

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACPs) E REGRESSÃO AO MODELO DE WEIBULL NA PREDIÇÃO DE VIDA DE PRATELEIRA DE ALFACE CRESPA HIDROPÔNICA

F. R. W. SCHMITZ¹, J. ALMEIDA Jr¹, B. L. ANGIOLETTI², L. F. CARVALHO², S. L. BERTOLI² e C. K. SOUZA²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química

² Universidade Regional de Blumenau, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: wust.fernanda@gmail.com

RESUMO – A conservação refrigerada de vegetais é temática discutida mundialmente dada a necessidade de estabelecer condições ideais de armazenamento de alimentos frescos. Desta forma, este estudo teve como escopo avaliar a estabilidade físico-química e sensorial de alface crespa hidropônica (*Lactuca sativa* L.) armazenada durante 14 dias a temperaturas de refrigeração de 2 °C, 6 °C e 10 °C (± 1 °C), acondicionada em embalagem de poliestireno expandido (EPS) envolta com filme de policloreto de vinila (PVC). Os seguintes parâmetros foram analisados: perda de massa, clorofila total, alteração de cor, aspecto murcho, escurecimento de bordas e escurecimento da nervura central. As melhores condições de armazenamento foram determinadas por meio do teste de Tukey a 5% de significância estatística. A Análise de Componentes Principais (ACPs) foi utilizada para identificar os atributos de qualidade que apresentaram variação mais significativa no período de armazenamento estudado, sendo eles o aspecto murcho, escurecimento da nervura central, cor, perda de massa e escurecimento das bordas, respectivamente. Para estimar a vida de prateleira, os componentes principais (CPs) foram regredidos a um modelo Weibulliano. De acordo com o teste de Tukey, as melhores condições de armazenamento foram 2 °C e 6 °C. Ao estimar a vida de prateleira utilizando o modelo Weibulliano, obteve-se 12,43 dias de vida de prateleira para o armazenamento refrigerado a 2 °C; 8,76 dias a 6 °C e 9,87 dias a 10 °C. Os resultados obtidos com o modelo apresentaram coeficientes de regressão de 0,94 para a temperatura de armazenamento de 2 °C, 0,98 para 6 °C e 0,99 para 10 °C. Baixas temperaturas (2 °C) são capazes de prolongar a vida de prateleira da alface, aumentando sua qualidade e a segurança alimentar.

Palavras-chave: preservação de alface, vida de prateleira, análise multivariada, análise de componentes principais, modelo weibulliano.

ABSTRACT - The refrigerated conservation of vegetables is a topic discussed worldwide given the need to establish ideal conditions for storing fresh food. Thus,

this study aimed to evaluate the physical-chemical and sensory stability of hydroponic curly lettuce (*Lactuca sativa* L.) stored for 14 days at refrigeration temperatures of 2 °C, 6 °C and 10 °C (± 1 °C), packed in expanded polystyrene (EPS) packaging wrapped with polyvinyl chloride (PVC) film. The following parameters were analyzed: loss of mass, total chlorophyll, color change, withered appearance, darkening of edges and darkening of the central vein. The best storage conditions were determined using the Tukey test at 5% statistical significance. Principal Component Analysis (PCA) was used to identify the quality attributes that showed the most significant variation in the studied storage period, being the withered aspect, darkening of the central rib, color, loss of mass and darkening of the edges, respectively. To estimate the shelf life, the main components (CPs) were regressed to a Weibullian model. According to the Tukey test, the best storage conditions were 2 °C and 6 °C. When estimating the shelf life using the Weibullian model, we obtained 12.43 days of shelf life for refrigerated storage at 2 °C; 8.76 days at 6 °C and 9.87 days at 10 °C. The results obtained with the model showed regression coefficients of 0.94 for the storage temperature of 2 °C, 0.98 for 6 °C and 0.99 for 10 °C. Low temperatures (2 °C) are able to prolong the shelf life of lettuce, increasing its quality and food safety.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda em busca de alimentos frescos como frutas e hortaliças vem ganhando espaço, devido a busca por alimentos que promovam benefícios à saúde e, devido a essa tendência, as tecnologias para manter a qualidade dos produtos hortícolas precisam ser aprimoradas cada vez mais (SÁNCHEZ-MUROS et al., 2014; LÓPEZ et al., 2015, SCHMITZ et al., 2017). A qualidade dos vegetais pode ser definida como a aceitabilidade destes produtos pelo consumidor, por meio da avaliação visual. Desta forma, o consumidor julga o alimento conforme o seu estado/aparência, dando preferência para os que ainda estão frescos, sem injúrias e coloração vibrante (CHILAR, 1987; EL KHALED, 2017). As análises físico-químicas também são parâmetros importantes na conservação, pois o armazenamento incorreto pode acarretar na alteração de cor devido a degradação da clorofila ou da atividade enzimática em hortaliças que sofrem cortes, perda de umidade e de massa que fazem com que o vegetal murche (RAGAERT et al., 2007; ZHAN et al., 2012; ATKINSON et al., 2013) e na redução de vitaminas (Lee, 2000; Moreira et al., 2006).

