

ANDRÉ HENRIQUE DE OLIVEIRA LOPES

**DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL DO RADICCHIO (CHICÓRIA DE FOLHA - *Cichorium intybus* L.) UTILIZADA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA NA REGIÃO CENTRO OESTE DO BRASIL**

CAMPO GRANDE

2017

ANDRÉ HENRIQUE DE OLIVEIRA LOPES

**Determinação da composição mineral do Radicchio (chicória de folha -  
*cichorium intybus L.*) utilizada na alimentação humana na região centro oeste  
do Brasil**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Valter Aragão do Nascimento

CAMPO GRANDE

2017

**Dedico a meus filhos Caio e Julia pelo amor incondicional e a meus saudosos pais H elio e Ezourda por sempre acreditarem que a educação   a melhor herança que se deixa para um filho.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado força e saúde.

Ao meu orientador e amigo de muitos anos Prof. Dr. Valter Aragão do Nascimento pelo incentivo e ter acreditado no meu potencial como aluno, e ter me orientado com muita dedicação.

Ao Prof. Dr. Petr Melnikov pelo apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Mato grosso do Sul, especialmente ao Programa de Pós-graduação Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste-UFMS, professores e funcionários, em especial à Áurea Gobi.

Ao Instituto de Física, em especial a Prof. Dr<sup>a</sup>. Dorotéia de Fátima Bozano, por desde cedo ter me incentivado nos estudos e pesquisa.

Ao Prof. Dr. Anderson Rodrigues Caires, pela amizade e apoio.

Aos meus colegas de mestrado, que sempre me ajudaram nos estudos e atividades do curso.

Ao Prof. Dr. Anderson Fernandes do FAMED/UFMS pela amizade e atenção.

Ao estimado amigo Dr. Welington Guimarães, pelos bons conselhos.

À minha família, e em especial aos meus sobrinhos.

Por último, a todos que participaram direta ou indiretamente e contribuíram para a realização deste trabalho.

**“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”**

***(Chico Xavier)***

## RESUMO

Radicchio (*Cichorium intybus L*) é uma chicória de folhas e é cultivada como um vegetal, pertencente à família da Asteraceae. Suas folhas geralmente possuem cores vermelhas ou roxas, possuindo veias brancas. Em vários países é consumida principalmente como salada, entretanto, não existem estudos sobre sua composição elementar, principalmente no Brasil. O objetivo do presente trabalho foi quantificar os macroelementos (Na, K, Ca, Mg e P) e microelementos (Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Al, Cd, Ni, Co e Si) na Chicória de folha utilizada como alimento humano na cidade de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. As digestões químicas das amostras foram preparadas usando HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, e depois colocadas no sistema de digestão com microondas. Após a digestão, as concentrações dos elementos na chicória de folha foram determinadas através da técnica de espectrometria de emissão óptica - plasma Induzmente acoplado (ICP-OES, Thermo Scientific - Série iCAP 6000). Os resultados obtidos das concentrações de chicória foliar foram comparados com as ingestões dietéticas de referência. A concentração detectada de macro elementos na chicória das folhas diminui na ordem: K > P > Ca > Mg > Na. Assim como a concentração de microelementos diminui na ordem: Fe > Al > Si > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Cd > Mo > Co. A chicória de folha é excelente fonte de K, Ca, Mg, P, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn para crianças e adultos. Por outro lado, a chicória de folhas não é considerada fonte de sódio para crianças e adultos. A concentração de K, Cr, Fe e Al esta acima do limite recomendado por FAO/OMS (1984) e outros países. A chicória de folhas tem macroelementos e microelementos em grande quantidade, podendo ser utilizada como uma parte importante das dietas de pessoas, uma vez que não excede os limites permitidos estabelecidos pela OMS e FAO, RDA/AI e UL. Os órgãos competentes não avaliaram as concentrações de elementos como Al, Cd, Ni, Co e Si, a fim de estabelecer um nível de ingestão superior tolerável ou RDA / AI para humanos. A falta de estudos de efeitos adversos após a ingestão excessiva de um nutriente não significa que os efeitos adversos não ocorrem.

**Palavras-chave:** Chicória foliar, Radicchio, espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)

## ABSTRACT

Radicchio (*Cichorium intybus* L.) is a leaf chicory and is grown as a leaf vegetable which usually has white-veined red or purple leaves and it belongs to the Asteraceae family. In several countries is consumed mainly as salad, but no studies on their elemental composition has been done, principally in Brazil. The aim of present work was to measure the macroelements (Na, K, Ca, Mg and P) and microelements (Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Al, Cd, Ni, Co and Si) in the leaf Chicory used as human nourishment in the Campo Grande, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. Chemical digests of samples were prepared using HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and then placed in the microwave digestion system. After digestion, the concentrations of the elements in leaf chicory were determined by the technique of Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Thermo Scientific - iCAP 6000 Series). Results obtained of the concentrations of leaf chicory were compared with the dietary reference intakes. Detected concentration of macro elements in leaf chicory decreases in the order: K > P > Ca > Mg > Na. As well as the concentration of microelements decreases in the order: Fe > Al > Si > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Cd > Mo > Co. Leaf chicory is excellent source of K, Ca, Mg, P, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn for children and adults. On the other hand, leaf chicory is not considered a source of sodium for children and adults. Concentration of K, Cr, Fe, and Al are above the limit recommended limit by FAO/WHO (1984) and others countries Leaf chicory has macro and microelements in ample amount; it can be used as an important part of people's diets. Since it not exceed allowable limits set by WHO and FAO, RDA/AI and UL. Competent organs have not evaluated concentrations of elements as Al, Cd, Ni, Co and Si in order to establish a tolerable upper intake level or RDA/AI for human. The lack of studies of adverse effects following excess intake of a nutrient does not mean that adverse effects do not occur.

**Keywords:** Leaf Chocory, Radicchio, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-OES)

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Taxonomia de <i>Cichorium intybus</i> , incluindo subespécies, variedades botânicas e grupos de cultivares (Adaptado de Lucchin et al. [21]). .....	22
<b>TABELA 2</b> - Validação do método, série ICAP 6000-Duo, Thermo Scientific, nebulização pneumática. Macroelementos e microelementos com comprimentos de onda (nm) e Linearidade ( $R^2$ ). .....	40
<b>TABELA 3</b> - Condições de funcionamento para o Sistema de digestão por micro-ondas. ....	41
<b>TABELA 4</b> - Concentração elementar (mg/100g) de folhas de <i>cichorium intybus</i> Linnaeus (chicória foliar) ou Radichio comparada com as doses dietéticas recomendadas/ingestão adequada (RDA/AI) e valores toleráveis de ingestão superior (UL) para crianças (1-3 anos) e para adultos (14-70 anos).....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AFLP</b>	<i>Amplified Fragment Length Polymorphism (Polimorfismo de Comprimento de Fragmento Amplificado).</i>
<b>AI</b>	<i>Adequate Intake (Ingestão Adequada).</i>
<b>ANVISA</b>	<i>Agência Nacional de Vigilância Sanitária.</i>
<b>DCNT</b>	Doenças Crônicas Não Transmissíveis.
<b>DNA</b>	<i>Deoxyribonucleic Acid (Ácido Desoxirribonucleico).</i>
<b>DRI</b>	<i>Dietary Reference Intakes (Ingestão Diária Recomendada).</i>
<b>DRV</b>	<i>Valor de Referência Diário.</i>
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> <i>(Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura).</i>
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global).
<b>GRIN</b>	Germplasm Resources Information Network (Rede de informação sobre recursos de germoplasma).
<b>ICP-EOS</b>	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (Espectrômetria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado).
<b>IOM</b>	Institute of Medicine (Instituto de Medicina).
<b>ITS</b>	Internal Transcribed Spacer (Espaçador Transcrito Interno).
<b>Mt</b>	Mil toneladas.
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde.
<b>RDA</b>	Recommended Dietary Allowance (Ingestão Diária Recomendada).
<b>rDNA</b>	Ribosomal Deoxyribonucleic Acid (Ribossomo Ácido Desoxirribonucleico).
<b>RFLP</b>	Restriction Fragment Length Polymorphism (Polimorfismo no Comprimento de Fragmentos de Restrição).
<b>ULs</b>	Tolerable Upper intake levels (Limite Superior Tolerável de Ingestão Máxima).
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos).
<b>SSR</b>	Simple Sequence Repeat (Repetição de Seqüência Simples).

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Al</b>	Alumínio
<b>Cd</b>	Cádmio
<b>Cl</b>	Cloro
<b>Co</b>	Cobalto
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Cu</b>	Cobre
<b>F</b>	Flúor
<b>Fe</b>	Ferro
<b>K</b>	Potássio
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>Mn</b>	Manganês
<b>Mo</b>	Molibidênio
<b>Na</b>	Sódio
<b>Ni</b>	Níquel
<b>P</b>	Fósforo
<b>S</b>	Enxofre
<b>Si</b>	Silício
<b>Zn</b>	Zinco

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Uma visão geral dos principais biotipos cultivados de Radicchio italiano.  
.....24
- Figura 2** - Coordenadas geográficas de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil  
.....38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	17
2.1 Vegetais: Breve Histórico .....	17
2.2 Taxonomia e Biologia da Chicória .....	20
2.3 Relevância dos Produtos Naturais .....	25
2.4 Macroelementos e Microelementos.....	26
2.4.1 Potássio.....	26
2.4.2 Magnésio.....	26
2.4.3 Sódio .....	27
2.4.4 Fósforo .....	27
2.4.5 Cromo.....	28
2.4.6 Cobre.....	29
2.4.7 Ferro.....	30
2.4.8 Manganês.....	31
2.4.9 Molibdênio .....	31
2.4.10 Zinco.....	32
2.4.11 Silício.....	32
2.4.12 Níquel .....	33
2.4.13 Cobalto .....	34
2.4.14 Cádmio .....	34
2.4.15 Alumínio .....	35
2.5 Produção e Comercialização de Radichio no Brasil.....	36
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	37
3.1 Objetivo Geral .....	37
3.2 Objetivos Específicos .....	37
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	38
4.1 Coleta e Identificação do Material Vegetal .....	38
4.2 Preparo das Amostras.....	39
4.3 Análise Elementar pela Técnica ICP-OES .....	39
4.4 Requisitos Básicos de Comparação.....	41
4.5 Definições de “boa fonte” e “excelente fonte” .....	42
4.6 Análise Estatística .....	43

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	44
5.1 Microelementos.....	45
5.1.1 Sódio.....	45
5.1.2 Potássio.....	45
5.1.3 Cálcio.....	46
5.1.4 Magnésio.....	46
5.1.5 Fósforo.....	47
5.2 Macroelementos.....	48
5.2.1 Cromo.....	48
5.2.2 Cobre.....	48
5.2.3 Ferro.....	49
5.2.4 Manganês.....	49
5.2.5 Molibdênio.....	50
5.2.6 Zinco.....	51
5.2.7 Alumínio.....	51
5.2.8 Cádmió.....	52
5.2.9 Níquel.....	53
5.2.10 Cobalto.....	53
5.2.11 Silício.....	54
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

A desnutrição é um dos principais fatores de preocupação e é uma das principais causas de mortalidade em idosos [1]. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a desnutrição contribui para mais de um terço de todas as mortes de crianças. Devido o aumento dos preços dos alimentos e a escolha errônea de alimentos altamente nutritivos, estas são causas mais comuns de desnutrição. Existem outros fatores que contribuem para a desnutrição, como o aleitamento materno inadequado e má alimentação [2]. De acordo com a estimativa da OMS em 2013, 5,2 milhões de mortes em todo o mundo seriam atribuídas ao consumo inadequado de frutas e legumes [3]. Em 2006, apenas uma pequena minoria da população mundial consome a ingestão média de frutas e verduras recomendada por alguns países ou serviços de saúde. De fato, estudos revelaram que a ingestão regular de frutas e vegetais reduz o risco de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, neurodegenerativas, dentre outras, além de combater o envelhecimento [4].

Diante do exposto, os vegetais são alternativas saudáveis para a alimentação humana e são fontes de muitos nutrientes, sendo recomendados para a suplementação da dieta humana. No Brasil existe um grande número de hortaliças e uma variedades de frutos ainda poucos investigados cientificamente [5]. Vegetais como a *Cichorium intybus Linnaeus* (chicória foliar) são alimentos importantes na dieta do povo brasileiro, bem como em outros países [6]. A chicória é cultivada em hortas de pequeno porte em algumas regiões europeias [7]. No Brasil e na Itália, a chicória foliar é chamada "Radicchio", sendo consumida principalmente como salada. A produção e o comércio do Radichio têm aumentado no Brasil, é considerado um vegetal importante devido à alta proporção da renda agrícola. Radichio é um perennial e tem um crescimento rápido, apresenta cores vermelho-colorido [8]. Em trabalhos recentes [6], a classificação botânica do gênero *Cichorium* é relatada e uma descrição detalhada dos biotipos mais importantes cultivados é apresentada.

Na medicina popular brasileira, algumas espécies de chicória ajudam na digestão e limpeza do cólon pelo seu teor de fibras 2,2g/100g [8]. Além disso, do ponto de vista da medicina tradicional, a chicória tem sido usada para combater vermes intestinais e parasitas. Radichio foliar possui efeito de promover a produção

de bile, que melhora a digestão e reduz o colesterol e pode ajudar a baixar a pressão arterial. Além disso, estudos mostraram que suas folhas são excelentes fontes de compostos fenólicos, flavonóides e antioxidantes [10]. Um relatório publicado em 2012 revela que o radichio contém quantidades moderadas de vitaminas do complexo B como tiamina (vitamina B1), niacina (B3) e piridoxina (vitamina B6), vitamina C e vitamina K1 [11]. O radichio também tem folato (vitamina B9) que são conhecidos por fornecer benefícios neurológicos [12]. De acordo com a sugestão de alguns estudos, a ingestão total de folato com ou acima da dose dietética recomendada (RDA) está associada a um risco reduzido de doença de Alzheimer [13].

O radichio é benéfico no tratamento de várias doenças, uma vez que possui cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, fósforo, selênio e zinco. Valores das concentrações citadas de elementos estão disponíveis na base de dados liberadas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) [14]. No entanto, dependendo de suas fontes geográficas, por vezes, o conteúdo de macromelementos e microelementos ou metais pesados pode diferir em concentração e quantidade de elementos, o que pode levar a toxicidade grave. Vegetais e frutas estão sujeitos às condições climatológicas circundantes, bem como à composição mineral do solo como lixiviação, pH do solo, solo limitado, nivelamento da terra, alto nível de fosfato, compactação do solo, solos orgânicos alterados pela adição de estrume e poluição de metais devido a exposição ao ambiente [15].

Quase todos os tipos de solos conhecidos pelos cientistas, existem no Brasil. O Brasil tem um solo diferente de outros países (terra roxa, massapé, salmorão e aluviais) [16]. Assim, a concentração e a quantidade de elementos detectados em algumas plantas podem ser diferentes entre os países e suas regiões. Existe uma lacuna no conhecimento sobre a composição dos elementos nos vegetais que precisa ser preenchido. É muito importante conhecer os níveis de macromelementos e microelementos em vegetais para estimar seu papel como fontes desses componentes na dieta humana porque em níveis elevados esses elementos também podem ser perigosos e causar toxicidade. [17]

É necessário conhecer os níveis de macromelementos e microelementos em vegetais para avaliar seu papel como fontes desses componentes na dieta humana porque, acima dos níveis elevados de exigência, esses elementos podem

representar um risco de efeitos adversos sobre a saúde. Para muitos leigos foi e ainda é difícil de entender e aceitar tal evidência. Portanto, é importante ter um olhar sobre o controle de boa qualidade de produtos hortícolas, a fim de proteger os consumidores contra a contaminação.

