

Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)¹

Marcelo Antônio MORGANO^{2,*}, Sônia Cláudia do Nascimento QUEIROZ³, Márcia Miguel Castro FERREIRA³

RESUMO

Dois métodos de preparação de amostra para determinação de minerais em suco de uva foram comparados: extração com ácido clorídrico a frio com agitação e digestão em sistema fechado, sob pressão, empregando-se energia de microondas. As concentrações dos minerais foram obtidas empregando-se a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Os teores dos minerais Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu não diferiram significativamente ao nível de 5% (Teste F) para as duas metodologias empregadas. A precisão e exatidão dos métodos foi avaliada usando o suco de uva. A metodologia de extração com ácido clorídrico foi empregada para a determinação dos teores de minerais em sucos processados de abacaxi, acerola, caju, goiaba, manga, maracujá e uva. Para facilitar a interpretação dos teores dos minerais encontrados, foram utilizadas as técnicas de Análise por Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica por Agrupamento (HCA).

Palavras-chave: suco de fruta, mineral, análise multivariada, ICP-OES.

SUMMARY

Minerals determination in juices by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Two sample preparation methods for the determination of minerals from grape juice were investigated for the purpose of methodological evaluation: using hydrochloric acid by shaking, and digestion in closed system, under pressure, using microwave power. The concentrations of minerals were evaluated by the technique of Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The minerals contents of Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Fe, Mn, and Cu did not differ significantly at the level of

5% (it Tests F) for both methodologies used. The precision and accuracy of both methodologies were evaluated using grape juice. The extraction methodology with hydrochloric acid was used for the determination of mineral amounts in processed juices from pineapple, acerola, cashew, guava, mango, passion fruit and grape. To enhance the interpretation of the amounts of minerals, from a nutritional point of view, techniques of Principal Components Analysis (PCA) and Hierarchic Cluster Analysis were used (HCA).

Keywords: juice, mineral, multivariate analysis, ICP-OES.

1 – INTRODUÇÃO

Sucos de frutas são consumidos e apreciados em todo o mundo, não só pelo seu sabor mas, também, por serem fontes de minerais e vitaminas. Os minerais regulam o metabolismo de diversas enzimas, o equilíbrio ácido-base, a pressão osmótica, a atividade muscular e nervosa, facilitam a transferência de compostos essenciais através das membranas e, em alguns casos, fazem parte dos elementos constituintes dos tecidos do organismo [13].

Nos últimos anos, a instrumentação analítica, para determinação de metais, tem sofrido avanços consideráveis. A técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) tem sido utilizada amplamente devido a uma série de vantagens que oferece, tais como: análise multielementar simultânea, sensibilidade e precisões altas, rapidez, bem como ampla faixa dinâmica linear.

A preparação da amostra é a etapa crítica da análise. Usando os métodos clássicos de digestão de amostras por via úmida com ácidos ou via seca, existe a possibilidade de contaminação e ou perdas de elementos voláteis, além do fato de serem trabalhosos e de consumirem muito tempo [3, 4, 6, 7, 9]. Para contornar estes problemas, têm sido desenvolvidas outras metodologias. O uso de sistemas de digestão ácida empregando energia de microondas como fonte de aquecimento foi descrito pela primeira vez em 1975 [1]. Um sistema totalmente fechado com controle de pressão e temperatura, por microondas, foi reportado em 1986 [6]. REZAAIYAN e NIKDEL [11] realizaram um estudo comparativo para digestão de amostras de sucos cítricos entre forno mufla convencional e forno mufla de microondas.

Interpretar e analisar dados analíticos objetivando extrair o máximo de informações tem sido possível utilizando a análise multivariada [5, 12]. A ciência de alimentos vem se beneficiando com o uso destas metodologias, uma vez que um grande número de análises são requeridas a fim de controlar a qualidade dos produtos [2].

Assim, os objetivos deste trabalho, foram: avaliar duas metodologias diferentes de preparação de amostra para determinação da concentração de minerais (Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu), por ICP-OES, em sucos de frutas e aplicar a mais adequada na análise de 7 diferentes variedades de suco de frutas (abacaxi, acerola, caju, goiaba, manga, maracujá e uva). Além disso, aplicar os métodos quimiométricos, Análise de Componentes Principais e Análise Hierárquica por Agrupamento, para uma melhor interpretação dos resultados.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Amostras

As amostras de 7 diferentes variedades de sucos de frutas foram obtidas do mesmo fornecedor de datas diferentes de processamento, junho e agosto de 1998 e uma amostra de suco de uva de abril que foi usada para a avaliação das metodologias de preparação das amostras.

