Mangifera indica* L.) e o melão (*Cucumis melo* L.) concentram grande parte dessa produção na região Nordeste e são bem aceitas pelos consumidores em todo o mundo (Macedo *et al.*, 2020), principalmente por serem frutas grandes, atrativas e saborosas, e por fornecerem vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes (de Sousa *et al.*, 2021).

Segundo a FAO (2021), a inclusão de frutas na alimentação diária pode reduzir o risco de algumas doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade. Dessa forma, em razão dos benefícios associados à saúde e as mudanças nos hábitos saudáveis dos consumidores (Alvarez *et al.*, 2021), a demanda no mercado de frutas prontas para o consumo expandiu, agregando praticidade e conveniência no consumo (Mesías; Martín; Hernández, 2021).

As Frutas minimamente processadas (FMP) apresentam um produto seguro, prático e conveniente, que mantém a qualidade nutricional e sensorial (Teixeira *et al.*, 2022). No entanto, são produtos que possuem curto tempo de armazenamento devido às injúrias causadas durante o processamento que favorecem o escurecimento da superfície cortada, danos à integridade estrutural e subsequente perda da qualidade e de propriedades sensoriais (Sethi *et al.*, 2020).

Uma das estratégias desenvolvidas são as coberturas comestíveis, que formam uma fina camada junto à superfície da fruta e que tem por finalidade criar uma barreira entre a fruta e a exposição ao ambiente (Kumar *et al.*, 2020). São consumidas como parte de todo o produto e apresentam aumento no tempo de armazenamento e nas condições de manter a qualidade das frutas, retardando processos fisiológicos e transformações bioquímicas que acontecem naturalmente em FMP (Sekarina *et al.*, 2023).

A formulação dessas coberturas comestíveis por biopolímeros, como o alginato de sódio, é amplamente aplicado devido a sua biocompatibilidade, comestibilidade e as suas propriedades na formação do revestimento (DUONG *et al.*, 2022), sendo também uma excelente matriz para fornecer a combinação de componentes funcionais, como probióticos e prebióticos (Alvarez *et al.*, 2021; Aayush *et al.*, 2022).

As coberturas comestíveis funcionais também podem ser utilizadas para agregar um produto probiótico não lácteo (de Oliveira *et al.*, 2021), considerando que o mercado de alimentos funcionais têm como destaque os alimentos probióticos oriundo de produtos lácteos, a busca por alimentos com propriedades probióticas à base de frutas têm sido discutido como

alternativa para melhor atender às necessidades de consumidores como vegetarianos, veganos, intolerantes à lactose ou alérgico a proteínas animais (Pimentel *et al.*, 2021).

Os probióticos são microrganismos vivos que, quando ingeridos em quantidades adequadas, conferem benefícios aos hospedeiros (Hill *et al.*, 2014). Os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os principais componentes ativos dos probióticos (Akman *et al.*, 2019; Novik & Savich, 2020), e dentre as espécies do gênero *Lactobacillus*, destaca-se *Lacticaseibacillus casei*, amplamente empregada como ingrediente funcional (Rodgers, 2008; Saad; Cruz; Faria, 2011), tem sido associada a vários efeitos benéficos à saúde, como propriedades anticarcinogênicas (Rosa *et al.*, 2020), hipoglicemiante e anti-hipertensiva (Grom *et al.*, 2020), e também na modulação da microbiota intestinal (Menezes *et al.*, 2020).

A capacidade de sobrevivência em diversos meios tem permitido a adição de *L. casei* a uma ampla gama de produtos alimentícios (Pimentel *et al.*, 2021), incluindo os revestimentos comestíveis (Rodrigues *et al.*, 2018). Dessa forma, diferentes compostos podem ser adicionados aos produtos probióticos e atuar como promotores de crescimento ou como protetores contra as condições de processamento, como é o caso das formulações funcionais simbióticas (Zoghi *et al.*, 2020; Alvarez *et al.*, 2021).

O termo simbiótico tem sido usado para indicar produtos que contêm pelo menos um microrganismo probiótico e uma substância prebiótica, podendo atuar em sinergismo, por exemplo, na manutenção da viabilidade celular dos probióticos dentro de coberturas comestíveis (Pimentel *et al.*, 2021). Os prebióticos são substâncias usadas seletivamente por microrganismos hospedeiros que conferem benefício à saúde (Gibson *et al.*, 2017), e dentre os prebióticos, destacam-se os frutooligossacarídeos (FOS), devido à sua capacidade de estimular bactérias benéficas no cólon (Singh *et al.*, 2019, Singh *et al.*, 2020).

A adição de componentes funcionais em coberturas comestíveis é promissora para ofertar frutas como carreadores probióticos (Rodrigues *et al.*, 2018), no entanto, torna-se necessário mais estudos para compreender os efeitos da aplicação de revestimentos comestíveis funcionais em FMP durante o armazenamento.

Diante do exposto, considerando que os revestimentos comestíveis são eficazes para retardar os processos fisiológicos que causam a perda de qualidade em FMP durante armazenamento e podem servir como carreadores probióticos em produtos à base de frutas, o presente estudo tem como objetivo avaliar i) caracterização de superfície através de imagens de perfilometria e MEV, ii) composição química, aspectos físico-químicos, enzimáticos e

propriedades sensoriais, iii) enumeração de Lc-01 em frutas revestidas durante armazenamento e após condições gastrointestinais *in vitro*.

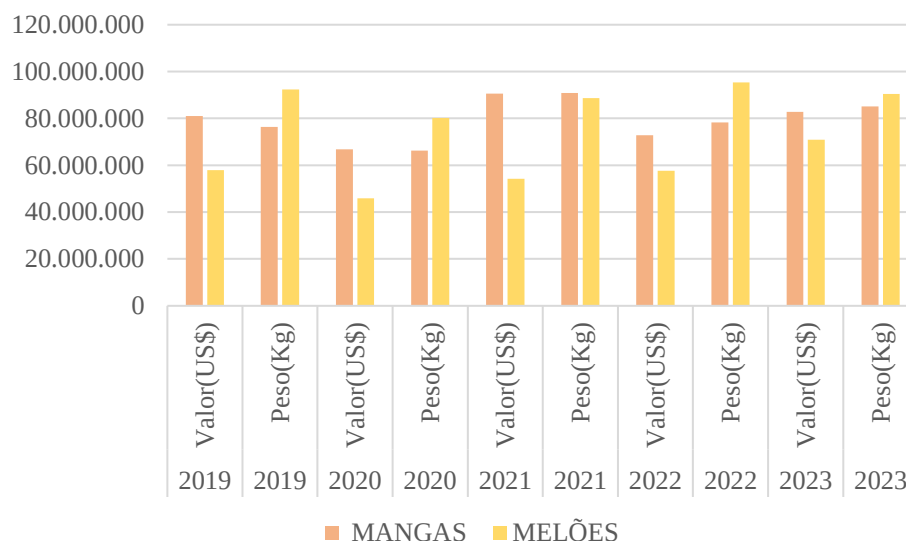
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Os três maiores produtores mundiais de frutas são China, Índia e o Brasil (FAO, 2023), que atualmente ocupa a 20ª posição no ranking mundial de exportação de frutas (MAPA, 2023). O consumo de frutas quando inseridas como parte de uma dieta saudável podem ajudar no bem-estar e a diminuir os fatores de risco para doenças crônicas, por serem fontes de fibras dietéticas, vitaminas, minerais e fitoquímicos benéficos (fenólicos, flavonoides e carotenóides) (FAO, 2021). Este fato favorece a expansão do mercado, que deve-se à crescente percepção dos consumidores as qualidades funcionais atribuídas as frutas, bem como também pela evolução na qualidade dos produtos, cada vez mais saborosos, convenientes e bem apresentados para os consumidores (Alvarez *et al.*, 2021).

Em 2021, mesmo com a crise sanitária enfrentada pela pandemia da Covid-19, a exportação de mangas e melões em 2021 subiu 48% e 16%, respectivamente, quando comparadas no mesmo período do ano de 2020, representando um quantitativo em torno de 79 milhões de toneladas para mangas e 86 milhões de toneladas para melões (ABRAFRUTAS, 2021). A comparação dos dados da exportação de mangas e melões (Figura X) nos meses de janeiro a julho dos últimos 5 anos (2019-2023) apresentadas através de peso (Kg) e valor (US\$).

Figura 0.1. Dados da exportação de mangas e melões entre 2019-2023 (janeiro-julho).



Fonte: MAPA, 2023

O mercado global de frutas processadas foi avaliado em US\$ 303,66 bilhões em 2021 e deve chegar a US\$ 581,06 bilhões em 2029, considerando que o aumento do consumo é relacionado principalmente aos fatores de conveniência e produtos nutritivos, em conjunto com as mudanças no estilo de vida da população, buscando cada vez mais por alimentos saudáveis, práticos e que agregam funcionalidade (GMI, 2022).

Como os consumidores exigem cada vez mais frutas de alta qualidade, enriquecidas com compostos promotores de saúde, torna-se um desafio crescente e exigente para a indústria de alimentos formular técnicas de preservação adequadas para FMP, avaliando diferentes abordagens para melhorar a qualidade de preservação, segurança, frescor e prazo de validade por meio do uso de polímeros naturais, comestíveis e biodegradáveis (NAIR et al., 2020).

A maioria das frutas tropicais, produzidas principalmente no Nordeste do país, são climatéricas, que correspondem àquelas em que o processo de maturação continua mesmo depois da colheita e requer cuidados pós-colheita especiais, o que tornam mais suscetíveis à deteriorações e perdas de atributos de qualidade durante sua maturação (PÉREZ; ARISTIZÁBAL; RESTREPO, 2016). Os frutos não-climatéricos reagem de maneira diferente aos níveis de etileno e dióxido de carbono quando entram em contato com eles, o processo de amadurecimento é interrompido uma vez que colhidos (MATTIUZ *et al.*, 2004).

Como alternativa para maior conservação das frutas e estilo de vida, o mercado de alimentos introduziu as frutas minimamente processadas (FMP), que são aquelas prontas para o consumo humano que passam por etapas de descascamento, fatiamento, corte, trituração,

retirada do caroço ou corte, com ou sem lavagem/enxague, embaladas e na qual são mantidas as qualidades de frescor, nutricional e sensorial (Teixeira *et al.*, 2022).

O consumo de frutas tropicais, como mangas e melões, no mercado interno e externo é associado por apresentar boa aceitação dos consumidores e fornecer compostos antioxidantes, vitaminas, minerais e fibras (López-Cobo *et al.*, 2017), considerando grande potencial para a indústria do processamento mínimo por apresentar frutas grandes, coloridas, sabor agradáveis e refrescantes, além de serem resistentes ao manuseio (Chiumarelli *et al.*, 2011).

2.1.1 Manga (*Mangifera indica* L.)

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à família Anacardiaceae e amplamente cultivada nos trópicos e subtropicais, é uma fruta tropical que pode ser consumida de várias formas: In natura, em saladas, em sucos e em doces, como geleias, compotas, sorvetes, bolos e tortas (Chiumarelli *et al.*, 2011). O Brasil é um dos maiores produtores de manga e a maior parte da produção está localizada no Vale do São Francisco, na região Nordeste, a qual é caracterizada por um clima semiárido com condições de práticas adequadas, permitindo produzir manga durante todo o ano para abastecer o mercado nacional e internacional (Freitas *et al.*, 2022).

Em 2021, a manga foi a fruta mais exportada no Brasil, com um representativo de 272,5 mil toneladas, aumento de 12% em relação aos embarques no mesmo período de 2020 (MAPA, 2023). Um dos maiores importadores de manga é o Estados Unidos, que mostrou um aumento no consumo de 95% de 2005 a 2021, com tendência de aumento nos próximos anos (USDA, 2022).

Figura 0.2. Manga (*Mangifera indica* L cv. Tommy Atkins)



Fonte: (Autor, 2023)

A cultivar 'Tommy Atkins' responde por 80% dos plantios de manga no Brasil em função de sua maior resistência a pragas e doenças e por apresentar maior conservação pós-colheita. São caracterizadas como frutos grandes (400–600 g), com casca verde-vermelha brilhante, como pode ser vista na Figura 2 (Chiumarelli *et al.*, 2011).

A composição nutricional assim como a qualidade funcional são fatores decisivos na valorização do consumo da manga, que é relacionada ao alto teor de compostos bioativos e alta atividade antioxidante, com a presença de ácido ascórbico, carotenóides e compostos fenólicos, que são relatados como componentes importantes para a prevenção de doenças crônicas (Bezerra *et al.*, 2021).

Tabela 1. Composição nutricional de polpa de manga em 100g

NURTRIENTE	QUANTIDADE	% VD*
Valor energético	50.7kcal=213	3%
Carboidratos	12,8g	4%
Proteínas	0,9g	1%
Fibra alimentar	2,1g	8%
Cálcio	7,6mg	1%
Vitamina C	7,9mg	18%
Manganês	0,3mg	13%
Magnésio	7,4mg	3%
Fósforo	13,8mg	2%
Ferro	0,1mg	1%
Potássio	138,4mg	-
Zinco	0,1mg	1%

Fonte: Adptado de TACO, 2011

Considerando os benefícios do consumo, além da textura e sabor agradáveis, a sua comercialização da manga têm estimulado seu uso pós-colheita como produtos minimamente processados (Lopes *et al.*, 2017), pois são resistentes ao manuseio (Chiumarelli *et al.*, 2011). Portanto, revestir mangas minimamente processadas pode ser uma alternativa para reduzir os processos fisiológicos e bioquímicos que resultam na perda de qualidade, principalmente amolecimento e escurecimento.

2.1.2 Melão (*Cucumis melo* L.)

O melão (*Cucumis melo* L.) pertence à família Cucurbitaceae e pode ser consumido *in natura*, em saladas, sucos, sorvetes, geleias, doces e até em pratos salgados. O Brasil é um dos maiores produtores do melão amarelo (Figura 2; *Cucumis melo* L. *Inodorus* var. amarelo), sendo o Rio Grande do Norte, na região Nordeste, correspondente a 60% da produção do país, destinado ao mercado interno e externo, que em 2021 foi a segunda fruta mais exportada com 68% do total, representando 257,9 mil toneladas, e possui o mercado europeu como principal importador (MAPA, 2023).

Figura 3. Melão (*Cucumis melo* L. *Inodorus* var. amarelo)



Fonte: (Autor, 2023)

O melão é rico em água, cerca de 90% da sua composição, o que o torna um ótimo hidratante e diurético, também é fonte de vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais como potássio, cálcio, magnésio e ferro, como apresentado na Tabela 2. O sabor do melão é determinado pela combinação de açúcares (sacarose, frutose e glicose) e ácidos orgânicos (ácido cítrico e ácido málico), portanto, o acúmulo e a mudança nos padrões de açúcares e ácidos orgânicos são importantes indicadores da qualidade do melão (Kaleem *et al.*, 2023).

Tabela 2. Composição nutricional em polpa de melão em 100g.

NUTRIENTE	QUANTIDADE	% VD*
Valor energético	29.4kcal=123	1%
Carboidratos	7,5g	3%

Proteínas	0,7g	1%
Fibra alimentar	0,3g	1%
Cálcio	2,9mg	0%
Vitamina C	8,7mg	19%
Manganês	0,1mg	4%
Magnésio	6,0mg	2%
Fósforo	10,1mg	1%
Ferro	0,2mg	1%
Potássio	216,0mg	-
Zinco	0,1mg	1%
Sódio	11,2mg	0%

Fonte: Adptado de TACO, 2011

Portanto, a aceitação do melão está relacionada não apenas à sua polpa suculenta, considerada fresca, saborosa e com aroma agradável, mas também aos seus potenciais benefícios à saúde humana. Sendo recomendados como ingrediente essencial da dieta para garantir uma nutrição adequada, promover a saúde individual e reduzir o risco de doenças crônicas (Mallek-Ayadi *et al.*, 2013).

O melão minimamente processado é importante para facilitar o consumo deste produto saudável, no entanto, são propensos a rápida deterioração, afetando aspectos de qualidade (amolecimento, degradação do sabor, perda de peso, escurecimento, entre outros) (Poverenova *et al.*, 2013). Dessa forma, as coberturas comestíveis podem ser eficazes para manter as características de melões minimamente processados.

2.4 COBERTURAS COMESTÍVEIS EM FRUTAS

As coberturas comestíveis são consideradas como alternativas para prolongar a vida de prateleira e manter a qualidade de frutas minimamente processadas, pois atuam como barreiras à perda de água e trocas gasosas. A cobertura comestível deve estabelecer uma boa diferença de pressão de vapor entre o fruto e o meio externo, independente das características hidrofóbicas ou hidrofílicas do material, e criar condições para que os atributos de qualidade sejam preservados por um período maior (Worrell; Carrington; Huber, 2002).

Os filmes e revestimentos são semelhantes por serem formulados a partir de soluções formadoras de filme, porém diferem em sua preparação e aplicação: filmes comestíveis são preparados, dispersos em superfície plana para a formação do gel e posteriormente aplicados na superfície de frutas inteiras, enquanto os revestimentos são preparados e mantem a sua forma líquida, utilizando a imersão em contato direto com a superfície da fruta, sendo esse comumente aplicado em FMP (Kumar *et al.*, 2020).

A formulação de filmes e revestimentos comestíveis podem ser à base de polímeros de ocorrência natural, como polissacarídeos, proteínas, lipídeos ou a junção dos mesmos (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2010). De certa forma, as formulações à base de polissacarídeos têm sido usados para reduzir a respiração de frutas e vegetais devido às suas permeabilidades seletivas aos gases O₂ e CO₂. A taxa de intumescimento e a solubilidade em água dos filmes de alginato são propriedades muito importantes no caso de frutas minimamente processadas com superfícies de alta umidade (Tapia *et al.*, 2007). Estudos desenvolvidos com revestimentos à base de alginato apresentaram coberturas com resistência à dissolução em água e, portanto, com potencial para revestir frutas minimamente processadas (Rojas-Graü; Soliva-Fortuny; Martín-Belloso, 2009).

Dentre os biopolímeros empregados nas formulações de coberturas comestíveis, o alginato é disponível comercialmente, sendo extraído de algas marrons do tipo *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum* e *Macrocystis pyrifera*, por tratamento em soluções alcalinas com hidróxido de sódio (Lee; Mooney, 2012). Apresenta biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxidez, principalmente quando comparados a outros biopolímeros extraídos de crustáceos, como a quitosana (Roopa; Bhattacharya, 2008).

A formulação das coberturas comestíveis com o alginato de sódio são barreiras deficientes à umidade, devido ao seu caráter hidrofílico. Além dos biopolímeros necessários para formar a matriz dos filmes e revestimentos comestíveis, também podem ser adicionados outros aditivos de qualidade alimentar, como plastificantes, e surfactantes (Hellebois *et al.*, 2020). Dessa forma, a incorporação de lipídeos e proteínas como emulsão ou camada de revestimento na formação dos filmes, melhora significativamente suas propriedades de barreira ao vapor d'água (Rojas-Grau *et al.*, 2007), assim como a incorporação de cálcio reduz sua permeabilidade ao vapor de água, através da reticulação, tornando os revestimentos de alginato insolúveis (Lima; Andreani; Soldi, 2007).

As coberturas comestíveis têm sido frequentemente empregadas para melhorar a vida de prateleira e a qualidade de frutas frescas por meio da incorporação de ingredientes, como carreadores de compostos bioativos (vitaminas, enzimas, antioxidantes e probióticos) (Shahrampour *et al.*, 2020). Os probióticos e prebióticos têm sido adicionados à formulação de filmes e revestimentos comestíveis, para obtenção de coberturas comestíveis funcionais (Sáez-Orviz; Rendueles; Díaz, 2023)

2.5 COBERTURAS COMESTÍVEIS FUNCIONAIS

A indústria de alimentos apresenta um crescimento no segmento de alimentos funcionais em todo o mundo, baseado nas novas perspectivas dos consumidores que buscam por uma alimentação mais saudável, impulsionam o desenvolvimento de novos alimentos com propriedades funcionais, principalmente fontes de compostos bioativos e contendo probióticos (Pimentel *et al.*, 2021).

As bactérias probióticas são relacionadas a diversos efeitos benéficos a saúde humana, sendo os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* os tipos de microrganismos mais empregados na indústria alimentícia (Saad, 2006). Também há relatos da sua contribuição da produção de vitaminas, redução do colesterol LDL, alívio da intolerância à lactose, prevenção do câncer (Pavli *et al.*, 2018), estimulação do sistema imunológico (Akman *et al.*, 2019), aumento da motilidade intestinal (Novik; Savich, 2020).

A manutenção da viabilidade dos probióticos nos alimentos se torna-se complexo, pois eles devem chegar e permanecer vivos no sítio de ação para que possam desempenhar o seu papel na saúde dos consumidores (Champagne *et al.*, 2011). Ao encontrar condições adversas que ocorrem durante o processamento de alimentos, armazenamento e a passagem através do ácido gástrico e sais biliares, os probióticos perdem facilmente sua viabilidade e atividade funcional devido as ações de pH e enzimas que inibem o metabolismo, necessitando então de componentes que possam mantê-los viáveis desde o armazenamento até a digestão (Ta *et al.*, 2021).

O prebiótico é definido como um ingrediente alimentar não digerível que afeta benéficamente o hospedeiro ao estimular seletivamente o crescimento e/ou a atividade de uma ou de um número limitado de bactérias no cólon e, assim, melhora a saúde do hospedeiro (Gibson *et al.*, 2017). A adição de componentes prebióticos é uma tecnologia promissora para uma proteção probiótica eficaz, com estudos em expansão na literatura, trazendo a aplicação especificamente em revestimentos comestíveis probióticos como co-componentes para

promover a estabilidade e funcionalidade às bactérias probióticas na cobertura comestível (Pavli *et al.*, 2018).

O termo simbiótico tem sido usado para indicar produtos que contêm pelo menos um microrganismo probiótico e uma substância prebiótica, podendo então ajudar a manter a viabilidade celular dos probióticos dentro de coberturas comestíveis (Pimentel *et al.*, 2021). Estudos adicionaram o frutooligossacarídeos (FOS) em matrizes de revestimento comestíveis apresentando resultados significativos na proteção de bactérias do gênero *Lactobacillus*, demonstrando ser excelentes componentes para empregar nas formulações simbióticas e assim garantir a sobrevivência e viabilidade dos probióticos durante o armazenamento dos produtos (Rodrigues *et al.*, 2018; Sabet-Sarvestani *et al.*, 2021).

As frutas com potencial probiótico são consideradas uma alternativa promissora aos produtos lácteos probióticos (Gupta; Abu-Ghannam, 2012), através de uma abordagem inovadora do conceito de alimentos funcionais, que propõe que qualquer alimento que possa trazer um benefício à saúde além dos nutrientes tradicionais que contém pode ser considerado funcional (Espitia *et al.*, 2016).

Os alimentos probióticos não-lácteos são cada vez mais aceitos, especialmente por vegetarianos e por aqueles que sofrem de doenças relacionadas à nutrição e ao metabolismo, como intolerância à lactose e alergia à proteína do leite, bem como são ricos em componentes funcionais (vitaminas, minerais e fibras dietéticas) (Ta *et al.*, 2021).

A influência benéfica dos probióticos sobre a microbiota intestinal humana inclui fatores como efeitos antagônicos, sendo capazes de reverter a disbiose, uma vez que melhoram o equilíbrio entre microrganismos benéficos e diminuem os patogênicos (Saad, 2006). A aplicação dos revestimentos comestíveis em frutas minimamente processadas deve ser imperceptível durante o tempo de vida do produto e garantir a qualidade do minimamente processado, mantendo o produto fresco e sem alterações em suas características físicas, químicas e sensoriais pelo maior tempo possível (Sáez-Orviz; Rendueles; Díaz, 2023).

Alimentos probióticos à base de frutas têm sido considerados cada vez mais aceitos pelos consumidores, sendo os minimamente processados os mais populares, saudáveis e práticos para o consumo (Shigematsu *et al.*, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 FRUTAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO

A manga (*Mangifera indica* L.) e o melão (*Cucumis melo* L.) foram obtidos da Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviço Agrícolas (EMPASA) na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. Os frutos foram selecionados a partir de grau Brix° comercial e padronizados com base na uniformidade de cor, tamanho e forma, firmeza, ausência de manchas e rachaduras (de Oliveira *et al.*, 2019). Em seguida, os frutos foram lavados em água corrente, imersos (5 min) em solução de hipoclorito de sódio (0,15 µL/mL, pH 7,2, ajustado com NaOH 1M), enxaguados duas vezes em água destilada estéril e mantidos em cabine de biossegurança (30 min) para secagem. A manga e o melão foram descascados individualmente e cortados em cubos de aproximadamente 1,5 x 1,5 cm.

3.2 CRESCIMENTO E PADRONIZAÇÃO DO INÓCULO

A cultura estoque de *Lactocaseibacillus casei* 01 (Lc-01, Chr. Hansen, Valinhos, SP, Brasil) foi mantida em caldo de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) (HiMedia, Mumbai, Índia) contendo glicerol a 20% (v / v) (Sigma Aldrich, St. Louis, EUA) a -20 °C e cultivadas em ágar MRS (37 °C h / 48 h) sob condições de anaerobiose (Anaerobic System Anaerogen, Oxoid Ltda., Wade Road, Reino Unido). A cepa foi cultivada em 9 mL de caldo MRS e incubada, em anaerobiose (37 °C h / 48 h), para atingir a fase estacionária de crescimento. As placas contendo o crescimento bacteriano foram submetidas a contagem do número de colônias formadas. Com o número de colônias obtido e corrigindo-se a respectiva diluição, foi determinado o número de células para o comprimento de onda 660 nm o valor da Densidade Óptica (OD) de 1,2, que corresponde aproximadamente 8 log UFC/mL.

