

AVALIAÇÃO DO ÓLEO ALIMENTAR NO PROCESSO DE FRITURA E APRENDIZAGEM DO TEMA LIPÍDEOS POR MEIO DA CONSTRUÇÃO DE CADERNO TEMÁTICO

EVALUATION OF KITCHEN OIL ON THE PROCESS OF FRYING AND LEARNING THEME LIPIDS THROUGH THE BUILT OF A THEMATIC BOOK

¹Sara Oliveira de Souza.

^{2*}Mauro Cesar Dias.

³Fabiana Kauark.

⁴Maria Eduarda da Silva Alexandre.

⁵Victor Davi Ferreira.

⁶Samira Gomes Brandão.

⁷Ícaro Marques Vasconcelos.

¹Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: saraoliveiras_@outlook.com.

^{2*}Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: maurocesar@ifes.edu.br.

³Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: fabianak@ifes.edu.br.

⁴Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: meduarda.alexandre@gmail.com.

⁵Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: victordavi331@gmail.com

⁶Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vitória. E-mail: samira@ifes.edu.br.

⁷Instituto Federal do Espírito Santo, campus Vila Velha. E-mail: icaro.m.vasconcelos@gmail.com

*Autor de correspondência

Artigo submetido em 01/05/2023, aceito em 30/07/2023 e publicado em 06/09/2023.

Resumo: O uso de óleo vegetal na fritura tem sido substituído pelo uso da panela airfryer. A nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) visa uma aprendizagem contextualizada com temas mais palpáveis aos estudantes do Ensino Médio (EM). Neste trabalho foi elaborado um Caderno Temático sobre aprendizagem do tema “lipídeos” para estudantes do EM pelo estudo experimental do óleo alimentar. Fez-se simulações de frituras em laboratório em fritadeira elétrica e panela airfryer, utilizando coxa e sobrecoxa de frango, avaliações por teste de Kreis, índice de peróxido (I_p / meq kg^{-1}) e espectroscopia na região do infravermelho (IV). Os resultados da fritura em airfryer mostram maior I_p e teste de Kreis positivo para compostos aldeídicos, com intensa coloração violeta. Os espectros de IV comprovaram o grau de oxidação pelo aumento da intensidade da banda em 1746 cm^{-1} e aparecimento de um ombro em 1727 cm^{-1} , o que indica a formação de produto secundário com o grupo funcional aldeído, confirmando o teste de Kreis e I_p . Conclui-se que a fritura feita em airfryer pode gerar compostos nocivos ao organismo, porém, são necessárias pesquisas mais detalhadas para identificar e quantificar esses compostos secundários. O Caderno Temático, validado, pode ser utilizado pelo Professor do EM de maneira contextualizada e aplicada ao cotidiano dos estudantes.

Palavras-chave: Lipídeos; Gordura de frango; Infravermelho; Índice de peróxido; Airfryer.

Abstract: The use of vegetable oil in frying has been replaced by the use of the airfryer pan. The new Common National Curriculum Base (BNCC) aims at contextualized learning with themes more tangible to high school (MS) students. In this work, a Thematic Notebook was elaborated on learning the theme "lipids" for MS students by the experimental study of food oil. Simulations of frying were made in a laboratory in an electric fryer and airfryer pan, using chicken thigh and thigh, evaluations by Kreis test, peroxide index (I_p / meq kg^{-1}) and infrared (IR) spectroscopy. The results of frying in an airfryer show higher I_p and positive Kreis test for aldehyde compounds, with intense violet staining. The IV spectra proved the degree of oxidation by increasing the intensity of the band at 1746 cm^{-1} and appearance of a shoulder at 1727 cm^{-1} , which indicates the formation of a secondary product with the functional group aldehyde, confirming the Kreis test. It is concluded that frying in an airfryer can generate compounds harmful to the body, however, more detailed research is needed to identify and quantify these secondary compounds. The Thematic Notebook, validated, can be used by the MS Teacher in a contextualized way and applied to the daily life of students.

Keywords: Lipids; Fat kitchen; Infrared; Peroxide Index; Airfryer.

1 INTRODUÇÃO

O óleo residual de fritura (ORF) é um perigoso agente poluente na água e solo que, caso seja descartado pela rede de esgoto, pode provocar o entupimento das tubulações e aumentar em até 45% os custos de tratamento. A sua coleta e reciclagem são recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) conforme Informativo Técnico no. 11 de 2003 (BRASIL, 2004) que determinou as recomendações de boas práticas sobre óleo residual de fritura. O documento deixa claro que novas ações de pesquisa são necessárias e fundamentais para respaldar a legislação específica. Já a Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV) publicou a Lei no. 5252 de jan/2012 que instituiu o programa de coleta, reciclagem de óleos e gorduras usadas de origem vegetal animal no município de Vila Velha – ES.

O Instituto Verde Vida (IVV) é uma organização social localizada na região do Rio Aribiri, Região 3 do município de Vila Velha, que promove ações dentro dos conceitos da Economia Solidária com a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e ORF. O IVV é a única organização social que tem Licenciamento Ambiental na Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA-PMVV), com Licença Municipal de Regularização (LMAR) No. 108/2014 Classe I, que autoriza a atividade de fabricação de sabão, detergentes e glicerina

em 22/10/2014, o que lhe permite realizar a coleta seletiva e reciclagem do ORF (GOUVEIA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; SCHAFFEL et al., 2019).

A BNCC visa uma aprendizagem contextualizada a temas mais palpáveis aos estudantes. Dessa forma, para a temática proposta, é necessário desempenhar a seguinte Competência Específica 3 descrita pela BNCC para o ensino médio na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018).

Em consonância com o proposto pela competência da BNCC, deve haver uma análise da ciência juntamente com o ambiente vivido pelos discentes. A competência é capaz de favorecer a contextualização do conteúdo exposto levando-o para cenários do cotidiano. Além disso, o fragmento da BNCC possui o papel de incentivar o método investigativo nos estudantes por meio de perguntas indutivas a fim de que eles possam aprender, refletir

criticamente e melhorar o contexto em que vivem. Ademais, há a possibilidade de permitir o auxílio de professores no ensino do conteúdo de uma forma interessante e objetiva, propondo aos alunos questionamentos e soluções para algumas problemáticas inseridas dentro do tema.

Este trabalho foi desenvolvido de modo a estudar os óleos e gorduras provenientes dos processos de fritura no preparo dos alimentos e elaborar uma ferramenta educacional de fácil leitura e compreensão. Foi elaborado um caderno temático sobre aprendizagem do tema “lipídeos” cuja validação foi feita com alunos do 3º ano do curso Técnico em Química Integrado do Ifes campus Vila Velha. Também foi feito um estudo experimental do óleo alimentar no processo de fritura feito por simulação em laboratório em fritadeira elétrica e fritadeira airfryer.

