

# Efeito da humidade relativa nas propriedades físico-químicas e microbiológicas de miolo de amêndoa ao longo do armazenamento

## Effect of the relative humidity on physicochemical properties and microbial quality of almond kernels during storage

Francieli Graeff<sup>1,2</sup>, Luana Fernandes<sup>3</sup>, Ermelinda L. Pereira<sup>3</sup>, Auryo Gomes<sup>1</sup>, José Alberto Pereira<sup>3</sup>, Carolina Garcia<sup>2</sup> e Elsa Ramalhosa<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

<sup>2</sup>UTFPR-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Brasil

<sup>3</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

(\*E-mail: elsa@ipb.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.19694>

Recebido/received: 2020.03.13

Aceite/accepted: 2020.04.03

### RESUMO

No presente trabalho pretendeu-se avaliar o efeito de três humidades relativas (HR) (60, 70 e 80%) nas características físico-químicas e microbiológicas de miolo de amêndoa, armazenado a 25 °C, durante 60 dias. Em relação à atividade da água, os menores valores foram observados para a HR de 60%, após 1 e 2 meses (0,624 e 0,595, respetivamente), ao contrário da HR de 80%, para a qual não se observaram diferenças significativas ao longo do tempo. Relativamente aos parâmetros nutricionais, para cada HR ao longo do tempo, não se observaram diferenças significativas. Ao comparar as HRs entre si, as únicas diferenças significativas foram detetadas no teor de humidade após 30 dias (menores valores para 60%) e para a proteína após 60 dias (menores valores para 70%). Salvo raras exceções, não se observaram diferenças significativas nos tempos de indução, tanto para o fruto como para o óleo, para as três HRs. Quanto à qualidade microbiológica, verificou-se um decréscimo significativo nos microrganismos a 30 °C após 60 dias, em relação ao início. Pelo contrário, nos bolores e leveduras não se observaram diferenças significativas. Em conclusão, as HRs estudadas não afetaram de forma relevante a qualidade final de miolo de amêndoa durante 60 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** Miolo de amêndoa, *Prunus dulcis*, Armazenamento, Humidade relativa, Qualidade

### ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the effect of three relative humidities (RH) (60, 70 and 80%) on the physicochemical and microbiological characteristics of almond kernels stored at 25 °C for 60 days. Regarding water activity, the lowest values were observed for the RH of 60%, after 30 and 60 days (0.624 and 0.595, respectively), while for the RH of 80%, no significant differences were observed over time. Concerning nutritional parameters, no significant differences were observed for each RH during the time. When comparing RHs with each other, the only significant differences were detected for the moisture content after 30 days (lower values for 60%) and protein after 60 days (lower values for 70%). In general, no significant differences in the induction times of the fruit and oil were observed in the three RHs. Regarding microbiological quality, there was a significant decrease in microorganisms at 30 °C after 60 days, when compared with the beginning. In contrast, in molds and yeast, no significant differences were observed during storage. In conclusion, the RHs did not significantly affect the final quality of almond kernels during 60 days of storage at 25 °C.

**Keywords:** Almond kernels, *Prunus dulcis*, Storage, Relative humidity, Quality

## INTRODUÇÃO

A amêndoa (*Prunus dulcis*) é um fruto muito apreciado mundialmente, uma vez que é consumido em cru ou processado (laminado, granulado, farinha), sendo adicionado a diversos produtos de pastelaria e chocolates, entre outros. Ao contrário do fruto com casca que tem um tempo de prateleira longo, o miolo é mais suscetível a perder qualidade pelo desenvolvimento de ranço e de bolores que podem pôr em causa a sua segurança. Nesse sentido, a indústria deste fruto seco procura soluções de conservação para o miolo de amêndoa, com o intuito de aumentar o seu tempo de prateleira e possibilitar a sua exportação para países tropicais como África e Brasil, sem que haja problemas de desenvolvimento de bolores.

