

# DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM ALIMENTOS DIET E LIGHT POR ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS

Gerson Hideo Ito<sup>1,2</sup> e Vera Akiko Maihara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica  
Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
[vmaihara@ipen.br](mailto:vmaihara@ipen.br)

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo  
Instituto de Química (IQ)  
Av. Professor Lineu Prestes 748  
05508-000 São Paulo, SP  
[gehideo@gmail.com](mailto:gehideo@gmail.com)

## RESUMO

O consumo de alimentos diet e light tem ganhado espaço nos hábitos alimentares da população brasileira, porém o conhecimento de suas composições químicas ainda é restrito. O objetivo deste estudo foi determinar elementos essenciais nos alimentos diet, light e seus similares normais através do Método de Análise por Ativação com Nêutrons (AAN) e comparar seus resultados. Amostras de adoçante, cappuccino, gelatina e achocolatado coletadas no comércio da cidade de São Paulo, foram irradiadas por 8 horas, sob um fluxo de nêutrons térmicos de  $10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no reator nuclear de pesquisa IEA-R1 do IPEN/CNEN-SP, juntamente com materiais de referência e padrões elementares, para determinar as concentrações de Br, Ca, Cr, Co, K, Na, Fe, Se e Zn. Os resultados obtidos mostraram que a amostra de gelatina diet apresentou concentrações bem superiores para todos os elementos determinados em relação às amostras de gelatina light e normal. Em relação às amostras de cappuccino não houve diferenças entre as concentrações dos elementos determinados, exceto o elemento Cr para o cappuccino tipo light. Já para as amostras de achocolatados light apresentaram valores superiores em relação ao tipo normal. Os adoçantes não apresentaram diferenças entre as amostras.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da pesquisa da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos Dietéticos (ABIAD), a variedade de produtos dietéticos no mercado brasileiro vem crescendo de forma exponencial na vida de seus consumidores em aproximadamente 35% dos domicílios [1].

Apesar do aumento do consumo, um levantamento realizado pela ABIAD em 2004 revela o desconhecimento das características destes produtos e não existem muitos estudos na literatura referentes às suas composições químicas e quantificações de elementos essenciais e tóxicos presentes nesses alimentos.

De acordo com a legislação brasileira (Portarias nº. 27 e nº. 28) da Secretaria da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde [2], a expressão diet: é utilizada para alimentos

direcionados às dietas diferenciadas ou opcionais, para controle de peso e a públicos específicos como diabéticos e hipertensos. O que caracteriza um produto diet não é a falta de açúcar, mas a retirada total de algum nutriente que pode ser sódio, gordura ou proteína podendo ser algum desses produtos mais calóricos que sua versão normal. Já os alimentos lights são alimentos cujo valor energético ou o conteúdo de algum nutriente é baixo ou reduzido em pelo menos 25% quando comparado ao produto na sua apresentação original [1].

Levando em consideração que muitas pessoas não possuem clareza na definição destes produtos torna-se importante a aplicação de metodologias capazes de determinar a composição de elementos essenciais e tóxicos nestes alimentos.

O objetivo deste estudo foi determinar elementos essenciais nos alimentos *diet*, *light* e seus similares normais através do Método de Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental [INAA] e comparar seus resultados [3, 4].

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1. Amostras dos Produtos Dietéticos**

As amostras achocolatados, cappuccinos, adoçantes, gelatinas, versão diet, light e normal foram adquiridas em supermercados da cidade de São Paulo.

### **2.2. Preparação dos Padrões Pipetados dos Elementos Br, Co, Fe, Zn, Se, Cr e Ca**

Com o uso do método comparativo é de fundamental o preparo adequado dos padrões, visto que a exatidão dos resultados obtidos dependerá da qualidade dos padrões utilizados. Os padrões foram preparados pipetando-se alíquotas apropriadas de soluções certificadas dos elementos de interesse de concentrações conhecidas em papel de filtro Whatman nº40 e secas sob lâmpada de infra-vermelho [5].

### **2.3. Preparação das Amostras e Materiais de Referência para a Irradiação**

Cerca de 150 mg de amostras dos produtos dietéticos e de materiais de referência (Bovine Liver SRM 1577b e Mixed Polish Herb – INCT MPH-2) foram pesadas em invólucros de plástico desmineralizados previamente com ácido nítrico 10%.

