



LUMA MOREIRA MARTINS

**CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDAS EM TRÊS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO**

**SETE LAGOAS/MG
2016**



LUMA MOREIRA MARTINS

**CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDAS EM TRÊS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO**

**SETE LAGOAS/MG
2016**

LUMA MOREIRA MARTINS

**CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDAS EM TRÊS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João Del Rei, *Campus Sete Lagoas-MG*, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora:

Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos

Coorientador:

Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva

**SETE LAGOAS/MG
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Divisão de Biblioteca da UFSJ, MG, Brasil.

M379c Martins, Luma Moreira, 1991 -
2016 Cultivares de alface produzidas em três sistemas de produção/ Luma
 Moreira Martins. - 2016.
 71 p.: il.

Orientadora: Lanamar de Almeida Carlos.

Coorientador: Ernani Clarete da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

1. Alface - Cultivo - Teses. 2. Alface - Compostos bioativos - Teses. 3.
Alface - Sistemas de produção - Teses I. Carlos, Lanamar de Almeida. II.
Silva, Ernani Clarete da. III. Universidade Federal de São João Del-Rei.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 635.52

LUMA MOREIRA MARTINS

CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDAS EM TRÊS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João Del Rei, *Campus* Sete Lagoas-MG, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora:

Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos

Coorientador:

Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva

Sete Lagoas, 31 de março de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Roberto Luiz Paiva – Centro Universitário do Sul de Minas

Profa. Dra. Caroline Liboreiro Paiva – Universidade Federal de Minas Gerais

Prof^a. Dra. Lanamar de Almeida Carlos - UFSJ
Orientadora

EPÍGRAFE

“Nada nos faz tão semelhantes a Deus como as boas obras.”

São Gregório de Nissa

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais Geraldo e Jacinta
por todo amor e carinho.

Ao meu amado irmão Leandro.

Aos meus amados Amanda e Thiago.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, pelas conquistas, oportunidades e sabedoria.

Aos meus pais Geraldo e Jacinta, pelo amor e por me ensinar valores fundamentais para a construção de quem sou hoje.

Ao meu irmão Leandro e minha cunhada Amanda por me incentivar e por estar ao meu lado sendo meus companheiros e amigos.

Ao meu adorado sobrinho Thiago por me proporcionar momentos de alegrias e por colorir os meus dias.

À UFSJ – campus Sete Lagoas, por intermédio do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias – PPGCA, por ter me proporcionado efetivo aprendizado técnico, científico e humano.

À professora Dra. Lanamar de Almeida Carlos, pela orientação, oportunidade, compreensão, amizade e ensinamentos.

Ao professor Dr. Ernani Clarete da Silva, pela coorientação, amizade, ensinamentos e compreensão.

Aos professores do PPGCA pelos ensinamentos transmitidos.

Às professoras Dra. Cintia Nanci Kobori e Dra. Aline Cristina Arruda Gonçalves pela amizade e ensinamentos.

A Dra. Maria Cristina Dias Paes e ao Dr. Fabiano Okomura pelos ensinamentos e parceria.

Aos membros da banca examinadora, obrigada colaboração neste trabalho.

Agradecimento em especial aos proprietários da Chácara Quintas da Fazendinha Laerte e Nilceia por disponibilizar o local utilizado na elaboração do experimento, o que foi essencial para a realização desse trabalho.

Aos colegas de mestrado, Kênia, Matilde, Adenilson e Mayara pelo apoio, amizade e bons momentos juntos.

Ao Grupo CVT-Guayi, em especial a professora Dra. Leila de Castro Louback Ferraz pelo apoio na condução desse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Conservação de Alimentos pelo apoio na condução das análises e pelos bons momentos juntos: Kaiquy, Jéssica Lorena, Kennedy, Adriana e Roberta.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFEREÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE CULTIVARES DE ALFACE CULTIVADA EM TRÊS SISTEMAS DE CULTIVO	11
ABSTRACT	12
RESUMO	13
3.1 Introdução	14
3.2 Material e Métodos.....	15
3.3 Resultados e Discussão.....	19
3.4 Conclusão	25
3.5 Referências Bibliográficas.....	25
4. TEOR DE FITOQUÍMICOS EM CULTIVAR DE ALFACE: INFLUÊNCIA DO SISTEMA ORGÂNICO, CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO	28
ABSTRACT	29
4.1 Introdução	30
4.2 Material e Métodos.....	31
4.3 Resultados e Discussão.....	34
4.4 Conclusões	38
RESUMO	38
4.5 Referências Bibliográficas.....	39
5. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO CONTEÚDO DE LUTEÍNA BETACAROTENO EM ALFACE CV. CRISTAL	42
RESUMO	43

5.1	Introdução	44
5.2	Material e Métodos.....	45
5.3	Resultados e Discussão.....	47
5.4	Conclusões	51
5.5	Referências bibliográficas	51
6.	CONCLUSÕES GERAIS	54
7.	ANEXOS	55

CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDAS EM TRÊS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

RESUMO - A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida em todo mundo, considerada fonte de vitaminas, minerais e compostos fitoquímicos, principalmente compostos fenólicos, carotenoides, clorofila e vitamina C. Levando em considerações as alterações que ocorrem nas características físicas e químicas presente nos vegetais em função de fatores ambientais e genéticos, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência dos sistemas orgânico, convencional e hidropônico no conteúdo de compostos bioativos e nas características físicas e químicas em cultivares de alface. Foram conduzidos simultaneamente três experimentos, um em cada sistema de produção em delineamento experimental inteiramente ao acaso com três repetições e duas cultivares de alface (Rubra e Cristal). Posteriormente, uma análise conjunta dos três experimentos foi realizada e as médias submetidas ao teste de Tukey com 5% de probabilidade. As seguintes características físicas e químicas foram avaliadas: número de folhas, altura de plantas, diâmetro de planta e de caule, peso fresco e peso seco de raízes e plantas, cor instrumental, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, ratio e umidade. Com relação aos fitoquímicos foi determinado o conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais, carotenoides totais, clorofila total A e B, β -caroteno e luteína. Concluiu-se que há influência dos sistemas de produção em atributos de qualidade (físicos e químicos) da alface de maneira distinta entre as cultivares, com maior intensidade do sistema de produção hidropônico. O conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides em alface cv. Rubra não foram influenciados pelos diferentes sistemas de cultivo, contudo, as plantas provenientes do sistema de produção orgânico apresentaram menor teor de flavonoides. Com relação à cv. Cristal os sistemas de produção não influenciaram no conteúdo de compostos fenólicos, flavonoides, clorofila total A e B, carotenoides, exceto no conteúdo de betacaroteno e luteína que foram menores no sistema orgânico. Não foi detectada a presença de vitamina C em nenhuma planta proveniente dos três sistemas de cultivo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L; compostos bioativos; orgânico

LETTUCE CULTIVARS PRODUCED IN THREE PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT - The Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most widely consumed leafy vegetable in the world, considered a source of vitamins, minerals and phytochemicals compounds, especially phenolic compounds, carotenoids, chlorophyll and vitamin C. Considering the changes that occur in the physical and chemical characteristics present in the plant due to environmental and genetic factors, this project aims to evaluate the organic, conventional and hydroponic systems influence in the content of bioactive compounds and the physical and chemical characteristics of lettuce cultivars. Three experiments were conducted simultaneously, one in each production system in a completely randomized experimental design with three replications and two lettuce cultivars (Rubra and Crystal). Subsequently, a joint analysis of the experiments was performed and the results submitted to Tukey test at 5 % probability. The following physical and chemical characteristics were evaluated: number of leaves, plant height, plant diameter and stem, fresh weight and dry weight of roots and plants, instrumental color, pH, titratable acidity, soluble solids, ratio and humidity. Considering the phytochemicals, it was determined the phenolic compounds total content, total flavonoid, total anthocyanins, total carotenoids, total A and B chlorophyll, β -carotene and lutein. It was concluded that there are different production systems' influence in the quality attributes (physical and chemical) of the lettuce among cultivars with greater intensity of hydroponic production system. The phenolic compounds content, anthocyanins and carotenoids in lettuce cv. Rubra were not influenced by the different cropping systems, however, plants from the organic production system showed lower content of flavonoid. Regarding cv. Crystal, the production systems did not affect the phenolic compounds content, flavonoids, A and B chlorophyll, carotenoids, except the content of beta-carotene and lutein which were lower in the organic system. It was not detected vitamin C's presence in any plant from the three cropping systems.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; bioactive compounds; organic

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida em todo mundo, principalmente *in natura* na forma de salada devido ao seu sabor e qualidade nutricional (Sala & Costa, 2012). É considerada uma planta anual, de clima ameno, pertencente à família Asteracea (Couto et al., 2015), de aspecto delicado, apresentando caule diminuto, ao qual se prendem as folhas (Filgueira, 2007). Essa hortaliça apresenta coloração que varia do verde claro ao verde escuro, sendo que existe algumas cultivares que apresentam folhas de coloração arroxeadas devido à presença de pigmentos denominados antocianinas (Santana et al., 2009). É cultivada tradicionalmente por pequenos produtores, sendo considerada uma cultura de elevada importância social e econômica (Villas Bôas et al., 2004).

Segundo Chadwick et al. (2016), a alface apresenta uma ampla diversidade de metabólitos secundários, incluindo os compostos fenólicos, ácido ascórbico entre outros, sendo esses fitoquímicos responsáveis por promover diversas funções biológicas. A produção e a qualidade nutricional da alface são dependentes do sistema de produção (Ferreira et al., 2014). Visto que, o conteúdo inicial de compostos antioxidantes e de outras substâncias em vegetais pode ser largamente influenciado pela variedade, condições de cultivo, clima e grau de maturação (Botelho & Mercadante, 2003).

Os fertilizantes químicos utilizados no sistema convencional fornecem nutrientes que são imediatamente disponíveis para as plantas, promovendo rápido crescimento e aumentando a produtividade. Em contrapartida, esses adubos não contribuem na melhoria da saúde do solo e nem tão pouco substituem a reposição da matéria orgânica perdida durante o cultivo (Hernández et al., 2016). Esse modelo de produção vem gerando questionamentos quanto a problemas ambientais e preocupação com relação à produção de alimentos mais saudáveis e de maneira sustentável (Kamiyama et al., 2011).

Diante disso, o sistema orgânico visa aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo, melhorando assim as características físicas, promovendo boa estrutura, além de retenção de água e aeração (Tejada et al., 2009). Os resíduos agrícolas contribuem com o fornecimento de nutrientes para as plantas, melhorando assim a produção vegetal (Hernández et al., 2014), sendo uma boa alternativa para a obtenção de uma agricultura sustentável (Hernández et al., 2016), proporcionando a produção de alimentos saudáveis e de elevado valor nutricional, isentos de resíduos químicos que de alguma forma coloque em risco a saúde do consumidor, e do meio ambiente (Solino et al., 2011).

O sistema hidropônico é considerado uma tecnologia emergente, particularmente útil em locais onde o solo ou o clima não é adequado para o cultivo. Esse método de cultivo proporciona melhor utilização da água e fornecimento de nutrientes, além de contribuir na produtividade das culturas e na redução do uso de pesticidas (García-Valcárcel et al., 2016). A alface é uma hortaliça produzida em grande escala nesse sistema, devido ao alto rendimento e a redução do ciclo quando comparado ao cultivo no solo (Ohse et al., 2001)

Sendo considerado um alimento funcional por apresentar em sua constituição polifénois, vitaminas e outros compostos bioativos como, antocianinas, carotenoides, clorofila, além do baixo teor calórico (Llorach et al., 2008).

Os compostos fenólicos são substâncias produzidas pelas plantas (Dias et al., 2016), de baixa disponibilidade e solubilidade (Quideau et al., 2011), que desempenha diversas funções biológicas, dentre elas atividade antioxidante (Musa et al., 2015). São definidos quimicamente como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais agrupamentos hidroxílicos, diretamente ligados (Lee et al., 2005). Segundo King e Young (1999), esses compostos podem ser divididos em flavonoides, que incluem as antocianinas, flavonóis entre outros, ácidos fenólicos (ácido benzoico, cinâmico, cafeico entre outros) e cumarinas. Dentre estes, os flavonoides, principalmente as antocianinas é o maior grupo pertencente aos compostos fenólicos (Giampieri et al., 2012).

Os flavonoides são substâncias que estão presentes em frutas, flores, folhas e demais órgãos vegetativos, sendo consideradas substâncias largamente distribuídas nos vegetais. Sua estrutura química consiste em dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos, denominado anel heterocíclico (Figura 1), por conveniência os anéis são marcados de A, B e C (Kondratyuk & Pezzuto, 2004). Variações em substituição neste anel proporciona a formação de importantes classes desse composto, como flavonóis, flavonas, flavanonas, antocianinas dentre outros (Angelo & Jorge, 2007).

Os flavonoides estão envolvidos em diversos mecanismos de defesa, tolerância a estresse, resistência à perda de água entre outros. Atualmente, esses compostos tem proporcionado muito interesse devido às importantes propriedades medicinais (Simkhada et al., 2009; Koirala et al., 2016) e por apresentar grande capacidade antioxidante (Bendini et al., 2006).

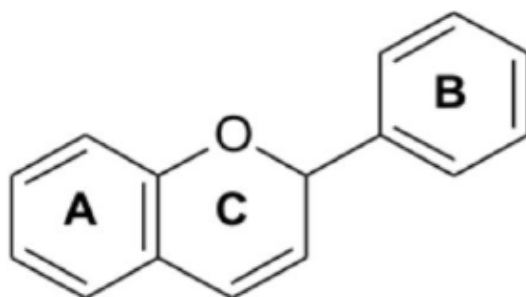


Figura 1 – Estrutura química dos flavonoides (Angelo & Jorge, 2007).

O terceiro anel aromático presente na estrutura dos flavonoides pode ser um pirano heterocíclico, proporcionando a formação das estruturas básicas das leucoantocianinas e das antocianidinas. Devido ao fato do terceiro anel apresentar-se como uma pirona, garante a formação das flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, chalconas e auronas (Machado et al., 2008), estes compostos presente no grupo dos flavonoides podem sofrer variações em suas concentrações de maneira a afetar o conteúdo total de flavonoides.

As antocianinas são substâncias pertencentes à classe dos flavonoides, sendo responsáveis por pigmentos atrativos que são observados em frutas, flores e folhas, variando do vermelho ao azul (Santos et al., 2014). Segundo (Delgado-Vargas & Paredes-López, 2003), as antocianinas são um dos pigmentos mais importantes, sendo sintetizados através do metabolismo secundário das plantas, que em comparação com os demais flavonoides apresenta uma carga positiva na extremidade do anel C (Figura 2), que proporciona a diferenciação de cores de acordo com a variação de pH (Wang & Stoner, 2008).

