



## **Efeito da sazonalidade no teor de selénio e outros micronutrientes na cavala da costa portuguesa**

*Effect of seasonality on the content of selenium and other micronutrients in mackerel from the Portuguese Coast*

Andreia Rego, Sandra Gueifão, Marta Ventura, Inês Delgado, Ana Cláudia Nascimento, Susana Santiago, Carla Motta, Inês Coelho, Isabel Castanheira

andreia.rego@insa.min-saude.pt

Departamento de Alimentação e Nutrição, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal

### **\_Resumo**

A cavala é uma das espécies de peixe mais abundantes em Portugal, sendo muito rica em diversas vitaminas e micronutrientes. Entre os micronutrientes existentes neste alimento destaca-se o selénio (Se), essencial para o ser humano, mas que se pode tornar tóxico quando ingerido acima da dose diária recomendada. Sendo parte integrante de um conjunto de proteínas com ação antioxidante (as selenoproteínas) um aporte adequado de Se conduz a um melhor desempenho do sistema imunitário, com repercussões positivas no tratamento e/ou prevenção do cancro ou no retardar do desenvolvimento de doenças degenerativas, como o Alzheimer. O organismo humano não sintetiza o selénio sendo a alimentação a fonte que mais contribui para o aporte diário deste elemento. Neste estudo, pretendeu-se estudar o teor de selénio, e de outros micronutrientes, em cavalas da costa portuguesa. Esta análise foi realizada mensalmente, entre março de 2019 e fevereiro de 2020, sendo o Se determinado por espectrometria de massa acoplada a plasma indutivo (ICP-MS), e os restantes micronutrientes (Zn, Fe, Mg, Cu, K, P) por espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Concluiu-se que a ordem de concentração dos elementos estudados foi estabelecida como  $K > P > Na > Mg > Fe > Zn$ . Relativamente à concentração de Se, e por utilização do teste LSD, foram identificadas algumas diferenças significativas ao longo do ano, variando esta entre 451 e 606  $\mu\text{g/ml}$ , excluindo o mês de maio que foi considerado um *outlier*. Contudo, este resultado poderá dever-se aos hábitos alimentares da cavala e época de desova, pelo que serão necessários mais anos de estudo, de modo, a se verificarem estas conclusões preliminares.

### **\_Abstract**

Mackerel is one of Portugal's most abundant fish species, being very rich in several vitamins and micronutrients. Among the micronutrients in this food, selenium (Se) stands out, essential for humans, but can become toxic when ingested above the recommended daily dose. As an integral part of a set of proteins with antioxidants action (selenoproteins), an adequate intake of Se leads to a better performance of the immune system, with positive repercussions in the treatment and/or prevention of cancer or in delaying the development of degenerative diseases, such as Alzheimer's. The human organism does not synthesize selenium, so the source that most contributes to this element's daily supply is food. This study intended to evaluate the content of selenium and other micronutrients in mackerel from the Portuguese coast. This analysis was carried out monthly, between March 2019 and February 2020, with the

*Se being determined by mass spectrometry coupled to inductive plasma (ICP-MS), and the remaining micronutrients (Zn, Fe, Mg, Cu, K, P) by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). It was concluded that the order of concentration of the studied elements was established as  $K > P > Na > Mg > Fe > Zn$ . Regarding Se content, by the LSD test, some significant differences were identified throughout the year, varying between 451 and 606  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , excluding May, which was considered an outlier. However, this result may be due to the mackerel's eating habits and spawning season. More years have to be evaluated to verify these preliminary conclusions.*

### **\_Introdução**

A cavala é uma das espécies de peixe mais abundante em Portugal, estando disponível todo o ano. Alguns estudos realizados deixam antever a importância da cavala a nível nutricional (1,2). Este peixe é rico em diversas vitaminas e micronutrientes, entre os quais o selénio (Se) e outros minerais. Contudo, apesar do seu alto valor nutricional e da sua abundância no oceano ainda é uma espécie pouco consumida pela população portuguesa.