Os macroelementos são necessários em quantidades superiores a 100 mg/dia e os microelementos são necessários em quantidades inferiores a 100 mg/dia. Macroelementos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo) possuem funções vitais nos organismos vivos. Para humanos os microelementos como zinco, ferro, cobre, cromo, molibdênio, selênio e cobalto são considerados essenciais, pois, são catalizadores de reações enzimáticas, mantêm o equilíbrio orgânico tanto da célula viva animal e dos vegetais [18].

O objetivo do presente trabalho foi quantificar pela primeira vez os macroelementos (Na, K, Ca, Mg e P) e microelementos (Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Al, Cd, Ni, Co e Si) na Chicória foliar utilizada para consumo humano e principalmente por populações da cidade de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste do Brasil. Até a presente data, não existem estudos publicados sobre composição química de Chicória foliar no Brasil ou outros países. O teor de macroelementos e microelementos, após digestão por microondas, foi determinado por espectroscopia de emissão de plasma acoplada indutivamente (ICP - OES). Os resultados obtidos com a concentração de macroelementos e microelementos foram comparados com a dose diária recomendada (RDA), ingestão adequada (AI) e nível de ingestão tolerável (UL).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Vegetais: Breve Histórico

A chicória é cultivada em pequenas áreas sendo parte da cultura tradicional europeia e, embora não possa ser considerada autóctone, a sua domesticação como cultura vegetal ocorreu na Europa continental, onde gradualmente se diferenciou em uma variedade de tipos cultivados. De acordo com Street et al. [19], *Cichorium intybus* pode ser dividido em quatro variedades de acordo com a finalidade e uso para que foi cultivada:

(I) Chicória "industrial" ou "raiz", predominantemente cultivada no noroeste da Europa, Índia, África do Sul e Chile. Atualmente, a principal utilização da raiz deste tipo de chicória é principalmente a extração de inulina ou, numa escala mais limitada, para a produção de um substituto de café;

(II) A chicória "forrageira", variedade inicialmente derivada da chicória selvagem, foi domesticada desde meados da década de 1970 para intensificar a obtenção de forragem em pastagens perenes para o gado;

(III) A chicória "Bruxelas" ou "Witloof", comumente cultivada na Europa como cultura industrial de gemas etioladas obtidas por forçamento (isto é, o processo de branqueamento utilizado para obter o produto comercial geralmente denominado "chicon");

(IV) Chicória "foliar", também chamada de "Radichio" ou chicória roxa, é cultivada em algumas partes da Itália e Brasil, sendo conhecida como componente importante de saladas frescas e é muitas vezes cozida e preparada de acordo com as tradições e hábitos alimentares de cada país [20].

A *Cichorium intybus* é cultivada principalmente em toda a Europa continental, no sudoeste da Ásia e em áreas limitadas da América do Norte, África do Sul e Austrália. Conhecida pelos egípcios como uma planta medicinal [21] e utilizada como uma cultura de vegetais por gregos antigos e os romanos [21], a chicória sofreu gradualmente um processo de naturalização na Europa. Como citamos anteriormente, embora não possa ser considerada como uma espécie autóctone tornou-se parte da flora europeia natural e agrícola. *C. selvagem intybus* é encontrada em uma grande parte do continente europeu, e têm sido utilizados como ingrediente importante em pratos típicos, fazendo parte da dieta destas populações

locais durante muitos anos. Esta grande diversificação entre regiões, pode ser tanto a consequência como a causa da grande diferenciação entre os vários tipos de chicória, acarretando e originando um número cada vez maior de grupos de cultivares, tipos e populações que integram a paisagem hortícola do gênero *Cichorium*. Este gênero possui um interesse histórico, cultural, agrônômico, comercial e científico [21].

A denominada "chicória de raiz" deriva da chamada "chicória de Magdebourg", é conhecida e tradicionalmente utilizada em alguns países europeus como um substituto do café desde o final do século XVI, que teve por sua vez, uma extraordinária importância na época de Napoleão. Por outro lado, um vegetal muito importante, a chamada "chicória Witloof" ou "endívia belga", talvez o mais conhecido entre as chicórias folhosas, é considerado um derivado de chicória de Magdebourg. É comumente aceito que os primeiros brotos amarelados pálidos da chicória de Witloof foram casualmente obtidos por um fazendeiro belga em torno da década de 1870, que tinha observado e colhido os rebentos de um estoque de raízes amontoadas no outono e deixadas à parte durante a estação de frio, esperando ser secadas e aterradas [22].

Em decorrência da falta de informações que forneçam dados detalhados sobre a produção e o comércio de hortícolas como a chicória roxa, é inviável a tentativa de fornecer informações confiáveis sobre a difusão e a importância econômica da cultura de expansão deste vegetal na Europa, onde a chicória é cultivada. Resultados estatísticos mais recentes relativos ao mercado europeu incluem frequentemente a chicória na declaração geral "saladas", ou são consideradas juntamente com a alface, que é, de longe, o vegetal mais importante a nível europeu e mundial [23].

A partir de informações confiáveis e estatísticas de cada país, e, com base em dados acessíveis, é possível afirmar que a Itália é um dos grandes produtores da chicória foliar. Embora esta cultura não contribua significativamente para o rendimento agrícola total, a mesma é muito importante a nível local em certas regiões da Itália, onde se concentra de 80% a 90% da produção. Na Itália, a região do Veneto representa 66% da produção nacional e 59% da produção nacional particular de chicória vermelha, denominada "radicchio". O cultivo de outros tipos de chicória, como a chicória de Catalogne, tanto na França como na Itália, é muito

menos concentrado e pode estender-se para o sul. Além disso, vale a pena destacar que a chicória não é apenas importante para a economia local, mas também pode ter significado em uma escala de comércio internacional. De acordo com um trabalho publicado em 2011, as importações norte-americanas de chicória equivalem a 175000 toneladas, atingindo um valor de 185.131.000 dólares. Metade dos montantes, tanto em quantidade como em valor são representados pela chicória Witloof, para a qual a importação da Bélgica e dos Países Baixos atingiu mais de 90% do total. Assim, embora a produção cresça a uma escala regional na Europa, a chicória tem um lugar entre os vegetais e pode representar uma fonte de renda para os agricultores em áreas onde tem sido tradicionalmente cultivadas [23].

Dentro deste panorama podemos destacar duas observações. A primeira refere-se à diminuição acentuada das importações de chicória não qualificada dos EUA provenientes da Europa, em particular da Bélgica, dos Países Baixos e da Itália (2622 Mt em 1996, 536 Mt em 2002, 1,856 Mt em 2011), o que corresponde ao aumento das importações provenientes de Central e Sul da América (1046 Mt em 1996, 2522 Mt em 2002, 149 Mt em 2011). Em comparação com os valores estáveis ou ligeiramente superiores registados durante o mesmo período relativamente à chicória Witloof (entre 2000 e 2400 Mt), esta tendência parece indicar que a Witloof beneficiou da qualidade e da normalização do produto comercializável. A segunda observação em destaque se refere ao radicchio que tem recebido uma crescente atenção tanto na Europa como nos EUA, assim como no exterior, onde o seu cultivo iniciou há alguns anos, possuindo folhas vermelhas e suas variedades são particularmente apreciadas como um componente de saladas utilizadas na alimentação [23].

Na região nordeste da Itália, o radicchio de Chioggia é cultivado em uma área total de aproximadamente 16-18.000 ha, metade na região de Vêneto, com uma produção total de aproximadamente 270.000 toneladas (mais de 60% obtida com sementes profissionais), alcançando um patamar comercial de aproximadamente 10.000.000 por ano [24].

## 2.2 Taxonomia e Biologia da Chicória

A chicória (*C. intybus* L.) pertence à família Asteraceae, uma família muito grande com aproximadamente 23.000 espécies subdivididas em 1.535 gêneros agrupados em três subfamílias: Barnadesioideae, Cichorioideae e Asteroideae [25]. A tribo Lactuceae da subfamília Cichorioideae, inclui o gênero *Cichorium*, no qual diferentes espécies são reconhecidas de acordo com a origem. Referindo-se à flora europeia, Tutin et al. [26] descrevem as três espécies *C. spinosum*, *C. intybus* e *C. endivia* e subdividem o último em subespécie.

Endivia (cultivada) e subsp. *Divaricatum* (selvagem). Pignatti [27], tendo em conta a flora italiana, refere-se às três espécies selvagens como *C. spinosum*, *C. intybus*, com a var. *Glabratum* (Presl) Fiori, e *C. pumilum*, considerando *C. endivia* apenas como uma espécie cultivada.

Integrando caracteres morfológicos com observações moleculares, Kiers [28] descreve duas espécies cultivadas e mais conhecidas, *C. intybus* e *C. endivia*, e as duas espécies selvagens, *C. spinosum* e *C. pumilum*. Além disso, são adicionadas mais duas espécies, nunca observadas na Europa, a *C. calvum* e *C. bottae*: a primeira é endêmica dos ambientes secos e quentes do Oriente Médio e sudoeste da Ásia e o segundo ao Iêmen e à Arábia Saudita. Mais recentemente, Conti et al. [29] reconheceram três espécies no gênero no que diz respeito à flora italiana: *C. endivia*, com as duas subespécies *endivia* Hegi e *pumilum* (Jacq) Cout.; *C. intybus*, com as duas subespécies *glabratum* (C. Presl) Arcang. e *intybus*; e *C. spinosum* [29].

Desde o início da década de 1990, quando a análise dos polimorfismos de DNA tornou-se mais familiar para os taxonomistas, vários estudos tentaram explorar, e possivelmente esclarecer, as relações entre as espécies cultivadas *C. intybus* e seu parente selvagem. Usando técnicas de biologia molecular, como marcadores mitocondriais de Polimorfismo no Comprimento de Fragmentos de Restrição (RFLP), Vermeulen et al. [30] sugeriram que *C. spinosum* poderia ser considerada um ecotipo de *C. intybus* em vez de uma espécie separada. Entretanto, a aplicação de outros métodos moleculares como os marcadores nucleares de Espaçador Transcrito Interno (ITS) e de Repetição de Sequência Simples (SSR) não conseguiram discriminar entre essas duas espécies [31],

A partir da análise de DNA do cloroplasto e na análise da sequência de rDNA nuclear [32] ou impressões digitais de Polimorfismo de Comprimento de Fragmento Amplificado (AFLP) [33], foi confirmado que *C. intybus* está intimamente relacionado com *C. spinosum*, enquanto *C. endivia*, *C. pumilum* e *C. calvum* revelou uma alta similaridade genética um com o outro e estão bastante bem separados da *C. intybus* e *C. spinosum*. A sexta espécie, *C. bottae*, deve ser considerada uma espécie irmã [33].

Além de descritores morfológicos e estimativas de similaridade ou diversidade molecular, uma distinção entre as seis espécies de *Cichorium* acima pode ser feita com base em seu ciclo de vida e sistema reprodutivo. Assim, podem ser estabelecidos dois grupos: o primeiro grupo consistindo da *C. intybus*, *C. spinosum* e *C. bottae*, que são perenes e caracterizados por um forte sistema de autoincompatibilidade, e o segundo grupo contendo a *C. endivia*, *C. pumilum* e *C. calvum*, que são espécies anuais e apresentam autocompatibilidade. Embora os nomes das variedades botânicas reconhecidas não apareçam neste enquadramento, os vários tipos cultivados originaram-se destas espécies. [33]

Nos últimos anos foram publicadas uma lista extensa de espécies de *Cichorium*, subespécies, variedades botânicas e grupos de cultivares. A lista mais completa é fornecida pela Rede (GRIN) liberada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) [34], no qual são citadas 212 do gênero *Cichorium* e 127 da espécie *C. intybus*. Uma lista menor é fornecida no World Database de Mansfeld de culturas agrícolas e hortícolas [35], que inclui 49 entradas, mas apenas 15 ao considerarmos apenas a espécie *C. intybus*.

Com base nos achados de Kiers [28], Raulier *et al.* [36] apresentaram resultados de diversidade genética dentro de *C. endivia* e *C. intybus* usando marcadores SSR. O estudo mostrou que as duas espécies são fortemente diferenciadas, embora alguns indivíduos de *C. intybus* estejam geneticamente mais próximos de *C. endivia*, revelando relações genéticas complexas entre as duas espécies. Em relação a *C. intybus*, os resultados confirmaram sua diferenciação em três grupos de cultivares (isto é, Witloof, chicória de raiz e chicória de folhas) [36].

A subclassificação da chicória foliar em radichio, previamente baseada em fatores morfológicos, também foi confirmada. Ao todo, pelo menos seis grupos de cultivares, principalmente diferenciados com base na sua utilização são

reconhecidos [32,33,36,37]. Na tabela 1 é proposto um resumo onde consta a correspondência entre taxonomia, grupo de cultivares e utilização mais frequente e conhecida.

**Tabela 1.** Taxonomia de *Cichorium intybus*, incluindo subespécies, variedades botânicas e grupos de cultivares.

<b>Taxonomia</b>	<b>Grupo de Cultivares</b>	<b>Utilização</b>
<b>C. intybus</b>		
<b>Subsp. Intybus</b>	Selvagem	
<b>Var. foliosum</b>	Chicória Endivia	Cozida/Saladas
<b>var. porphyreum</b>	Pain de Sucre	Cozida/Saladas
<b>var. latifolium</b>	Radichio	Saladas
<b>var. sylvestre</b>	Catalogne	Cozida
<b>var. sativum</b>	Chicória Raiz	Substituto do café
		Extrato de inulina/cozida
<b>Subsp. Glabratum</b>	Selvagem	

**Fonte:** Adaptado de Lucchin et al. [21].

Cinco grupos principais podem ser reconhecidos dentro de *C. intybus* subespécie *intybus*, a que todos os tipos cultivados de chicória pertencem, como indicado por Kiers [28] e remarcado por Raulier *et al.* [36]. Com exceção de acessos selvagens, o primeiro referindo-se à var. *Foliosum*, tradicionalmente inclui chicória Witloof. Pode argumentar-se que, se a chicória Witloof foi obtida a partir das raízes de Magdebourg, como comumente aceite, então ela deve ser agrupado sob variedade *sativum*, juntamente com todos os outros tipos de raiz. No entanto, a maioria das publicações científicas refere-se à chicória Witloof como um tipo pertencente à variedade *foliosum* [21,28,36-41]. Os grupos cultivares Pain de Sucre, Radicchio e Catalogne são atribuídos à variedade *porphyreum*, variedade *latifolium*, e variedade *sylvestre*, respectivamente.

