

# Perfil de Textura de Amêndoas de Noz Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) Secas com Aplicação de Energia de Microondas e Ar Quente

## The texture aspect of almonds (*Macadamia integrifolia*) dried with microwave energy and hot air

**Flávio Alves da Silva**

Prof. Dr. Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFG  
*flaviocamp@gmail.com*

**Antonio Marsaioli Junior**

Prof. Dr. Laboratório de Microondas Aplicada/DEA/FEA/UNICAMP  
*tonymars@fea.unicamp.br*

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar os perfis de textura de amêndoas de noz macadâmia (*Macadamia integrifolia*) secas com aplicação de energia de microondas e ar quente, comparando-os com os das amêndoas secas convencionalmente, durante um período de armazenamento de seis meses. Os ensaios de secagem foram realizados em um forno de microondas doméstico adaptado com sistema externo de provisão de ar quente. As análises de textura foram executadas em um texturômetro TAXT2 com corpo de prova tipo agulha. Os resultados obtidos dos perfis de textura ao longo do período de estocagem da amêndoa seca embalada foram: dureza (força máxima em N), entre 8,62 e 13,49 e energia gasta (Ns), entre 20,17 e 32,69. Concluiu-se que as amêndoas de noz macadâmia secas com aplicação de energia de microondas e ar quente apresentaram perfis de textura excelentes e semelhantes aos das amêndoas secas convencionalmente durante todo o período de estocagem.

**Palavras-chave:** noz macadâmia; microondas; textura.

Summary: The research objective was to evaluate the texture profile of macadamia nut kernels (*Macadamia integrifolia*) that were dried with the application of microwave energy and hot air, comparing them with conventionally dried almonds along a six-month storage period. The drying tests were carried out in a domestic microwave oven with an adapted external hot air provision system. The texture analyses were

accomplished with a texture-meter TAXT2 that had a needle probe. Given the data collected during the storage period, the packed dried almonds featured hardness (maximum force - N) between 8,62 and 13,49, and energy consumed (Ns) between 20,17 and 32,69. It could be concluded that the dried almonds obtained by means of the microwave assisted hot air drying process featured excellent textures, which were very similar to those from the conventionally dried almonds throughout the storage period.

**Key words:** macadamia nuts; microwave; texture.

## 1 Introdução

A noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche) é uma árvore da família Proteaceae, originária das florestas tropicais da Austrália, cuja noz é considerada a mais saborosa entre as nozes comercializadas no mundo. A amêndoa é rica em óleos mono insaturados, que são disputados pela indústria de cosméticos na composição de hidratantes e por laboratórios farmacêuticos como redutor dos níveis de colesterol (KAIJSER, DUTTA e SAVAGE, 2000). O óleo pode ser ainda utilizado para cozinhar ou para temperar saladas. A macadâmia tem sido muito consumida como aperitivo quando salgada e torrada, acreditando-se que mais da metade da produção mundial acabe torrada, para servir de acompanhamento a bebidas em reuniões sociais, sendo também excelente para bolos, biscoitos, confeitos de chocolate e doces. A noz macadâmia é uma fonte riquíssima de gordura, de qualidade comparável à do óleo de oliva. Por isso, tornou-se lucrativa para quem a cultiva (TOLEDO PIZA, 2000). Como todas as nozes, a amêndoa contém alta quantidade de óleo. Mason e Wills (1983) relataram que a quantidade de óleo da *Macadamia integrifolia* varia entre 66,3 e 81,2 %, com umidade entre 1 e 1,5 % b.s., dependendo da variedade, da natureza, das práticas de cultivo, etc.

A secagem é um dos mais importantes passos no processamento da macadâmia. Quando se realiza a primeira coleta das nozes durante o período da colheita, a umidade das nozes está em torno de 20 a 30 % b.s., então deve se reduzir rapidamente o nível de umidade para prevenir uma rancidez hidrolítica, bem como o crescimento de fungos. O produtor deve colher rapidamente as nozes e iniciar o processo de redução de umidade imediatamente com ar ambiente até atingir 10% b.s. de umidade. Isto irá proporcionar uma maior estabilidade ao produto. Em seguida, após esta primeira redução da umidade, o produto é enviado para o processador, e este irá reduzir a umidade da noz em casca até 3,5 % b.s. (1,5 % b.s. na amêndoa). As amêndoas com teor de umidade de 1,5 % b.s., embaladas em sacos laminados com aplicação de vácuo e nitrogênio, podem ser armazenadas em condições ambientes por até um ano sem apresentar perdas significativas de qualidade (MASON e McCONACHIE, 1994; PALIPANE e DRISCOLL 1994; LEE, 1998; MAZON e WILLS, 2000). Toledo Piza (2000) relata que, no Brasil e em outros países, a secagem industrial da noz macadâmia é feita em silos secadores com sistema automático de