Foram analisados sucos de frutas de: abacaxi (110°Brix), acerola (60°Brix), caju (110°Brix), goiaba (60°Brix),

manga (110°Brix), maracujá (110°Brix) e uva (150°Brix).

As determinações dos minerais cálcio, cobre, sódio, manganês, magnésio, ferro, potássio, fósforo e zinco foram realizadas com 5 repetições analíticas na avaliação da metodologia (suco de uva), e após a escolha do método de preparação as determinações foram feitas com 3 repetições analíticas.

2.2 – Metodologia para preparação das amostras

Para a avaliação do método de preparo de amostra, foram realizadas as determinações dos minerais cálcio, fósforo, manganês, potássio, cobre, magnésio, ferro, sódio e zinco em uma amostra de suco de uva conforme descrito a seguir.

2.2.1 - Extração dos minerais com HCl a frio e agitação

Uma alíquota de 5,00mL de suco foi transferida para um balão volumétrico de 25,00mL, seguido de adição de 5,0mL de ácido clorídrico concentrado, grau analítico. A mistura foi agitada por 3 horas com um agitador mecânico orbital e posteriormente, completou-se o volume do balão com água bidestilada. Dois brancos foram preparados da mesma forma.

2.2.2 - Digestão em microondas fechado

Foi utilizado um digestor de microondas com sistema fechado, modelo MDS 2000 (CEM, Matthews, USA). Utilizaram-se 7 copos sendo cinco amostras e dois brancos. Uma alíquota de 5mL de suco foi transferida para cada copo de digestão, adicionando-se em seguida 5 mL de ácido nítrico concentrado. Cinco estágios foram aplicados para a digestão: (1) 220MHz de potência, 20 psi de pressão por 40 minutos; (2) 285MHz de potência, 40 psi de pressão por 5 minutos; (3) 345MHz de potência, 60 psi de pressão por 50 minutos; (4) 410MHz de potência, 60 psi de pressão por 10 minutos; (5) 470MHz de potência, 90 psi de pressão por 15 minutos. Após o término da digestão os copos foram abertos e as amostras foram transferidas quantitativamente para balões volumétricos de 25mL completando-se o volume com ácido clorídrico 20% (v/v).

2.3 – Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

Para a determinação do teor dos minerais, foi utilizado um ICP-OES simultâneo, modelo ICP 2000 (BAIRD, Massachusetts, USA). As condições de operações encontram-se na [Tabela 1](#). As condições ótimas para determinação multielementar foram estabelecidas utilizando-se o elemento manganês para o canal de alinhamento do espectrômetro de emissão, conforme recomendação do fabricante.

TABELA 1. Condições de operações do espectrômetro.

Potência do plasma	1,0 Kw
Gás refrigerante (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Gás auxiliar (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Vazão de amostra	2 mL min ⁻¹
Altura de observação vertical	19 mm ^a
Pressão do nebulizador ^b	3 bar

^aacima da bobina de indução; ^bnebulizador pneumático concêntrico.

As soluções estoque foram preparadas, a partir de soluções padrão dos metais (Titrisol, Merck), água bidestilada e ácido nítrico grau analítico, em concentrações de 1000µg mL⁻¹. As soluções dos metais de trabalho multielementares foram preparadas em diferentes concentrações dependendo do metal a ser determinado em solução de ácido clorídrico 20% (v/v), por diluição das soluções estoque. Um branco foi preparado com solução de ácido clorídrico 20% (v/v) em água bidestilada.

Os comprimentos de onda usados para as determinações dos 9 elementos encontram-se na *Tabela 2*. Foi efetuada a correção de radiação de fundo para todos os elementos determinados, através do software do equipamento. As curvas analíticas definidas para cada elemento foram: fósforo, cálcio, sódio e magnésio de 1 a 50mg L⁻¹; ferro, zinco, cobre e manganês de 0,025 a 3mg L⁻¹; potássio de 25 a 500mg L⁻¹ e mostraram-se lineares em toda a faixa de trabalho.

