

Obtenção do Extrato Aquoso da Betanina: Uma Análise sobre o Efeito da Temperatura de Extração

Obtaining Betanin Aqueous Extract: An Analysis of the Effect of Extraction Temperature

Verônica A. Pereira, Marccus V. A. Martins, Bianca G. Rodrigues & Jocélia P. C. Oliveira

Este trabalho apresentou um estudo espectroscópico na região do infravermelho (FTIR) para avaliar o efeito da temperatura de extração da betanina da beterraba (*Beta vulgaris* L.). Com os extratos obtidos a frio e a quente realizou-se testes em algumas soluções ácidas e básicas para analisar qual extrato é mais eficiente na detecção visual de pH. Por meio dos espectros de FTIR confirmou-se que a estrutura química da betanina sofre descarboxilação devido à temperatura, causando uma diminuição na absorção dos modos vibracionais da estrutura química da betanina. Assim, o extrato da betanina a frio apresentou maior eficiência na indicação de meio ácido-básico.

Palavras-chave: *betanina; FTIR; ácido-base.*

This work presented a spectroscopic study in the infrared region (FTIR) to evaluate the effect of the extraction temperature of betanin from beetroot (*Beta vulgaris* L.). With the extracts obtained cold and hot, tests were carried out on some acidic and basic solutions to analyze which extract is more efficient in visual detection of pH. Using FTIR spectra, it was confirmed that the chemical structure of betanin undergoes decarboxylation due to temperature, causing a decrease in the absorption of the vibrational modes of the chemical structure of betanin. Thus, the cold betanin extract showed greater efficiency in indicating an acid-base environment.

Keywords: *betanin; FTIR; acid-basic.*

Introdução

Tanto na perspectiva de formação docente quanto no ensino básico, a prática é indissociável da teoria e a teoria, da mesma forma, não se dissocia da prática.¹ De um ponto de vista mais claro, essa indissociabilidade entre a teoria e a prática no processo ensino-aprendizagem torna-se robusta ao se pensar em um ensino de maneira crítica diante de determinados fatos e reflexões, na capacidade de criar teorias explicativas. Em vista disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ensino Médio orientam que deve ser considerada a crescente presença da ciência e da tecnologia nas atividades produtivas e nas relações sociais dos estudantes de nível médio. Estabelece que o aluno precisa desenvolver capacidades de pesquisar, buscar informações, analisar, criar, formular ideia, ao invés do simples exercício de memorização.^{2,3} É evidente que tais ações a serem implementadas no planejamento pedagógico do mediador necessita de um elevado esforço, tendo em vista que a esfera pública do ensino ainda apresenta muitas limitações. No entanto, a inovação no ensino não pode ser associada restritamente a ambientes educacionais onde apresentam infraestrutura adequada e apropriada para determinadas práticas. Neste viés, a literatura^{4,5} está repleta de trabalhos que mostram a possibilidade de atingir a reflexão crítica do processo ensino-aprendizagem de tal maneira que o aluno seja o protagonista do processo educacional.

Epistemologicamente é necessário utilizar esta ferramenta na prática aplicada ao ensino de forma correta, conforme analisado por Lôbo (2006)⁶, onde ainda persistem concepções inadequadas da ciência química e do conhecimento científico, contribuindo para uma prática pedagógica dissonante com as questões atuais da filosofia da ciência e da educação científica.

Em se tratando especificamente do ensino de química no ensino básico, são inúmeras as possibilidades para o professor despertar no estudante o mundo científico crítico e reflexivo. Um exemplo disso são os conhecimentos teórico-práticos sobre as funções inorgânicas, das quais geralmente são ministradas na primeira série do ensino médio. Associar

conhecimentos práticos sobre substâncias ácidas e básicas do dia a dia do estudante é um momento oportuno para garantir o êxito sobre o conteúdo.

