



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Brasil

Teixeira Favaro, Deborah Inês; Saitta Chioccola, Gabriella; Taddei, Maria Helena; Bortoli, Maritsa; Paci Mazzilli, Barbara; Franciscato Cozzolino, Silvia Maria
Caracterização química e radiológica de refeições servidas pelo COSEAS/USP-SP
Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 29, núm. 1, enero-marzo, 2009, pp. 189-194
Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940091029>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Caracterização química e radiológica de refeições servidas pelo COSEAS/USP-SP

Chemical and radiological characterization of meals served by the COSEAS (USP-SP)

Deborah Inês Teixeira FAVARO^{1*}, Gabriella Saitta CHIOCCOLA², Maria Helena TADDEI³, Maritsa BORTOLI², Barbara Paci MAZZILLI⁴, Silvia Maria Franciscato COZZOLINO²

Resumo

O presente estudo apresenta resultados de análise química de refeições (almoço) oferecidas pelo restaurante do COSEAS (USP), por cinco dias não consecutivos. Essas refeições foram coletadas em triplicata, da mesma forma como oferecida para os usuários, sendo, a seguir, liofilizadas para as análises posteriores. No total, 15 amostras foram coletadas. A análise química de composição centesimal foi realizada segundo as técnicas padronizadas pela AOAC. O conteúdo de alguns elementos minerais (Ca, Fe, K, Na, Se e Zn) foi determinado por análise por ativação neutrônica instrumental. A validação da metodologia foi feita por meio da análise dos materiais de referência. A partir dos dados de concentração, calcularam-se os valores de ingestão de cada nutriente correspondente a esta refeição (40% da ingestão diária total), que foram avaliadas segundo as novas recomendações de nutrientes (Dietary Reference Intakes - DRIs) do National Research Council (USA), considerando a população de mulheres no estágio de vida de 19 a 30 anos. Comparando-se os valores médios encontrados com os valores recomendados, concluiu-se que: para os macronutrientes e os micronutrientes, Fe, Se e Zn, as recomendações foram atingidas; para Ca e K foram deficientes; e para Na excedeu o valor recomendado. Os radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs e ^{131}I foram determinados, nas amostras de dieta, por espectrometria gama; ^{90}Sr por cintilação em meio líquido; e ^{210}Po , ^{234}U , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{228}Th , ^{230}Th e ^{232}Th por espectrometria alfa. Verificou-se, a partir dos resultados obtidos, que todos os radionuclídeos analisados se encontram muito abaixo dos limites estabelecidos pela FAO.

Palavras-chave: ingestão diária; macronutrientes; micronutrientes; DRIs; radionuclídeos; dietas.

Abstract

This study presents the results obtained for the chemical and radiological analyses of lunch meals served in the cafeteria at the University of São Paulo-USP (COSEAS restaurant) in Brazil, on 5 non-consecutive days. On each of the five days, the meals were collected in triplicate and then freeze-dried for analysis totalizing 15 samples. The determination of the proximate composition complied with the AOAC standardized methodologies. The content of Ca, Fe, K, Na, Se, and Zn was determined by instrumental neutron activation analysis and the method validation was performed by certified reference materials analyses. Based on the concentration data, the daily intake of each mineral was calculated (corresponding to 40% of the total daily intake) and compared to the new recommendations set by the National Research Council (USA) considering the 19-30 year-old women range group. Comparing the average values obtained in this study with the recommended values, it was possible to verify that for macronutrients and the micronutrients Fe, Se, and Zn the recommendations were followed; for Ca and K they were deficient and exceeded the recommendation value for Na. The radionuclides ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs , and ^{131}I were determined by gamma spectrometry; ^{90}Sr by liquid scintillation and ^{210}Po , ^{234}U , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{228}Th , ^{230}Th , and ^{232}Th by alpha spectrometry. All radionuclides are present in concentrations below the limits set by the Food and Agriculture Organization (FAO).

Keywords: daily intake; macronutrients; micronutrients; DRI; radionuclides; diets.

1 Introdução

Os avanços nas técnicas analíticas com relação à determinação de elementos traço têm levado a uma revisão dos muitos dados publicados para estes elementos em alimentos e fluidos corpóreos (WHO, 1996; MAIHARA, 1996). A determinação da ingestão de minerais traço é importante não somente para avaliar o estado nutricional, mas também para estimar parâmetros metabólicos de captação e deposição de radionuclídeos tais como ^{137}Cs , ^{131}I , ^{90}Sr , ^{232}Th e ^{238}U no corpo humano (CHO et al., 2001; IYENGAR et al., 2004).