### **2.4. Determinação da Umidade Residual das Amostras e dos Materiais de Referência**

A determinação de umidade das amostras e dos materiais de referência foi feita usando a balança determinadora de umidade MB 45 (OHAUS), nas seguintes condições: temperatura de 85 °C.

### **2.5. Procedimento para análise por ativação com nêutrons instrumental**

As amostras dos alimentos dietéticos, os materiais de referência e os padrões pipetados foram irradiados simultaneamente em um dispositivo de alumínio para irradiação no reator nuclear de pesquisa IEA-R1 do IPEN/CNEN-SP. O tempo de irradiação utilizado foi de 8 horas sob fluxo de nêutrons térmicos de  $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Após cerca de uma semana de decaimento, as atividades gamas induzidas dos radioisótopos presentes nas amostras, nos materiais de referência e nos padrões foram medidas em um detector de Ge hiperpuro modelo POP TOP da EG&G ORTEC, com resolução de 1,90 keV no pico de 1332 keV do  $^{60}\text{Co}$  acoplado a uma eletrônica associada.

Foram realizadas duas contagens com a diferença de tempo de decaimento de uma semana entre elas, para cada série de amostras e padrões. Os espectros gama obtidos foram processados usando o programa de computação VISPECT 2, que nos fornece as energias dos raios gama dos radioisótopos presentes e suas respectivas taxas de contagens. Os radioisótopos foram identificados pela energia de raios gama e meia-vidas e as concentrações dos elementos foram calculadas usando o programa ESP2000, desenvolvido no laboratório de Radioquímica do IPEN/CNEN-SP [6].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As seguintes amostras de alimentos dietéticos foram analisadas: Adoçante Finn (ADF), Adoçante Gold (ADG), Adoçante Junior (ADJ), Cappuccino Diet, (CCD), Cappuccino light (CCL), Achocolatado Toddy Natural (CTN), Achocolatado Toddy Light (CTL), Achocolatado Nescau Light (CNL), Achocolatado Nescau Natural (CNN), Gelatina diet Royal sabor abacaxi (GDRA), Gelatina natural Royal sabor Abacaxi (GNRA)

Os valores de porcentagem de umidade variaram de 0,3 a 9,1% para as amostras.

Para avaliar a exatidão e precisão da metodologia aplicada foram analisados materiais de referência, nas mesmas condições das amostras de alimentos dietéticos. As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos nas análises dos materiais de referência: Bovine Liver SRM 1577b [7] e Mixed Poli Herbs INCT-MPH -2 [8], respectivamente.

**Tabela 1: Resultados obtidos para o material de referência Bovine Liver SRM 1577b**

Elemento	(Média $\pm$ DP) <sup>a</sup>	DPR % <sup>b</sup>	Faixa	ER % <sup>c</sup>	Valor do Certificado
Br ( mg kg <sup>-1</sup> )	10,1 $\pm$ 0,4	3,7	10,0-11,0	3,8	9,7 <sup>d</sup>
Na ( mg kg <sup>-1</sup> )	1871 $\pm$ 144	7,7	1726-2015	22,7	2420 $\pm$ 60
K ( mg kg <sup>-1</sup> )	9167 $\pm$ 1041	11	8126-10208	7,8	9940 $\pm$ 20
Fe ( mg kg <sup>-1</sup> )	178 $\pm$ 10	5,8	167-188	3,8	184 $\pm$ 15
Zn ( mg kg <sup>-1</sup> )	111 $\pm$ 11	9,4	101-122	12	127 $\pm$ 16
Se ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	748 $\pm$ 55	7,4	693-803	2,5	730 $\pm$ 60
Co ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	250 $\pm$ 12	4,9	238-263	0,09	250 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Média e Desvio Padrão de 4 determinações

<sup>c</sup> Erro Relativo em %

<sup>b</sup> Desvio Padrão relativo em %

<sup>d</sup> Valor Informativo

**Tabela 2: Resultados obtidos para o material de referência Mixed Polish Herbs (INCT-MPH-2)**

Elemento	(Média ± DP) <sup>a</sup>	DPR % <sup>b</sup>	Faixa	ER % <sup>c</sup>	Valor do Certificado
Br (mg kg <sup>-1</sup> )	8,3 ± 0,5	6,2	7,7 - 8,8	7,3	7,71 ± 0,61
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	10414 ± 954	9,2	9065 - 11235	3,6	10800 ± 700
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	325 ± 32	9,7	293 - 356	7,3	350 <sup>d</sup>
K (mg kg <sup>-1</sup> )	18511 ± 2026	11	16485 - 20537	3,1	19100 ± 1200
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	536 ± 37	7,0	498 - 573	16,4	460 <sup>d</sup>
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	33,3 ± 3,8	11	28,3 - 35,9	0,74	33,5 ± 2,1
Cr (µg kg <sup>-1</sup> )	1813 ± 206	11	1647 - 2199	7,3	1690 ± 130
Co (µg kg <sup>-1</sup> )	209 ± 17	8,2	189 - 223	0,67	210 ± 25