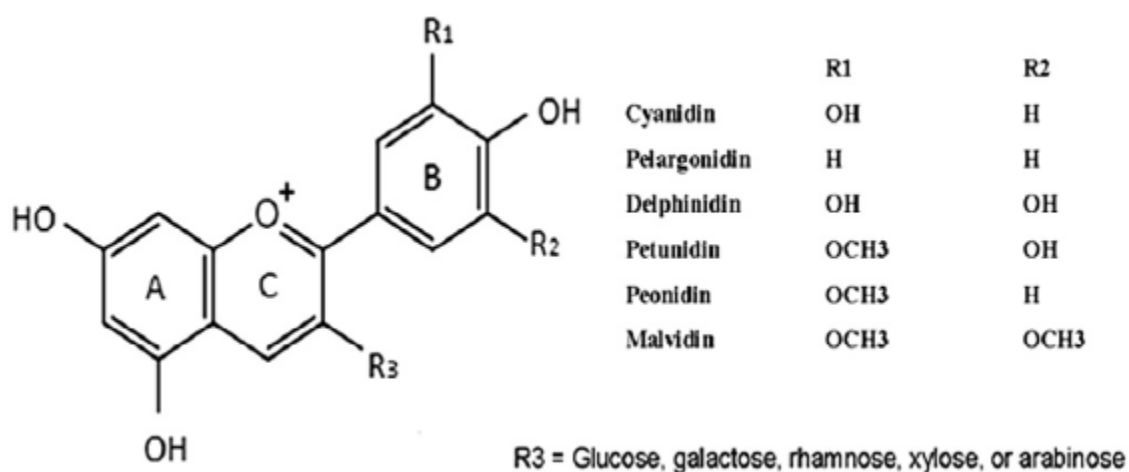


Figura 2 – Estrutura química das antocianidinas e antocianinas (Su et al., 2016).

O conteúdo e a composição das antocianinas presentes nos alimentos são fatores de suma importância na qualidade sensorial dos vegetais e seus derivados (Aaby et al., 2012). Além disso, as antocianinas juntamente com os carotenoides estão relacionadas a diversas funções nos vegetais como capacidade antioxidante, atuantes nos mecanismos de defesa, proteção à radiação e nas funções biológicas (Lopes et al., 2007).

Os carotenoides são oriundos do metabolismo secundário, e apresentam atividade antioxidante, atuando na comunicação intercelular na atividade do sistema imunológico (Skibsted, 2012), proporcionando a capacidade preventiva de doenças (Carvalho et al., 2006). As frutas e as hortaliças são as principais fontes de carotenoides, incluindo os precursores de vitamina A (Haskell, 2013). São compostos classificados em xantofilas (luteína e zeaxantina) e carotenos (α -caroteno, β -caroteno e licopeno) (Britton, 2008). A estrutura molecular dos carotenoides está relacionada com suas propriedades e funções, são compostos com ação fotoprotetora (Saini et al., 2014), estando sua biodisponibilidade associada a fatores ambientais, genéticos e ao estado nutricional do vegetal (Pelosi & Azevedo-Meleiro, 2014).

Vegetais de coloração verde apresentam em sua composição diferentes tipos de carotenoides, como β -caroteno, neoxantina, luteína, violanxantina entre outros (Andarwulan et al., 2012). O β -caroteno e a luteína são considerados os carotenoides de maior importância nutricional (Wang et al., 2010), desempenhando ação fotoprotetora e antioxidante (Lee et al., 2013), sendo os principais carotenoides encontrados em alface, que podem sofrer influência de fatores genéticos e ambientais, como luminosidade e temperatura (Mou, 2005).

Dentre os pigmentos mais abundantes nos vegetais se destacam as clorofilas (Elbe, 2000), não sendo consideradas moléculas isoladas, formando uma família de substâncias semelhantes, dentre elas as clorofilas A e B, moléculas constituídas por complexos derivados da porfirina, tendo o magnésio como átomo central (Figura 3). São pigmentos verdes comuns em legumes e frutas, considerados quimicamente instáveis, podendo ser alterados ou destruídos facilmente, sendo geralmente compostos sensíveis à luz, oxigênio e a degradação química (Schoefs, 2002). Os pigmentos clorofilianos têm sido atualmente considerados de grande importância comercial, sendo utilizados como corantes e como antioxidantes (Streit et al., 2005), além de apresentar atividade antimutagênica e anticancerígenas, no entanto, condições de armazenamento e processamento podem alterar a estrutura das clorofilas, influenciando em sua biodisponibilidade (Yilmaz & Gokem, 2016).

O teor de clorofila presente nas folhas pode ser influenciado por vários fatores abióticos e bióticos, que estão altamente relacionados com a capacidade fotossintética dos vegetais (Taiz &

Zeiger, 2009). Dentre os fatores físicos, a luminosidade apresenta um papel relevante na regulação da produção primária, contribuindo assim de maneira efetiva no crescimento e no desenvolvimento das plantas (Lefsrud et al., 2006), estando associada ao metabolismo clorofiliano (Lima Junior et al., 2005).

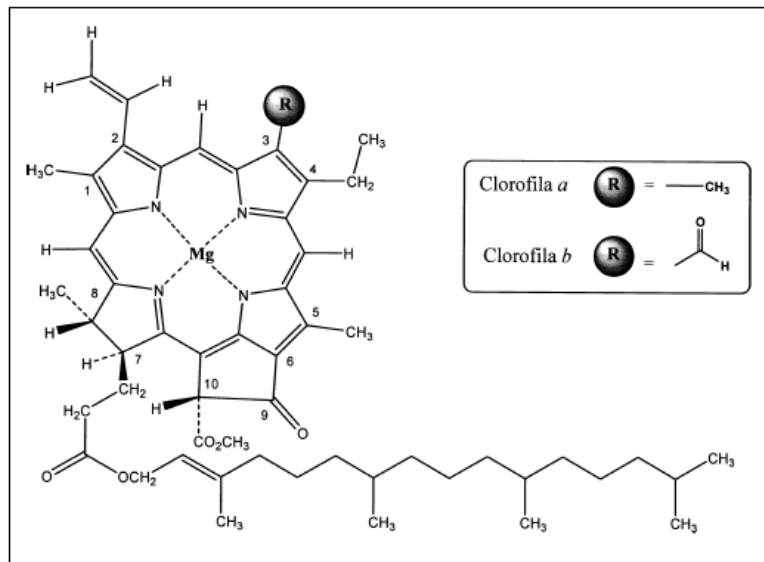


Figura 3 – Estrutura química das clorofilas A e B (Streit et al., 2005).

O ácido ascórbico (vitamina C), assim como os demais compostos bioativos desempenha um importante papel nos processos bioquímicos (Peng et al., 2015). Sendo a vitamina mais importante encontrada em plantas (Morais et al., 2010). Nos alimentos é considerada um dos componentes mais sensíveis, podendo sofrer influência de diversos fatores, como estágio de maturação, nutrição da planta, clima (Chitarra & Chitarra, 2005) e condições de processamento, estando sua degradação associada a fatores como pH, temperatura, oxigênio entre outros (Silva et al., 2008), sendo o conteúdo de ascorbato em plantas influenciado por vias controladas geneticamente, incluindo a síntese, reciclagem e degradação (Linster & Schaftingen, 2007). O conhecimento dos principais fatores que afetam a estabilidade das vitaminas possibilita a prevenção ou a redução desses compostos durante o preparo dos alimentos (Morais et al., 2010). A vitamina C, juntamente com os carotenoides e os compostos fenólicos atuam na proteção do organismo, devido ao seu potencial antioxidante (Kauer & Kapoor, 2001). Logo, esse composto é considerado o antioxidante hidrossolúvel mais importante, apresentando capacidade de eliminar diversos tipos de radicais livres (Naidu, 2003), além de atuar na prevenção de mutações genéticas (Lutsenko et al., 2002). A vitamina C está presente nos alimentos sob duas formas, sendo na forma reduzida (denominada ácido

ascórbico) e na forma oxidada (ácido desidroascórbico), ambas consideradas substâncias fisiologicamente ativas (Figura 4) (Aranha et al., 2000).

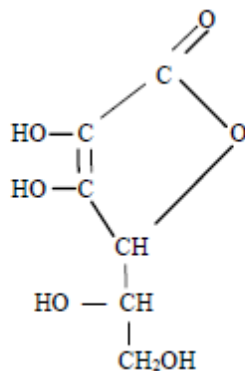


Figura 4 – Estrutura química do ácido L-ascórbico (Bobbio & Bobbio, 1992).

De acordo com Rouphael et al. (2012), o conteúdo, a composição e a biossíntese dos fitoquímicos variam muito entre os vegetais, podendo sofrer influência de fatores genéticos e ambientais, como temperatura e luz, além de condições de cultivo. A luminosidade é o principal fator que desempenha papel crucial na capacidade fotossintética desses compostos, sendo que a quantidade e a síntese dessas substâncias estão relacionadas com a quantidade de fotossintatos, sendo, portanto a luminosidade fator importante que contribui no aumento da acumulação desses compostos (Bian, Yang & Liu, 2015; Wu et al., 2007). Visto que, a intensidade de radiação pode variar de acordo com a época do ano, condições de sombreamento, localização geográfica e condições atmosféricas (Lefsrud et al., 2005).

Esta dissertação de mestrado será apresentada na estrutura de capítulos, sendo o primeiro referente a um artigo acerca das características físicas e químicas de cultivares de alface cultivadas em três sistemas de cultivo. Já o segundo capítulo apresentará um artigo referente ao teor de fitoquímicos em alface cv. Rubra: Influência do sistema orgânico, convencional e hidropônico. O terceiro capítulo se refere a um artigo sobre a influência do sistema de produção no conteúdo de luteína e betacaroteno em alface cv. Cristal.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v.132, n.1, p. 86-97, 2012.
- ANDARWULAN, N.; KURNISSIH, D.; APRIDY, R.A.; RAHMATH,H.; ROTO, A.V.; BOLING, B.W. Polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. **Journal of Functional Foods**, v.4, n.1, p. 339-347, 2012.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p. 1-9, 2007.
- BENDINI, A.; CERRETANI, L.; PIZZOLANTE, L.; TOSCHI, T. G.; GUZZO, F.; CEOLDO, S.; MARCONI, A. M.; ANDREETTA, F.; LEVI, M. Phenol content related to antioxidant and antimicrobial activities of *Passiflora* spp. extracts. **European Food Research and Technology**, v.223, p. 102-109, 2006.
- BIAN, Z.H.; YANG, Q.C.; LIU, W.K. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: A review. **Journal of the Science Food Agriculture**, v.95, p. 869-877, 2015.
- BOBBIO F.O., BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. Vitaminas. 2.ed. São Paulo : Varela, 1992. p. 163-190, 1992.
- BOTELHO, R.B.A.; MERCADANTE, A.Z. Influência de cultivar/variedade e efeitos geográficos na composição de carotenoides em alimentos – uma revisão. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, 2003.
- BRITTON, G. Functions of intact carotenoids. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JESEN, S.; PFANDER, H. (Eds.), **Carotenoids**, Birkhäuser, Basel, 2008, 189–212 p.
- CARVALHO, P.G.B.; MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L.; FONSECA, M.E.N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.4, p. 397-404, 2006.
- CHADWICK, M.; GAWTHROP, F.; MICHELMORE, R.W.; WAGSTAFF, C.; METHVEN, L. Perception of bitterness, sweetness and liking of different genotypes of lettuce. **Food Chemistry**, v.197, p. 66-74, 2016.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2 ed. Editora UFPA, Lavras, 2005, 785p.
- COUTO, A. L.; MOREIRA, D.A.; ARAUJO JUNIOR, P.V. 2015. Produção de mudas de cultivares de alface utilizando duas espumas fenólicas em Altamira. **Revista Verde**, v.10, n.1, p. 201-207, 2015.
- DELGADO-VARGAS, F.; PAREDES-LÓPEZ, O. **Anthocyanins and betalains. Natural colorants for food and nutraceutical uses**, 2003, 167–219p.
- DIAS, M.I.; SOUSA, M.J.; ALVES, R.C.; FERREIRA, I. C. F. R. Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. **Industrial Crops and Products**, v.92, p. 9-22, 2016.
- ELBE, J.H. Corantes. In: FENNEMA, O.W. (Ed). **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza, 2000, 728-799p.
- FERREIRA, R.L.F.; ALVES, A.S.S.C.; ARAÚJO NETO, S.E.; KUSDRA, J.F.; REZENDE, M.I.F.L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura do solo. **Journal Bioscience**, v.30, n.4, p. 1017-1023, 2014.

- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007.
- GARCÍA-VALCÁRCEL, A.I.; LOUREIRO, I.; ESCORIAL, C.; MOLERO, E.; TADEO, J.L. Uptake of azoles by lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L.) grown in hydroponic conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.124, p. 138-146, 2016.
- GIAMPIERI, F.; TULIPANO, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v. 28, p. 9-19, 2012.
- HASKELL, M.J. Provitamin A carotenoids as a dietary source of vitamin A. TANUMHARDJO, S.A. (Ed.), **Carotenoids and human health**, Humana Press, p. 249–260, 2013.
- HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J.L.; GARCIA, C. Towards a more sustainable fertilization: combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.196, p. 178–184. 2014.
- HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J.L.; GARCÍA, C. Use of Compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops - Effects on soil and plant. **Soil e Tillage Research**, v.160, p. 14-22, 2016.
- KAMIYAMA, A; MARIA, I.C.; SOUZA, D.C.C.; SILVEIRA, A.P.D. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. **Bragantia**, v. 70, p. 176-184, 2011.
- KAUER, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.
- KING, A.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v.50, n.2, p. 213-218, 1999.
- KOIRALA, N.; THUAN, N.H.; GHIMIRE, G.P.; THANG, D.V.; SOHN, J.K. Methylation of flavonoids: Chemical structures, bioactivities, progress and perspectives for biotechnological production. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 86, p. 103-116, 2016.
- KONDRATYUK, T.P.; PEZZUTO, J.M. Natural product polyphenols of relevance to human health. **Pharmaceutical Biology**, v. 42, p. 46–63, 2004.
- LEE, S.J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K.G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v.91, n.1, p. 131-137, 2005.
- LEE, J.; HWANG, Y.S.; LEE, J.D.; CHANG, W.S.; CHOUNG, M.G. Metabolic alterations of lutein, β -carotene and chlorophyll a during germination of two soy bean sprout varieties. **Food Chemistry**, v.141, n.3, p. 3177-3182, 2013.
- LEFSRUD, M.G.; KOPSELL, D.A.; KOPSELL, D.E.; CURRAN-CELENTANO, J. Irradiance levels affect growth parameters and carotenoid pigments in kale and spinach grown in a controlled. **Physiologia Plantarum**, v.127, p. 624-631, 2006.
- LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; OLIVEIRA, H.M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Ciência Rural**, v.35, n.5, p. 1092-1097, 2005.
- LINSTER, C.L.; SCHAFTINGEN, E.V. Vitamin C biosynthesis, recycling and degradation in mammals. **FEBS Journal**, v.274, p. 1–22, 2007.
- LLORACH, R.; MARTINEZ-SANCHEZ, A.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; GIL, M. I.; FERRERS, F. Characterization of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, v. 108, p. 1028-1038, 2008.