Medidas de radionuclídeos que ocorrem naturalmente no meio ambiente podem ser usadas não somente como referên-

cia, quando são avaliados lançamentos de rotina de instalações nucleares ou exposição à radiação acidental, mas também como nível de base para avaliar o impacto causado por atividades não nucleares, tal como avaliação de impacto radiológico de fertilizantes fosfatados usados na agricultura. Estima-se que o uso desses fertilizantes tem pelo menos dobrado a exposição prolongada de seres humanos a partir da ingestão de alimentos, devido ao aumento de até uma ordem de magnitude ou mais, nos níveis de concentração de radionuclídeos em alimentos (ICRP, 1999). Dessa forma, mais dados referentes aos radionuclídeos de vida longa que ocorrem naturalmente têm sido obtidos em países do

Recebido para publicação em 30/8/2007

Aceito para publicação em 28/10/2008 (002810)

¹ Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica – LAN, Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares – IPEN, Centro do Reator de Pesquisas – CRPQ, Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN-SP, Av. Lineu Prestes 2242, CEP 05508-000, São Paulo - SP, Brasil, E-mail: defavaro@ipen.br

² Laboratório de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo – USP

³ Coordenação do Laboratório de Poços de Caldas – COLAB, Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN

⁴ Divisão de Radiometria Ambiental, Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares – IPEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN-SP

*A quem a correspondência deve ser enviada

hemisfério norte, porém com poucos dados de concentração e ingestão diária de países de clima tropical em áreas de radiação de fundo normais (SANTOS et al., 2002).

Estudos de dieta são conduzidos por diversos centros de pesquisa, para diferentes grupos de população, com o objetivo de estimar a ingestão de elementos essenciais e tóxicos, verificar as interações entre os elementos e definir uma dieta que seja representativa para aquele determinado grupo (CHO et al., 2001; SHIRAISHI, 2005). Vários métodos de avaliação dietética têm sido utilizados pelos pesquisadores, como o método da dieta total; estudos seletivos de alimentos individuais e estudos da porção em duplicata, em que a dieta é composta a partir da duplicata de todos os alimentos e bebidas consumidos durante o período de estudo (MAIHARA, 1996; WHO, 1996).

No Brasil, poucos são os dados disponíveis de dietas e alimentos em geral em relação ao teor de elementos minerais, tóxicos e radionuclídeos (CUNHA et al., 2001; MALANCA et al., 2000; SANTOS et al., 2002). O Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica (LAN) do IPEN/CNEN-SP, em colaboração com o Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da FCF-USP, vem desenvolvendo, nos últimos anos, pesquisa nessa área utilizando a técnica de ativação neutrônica para a quantificação desses elementos (MAIHARA, 1996; FAVARO et al., 2000; CUNHA et al., 2001; FARIAS et al., 2006; KIRA; MAIHARA, 2007).

A técnica de ativação neutrônica (AAN) tem sido largamente utilizada na análise de alimentos e dietas, devido às suas características de alta precisão, exatidão e sensibilidade, além de ser uma técnica multielementar (PARR, 2000; IYENGAR et al., 2004).

Dando continuidade a essa linha de pesquisa, o presente trabalho apresenta os resultados de análise química de refeições (almoços) oferecidas pelo restaurante do COSEAS/USP-SP, em cinco dias não consecutivos. O conteúdo dos elementos minerais Ca, Fe, K, Na, Se e Zn foram determinados por análise por ativação neutrônica instrumental e a composição centesimal segundo a AOAC (1995). Os radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs e ^{131}I foram determinados por espectrometria gama; ^{90}Sr por cintilação em meio líquido; e ^{210}Po , ^{234}U , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{228}Th , ^{230}Th e ^{232}Th por espectrometria alfa.

O objetivo do presente estudo foi verificar a adequação em macronutrientes e alguns micronutrientes (Ca, Fe, K, Na, Se e Zn) em refeição (almoço) oferecida pelo restaurante COSEAS/USP-SP de acordo com as recomendações de nutrientes (Dietary Reference Intakes - DRIs) do National Research Council (USA). Além disso, o presente estudo também veio contribuir com dados de concentração para alguns radionuclídeos de interesse, uma vez que a literatura nacional é bastante escassa para alimentos e/ou dietas.