Até ao momento, alguns estudos já foram realizados em conservação e armazenamento de amêndoa em miolo. No entanto, poucos trabalhos foram realizados em Portugal (Guiné *et al.*, 2014, 2015), tendo os trabalhos incididos em Espanha (García-Pascual *et al.*, 2003; Cornacchia *et al.*, 2012; Carrasco-Del Amor *et al.*, 2016), Turquia (Agar *et al.*, 1998), Irão (Raisi *et al.*, 2015; Padehban *et al.*, 2018) e alguns nos EUA (García-Pascual *et al.*, 2003; Ledbetter e Palmquist, 2006). Os pontos cruciais de interferência na qualidade da amêndoa são: a temperatura na qual ela é armazenada, o tipo de embalagem, o tempo e a humidade relativa. Por isso, são esses os fatores mais analisados em estudos de conservação de frutos secos. Na sua maioria, o armazenamento é realizado a baixas temperaturas, com embalagens que mantêm as amêndoas ao abrigo da luz. Em alguns casos são utilizadas atmosferas modificadas, as quais proporcionam um aumento do tempo de prateleira e maior aceitabilidade dos consumidores. Até ao momento, alguns ensaios já foram realizados com humidade relativa controlada, com valores entre os 13,2 e 90% (Guiné *et al.*, 2014), 65% (Ledbetter e Palmquist, 2006; Cheely *et al.*, 2018) e 78% (Raisi *et al.*, 2015). Contudo, não se conhece o seu papel nas características físico-químicas da amêndoa.

Nesse sentido, no presente trabalho pretendeu-se avaliar o efeito de três humidades relativas (60, 70 e 80%) nas características físico-químicas (cor, atividade da água ( $a_w$ ), teores de humidade, proteína e gordura, e estabilidade oxidativa) e

microbiológicas de miolo de amêndoa, armazenado a 25 °C, durante 2 meses, de modo a simular condições de transporte marítimo e de armazenamento que possam ocorrer em países tropicais, para os quais a amêndoa Portuguesa é normalmente exportada.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Amostragem*

Utilizou-se miolo de amêndoa proveniente de uma mistura comercial de variedades de casca mole fornecido por uma empresa de Alfândega da Fé (Portugal). Posteriormente, esse miolo de amêndoa foi levado para o laboratório e realizados os ensaios de conservação.

### *Ensaio de conservação*

As condições de armazenamento testadas foram três humidades relativas (60, 70 e 80%), à temperatura de 25 °C, durante 0, 30 e 60 dias. Para obter cada humidade relativa foram preparadas diferentes soluções saturadas de sais, nomeadamente: para a de 60% usou-se brometo de sódio (NaBr); para a de 70% o iodeto de potássio (KI) e para a de 80% o cloreto de amónio (NH<sub>4</sub>Cl) (Greenspan, 1977), que foram colocadas em frascos fechados, juntamente com o miolo de amêndoa. A cada tempo foram retiradas três amostras de fruto, de cada humidade relativa, para proceder à sua caracterização físico-química e microbiológica. Para realizar algumas análises, tais como a proteína e gordura, as amostras foram previamente liofilizadas (Scanvac, Coolsafe, Lyngge, Dinamarca).

### *Atividade da água ( $a_w$ ) e cor*

A  $a_w$  foi determinada num medidor de atividade da água portátil (Novasina, LabSwift-aw, Lachen, Suíça). A cor foi avaliada através de um colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Company, Japão), expressando-se os resultados no sistema CIELAB, no qual o  $L^*$  avalia a luminosidade e varia entre 0 (preto) e 100 (branco), a coordenada colorimétrica  $a^*$  varia entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos), enquanto

a coordenada colorimétrica  $b^*$  varia entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos). As coordenadas cilíndricas da cor, tonalidade ( $h^*$ ) e croma ou saturação ( $C^*$ ), também foram determinadas. As análises foram realizadas em 10 frutos.

### *Teores de humidade, proteína e gordura*

Os teores de humidade, proteína e gordura de cada amostra foram determinados utilizando procedimentos AOAC (AOAC, 1995) e expressos em g/100g de matéria fresca (m.f.). O teor de humidade foi determinado secando a amostra até peso constante a 105 °C. O teor de proteína nas amostras foi estimado pelo método Kjeldahl, com um fator de conversão de 5,18, conforme Yada *et al.* (2013). A gordura total foi determinada por extração em Soxhlet, de uma massa conhecida de amostra, com éter de petróleo durante 16h. Todos os ensaios foram feitos em triplicado.