É de se destacar que existem inúmeros trabalhos⁷ que abordam o uso de vegetais, flores, folhas e frutos como substâncias indicadoras de meio ácido-base. Comumente são utilizados vegetais como a beterraba⁸ e o repolho roxo⁹, pelo fato de serem de fácil acesso e de baixo custo. Por outro lado, existem trabalhos que reportam o uso de sementes como o feijão preto¹⁰, frutos como a bacaba¹¹ e o açaí¹², e de folhas¹³. Todos esses vegetais citados como indicadores naturais de pH ácido-base apresentam compostos químicos responsáveis por sofrerem alterações estruturais mediante o meio ao qual estão inseridos. Quando inseridos em meios ácidos ou básicos os compostos da família das antocianinas mudam de cor. Robert Boyle, no século XII, foi o primeiro pesquisador a reportar o efeito da alteração da coloração de um licor feito de pétalas de violeta ao entrar em contato com substâncias ácidas e básicas.¹⁴ Desde então a molécula da antocianina, representada na Figura 1(a), é vastamente reconhecida como a estrutura química presente em alguns vegetais como sendo a responsável pela indicação de meio ácido-base.

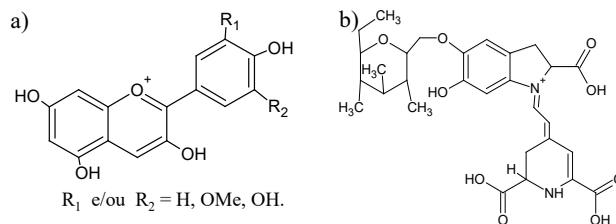


Figura 1. Estruturas químicas da (a) antocianina e (b) betanina.

Conforme a antocianina apresenta radicais (R₁ e R₂) correspondentes a grupos como Hidrogênio (H), Metoxilas (OMe) e Hidroxilas (OH) ocorre cores diferentes no vegetal, mediante o nível de protonação e desprotonação.^{15,16}

Outra molécula que apresenta propriedades químicas similares às antocianinas é a betanina, presente na beterraba (*Beta vulgaris L.*), conforme visto na Figura 1(b).

A betanina compreende a maior parte da concentração dos pigmentos da beterraba, uma vez que, além dela, estão presentes no vegetal outros pigmentos betalínicos, tais como isobetanina, prebetanina e vulgaxantina-II.¹⁷ O extrato da beterraba muda de cor quando está em meio ácido ou básico, como consequência da isomerização ou descarboxilação da betanina em função do pH do meio, conforme pode-se observar na Figura 2.¹⁸

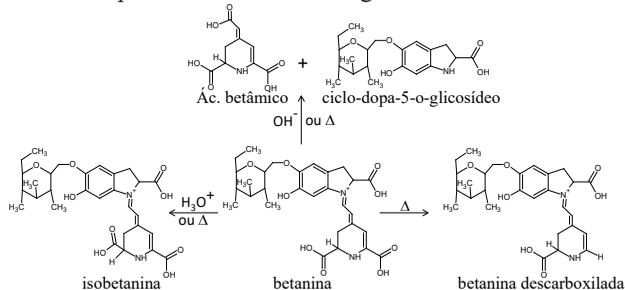


Figura 2. Reações da betanina em meio ácido (H_3O^+), básico (OH^-) e aquecimento (Δ).

Diante ao exposto, este trabalho propôs uma investigação sobre a melhor e mais fácil rota de obtenção do extrato aquoso da beterraba. Qualitativamente, utilizou-se a mudança visual de coloração de substâncias ácidas e básicas para sugerir-se qual metodologia de extração mostra melhor o meio ácido-base. De maneira quantitativa, utilizou-se a espectroscopia no infravermelho para confirmar o resultado.