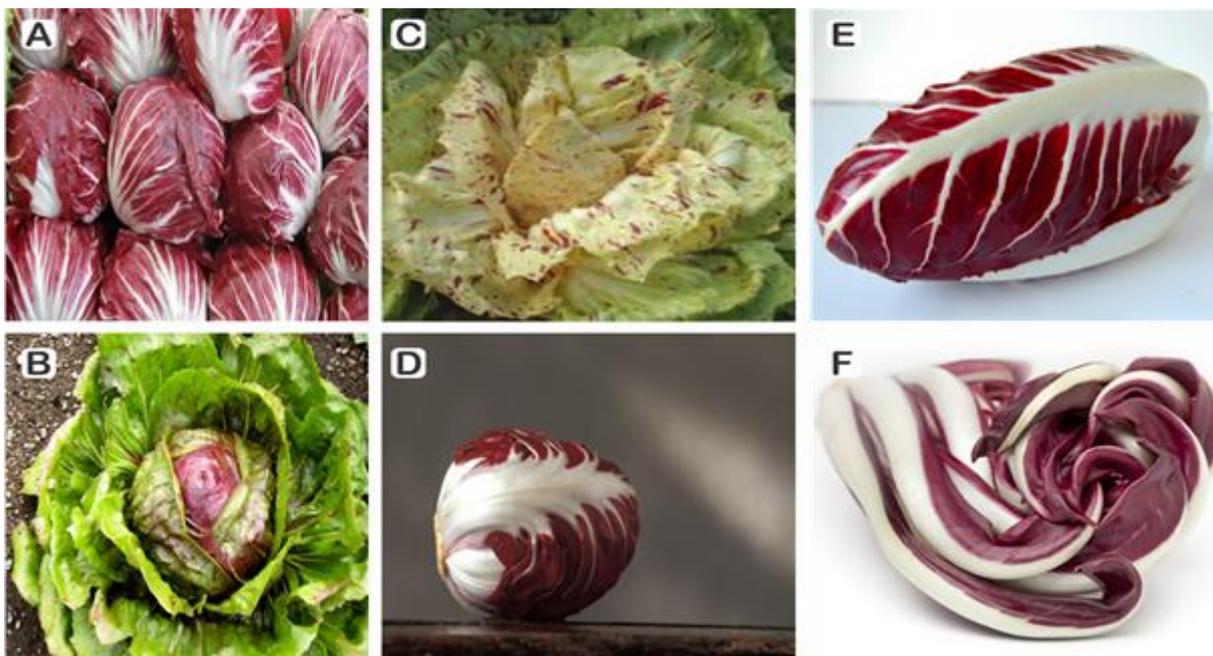
*C. intybus* (tipos cultivados) é uma espécie bienal, enquanto que as chicórias selvagens são perenes. Embora existam diferenças de acordo com o grupo de cultivares, a semeadura precoce ou o transplante na primavera sob dias longos resulta em floração quase generalizada. Inversamente, se a semeadura ou o transplante forem atrasados até julho e agosto, a planta forma uma rosette um tanto frouxa ou uma cabeça razoavelmente compacta; Neste momento, entre maio e junho, o botão central se desenvolve em uma haste que carrega inflorescências com os conjuntos de flores azuis (raramente pétalas brancas ou malva) [44].

Muitos clusters de duas a quatro, raramente oito, "flores" sésseis são desenvolvidos no caule florido na posição axilar ou inflorescências únicas no final dos pedúnculos de 4-7 cm de comprimento, raramente até 13. A inflorescência (capitulum) é típica desta família e consiste de um aglomerado de 15-25 flores hermafroditas simples em um receptáculo que é protegido por um involucre. Cada flor única tem uma corola gamopetalous e carrega cinco estames filamentosos fundidos por suas anteras para dar forma a coluna em torno de um pistilo com um estigma bífido. [45]

Em geral, *C. intybus* é caracterizada por um forte sistema de incompatibilidade esporofítica que normalmente inibe a auto fecundação e, portanto, favorece a fertilização cruzada. Floração ocorre na parte inicial da manhã, de acordo com a temperatura do ar e umidade. À tarde, as flores murcham. As flores podem permanecer turgidas e o pólen viável até as primeiras horas da tarde apenas sob condições excepcionalmente frias e úmidas ou durante dias nublados [21, 28, 42-46].

Muitas das populações recentes da "Rosso di Verona" (Vermelho de Verona) foram obtidas por volta de 1960. Ambas as variedades de inverno pertencem a este tipo, que são igualmente apropriados para a colheita de setembro. Posteriormente, devido a cruzamentos espontâneos ou controlados entre indivíduos de folhas vermelhas e plantas de *C. endivia*, foram originados tipos com folhas avermelhadas ou variegadas; Estas são atualmente conhecidas como "Variegato di Castelfranco" (Variegated de Castelfranco, um pequeno país medieval na província de Treviso). Como resultado, pelo menos cinco tipos cultivados principais são cultivados, nomeados de acordo com sua província ou cidade de origem, e podem atualmente ser distinguidos dentro deste grupo de cultivares (Figura 1) [37].

**Figura 1.** Uma visão geral dos principais biotipos cultivados de Radicchio italiano.



**Fonte:** adaptado pelo autor.

"Rosso di Chioggia" (Vermelho de Chioggia, painéis A e B); "Variegato di Castelfranco" (Variegado de Castelfranco, C); "Rosso di Verona" (Vermelho de Verona, D); "Rosso di Treviso Precoce" (Vermelho Precoce de Treviso, E) e Rosso di Treviso Tardivo (Vermelho Tarde de Treviso, F).

Embora a chicória seja cultivada em toda a Europa e tende a expandir-se para novas áreas hortícolas, a maioria dos grupos de cultivares são bem conhecidos. Estes grupos têm sido extensivamente adotados como culturas hortícolas somente em escala local e, como tal, sua descrição na literatura científica e técnica é parcialmente completa ou não totalmente determinada exatamente. Isto é, quando a cultura é amplamente diferenciada, com subgrupos entre os quais pode ser muito difícil identificar diferenças e afinidades. Estamos cientes de que a diversidade, particularmente para este tipo de cultura hortícola, é mais eficiente para o sucesso comercial, tanto para os produtores de sementes como para os agricultores internacionais. De fato, o Brasil também tem realizado o plantio e comércio da chicória em várias regiões do país.

### 2.3 Relevância dos produtos naturais

Nos últimos anos, as epidemias de obesidade e doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são caracterizadas pela deficiência nutricional devido ao consumo insuficiente de frutas, verduras e legumes em contraponto com o alto consumo de alimentos ricos em gorduras, açúcares e sal [47].

O baixo consumo de hortaliças e frutas está relacionado à causa de doenças crônicas não transmissíveis e o consumo diário desses alimentos para uma dieta saudável como fontes de macroelementos e microelementos, fibras e outros componentes que favorecem a manutenção saudável do corpo humano são necessários [48].

Na nutrição humana podemos classificar os nutrientes em: macronutrientes e micronutrientes, sendo que os primeiros são macromoléculas que são usadas como fontes de energia, na síntese de carboidratos, gorduras e proteínas, mantendo as atividades celulares e seu metabolismo; os carboidratos, as proteínas e os lipídeos são os principais macronutrientes na alimentação. Os macronutrientes são necessários em maior quantidade (gramas) na necessidade alimentar diária em relação aos chamados micronutrientes, que também são necessários para a integridade da célula e o metabolismo. Porém, os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades (miligrama ou micrograma), fazendo parte desse grupo as vitaminas e os minerais [49].

Especificamente, os minerais que são micronutrientes considerados essenciais, são divididos em macroelementos e microelementos (elementos traços), que são requeridas na necessidade alimentar diária em quantidade de miligramas e microgramas, respectivamente [50].

. Em relação à necessidade diária de alimentos como fontes de macroelementos e microelementos, em termos de determinação de um perfil mineral em vegetais, no caso da Chicoria Foliar, a mesma tem sido pouco estudada até o momento, no Brasil, portanto, é relevante esse estudo em nível nutricional considerando adultos (mulheres e homens de 14-70 anos) e crianças (meninas e meninos de 1-3 anos).

Os macroelementos e microelementos, suas propriedades físicas e químicas e seu papel em alguns sistemas biológicos são mostradas a seguir.

## 2.4 Macroelementos e Microelementos

### 2.4.1 Potássio

O potássio é o sétimo elemento em abundância na Terra, sendo que o químico alemão Justus von Liebig em 1841, foi o primeiro a reconhecer esse elemento como sendo essencial para o crescimento das plantas [51].

O íon potássio pode ser encontrado em vegetais, frutas, batatas, carne, pão, leite e nozes, e é considerado um elemento químico vital, apresentando funções importantes como regulador nos processos osmóticos nos vegetais, nas reações enzimáticas na fotossíntese, na respiração celular e outras. A falta do íon potássio nas plantas, faz com que suas folhas maduras apresentem quadro de necrose [52].

O potássio desempenha um papel importante no sistema de fluidos físicos dos seres humanos e auxilia as funções dos nervos, isto é, tem muita relevância no funcionamento do organismo. O íon potássio ( $K^+$ ) também está presente nas células vermelhas do sangue, músculos e tecidos nervosos. Um dos grandes papéis do potássio está relacionado com o funcionamento dos rins, ou seja, quando este órgão está de alguma forma com mau funcionamento (hipercalemia), um acúmulo de potássio (aumento de concentração) irá consistir em vários problemas como o aumento dos batimentos cardíacos, depressão e confusão mental [51].

A ingestão desse mineral em fontes alimentícias como sementes, nozes, salmão, batatas, amendoim, toucinho, feijão-manteiga, cogumelos, damasco seco, extrato de leveduras, café instantâneo e banana é necessária para os humanos. Ou seja, o consumo de frutas e verduras contendo potássio torna-se indispensável na ingestão humana [52].

### 2.4.2 Magnésio

O magnésio é o oitavo elemento mais abundante e constitui cerca de 2% da crosta terrestre em peso, é encontrado em quantidades importantes em muitos minerais rochosos, como dolomite, magnetita, olivina e serpentina. Também é encontrado em salmoura subterrânea e camadas salgadas. É o terceiro metal estrutural mais abundante na crosta terrestre, atrás do alumínio e ferro [53].

A ingestão média de homens adultos está entre 250 e 350 mg/dia de magnésio, embora necessite de 200 mg, lidando muito eficazmente com este elemento, utiliza apenas o necessário do alimento e recicla o excesso. Não existem

evidências de que o magnésio provoque envenenamento sistêmico, embora a excessiva ingestão em tomar suplementos de magnésio e medicamentos possa causar fraqueza e convulsão, mas, a sua deficiência leva a crises hipertensivas [53].

Nas células de plantas, o íon bivalente magnésio ( $Mg^{+2}$ ) possui papéis específicos na ativação de enzimas em processos de respiração, fotossíntese e biossíntese de biomoléculas, como os ácidos nucleicos. Mas nos vegetais, sua carência causa o surgimento de uma patologia denominada de clorose internervural que ocorre, primeiramente, nas folhas velhas. Esta clorose internervural resulta do fato de que a clorofila próxima aos feixes vasculares (nervuras) permanece não afetada por maior período do que a clorofila entre os feixes [54].

#### 2.4.3 Sódio

O sódio é um elemento químico, metal alcalino, sólido na temperatura ambiente, macio, que apresenta coloração branca, indispensável às funções vitais. A importância desse mineral na nossa alimentação está relacionada à regulação do volume plasmático, contração muscular, condução do impulso nervoso e manutenção do potencial elétrico de membrana. [55]

A ingestão de sódio de forma excessiva está relacionada ao desenvolvimento de doenças crônicas, provenientes na sua maior parte de alimentos industrializados, segundo a organização mundial da Saúde (OMS-2003). Pressão arterial sistólica, hipertensão arterial, acidentes vasculares cerebrais (AVC), câncer gástrico e desenvolvimento de osteoporose, podem ser reduzidos sua prevalência com a diminuição na quantidade de sódio consumida diariamente [56].

Em relação aos vegetais, o sódio estimula seu crescimento por expansão celular e pode substituir o potássio como soluto osmótico. A sua deficiência pode causar clorose e necrose ou o não florescimento [57].

#### 2.4.4 Fósforo

A sua quantidade presente nos alimentos varia consideravelmente, mas pode atingir 370mg/100 g no fígado, ou pode ser baixa como nos óleos vegetais. Alimentos ricos em fósforo incluem atum, salmão, sardinha, fígado, peru, frango, ovos e queijo [58].

O Fósforo é muito importante à sobrevivência das células vegetais, em forma de ion é responsável pelos processos de conversão de energia, na forma de ATP, ADP, AMP; além de participar dos processos dos fosforilação oxidativa, da respiração celular e fotossíntese, atuando no metabolismo de açúcares, lipídeos e proteínas e participando dos processos de divisão celular e transferência de informação genética das células vegetais, participando diretamente da formação, desenvolvimento e crescimento das raízes dos vegetais [59].

O Fósforo pode ser encontrado no ambiente mais comumente como fosfatos que são substâncias importantes no corpo humano, são componente dos materiais de DNA e participam da distribuição de energia. Os fosfatos também podem ser encontrados comumente nas plantas [58].

#### 2.4.5 Cromo

O cromo, ou cromo, de símbolo Cr tem número atômico igual a 24 e massa atômica 51,99 g/mol, é um metal de transição, branco cristalino com baixa maleabilidade e ductibilidade, está localizado no grupo VI-B da tabela periódica, seu nome deriva da palavra "*Chroma*" e traduzida do grego é cor [60].

Os riscos para a saúde associados à exposição ao cromo dependem do seu estado de oxidação tanto quanto suas benéficas. O cromo (III) possui baixa toxicidade, é um nutriente essencial para os seres humanos e a escassez pode causar problemas cardíacos, distúrbios do metabolismo e diabetes. Mas a absorção em altas quantidades de cromo (III) também pode causar efeitos para a saúde, por exemplo, erupções cutâneas. O cromo (IV) e (VI) são tóxicos e perigosos para a saúde humana, principalmente para as pessoas que trabalham na indústria têxtil e de aço. As pessoas que fumam tabaco também têm maior chance de exposição ao cromo [61].

A ingestão em seres humanos ocorre através de alimentos que contêm cromo (III) que é a principal via de captação desse elemento. O cromo se encontra naturalmente em muitos vegetais, frutas, carnes, leveduras e grãos. Várias formas de preparação e armazenamento de alimentos podem alterar os conteúdos de cromo dos alimentos. A forma de armazenamento de alimentos nas lojas em tanques de aço ou latas, influencia nas concentrações de cromo. Em plantas, este elemento não oferece risco e baixa quantidade [61].

#### 2.4.6 Cobre

O elemento de transição cobre é um metal de coloração vermelha discretamente amarelada, com um brilho levemente opaco de aspecto agradável, está localizado no grupo I-B da tabela periódica, possui número atômico igual a 29, massa atômica 63,55 g/mol é um metal macio, maleável e dúctil. O símbolo químico do metal é Cu, originado do latim “*cuprum*”, em alusão ilha do Chipre onde se acredita ter sido encontrado pela primeira vez. É encontrado na natureza na forma de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), principalmente, existem outros, porém este apresenta um teor mais alto do metal, além de ser um dos metais que podem ser encontrados em estado elementar [62].

O cobre é uma substância comum e ocorre naturalmente no meio ambiente, se espalha pelo meio ambiente através de fenômenos naturais. Tem sido aplicado nas indústrias e na agricultura, desta forma, a sua produção tem aumentado nas últimas décadas. Devido a isso, as quantidades de cobre no ambiente aumentaram. Além disso, ele pode ser encontrado em muitos tipos de alimentos, na água potável e no ar. É necessária a absorção de cobre, visto que o cobre é um elemento traço essencial para a saúde humana. Embora os seres humanos possam lidar com concentrações proporcionalmente grandes de cobre, o excesso, porém pode ainda causar problemas de saúde eminentes [63].

O cobre é um elemento essencial para o organismo, porém, em quantidades elevadas, o cobre tende a se acumular no sangue, provocando o esgotamento das reservas de zinco do cérebro. Taxas elevadas de cobre causam oxidação da vitamina A, diminuindo, assim, a presença da vitamina C no corpo, provocando dores musculares e nas juntas, distúrbios no aprendizado, depressão e fadiga [64].