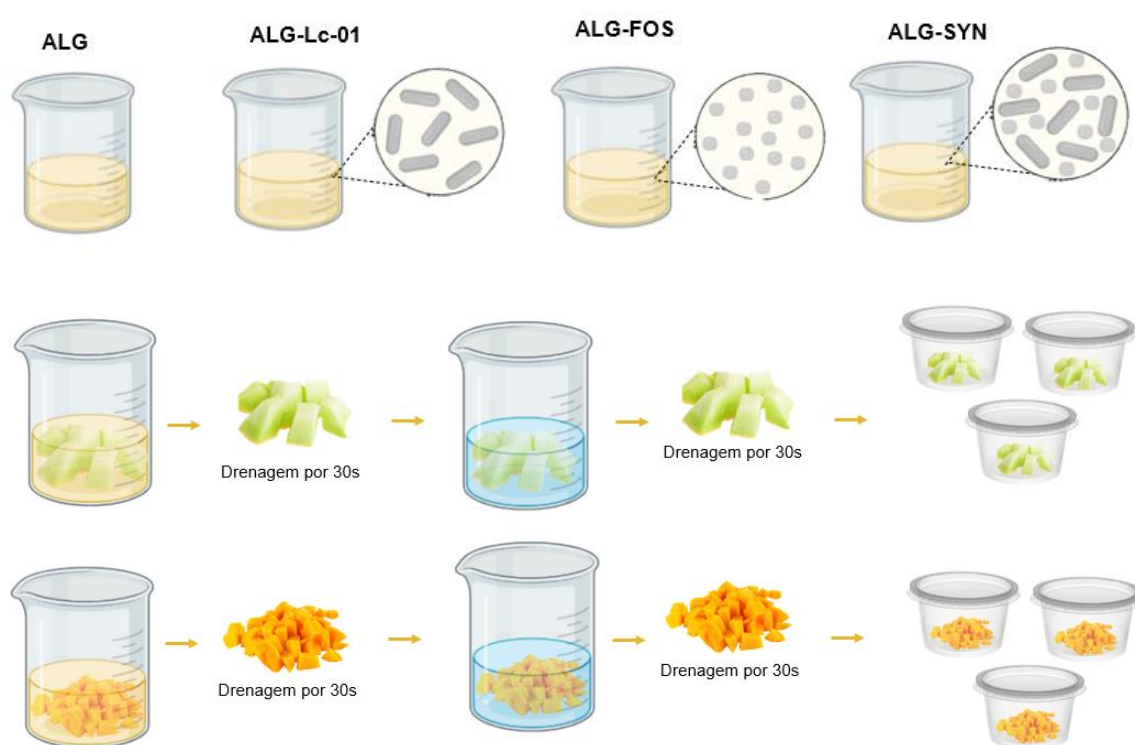
3.3 FORMULAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL

Para o revestimento à base de alginato de sódio (ALG), inicialmente, foi adicionado 1,5% do alginato de sódio (p / v) em água destilada estéril aquecida (70 °C) mantendo agitação constante (30 min) em um agitador magnético com placa de aquecimento (Dinâmica Química Contemporânea Ltda., Indaiatuba, SP, Brasil) para homogeneização completa. Após a solução homogeneizada, foi adicionado 0,75% glicerol (v / v) (Química Moderna, Barueri, SP, Brasil) como plastificante para aumentar a flexibilidade da cobertura, 0,04%; óleo de girassol (v / v) como lipídeo para aumentar as características de barreiras à água e 0,05% Tween 80 (v / v) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) como surfactante para melhorar a aderência da fruta

(Fernandes; Oliveira; Souza 2021). Para incorporação do probiótico foi utilizado a biomassa de Lc-01, preparada posteriormente a padronização descrita na **seção 3.2**, sendo colhidas por centrifugação (4500 rpm ×15 min, 4 °C) e o sedimento celular sendo ressuspensão na solução de ALG, adicionada proporcionalmente ao volume final da solução e atingindo uma concentração de aproximadamente 7-8 log UFC/mL.

Para a formulação do alginato prebiótico (ALG-FOS), foi adicionado o frutooligosacarídeo (FOS) (1,5 % p / v) na solução de ALG sob agitação (240 rpm x 10min, 25°C). Para o alginato simbiótico (ALG-SYN) foi adicionada a biomassa de Lc-01 (7-8 log UFC/mL) e logo após homogeneização adicionou-se o FOS sob agitação (240 rpm x 10min, 25°C) (Rodrigues; Cedran; Garcia, 2018). A Figura 4 apresenta a representação dos grupos das soluções de revestimento.

Figura 4. Representação das soluções de revestimento comestível e aplicação.



Fonte: (Autor, 2023)

A aplicação das soluções de revestimento nos cubos de manga e melão (Figura 4) seguiram o mesmo procedimento para todas as soluções, com exceção do grupo controle sem revestimento. Os cubos das frutas foram imersos (2 min) em solução de revestimento comestível, seguido de drenagem (30 s) e por fim, imersos (1 min) em solução de cloreto de cálcio 2% (p / v) que foi aplicado nos cubos das frutas após o revestimento para induzir o

mecanismo de geleificação e reação de reticulação que ocorre através de ligações polimérica (Fernandes; Oliveira; Souza, 2021). As frutas revestidas (6 cubos) foram acondicionadas em embalagem de polipropileno com tampa (150mL) contendo papel filtro (previamente esterilizados em luz UV), mantidos em cabine de segurança (2 h) e armazenados sob refrigeração (5 ± 1 °C) por 12 dias.

As análises foram realizadas de forma randomizada, em triplicata e nos tempos determinados para cada análise, considerando os grupos como apresentados na figura x: controle (ALG), revestimento comestível prebiótico (ALG-FOS), revestimento comestível probiótico (ALG- Lc-01) e revestimento comestível simbiótico (ALG-SYN). O controle negativo foi realizado com os cubos das frutas sem cobertura (Uncoated).

3.4 PERFILOMETRIA

As amostras foram submetidas a avaliação da rugosidade e ondulação (S_a , μm) utilizando um perfilador óptico 3D sem contato (Talysurf CCI MP, Leicester, Reino Unido), utilizando um ponto de corte de 0,34 mm, lente 50 $\times$, abertura numérica de 0,4, e 1 $\times$ velocidade de varredura, no modo “XYZ”. As imagens de superfície da perfilometria foram utilizadas para análise qualitativa do acabamento superficial dos cubos de manga e melão revestidos (Soares *et al.*, 2019). As avaliações da topografia da superfície das amostras revestidas são apresentadas pela média aritmética da ordenada absoluta Z (x, y) na área de avaliação, sendo a amplitude da superfície (S_a), a altura máxima do pico de rugosidade (R_a) e a diferença (S_z) entre o pico mais alto (S_p) e o vale mais profundo (S_v). A representação da topografia em cores refere-se a: azul/preto – vale; vermelho/amarelo – elevações (Löberg *et al.*, 2010; Nwaogu; Tiedje; Hansen, 2013).

3.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para observar a aderência dos revestimentos nos cubos de manga e melão. As amostras foram primeiramente pré-tratadas com glutaraldeído (v/v) por 2 h a 4 °C, em seguida fixadas com 1 g/100 mL de tetróxido de ósmio em tampão cacodilato 0,1 M (pH 7,2) por 30 min e por fim aderidas a lamínulas revestidas com poli-lisina (Casarin *et al.*, 2016). Após esse período, as amostras foram desidratadas utilizando etanol, secas com CO₂ até o ponto crítico e revestidas em uma

camada de 20 nm de espessura de ouro, para subsequente observação em microscópio eletrônico de varredura EO 1430 VP (CARL ZEISS, Oberkochen, Germany).

3.6 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

A perda de peso foi avaliada acompanhando a diferença de peso final durante os intervalos de tempo e os resultados sendo expressos em porcentagem relativo ao peso inicial da fruta, utilizando a fórmula $[(P_i - P_f / P_i) \times 100]$, onde P_i é o peso inicial e P_f é o peso final (Oliveira *et al.*, 2020).

A firmeza dos cubos de manga e melão não revestidos e revestidos foram medidos através de um texturômetro (TA.XT2i; Stable Micro System Inc.) utilizando uma sonda cilíndrica de aço inoxidável com diâmetro P-6 mm no modo de compressão e velocidades de pré-teste e pós-teste de 2, 1 e 10 mm/s⁻¹, respectivamente. As medições foram realizadas na posição superior, média e inferior de ambos os lados das amostras (de Oliveira *et al.*, 2019). Os resultados foram obtidos através do software Texture Expert® e a firmeza expressa como força em Newton (N).

Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados com amostras de 10 mL das frutas homogeneizadas manualmente e as polpas analisadas utilizando um refratômetro digital (modelo HI 96801, Hanna Instruments, São Paulo, Brasil), sendo os resultados expressos como °Brix (Método 983.17; AOAC, 2016).

Os valores de pH foram determinados em 10 mL da polpa homogeneizada utilizando um potenciômetro com eletrodo de vidro combinado (Modelo Q400AS, São Paulo, Brasil), calibrado com solução tampão pH 7,0 e 4,0 (Método 981.12; AOAC, 2016)

Acidez Titulável (AT) foi determinada em 10 mL da polpa homogeneizada por titulometria com NaOH 0,1 M na presença de fenolftaleína como indicador de modificação de pH. AT foi calculada usando a fórmula: $TA (\%) = (C \times V_2 \times K / V_1) \times (V_0 / P) \times 100$, onde C é a concentração padronizada de NaOH (0,1 M), P é o peso total da amostra (g), V_2 é o volume de NaOH utilizado (mL), V_1 é o volume de amostra utilizado (mL), V_0 é o volume total de amostra (mL) e K é o fator de conversão de ácido. O resultado foi expresso em gramas de ácido cítrico por 100 g de amostra de fruta (Método 942.15; AOAC, 2016).

A cor da superfície dos cubos das frutas não revestidos e revestidos foram avaliadas em um espectrofotômetro (Konica Minolta CM-5, Tóquio, Japão) com fonte de luz D₆₅ utilizando o parâmetro CIEL*a*b*, sendo L* (luminosidade), C* (saturação relativa/croma) e hue (ângulo

de matriz – 10 graus) (Wrolstad; Smith, 2010). As medições de cor foram em triplicata, considerando a parte superior, inferior e lateral dos cubos.

3.7 ATIVIDADE DE POLIFENOL OXIDASE (PPO), PEROXIDASE (POD) E PECTINAMETILESTERASE (PME)

Os procedimentos de extração e análise da atividade enzimática da PPO, POD e PME foram realizados nos tempos 1, 6 e 12 dias de armazenamento seguindo o procedimento descrito anteriormente por Oliveira *et al.* (2019) com adaptações. O extrato utilizado para a medição da atividade de PPO e POD foi obtido pesando 5 g da amostra macerada manualmente, adicionado 5 mL de polivinil polipirrolidona (PVPP) a 4% em tampão fosfato 0,2 M (pH = 6,5, HCl 0,04M), agitação por 20s e manutenção por 1 h a 4 ± 1 °C. A mistura foi centrifugada (4.500rpm x 40 min, 4 °C) e o sobrenadante coletado utilizado como extrato.

Para medir a atividade da PPO, 0,5 mL de extrato foram misturados a 2,5 mL de catecol 0,07 M em solução de tampão fosfato de sódio (0,2 M, pH = 6,5; HCl 0,04M). A mistura foi incubada a 30 ± 1 °C por 20 s e em seguida foi registrado a absorbância em um comprimento de onda de 420 nm (A_{420}) utilizando o espectrofotômetro UV / VIS (Modelo DU-8200, Mark DRAWELL, Shangai, CN). Uma unidade de PPO foi definida como um aumento de 0,01 em A_{420} por minuto por grama de amostra ($U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$).

Para atividade da POD foi utilizado 2,5 mL de guaiacol a 1% (v / v; dissolvido em tampão fosfato 0,2 M, pH 6,5; HCl 0,04), 0,2 mL de H₂O₂ a 1,5% (v / v; dissolvido em água destilada) e 0,1 mL de extrato enzimático obtido anteriormente. A mistura de ensaio foi incubada a 30 ± 1 °C por 20 s e em seguida foi registrado a absorbância a 470 nm (A_{470}). Uma unidade de POD foi definida como um aumento de A_{470} por min por grama de amostra ($U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$).

Na medição da atividade da PME, o extrato enzimático foi obtido usando o tampão Tris- (6M HCl 0,02 M, pH 7,5) contendo NaCl 0,1 M e adicionando 10mL para 5g de fruta. A mistura foi incubada a 4 ± 1 °C por 12 h, centrifugada (4.500rpm x 30 min, 4°C) e o sobrenadante coletado como extrato de PME. Uma alíquota de 2,5 mL de extrato de PME foi inserida em 30 mL de pectina a 1% (p / v; pH = 7,5 ajustados com NaCl 0,1M). A atividade enzimática foi medida por titulação dos grupos carboxila liberados da pectina usando um potenciômetro com um eletrodo de vidro combinado (Q400AS, Quimis, São Paulo, BR), utilizando NaOH 0,05M para atingir pH 7,5 constantes durante 10 min a 25 ± 1 °C. Uma unidade de PME foi descrita

como o conteúdo de enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina equivalente ao consumo de 1 mmol de NaOH por minuto, expresso como mmol L⁻¹ min⁻¹.

3.8 DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES, ÁCIDOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS VOLÁTEIS

Os ácidos orgânicos e os açúcares foram determinados a partir de extrato solúvel em água produzido com os cubos de frutas não revestidas e revestidas nos tempos 1, 6 e 12 de armazenamento. Para obtenção dos extratos, 5 g das amostras foram homogeneizadas em 20 mL de água ultra pura (10 min), em seguida, o sobrenadante foi coletado e filtrado.

As análises dos ácidos orgânicos (cítrico, málico e succínico) e dos açúcares (sacarose, glicose e frutose) foram realizadas conforme descrito por Fonseca *et al.* (2022) com modificações. Foi utilizado um Sistema de Cromatógrafo Líquido Shimadzu (Shimadzu Corp., Japão), equipado com um sistema de detecção dupla composto por um detector UV-Vis (SPD 10Ai) (para ácidos) e um detector de índice de refração (RID 10Ai) (para açúcares). Os ácidos orgânicos foram determinados usando uma Coluna de Exclusão de Íons Shimadzu, Shim pack SCR-101H (300 mm × 7,9 mm i.d., 10 µm) a uma temperatura operacional de 50 °C, usando uma solução aquosa de ácido perclórico como fase móvel. Os açúcares foram analisados usando uma coluna de exclusão de íons Shimadzu, Shim pack SCR-101C (300 mm × 7,9 mm i.d., 10 µm) a uma temperatura de operação de 80 °C, utilizando água como fase móvel. Os ácidos e açúcares foram identificados por comparação com os tempos de retenção de padrões autênticos e as amostras foram injetadas em duplicata, com as áreas médias dos picos utilizadas para quantificação.

A análise qualitativa de compostos orgânicos voláteis (COV) nas amostras não revestidas e revestidas foram realizadas em um cromatógrafo gasoso headspace de microextração em fase sólida (HS-SPME) – cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa GC-MS Shimadzu QP-2010 SE, usando coluna Carbowax 20 M (30 m × 0,25 mm ID × filme de 0,25 µm). Uma alíquota de 3mL (p / v; água ultra pura) da amostra foi adicionada a um frasco de 20 mL e equilibrada por 15 min a 60 °C por. Um suporte automático SPME (Supelco, Bellafonte, PA, EUA) com DVB/CAR/PDMS (50/30 µm) de fibra de 2 cm de comprimento foi usado para capturar os compostos voláteis. A fibra SPME foi exposta ao headspace da amostra em profundidade constante por 30 min. A temperatura foi mantida a 60 °C durante toda a extração dos compostos voláteis. Após a extração, os voláteis foram dissolvidos diretamente no liner do cromatógrafo gasoso e mantidos por 2 min a 230 °C para

recondicionamento das fibras. O gás de arraste era hélio a $1,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. A rampa de temperatura foi: $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 min, aumentada para $230 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$. A temperatura foi mantida a $230 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 min. Os compostos voláteis eluídos foram identificados combinando seus espectros de massa com a biblioteca NIST11. Uma série de alcanos (C10–C40) foi usada para calcular o índice de retenção (IR) para cada composto e compará-los com os valores de RI da literatura acadêmica (Fonseca *et al.*, 2022).

3.9 EXPOSIÇÕES AS CONDIÇÕES GASTROINTESTINAIS SIMULADAS

Para avaliar a viabilidade de Lc-01 nos cubos das frutas revestidas (ALG-Lc-01 e ALG-SYN) em condições gastrointestinais simuladas, a digestão *in vitro* foi realizada nos dias 1, 6 e 12 de armazenamento refrigerado seguindo o protocolo descrito por Minekus *et al.* (2014), que propuseram um método geral de digestão estática padronizado e prático baseado sobre condições fisiologicamente relevantes que podem ser aplicadas para vários parâmetros, incluindo a digestão oral, gástrica e do intestino delgado. As soluções: fluído salivar simulado (SSF), fluído gástrico simulado (SGF) e fluído intestinal simulado (SIF), foram preparadas a partir de soluções estoque e mantidas em refrigeração, as enzimas foram preparadas mediante a sua utilização em cada etapa.

Inicialmente, 5 g da fruta foi triturada em um mixer elétrico (Mondial Power M-07, São Paulo, Brasil) e diluída com 3,5 mL SSF pré-aquecido ($37 \text{ }^{\circ}\text{C}$), a fim de obter um bolo deglutível com consistência pastosa no final da fase oral. Adicionou-se a solução 25 μL de CaCl_2 0,3 M, para atingir uma concentração total de 1,5 mM em SSF, 0,5 mL de enzima α -amilase (1500 U / mL α -amilase) e 975 μL de água destilada para atingir uma concentração de 1x do SSF, sendo levado a incubadora com agitação orbital shaker (modelo 6420, Thoth Equipamentos, Piracicaba, Brasil) (90 rpm x 2 min, $37 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Para a fase gástrica, adicionou-se 8 mL de SGF pré-aquecido ($37 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ao bolus oral para atingir uma proporção final de 1:1 (v / v) e o pH ajustado para 3,0 (HCl 1M), posteriormente adicionou 5 μL da solução de $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})^2$, para atingir uma concentração final de 0,15 mM em SGF, e 1,6 mL da solução de pepsina suína de 25.000 U ($3200\text{--}4500 \text{ U mg}^{-1}$ de proteína, Sigma) na mistura final da digestão; o pH foi verificado e quando necessário, ajustado para 3,0. Adicionou-se a solução de SGF 0,925 μL de água destilada para atingir uma concentração de 1x de SGF e as amostras foram levadas à incubação com agitação orbital shaker por 2 h, iniciando no ponto em que a pepsina foi adicionada.

Para a fase intestinal, adicionou 8,5 mL do SIF pré-aquecido (37 °C) ao quimo gástrico para atingir uma proporção final de 1:1 (v / v) e o pH ajustado para 7,0 (NaOH). Adicionou 2,5 mL da solução biliar à solução SIF para atingir uma concentração final de 10 mM e a solução foi agitada (37 °C / 30 min) para obter a solubilização completa da bile. Adicionou-se 40 µL da solução de $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})^2$ para atingir uma concentração de 0,6 mM em SIF e posteriormente 5 mL de pancreatina foi adicionada na solução, para atingir uma atividade de tripsina de 100 U / mL na mistura final. Verificou-se o pH e quando necessário, foi ajustado para 7,0. Adicionou-se 3,75 mL de água destilada para atingir uma concentração de 1x do SIF. As amostras foram levadas à incubação com agitação orbital shaker (2 h), começando no ponto em que as enzimas pancreáticas foram adicionadas.

Após cada etapa da exposição as condições gastrointestinais simuladas, uma alíquota de 10 µL das amostras foram inoculadas utilizando a técnica da microgota, em placas de Petri contendo ágar MRS adicionado de 0,2% vancomicina (MRS-V) (HiMedia, Mumbai, Índia) (Herigstad; Hamilton; Heersink, 2001) e incubadas em anaerobiose (37 °C / 48 h). A contagem do número de células viáveis e os resultados foram expressos em log UFC/mL.

3.11 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS CUBOS DE FRUTAS REVESTIDAS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

As análises foram realizadas nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento refrigerado, onde uma alíquota de 25 g foi homogeneizada em 250 mL de solução salina estéril 0,85% e diluída em série (10^{-1} - 10^{-8}) com o mesmo diluente. Posteriormente, uma alíquota de 10 µL de cada diluição foram inoculados utilizando a técnica da microgota, em placas de Petri contendo ágar MRS-V (0,2% vancomicina; HiMedia, Mumbai, Índia), (Herigstad; Hamilton; Heersink, 2001) e incubados, em anaerobiose (37 °C / 48 h). Foi realizado a contagem do número de células viáveis e os resultados expressos em log UFC/mL. Nos mesmos intervalos de tempo das contagens de Lc-01, os cubos de frutas revestidos foram analisados quanto à segurança microbiológica em relação aos padrões exigidos pela Legislação Brasileira (Legislação Brasileira, 2019).

3.12 AVALIAÇÃO SENSORIAL PELO *PREFERRED ELICITATION ATTRIBUTE* (PAE) DE FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Para a realização da análise sensorial nos cubos de frutas revestidas o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde/UFPB (CAAE: 61451522.0.0000.5188) e as amostras foram avaliadas com métodos padrão para conformidade com os padrões microbiológicos de acordo com a Legislação Brasileira (Legislação Brasileira, 2019). A análise sensorial das amostras foram realizadas nos tempos 1 e 12 de armazenamento refrigerado. A metodologia de *Preferred Elicitation Attribute* (PAE) foi realizada de acordo com Grygorczyk *et al.* (2013). O teste foi realizado com 15 julgadores recrutados por meio de convites via mídia social e/ou contato pessoal, durante dois dias, com uma sessão para cada fruta.

Inicialmente, os provadores receberam um cubo da fruta revestida, apresentadas em copos de plástico branco de 50 mL, identificadas com números aleatórios de 3 dígitos e acompanhadas de copo com água e biscoito água e sal. Todas as formulações foram apresentadas simultaneamente e as avaliações sensoriais foram feitas individualmente. Em seguida, os julgadores foram solicitados a avaliar os cubos de frutas revestidos e anotar quais atributos são importantes para caracterizar o produto. Os atributos elicitados foram descritos em um quadro branco e agrupados em aparência, aroma, sabor e textura por meio de uma discussão com todos do grupo. Os provadores definiram as âncoras dos termos descritores e receberam as amostras de cubos de frutas revestidas (de forma monádica) e a folha de avaliação. Em seguida, foi solicitado para cada provador avaliar a intensidade dos atributos para cada amostra de cubos de frutas revestidos usando uma escala de 9 pontos (1= pouco/baixo, e 9= muito/alto). Posteriormente, os provadores foram solicitados a colocarem os atributos selecionados em ordem decrescente de acordo com a sua contribuição para a aceitação do produto (do atributo mais importante para o menos importante). As avaliações sensoriais foram feitas individualmente pelos provadores, com duração de 120 min em cada sessão.

3.13 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey considerando $p < 0,05$. A firmeza, a sobrevivência do probiótico nos frutos e as análises físico-químicas foram realizadas nos dias 1, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento. A sobrevivência do probiótico às condições gastrointestinais simuladas, os parâmetros de cor, os perfis de compostos orgânicos, açúcares e voláteis e a atividade enzimática foram avaliados nos dias 1, 6 e 12 de armazenamento. Por fim, as propriedades sensoriais foram determinadas nos dias 1 e 12 de armazenamento. Os dados do

PAE foram avaliados usando a Análise Procruste Generalizada (GPA). As análises foram efetuadas utilizando o software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA) e XLSTAT 2020 (Adinsoft®, Paris, France).

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Dados de exportação 1ª Semestre/2021**. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2021/08/dados-de-exportacao-1a-semester-2021-2/> . Acesso em: 26 de novembro de 2021.
- AKMAN, P. K.; BOZKURT, F.; DOGAN, K.; TORNÜK, F.; TAMTURK, F. Fabrication and characterization of probiotic *Lactobacillus plantarum* loaded sodium alginate edible films. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, n. 1, p. 84–92, 2021.
- ALVAREZ, M. V.; BAMBACE, M. F.; QUINTANA, G. GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MOREIRA, M. R. Prebiotic-alginate edible coating on fresh-cut apple as a new carrier for probiotic lactobacilli and bifidobacteria. **LWT – Food Science and Technology**, v. 137, p. 110483, 2021.
- BAMBACE, M. F.; ALVAREZ, M. V.; MOREIRA, M. R. Novel functional blueberries: Fructo-oligosaccharides and probiotic lactobacilli incorporated into alginate edible coatings. **Food Research International**, v. 122, p. 653-660, 2019.
- CHAMPAGNE, C. P.; ROSS, R. P.; SAARELA, M.; HANSEN, K. F.; CHARALAMPOPOULOS, D. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. **International journal of food microbiology**, v. 149, n. 3, p. 185–193, 2011.
- CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I.; & HUBINGER, M. D. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 381–387, 2011.
- DE SOUSA, A. S. B.; SILVA, M. C. A.; LIMA, R. P.; MEIRELES, B. R. L. A.; CORDEIRO, A. T. M.; SANTOS, E. F. S.; AMARO, A. L.; PINTADO, M. M. E.; SILVA, S. M. Phenolic compounds and antioxidant activity as discriminating markers and adding value of mango varieties. **Scientia Horticulturae**, v. 287, p. 10259, 2021.
- DUONG, N. T. C.; UTHAIRATANAKIJ, A.; LAOHAKUNJIT, N.; JITAREERAT, P.; KAISANGSRI, N. An innovative single step of cross-linked alginate-based edible coating for

maintaining postharvest quality and reducing chilling injury in rose apple cv. 'Tabtimchan' (*Syzygium samarangense*). **Scientia Horticulturae**, v. 292, p. 110648, 27 2022.