Metodologia

BUSCA ATIVA DE TRABALHOS ACADÊMICOS COM O USO DA BETERRABA

Com o intuito de levantar as informações sobre o quantitativo de trabalhos acadêmicos que utilizaram a beterraba para fins de indicador de meio ácido e básico, realizou-se uma pesquisa (busca-ativa) na plataforma do “google acadêmico”. Para isso, nesta plataforma, inseriram-se três palavras chaves: “beterraba” e “indicador” e “pH” e filtrou-se por décadas sendo: 1980 - 1990, 1990 - 2000, 2000 - 2010, 2010 - 2020 e finalmente 2020 - 2023. A busca ativa foi realizada no dia 17 de outubro de 2023. Os resultados alcançados foram tratados na forma de gráfico e de tabela.

OBTENÇÃO DOS EXTRATOS A FRIO E A QUENTE EM MEIO AQUOSO

Para a obtenção dos extratos, a beterraba foi obtida comercialmente. O tubérculo foi inicialmente lavado com água destilada, descascado manualmente e cortado em cubos. Para a obtenção do extrato a frio, 200g da beterraba cortada em cubos foi triturada em um liquidificador juntamente com 500 mL de água destilada. Após a trituração, realizou-se a filtração e o extrato filtrado foi imediatamente usado nos testes de pH das substâncias ácidas e básicas. Para a obtenção do extrato a quente, ferveu-se, durante 5 minutos, 200g da beterraba cortada em cubos em 500 mL de água destilada. Após essa etapa, realizou-se a filtração e o extrato foi reservado para o resfriamento para finalmente ser utilizado nos testes de pH das substâncias. Os dois procedimentos relatados encontram-se sumarizados na Figura 3.

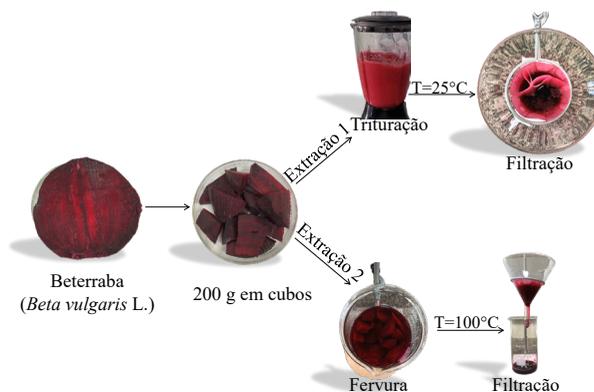


Figura 3. Procedimentos de obtenção da betanina: extração 1 (a frio) e extração 2 (a quente).

Cada extrato obtido foi imediatamente utilizado para os testes de acidez e basicidade das amostras de leite bovino, suco de limão, água sanitária, vinagre e as soluções de NaOH ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) e HCl ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$). As substâncias utilizadas como o leite bovino, o limão, a água sanitária e o vinagre foram obtidos comercialmente. Os reagentes HCl e o NaOH utilizados são de procedência da Dinâmica Química Contemporânea LTDA.

TESTES DE ACIDEZ E BASICIDADE

Em béqueres distintos foram adicionados 10 mL das substâncias: leite bovino, suco de limão, água sanitária, vinagre e as soluções de NaOH ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) e HCl ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$). Dentro de cada substância foram adicionadas 5 gotas do extrato obtido a temperatura ambiente (a frio). O mesmo procedimento foi realizado para o extrato da beterraba obtido a quente (fervura por 5 minutos).

CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS POR FTIR

As pastilhas foram preparadas com o brometo de potássio (KBr), de procedência Synth. Em seguida, despejou-se uniformemente 5 gotas dos extratos a frio e a quente em cada pastilha de KBr. Finalmente, as pastilhas foram colocadas em dessecador por um tempo de uma hora para a realização da caracterização no infravermelho. As medidas foram realizadas em um Espectrômetro FTIR Modelo R Prestige-21, Shimadzu com resolução de 4 cm^{-1} .