Em plantas e vegetais, o cobre tem como principais funções ser ativador ou componente de enzimas que influenciam na fixação do nitrogênio pelas leguminosas, são essenciais no balanço de nutrientes que regulam a transpiração, auxilia na resistência a doenças, impacta na fotossíntese e na transpiração. No entanto, sua deficiência tornam folhas jovens murchas e enroladas, ficando quebradiças, leva a inclinação de pecíolos e talos, clorose (deficiência de clorofila, deixando as folhas pálidas ou amareladas), reduz a lignificação (os xilemas são comprimidos por tecidos vizinhos, reduzindo o transporte de água e solutos pela planta). Porém, os principais sintomas de excesso de cobre em plantas são: raízes

perdem o vigor e escurecem, apresentam também engrossamento e paralisam o crescimento, pode provocar deficiência em Ferro (Fe) e reduz a absorção de fósforo . As principais plantas que sofrem com a deficiência de cobre são: soja, cítricos (laranja e limão), milho, cana-de-açúcar, cereais e folhagens em geral [65].

#### 2.4.7 Ferro

O ferro é um elemento vital para dar condição de relativa estabilidade da qual o organismo necessita para realizar suas funções adequadamente para o equilíbrio dos corpos (homeostase celular). Para o transporte de oxigênio, para a síntese de DNA e metabolismo energético ele é essencial. Além disso, é um cofator importante para enzimas da cadeia respiratória mitocondrial e na fixação do nitrogênio. O ferro é usado no organismo de mamíferos principalmente na síntese da hemoglobina nos eritroblastos, da mioglobina nos músculos e dos citocromos no fígado [66].

No meio ambiente o ferro não está em estado livre ou elementar, porém, é comumente encontrado na forma de pirita  $\text{FeS}$ , hematita  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , que é transportada para um forno aquecido a uma temperatura de 2000 °C, sendo obtido da redução destes compostos [67].

A deficiência de ferro no organismo pode causar doenças como a anemia e anemia falciforme que é hereditária como manifestações mais relevantes. No entanto, o acúmulo de ferro nos tecidos é extremamente nocivo, uma vez que esse elemento livre promove a síntese de espécies reativas de oxigênio que são tóxicas e prejudicam proteínas, lipídeos e DNA. Por conseguinte, é fundamental que haja um perfeito equilíbrio no metabolismo do ferro, de forma que não haja deficiência ou acúmulo do mesmo. A homeostase vai proporcionar a manutenção das funções celulares essenciais e juntamente evitar prováveis danos nos tecidos [68].

Dentre os alimentos de origem vegetal, que são fontes de ferro têm-se os folhosos verde-escuros (exceto espinafre), como agrião, couve, cheiro-verde, taioba, também, as leguminosas (feijões, fava, grão-de-bico, ervilha, lentilha); grãos integrais ou enriquecidos; nozes e castanhas, melado de cana-de-açúcar, rapadura e açúcar mascavo [69].

#### 2.4.8 Manganês

O manganês é um elemento essencial para a estrutura normal dos ossos, reprodução e funcionamento normal do sistema nervoso central. É ainda um cofator para muitas enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos e na síntese de longas cadeias de moléculas de açúcar usada na construção de ossos, cartilagem, pele, tendões e outros tecidos do corpo (mucopolissacarídeos) [70].

O corpo humano contém aproximadamente 12 mg de mangânes, dos quais a maioria está armazenada nos ossos [71]. Em alimentos que contem esse elemento, quando ingeridos por humanos como o espinafre, arroz, soja e feijão quando absorvidos pelo corpo é transportado através do sangue para órgãos como fígado, pâncreas, glândulas endócrinas e rins. Sendo esse elemento essencial para a saúde humana. Mas, a intoxicação causa efeitos no pulmão e no cérebro, podendo causar Parkinson, embolia pulmonar e bronquite. Porém a falta do mangânes pode causar: Intolerância à glicose, coagulação sanguínea, problemas de pele, baixa de níveis de colesterol, distúrbios do esqueleto e sintomas neurológicos [72].

Em plantas ele é importante na fotossíntese e evolução do oxigênio em cloroplastos [73].

#### 2.4.9 Molibdênio

O molibdênio é um elemento químico de símbolo Mo, número atômico igual a 42 e massa atômica 95,96. O nome é derivado do neo-latim Molybdaenum, do grego significa chumbo, pois, seus minérios eram confundidos com os de chumbo. Descoberto em 1778 por Carl Wilhelm Scheele, no qual a descoberta do elemento foi no sentido de diferenciá-la como uma nova entidade a partir de sais minerais de outros metais [74].

É um elemento químico essencial para a vida dos animais mamíferos com enzimas de sua presença, todas baseadas na pterina. Em humanos sua deficiência causa um funcionamento deficiente do sulfito oxidase (enzima) e podem causar reações tóxicas de sulfitos nos alimentos. No corpo humano o molibdênio está presente superiormente no fígado, nos rins e em menor proporção nas vertebras, em concentração de aproximadamente 0,07 mg/g da massa do corpo [75, 76].

Em plantas o molibdênio atua na atividade respiratória, Influência na fixação e metabolismo do N, influência a viabilidade do grão de pólen, e conseqüentemente, a sua produtividade [77].

#### 2.4.1 O Zinco

O zinco é um microelemento que exerce funções essenciais ao organismo, elemento de número atômico 30 e peso atômico de 65,37, está presente em enzimas, participa do processo de mobilização hepática da vitamina A e atua no crescimento e maturação sexual, funções imunológicas, dentre outras [78].

O zinco estando presente nos alimentos, à quantidade deste micronutriente está em constante reposição em nosso organismo. Na nutrição humana o zinco tem participação em reações do metabolismo celular, função imune, defesa antioxidante, crescimento e desenvolvimento, sendo componente de metalo enzimas e metalo proteínas [79].

O zinco é encontrado em diversos alimentos como nas ostras, carnes vermelhas, aves, alguns pescados, mariscos favas e nozes, sendo muito importante para nutrição humana, devendo ser consumido diariamente, para melhor obtenção desse micronutriente [80].

Nos vegetais atua como cofator enzimático, sendo essencial para atividade, regulação e estabilização da estrutura protéica, afeta a síntese e conservação de auxinas, hormônios vegetais envolvidos no crescimento das plantas [81].

#### 2.4.11 Silício

O silício do latim sílex ou “pedra dura” é um elemento químico de núro atômico igual a 14, e massa atômica igual a 28 g/mol, pertence ao grupo 14 da tabela periódica e à temperatura ambiente, o silício encontra-se no estado sólido. Foi descoberto pelo químico sueco Jöns Jacob Berzelius, em 1823. O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, perfazendo mais de 28% de sua massa [82].

O silício não se concentra em nenhum órgão particular do corpo, mas é encontrado principalmente em tecidos conjuntivos e pele, ele não é tóxico como o elemento e em todas as suas formas naturais, a sílica e silicatos. O silício está

diretamente ligado ao crescimento dos animais e esta envolvido na formação dos órgãos e ossos [83].

O Silício é um suplemento indispensável para manter as nossas células nervosas e os tecidos funcionem adequadamente, bem como para ajudar a manter os ossos saudáveis. Pode prevenir ou pelo menos retardar a progressão da osteoporose, como a idade. Além disso, o silício é também necessário para a síntese de vitamina B1 ou tiamina em nosso corpo [83].

Dentre os alimentos que são fontes do silício destacam-se os grãos e cereais integrais, beterraba, soja e leite materno, etc [84].

#### 2.4.12 Níquel

O níquel é um elemento de número atômico 28 e número de massa 58,7g/mol, em temperatura ambiente encontra-se no estado sólido. Ele está entre os metais pesados mais comuns em solos. Em estudos do ano 1988, era estimado que anualmente fossem adicionados ao solo cerca de 106 mil a 544 mil toneladas de níquel, de origem em indústrias metalúrgicas e na queima de combustíveis fósseis [85].

O níquel é encontrado principalmente em biomoléculas de procariontes e em poucos exemplos em plantas. A homeostase de níquel é rigorosamente regulada adequada à sua potencial toxicidade. Algumas moléculas biológicas integrantes nesse processo incluem no seu nome o símbolo químico do níquel, como a NikA, encarregado pela captura deste metal e seu transporte para a célula [86].

A absorção de níquel aumentará quando as pessoas comem grandes quantidades de vegetais de solos poluídos, como resultado, a absorção de níquel de vegetais será eminente ao consumidor. Os seres humanos podem estar expostos ao níquel respirando ar, bebendo água, comendo alimentos ou fumando cigarros. Em pequenas quantidades, o níquel é essencial, mas quando a absorção é muito alta, pode ser um perigo para a saúde humana [87].

#### 2.4.13 Cobalto

O cobalto é um elemento duro ferromagnético, prata-branco, duro, é um metal de transição membro do grupo VIII B da tabela periódica, também é semelhante ao ferro e ao níquel nas suas propriedades físicas. O elemento é ativo quimicamente, formando muitos compostos [88].

O cobalto em pequena quantidade é um elemento essencial, ou seja, benéfico para os seres humanos porque é parte da vitamina B12. Cobalto é usado para tratar a anemia em mulheres grávidas, porque estimula a produção de glóbulos vermelhos. A ingestão diária total de cobalto é variável e pode ser até 1 mg, mas quase toda passará pelo corpo não adsorvido, exceto em vitamina B12. Mas, a alta concentração desse elemento pode prejudicar a saúde humana [89].

O cobalto é um microelemento essencial para as bactérias dos nódulos das raízes das leguminosas que precisam dele para sintetizar a vitamina B12, fator essencial para a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico [90].

Sua implicação na síntese da vitamina B12, citado acima, o cobalto é referido como ativador de várias enzimas como: arginases, lecitinases, peptidases, fosforilases, fosfatases, etc. [91].

#### 2.4.14 Cádmio

O cádmio de símbolo Cd, número atômico igual a 48 e massa atômica igual a 112,4g/mol é um metal brilhante, prata-branco, dúctil, muito maleável. Sua superfície tem um matiz azulado e o metal é macio o suficiente para ser cortado com uma faca, mas mancha no ar. É semelhante em muitos aspectos ao zinco, mas forma compostos mais complexos [92].

No meio ambiente o cádmio pode ser encontrado principalmente na crosta terrestre. Ocorre sempre em combinação com zinco. O cádmio também consiste nas indústrias como um subproduto inevitável da extração de zinco, chumbo e cobre. Depois de ser aplicado, ele é inserido no meio ambiente, principalmente através do solo, porque é encontrado em adubos e pesticidas [93].

Na absorção humana, o cádmio ocorre principalmente através dos alimentos, os alimentos ricos em cádmio como fígado, cogumelos, cacau em pó e algas secas quando ingeridos aumenta bastante a concentração desse elemento no corpo humano. Os fumantes tem uma maior exposição ao cádmio, por ser transportado

para os pulmões serão transportados para o sangue potencializando-o o que já existe em alimentos. O acúmulo do cádmio ocorre no fígado e depois nos rins, danificando os mecanismos de filtragem, trazendo vários efeitos a saúde, dentre outros possíveis danos ao DNA ou desenvolvimento de câncer [93].

Em relação aos vegetais, por esses ter facilidade de absorver o cádmio através das raízes chegando ao xilêma e a outras partes da planta, quando elas estão em solos ricos desse metal, pode ser extremamente perigoso. Os solos que são acidificados aumentam a absorção de cádmio pelas plantas e isso é um perigo potencial para os animais que dependem das plantas para a sobrevivência. O cádmio pode se acumular em seus corpos, especialmente quando eles se alimentam de plantas múltiplas. Bovinos podem ter grandes quantidades de cádmio nos rins devido a isso [92].

#### 2.4.15 Alumínio

O alumínio é um elemento de símbolo Al, número atômico igual a 13, massa atômica 26,98g/mol. É um metal prateado, macio e leve, se oxida rapidamente quando está exposta ao ar. O alumínio não tóxico como metal, não é magnético e não é radioativo. Ele é encontrado como minério de bauxita [94].

O alumínio é muito utilizado e encontrado na crosta terrestre e não provoca danos a saúde. Porém, efeitos sobre a saúde ocorrem quando alguém está exposto a altas concentrações. A forma solúvel em água do alumínio, como o íon  $Al^{3+}$ , causa efeitos nocivos, que geralmente são encontrados em uma solução de alumínio em combinação com outros íons, por exemplo, como cloro. A absorção de alumínio pode ocorrer através de alimentos, através da respiração e pelo contato com a pele. As capturas duradouras de concentrações significativas de alumínio podem levar a efeitos graves para a saúde, como, dano ao sistema nervoso central, demência, perda de memória e outros [94].

Alumínio é um dos principais fatores que reduzem o crescimento das plantas em solos ácidos. Embora seja geralmente inofensivo para o crescimento das plantas em solos de pH neutro, na concentração em solos ácidos,  $Al^{3+}$  aumenta o nível de cátions e perturba o crescimento da raiz [95-98]. A maioria dos solos ácidos estão saturados de alumínio ao invés de íons de hidrogênio. A acidez do solo é, portanto, um resultado de hidrólise de compostos de alumínio [99].

A atuação do alumínio nos vegetais ocorre quando existe absorção desse metal pela raiz, assim, uma concentração do íon  $Al^{+3}$  numa exposição prolongada impede a divisão celular e provocam várias alterações morfológicas na raiz e na parte aérea da planta [100].

## 2.5 Produção e Comercialização de Radichio no Brasil

O radichio é plantado em sua grande maioria na região sul do Brasil, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, por ter produtores descendentes de italianos que implantaram essa cultura e clima propício. Mas, nos últimos anos, existem produção dessa hortaliça nos estados de São Paulo e Minas Gerais, principalmente no que se diz respeito a essa cultura agregando na produção de outras hortaliças, como alface por exemplo [101].

O cultivo de radichio em regiões de baixa altitude e muito quentes pode até ser possível no inverno, mas não no verão. Por outro lado, se o clima for adequado para ele, sua produção se torna muito simples, segundo produtores. Radichio é muito resistente a doenças e à chuva, e inclusive às pragas, que não gostam muito dessa cultura [101].

Embora dados sobre produção e tamanho do mercado no país sejam escassos, os especialistas são unânimes em afirmar que o interesse pela hortaliça está crescendo. O radichio é comercializado através das Centrais de Abastecimentos CEASA de vários estados do país, como Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul [102].

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Determinar a composição mineral do Radichio (Chicoria de folha *Cichorium intybus L.*) utilizado na alimentação humana na região centro-oeste do Brasil.

#### 3.2 Objetivos específicos

Determinar a composição mineral das amostras turbolizadas das folhas do Radichio pela técnica por espectroscopia de emissão de plasma acoplada indutivamente (ICP - OES).