Para que os vegetais mantenham a qualidade ao longo da vida de prateleira são necessários cuidados desde a colheita, pós-colheita e armazenamento em condições corretas de temperatura e umidade relativa (UR) (MOREIRA et al., 2006; KONSTANTOPOULOU et al., 2010; RODRÍGUEZ-HIDALGO et al., 2010; IACUSSO et al., 2011). A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumidas mundialmente e possui diversas vitaminas e minerais (SANTI et al., 2010), por isso, diversos estudos estão voltados ao armazenamento adequado da mesma. As temperaturas baixas de refrigeração retardam os processos químicos e biológicos, assim, a qualidade da hortaliça é mantida por mais tempo, pois a deterioração é retardada. A diminuição da atividade respiratória é um fator muito importante a ser controlado, principalmente na conservação pós-colheita de alface, pois ela é responsável pelo processo de murchamento (o alimento perde a

água do interior das suas células), acarretando também em perda de aroma, aparência ruim, textura e alteração de cor (CHITARRA, 1990; ANTUNES et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

Deste modo, objetivou-se estudar a influência do armazenamento isotérmico de amostras de alface crespa hidropônica, ao longo de 14 dias, para identificar melhores condições de armazenamento refrigerado e a fim de gerar um modelo matemático mais realístico, assim como Derossi et al. (2017), para prever a vida de prateleira da alface hidropônica, auxiliando na manutenção desta categoria de alimentos, já que, na literatura, quase não encontram-se modelos matemáticos para tal finalidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As cabeças de alface crespa hidropônica foram coletadas em campos de produção comercial, em Blumenau, Santa Catarina, Brasil, no início da manhã. As alfaces foram levadas rápida e diretamente ao Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Regional de Blumenau, FURB, onde foram preparadas para os experimentos. As folhas de alface foram selecionadas de acordo com a cor, tamanho e ausência de defeitos e, após, foram acondicionadas em embalagens de poliestireno expandido (isopor) com filme de policloreto de vinila (PVC), uma para cada dia de análise (dia 0, 3, 5, 7, 10 e 14) e armazenadas em refrigerador a 2 °C, 6 °C e 10 °C (± 1 °C) durante 14 dias.

A variação da massa foi quantificada ao longo dos 14 dias em relação à massa inicial, para isto, utilizou-se balança analítica. A mesma foi realizada em triplicata. A análise sensorial foi realizada em cabines sensoriais, com 7 julgadores treinados quanto à cor, aspecto murcho, escurecimento de bordas e escurecimento da nervura central. Para isto, foi utilizado o método de avaliação de escala hedônica não-estruturada de nove pontos, onde 1 = extremamente ruim, 3 = ruim, 5 = razoável, 7 = bom e 9 = excelente, conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2007).

As análises físico-química e sensorial foram submetidas ao teste de Tukey da diferença honestamente significativa (HSD) para comparação das médias, em nível de 5% de significância, para analisar a melhor condição de armazenamento refrigerado estudado para alface crespa. Para isto, foi utilizado o software *Statistica* para *Windows*, versão 7.0, Statsoft.

