



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA COUVE CRESPA PRODUZIDA NOS SISTEMAS CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO

Physicochemical characteristics of curly kale produced in conventional and hydroponic systems

Davi SCHMIDT^{1}, Vanda Renata REIS², Raissa Moret Duarte de OLIVEIRA³, Fernando Cesar SALA⁴, Marta Regina VERRUMA-BERNARDI⁵*

RESUMO: A couve de folha crespa é uma hortaliça com alto teor de nutrientes, mas pouco comercializada no Brasil, por isso, a inserção desta cultivar em outros sistemas de produção tem potencial para que a mesma possa ser cultivada em maior escala, apresentando boa qualidade pós-colheita. O estudo avaliou a influência dos sistemas convencional e hidropônico nas características físico-químicas e mineral da couve de folha crespa. A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*, híbrido Darkibor) foi plantada em sistema convencional com fertilização orgânica e hidroponia. As folhas foram colhidas aos 90 e 35 dias após o transplante, nos sistemas convencional e hidropônico, respectivamente. Foram avaliados perda de massa, pressão de turgescência, pH, teores de sólidos solúveis totais e compostos fenólicos, cor instrumental e teores de minerais. Os dados foram analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As folhas cultivadas no sistema hidropônico apresentaram maiores valores para perda de massa, a partir do nono dia, menores valores para pressão de turgescência, a partir do quinto dia e maiores valores para teor de sólidos solúveis totais no primeiro dia. Para pH e cor instrumental não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para os teores de minerais, as couves cultivadas no sistema hidropônico apresentaram valores mais elevados para fósforo, boro e manganês. Concluiu-se que o sistema de cultivo influenciou nas características físico-químicas e nos teores de minerais da couve crespa, híbrido Darkibor, e que esta variedade é uma alternativa de fonte alimentar que pode ser cultivada em sistema hidropônico, sem implicações negativas.

Palavras-chave: Fertilizante orgânico, minerais, perda de massa, turgescência

ABSTRACT: Kale is a leafy vegetable with high levels of nutrients, but its cultivation and development studies are still scarce in Brazil. Therefore, the insertion of this cultivar in another production systems has the potential for its production in a larger scale, presenting good post-harvest quality. This study aimed to evaluate the influence of conventional and hydroponic systems on the physicochemical and mineral characteristics of curly kale. The kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*, Darkibor) was planted in two systems: conventional with organic fertilization and hydroponic. In the conventional and hydroponic systems, the leaves were picked at 90 and 35 days after transplanting, respectively. The parameters of weight loss, turgor pressure, pH, total soluble solids and phenolic compounds, instrumental color and mineral contents were evaluated. The data were analyzed using the Tukey test ($p \leq 0.05$). The hydroponic leaves presented higher values for weight loss, at the ninth day on, lower values for turgor pressure, at the fifth day on, and higher values for total soluble solids on the first day. For the pH and instrumental color results there was no significant difference between treatments. For mineral content, hydroponic kale leaves presented higher values for phosphorus, boron and manganese. We concluded that the cultivation system influenced the physicochemical characteristics and mineral content of the curly kale, *Darkibor*. Thus, this variety is an alternative food source, which can be cultivated in hydroponic systems, without deleterious implications.

Key words: Minerals, organic fertilizer, turgor, weight loss

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021, aprovado em 05/06/2021

¹Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural – UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Anhanguera, km 174, CEP: 13604-900, Araras/SP. E-mail: davi.agroeco@gmail.com

²Doutora em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Professora do Centro Universitário de Araras “Dr. Edmundo Ulson” – UNAR, Avenida Ernani Lacerda de Oliveira, 100, Parque Santa Cândida – CEP: 13603-112, Araras/SP. E-mail: vanda.reis@unar.edu.br

³Graduanda em Licenciatura em Química – UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz, s/n, CEP: 13565-905, São Carlos/SP. E-mail: raissamoret@gmail.com

⁴Doutor em Fitotecnia, Professor do Centro de Ciências Agrárias – UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Anhanguera, km 174, CEP: 13604-900, Araras/SP. E-mail: fcsala@ufscar.br

⁵Doutora em Tecnologia de Alimentos, Professora do Centro de Ciências Agrárias – UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Anhanguera, km 174, CEP: 13604-900, Araras/SP. E-mail: verruma@ufscar.br

INTRODUÇÃO

Com a popularização das plantas alimentícias não convencionais, a procura por hortaliças diferenciadas no mercado e por novidades no setor alimentício têm crescido nos últimos anos. A demanda por produtos diferenciados não está vinculada a uma espécie hortícola desconhecida, mas sim às variações em tamanho, sabor ou coloração de espécies já conhecidas e difundidas (VILELA; MACEDO, 2000).