Os minerais são uma das categorias de micronutrientes inorgânicos necessárias para a manutenção do organismo humano. Intervêm em diversas funções, incluindo na formação de dentes e ossos e no funcionamento do sistema nervoso, e são constituintes essenciais de fluidos biológicos e tecidos, bem como de componentes do sistema enzimático. As necessidades diárias variam consoante os elementos sendo alguns necessários em maiores quantidades, como por exemplo, o magnésio (Mg), o potássio (K), o fósforo (P) e o sódio (Na). Por outro lado, os oligoelementos, ou elementos traço, têm doses diárias recomendadas mais baixas, como é o caso do ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), e selénio (Se).



Embora estes últimos sejam necessários em menor quantidade, não são, por isso, menos importantes (3).

Os métodos mais adequados à determinação simultânea de minerais e oligoelementos são (4,5):

- ICP-MS – espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente, esta é a técnica instrumental ideal para estimar e quantificar elementos traço em matrizes alimentares;
- ICP-OES – espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente, esta técnica é usada para quantificar elementos que estão presentes em maior quantidade em matrizes alimentares;

Estes métodos destacam-se de outros por serem técnicas multielementares (deteção rápida e simultânea de vários elementos) e com elevada sensibilidade, refletida por baixos limites de deteção e quantificação.

Antes da análise instrumental é necessário um tratamento da amostra que assegure a sua solubilização e destruição completa da matéria orgânica presente, evitando interferências e bloqueios no sistema de introdução das amostras. Os métodos mais utilizados para esta etapa são a digestão húmida e a digestão assistida por micro-ondas (4).

O Se é um micronutriente essencial, tendo um papel essencial na ação antioxidante, protegendo o corpo contra o dano oxidativo. Este nutriente pode estar presente em diversas formas químicas, o que determina os seus efeitos biológicos. Pode ser encontrado nas suas espécies orgânicas, a selenocisteína e selenometionina, e espécies inorgânicas, o selenato e o selenito. No organismo humano o Se encontra-se maioritariamente incorporado em proteínas, principalmente através do aminoácido selenocisteína.

A dose de Se pode afetar diferentes funções biológicas associadas à imunidade, metabolismo energético, entre outras, que por sua vez podem conduzir ao aparecimento de algumas doenças por excesso de Se, como a Selenose, ou por deficiência de Se (Doença Kashin-Beck, doenças na tiroide) (6,7).

Um aporte adequado de Se pode conduzir a um melhor desempenho do sistema imunitário e a uma mais eficiente manutenção do equilíbrio redox, com implicações positivas por exemplo no tratamento e/ou prevenção do cancro ou no retardar do desenvolvimento de doenças do foro mental, como o Alzheimer, entre outras. O Se é também necessário para o sistema reprodutor (8,9).

Devido à proteína glutathiona peroxidase (GPx) e a muitas outras selenoproteínas, o Se é capaz de interagir com outros nutrientes que afetam o equilíbrio redox das células. Para além disso, o Se tem a capacidade de proteger determinados organismos contra a toxicidade provocada pelo mercúrio (10), cádmio, prata, chumbo e arsénio (11).

## **\_Objetivo**

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar o efeito da sazonalidade no teor de diversos micronutrientes na cavala. Sendo a cavala uma espécie predadora, o seu aporte nutricional poderá alterar, não só pelo seu desenvolvimento e biologia, como também pela dieta que tem disponível ao longo do tempo, sendo importante avaliar as diferenças que possam ocorrer.

## **\_Materiais e métodos**

As cavalas foram adquiridas em diversos estabelecimentos, de março de 2019 a fevereiro de 2020, e preparadas em 12 *pools* de 10 indivíduos, cada uma correspondendo a um mês de pesca.

O Se foi determinado por ICP-MS, e os restantes micronutrientes (Zn, Fe, Mg, Cu, K, P) por ICP-OES, após digestão ácida em bloco de grafite (Digiprep) (12).