O teste acelerado de vida de prateleira com múltiplas variáveis (MASLT) foi utilizado para estimar a vida de prateleira por meio dos componentes principais (CPs). Através das alterações sofridas pelos CPs ao longo do período de armazenamento, foi avaliado o melhor tratamento para a conservação das amostras de alface, utilizando-se o modelo de Weibullian, conforme Equação 1.

$$C(t) = C_0 \exp\left(-b_m(T)t^{n_m(T)}\right) \quad (1)$$

Onde C_0 é o escore da CP de alface fresca, $b_m(T)$ e $n_m(T)$ são coeficientes multivariados dependentes da temperatura e t é o tempo em dias. Segundo Corradini (2004), $n_m(T)$ é o “fator de forma multivariada”, enquanto $b_m(T)$ é o “fator de localização multivariada” e possui unidade de taxa (1/t), assim, a equação acima pode ser considerada um modelo cinético. Os parâmetros cinéticos da Equação 1 foram estimados utilizando-se o algoritmo de gradação reduzida generalizada não-linear do solver do Excel para *Windows*, Microsoft Office, versão 2013, de acordo com a Equação 2.

$$b_m(T) = n_m(T) = \log_e \left\{ 1 + \exp \left[K_m (T - T_{c_m}) \right] \right\} \quad (2)$$

Os atributos da alface crespa hidropônica como perda de massa, cor, aspecto murcho, escurecimento de bordas e escurecimento da nervura central foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACPs) para redução de atributos e os atributos que foram gerados pelo CP foram utilizados no teste de vida de prateleira. O número de componentes principais foi determinado através do algoritmo NIPALS do software *Statistica* para *Windows*, versão 7.0, Statsoft, (DEROSSI et al. 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises físico-química e sensorial ao longo dos 14 dias de refrigeração nas específicas condições de temperatura estudadas.

A perda de massa apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos no final do experimento (14° dia), e a temperatura de 6 °C foi a condição de armazenamento refrigerado que melhor auxiliou a manutenção da massa das amostras de alface crespa, pois a perda de massa foi a menor (22,82%). A manutenção da massa de vegetais frescos está associada à evaporação da umidade que fica contida na superfície do vegetal, a diferença de pressão de vapor de água entre o produto vegetal e a atmosfera que acarreta a desidratação e a respiração/transpiração (AGÜERO et al., 2011).

Resultados semelhantes aos determinados neste estudo foram obtidos por Santos et al. (2010), que ao armazenar a alface crespa a 5 °C e baixa UR observaram perda de massa de 23,31% no décimo dia. Já Agüero et al. (2011), para alface armazenada entre 0 e 2 °C e 70 e 72% UR, obtiveram perdas de $17,98 \pm 2,95\%$ no quinto dia de armazenamento e Paulo et al. (2017) obtiveram redução de 4,89% no 4° dia de armazenamento a 3,3 °C.

Para a cor das amostras de alface, somente o tratamento a temperatura de 10 °C obteve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias do dia inicial e do 14° dia. Segundo Amodio et al. (2015), a nota limite para aceitação dos aspectos sensoriais de amostras de alface é 5. Desta forma, no último dia de refrigeração, verifica-se que a melhor condição para manutenção da cor das amostras é a 6 °C, já que a nota variou de 7,68 a 6,62, com nota acima do limite de aceitação. Freire Junior (2002) observou diminuição da cor (nota 7,75 para o atributo) das folhas de alface armazenadas a 10 °C no sétimo dia, o mesmo foi observado no trabalho de Dinnella et al. (2014) e estes comportamentos são semelhantes ao observado neste trabalho.

Já para o aspecto murcho, as médias dos dias analisados diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si para as três temperaturas estudadas, sendo que a média ao final do experimento ficou abaixo da nota de aceitação (nota 5) do atributo nos três casos. O escurecimento de bordas das amostras foi mais acentuado para as alfaces armazenadas a 10 °C, porém, ao longo do período estudado, não houve diferença significativa entre as médias destes tratamentos, assim como para o tratamento a 10 °C. Ao avaliar o 14 ° dia, as médias não apresentaram significância estatística, mostrando que as três condições mantém as bordas de alface sem escurecimento. O escurecimento da nervura central apresentou médias com diferença significativa ($p < 0,05$) entre o dia inicial e final para o armazenamento a 10 °C, já as demais temperaturas não apresentaram significância

estatística entre as médias e as três condições, assim como para o escurecimento de bordas, auxiliam na manutenção da cor da nervura central.

