



ValorCast

Valorização da castanha e otimização da sua comercialização



ValorCast

Valorização da castanha e otimização da sua produção

RefCast – Associação Portuguesa da Castanha



Aguiar Floresta – Associação Florestal e Ambiental de Vila Pouca de Aguiar



Coopenela - Cooperativa Agrícola de Penela da Beira



GEOSIL Empreendimentos Agro-Silvícolas, SA



IPB - Instituto Politécnico de Bragança



IPV - Instituto Politécnico de Viseu



UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

utad

ARATM – Associação Regional dos Agricultores das Terras de Montenegro



Espaço Visual – Consultores de Engenharia Agronómica, Lda



Agromontenegro, Lda



SORTEGEL Produtos Congelados, SA



Universidade do Porto



ValorCast – Valorização da castanha e otimização da sua produção

Coordenador Científico: José Gomes Laranjo

Editores: José Gomes Laranjo, Alcino Pires, José Ângelo Pinto, Duarte Marques, Anabela Martins, Rui Carneiro

Local de publicação: Vila Real

Data de publicação: 12/2022

Edição: RefCast – Associação Portuguesa da Castanha

Nº edição: 1ª edição

Impressão e acabamento: Minerva Transmontana, Tipografia, Lda

Tiragem:

Fotografias: dos autores

Suporte: impresso e digital

ISBN: 978-989-53782-2-7

Depósito Legal: 509074/22

7. ■ Aplicação de revestimentos na castanha

Elsa Ramalhosa¹, Ermelinda Lopes Pereira¹, José Gomes Laranjo², Jorge Ferreira-Cardoso², Ana Gomes², Alice Vilela³, Ana Sampaio^{2,4}, Fernando M. Nunes³

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO)- Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC),- Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

²Centro de Investigação e Tecnologia de Ciências Agroambientais e Biológicas (CITAB-UTAD), Vila Real, Portugal

³Laboratório de Química Alimentar e do Vinho, CQ-VR, Centro de Investigação Química – Vila Real, Escola Superior de Ciências da Vida e do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

⁴Laboratório Associado Instituto para a Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agro-alimentar (Inov4Agro), UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

7.1. Resumo

No presente capítulo pretende-se descrever as atividades realizadas no âmbito do Projeto ValorCast ao nível da aplicação de revestimentos hidrofílicos e hidrofóbicos com o intuito de reduzir a desidratação das castanhas após a colheita. Para a avaliação de revestimentos hidrofílicos foram realizados quatro estudos, nos quais se avaliou a aplicação dos seguintes compostos: (i) alginato, quitosano e proteína do soro, a 2% (m/v); (ii) quitosano (0,5, 1 e 2%, m/v) e farinha de mandioca (3 e 5%, m/v); (iii) revestimentos comerciais da empresa DOMCA, designadamente o FOOD-COAT®, PROALLIUM® e ambos em conjunto. Na aplicação de revestimentos de resíduos hidrofóbicos utilizou-se a parafina, parafina aditivada com timol e a cera de abelha. Através da realização do primeiro estudo verificou-se que os melhores resultados em termos da qualidade microbiológica do fruto foram obtidos com o quitosano. No segundo estudo observou-se que a aplicação de farinha de mandioca a 5% acarretou o aparecimento de bolores visíveis após 6 meses de armazenamento. Pelo contrário, a aplicação de quitosano a 1 e 2% e farinha de mandioca a 3% forneceram resultados promissores ao nível da redução do desenvolvimento microbiano, principalmente quando se consideram armazenamentos longos (> 3 meses). No terceiro estudo verificou-se que em relação à perda de peso, após o armazenamento durante 4 meses, o FOOD-COAT® foi o revestimento que mostrou o melhor desempenho, com a menor perda de peso (5 a 6%). No entanto, em relação aos microrganismos mesófilos aeróbios

e bolores e leveduras, o PROALLIUM® foi o mais eficiente durante dois a três meses. Assim, a junção PROALLIUM® + FOOD-COAT® pode ser vantajosa para se retardar a perda de peso e o desenvolvimento microbiano até três meses de armazenamento, perdendo a sua eficácia após esse período. Relativamente aos revestimentos hidrofóbicos à base de parafina e cera de abelha foram muito eficientes na prevenção da perda de água quando as castanhas foram armazenadas em condições forçadas. As castanhas revestidas com parafina ou com cera de abelha em termos sensoriais foram idênticas às castanhas antes do armazenamento, exceto com a adição do timol no tratamento da parafina pois conferiu aromas desagradáveis à castanha, provavelmente devido ao odor pungente do timol, mas em termos microbiológicos o timol teve uma ação essencial, pois permitiu diminuir a podridão das castanhas após o armazenamento.

7.2. Introdução

Durante o armazenamento da castanha, os produtores e industriais deste fruto enfrentam vários problemas, designadamente a perda de peso e o desenvolvimento de bolores, que se traduzem em perdas económicas significativas. Deste modo, é de extrema importância aumentar o tempo de prateleira da castanha através da aplicação de novas tecnologias. A aplicação de revestimentos comestíveis pode ser uma boa opção, uma vez que permitem proteger os produtos alimentares de danos mecânicos, físicos, químicos e microbiológicos (Campos et al., 2011; Lin & Zhao, 2007). Contudo, a escolha do revestimento irá afetar a eficiência do tratamento. Diversos polímeros (proteínas, polissacarídeos, lípidos) podem ser utilizados na formulação dos revestimentos comestíveis. Alguns exemplos de sucesso podem ser mencionados em frutos, tais como, a aplicação dos polissacarídeos quitosano e alginato (Varasteh et al., 2017; Chiabrando & Giacalone, 2016), e de proteína do soro (Cisneros-Zevallos & Krochta, 2003; Alleoni et al., 2006). Em particular, o revestimento de quitosano tem apresentado atividade antifúngica e antimicrobiana durante o armazenamento (Chien et al., 2007; Zhang & Quantick, 1998). Por outro lado, o interesse pelos revestimentos à base de proteína de soro tem aumentado pelo facto de poderem ser obtidos a partir de subprodutos da indústria de lacticínios e atuarem como barreira ao oxigénio (Regalado et al., 2006). Em relação ao revestimento com alginato, este também tem demonstrado ser uma boa barreira ao oxigénio (Conca & Yang, 1993) e em reduzir as contagens dos microrganismos naturalmente presentes nos produtos (Amanatidou et al., 2000). Muitos materiais de origem lipídica têm sido utilizados como revestimentos protetores para a prevenção da evaporação de água. Os revestimentos hidrofóbicos baseados em gorduras sólidas, ceras ou resinas podem ser formados por fusão e solidificação, solubilização num solvente orgânico e evaporação do solvente ou preparando uma emulsão em água e evaporação da água (Debeaufort et al., 1998; Janjarasskul & Krochta, 2010). Deste modo, cada material utilizado na formulação dos revestimentos

comestíveis tem as suas propriedades específicas, sendo necessário investigar o seu efeito nos alimentos. Neste sentido, no presente capítulo são descritos os trabalhos até ao momento realizados em castanha com revestimentos no âmbito do Projeto ValorCast, dando-se particular ênfase aos resultados obtidos em termos de perda de peso e desenvolvimento microbiano.