controle de temperatura, pelo um período de até 6 dias, ocorrendo da seguinte forma: nos primeiros dois dias a secagem é realizada a 40 °C, nos dois dias subsequentes, aumenta-se a temperatura para 50 °C e, nos dois últimos dias, a temperatura é elevada a 60 °C, até atingir a umidade final da amêndoa (1,5 % b.s.).

A energia de microondas vem sendo testada em diversos estudos, onde os resultados obtidos foram bastante satisfatórios. Recentemente Silva e Marsaioli (2004), testaram o uso de energia de microondas combinada com ar quente na secagem de amêndoas de castanha do Brasil, onde os tempos de secagens obtidos foram bem menores, em relação ao tempo gasto na secagem convencional, tendo-se conseguido manter a preservação do produto final por até seis meses. Já Marsaioli et al., 2003, concluíram que o uso de microondas e ar quente na secagem de café cereja descascado promoveu uma redução substancial no tempo de secagem e um melhor controle dos parâmetros do processo, tais como a uniformidade e a estrutura dos grãos, levando a uma qualidade superior. Também, Berteli e Marsaioli, 2005, relataram que o tempo de secagem de macarrão curto seco mediante a combinação de ar quente e microondas foi treze (13) vezes menor quando comparado com o processo convencional de secagem

Nos alimentos em geral, a textura é um dos atributos mais importantes entre aqueles que afetam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Para cada alimento, existe uma série de fatores básicos de qualidade e uma série de características de textura que são apreciados pela maior parte dos consumidores (RODRIGUES, 1999). Cientificamente, a textura é um conceito puramente sensorial, cuja percepção pode se distinguir entre características: mecânicas, geométricas, de composição química, acústicas, visuais e térmicas (FISZMAN, 1998). Assim, a textura é, na realidade, um conjunto de propriedades. No entanto, pode-se afirmar que o estímulo na percepção da textura é principalmente mecânico e, conseqüentemente, quase todos os métodos instrumentais de avaliação de textura são ensaios mecânicos. Os ensaios mecânicos medem as relações entre pressão e deformação dos materiais e através deles, por ensaios instrumentais, determina-se parâmetros como dureza e coesividade, por exemplo. Os texturômetros universais permitem a obtenção de dados de resistência à compressão, ao cisalhamento, extrusão, corte, entre outros, com rapidez e precisão, registrando a resposta do material durante o processo de medição, através de curvas de onde se podem extrair uma série de dados (RODRIGUES, 1999).

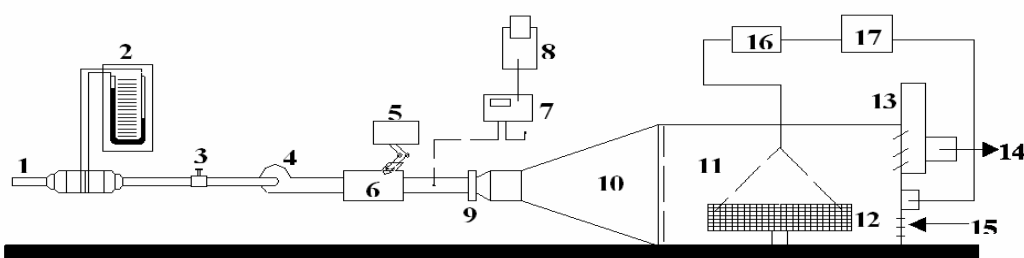
## 2 Material e métodos

A matéria prima utilizada foi a noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche), descarpelada, com umidade média em torno de 10 % b.s., que foi fornecida pela Queen Nut Macadâmia, sediada em Dois Córregos-SP. Para comparar a textura das amêndoas obtidas pelo processo a ar quente assistido à energia de microondas com as obtidas pelo processo convencional industrial, amêndoas secas convencionalmente foram fornecidas pela mesma empresa com umidade em torno

de 1,5 % b.s. provenientes do mesmo lote. A fim de se evitar a perda de umidade da amêndoa e da noz de macadâmia durante o transporte, estas foram embaladas em sacos plásticos laminados com atmosfera modificada de nitrogênio. Após a selagem, as embalagens foram transportadas por via terrestre, até os laboratórios do Departamento de Engenharia de Alimentos/UNICAMP num prazo máximo de quatro horas.

