

Teor de nitrato em alface cultivada em diferentes sistemas de produção

Nitrate content in lettuce grown in different production systems

Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en diferentes sistemas de producción

Recebido: 17/02/2021 | Revisado: 23/02/2021 | Aceito: 28/02/2021 | Publicado: 07/03/2021

Denise Renata Pedrinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8522-6126>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: dpedrinho13@gmail.com

Stella Mara Bimbato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-4211>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: stellamarasmb@gmail.com

Jose Antonio Maior Bono

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9573-9494>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: bono@anhanguera.com

Rosemary Matias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0154-1015>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: rosematiasc@gmail.com

Eduardo Barreto Aguiar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9525-7559>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: eduardo.b.aguiar@educadores.net.br

Giselle Marques de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7083-1411>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: giselle_marques@hotmail.com

Aline Vanessa Sauer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3164-9710>
Universidade Pitágoras Unopar, Brasil
Universidade Estadual Norte do Paraná, Brasil
E-mail: aline.sauer@unopar.br

Alex da Silva Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-5879>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: alex.proeng@outlook.com

Resumo

A alface é a principal espécie folhosa consumida no Brasil. Dentre outras hortaliças, acumula consideráveis teores de nitrato em seus tecidos, que pode variar em função da variedade, sistema de cultivo, localização geográfica, entre outros. A segurança alimentar visa acompanhar o nível de substâncias prejudiciais à saúde animal e humana. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de nitrato nas folhas de alface de duas variedades e em três sistemas de produção: convencional, orgânico e hidropônico. A massa fresca, a massa seca e os teores de nitrato foram determinados nas variedades Crespa e Mimosa em todos os sistemas de produção no município de Campo Grande-MS. O sistema de cultivo orgânico proporcionou os menores teores de nitrato enquanto o sistema hidropônico foi o que acumulou mais nitrato nas folhas. Os teores de nitrato observados nos sistemas de produção avaliados foram inferiores aos limites máximos estabelecidos pela FAO/OMS e União Europeia para as duas variedades estudadas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; Limites de NO₃⁻; Sistemas de cultivo.

Abstract

Lettuce is the main leafy species consumed in Brazil. Among other vegetables, it accumulates considerable levels of nitrate in its tissues, which may vary depending on the variety, cultivation system, geographic location, among others. Food security aims to monitor the level of substances harmful to human and animal health. The objective of this work was to evaluate the nitrate content in lettuce leaves of two varieties and in three production systems: conventional, organic and hydroponic. The fresh weight, dry weight and nitrate levels were determined in the Crespa and Mimosa varieties in all production systems in the Campo Grande-MS. The observed results showed significant variations in the levels of nitrate according to the cultivation systems and varieties. The organic system obtained the lowest levels of nitrate while the hydroponic system accumulated the most nitrate in the leaves. However, the nitrate levels

observed in all evaluated production systems were lower than the maximum limits established by FAO / OMS and the European Union for both varieties.

Keywords: *Lactuca sativa*; NO₃⁻ limits; Cultivation systems.

Resumen

Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en diferentes sistemas de producción. La lechuga es la principal especie de hoja que se consume en Brasil. Entre otras hortalizas, acumula niveles considerables de nitrato en sus tejidos, los cuales pueden variar según la variedad, sistema de cultivo, ubicación geográfica, entre otros. La seguridad alimentaria tiene como objetivo controlar el nivel de sustancias nocivas para la salud humana y animal. El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de nitratos en hojas de lechuga de dos variedades y en tres sistemas de producción: convencional, orgánico e hidropónico. Se determinó el peso fresco, peso seco y niveles de nitratos en las variedades Crespa y Mimosa en todos los sistemas de producción del municipio de Campo Grande-MS. El sistema de cultivo orgánico proporcionó los niveles más bajos de nitrato mientras que el sistema hidropónico fue el que acumuló más nitrato en las hojas. Los niveles de nitrato observados en los sistemas de producción evaluados fueron inferiores a los límites máximos establecidos por FAO / OMS y la Unión Europea para las dos variedades estudiadas.