A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma hortaliça folhosa, de coloração verde-escura e originária da costa ocidental da Europa. Apesar de poder ser cultivada durante todo o ano, trata-se de uma cultura de outono-inverno, pois se desenvolve melhor em temperaturas mais amenas (16 a 22 °C) (NOVO et al., 2010). As brassicáceas são uma das culturas com melhor composição nutricional, fonte de aminoácidos essenciais e minerais, como cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês. Suas folhas apresentam compostos bioativos capazes de reduzir a incidência de doenças degenerativas no organismo (KORUS, 2013; KORUS, 2014).

No Brasil, 33 genótipos diferentes de couve foram caracterizados, morfológica e geneticamente (NOVO et al., 2010). Várias cultivares têm se destacado pelo porte, aspecto geral, número de folhas por planta e características sensoriais. Quanto à classificação comercial das couves, estas podem ter como base a aparência, a coloração ou a textura de suas folhas (TRANI et al., 2015). A couve de folhas crespas apresenta folhas onduladas e crespas, com coloração verde mais escura do que a cultivar Manteiga (OLSEN et al., 2009; PATHIRANA et al., 2017).

As couves, de modo geral, possuem baixa quantidade de calorias e níveis moderados de proteína e minerais, como cálcio, magnésio, fósforo e potássio, podendo suprir a necessidade de consumo diário de ferro em 10% por porção de 100 g (BRASIL, 2005; PATHIRANA et al., 2017; TBCA, 2020).

A produção e o consumo da couve vêm crescendo no Brasil ao longo dos anos. No estado de São Paulo, maior produtor nacional, cerca de 27 mil toneladas foram produzidas em 2006 (IBGE, 2012), evoluindo tal produção a 69 mil toneladas em 2019 (IEA, 2020). Com o aumento significativo pela oferta e demanda da couve, a diversificação no setor se torna interessante para quem a produz, seja na produção de novas variedades ou no aperfeiçoamento de técnicas em seu manejo (VILELA; MACEDO, 2000).

Nos sistemas convencionais de produção de hortaliças, são utilizados fertilizantes orgânicos para aumentar a fertilidade e a biodiversidade do solo, a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das hortaliças. Além do fornecimento de nutrientes e matéria orgânica ao solo, os fertilizantes orgânicos também podem reter uma maior quantidade de água no substrato, promovendo maior agregação de partículas (FINATTO et al., 2013; TRANI et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014).

Independentemente das matérias-primas utilizadas na sua produção, os fertilizantes orgânicos sempre devem ser utilizados de forma segura na agricultura para que as culturas possam atingir seu potencial máximo de produtividade (CAMARGO, 2012). De acordo com sua composição, os fertilizantes orgânicos são classificados em duas classes – A e B. Os fertilizantes orgânicos de classe A são constituídos

exclusivamente por matérias-primas de origem vegetal, animal, mineral ou de processamentos da agroindústria. Já despejos ou contaminantes sanitários, devidamente tratados, podem entrar na composição de fertilizantes orgânicos de classe B (BRASIL, 2020).

O Brasil importa cerca de três quartos das fontes de nutrientes para a fabricação de fertilizantes, sendo a maioria delas não renováveis. Essa escassez de matéria-prima impulsiona o aumento dos preços dos insumos agrícolas e, conseqüentemente, o preço pago pelo consumidor (OGINO et al., 2020), fazendo com que se busquem alternativas que aumentem a eficiência dos nutrientes. A adubação orgânica é uma dessas alternativas, pois pode aumentar a fertilidade do solo e beneficiar a sua biodiversidade (FINATTO et al., 2013). Assim, a melhora da estrutura e da drenagem interna do solo, juntamente com o aumento da capacidade de adsorção de nutrientes pelas raízes, faz com que a produtividade por área das hortaliças folhosas aumente (TRANI et al., 2013).

A couve tem sido cultivada, majoritariamente, em sistemas convencionais de produção, mas a adoção de sistemas alternativos de produção, como o cultivo em ambientes protegidos e a hidroponia, vem ganhando destaque no setor hortícola (PANTOJA NETO; REDIG, 2017). O cultivo de plantas sem o uso do solo é uma técnica bastante antiga, na qual o substrato é substituído por uma solução aquosa e nutritiva. Popularizou-se e se tornou comercial a partir da década de 1980, destinado à produção de determinadas hortaliças (BEZERRA NETO et al., 2010).