Após o recebimento da noz macadâmia, foram realizados sete ensaios de secagem com aplicação simultânea de microondas e ar quente, seguindo o método do planejamento experimental (BARROS NETO et al., 1996). A secagem da noz macadâmia foi realizada em um forno doméstico adaptado Brastemp, *Double Emission System*, cavidade com volume de 38 litros, modelo BMV38-A, com 900W de potência nominal máxima e ajuste de tempo, para uma operação que permitisse o controle das condições do ar de remoção da umidade gerada pela secagem. Nesse forno, também, foi adaptado um sistema de controle da potência de microondas aplicada em função da temperatura do produto, através de um sensor de temperatura infravermelho marca RAYTEK e de um controlador marca NOVUS. A adaptação do forno pode ser visualizada através da figura 1. Após a secagem da noz macadâmia em casca, as amêndoas foram extraídas e embaladas a vácuo em sacos transparentes [composto de NYLON/polietileno de baixa densidade (PEBD)] e armazenadas durante seis meses em prateleiras em condições ambientes (temperatura em torno de  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ). Da mesma forma, para fins comparativos, as amêndoas secas convencionalmente recebidas da empresa Queen Nut Macadâmia, foram embaladas e armazenadas. As amêndoas secas com aplicação de microondas e ar quente foram codificadas como: MW1, MW2, MW3, MW4, MW5, MW6 e MW7, sendo o código CVL atribuído à amostra seca convencionalmente.

Figura 1 – Adaptação de forno de microondas doméstico



(1) entrada de ar; (2) manômetro; (3) válvula; (4) ventilador; (5) controlador de temperatura; (6) aquecedor elétrico; (7) indicador de temperatura; (8) registrador de temperatura; (9) conector rápido; (10) difusor de ar; (11) cavidade de microondas; (12) cesto de produto; (13) janela de exaustão; (14); saída de ar; (15) ar de resfriamento do gerador de microondas; (16) sensoriamento infravermelho; (17) temperatura de ajuste do controlador para chavear o sistema liga/desliga do magnetron

O método utilizado na determinação de umidade das amostras de amêndoa de noz macadâmia foi o de nº 92540 – Umidades em Nozes e Produtos de Nozes (AOAC, 1997).

A análise da textura foi realizada através do teste de punção (*puncture test*) em um texturômetro TAXT2 (*Texture Technologies Corp*) com corpo de prova tipo agulha (*Needle Probe – PART No. P/2N – Batch No. 2491*). Nesse teste, mediu-se a resistência que a amêndoa oferece ao ser penetrada pelo corpo de prova a uma velocidade constante de 2 mm/seg e por uma distância de 8 mm). A penetração do corpo de prova na amêndoa causa sua fratura e/ou deformação, gerando um gráfico de força x tempo. A dureza das amêndoas foi identificada como a força máxima registrada e a área sob a curva como a energia gasta no processo. Os testes foram realizados nas amêndoas inteiras em cinco repetições para cada tratamento e tempo de armazenamento, sendo que as amêndoas utilizadas foram separadas ao acaso e testadas sempre na mesma orientação.

### 3 Resultados e discussões

A tabela 1 mostra os resultados dos ensaios de secagem da noz macadâmia em casca com aplicação de energia de microondas e ar quente, realizados no forno de microondas adaptado. Os valores de  $X_0$  e  $X_f$  são referentes às umidades iniciais e finais das amostras, em base seca. As densidades de potência (DP, em W/g) na tabela 1 foram calculadas dividindo-se a potência aplicada em cada ciclo de secagem pela média da massa de amostra durante o ciclo. A massa inicial da noz foi fixada em 0,9 kg durante todos os ensaios, a potência de microondas utilizada nos ensaios foi de 300 W e a vazão do ar de entrada e a velocidade do ar foram fixadas em 0,047 m<sup>3</sup>/s e 1,0 m/s, respectivamente. As pesagens das amostras foram realizadas a cada 30 minutos até a finalização da secagem. Os processos de secagem foram conduzidos até a umidade das nozes-em-casca atingir um valor próximo de 3,7% b.s., ou seja, até as amêndoas alcançarem umidade em torno de 1,5% b.s.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios realizados no forno de microondas adaptado