Palabras clave: *Lactuca sativa*; Límites de NO₃⁻; Sistemas de cultivo.

1. Introdução

As hortaliças constituem um grupo de plantas que abrange mais de 100 espécies de importância econômica, com destaque as folhosas como a alface (*Lactuca sativa* L.). Por ser a espécie mais cultivada e consumida no Brasil, possui grande diversidade de tipos comercializados como alface crespa, americana, lisa e romana (Echer Et Al., 2016; Vilela & Luengo, 2017). É uma planta anual originária de regiões de clima temperado. Produz melhor em condições de dias curtos e temperaturas amenas. Seu cultivo é realizado basicamente em quatro sistemas caracterizados em diferentes aspectos de manejo: convencional, orgânico em campo aberto, cultivo protegido no solo e o sistema hidropônico (Filgueira, 2013).

Quando comparados os diferentes sistemas de produção utilizados para alface, verifica-se diversas características, que podem alterar não só a produtividade como também as propriedades químicas desta hortaliça, como por exemplo os teores de nitrato nas folhas (Silva et al., 2011). Esse fato pode estar associado às fontes de nitrogênio usadas na adubação dos diferentes sistemas de cultivo. No sistema hidropônico utiliza-se a adubação nítrica, no cultivo convencional utiliza-se a adubação amídica e no sistema orgânico predomina a aplicação amoniacal dos fertilizantes orgânicos (Barth et al., 2019). Em altas concentrações, o nitrato que posteriormente no corpo humano e animal é reduzido a nitrito, podem resultar no aumento da incidência de doenças ou até mesmo a morte do indivíduo. Considera-se que de 15 a 70 mg de nitrato por quilo de peso corporal seja a dose letal para um indivíduo humano em fase adulta. Para nitrito, considera-se a dose letal para um adulto em torno de 20 mg por quilo de peso corporal (Maynard et al., 1976). A segurança dos alimentos visa dentre outros fatores sociais, garantir a comercialização de produtos além-fronteira e monitorar componentes nocivos à saúde animal e humana (Maniglia, 2009).

Como no Brasil, não existe legislação específica que regulamente os teores máximos permitidos de nitrato em vegetais (Pôrto Et al., 2008). Os parâmetros de referência são embasadas principalmente no que preconiza a Organização Mundial da Saúde (OMS), onde o valor estabelecido como admissível para a ingestão diária é de 3,65 mg do íon nitrato (NO₃⁻) por Kg de peso corpóreo (WHO, 2011). Outro parâmetro utilizado no Brasil se baseia na Comunidade Europeia, cujo limites máximos permitidos de NO₃⁻, para alface produzida em ambiente protegido e no campo pode variar entre 2500 mg a 3500 mg kg⁻¹ de matéria fresca no período de verão, e entre 4000 e 4500 mg kg⁻¹ para o período de inverno (Luz Et Al., 2008; Pôrto et al., 2008).

O acúmulo de nitrato nos alimentos é um problema que tem chamado atenção de muitos pesquisadores, pois quando ingerido em grandes quantidades pode ser prejudicial à saúde (PÔRTO et al., 2008). As variações nos teores deste composto químico estão relacionadas às características das cultivares e aspectos relacionados a adubação nos sistemas de cultivo (Taiz E

Zeiger, 2013; Colla et al., 2018). Desta forma, enfatiza-se a importância da realização de pesquisas que contribuam para a elucidação desses fatores e suas influências na qualidade desta importante hortaliça para os consumidores brasileiros. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar o teor de nitrato nas folhas de alface Crespa e Mimosa em três sistemas de produção: convencional, orgânico e hidropônico em Campo Grande – MS.

2. Metodologia

O estudo foi conduzido em três propriedades localizadas no município de Campo Grande-MS, em ambientes distintos, caracterizados como: a) sistema de cultivo hidropônico; b) sistema de cultivo convencional; c) sistema de cultivo orgânico.