TABELA 2. Elementos minerais determinados, comprimento de onda, limite de detecção e parâmetros da curva analítica.

Metal	λ (nm)	L.D. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	A	B	r
Cálcio	317,93	4,8	- 184,421	881,781	0,99996
Magnésio	279,08	58,0	4,623	143,142	1
Fósforo	178,28	31,5	- 3,038	35,840	0,99999
Ferro	259,94	1,4	5,901	3030,593	1
Manganês	257,67	0,5	6,088	2531,797	1
Sódio	589,59	78,7	10,503	4,583	1
Potássio	766,49	52,3	0,689	14,663	1
Zinco	213,86	0,9	15,582	10242,181	0,99999
Cobre	324,75	7,4	1,056	1086,210	1

L.D. = limite de detecção (3 vezes o desvio-padrão de 10 leituras de branco); A = coeficiente angular da regressão; B = coeficiente linear da regressão; r = coeficiente de correlação da regressão; número de pontos das curvas analítica = 5.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Avaliação dos métodos de digestão

Os resultados encontrados para os minerais determinados em suco de uva usando-se as duas metodologias descritas anteriormente, podem ser visualizados na *Tabela 3*. Pelo Teste F [8], que considera a razão das variâncias, verificou-se que não existe diferença significativa entre os métodos quanto a sua precisão, ao nível de 5% de confiança e 4 graus de liberdade.

TABELA 3. Comparação dos teores dos minerais em suco de uva (15^o Brix) obtidos por dois métodos de análise.

Mineral	Método de extração com HCl e agitação		Método de digestão por microondas		F _{4,4} calculado pelo Teste F
	Média* (mg L ⁻¹)	D.P.	Média* (mg L ⁻¹)	D.P.	
Cálcio	130,89	1,51	126,99	1,10	1,88
Fósforo	98,78	1,22	96,90	2,14	3,08
Manganês	2,32**	0,02	2,28	0,01	4,00***
Potássio	333,31	3,28	324,68	3,28	0
Cobre	3,90**	0,04	3,82	0,03	1,78***
Magnésio	96,32	1,34	93,41	0,80	2,81
Ferro	1,98**	0,02	1,91	0,01	4,00***

Sódio	166,51	1,60	164,82	0,82	3,81
Zinco	0,64	0,03	0,65	0,04	1,78

*5 repetições analíticas. D.P. = desvio padrão. $F_{4,4}$ (tabelado) = 6,39.
4 repetições analíticas.* $F_{4,3}$ (tabelado) = 6,59.

A precisão dos métodos empregados foi avaliada através do coeficiente de variação (em %) para as cinco determinações dos minerais empregando-se o método de extração com HCl e o de digestão em microondas, respectivamente: Ca = 1,2 e 0,9; P = 1,2 e 2,2; Mn = 0,7 e 0,4; K = 1,0 e 1,0; Cu = 1,0 e 0,7; Mg = 1,4 e 0,9; Fe = 1,3 e 0,5; Na = 1,0 e 0,5; Zn = 4,6 e 5,7. O método de extração empregando microondas apresentou melhor precisão nas medidas dos minerais com exceção para os minerais P, K e Zn onde método de extração com HCl forneceu melhores resultados. O elemento zinco foi determinado com precisão acima da unidade pelos dois métodos.

Para avaliar a exatidão dos métodos foi realizada a recuperação dos minerais na amostra de suco de uva ao nível dos minerais encontrado na amostra. Os resultados obtidos pelo método de extração com HCl e microondas foram, respectivamente: Ca = 101% e 99%; Cu = 95% e 76%; Fe = 92% e 87%; Mg = 96% e 85%; Mn = 96% e 84%; Na = 101% e 77%; P = 107% e 109%; K = 93% e 73%; Zn = 95% e 109%. O método de extração com ácido clorídrico apresentou melhores resultados para todos os metais, com níveis de recuperação variando entre 92 e 107%, enquanto que no método empregando a energia de microondas os níveis de recuperação ficaram entre 73 e 109%.