Tabela 1 - Médias e desvio padrão da perda de massa, cor, aspecto murcho, escurecimento de bordas e da nervura central em *Lactuca sativa* L. ao longo de 14 dias de refrigeração em diferentes temperaturas

T (°C)	Período de armazenamento (dias)					
	0	3	5	7	10	14
	Perda de massa (%)					
2	100 ± 0 ^a	86,43 ± 0,01 ^b _C	83,87 ± 0,01 ^c _C	81,36 ± 0,02 ^d _C	78,12 ± 0,02 ^e _B	73,87 ± 0,03 ^f _C
6	100 ± 0 ^a	92,36 ± 0,01 ^b _B	89,13 ± 0,03 ^c _B	86,36 ± 0,02 ^d _B	82,95 ± 0,02 ^e _A	77,18 ± 0,03 ^f _A
10	100 ± 0 ^a	95,22 ± 0,02 ^b _A	92,22 ± 0,02 ^c _A	90,38 ± 0,02 ^d _A	82,92 ± 0,03 ^e _A	76,33 ± 0,04 ^f _B
	Cor					
2	7,22 ± 2,36 ^a _A	7,60 ± 0,98 ^a _A	7,07 ± 1,36 ^a _A	6,77 ± 1,43 ^a _A	6,51 ± 1,46 ^a _A	5,52 ± 1,67 ^a _A
6	7,68 ± 1,67 ^a _A	8,28 ± 0,37 ^a _A	7,45 ± 0,70 ^a _A	7,08 ± 1,62 ^a _A	6,81 ± 1,51 ^a _A	6,62 ± 2,65 ^a _A
10	7,95 ± 1,04 ^a _A	7,60 ± 0,95 ^{ab} _A	7,22 ± 1,19 ^{ab} _A	7,28 ± 1,36 ^{ab} _A	6,95 ± 1,26 ^{ab} _A	5,54 ± 2,30 ^b _A
	Aspecto murcho					
2	8,94 ± 0,15 ^a _A	6,70 ± 1,69 ^{ab} _A	6,04 ± 1,50 ^{bc} _A	3,95 ± 1,77 ^{cd} _A	3,34 ± 2,09 ^d _A	1,91 ± 1,24 ^d _A
6	8,72 ± 0,43 ^a _A	7,65 ± 0,76 ^a _A	5,88 ± 0,99 ^b _A	5,11 ± 0,83 ^{bc} _A	4,58 ± 1,47 ^{bc} _A	3,60 ± 1,37 ^c _A
10	8,90 ± 0,15 ^a _A	8,00 ± 0,61 ^{ab} _A	6,48 ± 1,56 ^{bc} _A	5,92 ± 1,87 ^{bc} _A	4,87 ± 1,93 ^{cd} _A	2,98 ± 1,74 ^d _A
	Escurecimento de bordas					
2	8,95 ± 0,11 ^a _A	8,71 ± 0,27 ^{ab} _A	8,40 ± 0,61 ^{ab} _A	8,60 ± 0,40 ^{ab} _A	8,45 ± 0,50 ^{ab} _A	8,11 ± 0,62 ^b _A
6	8,80 ± 0,24 ^a _A	8,74 ± 0,43 ^a _A	8,48 ± 0,60 ^a _A	8,38 ± 0,75 ^a _A	8,55 ± 0,56 ^a _A	8,31 ± 0,56 ^a _A
10	8,88 ± 0,18 ^a _A	8,67 ± 0,41 ^a _A	8,34 ± 0,92 ^a _A	7,97 ± 1,53 ^a _A	8,05 ± 0,49 ^a _A	7,48 ± 1,42 ^a _A
	Escurecimento da nervura central					
2	8,94 ± 0,15 ^a _A	8,78 ± 0,27 ^a _A	8,62 ± 0,43 ^a _A	8,68 ± 0,37 ^a _A	8,45 ± 0,78 ^a _A	8,40 ± 0,55 ^a _A
6	8,78 ± 0,19 ^a _A	8,64 ± 0,44 ^a _A	8,20 ± 0,88 ^{ab} _A	8,20 ± 0,67 ^{ab} _A	8,17 ± 0,60 ^{ab} _A	7,38 ± 0,79 ^b _A
10	8,88 ± 0,18 ^a _A	8,65 ± 0,43 ^a _A	8,32 ± 0,97 ^a _A	8,01 ± 1,41 ^a _A	7,98 ± 0,84 ^a _A	7,65 ± 1,25 ^a _A

