



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume X • número X • p XX-

## **Impacto de diferentes técnicas de processamento na cor, matéria seca e actividade da água de larvas de *Tenebrio molitor***

Os insetos comestíveis são uma nova alternativa alimentar, apresentando-se como uma excelente fonte proteica, com grande sustentabilidade ambiental. É vital otimizar as técnicas de processamento de insetos por forma a garantir as melhores condições para a sua utilização como ingrediente alimentar. Neste trabalho, procurou-se compreender os efeitos de diferentes métodos de branqueamento e secagem e a aplicação de ácido ascórbico na cor, teor de matéria seca e atividade da água de larvas *Tenebrio molitor*. Os resultados obtidos permitiram observar que as condições de branqueamento, nomeadamente a 100°C, resultaram num menor teor de matéria seca e numa melhor manutenção da cor ao longo do tempo. A aplicação de ácido ascórbico revelou-se inconstante e com efeitos reduzidos na cor das larvas, quer após branqueamento como após secagem. Todas as condições de secagem (forno, micro-ondas e desidratador) resultaram em elevados teores de matéria seca. No entanto, a utilização do micro-ondas permitiu obter os melhores resultados a nível de cor. Assim, estes métodos convencionais podem ser aplicados no processamento de larvas, garantindo a sua segurança alimentar a um custo mais reduzido que a utilização do liofilizador.

### **Palavras-chave**

insetos comestíveis  
braqueamento  
ácido ascórbico  
secagem  
segurança alimentar

Carla Santos<sup>1</sup>

José Carlos Ribeiro<sup>1</sup>

Luís Miguel Cunha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> GreenUPorto - Sustainable Agrifood Production Research Centre, DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Campus de Vairão, Rua da Agrária, 747, 4485-646 Vila do Conde, Portugal.

\* lmcunha@fc.up.pt

**ISSN 1647-323X**

**Artigo em acesso aberto sob  
licença CC-BY**

**© 2021 Autores**

## INTRODUÇÃO

O número de pessoas que passam fome em todo mundo ultrapassou já a barreira dos 820 milhões, algo cada vez mais preocupante nos continentes africano, asiático e sul-americano, onde a malnutrição e doenças associadas têm vindo a aumentar desde 2015 (FAO et al., 2019). Aliado a isso, a população mundial continua a crescer, apesar de a um ritmo mais lento, tendo atingido os 7,7 mil milhões de pessoas em 2019 (United Nations, 2019).

Estas duas problemáticas obrigarão a que a produção agrícola e alimentar seja aumentada em cerca de 70% para que seja possível alimentar toda a população humana em 2050 (FAO, 2009). Por sua vez, este aumento da produção agrícola surge associado a um declínio das reservas naturais, nomeadamente no que diz respeito à água e à energia, e ainda a uma perda de biodiversidade relacionada com a progressiva ocupação e utilização de terra para fins agropecuários (Ritchie e Roser, 2020). Para além disso, é necessário ter em conta toda a poluição gerada por este setor e o seu impacto no ambiente. A energia utilizada na agropecuária é, maioritariamente, proveniente de combustíveis fósseis como o gás natural e o petróleo, que emitem elevadas quantidades de gases de efeito de estufa como o dióxido de carbono e o óxido nitroso (Yohannes, 2016; Ben Jebli e Ben Youssef, 2017). Os próprios animais, principalmente os ruminantes, contribuem para a libertação de metano na atmosfera aquando da digestão de alimentos no seu rúmen (Wilkinson, 2012; Hill et al., 2016).

Assim, nas últimas décadas, a comunidade científica tem vindo a procurar alternativas alimentares que consigam dar resposta à elevada demanda de alimentos a nível mundial e que, ao mesmo tempo, sejam sustentáveis e eficientes. A entomofagia é uma dessas alternativas e baseia-se na utilização de insetos para consumo humano (Evans et al., 2015). Esta prática é já bastante comum em diversos locais do mundo, nomeadamente em África, América Latina e Ásia, onde os insetos são considerados iguarias ou importantes fontes nutricionais (van Huis et al., 2013; van Huis, 2016). Os insetos comestíveis são, acima de tudo, uma excelente fonte de proteína, com determinadas espécies a atingir os 60% de proteína por matéria seca, mas também podem ser importantes fontes de minerais e vitaminas (Rumpold e Schlüter, 2013). De um ponto de vista de sustentabilidade ambiental, os insetos apresentam reduzidas necessidades de água, menores emissões de gases de efeito de estufa quando comparados com os ruminantes, e taxas de conversão alimentar bastante elevadas e eficientes (Mason et al., 2018).

No entanto, num contexto ocidental, os insetos não são aceites pelos consumidores devido a uma alta neofobia alimentar e, principalmente, a reações de nojo/aversão (Cunha e Ribeiro, 2019). Apesar de discursos racionais (popularização da entomofagia, ênfase nas vantagens nutricionais e ambientais, etc.) terem um efeito na aceitação dos insetos, para reverter as reações de nojo é necessário que os insetos sejam associados a experiências gastronómicas positivas (La Barbera et al., 2018). Um dos principais fatores que afeta a aceitação e a disposição do consumidor ocidental para provar insetos reside no seu perfil sensorial, nomeadamente em características relacionadas com o sabor, a textura e o aroma (Mishyna et al., 2020). Os atributos negativos mais frequentemente descritos na literatura incluem textura seca e granulosa e presença de odores desagradáveis (Cunha e Ribeiro, 2019), sendo que estas características podem ser influenciadas pelo tipo de processamento aplicado aos insetos (Mishyna et al., 2020).