Desta forma, o método de extração com ácido clorídrico, apresentou-se como o mais indicado para a determinação dos teores de minerais em sucos de frutas. Os resultados obtidos podem ser visualizados na [Tabela 4](#).

TABELA 4. Teores de minerais (mg/100mL) para os dois lotes dos diferentes sucos de frutas estudados (A - Junho/98 e B - Agosto/98 Para cada lote os valores correspondem a média de três repetições analíticas (desvio padrão).

Metal	Caju		Maracujá		Goiaba		Manga		Abacaxi		Acerola		Uva	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Ca	0,77 (0,00)	0,64 (0,01)	5,09 (0,02)	3,79 (0,01)	2,70 (0,08)	2,78 (0,05)	5,83 (0,04)	5,44 (0,08)	14,65 (0,03)	16,52 (0,14)	4,19 (0,06)	4,14 (0,02)	11,04 (0,08)	11,13 (0,19)
Mg	8,44 (0,09)	8,21 (0,15)	10,90 (0,09)	10,13 (0,04)	3,35 (0,00)	3,49 (0,04)	7,56 (0,05)	6,95 (0,10)	12,43 (0,08)	10,22 (0,04)	6,08 (0,05)	6,16 (0,06)	7,73 (0,03)	7,73 (0,11)
P	9,52 (0,14)	8,65 (0,39)	16,61 (0,31)	16,04 (0,19)	6,08 (0,17)	6,56 (0,07)	8,19 (0,09)	7,85 (0,13)	8,32 (0,07)	6,86 (0,03)	9,06 (0,12)	9,24 (0,03)	9,88 (0,14)	10,21 (0,14)
Fe	0,127 (0,014)	0,125 (0,003)	0,388 (0,005)	0,297 (0,015)	0,069 (0,002)	0,059 (0,001)	0,112 (0,003)	0,139 (0,003)	0,425 (0,007)	0,248 (0,002)	0,169 (0,004)	0,160 (0,003)	0,180 (0,002)	0,180 (0,003)
Mn	0,077 (0,001)	0,071 (0,002)	0,088 (0,001)	0,083 (0,000)	0,061 (0,000)	0,063 (0,001)	0,299 (0,002)	0,388 (0,007)	1,126 (0,005)	1,081 (0,006)	0,022 (0,001)	0,025 (0,000)	0,219 (0,001)	0,221 (0,004)
Na	34,3 (0,4)	33,4 (0,4)	21,6 (0,5)	16,6 (0,1)	16,5 (0,4)	16,0 (0,0)	15,5 (0,1)	15,4 (0,2)	17,3 (0,0)	17,2 (0,1)	16,1 (0,2)	22,2 (0,2)	16,3 (0,1)	16,7 (0,3)
K	101,7 (1,0)	103,2 (1,2)	222,3 (1,2)	188,9 (1,1)	114,5 (1,3)	111,4 (0,3)	116,3 (0,6)	112,4 (1,6)	140,8 (0,9)	101,1 (0,2)	90,5 (0,7)	85,3 (0,5)	27,6 (0,1)	24,6 (0,3)
Zn	0,107 (0,002)	0,102 (0,001)	0,228 (0,009)	0,213 (0,004)	0,044 (0,002)	0,050 (0,001)	0,055 (0,001)	0,059 (0,004)	0,061 (0,002)	0,057 (0,001)	0,048 (0,002)	0,050 (0,001)	0,056 (0,004)	0,061 (0,003)
Cu	0,036 (0,001)	0,038 (0,004)	0,061 (0,001)	0,069 (0,001)	0,025 (0,001)	0,027 (0,000)	0,066 (0,001)	0,075 (0,001)	0,039 (0,000)	0,032 (0,001)	0,030 (0,001)	0,031 (0,001)	0,394 (0,003)	0,380 (0,006)

Foi observado que no suco de abacaxi ocorreu variação de 42% no teor de ferro de um lote para o outro e no suco de maracujá o teor de cálcio apresentou uma variação de 25,6%. Nos demais sucos os minerais apresentaram pequenas variações sendo que na maioria das vezes os teores dos minerais são similares de um lote para o outro. O suco de abacaxi apresenta teores mais elevados de cálcio, magnésio, manganês e ferro; o suco de maracujá apresenta maior teor de fósforo, potássio e zinco. O elemento cobre aparece em maior concentração no suco de uva. Porém, estes resultados são para os sucos sem considerar as diluições recomendadas pelo fabricante. Foram feitos os cálculos das concentrações dos minerais, seguindo as recomendações de diluições do fabricante para os sucos de fruta e a seguir, aplicados os métodos de análise por componentes principais e análise hierárquica de agrupamentos, para melhor visualização dos resultados.