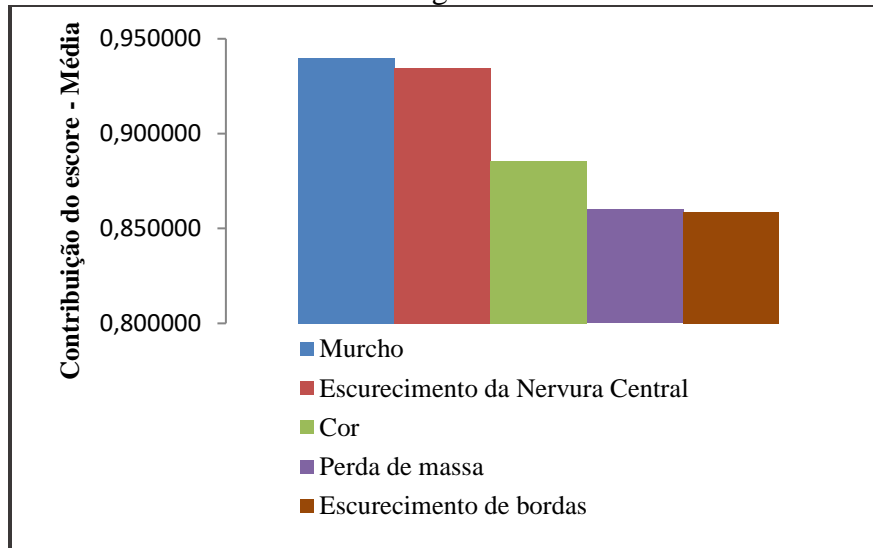
Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

Os dados ao longo do tempo das análises sensorial e físico-química foram submetidos à ACPs para redução de parâmetros a serem utilizados na modelagem matemática. Assim, foram obtidas as pontuações individuais para os componentes mais importantes na degradação das folhas de alface crespa hidropônica. A Figura 1 apresenta os dados obtidos para cada parâmetro estudado.

Figura 1 - Efeitos de cada variável dependente no décimo quarto dia de armazenamento refrigerado



Fonte: elaborado pelo autor (2018)

Como os escores estavam relacionados com o tempo, foi possível estudar a cinética de degradação das amostras de alface para estimar a vida de prateleira. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a regressão não-linear dos escores obtidos na ACPs.

Tabela 2 - Parâmetros cinéticos estimados através da regressão não-linear dos escores dos parâmetros de qualidade da alface em função do tempo nas diferentes condições de temperatura

Modelo Weibulliano, $PC1score(t) = C_0 * \exp(-b_m * t^{n_m})$

T (°C)	C_0	Intervalo de confiança	b_m (d ⁻¹)	Intervalo de confiança	n_m	Intervalo de confiança	R ²
2	1,16	1,16	0,06	0,01	0,90	0,01	0,94
6	1,02	1,02	0,03	0,00	1,35	0,00	0,98
10	1,00	1,00	0,02	0,00	1,47	0,00	0,99

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

O modelo Weibulliano foi capaz de descrever as mudanças dos escores dos parâmetros estudados, pois mostrou coeficientes de correlação maiores que 0,94, o que confere com os estudos de Corradini (2004, 2006) e Amodio et al. (2013), que utilizaram o mesmo modelo para descrever as reações de degradação. Após verificar se o modelo escolhido é capaz de descrever a cinética de degradação estudou-se a dependência da temperatura das taxas de degradação multivariada (b_m) através da equação de Arrhenius e do modelo log-logístico, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros estimados para os modelos de Arrhenius e log-logístico

Modelo de Arrhenius, $Ln(k_m) = A_m - (E_{a_m} / RT)$		
Am	Eam (kJ/mol)	R ²
-36,57	-77,170	0,99
Modelo log-logístico, $b_m = \log[1 + \exp(K_m * (T - T_{c_m}))]$		
Km (°C ⁻¹)	Tcm (°C)	R ²
-0,13	-12,730	0,99

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

Tanto a equação de Arrhenius, quanto o modelo log-logístico ajustaram bem as constantes de taxa estimada, com coeficientes de correlação de 0,99. Porém, optou-se por utilizar o modelo log-logístico, já que este é muito utilizado em estudos com o objetivo de estimar a vida de prateleira de alimentos e por ser o único modelo capaz de descrever a dependência da temperatura dos parâmetros do modelo de Weibulliano (CORRADINI, 2006).