Em cada experimento foram avaliadas duas variedades de alface: Crespa cultivar TE 70 Robusta e Mimosa cultivar Nataly. As mudas foram adquiridas em viveiros certificados e provenientes dos mesmos lotes de sementes e mudas. O transplante nos três experimentos, ocorreram no dia 18 de setembro de 2019. Avaliou-se as duas variedades em quatro repetições, totalizando 8 parcelas em cada local. As parcelas foram compostas por 20 plantas espaçadas 25 x 25 cm nos três experimentos, distribuídas em quatro linhas com cinco plantas cada. Como parcela útil foram consideradas as seis plantas centrais de cada parcela.

Para o ambiente hidropônico utilizou-se canais de cultivo interligados em um único reservatório com solução nutritiva, acionado a cada 15 minutos contendo as fontes segundo a solução de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1938). O controle de pH, entre 5,5 a 6,5, e condutividade elétrica (EC) próximo de 1,2 a 1,0 mS cm⁻¹ da solução nutritiva foram monitorados diariamente.

Nos ambientes de produção convencional e orgânico, o transplante das mudas foi realizado em canteiros de 1,20 m de largura com quatro linhas longitudinais. No ambiente convencional os canteiros foram cobertos com cobertura plástica com filtro UV, sem proteção lateral. No ambiente orgânico os canteiros foram cultivados em campo aberto. As adubações química e orgânica foram realizadas de acordo com análise de solo e recomendações vigentes para os dois experimentos (Ribeiro et al., 1999). Para o cultivo orgânico realizou-se a adubação com esterco bovino compostado. As características químicas e física do solo foram determinadas segundo Donagema et al., (2011) e apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física de solo das áreas experimentais: Convencional Crespa (CC); Convencional Mimosa (CM); Orgânica Crespa (OC); Orgânica Mimosa (OM). Campo Grande, MS, (2019).

Tratamento	pH		P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ³⁺	MO ¹	S ²	t ³	T ⁴	V ⁵
	H ₂ O	CaCl ₂	mg dm ⁻³		-----	cmol _c dm ⁻³	-----	g dm ⁻³	---	cmol _c dm ⁻³	---	%
CC	6,98	6,52	189	126	8,5	3,4	0,65	33,3	12,2	12,2	12,9	95
CM	7,22	7,11	135	108	9,2	2,4	0,77	27,7	11,9	11,9	12,6	94
OC	7,19	7,01	73	68	6,0	1,5	0,61	14,7	7,7	7,7	8,3	93
OM	7,13	6,85	75	58	5,6	1,7	0,62	23,7	7,4	7,4	8,1	92

Tratamento	Argila	Silte	Areia			
			Total	Fina	Média	Grossa
			----- g kg ⁻¹ -----			
CC	485	241	274	213	62	0
CM	478	254	268	208	61	0
OC	125	62	813	413	273	128
OM	113	79	808	408	268	133

¹Matéria orgânica; ²Soma de bases; ³Capacidade de troca catiônica efetiva; ⁴Capacidade de troca catiônica pH 7; ⁵Saturação por bases. Fonte: Autores.

Aos 55 dias após o transplante foram colhidas amostras dos três experimentos. As plantas de alface foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas até o laboratório de Fertilidade de Solo da Universidade para as avaliações.

As parcelas úteis de cada tratamento tiveram as folhas destacadas e acondicionadas em sacos de papel. O material foi acondicionado em estufa de circulação forçada de ar, a $\pm 60^\circ\text{C}$ até peso constante. Após a secagem, a massa seca foi aferida em balança digital e calculou-se os respectivos teores de matéria seca em % pela diferença entre a massa fresca e a massa seca.

O teor de nitrato foi avaliado a partir das sub-amostras de matéria seca das folhas moídas em moinho tipo Whiley e peneiradas (42 mesh). O teor de nitrato (NO_3^-) foi analisado em esquema fatorial 3 x 2, três ambientes de cultivo: hidropônico, convencional e orgânico e duas variedades: Crespa e Mimosa, em blocos casualizados seguindo metodologia de Cataldo (1975). A comparação das médias observadas foi realizada pelo teste t, com significância $\leq 0,01$ e $\leq 0,05$. Com a interação significativa dos fatores ambiente x variedade, foi realizado o desdobramento.