Este trabalho investigou a temática de frituras e óleos comestíveis e potencialidades para abordar o conteúdo de bioquímica no contexto do EM. Especificamente objetivou-se: estudar a temática lipídeos, com ênfase em seus processos oxidativos; identificar as competências e habilidades propostas na BNCC na área de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino do tema lipídeos; avaliar o grau de oxidação dos resíduos de óleos e gorduras de amostras de frango fritas preparadas por airfryer, por meio de testes físico-químicos de análise de alimentos; comparar os resultados dos resíduos de óleos e gorduras obtidos pelos dois métodos, por imersão em fritadeira elétrica e por airfryer; elaborar um caderno temático para professores do EM que correlacione conhecimentos em bioquímica e química orgânica para o ensino do conteúdo de lipídeos na 3ª série.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais e reagentes

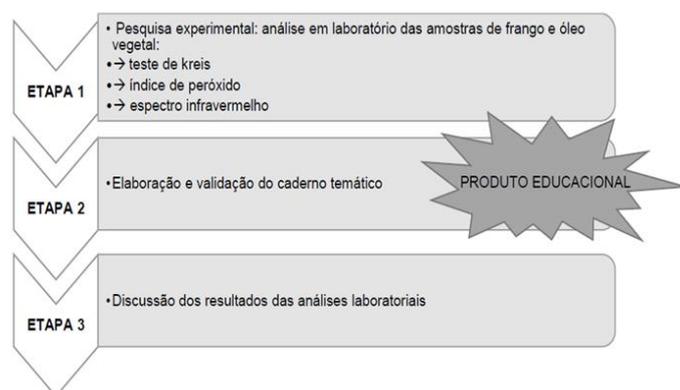
Os reagentes utilizados foram ácido clorídrico (Neon), ácido acético glacial

(Neon), clorofórmio (Synth), metanol (Dinâmica) iodeto de potássio (Neon), amido (Neon), floroglucina (Dinâmica), éter etílico (Quemis), permanganato de potássio (Neon), sulfato de sódio (Dinâmica), tiosulfato de potássio (Neon). As amostras de ORF e gordura de frango foram preparadas em fritadeira elétrica, marca Philco, 220 V, 900 W, modelo Deep Fry Inox e fritadeira airfryer 3,5 L marca Mondial, 110V, 1500 W, modelo AF 30 com temperatura ajustável até 200 °C.

2.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia deve ajudar a explicar não apenas os produtos da investigação científica, mas principalmente seu próprio processo (KAUARK, 2018). A pesquisa foi de caráter investigativo, onde se buscou analisar dados obtidos com experimentos. Foi feito também o caderno temático a fim de elucidar as questões propostas no tema, como também um auxílio para os experimentos feitos na bancada, envolvendo as etapas desta pesquisa que estão descritas no esquema da Figura 1 a seguir conforme: ETAPA 1 – Pesquisa experimental para análises em laboratório das amostras estudadas, ETAPA 2 – Elaboração e validação do caderno temático, ETAPA 3 – Discussão dos resultados.

Figura 1. Esquema das etapas da pesquisa ilustrada no caderno temático.



Fonte: os autores, 2019

2.2 AS AMOSTRAS

As amostras utilizadas neste trabalho para as análises físico-químicas foram obtidas da coleta seletiva IVV e outras geradas em laboratório. Em laboratório foram preparadas amostras de gordura de frango (GF) de coxa e sobrecoxa de frango. Das amostras de frango frito em óleo vegetal em fritadeira, recolheu-se o ORF liberado pelo frango após o processo de fritura. As amostras obtidas são descritas e identificadas a seguir:

Óleo virgem de soja (OVS) – amostras referência de óleo de soja virgem adquiridas no mercado local. O óleo de soja foi utilizado porque é o óleo alimentar mais consumido pela população no Brasil (ABIOVE, 2022);

Gordura de frango cru (GF-cru) – amostra referências de gordura de frango por corte em pedaços de frango cru. Extraiu-se a fração lipídica da amostra antes da realização das análises segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLF LUTZ (2008). Foi utilizada solução de clorofórmio-metanol (2:1) para a extração da fração lipídica do frango cru e sulfato de sódio como agente secante;

ORF-IVV – as amostras de ORF da coleta seletiva no IVV foram identificadas como: amostra de ORF de restaurante (ORF-R), amostras da coleta seletiva de diversas regiões de Vila Velha de 23/01/2018 (ORF-IVV1), de 20/05/2018 (ORF-IVV2), de 23/05/2018 (ORF-IVV3) e de 31/05/2018 (ORF-IVV4);

ORF – amostra de óleo residual de fritura obtido no processo de fritura das amostras de frango com óleo virgem de soja em fritadeira elétrica a 170 °C no tempo de 18 minutos;

Gordura de frango da fritadeira (GF-F) – amostra de gordura de frango obtida após fritura na fritadeira elétrica com uso de óleo virgem de soja a 170 °C no tempo de 18 minutos;

Gordura de frango frito em airfryer (GF-airfryer) - amostra de gordura de frango após fritura a 180 °C no tempo de 18 minutos na fritadeira airfryer.

2.3 ANÁLISES E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Teste de Kreis e Índice de Peróxido

As amostras foram caracterizadas e avaliadas em triplicata pelo Teste de Kreis e Índice de Peróxido (Ip) descritos a seguir. O Teste de Kreis, também chamado de índice de ranço, é um método qualitativo que verifica a formação de compostos aldeídicos presentes no óleo oxidado. A metodologia aplicada foi adaptada por Silva et al. (1998). Adiciona-se 1,0 mL de óleo em tubo de ensaio e acrescenta-se 5,0 mL de ácido clorídrico e 0,5 mL de floroglucina (solução 0,1 % em éter) sob agitação vigorosa. Na presença de ranço, a camada inferior apresentará uma coloração rósea ou vermelha. A coloração desenvolvida foi comparada com a cor da solução de permanganato de potássio, KMnO_4 , 0,0012 %.

O Índice de peróxido (Ip) é o número que exprime, em miliequivalentes de oxigênio ativo (meq kg^{-1}), a quantidade de peróxido em 1000 g de substância. A metodologia aplicada foi segundo a descrição detalhada na Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2010).

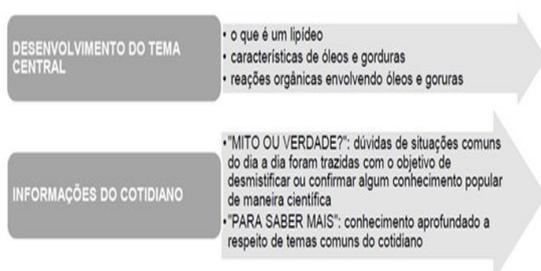
Espectroscopia na região do infravermelho A avaliação por espectroscopia na região do infravermelho (IV) foi feita obtendo-se os espectros em aparelho Happ-Genzel no Laboratório do Ifes - Vitória segundo método Agilent Technologies, no intervalo de $4000\text{-}650\text{ cm}^{-1}$, scan 160, verificação em segundo plano 8, resolução 4, modo de aquisição em transmitância e no processamento de sinal Happ-Genzel. Os espectros foram obtidos em planilha LibreOffice Calc.

2.4 O CADERNO TEMÁTICO

O Caderno Temático foi elaborado de modo a conter aplicações de química orgânica no tema lipídeos – óleos e gorduras. A estrutura do caderno temático está conforme no esquema da Figura 2. Os

personagens são professores de química (Figura 3) - que tem por objetivo aproximar o leitor do tema abordado, de modo que os personagens conversem com o leitor durante todo o caderno, trazendo novas informações e curiosidades, bem como situações de humor, proporcionando maior leveza ao decorrer da leitura. Os personagens foram criados na plataforma gratuita “Mangatar” (MANGATAR, 2019).

Figura 2. Esquema da estrutura do caderno temático.



Fonte: os autores, 2019

Figura 3. Personagens do caderno temático.



Fonte: próprio autor, 2019; criado em <https://mangatar.framiq.com>.