ESPITIA, P. J. P.; BATISTA, R. A.; AZEREDO, H. M. C.; OTONI, C. G. Probiotics and their potential applications in active edible films and coating. **Food Research International**, v. 90, p. 42-52, 2016.

FAO. **Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization**. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021. Disponível em < <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb2395en>>. Acesso em: 14 de março de 2022.

FAO. **Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization**. Probiotic in food – Health and nutritional properties and guidelines for evolution. World Health Organization, 2002.

FAOSTAT. www.fao.org. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 10 set. 2023.

GIBSON, G. R., HUTKINS, R., SANDERS, M. E., PRESCOTT, S. L., REIMER, R. A., SALMINEN, S. J. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, v. 14, n. 11, p. 491-502, 2017.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; YAHIA, E. M. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 475e482, 2010.

GROM, L. C.; ROCHA, R. S.; BALTHAZAR, J. T.; GUIMARÃES, N. M.; COUTINHO, N. M.; BARROS, C. P.; PIMENTEL, T. C.; VENÂNCIO, E. L. JUNIOR, I. C.; MACIEL, P. M. C.; SILVA, P. H. F.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; ESMERINO, E. A.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Postprandial glycemia in healthy subjects: Which probiotic dairy food is more adequate? Probiotic dairy foods for postprandial glycemia probiotic dairy foods for postprandial glycemia. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 1110-1119, 2020.

GRYGORCZYK, A.; LESSCHAEVE, I.; CORREDIG, M.; DUIZER, L. Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. **Food Quality and Preference**, v. 27, p. 215-222, 2013.

GUPTA, S.; ABU-GHANNAM, N. Probiotic fermentation of plant based products: possibilities and opportunities. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 2, p. 183-199, 2012.

HERIGSTAD, B.; HAMILTON, M.; HEERSINK, J. How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria. **Journal of Microbiological Methods**, v. 44, n. 2, p. 121-129, 2001.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, vol. 11, no. 8, p. 506–514, 2014.

FONSECA, H. C.; MELO, D. S.; RAMOS, S., L.; MENEZES, A. G. T.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Sensory and flavor-aroma profiles of passion fruit juice fermented by potentially probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0743 strain, *Food Research International*, v. 152, 2022.

KUMAR, S.; MUKHERJEE, A.; DUTTA, J. Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 196–209, 2020.

LEE, K. Y.; MOONEY, D. J. Alginate: properties and biomedical applications. **Progress in Polymer Science**, v. 37, n. 1, p. 106–126, 2012.

LIMA, A. M. F.; ANDREANI, L.; SOLDI, V.; BORSALI, R. Influência da adição de plastificante do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 832-837, 2007.

LÓPEZ-COBO, A.; VERARDO, V.; DIAZ-DE-CERIO, E.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; & GÓMEZ-CARAVACA, A. M. Use of HPLC- and GC-QTOF to determine hydrophilic and lipophilic phenols in mango fruit (*Mangifera indica* L.) and its by-products. **Food Research International**, v. 100, n. 3, p. 423–434, 2017

MACEDO, S. A.; LUNDGREN, G. A.; BRAGA, S. P.; SOUZA, E. L.; CÂMARA, M. P. S. Combined chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil to inhibit the fungal phytopathogen *Paratyrothecium roridum* and control crater rot in melon (*Cucumis melo* L.). **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, p. 2057–2065, 2020.

MAPA Indicadores. indicadores.agricultura.gov.br. Disponível em:
<<https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 6 set. 2023

MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N.; BAKLOUTI, S. *et al.* Bioactive compounds from *Cucumis melo* L. fruits as potential nutraceutical food ingredients and juice processing using membrane technology. **Food Science & Nutrition**, v. 10, n. 9, p. 2922–2934, 2013.

MATTIUZ, B. H.; MIGUEL, A. C. A.; NACHTIGAL, J. C.; DURIGAN, J. F.; CAMARGO, U. A. Processamento mínimo de uvas de mesa sem semente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 226-229, 2004.

MENEZES, F. N. D. D.; MELO, F. H. C.; VIEIRA, A. R. S.; ALMEIDA, E. T. C.; LIMA, M. S.; AQUINO, J. S.; GOMEZ-ZAVAGLIAS, A.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Acerola (*Malpighia glabra* L.) and guava (*Psidium guayaba* L.) industrial processing by-products stimulate probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* growth and induce beneficial changes in colonic microbiota. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, p. 1323-13336, 2020.

MESÍAS, F. J.; MARTÍN, A.; HERNÁNDEZ, A. Consumers' growing appetite for natural foods: Perceptions towards the use of natural preservatives in fresh fruit. **Food Research International**, v. 150, p. 110749, 2021.

MINEKUS, M. *et al.* A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food– an international consensus. **Food & Function**, v. 5, n. 6, p. 1113-1124, 2014.

NAIR, M. S.; TOMAR, M.; PUNIA, S.; KUKULA-KOCH, W.; KUMAR, M. Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 304–320, 2020.

NOVIK, G.; SAVICH, V. Beneficial microbiota. Probiotics and pharmaceutical products in functional nutrition and medicine. **Microbes and Infection**, v. 22, n. 1, p. 8-18, 2020.

OLIVEIRA, A. S.; NIRO, C. M.; BRESOLIN, J. D.; SOARES, V. F.; FERREIRA, M. D.; SIVIERI, K.; AZEREDO, H. M. C. Dehydrated strawberries for probiotic delivery: Influence of dehydration and probiotic incorporation methods. **LWT – Food Science and Technology**, v. 144, 111105, 2021.

OLIVEIRA, K. Á. R.; CONCEIÇÃO, M. L.; OLIVEIRA, S. P. A.; LIMA, M. S.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, A. S.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Postharvest quality improvements in mango cultivar Tommy Atkins by chitosan coating with *Mentha piperita* L. essential oil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 95, p. 260-272, 2019.

OLIVEIRA, L. I. G.; OLIVEIRA, K. Á. R.; MEDEIROS, E. S.; BATISTA, A. U. D.; MADRUGA, M. S.; SANTOS LIMA, M.; SOUZA, E. L.; MAGNANI, M. Characterization and efficacy of a composite coating containing chitosan and lemongrass essential oil on postharvest quality of guava. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 66, p. 102506, 2020.

OLIVEIRA-ALCÂNTARA, A. V.; ABREU, A. A. S.; GONÇALVES, C.; FUCIÑOS, P.; CERQUEIRA, M. A.; GAMA, F. M.; PASTRANA, L. M.; RODRIGUES, S.; AZEREDO, H. M. C., Bacterial cellulose/cashew gum films as probiotic carriers. **LWT-Food Science and Technology**, v. 130, p. 109699, 2020.

OROZCO-PARRA, J.; MEJÍA, C. M.; VILLA, C. C. Development of a bioactive synbiotic edible film based on cassava starch, inulin, and *Lactobacillus casei*. **Food Hydrocolloids**, v. 104, n. 105754, 2020.

PAVLI, FOTEINI; KOVAIOU, IOANNA; APOSTOLAKOPOULOU, GEORGIA; KAPETANAKOU, ANASTASIA; SKANDAMIS, PANAGIOTIS; NYCHAS, GEORGE JOHN E.; TASSOU, C.; CHORIANOPOULOS, N.; Alginate-based edible films delivering probiotic bacteria to sliced ham pretreated with high pressure processing. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 9, 2017.

PIMENTEL, T. C.; COSTA, W. K. A.; BARÃO, C. E.; ROSSET, M.; MAGNANI, M. Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. **Food Research International**, v. 140, p. 110033, 2021.

POVERENOV, E.; DANINO, S.; HOREV, B.; *et al.* Layer-by-Layer Electrostatic Deposition of Edible Coating on Fresh Cut Melon Model: Anticipated and Unexpected Effects of Alginate–Chitosan Combination. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 5, p. 1424–1432, 2013.

RODGERS, S. Novel applications of live bacteria in food services: probiotics and protective cultures. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, n. 4, p. 188-197, 2008.

RODRIGUES, F. J.; CEDRAN, M. F.; GARCIA, S. Influence of Linseed Mucilage Incorporated into an Alginate-Base Edible Coating Containing Probiotic Bacteria on Shelf-Life of Fresh-Cut Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, p. 1605-1614, 2018.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in food science & technology**, v. 20, n. 10, p. 438-447, 2009.

ROOPA, B. S.; BHATTACHARYA, S. Alginate gels: I. Characterization of textural attributes. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 123-131, 2008.

ROSA, L. S.; SANTOS, M. L.; ABREU, J. P.; BALTHAZAR, C. F.; ROCHA, R. S.; SILVA, H. L.; SILVA, M. C. Antiproliferative and apoptotic effects of probiotic whey dairy beverages in human prostate cell lines. **Food Research International**, v. 10, p. 9450, 2020.

SAAD S. M. I.; CRUZ A.G.; FARIA J. A. F. (2011) **Probióticos e Prebióticos em alimentos: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. São Paulo: Livraria Varela.

SAAD, Susana Marta Isay. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, vol. 42, no. 1, p. 1–16, 2006.

SABET-SARVESTANI, N.; ESKANDARI, M. H.; HOSSEINI, S. M. H.; NIAKOUSARI, M.; HASHEMI GAHRUIE, H.; KHALESİ, M. Production of synbiotic ice cream using *Lactobacillus casei*/*Lactobacillus plantarum* and fructooligosaccharides. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 5, e15423, 2021.

SÁEZ-ORVIZ, S.; RENDUELES, M. ; DÍAZ, M. Impact of adding prebiotics and probiotics on the characteristics of edible films and coatings- a review. **Food Research International**, v. 164, p. 112381, 2023.

SEKARINA, A. S.; SUPRIYADI; MUNAWAROH, H. S. H.; *et al.* Effects of edible coatings of chitosan - fish skin gelatine containing black tea extract on quality of minimally processed papaya during refrigerated storage. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 5, p. 100287, 2023.

SETHI, S.; NAYAK, S. L.; JOSHI, A.; SHARMA, R. S. **Fresh-cut Fruits and Vegetables** (Book). Sanitizers for fresh-cut fruits and vegetables (Chapter 5), p. 99-119.

SHAHRAMPOUR, D.; KHOMEIRI, M.; RAZAVI S. M. A.; KASHIRI, M. Development and characterization of alginate/pectin edible films containing *Lactobacillus plantarum* KMC 45. **LWT – Food Science and Technology**, v. 118, p. 108758, 2020.

SHIGEMATSU, E.; DORTA, C.; RODRIGUES, F.J. CEDRAN, M. F.; GIANNONI, J. A.; OSHIWA, M.; MAURO, M. A. Edible coating with probiotic as a quality factor for minimally processed carrots. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 3712–3720, 2018.

SINGH, R. S.; SINGH, T. Microbial inulinases and pullulanases in the food industry. In A. Kumar, M. Yadav, & N. Sehrawat (Eds.), *Microbial enzymes and additives for the food industry* (pp. 23–52). Nova Science Publishers Inc. 2019.

SINGH, R. S.; SINGH, T.; HASSAN, M.; KENNEDY, J. F. Updates on inulinases: Structural aspects and biotechnological applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 193–210, 2020.

TA, L. P.; BUJONA, E.; ANTAL, O.; LADÁNYI, M.; JUHÁSZ, R.; SZÉCSI, A.; KUN, S.; SUDLHEER, S.; GUPTA, V. K.; NGUYEN, Q. D. Effects of various polysaccharides (alginate, carrageenan, gums, chitosan) and their combination with prebiotic saccharides (resistant starch, lactosucrose, lactulose) on the encapsulation of probiotic bacteria *Lactobacillus casei* 01 strain. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 183, p. 1136–1144, 2021.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO) 1ª ED. CAMPINAS: NEPA – UNICAMP, 2004.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÚ, M. A.; RODRÍGUEZ, F. J.; RAMÍREZ, J.; CARMONA, A.; MARTIN-BELLOSO, O. Alginate- and Gellan-Based Edible Films for Probiotic Coatings on Fresh-Cut Fruits. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 4, 2007.

TEIXEIRA, R. F.; BALBINOT FILHO, C. A.; BORGES, C. D. Essential oils as naturais antimicrobials for application in edible coatings for minimally processed apple and melon: A review on antimicrobial activity and characteristics of food models. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 31, p. 100781, 2022.

WORRELL, D. B.; CARRINGTON, C. S.; & HUBER, D. J. The use of low temperature and coatings to maintain storage quality of breadfruit, *Artocarpus altilis* (Parks.) Fosb. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n.1, p. 33-40, 2002.

ZOGHI, A.; KHOSRAVI-DARANI, K.; MOHAMMADI, R. Application of edible films containing probiotics in food products. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v.15, p. 307–320, 2020.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão obtidos nesta pesquisa estão apresentados na forma de um artigo científico em atendimento a Norma Complementar nº 03/2011 do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA).

ARTIGO 1: Probiotic and synbiotic edible coatings in minimally processed mango and melon: Effects on *Lacticaseibacillus casei* survival, quality parameters, and sensory properties

Abstract

Minimally processed fruits can provide an edible product with high sensory and nutritional quality. However, they need innovative strategies to increase quality, shelf life, and associated health benefits. These features might be possible by using probiotic cultures and prebiotic compounds in edible coatings. This work aimed to evaluate the impact of probiotic and synbiotic edible coatings on the survival of

probiotic culture and quality parameters (physicochemical, enzymatic activity, and sensory properties) of minimally processed mango and melon. Furthermore, the edible coating was evaluated by surface analysis and scanning electron microscopy. The effect of applying the probiotic and synbiotic coatings was effective in delaying fruit ripening because retaining pulp firmness and reducing weight loss when compared to uncoated fruits. A decrease in the activity of polyphenoloxidase, peroxidase and pectinmethylesterase enzymes and a delay in fruit color development were also observed. As well as maintaining the Lc-01 counts above 6 log CFU/g throughout storage and the addition of FOS directly contributed to the probiotic maintenance when exposed to *in vitro* gastrointestinal simulation. Thus, it is concluded that adding Lc-01 and FOS in edible coatings contributes to maintaining the quality and acceptability of minimally processed mango and melon, in addition to being an alternative for the segment of non-dairy probiotic functional foods.

Keywords: minimally processed fruits, edible coating probiotic, fructooligosaccharide, mango, melon.

1 Introduction

Fruit consumption in the daily diet can reduce the risk of certain cardiovascular diseases, diabetes, and obesity, directly contributing to the health and well-being of the consumer (FAO, 2021). Brazil presents one of the highest world fruit production, with a predominance of mango (*Mangifera indica* L.) and melon (*Cucumis melo* L.), which is destined for the domestic and external market (Macedo et al., 2020). These tropical fruits present considerable antioxidant components, vitamins, minerals, and fibers. Furthermore, they show high consumer acceptance, as they are colorful fruits with pleasant and refreshing flavors. However, large fruits containing peels make their consumption outside the home difficult (López-Cobo *et al.*, 2017; Chiumarelli *et al.*, 2011).

In this sense, the ready-to-eat food market is growing, emphasizing minimally processed fruits (MPF) due to their practicality and high nutritional value (Mesías; Martín; Hernández, 2021). MPF are fruits washed, rinsed, peeled, and/or cut and stored to provide a fully edible

product with high nutritional and sensory quality. However, MPF have short shelf life induced by processing damage, accelerating cellular respiration. Consequently, it favors undesired enzymatic reactions and promotes degrading bacteria proliferation in fruit tissue, damaging structural integrity and resulting in quality loss (Teixeira et al., 2022; Sethi et al., 2020).

Edible coatings applied to MPF are a strategy to increase these products' quality and shelf life (Alvarez et al., 2021). Sodium alginate is an excellent raw material for edible coatings (Shahrampour et al., 2020; Oliveira-Alcântara et al., 2020; Alvarez et al., 2021) due to its biocompatibility, edibility, and excellent film-forming properties (Duong et al., 2022). This way, alginate edible coatings can increase the shelf life and quality of the MPF (Kumar et al., 2020).

The search for fruit-based foods with functional properties has been a relevant topic (Bambace et al., 2019), mainly to meet the needs of vegetarians and vegans, lactose intolerant individuals, those with low cholesterol intake, or allergic to animal proteins (Pimentel et al., 2021). Furthermore, they can be consumed by people seeking lifestyle changes related to health benefits and healthy eating habits, searching for fresh, nutritive, and healthy food (Samtiya et al., 2021).

Thus, edible coatings have been suggested as alternatives for incorporating probiotics and prebiotics in MPF. Probiotics are live microorganisms that, when ingested in adequate amounts, confer benefits to the hosts (Hill et al., 2014). *Lactocaseibacillus casei* is associated with various health effects, such as anticarcinogenic properties (Rosa et al., 2020), lipid-lowering and antihypertensive properties (Grom et al., 2020), and microbiota modulation (Menezes et al., 2020). *L. casei* has been added to various food products; however, its survivability in edible coatings may not be sufficient for health effects (Pimentel et al., 2021).

In this way, prebiotic compounds, such as fructooligosaccharides (FOS), may increase the survival of probiotic cultures in food products and edible coatings, resulting in a synbiotic

product (WGO, 2017, Swanson et al., 2020). Furthermore, host microorganisms may use prebiotics selectively, conferring a health benefit (Gibson et al., 2017). FOS is the most used prebiotic in food formulations due to its ability to stimulate beneficial bacteria in the colon, increasing the absorption of minerals and essential ions (Mg^{2+} and Ca^{2+}) and consequently conferring benefits to the health of the host (Singh et al., 2019; Singh et al., 2020).

Previous studies have described probiotic, prebiotic or symbiotic edible coatings, but mainly assessed the coating properties and survival of probiotics. (Orozco-Parra et al., 2020, Seyedzadeh-Hashemi et al., 2023). In fruit-related products, the application of synbiotic edible coatings in fresh-cut apples (Alvarez et al., 2021) and blueberries (Bambace et al., 2019) have been reported. However, as far as the authors know, no studies with tropical fruits exist. Therefore, this work aimed to evaluate the impact of probiotic, prebiotic, and synbiotic edible coatings on the survival of probiotic culture, quality parameters, enzymatic activity, and sensory properties of minimally processed mango and melon.

2 Material and methods

2.1 Fruits samples

Mango (*Mangifera indica* L. var. *Tommy Atkins*) was purchased at the 3rd stage of maturation (Oliveira et al., 2020), and melon (*Cucumis melo* L. var. yellow) at the commercial maturation stage, both from Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), João Pessoa, Paraíba, Brazil. Then, the intact fruits were washed in running water, immersed in a sodium hypochlorite solution (0.15 μ L/mL, pH 7.2, adjusted with 1M NaOH) for 10 min, rinsed twice in sterile distilled water and left to dry in a biosafety cabinet for 30 min. Finally, the mango and melon were individually and aseptically peeled and cut into cubes ($\approx 1.5 \text{ cm}^3$).

2.2 Strain cultivation and inoculum preparation

Lactocaseibacillus casei 01 (Lc-01, Chr. Hansen, Valinhos, SP, Brazil) was maintained in de Man, Rogosa, and Sharpe (MRS) broth (HiMedia, Mumbai, India) containing 20% (v/v) glycerol (Sigma Aldrich, St Louis, USA) at -20 °C. Then, it was cultivated on MRS agar and incubated at 37 °C for 48 h under anaerobiosis (Anaerobic System Anaerogen, Oxoid Ltd, Wade Road, UK). After, it was incubated in MRS broth under the same conditions. The inoculum was standardized using cells collected by centrifugation (4500 rpm x 15 min, 4 °C), washed twice in sterile saline solution (0.85%; w/v), and resuspended in 9 mL of the same solution. The standardization was performed in a spectrophotometer (Spectro 500, Marte, Brazil) using a wavelength of 660 nm and the Optical Density (OD) value of 1.2 ($\approx 9 \log \text{CFU/mL}$).

2.3 Edible coatings solutions preparation and application on fruits

The edible coating solutions were prepared using sodium alginate (ALG). For that, 1.5% sodium alginate (w/v) was added to sterile distilled water (70 °C) at constant stirring (Dinâmica Química Contemporânea Ltda., Indaiatuba, SP, Brazil). After the solution homogenization, 0.75% (v/v) glycerol (Química Moderna, Barueri, SP, Brazil) was added as a plasticizer to increase the coverage of the coating, 0.04% sunflower oil (v/v) as a lipid to increase water barrier characteristics and 0.05% Tween 80 (v/v) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) as a surfactant to improve adhesion to the fruit.

For the probiotic edible coating, the Lc-01 biomass was used. After the standardization procedure described in section 2.2, the cells were collected by centrifugation (4500 rpm x 15 min, 4 °C), and the biomass was resuspended in the sodium alginate coating solution. The addition was proportional to the final volume of the coating solution, reaching a final concentration of approximately 7-8 log CFU/mL.

The methodology for the prebiotic (ALG-FOS) and synbiotic (ALG-SYN) alginate coating solutions was reported by Rodrigues, Cedran and Garcia (2018), with minor modifications. For prebiotic coating, 1.5 % fructooligosaccharide (FOS) (w/v) was added to the sodium alginate solution under stirring (240 rpm, 10 min) at room temperature, obtaining complete dissolution. The synbiotic edible coating was added with Lc-01 biomass (7-8 log CFU/mL), as previously described, and after homogenization, 1.5% FOS (w/v) was added, under agitation (240 rpm, 10 min).

Thus, five formulations were evaluated for each fruit: Uncoated (uncoated fruit), ALG (fruit coated with alginate), ALG-FOS (fruit coated with alginate and FOS), ALG-Lc-01 (fruit coated with alginate and Lc-01), and ALG-SYN (fruit coated with alginate, FOS, and Lc-01). For that, the fruit cubes were immersed for 2 min in their respective edible coating solution, drained for 30 s and finally, immersed for 1 min in a calcium chloride solution (2 g/100 mL, Dinâmica Química, São Paulo, Brazil) (Fernandes; Oliveira; Souza, 2021). Treatments were applied to 6 cubes of each fruit on each storage day. The fruits were then put in polypropylene packaging with a lid (150 mL) containing filter paper, previously sterilized in UV light (15 min). Then, they were maintained in a safety cabinet (2 h) and stored at refrigeration (5 ± 1 °C) for 12 days, which is the common shelf life of minimally processed mango and melon.

2.4 Profilometry and scanning electron microscopy (SEM)

The surfaces of the coated fruits were qualitatively evaluated for roughness and waviness using a non-contact 3D optical profiler (Talysurf CCI MP, Leicester, UK), with a cut-off point of 0.34 mm, 50 × lenses, a numerical aperture of 0.4, and 1 × sweep speed, in an “XYZ” mode (Soares et al., 2019). The evaluations of the surface topography of the coated samples are presented by the arithmetic mean of the absolute ordinate Z (x, y) in the evaluation area, being the surface amplitude (Sa), the maximum peak height of roughness (Ra), and the difference

(Sz) between the highest peak (Sp) and the deepest valley (Sv) (Löberg et al., 2010; Nwaogu, Tiedje & Hansen, 2013).

For the SEM analyses, the samples were first pre-treated with glutaraldehyde 2% (v/v; Exodo, São Paulo, Brazil) for 2 h at 4 °C, fixed with 1 g/100 mL of osmium tetroxide (cacodylate buffer 0.1 M, pH = 7.2) for 30 min and finally adhered to coverslips coated with poly-lysine (Casarin et al., 2016). Then, the samples were dehydrated using ethanol, dried with CO₂ to the critical point, and coated in a 20 nm thick layer of gold, for subsequent observation in an EO 1430 VP scanning electron microscope (CARL ZEISS, Oberkochen, Germany).

2.4 Determination of minimally processed mango and melon quality parameters

2.4.1 Weight loss, firmness, color, total soluble solids (TSS), pH, and titratable acidity (TA)

The difference between the initial and the final weight in the time intervals was considered the weight loss. The results are expressed in percentage using the formula $[(W_i - W_f)/W_i] * 100$, where W_i is the initial weight, and W_f is the final weight (Oliveira et al., 2020).

The firmness of the fruits was measured using a texturometer (TA. XT2i; Stable Micro System Inc.) with a cylindrical stainless-steel probe (P-6) with a 6 mm diameter, in compression mode and preloading, test, and post-test speeds of 2, 1, and 10 mm/s, respectively (Oliveira et al., 2019). The measurements were performed at the top, middle and bottom positions on both sides of the samples. The results were obtained through the Texture Expert® software, and the firmness was expressed as a force in Newton (N).