As técnicas de processamento aplicadas a insetos previamente à sua utilização como ingredientes alimentares são vitais para garantir a sua segurança alimentar, mas, tal como referido, podem também desempenhar um papel ao nível da sua aceitação por parte do consumidor. A técnica de branqueamento é um dos principais métodos aplicados para garantir a segurança microbiológica dos alimentos, por redução da contagem microbiana e da atividade enzimática (Melgar-Lalanne et al., 2019), mas pode também influenciar o teor de matéria seca (MS) e a cor desses alimentos (Azzollini et al., 2016; Purschke et al., 2018; Mancini et al., 2019). Na maioria dos casos, os insetos comestíveis são comercializados na sua forma desidratada, pelo que diversas técnicas de secagem têm sido já aplicadas, nomeadamente a secagem em liofilizador (Purschke et al., 2018; Kröncke et al., 2019), micro-ondas (Kröncke et al., 2018; Lenaerts et al., 2018), forno (Heidari-Parsa, 2018; Huang et al., 2019), entre outras. O ideal é que estes métodos de secagem consigam garantir teores de MS o mais perto possível de 100% e níveis de atividade da água ( $a_w$ ) abaixo de 0,6 ou, preferencialmente, abaixo de 0,3 (Lenaerts et al., 2018). Para além disso, as técnicas aplicadas devem impedir o acastanhamento do alimento, que ocorre através de reações enzimáticas que oxidam compostos fenólicos, podendo gerar pigmentos castanhos. Assim, quando se pretende incorporar insetos em *snacks* ou produtos de pastelaria, considerados como dos mais apropriados para a sua inclusão (Ardoin e Prinyawiwatkul, 2020), é importante que estes mantenham uma cor clara e amarelada, por forma a não impactar a cor dos produtos finais e a consequente aceitação dos mesmos pelos consumidores.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi testar e comparar diferentes métodos de processamento, nomeadamente ao nível do branqueamento e da secagem, avaliando os seus efeitos no teor de matéria seca (MS), atividade da água ( $a_w$ ) e cor de larvas de *Tenebrio molitor*.

## METODOLOGIA

### Larvas de *T. molitor*

As larvas utilizadas neste estudo, com 8 semanas de crescimento (8 a 9 larvas por grama), foram fornecidas pela empresa Portugal Bugs, vivas e com o trato intestinal previamente limpo (jejum de 48 horas). Para a sua lavagem, as larvas foram mergulhadas numa solução de 200 ppm de hipoclorito de sódio, procedendo-se de seguida à eutanásia das mesmas por congelação a  $-24^{\circ}\text{C}$ , temperatura à qual foram mantidas para conservação até posterior utilização.

Os passos seguintes deste trabalho envolveram o branqueamento das larvas, sendo que parte das larvas utilizadas foram também tratadas com ácido ascórbico previamente a esse branqueamento. Após o tratamento com ácido ascórbico e aplicação de diferentes condições de branqueamento, foram efetuadas medições do teor de MS e cor (tanto imediatamente após o branqueamento como ao longo do tempo).

Após o branqueamento, as larvas foram submetidas a diferentes tratamentos e condições de secagem, sendo feitas medições do teor de MS,  $a_w$  e cor para cada tratamento e condição aplicados. Por forma a tornar as amostras mais homogéneas, as larvas pós-secagem foram moídas com recurso a um robot de cozinha antes de se efetuarem as medições de  $a_w$  e cor.

### Medições do teor de MS, $a_w$ e cor

O teor de MS das amostras (pós branqueamento ou pós método de secagem) foi determinado através da pesagem de placas de Petri devidamente identificadas (P1) e da pesagem das amostras ( $1,5 \pm 0,1g$ ), (P2), que foram de seguida colocadas numa estufa a  $95^\circ C$  durante 24 horas. No final das 24 horas, as placas contendo as amostras foram pesadas novamente (P3). As pesagens foram realizadas em quadruplicado, sendo utilizada uma balança analítica Ohaus Explorer® (modelo E01140). O teor de MS foi então calculado através da fórmula:

$$\text{Matéria Seca (\%)} = + \frac{P3-P1}{P2} \times 100 \text{ onde,}$$

**P1** – peso da placa de Petri (g); **P2** – peso da amostra pré-secagem (g); **P3** – peso da placa de Petri + amostra após 24 h em estufa a  $95^\circ C$  (g).

Para determinação da  $a_w$ , recorreu-se a um equipamento Rotronic® (modelo HygroLab 3), sendo as amostras colocadas no aparelho e efetuadas medições em triplicado. Relativamente às medições de cor, estas foram efetuadas nas amostras inteiras (após branqueamento) ou moídas (após secagem), sendo repetidas 6 vezes. O equipamento utilizado foi um colorímetro Minolta Chroma Meter® (modelo CR-400) e o espaço de cor CIELAB foi escolhido para expressar os valores de luminosidade ( $L^*$ ), da coordenada vermelho/verde ( $a^*$ ) e da coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ). A média das 6 medições possibilitou o cálculo da variação total da cor ( $\Delta E^*$ ) de cada amostra através da fórmula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \text{ onde,}$$

$\Delta L^* = L_0 - L$ , sendo  $L_0$  a coordenada inicial e  $L$  a coordenada final;  $\Delta a^* = a_0 - a$ , sendo  $a_0$  a coordenada inicial e  $a$  a coordenada final;  $\Delta b^* = b_0 - b$ , sendo  $b_0$  a coordenada inicial e  $b$  a coordenada final.

### Aplicação de Ácido Ascórbico

Para avaliar o potencial efeito do ácido ascórbico na cor, uma parte das larvas foi mergulhada em soluções de 500 ppm e 5000 ppm de ácido ascórbico durante mais de 15 minutos, antes do seu branqueamento. Posteriormente, foram sujeitas aos mesmos processos de branqueamento e secagem que as restantes amostras sem aplicação de ácido ascórbico.

### Branqueamento

Para todas as amostras, com e sem tratamento prévio com ácido ascórbico, foram testadas 3 condições de branqueamento diferentes, num rácio de 1:10 m/v (massa de larvas/volume de água). Essas condições diferiam em tempo e em temperatura, sendo as larvas mergulhadas em água a  $60^\circ C$  durante 5 minutos (60/5),  $100^\circ C$  durante 40 segundos (100/40) e  $100^\circ C$  durante 5 minutos (100/5). Após estes processos, a água com as larvas foi vertida sobre uma peneira granulométrica, restando apenas as larvas branqueadas que foram transferidas para sacos devidamente identificados e mantidas em refrigeração a  $2^\circ C$  para posterior utilização.