A validação do caderno temático foi feita por meio de aplicação de questionário no Google Forms de acordo com as perguntas da Figura 4 para 25 alunos do 3º ano Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do Ifes campus Vila Velha. Em uma pesquisa, o questionário é um instrumento utilizado para coletar dados e sua confecção é feita pelo pesquisador, enquanto o preenchimento é feito pelo participante da validação. A linguagem utilizada na confecção do questionário deve ser simples e direta a fim de que o interrogado compreenda com clareza o que está sendo perguntado pelo pesquisador segundo Kaurk et al. (2010).

Figura 4. Perguntas do Questionário para validação do caderno temático.

Atenção: Para cada questão apresentada assinale com um "X" apenas uma das respostas possíveis.

- 1- Discordo
- 2- Discordo parcialmente
- 3- Não tenho opinião
- 4- Concordo parcialmente
- 5- Concordo

QUESTIONÁRIO					
Quanto aos aspectos visuais / estruturais / organização geral:					
	1	2	3	4	5
1	O caderno temático tem aparência convidativa? (Você teve vontade de lê-la só de olhar a primeira página?)				
2	Os conteúdos estão organizados em uma sequência lógica, ou seja, você conseguiu conectar o início, meio até o fim?				
Quanto aos aspectos pedagógicos					
3	Ao finalizar a leitura do caderno temático, você acredita que aprendeu algo novo?				
Se respondeu "sim" no item anterior, indique valores para as aprendizagens abaixo (0- nada aprendi, 1- aprendi pouco - 2 aprendi o suficiente 3- aprendi muito e recomendo):					
3.1	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendi sobre lipídeos - Aprendi sobre a diferença de fritura com óleo vegetal e na airfryer - Aprendi sobre mitos e verdades do cotidiano - Aprendi sobre o Instituto Verde Vida (IVV) - Aprendi que a reciclagem do óleo residual de fritura pode produzir sabão ecológico 				
4	A linguagem utilizada está clara e adequada?				
5	A linguagem utilizada está correta, ou seja, em acordo com as normas da Língua Portuguesa? (Ortografia, concordâncias, pontuação, coerência e coesão).				
6	Você considera que os conteúdos abordados no caderno temático são significativos para o estudante?				
Quanto aos aspectos Químicos conceituais					
7	Você aprendeu algum conteúdo ou conceito químico ao ler o caderno temático?				

Fonte: os autores, 2019

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TESTE DE KREIS E ÍNDICE DE PERÓXIDO

Pela avaliação visual das diversas amostras de óleo residual de fritura coletadas pelo Instituto Verde Vida de condomínios e restaurante pôde-se classificar, de modo geral, em ORF-claro e ORF-escuro. Isso torna mais fácil de entender o processo de oxidação dos óleos comestíveis comparado ao óleo virgem de soja (OVS) de prateleiras de supermercado (Figura 5).

Figura 5. Coloração das amostras de ORF-Escuro e ORF-Claro do IVV comparadas à do OVS de prateleiras de supermercado.

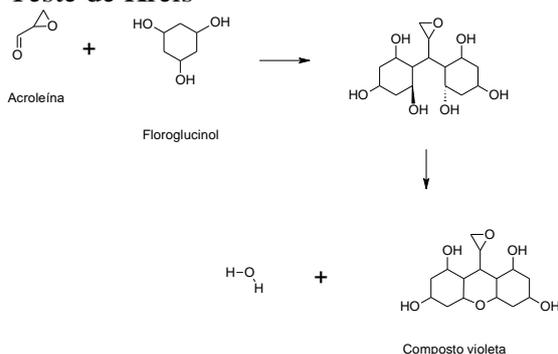


Fonte: os autores, 2022.

O Teste de Kreis, que indica a oxidação qualitativa do óleo vegetal, pode ser interpretado perante as reações da Figura 6.

A reação da acroleína, um dos compostos da degradação dos triacilglicerídeos dos óleos comestíveis, ou um derivado aldeído, reage com o floroglucinol, reagente de Kreis, produzindo uma coloração violeta, segundo Powick (1923). De modo geral este método colorimétrico qualitativo se baseia na reação, em meio ácido, do floroglucinol com epoxialdeídos e os seus acetais, componentes da degradação dos óleos comestíveis. A coloração violeta é proporcional a oxidação, sendo a solução da solução de KMnO_4 0,0012%, o padrão de coloração violeta que indica o processo de oxidação.

Figura 6. Reação do composto da degradação do óleo vegetal com reagente do Teste de Kreis

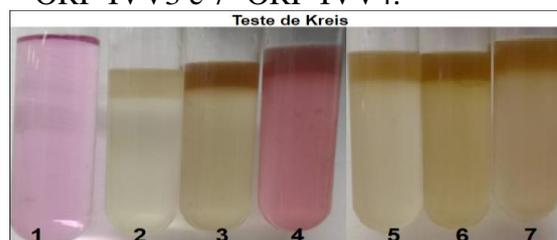


Fonte: os autores, 2022.

A Figura 7 ilustra os resultados do Teste de Kreis das amostras numeradas de 1 a 7 identificadas como a solução padrão de KMnO_4 0,0012% (1), OVS (2), ORF-R (3) e amostras de ORF-IVV (4, 5, 6, 7). Comparando-se com a coloração violeta da solução padrão de KMnO_4 (1), verifica-se que a amostra 4, ORF-IVV1, foi a mais degradada com a formação de grupos aldeídos. As demais amostras de ORF-R (3) e ORF-IVV (4, 5, 6, 7) apresentaram um bom estado comparado à amostra de OVS (2) a qual indicou, pela coloração desenvolvida, nenhum grau de oxidação. Isso indica que a população, apesar de não seguir adequadamente as recomendações da legislação nos processos de fritura, não exagera no uso do óleo alimentar durante o preparo dos alimentos. A amostra de ORF-R (3) apresentou bom resultado porque o

restaurante provavelmente segue as Boas Práticas de Fabricação usando adequadamente fritadeira elétrica, temperatura de 180 °C, troca do óleo quando se observa formação de fumaça e outras recomendações segundo a legislação (SILVA et al., 1998).

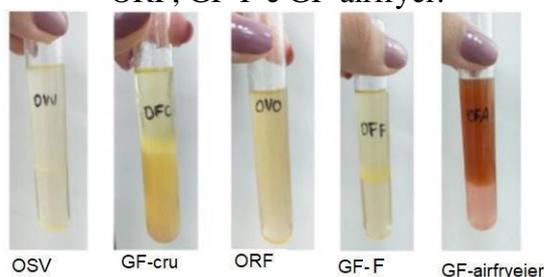
Figura 7. Resultados de Teste de Kreis: 1 - Solução de KMnO_4 0,0012%, 2 - OVS, 3 - ORF-R, 4 - ORF-IVV1, 5 - ORF-IVV2, 6 - ORF-IVV3 e 7- ORF-IVV4.



Fonte: os autores, 2022.

A Figura 8 ilustra o desenvolvimento de coloração do Teste de Kreis para as amostras avaliadas de óleo virgem de soja (OVS) e as amostras desenvolvidas em laboratório em fritadeira elétrica e panela airfryer identificadas como GF-cru, ORF, GF-F e GF- airfryer. As amostras de OVS e GF-cru apresentaram o mesmo grau de coloração para olho nu sem identificação de degradação comparado a solução de referência de KMnO_4 0,0012% (Figura 7). Isso significa baixa oxidação, também verificada nas amostras do ORF e GF-fritadeira. Já a amostra de gordura de frango após fritura na fritadeira airfryer (GF-airfryer) é nítida a degradação devido a intensa coloração violeta, indicando a presença de compostos aldeídicos, produtos secundários da oxidação (POWICK, 1923).