Com os modelos determinados e os parâmetros de qualidade definidos, foi possível determinar a vida de prateleira das amostras de alface para as temperaturas estudadas, 2 °C, 6 °C e 10 °, conforme apresenta a Tabela 4.

A maior extensão de vida de prateleira das amostras de alface foi no tratamento a 2 °C, seguido dos tratamentos a 10 °C e a 6 °C, com vida de prateleira de 12,43; 9,87 e 8,76 dias, respectivamente. Derossi et al. (2016) estimaram a vida de prateleira de alface em 12,4 dias a temperatura de 0 °C, 10,4 dias a 5 °C e 3,7 dias a 15 °C. Os valores foram próximos aos encontrados neste estudo, com exceção do tempo encontrado pelo autor a 15 °C.

Tabela 4 – Vida de Prateleira da *Lactuca sativa* L. determinado através do modelo log-logístico

Temperatura (°C)	Limite de qualidade	Vida de prateleira (dias)
2	0,56	12,43 ^a
6	0,57	8,76 ^b
10	0,56	9,87 ^b

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

4. CONCLUSÃO

Avaliando a conservação das amostras de alface crespa hidropônica armazenadas em bandejas de isopor envoltas por filme PVC, concluiu-se que temperaturas mais baixas (2 °C e 6 °C) mantêm o parâmetro físico-químico avaliado (perda de massa) por mais tempo inalterado. Já para os parâmetros sensoriais, foram obtidos resultados satisfatórios para as três temperaturas estudadas. Também, por meio da estimativa da vida de prateleira pelo modelo Weibulliano, constatou-se que a temperatura de 2 °C é a melhor condição para o armazenamento de alface crespa.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Regional de Blumenau e a FAPESC pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

AGÜERO, M. V. et al. Lettuce Quality Loss under Conditions That Favor the Wilting Phenomenon, **Postharvest Biol.Technol.**, v. 59, p. 124–131, 2011.

AGÜERO, M. V. et al. Delayed Cooling or Suboptimal Storage Temperatures Reduce Butterhead Lettuce Shelf-Life, **Int. J.Veg. Sci.**, v. 20, n. 1, p. 59–77, 2014.

AMODIO, M. L.; DEROSI, A.; COLELLI, G. Modelling Sensorial And Nutritional Changes To Better Define Quality And Shelf Life Of Fresh-Cut Melons. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n.1, p. 38-45, 2013.

AMODIO, M. L. et al. A Study of The Estimated Shelf Life Of Fresh Rocket Using A Non-Linear Model. **Journal of Food Engineering**. v. 150, p. 19-28, 2015.

ANTUNES, A. M. et al. Qualidade de Cebola Minimamente Processada Em Diferentes Tipos De Cortes. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 254 – 258, 2014.

ATKINSON, L. D.; HILTON, H. W., PINK, D. A. C. A Study of Variation in The Tendency for Postharvest Discoloration In A Lettuce (*Lactuca Sativa*) Diversity Set. **Int. J.Food Sci. Technol.** v. 48, p. 801–807, 2013.

CHILAR, J. et al. Review Article Procedures For The Description Of Agricultural Crops And Soils In Optical And Microwave Remote Sensing Studies. **Int. J. Remote Sens.** v.8, n. 3, p. 427-429, 1987.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-Colheita De Frutos E Hortalças: Fisiologia E Manuseio. **Esal/Faepe**, Lavras, MG, 1990.

CORRADINI, M. G., PELEG, M. A Model of Non-Isothermal Degradation Nutrients, Pigments and Enzymes. **J. Sci. Food Agric.** v. 84, n. 3, p. 217-226, 2004.