1º Estudo – Efeito da aplicação de alginato, quitosano e proteína do soro, a 2% (m/v), no armazenamento de castanhas sob refrigeração durante 6 meses

Neste trabalho aplicaram-se revestimentos de alginato, quitosano e proteína do soro, a 2% (m/v), em amostras de castanha fornecida pelo parceiro Sortegel - Produtos Congelados, S.A.. A castanha foi previamente sujeita ao tratamento com água quente (47-50 °C) durante 30 minutos e, em seguida, imersa em água fria para baixar a temperatura. Esta metodologia é recomendada pelo Governo Português (DGAV, 2018) e deve ser aplicada à castanha que irá ser exportada para outros países. No entanto, é uma metodologia aplicada por inúmeras empresas que processam castanha que será vendida em fresco. De modo a secar a água exterior, as amostras permaneceram em tabuleiros com papel absorvente durante 36 horas.

Os revestimentos aplicados – alginato, quitosano e proteína do soro – foram aplicados seguindo o método descrito por Nair et al. (2018), com ligeiras modificações. Os métodos aplicados e as análises efetuadas podem ser lidos no artigo de Fernandes et al. (2020), no qual é descrito em pormenor a metodologia aplicada e os resultados obtidos durante esse estudo. De referir que as castanhas revestidas e o controlo (castanhas sujeitas ao tratamento com água quente, mas sem revestimento) permaneceram armazenadas sob refrigeração na câmara industrial da Sortegel - Produtos Congelados, S.A., durante 6 meses.

Após aplicação dos revestimentos, a castanha revestida apresentou um maior brilho do que o controlo. Após três meses de armazenamento, as castanhas revestidas com quitosano e alginato apresentaram uma aparência idêntica às do início (tempo zero). Pelo contrário, as castanhas revestidas com proteína de soro e as não revestidas mostravam algum crescimento de bolores. No final do armazenamento, as amostras revestidas com quitosano foram as que apresentaram o menor crescimento fúngico. Na Figura 1 podem ser observadas as castanhas após os 6 meses de armazenamento.

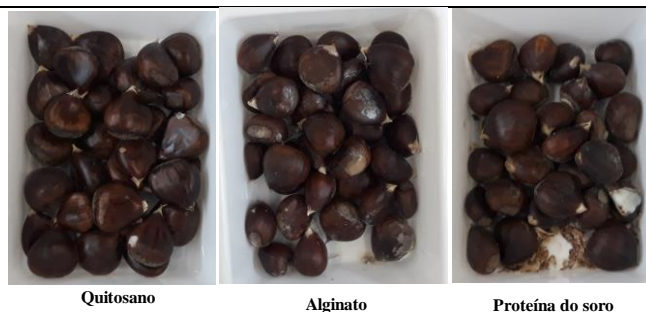


Figura 1 - Castanhas revestidas com quitosano, alginato e proteína do soro, a 2% (m/v), após seis meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Em relação à perda de peso, este parâmetro é de extrema importância porque se traduz em importantes perdas econômicas. Observou-se no presente estudo que a perda de peso aumentou em todas as amostras (castanhas revestidas e controle) durante o armazenamento (Figura 2). Contudo, deve ser referido que aos seis meses não foi possível determinar a perda de peso em resultado de uma falha a nível processual. Contudo, foi possível constatar que a perda de peso foi mais significativa nas castanhas revestidas com proteína do soro, tendo variado entre 1,6 e 14,6%. Pelo contrário, o quitosano apresentou os menores valores, tendo os valores variado entre 0,9 e 2,6%. A capacidade que os revestimentos apresentam para reduzir a perda de peso pode, em parte, ser atribuída às diferentes espessuras que cada revestimento origina em torno do produto e à sua permeabilidade à água, que são fatores importantes do ponto de vista da velocidade de transferência de massa (Yaman & Bayonindirli, 2002).

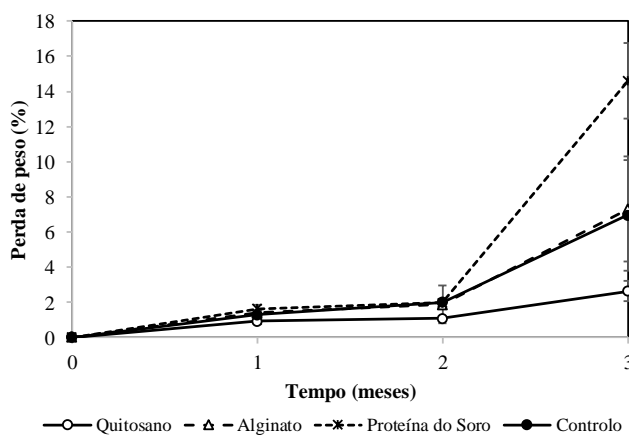


Figura 2 - Perdas de peso (%) determinadas em castanhas não revestidas (controle) e revestidas com quitosano, alginato e proteína do soro, a 2% (m/v), durante três meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Em relação à qualidade microbiológica, os resultados obtidos para os mesófilos aeróbios e bolores e leveduras ao longo do tempo de armazenamento encontram-se descritos na Figura 3 A e B. O quitosano foi o revestimento que originou as menores contagens em mesófilos aeróbios e bolores e leveduras ao longo do armazenamento. Pelo contrário, o revestimento com proteína de soro originou as maiores contagens. Em relação aos bolores e leveduras, após 6 meses de armazenamento, os valores obtidos foram semelhantes para o controlo, alginato e proteína de soro. Estes resultados vão ao encontro dos observados visualmente, uma vez que foi possível ver a existência de bolores nessas amostras.

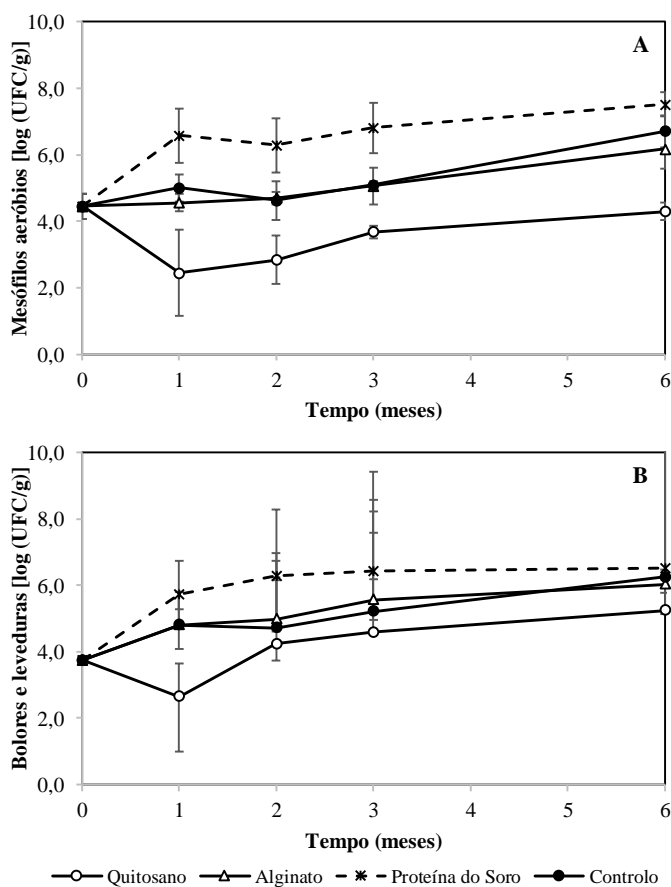


Figura 3 - Contagens [log (UFC/g)] de mesófilos aeróbios (A) e bolores e leveduras (B) determinadas em castanhas não revestidas (controlo) e revestidas com quitosano, alginato e proteína do soro, a 2% (m/v), durante seis de armazenamento industrial sob refrigeração.

Os melhores resultados obtidos com o quitosano vai ao encontro do que é referido para o seu modo de ação contra alguns microrganismos, designadamente: interação superficial iónica que causa o rompimento da membrana celular (Goy et al., 2016); a inibição do RNA mensageiro e da síntese de proteínas através da penetração do quitosano para o núcleo dos microrganismos; e a formação de uma barreira externa, que pode causar a quelação de metais e provocar a supressão de nutrientes essenciais ao crescimento microbiano (Goy et al., 2009).

2º Estudo – Efeito da aplicação de quitosano e farinha de mandioca a diferentes concentrações no armazenamento de castanhas sob refrigeração durante 6 meses

Devido ao facto de se ter obtido os melhores resultados com o quitosano, efetuou-se um segundo estudo onde se pretendeu avaliar a utilização de uma menor percentagem de quitosano, de forma a não encarecer o processo no futuro. Para tal, testaram-se três concentrações de quitosano (0,5, 1 e 2%, m/v) para analisar a sua eficiência. Em paralelo, decidiu-se também utilizar a farinha de mandioca, a 3 e 5% (m/v), uma vez que este produto tem sido aplicado no revestimento de outros frutos, tais como mangas (Camatari et al., 2018; Chiumarelli et al., 2011). Após ter sido aplicado o revestimento, as castanhas foram armazenadas nas câmaras industriais da Cooperativa Agrícola Penela da Beira - Coopenela, parceiro do projeto, durante 6 meses. No final deste período, as castanhas apresentavam uma aparência representada na Figura 4.

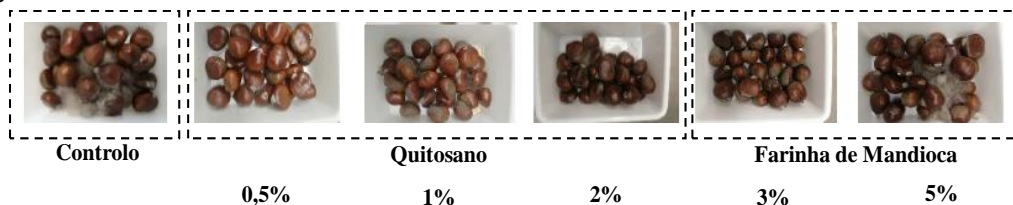


Figura 5 - Castanhas não revestidas (controlo) e revestidas com quitosano a 0,5, 1 e 2% (m/v) e farinha de mandioca a 3 e 5% (m/v) após seis meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Pôde-se constatar visualmente o desenvolvimento de bolores no controlo (castanhas sem revestimento) e nas amostras relativas à farinha de mandioca a 5%. Em relação à perda de peso, os resultados obtidos ao longo do armazenamento podem ser observados na Figura 5. Verificou-se que as maiores perdas foram observadas no controlo e nas castanhas revestidas com quitosano. Pelo contrário, os frutos revestidos com farinha de mandioca, possivelmente resultado da sua riqueza em amido, apresentaram menores perdas de peso. Após seis meses de armazenamento, valores

de perda de peso próximos dos 6% foram obtidos para a farinha de mandioca a 5% *versus* 23% para o controlo, obtendo-se uma redução na perda de peso de aproximadamente 78% quando se aplica este revestimento.

De referir que ao comparar com o estudo anterior, obtiveram-se maiores valores de perdas de peso. Contudo, esses resultados podem dever-se ao facto das castanhas fornecidas pelos parceiros do projeto serem de cultivares distintas. As amostras fornecidas pela Sortegel - Produtos Congelados, S.A. e Cooperativa Agrícola Penela da Beira – Coopenela, eram principalmente constituídas por frutos das cultivares Longal e Judia, respetivamente, sugerindo que diferentes cultivares podem ter perdas de peso distintas.

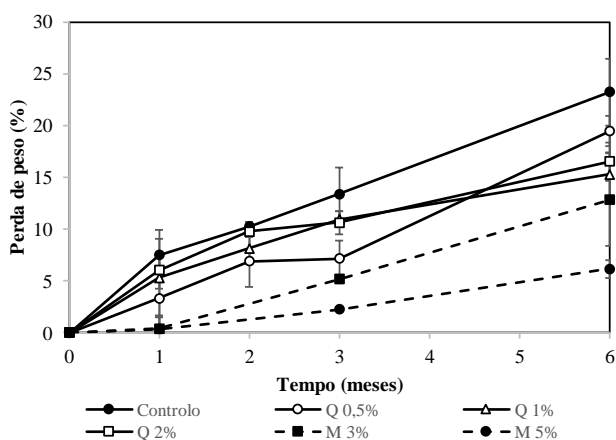


Figura 5 - Perdas de peso (%) determinadas em castanhas não revestidas (controlo) e revestidas com quitosano a 0,5, 1 e 2% (m/v) (Q 0,5%, Q 1% e Q 2%, respetivamente) e farinha de mandioca a 3 e 5% (m/v) (M 3% e M 5%) durante seis meses de armazenamento indústria.

Relativamente à qualidade microbiológica das castanhas sujeitas aos revestimentos indicados, as contagens relativas aos mesófilos aeróbios, e bolores e leveduras encontram-se representadas nas Figura 6 A e B, respetivamente. Observou-se uma ligeira redução nas contagens dos mesófilos aeróbios para os revestimentos com quitosano e farinha de mandioca a 3%, tendo-se atingido valores inferiores a 4,1 log UFC/g após seis meses. Pelo contrário, no controlo, maiores valores foram determinados no final do armazenamento (aproximadamente 6 log UFC/g). As castanhas revestidas com farinha de mandioca a 5% apresentavam visualmente um elevado grau de contaminação de bolores, não tendo sido analisadas (ponto a vermelho indicado no gráfico). Estes resultados indicam que este revestimento não é adequado para ser aplicado à castanha. Por outro lado, em linha com o estudo anterior, o quitosano continuou a demonstrar ser uma possível opção, tendo-se verificado uma redução da carga microbiana à medida que se aumentou a concentração de quitosano

de 0,5, para 1 e 2%. Este comportamento foi observado a um, dois e três meses. Contudo, após seis meses, os resultados obtidos para as três concentrações foram semelhantes, sugerindo que os revestimentos foram perdendo as suas propriedades antimicrobianas.