- LOPES, T.J.; XAVIER, M.F.; QUADRI, M.G.N.; QUADRI, M.B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007.
- LUTSENKO, E. A.; CÁRCAMO, J. M.; GOLDEN, D.W. Vitamin C Prevents DNA Mutation Induced by Oxidative Stress. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 277, n. 19, p. 16.895-16.899, 2002.
- MACHADO, H.; NAGEM, T.J.; PETERS, V.M.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, T.T. Flavonoides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v. 27, n.1, p. 33-39, 2008.
- MORAIS, F.P.; COTA, A.M.; CAMPOS, F.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.15, n.1, p. 51-62, 2010.
- MOU, B.Q. Genetic Variation of Beta-carotene and Lutein contents in lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v.130, n.6, p. 870-876, 2005.
- MUSA, I.C.; GALINA, J.; LAGEMANN, C.A.; SOUZA, C.F.V.; OLIVEIRA, E.C. 2015. Teor de compostos bioativos em três cultivares de morangos cultivados em solo convencional no município de bom princípio/RS: sua importância para a saúde humana. **Caderno Pedagógico**, v.12, n.1, p. 56-66, 2015.
- NAIDU, K. A. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. **Journal of Nutrition**, v. 2, n. 7, p. 7-16, 2003.
- OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S. Qualidade de cultivares de alface produzida em hidroponia. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p. 181-185, 2001.
- PELOSI, M.S.; AZEVEDO-MELEIRO, C.H. Produção de massa de tomate com maior conteúdo de pró-vitamina A: avaliação microbiológica, físico-química, sensorial. **Revista Ceres**, v.61, n.6, p. 891-899, 2014.
- PENG, J.; LING, J.; ZHANG, X.Q.; ZHANG, L.Y.; CAO, Q.E.; DING, Z.T. A rapid, sensitive and selective colorimetric method for detection of ascorbic acid. **Sensors and ActuatorsB: Chemical**, v.221, p. 708-716, 2015.
- QUIDEAU, S.; DEFFIEUX, D.; DOUAT-CASASSUS, C.; POUYSÉGU, L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. **Angewandte Chemie**, v.50, p. 586-621, 2011.
- ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; BASSAL, A.; LEONARDI, C.; GIUFFRIDA, F.; COLLA, G. Vegetable quality as affected by genetic, agronomic and environmental factors. **Journal of Food Agriculture and Environmet**, v.10, p. 680-688, 2012.
- SAINI, R.K.; SHETTY, N.P.; PRAKASH, M.; GIRIDHAR, P. Effect of dehydration methods on retention of carotenoids, tocopherols, ascorbic acid and antioxidant activity in *Moringa oleifera* leaves and preparation of a RTE product. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n.9, p. 2176-2182, 2014.
- SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p. 187-194, 2012.
- SANTANA, C.V.S.; ALMEIDA, A.C.; TURCO, S.H.N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco-BA. **Revista Verde**, v.4, n.3, p. 1-6, 2009.
- SANTOS, A.C.A.; MARQUES, M.M.P.; SOARES, A.K.O.; FARIAS, L.M.; FERREIRA, A.K.A.; CARVALHO, M.L. 2014. Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares: revisão sistemática. **Revista Interdisciplinar**, v.7, n.3, p. 149-156, 2014.
- SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, p. 361-371, 2002.

- SKIBSTED, L.H. Carotenoids in antioxidant networks colorants or radical scavengers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.10, p. 2409–2417, 2012.
- SIMKHADA, D.; KIM, E.; LEE, H.C.; SOHNG, J.K. Metabolic engineering of *Escherichia coli* for the biological synthesis of 7-*O*-xylosyl naringenin. **Molecules and Cells**, v.28, p. 397–401, 2009.
- SILVA, M.R.; SANTOS JÚNIOR, R.T.O.; FERREIRA, C.C.C. Estabilidade da vitamina C em cagaíta *in natura* e durante a estocagem da polpa e refresco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p. 52-59, 2008.
- SOLINO, A.J.S.; FERREIRA, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAUJO NETO, S.E.; NEGREIRO, J.R.S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p. 18-24, 2011.
- STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p. 748-755, 2005.
- SU, X.; XU, J.; RHODES, D.; SHEN, Y.; SONG, W.; KATZ, B.; TOMICH, J.; WANG, W. Identification and quantification of anthocyanins in transgenic purple tomato. **Food Chemistry**, v.202, p. 184-188, 2016.
- TAIZ, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 4a ed. Artmed, 2009. 820p.
- TEJADA, M.; HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C. Soil restoration using composted plant residues: effect on soil properties. **Soil and Tillage Research**, v. 45, p. 109–117, 2009.
- VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, D.M.; BULL, L.T. CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. Efeitos de doses de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, p. 28-34, 2004.
- YILMAZ, C.; GOKMEN, V. **Chlorophyll. Reference Module in Food Science**, 2016, 37-41p.
- WANG, L.S.; STONER, G.D. Anthocyanins and their role in cancer prevention. **Cancer Letters**, v.269, n.2, p. 281–290, 2008.
- WANG, X.C.; CHEN, L.; MA, C.L.; YAO, M.Z.; YANG, Y.J. Genotypic variation of beta-carotene and lutein contents in tea germplasms, *Comellia sinensis* (L.)O.Kuntze. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, n.1, p. 9-14, 2010.
- WU, M.; HOU, C.; JIANG, C.; WANG, Y.; WANG, C.; CHEN, H.; CHANG, H. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. **Food Chemistry**, 101, p. 1753-1758, 2007.

Artigo 1

Luma Moreira Martins

Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, MG.

lumamartins31@yahoo.com.br

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE CULTIVARES DE ALFACE
CULTIVADA EM TRÊS SISTEMAS DE CULTIVO**

**PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF LETTUCE CULTIVARS GROWN
IN THREE FARMING SYSTEMS**

ABSTRACT - The food quality is an attribute that is related to consumer's health, which can be influenced by several factors, including the production systems. Lettuce is a leafy vegetable commercialized especially in Brazil and considered a source of vitamins, minerals and other compounds. This study aimed to investigate the influence of the production systems (organic, conventional and hydroponics) in two types of lettuce cultivars physical and chemical characteristics. Simultaneously, three experiments were conducted, one in each production system in a completely randomized experimental design with three replications and two lettuce cultivars (Rubra and Crystal). Subsequently, a joint analysis of three experiments was performed and the results submitted to Tukey test at 5 % probability. The following characteristics were evaluated: number of leaves, plant height, plant diameter and stem, fresh weight and dry weight of roots and plants, instrumental color, pH, titratable acidity, soluble solids, ratio and humidity. It was concluded that there is production systems influence in different attributes of lettuce quality among cultivars with best characteristics of the hydroponic production system.

Keywords: *Lactuca sativa* L.: Production systems: Organic

RESUMO - A qualidade dos alimentos é um atributo que está relacionado com a saúde dos consumidores o qual pode ser influenciado por diversos fatores, dentre eles, os sistemas de produção. A alface é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil e considerada fonte de vitaminas, sais minerais e outros compostos. O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência de sistemas de produção (orgânico, convencional e hidropônico) nas características físicas e químicas de duas cultivares de alface. Foram conduzidos simultaneamente três experimentos, um em cada sistema de produção em delineamento experimental inteiramente ao acaso com três repetições e duas cultivares de alface (Rubra e Cristal). Posteriormente, uma análise conjunta dos três experimentos foi realizada e as médias submetidas ao teste de Tukey com 5% de probabilidade. As seguintes características foram avaliadas: número de folhas, altura de plantas, diâmetro de planta e de caule, peso fresco e massa seca de raízes e plantas, cor instrumental, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, ratio e umidade. Concluiu-se que há influência dos sistemas de produção em atributos de qualidade da alface de maneira distinta entre as cultivares com melhores características do sistema de produção hidropônico.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.: Sistemas de produção: Orgânico

3.1. INTRODUÇÃO

A qualidade do alimento é considerada um quesito de segurança alimentar e nutricional estando relacionado não somente com a produção do alimento e garantia de disponibilidade, mas também com a promoção do estado de saúde dos consumidores (Silva et al., 2011). Os alimentos considerados seguros devem estar isentos de todo e qualquer composto ou produto químico que possa provocar danos à saúde do homem (Oliveira e Hoffmann, 2015).

Logo, a agricultura orgânica vem crescendo nos últimos anos em potencial na produção de alimentos saudáveis e na redução de danos ambientais oriundos de práticas agrícolas (Herencia et al., 2011). Motivações para a compra dos produtos orgânicos tem crescido devido à preocupação com a saúde, respeito ao ambiente e principalmente com relação a segurança alimentar (Ozguven, 2012).

O processo de certificação utilizado na produção orgânica garante que os produtos comercializados são realmente produzidos organicamente (Souza e Resende, 2006). Visto que no sistema de produção orgânica o produtor não deve utilizar agrotóxicos e fertilizantes químicos de elevada concentração e solubilidade (BRASIL, 2003). O que garante a isenção de danos ao ambiente e a produção de produtos de qualidade superior, devido à utilização de práticas agrícolas conservacionistas (Souza e Resende, 2006).

Os demais sistemas de produção utilizam grande quantidade de pesticidas e adubos químicos visando o controle de pragas e patógenos, além da busca pelo melhor rendimento e qualidade visual dos produtos colhidos. Devido à nocividade desses sistemas sobre o ambiente e os consumidores, a viabilidade dos mesmos tem sido amplamente questionada (Barriere, Lecompte e Fraçoise, 2015).

Os consumidores estão à procura de alimentos como as frutas e hortaliças com características funcionais (Mattos et al. 2009). Porém, segundo Gorenstein (2004) a maioria desses produtos apresenta alto índice de contaminação por agrotóxicos.

Diante disso, é necessário o estudo dos efeitos de diferentes sistemas de produção sobre os aspectos nutricionais e produtivos de produtos hortícolas, como o da alface, visto que pode ser uma hortaliça cultivada em sistemas de produção convencional, orgânico e hidropônico o que proporciona características diferentes de produção, podendo influenciar a qualidade desta hortaliça (Miyazawa, Khatounian e Odenath-Penha, 2001).

Sendo a alface (*Lactuca sativa* L.) uma hortaliça de grande importância na alimentação e na saúde humana, visto que é fonte de vitaminas e sais minerais e por estar no grupo das hortaliças mais populares no mundo (Monteiro Neto et al. 2014), contribuindo na geração de emprego e de renda (Heredia Zarete et al. 2010).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do sistema de cultivo nas características físicas e químicas de duas cultivares de alface.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a julho de 2015, na localidade de Quintas da Fazendinha (19°30' 37,9"S, 44° 05' 31,9" W) no município de Matozinhos, região Central de Minas Gerais. A altitude média é de 808 metros em relação ao nível do mar. O solo, um Latossolo Vermelho Amarelo, inicialmente as seguintes propriedades químicas: pH (CaCl₂) = 6,5; M.O.= 47,3 g/dm³; P (resina) = 193,3 mg dm³; K = 5,84 mmolc/dm³; Ca = 162,2 mmolc/dm³; Mg= 19,0mmolc/dm³e V = 93,50%.

Foram conduzidos simultaneamente três experimentos em três ambientes distintos compondo três sistemas de cultivo: orgânico, convencional e hidropônico (Anexo Figura 1A). Para os três sistemas o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com a utilização de dois tipos distintos de alface e três repetições. Um genótipo experimental do grupo lisa, denominada Rubra e de coloração roxa e a cultivar Cristal do grupo crespa de coloração verde. Posteriormente, uma análise conjunta dos três experimentos foi realizada.

As parcelas dos sistemas orgânicos e convencional continham 16 plantas em quatro fileiras em espaçamento 0,30 m x 0,30 m em canteiros perfazendo área de 1,44 m² (1,20 m x 1,20 m), conforme ilustrado no Anexo Figura 2A. Foi considerado como área útil, as quatro plantas centrais de cada parcela, sendo estas utilizadas nas análises físicas e químicas. Para o sistema convencional, as parcelas foram adubadas de acordo com o resultado analítico do solo segundo (Ribeiro, Guimarães e Alvares, 1999).

Nas parcelas do sistema orgânico, foi utilizado um total de 25 quilogramas de húmus e 10 quilogramas de composto orgânico, preparado à base de esterco de aves (cama de frango), esterco bovino, cana-de-açúcar, capim elefante picado e pó de rocha (fosfato de Araxá e Verdete), jogados a lançar sobre as parcelas, sendo estes os fertilizantes orgânicos empregados pela EMATER na região onde foi implantado o experimento.

O sistema hidropônico foi preparado com perfis hidropônicos de 100 mm com furos espaçados de 25 cm. As parcelas foram constituídas de 12 plantas e arranjadas em três repetições para cada cultivar (Anexo Figura 3A).

As mudas para o sistema convencional e orgânico foram produzidas em bandejas descartáveis Nutriplan de 128 células sanitizadas com água clorada, utilizando-se substrato Carolina Padrão CSC (Anexo Figura 4A). Para o sistema hidropônico, as mudas foram produzidas em espuma fenólica com células 2 x 2 x 2 cm (Anexo Figura 5A). Nos sistemas convencional e orgânico as mudas foram transplantadas aos 30 dias do semeio quando apresentavam quatro folhas definitivas.

Para o sistema hidropônico, as mudas após semeio na espuma fenólica, permaneceram em berçários por uma semana e transplantadas para os canais de cultivo onde permaneceram até o momento das avaliações.

A solução nutritiva foi preparada segundo Furlani et al.(1999) e a circulação da mesma nos canais de cultivo foi feita diariamente das 6 as 18 horas circulando por 15 minutos a intervalos de 15

minutos e das 18 horas até as 6 horas circulando por 15 minutos a intervalos de 4 horas. O regime de irrigação foi acionado por um temporizador e uma eletrobomba acoplado ao sistema. A solução nutritiva foi mantida com condutividade elétrica de 1,8 mS/cm de acordo com Furlani et al. (1999).

Para os sistemas orgânico e convencional, todos os tratos culturais e fitossanitários foram feitos de acordo com o recomendado para a cultura (Souza e Resende, 2006). A irrigação foi feita por aspersão e as adubações em cobertura (sistema convencional) manualmente.

Imediatamente após a colheita, as plantas foram armazenadas em caixas térmicas e transportadas sob refrigeração até o Laboratório de Conservação de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - Campus Sete Lagoas em Sete Lagoas, MG, onde foram preparadas e avaliadas quanto às suas características físicas e químicas.

A altura das plantas foi determinada a partir da base do caule, onde inicia a inserção das folhas, até o ápice da folha mais alta, com o auxílio de uma régua graduada em mm. Os diâmetros do colo e da planta foram quantificados com o auxílio de um paquímetro digital Stainless Hardened e de uma régua graduada, respectivamente. O número de folhas foi determinado levando em consideração todas as folhas maiores de cinco centímetros.