Apesar de o investimento ser alto no início – este sistema é constituído por casa de vegetação, sistema hidráulico e equipamentos que monitoram tanto a solução nutritiva como o ambiente interno –, o sistema hidropônico é bastante eficiente e tem retorno financeiro em pouco tempo, principalmente devido à precocidade na colheita (BORGES; DAL’SOTTO, 2016). Todos os manejos relacionados ao solo estão isentos nessa prática, como a sua correção e preparo, controle de plantas espontâneas, rotação de culturas, entre outros manejos culturais. Ainda, a utilização de fertilizantes e agrotóxicos é melhor aproveitada, assim como a água, que passa a ser utilizada racionalmente. Desse modo, a hidroponia é vantajosa economicamente, pois há redução de gastos em diversos pontos do sistema. A precocidade na colheita, aliada a fatores como aumento da produtividade por planta e por unidade de área, traz mais lucro para o produtor num período de tempo mais curto (LUZ et al., 2011; OHSE, 2012).

Atualmente, hortaliças como alface e rúcula são as principais culturas produzidas em sistema hidropônico. Os registros da couve produzida desta maneira são muito escassos, mas Noboa et al. (2019) relataram algumas vantagens em relação ao sistema convencional, já que a colheita da couve cripa pôde ser realizada em 30 dias; no sistema convencional, a colheita só tem início depois de dois a três meses após o transplantio.

Como a couve de folhas crespas ainda não é muito conhecida no mercado brasileiro, estudos que a inserem em sistemas alternativos de produção são vantajosos e tem potencial para que a espécie possa ser cultivada em maior escala (NOBOA et al., 2019). Contudo, para que a comercialização do produto final seja possível, este deve apresentar boa qualidade. A mesma consiste de aspectos externos (como tamanho, formato, aparência, cor, textura,

uniformidade e firmeza) e internos (como aroma, sabor, valor nutricional, acidez e teor de sólidos solúveis totais) (AULAR; NATALE, 2013). O conjunto de diversos fatores irá definir a qualidade final do produto (BERNARDI et al., 2005), portanto, as análises de pós-colheita e sensoriais são fundamentais nos estudos que visam à inserção de um produto novo ou diferenciado no mercado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos sistemas convencional com fertilização orgânica e hidropônico, nas características físico-químicas e mineral da couve de folha crespa.

MATERIAL E MÉTODOS

As mudas das couves de folha crespa (*Brassica oleracea* var. *acephala*, híbrido *Darkibor*) foram produzidas em viveiro comercial por 30 dias para, então, serem transplantadas em sistemas convencional e hidropônico.

O experimento de campo e hidropônico foi realizado na área experimental de Horticultura no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Araras, SP. Foram avaliados, em delineamento de blocos casualizados, dois sistemas de produção: 1) convencional com fertilização orgânica e 2) hidroponia.

O fertilizante orgânico, classe A (BRASIL, 2020), utilizado em campo foi composto por cama aviária de galinha, farinha de ossos, resíduos industriais de abatedouro e alimentos e outros resíduos industriais. A quantidade aplicada foi definida baseando-se na análise química do solo e os cálculos de NPK da adubação de plantio foram realizados de acordo com as recomendações para couve descrita por Trani et al. (2015). Para o sistema hidropônico, utilizou-se uma solução nutritiva (FURLANI, 1999).

As folhas de couve no sistema convencional foram colhidas no segundo corte, aos 90 dias após o transplante, e a hidropônica, aos 35 dias. Foram analisadas no tempo zero, cinco, nove e/ou treze dias de armazenamento, dependendo da análise. As couves foram armazenadas sob refrigeração, a 10 °C.

A perda de massa (%) foi determinada pela diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra, utilizando

balança semi-analítica. As couves foram armazenadas sob refrigeração, a 10 °C. A pressão de turgescência (*kPa*) foi mensurada à temperatura ± 20 °C e determinada através do equipamento Wiltmeter® (CALBO et al., 2008).

O pH e o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados a uma temperatura ± 20 °C pela leitura direta através do peagâmetro de bancada e do refratômetro digital de bancada, respectivamente (IAL, 2008). O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Os dados obtidos foram expressos em mg EAG 100 g⁻¹ (equivalente ácido gálico). Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

A cor instrumental das folhas foi avaliada pelo colorímetro Hunterlab, onde foram registrados L* a* e b*. L* (Luminosidade) corresponde a variação do negro (L*=0) ao branco (L*=100); a* a variação do vermelho (+a*) ao verde (-a*); e b* a variação do amarelo (+b*) ao azul (-b*) (MINOLTA CO., 2007). Cada medida foi composta pela média de três valores por duas folhas.