Comparar as concentrações de macroelementos e microelementos obtidas nas folhas de Radichio com os limites regulatórios da Organização Mundial da Saúde e Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (OMS/FAO)

Comparar as concentrações de macroelementos e microelementos obtidas nas folhas de Radichio com os limites regulatórios das Recomendações de ingestão diária, Ingestão Adequada e limite superior tolerável de maior ingestão para crianças e adultos.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Coleta e indentificação do material vegetal

As amostras da chicória de foliar (*Cichorium intubus L.*) foram adquiridas pelo atacadista CEASA (Abastecimento Central de Mato Grosso do Sul) em uma área urbana da cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, com as coordenadas  $20^{\circ} 28' 43''$  S e  $54^{\circ} 38'28''$  W, altitude de 551 m. O CEASA é uma empresa de economia mista, vinculada administrativamente à Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul. O seu objetivo é orientar, disciplinar, distribuir e comercializar produtos hortícolas no Estado de Mato Grosso do Sul, na Região Centro Oeste. A Figura 2 possui as coordenadas geográficas de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

**Figura 2.** Coordenadas geográficas de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.



**Fonte:** Adaptado pelo autor.

## 4.2 Preparo das Amostras

As amostras foram preparadas por digestão ácida. As folhas de radichio foram submetidas ao forno a uma temperatura de 45 °C durante 24 horas. As amostras secas foram então moídas com um moedor manual em pó e peneira para obter pó muito fino. Foi então aferida sua massa. Elas foram digeridas utilizando equipamentos de digestão por microondas (sistema de digestão de microondas Speedwave Berghof, Alemanha) utilizando 0,5 g de cada amostra com adição de 5 ml de ácido nítrico 65% (HNO<sub>3</sub>) e 3 mL de peróxido de hidrogênio 35% (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), ambos de grau analítico a uma temperatura de 50 a 190 °C, aquecidos até digestão completa. Após a digestão, as amostras foram diluídas para 100 mL com água ultrapura. A concentração final de ácido das amostras foi bastante elevada (4% de HNO<sub>3</sub>). Todas as análises foram formadas em triplicata.

## 4.3 Análise elementar pela técnica ICP-OES

As concentrações dos elementos na chicória foliar foram determinadas pela técnica de espectrometria de emissão óptica de plasma Indutivamente acoplado (ICP - OES) com plasma Duplo (Thermo Scientific - iCAP 6000 Series). Os parâmetros do sistema foram aplicados usando a função de fonte de otimização, que otimiza automaticamente a velocidade da bomba, fluxo de gás do nebulizador e potência de radio frequência (RF) para o melhor sinal. O técnica utilizando ICP-OES trata-se de uma análise elementar que utiliza os espectros de emissão de uma amostra para identificar e quantificar os elementos presentes. A linha de emissão selecionada para a determinação de elementos (comprimento de onda em nm) é mostrada na Tabela 1. As concentrações dos diferentes elementos nestas amostras foram determinadas utilizando as correspondentes curvas de calibração padrão obtidas utilizando soluções padrão dos elementos de interesse. A identificação e a quantificação dos elementos foram realizadas em triplicatas, expresso em mg/100g de potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), sódio (Na), fósforo (P), crômio (Cr), Ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), alumínio (Al), cádmio (Cd), níquel (Ni), cobalto (Co) e silício (Si).

A validação do procedimento analítico ICP-OES para determinação quantitativa de macroelementos e microelementos com comprimentos de onda para valores selecionados e de linearidade é mostrada na Tabela 2. Durante a análise de

ICP-OES, a intensidade da luz emitida por átomos livres em comprimentos de onda específicos é medida e utilizado para determinar a concentração do elemento de interesse. Após a análise do último padrão, o R<sup>2</sup> (Linearidade) para a curva de calibração deve ser de 0,99 a 0,9999 dependendo do elemento.

**Tabela 2.** Validação do método, série ICAP 6000-Duo, Thermo Scientific, nebulização pneumática. Macroelementos e microelementos com comprimentos de onda (nm) e Linearidade (R<sup>2</sup>).

	<b>Comprimento de onda (nm)</b>	<b>Linearidade (R<sup>2</sup>)</b>
<b>Macroelementos</b>		
<b>K</b>	766.490	0,9136
<b>Mg</b>	285.213	0,9960
<b>Ca</b>	396.847	0,9900
<b>Na</b>	588.995	0,9911
<b>P</b>	178.284	0,9896
<b>Microelementos</b>		
<b>Cr</b>	267.716	0,9993
<b>Cu</b>	327.396	0,9962
<b>Fe</b>	239.562	0,9063
<b>Mn</b>	259.373	0,9999
<b>Mo</b>	202.030	0,9970
<b>Zn</b>	206.200	0,9957
<b>Al</b>	308.215	0,9763
<b>Cd</b>	228.802	0,9999
<b>Ni</b>	331.604	0,9987
<b>Co</b>	228.616	0,9999
<b>Si</b>	251.611	0,9121

**Fonte:** Prof. Dr. Anderson Fernandes (Técnico do Laboratório de Biomateriais-FAMED/UFMS).

As condições de análise foram representadas em tempo real e documentadas de acordo com os padrões de qualidade habituais. Os parâmetros do sistema foram aplicados usando a função de fonte de otimização, que estabelece automaticamente a velocidade da bomba, fluxo de gás do nebulizador e potência de rádio frequência (RF) para o melhor sinal, mostrada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Condições de funcionamento para o Sistema de digestão por microondas.

<b>Estágio</b>					
	1	2	3	4	5
<b>Temperatura/°C</b>	145	190	50	50	50
<b>Tempo de rampa/min</b>	2	5	1	0	0
<b>Patamar/min</b>	10	15	10	0	0
<b>Potência/%</b>	80	90	0	0	0
<b>Pressão (bar)</b>	30	35	0	0	0

**Fonte:** Prof. Dr. Anderson Fernandes (Técnico do Laboratório de Biomateriais-FAMED/UFMS).

#### 4.4 Requisitos básicos de comparação

As Ingestões Diárias Recomendadas (DRIs) são valores de referência desenvolvidos e publicados pelo Instituto de Medicina (IOM) e podem ser utilizados para avaliar quando as dietas fornecem nutrientes ou componentes dietéticos suficientes para satisfazer as necessidades de pessoas saudáveis sem serem excessivas e reduzir o risco de doenças crônicas [103]. Eles incluem tanto a ingestão dietética recomendada (RDA), ingestão adequada (AI) e tolerável nível de ingestão superior (UL). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) utiliza o valor recomendado pelo DRI [104]. Os valores de concentração de minerais obtidos na chicória foliar ou radicchio foram comparados com os seguintes valores recomendados para crianças (1-3 anos) e adultos (14-70 anos):

- RDA (Ingestão Diária Recomendada): refere-se aos níveis diários recomendados de nutrientes para satisfazer as necessidades de 98% de indivíduos saudáveis numa determinada faixa etária e gênero.
- AI (Ingestão Adequada): é estabelecida quando a evidência é insuficiente para desenvolver uma RDA e é estabelecida em um nível assumido para assegurar a adequação nutricional de um grupo (ou grupos) de pessoas aparentemente saudáveis.
- UL (Limite Superior Tolerável de Ingestão Máxima): ingestão diária máxima que poderá a vir causar efeitos adversos na saúde em 97,5% dos indivíduos saudáveis em cada estágio de vida e grupo de sexo.

Quando necessário, foram considerados os intervalos de valores máximos e mínimos de ingestão estabelecidos pela RDA/AI para homens e mulheres com idade entre 14 e 70 anos. Na ausência de RDA estabelecida ou de dados sobre ingestão adequada para crianças ou adultos, os resultados obtidos no âmbito deste estudo foram comparados com as estimativas baseadas nos limites regulatórios da OMS/FAO e estudos publicados envolvendo vegetais quando disponíveis na literatura.

#### 4.5 Definições de "boa fonte" ou "excelente fonte".

De acordo com as normas estabelecidas pela FDA (Food and Drug Administration), uma alegação sobre o nível de um nutriente em um alimento em relação ao RDI ou valor de referência diário (DRV) somente pode ser feita no rótulo ou na rotulagem do alimento se a alegação for à conformidade com os requisitos gerais relativos às alegações relativas ao teor de nutrientes. As definições estabelecidas pelas normas são as seguintes [105]:

- Os termos "boa fonte", "contém" ou "fornece" podem ser utilizados no rótulo e na rotulagem dos alimentos, desde que o alimento contenha 10-19% do RDI ou DRV por quantidade de referência consumida habitualmente.
- Os termos "alto", "rico em" ou "excelente fonte de" podem ser utilizados no rótulo e na rotulagem dos alimentos, desde que o alimento contenha 20% ou mais do RDI ou do DRV por habitualmente consumido.

#### 4.6 Análises Estatísticas

Os resultados das concentrações de minerais obtidas na chicória foliar foram expressos pela média das triplicatas, obtidos a partir do controle das condições operacionais do ICP-OES, realizada com o software iTEVA. Entretanto, a partir das curvas de calibrações com a correlação 0,999 e comprimento de onda adequados, é que as concentrações de macroelementos e microelementos foram selecionados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 contém as concentrações dos elementos determinados na chicória de folhas ou radichio (*Cichorium intybus* L.). Para alguns elementos, existe um intervalo máximo e mínimo dos valores estabelecidos pela RDA/AI para homens e mulheres com idade de 14 a 70 anos. Além disso, os valores toleráveis de nível de ingestão superior (UL) e RDA/AI para crianças (1-3 anos) também estão listados na Tabela 4. No presente trabalho, a concentração de macroelementos na folha chicória diminui na ordem: K > P > Ca > Mg > Na. Assim como a concentração de microelementos diminui na ordem: Fe > Al > Si > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Cd > Mo > Co. Os elementos K, P, Mg, Al e Fe são elevadas, estando presentes em maior nível. Por outro lado, Cr, Mo, Ni e Co estão em nível menor. Os resultados e discussões sobre a concentração de cada elemento obtido na chicória foliar estão apresentados na ordem em que aparecem na Tabela 4.

**Tabela 4.** Concentração elementar (mg/100g) de folhas de *cichorium intybus* Linnaeus (chicória foliar) ou Radichio comparada com as doses dietéticas recomendadas / ingestão adequada (RDA/AI) e valores toleráveis de ingestão superior (UL) para crianças (1-3 anos) e adultos adultos (14-70 anos) [104].

	<b>Radichio</b> mg/100g	<b>RDA/AI* Criança</b> (1-3 anos) mg/dia	<b>UL Criança</b> (1-3 anos) mg/dia	<b>RDA/AI* Adulto</b> (14-70 anos) mg/dia	<b>UL Adulto</b> (14-70 anos) mg/dia
<b>Macroelementos</b>					
Na	51.080	1,000*	1,500	1,300-1,500*	2,200-2,300
K	4,550.96	3,000*	ND	4,700*	ND
Ca	248.160	500*	2,500	1,000*-1,300*	2,500
Mg	124.02	80	65	355	355 <sup>1</sup>
P	842.820	460	3,000	700-1,250	4,000
<b>Microelementos</b>					
Cr	0.0736	0.011*	ND	0.020*-0.030*	ND
Cu	1.0456	0.34	1.0	0.89-0.90	8-10
Fe	19.188	7	40	8-18	45
Mn	6.2886	1.2*	2	1.6*-2.3*	11
Mo	0.0152	0.017	0.3	0.043-0.045	1.7-2.0
Zn	2.281	3.0	7	8.0-11.0	34-40
Al	14.602	ND	ND	ND	ND
Cd	0.019	ND	ND	ND	ND
Ni	0.0574	ND	0.2	ND	1.0
Co	0.0149	ND	ND	ND	ND
Si	6.78	ND	ND	ND	ND

**Fonte:** O autor.

## 5.1 Microelementos

### 5.1.1 Sódio (Na)

Na Tabela 4, a concentração de sódio determinada na chicória foliar foi de 51,08 mg/100g, sendo a menor concentração de todos os microelementos obtidos. O conteúdo de sódio representa apenas cerca de 5,1% da ingestão adequada para crianças (1000 mg/dia de AI), e 3,4 a 3,9% da ingestão total para adultos (1300-1500 mg/dia de AI). A partir dos resultados obtidos, ou seja, valor da concentração de sódio na chicória foliar estudada comparados com os propostos pela AI, conclui-se que a chicória foliar não é considerada uma fonte de sódio para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para o consumo de sódio em crianças é 1500 mg/dia, e para adultos 2300-2500 mg/100g. Portanto, os resultados na tabela 4 estão abaixo do nível dos valores toleráveis de ingestão superior (UL), não há risco de efeitos adversos para adultos e crianças. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2012) recomendou uma redução para < 2 g/dia de sódio em adultos. Por outro lado, este nível máximo recomendado de ingestão de sódio em adultos deve ser ajustado com base nas necessidades energéticas de crianças em relação às dos adultos [106]. A concentração de sódio encontrada em nosso trabalho está abaixo dos valores estipulados pela OMS e DRIs. Entretanto, o uso contínuo e indiscriminado de alimentos que contêm sódio em sua composição deve ser evitado, uma vez que a alta ingestão dietética de sódio aumenta o desenvolvimento da hipertensão, causando danos à saúde [107].

### 5.1.2 Potássio (K)

Observa-se na tabela 4 que, entre todos os elementos determinados na chicória foliar, a acumulação de potássio é superior a concentração de outros metais. O presente estudo revelou que a concentração de potássio na chicória foliar foi de 4550,90 mg/100g, o que corresponde a 151,6% de AI para crianças (3000 mg/dia) e 96,82% de AI para adultos (4700 mg/dia). Após a comparação, o valor da concentração de potássio na chicória foliar estudada com os propostos pela AI, nossos resultados demonstraram que a chicória foliar é excelente fonte de potássio para crianças e adultos.

Até a presente data, os níveis toleráveis de ingestão superior (UL) não são estabelecidos para o potássio em crianças e adultos. Assim, os dados disponíveis

são insuficientes para estabelecer um nível seguro de ingestão superior para o potássio. Em países europeus, as ingestões diárias de potássio a partir da dieta habitual geralmente não excedem 5-6 g/dia e não tem sido associado a quaisquer efeitos negativos em populações saudáveis [108]. A Organização Mundial da Saúde sugere para adultos ( $\geq 16$  anos de idade) uma ingestão de potássio de pelo menos 3510 mg/dia, na qual deve ser ajustada para crianças entre 2 e 15 anos de idade, com base nas necessidades energéticas das crianças em relação às dos adultos [109]. Desta forma, a concentração de potássio na chicória foliar está acima dos valores recomendados pela OMS. De acordo com alguns estudos, o maior consumo de potássio está associado com um menor risco de acidente vascular cerebral [110].

### 5.1.3 Cálcio (Ca)

A concentração de cálcio detectada na chicória foliar foi de 248.160 mg/100 g (Tabela 4), que corresponde a 49,6% de AI para crianças (500 mg/dia) e 24,8% de AI para adultos (1000 mg/dia). A partir dos valores obtidos da concentração de cálcio na chicória foliar, comparadas com os propostos pela AI, observa-se que a chicória foliar é uma excelente fonte de cálcio para crianças e são boa fonte de potássio (19%) para adultos (1300 mg/dia).

Para todos os grupos etários descrito na Tabela 4, a concentração de cálcio está abaixo do nível de ingestão superior tolerável (2500 mg/dia) para crianças e adultos. Portanto, não há risco de efeitos adversos em populações com baixa ingestão de cálcio na dieta. Em alguns estudos, a ingestão de cálcio está ligada à prevenção do câncer de cólon [111]. Em crianças espanholas, os resultados de pesquisas sugerem que existe um problema de saúde pública que deve ser abordado através de programas de educação nutricional para aumentar a ingestão de alimentos ricos em cálcio e corrigir o padrão alimentar associado [112].

### 5.1.4 Magnésio (Mg)

Neste estudo, na tabela 4, uma concentração mais elevada de magnésio foi encontrada na chicória foliar, 124,02 mg/100g, o que corresponde a 155,01% da RDA para crianças (80 mg/dia) e 34,9% da RDA para adultos (355 mg/dia). Após a comparação do valor da concentração de magnésio na chicória foliar estudada com

os propostos pela RDA, observa-se que os nossos resultados demonstram que a chicória foliar é excelente fonte de magnésio para crianças e adultos.

De acordo com os resultados da Tabela 4, a concentração de magnésio está acima do nível tolerável de ingestão superior para crianças (65 mg/dia) e abaixo para adultos (351 mg/dia). De acordo com alguns estudos, uma grande parcela dos americanos não consomem alimentos ricos em magnésio, e não atingem os valores diários estipulados pela RDA para este elemento [113]. De fato, de 2001 a 2004, apenas 15% dos americanos de 2 anos ou mais consumiram as porções recomendadas de produtos lácteos por dia [114]. Como em adultos, considera-se que as crianças são suscetíveis aos efeitos osmóticos de fontes não alimentares de magnésio. A partir do ajuste dos valores para adultos em uma base de peso corporal, estabeleceu-se uma UL para crianças com uma ingestão de magnésio de 5 mg/kg/dia (0,2 mmol/kg/dia). Fontes não alimentares como alguns sais de magnésio utilizados para fins farmacológicos quando consumidos em excesso causam efeitos adversos [115].

#### 5.1.5 Fósforo (P)

Na tabela 4, a concentração detectada de fósforo na chicória foliar foi de 842,820 mg/100g, o que corresponde a 183,2% da RDA para crianças (460 mg/dia) e 67,42-120,4% da RDA para adultos (700-1250 mg/dia). Após a comparação do valor da concentração de fósforo na chicória foliar estudada com os propostos pela RDA, o presente estudo indica que a chicória foliar é excelente fonte de fósforo para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para fósforo é de 3000 mg/dia para crianças e 4000 mg/dia para adultos. No presente caso em estudo, o teor de fósforo obtido da chicória foliar está bem abaixo do limite permitido pela UL. Portanto, de acordo com os valores de ULs, o teor de fósforo obtido da chicória foliar não é susceptível de causar efeitos adversos para a saúde. O fósforo é encontrado em pequenas quantidades em vegetais e frutas [116]. No entanto, nossos resultados mostram que a chicória foliar tem uma alta concentração de fósforo, por isso é interessante incentivar seu consumo pela população. De acordo com ensaios controlados com mulheres jovens, não se observaram efeitos adversos de uma dieta rica em fósforo de até 3000 mg/dia [117].

## 5.2 Macroelementos

### 5.2.1 Cromo (Cr)

A concentração de cromo detectada na chicória foliar foi de 0,0736 mg/100g (Tabela 4), correspondendo a 669,09% de AI para crianças (0,011 mg/dia) e 368,0-245,0% de AI para adultos (0,020-0,030 mg/dia). A comparação do valor da concentração de cromo obtido na chicória foliar com os propostos pela AI, revela que a chicória foliar é excelente fonte de cromo para crianças e adultos.

O nível de ingestão tolerável (UL) para o consumo de cromo em crianças e adultos ainda não está estabelecido. Por outro lado, o limite permitido pela FAO/OMS (1984) em plantas comestíveis é 0,002 mg/100g [118]. Após compararmos o valor da concentração de cromo na chicória foliar estudada com os propostos pela FAO/OMS (1984), conclui-se que a concentração de cromo na chicória foliar esta acima do limite permitido pela FAO/OMS. Vale ressaltar ao leitor que o cromo em uma concentração elevada é tóxico para plantas e animais. Por outro lado, os efeitos benéficos do cromo suplementado em indivíduos com diabetes tipo 2 foram observados em níveis superiores ao limite superior da ingestão dietética diária [119].

### 5.2.2 Cobre (Cu)

Na Tabela 4, a concentração de cobre detectada na chicória foliar foi de 1,0456 mg/100 g. O conteúdo de cobre representa apenas cerca de 307,3% para crianças (0,34 mg/dia - RDA), enquanto 116-117,4% da RDA para adultos (0,89-0,90 mg/dia). Ao realizarmos a comparação do valor da concentração de cobre na chicória foliar com os propostos pela RDA, observa-se que os nossos resultados demonstram que a chicória foliar é excelente fonte de cobre para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para o consumo de cobre em crianças e adultos é de 1,0 mg/dia e 8,0-10,0 mg/100 g. Portanto, os resultados na Tabela 4 estão abaixo do nível dos valores toleráveis de ingestão superior (UL), não havendo risco de efeitos adversos para adultos e crianças. Contudo, o limite admissível de cobre estabelecido pela FAO/OMS (1984) em plantas comestíveis é de 0,3 mg/100 g. Comparando a concentração de cobre obtida na chicória foliar com os valores estabelecidos pela FAO/OMS (1984), observa-se que a chicória foliar acumula cobre acima desse limite. O cobre é um elemento-traço essencial e vital

para a saúde humana [120]. Segundo estudos recentes, existe uma associação entre uma dieta rica em cobre e ferro e doença de Alzheimer [121].

### 5.2.3 Ferro (Fe)

A concentração de ferro detectada na chicória foliar foi 19,188 mg/100 g (Tabela 4), que corresponde a 274,0% da RDA para crianças (7,0 mg/dia) e 239,7-106,5% da RDA para adultos (8,0-18,0 mg/dia) . Após a comparação, o valor da concentração de ferro na chicória foliar estudada com os propostos pela RDA, nossos resultados demonstraram que a chicória foliar é excelente fonte de ferro para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para ferro é de 40 mg/dia para crianças e de 45 mg/dia para adultos. Comparando nossos resultados com os valores de UL, observa-se que o teor de ferro obtido da chicória foliar esta abaixo do limite permitido por UL para crianças e adultos. Portanto, de acordo com os valores de ULs, o conteúdo de ferro obtido da chicória foliar não é susceptível de causar efeitos adversos para a saúde. Por outro lado, o limite permitido pela FAO/OMS (1984) em plantas comestíveis foi de 2 mg/100 g [122], verificou-se que a chicória foliar acumulou Fe acima deste limite permitido (FAO/OMS, 1984). Os vegetarianos têm dietas mais próximas da dieta recomendada com menor teor de gordura e sal, e maiores ingestão diárias totais de ferro do que aqueles que comem carne, peixe ou aves. De acordo com alguns estudos, para os homens, as ingestões de ferro recomendada tem de ser mais elevadas para os vegetarianos [123].

### 5.2.4 Manganês (Mn)

A concentração de manganês detectada na chicória foliar foi de 6,288 mg/100g (Tabela 4), que corresponde a 524,0% de AI para crianças (1,2 mg/dia) e 273,03-393,0% de AI para adultos (1,6-2,3 mg/dia). Após a comparação, o valor da concentração de manganês na chicória foliar estudada com os propostos pela AI, nossos resultados demonstraram que a chicória foliar é excelente fonte de manganês para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para o manganês é de 2 mg/dia para crianças e 11 mg/dia para adultos. Neste caso, o teor de manganês obtido da

chicória foliar esta acima do limite permitido para crianças, e abaixo do nível tolerável de ingestão superior (UL) para adultos. O limite permitido pela FAO/OMS (1984) em plantas comestíveis é de 0,2 mg/100 g, diante deste resultados estipulado pela FAO/OMS verifica-se que a chicória foliar acumula manganês acima deste limite.

O manganês é um elemento essencial e potencialmente tóxico para a saúde humana em níveis elevados [124]. De acordo com alguns estudos, crianças que têm níveis extremamente altos de exposição ao manganês, podem ter o seu comportamento alterado e diminuir a capacidade de aprender e lembrar [125]. De fato, o efeito do manganês na água potável sobre o QI das crianças (quociente de inteligência) tem sido estudado e comprovado [124].

#### 5.2.5 Molibdênio (Mo)

A concentração de molibdênio detectada na chicória foliar foi de 0,0152 mg/100 g (Tabela 4), correspondendo a 89,4% da RDA para crianças (0,017 mg/dia) e 35,3-33,70% da RDA para adultos (0,043-0,045mg/dia). Após a comparação, o valor da concentração de molibdênio na chicória foliar estudada com os propostos pela RDA, nossos resultados demonstram que a chicória foliar é excelente fonte de molibdênio para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para consumo de molibdênio em crianças e adultos é de 0,30 mg/dia e 1,7-2,0 mg/dia. Após a comparação, o valor da concentração de molibdênio na chicória foliar estudada com os propostos pela UL, observou que os resultados na tabela 4 estão abaixo dos valores toleráveis nível de ingestão superior (UL), não há risco de efeitos adversos para adultos e crianças.

Pouco se sabe sobre os efeitos de níveis elevados de molibdênio nos sistemas vivos e o valor do nível tolerável de ingestão superior depende de cada país. Segundo o Conselho de Nutrição e Alimentos Norte Americano (US Food and Nutrition Board (FNB, 1989)) [125], a UL é seis vezes a média estimada ingestão de 100 µg/dia para adultos em 11 países diferentes [126], e ultrapassa o valor superior de (400 µg/dia), na Alemanha (500 µg/dia) e na Finlândia (150 µg/dia) [127, 128].

### 5.2.6 Zinco (Zn)

Na Tabela 4, a concentração de zinco detectada na chicória foliar foi de 2,281 mg/100 g, correspondendo a 76,0% da RDA para crianças (3,0 mg/dia) e 28,51-20,73% da RDA para adultos (8,0-11,0 mg/dia). Após a comparação, o valor da concentração de zinco na chicória foliar estudada com os propostos pela RDA, nossos resultados demonstram que a chicória foliar é excelente fonte de zinco para crianças e adultos.

O nível tolerável de ingestão superior (UL) para consumo de zinco em crianças e adultos é de 7 mg/dia e 34-40 mg/dia. Ao realizarmos a comparação do valor da concentração de zinco na chicória foliar estudada com os propostos pela UL, observa-se que os resultados na tabela 4 estão abaixo dos valores toleráveis de ingestão superior (UL), não há risco de efeitos adversos para adultos e crianças.

O zinco é um fator importante no metabolismo de neurotransmissores, prostaglandinas, e para a manutenção da estrutura e função do cérebro. De fato, estudos recentes mostraram o papel do zinco no tratamento do transtorno de hiperatividade em crianças [129]. No entanto, a recomendação de zinco é benéfica no tratamento de várias doenças, como várias condições pró-inflamatórias e câncer [130].

### 5.2.7 Alumínio (Al)

O conteúdo de alumínio foi de 14,60 mg/100 g para a chicória foliar respectivamente (Tabela 4). Até o momento para crianças e adultos, não existem recomendações (RDA) e ingestão adequada de alumínio (Al). Assim como não há valores toleráveis superior nível de ingestão (UL). Por outro lado, as exposições médias da população adulta ao alumínio da dieta global incluindo aditivos variaram de 1,6 mg/dia em estudos franceses [131], Reino Unido 1,3 mg/kg pc/semana para crianças (1,5-4,5 anos) [132] e China Continental (4,0 mg/kg pc/semana para adultos de 60 kg) [133]. Verificou-se que a exposição dietética média de toda a população chinesa à ingestão de alumínio a partir de aditivos alimentares contendo Al era de 2.103-2.903 mg/kg por 1 semana para crianças, excedendo a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) [134].

Após a comparação, o valor da concentração de alumínio na chicória foliar estudada com os propostos pelos estudos acima, observou que os resultados na tabela 4 estão acima desses valores. Os níveis toleráveis de ingestão superior são escassos na literatura e diferem entre os países. Desta forma, não podemos assegurar com certeza se o alumínio na concentração obtida na chicória foliar pode causar ou não toxicidade. Em comparação com a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) de  $7 \mu\text{g} / \text{kg kg/semana}$  • proposta pela OMS, a ingestão dietética de cádmio foi bastante elevada.

#### 5.2.8 Cádmio (Cd)

De acordo com os dados da tabela 4, o conteúdo de cádmio foi de  $0,019 \text{ mg}/100 \text{ g}$  na chicória foliar. Até a presente data não foi estabelecido um subsídio dietético seguro recomendado ou ingestão adequada de cádmio (Cd). Não existe nível de ingestão tolerável superior para o consumo de cádmio em adultos e crianças. No entanto, a FAO/OMS (1984) estabeleceu  $0,021 \text{ mg} / 100 \text{ g}$  em plantas comestíveis [118]. Após a comparação, os limites de cádmio na chicória foliar com os da FAO/OMS (1984) verificou-se que a chicória foliar possui Cd abaixo deste limite.

Existe pouco acordo geral sobre limites de segurança aceitáveis para a ingestão de cádmio. No entanto, a ingestão dietética de cádmio foi estudada entre crianças e adultos da Alemanha. Nesses estudos, a ingestão diária de cádmio para crianças (idade média: 1,8 anos) foi de  $0,17 \mu\text{g}/(\text{kgbw}\cdot\text{dia})$  [intervalo:  $0,02\text{-}1,62 \mu\text{g} / (\text{kgbw}\cdot\text{dia})$ ] e adultos (média de idade: 40,9 anos ) foram de  $0,37 \mu\text{g} / (\text{kgbw} \cdot \text{dia})$  [intervalo:  $0,05\text{-}1,32 \mu\text{g}/(\text{kgbw}\cdot\text{dia})$ ]. Em comparação com a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) de  $7 \mu\text{g} / \text{kg kg} / \text{semana}$  • proposta pela OMS, a ingestão dietética de cádmio foi bastante elevada. Os autores concluem que a exposição ao cádmio da população precisa ser reduzida para minimizar o risco de efeitos adversos à saúde relacionados a este metal [135].

### 5.2.9 Níquel (Ni)

A concentração de níquel detectada na chicória foliar foi de 0,0574 mg/100 g (Tabela 4). De acordo com a FAO/OMS de 1984, o limite admissível de plantas não comestíveis é de 0,163 mg/100 g [118]. A partir destas informações sobre o limite de metais em plantas comestíveis propostas pela FAO / OMS (1984), verifica-se que a chicória foliar acumula Ni abaixo desse limite.

A UL para o consumo de níquel em crianças e adultos foi de 0,2 mg/dia e 1,0 mg/dia. Após comparação, o valor da concentração de níquel na chicória foliar estudada com os propostos pela UL para crianças e adultos, observou que os resultados na tabela 4 estão abaixo dos valores toleráveis de ingestão superior. Compostos de níquel são conhecidos como cancerígenos humanos, mas os mecanismos fundamentais ainda não são totalmente compreendidos [136]. Embora o níquel esteja presente em alguns alimentos de folhas como o alface ou feijões, humanos sempre estão expostos a tal elemento no ambiente. Em pessoas que são sensíveis ao níquel, pode ocorrer a dermatite [137].

### 5.2.10 Cobalto (Co)

De acordo com os dados na Tabela 4, o conteúdo de Co foi de 0,0149 mg / 100 g na folha chicória. Uma dose dietética segura recomendada ou ingestão adequada de cobalto ainda não foi definida. Não há nível de tolerância superior de ingestão (UL) para o consumo de cobalto em adultos e crianças.

Cobalto é essencial para o funcionamento saudável de muitas plantas e animais, e muitas vezes são encontradas em alimentos. É um elemento essencial e necessário para funcionamento normal do pâncreas e hemoglobina. De acordo com a Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (ATSDR), legumes de folhas como a alface contêm altos níveis de cádmio, aproximadamente 0,05-0,12 mg de cádmio/kg [138]. Após a comparação, a concentração de cobalto na chicória foliar com aqueles por ATSDR, verifica-se que chicória foliar ter Co acima deste valor.

### 5.2.11 Silício (Si)

Na Tabela 4, a concentração de Si detectada na chicória foliar foi de 6,78 mg / 100 g. Uma dieta dietética segura recomendada ou ingestão adequada de silício ainda não foi definida para humanos. Bem como não existe nível tolerável superior de ingestão (UL) para o consumo de Si em adultos e crianças.

A ingestão diária da dieta britânica foi estimada em 20-50 mg, o que corresponde a 0,3-0,8 mg/kg de peso corporal/dia em uma pessoa de 60 kg [139]. No entanto, o resultado na Tabela 4 para o silício está dentro de limitar a ingestão diária da dieta britânica.

O silício tem sido utilizado como aditivo na indústria de alimentos e bebidas. Discute-se o possível potencial biológico do silício metalóide como ácido ortossilícico biodisponível e os potenciais efeitos benéficos sobre a saúde humana [140]. Embora a principal fonte de silício para os seres humanos é a dieta, a biodisponibilidade de silício de alimentos sólidos não é totalmente compreendida. Está presente no pâncreas, onde desempenha um papel importante na produção de insulina.

## 6. CONCLUSÃO

Pela primeira vez, a determinação de macromelementos e microelementos foi medida na chicória foliar. É muito importante saber o nível de microelementos e macromelementos na chicória de folhas para estimular o seu papel como fonte desses componentes na dieta humana. Os dados obtidos no manuscrito sobre a composição elementar da chicória foliar demonstraram que este vegetal é excelente fonte de K, Ca, Mg, P, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn para crianças e adultos. Por outro lado, a chicória foliar não é considerada uma fonte de sódio para crianças e adultos.

A concentração de alguns elementos como Na, Ca, P, Cu, Fe, Mo, Zn, Cd e Ni obtidos na chicória foliar está abaixo do limite recomendado pela OMS e/ou valores toleráveis de ingestão superior. No entanto, a concentração de K, Cr, Fe e Al estão acima do limite recomendado pela FAO/OMS (1984) e outros países.

O silício está dentro do limite da ingestão diária da dieta britânica. Após a comparação, a concentração de cobalto na chicória foliar com os da Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (ATSDR), verificou-se que a chicória foliar tem Co acima desse valor.

Uma dose dietética segura recomendada ou ingestão adequada de Al, Cd, Ni, Co e Si ainda não foi definida para humanos. Bem como não há tolerável superior nível de ingestão (UL) para o consumo desses elementos em adultos e crianças. Não existem critérios estabelecidos para o nível de silício nos vegetais. O silício está dentro do limite da ingestão diária da dieta britânica.

Folha chicória tem macro e microelementos em quantidade suficiente, ele pode ser usado como um suplemento dietético natural bom. Uma vez que não excede os limites permitidos estabelecidos pela OMS e FAO, RDA e UL. O uso de legumes adquiridos em mercados públicos ou no mercado de rua, por parte das populações urbanas, não pode ser ignorado em decorrência que a avaliação do risco de toxicidade do elemento se baseia mais na ingestão habitual do que na acidental. Na verdade, alguns nutrientes essenciais podem ser tóxicos em algum nível acima da exigência e ainda é difícil para muitos leigos entender e aceitar tais informações. A falta de estudos de efeitos adversos após a ingestão excessiva de um nutriente não significa que não ocorram efeitos adversos.

## REFERÊNCIAS

1. Annemien Haveman-Nies, Lisette (C.) P. G. M. de Groot, JanBurema, José A. Amorim Cruz, Merete Osler, Wija A. van Staveren; **Dietary Quality and Lifestyle Factors in Relation to 10-Year Mortality in Older Europeans: The SENECA Study. American Journal of Epidemiology.**2002; 156(10): 962-968.  
<https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/aje/kwf144>
2. Young, M., Wolfheim, C., Marsh, D. R., & Hammamy, D. (2012).**World ealth Organization/United Nations Children’s Fund Joint Statement on Integrated Community Case Management: An Equity-Focused Strategy to Improve access to Essential Treatment Services for Children. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.** 87(5 Suppl): 6-10. <http://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0221>; A Joint Statement by theWorld Health Organization and the United Nations Children's Fund, Maternal,newborn, child and adolescent health.  
[http://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/topics/child/malnutrition/en/](http://www.who.int/maternal_child_adolescent/topics/child/malnutrition/en/)
3. World Health Organization (WHO).**Increasing fruit andvegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases.** e-Library of Evidence for Nutrition Actions (eLENA).  
[http://www.who.int/elena/titles/fruit\\_vegetables\\_ncds/en/](http://www.who.int/elena/titles/fruit_vegetables_ncds/en/)
4. Leterme P,Buldgen A,EstradaF, Londoño AM. **Mineral contentof tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rains forest of Colombia. Food Chemistry.** 2006; 95(4): 644-652.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460500138X>.
5. Lima NV, Arakaki DG, Tschinkel PPS, Silva AF, Guimarães RCA,Hiane PA, Júnior MAF, Nascimento VA. **First Comprehensive Study on TotalDetermination of Nutritional Elements in the Fruit of the CampomanesiaAdamantium (Cambess.): Brazilian Cerrado Plant. International Archives of Medicine.** 2016; 9(350): 1-11.  
[file:///C:/Users/User/Downloads/First\\_Comprehensive\\_Study\\_on\\_Total\\_Determination\\_of\\_Nutritional\\_Elements\\_in\\_the\\_%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/First_Comprehensive_Study_on_Total_Determination_of_Nutritional_Elements_in_the_%20(7).pdf).
6. Barcaccia G, Ghedina A, Lucchin M. **Current Advances in Genomics andBreeding of Leaf Chicory (Cichorium intybus L.).Agriculture.** 2016; 6(50): 1-24.[http://www.mdpi.com/search?q=chicory&authors=&article\\_type=&journal=agriculture&section=&special\\_issue=&search=Search](http://www.mdpi.com/search?q=chicory&authors=&article_type=&journal=agriculture&section=&special_issue=&search=Search).
7. Street, RA, Sidana J, Prinsloo G. Cichorium intybus: **TraditionalUses,Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology.** Evidence-BasedComplement. Alternative Medicine. 2013; 2013, 579319  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24379887>
8. Dag Mendonça Lima – (NEPA/UNICAMP) Fernando Antonio Basile Colugnati – (NEPA/UNICAMP) Renata Maria Padovani – (NEPA/UNICAMP) Delia B. Rodriguez-Amaya – (NEPA/UNICAMP) Elisabete Salay – (NEPA/UNICAMP) Maria Antonia Martins Galeazzi. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO Versão 2 – Segunda Edição. Campinas – SP 2006
9. Barcaccia G, Pallottini L, Soattin M, Lazzarin R, Parrini P, LucchinM. **Genomic DNA fingerprints as a tool for identifying cultivated types of radicchio (Cichorium intybus L.) from Veneto, Italy. PlantBreeding.** 2003; 122: 178-183.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1439-0523.2003.00786.x/full>

10. Innocenti M, Gallori S, Giaccherini C, Ieri F, Vincieri FF, Mulinacci N. **Evaluation of the Phenolic Content in the Aerial Parts of Different Varieties of *Cichorium intybus* L.** *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 53(16): 6497-6502.  
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf050541d>
11. Covance Laboratories Inc. **Radicchio (Chicory/Vegetable)**. Report Number: 505527-0. 2012.  
[http://radicchio.com/wp-content/uploads/2012/01/505527-0\\_COA.pdf](http://radicchio.com/wp-content/uploads/2012/01/505527-0_COA.pdf)
12. USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016. file:///C:/Users/User/Downloads/foodsreport%20(1).pdf.
13. Corrada, MM, Kawas CH, Hallfrisch J., Muller D, Brookmeyer, R. **Reduced risk of Alzheimer's disease with high folate intake: The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Alzheimer's & Dementia***: The Journal of the Alzheimer's Association. 2005; 1(1): 11-18. <http://doi.org/10.1016/j.jalz.2005.06.001>
14. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Basic Report 11952, Radicchio, raw. Basic Report 11952, Radicchio, raw.  
file:///C:/Users/User/Downloads/foodsreport%20(2).pdf
15. Minerals for Plants, Animals and Man. Agri-faz. Alberta - **Agriculture, Food and Rural development**. 1998. Agdex 531-533.  
[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex789](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex789)
16. Buol SW. **Soils and agriculture in central-west and north Brazil**. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.). 2009; 66(5): 697-707.  
<http://www.scielo.br/pdf/sa/v66n5/16.pdf>.
17. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. **Harper's biochemistry**, 25th Edition, McGraw-Hill, **Health Profession Division**, USA. 2000; 780-786.
18. CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica ilustrada**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2009. 528p.
19. Street, R.A.; Sidana, J.; Prinsloo, G. ***Cichorium intybus*: Traditional Uses, Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology**. *Evid.-Based Complement. Altern. Med.* 2013, 2013, 579319.
20. Fabrin, Eliseu Geraldo dos Santos et al. **Crescimento de mudas de chicória roxa "palla rossa" em função da aplicação foliar de ácido L-glutâmico**. *Scientia Agraria*, [S.l.], v. 14, n. 3, dez. 2013. ISSN 1983-2443. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/40898/24994>>. Acesso em: 01 jul. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/rso.v14i3.40898>.
21. Lucchin, M.; Varotto, S.; Barcaccia, G.; Parrini, P. **Chicory and Endive**. In **Handbook of Plant Breeding, Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae**; Springer: New York, NY, USA, 2008; pp. 1-46.
22. Munoz, C.L.M. **Spanish medicinal Plants: *Cichorium intybus* L.** *Bol. Real Soc. Esp. His. Nat.* 2004, 99, 41-47.

23. Plmuier, W. **Chicory improvement**. Rev. Agric. 1972, 4, 567–585.  
FAOSTAT. Available online: <http://faostat.fao.org/>
24. Galla, G.; Ghedina, A.; Tiozzo, C.S.; Barcaccia, G. **Toward a first high-quality genome draft for marker-assisted breeding in leaf chicory, Radicchio (*Cichorium intybus* L.)**. In **Plant Genomics**; Abdurakhmonov, I.Y., Ed.; InTech: Rijeka, Croatia, 2016.
25. Bremer, K.; Anderberg, A.A. **Asteraceae: Cladistics and Classification**; Timber Press: Portland, OR, USA, 1994.
26. Tutin, T.G.; Heywood, V.H.; Burges, N.A.; Moore, D.A.; Valentine, D.H.; Walters, S.M.; Webb, D.A. **Flora Europea**; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1976; Volume 4.
27. Pignatti, S. **Flora d'Italia**; Edagricole: Bologna, Italy, 1982; Volume 3.
28. Kiers, A.M. **Endive, Chicory and Their Wild Relatives, a Systematic and Phylogenetic Study of *Cichorium* (Asteraceae)**; Universiteit Leiden: Leiden, The Netherlands, 2000.
29. Conti, F.; Abbate, G.; Alessandrini, A.; Blasi, C. **An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora**; Palombi Editori: Roma, Italy, 2005.
30. Vermeulen, A.; Desprez, B.; Lancelin, D.; Bannerot, H. **Relationships among *Cichorium* species and related genera as determined by analysis of mitochondrial RFLPs**. Theor. Appl. Genet. 1994, 88, 159–166.
31. Gemeinholzer, B.; Bachmann, K. **Examining morphological and molecular diagnostic character states of *Cichorium intybus* L. (Asteraceae) and *C. spinosum* L.** Plant Syst. Evol. 2005, 253, 105–123.
32. Kiers, A.M.; Mes, T.H.; Van Der Meijden, R.; Bachmann, K. **Morphologically defined *Cichorium* (Asteraceae) species reflect lineages based on chloroplast and nuclear (ITS) DNA data**. Syst. Bot. 1999, 24, 645–659.
33. Kiers, A.M.; Mes, T.H.; Van Der Meijden, R.; Bachmann, K. **A search for diagnostic AFLP markers in *Cichorium* species with emphasis on Endive and Chicory cultivar groups**. Genome 2000, 43, 470–476.
34. GRIN Database. Available online: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/search.aspx>.
35. Mansfeld's World Database of Agriculture and Horticultural Crops Database. Available online: <http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/apex/f?p=185:3>.
36. Raulier, P.; Maudoux, O.; Notté, C.; Draye, X.; Bertin, P. **Exploration of genetic diversity within *Cichorium endivia* and *Cichorium intybus* with focus on the gene pool of industrial chicory**. Genet. Resour. Crop. Evol. 2016, 63, 243–259.
37. Van Stallen, N.; Noten, V.; Neefs, V.; De Proft, M. **The phylogenetic relationship between different *Cichorium intybus* cultivars and cultivar groups, as revealed by RAPDs**. Plant Breed. 2001, 120, 425–428.

38. Koch, G.; Jung, C. **Phylogenetic relationships of industrial Chicory varieties revealed by RAPDs and AFLPs.** *Agronomie* 1997, 17, 323–333.
39. Van Stallen, N.; Vandenbussche, B.; Verdoodt, V.; De Proft, M.P. **Construction of a genetic linkage map for witloof (*Cichorium intybus L. var. foliosum Hegl*).** *Plant Breed.* 2003, 122, 521–525.
40. De Proft, M.P.; Van Stallen, N.; Veerle, N. **Introduction: History of chicory breeding.** In *Proceedings of the Eucarpia Meeting on Leafy Vegetables Genetics and Breeding*, Noordwijkerhout, The Netherlands, 19–21 March 2003; pp. 83–90.
41. Van Stallen, N.; Vandenbussche, B.; Londers, E.; Noten, V.; De Proft, M. **QTL analysis of production and taste characteristics of chicory (*Cichorium intybus var. foliosum*).** *Plant Breed.* 2005, 124, 59–62.
42. Eenink, A.H. **Compatibility and incompatibility in Witloof-Chicory (*Cichorium intybus L.*).** 2. The incompatibility system. *Euphytica* 1981, 30, 77–85.
43. Varotto, S.; Pizzoli, L.; Lucchin, M.; Parrini, P. **The incompatibility system in Italian red chicory (*Cichorium intybus L.*).** *Plant Breed.* 1995, 114, 535–538.
44. Barcaccia, G.; Varotto, S.; Soattin, M.; Lucchin, M.; Parrini, P. **Genetic and molecular studies of sporophytic self-incompatibility in *Cichorium intybus L.*** In *Proceedings of the Eucarpia Meeting on Leafy Vegetables Genetics and Breeding*, Noordwijkerhout, The Netherlands, 19–21 March 2003; p. 154.
45. Kilian, N.; Gemeinholzer, B.; Lack, H.W. ***Cichorieae*. In Systematics, Evolution and Biogeography of Compositae;** IAPT: Vienna, Austria, 2009; pp. 343–383.
46. Gonthier, L.; Blassiau, C.; Mörchen, M.; Cadalen, T.; Poiret, M.; Hendriks, T.; Quillet, M.C. **High-density genetic maps for loci involved in nuclear male sterility (NMS1) and sporophytic self-incompatibility (S-locus) in chicory (*Cichorium intybus L.*, *Asteraceae*).** *Theor. Appl. Genet.* 2013, 126, 2103–2121.
47. Claro, R. M., **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, 41, nº4, 12-20, 2007.
48. Melo, L. H., **Importancia das frutas e hortalícias na promoção da saúde**, 2007.
49. Mahan, L. K., Escott-Stump, S., **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**, 11ª Edição, 2005.
50. Champe, P.C.; Hatvey, R.A.; Ferrier, D.R. **Bioquímica ilustrada.** 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2009.528p.
51. Stewart, J.A. (1985): **Potassium source, use and potential.** In: "Potassium in Agriculture" (R.D. Munson, ed.). pp. 83-98. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI.
52. Beringer, H.; Nothdurft, F. **Effects of potassium on plant and cellular structures.** In: Munson, R.D. (Ed.). *Potassium in Agriculture: American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc.* Madison, cap.14, p.35-67. 1985
53. Hann & Jensen, *Enviro. End. Div.*, Texas A&M, vol. 3 (1974).

54. MARSCHNER, 1995.
55. Peixoto EMA. **Sódio**. Disponível: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/elemento.pdf>
56. Andersen L, Rasmussen LB, Larsen EH, Jakobsen J. **Intake of household salt in a Danish population**. *Eur J Clin Nutr*. 12 March 2008.
57. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/na.htm>
58. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/p.htm>
59. Cônsolo O, Fernanda Zanoni. **Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em mato grosso do sul**. 2015, 126 f. Tese (Doutorado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS, Campo Grande/MS.
60. Mahan, B. M. **Química: Um curso universitário**. 4a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
61. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/cr.htm>.
62. Russel, J. B. **Química geral**. São Paulo: Makron Books, 2004.
63. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/cu.htm>
64. GREENWOOD, N.N. e EARNSHAW, A. *Chemistry of the elements*. Oxford: Butterworth; Heinemann, 1997.
65. <http://www.laborsolo.com.br/site/dris/micronutriente-conhecendo-o-cobre/>
66. Wijayanti N, Katz N, Immenschuh. **Biology of heme in health and disease**. *Curr Med Chem*. 2004;11(8):981-6.
67. Vogel, Arthur Israel, 1905-**Química Analítica Qualitativa** / Arthur I. Vogel; [tradução por Antonio Gimeno da] 5. ed. rev. por G. Svehla.- São Paulo : Mestre Jou, 1981.
68. Donovan A, Roy CN, Andrews NC. **The ins and outs of iron homeostasis. Physiology (Bethesda)**. 2006;21:115-23.
69. [http://nutricao.saude.gov.br/mn/ferro/ferro\\_programa\\_info\\_geral.php](http://nutricao.saude.gov.br/mn/ferro/ferro_programa_info_geral.php).
70. Silva, S.; Baruselli, M.; Sampaio, C. **Os dez mandamentos da suplementação mineral**. Ed Guaíba: agropecuária, 2000, 106 p.
71. Emsley, John (2001). «Manganese». **Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements**. Oxford, UK: Oxford University Press. pp. 249–253. ISBN 0-19-850340-7
72. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/mn.htm>

73. Dismukes, G. Charles; Willigen, Rogier T. van (2006). **Manganese: The Oxygen-Evolving Complex & Models**. *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*.
74. Lide, David R., ed. (1994). Molybdenum. **CRC Handbook of Chemistry and Physics**. 4. [S.l.]: Chemical Rubber Publishing Company. p. 18. ISBN 0-8493-0474-1
75. Schwarz, Guenter; Belaidi, Abdel A. (2013). «Chapter 13. **Molybdenum in Human Health and Disease**. In: Astrid Sigel; Helmut Sigel; Roland K. O. Sigel. *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases. Col: Metal Ions in Life Sciences*. 13. [S.l.]: Springer. pp. 415–450. doi:10.1007/978-94-007-7500-8\_13
76. Mendel, Ralf R. (2009). **Cell biology of molybdenum**. *BioFactors*. 35 (5): 429–34. doi:10.1002/biof.55. PMID 19623604
77. <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutrientes-conhecendo-o-molibdenio/>
78. Waitzberg, D. L. **Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica**. 3ed São Paulo: Editora Atheneu, p.131-134, 2002.
79. Szckurek EI, Bjornsson CS, Taylor CG. **Dietary zinc deficiency and repletion modulate metallothionein immunolocalization and concentration in small intestine and liver of rats**. *J Nutr* 2001; 131: 2132-8.
80. **Alimentos ricos em Zinco**. *Tua Saúde*. Consultado em 15 de maio de 2017.
81. <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutrientes-conhecendo-o-zinco/>
82. Stephen D. Butz (2002). **Science of Earth Systems**.
83. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/si.htm>
84. Balch, J. F.; Ballch, P. A. **Prescription for nutritional healing**. New York: Avery, 1990. 368p.
85. Nriagu, J.O.; Pacyna, J.M. **Quantitative assessment of worldwide contamination of air, waters, and soils with trace metal**. *Nature*, v.333, p.134-139, 1988.
86. Li, Y. J.; Zamble, D. B.; *Chem. Rev.* **2009**, 109, 4617.
87. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/ni.htm>
88. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/co.htm>
89. Souza, Líria Alves de. "**Cobalto**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/cobalto.htm>>.
90. Kubota, J. & Allaway, W.L., 1972. **Geographic distribution of trace element problems**. IN: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. (eds.).

- Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. of Am. Inc. Madison Wisconsin, USA, p. 525-554.
91. Fruton, J.S. & Simmonds, S., 1959. **General Biochemistry**. 2nd ed. New York, John Wiley & Sons Inc. 1077 p.
92. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/cd.htm>
93. Colin Baird, **Química Ambiental**, 2ª Edição, Editora Bookman, Página 432-433.
94. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/al.htm>
95. Belmonte Pereira, Luciane; Aimer Tabaldi, Luciane; Fabbrin Gonçalves, Jamile; Jucoski, Gladis Oliveira; Pauletto, Mareni Maria; Nardin Weis, Simone; Texeira Nicoloso, Fernando; Brother, Denise et al (2006). **Effect of aluminum on  $\delta$ -aminolevulinic acid dehydratase (ALA-D) and the development of cucumber (*Cucumis sativus*)**. Environmental and experimental botany 57 (1–2): 106–115.
96. Andersson, Maud (1988). "**Toxicity and tolerance of aluminium in vascular plants**". Water, Air, & Soil Pollution 39 (3–4): 439–462. doi:10.1007/BF00279487.
97. Horst, Walter J. (1995). "**The role of the apoplast in aluminium toxicity and resistance of higher plants: A review**". Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 158 (5): 419–428. doi:10.1002/jpln.19951580503.
98. Ma, Jian Feng; Ryan, PR; Delhaize, E (2001). "**Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids**". Trends in Plant Science 6 (6): 273–278. doi:10.1016/S1360-1385(01)01961-6. PMID 11378470.
99. Turner, R.C. and Clark J.S. (1966). "**Lime potential in acid clay and soil suspensions**". Trans. Comm. II & IV Int. Soc. Soil Science: 208–215.
100. <http://viaciencia.com.br/artigo-97-nutrientes-minerais,-elementos-quimicos-beneficos-e-toxidez-do-aluminio-e-do-selenio----questionario-respondido.html>
101. <http://www.revistacampoenegocios.com.br/radicchio-agrega-a-producao/>
102. <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/equilibrio/eq0506200804.htm>
103. United States Department of Agriculture. Dietary Reference Intakes: **The Essential Guide to Nutrient Requirements**, Washington, US, 2006; Otten JJ, Hellwig JP, Meyers LD, editors; The National Academies Press: Washington, US, 2006. <http://www.nap.edu/catalog/11537.html>
104. Brasil, Regulamento Técnico Sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais, RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005, Brasília,

- Brasil, 2005; Anvisa, Brasília, Brasil, 2005. <http://coffito.gov.br/nsite/wp-content/uploads/2016/08/resoluo-rdc-n-269-2005-ingesto-diria-recomendada-idr-de-protenas-vitaminas-e-minerais.pdf>
105. Food Drugs Administration. Section 101.54 Nutrient content claims for “good source,” “high,” and “more.” Code of Federal Regulations. 1993; Title 21, 84-85. <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/21/101.54>
  106. World Health Organization (WHO). **Guideline: Sodium intake for adults and children.** Geneva, Switzerland, 2011. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77985/1/9789241504836\\_eng.pdf?ua=1&ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77985/1/9789241504836_eng.pdf?ua=1&ua=1)
  107. Soetan KO, Olaiya CO, Oyewole OE. **The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review.** African Journal of Food Science. 2010; 4(5): 200-222. <http://www.academicjournals.org/journal/AJFS/article-abstract/045441523024>
  108. European Food Safety Authority. **Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals.** Parma, Italy, 2006. [http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa\\_rep/blobserver\\_assets/ndatolerableuil.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf)
  109. World Health Organization (WHO). **Guideline: Potassium intake for adults and children.** Geneva, Switzerland. 2012. [http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium\\_intake\\_printversion.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake_printversion.pdf)
  110. Aburto NJ, Hanson S, Gutierrez H, Hooper L, Elliott P, Cappuccio FP. **Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: systematic review and meta-analyses.** BMJ. 2013; 346: f137. <http://www.bmj.com/content/346/bmj.f1378>
  111. Aggarwal, A, Prinz-Wohlgenannt M, Tennakoon S, Höbaus J, Boudot C, Mentaverri R, Brown EM, Baumgartner-Parzer S, Kállay E. **The calcium-sensing receptor: A promising target for prevention of colorectal cancer.** Biochimica et Biophysica Acta. 2015; 1853: 2158-2167. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25701758>
  112. Rubio-López N, Llopis-González A, Morales-Suárez-Varela M. **Calcium Intake and Nutritional Adequacy in Spanish Children: The ANIVA Study.** Nutrients. 2017; 9(2): 170. <http://www.mdpi.com/2072-6643/9/2/170>
  113. Quann EE., Fulgoni, V L, Auestad N. **Consuming the daily recommended amounts of dairy products would reduce the prevalence of inadequate micronutrient intakes in the United States: diet modeling study based on NHANES 2007–2010.** Nutritional Journal. 2015; 14: 90. <http://doi.org/10.1186/s12937-015-0057-5>
  114. Krebs-Smith SM, Guenther PM, Subar AF, Kirkpatrick SI, Dodd KW. **Americans do not meet federal dietary recommendations.** Journal of Nutrition. 2010; 140:1832-1838. <http://jn.nutrition.org/content/140/10/1832.full.pdf+html>
  115. Institute of Medicine, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board. Vitamin D. Chapter 7. In:

- Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride.** Washington, DC: National Academy Press. 1997. [www.nap.edu](http://www.nap.edu)
30. The Canadian Nutrient File 2016. [www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/index-eng.php)
116. Grimm M, Muller A, Hein G, Funfstuck R, Jahreis G: **High phosphorus intake only slightly affects serum minerals, urinary pyridinium crosslinks and renal function in young women.** *European Journal of Clinical Nutrition.* 2001; 55: 153-161.
117. Grimm M, Muller A, Hein G, Funfstuck R, Jahreis G: High phosphorus intake only slightly affects serum minerals, urinary pyridinium crosslinks and renal function in young women. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2001; 55: 153-161.
118. Food and agriculture organization of United Nations – FAO; World Health Organization – WHO. Format of codex commodity standards. In: Food and agriculture organization of United Nations – FAO; world health organization – WHO (Ed.). *Codex alimentarius commission: procedural manual.* Rome: FAO/WHO. 1984; 43-49. (v. XVII).
119. Anderson RA, Cheng N, Bryden NA, Polansky MM, Cheng N, Chi J, et al. **Elevated intakes of supplemental chromium improve glucose and insulin variables in individuals with type 2 diabetes.** *Diabetes.* 1997; 46,11: 1786–1791. <http://diabetes.diabetesjournals.org/content/46/11/1786.short>
120. Scheiber Ivo, Dringen Ralf, Mercer Julian F. B. **Copper: Effects of Deficiency and Overload.** In Sigel, Astrid; Sigel, Helmut; Sigel, Roland K.O. *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases. Metal Ions in Life Sciences.* 13. Springer. 2013. 359-87. doi:10.1007/978-94-007-7500-8\_11.
121. Loef, Martin; Walach, Harald. **Copper and iron in Alzheimer's disease: a systematic review and its dietary implications.** *The British Journal of Nutrition.* 2012; 107(1):7-9. <https://doi.org/10.1017/S000711451100376X>
122. Alexander D, Ball MJ, Mann J. **Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age-sex matched omnivores.** *European Journal of Clinical Nutrition.* 1994; 48(8):538-546. <http://europepmc.org/abstract/MED/7956998>
123. Neal AP, Guilarte, TR. **Mechanisms of lead and manganese neurotoxicity.** *Toxicology Research (Camb).* 2013; 2(2), 99-114. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4338437/>
124. Chen H, Copes R. **Manganese in Drinking Water and Intellectual Impairment in School-Age Children.** *Environmental Health Perspectives.* 2011; 119(6), A240-A241. <http://doi.org/10.1289/ehp.1103485>
125. FNB, Food and Nutrition Board, National Research Council, US (1989). **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. National Academy Press, Washington DC.
126. World Health Organization. *Trace Elements in Human Nutrition and Health.* Geneva. World Health Organization. Prepared in Collaboration with the FAO of the UN and the IAEA. 1996. <http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/>

127. SCF. 31st series of reports of the Scientific Committee for Food. **Nutrient and energy intakes for the European Community**. Commission of the European Communities, Luxembourg. 1993.
128. SCF. Opinion of the Scientific Committee for Food on “**Substances for nutritional purposes which have been proposed for use in the manufacture of foods for particular nutritional purposes**”. 1998.
129. Dodig-Curković K, Dovhanj J, Curković M, Dodig-Radić J, Degmečić D. **The role of zinc in the treatment of hyperactivity disorder in children**. *Acta Medica Croatica*. 2009; 63(4): 307-313. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20034331>
130. Connell P, Young VM, Toborek M, Cohen DA, Barve S, McClain CJ, Hennig B. **Zinc attenuates tumor necrosis factor-mediated activation of transcription factors in endothelial cells**. *The Journal of the American College of Nutrition*. 1997; 16(5): 411-417. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.1997.10718706>
131. Leblanc JC, Verger P, Guérin T, Volatier JL. **The 1st French Total Diet Study – Mycotoxins, minerals and trace elements**. France: the Ministry of Agriculture, Food, Fishing and Rural Affairs, and the National Institute on Agronomic Research. 2004.
132. Food Standard Agency (FSA) of UK. **Survey on measurement of the concentrations of metals and other elements from the 2006 UK Total Diet Study**. Food Surveillance Information Sheet No. 01/09. UK: FSA; 2009.
133. Zhang L, Gao J. **Comparison on intake status of harmful elements between China and some developed countries**. *Journal of Hygiene Research*. 2003; 32(3): 268-271. <http://europepmc.org/abstract/med/12914295>
134. Ning Ma, Zhao-Ping Liu, Da-Jin Yang, Jiang Liang, Jiang-Hui Zhu, Hai-Bin Xu, Feng-Qin Li, and Ning Li. **Risk assessment of dietary exposure to aluminium in the Chinese population**. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2016; 33(10). <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2016.1228125?needAccess=true>
135. Wilhelm M, Wittsiepe J, Schrey P, Budde U, Idel H. **Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling**. *Science of The Total Environment*. 2002; 285(1-3): 11-19. <http://europepmc.org/abstract/med/11874034>
136. Schwerdtle T, Seidel A, Hartwig A. **Effect of soluble and particulate nickel compounds on the formation and repair of stable benzo[a]pyrene DNA adducts in human lung cells**. *Carcinogenesis*. 2002; 23(1):47–53. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11756222>
137. Sharma AD. **Low Nickel Diet in Dermatology**. *Indian Journal of Dermatology*. 2013; 58(3), 240. <http://doi.org/10.4103/0019-5154.110846>
138. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Division of Toxicology and Human Health Sciences. **Public health statement cadmium**. 2012. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp5-c1-b.pdf>

139. Bellia JP, Newton K, Davenport A, Birchall JD, Roberts NB. **Silicon and aluminium and their inter-relationship in serum and urine after renal transplantation.** *European Journal of Clinical Investigation.* 1994; 24(10): 703-710. <http://onlinelibrary-wiley-com.ez51.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1111/j.1365-2362.1994.tb01064.x/abstract>
140. Martin KR. **Silicon: the health benefits of a metalloid.** *Metal Ions Life Sciences.* 2013; 13: 451–73. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24470100>