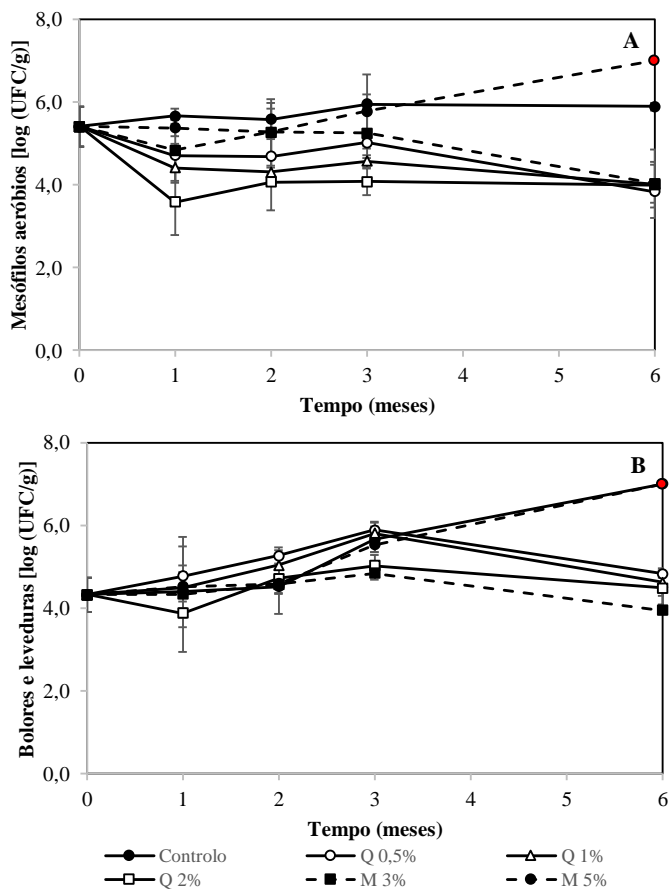


Figura 6 - Contagens [log (UFC/g)] de mesófilos aeróbios (A) e bolores e leveduras (B) determinadas em castanhas não revestidas (controlo) e revestidas com quitosano a 0,5, 1 e 2% (m/v) (Q 0,5%, Q 1% e Q 2%, respetivamente) e farinha de mandioca a 3 e 5% (m/v) (M 3% e M5%) durante seis meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Em relação aos bolores e leveduras, na maioria das situações observou-se um ligeiro aumento nas suas contagens até aos três meses de armazenamento, com a exceção do quitosano a 2% que demonstrou uma pequena redução após um mês. Contudo, aos seis meses, o controlo e o revestimento com farinha de mandioca a 5% apresentavam elevada contaminação fúngica, não tendo as amostras sido analisadas (pontos a vermelho no gráfico). Pelo contrário, os revestimentos com quitosano originaram

contagens semelhantes entre si, não se detetando diferenças significativas para as diferentes concentrações. De referir que a menor contagem foi obtida com a farinha de mandioca a 3% (4,0 log UFC/g), a qual não foi estatisticamente diferente das determinadas para o quitosano a 1 e 2%. No entanto, com o quitosano a 0,5% já se observaram diferenças significativas, tendo-se obtido maiores valores com o revestimento de quitosano a 0,5%. Assim, estes resultados sugerem que a aplicação de quitosano a 1 e 2% e farinha de mandioca a 3% fornecem resultados promissores ao nível do desenvolvimento microbiano, principalmente quando se consideram armazenamentos longos (superiores a 3 meses).

3º Estudo – Efeito da aplicação de revestimentos comerciais da empresa DOMCA, designadamente o FOOD-COAT®, PROALLIUM® e ambos em conjunto, no armazenamento de castanhas sob refrigeração durante 4 meses

Decidiu-se testar dois revestimentos comerciais, cedidos gentilmente pela empresa DOMCA (Granada, Espanha), designadamente o FOOD-COAT® e o PROALLIUM®, seguindo a sugestão do Gerente de Produto da DOMCA, para aplicarmos os dois produtos em conjunto. Deste modo, efetuaram-se quatro tratamentos, nomeadamente o controlo (castanha sujeita ao tratamento com águas quentes), castanhas revestidas com FOOD-COAT®, castanhas revestidas com PROALLIUM® e castanhas revestidas com FOOD-COAT® + PROALLIUM®. Após aplicação do revestimento, as castanhas foram armazenadas nas câmaras industriais da Agromontenegro, parceira do projeto, durante 4 meses. A castanha fornecida era da cultivar Judia.

Após três meses, as castanhas apresentavam a aparência representada na Figura 7

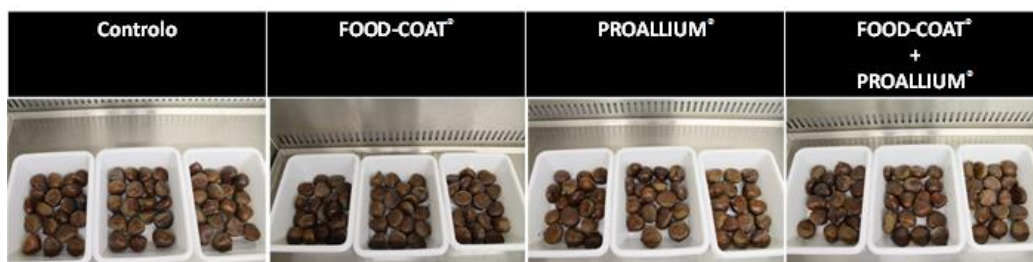


Figura 7 - Castanhas controlo (sem revestimento) e revestidas com FOOD-COAT®, PROALLIUM® e ambos os produtos em conjunto, após três meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Em relação à perda de peso, os valores obtidos podem ser observados na Figura 8.

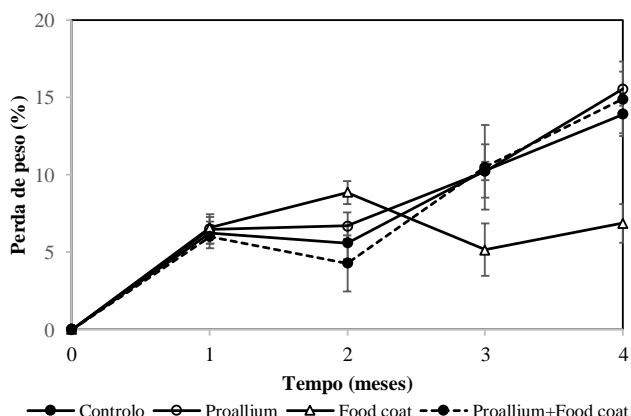


Figura 8 - Perdas de peso (%) determinadas em castanhas não revestidas (controle) e revestidas com FOOD-COAT®, PROALLIUM® e ambos os produtos em conjunto, durante quatro meses de armazenamento industrial sob refrigeração.

Após um mês de armazenamento obtiveram-se valores muito semelhantes de perda de peso (aproximadamente 6%), tendo após dois meses, o revestimento PROALLIUM®+FOOD-COAT® sido aquele que forneceu o menor valor. Pelo contrário, o FOOD-COAT® foi o que originou a maior perda de peso, próxima dos 9%. Contudo, após três e quatro meses de armazenamento observou-se uma mudança de comportamento. O revestimento FOOD-COAT® foi aquele que se mostrou mais eficiente na perda de peso, com valores novamente entre 5 e 6%. Pelo contrário, perdas de peso bastante superiores e próximas dos 14% foram obtidas com o PROALLIUM® e PROALLIUM®+FOOD-COAT®, após quatro meses de armazenamento. O controle também forneceu resultados nesta ordem de grandeza. Estes resultados indicam que um revestimento à base de ácidos gordos como é o caso do FOOD-COAT® é mais eficiente do que um à base de ácidos orgânicos (PROALLIUM®) para tempos mais longos de armazenamento.

Relativamente à qualidade microbiológica das castanhas sujeitas aos revestimentos indicados, as contagens relativas aos mesófilos aeróbios, e bolores e leveduras encontram-se representadas nas Figura 9 A e B, respetivamente.