Figura 8. Resultados de Teste de Kreis para amostras analisadas de OVS, GF-cru, ORF, GF-F e GF-airfryer.



Fonte: os autores, 2022.

A Tabela 1 apresenta os resultados para Índice de peróxido (I_p / meq kg^{-1}) das amostras analisadas. Este índice avalia o grau de peróxidos formados no processo de fritura, ou seja, o quanto de peróxidos são formados no aquecimento no preparo dos alimentos. É importante salientar a importância do desvio padrão dos valores médios obtidos para a confiabilidade dos ensaios, sendo que nenhum desvio padrão ultrapassou 10%.

Tabela 1 - Índice de peróxido das amostras analisadas de OSV, ORF-IVV1, ORF, OFG-cru, GF-F e GF- airfryer.

Amostras	I_p / meq kg^{-1}
OVS	$0,44 \pm 0,19$
ORF-IVV1	$29,5 \pm 0,40$
ORF	$3,53 \pm 0,37$
GF-cru	$1,66 \pm 0,33$
GF-F	$3,81 \pm 0,80$
GF-airfryer	$72,3 \pm 5,74$
VR	10

VR = Valor de Referência para óleo de soja virgem (BRASIL, 2005). Fonte: os autores, 2022.

A amostra de ORF-IVV1, que indicou coloração violeta no Teste de Kreis (Figura 7), apresentou valor cerca de 3 vezes acima do VR para índice de peróxido (I_p) segundo a Resolução - RDC N° 270, de 22 de setembro de 2005, cujo valor máximo permitido para óleos e gorduras refinadas é de 10 meq kg^{-1} (Brasil, 2005). Tanto a

amostra de óleo virgem de soja (OVS) quanto as amostras do óleo residual gerado após o processo de fritura das amostras de frango (ORF), nas condições de 170 °C no tempo de 18 minutos, estão com I_p dentro do permitido pela legislação. Com relação a gordura de frango de origem animal não há legislação específica que regulamente o Índice de peróxido máximo permitido. No entanto, comparando os valores de I_p das amostras de GF-fritadeira e GF-airfryer com a amostra referência de GF-cru verificou-se um aumento de 2,3 vezes para a primeira e um aumento muito significativo de 43 vezes para a segunda, a gordura de frango da panela airfryer. Comparado com a literatura o resultado da GF-airfryer, 72,3 meq kg^{-1} , foi de 10 e 2 vezes superior aos resultados obtidos pelo aquecimento de óleo de soja no preparo de batatas a 180 °C, tempo de aquecimento entre 0,5 e 7,5h, com respectivos valores entre 7,27 e 33,44 meq kg^{-1} (JORGE et al., 2005). No trabalho de Machado et al. (2014) em fritadeira elétrica no restaurante universitário no preparo de almôndegas, *nuggets*, quibes e peixes os valores de I_p encontrados após a primeira fritura e no tempo de descarte foram, respectivamente, de 1,31 e 14,59 meq kg^{-1} , também inferiores ao obtido em panela airfryer. No trabalho recente sobre o estudo do estresse térmico do óleo de soja em fritadeira elétrica a 130, 150 e 180 °C, entre 0,5 e 7,5h de aquecimento, o I_p máximo determinado foi de 67,07 meq kg^{-1} a 130 °C. A 180 °C o I_p variou entre 2,96 e 56,79 meq kg^{-1} (GONÇALVES et al., 2021).

4.2 ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

A Figura 9 apresenta os espectros sobrepostos comparativos na região do infravermelho (IV), entre 650-3650 cm^{-1} , das amostras de OVS, GF-cru, ORF (óleo residual de fritura do processo de fritura em fritadeira elétrica), GF-F (gordura de frango frito em fritadeira com óleo) e GF-airfryer (gordura de frango frito em airfryer). A Tabela 2 apresenta as atribuições para as

principais bandas dos grupos orgânicos dos óleos vegetais e gorduras de frango analisadas pelos espectros individuais e os valores da literatura (TENA et al., 2017).

Para identificação do grupo orgânico principal da amostra de OVS utilizou-se o esquema de identificação de substâncias orgânicas de Lopes e Fascio (2004) com a amostra referência de óleo de soja virgem (OVS). Partindo da pergunta sobre a presença da banda de estiramento (ν / cm^{-1}) da carbonila C=O (ν , F, 1820 – 1630 cm^{-1}), cuja resposta foi SIM devido a presença da banda forte (F) em 1746 cm^{-1} , seguiu-se os passos das demais perguntas do esquema sobre a presença de outros grupos orgânicos. Identificou-se a presença do grupo anidrido com estiramento $\nu\text{C}=\text{O}$ m-F nesta frequência de 1746 cm^{-1} , presente nos espectros de todas as demais amostras com alguns deslocamentos. Essa banda é devido ao principal constituinte do triacilglicerol presente no óleo de soja, o glicerol linoleato, cujo nome IUPAC é 1,2,3-propanotriiltris(cis,cis-9,12-octadecadienoato), inclusive conforme os dados da Spectral Database for Organic Compounds.

Verificou-se algumas alterações entre os espectros das amostras referências de OVS e GF-cru comparadas com as demais amostras com deslocamento das bandas e formação de novas bandas. Não foi observado a formação de peróxido (νROOH) nas amostras estudadas na região entre 3240-3450 cm^{-1} como no estudo de Ma et al. (1997). A amostra de GF-cru apresentou banda larga e média intensidade nesta região, mas isso foi devido a umidade da amostra.

O processo de oxidação pode ser observado no espectro da amostra de GF-airfryer no qual verifica-se aumento da intensidade da banda em 1746 cm^{-1} e aparecimento de um ombro em 1727 cm^{-1} (Figura 9) indicando a formação de produto secundário com grupo funcional aldeído segundo Liang et al. (2013), o que corrobora a interpretação do teste de Kreis e do elevado Índice de peróxido (WANG et al., 2019). Os produtos

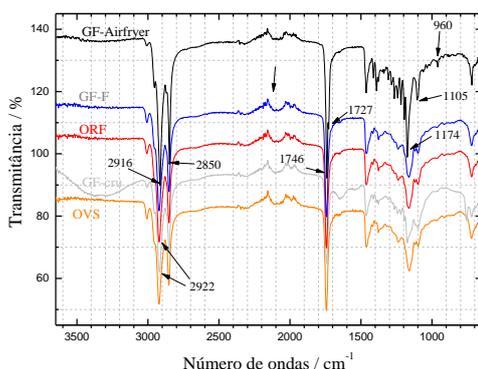
secundários da auto-oxidação lipídica são originados por degradação posterior – aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos – e são esses os responsáveis pela alteração das propriedades organolépticas dos óleos vegetais (RAMALHO e JORGE, 2006). A rancidez é a deterioração mais importante que ocorre nesse tipo de produto, definindo a vida útil, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al, 2005).