Foi ainda realizado um estudo de variação da cor ao longo do tempo com amostras inteiras branqueadas (com ou sem aplicação prévia de ácido ascórbico), sendo efetuadas medições de cor logo no final de cada branqueamento ( $t_0$ ). Parte das amostras foi depois conservada à temperatura ambiente e outra parte em refrigeração a 2°C. Para as amostras conservadas em temperatura ambiente, as restantes medições de cor foram efetuadas após 6 h, 24 h, 48 h, 72 h e 144 h. Para as amostras conservadas em refrigeração, as restantes medições de cor foram efetuadas após 6 h, 24 h, 48 h, 72 h, 144 h, 240 h e 384 h.

### **Secagem**

Para os ensaios com os diferentes métodos de secagem, apenas foram utilizadas as amostras 100/5 e 100/40, com e sem aplicação prévia de ácido ascórbico. O método de secagem em forno convencional foi realizado com recurso a um forno Unox® (modelo XF016-TG), onde 10g das amostras branqueadas foram colocados durante 24 horas a 60°C (F\_60/24) e durante 7 horas a 80°C (F\_80/7), seguindo o protocolo de Purschke et al. (2018). Relativamente à utilização do micro-ondas, descrita por Vandeweyer et al. (2017) e Lenaerts et al. (2018), foi utilizado um aparelho Teka® (modelo MW 21 IVS INOX), sendo colocados 10g de cada amostra branqueada num prato de cerâmica, aquecido por 3, 4 e 5 minutos (M\_3, M\_4 e M\_5, respetivamente). A secagem em desidratador foi feita com recurso a um equipamento Klarstein®, onde foram colocados pedaços de papel de alumínio, devidamente identificados, contendo 10 g de amostras branqueadas, que foram então secas a 52°C durante 24 horas (D\_52/24) e a 68°C durante 7 horas (D\_68/7).

### **Análise Estatística**

A análise estatística dos dados obtidos foi feita com recurso ao software SPSS Statistics 26®. O efeito do método de branqueamento e da aplicação de ácido ascórbico foi avaliado através de um teste ANOVA de 2-fatores, seguido do teste de Tukey para deteção de diferenças entre condições. O impacto das condições de branqueamento e concentração de ácido ascórbico na  $\Delta E^*$  ao longo do tempo foi avaliado, de igual forma, com um teste ANOVA de 2-fatores, tendo o método de branqueamento e a concentração de ácido ascórbico como fatores, seguido do teste de Tukey. O efeito do método de conservação na  $\Delta E^*$  ao longo do tempo foi medido através de um teste ANOVA a 3 fatores, tendo como fatores o método de branqueamento, a concentração de ácido ascórbico e o modo de conservação. Para os restantes parâmetros, na deteção de diferenças significativas, foram realizados *t-test* (com duas condições) ou o teste ANOVA a 1-fator (para mais de duas condições), seguido do teste de Tukey. O nível de confiança aplicado a todos os testes foi de 95%.

## RESULTADOS

### Efeito do Branqueamento e aplicação de Ácido Ascórbico na Matéria Seca

Através da Tabela I, observa-se que apenas o processo de branqueamento teve efeito significativo no teor de MS, sendo que nas amostras não branqueadas, o teor de MS foi superior ao das amostras branqueadas, exceto na condição 60/5. A condição 100/5 foi a que levou a um menor teor de MS.

TABELA I: Médias ( $\pm$  desvio padrão, d.p.) dos teores de MS das amostras de acordo com os fatores condições de branqueamento e concentração de ácido ascórbico. Valores de F provenientes do teste ANOVA de 2-fatores.

Fator		Média ( $\pm$ d.p)	F (gl, gle); Valor-p
<b>Branqueamento</b>	s/t	33,2 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	F(3, 36) = 17,471; $p \leq 0,001$
	100/5	26,5 $\pm$ 2,4 <sup>c</sup>	
	100/40	29,9 $\pm$ 3,5 <sup>b</sup>	
	60/5	31,2 $\pm$ 2,1 <sup>a,b</sup>	
<b>Ácido Ascórbico</b>	s/t	29,3 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	F(2, 36) = 1,772; $p = 0,184$
	500ppm	30,4 $\pm$ 3,9 <sup>a</sup>	
	5000ppm	30,8 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos fatores ( $p \leq 0,05$ ).

### Efeito do Branqueamento e aplicação de Ácido Ascórbico na Cor

Analisando as Tabelas II, III e IV, verifica-se um efeito significativo do branqueamento na cor das amostras, com um aumento dos valores de coordenada L\* em todas as condições e uma diminuição dos valores de coordenada a\*. Este efeito não foi, no entanto, tão evidente nos valores de coordenada b\*, pois não

TABELA II: Médias ( $\pm$  desvio padrão, d.p.) dos valores de L\* das amostras de acordo com os fatores condições de branqueamento e concentrações de ácido ascórbico. Valores de F provenientes do teste ANOVA de 2-fatores.

Fator		Média ( $\pm$ d.p)	F (gl, gle); Valor-p
<b>Branqueamento</b>	s/t	36,9 $\pm$ 3,4 <sup>c</sup>	F(3, 60) = 148,949; $p \leq 0,001$
	100/5	46,8 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	
	100/40	44,0 $\pm$ 1,9 <sup>b</sup>	
	60/5	47,0 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>	
<b>Ácido Ascórbico</b>	s/t	42,2 $\pm$ 5,6 <sup>b</sup>	F(2, 60) = 15,430; $p \leq 0,001$
	500ppm	44,5 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	
	5000ppm	44,4 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos fatores ( $p \leq 0,05$ ).

existiram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras não branqueadas e as branqueadas a 100°C durante 5 minutos e a 60°C durante 5 minutos. Já a aplicação de ácido ascórbico resultou num aumento significativo dos valores de coordenadas L\* e a\*, independentemente da concentração, sendo que para os valores de coordenada b\*, a aplicação de 500 ppm de ácido ascórbico resultou em valores significativamente superiores aos das amostras tratadas com 5000 ppm de ácido ascórbico.