### *Estabilidade oxidativa*

A estabilidade à oxidação foi determinada no miolo e no óleo de amêndoa (tendo o último sido extraído pela metodologia descrita anteriormente), segundo o método da condutividade avaliado no equipamento Rancimat 743 (Metrohm, Suíça). As amostras (3 g para o óleo e 0,5 g para o fruto) foram aquecidas a  $120 \pm 1,6$  °C. Os resultados foram expressos em tempo de indução (h). As análises foram feitas em triplicado.

### *Espectrofotometria no ultravioleta (UV)*

A análise por espectrofotometria no ultravioleta pode fornecer indicações sobre a qualidade do óleo da amêndoa. A análise da absorvância no ultravioleta foi efetuada segundo o descrito no Regulamento de Execução (UE) 2015/1833 (UE, 2015), seguindo a seguinte metodologia: aproximadamente 0,6 g de toma de amostra foram dissolvidas em 10 mL de iso-octano (2,2,4-trimetilpentano), determinando-se em seguida, em cuvetes de quartzo de percurso ótico de 1 cm, o coeficiente de extinção da solução, nos comprimentos de onda indicados no regulamento, designadamente 232 e 268 nm, em relação ao iso-octano no seu estado

puro. As leituras de absorvância foram efetuadas num espectrofotómetro UV/Visível (Genesys™ 10, Portugal). Os coeficientes de extinção a 232 e 268 nm foram calculados de acordo com as seguintes equações:

$$K_{232} = \frac{A_{232}}{c \times 1}$$

$$K_{268} = \frac{A_{268}}{c \times 1}$$

Em que  $c$  corresponde à concentração da solução inicial;  $A_{232}$  ao valor de absorvância a 232 nm; e  $A_{268}$  ao valor de absorvância a 268 nm.

### *Análises microbiológicas*

As amostras ao longo do período de armazenamento foram avaliadas em relação à qualidade microbiológica. Após pesagem de 10 g de miolo de amêndoa e posterior homogeneização com água peptonada estéril realizaram-se diluições decimais apropriadas, seguido de plaqueamento, em duplicado, de uma alíquota de 0,2 mL nos meios de cultura: *Plate count agar* (PCA, Liofilchem, Itália), para a quantificação de microrganismos a 30 °C, e *Dichloran Glycerol* (DG18, Liofilchem, Itália) agar, para a quantificação de bolores e leveduras. As placas foram incubadas a 30 °C durante 46-72 h (PCA) e a 25 °C durante 5 dias (DG 18). Os resultados obtidos foram expressos em unidades formadoras de colónias por grama (UFC/g).

### *Análise estatística*

A análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL), versão 18.0. Para as propriedades físico-químicas e microbiológicas das amêndoas, a normalidade e a homogeneidade da variância foram sempre verificadas pelos testes Shapiro-Wilk e Levene, respetivamente. Quando foi observada normalidade e homogeneidade de variâncias, aplicou-se uma ANOVA, seguida do test post-hoc de Tukey. Pelo contrário, quando ambas as condições falharam, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido da comparação múltipla das médias das ordens.

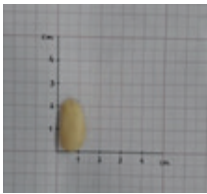
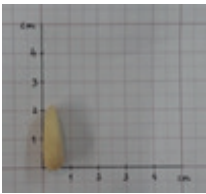

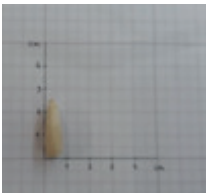
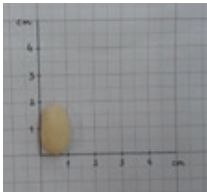
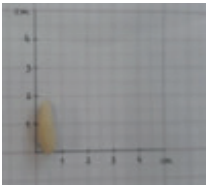

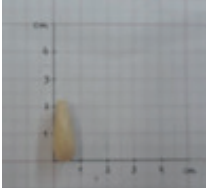



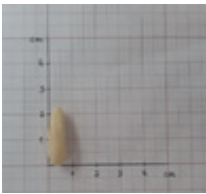

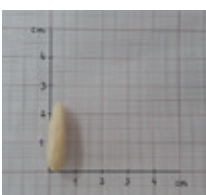
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspetto visual e cor

Na Figura 1 apresentam-se as fotografias das amêndoas ao longo do armazenamento e submetidas a diferentes humidades relativas. Durante o armazenamento, verificou-se que as amêndoas peladas não apresentaram alterações visíveis na sua aparência visual, sugerindo que as diferentes humidades relativas aplicadas não interferiram no aspeto visual deste fruto seco. Em relação aos parâmetros de cor, verificaram-se poucas alterações significativas, ao longo do armazenamento, o que está de encontro com a Figura 1. Quando se compara a mesma humidade relativa ao longo do período de armazenamento (0, 30 e 60 dias), verificou-se que apenas se detetaram diferenças significativas no parâmetro  $L^*$  na humidade relativa de 80%, tendo este parâmetro aumentado.