As raízes foram separadas das plantas e ambas foram lavadas, pesadas em balança de precisão e colocadas em sacos de papel kraft e posteriormente acondicionadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C durante aproximadamente sete dias, até massa constante, determinando assim a massa fresca e a massa seca das plantas e das raízes.

O parâmetro colorimétrico L foi determinado com auxílio de um colorímetro Konica Minolta CR410, sendo a leitura realizada em três folhas inseridas no terço médio da planta, separadas aleatoriamente. O valor obtido para cada folha correspondeu à média de três leituras em pontos equidistantes. O resultado foi expresso utilizando o sistema CIELAB (L), onde o parâmetro L refere-se à luminosidade (0 a 100).

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) uma amostra representativa das folhas foi macerada, filtrada e o extrato obtido colocado sobre o prisma de um refratômetro digital Reichert R2 Mini. Os resultados foram expressos em °BRIX (AOAC, 2012).

O potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez titulável foram determinados a partir da maceração e da filtragem de uma amostra de 5 gramas de folhas de alface. O pH foi obtido por potenciometria, com o auxílio do pHmetro digital Tekna T-1000 por imersão direta do eletrodo na amostra (AOAC, 2012). Esta mesma amostra foi diluída em 50 mL de água destilada e titulada com solução padrão de NaOH 0,01 N, utilizando-se fenolftaleína como indicador, de acordo com metodologia descrita pela AOAC (2012) e os resultados foram calculados utilizando-se a Equação (1) e expressos em mg ácido cítrico/100 g de amostra fresca.

$$\text{Acidez Titulável} = \left(\frac{V_x F_x N_x P_M}{10 \times P_x N_H} \right) (1)$$

Onde:

V= volume da solução de NaOH gasto na titulação;

F= Fator de correção da solução de NaOH;

N= Normalidade da solução de NaOH;

PM= Massa molecular do ácido cítrico;

P= Peso da amostra (g);

NH= Número de hidrogênios ionizáveis.

O teor de umidade das folhas de alface foi determinado a partir da secagem de cinco gramas de amostra pesadas em balança analítica e colocadas em cadinhos de porcelana posteriormente submetidos a 105 °C em estufa de esterilização e secagem até massa constante. A percentagem de umidade foi obtida pela diferença entre a massa inicial e final (AOAC, 2012). O ratio ou índice de maturação foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez (SST/ATT).

Os dados foram submetidos à uma análise conjunta, sendo realizada análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

3.3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O diâmetro da planta é uma característica muito importante na escolha e na comercialização dos produtos hortícolas em feiras e supermercados (Santos et al., 2009). No presente trabalho observou-se interação significativa (Anexo Tabela 1a) entre os sistemas de produção e cultivares quando análise conjunta.

Tabela 1. Diâmetro da planta (cm) em função das cultivares e dos sistemas de produção.

Cultivares	Sistemas de Produção		
	Convencional	Hidropônico	Orgânico
Rubra	40,05 ^{aA}	35,72 ^{aB}	39,44 ^{aA}
Cristal	31,94 ^{bA}	35,05 ^{aA}	33,16 ^{bA}
CV (%)		3,80	
Média Geral		35,89	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Conforme se observa na Tabela 1, a cultivar Rubra apresentou maior diâmetro da planta quando comparada a cultivar Cristal nos sistemas de produção orgânico e convencional ($p < 0,5$), porém esta diferença entre as duas cultivares não foi observada no sistema hidropônico. O diâmetro das plantas da cultivar Cristal não apresentou diferença significativa nos sistemas de produção convencional, hidropônico e orgânico. Por outro lado, a cultivar Rubra sofreu influência do sistema hidropônico onde apresentou diâmetro estatisticamente inferior aos das plantas cultivadas nos sistemas convencional e orgânico.

As médias de diâmetro da cultivar Rubra foram superiores as encontradas por Santana et al. (2009) que ao analisarem a produção de alface roxa desenvolvidas em pleno sol, obtiveram diâmetros de 24,33 cm, sendo essa característica decisiva na comercialização, principalmente se a alface for comercializada por unidade.

O ambiente hidropônico proporcionou plantas com maior diâmetro do caule, peso seco da raiz e luminosidade. Provavelmente este fato seja devido a maior facilidade das raízes se expandirem nos canais de cultivo sem encontrarem obstáculos comuns no solo. As cultivares Cristal e Rubra apresentaram diferenças significativa quanto à altura de plantas independente do sistema de produção, não sendo observadas interações significativas. Observou-se que no sistema hidropônico as duas cultivares obtiveram a menor altura. Por outro lado, independente dos sistemas de produção e das cultivares o número de folhas não diferiu estatisticamente conforme pode ser visto na Tabela 2

Visto que plantas de maiores dimensões podem ser danificadas durante o transporte diminuindo a qualidade comercial (Sala e Costa, 2012). De acordo com Diamante et al. (2013), o número de folhas é de grande importância, pois indica adaptação do material genético no ambiente e por estar relacionado com a comercialização. Também, em alface, o maior número de folhas por planta proporciona maior área foliar, aumento na massa fresca e com isso maior produtividade (Araújo et al. 2011). Segundo Santos, Seabra Junior e Nunes (2009), o número de folhas é um fator que pode ser influenciado pelo ambiente, sendo que o ambiente juntamente com o componente genético proporcionam mudanças fisiológicas e morfológicas nos vegetais. Entretanto isso não foi observado no presente trabalho.

Tabela 2. Diâmetro do caule (cm), massa seca da raiz (g), altura (cm), número de folhas e L (luminosidade) em função dos sistemas de produção.

Sistema de Produção	Características Analisadas				
	Altura	Número Folhas	Diâmetro Caule	Massa Seca Raiz	L
Hidropônico	18,02 ^b	19,33 ^a	1,86 ^a	11,36 ^a	39,22 ^a
Convencional	19,99 ^a	16,94 ^a	1,33 ^b	5,86 ^b	37,77 ^b
Orgânico	20,00 ^a	20,77 ^a	1,16 ^b	4,27 ^c	36,91 ^b
CV (%)	5,38	12,09	12,79	9,70	1,58
Média Geral	19,34	19,01	1,75	5,23	38,04

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste deTukey com 5 % de probabilidade.

Segundo Luz et al. (2010), os ganhos de produtividade estão relacionados à plantas com maior diâmetro e massa da parte área. Avaliando a produtividade de alface e rúcula em sistema consorciando, utilizando os sistemas de produção orgânico e convencional, não foi observada diferença significativa com relação a massa seca das plantas cultivadas nos dois sistemas de produção, corroborando com o presente trabalho (Oliveira et al.,2010).

Para as características massa fresca e massa seca da planta a interação significativa entre as duas cultivares com os ambientes não foi constatada. Entretanto, a cultivar Cristal, independente do ambiente foi significativamente superior a cultivar Rubra quando ao diâmetro do caule, massa seca da raiz e luminosidade (Tabela 3) (Anexo Tabela 1b).

As folhas da cultivar Cristal apresentaram maior luminosidade quando comparada a cultivar Rubra ($p < 0,5$). Não havendo diferença significativa entre as plantas cultivadas nos sistemas de produção orgânico e convencional. Sendo a coloração dos vegetais é uma importante característica comercial, principalmente devido ao fato do consumidor ter preferência por determinada coloração do material vegetal (Mota, Finger e Casali, 2000).

Tabela 3. Diâmetro do caule (cm), peso seco da raiz (g), peso fresco da planta (g), peso seco da planta(g) e L (luminosidade) em função das cultivares.

Cultivares	Características Analisadas				
	Diâmetro Caule	Massa Seca Raiz	Massa Fresca Planta	Massa Seca Planta	L
Cristal	1,70 ^a	7,16 ^a	418,16 ^a	15,73 ^a	52,88 ^a
Rubra	1,20 ^b	3,30 ^b	185,47 ^b	8,63 ^b	23,20 ^b
CV(%)	12,79	9,70	10,84	14,80	1,58
Média Geral	1,75	5,23	301,91	12,18	38,04

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade.

Com relação a massa fresca da raiz foi observada interação significativa dos três ambientes com as duas cultivares. A exemplo, do peso seco da raiz no sistema hidropônico independente das cultivares, foi o que proporcionou os maiores valores (Tabela 4). Entretanto, também independente dos sistemas de produção, a cultivar Rubra obteve valores significativamente inferiores a cultivar Cristal.

Tabela 4. Massa fresca da raiz (g) em função das cultivares e dos sistemas de produção.

Cultivares	Sistemas de Produção		
	Convencional	Orgânico	Hidropônico
Cristal	13,80 ^{aB}	19,85 ^{aB}	57,07 ^{aA}
Rubra	6,90 ^{bB}	8,25 ^{bB}	36,86 ^{bA}
CV (%)		12,61	
Média Geral		23,79	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A diferença estatística encontrada entre as cultivares Rubra e Cristal levando em consideração as massas fresca e seca das raízes se deve provavelmente à variação genética entre as cultivares. De uma maneira geral o genótipo pode interagir com fatores ambientais como, fertilidade, temperaturas, umidade, intensidade de luz entre outros, o que pode influenciar diretamente sob o desempenho da espécie (Blind e Silva Filho, 2015).

Observou-se interação significativa das cultivares com os sistemas de produção. Contudo, a cultivar Rubra apresentou significativamente maior acidez total titulável quando comparada com a cultivar Cristal nos três sistemas não havendo diferenças significativas dentro dos sistemas.

Isto significa que para cultivar Rubra não houve interferência dos sistemas de produção sobre os valores de acidez encontrados (Tabela 5). Por outro lado, observou-se para cultivar Cristal interferência significativa do sistema convencional onde se verificou o menor valor de acidez total titulável. De acordo com Brecht et al. (2010) o teor de ácidos orgânicos nos alimentos pode variar dependendo da variedade cultivada e das condições presentes nos sistemas de produção.

Tabela 5-Acidez total titulável (mg ácido cítrico/ 100 g amostra fresca) em função das cultivares e dos sistemas de produção.

Cultivares	Sistemas de Produção		
	Convencional	Hidropônico	Orgânico
Rubra	57,04 ^{aA}	45,70 ^{aA}	50,79 ^{aA}
Cristal	26,05 ^{bB}	42,36 ^{bA}	39,15 ^{bAB}
CV%		12,61	
Média Geral		23,79	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Em relação ao pH houve interação significativa das cultivares com os ambientes (Anexo Tabela 1a). A cultivar Cristal não sofreu interferência significativa dos sistemas mantendo valores de pH estatisticamente iguais (Tabela 6). Para cultivar Rubra houve influência dos sistemas de produção sendo observado o menor valor de pH no sistema hidropônico e o maior valor no sistema convencional (Tabela 6).

Segundo Davies e Hobson, (1981) o pH pode ser influenciado pela variedade utilizada, estágio de maturação do alimento, localização do plantio, danos físicos causados aos alimentos e estação do ano. Araújo et al. (2014) não encontraram diferença significativa no pH e acidez em alfaves cultivadas nos sistemas orgânico e convencional.

Tabela 6 – Valores de pH em função das cultivares e dos sistemas de produção.

Cultivares	Sistemas de Produção		
	Convencional	Hidropônico	Orgânico
Cristal	6,31 ^{aA}	6,26 ^{aA}	6,18 ^{aA}
Rubra	6,50 ^{aA}	5,70 ^{bC}	6,01 ^{aB}
CV (%)		1,80	
Média Geral		6,19	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

O valor nutritivo dos alimentos é determinado pelo o teor de proteínas, lipídios, açúcares entre outros sólidos totais, que são inversamente proporcionais ao teor de umidade nos alimentos (Fagundes et al., 2005). No presente trabalho, as cultivares Rubra e Cristal não apresentaram diferença significativa quanto à umidade. As plantas cultivadas no sistema convencional

apresentaram percentual de umidade semelhante aos das plantas cultivadas nos sistemas orgânico e hidropônico. Estes valores variaram de 95,2 a 96,45 %.

De acordo com Bourn e Prescott, (2002) o teor de umidade das plantas cultivadas no sistema orgânico é inferior ao das plantas cultivadas no sistema convencional. Favaro-Trindade et al.(2007) avaliando a influência dos sistemas de cultivo orgânico, convencional e hidropônico na qualidade da alface lisa cv. Luisa perceberam que as plantas cultivadas no sistema orgânico apresentaram teor de umidade similar às convencionais e superiores às plantas hidropônicas, não corroborando assim com as informações fornecidas pelo presente trabalho.

Para o parâmetro conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), não foram observadas interações significativas entre as cultivares e os sistemas de produção e também influência dos sistemas nas cultivares (Anexo Tabela 1a). Contudo o valor de 3,34 °BRIX para a cultivar Rubra foi significativamente maior que 2,79 °BRIX observado na cultivar Cristal. Provavelmente esta diferença seja devida às variações inerentes aos genótipos.

Segundo Andriolo et al. (2005), o teor de sólidos solúveis totais é altamente influenciado por fatores ambientais como temperatura, adubação, luminosidade, densidade de plantio entre outros. Silva et al. (2011) avaliando a influência dos sistemas de produção orgânico, convencional e hidropônico no teor de sólidos solúveis totais em cv. Vera, não observaram diferença entre os sistemas orgânico e convencional, ambos apresentaram valores superiores ao encontrado no sistema hidropônico.

O ratio ou índice de maturação é a relação entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT), considerada a melhor maneira de avaliar o sabor (Chitarra e Chitarra, 2005). Maiores valores de ratio mostram melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, resultando em sabor mais agradável do alimento (Amorim et al. 2010). Para esta característica, as diferenças significativas observadas foram exclusivas das cultivares, onde a cultivar Cristal apresentou valor de 26,59,

significativamente superior ao valor de 22,17 encontrado para cultivar Rubra. Segundo Mencarelli e Saltveit Junior (1988), hortaliças que apresentam ratio acima de 10,00 são consideradas de alta qualidade.

O teor de sólidos solúveis totais assim como a acidez são fatores que podem ser influenciados por fatores ambientais e genéticos acarretando em variação nos valores de ratio. As variações ambientais podem acarretar em modificações morfológicas e em componentes de produtividade de uma cultura de uma maneira ativa (Blind e Silva Filho, 2015), podendo interferir de forma favorável ou desfavorável no desenvolvimento das hortaliças (Santos et al. 2010).

3.4. CONCLUSÃO

Os sistemas de produção orgânico e convencional não influenciaram na maior parte das características físicas e químicas avaliadas das plantas cultivadas nos dois sistemas de produção, ao contrário do sistema hidropônico. Sendo o sistema orgânico considerado um importante sistema de produção por proporcionar a produção de alimentos isentos de agrotóxicos ou fertilizantes químicos. O genótipo das cultivares pode ter acarretado as diferenças encontradas nas características físicas e químicas das plantas que diferiram nos sistemas orgânico e convencional.

3.5. REFERÊNCIAS

- AMORIM, G. M. et al. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de polpas de frutas comercializadas em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, 6(11):1-8, 2010.
- ANDRIOLO, J. L. et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, 35(4):781-787, 2005.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Gaithersburg: AOAC, 2012. 3000p.
- ARAÚJO, D. F. S. et al. The concentration of minerals and physico chemical contaminants in conventional and organic vegetables. **Food Control**, 44:242-248, 2014.
- ARAÚJO, W. F. et al. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente Online**, 5(1):12-17, 2011.