The surface color of the fruits was evaluated in a spectrophotometer (Konica Minolta CM-5, Tokyo, Japan) with a D₆₅ light source using the CIEL*a*b* parameter, where L* means brightness, C* means relative saturation/chroma and hue means matrix angle – 10 degrees (Wrolstad; Smith, 2010). Color measurements were taken in the sample's top, bottom, and side.

The TSS was determined with 10 mL samples of manually homogenized fruits, and the pulp was analyzed using a digital refractometer (model HI 96801, Hanna Instruments, São Paulo, Brazil). The results were expressed as °Brix (Aoac, 2016).

The pH values were determined in 10 mL of the homogenized pulp using a combined glass electrode potentiometer (Model Q400AS, São Paulo, Brazil), calibrated with pH 7.0 and 4.0 buffer solution (AOAC, 2016). The TA was determined in 10 mL of homogenized pulp by titrimetric with 0.1 M NaOH in the presence of phenolphthalein as an indicator of pH change. The result was expressed in grams of citric acid per 100 g of fruit sample (Aoac, 2016; Oliveira et al., 2019).

2.4.2 Sugars, organic acids, and volatile compounds

Sugars and organic acids were determined from a water-soluble extract. To obtain the extracts, 5 g of the samples were homogenized in 20 mL of ultrapure water for 10 min before collecting and filtering the supernatant. Organic acids were determined on a Shimadzu Ion Exclusion Column; Shim pack SCR-101H (300 mm 7.9 mm i.d., 10 m) at 50 °C with an aqueous solution of perchloric acid as mobile phase. Sugars were analyzed on a Shimadzu ion exclusion column, Shim pack SCR-101C (300 mm 7.9 mm i.d., 10 m), with water as the mobile phase at an operating temperature of 80 °C. Acids and sugars were identified by comparison with the retention times of authentic patterns. The samples were injected, and the average areas of the peaks were used for quantification.

The volatile organic compounds (VOCs) were determined using a headspace gas microextraction solid phase chromatography (HS-SPME) - GCMS Shimadzu QP-2010 SE mass spectrometry and a 20 M Carbowax column (30 m 0.25 mm ID 0.25 m film). First, a 3 mL aliquot of the homogenized sample was added to a 20 mL flask and equilibrated for 15 min at 60 °C. An automatic SPME support (Supelco, Bellefonte, PA, USA) with 2 cm long

DVB/CAR/PDMS fiber (50/30 m) was used to capture the volatile compounds. SPME fiber was exposed to the sample's headspace at a constant depth for 30 min. The temperature was maintained at 60 °C throughout the extraction of volatile compounds. After extraction, volatiles were dissolved directly in the GC jacket and reconditioned (2 min, 230 °C). Helium was the carrier gas with a 1.0 mL/min flow rate. The temperature ramp was 60 °C for 5 min, then increased to 230 °C at 10 °C/min. For 15 min, the temperature was maintained at 230 °C. The eluted volatile compounds were identified by combining their mass spectra with the NIST11 library. The retention index (RI) for each combination was calculated using a series of alkanes (C10-C40) and compared with RI values from the academic literature (Fonseca et al., 2022).

2.4.3 Polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), and pectin methylesterase (PME) activity

The extraction procedure and enzymatic activity analysis of the PPO, POD, and PME were realized following Oliveira et al. (2019) with adaptations. For PPO and POD, the samples (5 g) were manually macerated, added with polyvinylpyrrolidone 4% (w/v; phosphate buffer 0.2 M; pH = 6.5, HCl 0.04M), agitated for the 20 s, and maintained for 1 h at 4 ± 1 °C. The mixture was centrifuged (4.500 rpm x 40 min, 4 °C), and the collected supernatant was used as an extract.

To measure the PPO activity, 0.5 mL of the extract was mixed with 2.5 mL of the catechol 0.07 M (w/v; phosphate buffer 0.2 M; pH = 6.5, HCl 0.04M). The mix was incubated (20 s / 30 ± 1 °C), then absorbance was recorded at a wavelength of 420 nm (A420) using a UV/VIS spectrophotometer (Model DU-8200, Mark DRAWELL, Shanghai, CN). One unit of PPO was defined as a 0.01 increase in A420 per minute per gram of sample (U/min g). To measure the POD activity, 2.5 mL guaiacol 1% (v/v; phosphate buffer 0.2 M; pH = 6.5, HCl 0.04M), 0.2 mL H₂O₂ 1.5% (v/v), and 0.1 mL enzymatic extract obtained previously were used. The assay mixture was incubated (20 s / 30 ± 1 °C), and the absorbance at 470 nm (A470) was

recorded. One POD unit was defined as an increase of A470 per min per gram of sample (U/min g).

The PME activity in the enzymatic extract was measured using Tris - buffer (6M HCl 0.02 M; pH =7.5) containing NaCl 0.1 M and adding 10 mL to 5 g of fruit. The mixture was incubated (12 h / 4 ± 1 °C), centrifuged (4.500 rpm x 30 min, 4 °C), and the supernatant was collected as PME extract. A 2.5 mL aliquot of PME extract was inserted into 30 mL of pectin 1% solution (w/v; pH= 7.5 adjusted with NaCl 0.1M). Enzyme activity was measured by titration of carboxyl groups released from pectin using a potentiometer with a combined glass electrode (Q400AS, Quimis, São Paulo, BR) with NaOH 0.05M to achieve pH= 7.5 constant. One PME unit was described as the enzyme content capable of catalyzing pectin demethylation equivalent to the consumption of 1 mmol of NaOH per minute, expressed as mmol/L min.

2.5 Probiotic viability in coated fresh-cut mango and melon during cold storage

The ALG-Lc-01 and ALG-SYN were homogenized in sterile saline solution 0.85% (w/v) and serially diluted (10^{-1} - 10^{-8}) with the same diluent. Then, an aliquot of each dilution was inoculated into Petri dishes containing MRS-V agar (0.2% vancomycin; HiMedia, Mumbai, India) through the technique of micro drops (Herigstag; Hamilton; Heersink, 2001), incubated (37 °C / 48 h) anaerobically and colonies were enumerated. The result was expressed in log CFU/mL.

2.6 Survival of Lc-01 in coated fresh-cut mango and melon exposed to gastrointestinal simulated

In vitro digestion was realized following the protocol described by Minekus et al. (2014). The simulated salivary fluid (SSF) simulated gastric fluid (SGF), and simulated intestinal fluid (SIF) solutions were prepared from stock solutions and kept refrigerated until

use. Enzymes were prepared during the analysis steps. In the oral phase, 5 g of the sample was ground and diluted in 3.5 mL preheated SSF (37 °C). Then, 25 µL of 0.3M $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$, 0.5 mL of the α -amylase enzyme (1500 U/mL), and 975 µL of distilled water were added to reach a concentration of 1x SSF and taken to an incubator with orbital shaker (model 6420, Thoth Equipment, Piracicaba, Brazil) for 2 min (37 °C / 90 rpm). The gastric phase was performed by adding 8 mL of pre-warmed SGF (37 °C), reaching a final ratio of 1:1 (v/v) and pH adjusted to 3.0 (1M HCl). Then, 5 µL of $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ solution and 1.69 mL of the 25,000 U swine pepsin solution in the final digestion mixture were added, the pH was checked and, when necessary, adjusted to 3.0. Then, 0.925 uL of distilled water was added to reach a 1x concentration of SGF, and the samples were taken to an incubator with an orbital shaker (37 °C / 2 h) starting at the point where the pepsin was added. The intestinal phase was performed by adding 8.5 mL of pre-warmed SIF (37 °C) to gastric chyme to reach a final ratio of 1:1 (v/v) and pH adjustment to 7.0 (NaOH 0.04M). Then, 40 µL of $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ solution and 5 mL of pancreatin were added to reach a trypsin activity of 100U/mL in the final volume. pH was checked and, when necessary, adjusted to 7.0. Sterile distilled water (3.75 mL) was added to reach a concentration of 1x of the SIF, and the samples were taken to an incubator with an orbital shaker (37 °C / 2 h). At the end of each stage of the simulated gastrointestinal conditions, an aliquot of 10 µL of the samples was included in Petri dishes containing MRS agar added with 0.2% vancomycin (MRS-V) (HiMedia, Mumbai, India) (HERIGSTAD; HAMILTON; HEERSINK, 2001) and incubated (37°C / 48 h) anaerobically. After the incubation, colonies were enumerated, and the results were expressed in log CFU/mL.

2.6 Sensory analysis

This study was approved by an Institutional Ethics Research Committee with Human Beings (CAAE: 61451522.0.0000.5188). The samples were evaluated with standard methods

for compliance with microbiological standards following Brazilian Legislation (Brazilian Legislation, 2019). Consumers of fruits were invited to participate in the Preferred Attribute Elicitation (PAE) section (n=10 voluntary, eight women, two men, 25–50 years old), which was conducted following Grygorczyk et al. (2013). Initially, the consumers received one of each fruit formulation simultaneously, presented in white plastic plates identified with random 3-digit numbers. Next, individuals were asked to note which attributes were important to the fruit's characterization and acceptance. The elicited attributes were written on a whiteboard, and the panel grouped them into appearance, aroma, flavor, and texture. Attributes that would not be easily evaluated or with the same meaning were excluded by group consensus. Consumers then defined the terms of the anchor descriptors considering the attributes' intensity. After a 15 min pause, fruits were provided in a random and monadic form, and the consumers were asked to rate the attributes using 9-point scales with the anchor terms they had chosen. The PAE section lasted 120 min.

2.7 Statistical analysis

All analyzes were performed in triplicate, and the data obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey test considering $p < 0.05$. Firmness, probiotic survival in the fruits, and physicochemical analysis were performed on days 1, 3, 6, 9, and 12 of storage. The probiotic survival to simulated gastrointestinal conditions, color parameters, organic, sugar, and volatile compound profiles, and enzymatic activity were evaluated at days 1, 6, and 12 of storage. Finally, sensory properties were determined on days 1 and 12 of storage. Principal Component Analysis (PCA) was performed to show the correlation between the results obtained by different coatings for sugars, organic acids, and volatile compounds. The PAE data was evaluated using Generalized Procrustal Analysis

(GPA). Analyzes were performed using GraphPad Prism 5.0 software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA) and XLSTAT 2020 (Adinsoft®, Paris, France).

3 Results and Discussion

3.1 Profilometry and scanning electron microscopy (SEM)

Fruit appearance is a quality criterion for consumers purchasing a minimally processed product. In this way, the coating aptitude to be used in MPF is directly related to its impact on the appearance of the coated products (Lu et al., 2020). Each coated fruit surface was evaluated for adhesion and interaction between the edible coating and the fruit cube surface (Fig. 1 and F).

The coated mango sample (Fig. 1A) showed 0.278 μm , 0.0328 μm , and 2.23 μm for Sa, Ra, and Sz parameters, respectively. At the same time, the coated melon sample (Fig. 1B) showed 2.81 μm , 0.0816 μm , and 17.1 μm for the same parameters. The surface roughness at the microstructural level shows that both samples were homogeneous. A homogeneous structure in edible coatings is related to higher load capacity, viscosity, toughness, and capacity for loading functional components (Liu et al., 2021). In contrast, the profile roughness shows that the surface of the coated mango (Fig. 1A) was wavier than that of the melon (Fig. 1B). Braga et al. (2021) comparatively showed that the chitosan coating applied to the papaya surface was less smooth than those evaluated on a flat surface. The formation of edible coatings on fruit, specifically in minimally processed, is problematic due to the difficulty of obtaining good adhesion of the coating to the hydrophilic surface of the cut fruit (Tavassoli-Kafrani, Shekarchizadeh, Masoudpour-Behabadi), therefore, the addition of plasticizers, lipids, surfactants or their combination improves adhesion and barrier properties.

The SEM micrographs show that Lc-01 could be observed adhered to the fruit structure, changing the surface of the edible coating (Fig. 2). The compatibility between the probiotic

microorganism, prebiotic, and biopolymer of the matrix used is an important factor because the addition of these components can change the structure of the molecules (Sávez-Orviz; Rendueles; Díaz, 2023). Shahrampour et. al (2020) showed that probiotic bacteria added to an alginate coating were effective in reducing the intermolecular space due to hydrogen bonding with the film-forming agent. Soukoulis et al. (2014) showed that prebiotics resulted in a more compact, less porous and reticular film structure. Prebiotic compounds can also influence coating structure, as the incorporation of FOS into probiotic edible coatings can exert a plasticizing effect on the coating and also be used as a reinforcing agent helping to protect probiotic cells during dehydration and storage (Sávez-Orviz; Rendueles; Díaz, 2023).

3.2 Determination of the quality parameters of minimally processed fruit

Quantifying active biochemical compounds and determining physicochemical properties are required for fruits' raw materials and products (Cozzolino et al., 2021). Therefore, the quality monitoring from MPF was assessed through physicochemical and biochemical analyses — weight loss, firmness, color, TSS, pH, TA, and sensory properties.

Figure 3 shows the weight loss and firmness evolution during the 12-days storage period at 5 ± 1 °C. Weight loss occurred right after the third day of cold storage for all tested samples of each minimally processed fruit – mango or melon ($p \geq 0.05$, Fig. 3A-B). The barrier effect of the edible coating was evident since the weight loss was higher ($p < 0.05$) in the uncoated samples compared to those coated for mango (Fig. 3A) and for melon (Fig. 3B) from the sixth day of cold storage. The weight loss gradually continued until the end of the evaluated period, with lower loss ($p < 0.05$) observed for the samples ALG-FOS, ALG-LC-01, and ALG-SYN at both mango and melon minimally processed (Fig. 3). Therefore, the functional edible coatings exerted a protective impact on the weight loss of mango and melon.

An important quality variable for MPF is firmness; once slicing them causes tissue softening (Solís-Contreras et al., 2021). When analyzed the firmness, the samples from mango and melon presented different behavior over the cold storage period ($p < 0.05$, Fig.3). Coated mango samples ALG-LC-01 and ALG-SYN showed low firmness maintenance ($p < 0.05$) than ALG-FOS and uncoated mango samples. In melon, coated samples seemed to have a low influence on fruit firmness maintenance since the uncoated sample showed the same behavior that the others coated samples. However, ALG-SYN did not show differences during storage ($p \geq 0.05$). The loss of firmness is an important effect due to the action of hydrolytic and pectolytic enzymes on the pectic substances of the cell wall, the decreased crystallinity of cellulose, and thinning of the cell walls (Solís-Contreras et al., 2021). In this way, the functional edible coatings exerted a protective impact on maintaining the firmness of the products, mainly the ALG-SYN.

Using edible coatings decreased L^* and C parameters and increased $^{\circ}\text{Hue}$ values ($p < 0.05$) (Table 1). However, the ALG-SYN formulation maintained the color parameters more similar to the uncoated product. During storage, changes in the color parameters occurred in uncoated fruits, with decreases in L^* and C values and increases in $^{\circ}\text{Hue}$ values ($p < 0.05$). The fruits with alginate coating (ALG) maintained the L^* values ($p > 0.05$), but the changes in C and $^{\circ}\text{Hue}$ values were similar to those of uncoated products. However, the functional coatings (ALG-FOS, ALG-Lc-01, and ALG-SYN) kept the color parameters during all the storage time ($p > 0.05$). These results suggest the efficacy of the coating in retard the metabolism of pigments and that the addition of functional components influenced the maintenance of color during storage. According to Spencer (2018), food color is essential in influencing consumers' sensory and hedonic expectations regarding foods while purchasing and consuming food. Color change of fruit-based products during storage is an important quality parameter to determine their shelf life (Simão et al., 2022). The study showed that the coated samples retained better color due to

Lc-01 added as a functional ingredient, and the control of moisture loss also improved weight loss. Color stability depends on many factors, including temperature, water activity, light, oxygen, pH, and ascorbic acid (Simão et al., 2022).

Regarding quality assessment, pH, TA, and TSS are important parameters (Pornchaloempong et al., 2021) (Table 2). TA is determined by the titration of intrinsic acids with a standard base and measures total acid concentration in food (Tyl & Sadler, 2017). The TSS value indicates the sweetness of fresh and processed food products and is used to determine marketing standards (Magwaza & Opara, 2015). These parameters are important for increasing consumer demand in the competitive market (Pornchaloempong et al., 2021).

Incorporating edible coatings did not change the quality parameters of the fruits at the 1st day of storage ($p > 0.05$). After the 3rd day of storage in mango and melon with and without coating, TA values decreased, and pH values and TSS increased ($p < 0.05$). However, TA values were higher and pH and TSS values were lower in coated mangoes and melons (ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-1, and ALG-SYN) when compared to uncoated fruits ($p < 0.05$) after the 12th of storage. In addition, the TA, pH and TSS values were maintained higher for the functional coatings (ALG-FOS, ALG-Lc-1, and ALG-SYN, $p < 0.05$). The decline in TA and increase in pH and TSS values can be related to higher ripening and respiration rate where organic acids can be used as a substrate during respiration or due to conversion to other sugars (Hatami et al., 2013). The taste and flavor of any fresh produce is an interaction between TSS and constitute acidity that is highly dependent on the maturity stage of fresh produce (Aguilar-Hernández et al., 2021; Al-Dari, Pathare & Al-Yahyai, 2021). These results demonstrate that functional coatings kept the typical characteristics of the fresh fruits during refrigerated storage due to the maintenance of acidity and TSS values.

3.3 Sugars and organic acids

Soluble sugar and organic acids are some of the major components associated with the fruit flavor. In this study, soluble sugars, sucrose, fructose, and glucose, were associated with the minimally processed fruits evaluated (Table 3). Three organic acids were identified: succinic acid > citric acid > malic acid for mango and citric acid > malic acid > succinic acid for melon (Table 4).

In Table 3 presents the sugar concentrations, with sucrose values decrease for all treatments in mango and melon during storage ($p < 0.05$), with the lowest values for the uncoated samples. Glucose concentrations in mango increase ($p < 0.05$) during storage, except for ALG-SYN ($p \geq 0.05$) coated mangoes, which also maintain the lowest values compared to other treatments. In melon concentrations increase ($p < 0.05$) during storage only for the uncoated and ALG samples, which have the highest values at the same time as the other treatments ($p < 0.05$) among treatments. Fructose concentrations increase ($p < 0.05$) throughout storage only for the uncoated mango and melon samples, which concentrate the highest values among the treatments, mainly at 6th and 12th. These results show that the coatings containing Lc-01 and/or FOS were efficient in delaying fruit ripening.

The organic acids (Table 4) was a decrease ($p < 0.05$) in citric acid concentrations from 6th for all treatments in mango and melon, however, uncoated fruit had greater losses over time. In malic acid, mango concentrations decrease ($p < 0.05$) from 6th for all treatments during storage and at the same time ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN have the highest concentrations until the end of storage. Melon concentrations decrease ($p < 0.05$) at the same time for ALG-Lc-01 and ALG-SYN, but not for the other treatments, which increase ($p < 0.05$) after 6th of treatment. Succinic acid sequentially decreases ($p < 0.05$) on 6th and 12th for all treatments except for ALG-SYN, which is maintained from 6th ($p > 0.05$). In mango, the highest concentrations were found for ALG-SYN and in melon for the uncoated.

In respiration metabolism, organic acids are used as substrates during the ripening process due to the oxidation reaction of these acids, decreasing TA (Cofelice, Lopez, & Cuomo, 2019). Although much progress has been made in understanding the metabolism of malate and citrate metabolism in fruits, many questions remain to be answered. One such question is why gluconeogenesis occurs in fruits (Schemberger et al., 2020)

3.4 Polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), and pectin methylesterase (PME) activity

Enzymatic activity observed over the period from minimally processed evaluated samples is shown in Figure 4. PPO levels were higher ($p < 0.05$) in the uncoated mango or melon during the storage period compared to the other samples. In addition, the levels were higher in mango or melon uncoated and coated with ALG ($p < 0.05$) than in the other samples. When peeled and cut, fruits damage tissue cells, releasing PPO, which binds with substrates and causes browning. The browning intensity is mainly influenced by oxidative activity and substrate concentration (Temiz & Ayhan, 2017). These results indicate the functional edible coatings retarded the action of PPO, which corroborate the results of color parameters.

POD levels were similar ($p \geq 0.05$) on the 1st day to all mango samples evaluated; from the 6th day uncoated mango sample presented higher values ($p < 0.05$) until the end of the evaluation period. During storage, the mango samples coated with ALG-SYN showed the lowest values ($p < 0.05$) compared to the other samples. POD levels of uncoated melon samples were higher ($p < 0.05$) than the others throughout the evaluation period. Uncoated and ALG-coated melon showed the highest values ($p < 0.05$) during storage compared to ALG-FOS, ALG-Lc-01, and ALG-SYN.

PME presented a growing and decreasing behavior ($p < 0.05$) over the storage time for the uncoated mango samples. ALG-FOS, ALG-Lc-01, and ALG-SYN in mango did not differ ($p \geq 0.05$) from each other samples after the 6th day of storage, but they showed lower PME

activity than the other samples ($p < 0.05$). The difference between treatments in melon was observed only for uncoated ($p < 0.05$) when compared to the other samples during storage. The activity of PME affects pectin and the firmness of plant tissue in different ways. PME plays a crucial role in higher plants' degradation of cell walls (Temiz & Ayhan, 2017). These results indicate the functional edible coatings retarded the action of PME, mainly in mango, which corroborates firmness results.

Although low-temperature storage is the most significant factor in extending the shelf-life and maintaining the quality of fresh produce due to the inhibition of metabolic activities (Al-Dairi & Pathare, 2021), the differences showed at enzymatic activity among the evaluated samples could be explained due the presence of the coating and its interactions with the fruits.

3.5 Probiotic viability in coated fresh-cut mango and melon during cold storage

Figure 5 shows the Lc-01 counts in edible coating ALG-Lc-01 and ALG-SYN at mango and melon samples during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Counts of Lc-01 were similar ($p \geq 0.05$) at the inoculation to ALG-Lc-01 and ALG-SYN mango samples. The counts increased on 6th day for ALG-Lc-01 and ALG-SYN – mango or melon, with the highest values ($p < 0.05$) presented for ALG-SYN. All over the evaluated period, LC-01 counts remained above 7 Log UFC. Counts of LC-01 were similar ($p \geq 0.05$) at the inoculation and the 3rd day to ALG-Lc-01 and ALG-SYN melon samples. From the 9th day, ALG-SYN presented the highest counts ($p < 0.05$). The minimally-processing vegetables, such as peeling and cutting, promote the release of cellular content rich in minerals, sugars, vitamins, and other nutrients, creating ideal conditions for microbial growth. This characteristic allows using fruit and vegetable food products as probiotic carriers (Corbo et al., 2015).

3.6 Survival of Lc-01 in coated fresh-cut mango and melon exposed to gastrointestinal simulated

For probiotics to play the intended role in human health, it is essential that both viability and metabolic activity are maintained throughout the food processing and supply chain, as well as within the human gastrointestinal tract (Espitia et al., 2016). Figure 6 presents Lc-01 viability in edible coating ALG-Lc-01, ALG-SYN at mango and melon samples during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) under simulated gastrointestinal conditions. Tested coatings proved to be good probiotic carriers once there were no differences at Lc-01 viability ($p \geq 0.05$) for mango or melon samples during the storage (Fig 6).

After exposure to the simulated gastrointestinal system, ALG-Lc-01, and ALG-SYN edible coating, the counts of Lc-01 did not change ($p > 0.05$). These findings suggest that the survival behavior to the conditions imposed by the gastric phase was related to this strain's intrinsic resistance rather than the protective effects of FOS. Similar findings to Lc-01 were reported by Mafaldo et al. (2022) when they evaluated the influence of cryoprotectants (FOS and fresh microalgae biomass) on the survival of probiotics Lc-01 during *in vitro* digestion. According to Espitia et al. (2016), the ability of probiotic strains contained in edible coatings to survive the transit through the upper gastrointestinal tract and the release of probiotic strains from the matrices to colonize the intestine is essential information to establish whether the materials may be regarded as probiotic, edible films and coatings, or just active materials with antimicrobial effects to extend food stability.

3.7 Volatile compounds quantification

Aroma is one of the most important attributes affecting fruit consumption from the tropics and subtropics (Turazzi et al., 2017). The volatile compounds identified (ng/mL) in the mango and melon evaluated samples are shown in Tables 5 and 6. Forty-one volatile

compounds and twenty volatile compounds were identified by GC–MS to mango and melon samples, respectively, comprising alcohols, terpenes, esters, alkanes, acids, aldehydes, ketones, and acetates. In addition, the terpene Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one,4,6,6-trimethyl-,(1S)-, were detected at both fruits mango and melon.

3.8 Sensory properties

Figure 7 shows the GPA biplot maps for the mango-1th-day formulations, and Figure 8 shows the GPA biplot maps of the mango-12th day formulations. The first three principals components explained the data variation (PC1 = 43.06%, PC2 = 30.85%, PC3 = 26.09 at the 1st storage day, and PC1 = 44.%, PC2 = 32.16%, PC3 = 23.85 at the 12th storage day (Figure 8).

On the 1th day, PC1 (Fig. 7 A) separated the fruits based on the presence of FOS on the coating. ALG-FOS and ALG-Lc-01-FOS were located in the right side and characterized by a yellow color, fresh appearance, moist appearance, fermented aroma, fruit aroma, sweet taste, typical flavor, fibrous texture, uniform texture, and chewy. On the other hand, UNCOATED and ALG-Lc-01 were characterized by the fruit flavor.