TABELA III: Médias ( $\pm$  desvio padrão, d.p) dos valores de  $a^*$  das amostras de acordo com os fatores condições de branqueamento e concentrações de ácido ascórbico. Valores de F provenientes do teste ANOVA de 2-fatores.

Fator		Média ( $\pm$ d.p)	F (gl, gle); Valor-p
<b>Branqueamento</b>	s/t	8,2 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	F(3, 60) = 39,838; $p \leq 0,001$
	100/5	5,2 $\pm$ 1,1 <sup>c</sup>	
	100/40	6,3 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	
	60/5	6,8 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	
<b>Ácido Ascórbico</b>	s/t	5,6 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>	F(2, 60) = 28,251; $p \leq 0,001$
	500ppm	7,3 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	
	5000ppm	7,0 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos fatores ( $p \leq 0,05$ ).

TABELA IV: Médias ( $\pm$  desvio padrão, d.p) dos valores de  $b^*$  das amostras de acordo com os fatores condições de branqueamento e concentrações de ácido ascórbico. Valores de F provenientes do teste ANOVA de 2-fatores.

Fator		Média ( $\pm$ d.p)	F (gl, gle); Valor-p
<b>Branqueamento</b>	s/t	26,2 $\pm$ 1,6 <sup>b,c</sup>	F(3, 60) = 8,209; $p \leq 0,001$
	100/5	25,7 $\pm$ 1,4 <sup>c</sup>	
	100/40	27,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	
	60/5	27,0 $\pm$ 1,8 <sup>a,b</sup>	
<b>Ácido Ascórbico</b>	s/t	26,5 $\pm$ 1,9 <sup>a,b</sup>	F(2, 60) = 6,470; $p \leq 0,001$
	500ppm	27,4 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	
	5000ppm	26,0 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos fatores ( $p \leq 0,05$ ).

### Varição da Cor ao longo do tempo

Nesta secção de resultados, serão apresentados apenas os valores de  $\Delta E^*$  das amostras conservadas em frigorífico, uma vez que neste parâmetro já se encontram englobadas todas as variações das coordenadas de cor ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ ). A Figura 1 e a Tabela V permitem observar um efeito claro do processo de branqueamento nos valores de  $\Delta E^*$  ao longo do tempo em amostras 100/5 e 100/40, sendo estes mais baixos que os das amostras 60/5. A aplicação de ácido ascórbico (Figura 1 e Tabela VI) apenas teve um efeito evidente e constante nas amostras 60/5, principalmente nas de concentração de 5000 ppm.

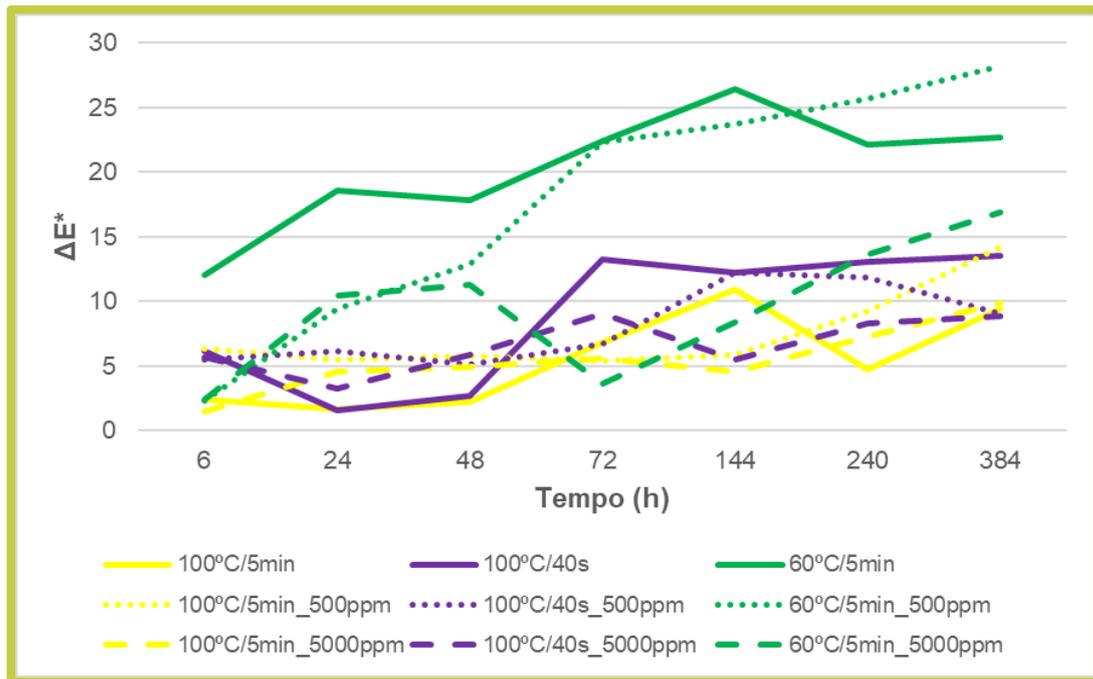


FIGURA 1: Variação total da cor ( $\Delta E^*$ ) ao longo do tempo para as amostras 100/5, 100/40 e 60/5, sem tratamento com ácido ascórbico, tratadas com 500ppm de ácido ascórbico e tratadas com 5000ppm de ácido ascórbico, conservadas em frigorífico.

TABELA V: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de  $\Delta E^*$  consoante a condição de branqueamento aplicada. Valores de F provenientes do teste ANOVA a 2-fatores.