### Atividade de água ( $a_w$ ), teores de humidade, proteína e gordura

O Quadro 1 apresenta a  $a_w$  e os teores de humidade, gordura e proteína das amostras armazenadas a diferentes humidades relativas, à temperatura de 25 °C. Ao analisar o Quadro 1 verificou-se a não existência de diferenças significativas para cada HR ao longo do armazenamento (0, 30 e 60 dias), para os teores de humidade, proteína e gordura. Ao comparar HRs entre si, as

	HR (%)	Cor
0 dias		
		$L^* = 67,81 \pm 4,01^A$ $a^* = 0,21 \pm 0,51^A$ $b^* = 20,82 \pm 2,13^A$ $C^* = 20,82 \pm 2,13^A$ $h^* = 89,32 \pm 1,54^A$
30 dias	60 	
		$L^* = 65,96 \pm 2,31^{a,A}$ $a^* = 0,76 \pm 0,16^{b,A}$ $b^* = 21,28 \pm 3,36^{a,A}$ $C^* = 21,32 \pm 3,40^{a,A}$ $h^* = 87,00 \pm 1,59^{a,A}$
	70 	
		$L^* = 67,91 \pm 5,72^{a,A}$ $a^* = -0,24 \pm 0,65^{a,A}$ $b^* = 21,98 \pm 2,89^{a,A}$ $C^* = 21,59 \pm 2,20^{b,A}$ $h^* = 90,52 \pm 1,69^{a,A}$
60 dias	60 	
		$L^* = 63,03 \pm 1,07^{a,A}$ $a^* = 0,19 \pm 0,45^{a,b,A}$ $b^* = 21,41 \pm 1,32^{a,A}$ $C^* = 21,42 \pm 1,32^{a,b,A}$ $h^* = 89,43 \pm 1,20^{a,A}$
	70 	
		$L^* = 71,11 \pm 4,40^{a,b,A}$ $a^* = 0,39 \pm 0,93^{a,A}$ $b^* = 22,30 \pm 1,78^{a,A}$ $C^* = 22,21 \pm 1,75^{a,A}$ $h^* = 88,91 \pm 2,55^{a,A}$
60 dias	70 	
		$L^* = 67,48 \pm 4,16^{a,A}$ $a^* = -0,57 \pm 0,88^{a,A}$ $b^* = 21,11 \pm 3,77^{a,A}$ $C^* = 21,13 \pm 3,77^{a,A}$ $h^* = 91,56 \pm 2,49^{a,A}$
	80 	
		$L^* = 74,95 \pm 2,00^{b,B}$ $a^* = -0,36 \pm 0,34^{a,A}$ $b^* = 24,55 \pm 5,33^{a,A}$ $C^* = 26,00 \pm 4,99^{a,A}$ $h^* = 89,82 \pm 5,23^{a,A}$

Letras minúsculas – Comparam diferentes HRs no mesmo tempo de armazenamento (p-value=0,05); Letras maiúsculas – Comparam a mesma HR ao longo do tempo de armazenamento (p-value=0,05).

**Figura 1** - Aspetto visual e parâmetros da cor do miolo sem película, ao longo do armazenamento realizado a diferentes humidades relativas.

únicas diferenças significativas foram detetadas para o teor de humidade após 30 dias (menor valor para 60%) e para a proteína após 60 dias (menor valor para 70%). Em relação à atividade da água, os menores valores foram observados para a HR de 60%, após 30 (0,624±0,007) e 60 dias (0,595±0,006), ao contrário da HR de 80%, para a qual não se observaram diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento. Além disso, observou-se que após 2 meses, as amostras armazenadas a 60% de HR apresentaram valores inferiores a 0,6 (valor em que a maioria dos microrganismos não se desenvolve).

de 60% para o óleo ao longo do armazenamento. Até aos 60 dias de armazenamento, a HR não teve um efeito significativo na estabilidade oxidativa, quando se compararam as HRs entre si para cada um dos tempos de armazenamento.