3. Resultados e Discussão

A análise da variância demonstrou que não houve efeito significativo pelo teste de F nos teores de nitrato para blocos e variedade na matéria seca e massa fresca (MS e MF). Houve diferença significativa para a MS e MF no fator ambiente e para a interação ambiente x variedade (Tabela 2). As médias observadas dos teores de nitrato na MS e MF encontram-se na Tabela 3. Para o ambiente hidropônico, o acúmulo de nitrato na massa fresca foi menor na variedade mimosa quando comparada à crespa. Entretanto, na massa seca não foram observadas diferenças entre as variedades neste ambiente. Com base nesses resultados é possível inferir que o maior teor nitrato da variedade crespa pode estar relacionado com o maior teor de matéria seca como pode ser observado nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Análise da variância dos teores de nitrato na massa seca (MS) e na massa fresca (MF), observados em duas variedades e três ambientes em Campo Grande / MS - 2019, e desdobramento da interação ambiente x variedade dentro de ambientes, segundo esquema fatorial 3 x 2.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		F		Probabilidade > F	
	MS e MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF
Blocos	3	1905011	11983	2,72	2,57	0,0818ns	0,0933ns
Ambientes	2	95981804	826855	136,80	177,08	0,0001**	0,0001**
Variedades	1	2806623	3168	4,00	0,68	0,0639ns	0,4230ns
Ambientes x variedades	2	3721815	107848	5,30	23,10	0,0181*	0,0001**
Variedades dentro de hidropônico	1	247097	141973	0,35	30,40	0,5617ns	0,0001**
Variedades dentro de convencional	1	9536065	76889	13,59	16,47	0,0022**	0,0010**
Variedades dentro de orgânico	1	467090	4,0328	0,67	0,00	0,4273ns	0,9769ns

ns – não significativo; ** Significativo pelo teste de F ao nível de probabilidade $\leq 0,01$; * Significativo pelo teste de F ao nível de probabilidade $\leq 0,05$.

Fonte: Autores.

Tabela 3. Teor de nitrato na massa seca (MS) e fresca (MF) de plantas de alface das variedades Crespa e Mimosa, cultivadas em três ambientes: hidropônico, convencional e orgânico, no município de Campo Grande – MS, 2019.

Ambiente	Variedade	Nitrato MS (mg.kg ⁻¹)	Nitrato MF (mg.kg ⁻¹)
Hidropônico	Crespa	9089,03 a	973,27 a
Hidropônico	Mimosa	9440,53 a	706,83 b
Convencional	Crespa	4487,72 b	349,13 b
Convencional	Mimosa	6671,30 a	545,20 a
Orgânico	Crespa	2583,69 a	202,10 a
Orgânico	Mimosa	2100,43 a	203,52 a

Médias seguidas de letras diferentes, no mesmo ambiente, diferem estatisticamente pelo Teste t ao nível $\leq 0,05$ de probabilidade.
Fonte: Autores.

No ambiente de produção convencional observa-se teores de nitrato maiores para variedade Mimosa, tanto na massa fresca como na massa seca das folhas de alface. Já no ambiente de produção orgânico não se observou diferenças significativas nos teores de nitrato entre as variedades (Tabela 3). Importante fator a ser considerado, é que o acúmulo de nitrato é influenciado principalmente pelo caráter genético das plantas. Em geral, independente do sistema de cultivo as variedades de alface acumularam diferentes teores de nitrato nas folhas (Faquim & Andrade, 2004). Os resultados observados neste trabalho corroboram com estas afirmações, porém somente foram observados no sistema convencional. Nos sistemas orgânico e hidropônico não se observaram diferenças significativas entre as variedades no peso de MS.