2 Material e métodos

2.1 Coleta e preparo das dietas

As refeições foram coletadas por estudantes do laboratório de Nutrição da FCF-USP, da mesma forma como é oferecida para os usuários do restaurante, isto é, passando com a bandeja pela fila de distribuição normal, sendo os porcionamentos determinados pelos funcionários (copeiros) do local. Portanto,

a porção da dieta analisada foi a porção servida. Como as estudantes que coletaram as porções eram do sexo feminino, todos os cálculos foram realizados considerando-se os valores recomendados para mulheres, no estágio de vida de 19 a 30 anos. No total, 15 amostras foram coletadas, sendo três refeições para cada dia (subamostras A, B e C). Para o preparo das amostras, as refeições foram pesadas, homogeneizadas em multiprocessador e, em seguida, liofilizadas, determinando-se assim a umidade.

Para o delineamento do experimento e das coletas das amostras de dietas, todo o processo ético foi seguido segundo as declarações de Helsinki, ou seja, todas as voluntárias tinham conhecimento dos procedimentos da pesquisa e poderiam deixar de participar em qualquer momento se assim o quisessem.

2.2 Determinação da composição centesimal

Os teores de proteínas foram determinados pelo método de micro-Kjeldahl, lipídios (fração extrato etéreo), cinzas (gravimétrico em mufla a 550 °C) e a fração Nifext, incluindo a fração fibras, foram calculados por diferença, segundo metodologia da AOAC (1995).

2.3 Análise por ativação neutrônica (AAN)

No presente trabalho, utilizou-se o método de AAN comparativo, segundo o qual amostras e padrões contendo quantidades conhecidas dos elementos de interesse são irradiados simultaneamente, sob um fluxo de nêutrons, ocorrendo a formação de isótopos radioativos por meio de reações nucleares. Uma vez que cada isótopo produzido no processo de ativação possui características de emissão próprias (meia vida e energia das partículas ou radiação gama emitidas) é possível efetuar determinações quantitativas da concentração por comparação com padrões.

2.4 Análise por ativação neutrônica instrumental (AANI)

Preparação dos padrões sintéticos

Os padrões sintéticos dos elementos analisados foram preparados a partir de soluções padrão da marca SPEX CERTIPREP (USA), diluídas a concentrações apropriadas.

Preparação de amostras e padrões para irradiação

Cerca de 200 mg de amostras (duplicata) e materiais de referência do National Institute of Standards and Technology (NIST, USA) Oyster Tissue (SRM 1566^b), Peach Leaves (SRM 1547) e Orchard Leaves (SRM 1541) e os padrões sintéticos dos elementos de interesse, foram irradiados conjuntamente. As amostras e padrões foram irradiados durante 8 horas, sob um fluxo de nêutrons térmicos de $10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, no reator de pesquisa IEA-R1 do IPEN/CNEN-SP.

Medidas da atividade gama induzida

A primeira medida foi realizada após um tempo de decaimento de 5 a 7 dias, por aproximadamente 90 minutos para amostras e materiais de referência, e de 15 a 30 minutos para os padrões sintéticos. A segunda medida foi realizada após um

tempo de decaimento de 15 a 20 dias, com um tempo de contagem de 15 horas para as amostras e materiais de referência e de cerca de 30 minutos, para os padrões sintéticos.

As medidas da radiação gama emitida pelos radioisótopos produzidos na irradiação das amostras e padrões foram feitas num espectrômetro gama, constituído de detector de Ge hiperpuro, modelo 20190 POP TOP da EG&G ORTEC, com resolução de 1,9 keV para o pico de 1332,49 keV do ^{60}Co , acoplado a uma placa ACE 8K da EG&G ORTEC e eletrônica associada e a microcomputadores para aquisição e análise dos dados.

Para o processamento dos espectros, utilizou-se o programa de computação VISPECT2, em linguagem TURBOBASIC, desenvolvido pelo Dr. D. Piccot, Saclay, França.