Tempo (H)	Branqueamento	$\Delta E^*$ (Média $\pm$ d.p)	F(gl,gle); valor-p
<b>6</b>	100/5	3,6 $\pm$ 2,2 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 22,3; p $\leq$ 0,001
	100/40	6,2 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	
	60/5	5,9 $\pm$ 4,6 <sup>a</sup>	
<b>24</b>	100/5	4,1 $\pm$ 1,9 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 186,3; p $\leq$ 0,001
	100/40	4,0 $\pm$ 2,2 <sup>b</sup>	
	60/5	12,9 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	
<b>48</b>	100/5	4,4 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 234,6; p $\leq$ 0,001
	100/40	4,8 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	
	60/5	14,1 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	
<b>72</b>	100/5	6,0 $\pm$ 1,5 <sup>c</sup>	F(2, 45) = 130,6; p $\leq$ 0,001
	100/40	9,7 $\pm$ 3,1 <sup>b</sup>	
	60/5	16,1 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	
<b>144</b>	100/5	7,2 $\pm$ 3,0 <sup>c</sup>	F(2, 45) = 370,6; p $\leq$ 0,001
	100/40	10,1 $\pm$ 3,4 <sup>b</sup>	
	60/5	19,6 $\pm$ 8,3 <sup>a</sup>	
<b>240</b>	100/5	7,1 $\pm$ 2,3 <sup>c</sup>	F(2, 45) = 496,9; p $\leq$ 0,001
	100/40	11,1 $\pm$ 2,5 <sup>b</sup>	
	60/5	20,5 $\pm$ 5,3 <sup>a</sup>	
<b>384</b>	100/5	11,2 $\pm$ 2,6 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 289,6; p $\leq$ 0,001
	100/40	10,5 $\pm$ 2,9 <sup>b</sup>	
	60/5	22,7 $\pm$ 5,0 <sup>a</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos tempos (p  $\leq$  0,05).

TABELA VI: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de  $\Delta E^*$  consoante a concentração de ácido ascórbico aplicada. Valores de F provenientes do teste ANOVA a 2-fatores.

Tempo (H)	Ácido Ascórbico (ppm)	$\Delta E^*$ (Média $\pm$ d.p)	F(gl,gle); valor-p
6	0	7,2 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>	F(2, 45) = 39,0; p $\leq$ 0,001
	500	4,9 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	
	5000	3,6 $\pm$ 2,3 <sup>c</sup>	
24	0	7,5 $\pm$ 8,3 <sup>a</sup>	F(2, 45) = 2,9; p = 0,064
	500	7,2 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	
	5000	6,3 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	
48	0	7,8 $\pm$ 7,5 <sup>a</sup>	F(2, 45) = 0,6; p = 0,537
	500	8,0 $\pm$ 3,9 <sup>a</sup>	
	5000	7,5 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	
72	0	14,2 $\pm$ 6,9 <sup>a</sup>	F(2, 45) = 83,2; p $\leq$ 0,001
	500	11,5 $\pm$ 8,1 <sup>b</sup>	
	5000	6,2 $\pm$ 2,6 <sup>c</sup>	
144	0	16,6 $\pm$ 7,4 <sup>a</sup>	F(2, 45) = 253,6; p $\leq$ 0,001
	500	14,0 $\pm$ 7,7 <sup>b</sup>	
	5000	6,3 $\pm$ 2,1 <sup>c</sup>	
240	0	13,3 $\pm$ 7,4 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 92,0; p $\leq$ 0,001
	500	15,6 $\pm$ 7,5 <sup>a</sup>	
	5000	9,7 $\pm$ 3,1 <sup>c</sup>	
384	0	15,2 $\pm$ 5,9 <sup>b</sup>	F(2, 45) = 44,3; p $\leq$ 0,001
	500	17,2 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	
	5000	11,9 $\pm$ 4,1 <sup>c</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes representam resultados significativamente diferentes para cada um dos tempos (p  $\leq$  0,05).

### Métodos de secagem

Testes preliminares efetuados permitiram aferir quais as melhores condições de secagem para cada um dos métodos. A secagem F\_80/7 apresentou melhores teores de MS que a condição F\_60/24, tanto para amostras 100/5 e 100/40, enquanto que para a cor, apenas em amostras 100/5 se verificou um efeito das condições de secagem (F\_80/7 apresentou maiores valores de L\* mas menores valores de b\*). A secagem D\_52/24 resultou em melhores resultados para o teor de MS e aw do que a secagem D\_68/7. Para a secagem em micro-ondas, a condição M\_3 apresentou os piores resultados relativamente ao teor de MS e à aw, sendo a condição escolhida M\_4 devido ao seu efeito na cor, nomeadamente no aumento do valor das coordenadas L\* e b\*, comparativamente com M\_5.

No que toca aos teores de MS, a Tabela VII permite verificar que apenas existiram diferenças significativas para as amostras 100/40, onde a condição F\_80/7 resultou num teor de MS superior às restantes condições.

TABELA VII: Médias ( $\pm$  d.p) dos teores de MS das amostras 100/5 e 100/40 para diferentes métodos de secagem.

Tratamento	F_80/7	D_52/24	M_4
100/5	100,1 $\pm$ 0,3 <sup>Aa</sup>	97,2 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	97,2 $\pm$ 3,0 <sup>Aa</sup>
100/40	99,9 $\pm$ 0,1 <sup>Aa</sup>	97,3 $\pm$ 0,5 <sup>Ab</sup>	96,8 $\pm$ 0,3 <sup>Ab</sup>

<sup>A</sup> Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ). <sup>a,b</sup> Médias com diferentes letras, na mesma linha, representam resultados significativamente diferentes entre condições de secagem para amostras com o mesmo tipo de branqueamento ( $p \leq 0,05$ ).

Relativamente à  $a_w$ , na análise à Tabela VIII observam-se diferenças significativas para as amostras 100/5, sendo que a condição M\_4 resultou num valor de  $a_w$  superior ao da condição D\_52/24.