Ensaio nº	DP (W/g)	UR ar (%)	ar (°C)	T ajuste (°C)	T produto (°C)	$X_0$ noz (%)	$X_f$ noz (%)	$X_0$ amêndoa (%)	$X_f$ amêndoa (%)	t teste (min)
MW1	0,349	58,70	8 ± 0,5	64	56 – 61	10,19	3,79	3,60	1,51	330
MW2	0,348	59,60	2 ± 0,5	64	57 – 61	9,80	3,72	3,40	1,50	330
MW3	0,349	57,00	58 ± 0,5	68	60 – 65	9,98	3,70	3,50	1,49	270
MW4	0,349	58,50	62 ± 0,5	68	60 – 65,5	10,19	3,75	3,60	1,52	270
MW5	0,349	58,7	60 ± 0,5	66	58 – 63	9,80	3,73	3,40	1,52	300

Continua

MW6	0,349	56,9	60 ± 0,5	66	59 – 63	9,98	3,74	3,50	1,54	300
MW7	0,349	60,30	60 ± 0,5	66	58 – 63	10,19	3,78	3,60	1,55	300

*DP = densidade de potência, UR = umidade relativa, T = temperatura, t = tempo, X<sub>0</sub> = umidade inicial, X<sub>f</sub> = umidade final*

A tabela 2 apresenta os valores de dureza de amêndoas de noz macadâmia secas com aplicação de energia de microondas e ar quente. A análise de regressão dos valores de dureza obtidos nos testes de textura em função do tempo de armazenamento (Tabela 2) mostrou que existe correlação linear estatisticamente significativa ao nível de significância de  $p \leq 0,05$  apenas para os ensaios MW6 e para a amostra seca convencionalmente (CVL), para os demais ensaios não existe correlação linear significativa.

*Tabela 2 – Dureza de amêndoas de noz macadâmia (M. integrifolia) secas com aplicação de energia de microondas e ar quente*

<b>Dureza (Força máxima em N)</b>								
<b>Tempo (dias)</b>	<b>MW1</b>	<b>MW2</b>	<b>MW3</b>	<b>MW4</b>	<b>MW5</b>	<b>MW6</b>	<b>MW7</b>	<b>CVL</b>
0	8,62 <sup>b</sup>	9,60 <sup>b</sup>	7,98 <sup>b</sup>	8,91 <sup>b</sup>	10,84 <sup>ab</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,07 <sup>bc</sup>	9,86 <sup>a</sup>
60	9,90 <sup>ab</sup>	9,65 <sup>ab</sup>	7,86 <sup>b</sup>	9,07 <sup>b</sup>	9,96 <sup>b</sup>	12,26 <sup>a</sup>	8,83 <sup>c</sup>	12,13 <sup>a</sup>
120	10,84	9,42 <sup>b</sup>	8,25 <sup>b</sup>	11,18 <sup>ab</sup>	8,86 <sup>b</sup>	11,25 <sup>a</sup>	9,67 <sup>abc</sup>	10,33 <sup>a</sup>
180	11,40	11,58 <sup>a</sup>	10,56 <sup>a</sup>	13,49 <sup>a</sup>	12,37 <sup>a</sup>	11,65 <sup>a</sup>	11,30 <sup>a</sup>	12,67 <sup>a</sup>

*Em cada coluna amostras com a mesma letra não são significativamente diferentes (5% / Tukey)*

Através do teste de Tukey, foi possível verificar que para os ensaios MW5, MW6 e para a amostra seca convencionalmente (CVL) não houve diferença significativa de textura em relação à amostra inicial durante todo o período de armazenamento, enquanto que para as outras amostras (MW1, MW2, MW3, MW4 e MW7) esta primeira diferença significativa ocorreu somente no final do período de armazenamento. Pelas figuras 2 e 3, observou-se através dos perfis das curvas obtidas nos testes de textura uma diferença de comportamento das amêndoas para os tempos inicial e final do armazenamento, porém, esta diferença não é muito evidenciada pela força máxima para fraturar ou perfurar a amêndoa.