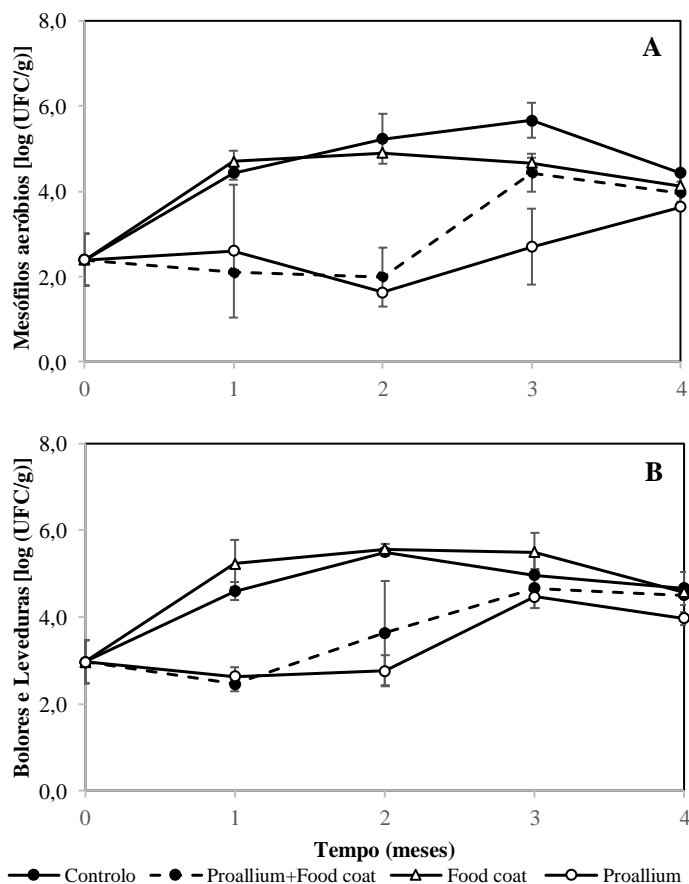


Figura 9 - Contagens [log (UFC/g)] de mesófilos aeróbios (A) e bolores e leveduras (B) determinadas em castanhas não revestidas (controle) e revestidas com FOOD-COAT®, PROALLIUM® e ambos os produtos em conjunto, durante quatro meses de armazenamento industrial sob b refrigeração

Os revestimentos PROALLIUM® e FOOD-COAT® + PROALLIUM® originaram as menores contagens, tanto em termos de mesófilos aeróbios como bolores e leveduras durante dois meses de armazenamento. Após esse período, observou-se um aumento nas contagens de ambos os tipos de microrganismos até aos três meses, para os dois produtos (PROALLIUM® e FOOD-COAT® + PROALLIUM®), com um crescimento mais rápido para o revestimento FOOD-COAT® + PROALLIUM®. Estes resultados sugerem que o PROALLIUM® é um produto promissor para retardar o desenvolvimento microbiano durante pelo menos dois a três meses. Após esse período, os resultados aproximam-se aos obtidos para o controle e FOOD-COAT®, para os quais se obtiveram sempre as maiores contagens.

Assim, a junção de FOOD-COAT® + PROALLIUM® pode ser vantajosa para se retardar a perda de peso e o desenvolvimento microbiano até três meses de armazenamento, perdendo a sua eficácia após esse período.

4º Estudo – Efeito da aplicação de revestimentos de parafina no armazenamento de castanhas à temperatura ambiente durante 1 mês

De forma a avaliar a eficiência da aplicação de revestimentos hidrofóbicos na perda de água das castanhas frescas, foi inicialmente utilizado a parafina. A aplicação da parafina às castanhas foi realizada pela técnica de fusão/solidificação (Figura 10). Embora esta técnica apresente algumas desvantagens, nomeadamente no que diz respeito à quantidade de material de revestimento que adere à castanha, foi utilizada devido à sua simplicidade a nível laboratorial. Por forma a testar se a adição de timol, um composto fenólico terpénico que apresenta atividade antimicrobiana (Marchese et al., 2016), poderia ser uma solução para o controlo da atividade microbiológica, numa segunda aplicação de parafina utilizou-se 1% de timol. A perda de água das castanhas foi avaliada em condições forçadas de armazenamento de forma a provocar uma perda de água significativa das castanhas controlo e comparar desta forma a eficiência dos revestimentos utilizados em condições drásticas de armazenamento.

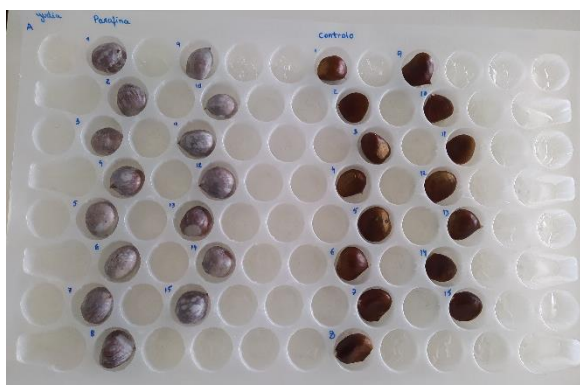
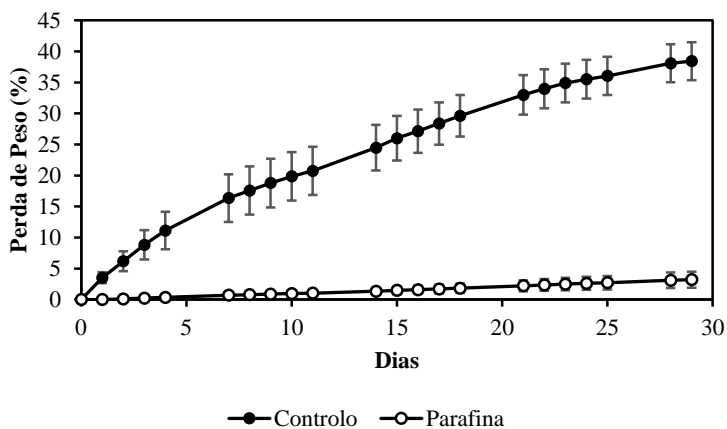


Figura 10 - Castanhas controlo (sem revestimento, lado direito) e revestidas com parafina (lado esquerdo)

Como se pode observar na Figura 11, o revestimento parafina, com ou sem timol, foi bastante eficiente na prevenção de perda de água das castanhas mesmo nestas condições de armazenamento. Após 29 dias de armazenamento à temperatura ambiente, as castanhas revestidas com parafina e parafina contendo 1% de timol perderam apenas $3.22 \pm 2.58\%$ e $2.36 \pm 1.24\%$ de peso, respetivamente, em comparação

com as castanhas sem revestimento que, nas mesmas condições de armazenamento, perderam $38.42 \pm 6.13\%$ de peso.



b

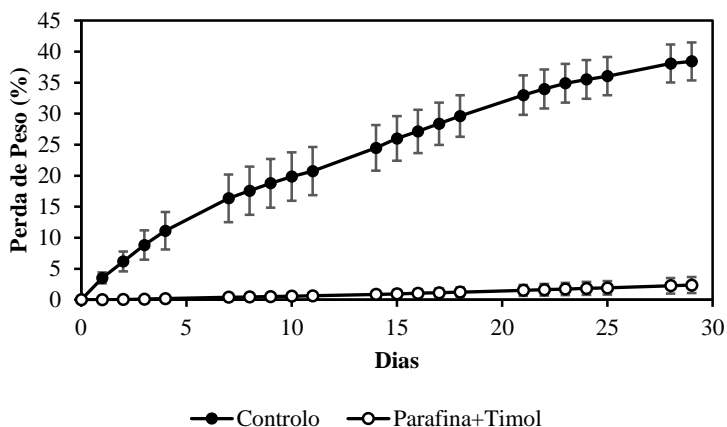


Figura 11 - Perda de peso das castanhas não revestidas (controle) e revestidas com parafina (a) e castanhas não revestidas (controle) e castanhas revestidas com parafina contendo 1% de timol durante o armazenamento à temperatura ambiente durante 29 dias.

Na Figura 12 apresenta-se o aspeto das castanhas originais antes do armazenamento à temperatura ambiente, após o armazenamento à temperatura ambiente sem utilização de revestimento e com a utilização do revestimento de parafina e parafina contendo 1% de timol.