Resultados e Discussão

BUSCA ATIVA DE TRABALHOS ACADÊMICOS COM O USO DA BETERRABA

A utilização do extrato da beterraba como indicador natural é vastamente reportada na literatura, principalmente em práticas no ensino de química tanto no ensino médio como na formação docente. Para confirmar isso, realizou-se uma busca ativa, no dia 17 de outubro de 2023, na plataforma do “google acadêmico” fazendo a seleção por décadas e inserindo as palavras chaves “beterraba” e “indicador” e “pH”. Dessa maneira, fica evidente a quantidade elevada de trabalhos acadêmicos que aparecem como resultado da busca, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1. Busca ativa de trabalhos na plataforma “google acadêmico” sobre trabalhos que reportaram o uso da beterraba para servir de indicador de pH.

Palavras-chave	Quantidade	Período
"Beterraba" "indicador" "pH"	35	1980-1990
	115	1990-2000
	1420	2000-2010
	3710	2010-2020
	1110	2020-2023

Nota-se nesta tabela que na década de 80 existem 35 trabalhos acadêmicos publicados na plataforma pesquisada. Na década seguinte (90), a quantidade de trabalhos aumenta consideravelmente para 115, e eleva-se para 1420 nos anos 2000 e 3710 trabalhos entre 2010 e 2020. Ao se construir um gráfico que correlaciona os anos e a quantidade desses trabalhos prospectados com as palavras-chaves “beterraba”, “indicador” e “pH”, observa-se que o aumento dos trabalhos por décadas ocorre de forma exponencial, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 4.

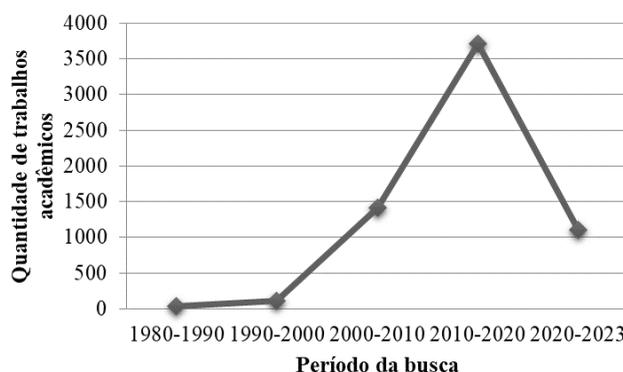


Figura 4. Gráfico da correlação entre a quantidade de trabalhos com a beterraba em função da década de publicação no “Google acadêmico”.

Observa-se também que mesmo não tendo uma década completa, o período de 2020 a 2023 já demonstra um volume elevado de trabalhos publicados, com um quantitativo de 1.110. Esses números crescentes por mais de quatro décadas, em regime exponencial, refletem a elevada importância do uso do extrato da beterraba como indicador natural associada ou não ao ensino de química. De um modo geral, percebe-se uma evolução no uso de produtos naturais no ensino de química ao longo dessas décadas, conforme também visto por Lima e coautores (2022)¹⁹ e Almeida e coautores (2020).⁷

CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA NO INFRAVERMELHO

Empregou-se a espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) a fim de se investigar a influência da temperatura no

processo de obtenção do extrato da beterraba. Neste sentido, a Figura 5(a) apresenta os espectros de FTIR para o extrato obtido a frio (linha preta) e para o extrato obtido a quente (linha cinza) na escala compreendida de 400 a 4000 cm^{-1} . Em ambos os espectros se observam nitidamente as bandas de absorção de energia associadas aos modos vibracionais dos principais grupos cromóforos, que constituem a estrutura química da betanina presente no extrato da beterraba. Na região compreendida entre 3200 e 3600 cm^{-1} , aparece uma banda larga e de elevada intensidade, a qual está associada ao modo de estiramento da ligação O-H de ácido carboxílico.²⁰ Em 2926 cm^{-1} , observa-se uma banda de baixa intensidade, associada ao modo vibracional de estiramento da ligação C-H. De intensidade elevada, em 1626 cm^{-1} , observa-se uma banda associada ao modo de vibração de estiramento da ligação C=N.^{21,22} Em 500 cm^{-1} , ocorre uma banda de baixa intensidade associada ao modo de vibração de estiramento da ligação N-H. Em 1244 cm^{-1} e 1167 cm^{-1} , conforme visto na Figura 5(b), aparecem dois modos vibracionais associados, respectivamente, às ligações C-N e C-O.^{21,22}