PC2 (Figure 7) separated the ALG-FOS and ALG-Lc-01 fruits, above the axis, from the other samples. In this way, the former samples were characterized by firm appearance, typical aroma, citric aroma, citric flavor, sour taste, firm texture, and dry texture.

On the 12th day, PC1 (Fig. 8A) separated ALG-FOS and ALG-Lc-01 fruits (on the left) from the other products. These products were characterized by brightness, yellow color, moist appearance. On the other hand, uncoated and ALG-Lc-01-FOS were characterized by green color, fruit aroma, citric flavor, sour taste, fruit flavor, typical flavor, firm texture, fibrous texture, and dry texture.

PC2 (Figure 8A) separated the fruits based on the presence of FOS on the coating. ALG-FOS and ALG-Lc-01-FOS were located above the axis and characterized by fermented aroma and chewy texture. On the other hand, UNCOATED and ALG-Lc-01 were characterized by firm appearance, citric aroma, and uniform texture. PC3 separated the fruits based on the presence of Lc-01 on the coating. ALG-Lc-01 was below the axis and characterized by lower typical aroma, sweet aroma, sweet taste.

Figure 9 shows the GPA biplot maps for the melon-1st-day formulations, and Figure 10 shows the GPA biplot maps for the melon-12th-day formulations. On 1st day, PC1 separated the melon was classified by the presence of Lc-01 and FOS (ALG-FOS and ALG-SYN), presenting a fermented, sweet, and typical aroma, uniform texture, shiny and chewy. On 12th day, (Figure 10A) the samples were classified according to the presence of FOS, presenting a moist and fresh appearance, sweet and fermented aroma, citric flavor, uniform texture, and chewiness.

References

- Aguilar-Hernández MG, Núñez-Gómez D, Forner-Giner MÁ, Hernández F, Pastor-Pérez JJ & Legua P. Quality parameters of Spanish lemons with commercial interest. *Foods*, 10, 62, 2021.
- Al-Dairi M, & Pathare PB. Kinetic modeling of quality changes of tomato during storage. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.*, 23, 183–193, 2021.
- Al-Dari M, Pathare BP, & Al-Yahyai R. Chemical and nutritional quality changes of tomato during postharvest transportation and storage. *J Saudi Soc Agri Sci*, 20, 401–408, 2021.
- Alvarez, MV, Bambace, MF, Quintana, G. Gomez-Zavaglia, A.; Moreira, MR, Prebiotic-alginate edible coating on a fresh-cut apple as a new carrier for probiotic lactobacilli and bifidobacteria. *LWT – Food Science and Technology*, 137, 110483, 2021.

Bambace, MF, Alvarez, MV, Moreira, MR. Novel functional blueberries: Fructo-oligosaccharides and probiotic lactobacilli incorporated into alginate edible coatings. *Food Research International.*, 122, 653-660, 2019.

Chiumarelli, M, Ferrari, CC, Sarantópoulos, CI, & Hubinger, MD. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12, 381–387, 2011.

Cofelice M, Lopez F, Cuomo F. Quality Control of Fresh-Cut Apples after Coating Application. *Foods*, 8, 189, 2019.

Cozzolino D, Phan A, Netzel M, Smyth H, & Sultanbawa Y. Monitoring two different drying methods of Kakadu plum puree by combining infrared and chemometrics analysis. *CYTA J Food*, 19, 183–189, 2021.

Espitia PJP, Batista RA, Azeredo HMC, Otoni CG. Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. *Food Res Int*, 90, 42–52, 2016.

Etienne A, Génard M, Lobit P, Mbéguié-A-Mbéguié D, & Bugaud C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *J Exp Bot*, 64, 1451–1469, 2013.

FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021. Available at <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb2395en>>. Access in: 14th march 2022.

Gibson, GR, Hutkins, R, Sanders, ME, Prescott, SL, Reimer, RA, Salminen, SJ. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics

(ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 14, 491-502, 2017.

Herigstad, B, Hamilton, M, Heersink, J. How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 44, 121-129, 2001.

Hill, C.; et al. Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 11, 506–514, 2014.

Fonseca, HC, Melo, DS, Ramos, SL, Menezes, AGT, Dias, DR, Schwan, RF. Sensory and flavor-aroma profiles of passion fruit juice fermented by potentially probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0743 strain, *Food Research International*, v. 152, 2022.

Kumar, S, Mukherjee, A, Dutta, J. Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 196–209, 2020.

López-Cobo, A, et al. Use of HPLC- and GC-QTOF to determine hydrophilic and lipophilic phenols in mango fruit (*Mangifera indica* L.) and its by-products. *Food Research International*, 100, 423–434, 2017.

Macedo, AS, et al. Combined chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil to inhibit the fungal phytopathogen *Paramyrothecium roridum* and control crater rot in melon (*Cucumis melo* L.). *Brazilian Journal of Microbiology*, 51, 2057–2065, 2020.

Magwaza LS, & Opara UL. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products – A review. *Sci Hortic.* 184, 179–192, 2015.

Mafaldo IM, Medeiros VPB, Costa WKA, Sassi CFC, Lima MC, Souza EL, Barão CE, Pimentel TC, & Magnani M. Survival during long-term storage, membrane integrity, and

ultrastructural aspects of *Lactobacillus acidophilus* 05 and *Lacticaseibacillus casei* 01 freeze-dried with freshwater microalgae biomasses. *Food Res Int*, 159, 111620, 2022.

Menezes, FNDD, Melo, FHC, Vieira, ARS, Almeida, ETC, Lima, MS, Aquino, JS, Gomez-Zavaglias, A, Magnani, M, Souza, EL. Acerola (*Malpighia glabra* L.) and guava (*Psidium guayaba* L.) industrial processing by-products stimulate probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* growth and induce beneficial changes in colonic microbiota. *Journal of Applied Microbiology*, 130, 1323-13336, 2020.

Mesías, FJ, Martín, A, Hernández, A. Consumers' growing appetite for natural foods: Perceptions towards the use of natural preservatives in fresh fruit. *Food Research International*, 150, 110749, 2021.

Minekus, M. et al. A standardised static in vitro digestion method suitable for food– an international consensus. *Food & Function*, 5, 1113-1124, 2014.

Monteiro, S. S. Evaluation of the chemical, sensory and volatile composition of sapota-doSolimões pulp at different ripening stages. *Food Research International*, v. 109, p. 159-167, 2018

Neelakandan P, Young CC, Hameed A, Wang YN, Chen KN, Shen FT. Volatile 1-octanol of tea (*Camellia sinensis* L.) fuels cell division and indole-3-acetic acid production in phylloplane isolate *Pseudomonas* sp. NEEL19. *Scientific Reports*, 11, 2788, 2021.

Oliveira-Alcântara, AV, Abreu, AAS, Gonçalves, C, Fuciños, P, Cerqueira, MA, Gama, FM, Pastrana, LM, Rodrigues, S, Azeredo, HCM. Bacterial cellulose/cashew gum films as probiotic carriers. *LWT-Food Science and Technology*, 130, 109699, 2020.

Oliveira, KÁR, Conceição, ML, Oliveira, SPA, Lima, MS, Galvão, MS, Madruga, MS, Magnani, M, Souza, EL. Postharvest quality improve-ments in mango cultivar Tommy Atkins

by chitosan coating with *Mentha piperita* L. essential oil. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 95, 260-272, 2019.

Oliveira, LIG, Oliveira, KÁR, Medeiros, ES, Batista, AUD, Madruga, MS, Santos Lima, M.; Souza, EL, Magnani, M. Characterization and efficacy of a composite coating containing chitosan and lemongrass essential oil on postharvest quality of guava. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 66, 102506, 2020.

Pimentel, TC, Costa, WKA.; Barão, CE, Rosset, M, Magnani, M. Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. Food Research International, 140, 110033, 2021.

Pop OL, Pop CR, Dufrechou M, Vodnar DC, Socaci SA, Dulf FV, Minervini F, & Suharoschi R. Edible films and coatings functionalization by probiotic incorporation: A Review. *Polymers*, 12, 12, 2020.

Pornchaloempong P, Sharma S, Phanomsophon T, Srisawat K, Inta W, Sirisomboon P, Prinyawiwatkul W, Nakawajana N, Lapcharoensuk R, & Teerachaichayut S. Non-destructive quality evaluation of tropical fruit (Mango and Mangosteen) purée using near-infrared spectroscopy combined with partial least squares regression. *Agriculture*. 12, 2060, 2022.

Rosa, LS. et al. Antiproliferative and apoptotic effects of probiotic whey dairy beverages in human prostate cell lines. Food Research International, 10, 9450, 2020.

Sáez-Orviz, S, Rendueles, M, Díaz, M. Impact of adding prebiotics and probiotics on the characteristics of edible films and coatings- a review. Food Research International, 104, 112381, 2023.

Samtiya, M, Aluko, RE, Dhewa, T, Moreno-Rojas, JM. Potential Health Benefits of Plant Food-Derived Bioactive Components: An Overview. Foods, 10, 839, 2021.

Sethi, S, Nayak, SL, Joshi, A, Sharma, RS, Fresh-cut Fruits and Vegetables (Book). Sanitizers for fresh-cut fruits and vegetables (Chapter 5), 99-119. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00005-7>

Shahrampour, D, Khomeiri, M, Razavi SMA, Kashiri, M. Development and characterization of alginate/pectin edible films containing *Lactobacillus plantarum* KMC 45. LWT – Food Science and Technology, 118, 108758, 2020.

Singh, RS, Singh, T. Microbial inulinases and pullulanases in the food industry. In A. Kumar, M. Yadav, & N. Sehrawat (Eds.), Microbial enzymes and additives for the food industry (pp. 23–52). Nova Science Publishers Inc. 2019.

Singh, RS, Singh, T, Hassan, M, Kennedy, JF. Updates on inulinases: Structural aspects and biotechnological applications. International Journal of Biological Macromolecules, 164, 193–210, 2020.

Soukoulis, C, Behboudi-Jobbehdar, S, Yonekura, L, Parmenter, C, Fisk, ID. Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG in prebiotic edible films. Food Chemistry, 159(15), 302-308, 2014.

Tavassoli-Kafrani, E, Gamage, MV, Dumée, LF, Kong, L & Zhao, S. Edible films and coatings for shelf life extension of mango: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(9), 2432-2459, 2022.

Teixeira, RF, Balbinot Filho, CA, Borges, CD Essential oils as natural antimicrobials for application in edible coatings for minimally processed apple and melon: A review on antimicrobial activity and characteristics of food models. Food Packaging and Shelf Life, 31,100781, 2022.

Turazzi FC, Morés L, Merib J, Carasek E, Narain N, Lima LK, & Nunes ML. Evaluation of volatile profiles obtained for minimally-processed pineapple fruit samples during storage by

headspace-solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry. *Food Sci Technol*, 37, 2017.

Tyl C, & Sadler GD. pH and Titratable Acidity. In *Food Analysis part of Food Science Text Series*, 1st ed.; Nielsen, S.S., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2017. pp. 389–406.

Figure 1. Profilometric 3D analysis from minimally processed coated mango (A) and melon (B) surfaces, in a “XYZ” mode.

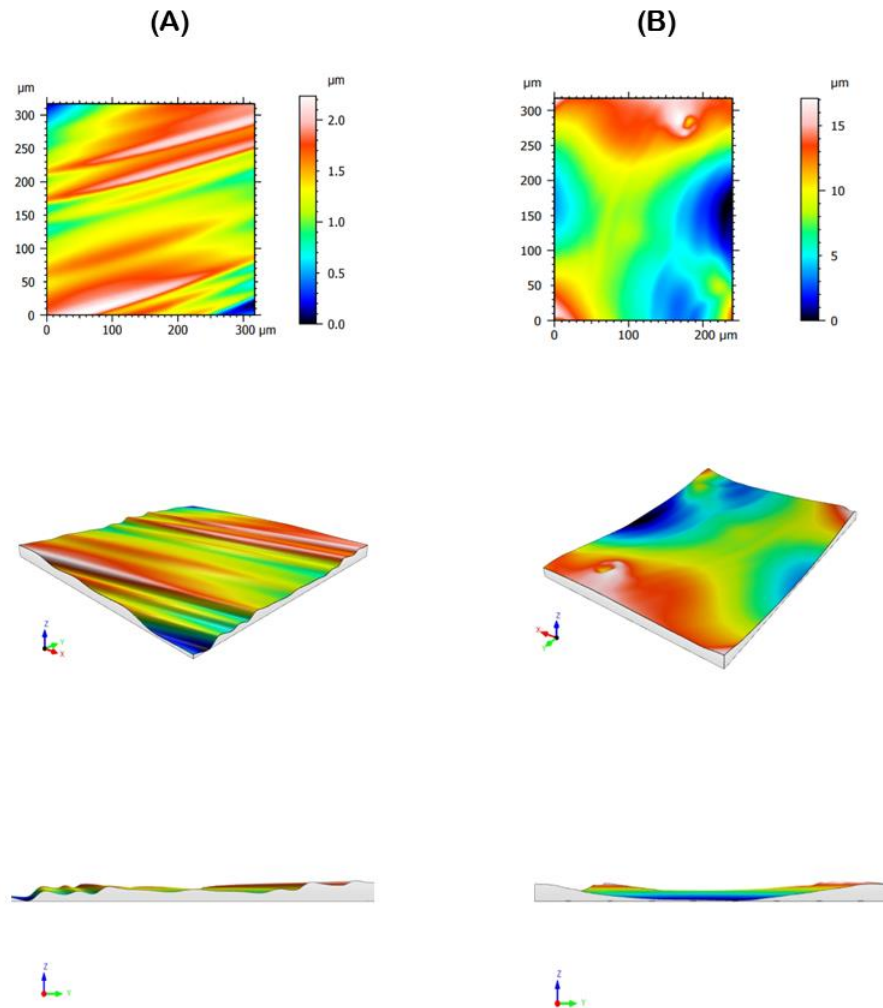


Figure 2. SEM (Scanning Electron Microscopy) showing the adhesion and presence of Lc-01 on the surface of coated fruit.

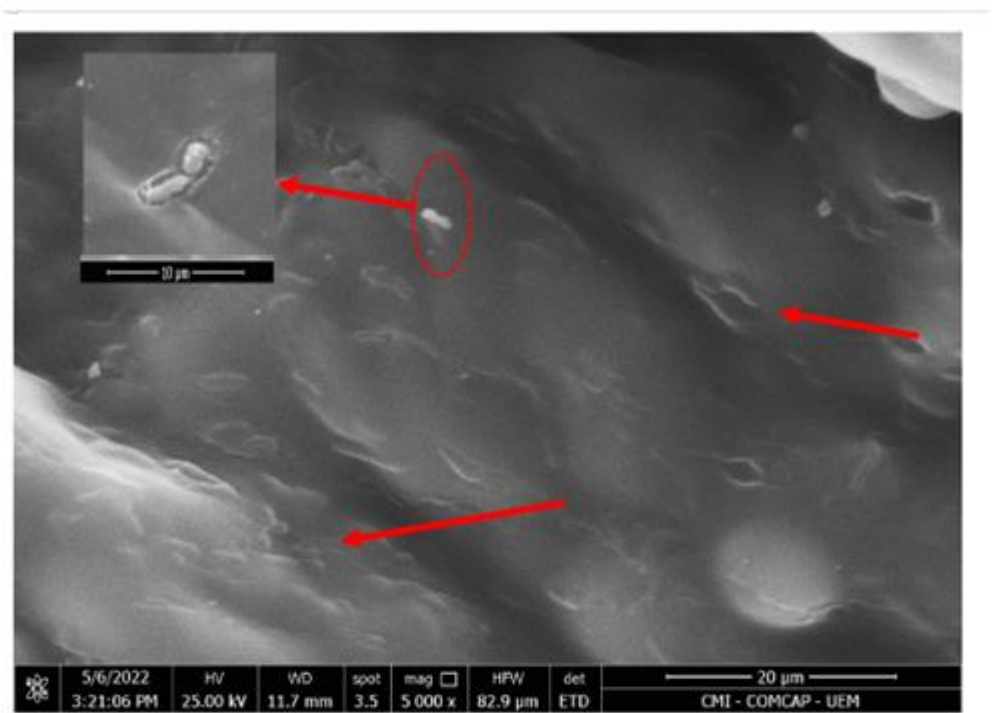


Figure 3. Minimally processed mango: weight loss- A (● CONT-uncoated, ■ ALG, ★ ALG-FOS, ▼ ALG-Lc-01, ◆ ALG-SYN) and firmness- B (○ CONT-uncoated, □ ALG, △ ALG-FOS, ▽ ALG-Lc-01, ◇ ALG-SYN) during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples.

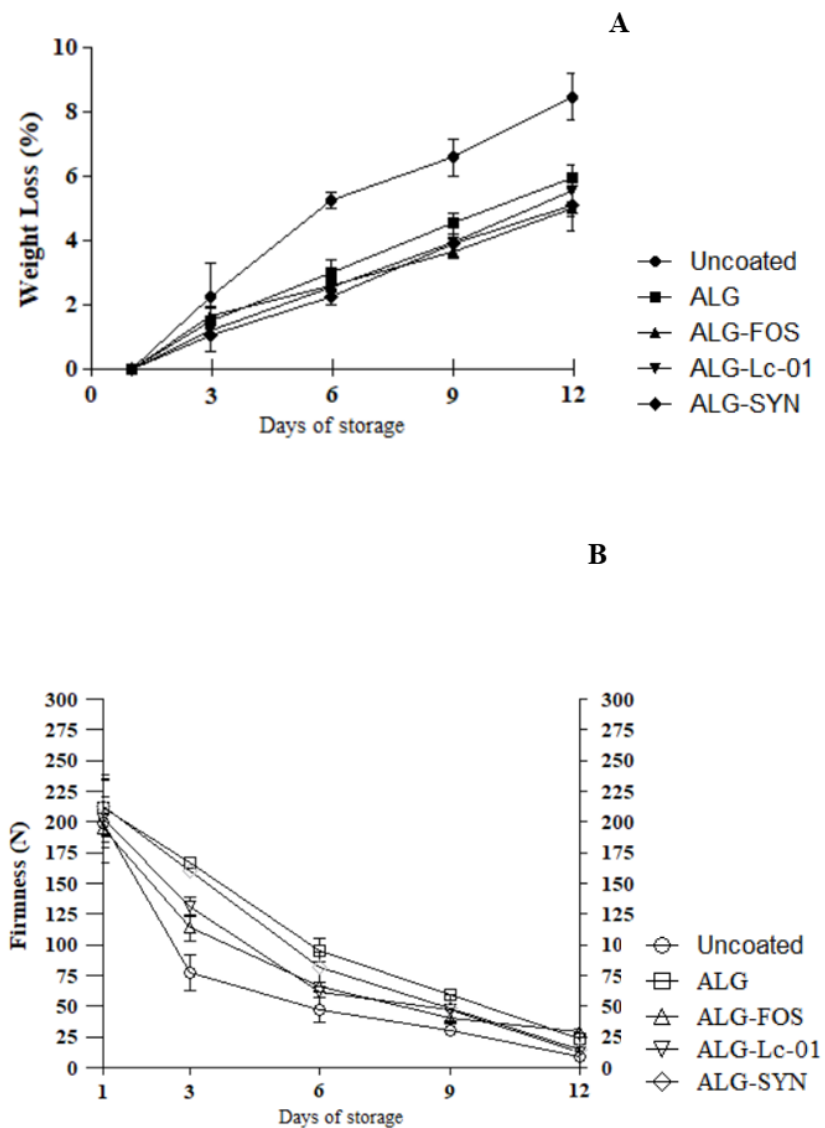


Figure 4. Minimally processed melon: weight loss- A (● CONT-uncoated, ■ ALG, ▲ ALG-FOS, ▼ ALG-Lc-01, ◆ ALG-SYN) and firmness- B (○ CONT-uncoated, □ ALG, △ ALG-FOS, ▽ ALG-Lc-01, ◇ ALG-SYN)during 12 days of storage (5± 1°C).Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples.

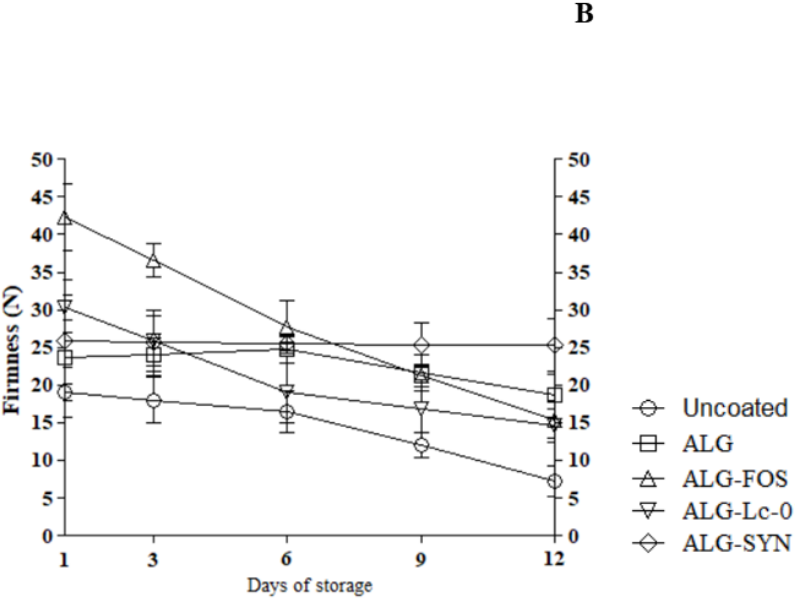
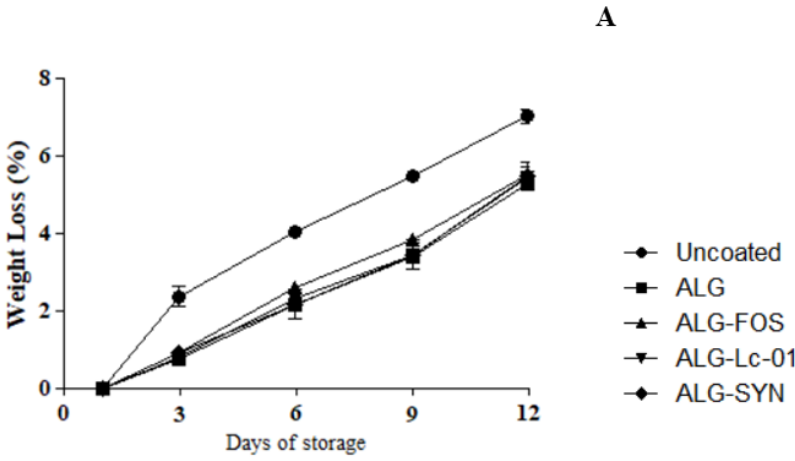


Figure 5. Enzymatic activity: Polyphenol oxidase (PPO) - (A) mango and (a) melon; Peroxidase (POD)- (B) mango and (b) melon; Pectin methylesterase (PME) - (C) mango and (c) melon, during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences ($p < 0.05$) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey’s test. Mean bars with different lowercase letters (a–d) denote significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the same day of storage, based on Tukey’s test.