Foi utilizada água ultrapura em todos os ensaios, produzida a partir de um sistema de purificação Milli-Q. Foram utilizados padrões e reagentes com grau analítico adequado para a determinação de elementos traço. Para garantir a qualidade dos resultados, por cada digestão foi analisada uma amostra e um branco tendo todas as amostras sido digeridas em triplicado. As curvas de calibração foram preparadas com cinco padrões de diferentes concentrações,



sendo aceites apenas curvas com um coeficiente de correlação superior a 0,9995. Para assegurar a exatidão dos resultados foram usadas amostras fortificadas e um material de referência certificado de músculo de peixe (ERM – BB422). Todas as análises realizadas cumprem os requisitos da norma ISO 17025:2017 (13).

De modo a completar o estudo e a se ter uma visão mais ampla na análise dos resultados, foi calculada a variabilidade que ocorreu em cada mês e a variabilidade do grupo de dados no elemento da seguinte forma, respetivamente:

$$\text{Variação entre meses (\%)} = \frac{\text{Mês B} - \text{Mês A}}{\text{Mês A}} \times 100$$

e

$$\text{Variação geral (\%)} = \text{Coeficiente de variação do grupo de dados}$$

A análise estatística foi realizada utilizando a análise de variância com um fator a vários níveis (One-way ANOVA) e o teste da menor diferença significativa (LSD) para um nível de significância igual a 5% ( $\alpha=0,05$ ). Foram também realizadas análises de correlação entre os diferentes elementos, utilizando o coeficiente de correlação de *Pearson*. Os dados foram considerados significativos para  $\rho < 0,05$  e  $\rho < 0,01$ . Para a identificação de possíveis *outliers* foram aplicados os métodos de Interquartil (gráfico de *Box-Plot*), *Grubbs* e do z-score conforme descrito na norma ISO 5725-2:2019. Todos os testes foram realizados com recurso ao software IBM SPSS Statistics, versão 25.

## Resultados

Na [tabela 1](#) apresentam-se os resultados obtidos para os elementos em estudo ao longo de 12 meses. O resultado da correlação de *Pearson* encontram-se na [tabela 2](#).

Tabela 1: Resultados dos micronutrientes nas cavalas portuguesas ao longo de um ano.