A determinação do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco foi realizada por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplada indutivamente (ICP-AES, Varian®).

Depois de verificadas as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, os dados foram analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos resultados obtidos para perda de massa (Tabela 1), verificou-se que, aos cinco dias de armazenamento, as couves apresentaram o mesmo comportamento, não havendo diferença estatística entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). Para as perdas nos dias nove e treze, houve menor perda de massa (23,97 e 28,80%) para as couves de folhas crespas cultivadas em sistema convencional e maior perda (39,18 e 49,88%) para as plantas cultivadas em sistema hidropônico.

Tabela 1 – Resultados das análises de perda de massa (%) e de pressão de turgescência (*kPa*) das couves de folhas crespas produzidas em sistemas convencional e hidropônico.

Perda de massa (%)	Dia 1	Dia 5	Dia 9	Dia 13
Convencional	-	19,68 a ($\pm 4,43$)	23,97 b ($\pm 3,85$)	28,80 b ($\pm 3,17$)
Hidropônico	-	27,50 a ($\pm 4,05$)	39,18 a ($\pm 4,48$)	49,88 a ($\pm 7,25$)
CV (%)	-	17,99	13,23	14,22
Turgescência (<i>kPa</i>)	Dia 1	Dia 5	Dia 9	Dia 13
Convencional	340,14 a ($\pm 10,53$)	314,86 a ($\pm 10,53$)	312,56 a ($\pm 3,98$)	-
Hidropônico	333,25 a ($\pm 3,98$)	294,18 b ($\pm 3,98$)	294,18 b ($\pm 7,96$)	-
CV (%)	2,36	2,61	2,07	-

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem (Teste de Tukey: $p \leq 0,05$).

Souza et al. (2018) verificaram perda de massa de 30 e 5,5% em folhas de couve comum minimamente processadas armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração, respectivamente, durante oito dias. Simões et al. (2010) verificaram perda de massa de 4 e 10% em folhas de couve comum inteiras e minimamente processadas, respectivamente, armazenadas durante nove dias à 5 e 10 °C.

Como as plantas cultivadas no sistema hidropônico eram mais jovens e tinham menor área foliar do que as cultivadas no

sistema convencional, a maior perda de massa para as couves de folhas crespas hidropônicas pode ser explicada pela diferença no tamanho das folhas nos dois tratamentos. Para os produtos minimamente processados, a área foliar reduzida e a danificação de células e tecidos também exercem influência no tempo de conservação (AGUILA et al., 2008).

Em relação à pressão de turgescência (Tabela 1), verificou-se que, no primeiro dia após a colheita não houve diferença estatística entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). Aos cinco e

nove dias de armazenamento, as couves de folhas crespas cultivadas em sistema convencional apresentaram valores maiores (314,86 e 312,56 *kPa*) do que as plantas cultivadas em sistema hidropônico (294,18 *kPa* para os dois dias avaliados).

A turgescência das folhas indica o quão murchas elas se encontram, sendo os menores valores referentes às folhas mais desidratadas e sem qualidade (FERREIRA; CALBO, 2008). O curto período de pós-colheita da couve pode ser explicado pelo acelerado metabolismo da planta, resultando na falta de turgor e no amarelecimento (SANCHES et al., 2016).

Tabela 2 – Resultados das análises de pH, sólidos solúveis totais (S.S.T.) (°Brix) e teor de compostos fenólicos (C.F.) das couves de folhas crespas produzidas em sistemas convencional e hidropônico.

pH	Dia 1	Dia 5	Dia 9
Convencional	5,97 a (±0,55)	6,50 a (±0,25)	6,56 a (±0,23)
Hidropônico	6,63 a (±0,31)	6,48 a (±0,06)	6,58 a (±0,03)
CV (%)	7,7	3,22	2,86
S.S.T. (°Brix)	Dia 1	Dia 5	Dia 9
Convencional	5,07 b (±0,45)	9,82 a (±1,46)	12,20 a (±0,99)
Hidropônico	6,63 a (±0,31)	6,41 a (±1,10)	7,07 b (±1,45)
CV (%)	7,24	15,98	11,48
C.F. (mg EAG 100 g ⁻¹)	Dia 1	Dia 5	Dia 9
Convencional	723,13	-	-
Hidropônico	713,21	-	-

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem (Teste de Tukey: $p \leq 0,05$).

