DETERMINAÇÃO DE NITRITO E NITRATO EM CHIPS DE BETERRABA PROCESSADOS EM *AIR FRYER*

Palavras-Chave: CONTAMINANTES, TRATAMENTO TÉRMICO, SNACKS

Autores:

ANA BEATRIZ PORTO FERNANDES DA SILVA, FEA – UNICAMP

DAVID SILVA DA COSTA (coorientador), FEA - UNICAMP

Prof(ª). Dr(ª). ADRIANA PAVESI ARISSETO BRAGOTTO (orientador(a)), FEA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Atualmente, há um grande interesse pelo desenvolvimento de snacks vegetais com apelo de saudabilidade e, nesse contexto, os chips de beterraba (*Beta vulgaris L.*) surgem como uma opção de consumo natural, sendo ricos em antioxidantes, vitaminas e outros nutrientes benéficos à saúde. Entretanto, a beterraba é uma das principais fontes de nitratos na dieta e, embora os nitratos presentes na beterraba sejam compostos estáveis e considerados não tóxicos, seu potencial risco à saúde está relacionado à conversão em nitritos, que podem representar riscos à saúde por sua alta instabilidade, possuindo afinada de reação com a hemoglobina dos glóbulos vermelhos, formando a metemoglobina, que não é capaz de transportar oxigênio. Ademais, os nitritos podem provocar a formação endógena de compostos N-nitrosos (nitrosaminas e nitrosamidas) a partir de reação com aminas secundárias, com possíveis efeitos carcinogênicos (Pannala et al., 2003). Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a determinação de nitrito e nitrato em chips de beterraba produzidos em *air fryer*, além de verificar a influência do tempo de processamento e tipo de cultivo (orgânico ou convencional) nas concentrações dos compostos.

METODOLOGIA:

Preparo dos chips: Para o estudo do efeito do processamento, foi utilizada beterraba de sistema de cultivo convencional, adquirida em um mercado local. Para o estudo do sistema de cultivo, foram adquiridas beterrabas de três sistemas de cultivo convencionais e orgânicos (n=6). As beterrabas utilizadas nos experimentos foram higienizadas e descascadas, retirando impurezas. Após o descascamento, as beterrabas foram fatiadas em quatro frações semelhantes e laminadas em multiprocessador (Mondial Mp-16 - 110V) com aproximadamente 1,5 mm de espessura, e então secas com uso de papel-toalha. O posterior cozimento foi realizado em *air fryer* (Mondial AF-30 Family Inox IV 3,5 L - 110 V) a 200°C, com 50 gramas por vez e cinco repetições para cada tempo. Para o estudo

do efeito do processamento, os chips foram cozidos por 3, 5 e 7 minutos. Para o estudo do sistema de cultivo, os chips foram cozidos por 7 minutos. As amostras preparadas foram trituradas em liquidificador e armazenadas em embalagens do tipo pouches metalizado em freezer a -10ºC. A Figura 1 apresenta as amostras após o processamento.

Figura 1. Chips de beterraba processadas termicamente nos tempos 3 (a), 5 (b) e 7 minutos (c), respectivamente. (Autores, 2025)

Determinação de nitrato e nitrito: Realizada de acordo com o método oficial físico-químico para controle de produtos cárneos e seus ingredientes, conforme estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2022), com modificações. A quantificação foi feita a partir do nitrito, portanto, a quantificação do nitrato foi realizada de forma indireta, por meio da sua redução a nitrito utilizando cádmio esponjoso, e os extratos obtidos a partir do preparo das amostras foram distribuídos em uma placa de 96 poços e analisadas em um espectrofotômetro a 37°C em comprimento de onda de 540 nm. A concentração de nitrato foi obtida por diferença (nitrito total - nitrito). O espectrofotômetro utilizado nas análises foi o modelo FLUOstar Omega da marca BMG LABTECH, fabricado na Alemanha. A metodologia é demonstrada na Figura 2.