3.2 – Análise multivariada aplicada aos teores de minerais

O método de análise por componentes principais (PCA) proporciona um estudo multivariado dos dados experimentais obtidos facilitando a visualização da correlação entre amostras e variáveis. O método de análise por agrupamento hierárquico (HCA) foi usado com o objetivo de verificar as semelhanças entre as amostras com base nos teores de minerais determinados para os diversos sucos de frutas, através do cálculo de similaridade (calculada utilizando a distância Euclideana entre as amostras).

Foram aplicadas a PCA e a HCA à matriz de dados geradas (42x9) com os resultados dos teores de minerais considerando a diluição recomendada pelo fabricante (uva, manga e goiaba 1,5 vezes; abacaxi e acerola 2 vezes; maracujá 4,5 vezes; caju 5 vezes) com o objetivo de melhor visualização do teor de minerais dos sucos. O pré-processamento usado foi o auto-escalamento. Neste pré-processamento centram-se os dados na média e divide-se cada um pelo desvio-padrão, de forma que todas as variáveis (Ca, Mn, Cu, Fe, Mg, Na, K, P e Zn) passam a ter a mesma importância, ou seja, o mesmo peso. Após o pré-processamento, o programa computacional PIRQUETE [10] calcula os *scores* dos dados e os *loadings*.

A representação gráfica das componentes principais permite a caracterização dos minerais presentes nas diferentes amostras de suco de fruta estudadas. Os gráficos dos dois primeiros eixos (PCs) que estão associados a cada variável (Ca, Mn, Fe, Mg, Na, K, P e Zn) são mostrados nas *Figuras 1A e 1B*. A PCA mostrou que a primeira componente principal (PC1) explica 49,6% da variância total dos dados, sendo que a Segunda e a terceira componentes principais explica, 19,6% e 13,8%, respectivamente.

A primeira componente principal está relacionada principalmente aos minerais Ca, Mg, Fe e P, enquanto a segunda componente principal relaciona-se aos minerais Mn, Cu, P e K, principalmente. Pelos gráficos de *scores* e *loadings* (*Figuras 1A e 1B*) observa-se que existe a separação entre os sucos de caju, maracujá, goiaba, acerola e manga, na primeira componente principal. Enquanto que a segunda componente principal separa os sucos de abacaxi e uva dos demais. Na primeira componente principal as amostras de sucos de caju são as que tem menores valores de *scores* (*Figura 1A*) e estão separadas das demais por apresentar os menores teores dos minerais Ca, Mg e Fe que são os metais que mais se destacam nesta componente principal (*Figura 1B*). Os sucos de abacaxi apresentam valores de *scores* mais positivos nas PC1 e PC2 (*Figura 1A*). Comparando com os "loadings" (*Figura 1B*) observa-se que isto se deve ao fato de que estes sucos são aqueles que tem maiores teores de Mn, Fe, Mg, e Ca. Os sucos de uva tem *scores* altamente positivos na PC1 e negativos na PC2 (*Figura 1A*). Para os demais sucos, goiaba, acerola, maracujá e manga, apesar de estarem satisfatoriamente separados na PC1 eles se encontram próximos ao zero das PC1 e PC2 e, portanto, não foi possível atribuir quais minerais foram importantes para suas separações.