2.5 Validação da metodologia

A precisão e a exatidão do método de AAN foram verificadas por meio da análise dos materiais de referência Oyster Tissue (NIST SRM 1566^b), Orchard Leaves (NIST SRM 1541) e Peach Leaves (NIST SRM 1547), que possuem valores certificados de concentração para os elementos analisados.

2.6 Determinação dos radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{90}Sr , ^{210}Po , ^{234}U , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{228}Th , ^{230}Th e ^{232}Th

As amostras secas foram acondicionadas em potes de acrílico e a espectrometria gama foi utilizada com calibração de eficiência em geometria idêntica das amostras. O detector utilizado foi da CANBERRA HPGe de eficiência relativa de 45% e software Genie 2000 de análise espectral. Os fotopicos utilizados nas determinações foram 1460,8 keV para ^{40}K , 1173,22 e 1332,49 keV para ^{60}Co , 661,65 keV para ^{137}Cs e 364,48 keV, para ^{131}I .

Para a determinação de ^{90}Sr , foi utilizado o método desenvolvido por Moreno et al. (1997), no qual a separação e a purificação foram feitas através da extração cromatográfica, usando-se resina Sr-Spec fornecida pela Eichron. O ^{90}Sr foi coprecipitado usando-se o carreador de Sr estável, e o filtro com o precipitado foi dissolvido e quantificado por cintilação em meio líquido, através do método de dupla janela de energia. Para a determinação de ^{210}Po , após a dissolução da amostra, sua purificação foi feita também através da extração cromatográfica usando-se a mesma resina utilizada para Sr, seguida de deposição espontânea sobre plaquetas de prata em meio redutor.

Os isótopos de urânio e tório foram separados e purificados usando-se extração cromatográfica com resina UTEVA também da Eichron, seguida de purificação do tório com resina aniônica. As frações purificadas foram eletrodepositadas em plaquetas de prata sob corrente contínua de 1,2 Ampere. A espectrometria alfa foi realizada em detectores semicondutores de barreira de superfície modelo Alpha Analyst da Canberra.

3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados de composição centesimal e recomendações de ingestão alimentar para mulheres com idade entre 19 e 30 anos, segundo IOM (2005), obtidos para as dietas analisadas no presente trabalho. As necessidades de ingestão alimentar foram avaliadas de acordo com as DRI's (Dietary Reference Intakes), que propõe uma ingestão calórica de 2436 kcal para mulheres nesse estágio de vida. A distribuição dos macronutrientes foi de 10 a 35% de proteínas, 20 a 35% de lipídios e 45 a 65% de carboidratos, que foram calculados proporcionalmente para uma refeição que corresponde à ingestão de 40% do VET (Valor Energético Total), ou seja, 974,4 kcal para mulheres entre 19 e 30 anos (IOM, 2005).

Tabela 1. Resultados das análises de composição centesimal (g) das refeições do restaurante central COSEAS-USP e recomendações (IOM, 2005).

| Refeições | Lipídios (g) (na refeição) | Proteínas (g) (na refeição) | Carboidratos (g) + fibras (na refeição) | Total (kcal) (na refeição) |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| 1A | 36,58 | 32,25 | 140,30 | 1018,25 |
| 1B | 35,10 | 31,88 | 120,30 | 924,62 |
| 1C | 41,05 | 37,32 | 149,31 | 1115,97 |
| 2A | 39,17 | 60,06 | 197,64 | 1383,33 |
| 2B | 38,44 | 54,98 | 162,22 | 1214,76 |
| 2C | 35,17 | 43,41 | 169,84 | 1169,53 |
| 3A | 32,68 | 49,16 | 160,00 | 1130,76 |
| 3B | 30,33 | 41,03 | 158,57 | 1071,37 |
| 3C | 29,04 | 33,50 | 168,81 | 1070,60 |
| 4A | 39,64 | 43,27 | 190,06 | 1290,08 |
| 4B | 41,31 | 38,27 | 168,47 | 1198,75 |
| 4C | 49,98 | 60,08 | 202,48 | 1500,06 |
| 5A | 21,91 | 51,06 | 143,53 | 975,55 |
| 5B | 25,00 | 47,96 | 139,44 | 974,60 |
| 5C | 28,15 | 58,38 | 141,61 | 1053,31 |
| Média | 34,9 ± 7,2 | 45,5 ± 9,9 | 161 ± 23 | 1139 ± 159 |
| Recomendações (40% VET) | 21,7 a 37,9 g | 24,4 a 85,3 g | 109,6 a 158,3 g | 974,4 kcal |

VET = valor energético total.