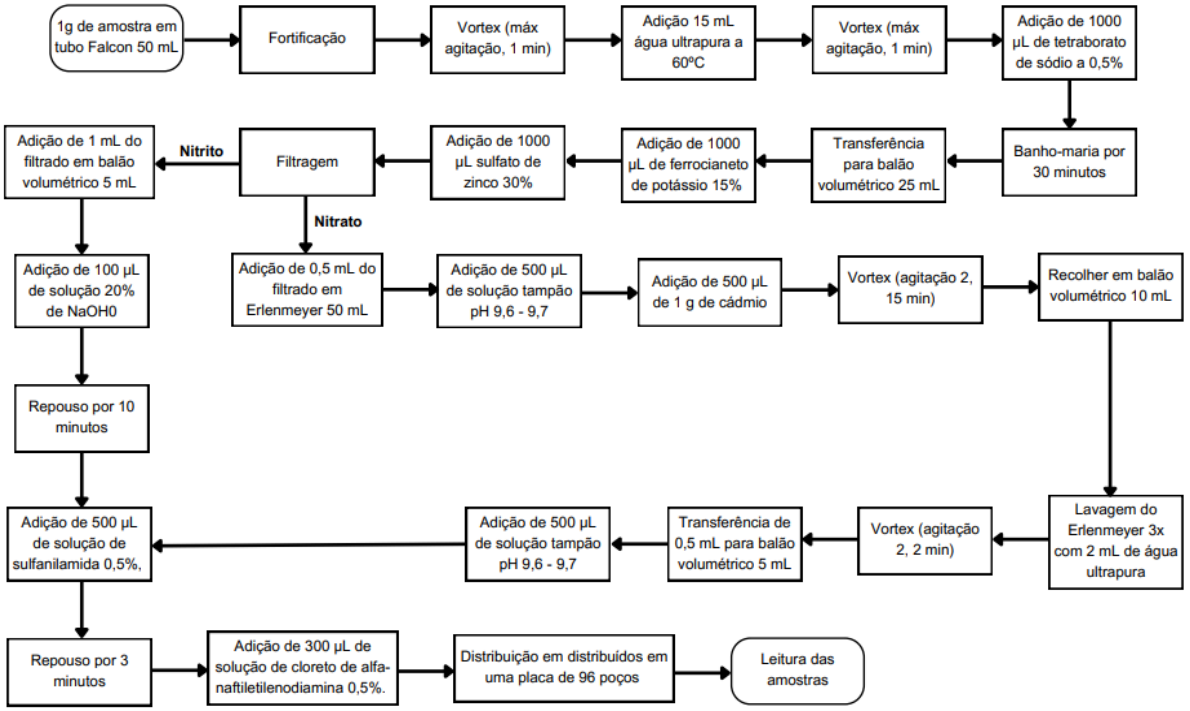

Figura 2. Método de extração de nitrito e nitrato em chips de beterraba. (Autores, 2025)

Determinação de umidade: Baseada na perda de massa por secagem das amostras a 105 ± 5°C por cerca de 6 horas. Para tal, foram utilizados cadinhos previamente secos e pesados em duplicata. Após o período de secagem e resfriamento em dessecador, a umidade foi calculada pela diferença de peso inicial e final, expressa em porcentagem.

Análises estatísticas: Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wil e ANOVA e foram utilizadas análises estatísticas (Teste de Tukey) para verificar diferenças significativas entre as amostras (P<0,05) com uso do *software* R (versão 2025.05.1+513).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os dados de nitrato nos diferentes tempos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores quantificados de nitrato nos tempos 3, 5 e 7 minutos.

Amostra	Média de Concentração de Nitrato Base Úmida (µg/g)	Desvio Padrão Base Úmida	Média de Concentração de Nitrato em Base Seca (µg/g)	Desvio Padrão Base Seca
in natura	<LOQ*	-	<LOQ	-
3 minutos	265,69[a]	25,60	1196,25	115,28
5 minutos	345,98[b]	36,00	953,65	99,16
7 minutos	616,60[b]	66,86	1066,25	115,62

*Abaixo do limite de quantificação (250 µg/g)

Fonte: Autoral

Os teores de nitrito foram inferiores ao limite de quantificação (LOQ) (25 µg/g) para todos os tempos analisados. Nas amostras *in natura* os teores de nitrato também foram inferiores ao limite de quantificação (250 µg/g). As concentrações de nitrato (µg/g, em base úmida) aumentaram progressivamente com o tempo de processamento térmico, sendo de 265,69 ± 25,60 (3 min), 345,98 ± 36,00 (5 min) e 616,60 ± 66,86 (7 min). O teste de Shapiro-Wilk indicou distribuição normal e homogeneidade de variância para todos os tempos avaliados: 3 min ($p = 0,179$), 5 min ($p = 0,133$) e 7 min ($p = 0,393$). Com base nessas premissas, foi realizada uma ANOVA de uma via, que demonstrou um efeito significativo do tempo de tratamento na concentração de nitrato, com um $p<0,001$. Para complementar, a análise post hoc de Tukey confirmou que todas as comparações entre os tempos de tratamento apresentaram diferenças estatisticamente significativas, com $p<0,001$ em todas as comparações.

As concentrações de nitrato (µg/g, em base seca) variaram com o tempo de processamento, sendo de 1.196,25 ± 115,28 (3 min), 953,65 ± 99,16 (5 min) e 1.066,25 ± 115,62 (7 min). Os dados apresentaram distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), permitindo a aplicação da ANOVA, que indicou efeito significativo do tempo sobre a concentração de nitrato ($p = 0,00034$). O teste de Tukey revelou diferença significativa entre os tempos de 3 e 5 minutos ($p = 0,0003$), com maior concentração no tempo de 3 minutos. Não houve diferença significativa entre os tempos de 3 e 7

minutos (p = 0,0594) nem entre 5 e 7 minutos (p = 0,1127), embora o primeiro par tenha indicado tendência à significância.