Para os sólidos solúveis totais (Tabela 2), houve diferença significativa nos dias um e nove após a colheita. Contudo, no primeiro dia, o teor de sólidos solúveis totais foi maior nas folhas de couve crespas cultivadas em sistema hidropônico (6,63 °Brix). Em contrapartida, no nono dia, este parâmetro foi maior nas folhas de couve crespas cultivadas em sistema convencional (12,20 °Brix), em parte, em função da perda de massa. No quinto dia após a colheita não houve diferença estatística entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

Sanches et al. (2016) encontraram valores de 5,3 e 7,8 °Brix em folhas de couve “Manteiga verde crespa” frescas e armazenadas por 16 dias sob refrigeração, respectivamente. O teor de sólidos solúveis totais geralmente é afetado pelo tipo de solo, clima, tratos culturais e fatores genéticos de cada planta.

Para a concentração de compostos fenólicos (Tabela 2), obtiveram-se os valores de 723,13 mg EAG 100 g⁻¹ para as folhas de couve crespas cultivadas em sistema convencional e 713,21 mg EAG 100 g⁻¹ para as plantas cultivadas em sistema hidropônico. Em folhas de couve Manteiga, Rigueira et al. (2016) obtiveram teores de compostos fenólicos variando entre 173 e 244 mg EAG 100 g⁻¹ e Melo e Faria (2014) verificaram um teor de 501 mg EAG 100 g⁻¹.

Os compostos fenólicos são estruturas químicas originadas do metabolismo secundário das plantas e que possuem poder antioxidante, como flavonoides, ácidos

fenólicos, taninos e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007). A ingestão diária recomendada de compostos fenólicos é de 1 g (PERÉZ-JIMÉNEZ et al., 2008), contudo, uma porção de 100 g de folhas de couve crespa pode suprir mais da metade da quantidade média ingerida pelos brasileiros, que gira em torno de 460,15 mg (CORRÊA et al., 2015).

Outras hortaliças, como a beterraba, repolho e cenoura, apresentam teor de compostos fenólicos de 536; 527 e 354 mg EAG 100 g⁻¹, respectivamente (MELO; FARIA, 2014). Em folhas de couve crespa, Hagen et al. (2009) verificaram que o atraso na colheita em seis semanas diminuiu a quantidade de compostos fenólicos. Desse modo, a hidroponia pode ser vantajosa, pois o sistema apresenta precocidade na colheita.

Para a cor instrumental (Tabela 3), apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos para L^* ($p \leq 0,05$), houve para a^* e b^* . As folhas de couves crespas cultivadas em sistema hidropônico apresentaram a coordenada vermelho/verde (a^*) mais baixa no primeiro dia após a colheita e a coordenada amarelo/azul (b^*) mais alta no segundo dia após a colheita. A coloração das folhas em ambos os tratamentos variou em tons de verde e amarelo. Em *baby leaf* de couve crespa, Shah et al. (2019) obtiveram 45,5±1,3 e 40,8±1,5 para L^* , -15,4±0,3 e -13,1±0,1 para a^* e 24,7±1,3 e 19,7±0,3 para b^* em folhas inteiras e cortadas, respectivamente.

Tabela 3 – Resultados das análises de cor instrumental das couves de folhas crespas produzidas em sistemas convencional e hidropônico.

Cor (L^*)	Dia 1	Dia 2	Dia 3
Convencional	32,59 a (±3,21)	38,00 a (±2,55)	46,25 a (±2,80)
Hidropônico	35,53 a (±2,35)	38,27 a (±4,42)	48,01 a (±7,83)
CV (%)	8,26	9,47	12,47
Cor (a^*)	Dia 1	Dia 2	Dia 3
Convencional	-4,20 a (±1,58)	-5,35 a (±0,34)	-4,20 a (±0,47)
Hidropônico	-5,86 b (±0,58)	-5,79 a (±0,60)	-3,20 a (±3,76)
CV (%)	-23,62	-8,82	-72,44
Cor (b^*)	Dia 1	Dia 2	Dia 3

Convencional	7,51 a ($\pm 1,74$)	9,21 b ($\pm 1,07$)	15,55 a ($\pm 1,79$)
Hidropônico	9,01 a ($\pm 1,44$)	11,75 a ($\pm 2,21$)	17,91 a ($\pm 5,76$)
CV (%)	19,34	16,59	25,5

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem (Teste de Tukey: $p \leq 0,05$). L* = Luminosidade (0 = negro e 100 = branco); a* = coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde); b* = coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul).