<sup>a</sup>. Média e desvio Padrão de 4 determinações

<sup>b</sup>. Desvio Padrão relativo em %

<sup>c</sup>. Erro Relativo em %

<sup>d</sup>. Valor Informativo

Os resultados obtidos para os materiais de referência indicam uma boa exatidão com relação aos valores certificados, em geral com erros relativos, menores que 10%. Os resultados mais discordantes foram obtidos para o elemento Na no material Bovine Liver, devido a alguma falha no processo analítico e o elemento Fe no material MPH, porém seu valor é apenas informativo, portanto não certificado. Quanto à precisão, os resultados também foram satisfatórios, apresentando valores de desvio padrão menores que 10 %.

As Tabelas 3, 4, 5 e 6 apresentam os valores de concentração para os elementos determinados nas amostras de alimentos dietético, light e normal.

**Tabela 3: Resultados obtidos para as amostras de gelatina normal (GNRA e GNOM) e diet (GDRA)**

Amostra	Concentração dos elementos (Média ± DP) <sup>a</sup>			
	GNRA	GDRA	GLOM	GNOM
Br (mg kg <sup>-1</sup> )	0,51 ± 0,2	3,4 ± 0,1	0,303 ± 0,02	0,49 ± 0,05
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	190 ± 32	1194 ± 34	312 ± 91	212 ± 15
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	1,3 ± 1,9	13,0 ± 0,5	4,6 ± 2,7	5,7 ± 0,5
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	0,49 ± 0,16	2,1 ± 0,3	0,99 ± 0,09	0,75 ± 0,12
Se (µg kg <sup>-1</sup> )	nd <sup>b</sup>	29 ± 19	nd <sup>b</sup>	nd <sup>b</sup>
Cr (µg kg <sup>-1</sup> )	95 ± 2	225 ± 9	175 ± 6	175 ± 6
Co (µg kg <sup>-1</sup> )	1,7 ± 0,2	18,8 ± 1,4	4,2 ± 1,3	nd <sup>b</sup>

<sup>a</sup>. média e desvio padrão de 3 determinações individuais

<sup>b</sup>. não determinado

**Tabela 4: Resultados obtidos para as amostras de cappuccino diet (CCD), normal (CCN) e light (CCL), adoçantes dietéticos ADG, ADF e ADJ:**

Amostra	Concentração dos elementos (Média ± DP) <sup>a</sup>					
	CCD	CCL	CCN	ADG	ADF	ADJ
Br( mg.kg <sup>-1</sup> )	18,5 ± 1,2	20,3 ± 0,5	22,8 ± 0,2	0,096 ± 0,004	4,85 ± 0,08	0,102 ± 0,004
Ca( mg kg <sup>-1</sup> )	7170 ± 689	7542 ± 630	6985 ± 471	104 ± 24	92 ± 21	77 ± 18
Na( mg kg <sup>-1</sup> )	4417 ± 268	4089 ± 159	5712 ± 471	21,3 ± 0,3	5807 ± 70	43,7 ± 0,6
K( mg kg <sup>-1</sup> )	11236 ± 1104	10425 ± 866	nd <sup>b</sup>	64 ± 11	nd <sup>b</sup>	1642 ± 47
Fe ( mg kg <sup>-1</sup> )	18 ± 2	27,2 ± 0,8	32,1 ± 0,3	3,3 ± 0,6	nd <sup>b</sup>	nd <sup>b</sup>
Zn( mg kg <sup>-1</sup> )	19 ± 0,2	18,8 ± 0,3	17,3 ± 0,3	0,36 ± 0,04	0,08 ± 0,03	0,16 ± 0,04
Se(µg kg <sup>-1</sup> )	76 ± 29	nd <sup>b</sup>	59 ± 21	nd <sup>b</sup>	nd <sup>b</sup>	nd <sup>b</sup>
Cr(µg kg <sup>-1</sup> )	149 ± 26	905 ± 37	382 ± 30	43 ± 8	96 ± 10	16 ± 6
Co(µg kg <sup>-1</sup> )	60 ± 3	73 ± 1	73 ± 3	2,5 ± 1,0	1,2 ± 0,7	4 ± 1