TABELA VIII: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de  $a_w$  das amostras 100/5 e 100/40 para diferentes métodos de secagem. dos teores de MS das amostras 100/5 e 100/40 para diferentes métodos de secagem.

Tratamento	F_80/7	D_52/24	M_4
100/5	0,361 $\pm$ 0,046 <sup>Aa,b</sup>	0,309 $\pm$ 0,022 <sup>Ab</sup>	0,465 $\pm$ 0,120 <sup>Aa</sup>
100/40	0,370 $\pm$ 0,038 <sup>Aa</sup>	0,421 $\pm$ 0,180 <sup>Aa</sup>	0,448 $\pm$ 0,038 <sup>Aa</sup>

<sup>A</sup> Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ). <sup>a,b</sup> Médias com diferentes letras, na mesma linha, representam resultados significativamente diferentes entre condições de secagem para amostras com o mesmo tipo de branqueamento ( $p \leq 0,05$ ).

Por fim, para os parâmetros de cor, na Tabela IX observam-se diferenças significativas em todas as coordenadas de cor, tendo a condição M\_4 resultado em valores superiores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , tanto em 100/5 como em 100/40.

TABELA IX: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das amostras 100/5 e 100/40 para diferentes métodos de secagem.

Tratamento	$L^*$			$a^*$			$b^*$		
	F_80/7	D_52/24	M_4	F_80/7	D_52/24	M_4	F_80/7	D_52/24	M_4
100/5	29,7 $\pm$ 1,8 <sup>Ab</sup>	31,6 $\pm$ 1,8 <sup>Aa,b</sup>	35,5 $\pm$ 5,9 <sup>Aa</sup>	8,1 $\pm$ 0,4 <sup>Ab</sup>	7,1 $\pm$ 0,3 <sup>Ab</sup>	12,4 $\pm$ 2,0 <sup>Aa</sup>	24,1 $\pm$ 0,5 <sup>Ab</sup>	21,9 $\pm$ 0,8 <sup>Ac</sup>	28,1 $\pm$ 1,2 <sup>Aa</sup>
100/40	28,8 $\pm$ 2,1 <sup>Ab</sup>	30,6 $\pm$ 4,2 <sup>Ab</sup>	37,4 $\pm$ 0,8 <sup>Aa</sup>	8,5 $\pm$ 1,3 <sup>Ab</sup>	7,5 $\pm$ 1,4 <sup>Ab</sup>	11,8 $\pm$ 0,2 <sup>Aa</sup>	23,3 $\pm$ 1,5 <sup>Ab</sup>	22,0 $\pm$ 2,4 <sup>Ab</sup>	28,9 $\pm$ 0,5 <sup>Aa</sup>

<sup>A</sup> Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ). <sup>a,b,c</sup> Médias com diferentes letras, na mesma linha, representam resultados significativamente diferentes entre condições de secagem para amostras com o mesmo tipo de branqueamento ( $p \leq 0,05$ ).

### Efeito da aplicação de Ácido Ascórbico na Cor após secagem

Relativamente ao efeito do ácido ascórbico na cor após os tratamentos de secagem, apenas serão apresentados resultados relativos às melhores condições de secagem, como referido anteriormente, e às amostras 100/5.

Para a secagem F\_80/7, é possível observar através da Tabela X a existência de diferenças significativas entre amostras para as diferentes coordenadas de cor, sendo que para L\*, a concentração de 5000ppm de ácido ascórbico resultou num maior valor comparativamente às restantes amostras. Para a coordenada a\*, ambas as concentrações aumentaram significativamente os seus valores, enquanto que para a coordenada b\*, apenas a concentração de 500ppm resultou num valor significativamente mais elevado.

TABELA X: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de L\*, a\* e b\* para a condição F\_80/7, consoante as concentrações de ácido ascórbico aplicadas em amostras 100/5.

Ácido Ascórbico	L*	a*	b*
s/t	29,7 $\pm$ 1,8 <sup>c</sup>	8,1 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	24,1 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>
500 ppm	31,9 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	9,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	25,5 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
5000 ppm	37,4 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	9,4 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	24,3 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ).

Na secagem D\_52/24 (Tabela XI), apenas se registaram diferenças significativas para as coordenadas a\* e b\*, tendo a concentração de 5000ppm de ácido ascórbico resultado em valores mais elevados em ambos os parâmetros.

TABELA XI: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de L\*, a\* e b\* para a condição D\_52/24, consoante as concentrações de ácido ascórbico aplicadas em amostras 100/5.

Ácido Ascórbico	L*	a*	b*
s/t	32,0 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	7,2 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>	22,1 $\pm$ 0,8 <sup>c</sup>
500 ppm	30,3 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	8,1 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	23,2 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>
5000 ppm	29,3 $\pm$ 2,5 <sup>a</sup>	8,8 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	24,2 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ).

Por fim, para a secagem M\_4, a Tabela XII permite observar diferenças significativas apenas nos valores das coordenadas a\* e b\*, sendo que ambas as concentrações de ácido ascórbico resultaram em valores superiores para ambos os parâmetros de cor.

TABELA XII: Médias ( $\pm$  d.p) dos valores de L\*, a\* e b\* para a condição M\_4, consoante as concentrações de ácido ascórbico aplicadas em amostras 100/5.