Em trabalhos similares, comparando o teor de nitrato entre variedades de alface, foram observados resultados divergentes aos descritos nesse estudo. Ohse et al. (2017) encontraram diferenças significativas para os teores de nitrato nas amostras secas e frescas das variedades lisa, crespa e mimosa, cultivadas em sistema hidropônico. Os autores relataram maiores teores de nitrato para a variedade lisa, já para as variedades mimosa e crespa os teores de nitrato não diferiram. No entanto, independente de variedades, os resultados foram inferiores aos desse estudo, para teores de nitrato na matéria seca.

Para teores de nitrato em matéria fresca, Xavier (2011), encontrou valores mínimos de 258,59 mg kg⁻¹ e máximos de 1612,60 mg kg⁻¹, para alface crespa no sistema hidropônico, cujos valores máximos foram superiores aos deste estudo. Os diversos resultados encontrados para os teores de nitrato entre variedades de alface, sugerem influências do fator genético. Todavia os resultados estatísticos observados neste estudo apontam ocorrência de outras influências como os diferentes fatores envolvidos nos sistemas de produção avaliados (tabela 3).

Resultados publicados por Canella et al. (2018), permitem uma estimativa da quantidade média de alface adquirida para consumo nos domicílios brasileiros, na ordem de 4,8% do total de hortaliças, o que representaria um consumo diário de 2,21 g dia⁻¹ de alface *per capita*, estimado a partir do consumo total de hortaliças. No entanto, o consumo de alface no Brasil é de difícil mensuração devido variações entre as diferentes classes sociais, influência dos costumes alimentares das famílias, dentre outras diferenças regionais e culturais.

Dados mais recentes apontam um consumo de alface de 5,22 kg por ano por pessoa, ou seja, 14,3 g dia⁻¹, ou ainda 7,15 g por refeição, considerando a média de duas refeições ao dia. Estes dados foram calculados com base na população brasileira em 2020 de 211.652.518 habitantes e a produção de alface em 2017 de 1.701.802 t, com uma perda total estimada de 35% (Hortifruti Brasil, 2017; Ibge, 2020).

Preocupações relacionadas a concentração de nitrato observada nos vegetais levaram Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) a estabelecerem limites máximos tolerados (LMT) tanto para os íons nitrato como nitritos. Fixaram-se então limites máximos permitidos para a ingestão humana diária de 3,65 mg do íon nitrato por kg de peso corporal (WHO, 1985). Este valor corresponde a ingestão média de 255,5 mg dia⁻¹ de nitrato para um homem de 70 kg.

De acordo com os resultados observados neste estudo, pode-se inferir que o consumo de alface oriunda do sistema hidropônico pode corresponder respectivamente, ao consumo de 262,51 g e 361,15 g dia⁻¹ de alface, para atingir 255,5 mg de nitrato (Tabela 4). Valores muito acima dos 14,3 g dia⁻¹ estimados como consumo *per capita* (Hortifruti Brasil, 2017; Ibge, 2020). No sistema hidropônico foram observados os maiores teores de nitrato, 973,27 mg kg⁻¹ para as variedades cressa e mimosa de 706,83 mg kg⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 4. Resultados observados em folhas de duas variedades de alface avaliadas em três sistemas de produção, referentes a ingestão diária aceitável de nitrato (IDA), em gramas de matéria fresca, de acordo com os limites estabelecidos pela FAO e OMS (WHO, 1985) e percentual de nitrato observado na matéria fresca em relação aos limites estabelecidos pela União Europeia e alguns países do bloco (Mccall E Willumsen, 1998; Menard Et Al., 2009; European Union, 2011). Campo Grande – MS, 2019.

Ambiente	Variedades	IDA (g) ¹	U. européia						
			U. européia		França	Alemanha	Áustria	Itália	Suíça
			Verão	Inverno					
3000 ²	5000 ²	4500 ²	2000 ²	1500 ²	1000 ²	875 ²			
Hidropônico	Cressa	263	32%	19%	22%	49%	65%	97%	111%
Hidropônico	Mimosa	361	24%	14%	16%	35%	47%	71%	81%
Convencional	Cressa	732	12%	7%	8%	17%	23%	35%	40%
Convencional	Mimosa	469	18%	11%	12%	27%	36%	55%	62%
Orgânico	Cressa	1264	7%	4%	4%	10%	13%	20%	23%
Orgânico	Mimosa	1255	7%	4%	5%	10%	14%	20%	23%

¹ Considerando 3,65 mg kg de peso corpóreo para uma pessoa de 70 kg (FAO), e o limite de 255,5 mg dia⁻¹ de nitrato para atingir 100% da IDA. ² Concentração máxima de nitrato permitida em folhas de alface em mg kg⁻¹.
 Fonte: Autores.