- BARRIERE, V.; LECOMPTE, F.; FRANÇOISE, L. Efficacy of pest and pathogen control, yield and quality of winter lettuce crops managed with reduced pesticide applications. **European Journal of Agronomy**, 71:34-43, 2015.
- BLIND, A. D.; SILVA FILHO, D. F. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da Amazônia central. **Bioscience Journal**, 31(2):404-414, 2015.
- BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 42(1):1-34, 2002.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica**. Brasília, DF, 2007. Available in: <www.agricultura.gov.br>. Access in: 15 de dezembro 2015.
- BRECHT, J. K. et al. Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed. 2010. 4 ed, p.760-815.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785p.
- DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review in Food Science Nutrition**, 15(3):205-280, 1981.
- DIAMANTE, M.S. et al. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciências Agronômica**, 4(1):133-140, 2013.
- FAGUNDES, A. F. et al. Influência do grau de umidade na textura do tomate seco refrigerado ou envasado em óleo. **Ciências Exatas e da Terra**, 11(1):35-42, 2005.
- FAVARO-TRINDADE, C. S. et al. Efeito dos Sistemas de Cultivo Orgânico, Hidropônico e Convencional na Qualidade de Alface Lisa. **Brazilian Journal Food Technology**, 10(2):111-115, 2007.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, 6(2):36-41, 2008.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas. Boletim Técnico 180**, Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p.
- GORENSTEIN, O. Monitoramento de resíduos de agrotóxicos em frutas e hortaliças frescas comercializadas na CEAGESP: análise de resultados de 2003. **Revista Informações Econômicas**, 34(10):34-42, 2004.
- HODGES, D. M., FORNEY, C. F., WISMER, W. Processing line effects on storage attributes of fresh-cut spinach leaves. **HortScience**, 35(7):108-1311, 2000.
- HERENCIA, J. F. Comparison of nutritional quality of the crops grown in an organic and conventional fertilized soil. **ScientiaHorticulturae**, 129(4):882-888, 2011.
- HEREDIA ZÁRATE, N. A. et al. Produção agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. **Revista Ciência Agronômica**, 41(4):646-653, 2010.
- LUZ, J. M. Q. et al. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, 28(3):373-377, 2010.
- MATTOS, L. M. et al. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, 27(4):408-413, 2009.
- MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, 113(5):742-745, 1988.
- MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje**, 2(7):23, 2001.

- MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. **Olericultura: Melhoramento Genético do Quiabeiro**. Viçosa: Editora UFV, 2000. 144p
- MONTEIRO NETO, J. L. L. et al. Tipos de coberturas de solo no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) sob as condições climáticas de Boa Vista. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**, 8(2):47-52, 2014.
- OLIVEIRA, F. C. R.; HOFFMANN, R. Consumo de alimentos orgânicos e de produtos light ou diet no Brasil: fatores condicionantes e elasticidades-renda. **Segurança Alimentar e Nutricional**, 22(1):541-557, 2015.
- OLIVEIRA, E. Q. et al. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, 28(1):36-40, 2010.
- OZGUVEN, N. Organic foods motivations factors for consumers. **Social and Behavioral Sciences**, 62:661-665, 2012.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 1-358p.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, 30(2):187-194, 2012.
- SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, 8(1):83- 93, 2010.
- SANTOS, C. L. et al. Desempenho de cultivares tipo crespa sob altas temperaturas Cáceres- MT. **Agrarian**, 2(3):87-98, 2009.
- SILVA, E. M. N. C. P. et al. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, 29(2):242-245, 2011.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. L. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 843p.

Artigo 2

Luma Moreira Martins

Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, MG.

lumamartins31@yahoo.com.br

**TEOR DE FITOQUÍMICOS EM CULTIVAR DE ALFACE: INFLUÊNCIA DO SISTEMA
ORGÂNICO, CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO.**

**PHYTOCHEMICALS CONTENT IN LETTUCE GROWING: SYSTEM INFLUENCE
ORGANIC, CONVENTIONAL AND HYDROPONIC.**

ABSTRACT- The presence of bioactive compounds in fruits and vegetables contribute to a healthier and higher quality of eating habits. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the leafy vegetable with higher acceptance in the consumer market, a source of vitamins, minerals and other plants' secondary metabolism compounds. The aim of this study was to evaluate the influence of cropping systems (organic, conventional and hydroponic) in the *Lactuca sativa* L. cv. Rubra's bioactive compounds content. Three experiments were conducted simultaneously in three distinct environments composing three farming systems: organic, conventional and hydroponics. In all the three systems the experimental design was completely randomized with three replications each. Later, the data were submitted to analysis of variance by F test and the results were compared by Tukey test at 5 % probability. The bioactive compounds evaluated were total phenolics, flavonoids, carotenoids and vitamin C. The phenolic compounds, anthocyanins and carotenoids' content in lettuce cv. Rubra were not influenced by the different farming systems, however, the plants from the organic production system showed lower percentage of flavonoid. The presence of vitamin C was not detected in any plant from the three cropping systems. It was concluded that production systems do not influence the bioactive compounds' content (phenolic compounds, anthocyanins, carotenoids), except of the flavonoid's content.

Keywords: *Lactuca sativa* L, bioactive compounds, vegetable hardwood.

4.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem crescido a preocupação dos consumidores com relação à segurança alimentar, gerando assim interesse por produtos orgânicos (SUN et al., 2012). Este interesse está diretamente baseado no fato de que o sistema convencional envolve a utilização de insumos químicos como fertilizantes, herbicidas e pesticidas enquanto que o sistema orgânico baseia-se na utilização de fertilizantes orgânicos, rotação de resíduos e cultura e controle biológico (EC, 2013). Assim, as práticas utilizadas no sistema orgânico podem proporcionar baixos impactos ambientais, visto que os problemas ambientais que ocorrem no cultivo de alface no sistema convencional devem-se à utilização de fertilizantes (ROMERO-GAMÉZ et al., 2014).

Inúmeros fatores incluindo o genótipo da planta e condições de cultivo podem acarretar em impactos sobre a qualidade dos vegetais, principalmente nos níveis dos denominados compostos bioativos ou fitoquímicos (ZLOTEK et al., 2014). Os efeitos benéficos de dietas ricas em hortaliças e frutas estão relacionados à presença de vitaminas e fitoquímicos, como polifenóis e carotenoides que podem atuar na proteção de componentes biológicos tais como lipoproteínas, membranas e DNA (LLORACH et al., 2008) proteção essa associada a um menor risco de câncer e de doenças cardiovasculares.

Atualmente a alface (*Lactuca sativa* L.) é consumida em todo o mundo devido a suas propriedades favoráveis à saúde (PEREIRA et al., 2013). Devido principalmente a presença de compostos fenólicos (ALTUNKAYA et al., 2016). Estes compostos apresentam atividade antioxidante e atuam prevenindo a formação de radicais livres, o que permite redução na ocorrência de reações de oxidação (PEREIRA et al., 2013).

Esses fitoquímicos presentes na alface são na maioria oriundos do metabolismo secundário, sendo sintetizados durante o desenvolvimento e crescimento das plantas, ou em resposta a uma série de fatores ambientais (ORDIDGE et al., 2010), onde pode-se incluir o sistema de cultivo.

No presente trabalho foi avaliada a influência dos sistemas de produção orgânico, convencional e hidropônico sobre o teor de compostos bioativos em *Lactuca sativa* L. cv. Rubra.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implementado na localidade de Quintas da Fazendinha (19° 30' 37,9" S, 44° 05' 31,9" W) no município de Matozinhos, região Central de Minas Gerais, em altitude média de 808 metros em relação ao nível do mar, em Latossolo Vermelho Amarelo A amostra do solo selecionado para implantação apresentou as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 6,5; M.O.= 47,3 g/dm³; P (resina) = 193,3 mg dm³; K = 5,84 mmolc/dm³; Ca = 162,2 mmolc/dm³; Mg= 19,0 mmolc/dm³e V = 93,50%;

Foram conduzidos simultaneamente três experimentos a campo no período de maio a julho de 2015 em três ambientes distintos compondo três sistemas de cultivo: orgânico, convencional e hidropônico. Em cada sistema de produção as plantas de alface foram colocadas em parcelas repetidas três vezes. As parcelas dos sistemas orgânicos e convencional continham 16 plantas em quatro fileiras em espaçamento 0,30 m x 0,30 m em canteiros perfazendo área de 1,44 m²(1,20 m x 1,20 m). Posteriormente, uma análise conjunta dos três experimentos foi realizada.

Foram consideradas como área útil, as quatro plantas centrais de cada parcela, sendo estas utilizadas nas análises de compostos bioativos. Para o sistema convencional, as parcelas foram adubadas de acordo com o resultado analítico do solo segundo Ribeiro et al. (1999).

Nas parcelas do sistema orgânico, foi utilizado um total de 25 quilogramas de húmus e 10 quilogramas de composto de resíduos agrícolas orgânicos, preparado à base de esterco de aves (cama de frango), esterco bovino, cana-de-açúcar, capim elefante picado e pó de rocha (fosfato de Araxá e Verdete), jogados a lanço sobre as parcelas.

O sistema hidropônico foi preparado com perfis hidropônicos de 100 mm com furos espaçados de 25 cm. As parcelas foram constituídas de 12 plantas e arranjadas em três repetições para cada cultivar.

As mudas para o sistema convencional e orgânico foram produzidas em bandejas descartáveis Nutriplan de 128 células sanitizadas com água clorada, utilizando-se substrato Carolina Padrão CSC. Para o sistema hidropônico, as mudas foram produzidas em espuma fenólica com células 2 x 2 x 2 cm. Nos sistemas convencional e orgânico as mudas foram transplantadas aos 30 dias do semeio, quando apresentavam quatro folhas definitivas.

Para o sistema hidropônico, as mudas após semeio na espuma fenólica, permaneceram em berçários por uma semana e transplantadas para os canais de cultivo onde permaneceram até o momento de coleta das amostras para as avaliações.

A solução nutritiva foi preparada segundo Furlani et al. (1999) e a circulação da mesma nos canais de cultivo foi feita diariamente das 6 às 18 horas circulando por 15 minutos a intervalos de 15 minutos e das 18 horas até as 6 horas circulando por 15 minutos a intervalos de 4 horas. O regime de irrigação foi acionado por um temporizador e uma eletrobomba acoplado ao sistema. A solução nutritiva foi mantida com condutividade elétrica de 1,8 mS/cm de acordo com (FURLANI et al.,1999).

Para os sistemas orgânico e convencional, todos os tratos culturais e fitossanitários foram feitos de acordo com o recomendado para a cultura (SOUZA e RESENDE, 2006). A irrigação foi feita por aspersão e as adubações em cobertura (sistema convencional) manualmente. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com três repetições.

Imediatamente após a colheita, as plantas foram transportadas sobre refrigeração para o Laboratório de Conservação de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - Campus Sete Lagoas em Sete Lagoas, MG.

Os flavonoides e as antocianinas foram determinados através do método espectrofotométrico proposto por Francis (1982), em que o extrato foi preparado a partir da pesagem de 0,5 gramas de amostra com 10 mL de solução extratora (etanol 95 % + ácido clorídrico 1,5 N) previamente preparada (85:15) com posterior leitura em espectrofotômetro Femto 770S a 535 nm. Os resultados calculados através da equação (Absorbância x Fator de diluição/ 98,2), foram expressos em mg de antocianinas totais / 100 g amostra fresca. A quantificação do teor de flavonoides foi realizada utilizando se o mesmo procedimento, com leitura em espectrofotômetro Femto 770 S a 374 nm e aplicando se a mesma equação. Os resultados foram expressos em mg de flavonoides totais / 100g de amostra fresca.

A extração dos carotenoides totais foi feita seguindo a metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001). O teor de carotenoides totais foi determinado em espectrofotômetro Femto 700 S em 450 nm e os resultados foram expressos em µg carotenoides totais/ 100 g amostra fresca.

Para a determinação do teor de compostos fenólicos totais, foram preparados extratos etanólicos de acordo com a metodologia proposta por Park (1998). O teor de compostos fenólicos foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteau (SINGLETON et al., 1999), utilizando ácido gálico como padrão de referência. Os resultados foram expressos em mg equivalente em ácido gálico (EAG) / 100 g amostra seca (MINUSSI et al., 2003).

O teor de vitamina C foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), seguindo a metodologia proposta por Benlloch et al. (1993), utilizando um sistema HPLC SHIMADZU proeminência LC - 20A , com uma bomba quaternária LC - 20AT , injetor manual com loop de 20 µL , degaseificador , um integrador CBM- 20A e um detector SPD- 20AV DAD, coluna ODS-2 HYPERSIL (250 mm 4.6 mm, 5µm) e forno CTO-20A a 40°C. O fluxo da fase móvel (5 mmol/L BCTMA e 50 mmol/L KH₂PO₄, pH 4,0) foi de 1,0 mL/minuto, com comprimento de onda ajustado para 254 nm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise conjunta realizando-se uma análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas no conteúdo de compostos fenólicos totais entre as plantas cultivadas nos três diferentes sistemas (Tabela1), o conteúdo de compostos fenólicos variou de 911,00 mg EAG/ 100g a 1278,00 mg EAG/ 100g de amostra seca, em plantas cultivadas nos sistemas orgânico convencional e hidropônico. Em estudo realizado por Arbos et al. (2010), plantas de alface apresentaram valores de compostos fenólicos totais variando de 91,22 mg EAG/100 g a 108,72 mg EAG/100g de amostra fresca, esses resultados foram obtidos em estudo comparando o teor de compostos fenólicos totais em alface, rúcula e almeirão cultivados em sistema orgânico e convencional, onde foi observado que o teor de compostos fenólicos dos extratos obtido das hortaliças orgânicas foi significativamente superior ao dos extratos obtidos das hortaliças convencionais.

Tabela 1 - Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg EAG/100g amostra seca), Flavonoides Totais (mg de flavonoides totais /100g amostra fresca), Antocianinas Totais (mg antocianinas totais/100g amostra fresca), Carotenoides Totais (μ g carotenoides totais /100g amostra fresca) em *Lactuca sativa* cv. Rubra cultivada nos sistemas orgânico, convencional e hidropônico.

Sistemas de Produção	Compostos Fenólicos Totais	Flavonoides Totais	Antocianinas Totais	Carotenoides Totais
Orgânico	911,0 ^a	0,703 ^b	0,293 ^a	8540,25 ^a
Convencional	1085,0 ^a	0,916 ^a	0,433 ^a	9189,75 ^a
Hidropônico	1278,0 ^a	0,876 ^{ab}	0,526 ^a	8905,42 ^a
CV (%)	14,71	8,56	23,93	18,97

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como a maioria dos compostos fenólicos são oriundos do metabolismo secundário das plantas, estes podem sofrer alterações em função de fatores ambientais e estresse (QUEIROZ et al.,

2015). No presente trabalho, os três sistemas de produção orgânico, convencional e hidropônico foram implantados em mesmo local a fim de se minimizar a influência dos efeitos provocados pelos fatores ambientais. Segundo Galiene et al. (2015) a quantidade de compostos fenólicos em folhas de alface é altamente influenciada pelo genótipo da cultivar, condições de cultivo (isto é, ambiente interno ou externo), assim como estresse provocado pelo ambiente.