Verifica-se também o processo de oxidação na amostra GF-airfryer pelo o aumento da intensidade das bandas fortes (F) em 2850 e 2916 cm^{-1} , em comparação aos espectros da amostra de referência amostra de GF-cru e da amostra GF-fritadeira (Figura 9), como indicou o estudo de Liang et al. (2013). Percebeu-se também o deslocamento da banda 2916 cm^{-1} em comparação às amostras de GF-cru e GF-F, ambas em 2922 cm^{-1} . Outras mudanças no espectro da amostra GF-airfryer em relação aos espectros das outras amostras de gordura de frango foram aumento da intensidade e das bandas em 1105 e 1174 cm^{-1} e formação de uma banda de baixa intensidade em 960 cm^{-1} . Não foram observadas mudanças significativas entre a amostra de referência OVS e a amostra ORF. Na amostra G-airfryer verificou-se a formação de uma banda fraca em 960 cm^{-1} que é atribuída à deformação C=C-C-H trans. Esse dado é muito importante porque indica a rancidez no processo de fritura por airfryer. Métodos quantitativos para verificar a rancidez de óleos e gorduras na determinação de ácidos graxos trans são descritos na literatura usando espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) na região entre 990 e 945 cm^{-1} , com acuracidade de até 0,05% (XU et al., 2015; GONG et al., 2020; XU et al., 2022; GUO et al., 2023).

Esses resultados estão diretamente relacionados às publicações recentes sobre a formação de compostos nocivos à saúde pelos processos de fritura destacando o uso de airfryer. Os processos de fritura são

amplamente utilizados no preparo dos alimentos, carnes de modo geral, tanto das famílias como em escala industrial por tornar o alimento mais saboroso. Mas fritar em altas temperaturas produz níveis elevados de N ϵ -carboxymethyllysine (CML) e de N ϵ -carboxyethyllysine (CEL) que são produtos de glicação. É a formação de produtos de glicação (AGEs, do inglês Advanced Glycation Endproducts) e de lipoxidação (ALEs, do inglês Advanced Lipoxidation Endproducts) avançados, são temas em destaque de trabalhos publicados recentemente abordando o preparo de peixe (QIN et al., 2022) e de frango (ZHU et al., 2021) por airfryer. Os ALEs são compostos gerados da peroxidação lipídica e do metabolismo dos lipídeos de espécies carbonílicas. A formação dos AGEs e ALEs ocorrem por complexas reações de Maillard e podem causar alterações em biomoléculas ou interagir com receptores sensíveis ocasionando diversas patologias como diabetes, danos aos rins e inflamações, obesidade (QIN et al., 2022; BARBOSA et al., 2016; MAHMOUDINEZHAD et al., 2021).

Figura 9. Espectros comparativos na região do IV das amostras OVS, GF-cru, ORF, GF-F, GF-Airfryer



Fonte: os autores, 2023.

Tabela 2 – Frequências (cm⁻¹) na região do IV das amostras de OVS, GF-cru, ORF, GF-fritadeira e GF-airfryer.

Atribuições	IV /cm ⁻¹	OVS	GF-cru	ORF	GF-fritadeira	GF-airfryer
ν_{ROH}	3430	-	-	-	-	-
$\nu_{\text{C-H (cis)}}$	3009	3010	3010	3008	3008	3015
$\nu_{\text{C-H}}$	2920-2850	2926	2918 e 2850	2922	2924	2917-2850
$\nu_{\text{R-O-C-O}}$	1750	-	-	-	-	-
$\nu_{\text{C=O (aldeído)}}$	1740-1720	1746	1743	1744	1744	1741 1727 (ombro)
$\nu_{\text{C=C (conjugado)}}$	1650	-	-	-	-	-
$\nu_{\text{C=C-H (trans)}}$	990-950	-	-	-	-	960
$\nu_{\text{H-OH}}$	-	-	3400	-	-	-

*Valores de referência (TENA, 2017).

Fonte: os autores, 2023.

4.3 O CADERNO TEMÁTICO

A aplicação do caderno temático de questões possibilitaria a inserção do experimento já descrito no ambiente da sala de aula, de forma que fosse criado um maior interesse dos alunos pelo conteúdo, além do que a implementação de um conteúdo lúdico significasse maior eficiência no aprendizado. O caderno pode ser facilmente aplicado como um material complementar ou até mesmo como um guia que revisaria o conteúdo já explicitado pelo professor em sala de aula, levando em conta que o caderno, ao longo do seu desenvolvimento, vai se comunicando com o aluno por meio de perguntas indutivas. Além disso, o caderno fornece questões de fixação e do ENEM, assunto de grande interesse dos alunos no período do ensino médio. O Caderno Temático está disponível no link da Biblioteca do IFES (em <http://biblioteca.ifes.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/000019/00001979.pdf>) O experimento feito pode ser abordado em sala de aula seguindo o caderno proposto, que tem como principal objetivo inserir conteúdos novos de uma forma diferente, além de facilitar um conteúdo que pode ser desafiante ao ser apresentado. Ademais, o caderno pode ter função de consulta, uma vez que tem tópicos chamativos e resumidos acerca do tema, facilitando, desse modo, a construção do conhecimento. A construção proposta seria da forma que fugisse do habitual, tendo em foco abordagens mais concretas, como ocorrências comuns vivenciadas no dia comum de uma pessoa ou do próprio aluno.

Além do diferencial facilitador da aplicação do conhecimento em práticas do dia-a-dia. O material seria de baixo custo em relação aos demais, uma vez que pode ser acessado digitalmente, assim como o experimento, que é considerado de fácil visualização e compreensão. Se porventura houver dificuldades digitais, o material pode ser facilmente impresso.

O caderno pode ser aplicado também como um trabalho extra, de forma que proponha atividades fora da experiência da sala de aula, considerando que o professor pode solicitar um trabalho sobre lipídeos e de que modo eles afetam no cotidiano. Desse modo, o caderno de questões seria um excelente referencial para ser usado como consulta.

O trabalho também pode ser trabalhado como material passado em slides, uma vez que as figuras chamativas e os resumos feitos sobre o conteúdo se encaixam na métrica de uma aula utilizando recursos digitais.

Dessa forma, é possível observar várias aplicações pedagógicas a respeito do material proposto e associá-las à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). No documento da BNCC para o ensino médio, em Ciências da Natureza e suas tecnologias, na habilidade “EM13CNT104” é relatado: Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis (BNCC,2018, pág. 555)

Em concordância com o proposto pela BNCC, o caderno temático é capaz de propor aos alunos uma reflexão acerca da classe dos lipídeos, mostrando proposições acerca do consumo de gordura trans (MERÇON, 2010). Além disso, o caderno traz observações sobre o consumo de óleo de soja, seu descarte incorreto e seus prejuízos ao ser humano e ao meio ambiente. A habilidade descrita, propicia

aos discentes conhecimentos sobre os determinados assuntos citados, bem como uma análise crítica sobre seu próprio cotidiano e os impactos causados por suas ações, a fim possibilitar a disseminação de práticas que melhorem o dia a dia do corpo social, além de reduzir as consequências ao meio ambiente.

Ademais, é possível considerar a habilidade “EM13CNT205” exposta no documento da BNCC para o ensino médio, em Ciências da Natureza e suas tecnologias. A habilidade apresenta a seguinte proposta:

Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências (BRASIL, 2018).