Figura 12 - Grupos de amostras de castanhas da cultivar Judia (controlo inicial, controlo final, parafina e parafina + timol 1%, respetivamente).

Como se pode observar na Figura 12, as castanhas revestidas apresentam um aspeto semelhante às castanhas antes do armazenamento, contrariamente às castanhas sem revestimento armazenadas à temperatura ambiente que apresentam um aspeto desidratado.

Com vista a monitorizar o efeito da aplicação do revestimento na carga microbiana das castanhas, procedeu-se à avaliação da mesma antes e após o ensaio (Tabela 1). Para isso todas as amostras foram preparadas em condições de assepsia total numa câmara de fluxo laminar vertical, de modo a evitar qualquer tipo de contaminação secundária. Começou-se por fazer um corte transversal em cada castanha, desinfetando o utensílio cortante entre cada castanha, e caracterizou-se o aspeto interior de cada uma das castanhas. Seguidamente, retirou-se cinco partes diferentes do interior da castanha, ou seja, zona do hilo, cotilédone, embrião, do lado direito e esquerdo e inoculou-se essas cinco partes numa placa com meio PDA (“Potato dextrose agar”), para a pesquisa de fungos. Após a inoculação as placas foram colocadas a incubar a 25 °C, durante 7 dias, para a primeira leitura de resultados, e voltamos a ver os resultados ao fim de 10 dias. Por fim, isolamos os fungos em placas com meio PDA para uma identificação presuntiva.

Tabela 1 - Quantificação da diversidade (nº de colónias diferentes \pm desvio-padrão, dp) e total de podridão por placa (15 placas/revestimento), antes do revestimento (controlo inicial) e após um mês de revestimento (restantes).

Amostras	Diversidade (Média \pm dp)	Total de podridão por placa (Média \pm dp)
Castanhas controlo inicial	1,8 \pm 0,73	3,3 \pm 1,1
Castanhas controlo após 1 mês	1,9 \pm 0,60	4,7 \pm 0,72
Castanhas revestidas com parafina	2,5 \pm 0,64	4,3 \pm 0,88
Castanhas revestidas com parafina+timol%	1,3 \pm 0,63	2,7 \pm 1,29

A partir da Tabela 1 podemos verificar a média e o desvio padrão da diversidade (nº de colónias diferentes por cada placa, que cada placa corresponde a uma castanha) e do total de podridão (número total de podridões por placa), sabendo que em cada placa eram inoculadas cinco partes diferentes da castanha. Nas castanhas revestidas com parafina + timol 1% foram detetadas menos podridões comparativamente aos outros tratamentos, levando a concluir que o timol a 1% parece ter um efeito antimicrobiano nestas castanhas.

Após este período de armazenamento as castanhas foram analisadas para o teor de água, amido e açúcares solúveis (Tabela 2). Como se pode observar, e em concordância com os resultados de perda de água discutidos anteriormente, o teor de humidade foi superior para as amostras de castanha revestidas com a parafina quando comparado com o teor de humidade das castanhas não revestidas. O teor de açúcares solúveis foi inferior nas castanhas revestidas quando comparadas com as castanhas não revestidas, sendo o inverso observado para o teor de amido.

Tabela 2 - Resultados das determinações químicas

Parâmetros	Controlo	Parafina	Parafina + timol 1%
Teor de humidade (%)	17,26 \pm 0,00	46,73 \pm 0,00	50,83 \pm 0,00
Açúcares solúveis (%)	2,29 \pm 0,02	1,71 \pm 0,03	1,56 \pm 0,01
Amido (%MS)	41,71 \pm 0,69	48,66 \pm 0,36	49,35 \pm 0,20

Após um mês de avaliação da perda de água as castanhas revestidas e os respectivos controlos foram submetidas a uma análise sensorial. A prova foi realizada numa sala com ambiente controlado e material necessário para cada tarefa, de acordo com a ISO 8589 (ISO 8589, 2007). As castanhas (cultivar Judia), após serem lavadas em água da torneira, foram cortados e ferverdas em 1 litro de água com 3 g de sal, durante 40 min. Após arrefecer à temperatura ambiente (18 ± 2 °C), as amostras de castanha foram divididas em pratos de Pyrex branco devidamente codificados e foram avaliadas por um painel de provadores da ECVA/DeBA-UTAD, formados e experientes em análise sensorial. Foi disponibilizada água mineral para a limpeza do palato. Após a análise sensorial foi efetuada uma análise descritiva quantitativa (QDA), usando fichas de prova com descritores adaptados.

O perfil sensorial de cada amostra de castanha é mostrado na Tabela 3. A partir deste perfil podemos observar que as castanhas revestidas apresentavam menos firmeza inicial relativamente às do controlo. Relativamente às castanhas com o revestimento parafina + timol 1%, estas apresentaram valores superiores ao controlo no sabor amargo, a mostrada e adstringência, algum flavor a fermento, e ausência de flavor a manteiga, sabor doce e a castanha, concluindo-se que este revestimento não foi muito aceite pelos provadores devido aos sabores indesejáveis. Estes resultados serão certamente devidos ao odor conferido pelo timol. Para as castanhas revestidas com parafina os resultados foram satisfatórios.

Tabela 3 - Valores médios e respetivos desvios-padrão das pontuações atribuídas aos vários descritores sensoriais avaliados nas amostras de castanha em estudo.

	Controlo	Parafina	Parafina + timol 1%	Controlo refrigerado
Destacabilidade	4,4±1,0 ^b	3,3±1,1 ^a	3,6±1,0 ^{a,b}	2,7±1,6
Odor característico	2,7±1,3 ^b	3,1±1,4 ^b	1,1±0,3 ^a	2,8±1,2
Firmeza inicial	4±0,8 ^b	3±0,8 ^a	3,1±0,9 ^a	3,0±0,6 ^a
Dissolubilidade	2,9±0,7	3,2±1,3	2,7±0,7	4,2±1,0
Sabor doce	3,7±1,2 ^b	2,7±1,3 ^b	1,6±1,0 ^a	3,7±0,5
Sabor ácido	1,2±0,4	1,2±0,4	1,2±0,6	1,2±0,4
Sabor amargo	1,5±1,3	1,5±1,3	2,8±2,0	1,2±0,4
Adstringência	1,1±0,3	1,4±0,5	1,6±1,3	1,2±0,4
Flavor a castanha	3,4±0,8 ^b	2,8±1,2 ^b	1,2±0,6 ^a	3,5±0,5 ^b
Flavor a avelã	1,4±0,5	1,4±0,5	1,4±1,3	1,8±0,8
Flavor a	1,4±0,5	1,1±0,3	1,1±0,3	1,5±0,8
Flavor a manteiga	2,0±0,7 ^b	2,1±0,9	1,1±0,3 ^a	1,7±0,8
Flavor a caramelo	1,7±0,7 ^b	1,4±0,7 ^{a,b}	1,0±0,0 ^a	1,5±0,8 ^{a,b}
Flavor a fermento	1,5±0,5 ^b	1,0±0,0 ^a	1,3±0,7 ^{a,b}	1,3±0,5 ^{a,b}

Flavor a mostarda	1,2±0,4	1,0±0,0	1,7±1,5	1,0±0,0
Flavor frutado/floral	1,3±0,5	1,2±0,6	1,0±0,0	1,7±0,8
Flavor a terra	1,3±0,7	1,0±0,0	1,1±0,3	1,2±0,4

5º Estudo – Efeito da aplicação de revestimentos de cera de abelha no armazenamento de castanhas à temperatura ambiente durante 1 mês

De forma a avaliar a eficiência da cera de abelha quando comparada com a utilização de parafina como revestimento hidrofóbico, as castanhas foram revestidas com esta cera utilizando a mesma técnica utilizada para a parafina (Figura 13). A perda de água das castanhas foi avaliada nas mesmas condições utilizadas para a parafina, isto é, condições forçadas de armazenamento de forma a provocar uma perda de água significativa das castanhas controlo e comparar desta forma a eficiência deste revestimento em condições drásticas de armazenamento.