Ácido Ascórbico	L*	a*	b*
s/t	36,7 $\pm$ 5,7 <sup>a</sup>	12,0 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	27,9 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>
500 ppm	35,0 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	13,6 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	30,5 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>
5000 ppm	37,0 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	14,1 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	30,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>. Médias com diferentes letras, na mesma coluna, representam resultados significativamente diferentes entre amostras com o mesmo método de secagem ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O presente trabalho permitiu aferir que o processo de branqueamento influencia o teor de MS das larvas de *T. molitor*, observando-se uma diminuição dos valores deste parâmetro em amostras branqueadas a 100°C, tanto durante 40 segundos como 5 minutos (Tabela I). Estudos de Purschke et al. (2018) e Azzollini et al. (2016), onde larvas foram branqueadas em água fervente por 10 e 3 minutos, respetivamente, produziram resultados semelhantes. Estes autores sugeriram como explicação para este fenómeno a possibilidade de ocorrer uma absorção de água abaixo do exoesqueleto de quitina das larvas, sendo que tempos de branqueamento mais prolongados resultam numa maior absorção de água. Tal absorção terá como consequência o aumento da quantidade de água nas larvas e, por conseguinte, a redução do teor de MS em comparação com as amostras não branqueadas. Por outro lado, os resultados apresentados anteriormente indicam um possível efeito da temperatura nesta absorção de água por parte das larvas, pois o branqueamento durante 5 minutos a 60°C não provocou efeitos significativos no teor de MS das amostras.

No que diz respeito à cor, todos os processos de branqueamento provocaram um aumento significativo dos valores de coordenada L\* (Tabela II) e uma diminuição significativa dos valores de coordenada a\* (Tabela III) para qualquer condição testada, sendo que para os valores de coordenada b\* (Tabela IV) este efeito não foi tão notório. O estudo de Azzollini et al. (2016) comprovou este mesmo efeito do branqueamento sobre a cor de larvas *T. molitor*, uma vez que amostras branqueadas e secas em forno a 70°C apresentaram valores de L\*, a\* e b\* significativamente superiores aos das amostras secas na mesma condição mas sem branqueamento prévio. Sendo assim, o branqueamento aplicado a larvas de *T. molitor* tem um efeito positivo ao nível da sua segurança alimentar (Mancini et al., 2019) mas também na sua incorporação em produtos alimentares, pois as amostras ficam mais claras (aumento dos valores de coordenada L\*). Este efeito pode ser especialmente positivo em snacks ou produtos de pastelaria visto que cores mais escuras estão normalmente associadas a uma diminuição da sua aceitação por parte do consumidor (Schouteten et al., 2017; Rocha et al., 2021).

Apesar de logo após o branqueamento não se terem verificado diferenças na cor entre as diferentes condições, foram observadas diferenças na variação total da cor ao longo do tempo (Figura 1 e Tabela V). Nomeadamente, amostras branqueadas a 100°C registaram uma maior estabilização da cor comparativamente às amostras branqueadas a 60°C, provavelmente devido à inativação enzimática

responsável pelo escurecimento (polifenol oxidase). Resultados semelhantes foram obtidos num estudo de Mancini et al. (2019) onde a monitorização da cor de larvas *T. molitor* foi realizada durante 6 horas, tendo sido registadas as maiores variações de cor em amostras branqueadas à temperatura de ensaio mais baixa (50°C). Estes autores sugerem também que estes resultados podem ser devidos a reações enzimáticas envolvendo a polifenol oxidase e não enzimáticas, com proteínas e quinonas a dar origem a pigmentos acastanhados (melaninas). Sendo assim, é recomendável que o branqueamento seja efetuado com temperaturas perto dos 100°C, devido ao seu efeito na cor.

Relativamente à aplicação de ácido ascórbico previamente ao branqueamento, foi possível verificar um impacto na cor das larvas, sendo que ambas as concentrações utilizadas (500ppm e 5000ppm) levaram a um aumento significativo dos valores de L\* (Tabela II) e de a\* (Tabela III), enquanto que para os valores de b\* (Tabela IV) este efeito não foi tão evidente. Quanto aos seus efeitos na variação total da cor ao longo do tempo (Figura 1 e Tabela VI), estes apenas foram visíveis nas amostras branqueadas a 60°C, e principalmente em concentrações de 5000ppm, provocando uma menor variação da cor ao longo do tempo do que em amostras sem tratamento com ácido ascórbico ou tratadas com solução de 500ppm. Este efeito do ácido ascórbico apenas vincado em amostras 60/5 pode indicar que esta molécula atua em compensação ao branqueamento a 60°C, algo desnecessário em amostras branqueadas a 100°C. No entanto, após a secagem das amostras, o efeito da aplicação de ácido ascórbico não foi constante e evidente para todas as condições. Por exemplo, apenas houve um aumento do valor de coordenada L\* para as amostras secas na condição F\_80/7 (Tabela X). Por outro lado, o efeito na coordenada b\* foi visível em todas as condições, mas a variação que ocorreu foi muito baixa tendo em conta os valores das escalas das coordenadas de cor (maior aumento na condição M\_4, variando os valores entre 27,9 e 30,5). Devido a estes efeitos inconstantes e reduzidos, a aplicação de ácido ascórbico não levará a benefícios significativos na utilização de larvas na indústria alimentar.

Por fim, todas as condições de secagem utilizadas levaram a teores de MS perto dos 100% (Tabela VII) e de  $a_w$  inferiores a 0,6 (Tabela VIII), o que garante a segurança alimentar das larvas, uma vez que estes valores são associados a uma redução do crescimento microbiano (Lenaerts et al., 2018). Estes resultados, utilizando métodos de secagem convencionais (forno, micro-ondas e desidratador), podem também apresentar vantagens de um ponto de vista económico e ecológico em comparação com secagem em liofilizador, uma das mais utilizadas no processamento de insetos (Lenaerts et al., 2018; Melgar-Lalanne et al., 2019). No entanto, importa ressaltar que a utilização do desidratador pode não ser aconselhável pois este apresenta uma grande variabilidade de resultados (amostras secas simultaneamente apresentavam valores distintos para os parâmetros avaliados). A secagem em forno ou em micro-ondas não se traduziu em diferenças significativas ao nível de MS e  $a_w$ , mas ao nível da cor (Tabela IX) observou-se que o micro-ondas resultou nos valores mais elevados de L\*, a\* e b\*, o que representa vantagens na utilização das larvas como ingredientes alimentares.

## APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Neste trabalho foi então possível avaliar o impacto dos processos de branqueamento e secagem no teor de MS,  $a_w$  e cor de larvas *T. molitor*. No entanto, interessa também estudar os possíveis impactos a nível nutricional e ainda a nível sensorial, igualmente determinantes para a seleção dos melhores métodos de secagem dos insetos. A avaliação da componente sensorial é fundamental, pois atualmente, os produtos incorporando insetos têm uma baixa aceitação e são associados a atributos sensoriais negativos, sendo necessário testar todas as técnicas de processamento por forma a melhorar o seu perfil sensorial. Adicionalmente, apesar de a aplicação de ácido ascórbico não ter tido um efeito evidente ao nível da cor das amostras, poderá ainda ser estudado outros modos de aplicação de ácido ascórbico (ou outros antioxidantes) e aferir o seu potencial na prevenção do escurecimento das amostras e oxidação lipídica dos insetos que pode ser responsável por algum dos atributos sensoriais negativos associados aos insetos.

---

**agradecimentos** • Este estudo foi desenvolvido no âmbito da bolsa de investigação atribuída pelo projeto Verão com Ciências - Hands on Science for Sustainable AgriFood Production: From the Soil to the Fork, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), e com o apoio do projeto europeu “SUSINCHAIN-SUStainable INsect CHAIN (H2020, grant agreement 861976)”, financiado pela Comissão Europeia. O autor JC Ribeiro agradece o apoio da Bolsa Individual de Doutoramento SFRH/BD/147409/2019, financiada pelo FCT. Os autores agradecem também o apoio por fundos nacionais através da FCT no âmbito do UIDB/05748/2020 e UIDP/05748/2020, bem como o apoio e assistência prestados pela *start-up* PortugalBugs, através do fornecimento dos insetos comestíveis e troca de experiências na produção das barras proteicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardoin R, Prinyawiwatkul W (2020). Product Appropriateness, Willingness to Try, and Perceived Risks of Foods Containing Insect Protein Powder: A Survey of U.S. Consumers. *International Journal of Food Science & Technology*
- Azzollini D, Derossi A, Severini C (2016). Understanding the drying kinetic and hygroscopic behaviour of larvae of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and the effects on their quality. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 233-243.
- Ben Jebli M, Ben Youssef S (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators* 74: 295-301.
- Cunha LM, Ribeiro JC (2019). Sensory and Consumer Perspectives on Edible Insects. In: *Edible Insects in the Food Sector*, Springer, pp. 57-71.
- Evans J, Alemu MH, Flore R, Frøst MB, Halloran A, Jensen AB, Maciel-Vergara G, Meyer-Rochow V, Münke-Svendsen C, Olsen SB (2015). ‘Entomophagy’: an evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 293-305.
- FAO (2009). *How to Feed the World in 2050*.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2019). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Rome, FAO.
- Heidari-Parsa S (2018). Determination of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) nutritional value as an animal and human food supplementation. *Arthropods* 7: 94.
- Hill J, McSweeney C, Wright A-DG, Bishop-Hurley G, Kalantar-zadeh K (2016). Measuring Methane Production from Ruminants. *Trends in Biotechnology* 34: 26-35.
- Huang C, Feng W, Xiong J, Wang T, Wang W, Wang C, Yang F (2019). Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: amino acid composition, nutritional value evaluation, in vitro digestibility, and thermal properties. *European Food Research and Technology* 245: 11-21.
- Kröncke N, Bösch V, Woyzichowski J, Demtröder S, Benning R (2018). Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 50: 20-25.
- Kröncke N, Grebenteuch S, Keil C, Demtröder S, Kroh L, Thünemann AF, Benning R, Haase H (2019). Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects* 10: 84.

- La Barbera F, Verneau F, Amato M, Grunert K (2018). Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. *Food Quality and Preference* 64: 120-125.
- Lenaerts S, Van Der Borgh M, Callens A, Van Campenhout L (2018). Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chemistry* 254: 129-136.
- Mancini S, Fratini F, Tuccinardi T, Turchi B, Nuvoloni R, Paci G (2019). Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 225-234.
- Mason JB, Black R, Booth SL, Brentano A, Broadbent B, Connolly P, Finley J, Goldin J, Griffin T, Hagen K, Lesnik J, Lewis G, Pan Z, Ramos JM, Ranalli M, Rojas G, Shockley M, Stull VJ, Swietlik D (2018). Fostering Strategies to Expand the Consumption of Edible Insects: The Value of a Tripartite Coalition between Academia, Industry, and Government. *Curr Dev Nutr* 2: nzy056.
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez A-J, Salinas-Castro A (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18: 1166-1191.
- Mishyna M, Chen J, Benjamin O (2020). Sensory attributes of edible insects and insect-based foods—Future outlooks for enhancing consumer appeal. 95: 141-148.
- Purschke B, Brüggem H, Scheibelberger R, Jäger H (2018). Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology* 244: 269-280.
- Ritchie H, Roser M (2020). Environmental impacts of food production. *Our World in Data*
- Rocha C, Ribeiro JC, Costa Lima R, Prista C, Raymundo A, Vaz Patto MC, Cunha LM (2021). Application of the CATA methodology with children: Qualitative approach on ballot development and product characterization of innovative products. *Food Quality and Preference* 88: 104083.
- Rumpold BA, Schlüter OK (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research* 57: 802-823.
- Schouteten JJ, De Steur H, Lagast S, De Pelsmaeker S, Gellynck X (2017). Emotional and sensory profiling by children and teenagers: A case study of the check-all-that-apply method on biscuits. *Journal of Sensory Studies* 32: e12249.
- United Nations DoEaSA, Population Division (2019). World population prospects 2019: Highlights. New York (US): United Nations Department for Economic and Social Affairs
- van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- van Huis A (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society* 75: 294-305.
- Vandeweyer D, Lenaerts S, Callens A, Van Campenhout L (2017). Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control* 71: 311-314.
- Wilkinson J (2012). Methane production by ruminants. *UK Vet Livestock* 17: 33-35.
- Yohannes H (2016). A review on relationship between climate change and agriculture. *J Earth Sci Clim Change*