Os resultados foram expressos em gramas e, como podemos verificar na Tabela 1, as refeições servidas pelo restaurante do COSEAS atenderam às necessidades de macronutrientes e energia para o grupo de mulheres estudado. Considerando-se que o restaurante propõe oferecer 1100 kcal no almoço, ou seja, 40% das recomendações diárias de nutrientes, visando atingir um grupo mais amplo de estudantes em diferentes estágios de vida e gêneros (masculino e feminino), pode-se concluir que, do ponto de vista de macronutrientes e energia, os resultados obtidos também atingiram as recomendações propostas pelo COSEAS, pois o valor médio de kcal encontrado nas refeições analisadas foi 1139 ± 159 kcal, conforme pode ser visto pelos dados apresentados na Tabela 1.

Os micronutrientes foram determinados pela técnica de ativação neutrônica instrumental (AANI). Para controle de qualidade dos resultados obtidos pela técnica de AANI, tem sido bastante utilizado o critério de Z-score (BODE, 1996). As melhores estimativas do valor verdadeiro para cada elemento analisado são obtidas a partir da informação disponível nos padrões primários (padrões pipetados) ou a partir das concentrações dos elementos certificados nos Materiais de Referência (MR). O cálculo da diferença padronizada ou valor de Z de um resultado analítico é dado por (Equação 1):

$$Z_i = C_i - C_{\text{ref},i} / (\sigma_i^2 + \sigma_{\text{ref},i}^2)^{1/2} \quad (1)$$

onde: C_i = concentração do elemento i na análise do MR; $C_{\text{ref},i}$ = valor certificado de concentração ou de consenso para o elemento i; σ_i = incerteza da concentração do elemento i na análise do MR; $\sigma_{\text{ref},i}$ = incerteza do valor de consenso certificado para o elemento i.

A definição da diferença padronizada está em conformidade com o uso do critério de Z em testes de proficiência.

Esse critério é uma aproximação aceita para estabelecer se o resultado encontra os limites de controle previamente definidos pelo laboratório. No caso da técnica de AANI, o uso do valor de Z para aprovação dos resultados considera que se $|Z| < 2$ tem-se que o resultado individual da amostra controle, no nosso caso o material de referência que está sendo analisado, deve estar dentro de 99% do intervalo de confiança do valor esperado.

Observa-se, pela Figura 1, que os resultados obtidos nas análises dos materiais de referência se encontram dentro do critério de $|Z| < 2$, indicando uma boa precisão e exatidão dos resultados analíticos.

Os valores médios de concentração e os intervalos de concentração encontrados para os micronutrientes nas refeições analisadas foram: Ca 810 mg kg^{-1} ($464\text{--}1192 \text{ mg kg}^{-1}$); Fe 31 mg kg^{-1} ($11\text{--}66 \text{ mg kg}^{-1}$); K 5911 mg kg^{-1} ($4216\text{--}9444 \text{ mg kg}^{-1}$); Na 8020 mg kg^{-1} ($5851\text{--}9846 \text{ mg kg}^{-1}$); Se $96 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ($66\text{--}161 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$); e Zn $23,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ($15,6 \text{ a } 36,6 \text{ mg kg}^{-1}$).

Não foi possível a determinação de Se na maioria das refeições, provavelmente devido às concentrações estarem próximas do limite de determinação (LQ) do método de ativação neutrônica de $20 \text{ } \mu\text{g Se kg}^{-1}$. Nas refeições 4B e 4C, também não foi possível a determinação do Ca, devido, provavelmente, às concentrações estarem próximas do LQ da técnica de $100 \text{ mg Ca kg}^{-1}$.