	Se (µg/Kg)	Zn (mg/100g)	Na (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)	P (mg/100g)
Mar/19	538,6 <sup>a,b</sup> ± 1,8	0,6430 <sup>a,b,g</sup> ± 0,0064	57,00 <sup>a</sup> ± 0,34	1,009 <sup>a,b</sup> ± 0,013	32,58 <sup>a,b</sup> ± 0,16	464,52 <sup>a</sup> ± 0,16	282,0 <sup>a</sup> ± 1,8
Abr/19	534 <sup>a,b</sup> ± 18	0,770 <sup>c,d</sup> ± 0,028	61,76 <sup>b</sup> ± 0,29	1,1048 <sup>c</sup> ± 0,0064	32,77 <sup>b</sup> ± 0,16	460,49 <sup>a</sup> ± 0,16	290,6 <sup>a</sup> ± 2,1
Mai/19	715 <sup>e</sup> ± 26	1,0600 <sup>i</sup> ± 0,0023	75,1 <sup>c</sup> ± 1,4	1,35 <sup>g</sup> ± 0,12	35,4 <sup>h</sup> ± 3,6	462,5 <sup>a</sup> ± 3,6	286 <sup>a</sup> ± 11
Jun/19	554 <sup>a</sup> ± 27	0,749 <sup>c,e</sup> ± 0,015	89,3 <sup>d</sup> ± 1,3	1,038 <sup>a</sup> ± 0,011	28,83 <sup>c</sup> ± 0,30	385,69 <sup>b,c</sup> ± 0,30	266,7 <sup>b</sup> ± 1,5
Jul/19	606 <sup>c</sup> ± 11	0,664 <sup>a,f,g</sup> ± 0,020	77,3 <sup>e</sup> ± 0,92	1,0366 <sup>a</sup> ± 0,0098	29,50 <sup>c,d</sup> ± 0,32	376,06 <sup>b</sup> ± 0,32	254,2 <sup>c,d</sup> ± 7,7
Ago/19	606 <sup>c</sup> ± 10	0,680 <sup>a,f</sup> ± 0,038	72,5 <sup>f</sup> ± 2,4	1,047 <sup>a,c</sup> ± 0,027	31,64 <sup>a,b,e</sup> ± 0,82	416,49 <sup>e</sup> ± 0,82	269,0 <sup>b</sup> ± 2,2
Set/19	536 <sup>a,b</sup> ± 21	0,728 <sup>c,h</sup> ± 0,024	80,34 <sup>g</sup> ± 0,12	0,9674 <sup>b,d</sup> ± 0,0058	28,56 <sup>c</sup> ± 0,20	361,85 <sup>f</sup> ± 0,20	245,0 <sup>d,e</sup> ± 5,9
Out/19	527,6 <sup>a,b</sup> ± 9,0	0,6440 <sup>a,b</sup> ± 0,0072	147,02 <sup>h</sup> ± 0,98	0,869 <sup>e</sup> ± 0,016	29,35 <sup>c,f</sup> ± 0,15	272,55 <sup>g</sup> ± 0,15	222,3 <sup>f</sup> ± 9,1
Nov/19	511 <sup>b</sup> ± 19	0,812 <sup>d</sup> ± 0,065	69,9 <sup>i</sup> ± 1,2	0,924 <sup>d,e</sup> ± 0,021	29,41 <sup>c,f</sup> ± 0,56	397,04 <sup>c,d</sup> ± 0,56	238,8 <sup>e</sup> ± 1,9
Dez/19	451 <sup>d</sup> ± 14	0,598 <sup>b</sup> ± 0,022	99,113 <sup>j</sup> ± 0,057	0,6245 <sup>f</sup> ± 0,0079	30,02 <sup>c,f,g</sup> ± 0,46	385,78 <sup>b,d</sup> ± 0,46	227,2 <sup>f</sup> ± 9,7
Jan/20	475 <sup>d</sup> ± 23	0,708 <sup>e,f,h</sup> ± 0,032	85,3 <sup>i</sup> ± 1,2	0,807 <sup>h</sup> ± 0,011	30,85 <sup>a,d,e,f</sup> ± 0,72	330,55 <sup>h</sup> ± 0,72	225,3 <sup>f</sup> ± 1,1
Fev/20	460,72 <sup>d</sup> ± 0,93	0,550 <sup>j</sup> ± 0,021	51,06 <sup>m</sup> ± 0,67	0,650 <sup>f</sup> ± 0,022	31,67 <sup>a,g</sup> ± 0,51	498,95 <sup>i</sup> ± 0,51	259,3 <sup>b,c</sup> ± 6,0

a,b,c Médias na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste LSD,  $\rho < 0,05$ .

Os resultados estão expressos em Médias ± Desvio padrão, n=3.

Outlier

Mínimo

Máximo



Tabela 2: ↓ Resultado da Correlação de Pearson.

	Se	Zn	Na	Fe	Mg	K	P
Se	1						
Zn	0,296	1					
Na	-0,076	0,136	1				
Fe	0,816**	0,615**	-0,117	1			
Mg	-0,069	-0,192	-0,388*	0,490**	1		
K	-0,063	-0,160	-0,770**	0,216	0,607**	1	
P	0,439*	0,142	-0,556**	0,683**	0,615***	0,764**	1

\*\* Correlação significativa  $\alpha=0,01$ .\* Correlação significativa  $\alpha=0,05$ .Correlação fraca ( $|0,3| > \rho < |0,5|$ )Correlação moderada ( $|0,5| > \rho < |0,7|$ )Correlação forte ( $|0,7| > \rho < |0,9|$ )

## \_Discussão

Pela análise da [tabela 1](#) e com auxílio do teste LSD existem alguns resultados que se destacam dos restantes. Foi feita uma identificação e verificação de valores suspeitos, aberrantes ou anómalos pelos três testes acima mencionados. Os gráficos de *Box-plot* (não incluídos) identificaram três *outliers*, que se encontram assinalados a vermelho na [tabela 1](#). Para confirmar e apoiar estes resultados foram executados outros testes nomeadamente o método do z-score e o teste de *Grubbs*. À semelhança dos resultados obtidos com os gráficos *Box-plot*, o teste de *Grubbs* identifica como resultados aberrantes os obtidos no mês de outubro para o elemento Na, e no mês de maio para o elemento Zn. Por outro lado, identifica os valores de Se e Fe do mês de maio como suspeitos. Já o método do z-score identifica como *outliers* apenas os valores do mês de maio para o Zn e do mês de outubro para o Na ( $z\text{-scores} \geq |2,5|$ ).