CORRADINI, M. G., PELEG, M. Prediction of Vitamin Loss During Non-isothermal heat processes and Storage With Non-Linear Kinetic Models. **Trends Food Scie. Technol.** v. 17, p. 24–34, 2006.

DEROSI, A. et al. Application of Multivariate Accelerated Test for The Shelf Life Estimation of Fresh-Cut Lettuce. **J. Food Eng.**, v. 169, p. 122-130, 2016.

EL KHALED, D. et al. Cleaner Quality Control System Using Bioimpedance Methods: A Review for Fruits And Vegetables. **J. Cleaner Produc.**, v. 140, p. 1749-1762, 2017.

HEATON, J.W., MARANGONI, A. G. Chlorophyll Degradation in Processed Foods and Senescent Tissues, in **Trends Food Sci. Technol.**, v.7, p.8-15, 1996.

IACUSSO, F. et al. Corn Salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.) Growth In A Water-Saving Floating System As Affected By Iron Andsulphate Availability. **J. Scie. Food Agric.**, v. 91, p. 344–354, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas Do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-Químicos Para Análise De Alimentos.** 4^a ed., São Paulo, SP, 2007.

KONSTANTOPOULOU, E. et al. Nutritional Quality of Greenhouse Lettuce at Harvest Andafter Storage in Relation to Application And Cultivation Season. **Scie. Horticulturae.**, v. 125, p. 93–99, 2010.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content Of Horticultural Crops. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 20, p. 207–220, 2000.

LÓPEZ, L. et al. Food Miles, Carbon Footprint and Global Value Chains For Spanish Agriculture: Assessing The Impact Of A Carbon Border Tax. **J. Clean. Prod.** v. 103, p. 423-436, 2015.

MOREIRA, M. R. et al. Effects of Abusive Temperatures On The Postharvest Quality Of Lettuce Leaves: Ascorbic acid Loss and Microbial Growth. **J. Appl. Hortic.**, v. 8, n. 2, p. 109–113, 2006.

OLIVEIRA, L. S et al. Efeito do Hidroresfriamento Na Conservação Pós-Colheita De Coentro. **Horticultura Bras**, v. 33, p. 448-452, 2015.

PAULO, I. A. et al. Estudo Sensorial E Físico-Químico De Vegetais Armazenados Em Refrigeração Com Monitoramento De Parâmetros. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 19, n. 1, p. 57-66, 2017.

RAGAERT, P.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Role of Microbiological Andphysiological Spoilage Mechanisms During Storage of Minimally Processed Vegetables. **Postharvest Biol. Technol.** v. 44, p. 185–194, 2007.

RODRÍGUEZ-HIDALGO, S. et al. Quality of Fresh-Cut Baby Spinach Grown Under A Floating Trays System Asaffected By Nitrogen Fertilisation and Innovative Packaging Treatments. **J Scie Food Agric.**, v. 90, p. 1089–1097, 2010.

SÁNCHEZ-MUROS, M.; BARROSO, F.G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect Meal As Renewable Source Of Food For Animal Feeding: A Review. **J. Clean. Prod.**, v. 65, p. 16-27, 2014.

SANTI, A. et al. Ação de Material Orgânico Sobre A Produção E Características Comerciais De Cultivares De Alface. **Hort Bras**, v. 28, p. 87-90, 2010.

SANTOS, C. M. G. et al. Qualidade Da Alface Comercializada No Município De Botucatu SP. **Rev Iberoamericana Tecnol Postcosecha**, v. 11, p. 67-74, 2010.

SCHMITZ, F. R. W. et al. Advanced methodology for analysis of changes in the storage lettuce surface. **MOJ Food Proc Technol**. v. 5, n. 2, p. 259-261, 2017.

SHEN, Y. et al. Phenanthrene-Triggered Chlorosis Is Caused By Elevated Chlorophyll Degradation And Leaf Moisture. **Environ Pollution**, p. 1-11, 2016.

ZHAN, L. et al. Browning Inhibition and Quality Preservation of Fresh-Cut Romaine Lettuce Exposed to High Intensity Light. **Innovative Food Scie Emerging Technol**, v. 14, p. 70–76, 2012.