A partir dos valores de concentração e dos valores de cada refeição em peso seco, foram calculados os valores de micronutrientes por refeição servida no restaurante central do COSEAS/USP (Tabela 2). Comparando-se os valores médios encontrados nas refeições oferecidas com as recomendações, 40% do valor de RDA para cada micronutriente, observou-se

Tabela 2. Valores de micronutrientes oferecidos nas refeições servidas no COSEAS-USP e valores de RDA (IOM, 1997, 2000, 2004).

| Refeições | Peso seco (g) | Ca (mg) | Fe (mg) | K (mg) | Na (mg) | Zn (mg) | Se (μg) |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| 1A | 217,9 | 129 | 4,7 | 1117 | 1893 | 4,2 | n.d. |
| 1B | 195,1 | 123 | 3,7 | 982 | 1820 | 3,9 | 31 |
| 1C | 237,3 | 156 | 5,7 | 1253 | 2336 | 5,2 | n.d. |
| 2A | 308,2 | 202 | 8,3 | 1449 | 2476 | 6,9 | n.d. |
| 2B | 265,5 | 203 | 6,2 | 1286 | 1868 | 5,6 | 30 |
| 2C | 257,5 | 240 | 10,8 | 1230 | 1696 | 4,2 | n.d. |
| 3A | 251,6 | 203 | 7,5 | 1778 | 1472 | 8,2 | n.d. |
| 3B | 239,4 | 230 | 15,8 | 1744 | 1645 | 7,3 | n.d. |
| 3C | 240,4 | 111 | 8,1 | 1556 | 1489 | 5,1 | n.d. |
| 4A | 283,0 | 244 | 9,4 | 1193 | 2147 | 4,4 | n.d. |
| 4B | 257,6 | n.d. | 2,9 | 1234 | 2055 | 4,0 | n.d. |
| 4C | 322,7 | n.d. | 12,6 | 1394 | 2677 | 6,6 | n.d. |
| 5A | 225,9 | 201 | 7,8 | 2097 | 2129 | 8,3 | n.d. |
| 5B | 221,5 | 264 | 7,3 | 2092 | 1954 | 6,3 | n.d. |
| 5C | 238,4 | 269 | 6,8 | 1431 | 2334 | 7,7 | n.d. |
| Média | | 198 ± 99 | $7,8 \pm 1,5$ | 1456 ± 222 | 1999 ± 312 | $5,9 \pm 2,5$ | 24 ± 7 |
| Recomendações (40% RDA) | | 400 | 7,2 | 1880 | 600 | 3,2 | 22 |
| RDA | | 1000 | 18,0 | 4700 | 1500 | 8,0 | 55 |

n.d. = não determinado.

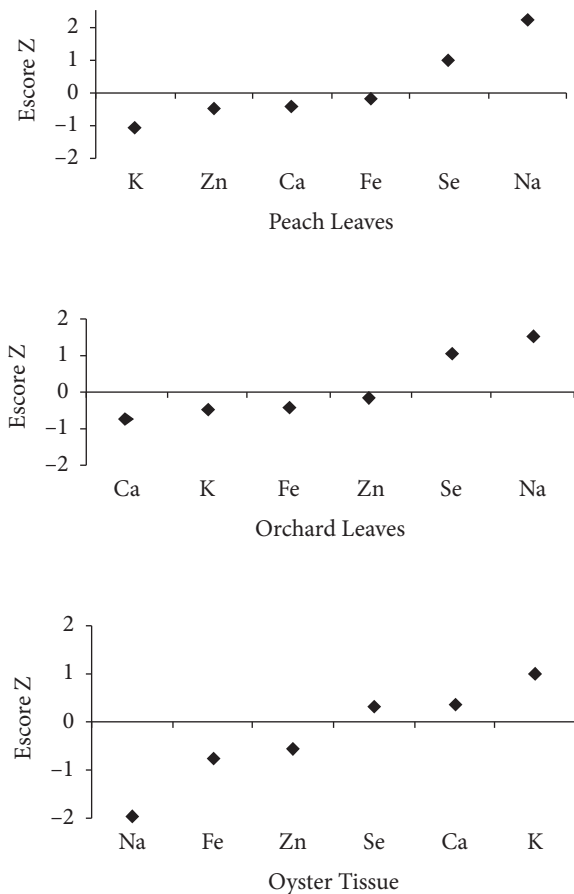


Figura 1. Valores de Z encontrados nas análises dos materiais de referência.

que, para Ca e K, os valores não atingiram as recomendações de 400 e 1880 mg, respectivamente. Para o Na, o valor médio excedeu a recomendação de 600 mg. Para Fe, Zn e Se, os valores médios encontrados atingiram as necessidades recomendadas (7,2 mg, 3,2 mg e 22 µg, respectivamente) (IOM, 1997, 2000, 2004).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nas determinações dos radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{90}Sr , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{230}Th , ^{228}Th e ^{232}Th nas amostras de dietas do COSEAS. Os radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{131}I foram analisados em todas as amostras de dietas. Os demais radionuclídeos (^{90}Sr , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{230}Th , ^{228}Th e ^{232}Th) foram analisados somente em uma amostra representativa de cada dia.