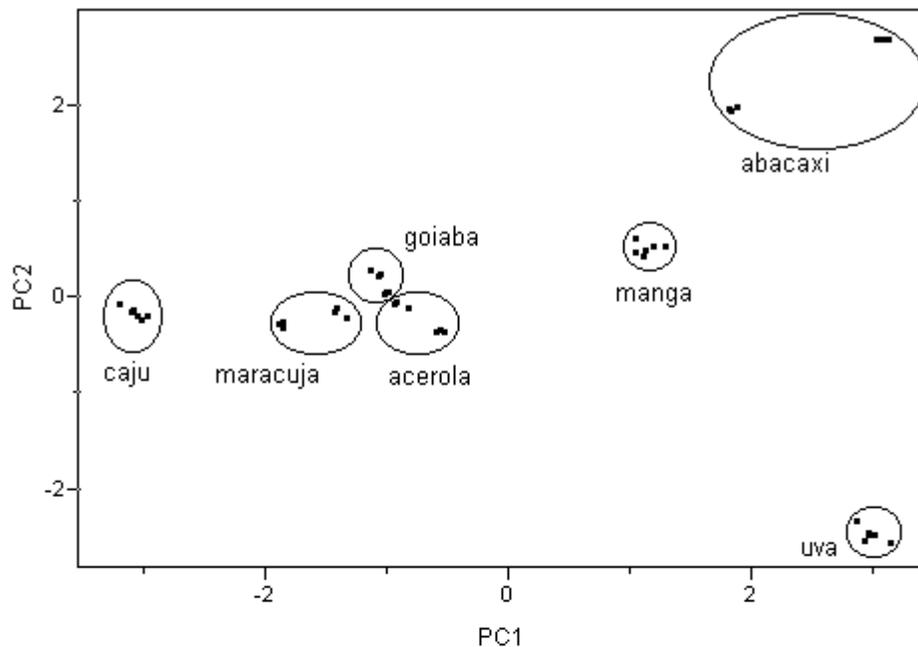


FIGURA 1A. Gráfico de scores.

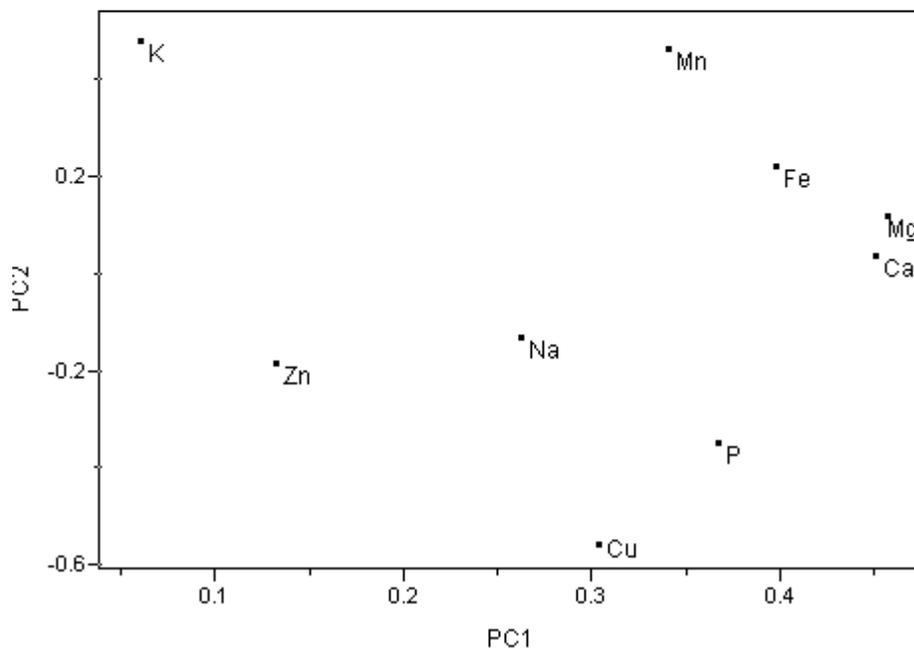


FIGURA 1B. Gráfico de loadings.

Estas duas componentes principais descrevem 69% da variância total dos dados. A terceira componente principal (13,8% da variância total) tem alta contribuição de zinco e potássio, sendo responsável pela discriminação dos sucos de maracujá. É interessante notar que os diferentes sucos, foram agrupados entre si, de acordo com as diferenças nos teores de minerais encontrados. Os sucos de acerola e goiaba, foram aqueles que mantiveram próximos nestas três componentes principais, indicando que seus teores de minerais diferenciam menos.