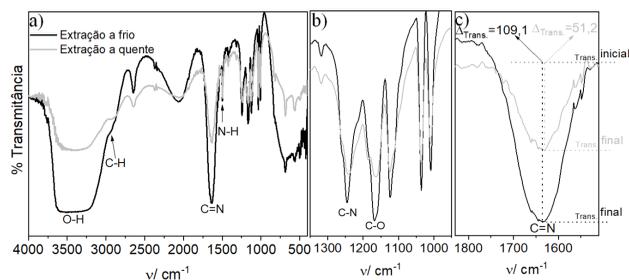


Figura 5. (a) Espectros de FTIR para o extrato da beterraba a frio (preto) e a quente (cinza). (b) Destaque dos modos vibracionais das ligações C-N e C-O. (c) Cálculo do percentual de diminuição da transmitância referente ao modo vibracional da ligação C=N.

Outras bandas também aparecem em regiões de baixa energia (de 500 a 800 cm^{-1}) e podem estar associadas aos modos vibracionais de deformação angular dos anéis aromáticos, os quais requerem menores energias quando comparados aos modos de estiramento de ligação. De uma

perspectiva geral, em ambos os espectros são observados os mesmos modos vibracionais. No entanto, todos esses modos de vibração tanto de ligação quanto de deformação de ângulo de ligação aparecem com as intensidades dos picos significativamente mais reduzidos no extrato obtido por meio do procedimento a quente (fervura durante 5 minutos a 100 °C). Essa redução nas intensidades de todos os modos vibracionais sugere que a temperatura causa uma diminuição nos cromóforos presentes na betanina devido à sua instabilidade ao calor.²³ Para analisar esse efeito de maneira mais específica, realizou-se um cálculo do percentual de redução na intensidade do modo vibracional associado à ligação C=N, uma vez que ele se apresenta como um dos mais intensos e representativos da estrutura química da betanina, conforme pode ser visto na Figura 5(c). A variação (Δ) da intensidade de pico para o extrato a frio foi de 109,1 cm^{-1} , enquanto para o extrato a quente foi de 51,2 cm^{-1} , o que reflete uma diminuição na intensidade do pico no extrato a quente de 47%. Todos os demais picos da betanina de ocorrência no extrato a quente tendem a sofrer uma diminuição. Isso indica que a temperatura de fervura afeta a estrutura química da betanina, ocasionando em uma menor energia associada à absorção das ligações químicas. Neste ponto específico, acredita-se que a temperatura causa a descarboxilação da betanina, conforme visto também por Wybraniec (2005)²⁴ e por Aztatzi-Rugierio e coautores (2019)²⁵. Deste modo, ao sofrer a perda de alguns grupos carboxílicos, bandas como as do grupo O-H tendem a sofrer supressão de suas intensidades, como visto na figura 5(a). Como o procedimento de extração a quente causou a diminuição no volume da água devido à vaporização (fervura por 5 minutos), entende-se que esse extrato esteja mais concentrado de moléculas de betanina comparado ao extrato a frio. Neste caso, o efeito observado nas reduções das bandas de absorção das ligações pode estar associado mais à degradação da betanina pela ação da temperatura (instável ao calor) do que o efeito de diluição. Comportamento similar também foi observado por Longaray (2014)²⁶, onde ao aquecer o extrato da beterraba

a 85 °C pelo método convencional obteve-se 30% de degradação da betanina.

TESTES DE ACIDEZ E BASICIDADE DOS EXTRATOS



Figura 6. Soluções utilizadas como meios ácido e básico para os testes de acidez e basicidade com os extratos a quente (a) e a frio (b).