Os resultados de todos os elementos radioativos analisados estão muito abaixo dos limites estabelecidos pela FAO (RANDELL, 1991) (Tabela 3). Verifica-se, entretanto, um ligeiro aumento de ^{228}Th em relação ao ^{232}Th , apesar de serem idênticos do ponto de vista químico e pertencerem à mesma série radioativa. Como o tório é um produto de decaimento do ^{228}Ra , a possibilidade de ele ocorrer em níveis mais elevados que o seu predecessor ^{232}Th pode ser decorrente da presença de ^{228}Ra e subsequente decaimento para o ^{228}Th . Esse fato foi comprovado empiricamente em estudo de transferência de radionuclídeos solo/planta com culturas em solo de fosfatos, descrito na publicação número 05-015-038 de março de 1986 do Florida Institute of Phosphate Research (FIRP, 1986).

4 Conclusões

Considerando-se que a refeição do COSEAS (almoço) é padronizada para oferecer 40% das recomendações diárias de nutrientes (1100 kcal), pode-se concluir que, do ponto de vista

Tabela 3. Resultados em Bq kg^{-1} das determinações dos radionuclídeos ^{40}K , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{90}Sr , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{230}Th , ^{228}Th e ^{232}Th nas amostras de dietas do COSEAS.

| Amostra | ^{40}K | ^{60}Co | ^{137}Cs | ^{131}I | ^{90}Sr | ^{210}Po | ^{234}U | ^{235}U | ^{238}U | ^{228}Th | ^{230}Th | ^{232}Th |
|------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1A | 170 ± 40 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 1B | 160 ± 38 | <5 | <5 | <1 | <10 | <0,08 | <0,12 | <0,078 | <0,14 | $1,57 \pm 0,09$ | $0,19 \pm 0,06$ | $0,15 \pm 0,03$ |
| 1C | 180 ± 40 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 2A | 160 ± 35 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 2B | 170 ± 30 | <5 | <5 | <1 | <10 | | <0,084 | $0,064 \pm 0,02$ | <0,10 | $1,48 \pm 0,08$ | <0,060 | $0,060 \pm 0,03$ |
| 2C | 140 ± 30 | <5 | <5 | <1 | <10 | $1,19 \pm 0,06$ | | | | | | |
| 3A | 250 ± 40 | <5 | <5 | <1 | <10 | $0,24 \pm 0,07$ | <0,10 | <0,066 | <0,12 | $1,65 \pm 0,08$ | <0,060 | $0,062 \pm 0,03$ |
| 3B | 220 ± 35 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 3C | 230 ± 40 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 4A | 170 ± 30 | <5 | <5 | <1 | <10 | $0,016 \pm 0,005$ | | | | | | |
| 4B | 160 ± 30 | <5 | <5 | <1 | <10 | | | | | | | |
| 4C | 100 ± 25 | <5 | <5 | <1 | <10 | | <0,12 | <0,075 | <0,14 | $0,49 \pm 0,04$ | <0,060 | <0,032 |
| 5A | 175 ± 30 | <5 | <5 | <1 | <10 | <0,01 | | | | | | |
| 5B | 208 ± 40 | <5 | <5 | <1 | | | | | | | | |
| 5C | 160 ± 40 | <5 | <5 | <1 | | | <0,10 | <0,060 | <0,12 | $0,64 \pm 0,05$ | <0,060 | <0,033 |
| Limites (RANDELL,1991) | | | 100 | 100 | 100 | | | | | | | |

de macronutrientes e energia, os resultados obtidos atingiram as recomendações para a população de mulheres no estágio de vida de 19 a 30 anos. Para os micronutrientes Fe, Se e Zn, as recomendações foram atingidas; para Ca e K, foram insuficientes; e para o Na, excedeu o valor recomendado. Em geral, pode-se concluir que as refeições oferecidas atingiram as recomendações de macronutrientes e para a maioria dos micronutrientes analisados.