Para os teores de minerais, houve diferença significativa apenas para fósforo, boro e manganês, sendo que as folhas de couves crespas cultivadas em sistema hidropônico apresentaram os maiores valores para estes elementos (Tabela

4). Os teores de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e zinco não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 – Resultados das análises de minerais das couves de folhas crespas produzidas em sistemas convencional e hidropônico, expressos em base seca.

Minerais	Convencional (g kg ⁻¹)	Hidropônico (g kg ⁻¹)	Trani et al. (2015) (g kg ⁻¹)	IDR ¹ (g dia ⁻¹)
Nitrogênio	44,08 a ($\pm 0,32$)	43,18 a ($\pm 4,21$)	30-55	-
Fósforo	5,07 b ($\pm 0,00$)	6,28 a ($\pm 0,13$)	3-7	0,7
Potássio	35,93 a ($\pm 7,94$)	38,78 a ($\pm 5,29$)	20-40	-
Cálcio	24,28 a ($\pm 2,07$)	15,90 a ($\pm 1,26$)	15-25	1,0
Magnésio	3,55 a ($\pm 0,41$)	6,34 a ($\pm 2,97$)	3-7	0,26
Enxofre	10,24 a ($\pm 2,54$)	5,25 a ($\pm 1,41$)	-	-
	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg dia ⁻¹)
Boro	18,50 b ($\pm 4,95$)	37,00 a ($\pm 1,41$)	30-100	-
Cobre	12,50 a ($\pm 6,36$)	56,50 a ($\pm 14,85$)	5-20	0,9
Ferro	232,00 a ($\pm 16,97$)	983,50 a ($\pm 292,04$)	60-300	14
Manganês	28,50 b ($\pm 6,36$)	93,50 a ($\pm 9,19$)	40-250	2,3
Zinco	26,00 a ($\pm 4,24$)	35,00 a ($\pm 1,41$)	30-150	7

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem (Teste de Tukey: $p \leq 0,05$). ¹ Ingestão diária recomendada (IDR) para adultos (BRASIL, 2005).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para as plantas, pois compõe uma grande quantidade de compostos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, nitratos e nitritos (KORUS; LISIEWSKA, 2009). Os teores de nitrogênio encontrados para as plantas convencionais (44,08 g kg⁻¹) e hidropônicas (43,18 g kg⁻¹) não diferiram estatisticamente e estão dentro da faixa considerada adequada para a couve de folhas (TRANI et al., 2015). A relação nitrogênio: enxofre para as plantas convencionais e hidropônicas foi de 4,3: 1 e 8,2: 1, respectivamente. O enxofre é um nutriente de grande importância para as brássicas, pois compõem alguns de seus aminoácidos, como a cisteína e a metionina (SILVA et al., 2017).

Os valores encontrados para os teores dos demais macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) também estão dentro da faixa considerada adequada por Trani et al. (2015) para a couve de folhas. Já alguns micronutrientes apresentaram valores fora desta faixa. Os teores de boro, manganês e zinco para as folhas de couves crespas cultivadas em sistema convencional apresentam valores menores do que os adequados e os teores de cobre e ferro para as folhas de couves crespas cultivadas em sistema hidropônico apresentaram valores acima do que os adequados.

Para ambos os tratamentos, a ingestão diária recomendada (IDR) de cálcio, magnésio, ferro, cobre e manganês para um adulto pôde ser suprida com uma porção de 100 g de folhas de couve crespa (BRASIL, 2005). Contudo não foram calculadas as quantidades necessárias destes nutrientes que, quando ingeridos, poderão ser absorvidas pelo organismo e disponibilizadas para o metabolismo. Oliveira-Calheiros et al. (2008) verificaram valores para a biodisponibilidade do ferro de 0,31% e 0,27% para as folhas de couve Manteiga cruas e cozidas, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. O sistema hidropônico influenciou significativamente na perda de massa, a partir do nono dia, e na pressão de turgescência, a partir do quinto dia, de folhas de couve crespa, híbrido *Darkibor*, em relação ao sistema convencional, considerando a colheita precoce das plantas hidropônicas.
2. Para os teores de minerais, as couves crespas cultivadas no sistema hidropônico apresentaram valores mais elevados para fósforo, boro e manganês.
3. Com os resultados obtidos, pode-se sugerir que a couve crespa, híbrido *Darkibor*, é uma alternativa na produção hortícola, além de poder ser produzida tanto no campo como em sistema hidropônico.