Os resultados apresentados na [tabela 1](#) mostram variações estatisticamente significativas do conteúdo de Se entre os diferentes meses, variando este de 451  $\mu\text{g/Kg}$  a 606  $\mu\text{g/Kg}$ ,

com uma média de aproximadamente 527  $\mu\text{g/Kg}$ . Cabral *et al.* mostraram que a dieta da cavala consiste principalmente em zooplâncton (rico em Se e vitaminas) na primavera e verão, peixes e decápodes no outono e larvas de decápodes no inverno <sup>(14)</sup>. Martins *et al.* referiram que na costa continental portuguesa a época de desova da cavala espanhola decorre entre fevereiro e maio <sup>(15,16)</sup>. Como tal, as variações entre meses e o facto do conteúdo em Se respeitante ao mês de maio ter sido considerado *outlier* poder-se-ão dever a efeitos de sazonalidade relacionados com diferenças na alimentação dos peixes e com a época da desova. É assim fundamental prolongar o estudo permitindo continuar a avaliar o conteúdo do Se em cavalas portuguesas ao longo do tempo.

O Zn apresenta uma tendência idêntica e moderadamente correlacionável com o Fe ao longo dos meses conforme se pode verificar pela correlação de *Pearson* na [tabela 2](#). Tal como para o caso do Se, o valor de Zn obtido para o mês de maio foi identificado como um *outlier*. Verifica-se para o Zn uma variabilidade média ao longo do ano (11,2%) face à variabilidade alta do Fe (20,9%). Estas variabilidades são devidas ao decréscimo acentuado do mês de novembro para



dezembro, com uma variação de 26,3% no Zn e 32,4% no caso do Fe. O Fe apresenta uma correlação fortemente positiva com o Se ( $\rho=0,816$ ,  $\alpha=0,01$ ), [tabela 2](#).

O Na é o segundo elemento com maior variabilidade (19,1%) ao longo do ano, não tendo sido encontradas semelhanças entre recolhas pelo teste LSD,  $p<0,05$ . A correlação entre este elemento e o K é evidenciada não só na literatura científica (17), mas também pela correlação de *Pearson* fortemente negativa ( $\rho=-0,770$ ,  $\alpha=0,01$ ). O K também apresenta uma variação média ao longo do ano (16%), com um valor máximo em fevereiro e mínimo em outubro. Este elemento também é fortemente correlacionado com o P ( $\rho=-0,764$ ,  $\alpha=0,01$ ).

O P apresenta uma variação de aproximadamente 9,49% ao longo do ano, destacando-se um aumento de 15,1% de janeiro para fevereiro. abril foi o mês com um teor de P mais abundante e outubro o menor.

No que respeita ao Mg, este elemento apresenta correlações significativas segundo a correlação de *Pearson*, apresentada na [tabela 2](#), com o Na, Fe, P e K. As correlações com o Na e o Fe são correlações fracas e com o P e K são correlações moderadas. Este é o elemento que apresenta uma variação mensal menor (6,54%), tendo-se verificado a maior diferença de maio para junho onde se obteve um decréscimo de 18,6%. O mês de maio não apresentou semelhanças, segundo o teste LSD, com nenhum dos restantes meses,  $p<0,05$ .

## **\_Conclusões**

A variabilidade entre o teor de Se (e restantes minerais) nos vários meses poderá estar relacionada com os hábitos alimentares da cavala e o alto valor encontrado no mês de maio poderá estar ainda correlacionado com a época de desova.

Relativamente aos restantes minerais, o K foi o elemento mais abundante com um teor a variar entre os 273 mg/100g e os 499 mg/100g. A ordem de concentração dos outros elementos estudados ficou estabelecida como  $P > Na > Mg > Fe > Zn$ .