Silva et al. (2014) ao avaliar o efeito de adubação orgânica e mineral no teor de flavonoides em genótipos de mentrasto, encontrou resultado semelhante ao presente trabalho em que os teores de flavonoides totais foram significativamente inferiores no sistema orgânico quando comparado aos demais sistemas convencional e hidropônico (Tabela 1). Esses resultados indicam que existem alguns fatores no sistema orgânico que interferem negativamente na síntese de flavonoides. Pois, segundo Huber e Rodriguez-Amaya (2008), o conteúdo de flavonoides é fortemente influenciado por fatores extrínsecos, como por exemplo, composição do solo. O sistema orgânico pode contribuir na manutenção ou o restabelecimento dos níveis de matéria orgânica do solo devido a utilização de práticas agrícolas sustentáveis e de fertilizantes orgânicos que pode permitir a recuperação da estrutura do solo e a manutenção da fertilidade (CORIA-COYUPAN et al., 2009), proporcionando maior equilíbrio no teor de nutrientes no solo evitando estresse nutricional (MAIA et al., 2008). Provavelmente a adubação mineral utilizada no sistema convencional, resultou numa condição de estresse nutricional para as plantas, aumentando o conteúdo de flavonoides totais, exceto antocianinas visto que o conteúdo destas não diferiu nos três sistemas de produção.

O sistema de produção não interferiu significativamente no conteúdo de antocianinas totais (Tabela 1), que variou de 0,293 mg / 100g a 0,526 mg /100 g de amostra fresca, levando-se em conta as plantas cultivadas nos três sistemas. Em estudo realizado por Rosa et al. (2014), no período de setembro a outubro de 2011 , na região de Florianópolis, SC, foi observado que plantas de alface cv. Mimosa Rosa de coloração roxa cultivadas em sistema convencional e hidropônico apresentaram

teores de antocianinas totais variando de 36,89 a 88,24 mg /100g de amostra fresca, a partir da determinação pelo método do pH diferencial, sendo este resultado superior ao encontrado no presente trabalho, provavelmente devido ao método de extração, influência do genótipo (PÉREZ-LÓPEZ et al., 2015) e da época de cultivo, visto que inúmeros fatores ambientais, incluindo luminosidade elevada, radiação UVB, baixas temperaturas e estresse hídrico podem influenciar no conteúdo de antocianinas totais (SIVANKALYANI et al., 2016).

A biossíntese das antocianinas é altamente depende da luz e requer luminosidade intensa (ZHANG et al., 2012), estando assim altamente relacionada com a incidência de radiação solar (LANDI et al., 2015; KLEINHENZ et al., 2003). Esses compostos antioxidantes atuam na proteção dos tecidos superficiais dos vegetais e das clorofilas contra o excesso de radiação solar e da ação foto-destruidora dos raios UVB (COSTA et al., 2015; GOBBO NETO e LOPES, 2007).

Não foi detectada a presença de vitamina C em nenhuma das amostras nas condições de análise aplicada. O que provavelmente deve-se ao fato, da influência da fisiologia e da capacidade antioxidante de cada espécie, assim como o clima e a nutrição da planta no teor de vitamina C presente nos vegetais (PEREIRA et al., 2015). Visto que os sistemas de cultivo, variações climáticas, assim como a região de produção podem influenciar na composição do vegetal (RIBEIRO et al., 2016). A intensidade luminosa, assim como a temperatura provocam alterações na composição química dos tecidos durante o crescimento e desenvolvimento de culturas hortícolas influenciando no teor de vitamina C, contudo, visto que tais variações de ambiente foram minimizadas neste trabalho, pelo fato dos três sistemas de cultivo terem sido implementados no mesmo ambiente a ausência de vitamina C pode estar associada ao fator genético da cultivar e a região de cultivo, (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010) visto que o referido composto foi detectado em duas cultivares de alface roxa por Selma et al. (2012) na proporção de 5 a 10 mg/100g de amostra.

O ácido ascórbico (vitamina C) é um composto antioxidante que atua em resposta ao stress e a defesa da planta, além de estar envolvido em várias funções fisiológicas, tais como síntese da parede celular, regulação do ciclo celular e início da senescência em plantas (BADEJO et al., 2007). As hortaliças e frutas são as principais fontes de ácido ascórbico para os seres humanos, sendo o seu conteúdo influenciado por três vias reguladas geneticamente, incluindo a síntese, a degradação e a reciclagem (REN et al., 2013).

Os teores de carotenoides totais não diferiram estatisticamente em plantas cultivadas nos três sistemas de produção (Tabela 1). De acordo com Cazzonelli e Pogson, (2010) a biossíntese dos carotenoides é regulada de forma dinâmica durante todo o desenvolvimento do vegetal e controlada por vários fatores, como estágio de desenvolvimento da planta e condições ambientais.

Dentre os fatores ambientais, a luminosidade é imprescindível para o desenvolvimento do vegetal, visto que alterações luminosas no ambiente de cultivo proporcionam ajustes do aparelho fotossintético das plantas, os quais proporcionam maior eficiência na absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos (MARTINS et al., 2010). Os carotenoides são pigmentos que estão presentes nos vegetais, capazes de absorver a radiação visível desencadeando as reações fotoquímicas da fotossíntese (VICTÓRIO et al., 2007). O conteúdo de carotenoides está altamente relacionado com a radiação solar, visto que plantas cultivadas a pleno sol produzem maiores teores de carotenoides, os quais atuam como moléculas fotoprotetoras por dissipar os estados excitados da clorofila (TAIZ e KEIGER, 2004). A intensidade de radiação solar não interferiu significativamente no conteúdo de carotenoides das plantas cultivadas nos três sistemas de produção. Visto que, os sistemas de produção orgânico, convencional e hidropônico foram implantados em mesmo local, o que permitiu descartar interferências relacionadas ao tipo de solo, radiação solar, clima e variações pluviométricas.

4.4. CONCLUSÃO

Os teores de compostos fenólicos totais, antocianinas totais e carotenoides totais não foram influenciados pelos sistemas de produção (orgânico, convencional e hidropônico).

O conteúdo de flavonoides totais das plantas provenientes do sistema de produção convencional foi superior às plantas do sistema orgânico e similar às plantas do sistema hidropônico.

Não foi detectada a presença de vitamina C nas plantas cultivadas nos diferentes sistemas.

RESUMO - A presença de compostos bioativos em hortaliças e frutas tem contribuído para uma alimentação saudável e de qualidade. A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa de maior aceitação no mercado consumidor, sendo fonte de vitaminas, minerais e outros compostos do metabolismo secundário de plantas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos sistemas de cultivo (orgânico, convencional e hidropônico) no teor de compostos bioativos em *Lactuca sativa* L. cv. Rubra. Foram conduzidos simultaneamente três experimentos em três ambientes distintos compondo três sistemas de cultivo: orgânico, convencional e hidropônico. Para os três sistemas o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com três repetições. Posteriormente os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade. Os compostos bioativos avaliados foram fenólicos totais, flavonoides, carotenoides totais e vitamina C. Os conteúdos de compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides em alface cv. Rubra não foram influenciados pelos diferentes sistemas de cultivo, contudo, as plantas provenientes do sistema de produção orgânico apresentaram menor teor de flavonoides. Não foi detectada a presença de vitamina C em nenhuma planta proveniente dos três sistemas de cultivo. Conclui-se que os sistemas de produção não influenciaram no conteúdo dos compostos bioativos (compostos fenólicos, antocianinas, carotenoides), exceto no conteúdo de flavonoides.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; compostos bioativos; hortaliça folhosa.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTUNKAYA, A.; GOKMEN, V.; SKIBSTED, L.H. PH dependent antioxidant activity of lettuce (*L. sativa*) and synergism with added phenolic antioxidants. **Food Chemistry**, Ankara, v. 190, p.25-32, 2016.
- ARBOS, K.A.; FREITAS, R.J.S.; STERTZ, S.C.; DORNAS, M.F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.2, p. 501-506, 2010.
- BADEJO, A.A.; JEONG, S.T.; GOTO-YAMAMOTO, N.; ESAKA, M. Cloning and expression of GDP-D-mannose pyrophosphorylase gene and ascorbic acid content of acerola (*Malpighia glabra* L.) fruit at ripening stages. **Plant Physiology and Biochemistry**. Kagamiyama, v. 45, n. 9, p.665-672, 2007.
- BENLLOCH, R.; FARRÉ, R.; FRIGOLA, A. A quantative estimative of ascorbic and isoascorbic acid by high performance liquid chromatography application to citric juices. **Journal of Liquid Chromatography**, v.16, n. 4, p. 3113-3122, 1993.
- CAZZONELLI, C.I. Carotenoids in natura: Insights from plants and beyond. **Functional Plant Biology**, Austrália, v.38, p.833-847, 2011.
- COUTO, M.A.L.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Piracicaba, v.30, p.15-19, 2010.
- CORIA-CAYUPÁN, Y.S.; PINTO, M.I.S.; NAZARENO, M.A. Variations in bioactive substance contents and crop yields of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in soils with different fertilization treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Argentina, v.21, n.57, p.10122-10129, 2009.
- COSTA, D.; GALVÃO, A.M.; PAOLO, R.E.D.; FREITAS, A.A.; LIMA, J.C.; QUINA, F.H.; MARCANITA, A.L. Photochemistry of the hemiketal form of anthocyanins and its potential role in plant protection from UV-B radiation. **Tetrahedron**, Lisboa, v.71, p. 3157-3162, 2015.
- EC, EUROPEAN COMMISSION. Facts and figures on organic agriculture in the European Union. In: **Agriculture and Rural Development**, European Commission (Ed.), 2013.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: **Anthocyanins as food colors** MARKAKIS, P. (Ed.). New York: Academic Press, 1982. p.181-207.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM,V. Cultivo hidropônico de plantas. **Boletim Técnico, 180**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 52 p.
- GALIENI, A.; MATTIA,C.D.; GREGORIO, M.D.; SPECA, S.; MASTROCOLA, D.; PISANTE,M.; STAGNARI, F. Effects of nutrient deficiency and abiotic environmental stresses on yield phenolic compounds and antiradical activity in lettuce. **Scientia Horticulturae**, Teramo, v.187, p.93-101, 2015.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, Ribeirão Preto, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- HUBER, L.S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p. 97-108, 2008.

- KLEINHENZ, M.D.; FRENCH, D.G.; GAZULA, A.; SCHEERENS, J.C. Variety, shading and growth stage effects on pigment concentrations in lettuce grown under contrasting temperature regimens. **HortTechnology**, Ohio, v.4, p.677-683, 2003.
- LANDI, M.; TATTINI, M.; GOULD, K.S. Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. **Environmental and Experimental Botany**, Pisa, v.119, p.4-17, 2015.
- LLORACH, R.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TÓMAS-BARBERÁN, F.A.; GIL, M.I.; FERRERES, F. Characterization of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, Murcia v.108, p.1028-1038, 2008.
- MAIA S. S. S. PINTO, J. E. B. P.; SILVA, F. N. da; OLIVEIRA, C. de. Influencia da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poits.) (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, UFRPE, 2008, v.3, n.4, p.327-331.
- MARTINS, J.R.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; SILVA, A.P.O.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.64-69.2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000100011>.
- MINUSSI, R. C.; ROSSI, M.; BOLOGNA, L.; CORDI, L.; ROTILIO, D.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. **Food Chemistry**, Campinas, v. 82, n. 3, p. 409-416, 2003.
- ORDIDGE, M.; GARCÍA-MACÍAS, P.; BATTEY, N.H.; GORDON, M.H.; HADLEY, P.; JOHN, P.; LOVEGROVE, J.A.; VYSINI, E.; WAGSTAFFE. Phenolic contents of lettuce, strawberry, raspberry, and blueberry crops cultivated under plastic films varying in ultraviolet transparency. **Food Chemistry**, Reading, v.119, p.1224-1227, 2010.
- PARK, Y. K.; HIKEGAKI, M.; ABREU, J. A. S.; ALCICI, N. M. F. Estudo da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 313-318, 1998.
- PEREIRA, E.M.; SANTOS, Y.M.G.; LEITE FILHO, M.T.; FRAGOSO, P.S.; PEREIRA, B.B.M. Qualidade de pós-colheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. **Revista Verde**, Pombal, v.10, n.2, p.56-60, 2015.
- PEREIRA, E.L.; RODRIGUES, A.; RAMALHOSA, E. Influence of working conditions and practices na fresh-cut lettuce salads quality. **Food Control**, Bragança, v. 33, p.406-412, 2013.
- PÉREZ-LÓPEZ, U.; MIRANDA-APODACA, J.; LACUESTA, M.; MENA-PETITE, A.; MUÑOZ-RUEDA, A. Growth and nutritional quality improvement in two differently pigmented lettuce cultivars grown under elevated CO₂ and/or salinity. **Scientia Horticulturae**, Spain, v.195, p.56-66, 2015.
- QUEIROZ, C. R. A. dos A.; MORAES, C. M. dos S.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015.
- REN, J.; CHEN, Z.; DUAN, W.; SONG, X.; LIU, T.; WANG, J.; HOU, X.; LI, Y. Comparison of ascorbic acid biosynthesis in different tissues of three non-heading Chinese cabbage cultivars. **Plant Physiology and Biochemistry**, Nanjing, v.73, p.229-236, 2013.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, **5ª aproximação**. Viçosa, 5 ed, 1999, p. 1-358.
- RIBEIRO, P.F.A.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, E.B.; MENDONÇA, A.C.; SANT'ANA, M.P. Teor de vitamina C, β - caroteno e minerais em camu-camu cultivado em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria v.46, n.3, p.567-572, 2016.

- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**, Campinas, OMNI Research, 2001, 64p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food e carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, Brasil, v.21, p.445-463, 2008.
- ROMERO-GAMEZ, M.; AUDSLEY, E.; SUAREZ-REY, E. M. Life cycle assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. **J. Clean. Prod**, Spain, v. 73, p.193-203, 2014.
- ROSA, A.M.; SEÓ, H.L.S.; VOLPATO, M.B.; FOZ, N.V.; SILVA, T.C.; OLIVEIRA, J.L.B.; PESCADOR, R.; OGLIARI, J.B. Production and photosynthetic activity of Mimosa Verde and Mimosa Roxa lettuce in two farming systems. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.4, p.494-501, 2014.
- SELMA, MV.; LUNA, M.C.; .MARTÍNEZ-SÁCHEZ, A.; TUDELA, J.A.; BELTRÁN, D.; BAIXAULI, C.; GIL, M.I. Sensory quality, bioactive constituents and microbiological quality of green and red fresh-cut lettuces(*Lactuca sativa* L.) are influenced by soil and soilless agricultural production systems. **Postharvest Biology and Technology**, Murcia, v.63, p.16-24, 2012.
- SILVA, K.N.; VIEIRA, E.A.; FIALHO, J.F.; BRANCO, L.J.C.; SILVA, M.S. Potencial agronômico e teor de carotenoides em raízes de reserva de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p.1348-1354, 2014.
- SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocateau reagent. **Methods Enzymol**, San Diego, v. 299, p. 152- 178, 1999.
- SIVANKALYANI, V.; FEYGENBERG, O.; DISKIN, S.; WRIGHT, B.; ALKAN, N. Increased anthocyanin and flavonoids in mando fruit peel are associated with cold and pathogen resistance. **Postharvest Biology and Technology**, Israel, v.111, p.132-139, 2016.
- SOUZA JL; RESENDE PL. **Manual de horticultura orgânica**. 2 ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 2006, 843 p.
- SUN, H.; GE, X.; LV, Y.; WANG, A. Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed. **Journal of Chromatography A**, China, v. 1237, p.1-23, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VICTÓRIO, C.P.; KUSTER, R.M.; LAGES, C.L.S. Qualidade de luz e produção de pigmentos fotossintéticos em plantas in vitro de *Phyllanthus tenellus* Roxb. **Revista Brasileira de Biociências**, Rio de Janeiro v.5, s.2, p.213-215, 2007.
- ZHANG, D.; YU, B.; BAI, J.; QIAN, M.; SHU, Q.; SU, J.; TENG, Y. Effects of high temperatures on UV-B/visible irradiation induced postharvest anthocyanin accumulation in ‘ Yunhongli No. 1’ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) pers. **Scientia Horticulturae**, Spain, v.134, p.53-59, 2012.
- ZLOTEK, U.; SWIECA, M.; JAKUBCZYK, A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce. **Food Chemistry**, Lublin, v. 148, p.253-260, 2014.

Artigo 3

Luma Moreira Martins

Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, MG.

lumamartins31@yahoo.com.br

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO CONTEÚDO DE LUTEINA E
BETACAROTENO EM ALFACE CV. CRISTAL**

**THE PRODUCTION'S SYSTEM INFLUENCE IN THE LUTEIN AND BETA-
CAROTENO'S CONTENT IN CRISTAL'S cv. LETTUCE**

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos sistemas de cultivo (orgânico, convencional e hidropônico) no teor de luteína, betacaroteno, carotenoides totais e outros compostos bioativos em *Lactuca sativa* L. cv. Cristal. As plantas de alface produzidas no sistema orgânico apresentaram menores valores de betacaroteno e luteína variando respectivamente de 148,66 a 394,00 µg/100 g de amostra fresca e de 442,23 a 772,66 µg/100 g de amostra fresca. Os conteúdos de clorofila total, A e B, compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides totais em alface cv. Cristal não foram influenciados pelos diferentes sistemas de cultivo. Não foi detectada a presença de vitamina C em nenhuma planta proveniente dos três sistemas de cultivo. Conclui-se que os sistemas de produção não influenciaram nos teores dos compostos bioativos avaliados no presente estudo, exceto no conteúdo de betacaroteno e luteína, que apresentaram menores concentrações em plantas cultivadas no sistema orgânico.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., Carotenoides, Clorofila.

5.1. Introdução

Os carotenoides são compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas, considerados componentes essenciais no processo fotossintético (Merzlyak & Solovchenko, 2002), desempenhando importante função nutricional por atuar como provitamina A, (Skibsted, 2012). As hortaliças são consideradas importantes alimentos, por apresentar em sua composição diversos tipos de fitoquímicos como compostos fenólicos e carotenoides (Singh et al., 2012).

Tendo em vista os benefícios proporcionados pela ingestão periódica de hortaliças e frutas (Arscott & Tanumihardjo, 2010), os consumidores estão cada vez mais interessados em produtos oriundos de sistema de produção orgânica, por serem considerados mais saudáveis do que os alimentos cultivados em sistema convencional (Yiridoe, Bonti-Ankomah & Martin, 2007; Lv et al., 2012). De acordo com Bezerra Neto et al., (2006) o conteúdo de compostos químicos presentes nos vegetais, inclusive em folhas de alface pode ser influenciado por características genéticas, condições cultivo e demais fatores.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a hortaliça folhosa mais consumida em todo mundo, sendo fonte de uma ampla diversidade de metabolitos secundários, como compostos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico entre outros (Oh, Trick & Rafashekar, 2009) que são responsáveis por desempenhar importantes funções biológicas (Chadwick et al., 2016). Assim, é suma importância ter conhecimento do conteúdo de fitoquímicos presentes nos vegetais, pois contribui para a valorização comercial e nutricional do produto (Musa et al., 2015).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do sistema de produção sobre o conteúdo de betacaroteno, luteína, carotenoides totais, compostos fenólicos, flavonoides, clorofilas e vitamina C em *Lactuca sativa* L. cv. Cristal.

5.2. Material e Métodos

A matéria prima utilizada nesse experimento foi cultivada em três sistemas de produção: orgânico, convencional e hidropônico na localidade de Quintas da Fazendinha, no município de Matozinhos, MG, no período de maio a julho de 2015. As plantas de alface cv Cristal cultivadas no sistema convencional foram adubadas seguindo o resultado analítico do solo de acordo com Ribeiro, Guimarães & Alvarez (1999). No sistema orgânico, as plantas foram adubadas utilizando composto orgânico e húmus. Nesses dois sistemas os tratos culturais e fitossanitários foram realizados seguindo as recomendações para a cultura (Souza & Resende, 2006), já no sistema hidropônico a solução nutritiva foi preparada de acordo com as recomendações sugeridas por Furlani, Silveira, Bolonhezi & Faquim (1999).

Após a colheita as plantas foram encaminhadas imediatamente para o Laboratório de Conservação de Alimentos da Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ) - Campus Sete Lagoas em Sete Lagoas, MG, onde foram preparadas e submetidas as análises de compostos bioativos.

O betacaroteno e a luteína foram quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), segundo a metodologia utilizada por Batista, Pinheiro-Sant'ana & Paes (2006); Rodriguez-Amaya, (1996). As amostras foram injetadas em HPLC ALLIANCE modelo e2695, provido de "loop" de 20 µL; coluna YMC C30 – Carotenoid (250 mm de comprimento, 4,6 mm de diâmetro, 3µm), detector UV visível (arranjos de diodos), modelo SPD 2998, utilizando gradiente linear fase móvel contendo solvente A (metanol) e solvente B (Metil-Tert-Butil-Éter), com vazão de 0,8 mL/minuto. O gradiente foi programado da seguinte forma: 20% B, 0-16 min; 60% B, 16 min; 80% B, 16,01-20 min; 20% B, 20 min. Os cromatogramas foram registrados em 450 nm e os picos foram identificados com base na análise de espectro e no tempo de retenção comparado com os padrões. Os resultados foram expressos em µg/100g de massa fresca.

O conteúdo de carotenoides totais foi determinado utilizando a metodologia proposta por Rodriguez-Amaya, (2001), em espectrofotômetro digital a 450 nm e os resultados expressos em μg carotenoides totais/ 100 g amostra fresca.

O teor de flavonoides totais foi determinado utilizando o método espectrofotométrico proposto por Francis, (1982), em que o extrato foi preparado a partir da pesagem de 0,5 gramas de amostra com 10 mL de solução extratora (etanol 95 % + ácido clorídrico 1,5 N) previamente preparada (85:15) com posterior leitura espectrofotométrica a 374 nm. O teor de flavonoides foi calculado utilizando a equação (Absorbância x Fator de diluição/ 98,2) e os resultados expressados em (mg de flavonoides totais/100g amostra fresca).

O conteúdo de compostos fenólicos foi determinado a partir dos extratos etanólicos das amostras (Park et al., 1998) e quantificado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton Orthofer & Lamella-Raventos, (1999), utilizando ácido gálico como padrão de referência através de uma curva analítica com as concentrações 10, 20, 40, 60, 80, 90 $\mu\text{g/mL}^{-1}$. Os resultados foram expressos em g EAG (equivalente em ácido gálico) / 100 g amostra seca (Minussi et al., 2003), calculados utilizando a equação $y=0,0026x+0,4843$, $R^2= 0,9889$.

A clorofila total e as clorofilas A e B foram quantificadas utilizando a metodologia proposta por Silva, Boas, Rodrigues & Siqueira (2009). Os teores de clorofila total a e b foram determinados utilizando espectrofotômetro digital a 652 nm, 645 nm e 663 nm, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg / 100 g de amostra fresca (Engel & Poggiani 1991).

O teor de vitamina C foi avaliado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), seguindo a metodologia proposta por Benlloch, Farre & Frigola (1993), utilizando um sistema HPLC SHIMADZU proeminência LC - 20A, com uma bomba quaternária LC - 20AT, injetor Manual com loop de 20 μL , desgaseificador, um integrador CBM- 20A e um detector SPD- 20AV DAD, coluna ODS-2 HYPERSIL (250 mm 4.6 mm, 5 μm) e forno CTO-20A a 40°C. O fluxo da fase móvel (5

mmol/L BCTMA e 50mmol/L KH₂PO₄ pH 4,0) foi de 1,0 mL/minuto, com comprimento de onda ajustado para 254 nm.

Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

5.3. Resultados e Discussão

No presente trabalho, o conteúdo de carotenoides totais não apresentou diferença significativa nos três sistemas de produção. Por outro lado, a cultivar Cristal sofreu influência do sistema orgânico apresentando conteúdo de betacaroteno e luteína estatisticamente menores aos das plantas cultivadas nos sistemas hidropônico e convencional (Tabela1) (Anexo Figura 6A).

Tabela 1- Teor de Carotenoides Totais (µg carotenoides totais /100g amostra fresca), Betacaroteno (µg betacaroteno /100g amostra fresca), Luteína (µg luteína /100g amostra fresca), em *Lactuca sativa* cv. Cristal cultivada no sistema orgânico, convencional e hidropônico.

Sistema de Produção	Carotenoides Totais	Betacaroteno	Luteína
Hidropônico	5600,36 ^a	394,00 ^a	772,66 ^a
Convencional	6614,67 ^a	390,00 ^a	700,00 ^a
Orgânico	7075,81 ^a	148,66 ^b	442,33 ^b
CV (%)	18,01	17,39	6,28

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Rodriguez-Amaya (2008) as hortaliças folhosas apresentam um perfil qualitativo definido com relação aos tipos de carotenoides majoritários, destacando o betacaroteno e a luteína. Esses carotenoides presentes em um mesmo alimento podem ter seu conteúdo variável de acordo com as condições de cultivo (Rodriguez-Amaya, 1993). Visto que os metabolitos secundários, dentre eles os carotenoides, são compostos sintetizados pelas plantas em resposta a condições de estresse abiótico ou biótico (Esteban et al., 2015). De acordo com Pérez-López et al. (2015) plantas de alface produzidas em locais que não proporcione ótimas condições de cultivo, tendem a apresentar maior

metabolismo antioxidante, visando minimizar os efeitos das condições desfavoráveis, melhorando assim sua qualidade nutricional devido ao aumento da síntese de carotenoides. Logo, o sistema orgânico permite o fornecimento de macronutrientes e micronutriente de forma contínua e equilibrada mantendo a demanda nutricional da planta durante todo ciclo da cultura (Araújo et al., 2007; Sedyama et al., 2009). O húmus é um composto orgânico que quando utilizado na adubação apresenta liberação lenta de nutrientes proporcionando assim a disponibilidade contínua de nutrientes (Tiago et al., 2014) para as plantas de alface, fato esse que pode ter acarretado em menor conteúdo de betacaroteno e luteína nas plantas oriundas do sistema orgânico, sendo que a biossíntese dos carotenoides pode ser afetada pela nutrição da planta.

No presente trabalho, os sistemas de produção não influenciaram significativa no conteúdo de carotenoides totais (Tabela 1), que variou de 5600,36 a 7075,81 µg/100g de amostra fresca. Em trabalho realizado por Baslam et al. (2013) avaliando a qualidade nutricional de três cultivares de alface, observaram valores bem inferiores de carotenoides totais (de 100,00 a 250,00 mg/ 100g amostra seca), diferença esta que pode ser atribuída às variações das condições edafoclimáticas dentre outras, que influenciam tanto o conteúdo de compostos bioativos, assim como o tamanho e o número de folhas por planta. No presente estudo, os três sistemas de produção foram implantados no mesmo local e na mesma época do ano o que permitiu descartar possíveis interferências relacionadas à radiação solar, clima e variações pluviométricas, o que pode ter proporcionado ausência de diferença no conteúdo de clorofila total, A e B e de carotenoides totais. Visto que Mou (2005) observou aumento no conteúdo de carotenoides totais em diferentes cultivares de alface cultivadas durante o verão, em comparação as mesmas cultivares cultivadas durante o outono.

Os pigmentos primários, como a clorofila A apresentam como principal função a captação da energia luminosa, sendo acompanhada por outros pigmentos chamados de pigmentos acessórios que incluem os carotenoides, que participam do sistema de antenas presente nos cloroplastos e na absorção

de luz e transferência de energia para os centros de reações, tendo como finalidade ampliar o espectro de absorção dos pigmentos primários, atuando na proteção de energia excedente (Santos et al., 2011).

As clorofilas são pigmentos que refletem a coloração verde em hortaliças estando associados diretamente com o potencial fotossintético das plantas (Silva, Santos, Vitorino & Rhein, 2014), com a capacidade antioxidante e como efeitos terapêuticos no controle de diversas doenças (Maestrim et al., 2009). No presente trabalho, o teor de clorofila total, clorofila A e clorofila B, assim como de compostos fenólicos e flavonoides totais presentes em folhas de plantas de alface cv. Cristal, cultivadas nos três sistemas de produção não diferiram estatisticamente independente do sistema de produção (Tabela 2)

O aumento do conteúdo de clorofila B quando comparada a clorofila A observado no presente estudo (Tabela 2), provavelmente está relacionado a uma maior proporção do fotossistema II, considerado rico em clorofila B do que em clorofila A, quando comparado ao fotossistema I possibilitando assim capacidade adaptativa dos vegetais em ambientes com pouca luminosidade (Nakazono et al., 2001).

Tabela 2- Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg EAG/100g amostra seca), Flavonoides Totais (mg de flavonoides totais /100g amostra fresca), Clorofila Total (mg clorofila total /100g amostra fresca), Clorofila A (mg clorofila A/ 100 g amostra fresca), Clorofila B (mg clorofila B/ 100 g amostra fresca) em *Lactuca sativa* cv. Cristal cultivada no sistema orgânico, convencional e hidropônico.