<sup>a</sup>. média e desvio padrão de 2 determinações individuais

<sup>b</sup>. não determinado

**Tabela 5: Resultados obtidos para as amostras de achocolatados normal (CTN, CNN), light (CTL, CNL):**

Amostra	Concentração dos elementos (Média ± DP) <sup>a</sup>			
	CTN	CTL	CNN	CNL
Br( mg.kg <sup>-1</sup> )	1,1 ± 0,2	7,3 ± 0,7	6,7 ± 0,1	12 ± 1
Ca( mg.kg <sup>-1</sup> )	272 ± 80	411 ± 22	6077 ± 1985	1064 ± 133
Na( mg.kg <sup>-1</sup> )	999 ± 179	2080 ± 515	110 ± 2	303 ± 24
K( mg.kg <sup>-1</sup> )	2174 ± 158	6735 ± 306	5594 ± 237	7445 ± 110
Fe( mg.kg <sup>-1</sup> )	38 ± 3	76 ± 2	27 ± 18	95 ± 6
Zn( mg.kg <sup>-1</sup> )	7,0 ± 0,7	16,1 ± 0,1	18,2 ± 0,7	16,7 ± 0,4
Se(ug.kg-1)	43 ± 10	107 ± 16	nd <sup>b</sup>	103 ± 23
Cr(ug.kg-1)	218 ± 10	544 ± 48	906 ± 38	1488 ± 27
Co(ug.kg-1)	86 ± 10	230 ± 6	73 ± 3	226 ± 6

<sup>a</sup>: média e desvio padrão de 2 determinações individuais

<sup>b</sup>. não determinado

Pelos resultados obtidos pode-se observar que a gelatina diet apresentou concentrações bem superiores para todos os elementos determinados em relação às gelatinas light e normal. As gelatinas normais de marcas diferentes apresentaram concentrações similares de todos os elementos. Em relação às amostras de cappuccino não houve diferenças entre as concentrações dos elementos determinados, com exceção do elemento Cr para o cappuccino tipo light. Para os adoçantes analisados todas as concentrações determinadas foram da mesma

ordem de grandeza. Já as amostras de achocolatados light apresentaram valores superiores em relação ao tipo normal.

## CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho são preliminares e mais amostras serão analisadas para verificar se há diferenças significativas entre os tipos light, diet e normal em relação aos seus constituintes inorgânicos. Esses dados são importantes para o conhecimento da composição elementar de alimentos brasileiros e constituem-se numa contribuição para a Tabela Brasileira de alimentos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CNEN pela concessão da bolsa PROBIC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira da Indústria e Alimentos Dietéticos e para fins especiais. “Mercado Diet&Light”. [www.abiad.org.br/pdf/mercado\\_diet\\_light\\_novo.\(2004\)](http://www.abiad.org.br/pdf/mercado_diet_light_novo.(2004))
2. Brasil, Ministério da Saúde. Portarias 27 e 29 de 13 de janeiro de 1998. Secretaria de Vigilância Sanitária. (1998).
3. G.V Iyengar, W.R. Wolf,, R.R.Greenberg, , R. Demiralp. “Mixed total diet slurry as a prospective reference material”. *Fresenius J.Anal. Chem.*, **348**, pp 348-429, (1994).
4. G.A, Kanas, “Neutrin activation analysis of nutrient elements in dried packaged food and comparasion with recommended daily allowances”. *J. Trace Microprobe Tech.*, **17**, pp 111-122, (1999)
5. V.A, Maihara, “Aplicação do Método de Análise por Ativação com Nêutrons à Determinação Multielementar de Amostras de Alimentos”. São Paulo, (Dissertação de Mestrado, IPEN ), (1985).
6. Piccot D. comunicação pessoal.
7. National Institute of Standard & Technology – “*Bovine Liver Standard Reference Material 1577b*”, Gaithersburg, MD, (1991).
8. Institute of Nuclear Chemistry and Tecnology, Report IchTJ: Serie A nr 4/2002 “*Preparation and Certification of the Polish Reference Material: Mixed Polish Herbs(INCT-MPH-2) for Inorganic Trace Analysis*”, Varsóvia, (2002).