A área sob a curva (Figuras 2 e 3) representa a energia necessária para realizar cada teste e, através da tabela 3 podemos verificar os valores de energia gasta em cada teste. Analisando estatisticamente estes valores, pode-se verificar que existe correlação linear estatisticamente significativa ao nível de significância de  $p \leq 0,05$  apenas para os ensaios MW1 e MW6, para os demais ensaios isto não ocorreu.

Tabela 3 – Energia gasta nos testes de textura para amêndoas de noz macadâmia (*M. integrifolia*) secas com aplicação de energia de microondas e ar quente

Energia (Ns)								
Tempo (dias)	MW1	MW2	MW3	MW4	MW5	MW6	MW7	CVL
0	20,79 <sup>a</sup>	22,60 <sup>b</sup>	20,17 <sup>b</sup>	21,56 <sup>b</sup>	25,49 <sup>a</sup>	23,65 <sup>a</sup>	25,11 <sup>ab</sup>	26,25 <sup>a</sup>
60	22,56 <sup>a</sup>	21,73 <sup>b</sup>	21,12 <sup>b</sup>	21,45 <sup>b</sup>	23,90 <sup>ab</sup>	31,37 <sup>a</sup>	20,51 <sup>b</sup>	27,96 <sup>a</sup>
120	26,61 <sup>a</sup>	22,63 <sup>b</sup>	20,43 <sup>b</sup>	29,34 <sup>ab</sup>	20,71 <sup>b</sup>	27,31 <sup>a</sup>	22,47 <sup>b</sup>	24,51 <sup>ab</sup>
180	29,19 <sup>a</sup>	29,33 <sup>a</sup>	26,47 <sup>a</sup>	32,14 <sup>a</sup>	31,56 <sup>a</sup>	28,63 <sup>a</sup>	29,56 <sup>a</sup>	32,69 <sup>a</sup>

Em cada coluna amostras com a mesma letra não são significativamente diferentes (5% / Tukey)

O teste de Tukey mostrou que para as amostras dos ensaios MW1, MW6 não houve diferença significativa da energia gasta em relação à amostra inicial durante todo o período de armazenamento, enquanto que para as amostras dos ensaios MW2, MW3, MW7 e para a amostra seca convencionalmente (CVL) a primeira diferença significativa ocorreu somente no final do período de armazenamento, enquanto que para os ensaios MW4 e MW5 esta diferença ocorreu aos 120 dias do período de armazenamento.

Analisando as figuras 2 e 3, que mostram o comportamento de cada uma das amostras dos diferentes ensaios em função do tempo de armazenamento, é possível verificar que a alteração do comportamento da textura é gradual, com um aumento de área sob a curva. Também através destes gráficos, foi verificado durante o armazenamento, deformação da amêndoa e conseqüente deslocamento do pico máximo, com maior necessidade de energia para a realização do teste. Este aumento na deformação é acompanhado ainda pela adesividade que ficou um pouco mais evidenciada no ensaio MW5, nos outros ensaios praticamente não existiu. Para verificar tal fenômeno, talvez fosse necessário um maior tempo de armazenamento das amostras. A adesividade é representada nos gráficos pelos picos na porção negativa de força e ao final de cada teste.

Figura 2 – Perfis de textura de amêndoas de noz macadâmia secas com aplicação de energia de microondas e ar quente (Ensaíos MW1, MW2, MW3 e MW4)