Sistema de Produção	Compostos Fenólicos	Flavonoides Totais	Clorofila Total	Clorofila A	Clorofila B
Orgânico	1480,00 ^a	0,69 ^a	61,51 ^a	10,77 ^a	51,12 ^a
Convencional	1900,00 ^a	0,71 ^a	63,45 ^a	12,35 ^a	51,13 ^a
Hidropônico	1180,00 ^a	0,68 ^a	61,49 ^a	13,86 ^a	47,45 ^a
CV (%)	30,73	22,82	19,90	26,36	14,81

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os conteúdos de clorofila total, clorofila A e clorofila B variaram de 61,49 a 63,45 mg/100g; 10,77 a 13,86 mg/100g e de 47,45 a 51,13 mg/100g de amostra fresca, respectivamente, levando-se em consideração as plantas cultivadas nos três sistemas de produção. Rosa et al., (2014) avaliando o conteúdo de clorofila total, A e B em plantas de alface cv. Mimososa Verde cultivada no período de setembro a outubro, na região de Florianópolis- SC em sistema convencional e hidropônico, obtiveram teores de clorofila total, A e B variando de 500 a 1000 mg/100g ; 400 a 800 mg/100g e de 100 a 200mg/100g de amostra fresca, respectivamente, sendo estes resultados superiores aos encontrados no presente estudo.

Não foram observadas diferenças significativas no conteúdo de compostos fenólicos totais e de flavonoides totais entre as plantas cultivadas nos três sistemas de produção (Tabela 2) que variaram respectivamente, de 1180,00 a 1480,00 mg EAG/100g amostra seca e de 0,68 a 0,71 mg flavonoides totais/100 g amostra fresca. Picchi et al. (2012) não observaram diferença significativa na qualidade nutricional de dois híbridos de couve-flor em plantas cultivadas em sistema orgânico e convencional quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, o que segundo aos autores deve se ao fato dos compostos presentes nos vegetais dependerem não somente das práticas de cultivo, mas também das características genotípicas.

Não foi detectada a presença de ácido ascórbico (vitamina C) em nenhuma das amostras nas condições das análises realizadas. De acordo com Couto & Canniatti-Brazaca, (2010) a ausência de vitamina C pode estar associada às condições da região de cultivo como, época de colheita e clima. O nível de adubação nitrogenada também pode interferir no conteúdo de ácido ascórbico, pois o aumento na área foliar das plantas proporcionado pela adubação nitrogenada proporciona uma redução da intensidade luminosa, ocasionando redução da síntese de ácido ascórbico nas partes sombreadas, principalmente no sistema hidropônico, visto que esses autores detectaram esse

composto em cultivar de alface crespa na proporção de 26,4 a 42,9 mg/100g de amostra (Silva et al., 2011).

5.4. Conclusão

Plantas de alface cultivadas no sistema orgânico apresentaram menor conteúdo de betacaroteno e luteína, quando comparadas as plantas cultivadas nos sistemas convencional e hidropônico.

Os conteúdos de clorofila total, A e B, carotenoides totais, flavonoides totais e compostos fenólicos totais não foram influenciados pelos sistemas de produção.

Não foi detectada a presença de ácido ascórbico (vitamina C) nos diferentes sistemas de produção.

5.5. Referências Bibliográficas

- Araújo, E.M., Oliveira, A.P., Cavalcante, L.F., Pereira, W.E., Brito, N.M., Neves, C.M.L., Silva, E.E. (2007). Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11(5): 466-470.
- Arcott, S.A., Tanumihardjo, S.A. (2010). Carrots of many colors provide basic nutrition and Z., bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 223–239.
- Baslam, M., Morales, F., Garmendia, I., Goicoechea, N. (2013). Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads. *Scientia Horticulturae*, 151(28), 103-111.
- Batista, M. A., Pinheiro-Sant’Ana, H. M., Paes, J. B. (2006). Carotenos e provitamina A em bertalha e ervas aromáticas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais, durante as quatro estações do ano. *Acta Sci. Health Science*, 28(1), 93-100.
- Benloch, R., Farré, R.; Frigola, A. (1993). A quantative estimative of ascorbic and isoascorbic acid by high performance liquid chromatography application to citric juices. *Journal of Liquid Chromatography*, 16(4), 3113-3122.
- Bezerra Neto, F., Barros Júnior, A.P., Silva, E.O., Negreiros, M.Z., Oliveira, E.Q., Silveira, L.M., Câmara, M.J.T., Nunes, G.H.S. (2006). Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. *Horticultura Brasileira* 24(4), 476-480.
- Chadwick, M., Gawthrop, F., Michemore, R.W., Wagtaff, C., Methven, L. (2016). Perception of bitterness, sweetness and liking of different genotypes of lettuce. *Food Chemistry*, 197(15), 66-74.

- Couto, M.A.L., Canniatti-Brazaca, S.G. (2010). Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 15-19.
- Engel, V.L., Poggiani, F. (1991). Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 3(1) 39-45.
- Esteban, R., Moran, J.F., Becerril, J.M., García-Plazaola, J.I. (2015). Versatility of carotenoids: An integrated view on diversity, evolution, functional roles and environmental interactions. *Environmental and Experimental Botany*, 119, 63-75.
- Ferreira, D. F. (2008). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6, 36-41.
- Francis, F.J. (1982). Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (Ed.). *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press, 181-207.
- Furlani, P.R., Silveira, L.C.P., Bolonhezi, D., Faquim, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas. *Boletim Técnico*, Campinas: Instituto Agrônômico, 180, 52.
- Lv, J., Huang, H., Yu, L., Whent, M., Niu, Y., Shi, H., Wang, T.T.Y., Luthria, D., Charles, D., Yu, L.L. (2012). Phenolic composition and nutraceutical properties of organic and conventional cinnamon and peppermint. *Food Chemistry*, 132(3), 1442-1450.
- Maestrim, A.P.J., Neri, C.R., Oliveira, K.T., Serra, O.A., Yamamoto, Y. (2009). Extração e purificação de clorofila A, da alga *Spirulina maxima*: Um experimento para os cursos de química. *Química Nova*, 32(6), 1670-1672.
- Merzlyak, M.N., Solovchenko, A.E. (2002). Photostability of pigments in ripening apple fruit: a possible photoprotective role of carotenoids during plant senescence. *Plant Science*, 163 (4), 881-888.
- Minussi, R. C., Rossi, M., Bologna, L., Cordi, L., Rotilio, D., Pastore, G. M., Duran, N. (2003). Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chemistry*, 82(3), 409-416.
- Mou, B.Q. (2005). Genetic Variation of Beta-carotene and Lutein contents in lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130(6), 870-876.
- Musa, C.I., Weber, B., Galina, J., Lagemann, C.A., Souza, C.F.V., Oliveira, E.C. (2015). Teor de compostos bioativos em três cultivares de morangos cultivados em solo convencional no município de Bom Princípio/RS: sua importância para a saúde humana. *Caderno pedagógico*, 12(1), 56-66.
- Nakazono, E.M., Costa, M.C., Tsugi, K.F., Paulilo, M.T.S. (2001). Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(2), 173-179.
- Oh, M.M., Trick, H.N., Rajaxhekar, C.B. (2009). Secondary metabolism and antioxidants are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. *Journal of Plant Physiology*, 166, 180-191.
- Park, Y. K., Hikegaki, M., Abreu, J. A. S., Alacici, N. M. F. (1998). Estudo da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18(3), 313-318.
- Pérez-López, U., Miranda-Apodaca, J., Lacuesta, M., Mena-Petite, A., Muñoz-Rueda, A. (2015). Growth and nutritional quality improvement in two differently pigmented lettuce cultivars grown under elevated CO₂ and /or salinity. *Scientia Horticulturae*, 195, 56-66.
- Piacchi, V., Migliori, C., Scalzo, R.L., Campanelli, G., Ferrari, V., Cesare, L.F.D. (2012). Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower, *Food Chemistry*, 130(3), 501-509.
- Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.V.H. (1999). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. 5 ed, 1-358.

- Rodriguez-Amaya, D. B. (1993) Nature and distribution of carotenoids in foods. In: Charalambous, G. (Ed.). *Shelf-life Studies of Foods and Beverages: Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 547-589
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1996). Assessment of the provitamin A contents of foods - The Brazilian experience. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 196-230.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*, 64.
- Rodriguez-Amaya, D.B., Kimura, M., Amaya-Farfan, J. (2008). Fontes Brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimento. Brasília: MMA/SBF, 101.
- Rosa, A.M., Seo, H.L.S. Volpato, M.B., Foz, N.V., Silva, T.C., Oliveira, J.L.B., Pescador, R., Ogliari, J.B. (2014). Production and photosynthetic activity of Momosa Verde and Mimosa Roxa lettuce in two farming systems. *Revista Ceres*, 61(4), 494-501.
- Santos, F.S., Sobrinho, N.M.B.A., Mazur, N., Garbisu, C., Barrutia, O., Becerril, J.M. (2011). Resposta antioxidante, formação de fitoquelatinas e composição de pigmentos fotoprotetores em *Brachiaria decumbens* Stapf submetida à contaminação com Cd e Zn. *Química Nova*, 34(1), 16-20.
- Sediyama, M.A.N., Vidigal, S.M., Santos, M.R., Salgado, L.T. (2009). Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*. 27(3): 294-299.
- Silva, E.M.N.C.P., Ferreira, R.L.F., Araújo Neto, S.E., Tavella, L.B., Solino, A.J.S. 2011. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 29, 242-245.
- Silva, E.P., Boas, E.V.B.V., Rodrigues, L.J., Siqueira, H.H. (2009). Caracterização física, química e fisiológica de gabioba (*Compomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 803-809.
- Silva, M.A., Santos, C.M., Vitorino, H.S., Rhein, A.F.L. (2014). Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, 30, 173-181.
- Singh, D.P., Beloy, J., McInerney, J.K., Day, L. (2012). Impact of born, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrtos (*Daucus carota*). *Food Chemistry*, 132(3), 11161-11170.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocateau reagent. *Methods Enzymol*, 299, 152- 178.
- Skibsted, L.H (2012). Carotenoids in antioxidant networks colorants or radical scavengers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (10), 2409–2417
- Souza, J.L., Resende, P.L. (2006). *Manual de horticultura orgânica*. 2 ed. Aprenda Fácil, 843.
- Tiago, P, Aumonde, T.Z., Oliveira, L.C., Nora, L., Morcelli, T.B.G.A., Mauch, C.R. (2014). Produtividade e caracterização físico-química de pimentas submetidas a diferentes fontes e doses de adubação orgânica. *Revista de La Facultad de Agronomía*, v.113 (2), 134-139.
- Yiridoe, E.K., Bonti-Ankomah, S., Martin, R.C. (2007). Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20, 193–205.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Os sistemas orgânico e convencional influenciaram significativamente na maioria dos parâmetros químicos e físicos determinados nas cultivares Cristal e Rubra. Os fatores genéticos podem ter influenciado, nas características físicas e químicas das plantas cultivadas nos sistemas orgânico e convencional.

Não foi detectada presença de vitamina C nas cultivares Cristal e Rubra produzidas nos diferentes sistemas de produção.

Houve influência significativa no conteúdo de flavonoides totais presente na cultivar Rubra. Os demais compostos bioativos não foram influenciados significativamente pelos sistemas de produção.

Os conteúdos de luteína e betacaroteno presentes na cultivar Cristal foram significativamente influenciados pelos sistemas de produção, ao contrário dos demais fitoquímicos que não diferiram nos três sistemas (orgânico, convencional e hidropônico).

7. ANEXOS



Figura 1 A. Área experimental.



Figura 2 A. Sistema orgânico e convencional.



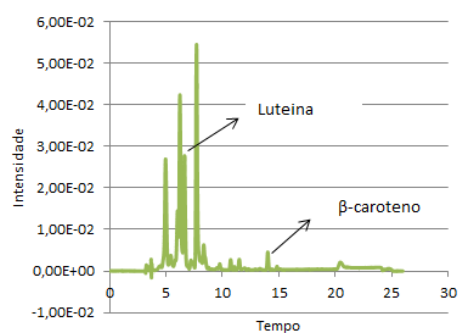
Figura 3 A. Sistema hidropônico.



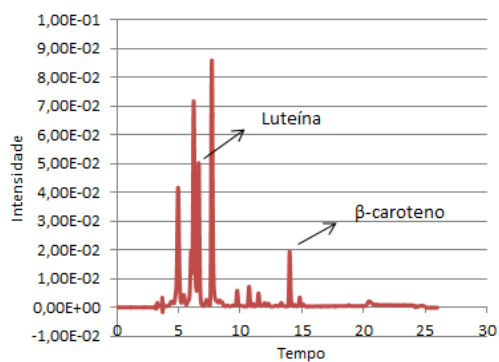
Figura 4 A. Mudas de alface cv. Cristal e Rubra (cultivo orgânico e convencional).



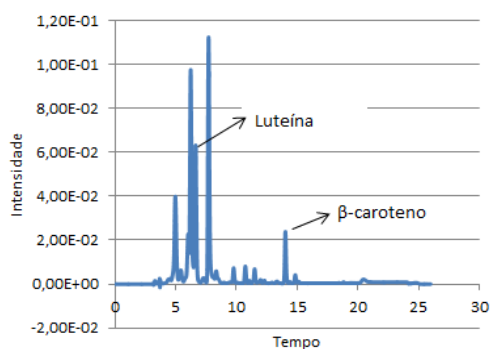
Figura 5 A. Mudanças de alface cv. Cristal e Rubra (cultivo hidropônico).



(a)



(b)



(c)

Figura 6A: Cromatogramas do perfil de carotenoides em alface cv Cristal cultivada em sistema orgânico (a), sistema convencional (b) e sistema hidropônico (c) obtido por CLAE Alliance, modelo e2695 a 450 nm.

Tabela 1a - Resumo de análise de variância para L (luminosidade), Ph, e SST (sólidos solúveis totais), DC (diâmetro do caule), DP (diâmetro da planta).

FV	GL	QM				
		L	pH	SST	DC	DP
Sistema (S)	2	9,759*	0,314	0,557*	0,7846*	1,3070
Cultivar (C)	1	3963,956*	0,123	1,388*	1,1084*	113,3345*
S x C	2	1,750*	0,237*	0,260	0,0096	22,5662*
Rep (S)	6	0,855	0,006	0,132	0,044	4,8872
Resíduo	6	2.180	0,012	0,091	0,034	1,8596
CV (%)		1,58	1,80	9,84	12,79	3,80

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1b - Resumo de análise de variância para ALT (altura), PFP (peso fresco da planta), PSP (peso seco da planta), PFR (peso fresco da raiz), PSR (peso seco da raiz).

FV	GL	QM				
		ALT	PFP	PSP	PFR	PSR
Sistema (S)	2	7,7573*	4546,137	14,8856	2437,923*	69,9832*
Cultivar (C)	1	0,2689	244068,720*	226,8322*	749,101*	67,128*
S x C	2	3,7781	909,909	14,2233	68,322*	1,016
Rep (S)	6	3,5044	2458,758	5,3002	20,724	2,305
Resíduo	6	1,0821	1070,604	2,9428	9,001	0,257
CV (%)		5,38	10,84	14,08	12,61	9,70

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.