AGRADECIMENTOS

Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (ABISOLO) pelo apoio financeiro, Processo Proex/UFSCar n. 23112.003910/2018-10; Daniella M. Pimenta (CAPES, 001); Gabriel R. Romano Levrero (IC SR/UFSCar) e Marcos David Ferreira (EMBRAPA Instrumentação).

REFERÊNCIAS

- AGUILA, J. S.; SASAKI, F. F.; HEIFFIG, L. S.; ORTEGA, E. M. M.; TREVISAN, M. J.; KLUGE, R. A. Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v.51, n.6, p.1217-1223, 2008.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v.66, n.1, p.1-9, 2007.

- AULAR, J., NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.35, n.4, p.1214-1231, 2013.
- BERNARDI, A. C. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; WERNECK, C. G.; HAIM, P. G.; MONTE, M. B. M. Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com zeólita. *Horticultura Brasileira, Recife*, v.23, n.4, p.920-924, 2005.
- BEZERRA NETO, E.; SANTOS, R. L.; PESSOA, P. M. A.; ANDRADE, P. K. B.; OLIVEIRA, S. K. G.; MENDONÇA, I. F. Tratamento de espuma fenólica para produção de mudas de alface. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife*, v.5, n.3, p.418-422, 2010.
- BORGES, R.; DAL’SOTTO, T. C. Análise econômico-financeira de um sistema de cultivo hidropônico. *Custos e Agronegócios, Recife*, v.12, n.3, p.217-239, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União; Poder Executivo*, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. *Diário Oficial da União; Poder Executivo*, 2005.
- CALBO, A. G.; FERREIRA, M. D.; PESSOA, J. D. C. Wiltmeter® para a medida da firmeza das folhas. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 4p.
- CAMARGO, M. S. de. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. *Pesquisa & Tecnologia, Campinas*, v.9, n.2, p.1-3, 2012.
- CORRÊA, V. G.; TURECK, C.; PERALTA, R. M.; KOEHNLEIN, E. A. Estimate of consumption of phenolic compounds by Brazilian population. *Revista de Nutrição, Campinas*, v.28, n.2, p.185-196, 2015.
- FERREIRA, M. D.; CALBO, A. G. Leitura de firmeza de folhas em Wiltmeter® é rápida e substitui medida de turgescência celular em sonda de pressão – alface e couve. *Horticultura Brasileira, Recife*, v.26, n.2, p.4160-4165, 2008.
- FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C. RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. *Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado*, v.5, n.4, p.85-93, 2013.
- FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. *Acta Horticulturae, Leuven*, v.481, n.2, p.777-778, 1999.
- HAGEN, S. F.; BERGE, G. I. A.; SOLHAUG, K. A.; BENGTTSSON, G. B. Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Postharvest Biology and Technology, Leuven*, v.51, n.1, p.36-42, 2009.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2006 – segunda apuração: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 774 p.
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. Estatísticas da Produção Paulista. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/subjetiva.aspx?cod_sis=1&id_oma=1>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- KORUS, A. Amino acid retention and protein quality in dried kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Journal of Food Processing and Preservation, Hoboken*, v.38, n.2, p.676-683, 2014.
- KORUS, A. Effect of preliminary and technological treatments on the content of chlorophylls and carotenoids in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Journal of Food Processing and Preservation, Hoboken*, v.37, n.4 p.335-344, 2013.
- KORUS, A.; LISIEWSKA, Z. Effect of cultivar and harvest date of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) on nitrogen compounds. *Polish Journal of Environmental Studies, Olsztyn*, v.18, n.2, p.235-241, 2009.
- LUZ, J. M. Q.; COSTA, C. C.; GUERRA, G. M. P.; SILVA, M. A. D. HABER, L. L. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal*, v.6, n.3, p.76-82, 2011.
- MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. *Bioscience Journal, Uberlândia*, v.30, n.1, p.93-100, 2014.
- MENEZES, E. M. S.; FERNANDES, E. C.; SABAA-SRUR, A. U. O. Folhas de alface lisa (*Lactuca sativa*) minimamente processadas armazenadas em atmosfera modificada: análises físicas, químicas e físico-químicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.25, n.1, p.60-62, 2005.
- MINOLTA CO., LTD. Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Osaka: Minolta Co. Ltda., 2007. 60p.
- NOBOA, C. S.; RAVAGNANI, C. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, B. C.; FERNANDES, N.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SALA, F. C. Hydroponic production and sensory analysis of kale in the form of a pack of young plants. *Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente, Araras*, v.9, n.1, p.1-9, 2019.
- NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. Desenvolvimento e produção de genótipos de