A análise hierárquica de agrupamentos (HCA) complementa a análise de componentes principais (PCA), sendo uma outra forma de visualizar as semelhanças e diferenças na composição mineral dos diferentes sucos. O grau de similaridade entre as amostras varia entre 0 e 1 (quando amostras são idênticas). Com um grau de similaridade 0,7, destacam-se 6 grupos de sucos: uva, abacaxi, maracujá, caju, manga e um grupo com acerola e goiaba. Estes grupos correspondem aos mesmos grupos formados pelas 3 componentes principais evidenciando a importância de usarmos estes dois tipos de análises em conjunto para a interpretação dos resultados. É interessante notar também na [Figura 2](#), que as diferentes variedades de sucos, formam cada uma dois grupos distintos correspondendo aos dois lotes de sucos de frutas estudados (junho/98 e Agosto/98).

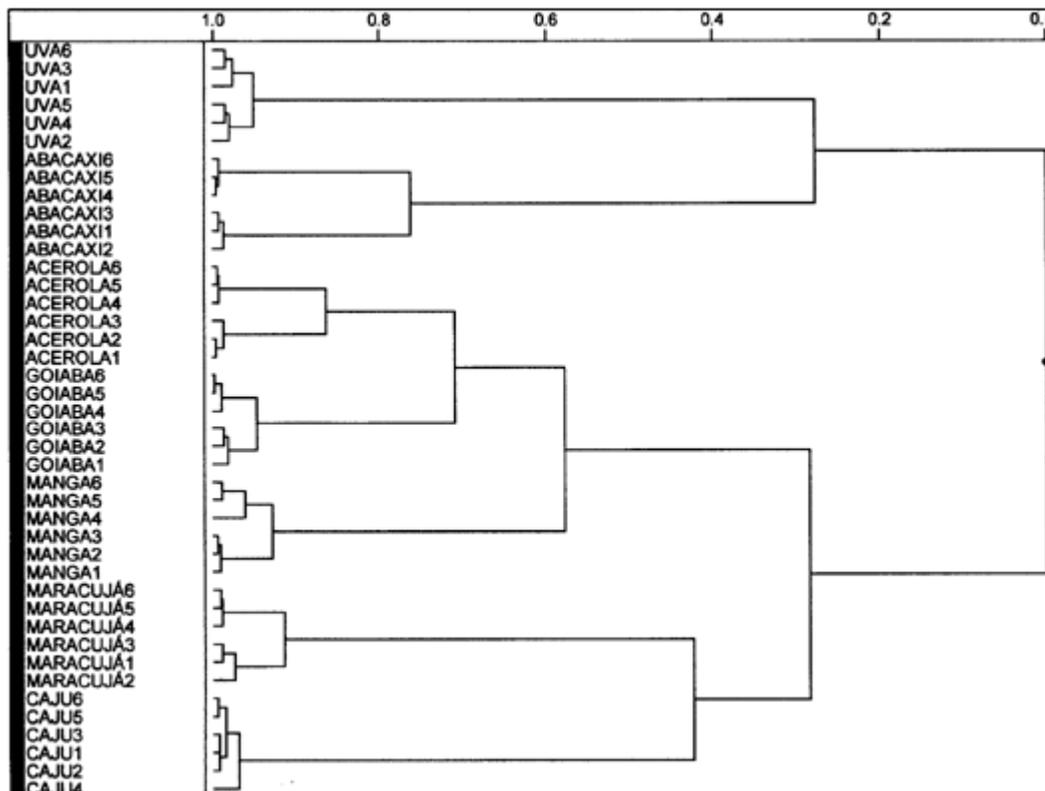


FIGURA 2. Dendrograma obtido pela HCA para as amostras de sucos de frutas.

4 – CONCLUSÕES

O método de extração com ácido clorídrico mostrou-se ser adequado para a determinação de minerais em amostras de suco de frutas pelos melhores níveis de recuperação obtidos para os minerais determinados, pelo maior número de amostras que podem ser extraídas simultaneamente e pela sua simplicidade. O método empregando a energia de microondas apresentou melhor precisão para alguns metais, porém os níveis de recuperação foram inferiores aos obtidos pelo método de extração com ácido clorídrico.