No Quadro 3 estão representados os resultados obtidos na análise de espectrofotometria por UV do óleo extraído das amêndoas, durante o armazenamento. No que se refere aos valores de  $K_{232}$ , verificou-se que houve uma diminuição ao longo do tempo de armazenamento para as três HRs estudadas, ou seja, houve uma redução dos compostos primários da oxidação (Kiralan e Bayrak, 2013),

**Quadro 1** - Atividade de água ( $a_w$ ), teores de humidade, gordura e proteína de miolo de amêndoa durante o armazenamento

Parâmetros	HR	Tempo (dias)		
		0	30	60
$a_w$	60%	0,699±0,007 <sup>C</sup>	0,624±0,007 <sup>a,B</sup>	0,595±0,006 <sup>a,A</sup>
	70%	0,699±0,007 <sup>B</sup>	0,659±0,003 <sup>b,A</sup>	0,660±0,011 <sup>b,A</sup>
	80%	0,699±0,007 <sup>A</sup>	0,690±0,005 <sup>c,A</sup>	0,688±0,008 <sup>c,A</sup>
Teor de humidade (g/100 g m.f.)	60%	6,20±0,54 <sup>A</sup>	5,50±0,15 <sup>a,A</sup>	5,75±0,24 <sup>a,A</sup>
	70%		5,61±0,10 <sup>a,b,A</sup>	6,24±0,22 <sup>a,A</sup>
	80%		5,97±0,26 <sup>b,A</sup>	6,24±0,69 <sup>a,A</sup>
Teor de gordura (g/100 g m.f.)	60%	56,25±5,71 <sup>A</sup>	57,79±2,75 <sup>a,A</sup>	56,42±2,66 <sup>a,A</sup>
	70%		58,82±5,63 <sup>a,A</sup>	61,11±14,30 <sup>a,A</sup>
	80%		57,04±0,73 <sup>a,A</sup>	54,58±4,60 <sup>a,A</sup>
Proteína (g/100 g m.f.)	60%		14,67±0,11 <sup>a,A</sup>	14,40±0,69 <sup>b,A</sup>
	70%	13,67±0,59 <sup>A</sup>	13,72±1,08 <sup>a,A</sup>	12,06±0,36 <sup>a,A</sup>
	80%		13,58±1,02 <sup>a,A</sup>	13,91±0,43 <sup>b,A</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão (n=3). Letras minúsculas -Valores com a mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes (p>0,05); Letras maiúsculas -Valores com a mesma letra na mesma linha não são estatisticamente diferentes (p>0,05).

### **Estabilidade oxidativa e parâmetros da análise espectrofotométrica no UV**

No processo de deterioração oxidativa há um período inicial, chamado período de indução, o qual, quanto maior for, mais estável será o óleo. Geralmente, com o aumento do tempo de armazenamento, o período de indução tende a diminuir. No presente estudo verificou-se que, salvo raras exceções, os tempos de indução não variaram significativamente ao longo do armazenamento, tanto no miolo como para o óleo (Quadro 2). Apenas foram verificadas diferenças significativas para a HR de 70% para o fruto, como para a HR

(hidroperóxidos e dienos conjugados) (Laguerre *et al.*, 2007). Já pelo contrário, houve um aumento nos valores de  $K_{268}$  ao longo do armazenamento, indicativo da formação de um maior número de compostos da oxidação secundária. No entanto, só se verificaram diferenças significativas entre o início do armazenamento e os 60 dias de armazenamento para as HRs de 60 e 80%. Ao comparar as diferentes HRs, verificou-se que no final do armazenamento, não existiram diferenças significativas em nenhum parâmetro. Apesar de não haver nenhum documento legal que estabeleça os valores máximos dos parâmetros obtidos por espectrofotometria por UV do óleo extraído das



**Quadro 2** - Estabilidade oxidativa do miolo de amêndoa e óleo extraído do miolo de amêndoa durante 60 dias de armazenamento