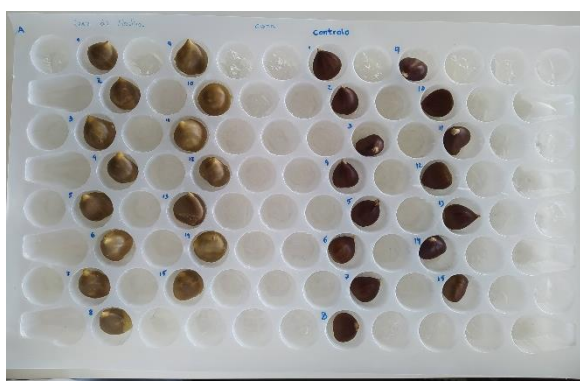


Figura 13 - Castanhas controlo (sem revestimento, lado direito) e revestidas com cera de abelha (lado esquerdo)

Como se pode observar na Figura 14 o revestimento com cera de abelha foi, à semelhança da parafina, eficiente na prevenção de perda de água das castanhas mesmo nestas condições de armazenamento, verificando-se que após 29 dias de armazenamento à temperatura ambiente, as castanhas revestidas com cera de abelha perderam apenas 5,5±3,1% de peso, em comparação com as castanhas sem revestimento que, nas mesmas condições de armazenamento, perderam 38,8±7,2% de peso.

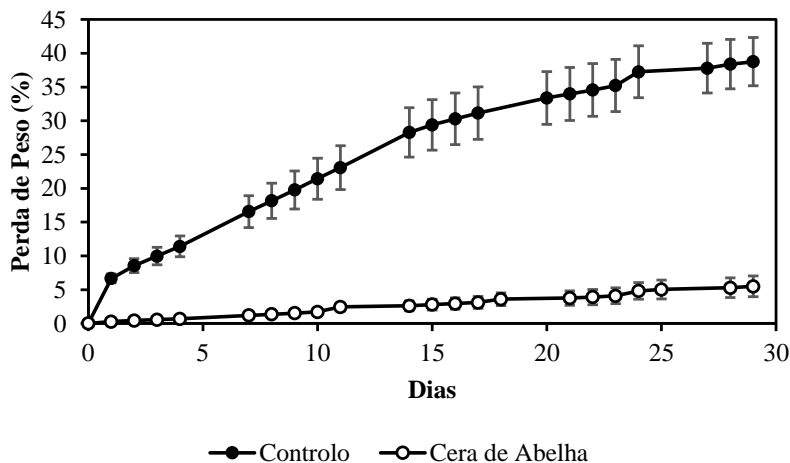


Figura 14 - Perda de peso das castanhas não revestidas (controlo) e revestidas com cera de abelha durante o armazenamento à temperatura ambiente durante 29 dias.

Na Figura 15 apresenta-se o aspeto das castanhas originais antes do armazenamento à temperatura ambiente e após o armazenamento à temperatura ambiente sem utilização de revestimento e com a utilização do revestimento de cera de abelha.



Figura 15- Grupos de amostras de castanhas da cultivar Côta - controlo inicial, controlo final e castanhas revestidas com cera de abelha.

Como se pode observar na Figura 15, as castanhas revestidas, quando não apresentavam podridão, possuíam um aspeto semelhante às castanhas antes do armazenamento, contrariamente às castanhas sem revestimento armazenadas à temperatura ambiente que apresentam um aspeto desidratado.

O efeito da aplicação do revestimento na carga microbiana das castanhas foi igualmente avaliado antes e após o ensaio, como descrito anteriormente (Tabela 4).

Tabela 4 - Quantificação da diversidade (nº de colónias diferentes \pm desvio-padrão, dp) e total de podridão por placa (15 placas/revestimento), antes do revestimento (controlo inicial) e após um mês de revestimento (restantes).

Amostras	Diversidade (Média \pm dp)	Total de podridão por placa (Média \pm dp)
Castanhas controlo inicial	2,20 \pm 0,56	4,47 \pm 0,83
Castanhas controlo após 1 mês	1,47 \pm 0,74 ⁽¹⁾	4,00 \pm 0,00 ⁽¹⁾
Castanhas revestidas com cera de abelha	1,80 \pm 0,56	4,47 \pm 0,92

⁽¹⁾das 15 castanhas (15 placas de petri) da cultivar côta do controlo após 1 mês a temperatura ambiente, só foi possível avaliar 3 castanhas pois as restantes estavam extremamente secas impossibilitando o seu corte para a inoculação.

Não se verificaram diferenças significativas entre as amostras analisadas no que diz respeito à diversidade e total de podridões.

Após este período de armazenamento, as castanhas foram analisadas para o teor de água, amido e açúcares solúveis (Tabela 5). Como se pode observar, e em concordância com os resultados de perda de água discutidos anteriormente, o teor de humidade foi superior para as amostras de castanha revestidas com cera de abelha quando comparadas com o teor de humidade das castanhas não revestidas. O teor de açúcares solúveis foi inferior nas castanhas revestidas quando comparadas com as castanhas não revestidas, sendo o inverso observado para o teor de amido. O uso da cera de abelha como revestimento parece ter prevenido a degradação de amido em açúcares solúveis.

Tabela 5 - Resultados das determinações químicas

Parâmetros	Controlo	Cera de abelha
Teor de humidade (%)	15,90 \pm 0,00	46,60 \pm 0,00
Açúcares solúveis (%)	2,36 \pm 0,02	1,26 \pm 0,02
Amido (%MS)	44,17 \pm 0,98	56,41 \pm 0,30

Ao fim de um mês de avaliação da perda de água, as castanhas revestidas e os respectivos controlos foram submetidas a uma análise sensorial. Após a análise sensorial foi efetuada uma análise descritiva quantitativa (QDA), usando fichas de prova com descritores adaptados (Tabela 6). No que diz respeito ao revestimento cera de abelha e os respectivos controlos da cultivar Côta verificaram-se diferenças significativas na firmeza inicial entre as amostras. Destacou-se a maior solubilidade das castanhas revestidas com cera de abelha em relação ao controlo. Assim sendo, as castanhas revestidas com cera de abelha obtiveram ótimos resultados.

Tabela 6 - Valores médios e respetivos desvios-padrão das pontuações atribuídas aos vários descritores sensoriais avaliados nas amostras de castanha em estudo.