No ambiente convencional de cultivo (Tabela 3), os teores de nitrato para matéria fresca e seca das plantas de alface foram maiores para a variedade mimosa. Resultados semelhantes foram obtidos por Pavan e Paes (2015), onde a variedade mimosa convencional apresentou maior teor de nitrato comparado com a variedade cressa. Estes valores observados no ambiente convencional, quando convertidos para consumo diário, também estão abaixo dos limites estabelecidos pela FAO e OMS. Logo uma pessoa com 70 kg, para ingerir o limite de 255,5 mg kg⁻¹, poderá consumir até 731,82 g e 468,63 g dia⁻¹ de alface cressa e mimosa respectivamente, cultivadas no sistema convencional (Tabela 4), o que corresponde aproximadamente a cinco plantas de alface cressa e três plantas de alface mimosa por dia.

No cultivo orgânico os teores de nitrato observados foram os menores entre os ambientes avaliados e não diferiram estatisticamente entre as variedades (Tabela 3), porém estão acima dos valores apresentados por Souza (2012), para amostras

secas das cultivares Lisa (170,88 mg kg⁻¹), Crespa (112,10 mg kg⁻¹) e Americana (261,04 mg kg⁻¹). Silva et al. (2011) ao avaliarem os teores de nitrato na alface do grupo cressa, cultivar Vera obtiveram valores inferiores (66,7 mg kg⁻¹) aos deste estudo.

Estudos comparativos têm demonstrado menor teor de nitrato para alfaces cultivadas em sistema orgânico em relação ao convencional e hidropônico (XAVIER, 2011), assegurando um maior limite de consumo, para ambas as variedades (Tabela 4).

A União Europeia, a fim de reduzir o risco referente ao consumo de nitrato pela população, introduziu limites máximos permitidos da concentração de nitrato em alface (European Union, 2011), sendo permitidos no período de verão de 2500 à 3500 mg kg⁻¹ e 4000 à 4500 mg kg⁻¹ para o período de inverno. Todavia, esses limites divergem bastante entre os países europeus. Para a massa fresca, a França por exemplo, estipula teores entre 2500 a 4500 mg kg⁻¹, Alemanha: 2000 mg kg⁻¹, Áustria: 1500 mg kg⁻¹, Itália: 1000 mg kg⁻¹ e Suíça de 875 mg kg⁻¹ (Mccall & Willumsen, 1998; Menard et al., 2009).

Comparando os limites estabelecidos pela União Europeia e alguns países do bloco com os resultados deste estudo os valores ficaram abaixo dos limites estabelecidos, mesmo no ambiente hidropônico. No sistema hidropônico de cultivo observou-se os maiores teores de nitrato nas folhas de alface, exceto para a Suíça que possui os valores mais restritivos, 875 mg kg⁻¹, e a variedade cressa superou em 11% o teor permitido (Tabela 4).

Para o ambiente convencional os teores de nitrato observados variaram de 7% a 18% dos teores permitidos pela União Europeia para as duas variedades. Os teores de nitrato observados também ficaram abaixo dos limites estabelecidos por outros países: variando entre 8% e 55 % para a França, Alemanha, Áustria e Itália, e atingiram o máximo de 62% para o parâmetro suíço que é mais restritivo (Tabela 4). Já os teores de nitrato observados no ambiente orgânico, das duas variedades, ficaram abaixo dos valores estabelecidos pela União Europeia, não atingindo 7% (Tabela 4). Os teores atingiram o máximo de 5% do limite estabelecido pela França, 10% em relação à Alemanha, 14% para a Áustria, 20% para a Itália e 23% para a Suíça.