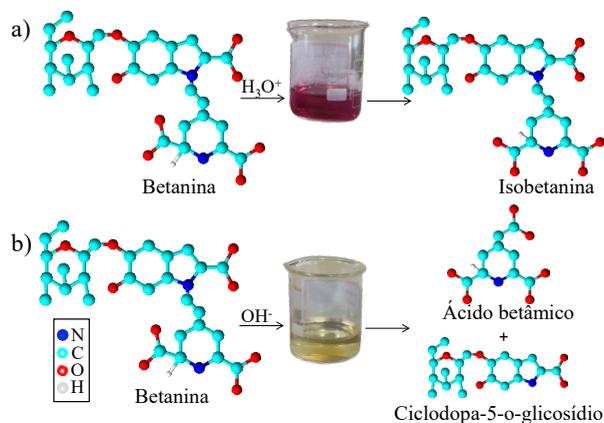


Figura 7. Representação esquemática do processo reacional da betanina em meio ácido (a) e em meio básico (b).

Os extratos obtidos a frio e a quente da beterraba foram usados como indicadores naturais em amostras caseiras de leite bovino, suco de limão, vinagre e água sanitária, além de soluções de HCl e NaOH, das quais serviram como padrões. Neste sentido, a Figura 6(a) apresenta 10 mL das amostras caseiras e soluções supracitadas em béqueres na presença de 5 gotas do extrato a quente. A Figura 6(b) apresenta as mesmas

amostras caseiras e soluções, porém na presença de cinco gotas do extrato obtido a frio. Para ambos os extratos a frio e a quente, ocorre a mudança de coloração após a adição das cinco gotas em função do pH do meio. Observa-se que a betanina tende a mudar a coloração para um tom avermelhado em meio ácido, como é o caso da solução de HCl. Isso ocorre devido à isomerização da betanina, conforme proposto no esquema da Figura 7(a). Além disso, em meio básico, a betanina tende a alterar sua coloração para um tom amarelo-esverdeado, muito provavelmente devido à sua fragmentação nos produtos reacionais do ácido betâmico e do ciclodopa-5-o-glicosídeo (Figura 7b). Entretanto, é facilmente perceptível a visualização de cores mais intensas nas amostras e soluções quando se adiciona o extrato obtido a frio. Isso sugere que a betanina a frio apresenta-se de forma mais concentrada para realizar a indicação ácido-base, uma vez que à temperatura de 100 °C na fervura causa a instabilidade estrutural da betanina, conforme visto nos espectros de infravermelho.

Considerações Finais

Foi possível realizar a extração da betanina pelos procedimentos a frio e a quente propostos. A caracterização espectroscópica por meio do infravermelho dos extratos revelou que a temperatura de 100 °C fornecida na extração a quente causa a descarboxilação da estrutura química da betanina. Ambos os extratos na presença das soluções apresentaram indicação de mudança de cor em função do pH do meio. No entanto, o extrato obtido a quente apresentou mudanças visuais de coloração das soluções de forma menos perceptível, provavelmente devido à descarboxilação da betanina. Assim, o extrato da beterraba obtido a frio apresentou-se como o melhor e mais fácil procedimento para a utilização como indicador natural de pH.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste artigo. Agradecemos profundamente ao CPNQ/PIBIC/PROPI/IFGOIANO pela bolsa de Iniciação Científica concedida.