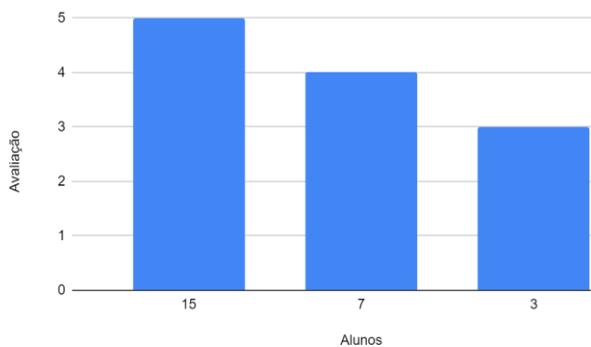
Em conformidade com o documento da BNCC, o caderno temático também explora atividades experimentais como o Teste de Kreis, que é uma alternativa viável para o ensino da temática de uma maneira interessante em sala de aula. Com o Teste de Kreis, é possível prever os resultados, bem como fazer uma análise das amostras, baseado em conhecimentos científicos já estudados pelos discentes.

As Figuras 10 a 21 apresentam os gráficos dos resultados da validação feita com 25 alunos do Ensino Médio. Os resultados demonstram que o caderno temático contribuiu para a aprendizagem dos alunos, visto que todos afirmam ter aprendido algo novo e afirmam que o caderno é significativo para o estudante, além de terem aprendido um conteúdo ou um conceito químico novo. Além do conteúdo, é possível notar pelas respostas que os alunos afirmam que o caderno possui aparência convidativa, está organizado em sequência lógica e possui linguagem clara e adequada. Os alunos também deram sugestões que foram analisadas a fim de aprimorar o recurso didático. Dessa forma, é possível notar que o caderno temático cumpre os objetivos propostos pela BNCC sobre a temática de lipídeos, além de relacionar conteúdos de bioquímica e

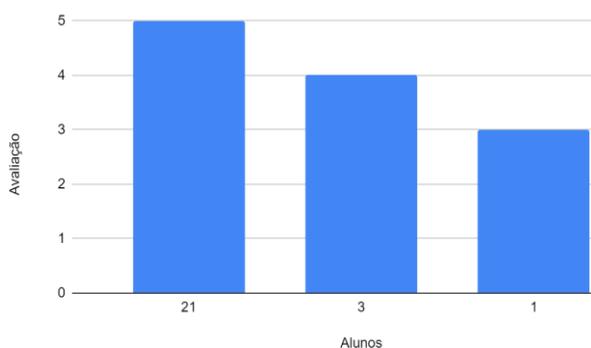
química orgânica, sendo uma ferramenta considerável para os professores do Ensino Médio trabalharem em sala de aula. Conforme mostrados os resultados das Figura 10, é possível concluir que a experiência com o caderno de questões foi positiva é vantajosa, visto que a maioria absoluta concordou com perguntas como se o caderno agregou em novos conhecimentos ou se serviu de auxílio para pesquisas futuras, além disso mostraram resultados extremamente interessantes no que diz respeito a novos conteúdos apresentados de uma maneira lúdica. Não deixando de citar, também, que o caderno permaneceu com seu intuito de manter uma linguagem simples para ser acessível não só no âmbito econômico, mas também no intelectual.

Figura 10. Resultados da validação do caderno temático conforme questionário aplicado.

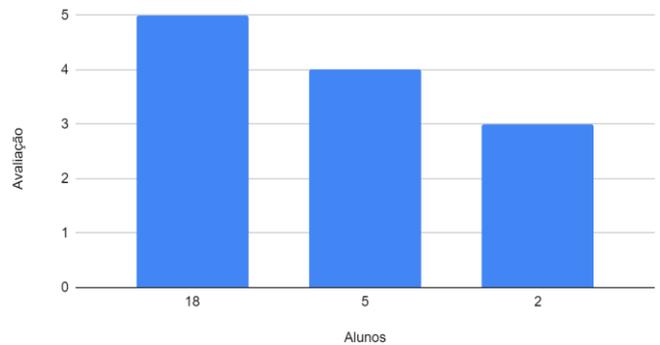
1 - O caderno temático tem aparência convidativa? (Você vontade de lê-lo só de olhar a primeira página?)



2 - Os conteúdos estão organizados em sequência lógica, seja, você conseguiu conectar o início, meio e fim?

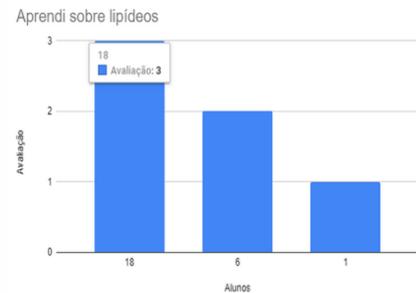


3 - Ao finalizar a leitura do caderno temático, você acredita que aprendeu algo novo?

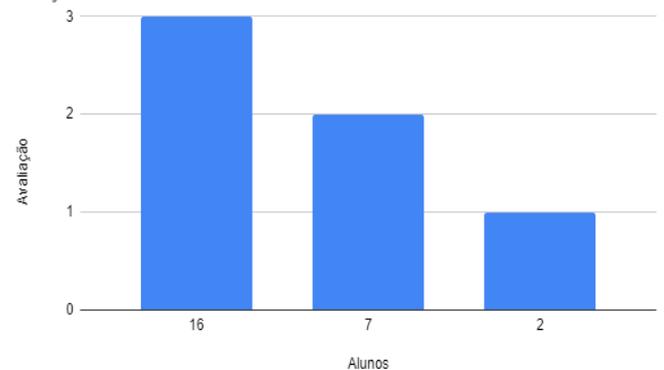


3.1 - Se você respondeu a pergunta acima com sim, indique valores para as aprendizagens abaixo, sendo que:

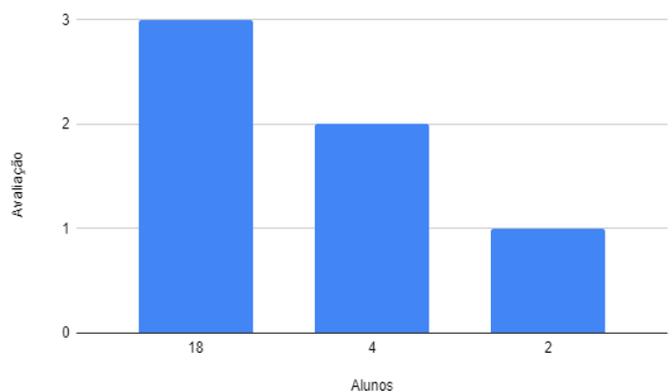
- 0 - não aprendi nada
- 1 - aprendi pouco
- 2 - aprendi o suficiente
- 3 - aprendi muito e recomendo



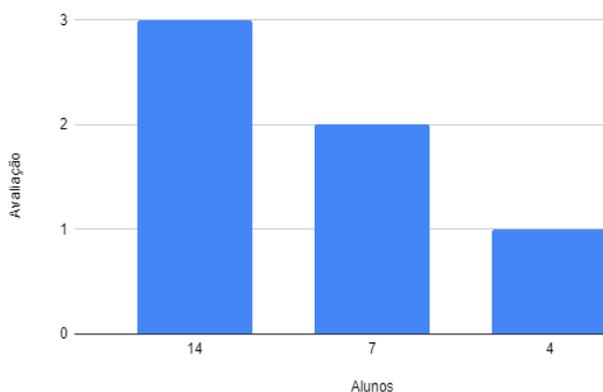
Aprendi sobre a diferença de fritura com óleo vegetal e na airfryer