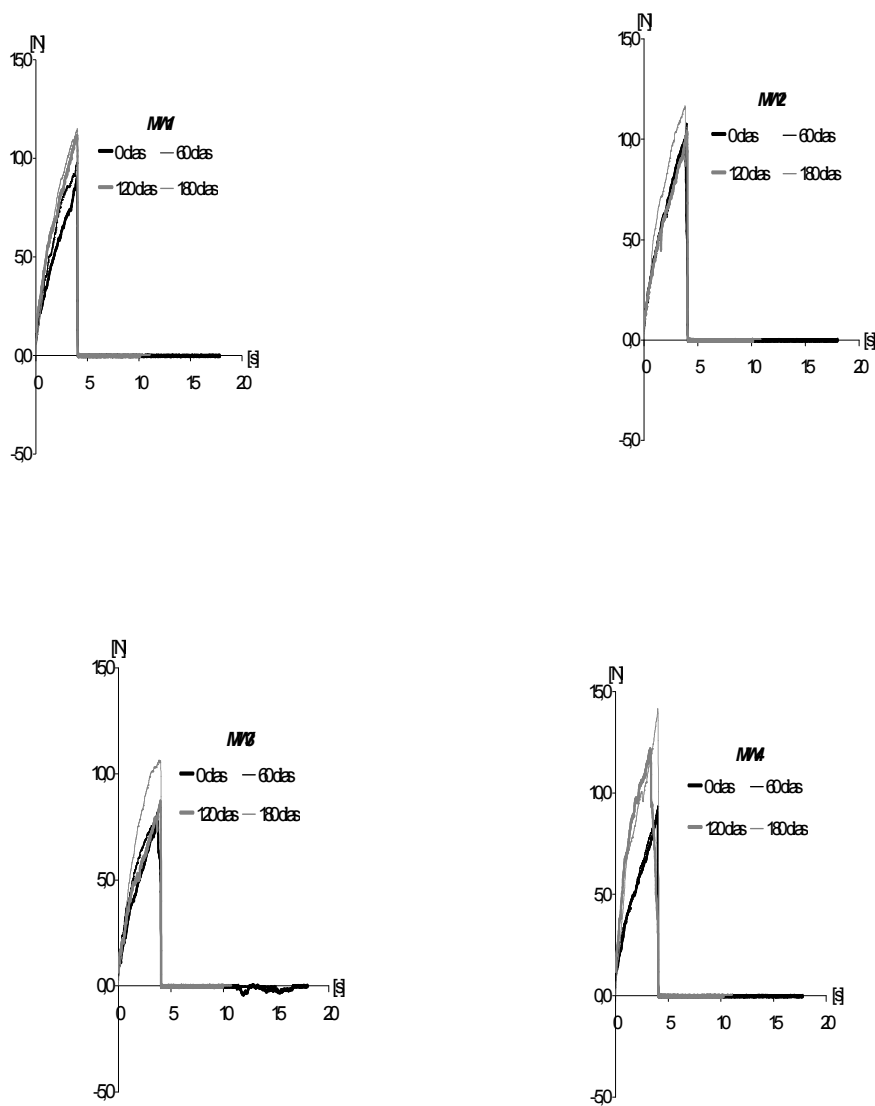
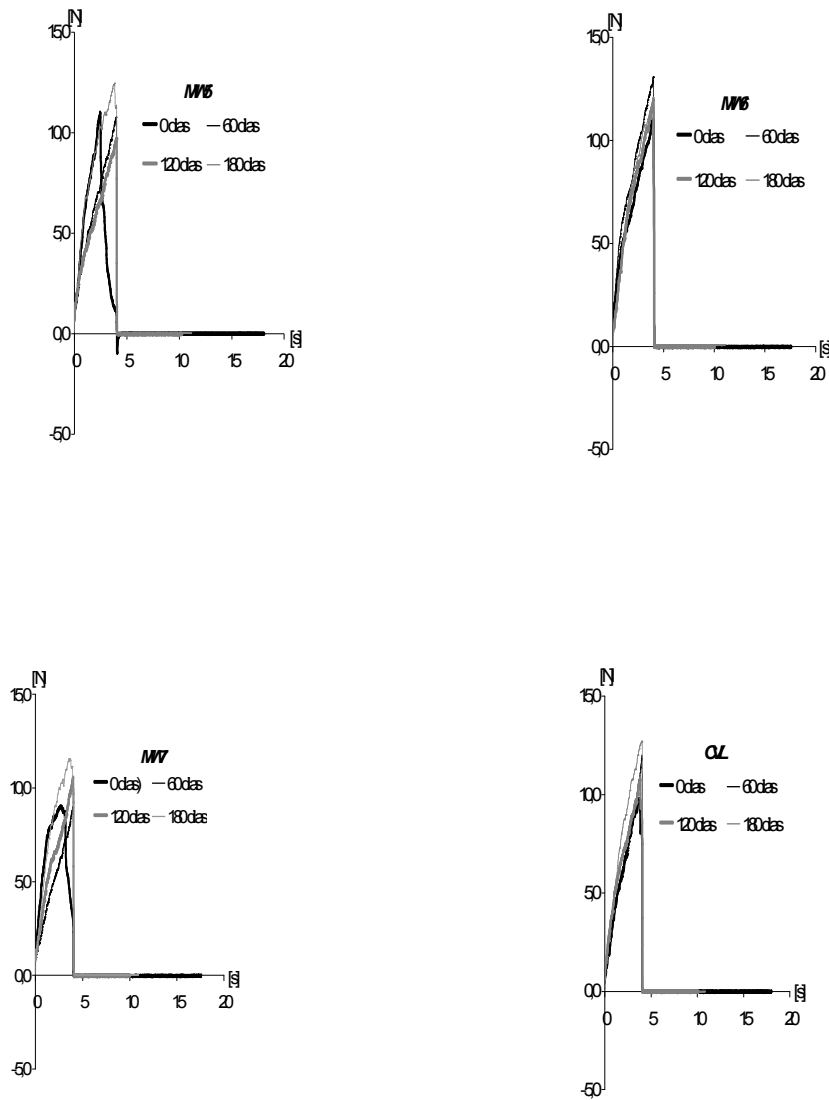