Os radionuclídeos encontrados nas dietas provêm das séries naturais, indicando, provavelmente, uma transferência solo-planta via fertilizante. Os valores encontrados dos radionuclídeos artificiais, como indicado na Tabela 3, estão muito abaixo dos níveis de ação estabelecidos pela FAO (RANDELL, 1991) e pela OMS (WHO, 1988). Considera-se de grande importância a contribuição desses dados em amostras de dietas, uma vez que a literatura nacional é escassa.

Agradecimentos

Ao Restaurante Central do COSEAS-USP/SP, por permitir a realização do trabalho e pela doação das refeições.

Referencias bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, 1995. v. 2, 474p.
- BODE, P. **Instrumental and organizational aspects of a neutron activation analysis laboratory**. Delft, Netherlands: Interfaculty Reactor Institute, 1996. p. 147.
- CHO, S. Y. et al. Daily dietary intake of elements of nutritional and radiological importance by adult Koreans. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 249, n. 1, p. 39-45, 2001.
- CUNHA, I. L. et al. Analysis of ^{210}Pb in Brazilian foods and diets. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 247, n. 2, p. 447-450, 2001.
- FARIAS, L. A. et al. Assessment of daily dietary intake of Hg and some essential elements in diets of children from the Amazon region. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 270, n. 1, p. 217-223, 2006.
- FÁVARO, D. I. T. et al. Determinação de elementos minerais e traços por ativação neutrônica em refeições servidas no restaurante da Faculdade de Saúde Pública/USP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 176-182, 2000.
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **DRI's - Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1997. Disponível em: <http://www.nap.edu>.
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **DRI's - Dietary Reference Intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000a. Disponível em: <http://www.nap.edu>.
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **DRI's - Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000b. Disponível em: <http://www.nap.edu>.
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **DRI's - Dietary Reference Intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2004. Disponível em: <http://www.nap.edu>.
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **DRI's - Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2005. Disponível em: <http://www.nap.edu>.
- ICRP. **Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure**. Oxford: Pergamon Press, 1999. ICRP Publication 82.
- IYENGAR, G. V. et al. Dietary Intakes of seven elements of importance in radiological protection by Asian population: comparison with ICRP Data. **Health Physics**, v. 86, n. 6, p. 557-564, 2004.
- KIRA, C. S.; MAIHARA, V. A. Determination of major and minor elements in dairy products through inductively coupled plasma optical emission spectrometry after wet partial digestion and neutron activation analysis. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 390-395, 2007.
- MAIHARA, V. A. **Avaliação do conteúdo de elementos essenciais e tóxicos em dietas de crianças e idosos pelo método de análise por ativação com nêutrons**. São Paulo, 1996. 156p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), IPEN, Universidade de São Paulo - USP.
- MALANCA, A.; SOGNI, R.; LEAL, J. S. R. Radioactivity in Brazilian manioc-root flour. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 92, n. 4, p. 329-334, 2000.
- MORENO, J. et al. Combined procedure for the determination of ^{90}Sr , ^{241}Am and Pu radionuclides in soil samples. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 226, n. 1-2, p. 279-284, 1997.
- PARR, R. M. Current role of NAA in biological and health-related environmental studies as exemplified by programs of the IAEA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 244, n. 1, p. 17-21, 2000.
- Florida Institute of Phosphate Research - FIPR. **Radioactivity in Foods Grown On Florida Phosphate Lands**. Florida, 1986. (Publication Nº 05-015-038, March 1986).
- RANDELL, A. W. Radionuclide Contamination of Foods: FAO recommended limits. **Food, Nutrition and Agriculture**, v. 2/3, p. 41-47, 1991.
- SANTOS, E. E. et al. Daily ingestion of ^{232}Th , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra and ^{210}Pb in vegetables by inhabitants of Rio de Janeiro City. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 62, n. 1, p. 75-86, 2002.
- SHIRAISHI, K. Dietary intakes of eighteen elements and ^{40}K in eighteen food categories by Japanese subjects. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 266, n. 1, p. 61-69, 2005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food**. Guidelines for application after widespread radioactive contamination resulting from a major radiation accident. Genebra: OMS, 1988.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trace Elements in Human Nutrition and Health**. Geneva: WHO, 1996. Library Cataloguing.