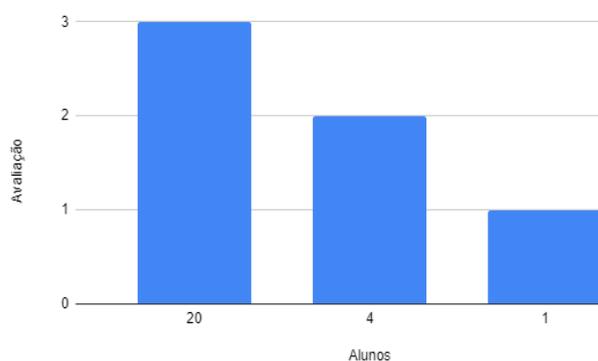
Aprendi sobre mitos e verdades do cotidiano



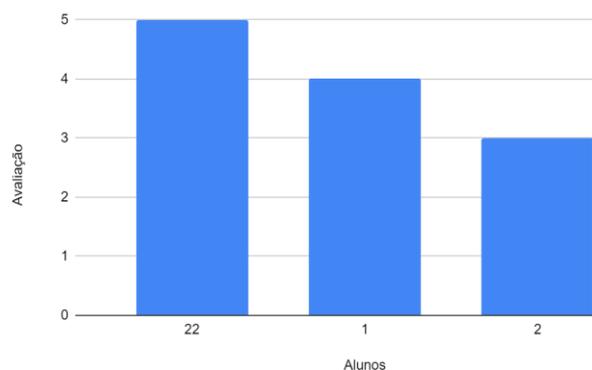
Aprendi sobre o Instituto Verde Vida (IVV)



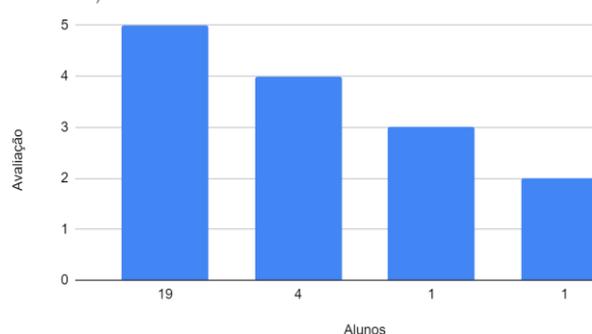
Aprendi que a reciclagem do óleo residual de fritura pode produzir sabão ecológico



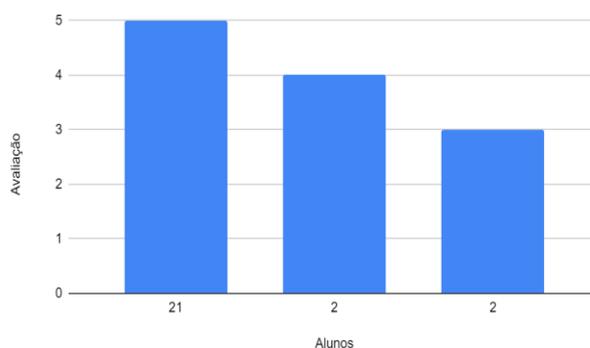
4 - A linguagem utilizada está clara e adequada?



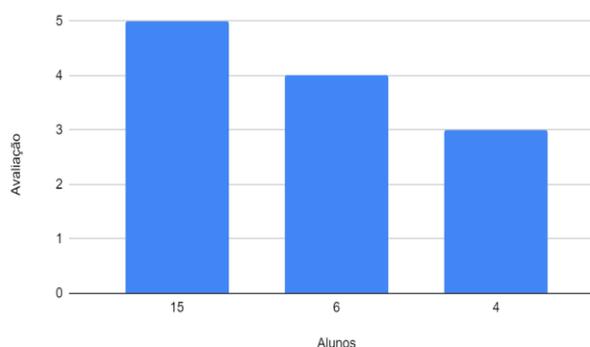
5 - A linguagem está correta, ou seja, de acordo com as normas Língua Portuguesa? (ortografia, concordâncias, pontuação, coer e coesão)



6 - Você considera que os conteúdos abordados no caderno temático são significativos para o estudante?



7 - Você aprendeu algum conteúdo ou conceito químico ao ler o caderno temático?



Fonte: os autores, 2023.

No artigo de Mello et al. (2019), é apresentado um projeto que procura associar conceitos de Química Verde com estudos sobre a reciclagem do ORF e a produção de sabão ecológico na Educação Básica. O trabalho conclui que a temática contribui para que os discentes se tornem mais conscientes sobre assuntos relacionados ao meio ambiente, além de permitir que o aluno veja a Química de forma relacionada com seu cotidiano.

A monografia de Rangel (2021) também apresenta uma proposta de alfabetização científica juntamente com a criação de um recurso didático tratando de assuntos como o uso do ORF, produção de sabão, divulgação do IVV e Química Verde. O trabalho conclui que a aplicação da proposta foi satisfatória e que os alunos puderam aprender algo novo.

Sendo assim, é importante salientar que o caderno temático apresentado neste artigo também se constitui como um recurso didático com grande potencial para ser

trabalhado, visto que com ele os discentes relataram a aprendizagem de muitos conceitos importantes.

5 CONCLUSÕES

O processo de oxidação foi verificado pelos testes de Kreis e índice de peróxidos nas amostras de ORF e da GF-airfryer. E o estudo de espectroscopia na região do infravermelho comprovou a formação de grupos aldeídos, originados da degradação do óleo durante o processo do preparo do alimento por airfryer, confirmando o teste de Kreis.

Diante do exposto, pode-se concluir que o uso da airfryer em prol do óleo vegetal para submeter alimentos ao processo de fritura pode gerar compostos tóxicos prejudiciais à saúde ainda que os alimentos possuam menor teor de gordura, entretanto, são necessárias análises mais precisas para quantificar e identificar os compostos gerados na fritura utilizado esse eletrodoméstico, visto que é um tema ainda pouco explorado pela academia.

A quantidade de reagentes necessários para a extração da fração lipídica, principalmente dos alimentos crus, é grande para gerar pouco material de trabalho. O ideal é que análises posteriores sejam feitas em amostras de carne de frango, para que seja possível identificar o que, de fato, tem sido consumido.

O caderno temático, por sua vez, possui potencial para ser trabalhado em sala de aula. A aprendizagem significativa é possível de ser trabalhada por meio do material elaborado, e o conteúdo de lipídeos é palpável ao estudante da maneira que fora abordada no caderno temático. Portanto, a análise é positiva quando se aplica o caderno de questões.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, a Organização Social Instituto Verde Vida em Vila Velha-ES, ao CNPq, a Embaixada da Suíça no Brasil, a Petrobrás, a Cesan, a FAPES, aos estudantes do curso

de Licenciatura em Química e Química Industrial que participaram na construção e reconstrução deste projeto.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Estatística. São Paulo, SP. Disponível em: <Abiove - Site>. Acesso em: 12 fevereiro 2022.

Brasil, 2004. Anvisa, Informativo Técnico no. 11 de 2004.

BRASIL, 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília: ANVISA RDC Nº 270, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <Ministério da Saúde (saude.gov.br)>. Acesso em: 15 agosto 2022.

BRASIL, 2010. Farmacopeia Brasileira, Volume 1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília: ANVISA, 2010. 546p., 1v/il. Disponível em: <Biblioteca Digital Anvisa: Farmacopeia Brasileira: volume 1, 6ª edição (ibict.br)>. Acesso em: 17 agosto 2022.

BRASIL, 2018. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular, 2018, p. 547-560, Brasília, DF. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_s ite.pdf>. Acesso em: 01 novembro 2021.