Amostras	HR	Tempo (dias)		
		0	30	60
Miolo (h)	60%	17,33±0,52 <sup>A</sup>	18,77±7,92 <sup>a,A</sup>	14,69±2,12 <sup>a,A</sup>
	70%	17,33±0,52 <sup>B</sup>	18,23±1,27 <sup>a,B</sup>	12,46±0,46 <sup>a,A</sup>
	80%	17,33±0,52 <sup>A</sup>	18,39±2,82 <sup>a,A</sup>	14,35±2,88 <sup>a,A</sup>
Óleo (h)	60%	7,39±0,38 <sup>B</sup>	6,81±0,10 <sup>a,A,B</sup>	6,20±0,24 <sup>a,A</sup>
	70%	7,39±0,38 <sup>A</sup>	6,65±0,19 <sup>a,A</sup>	6,60±0,55 <sup>a,A</sup>
	80%	7,39±0,38 <sup>A</sup>	7,30±0,19 <sup>b,A</sup>	6,73±0,36 <sup>a,A</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão (n=3). Letras minúsculas - Valores com a mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes (p>0,05); Letras maiúsculas - Valores com a mesma letra na mesma linha não são estatisticamente diferentes (p>0,05).

amêndoas, verificou-se que o presente óleo apresenta valores de  $K_{268} \leq 0,22$ , dentro do limite estabelecido para azeite virgem para este parâmetro (Regulamento de Execução (UE) 2019/1604 da Comissão de 27 de setembro de 2019 (UE, 2019)). Pelo contrário, para o  $K_{232}$ , os valores obtidos foram superiores ao estabelecido para o azeite virgem extra ( $\leq 2,50$ ) (Regulamento de Execução (UE) 2019/1604 da Comissão de 27 de setembro de 2019 (UE, 2019)). No entanto, quando se comparam os valores obtidos para o óleo de amêndoa com um óleo alimentar comercial ( $K_{232} = 9,205$ ,  $K_{268} = 1,370$ ) (Ventura, 2014), verificou-se que o óleo do presente trabalho apresenta valores inferiores para todos os parâmetros obtidos por espectrofotometria por UV.

**Quadro 3** - Análise espectrofotométrica no UV dos óleos extraídos de amêndoa armazenada a diferentes HRs

Parâmetros	HR	Tempo (dias)		
		0	30	60
$K_{232}$	60%	4,99±0,17 <sup>B</sup>	3,32±0,18 <sup>a,A</sup>	3,72±0,20 <sup>a,A</sup>
	70%	4,99±0,17 <sup>B</sup>	3,45±0,44 <sup>a,A</sup>	3,51±0,28 <sup>a,A</sup>
	80%	4,99±0,17 <sup>B</sup>	3,53±0,34 <sup>a,A</sup>	4,11±0,43 <sup>a,A</sup>
$K_{268}$	60%	0,06±±0,01 <sup>A</sup>	0,06±0,01 <sup>a,A</sup>	0,07±0,01 <sup>a,B</sup>
	70%	0,06±±0,01 <sup>A</sup>	0,07±0,01 <sup>b,B</sup>	0,04±0,01 <sup>a,A,B</sup>
	80%	0,06±±0,01 <sup>A</sup>	0,06±0,01 <sup>a,b,A</sup>	0,08±0,01 <sup>a,B</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão (n=3). Letras minúsculas - Valores com a mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes (p>0,05); Letras maiúsculas - Valores com a mesma letra na mesma linha não são estatisticamente diferentes (p>0,05).

## Análises microbiológicas

Quanto à contagem de microrganismos presentes nas amostras sujeitas a diferentes HRs, é possível verificar que não houve um aumento da população de microrganismos a 30 °C, bem como de bolores e leveduras, durante o período de armazenamento (Quadro 4). De facto, verificou-se uma diminuição significativa na contagem de microrganismos a 30 °C após 60 dias, em relação ao início. Em relação aos bolores e leveduras, apesar de se observar também uma diminuição desses microrganismos durante o armazenamento, as diferenças não foram significativas. Devido ao facto da  $a_w$  ser baixa (0,6-0,7), os microrganismos presentes são possivelmente fungos xerófilos, uma vez que alguns destes fungos podem germinar ou até crescer a  $a_w$  tão baixas como 0,7 (Gock *et al.*, 2003). Quando se estuda o efeito da HR no crescimento microbiano, verificou-se que até aos 2 meses de armazenamento não se observou qualquer efeito, visto que não se detetaram diferenças estatísticas entre amostras submetidas a diferentes HRs para um tempo específico (letras minúsculas por coluna). Assim, pode-se afirmar que o tempo de armazenamento afetou a carga microbiana, ao contrário da HR, ao considerar 60 dias de armazenamento.