Foram encontradas no total 11 correlações entre elementos, destacando-se 5 correlações moderadas e 3 fortes. A correlação mais forte encontrada foi entre o Se e o Fe ( $\rho=0,816$ ).

Os testes estatísticos foram fundamentais para interpretação destes resultados, tendo ajudado a perceber que são necessários mais estudos para confirmar estas conclusões preliminares, nomeadamente estudar o conteúdo de Se e dos restantes nutrientes mensalmente durante vários anos.

## **Financiamento:**

Os autores agradecem o apoio financeiro do Projeto NewFood4 Thought – PTDC/ASP-PLA/28350/2017.

## **Referências bibliográficas:**

- (1) Ferreira I, Gomes-Bispo A, Lourenço H, et al.. The chemical composition and lipid profile of the chub mackerel (*Scomber colias*) show a strong seasonal dependence: Contribution to a nutritional evaluation. *Biochimie*. 2020 Nov;178:181-189. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.09.022>
- (2) Raimundo J, Vale C, Caetano M, et al. Natural trace element enrichment in fishes from a volcanic and tectonically active region (Azores archipelago). *Deep Res. Part II Top Stud Oceanogr*. 2013 Dec 15;98(Part A):137-47. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.02.009>
- (3) Ferreira FAG. *Nutrição Humana*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983.
- (4) Castanheira I, Saraiva M, Rego A, et al. EuroFIR guidelines for assessment of methods of analysis: GAMA. *Food Chem*. 2016 Feb 15;193:82-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.104>
- (5) Nardi EP, Evangelista FS, Tormen L, et al. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem*. 2009;112(3):727-32. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.010>
- (6) Chen N, Zhao C, Zhang T. Selenium transformation and selenium-rich foods. *Food Biosci*. 2021 Apr;40:100875. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100875>
- (7) Yao Y, Pei F, Kang P. Selenium, iodine, and the relation with Kashin-Beck disease. *Nutrition*. 2011 Nov-Dec;27(11-12):1095-100. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.03.002>
- (8) British Nutrition Foundation. Minerals and trace elements [online]. [consult. 2021-3-25]. Disponível em: <https://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/nutrients-food-and-ingredients/minerals-and-trace-elements.html>
- (9) Şlencu B, Ciobanu C, Cuciureanu R. Selenium content in foodstuffs and its nutritional requirement for humans. *Clujul Med*. 2012;85(2):139-45. <https://medpharmareports.com/index.php/mp/article/download/206/173>
- (10) Raymond LJ, Ralston NVC. Mercury: selenium interactions and health implications. *Neurotoxicology*. 2020 Dec;81(1):294-99. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.09.020>
- (11) Rahman MM, Hossain KFB, Banik S, et al. Selenium and zinc protections against metal-(loids)-induced toxicity and disease manifestations: A review. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2019 Jan 30;168:146-163. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.05>
- (12) Coelho I, Matos AS, Teixeira R, et al. Combining multielement analysis and chemometrics to trace the geographical origin of Rocha pear." *J Food Compos Anal*. 2019 Apr;77:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.12.005>



- (13) NP EN ISO/IEC 17025:2018. Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração; (ISO/IEC 17025:2017)
- (14) Cabral HN, Murta AG. The diet of blue whiting, hake, horse mackerel and mackerel off Portugal. *J Appl Ichthyol.* 2002 Feb;18(1):14–23. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2002.00297.x>
- (15) Martins MM. Growth variability in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) and Spanish mackerel (*Scomber japonicus*) off Portugal. *ICES J Mar Sci.* 2007;64(9):1785–90. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm163>
- (16) Daley TT. Growth and Reproduction of Atlantic Chub Mackerel (*Scomber colias*) in the Northwest Atlantic. Master's Theses 364, University of Southern Mississippi, 2018. [https://aquila.usm.edu/masters\\_theses/364](https://aquila.usm.edu/masters_theses/364)
- (17) Morris RC Jr, Schmidlin O, Frassetto LA, et al. Relationship and interaction between sodium and potassium. *J Am Coll Nutr.* 2006 Jun;25(3 Suppl):262S-270S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.107195761577364>