A composição de minerais nas diferentes variedades de sucos de frutas estudados diferiram entre si. A análise de componentes principais proporcionou uma interpretação multivariada dos resultados, mostrando que as amostras são agrupadas de acordo com as diferenças nos teores dos minerais. A primeira componente principal identifica principalmente os sucos de manga e caju. A segunda, os sucos de abacaxi e uva. A terceira componente principal separa dos restantes, o suco de maracujá. Os sucos de goiaba e acerola são aqueles que tem mais características semelhantes.

O suco de abacaxi apresentou os maiores teores de cálcio e magnésio; o suco de uva apresentou os maiores níveis de cobre; o suco de maracujá os maiores níveis de fósforo, potássio e zinco.

A análise hierárquica de agrupamentos utilizada para confirmar os resultados da PCA, produziu resultados semelhantes, inclusive identificando os dois lotes de sucos estudados (Junho/98 e Agosto/98).

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABU-SAMARA, A., MORRIS, J. S., KOIRTYOHANN, S. R. Wet ashing of some biological samples in a microwave oven. *Anal. Chem.* v. 47, p. 1475-1477, 1975.

[[Medline](#)]

- [2] CÁMARA, M., DÍEZ, C., TORIJA, E. Chemical characterization of pineapple juices and nectars. Principal components analysis. **Food Chem.**, v. 54, p. 93-100,1995.
- [3] DAHLQUIST, R. L., KNOLL, J. W. Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry: Analysis of biological materials and soils for major, trace, and ultra-trace elements. **Appl. Spectrosc.**, v. 32, p. 1-29, 1978.
- [4] GORSUCH, T. T. Losses of trace elements during oxidation of organic materials -the formation of volatile chlorides during dry ashing in presence of inorganic chlorides. **Analyst** v. 87, p. 112-115, 1962.
- [5] FERREIRA, M. M. C., MORGANO, M. A., MANTOVANI, D. M. B., QUEIROZ, S. C. N. Relationships of the Mineral and Fatty Acid Contents in Processed Turkey Meat Products. **Food Chem.**, no prelo.
- [6] KINGSTON, H. M., JASSIE, L. B. Microwave energy for acid decomposition at elevated temperatures and pressures using biological and botanical samples. **Anal. Chem.** v. 58, p. 2534-2541, 1986.
[[Medline](#)]
- [7] KOIRTYOHANN, S. R., HOPKINS, C. A. Losses of trace metals during the ashing of biological materials. **Analyst**, v. 101, p. 870-875, 1976.
[[Medline](#)]
- [8] LEITE, F. **Validação em Análise Química**. Campinas, 1998, p. 73-74.
- [9] McHARD, J. A., FOULK, S. J., NIKDEL, S., ULLMAN, A. H., POLLARD, B. D., WINEFORDNER, J. D. Comparison study of four atomic spectrometric methods for the determination of metallic constituents in orange juice. **Anal. Chem.**, v. 51, p. 1613-1616, 1979.
- [10] PIROUETTE, Multivariate Data Analysis for IBM PS Systems, version 2.1, Infometrix, Seattle, WA, USA, 1997.
- [11] REZAAIYAN, R., NIKDEL, S. A comparison of mineral extraction techniques of citrus juices as analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **J. Food Sci.**, v. 55, p. 1359-1360, 1990.
- [12] SHARAF, M. A.; ILLMAN, D. L.; KOWALSKI, B. R.; **Chemometrics**, 1^a ed., New York: John Wiley & Sons, Inc, 1986, 332p.
- [13] SHILS, M.E., OLSON, J. A., SHIKE, M. **Modern nutrition in health and disease**. 8^a ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1994. 2v.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Dra. Neura Bragagnolo do Centro de Química de Alimentos/ITAL pela valiosa colaboração e ricas sugestões na redação deste trabalho.

¹ Recebido para publicação em 01/11/98. Aceito para publicação em 04/11/99.

² ITAL - Centro de Química de Alimentos – Cx. Postal 139, CEP 13073-001, SP. E-mail: morgano@ital.org.br

³ UNICAMP – IQ – Cx. Postal 6154, CEP 13081-970, SP.

** A quem a correspondência deve ser enviada.*

© 2004 SBCTA

Av. Brasil, 2880
Caixa Postal 271
13001-970 Campinas SP - Brazil
Tel.: +55 19 3241.5793
Tel./Fax.: +55 19 3241.0527



publicacoes@sbcta.org.br