No Brasil o nitrato é utilizado em alimentos industrializados à base de carnes e outros produtos. Seu uso, assegurado por legislação específica, justifica-se principalmente por garantir efeito bacteriostático na preservação destes alimentos em meio ácido. Para este fim a legislação brasileira tolera o teor de nitrato na proporção máxima de até 1mg Kg⁻¹ de alimento (Brasil, 1998). Por outro lado, apesar da diversidade de trabalhos apontando variações nos teores de nitrato em hortaliças, ainda não se tem uma normativa que possa trazer maior segurança alimentar aos consumidores. Assumir os limites máximos tolerados (LMT) estabelecidos pela FAO e OMS, ou ainda, os limites fixados pela União Europeia, determinados para as condições de cultivo em clima temperado, não representam um parâmetro adequado e podem estar muito distantes dos teores de nitrato encontrados nas hortaliças cultivadas no Brasil, como pode se observar neste estudo. Tanto a absorção como a assimilação dependem da irradiância luminosa e da fotossíntese, que fornecem os esqueletos de carbono necessários para integrar o amônio derivado da redução do nitrato, e os elétrons necessários para a redução do nitrato em nitrito pela enzima nitrato redutase (Colla et al., 2018).

Considerando o ambiente de cultivo e os teores de nitrato observados, a produção orgânica permite uma redução no teor de nitrato na ordem de 79% para variedade cressa e 71% para variedade mimosa em relação ao ambiente hidropônico, onde verifica-se o maior acúmulo. Para o ambiente convencional a redução foi de 42% e 63% para variedade cressa e mimosa, respectivamente (Tabela 3).

Esses resultados comprovam outras observações. Segundo a *Agence Française de Securite Sanitaire des Aliments* (AFSSA, 2003), os métodos de agricultura biológica/orgânica permitem a redução de 30 a 50% nos teores de nitratos das hortaliças, em relação aos métodos convencionais.

4. Conclusão

O sistema de cultivo e o fator varietal, alteram significativamente o teor de nitrato em folhas de alface. O sistema de cultivo orgânico proporcionou os menores teores de nitrato nas folhas de alface enquanto o sistema de cultivo hidropônico proporcionou o maior acúmulo de nitrato. Os teores de nitrato, observados em folhas de alface, nos três ambientes estudados, foram inferiores aos padrões estabelecidos pela FAO/OMS e União Europeia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida. Ao Conselho de Ciência e Tecnologia Desenvolvimento (CNPq) pelo fornecimento da bolsa de pesquisa PQ2 e a Universidade Anhanguera-Uniderp pelo aporte financiamento do Grupo de Pesquisa em Produtos Naturais e Sistemas de Produção Agropecuária Sustentável.