	Controlo Côta	Controlo refrigerado	Cera de abelha
Destacabilidade	3,8±1,8	2,7±1,6	3,0±1,3
Odor característico	3,0±1,7	2,8±1,2	2,5±0,8
Firmeza inicial	4,8±0,4^b	3,0±0,6^a	3,7±0,5^a
Dissolubilidade	2,8±1,5	4,2±1,0	3,5±0,8
Sabor doce	3,2±1,2	3,7±0,5	3,2±1,3
Sabor ácido	1,2±0,4	1,2±0,4	1,0±0,0
Sabor amargo	1,3±0,8	1,2±0,4	1,2±0,4
Adstringência	1,0±0,0	1,2±0,4	1,2±0,4
Flavor a castanha	2,7±1,2	3,5±0,5	3,2±1,3
Flavor a avelã	1,5±0,8	1,8±0,8	1,5±0,5
Flavor a amêndoa	1,0±0,0	1,5±0,8	1,3±0,5
Flavor a manteiga	2,0±1,1	1,7±0,8	1,7±0,5
Flavor a caramelo	1,7±0,8	1,5±0,8	1,5±0,5
Flavor a fermento	1,8±1,2	1,3±0,5	1,5±0,5
Flavor a mostarda	1,0±0,0	1,0±0,0	1,2±0,4
Flavor frutado/floral	1,5±0,5	1,7±0,8	1,5±0,8
Flavor a terra	1,7±1,0	1,2±0,4	1,2±0,4

7.3. Conclusões

Em relação à aplicação de quitosano, alginato e proteína de soro a 2% (m/v), o revestimento de quitosano foi aquele que originou as menores perdas de peso e as menores contagens de mesófilos aeróbios e bolores e leveduras após 6 meses de armazenamento industrial sob refrigeração. Pelo contrário, observou-se crescimento de bolores no revestimento com proteína do soro após três meses, indicando não ser uma

boa opção para a castanha. Relativamente à utilização de quitosano (0,5, 1 e 2%, m/v) e farinha de mandioca (3 e 5%, m/v), as menores perdas de peso foram observadas nos frutos revestidos com farinha de mandioca. Contudo, a aplicação de quitosano a 1 e 2%, e de farinha de mandioca a 3% parece ser uma técnica promissora para retardar o desenvolvimento microbiano, principalmente quando se consideram armazenamentos longos (superiores a 3 meses). Pelo contrário, a aplicação de farinha de mandioca a 5% acarreta o desenvolvimento de bolores após seis meses de armazenamento, não sendo uma boa opção. Em relação aos produtos comerciais, revestimentos à base de ácidos gordos, como é o caso do FOOD-COAT[®], é mais eficiente para a perda de peso do que um à base de ácidos orgânicos (ex. PROALLIUM[®]) para tempos longos de armazenamento (> 3 meses). Contudo, o PROALLIUM[®] é um produto promissor para retardar o desenvolvimento microbiano durante pelo menos dois a três meses. Deste modo, a junção PROALLIUM[®] + FOOD-COAT[®] pode ser vantajosa para se retardar a perda de peso e o desenvolvimento microbiano até três meses de armazenamento, observando-se uma perda na sua eficácia após esse período.

Os revestimentos hidrofóbicos à base de parafina e cera de abelha foram muito eficientes na prevenção da perda de água quando as castanhas foram armazenadas em condições forçadas (temperatura ambiente). Em termos sensoriais, as castanhas revestidas com parafina ou com cera de abelha foram semelhantes às castanhas antes do armazenamento. Embora a utilização do timol como aditivo no tratamento da parafina tenha conferido aromas desagradáveis à castanha, provavelmente devido ao odor pungente do timol, a adição de timol permitiu diminuir a podridão das castanhas após o armazenamento. Este resultado demonstra que a utilização de aditivos voláteis com capacidade antimicrobiana pode ser uma solução para a redução da perda de castanhas por crescimento microbiano (podridão).

7.4. Agradecimentos

Os autores do presente capítulo agradecem toda a colaboração prestada pelos parceiros Agromontenegro, Cooperativa Agrícola Penela da Beira - Coopenela e Sortegel - Produtos Congelados, S.A., os quais foram fundamentais para a realização do presente trabalho, pois forneceram a matéria-prima e criaram as condições necessárias para que os ensaios pudessem ocorrer. A sua participação e ajuda foram imprescindíveis para a concretização das tarefas que tinham sido propostas no projeto e para que os objetivos tenham sido materializados.

Os autores agradecem ainda à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal) e aos fundos nacionais FCT/MCTES (PIDDAC) pelo apoio financeiro ao CIMO (UIDB/00690/2020 e UIDP/00690/2020) e SusTEC (LA/P/0007/2020).

7.5. Referências

Alleoni, A.C.C., Jacomino, A.P., Rosa, A.S. (2006). 'Pêra' orange coating with whey protein concentrate film associated to plasticizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **41**, 1221-1226.

Amanatidou, A., Slump, R.A., Gorris, L.G.M., Smid, E.J. (2000). High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf life extension of minimally processed carrots. *Journal of Food Science*, **65**, 61-66.

Camatari, F.O.S., Santana, L.C.L.A., Canelossi, M.A.G., Alexandre, A.P.S., Nunes, M.L., Goulart, M.O.F., Narain, N., Silva, M.A.A.P. (2018). Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) 'Tommy Atkins' fruits. *Food Science and Technology*, **38** (Suppl. 1), 86-95.

Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, **4**, 849–875.

Chiabrande, V., Giacalone, G. (2016). Effect of chitosan and sodium alginate edible coatings on the postharvest quality of fresh-cut nectarines during storage. *Fruits*, **71**, 79-85.

Chien, P.-J., Sheu, F., Yang, F.-H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, **78**, 225–229.

Chiumarelli, M., Ferrari, C.C., Sarantópoulos, C.I.G.L., Hubinger, M.D. (2011). Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **12**, 381-387.

Cisneros-Zevallos, L., Krochta, J.M. (2003). Whey protein coatings for fresh fruits and relative humidity effects, *Journal of Food Science*, **68**, 176-181.

Conca, K.R., Yang, T.C.S. (1993). Edible food barrier coatings. *In: Biodegradable polymers and packaging*. Ching, C., Kplan D., Thomas, E. (Eds.). Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, Pennsylvania, pp. 357-369.

DAGV (2018). Manual de Procedimentos – Exportação de castanha em fresco submetida a tratamento com água quente em sistema contínuo. Procedimento a adotar nas Centrais de Armazenagem e Embalagem (CAE) de castanha. Versão 01 de 18/04/2018.

Fernandes, L., Pereira, E.L., Fidalgo, M.C., Gomes, A., Ramalhosa, E. (2020). Physicochemical properties and microbial control of chestnuts (*Castanea sativa*) coated with whey protein isolate, chitosan and alginate during storage. *Scientia Horticulturae*, **263**, 109105 (p. 8).

Goy, R.C., Morais, S.T.B., Assis, O.B.G. (2016). Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quaternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, **26**, 122-127.

Goy, R.C., Britto, D.A., Odilio, B.G.O. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, **19**(3), 241-247.

Lin, D., Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **6**, 61-75.

Nair, M.S., Saxena, A., Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, **240**, 245–252.

Regalado, C., Pérez-Pérez, C., Lara-Cortés, E., García-Almendarez, B. (2006). Whey protein based edible food packaging films and coatings. *In: Advances in Agricultural and Food Biotechnology*. Ramón Gerardo Guevara-González and Irineo Torres-Pacheco (Eds.), Chapter 11, pp. 237-261. ISBN: 81-7736-269-0.

Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar, M., Zamani Z. (2017). Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit storability improvement using pre-storage chitosan coating technique. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **19**, 389-400.

Yaman, O., Bayoindirli, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, **35**, 146-150.

Zhang, D., Quantick, P.C. (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **73**(6), 763-767.

Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.-A., Voilley, A. (1998). Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **38**(4), 299-313.

Janjarasskul, T., Krochta, J.M. (2010) Edible Packaging Materials. *Annual Review of Food Science and Technology*. **1**, 415–48.

Marchese, A., Orhan, I.E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A. Nabavi, S.F., Gortzi, O., Izadi, M., Nabavi, S.M. (2016). Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature *Food Chemistry*, **210**, 402-414.