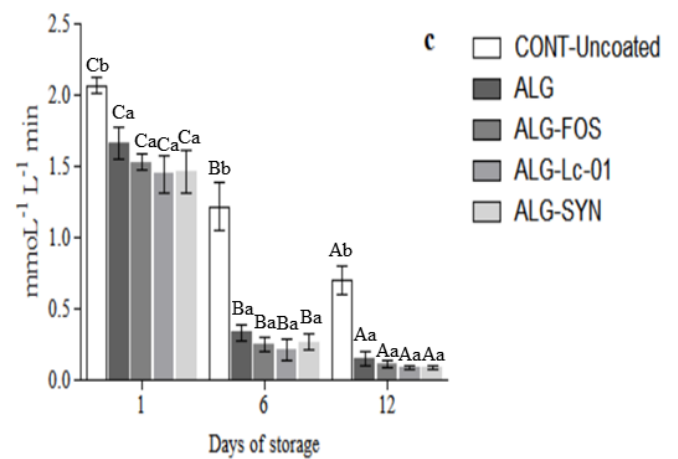
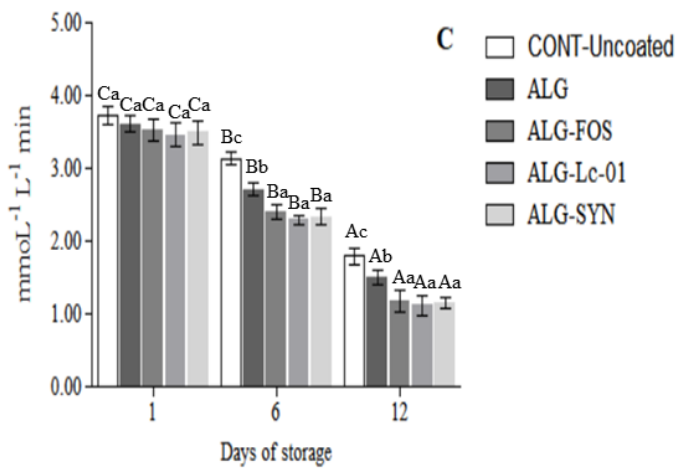
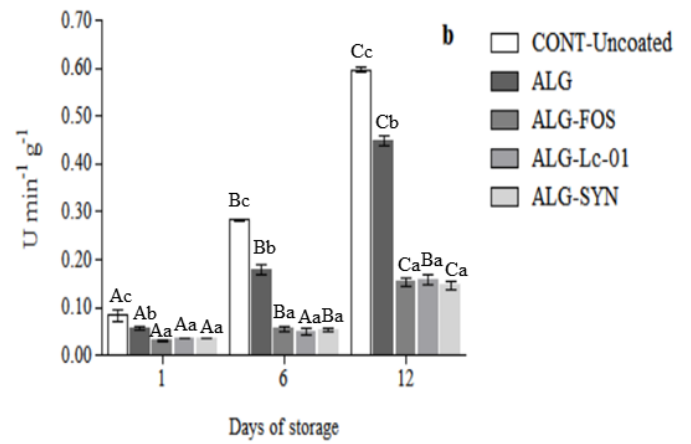
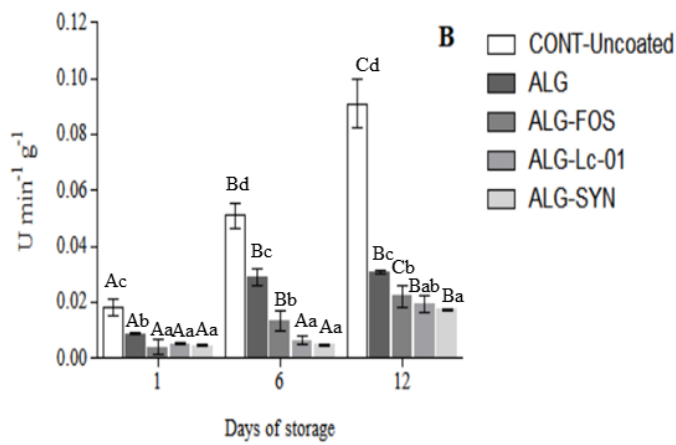
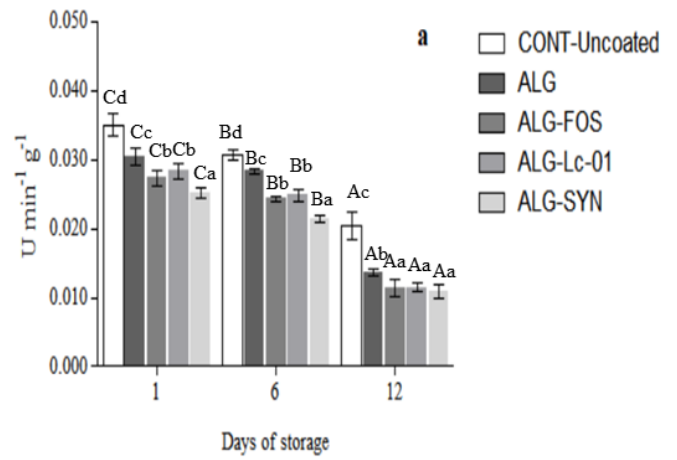
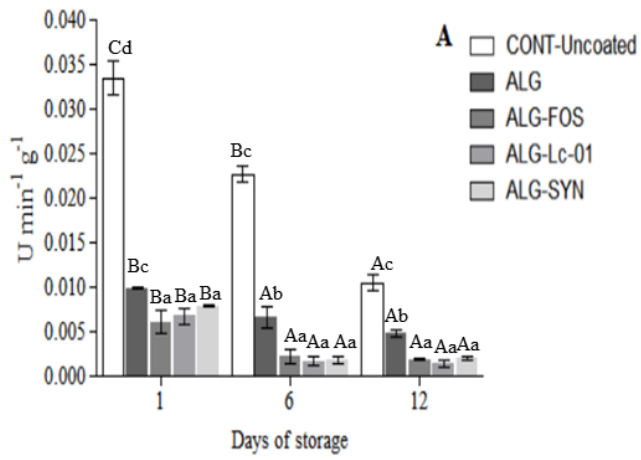


Figure 6. Lc-01 counts in edible coating ALG-Lc-01: mango (A) and melon (B); ALG-SYN: mango (B) and melon (b) during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences ($p < 0.05$) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey's test. Mean bars with different lowercase letters (a–b) denote significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the same day of storage, based on Tukey's test.

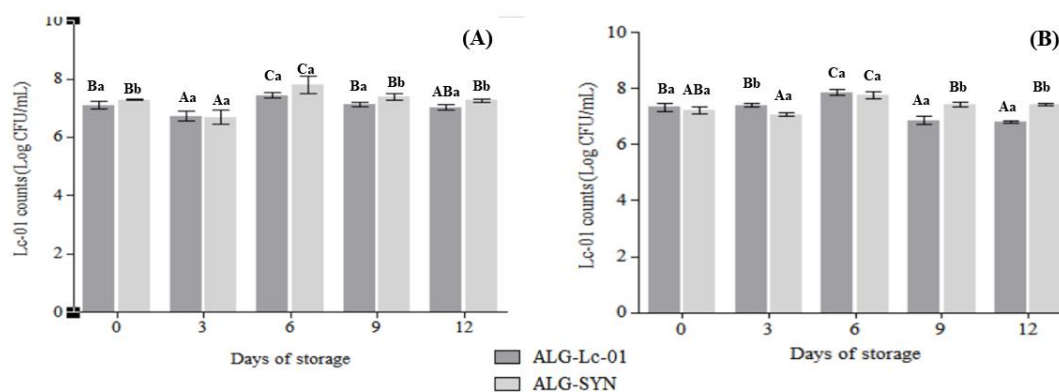


Figure 7. Lc-01 viability in edible coating ALG-Lc-01: mango (A) and melon (B); ALG-SYN: mango (a) and melon (b), after exposure to simulated gastrointestinal tract during 12 days of storage ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). Error bars refer to the mean and standard deviation of the triplicate samples. Mean bars with different capital uppercase letters (A–C) denote significant differences ($p < 0.05$) among different storage time points for the same treatment, based on Tukey's test. Mean bars with different lowercase letters (a–b) denote significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the same day of storage, based on Tukey's test.

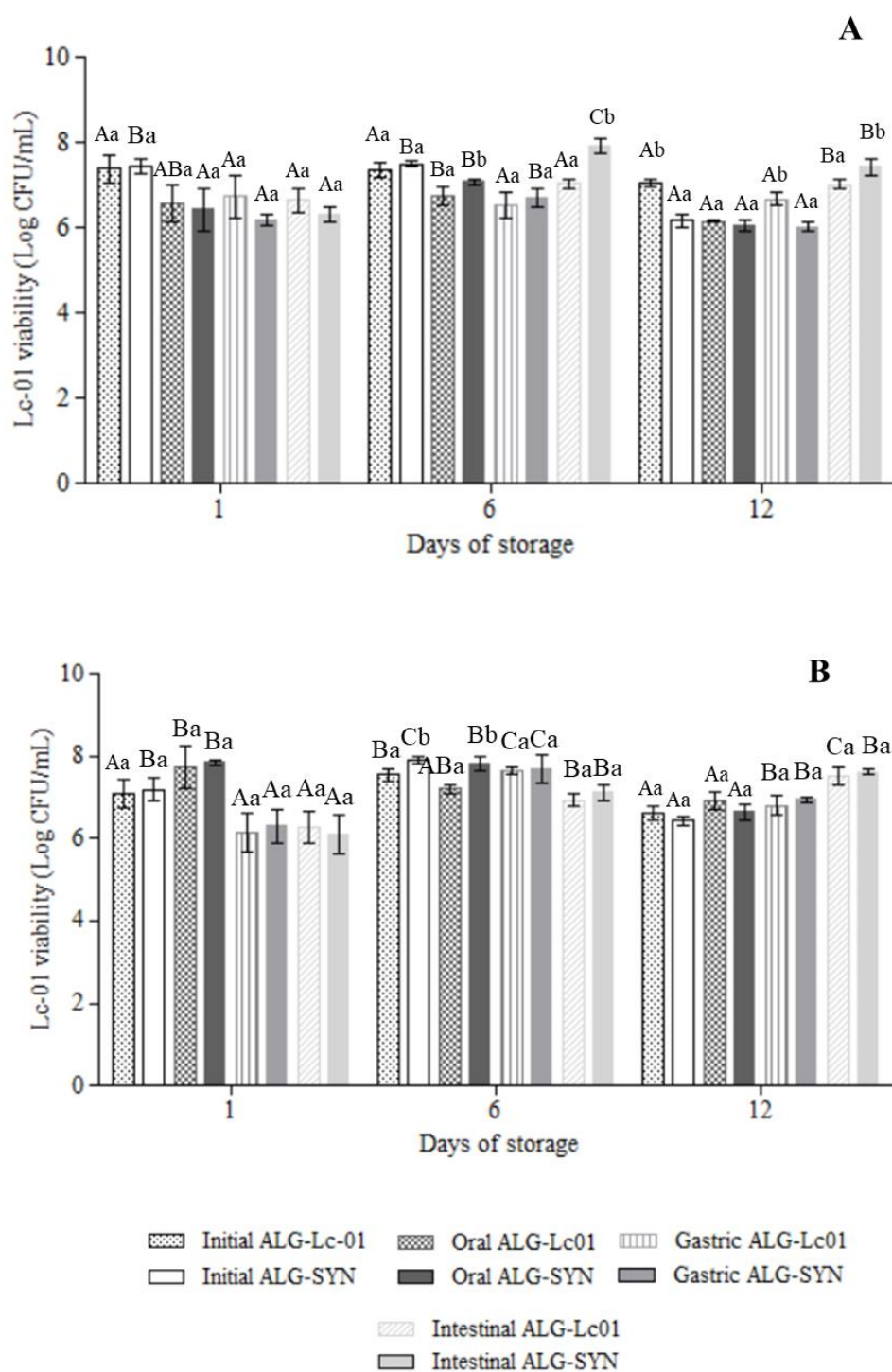


Figure 8. GPA biplot maps for the mango formulations (Day 1). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.

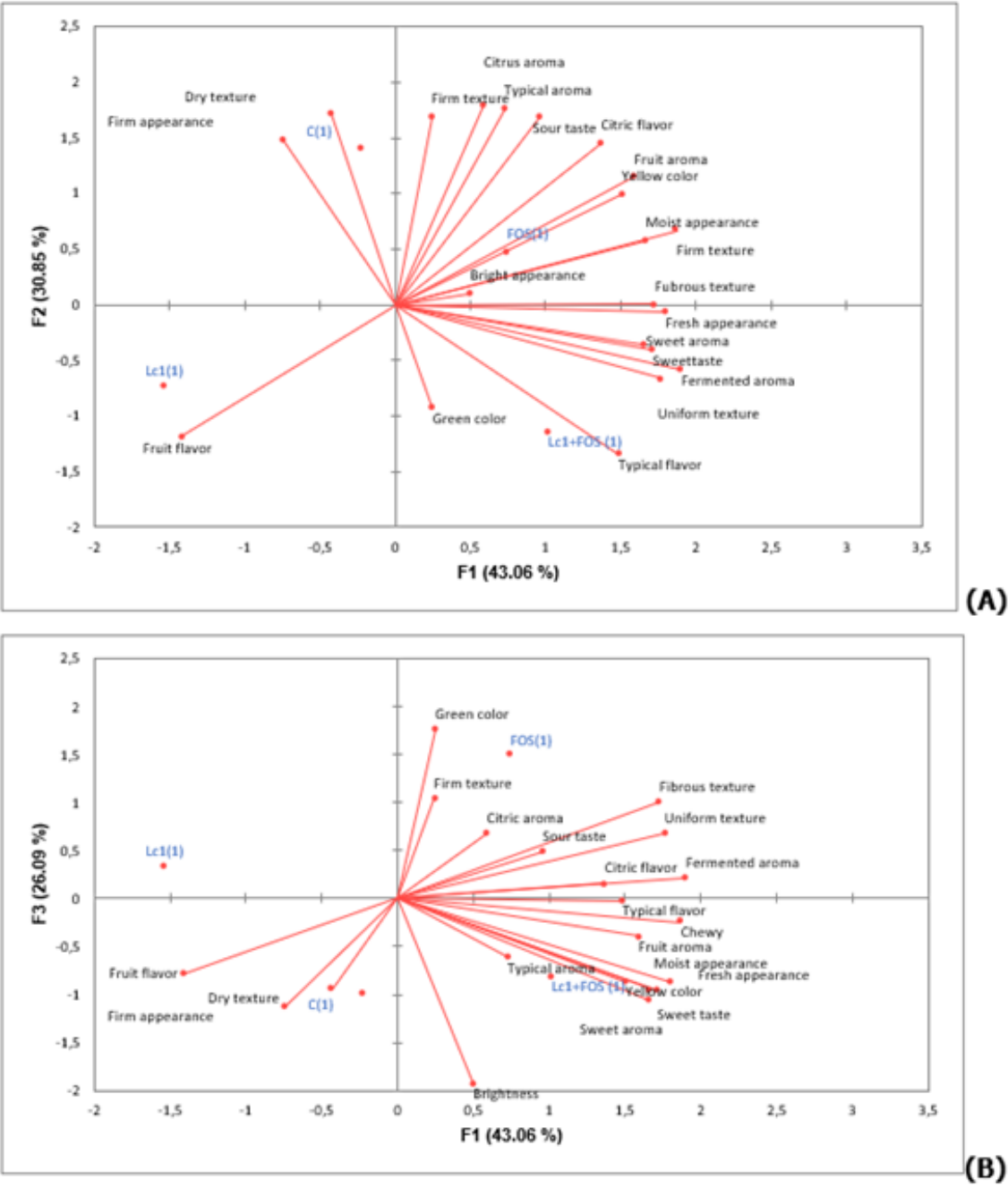


Figure 9. GPA biplot maps for the mango formulations (Day 12). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.

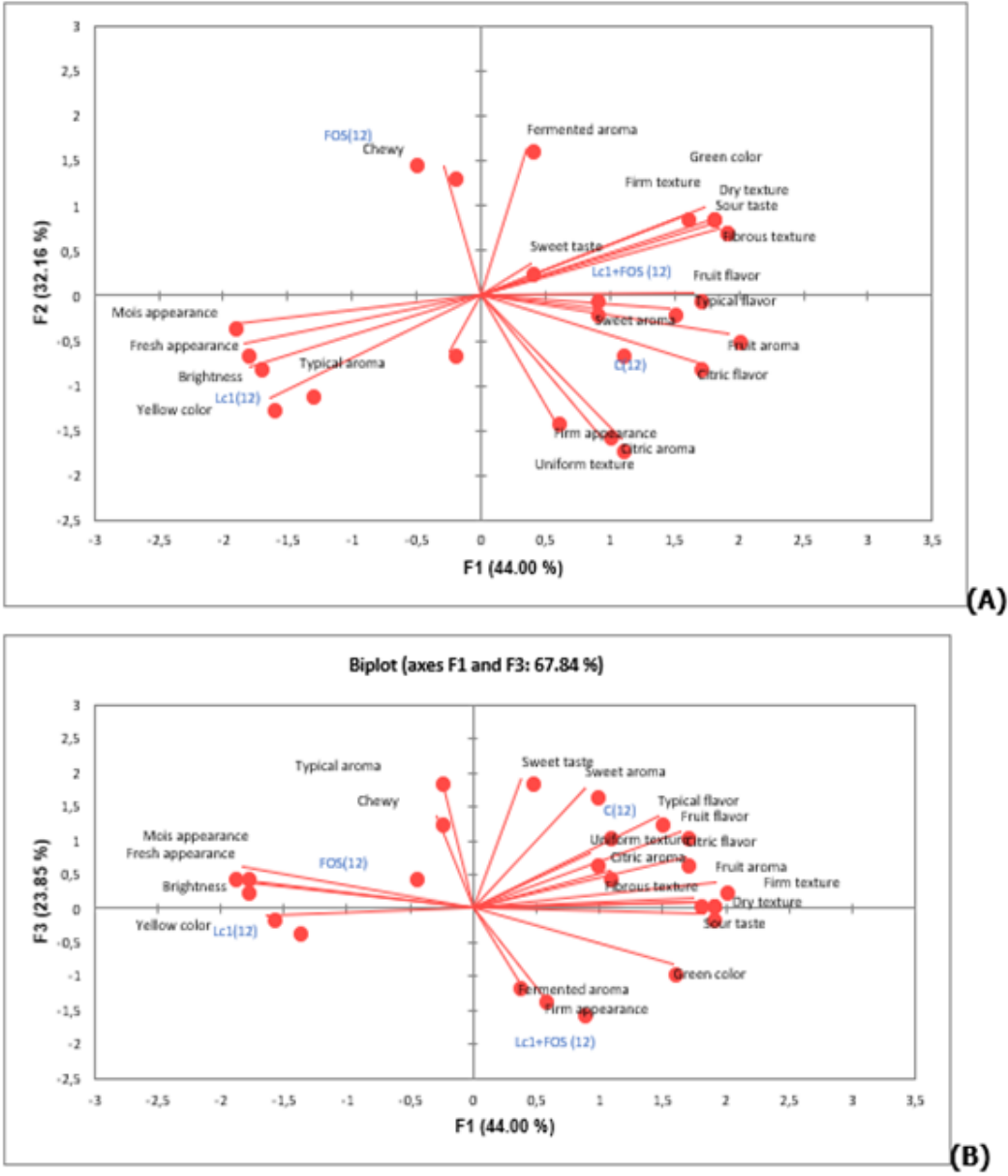


Figure 10. GPA biplot maps for the melon formulations (Day 1). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.

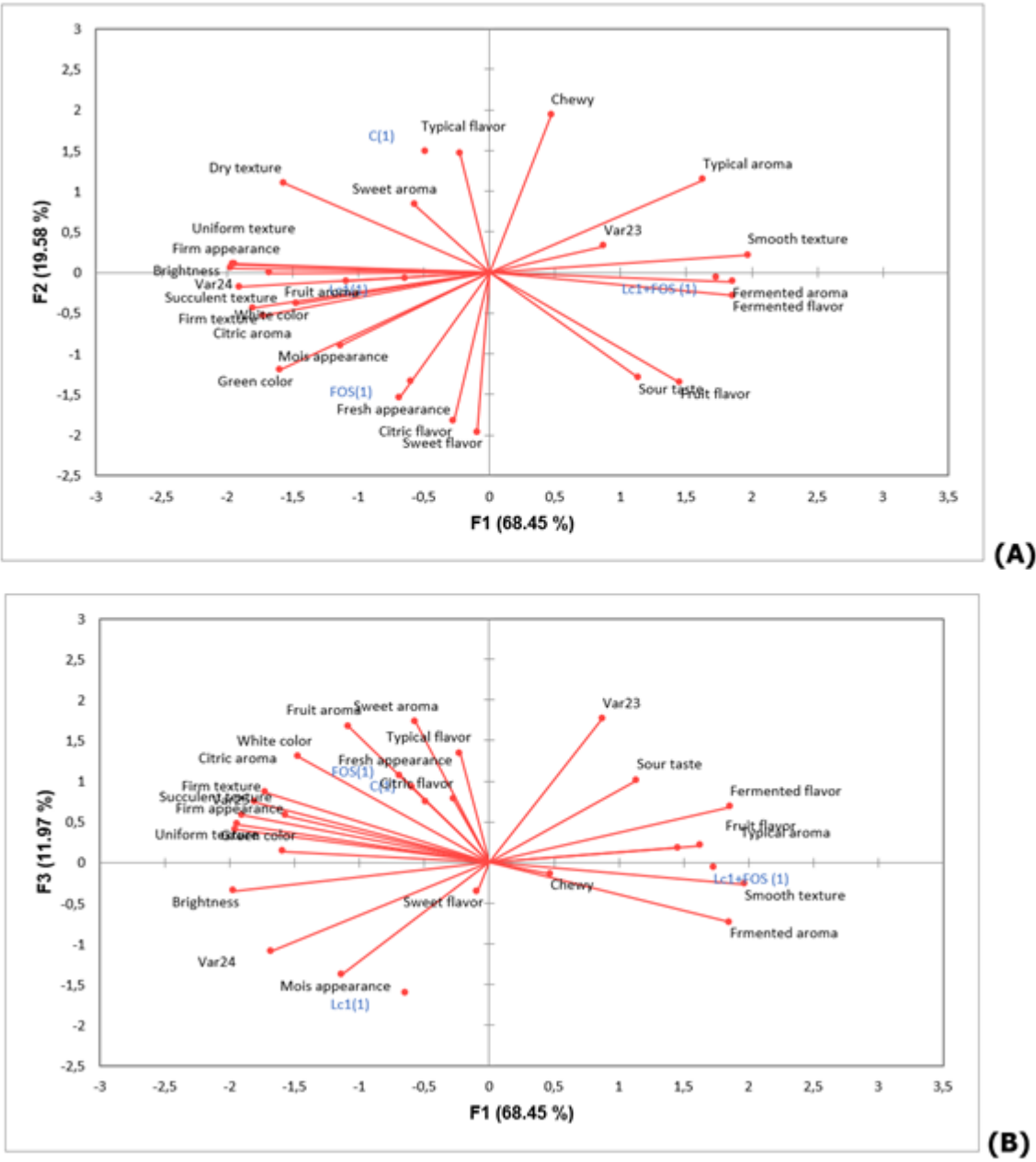


Figure 11. GPA biplot maps for the melon formulations (Day 12). (A) F1 x F2, (B) F1 x F3.

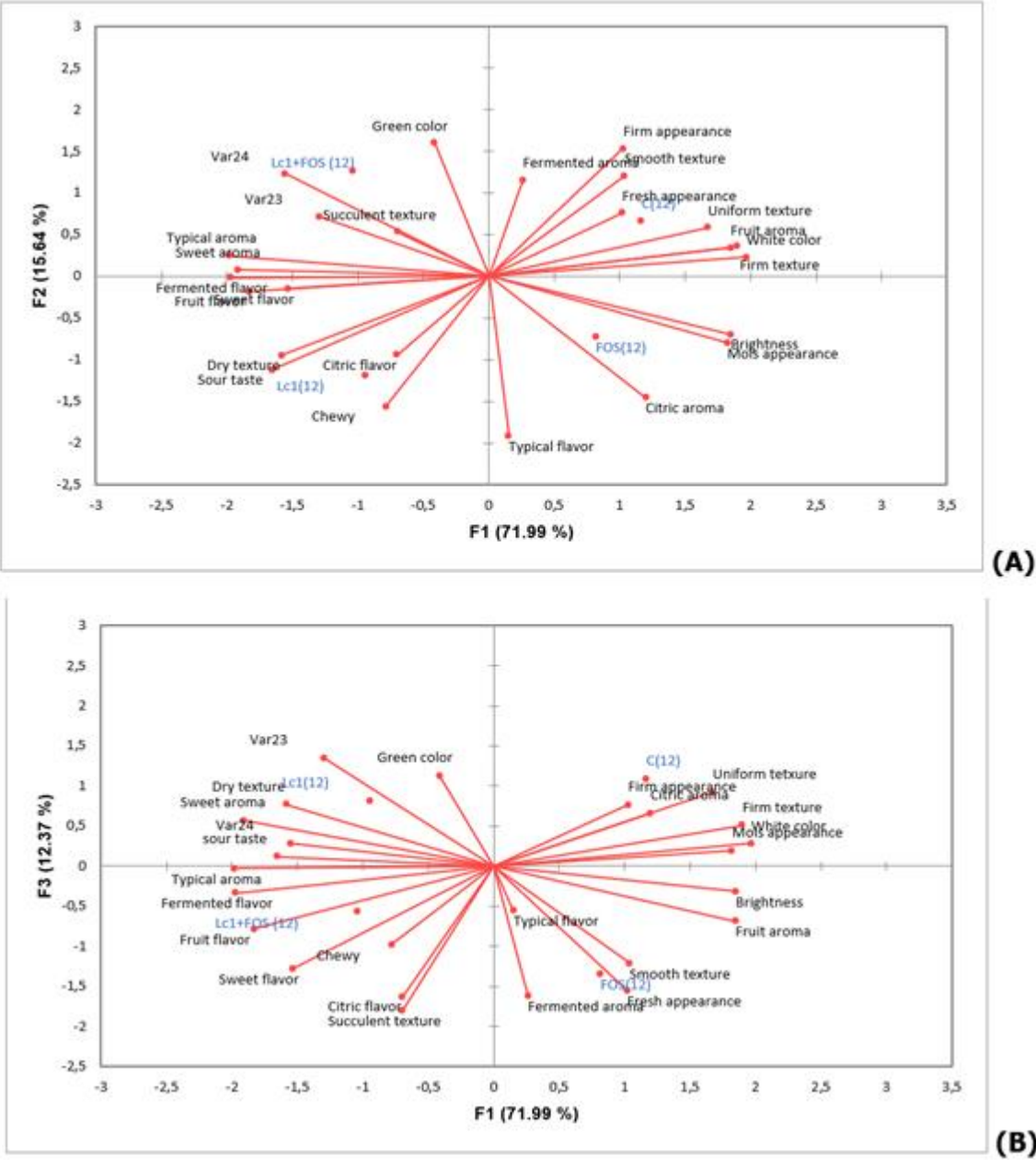


Table 1. Color parameters in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5±1 °C).