Tendo em conta, os resultados microbiológicos obtidos durante o ensaio podemos concluir que as amêndoas armazenadas a diferentes HRs apresentaram uma qualidade microbiológica satisfatória, de acordo com os limites estabelecidos para a contagem de microrganismos a 30 °C pela

**Quadro 4** - Contagem média (log UFC/g ± desvio padrão) de microrganismos a 30 °C e de bolores e leveduras, em amêndoas armazenadas a diferentes HRs

Microrganismos	HR	Tempo (dias)		
		0	30	60
Microrganismos a 30 °C	60%	3,83±0,42 <sup>B</sup>	3,14±0,28 <sup>a,A,B</sup>	2,82±0,39 <sup>a,A</sup>
	70%	3,83±0,42 <sup>B</sup>	3,14±0,04 <sup>a,A,B</sup>	2,90±0,32 <sup>a,A</sup>
	80%	3,83±0,42 <sup>B</sup>	3,27±0,19 <sup>a,A,B</sup>	2,72±0,21 <sup>a,A</sup>
Bolores e leveduras	60%	2,06±0,32 <sup>A</sup>	1,70±0,01 <sup>a,A</sup>	1,77±0,13 <sup>a,A</sup>
	70%	2,06±0,32 <sup>A</sup>	1,80±0,17 <sup>a,A</sup>	1,70±0,01 <sup>a,A</sup>
	80%	2,06±0,32 <sup>A</sup>	1,76±0,10 <sup>a,A</sup>	2,18±0,52 <sup>a,A</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão (n=3). Letras minúsculas - Valores com a mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes (p>0,05); Letras maiúsculas - Valores com a mesma letra na mesma linha não são estatisticamente diferentes (p>0,05).

FCD (2016) e Gilbert *et al.* (2000) ( $<10^4$  e  $<10^5$  UFC/g, respetivamente), e para os bolores e leveduras por Witthuhn *et al.* (2005) e FCD (2016) ( $<10^3$  e  $<5 \times 10^3$  UFC/g, respetivamente), para o grupo de frutos secos.

## CONCLUSÕES

Verificou-se que as amostras ao longo do armazenamento mantiveram uma aparência visual semelhante às do dia 0, independentemente da HR aplicada, bem como, poucas alterações foram detetadas nos parâmetros da cor. Quanto à composição nutricional, não se detetaram diferenças significativas, nem ao longo do período de armazenamento, nem para as HRs aplicadas. A HR a 60% foi a que apresentou os menores valores de  $a_w$ . Em relação à estabilidade oxidativa, verificou-se que todas as HRs provocaram uma diminuição no tempo de indução do óleo, mas não tão visível no fruto. Para além disso, os valores de  $K_{232}$  diminuíram, enquanto os de  $K_{268}$  aumentaram, sugerindo a

formação de compostos da oxidação secundária. Por fim, os valores de microrganismos diminuíram ao longo do tempo de armazenamento, em todas as HRs. Em termos gerais, não foi possível determinar qual a melhor HR a aplicar no armazenamento de amêndoas durante 60 dias, visto que poucas diferenças se verificaram. Assim, torna-se necessário continuar o ensaio de conservação por mais tempo, com o intuito de poder verificar possíveis diferenças entre as HRs e definir qual a melhor a aplicar no transporte de amêndoas despeladas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento dado ao Projeto ValNuts (PDR2020-101-030756), no âmbito de uma iniciativa comunitária promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER, Portugal 2020. Este trabalho foi também parcialmente financiado pelo CIMO (UID/AGR/00690/2019) através do FEDER no âmbito do PT2020.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agar, I.T.; Kafkas, S. & Kaska, N. (1998) - Effect of cold storage on the kernel fatty acid composition of almond. *Acta Horticulturae*, vol. 470, p. 349-358. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.48>
- AOAC (1995) - *Official methods of analysis*. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, VA, EUA.
- Carrasco-Del Amor, A.M.; Aguayo, E.; Collado-González, J.; Guy, A.; Galano, J.; Durand, T. & Gil-Izquierdo, A. (2016) - Impact of packaging atmosphere, storage and processing conditions on the generation of phytoprostanes as quality processing compounds in almond kernels. *Food Chemistry*, vol. 211, p. 869-875. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.132>
- Cheely, A.N.; Pegg, R.B.; Kerr, W.L.; Swanson, R.B.; Huang, B.; Parrish, D.R. & Kerrihard, A.L. (2018) - Modeling sensory and instrumental texture changes of dry-roasted almonds under different storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 91, p. 498-504. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.069>
- Cornacchia, R.; Amodio, M.L. & Colelli, G. (2012) - Effects of storage temperature and duration on quality of unshelled and shelled almonds. *Acta Horticulturae*, vol. 934, p. 783-790. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.103>
- FCD (2016) - *Critères microbiologiques applicables à partir de 2015 aux marques de distributeurs, marques premiers prix et matières premières dans leur conditionnement initial industriel*. Fédération des Entreprises du Commerce et la Distribution. p. 1-59.
- García-Pascual, P.; Mateos, M.; Carbonell, V. & Salazar, D.M. (2003) - Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Biosystems Engineering*, vol. 84, n. 2, p. 201-209. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00262-3](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00262-3)
- Gilbert, R.J.; de Louvois, J.; Donovan, T.; Little, C.; Nye, K.; Ribeiro, C.D.; Richards, J.; Roberts, D. & Bolton, F.J. (2000) - Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Communicable Disease and Public Health*, vol. 3, n. 3, p. 163-167.