Figura 3 – Perfis de textura de amêndoas de noz macadâmia secas com aplicação de energia de microondas e ar quente (Ensaíos MW5, MW6, MW7) e secas convencionalmente (CVL)



Foi possível, também, perceber pelos gráficos que o grau de alteração de textura (energia) foi maior para a amostra seca convencionalmente (CVL) e para os ensaios MW4, MW5 e MW6. No entanto, estas alterações não foram abruptas, o que significa dizer que estas amostras não apresentaram grandes alterações nos seus

teores de umidade durante o armazenamento, pois o contrário poderia gerar uma maior deformação e aumento de energia. Isto provavelmente se deve à forma pela qual as amostras foram embaladas (uso de vácuo) e ao tipo de embalagem utilizada (NYLON/PEBD).

#### 4 Conclusão

Conclui-se que o processo de secagem de noz macadâmia com aplicação de energia de microondas e ar quente apresentou amêndoas secas com perfis de textura sem grandes alterações e, conseqüentemente, amêndoas com perfis de textura semelhantes aos das amêndoas secas convencionalmente durante um período de seis meses de armazenamento, ou seja, a técnica de secagem com aplicação de energia de microondas e ar quente não prejudica a textura da amêndoa quando comparada ao processo convencional de secagem.

#### 5 Agradecimentos

Os autores agradecem à COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR – CAPES, Brasília, DF, BRASIL, pela Bolsa de Doutorado associada a este trabalho.

#### 6 Referências

AOAC – Nuts and Nut Products. In: **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist's**. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 2v., cap. 40, p.40, 1997.

BARROS NETO, B.; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, 1996.

BERTELI, M. N.; MARSAIOLI, Jr., A. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. **Journal of Food Engineering**, 68, 175–183, 2005.

FISZMAN, S. Bases teóricas de la determinación de la textura de alimentos sólidos. **Curso de Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias**. p.1-11, ITAL, 1989.

KAIJSER, A.; DUTTA, P.; SAVAGE, G. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. **Food Chemistry**, 71, 67-70, 2000.

LEE, P. **Macadamia grower's handbook**. SAMAC – The Southern African Macadamia Growers Association, Tzaneen and Africa do Soul, 1998. 65p.

MARSAIOLI, Jr. A.; CUNHA, M. L.; CANTO; M. W. Secagem de Café Cereja Descascado por Ar Quente e Microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Brasil, v.23, n.3, p.381-385, 2003.

MASON, R. L.; WILLS, R. B. H. Evaluation of the use of specific gravity as an objective index of the quality of Australian macadamia nuts. **Food Technology**, Australia, p.245-248, 1983.

MASON, R. L.; McCONACHIE, I. A hard nut to crack. A review of the Australian macadamia nut industry. **Food Australia**, 46(10), 466-471, 1994.

MASON, R. L.; WILLS, R. B. H. Macadamia nut quality research: The processing challenge. **Food Australia**, 52(9), 416-419, 2000.

PALIPANE, K. B.; DRISCOLL, R. H. The Thin-Layer Drying Characteristics of Macadamia In-shell Nuts and Kernel. **Journal of Food Engineering**, 23(2), 129-144, 1994.

RODRIGUES, A. C. C. **Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente**. Campinas, 1999. 98p. Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia de Alimentos da FEA/UNICAMP.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, Jr., A. Estudo comparativo da conservação de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) seca por microondas e convencionalmente. **B. CEPPA**, Curitiba. v.22, n.2, p.387-404, 2004.

TOLEDO PIZA, P. L. B. **Segunda etapa de secagem da noz macadâmia**. Botucatu, 2000. 93 p. Tese (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP.