

The image features a collection of laboratory glassware. In the foreground, there are several test tubes and a round-bottom flask. One test tube on the left contains a bright pink liquid, while another in the center contains a blue liquid. A large round-bottom flask in the middle ground is partially filled with a light blue liquid. The background is a solid blue color with a white geometric shape. The text is overlaid on the blue background.

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

O Ensino de Química 3

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt

(Organizadora)

O Ensino de Química 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 O ensino de química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (O Ensino de Química; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-291-3

DOI 10.22533/at.ed.913192604

1. Química – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de química – Formação I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 540.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A qualidade de vida de um povo é decorrência das condições socioeconômicas de seu país que, por sua vez, estão intimamente ligadas à sua produção científica. A universidade tem um papel importante para a sociedade por se constituir, na grande maioria dos países, na instituição que oportuniza, por excelência, a busca do conhecimento, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão. A pesquisa pode ser um excelente instrumento educativo na medida em que esta leva os alunos a vivenciarem o processo de conhecer e não apenas analisarem o produto desse processo.

Portanto, a educação superior tem por finalidade estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua; incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive e promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com pesquisas em diversas áreas da química abrangendo quantificação, desenvolvimento, otimização e validação de novos métodos de análise. Com isso, convidamos você a ampliar seus conhecimentos referentes à pesquisa em química, fornecendo uma base teórica e instrumental para auxílio no conhecimento das abordagens diferenciadas desta ciência.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE-PARA QUANTIFICAÇÃO DO PRODUTO ÁCIDO FÓRMICO POR CROMATOGRAFIA GASOSA DA REAÇÃO DE GLICEROL CATALISADA POR COMPOSTOS DE NIÓBIO EM FLUXO	
Gabriela Santos Caldeira Poliane Chagas Tarsis Vinícius M Santos Stephanie Vertelo Porto Luiz Carlos de Oliveira Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926041	
CAPÍTULO 2	15
OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE SOLVENTES RESIDUAIS EM RADIOFÁRMACOS POR GC-FID	
Cassiano Lino dos Santos Costa Daleska Pereira Ramos Juliana Batista da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9131926042	
CAPÍTULO 3	30
ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE PADRÃO INTERNO PARA QUANTIFICAÇÃO DE GLICERINA E IDENTIFICAÇÃO DO CARBONATO DE GLICERINA COMO PRODUTO DA REAÇÃO DE GLICERINA COMERCIAL COM UREIA CATALISADA PELO POLÍMERO DE COORDENAÇÃO 2D ND-5SIS	
Gabriela Santos Caldeira Chris Hebert de Jesus Franco Stephanie Vertelo Porto Renata Diniz Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926043	
CAPÍTULO 4	46
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE ÍONS CLORETOS EM AMOSTRAS DE LEITE PASTEURIZADO E UHT (“ULTRA HIGH TEMPERATURE”)	
Roberta Pereira Matos Cassiano Lino dos Santos Costa	
DOI 10.22533/at.ed.9131926044	
CAPÍTULO 5	59
ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE <i>BLOWOUT</i> EM TAMPAS DE LATAS DE BEBIDAS CARBONATADAS	
Gabriely Fernanda Bataier Beatriz Maria Curtio Soares Sílvia Tondella Dantas	
DOI 10.22533/at.ed.9131926045	
CAPÍTULO 6	72
QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO INORGÂNICA DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DA CIDADE DE CATALÃO – GO	
Alêssa Gomes Siqueira Lincoln Lucilio Romualdo	

Marcus Vinicius de Oliveira Fernandes

Vanessa Nunes Alves

DOI 10.22533/at.ed.9131926046

CAPÍTULO 7 83

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFSC – CAMPUS FLORIANÓPOLIS, COM ÊNFASE NA DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO

Berenice da Silva Junkes

Alexsander Rodrigo Vieira de Oliveira

Bruno Visnadi da Luz

Júlia Ana Brando Souza

DOI 10.22533/at.ed.9131926047

CAPÍTULO 8 97

AValiação DOS RENDIMENTOS DA CASCA DO CAULE DO *Croton Cajucara* BENTH

Alexandre Augusto Moraes de Souza

Cintya Cordovil Rodrigues

Davi do Socorro Barros Brasil

DOI 10.22533/at.ed.9131926048

CAPÍTULO 9 113

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO HIDROLISADO BÁSICO DA CASCA DE CAFÉ

Roberta Oliveira Aguiar de Souza

Boutros Sarrouh

Enio Nazaré de Oliveira Júnior

Ana Maria de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.9131926049

CAPÍTULO 10 129

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE CAROTENOIDES POR UPLC- APCI MS/MS EM FILÉS DE TILÁPIA GIFT

Elaine C. Reis

Marília. Bellanda Galuch

Roberta da Silveira

Hevelyse Munise Celestino dos Santos

Cesar Sary

Thiago Ferreira dos Santos Magon

Ricardo Pereira Ribeiro

Jesuí V. Visentainer

Oscar O. Santos

DOI 10.22533/at.ed.91319260410

CAPÍTULO 11 144

DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, ALUMÍNIO E CHUMBO EM *MAYTENUS ILICIFOLIA* PARA USO MEDICINAL

Martha Campos de Castro

Fernanda Caspers Zimmer

Daiany Cristina Vitorassi Lovera

Makoto Matsushita

Nilson Evelázio de Souza

Angela Cláudia Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.91319260411

CAPÍTULO 12	148
DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR FAAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL	
Priscila Karachinski dos Reis Eduardo Sidinei Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.91319260412	
CAPÍTULO 13	164
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS COMPARATIVAS ENTRE BIODIESEIS DERIVADOS DE ÓLEOS VEGETAIS E UM DILUENTE ASFÁLTICO	
Sônia Maria de Freitas Almeida Alexandre Augusto Moraes de Souza Juliana Fonseca da Silva José de Arimatéia Rodrigues do Rêgo Silvana de Oliveira Silva Trindade Davi do Socorro Barros Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.91319260413	
CAPÍTULO 14	172
REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO 4B UTILIZANDO COMO BIOSORVENTE A BAINHA DO PALMITO PUPUNHA <i>IN NATURA</i> E MODIFICADO COM <i>Lentinula edodes</i>	
Aline Grahl	
DOI 10.22533/at.ed.91319260414	
SOBRE A ORGANIZADORA	186

DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR F AAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL

Priscila Karachinski dos Reis

Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Saúde

Eduardo Sidinei Chaves

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Química

RESUMO: Os óleos vegetais são produtos consumidos em todo o mundo, principalmente na alimentação humana. A concentração de espécies metálicas em óleos vegetais normalmente é baixa, e sua determinação exige o uso de técnicas espectrométricas. Este estudo buscou levantar dados sobre as técnicas analíticas de quantificação de espécies metálicas em óleos vegetais. No trabalho existe a proposta de utilização da diluição direta em isopropanol com posterior determinação por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização por Chama para quantificação de Mg e Zn em diversas amostras e óleos vegetais. Os resultados demonstraram que o procedimento por diluição direta é relativamente simples, rápido e eficiente, os resultados obtidos pelos testes de recuperação entre 82 e 112% indicaram a boa exatidão do método, também os valores de RSD menores que 8% expuseram a exatidão do método. Os Limites de Quantificação de $0,033 \mu\text{g g}^{-1}$ para Mg e $0,273 \mu\text{g g}^{-1}$ para Zn são similares ou até mesmo

melhores que os obtidos em outros trabalhos da literatura demonstrando a possibilidade de determinação de analitos mesmo em baixas concentrações.

PALAVRAS-CHAVE: Óleos vegetais, Diluição Direta, e Mg e Zn.

ABSTRACT: Vegetable oils are products consumed all over the world, especially in human food. A concentration of metal species in certain fruits is low, and their use requires the use of new spectrometric. This study sought to collect data on the analytical techniques of metal species quantification in vegetable oils. In the work there is a proposal to use the direct dilution in isopropanol with subsequent determination by Atomic Absorption Spectrometry with Flame Atomization for quantification of Mg and Zn in several samples and vegetable oils. The results demonstrated that the direct dilution procedure is relatively simple, fast and efficient, and the results of the recovery tests between 82 and 112% indicated a good accuracy of the method, also the RSD values below 8% showed the accuracy of the method. The Limits of Quantification of $0.033 \mu\text{g g}^{-1}$ for Mg and $0.273 \mu\text{g g}^{-1}$ for Zn are similar or even better than those obtained in other literature studies demonstrating the possibility of analyte determination even at low concentrations

KEYWORDS: Vegetable oils, Direct Dilution,

1 | INTRODUÇÃO

A presença de espécies metálicas em óleos vegetais normalmente ocorre em baixas concentrações, porém a determinação das mesmas é de grande importância. Elementos como Mg e Zn são nutrientes mas em elevadas concentrações acabam causando danos à saúde e além disso, podem atuar como catalisadores em processos de oxidação de lipídios.(CHAIYASIT, et al., 2007).

A determinação de espécies metálicas em amostras de origem orgânica usualmente ocorre por técnicas espectrométricas que apesar de eficientes, requerem procedimentos prévios de preparo de amostras, etapa que exige em média 60% do tempo total da análise e ainda representa a maior fonte de erros analíticos. (WELS; SPERLING, 1999)

Atualmente inúmeros estudos têm-se voltado ao desenvolvimento de procedimentos analíticos para o preparo de amostras. Tratando-se de amostras de óleos vegetais que apresentam elevada complexidade, observam-se muitos trabalhos com a aplicação da diluição com solventes orgânicos para posterior determinação de metais O preparo de amostras de óleos vegetais por diluição com solventes orgânicos adequados expõe como principais vantagens simplicidade, rapidez, diminuição da viscosidade das amostras, utilização de soluções de padrões inorgânicos para calibração e facilidade de automação. (CABRERA-VIQUE,;BOUZAS, OLIVERAS-LÓPEZ, 2012).

O presente capítulo aborda a importância da determinação de espécies metálicas em óleos vegetais e traz como proposta a utilização de uma metodologia simplificada para a determinação de Mg e Zn em diferentes amostras de óleos vegetais por FAAS após diluição direta em isopropanol.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÓLEOS VEGETAIS

Os óleos vegetais são utilizados pela humanidade desde a antiguidade seja na alimentação ou em aplicações tecnológicas diversas como na indústria química e farmacêutica. (LÓPEZ-GARCIA, VICENTE-MARTÍNEZ, HERNÁNDEZ-CÓRDOBA, 2014; DUGO, et al., 2004; ZHU, et al., 2011; TRINDADE, et al., 2015) Usualmente os óleos vegetais presentes na alimentação humana provem de sementes de vegetais como soja, girassol, milho e canola ou ainda de frutos como azeitona e palmeiras (GUNSTONE, 2011). A obtenção dos óleos vegetais pode ocorrer por extração com solvente orgânico ou prensagem mecânica das sementes ou frutos (BRASIL, 1993).

O consumo de óleos vegetais eleva-se a cada ano, segundo estimativa do

International Statistical Agricultural Information (ISTA, 2017), a produção mundial de óleos e gorduras, entre 2016 e 2017, deve ultrapassar 200 milhões de toneladas, considerando os 13 tipos de óleos vegetais e os 4 tipos de gorduras mais consumidos conforme demonstrado na Figura 1.

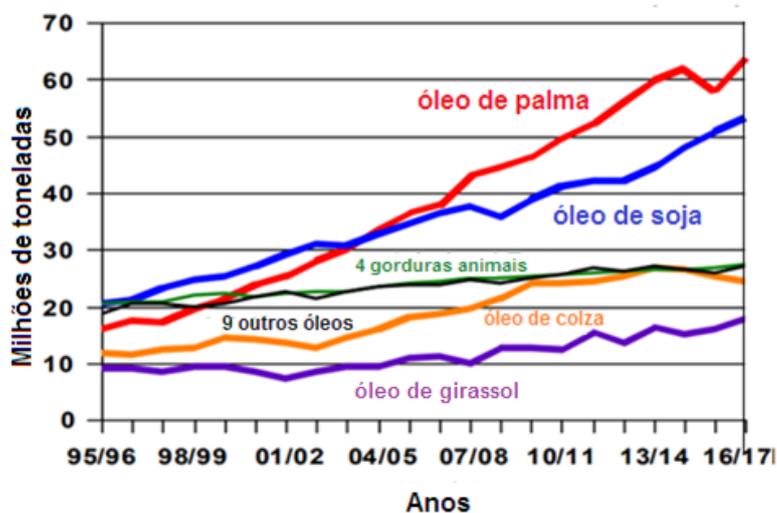


Figura 1. Produção mundial de 13 tipos de óleos e 4 tipos de gorduras.

Fonte: Adaptada ISTA (2017).

A expansão na produção de óleos vegetais decorre principalmente do aumento da renda e do consumo da população em países em desenvolvimento e da crescente demanda por biocombustíveis. (ISTA, 2017)

Como alimentos, óleos vegetais são extremamente importantes para a nutrição humana, pois são fontes potenciais de energia, atuam como reguladores biológicos fornecendo compostos necessários à síntese de estruturas celulares e prostaglandinas e atuam no transporte de vitaminas lipossolúveis (A, E, D e K). (GUNSTONE, 2011) Também em alguns óleos como os provenientes de nozes, buriti, colza e linhaça existem grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados, ácido linoleico, ácido linolênico e α -tocoferol, compostos capazes de diminuir o risco de doenças cardiovasculares. (ISTA, 2017; SASAKI, 2008)

Pertencentes ao grupo de substâncias hidrofóbicas, os óleos vegetais apresentam cadeias carbônicas longas que podem estar ligadas a grupos orgânicos como álcoois, ácidos carboxílicos, fenóis e outros (ORDÓÑEZ, et al., 2007; MENDIL, et al., 2009). Diante do elevado consumo de óleos vegetais, o conhecimento acerca da composição química dos mesmos é cada vez mais importante.

Os óleos vegetais são constituídos predominantemente de triglicerídeos, com quantidades menores de mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres, fosfatídeos, esteróis, vitaminas solúveis e tocofenóis. (NESTEL, et al., 1992). Além de compostos derivados de ácidos graxos e de substâncias lipídicas, os óleos vegetais podem apresentar em sua composição glicosídeos, isoflavonas e espécies metálicas sob

diferentes formas que interferem drasticamente em suas propriedades organolépticas. (MENDIL, et al., 2009; NESTEL, 1992).

A qualidade dos óleos vegetais está diretamente relacionada à sua composição e a reações químicas que alteram suas características, uma das reações mais frequentes é a oxidação. (SIMPOULOS, 1999) Considerada a principal forma de deterioração dos óleos, a oxidação lipídica ocorre quando o oxigênio se dissolve no óleo e reage com seus constituintes (ácidos graxos insaturados), a maior reatividade está intrinsecamente relacionada ao grau de insaturação. (CAMPBELL, 2016)

A oxidação pode ser definida como uma reação em que ocorre a perda de hidrogênio ou de elétrons por ação de um agente oxidante, em alimentos o agente oxidante é o oxigênio⁴. O mecanismo da reação de oxidação lipídica consiste numa sequência de reações interligadas. (RAMALHO, JORGE, 2006) Ocorrendo na seguinte maneira:

1. Iniciação: são formados os radicais livres do ácido graxo em decorrência da retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo. Tal hidrogênio torna-se mais facilmente removível, uma vez que o radical acaba sendo estabilizado por ressonância pelas duas ligações duplas;
2. Propagação: o oxigênio ataca os radicais livres que são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos). Os radicais livres formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico;
3. Término: dois radicais se combinam com a formação de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis).

As etapas da oxidação lipídica estão demonstradas na Figura 2.

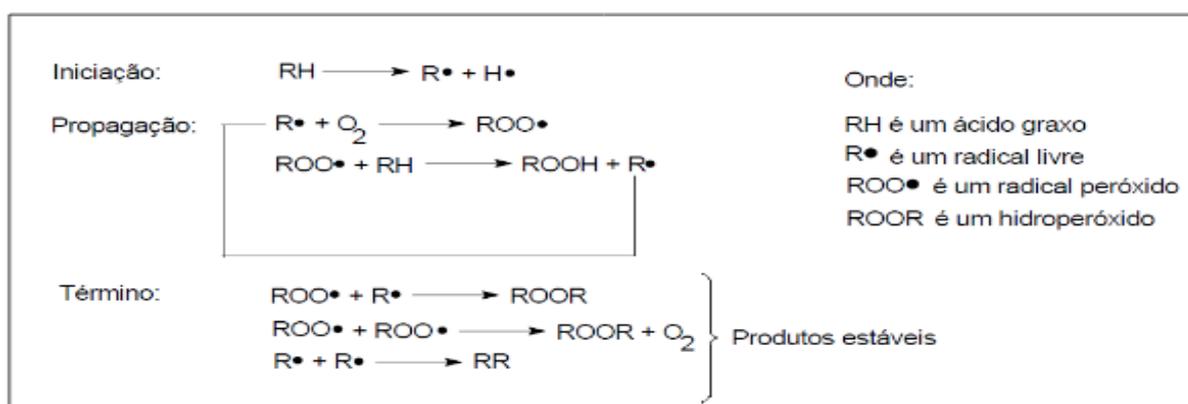


Figura 2. Esquema geral de oxidação lipídica.

Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

A oxidação de lipídios altera drasticamente as características organolépticas dos

produtos, pode destruir ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis e ainda gerar substâncias como peróxidos, aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos e polímeros que podem ser nocivas à saúde. (FAHY, et al., 2005)

O fenômeno de oxidação lipídica ocorre de maneira espontânea e inevitável, mas pode acontecer por meio de vários mecanismos que dependem do meio e da presença de catalisadores. (SILVA, 1999) Entre os fatores que podem acelerar o processo de oxidação lipídica estão: (NESTEL, et al., 1992; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999)

- Temperatura – quanto maior a temperatura mais rápida a oxidação;
- Luz – a absorção de luz na região do visível ou próximo do ultravioleta fornece energia que favorece a oxidação;
- Lipoxigenase – a enzima lipoxigenase proveniente de vegetais proporciona a maior formação de radicais livres e assim a oxidação lipídica;
- Metais – íons metálicos de metais de transição como Fe e Zn, favorecem a formação de radicais livres devido a transferência de elétrons ocorrida durante as alterações de estado de oxidação. A atuação de íons metálicos nos processos de oxidação lipídica diminui a energia de ativação da reação inicial de oxidação e favorece a formação de peróxidos.

2.2 ESPÉCIES METÁLICAS EM ÓLEOS VEGETAIS

A presença de metais em óleos vegetais, geralmente ocorre em quantidade muito pequena e provem de fatores como o metabolismo da planta de origem, uso de fertilizantes e agentes para correção do solo durante o cultivo, presença de rodovias próximas às áreas de plantações, contaminações ambientais ou durante os processos de refino, transporte ou armazenamento do produto. (RAMALHO, SUAREZ, 1999; DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA; 2010)

A concentração de metais em óleos vegetais é bastante variável, pois depende da origem do produto, mas normalmente apresenta-se na ordem de $\mu\text{g g}^{-1}$ e ng g^{-1} . Trindade e colaboradores (2015) relataram concentrações entre 0,27-1,75 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Fe e entre 0,11-0,45 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Zn em três tipos de óleos comestíveis e Bennincasa e colaboradores (2007) expuseram largas faixas de concentração de Fe e Mg em amostras de óleo de oliva entre 89,3-550,9 ng g^{-1} e 56-1032 ng g^{-1} respectivamente, isto devido as diferentes origens e condições de cultivo das amostras analisadas.

Muitas espécies metálicas de Ca, Fe, K, Mg e Zn são nutrientes essenciais da alimentação humana, exercendo funções importantes no equilíbrio e na manutenção das funções do organismo humano como a geração de energia, síntese de estruturas celulares e atividade enzimática. (ANGELO, 1996) Diante da importância nutricional de espécies metálicas, existem recomendações sobre as concentrações a serem ingeridas diariamente, sendo entre 10 e 40 mg dia^{-1} , de Fe, entre 320-420 mg dia^{-1} de Mg e entre 12-15 mg dia^{-1} de Zn. (AZEVEDO, 2003)

Metais como Fe, Mg e Zn estão presentes em diversos alimentos e a absorção de tais metais no organismo humano depende diretamente da forma química em que se apresentam. (ANGELO, 1996) Apesar de representarem nutrientes muito importantes da nutrição humana a exposição excessiva a determinadas espécies metálicas destes metais podem trazer danos a saúde humana. (ANGELO, 1996; AZEVEDO, 2003)

O Mg configura o quarto cátion mais abundante no corpo humano, este elemento é um importante nutriente que auxilia na ativação das enzimas e juntamente com o K age nas células como instigador interno do metabolismo do fósforo em processo de geração de energia. (ANGELO, 1996) O excesso de Mg no organismo pode gerar quadro de hipermagnesemia marcado por sonolência, fraqueza, e em casos mais graves parada respiratória. (AKHTER, et al., 2009)

O Zn é o segundo elemento em maior concentração no corpo humano e atua em diversos eventos fisiológicos como na divisão celular mitótica e síntese de DNA, o Zn também é fundamental no equilíbrio da atividade enzimática, estabilização de proteínas e transmissão de impulsos nervosos. (MILLOUR, et al., 2012) Apesar de ser um nutriente essencial ao organismo humano, as concentrações elevadas de Zn podem causar inúmeras doenças incluindo lesão neuronal e epilepsia. (KAWAHARA, et al., 2014)

Apesar da concentração de metais em óleos vegetais ser relativamente baixa, a presença destes pode interferir diretamente na qualidade dos óleos comerciais, uma vez que metais como Fe, Mg e Zn atuam como catalizadores de reação de oxidação lipídica gerando peróxidos, aldeídos e cetonas que alteram de modo relevante características de sabor e odor do produto. (FLINK, 1976; KAWAHARA, 2014) Além disso, elementos como Cd, Hg e Pb são potencialmente tóxicos ao organismo humano mesmo em baixas concentrações. (CHAIYASIT, 2007) Neste sentido, o controle da concentração de elementos químicos em amostras de óleos vegetais é importante. (SHAHIDI, 2005; CHAIYASIT, 2007)

2.3 PREPARO DE AMOSTRAS

A correta escolha e execução de procedimentos de preparo de amostra são fundamentais para o sucesso em análises químicas. Considerada a etapa mais crítica de determinações espectrométricas, o preparo de amostras exige em média 61% do tempo total da análise e pode representar a maior fonte de erros analíticos. (EWING, 1972; HOLLER, SKOOG, CROUCH, 2009)

Tratando-se de amostras com alto teor de matéria orgânica como óleos, o preparo de amostra deve reduzir ao máximo a quantidade de carbono orgânico e para isto muitas vezes requer ácidos concentrados e consideráveis tempo e temperatura aquecimento. (DUGO, et al., 2004) Entre os procedimentos de preparo de amostras mais amplamente aplicados para determinação de metais em óleos estão: a digestão ácida em frasco aberto ou assistida por micro-ondas, combustão assistida por micro-

ondas, emulsificação, extração líquido-líquido e diluição direta. (TRINDADE, et al., 2015; WELZ; SPERLING, 1999)

A digestão ácida busca oxidar todos os compostos orgânicos constituintes da amostra utilizando misturas de reagentes como: ácido nítrico, ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, sob altas temperaturas em frasco aberto ou em sistema micro-ondas sob alta pressão, até a completa decomposição da matriz da amostra. (IAL, 2008; BADER, ZIMMERMANN, 2012) A digestão ácida apresenta vantagens como a eliminação de prováveis interferências da matriz, elevada aplicabilidade, eficiência e robustez. (OLIVEIRA, 2003) No entanto, a digestão ácida, principalmente em frasco aberto, exhibe desvantagens, como o prolongado tempo de análise, consumo elevado de reagentes, exposição do analista a reagentes potencialmente tóxicos e alto fator de diluição. (BADER, ZIMMERMANN, 2012)

A combustão assistida por micro-ondas é utilizada no preparo de amostras complexas, principalmente devido a elevada eficiência na decomposição de matéria orgânica, eliminando a matéria orgânica que pode atrapalhar as determinações espectrométricas. (FLORES, et al., 2016) No entanto a utilização de temperaturas muito elevadas durante o procedimento podem levar a formação de espécies voláteis e assim perda de analitos. (FLORES, et al., 2016; BADER, ZIMMERMANN, 2012)

A emulsificação representa um procedimento alternativo para o preparo de amostras em que não há destruição total da matriz. (GONSALVEZ, et al., 2010) Neste procedimento ocorre a formação de um sistema entre água e óleo com aplicação de surfactantes e algumas vezes um álcool como co-solvente, com a finalidade reduzir a viscosidade da amostra e facilitar as determinações. (GONSALVEZ, et al., 2010; GUNDUZ, AKMAN, 2015) Apesar de ser um procedimento simples, as emulsões formadas muitas vezes não apresentam boa estabilidade podendo comprometer os resultados. (BADER, ZIMMERMANN, 2012)

A extração líquido-líquido (LLE) é um dos procedimentos mais antigos na extração de analitos, utiliza solventes imiscíveis para que ocorra a separação entre analitos orgânicos e inorgânicos. (OLIVEIRA, 2003) Este procedimento fundamenta-se na solubilidade do analito em uma das fases imiscíveis, proporcionando a extração e a pré concentração dos analitos em volumes menores. (ZHENG, et al., 2014) No entanto a LLE apresenta algumas limitações como o elevado consumo de reagentes, baixas taxas de recuperação do analito, muitas etapas de manipulação da amostra, elevado tempo de extração e geração de grande volume de resíduos. (ZHENG, et al., 2014; TRINDADE, et al., 2015)

Diante das limitações demonstradas por procedimentos de preparo de amostras convencionais, surge a necessidade do desenvolvimento de novos métodos que eliminem ou reduzam o consumo de reagentes, diminuam o gasto energético, apresentem menor geração de resíduos e não exponham riscos ao operador (OLIVEIRA, 2003; BADER, ZIMMERMANN, 2012; TURNER, 2013; ZHENG, et al., 2014)

No desenvolvimento de novas metodologias analíticas existe atualmente uma busca por métodos simples, rápidos e econômicos, entre estes existe a diluição direta que utiliza um solvente apropriado para solubilizar ou dissolver a amostra, entre os solventes mais usados estão álcoois, cetonas, pentano, hexano, xileno, dimetilbenzeno, entre outros. (HARDAWAY; SNEDDON; BECK, 2007)

2.4 DILUIÇÃO DIRETA NA DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS

A diluição direta consiste em um procedimento analítico muito atrativo para a determinação de espécies metálicas, pois é simples e rápido, no entanto pode apresentar possíveis interferências na determinação instrumental. (LEPRI, et al., 2011).

Para técnicas espectrométricas, a diluição direta apresenta-se como um procedimento de preparo de amostras de fácil execução, econômico quando comparado a outras metodologias que envolvem digestão ácida por exemplo e com tempo requerido muito inferior a outros procedimentos convencionalmente utilizados (HARDAWAY; SNEDDON; BECK, 2007).

Muitos trabalhos já relatam a utilização de diluição direta para a determinação de espécies metálicas em óleos, um destes trata-se do estudo de Cabrera-Vique, Bouzas e Oliveras-López (2012) que utilizaram metil-isobutil cetona no preparo de amostras de óleos de oliva para determinação de Cu, Cr, Fe, Mn e Ni por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica, os resultados demonstraram bons valores de limite de quantificação na ordem de pg g^{-1} , os valores de desvio padrão relativo entre 3,4 e 4,7 %, demonstraram a boa precisão e os testes de recuperação geraram valores acima de 90%, o que expõe a exatidão do método.

Também Chaves e colaboradores (2011) aplicaram a diluição direta no preparo de amostras de biodiesel e óleos vegetais para a determinação de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, S e Zn por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Neste trabalho os autores compararam a diluição por dois tipos de solventes: etanol e 1-propanol, os resultados foram melhores para 1- propanol em consequência da polaridade das amostras, os valores de limite de quantificação ficaram na ordem de ug g^{-1} .

Diante dos bons resultados apresentados pela diluição direta nos trabalhos analisados, este procedimento pode ser considerado promissor na determinação de espécies metálicas em óleos. Porém alguns parâmetros precisam ser muito bem avaliados antes da aplicação da diluição direta, entre eles: a escolha do solvente que deve ser compatível com a amostra e não interferir na análise instrumental, a possibilidade de variação na viscosidade das amostras e as baixas concentrações do analito que podem não ser passíveis de determinação após diluição. (KARWOWSKA, et al, 1980)

3 | METODOLOGIA

3.1 DILUIÇÃO DIRETA

O procedimento por diluição direta baseou-se no método descrito por Chaves e colaboradores (2011), aproximadamente 0,5 g de cada amostra foi pesado em balões volumétricos de 10 mL e adicionado de isopropanol até completar o volume. A mistura foi agitada manualmente por 30 s ou até completa diluição da amostra.

Na diluição direta, as curvas analíticas foram preparadas com a utilização de padrões aquosos diluídos em Isopropanol e acidificados com HNO_3 1% (v/v). As faixas de concentração adotadas foram de 0,05-0,50 mg L^{-1} e 0,2-2,0 mg L^{-1} para Mg e Zn nesta ordem.

Após o preparo das amostras, estas foram encaminhadas para leitura no Espectrômetro de Absorção Atômica com Atomização por Chama Analyst 700 (PerkinElmer-Sciex, Canadá) com lâmpadas de cátodo oco operando em corrente de 19 mA para Mg e em 15 mA para Zn, para ambos os metais utilizou-se fenda espectral de 0,7 nm, chama de ar/acetileno (17:2 L min^{-1}). As absorvâncias monitoradas foram 285,2 nm e 213,9 nm para Mg e Zn nesta ordem. Todos os materiais utilizados durante as análises foram previamente lavados

A curva de calibração construída a partir de padrões inorgânicos foi comparada com uma curva pela adição de analito em óleo de soja, os resultados não demonstraram diferença significativa entre as sensibilidades, desta maneira adotou-se a curva analítica em meio aquoso. Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

3.2 DIGESTÃO ÁCIDA

Para comparar os resultados obtidos pela diluição direta com um procedimento já consagrado para determinação de espécies metálicas, realizou-se também a digestão ácida em frasco aberto.

O procedimento adotado para a digestão ácida baseou-se no trabalho descrito por Korn e colaboradores (2010). Aproximadamente 0,5 g de cada óleo foi pesado em tubos de digestão, adicionado de 5 mL de HNO_3 , 2 mL de H_2SO_4 e 1 mL de H_2O_2 30%. Os tubos foram aquecidos a $90 \pm 5^\circ\text{C}$ por 2 h, posteriormente adicionados de 3 mL de HNO_3 e 1 mL de H_2O_2 (30% v/v) e aquecidos novamente a $220 \pm 5^\circ\text{C}$ por 40 min. Após período de resfriamento, foram adicionados 2 mL de HNO_3 + 4 mL de H_2O_2 . O sistema foi aquecido a $180 \pm 5^\circ\text{C}$ até completa dissolução dos componentes. As soluções resultantes foram então filtradas em papel filtro quantitativo e avolumadas para 50 mL com água ultrapura.

As curvas analíticas para digestão ácida foram feitas aplicando padrões aquosos, acidificados com HNO_3 1% (v/v), nas faixas de 0,05-0,50 mg L^{-1} e 0,2-2,0 mg L^{-1} para Mg e Zn respectivamente. Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

4 | RESULTADOS

4.1 PARAMETROS DE MÉRITO

Os parâmetros de mérito do método aplicando a diluição direta com isopropanol na determinação de Mg e Zn estão representados na Tabela 2.

Parâmetro	Mg	Zn
Faixa de calibração ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,02-0,50	0,02-0,20
LOD ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,010	0,082
LOQ ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,033	0,273
RSD (%)	<5,5	<8
Coefficiente Angular ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1,2821 \pm 0,00320	0,4275 \pm 0,0072
Coefficiente Linear	0,0472 \pm 0,0004	0,0253 \pm 0,0005
R2	>0,9995	>0,9953

Tabela 1. Parâmetros de mérito obtidos para a determinação de Mg e Zn

Os valores para o desvio padrão relativo (RSD) inferiores a 8% para Mg e para Zn, demonstraram a boa precisão do método, pois estão de acordo com o aceito para a faixa de concentração na ordem de $\mu\text{g g}^{-1}$ de no máximo 16%, conforme exposto na Tabela 2.

Concentração do analito	RSD
1 (100%)	2
10^{-1}	2,8
10^{-3}	5,6
10^{-5}	11
10^{-6}	16
10^{-7}	23

Tabela 2. Desvio padrão relativo (RSD) máximo aceitável de acordo com a concentração do analito

Fonte: INMETRO (2011)

O valor de Limite de Quantificação (LOQ) de $0,033 \mu\text{g g}^{-1}$ para a determinação Mg apresentou-se semelhante ou inferior a valores encontrados na literatura como no estudo de Gonsalvez e colaboradores (2010) em que o LOQ foide $3,00 \mu\text{g g}^{-1}$ para a determinação de Mg em amostras de óleo de argan aplicando digestão ácida assistida por micro-ondas e determinação por ICP-OES, já no trabalho de Benincasa e colaboradores (2007) utilizando digestão ácida assistida por micro-ondas e ICP-MS, o LOQ para a determinação de Mg em óleo de oliva foi de $0,031 \mu\text{g g}^{-1}$, valor muito próximo ao encontrado neste trabalho de $0,033 \mu\text{g g}^{-1}$.

Para a determinação de Zn o LOQ foi $0,273 \mu\text{g g}^{-1}$ para Zn, tal valor é muito inferior ao obtido em estudos como o de Acar (2012), em que o LOQ foi de $12,0 \mu\text{g g}^{-1}$, para a determinação de Zn em óleos vegetais por ETA-AAS após digestão ácida assistida por

micro-ondas, já quando comparado a trabalhos como o de Chaves e colaboradores (2011), em que o LOQ foi de $0,05 \mu\text{g g}^{-1}$ para a determinação de Zn após diluição direta e determinação por ICP-OES, o valor exposto neste trabalho é maior, esta diferença é justificada pela técnica instrumental utilizada que pode apresentar melhor resposta a concentrações mais baixas de determinados analitos.

Os coeficientes de correlação R^2 superiores a 0,99 em ambas as determinações de Mg e de Zn, demonstraram que as concentrações obtidas têm relação direta com o sinal emitido pelo equipamento.

A exatidão foi avaliada por meio de testes de recuperação realizados com adições de 10 e 50 $\mu\text{g g}^{-1}$ de Mg e Zn respectivamente, em diferentes amostras de óleos vegetais, conforme exposta na Tabela 3.

Origem da amostra	Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
	Natural	10 $\mu\text{g g}^{-1}$	Natural	50 $\mu\text{g g}^{-1}$
Coco	<0,033	10,50±0,09	<0,273	43,94±1,95
Girassol	0,13±0,01	10,70±0,03	<0,273	43,38±0,07
Linhaça	1,40±0,06	12,70±0,09	<0,273	42,71±0,63
Milho	<0,033	10,47±0,03	<0,273	43,47±1,36
Oliva Q	1,30±0,06	12,40±0,06	<0,273	41,22±1,99
Recuperação	104-112%		82-90%	

n=3

Tabela 3. Concentrações determinadas e valores de recuperação para Mg e Zn

Os testes de recuperação remeteram valores entre 82 e 112% para as determinações de Mg e Zn, o que esta de acordo com o recomendado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011) que determina fatores de recuperação entre 80 e 100% para concentração na ordem de $\mu\text{g g}^{-1}$. Estes resultados expuseram a boa exatidão do método proposto.

4.2 APLICAÇÃO ANALÍTICA

O procedimento proposto aplicando a diluição direta em isopropanol foi aplicado no preparo de 10 amostras de óleos vegetais com posterior determinação de Mg e Zn por F AAS. Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 4, onde estão também apresentados os resultados para a determinação de Mg e Zn nas mesmas amostras aplicando a digestão ácida.

Concentrações significativas de Mg foram encontradas em 8 das 10 amostras de óleos vegetais variando entre $0,093\pm0,009$ e $1,771\pm0,035 \mu\text{g g}^{-1}$, a presença do Mg na maioria dos óleos pode ser decorrente da maior utilização deste metal no metabolismo das plantas de origem dos óleos analisados. (SILVA; VENEGAS; RUIZ, 2002)

Origem da amostra	Concentração de Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Concentração de Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
	Diluição direta	Digestão ácida	Diluição Direta	Digestão ácida
Canola	0,513±0,046	<2,01	<0,273	<1,18
Crambe + soja	1,771±0,035	<2,01	0,459±0,026	<1,18
Coco	<0,033	<2,01	<0,273	<1,18
Gergelim	0,261±0,019	<2,01	<0,273	<1,18
Girassol	0,125±0,016	<2,01	<0,273	<1,18
Linhaça	1,40±0,06	<2,01	<0,273	<1,18
Milho	<0,033	<2,01	<0,273	<1,18
Oliva G	0,198±0,012	<2,01	<0,273	<1,18
Oliva Q	1,306±0,056	<2,01	<0,273	<1,18
Soja	0,093±0,009	<2,01	<0,273	<1,18

n=3

Tabela 4. Concentrações de Mg e Zn em óleos vegetais obtidos com diferentes procedimentos de preparo de amostras

Nas determinações de Zn, apenas a amostra composta pela mistura de óleo crambe e óleo de soja na proporção 1:2 (v/v), apresentou a concentração acima do LOQ de $0,273 \mu\text{g g}^{-1}$, isto pode ser explicado pelo fato de o óleo crambe utilizado ser bruto diferente dos demais que passaram por processos de refino.

As variações das concentrações entre espécies metálicas determinadas, Mg e Zn, podem ser justificadas pelas diferentes taxas de absorção de nutrientes do sistema radicular das plantas de origem, que dependem da morfologia e fisiologia dos vegetais e da necessidade metabólica de cada planta. (HORN, et al., 2006; KEOGH, SABEE, CAVINESS, 1972) Assim os macronutrientes como Ca, K e Mg são exigidos em maior quantidade, o que foi exposto com as concentrações mais elevadas de Mg, já micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se e Zn) são requeridos em menores concentrações. (SILVA; VENEGAS; RUIZ, 2002) Também as variações nas condições de cultivo que envolvem o clima, a temperatura, o uso de fertilizantes e pesticidas e o tipo de solo podem ter gerado variações nas concentrações dos minerais determinados. (KEOGH, SABEE, CAVINESS, 1972)

A comparação entre método proposto com diluição direta em isopropanol e o procedimento realizado por digestão ácida não pode ser realizada, pois em todos os casos as concentrações das espécies metálicas de Mg e Zn em óleos vegetais apresentaram-se abaixo dos valores de LOQ obtidos pela metodologia por digestão ácida de $2,01 \mu\text{g g}^{-1}$ e $1,18 \mu\text{g g}^{-1}$ respectivamente.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto para a determinação de Mg e Zn mostrou-se simples, rápido e eficiente para determinação destes elementos em óleos vegetais. Baixos LOD e LOQ foram obtidos e os valores de recuperação foram adequados.

Na aplicação analítica 8 das 10 amostras apresentaram concentrações

significativas de Mg entre $0,093 \pm 0,009 \mu\text{g g}^{-1}$ e $1,771 \pm 0,035 \mu\text{g g}^{-1}$, já para as determinações de Zn apenas uma amostra apresentou concentração acima do LOQ. As variações nas concentrações de espécies metálicas em óleos vegetais podem ser justificadas pelas diferenças na absorção de nutrientes e a demanda metabólica de cada planta.

Os bons resultados para a diluição direta em isopropanol apresentados neste trabalho estimulam sua aplicação em trabalhos futuros, associada a outras técnicas analíticas como ICP OES ou ICP-MS na determinação espécies metálicas em amostras como óleos vegetais ou minerais, gorduras e biodiesel ou ainda na determinação de outros analitos como compostos fenólicos em amostras apolares.

A simplicidade, rapidez e economia apresentados pelo método proposto inspiram ainda a utilização de tal procedimento como um recurso didático em aulas práticas de Química para os diversos níveis de ensino.

REFERÊNCIAS

AKHTER, P.; BALOCH, N. Z.; MOHAMMAD, D.; ORFI, S. D.; AHMAD, N. Assessment of strontium and calcium levels in Pakistani diet. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 73, p. 247-256, 2004.

ANGELO, A. J. S. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Foods and Nutrition**, v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

AZEVEDO, F. A. CHASIN, A. . M. **Metais : Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

BADER, R. B.; ZIMMERMANN, B. Sample preparation for atomic spectroscopic analysis: An overview. **Advances in Applied Science Research**, v.3, n. 3, 2012.

BENINCASA, C.; LEWIS, J.; PERRI, E.; SINDONA, G.; TAGARELLI, A. Determination of trace element in Italian virgin olive oils and their characterization according to geographical origin by statistical analysis. **Analytica Chimica Acta**, v. 585, p. 366-370, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, do Abastecimento. Portaria nº 795. Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do Óleo de Soja. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 de dezembro de 1993.

CABRERA-VIQUE, C.; BOUZAS, P. R.; OLIVERAS-LÓPEZ, M. J. Determination of trace elements in extra virgin olive oils: A pilot study on the geographical characterization. **Food Chemistry**, v. 134, p. 434-439, 2012.

CAMPBELL, B. C. **Análise térmica aplicada ao estudo das reações de vulcanização em elastômeros: efeito de óleos vegetais e da cera de abelha**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2016.

CHAIYASIT, W.; ELIAS, R. J.; McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 3, p. 299-317, 2007.

CHAIYASIT, W.; ELIAS, R. J.; McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 3, p. 299-317, 2007.

CHAVES, E. S.; LOOS-VOLLEBREGT, M. T. C.; CURTIUS, A. J.; FRANK, V. Determination of trace elements in biodiesel and vegetable oil by inductively coupled plasma optical emission spectrometry

following alcohol dilution. **Spectrochimica Acta B**, v. 66, p. 733-739, 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**, 4 ed., São Paulo: Artmed, 2010.

DUGO, G.; LA PERA, L.; LA TORRE, G.; GIUFFRIDA, D. Determination of Cd(II), Cu(II), Pb(II), and Zn(II) content in commercial vegetable oils using derivative potentiometric stripping analysis. **Food Chemistry**, v. 87, p. 639-645, 2004.

EWING, G. W. **Métodos Instrumentais de Análise Química**, v. 1, São Paulo: Bucher, 1972.

FAHY E.; SUBRAMANIAM S.; BROWN H. A.; GLASS C. K.; MERRILL A. H.; JR, MURPHY R. C.; RAETZ C. R.; RUSSELL D. W.; SEYAMA Y.; SHAW W.; SHIMIZU T.; SPENER F.; VAN MEER G.; VANNIEUWENHZE M.S.; WHITE S. H.; WITZTUM J. L.; DENNIS E. A. A comprehensive classification system for lipids. **Journal of Lipid Research**, v. 46, n. 5, p. 839-861, 2005.

FLORES, E. M. M.; FLORES, E. L. M.; PANIZ, J. N. G.; BARIN, J. S.; MESKO, M. S.; KRUG, F. J. Decomposição de materiais orgânicos por combustão in **Preparo de Amostras para Análise Elementar**, São Paulo: EditSBQ, 2016.

GONSALVEZ, A.; GHANJAOU, M. E.; EL RHAZI, M.; GUARDIA, M. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy Determination of Trace Element Composition of Argan Oil. **Food Science and Technology International**, v. 16, n. 1, p. 65-71, 2010.

GUNSTONE, F. D. **Vegetables Oils in Food Technology: properties and uses**, 2 ed. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2011.

HARDAWAY, C.; SNEDDON, J.; BECK, J. N. Determination of Metals in Crude Oil by Atomic Spectroscopy. **Analytical Letters**, v. 37, n. 14, p. 2881-2889, 2004.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**, 6 ed., São Paulo: Bookman, 2009.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 4.ed., São Paulo: 2008.

HORN, D; ERNANI, P. R; SANGOI, L; SCHWEITZER, C; CASSOL, P. C. Parâmetros Cinéticos e Morfológicos da Absorção de Nutrientes em Cultivares de Milho com Variabilidade Genética Contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 77-85, 2006.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Orientação sobre validação de métodos analíticos: Revisão 05 **DOQ-CGCRE-008**. Rio de Janeiro, 2016

ISTA, International Statistical Agricultural Information. 2017. Disponível em: <<https://www.usda.gov/wps/portal/usda/usda>> Acesso: 1 set. 2017.

KARWOWSKA, R. BULSKA, E.; BRAKAT, K. A.; HULANICKI, A. Some sources of errors in atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization of samples in organic solvents **Analytical Chemistry**, v. 52, n. 1043, 1980.

KAWAHARA, M.; MIZUNO, D.; KOYAMA, H.; KONOHA, K.; OHKAWARA, S.; SADAKAME, Y. Disruption of zinc homeostasis and the pathogenesis of senile dementia. **Biometal Science**, v. 6, p. 209-219, 2014.

KEOGH, J. L.; SABBE, W. E.; E CAVINESS, C. E. Nutrient concentration of selected soybean cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 3, n. 1, p. 29-35, 1972.

KORN, M. G.; SANTOS, D. C. M. B.; GUIDA, M. A. B.; BARBOSA, I. S.; PASSOS, M. I.; SRAIVA, M. L. M. F.; LIMA, J. L. Evaluation of Digestion Procedures for Simultaneous Determination of Ca, P, Mg, K. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 12, p. 2278-2284, 2010.

LEPRI, F. G.; CHAVES, E. S.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. J.; CURTIUS, A. J.; de OLIVEIRA, L. C. C.; de Campos, R. C. Determination of trace elements in vegetable oils and biodiesel by atomic spectrometric techniques – A review. **Applied Spectroscopy Reviews**, v. 46, n. 3, p. 175-206, 2011.

LÓPEZ-GARCIA, I.; VICENTE-MARTÍNEZ, Y.; HERNÁNDEZ-CÓRDOBA, M. Determination of cadmium and lead in edible oils by electrothermal atomic absorption spectrometry after reverse dispersive liquid-liquid microextraction. **Talanta**, v. 124, p. 106-110, 2014.

MENDIL, D.; ULUÖZLU, O. D.; TUZEN, M.; SOYLAK, M. Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 724-728, 2009.

MILLOUR, S.; NOËL, L.; CHEKRI, R.; VASTEL, C.; KADAR, A.; SIROT, V.; LEBLANC, J.; GUÉRIN, T. Strontium, silver, tin, iron, tellurium, gallium, germanium, barium and vanadium levels in foodstuffs from the Second French Total Diet Study. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 25, p. 108-129, 2012.

NESTEL, P. J.; NOAKES, M.; BELLING, G. B.; MCARTHUR, R.; CLIFTON, P. M.; ABBEY, M. Plasma cholesterol-lowering potential of edible-oil blends suitable for commercial use. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 55, p. 46-50, 1992.

OLIVEIRA, E. Sample Preparation for Atomic Spectroscopy: Evolution and Future Trends. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, 2003.

ORDÓÑEZ, J. A. RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGILLÓN, G. D. G. F.; HOZ PERALES, L.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia dos alimentos : Componentes dos alimentos e processos**, v. 1, Porto Alegre: Artmed, 2007.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

SASAKI, M. **Lípidios, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do cerrado**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SHAHIDI, F. Quality Assurance of fats and Oils. **Biley's Industrial Oil and Fat Products**. 6 ed. New York, 2005.

SILVA, F. A. M., BORGES, M. F., FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, p. 94-103, 1999.

SILVA D. J.; VENEGAS, V. H. A.; RUIZ, H. A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1161-1167, 2002.

SIMOPOULOS, A. P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, p. 5605-5695, 1999.

TRINDADE, A. S. N.; DANTAS, A. F.; LIMA, D. C.; FERREIRA, S. L. C.; TEIXEIRA, S. G. Multivariate optimization of ultrasound-assisted extraction for determination of Cu, Fe, Ni and Zn in vegetable oils by high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry. **Food Chemistry**, v. 185, p. 145-150, 2015.

TURNER, Sustainable analytical chemistry—more than just being green. **Pure and Applied Chemistry**, v. 85, p. 2217-2229, 2013.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**, 3 ed., Weinheim: VCH, 1999.

ZHENG, L.; CAO, F.; XIU, J.; BAI, X.; MOTTO-ROS, V.; GILON, N.; ZENG, H.; YU, J.; On the performance of laser-induced breakdown spectroscopy for direct determination of trace metals in lubricating oils. **Spectrochimica Acta B**, v. 99, p. 1-8, 2014.

ZHU, F.; WENXIU, F.; XUEJING, W.; QU, L.; YAO, S. Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 3081-3085, 2011.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt - Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-291-3