MANGO			
Color parameters	Storage (Day)		
	1	6	12
L value			
Uncoated	70.64±1.05 ^{Bd}	69.83±1.14 ^{Ad}	68.44±1.84 ^{Ad}
ALG	24.74±1.36 ^{Ab}	24.54±1.35 ^{Ab}	24.16±1.35 ^{Ab}
ALG- FOS	20.86±1.01 ^{Aa}	20.51±0.99 ^{Aa}	20.24±1.02 ^{Aa}
ALG-Lc-01	22.33±1.83 ^{Aab}	22.17±1.82 ^{Aab}	21.86±1.78 ^{Aab}
ALG-SYN	32.24±1.36 ^{Ac}	31.91±1.26 ^{Ac}	31.48±1.40 ^{Ac}
Chroma value			
Uncoated	75.61±1.48 ^{Bc}	71.92±1.98 ^{Ac}	71.40±2.47 ^{Ab}
ALG	59.55±0.90 ^{Bab}	63.67±3.83 ^{Bb}	54.79±1.74 ^{Aa}
ALG- FOS	55.18±4.42 ^{Aa}	59.56±2.85 ^{Ab}	55.43±3.08 ^{Aa}
ALG-Lc-01	55.85±3.87 ^{Aa}	58.38±2.46 ^{Ab}	53.31±2.68 ^{Aa}
ALG-SYN	60.46±0.48 ^{Ab}	48.79±6.40 ^{Aa}	50.22±3.24 ^{Aa}
°Hue value			
Uncoated	77.06±0.97 ^{Aa}	79.20±0.61 ^{Ba}	79.49±0.43 ^{Ba}
ALG	77.91±1.16 ^{Aab}	82.23±0.69 ^{Bb}	81.13±0.84 ^{Bab}
ALG- FOS	80.50±1.77 ^{Ab}	81.04±2.73 ^{Aab}	77.48±2.67 ^{Aa}
ALG-Lc-01	81.15±2.20 ^{Ab}	79.63±1.69 ^{Ab}	82.71±1.46 ^{Ab}
ALG-SYN	80.06±0.13 ^{Ab}	84.04±4.06 ^{Ab}	82.28±3.28 ^{Ab}
MELON			
Color parameters	Storage (Day)		
	1	6	12
L value			
Uncoated	59.36±0.87 ^{Cd}	41.86±1.50 ^{Bd}	39.12±0.66 ^{Ad}
ALG	24.74±1.36 ^{Ab}	24.54±1.35 ^{Ab}	24.16±1.35 ^{Ab}
ALG- FOS	20.86±1.01 ^{Aa}	20.51±0.99 ^{Aa}	20.24±1.02 ^{Aa}
ALG-Lc-01	22.33±1.83 ^{Aab}	22.17±1.82 ^{Aab}	21.86±1.78 ^{Aab}
ALG-SYN	32.24±1.36 ^{Ac}	31.91±1.26 ^{Ac}	31.48±1.40 ^{Ac}
Chroma value			
Uncoated	15.81±0.38 ^{Ba}	9.61±0.59 ^{Aa}	8.67±0.41 ^{Aa}
ALG	59.55±0.90 ^{ABbc}	63.67±3.83 ^{Bc}	54.79±1.74 ^{Ab}
ALG- FOS	58.18±4.72 ^{Abc}	59.56±2.85 ^{Ac}	55.43±3.08 ^{Ab}
ALG-Lc-01	55.85±3.87 ^{Ab}	58.38±2.46 ^{Ac}	51.31±2.68 ^{Ab}
ALG-SYN	60.66±0.48 ^{Bc}	48.79±6.40 ^{Ab}	50.22±3.24 ^{ABb}
°Hue value			
Uncoated	98.96±0.99 ^{Ac}	104.98±0.94 ^{Bc}	105.12±0.86 ^{Bc}
ALG	77.91±1.16 ^{Aa}	82.23±0.69 ^{Bb}	81.13±0.84 ^{Bb}
ALG- FOS	80.50±1.77 ^{Aab}	81.04±2.73 ^{Aab}	77.48±2.67 ^{Aa}
ALG-Lc-01	81.15±2.20 ^{Aab}	79.63±1.69 ^{Aa}	82.81±1.46 ^{Ab}
ALG-SYN	80.08±0.13 ^{Ab}	84.04±4.06 ^{Ab}	82.28±3.28 ^{Ab}

A-C: Average values in the same row with different uppercase letters are significantly different between times (p < 0.05), based on Tukey's test.

a-d: Average values in the same column with different lowercase letters are significantly different between coatings (p < 0.05), based on Tukey's test.

Table 2. Physicochemical parameters in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5±1 °C).

MANGO					
Titrable acidity (g/100)	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	0.76±0.05 ^{Da}	0.57±0.06 ^{Ca}	0.52±0.03 ^{Ca}	0.40±0.03 ^{Ba}	0.25±0.03 ^{Aa}
ALG	0.77±0.08 ^{Da}	0.62±0.03 ^{Ca}	0.54±0.06 ^{BCa}	0.47±0.03 ^{Bb}	0.32±0.03 ^{Ab}
LG-FOS	0.82±0.03 ^{Ca}	0.75±0.09 ^{BCb}	0.67±0.03 ^{Bb}	0.53±0.07 ^{Ab}	0.45±0.03 ^{Ac}
ALG-Lc-01	0.81±0.05 ^{Ca}	0.68±0.05 ^{Bab}	0.53±0.05 ^{Aa}	0.51±0.05 ^{Ab}	0.48±0.03 ^{Ac}
ALG-SYN	0.81±0.10 ^{Ba}	0.76±0.05 ^{Bb}	0.74±0.03 ^{Bb}	0.52±0.03 ^{Ab}	0.47±0.03 ^{Ac}
MELON					
Titrable acidity (g/100)	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	0.21±0.03 ^{Da}	0.14±0.01 ^{Ca}	0.11±0.01 ^{Ba}	0.09±0.01 ^{ABa}	0.06±0.02 ^{Aa}
ALG	0.22±0.03 ^{Ba}	0.18±0.03 ^{Ba}	0.17±0.03 ^{ABb}	0.13±0.01 ^{Ab}	0.12±0.02 ^{Ab}
ALG-FOS	0.22±0.03 ^{Ba}	0.21±0.03 ^{Ba}	0.16±0.02 ^{ABb}	0.14±0.02 ^{Ab}	0.11±0.01 ^{Ab}
ALG-Lc-01	0.18±0.03 ^{Ba}	0.17±0.03 ^{Ba}	0.13±0.03 ^{ABab}	0.12±0.03 ^{ABb}	0.10±0.01 ^{Ab}
ALG-SYN	0.19±0.03 ^{Ba}	0.17±0.03 ^{ABa}	0.14±0.02 ^{ABab}	0.13±0.03 ^{ABb}	0.12±0.03 ^{Ab}
MANGO					
pH	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	3.28±0.03 ^{Aa}	3.79±0.02 ^{Bd}	3.92±0.01 ^{Cd}	3.94±0.03 ^{Cc}	4.21±0.03 ^{Dc}
ALG	3.29±0.03 ^{Aa}	3.45±0.02 ^{Bc}	3.88±0.03 ^{Cd}	3.99±0.02 ^{Dc}	4.03±0.04 ^{Db}
ALG-FOS	3.26±0.05 ^{Aa}	3.27±0.03 ^{Aa}	3.28±0.01 ^{Aa}	3.30±0.05 ^{Aa}	3.40±0.02 ^{Ba}
ALG-Lc-01	3.29±0.01 ^{Aa}	3.35±0.03 ^{Bb}	3.36±0.02 ^{Bc}	3.37±0.04 ^{Bb}	3.42±0.06 ^{Ba}
ALG-SYN	3.28±0.02 ^{Aa}	3.30±0.01 ^{Aa}	3.31±0.01 ^{Ab}	3.32±0.05 ^{Ab}	3.45±0.03 ^{Ba}
MELON					
pH	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	5.14±0.03 ^{Aa}	5.57±0.06 ^{Be}	5.94±0.01 ^{Ce}	6.16±0.06 ^{Dd}	6.20±0.02 ^{Dc}
ALG	5.10±0.01 ^{Aa}	5.11±0.04 ^{Aa}	5.21±0.03 ^{Ba}	5.26±0.02 ^{Ba}	5.56±0.05 ^{Ba}
ALG-FOS	5.09±0.03 ^{Aa}	5.38±0.03 ^{Bc}	5.41±0.01 ^{Bc}	5.55±0.01 ^{Cb}	5.61±0.01 ^{Da}
ALG-Lc-01	5.17±0.06 ^{Aa}	5.24±0.04 ^{Ab}	5.37±0.01 ^{Bb}	5.62±0.06 ^{Cb}	5.64±0.03 ^{Ca}
ALG-SYN	5.10±0.02 ^{Aa}	5.45±0.02 ^{Bd}	5.69±0.02 ^{Cd}	5.70±0.06 ^{Cc}	5.72±0.01 ^{Cb}
MANGO					
TSS (Brix°):	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	8.57±0.15 ^{Aa}	12.27±0.23 ^{Bd}	13.60±0.35 ^{Cc}	14.17±0.12 ^{Dd}	15.23±0.12 ^{Ed}
ALG	8.47±0.23 ^{Aa}	9.70±0.36 ^{Ba}	12.13±0.12 ^{Cb}	12.97±0.06 ^{Dc}	13.03±0.06 ^{Dc}
ALG-FOS	8.73±0.46 ^{Aa}	10.80±0.35 ^{Bc}	11.23±0.06 ^{Ca}	11.53±0.40 ^{CDa}	11.70±0.22 ^{Da}
ALG-Lc-01	8.40±0.52 ^{Aa}	10.07±0.06 ^{Bab}	11.17±0.06 ^{Ca}	12.07±0.06 ^{Db}	12.17±0.15 ^{Db}
ALG-SYN	8.83±0.76 ^{Aa}	10.23±0.12 ^{Bb}	11.13±0.06 ^{Ca}	11.37±0.06 ^{Da}	11.80±0.12 ^{Da}
MELON					
TSS (Brix°):	Storage (Day)				
	1	3	6	9	12
Uncoated	7.17±0.06 ^{Aa}	8.07±0.12 ^{Bb}	9.10±0.10 ^{Cc}	10.13±0.06 ^{Dc}	10.93±0.06 ^{Ed}
ALG	7.07±0.12 ^{Aa}	8.13±0.06 ^{Bb}	8.20±0.17 ^{Bb}	8.33±0.06 ^{Bb}	8.40±0.10 ^{Bb}
ALG-FOS	7.10±0.10 ^{Aa}	7.17±0.06 ^{Aa}	7.33±0.12 ^{Aa}	8.03±0.06 ^{Ba}	8.13±0.06 ^{Ba}
ALG-Lc-01	7.13±0.06 ^{Aa}	7.30±0.17 ^{Aa}	8.07±0.06 ^{Bb}	8.13±0.10 ^{Ba}	8.17±0.06 ^{Ba}
ALG-SYN	7.23±0.06 ^{Aa}	8.07±0.06 ^{Bb}	8.10±0.10 ^{Bb}	8.13±0.12 ^{Ba}	8.20±0.10 ^{Ba}

A-E: Average values in the same row with different uppercase letters are significantly different between times (p < 0.05), based on Tukey's test.

a-e: Average values in the same column with different lowercase letters are significantly different between coatings (p < 0.05), based on Tukey's test.

Table 3. Concentration of sugar in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5±1 °C).

MANGO				
Parameters	Samples	Storage (Day)		
		1	6	12
Sucrose	Uncoated	47.52±2.84 ^{Ca}	38.39±1.92 ^{Ba}	23.33±1.41 ^{Aa}
	ALG	44.23±4.01 ^{Ca}	36.81±2.09 ^{Ba}	26.47±1.89 ^{Ab}
	ALG-FOS	43.89±2.28 ^{Ba}	43.04±2.66 ^{Bb}	34.11±4.01 ^{Ac}
	ALG-Lc1-01	47.01±2.07 ^{Ca}	41.67±2.48 ^{Bb}	33.17±3.81 ^{Ac}
	ALG-SYN	44.46±2.98 ^{Ba}	43.41±2.63 ^{Bb}	35.97±3.45 ^{Ac}
Glucose	Uncoated	10.51±1.55 ^{Aa}	14.21±0.41 ^{Bc}	16.50±0.85 ^{Cc}
	ALG	8.45±0.98 ^{Aa}	12.38±0.61 ^{Bb}	14.01±1.16 ^{Cb}
	ALG-FOS	7.39±2.07 ^{Aa}	9.86±1.03 ^{Aa}	13.09±1.06 ^{Bab}
	ALG-Lc1-01	9.43±1.33 ^{Aa}	10.02±0.56 ^{Aa}	12.69±1.19 ^{Bab}
	ALG-SYN	7.63±1.99 ^{Aa}	9.38±1.05 ^{Aa}	11.02±1.68 ^{Aa}
Fructose	Uncoated	17.56±1.16 ^{Aa}	29.31±0.98 ^{Bc}	32.11±1.73 ^{Cc}
	ALG	14.46±3.91 ^{Aa}	24.53±0.82 ^{Bb}	26.91±1.71 ^{Bb}
	ALG-FOS	15.39±3.89 ^{Aa}	19.43±1.33 ^{Aa}	23.37±1.13 ^{Ba}
	ALG-Lc1-01	14.40±2.79 ^{Aa}	18.54±2.60 ^{ABa}	22.68±3.78 ^{Bab}
	ALG-SYN	15.41±3.17 ^{Aa}	17.93±2.06 ^{Aa}	24.22±0.50 ^{Ba}
MELON				
Parameters	Samples	Storage (Day)		
		1	6	12
Sucrose	Uncoated	4.59±0.34 ^{Ca}	2.61±0.49 ^{Ba}	1.55±0.18 ^{Aa}
	ALG	4.47±0.26 ^{Ba}	2.72±0.34 ^{Aa}	2.37±0.31 ^{Ab}
	ALG-FOS	4.72±0.38 ^{Ba}	4.37±0.55 ^{Bb}	3.32±0.19 ^{Ac}
	ALG-Lc1-01	4.66±0.26 ^{Ba}	4.39±0.25 ^{Bb}	3.73±0.22 ^{Ac}
	ALG-SYN	4.58±0.19 ^{Ba}	4.17±0.23 ^{Bb}	3.58±0.24 ^{Ac}
Glucose	Uncoated	14.70±0.97 ^{Aa}	24.19±1.94 ^{Bb}	34.47±3.50 ^{Cc}
	ALG	12.95±1.02 ^{Aa}	14.57±1.32 ^{Aa}	24.68±1.36 ^{Bb}
	ALG-FOS	13.21±1.30 ^{Aa}	15.55±2.35 ^{Aa}	14.82±2.71 ^{Aa}
	ALG-Lc1-01	13.71±0.43 ^{Aa}	14.65±3.18 ^{Aa}	16.25±2.86 ^{Aa}
	ALG-SYN	13.99±0.82 ^{Aa}	14.08±1.55 ^{Aa}	15.89±3.04 ^{Aa}
Fructose	Uncoated	13.45±2.35 ^{Aa}	32.63±4.0 ^{Bb}	44.17±3.95 ^{Cd}
	ALG	15.69±2.84 ^{Aa}	15.01±2.34 ^{Aa}	27.25±1.75 ^{Bc}
	ALG-FOS	15.13±0.95 ^{Aa}	16.74±2.74 ^{Aa}	21.52±1.16 ^{Bb}
	ALG-Lc1-01	12.30±2.55 ^{Aa}	16.17±3.18 ^{Aa}	19.06±1.74 ^{Bb}
	ALG-SYN	13.45±2.35 ^{Aa}	12.63±1.00 ^{Aa}	16.17±1.35 ^{Ba}

A-C: Average values in the same row with different uppercase letters are significantly different between times (p < 0.05), based on Tukey's test.

a-d: Average values in the same column with different lowercase letters are significantly different between coatings (p < 0.05), based on Tukey's test.

Table 4. Concentration organic acids in mango or melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5±1 °C).

Organic acids	Samples mango	Storage (Day)		
		1	6	12
Citric acid	Uncoated	27.08±3.15 ^{Ca}	9.08±1.32 ^{Ba}	4.78±1.08 ^{Aa}
	ALG	27.35±1.41 ^{Ca}	15.38±0.45 ^{Bb}	11.35±3.03 ^{Ab}
	ALG-FOS	29.19±3.44 ^{Ca}	16.11±1.80 ^{Bb}	10.11±1.71 ^{Ab}
	ALG-Lc1-01	24.49±3.44 ^{Ca}	15.28±2.25 ^{Bb}	10.84±0.71 ^{Ab}
	ALG-SYN	23.45±4.26 ^{Ba}	16.01±2.74 ^{Ab}	13.27±2.15 ^{Ab}
Malic acid	Uncoated	1.48±0.32 ^{Ca}	0.83±0.04 ^{Ba}	0.71±0.05 ^{Aa}
	ALG	1.57±0.16 ^{Ca}	1.26±0.09 ^{Bb}	0.65±0.10 ^{Aa}
	ALG-FOS	1.76±0.24 ^{Ba}	1.35±0.31 ^{ABbc}	1.04±0.23 ^{Ab}
	ALG-Lc1-01	1.56±0.45 ^{Ba}	1.53±0.28 ^{Abc}	1.09±0.09 ^{Ab}
	ALG-SYN	1.57±0.37 ^{Ba}	1.54±0.12 ^{Ac}	1.28±0.16 ^{Ab}
Succinic acid	Uncoated	136.69±7.50 ^{Ca}	38.23±2.47 ^{Ba}	16.74±2.61 ^{Aa}
	ALG	135.64±15.14 ^{Ca}	86.32±3.86 ^{Bb}	66.12±3.49 ^{Ab}
	ALG-FOS	130.61±8.65 ^{Ca}	92.08±8.26 ^{Bb}	63.80±9.58 ^{Abc}
	ALG-Lc1-01	126.59±9.71 ^{Ca}	110.46±4.40 ^{Bc}	83.25±9.82 ^{Ac}
	ALG-SYN	147.23±13.17 ^{Ba}	83.92±6.95 ^{Ab}	81.40±5.25 ^{Ac}
Organic Acids	Samples melon	Storage (Day)		
		1	6	12
Citric acid	Uncoated	4.68±0.46 ^{Ca}	2.67±0.13 ^{Ba}	2.29±0.08 ^{Aa}
	ALG	4.00±0.51 ^{Ba}	2.49±0.32 ^{Aa}	2.32±0.13 ^{Aa}
	ALG-FOS	4.33±0.24 ^{Ba}	2.96±0.16 ^{Aa}	2.89±0.13 ^{Ab}
	ALG-Lc1-01	4.28±0.69 ^{Ba}	2.89±0.13 ^{Aa}	2.56±0.48 ^{Aab}
	ALG-SYN	3.61±0.51 ^{Ba}	2.39±0.41 ^{Aa}	2.20±0.20 ^{Aa}
Malic acid	Uncoated	0.89±0.05 ^{Aa}	1.01±0.04 ^{Bb}	1.29±0.08 ^{Cb}
	ALG	0.78±0.08 ^{Aa}	0.87±0.18 ^{Ab}	1.13±0.05 ^{Bb}
	ALG-FOS	0.69±0.25 ^{Aa}	0.91±0.12 ^{Ab}	1.24±0.08 ^{Bb}
	ALG-Lc1-01	0.88±0.05 ^{Ba}	0.68±0.12 ^{Aa}	0.68±0.15 ^{Aa}
	ALG-SYN	0.96±0.08 ^{Ba}	0.68±0.17 ^{Aa}	0.61±0.11 ^{Aa}
Succinic acid	Uncoated	1.76±0.10 ^{Ca}	1.31±0.12 ^{Bb}	1.01±0.05 ^{Ab}
	ALG	1.90±0.06 ^{Ca}	0.79±0.08 ^{Ba}	0.62±0.04 ^{Aa}
	ALG-FOS	1.84±0.11 ^{Ca}	0.81±0.10 ^{Ba}	0.60±0.09 ^{Aa}
	ALG-Lc1-01	1.66±0.20 ^{Ca}	0.84±0.07 ^{Ba}	0.66±0.06 ^{Aa}
	ALG-SYN	1.96±0.12 ^{Ba}	0.69±0.09 ^{Aa}	0.55±0.05 ^{Aa}

A-B: Average values in the same row with different uppercase letters are significantly different between times ($p < 0.05$), based on Tukey's test.

a-c: Average values in the same column with different lowercase letters are significantly different between coatings ($p < 0.05$), based on Tukey's test.

Table 5. Concentration of volatile compounds in minimally processed mango uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5 ± 1 °C).