BARBOSA, J. H. P.; SOUZA, I. T.; SANTANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F. A determinação dos produtos avançados de glicação (AGES) e de lipoxidação (ALES) em alimentos e em sistemas biológicos: avanços, desafios e perspectivas. **Química Nova**, v. 39, n. 5, p. 608-620, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160048>

GONÇALVES, R. P.; ZANETTI, V. C.; FELTES, M. M. C.; GONZALEZ, S. L. Comportamento do óleo de soja durante

- estresse térmico Soybean oil behavior during thermal stress. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p. 38867-38882, 2021.
DOI:10.34117/bjdv7n4-377
- GONG, M.; WEIA, W.; HUB, Y.; JINA, Q.; WANGA, X. Structure determination of conjugated linoleic and linolenic acids. **Journal of Chromatography B**, v. 1153, p. 122292, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122292>
- GOUVEIA, T. G.; ALONSO, M. K.; SANTO, M. G. L.; SOARES, A. B.; CARMO, A. P.; ENDRINGER, D. C.; OLIVEIRA, R. do V.; DIAS, M. C.; Monitoramento da coleta seletiva de resíduos e produção de sabão no Instituto Verde Vida, Região do Rio Aribiri - Vila Velha-ES. **Revista Guará**, v. 5, n. 16, p. 69, 2016.
<https://doi.org/10.30712/guara.v1i5.14614>
- GUO, Q.; LIA, T.; QUA, Y.; LIANG, M.; HAA, Y.; ZHANG, Q.; WANGA, Q. New research development on trans fatty acids in food: Biological effects, analytical methods, formation mechanism, and mitigating measures. **Progress in Lipid Research**, v. 89, p. 101199, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.plipres.2022.101199>
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos / coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorial/nplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 22 de abril 2023.
- JORGE, N.; SOARES, B. B. P. S.; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.
- KAUARK, F. S. Atividade experimental nos primeiros anos de escolaridade: possibilidades na formação docente. Universidade de Aveiro. Portugal, 2018.
https://blogs.ua.pt/cidttff/wp-content/uploads/2018/06/201806_Livro-de-Poster_VF_compressed.pdf
- KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. Metodologia da pesquisa: um guia prático. Itabuna/Bahia, Via Litterarum, 2010.
- LIANG, P.; CHEN, C.; ZHAO, S.; GE, F.; LIU, D.; LIU, B.; FAN, Q.; HAN, B.; XIONG, X. Application of Fourier Transform Infrared Spectroscopy for the Oxidation and Peroxide Value Evaluation in Virgin Walnut Oil. **Journal of Spectroscopy**, v. 2013, p. 1-5, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1155/2013/138728>
- LOPES, W. A.; FASCIO, M. Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. **Química Nova**, v. 27, n. 4, 670-673, 2004. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://static.sites.sbq.org.br/quimicano.va.sbq.org.br/pdf/Vol27No4_670_24-ED03198.pdf
- MA, K.; VOORT, F. R. van de; SEDMAN, J.; ISMAIL, A. A. Stoichiometric determination of hydroperoxides in fats and oils by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 74, n. 8, 8p, 1997.
<https://doi.org/10.1007/s11746-997-0001-8>
- MACHADO, T. L. S. et al. Avaliação da qualidade de óleos de fritura utilizados em restaurante universitário. **Rev. Ciênc. Ext.** v. 10, n. 3, p. 163-172, 2014.
https://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/883/1049

MAHMOUDINEZHAD, M.; FARHANGI, M. A.; KAHROBA, H.; DEGHAN, P. Personalized diet study of dietary advanced glycation end products (AGEs) and fatty acid desaturase 2 (FADS2) genotypes in obesity. **Scientific Reports**, v. 11, p. 19725, 2021.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-99077-3>

MANGATAR. Salve os seus próprios avatares. <https://mangatar.framiq.com/pt/>. Acesso em: out-dez 2019.

MELLO, F. D.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D.; SANDRI, M. C. M.; & ROBAERT, S. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde. **Educación Química**, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2019.
 DOI: 10.22201/fq.18708404e.2019.1.64110

MERÇON, F.; O que é uma Gordura Trans. **Revista Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, 2010.
<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/s/427823/LOT2007/gorduratrans.pdf>

OLIVEIRA, G. V.; CARVALHO, R. M.; DIAS, M. C.; SOARES, A. B.; Coleta seletiva e formação de grupo produtivo para fabricação de sabão a partir do óleo residual de fritura no Instituto Verde Vida, Região do Rio Aribiri – Vila Velha -ES. **Revista Corixo de Extensão Universitária da UFMT**, 2017.
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/corixo/issue/view/397/19>

OSAWA, C. C.; FELICIO, P. E.; GONÇALVES, L. Ap. Guaraldo. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000400019>

POWICK, W. C.; Compounds developed in rancid fats, with observations on the mechanism of their formation. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, n. 8, 1923.
<https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43966674/PDF74/PDF>

QIN, R.; WU, R.; SHLI, H. et al. Formation of AGEs in fish cakes during air frying and other traditional heating methods. **Food Chemistry** n. 391, p. 133213, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133213>

RAMALHO, V. C.; JORGE, N.; Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 4, n. 4, p. 755-760, 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>

RANGEL, Kemilly Neves. **Ludicidade e CTSA no ensino médio: uma abordagem dos jogos educativos como mediador e divulgador da coleta e reciclagem do óleo residual de fritura**. 2021. Monografia (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, 2021.

SCHAFFEL, I. de F.; RODRIGUES, I. L.; BOZI, N. S.; VINDILINO, R. A. B.; CARVALHO, R. A.; SANTOS, W. N. S.; DIAS, M. C.; A Química verde aplicada na reciclagem do óleo residual de fritura em um projeto social na região do rio Aribiri, Vila Velha-ES. **Revista Ifes Ciência**, v. 5, n. 1, p. 226-242, 2019.
 DOI: <https://doi.org/10.36524/ric.v5i1.282>

SILVA, F.; A. M.; BORGES, M. F.M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1998.

Spectral Database for Organic Compounds.
https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi

TENA, N.; APARICIO, R.; GARCIA-GONZÁLEZ, D. L.; Virgin olive oil stability study by mesh cell-FTIR spectroscopy. **Talanta**, v. 167, n. 453, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.02.042>

WANG, Y.; ZHU, M.; MEI, J.; LUO, S.; LENG, T.; CHEN, Y.; NIE, S.; XIE, M. Comparison of Furans Formation and Volatile Aldehydes Profiles of Four Different Vegetable Oils During Thermal Oxidation. **Journal of Food Science: Toxicology & Chemical Food Safety**, v. 84, p. 1966-1978, 2019.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14659>

Xu, L.; Zhu, X.; Chen, X; Sun, D.; Yu, X. Direct FTIR analysis of isolated *trans* fatty acids in edible oils using disposable polyethylene film. **Food Chemistry**, vol. 185, p. 503-508, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.021>

XU, Z.; LIU, S.; SHEN, M.; XIE, J. YANG, J. Evaluation of *trans* fatty acids, carbonyl compounds and bioactive minor components in commercial linseed oils. **Food Chemistry**, v. 369, p. 130930, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130930>

ZHU, Z.; FANG, R.; YANG, J. et al. Air frying combined with grape seed extract inhibits N ϵ -carboxymethyllysine and N ϵ -carboxyethyllysine by controlling oxidation and glycosylation, **Poultry Science**, v. 100, p. 1308–1318, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.056>