- Gock, M.A.; Hocking, A.D.; Pitt, J.I. & Poulos, P.G. (2003) - Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 81, n. 1, p. 11-19. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00166-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00166-6)
- Greenspan, L. (1977) – Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research*, vol. 81A, n. 1, p. 89-95.
- Guiné, R.P.F.; Almeida, C.F.F. & Correia, P.M.R. (2014) - Efeito da embalagem nas propriedades físico-químicas de amêndoas durante o armazenamento. *Jornadas Fruteiras Tradicionais do Algarve*. Portugal, Loulé, p.10.
- Guiné, R.P.F.; Almeida, C.F.F.; Correia, P.M.R. & Mendes, M. (2015) - Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificial neural networks. *Food Bioprocess and Technology*, vol. 8, p. 1113–1125. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1474-3>
- Kiralan, M. & Bayrak A. (2013) - Oxidative and antiradical stabilities of two important virgin olive oils from Ayvalik and Memecik Olive Cultivars in Turkey. *International Journal of Food Properties*, vol. 16, n. 3, p. 649-657. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.561464>
- Laguerre, M.; Lecomte, J. & Villeneuve, P. (2007) - Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, vol. 46, n. 5, p. 244–282. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>
- Ledbetter, C.A. & Palmquist, D.E. (2006) - Comparing physical measures and mechanical cracking products of Nonpareil almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D.A. Webb.) with two advanced breeding selections. *Journal of Food Engineering*, vol. 76, n. 2, p. 232–237. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.046>
- Padehban, L.; Ansari, S. & Koshani, R. (2018) - Effect of packaging method, temperature and storage period on physicochemical and sensory properties of wild almond kernel. *Journal of Food Science Technology*, vol. 55, n. 9, p. 3408–3416. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3239-2>
- Raisi, M.; Ghorbani, M.; Mahoonak, A.S.; Kashaninejad, M. & Hosseini, H. (2015) - Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, vol. 62, p. 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.03.004>
- UE (2015) - Regulamento de Execução (EU) 2015/1833 da Comissão de 12 de outubro de 2015. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 266/29, de 13.10.2015.
- UE (2019) - Regulamento de Execução (UE) 2019/1604 da Comissão de 27 de setembro de 2019 que altera o Regulamento (CEE) n.º 2568/91 relativo às características dos azeites e dos óleos de bagaço de azeitona, bem como os métodos de análise relacionados. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 250/14, de 30.09.2019.
- Ventura, C.S.E. (2014) - Óleos Alimentares - Selecção de indicadores de degradação da qualidade para óleos alimentares usados. Tese de Mestrado, Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária, p. 74.
- Witthuhn, R.C.; Engelbrecht, S.; Joubert, E. & Britz, T.J. (2005) - Microbial content of commercial South African high-moisture dried fruits. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 98, n. 3, p. 722-726. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02500.x>
- Yada, S.; Huang, G. & Lapsley, K. (2013) - Natural variability in the nutrient composition of California-grown almonds. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 30, n. 2, p. 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.008>