Volatile compounds mango	UNCOATED			ALG			ALG-FOS			ALG-Lc-01			ALG-SYN		
	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12
Alcohol															
Terpinen-4-ol	ND	202.47 ^{Aa}	300.11 ^{Bb}	149.04 ^{Cd}	759.50 ^{Bd}	586.65 ^{Ad}	477.56 ^{Bc}	440.21 ^{Ab}	484.65 ^{Cc}	414.88 ^{Cb}	945.41 ^{Ae}	204.66 ^{Ba}	339.13 ^{Aa}	462.32 ^{Bc}	834.53 ^{Ce}
α-Terpineol	57.00 ^{Aa}	125.36 ^{Bb}	136.27 ^{Cc}	396.30 ^{Ce}	312.04 ^{Bd}	211.75 ^{Ad}	199.71 ^{Cd}	123.78 ^{Ba}	98.46 ^{Ab}	135.71 ^{Bc}	434.16 ^{Ce}	64.75 ^{Aa}	93.54 ^{Ab}	153.90 ^{Bc}	244.50 ^{Ce}
1-Octanol	ND	143.35 ^{Be}	96.07 ^{Aa}	43.58 ^{Ab}	65.58 ^{Bb}	171.55 ^{Cd}	20.19 ^{Aa}	97.52 ^{Bc}	193.52 ^{Ce}	81.55 ^{Ac}	126.54 ^{Bd}	155.26 ^{Cc}	90.25 ^{Bd}	69.53 ^{Aa}	109.34 ^{Cb}
‘Benzenemethanol,.alpha.,.alpha.,4-trimethyl-	8.80 ^{Aa}	25.11 ^{Ca}	19.96 ^{Ba}	60.15 ^{Ae}	72.59 ^{Be}	84.00 ^{Ce}	45.70 ^{Ab}	62.24 ^{Cc}	50.54 ^{Bb}	50.85 ^{Ac}	68.87 ^{Bd}	68.97 ^{Cd}	55.90 ^{Bd}	44.52 ^{Ab}	58.75 ^{Cc}
Terpene															
(+)-4-Carene	96.56 ^{Aa}	896.00 ^{Bb}	1552.66 ^{Ab}	4119.25 ^{Ce}	2912.48 ^{Bc}	1889.77 ^{Ad}	945.39 ^{Bb}	871.62 ^{Aa}	1646.76 ^{Cc}	1010.23 ^{Bc}	10379.33 ^{Ce}	586.14 ^{Aa}	1032.90 ^{Ad}	3648.58 ^{Cd}	3483.18 ^{Be}
p-Mentha-1,5-dien-8-ol	ND	101.40 ^{Ba}	93.65 ^{Aa}	430.04 ^{Cd}	611.97 ^{Ce}	357.99 ^{Be}	162.38 ^{Ab}	333.31 ^{Cc}	190.40 ^{Bc}	111.91 ^{Aa}	455.58 ^{Cd}	173.02 ^{Bb}	199.88 ^{Ac}	306.83 ^{Bb}	340.24 ^{Cd}
Caryophyllene	486.03 ^{Cc}	190.34 ^{Aa}	232.48 ^{Ca}	1309.53 ^{Ce}	963.23 ^{Bc}	410.89 ^{Ab}	411.60 ^{Ab}	649.00 ^{Cb}	618.39 ^{Bd}	713.06 ^{Bd}	8210.56 ^{Ce}	544.56 ^{Ac}	377.15 ^{Aa}	1115.26 ^{Bd}	1342.48 ^{Ce}
Cyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 6-trimethyl-	23.00 ^{Aa}	49.21 ^{Ca}	38.73 ^{Ba}	109.73 ^{Ae}	201.55 ^{Be}	237.51 ^{Ce}	49.57 ^{Ab}	144.36 ^{Bb}	159.76 ^{Cb}	55.13 ^{Ac}	163.34 ^{Bd}	212.82 ^{Cd}	92.02 ^{Ad}	159.51 ^{Bc}	201.13 ^{Cc}
Copaene	71.39 ^{Ac}	67.96 ^{Ca}	64.69 ^{Ba}	338.99 ^{Ce}	141.92 ^{Bc}	64.92 ^{Ab}	70.30 ^{Ab}	89.46 ^{Bb}	107.44 ^{Cc}	117.61 ^{Ad}	3365.17 ^{Ce}	231.10 ^{Bd}	52.26 ^{Aa}	250.63 ^{Cd}	237.80 ^{Be}
Myrtenyl acetate	22.21 ^{Aa}	44.63 ^{Cc}	36.80 ^{Bc}	180.31 ^{Ce}	108.62 ^{Be}	14.37 ^{Ab}	49.95 ^{Bc}	20.35 ^{Ab}	ND	81.54 ^{Bd}	54.24 ^{Ad}	ND	39.53 ^{Cb}	14.54 ^{Ba}	13.28 ^{Aa}
3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	50.31 ^{Aa}	202.47 ^{Ba}	300.11 ^{Cb}	1258.51 ^{Ce}	759.50 ^{Bd}	586.65 ^{Ad}	477.56 ^{Bd}	450.51 ^{Ab}	514.01 ^{Cc}	442.28 ^{Bc}	2069.99 ^{Ce}	208.87 ^{Aa}	354.45 ^{Ab}	462.32 ^{Bc}	884.16 ^{Ce}
1,3,8-p-Menthatriene	2.80 ^{Aa}	20.40 ^{Ba}	31.43 ^{Cb}	55.74 ^{Ce}	49.12 ^{Bc}	44.14 ^{Ac}	21.28 ^{Bb}	20.42 ^{Ab}	24.97 ^{Aa}	37.55 ^{Bd}	131.99 ^{Ce}	20.98 ^{Aa}	21.80 ^{Ac}	55.43 ^{Bd}	56.81 ^{Cd}
Carveol	ND	9.56 ^{Aa}	12.29 ^{Bb}	29.13 ^{Ad}	32.51 ^{Cd}	31.66 ^{Bd}	20.35 ^{Cc}	20.61 ^{Bb}	18.55 ^{Ac}	3.95 ^{Aa}	89.43 ^{Ce}	9.16 ^{Ba}	13.25 ^{Ab}	26.97 ^{Bc}	48.31 ^{Ce}
Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-, (1S)-	ND	27.59 ^{Ba}	22.64 ^{Aa}	138.00 ^{Bd}	260.54 ^{Ce}	304.50 ^{Ae}	27.25 ^{Aa}	153.62 ^{Bc}	189.35 ^{Cc}	37.54 ^{Ac}	171.27 ^{Bd}	149.85 ^{Cb}	35.63 ^{Ab}	153.22 ^{Bb}	298.74 ^{Cd}
(-)-Carvone	1.69 ^{Aa}	5.12 ^{Ca}	4.78 ^{Ba}	22.51 ^{Ae}	33.87 ^{Bd}	33.87 ^{Be}	11.35 ^{Ac}	29.26 ^{Cc}	26.26 ^{Bc}	9.43 ^{Ab}	35.22 ^{Ce}	25.91 ^{Bb}	11.90 ^{Ad}	26.47 ^{Bb}	28.28 ^{Cd}
(-)-Myrtenol	5.16 ^{Aa}	15.06 ^{Cb}	14.82 ^{Bd}	48.17 ^{Ce}	46.66 ^{Be}	15.67 ^{Ae}	17.05 ^{Cb}	16.67 ^{Bc}	6.79 ^{Ab}	28.68 ^{Bd}	29.56 ^{Cd}	4.04 ^{Aa}	18.86 ^{Cc}	9.06 ^{Aa}	12.12 ^{Bc}
Bicyclo[3.1.1]heptan-2-one, 3,6,6-trimethyl-	15.49 ^{Aa}	32.17 ^{Ca}	22.22 ^{Ba}	23.57 ^{Ab}	95.55 ^{Be}	173.33 ^{Ce}	27.67 ^{Ac}	46.48 ^{Bc}	65.14 ^{Cc}	37.61 ^{Ad}	65.04 ^{Cd}	58.34 ^{Bb}	71.42 ^{Be}	34.61 ^{Ab}	102.68 ^{Cd}
Phenol, 2-methyl-5-(1 methylethyl)-	0.86 ^{Aa}	6.89 ^{Ca}	4.14 ^{Ba}	18.60 ^{Be}	20.23 ^{Cd}	13.88 ^{Be}	8.06 ^{Ac}	14.71 ^{Cc}	9.26 ^{Bc}	9.23 ^{Bd}	26.60 ^{Ce}	8.15 ^{Bb}	7.32 ^{Ab}	10.50 ^{Bb}	10.92 ^{Cd}
2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethenyl)-, (S)-	ND	ND	ND	17.75 ^{Ac}	50.92 ^{Bd}	65.81 ^{Cd}	14.35 ^{Ab}	33.09 ^{Cc}	26.41 ^{Ba}	ND	28.18 ^{Bb}	27.34 ^{Ab}	13.32 ^{Aa}	23.62 ^{Ba}	29.47 ^{Cc}
Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-	0.35 ^{Aa}	2.46 ^{Ca}	2.06 ^{Ba}	9.40 ^{Bd}	10.25 ^{Ce}	8.08 ^{Ae}	12.84 ^{Ce}	5.46 ^{Bc}	4.76 ^{Ac}	4.76 ^{Bc}	8.04 ^{Cd}	3.41 ^{Ab}	3.82 ^{Ab}	4.98 ^{Bb}	6.40 ^{Cd}
.alpha.-Cubebene	4.86 ^{Bc}	5.52 ^{Cb}	3.97 ^{Ab}	21.73 ^{Ce}	9.37 ^{Bc}	3.41 ^{Aa}	6.02 ^{Cd}	5.45 ^{Aa}	6.07 ^{Bc}	4.70 ^{Ab}	225.82 ^{Ce}	10.79 ^{Bd}	3.31 ^{Aa}	15.12 ^{Cd}	14.53 ^{Be}
Caryophyllene	473.31 ^{Cc}	181.41 ^{Aa}	228.22 ^{Ba}	1309.53 ^{Ce}	938.88 ^{Bc}	394.91 ^{Ab}	408.09 ^{Ab}	603.59 ^{Cb}	596.68 ^{Bd}	713.14 ^{Bd}	8257.42 ^{Ce}	544.23 ^{Ac}	327.22 ^{Aa}	1115.26 ^{Bd}	1342.48 ^{Ce}

(1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	401.69 ^{Aa}	1021.20 ^{Bb}	1289.26 ^{Cc}	3018.06 ^{Ce}	1081.87 ^{Bc}	685.21 ^{Ab}	882.54 ^{Bb}	807.79 ^{Aa}	1341.21 ^{Cd}	1142.76 ^{Bd}	4880.42 ^{Ce}	155.63 ^{Aa}	1003.60 ^{Bc}	1411.55 ^{Ad}	3407.31 ^{Ce}
Cyclobutene, bis(1-methylethylidene)- Ester	7.51 ^{Aa}	29.78 ^{Bb}	36.51 ^{Cc}	61.91 ^{Ce}	51.08 ^{Bc}	45.43 ^{Ad}	27.44 ^{Ac}	29.27 ^{Ba}	33.42 ^{Cb}	49.36 ^{Bd}	143.72 ^{Ce}	28.01 ^{Aa}	27.21 ^{Ab}	59.51 ^{Cd}	57.83 ^{Be}
Cyclohexanol, 4-(1,1-dimethylethyl)-, trans-	48.33 ^{Ab}	82.94 ^{Cb}	60.37 ^{Ba}	47.21 ^{Aa}	55.30 ^{Ba}	132.54 ^{Cc}	76.39 ^{Ac}	123.48 ^{Bd}	144.85 ^{Cd}	99.61 ^{Ad}	182.10 ^{Ce}	168.71 ^{Be}	195.60 ^{Ce}	92.02 ^{Ac}	94.50 ^{Bb}
n-Butyric acid 2-ethylhexyl ester	4.98 ^{Ca}	2.41 ^{Ba}	2.19 ^{Aa}	104.87 ^{Cd}	9.17 ^{Bb}	6.55 ^{Ac}	30.28 ^{Cb}	18.60 ^{Bc}	5.18 ^{Ab}	74.21 ^{Cc}	49.57 ^{Be}	13.65 ^{Ad}	122.24 ^{Ce}	46.74 ^{Bd}	25.22 ^{Ae}
2-Butenoic acid, 3-hexenyl ester, (E,Z)-	ND	18.70 ^{Ab}	34.95 ^{Bd}	14.90 ^{Bc}	8.98 ^{Aa}	10.77 ^{Ca}	4.10 ^{Aa}	31.83 ^{Cd}	22.02 ^{Bc}	ND	58.03 ^{Ce}	49.73 ^{Be}	10.03 ^{Ab}	21.66 ^{Cc}	11.83 ^{Bb}
2-Ethylhexyl salicylate	1.66 ^{Ad}	2.75 ^{Ce}	2.27 ^{Be}	1.45 ^{Aa}	2.32 ^{Cd}	1.84 ^{Bc}	10.36 ^{Ce}	2.04 ^{Bb}	1.39 ^{Aa}	1.50 ^{Ab}	2.08 ^{Cc}	1.93 ^{Bd}	1.56 ^{Ac}	1.72 ^{Ca}	1.58 ^{Bb}
Alkanes															
Hexadecane	10.18 ^{Ab}	49.28 ^{Cc}	37.94 ^{Be}	ND	ND	8.97 ^{Ac}	ND	9.82 ^{Bb}	7.68 ^{Ab}	18.38 ^{Cc}	16.73 ^A	18.15 ^{Bd}	6.52 ^{Aa}	8.07 ^{Ca}	7.29 ^{Ba}
Tetradecane	19.52 ^{Ab}	76.22 ^{Ce}	51.71 ^{Be}	19.51 ^{Cb}	16.33 ^{Bc}	13.15 ^{Ac}	8.47 ^{Aa}	15.20 ^{Cb}	12.18 ^{Bb}	43.32 ^{Cc}	30.80 ^{Ad}	31.01 ^{Bd}	ND	10.90 ^{Aa}	11.81 ^{Ba}
Tridecane	8.21 ^{Ac}	11.06 ^{Ce}	8.41 ^{Be}	5.81 ^{Cb}	5.77 ^{Bb}	4.81 ^{Aa}	ND	6.30 ^{Bc}	4.91 ^{Ab}	12.16 ^{Cd}	7.07 ^{Ad}	7.83 ^{Bd}	4.00 ^{Aa}	4.88 ^{Ba}	5.04 ^{Cc}
Heneicosane	1.07 ^{Aa}	13.52 ^{Ce}	11.33 ^{Be}	3.51 ^{Cc}	3.34 ^{Bc}	2.55 ^{Ac}	ND	3.13 ^{Bb}	2.40 ^{Ab}	5.00 ^C	4.34 ^{Bd}	3.72 ^{Ad}	1.85 ^{Ab}	2.58 ^{Ca}	2.06 ^{Ba}
Acid															
Nonanoic acid	4.90 ^{Aa}	10.43 ^{Ba}	12.92 ^{Ca}	20.86 ^{Bc}	19.44 ^{Ab}	30.40 ^{Ce}	22.90 ^{Be}	45.70 ^{Cd}	18.21 ^{Ab}	15.38 ^{Ab}	52.35 ^{Ce}	28.08 ^{Bc}	22.10 ^{Ad}	26.10 ^{Bc}	28.17 ^{Cd}
Hexadecanoic acid, methyl ester	ND	3.36 ^{Bb}	3.02 ^{Ac}	4.06 ^{Cb}	3.80 ^{Bc}	3.56 ^{Ad}	ND	4.34 ^{Bd}	2.88 ^{Ab}	6.78 ^{Cc}	6.14 ^{Be}	5.43 ^{Ae}	2.90 ^{Ca}	2.89 ^{Ba}	2.53 ^{Aa}
Carbamic acid	ND	ND	ND	15.14 ^{Ab}	17.58 ^{Bc}	18.61 ^C	17.48 ^{Cd}	10.77 ^{Ba}	10.01 ^{Aa}	3.15 ^{Aa}	17.92 ^{Bd}	23.13 ^{Cd}	16.83 ^{Bc}	17.28 ^{Cb}	16.03 ^{Ab}
Aldehyde															
Decanal	51.52 ^{Aa}	95.62 ^{Ca}	65.60 ^{Ba}	57.37 ^{Ab}	ND	161.47 ^{Bc}	86.11 ^{Ac}	142.94 ^{Bc}	162.93 ^{Cd}	117.99 ^{Ad}	191.95 ^{Cd}	179.05 ^{Be}	217.74 ^{Ce}	98.87 ^{Ab}	105.86 ^{Bb}
2-Tridecenal, (E)-	ND	29.12 ^{Ba}	15.53 ^{Aa}	28.54 ^{Ac}	32.21 ^{Bb}	ND	22.20 ^{Ab}	53.50 ^{Ce}	25.40 ^{Bc}	20.18 ^{Aa}	39.47 ^{Cd}	32.42 ^{Bd}	33.42 ^{Bd}	38.70 ^{Cc}	24.21 ^{Ab}
Nonanal	ND	274.63 ^{Bb}	169.35 ^{Aa}	141.13 ^{Ba}	141.03 ^{Aa}	825.61 ^{Ce}	184.19 ^{Ab}	1023.52 ^{Ce}	531.26 ^{Bc}	446.77 ^{Ac}	837.39 ^{Cd}	766.45 ^{Bd}	508.83 ^{Ce}	324.54 ^{Ac}	463.04 ^{Bb}
Phenol															
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	3.24 ^{Aa}	7.39 ^{Ca}	4.70 ^{Bb}	8.11 ^{Bd}	11.07 ^{Cd}	7.08 ^{Ad}	11.88 ^{Ce}	8.06 ^{Bc}	3.50 ^{Aa}	7.31 ^{Ab}	11.73 ^{Ce}	8.84 ^{Be}	8.02 ^{Cc}	7.88 ^{Bb}	6.42 ^{Ac}
Alkene															
1-Octadecyne	6.00 ^{Ba}	8.03 ^{Cc}	4.54 ^{Aa}	6.29 ^{Bb}	4.05 ^{Aa}	11.85 ^{Ce}	8.36 ^{Ac}	9.20 ^{Cd}	9.06 ^{Bc}	9.10 ^{Ad}	14.62 ^{Ce}	11.30 ^{Bd}	13.91 ^{Ce}	6.97 ^{Bb}	5.79 ^{Ab}
TOTAL	1.889^{Aa}	4.091^{Ba}	5.029^{Cb}	14.648^{Ce}	9.920^{Bc}	7.676^{Ad}	4.877^{Ab}	6.673^{Bb}	7.281^{Cc}	6.174^{Bd}	42.888^{Ce}	4.845^{Aa}	5.451^{Ac}	10.346^{Bd}	13.977^{Ce}

Values are expressed as the mean of concentration (ng/mL)
A-C: different capital letters in the same row for the same volatile compound (or sum of the volatile group) denote difference (p < 0.05) among times for the same treatment, based on the Tukey test.

a-e: different lowercase letters on the same line for the same volatile compound (or sum of the volatile group) denote difference (p < 0.05) between times for different treatments, based on Tukey's test.

Table 6. Concentration of volatile compounds in minimally processed melon uncoated and coated with ALG, ALG-FOS, ALG-Lc-01 and ALG-SYN during 12-days (5 ± 1 °C).

Volatile compounds melon	UNCOATED			ALG			ALG-FOS			ALG-Lc-01			ALG-SYN		
	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12	T1	T6	T12
Alcohol															
1-Octanol	32.54 ^{Aa}	89.46 ^{Ca}	78.88 ^{Bb}	73.92 ^{Ab}	89.46 ^{Ba}	ND	122.75 ^{Ac}	ND	ND	ND	ND	165.6 ^{Ac}	ND	101.25 ^{Bb}	78.33 ^{Aa}
Alkanes															
Tetradecane	21.95 ^{Ab}	51.4 ^{Bc}	53.73 ^{Ce}	10.21 ^{Aa}	51.4 ^{Cc}	16.48 ^{Ba}	28.99 ^{Bd}	30.72 ^{Cb}	26.86 ^{Ad}	80.28 ^{Ce}	55.95 ^{Bd}	26.11 ^{Ac}	24.71 ^{Bc}	24.71 ^{Ba}	22.08 ^{Ab}
Nonadecane	9.88 ^{Ac}	41.22 ^{Bd}	52.42 ^{Ce}	6.77 ^{Aa}	41.22 ^{Cd}	11.41 ^{Bd}	9.49 ^{Ab}	10.79 ^{Ca}	9.78 ^{Bc}	23.53 ^{Ce}	16.43 ^{Bc}	9.58 ^{Ab}	12.48 ^{Cd}	10.86 ^{Bb}	9.47 ^{Aa}
Hexadecane	9.02 ^{Aa}	41.22 ^{Bd}	52.37 ^{Ce}	41.22 ^{Ce}	7.05 ^{Aa}	11.41 ^{Bd}	10.1 ^{Bb}	10.87 ^{Cb}	9.78 ^{Ac}	21.85 ^{Cd}	16.43 ^{Bc}	8.63 ^{Aa}	11.84 ^{Cc}	10.86 ^B	9.61 ^{Ab}
1-Hexanol, 2-ethyl-	149.15 ^{Aa}	202.78 ^{Bd}	263.73 ^{Ce}	202.78 ^{Cb}	156.28 ^{Bb}	63.61 ^{Aa}	270.01 ^{Cc}	110.61 ^{Aa}	119.14 ^{Bb}	334.64 ^{Ce}	210.08 ^{Be}	173.38 ^{Ac}	287.73 ^{Cd}	188.87 ^{Bc}	186.08 ^{Ad}
Dodecane	ND	ND	30.27 ^{Ac}	ND	ND	19.32 ^{Aa}	45.97 ^{Cb}	41.89 ^{Bb}	36.6 ^{Ad}	155.23 ^{Cc}	103.48 ^{Bc}	42.87 ^{Ae}	31.04 ^{Ca}	30.16 ^{Ba}	26.93 ^{Ab}
Tridecane	9.24 ^{Aa}	9.8 ^{Ba}	12.8 ^{Cc}	ND	9.8 ^{Ba}	6.55 ^{Aa}	19.51 ^{Cc}	17.23 ^{Bc}	14.24 ^{Ad}	57.83 ^{Cd}	39.7 ^{Bd}	16.08 ^{Ae}	14.47 ^{Cb}	13.12 ^{Bb}	11.54 ^{Ab}
Ácid															
Nonanoic acid	5.22 ^{Aa}	17.65 ^{Bd}	49.32 ^{Ce}	17.65 ^{Ad}	28.35 ^{Be}	42.99 ^{Cd}	11.27 ^{Ac}	12.51 ^{Bb}	42.44 ^{Cb}	12.26 ^{Ad}	12.94 ^{Bc}	42.78 ^{Cc}	9.02 ^{Cb}	7.52 ^{Ba}	5.85 ^{Aa}
Hexadecanoic acid, methylester	1.92 ^{Aa}	9.55 ^{Bd}	13.18 ^{Cd}	4.18 ^{Ab}	9.55 ^{Cd}	7.48 ^{Bc}	6.19 ^{Ce}	6.05 ^{Bc}	4.26 ^{Ab}	6.01 ^{Bd}	5.36 ^{Ab}	ND	4.35 ^{Cc}	4 ^{Ba}	3.1 ^{Aa}
Acetic acid, hexylester	60.62 ^{Ad}	ND	19.51 ^{Ba}	44.98 ^{Ac}	ND	71.3 ^{Bc}	25.23 ^{Aa}	40.09 ^{Ba}	40.94 ^{Cb}	ND	57.63 ^{Ab}	127.82 ^{Bd}	32.22 ^{Ab}	84.27 ^{Bc}	149.64 ^{Ce}
Fumaric acid, ethyl 2-methylallyl ester	2.08 ^{Aa}	ND	ND	12.7 ^{Ac}	ND	27.26 ^{Bd}	8.21 ^{Cb}	6.49 ^B	5.05 ^{Aa}	22.81 ^{Ce}	21.67 ^B	16.05 ^{Ac}	17.64 ^{Cd}	12.11 ^B	10.47 ^{Ab}
Aldehyde															
2,6-Nonadienal, (E,Z)-	534.16 ^{Ad}	ND	ND	428.24 ^{Cb}	310.82 ^{Bb}	218.99 ^{Ac}	527.3 ^{Cc}	384.4 ^{Bd}	200.33 ^{Ab}	412.96 ^{Ca}	162.72 ^{Ba}	134.34 ^{Aa}	672.77 ^{Ce}	356.96 ^{Bc}	260.19 ^{Ad}
Decanal	ND	93.98 ^{Be}	54.9 ^{Ad}	93.98 ^{Cc}	77.89 ^{Bd}	69.91 ^{Ae}	42.42 ^{Ab}	67.69 ^{Cc}	47.85 ^{Bb}	ND	53.95 ^{Ba}	29 ^{Aa}	39.69 ^{Aa}	64.68 ^{Cb}	50.05 ^{Bc}
Nonanal	367.37 ^{Be}	437.66 ^{Cb}	109.44 ^{Ab}	134.34 ^{Ad}	437.66 ^{Bb}	ND	101.15 ^{Aa}	ND	ND	105.9 ^{Ab}	ND	108.93 ^{Ba}	121.88 ^{Ac}	164.95 ^{Ca}	131.34 ^{Bc}
Ester															
Cyclohexanol, 4-(1,1-dimethylethyl)-, trans-	38.19 ^{Ab}	88.8 ^{Cd}	51.45 ^{Bd}	67.13 ^{Be}	88.8 ^{Cd}	65.03 ^{Ae}	39.18 ^{Ac}	60.23 ^{Cc}	41.51 ^{Bb}	41.19 ^{Bd}	44.8 ^{Ca}	21.62 ^{Aa}	30.88 ^{Aa}	58.18 ^{Cb}	45.3 ^{Bc}
2-Ethylhexyl salicylate	3.71 ^{Ad}	4.06 ^{Bd}	9.17 ^{Ce}	1.86 ^{Aa}	4.06 ^{Cd}	3.6 ^{Bd}	2.89 ^{Cb}	2.81 ^{Ba}	2.02 ^{Aa}	3.97 ^{Ce}	3.72 ^{Bb}	2.51 ^{Ab}	3.9 ^{Cc}	3.13 ^{Bc}	2.73 ^{Ac}
Terpene															
Bicyclo[3.1.1]heptan-2-one, 3,6,6-trimethyl-	16.08 ^{Ac}	30.81 ^{Cd}	19.79 ^{Bd}	23.52 ^{Ae}	30.81 ^{Bd}	23.52 ^{Ae}	14.86 ^{Ab}	23.68 ^{Cc}	15.67 ^{Bb}	17.35 ^{Cd}	17 ^{Ba}	8.88 ^{Aa}	13.48 ^{Aa}	19.29 ^{Cb}	18.59 ^{Bc}
Phenol															
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	32.78 ^{Ce}	17.87 ^{Bd}	17.55 ^{Ae}	22.64 ^{Cb}	17.55 ^{Bc}	14 ^{Ab}	24.39 ^{Cc}	17.33 ^{Bb}	16.18 ^{Ad}	24.54 ^{Cd}	21.81 ^{Be}	13.61 ^{Aa}	21.57 ^{Ca}	17.07 ^{Ba}	16.09 ^{Ac}
Alkene															
1-Octadecyne	4.49 ^{Aa}	11.2 ^{Bd}	16.96 ^{Ce}	17.91 ^{Ce}	11.2 ^{Bd}	7.62 ^{Ad}	12.26 ^{Cb}	9.03 ^{Bc}	6.14 ^{Ab}	15.93 ^{Cc}	7.69 ^{Bb}	3.65 ^{Aa}	16.43 ^{Cd}	7.22 ^{Ba}	6.64 ^{Ac}
Ketone															
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-	58.94 ^{Ae}	66.91 ^{Bd}	70.06 ^{Ce}	24.66 ^{Aa}	66.91 ^{Cd}	55.07 ^{Bd}	32.01 ^{Ab}	45.25 ^{Ca}	38.15 ^{Bb}	38.82 ^{Bc}	46.9 ^{Cb}	22.92 ^{Aa}	48.6 ^{Ad}	64.41 ^{Cc}	51.04 ^{Bc}
Total	1369.81^{Cd}	1214.37^{Bc}	963.06^{Ac}	1230.75^{Ba}	1428.11^{Ce}	744.19^{Ab}	1354.18^{Cc}	897.67^{Ba}	676.94^{Aa}	1250.54^{Cb}	1022.82^B	974.36^{Ad}	1411.34^{Ce}	1246.99^{Bd}	1095.07^{Ae}

Values are expressed as the mean of concentration (ng/mL)

A-C: different capital letters in the same row for the same volatile compound (or sum of the volatile group) denote difference (p < 0.05) among times for the same treatment, based on the Tukey test.

a-e: different lowercase letters on the same line for the same volatile compound (or sum of the volatile group) denote difference (p < 0.05) between times for different treatments, based on Tukey's test.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados no presente estudo demonstraram a eficácia dos revestimentos comestíveis funcionais em manter os parâmetros de qualidade de manga e melão minimamente processados, atrasando o aumento dos teores de SST, pH e nas concentrações de açúcares, bem como a redução na AT e atraso nos ácidos orgânicos de ambas as frutas, resultaram na redução da perda de peso e retenção da firmeza. A diminuição das atividades enzimáticas favoreceram o atraso no desenvolvimento na cor das frutas, principalmente nos frutos que foram revestidos com adição de Lc-01 e/ou FOS. A maior concentração da composição volátil para as frutas revestidas com ALG-SYN podem estar correlacionadas com as melhores propriedades sensoriais atribuídas as frutas que foram revestidas com ALG-SYN. Estes resultados também mostram qualitativamente a aderência e interação entre revestimento, superfície da fruta e probiótico, bem como a eficácia na manutenção dos probióticos em frutas e após a digestão *in vitro* ($\geq 6 \log \text{UFC/g}$) durante os 12 dias de armazenamento. Com isso, os revestimentos comestíveis funcionais, com destaque para ALG-SYN, podem ser utilizados como alternativas para ampliar o tempo de prateleira de manga e melão minimamente processados sem comprometer os parâmetros de qualidade, sensoriais e garantindo a sobrevivência de Lc-01 durante os 12 dias de armazenamento, indicando um potencial alimento funcional probiótico a base de frutas.