Referências

1. PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.) Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito. **2005**, 3. ed. São Paulo: Cortez.
2. Ministério da Educação (MEC). Parâmetros Nacionais Curriculares Ensino Médio: bases legais. Brasília, DF: MEC, **2000**.
3. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio. Brasília, DF: MEC/Setec, **1999**.
4. GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Revista Debates em Ensino de Química **2020**, 6, 136.
5. PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B.; SANARE-Revista de Políticas Públicas **2016**, 15, 145.
6. LÔBO, S. F. Quím. Nova **2011**, 35,430.
7. ALMEIDA, C. S.; YAMAGUCHI, K. K. L.; SOUZA, A. O. Research, Society and Development. **2020**, 9, 1.
8. LUCAS, M.; CHIARELLO, L. M.; SILVA, A. R. da; BARCELLOS, I. O. Experiências em Ensino de Ciências **2013**, 8, 61.
9. CUNHA, M. B.; LIMA, F. O. Quím. Nov. Esc **2022**, 43, 295.
10. SOARES, M. H. F. B.; SILVA, M. V. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Eclética Quím. **2001**, 26, 225.
11. MONTEIRO, E. P.; SILVA, A. M. A.; MONTEIRO, A. M. C., SILVA, J. C.; FREITAS, L. A.; CORRÊA, L. T. Revista Scientia Amazonia **2020**, 9, 8.
12. YAMAGUCHI, K. K. L.; PERES, E. G.; SANTOS, E. M.; SILVA, M. F. Scientia Amazonia **2020**, 9, 1.
13. SARMENTO, L. C.; LIMA, D. M. M.; RAMOS, E. Z.; FREITAS, E. P. B.; SOUZA, R. F. Scientia Plena **2023**, 19, 034411.
14. TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Quím. Nova **2002**, 25, 684.
15. ANANGA, A.; GEORGIEV, V.; OCHIENG, J.; PHILLS, B.; TSOLOVA, V. Production of anthocyanins in grape cell cultures: A potential source of raw material for pharmaceutical, food, and cosmetic industries. In The Mediterranean genetic code-grapevine and olive. InTech. London, **2013**, cap. 11.
16. GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R.; FILHO, N. R. A. Quím. Nova **2012**, 35, 1673.
17. VON ELBE, J. H.; MAING, I.; Amundson, C. H. J. Food Sci. **1974**, 39, 334.
18. DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Quím. Nov. Esc. **2003**, 17, 27.
19. LIMA, L. P.; PINHEIRO E. B. F.; GOIS, K. M. S.; SILVA, N. C. O.; SILVA, C. Y. Res. Soc. Develop. **2022**, 11, e2111729588.
20. KUMAR, S. N. A.; RITESH, S. K.; SHARMILA, G.; MUTHUKUMARAN, C. Arab. J. Chem. **2017**, 10, S2145.
21. CAI, Y.; SUN, M.; WU, H.; HUANG, R.; CORKE, H. J. Agric. Food Chem. **1998**, 46, 2063.
22. MOLINA, G. A.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, A. R.; CORTEZ-VALADEZ, M.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, F.; ESTEVEZ, M. Molecules **2014**, 19, 17985.
23. FERREIRA, P. G.; LIMA, C. G. S.; FOREZI, L. S. M.; SILVA F. C.; FERREIRA, V. F. Rev. Virtual Quím. **2022**, 14, 267.
24. WYBRANIEC, S. J. Agri. Food Chem. **2005**, 53, 3483.
25. AZTATZI-RUGERIO, L.; GRANADOS-BALBUENA, S. Y.; ZAINOS-CUAPIO, Y.; OCARANZA-SÁNCHEZ, E.; ROJAS-LÓPEZ, M. J. Food Sci. Technol. **2019**, 56, 3677.
26. LONGARAY, J. N. Estudo da degradação de betalainas no suco de beterraba via aquecimentos ôhmico e convencional. 35 f. TCC- (Graduação). Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. **2014**.

Verônica A. Pereira¹, Marccus V. A. Martins^{1*}, Bianca G. Rodrigues² & Jocélia P. C. Oliveira²

¹Instituto Federal Goiano-Campus Catalão, Rua Ademar Ferrugem, nº 840 - Santo Antônio, Catalão - GO, 75701-655.

²Instituto de Química, Universidade Federal de Catalão, Av. Dr. Lamartine, St. Universitário, Catalão - GO, 75705-220.

*E-mail: marccus.victor@ifgoiano.edu.br