- couve manteiga. Horticultura Brasileira, Recife, v.28, n.3, p.321-325, 2010.
- OGINO, C. M.; COSTA JUNIOR, G.; POPOVA, N. D.; MARTINES FILHO, J. G. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v.59, n.1, 2020.
- OHSE, S.; CARVALHO, S. M.; REZENDE, B. L. A.; OLIVEIRA, J. B.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D. Produção e composição química de hortaliças folhosas em hidroponia. Bioscience Journal, Uberlândia, v.28, n.2, p.155-163, 2012.
- OLIVEIRA, L. B.; ACCIOLY, A. M. A.; SANTOS, C. L. R.; FLORES, R. A.; BARBOSA, F. S. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v.18, p.157-164, 2014.
- OLIVEIRA-CALHEIROS, K. CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C. Evaluation of iron availability at diet complemented with cabbage. Alimentos e nutrição, Araraquara, v.19, n.1, p.37-42, 2008.
- OLSEN, H.; AABY, K.; BORGES, G. I. Characterization and quantification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) by HPLC-DAD-ESI-MSⁿ. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.57, n.7, p.2816-2825, 2009.
- PANTOJA NETO, R. A.; REDIG, M. S. F. Uso de substratos orgânicos na produção de mudas de couve manteiga hidropônica em Cametá, Pará. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, Viçosa, v.7, n.4, p.116-123, 2017.
- PATHIRANA, I.; THAVARAJAH, P.; SIVA, N.; WICKRAMASINGHE, A. N. K.; SMITH, P.; THAVARAJAH, D. Moisture deficit effects on kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) biomass, mineral, and low molecular weight carbohydrate concentrations. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.226, p.216-222, 2017.
- PEREIRA, E. M.; SANTOS, Y. M. G.; LEITE FILHO, M. T.; FRAGOSO, S. P.; PEREIRA, B. B. M. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v.10, n.2, p.56-60, 2015.
- PERÉZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURACALIXTO, F. Updated methodology to determinate antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: extraction, measurement and expressions of results. Food Research International, Amsterdam, v.41, n.3, p.274-285, 2008.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- RIGUEIRA, G. D. J.; BANDEIRA, A. V. M.; CHAGAS, C. G. O.; MILAGRES, R. C. R. M. Atividade antioxidante e teor de fenólicos em couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) submetida a diferentes sistemas de cultivo e métodos de preparo. Revista Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v.37, n.2, p.3-12, 2016.
- SANCHES, A. G.; COSTA, J. M.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S. Utilização de radiação gama e amido de milho no armazenamento pós-colheita das folhas de couve manteiga. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v.3, n.4, p.24-31, 2016.
- SHAH, U.; RANIERI, P.; ZHOU, Y.; SCHAUER, C. L.; MILLER, V.; FRIDMAN, G.; SEKHON, J. K. Effects of cold plasma treatments on spot-inoculated *Escherichia coli* O157:H7 and quality of baby kale (*Brassica oleraceae*) leaves. Innovative Food Science and Emerging Technologies, Wageningen, v.57, 2019.
- SILVA, M. L. S.; SILVA, M. A. D.; TREVIZAM, A. R. Influência do nitrogênio e enxofre na produção do feijoeiro. Revista Agroambiental, Pouso Alegre, v.9, n.3, p.11-22, 2017.
- SIMÕES, A. N.; PUIATTI, M.; SALOMÃO, L. C. C.; MOSQUIM, P. R.; PUSCHMANN, R. Effect in the quality of intact and minimally processed leaves of collard greens stored at different temperatures. Horticultura Brasileira, Recife, v.28, n.1, p.81-86, 2010.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, Boston, v.16, n.3, p.144-158, 1965.
- SOUZA, A. G.; CARVALHO, J.; ANAMI, M.; SARAIVA, F. R. S. Conservação de couve minimamente processada tratada com ácido ascórbico. Evidência, Joaçaba, v.18, n.2, p.147-160, 2018.
- TBCA. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP) – Food Research Center (FoRC), 2020. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. Adubação orgânica em hortaliças e frutíferas. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. 16p.
- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELAPANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F.A.; FIGUEIREDO, J. B.; NOVO, M. C. S. S. Couve de folha: do plantio a pós-colheita. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2015. 42p.
- VILELA, N. J.; MACEDO, M. M.C. Market power in agribusiness: the case of vegetable crops. Horticultura Brasileira, Recife, v.18, n.2, p.88-94, 2000.