Os resultados indicam que a concentração de nitrato em base seca nos chips de beterraba é influenciada tanto pela degradação térmica quanto pela perda de umidade, resultante da desidratação provocada pelo aquecimento. A redução entre 3 e 5 minutos indica possível degradação do nitrato pelo calor, enquanto o aumento entre 5 e 7 minutos sugere concentração do nitrato remanescente devido à desidratação. Alterações químicas em compostos nitrogenados também podem contribuir para a formação secundária de nitrato por oxidação.

O teor de umidade médio das amostras *in natura* foi de 82,53 ± 0,08%. O processamento térmico reduziu progressivamente esse teor para 77,79 ± 0,42% em 3 minutos, 63,72 ± 0,40% em 5 minutos e 42,17 ± 1,39% em 7 minutos. Os resultados obtidos estão de acordo com o esperado, uma vez que um maior tempo do processamento térmico ocasiona uma menor umidade da amostra, devido à perda de água pela temperatura (Raschen et al., 2014).

Os resultados das análises dos tipos de cultivo (convencional e orgânico) podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores quantificados de nitrato de beterrabas de cultivo orgânico e convencional.

Tipo de Cultivo	Amostra	Média de Concentração (µg/g)	Desvio Padrão
Beterraba Orgânica 1	*in natura*	636,83	94,53
	Cozimento por 7 minutos	593,50	84,86
Beterraba Orgânica 2	*in natura*	<LOQ*	-
	Cozimento por 7 minutos	nd**	-
Beterraba Orgânica 3	*in natura*	615,07	18,20
	Cozimento por 7 minutos	712,84	120,30
Beterraba Convencional 1	*in natura*	<LOQ	-
	Cozimento por 7 minutos	427,83	81,70
Beterraba Convencional 2	*in natura*	nd	-
	Cozimento por 7 minutos	nd	-
Beterraba Convencional 3	*in natura*	nd	-
	Cozimento por 7 minutos	<LOQ	-

*Abaixo do limite de quantificação (250 µg/g)

**Não detectado, abaixo do limite de detecção (125 µg/g)

Fonte: Autoral

As concentrações de nitrato (µg/g, em base úmida) nas amostras *in natura* foram de 636,83 ± 94,53 no estabelecimento orgânico 1 e 615,07 ± 18,20 no orgânico 2. Após 7 minutos de processamento, as concentrações foram de 593,50 ± 84,86 (orgânico 1), 712,84 ± 120,30 (orgânico 2) e 427,83 ± 81,70 (convencional 1). Os dados de concentração de nitrato (µg/g) da Tabela 2 foram

submetidos a uma análise estatística inicial. O teste de Shapiro-Wilk confirmou a distribuição normal para todos os tempos avaliados, com $p \geq 0,05$. Da mesma forma, o teste de Levene indicou a homogeneidade das variâncias, também com $p > 0,05$.

Os teores de nitrito foram inferiores ao LOQ (25 µg/g) em todos os tempos analisados, assim como os teores de nitrato em duas das três beterrabas convencionais (locais 2 e 3) e no local orgânico 2, tanto nas amostras cozidas por 7 minutos quanto *in natura*. Apenas a beterraba convencional do local 1 apresentou nitrato abaixo do LOQ na forma *in natura*. De modo geral, as beterrabas orgânicas apresentaram teores de nitrato mais altos que as convencionais, o que pode ser explicado pela liberação mais lenta e contínua de nitrogênio dos fertilizantes naturais, favorecendo o acúmulo ao longo do ciclo. Já nos cultivos convencionais, o uso controlado de fertilizantes sintéticos tende a reduzir esse acúmulo (Baranska et al., 2008). Esses dados ressaltam a importância do monitoramento da adubação para controlar os teores de nitrato nos vegetais.

CONCLUSÕES:

A análise dos chips de beterraba revelou a presença apenas de nitrato, com sua concentração mostrando uma correlação direta com o aumento do tempo de processamento. Essa tendência é explicada pela desidratação do alimento, que reduz sua massa e concentra os compostos. Além disso, foi observada uma relação entre o método de cultivo e a concentração de nitrato, com teores mais elevados em beterrabas de origem orgânica. O estudo reforça, assim, a importância de controlar tanto os parâmetros de processamento térmico quanto as práticas de adubação para gerenciar os níveis de nitrato em vegetais, considerando as implicações desses compostos

---

BIBLIOGRAFIA

BARANSKA, M. et al. **Effects of organic and conventional management on the nutritional quality of tomatoes and spinach.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 56, n. 14, p. 5681–5686, 2008

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília, DF: MAPA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/legislacao-metodos-da-rede-lfda/poa/metodos_oficiais_para_analise_de_produtos_de_origem_animal-1aed-2022assinado.pdf.

PANNALA, Ananth S. et al. **The effect of dietary nitrate on salivar, plasma and urinary nitrate metabolism in humans**. Free Radical Biology and Medicine, v. 34, n. 5, p. 576-584, 2003.

RASCHEN, M. R. et al. Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação micro-ondas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 774-779, maio 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/YTnzdWjCzMkFQrdmd3DC5GN/.