Referências

- Afssa - Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. (2003) *Évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique*. Rapport Afssa. Maisons-Alfort: Ed Afssa.
- Barth, G., Otto, R., Almeida, R. F., Cardoso, E. J. B. N., Cantarella, H., & Vitti, G. C. (2019). Conversion of ammonium to nitrate and abundance of ammonium-oxidizing-microorganism in tropical soils with nitrification inhibitor. *Scientia Agricola*, 77 (4), e20180370. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0370>.
- Canella D. S., Louzada M. L. C., Claro, R. M., Costa, J. C., Bandoni D. H., Levy R. B., & Martins, A. P. B. (2018). Consumo de hortaliças e sua relação com os alimentos ultraprocessados no Brasil. *Revista Saúde Pública*, 52 (50). 10.11606/S1518-8787.2018052000111.
- Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E., & Youngs, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. (1975). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6 (1), 71-80. 10.1080/00103627509366547.
- Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., & Rouphael, Y. (2018). Nitrato em frutas e legumes. *Science Horticulturae*, 237, 221–238. 10.1016/j.scienta.2018.04.016
- Echer, R., Lovatto, P. B., Trecha, C. O., & Schiedeck, G. (2016). Alface à mesa: implicações sócio econômicas e ambientais da semente ao prato. *Revista Thema*, 13 (3), 17-29. 10.15536/thema.13.2016.17-29.361.
- Donagema, G. K., Campos, D. V. B., Calderano, S. B., Teixeira, W. G., & Viana, J. H. M. (2011). *Manual de métodos de análise de solos*: EMBRAPA Solos.
- European Union. (2011). Commission regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union L 320/15*, 54 (3).
- Faquin, V., & Andrade, A. T. (2004). *Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças*: UFLA/FAEPE.
- Filgueira, F. A. R. (2013). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*: UFV.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. L. (1938). *The water culture methods for growing plants without soil*. Berkeley, USA: California Agriculture Station. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc2.ark:/13960/t51g1sb8j&view=1up&seq=1>.
- Hortifruti Brasil. (2017) *Anuário 2017-2018: Edição Especial*, 1 (174). <https://www.hfbrasil.org.br/revista/acessar/completo/analise-2017-2018.aspx>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html?utm_source=portal&utm_medium=popclock&utm_campaign=novo_popclock.
- Luz, G. L., Medeiros, S. L. P., Manfron, P. A., Amaral, A. D. D., Müller, L., Torres, M. G., & Mentges, L. (2008). A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. *Ciência Rural*, 38 (9), 2388-2394.
- Maniglia, E. (2009). As interfaces do direito agrário e dos direitos humanos e a segurança alimentar: UNESP; Cultura Acadêmica.
- Maynard, D. N., Barker, A. V., Minotti, P. L., & Peck, N. H. (1976). Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, 28 (1), 71-118. 10.1016/S0065-2113(08)60553-2.
- Menard, C., Heraud, F., Volatier, J. L., & Leblanc, J. C. (2009). Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. *Food additives and contaminants*, 25 (8), 971-988. 10.1080/02652030801946561.
- Ohse, S., Dourado-Neto, D., Manfron, P. A., Otto, R. F., & Godoy, A. R. (2017). Rendimento e acúmulo de nitrato em alface hidropônica sob proporções de nitrato e amônio. *Campo Digital*, 12 (1), 52-64.

- Ohse, S., Ramos, D. M. R., Carvalho, S. M. D., Fett, R., & Oliveira, J. L. B. (2009). Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. *Bragantia*, 68 (2), 407-414.
- Pavan, C. S., & Paes, E. S. (2015). *Interferência da cultivar e formas de cultivo nas características físicas e físico-químicas da alface pós-colheita*: UTFPR.
- Pimentel-Gomes, F., & Garcia, C. H. (2002). *Estatística aplicada à experimentos agronômicos e florestais*: FEALQ.
- Pôrto, M. L., Alves, J. C., Souza, A. P., Araujo, R. C., & Arruda, J. A. (2008). Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral nitrogen supply and organic fertilization. *Horticultura Brasileira*, 26 (1), 227-230. 10.1590/S0102-05362008000200019.
- Riberio, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez V, V. H. (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.
- 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 (02), 242-245.
- Secretaria de vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. *Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998, republicada no diário oficial da união de 22 de março de 1999*. Aprova Regulamento Técnico: "Atribuição de função de aditivos, aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – carne e produtos cárneos". <http://www.anvisa.gov.br/alimentos>.
- Souza, A. L. G. D. (2012). *Efeito dos sistemas de produção orgânico e convencional na qualidade nutricional de alface dos grupos lisa, crespa e americana*: UFS.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*: Artemed.
- Vilela, N. J., & Luengo, R. F. A. (2017). *Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil*. <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/>.
- WHO - World Health Organization. (1985). *Health hazards from nitrate in drinking-water*. Copenhagen: World Health Organization. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/203.3-85HE-993.pdf>.
- WHO - World Health Organization. (2004). *Fruits and vegetables for health*. Kobe: World Health Organization. http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/fruit_vegetables_report.pdf.
- WHO - World Health Organization. (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva: World Health Organization. https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq3rev/en.
- Xavier, V. L. (2011). *Teor de nitrato em alfaves comercializadas na cidade do Recife produzidas sob diferentes sistemas de cultivo*: UFPE.