

Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante armazenamento

Daniela D.G. Castro Freitas

Departamento de Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, Brasil

RESUMO. Estudos sobre barra de cereais vêm reportando características e preferências de consumidores em análise sensorial e crescimento do mercado, porém, pouca informação tem sido publicada sobre dados físico-químicos e suas propriedades de textura. Assim, este trabalho vem estabelecer informações sobre o armazenamento de uma formulação de barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico à base de proteína de soja e gérmen de trigo, acondicionadas em três filmes de embalagem diferentes (A: PET/PEBD; B: PETmet/PEBD; C: PET/PEBD/AL/PEBD) durante 6 meses em condições de temperatura ($25\pm 2^\circ\text{C}$) e umidade relativa (56%) ambiente. Foram determinados a umidade, atividade de água, pH e acidez total das barras de cereais. As medidas texturais acompanhadas foram resistência ao corte, dureza e coesividade. As barras de cereais apresentaram variações na atividade de água (A_w), umidade e acidez total durante o armazenamento. A umidade das barras de cereais tendeu a um aumento, o que acarretou influência significativa ($p=0,05$) nas características de textura de resistência ao corte e dureza das barras de cereais, nos diferentes filmes de embalagens testados. O aumento nos valores de resistência ao corte (A: 4756,5N; B: 5093,0N; C: 5575,6N) aos 45 dias de estocagem foram atribuídos a possível cristalização do xarope de aglutinação das barras. A proteína texturizada de soja utilizada na formulação também pode ter contribuído para este fato por sua característica higroscópica, além de interferir na diminuição das medidas de coesividade (deformação) ao longo do tempo. O efeito das diferentes propriedades de barreira dos filmes de embalagens testados foi significativo ($p\leq 0,05$) na estabilidade das barras de cereais ao longo do período de estocagem.

Palavras-chave: Barra de cereais, proteína de soja, gérmen de trigo, estocagem.

SUMMARY. Cereal bars with soy protein and wheat germ, physicochemical characteristics and texture during the storage. Studies analyzing cereal bars have reported on consumer characteristics and preferences in sensory analyses and on their market growth, however little has been published on their physicochemical data and texture properties. Thus the objective of this research was to provide information about the storage of a cereal bar formulation with high protein and vitamin levels based on soy protein and wheat germ, packaged in 3 different films (A: PET/PEBD; B: PETmet/PEBD; C: PET/PEBD/AL/PEBD), during 6 months under environmental conditions of temperature ($25\pm 2^\circ\text{C}$) and relative humidity (56%). The moisture content, water activity, pH and total acidity of the cereal bars were determined. The textural measurements accompanied during storage were breaking strength, hardness and cohesiveness. The cereal bars presented variations in water activity (A_w), moisture content and total acidity during storage. The moisture content of the bars tended to increase, which led to a significant ($p=0,05$) influence on the texture characteristics of breaking strength and hardness, in the different packaging films tested. The increase in the values for breaking strength (A: 4756,5N; B: 5093,0N; C: 5575,6N) at 45 days of storage was attributed to a possible crystallization of the agglutinating syrup used for the bars. The textured soy protein used in the formulation could also have contributed to this fact due to its hygroscopic character, also interfering in the decrease in the cohesiveness measurements (deformation) with time. The effect of the different barrier properties of the packaging films tested was significant ($p\leq 0,05$) in the stability of the cereal bars during storage.

Key words: Cereal bars, soy protein, wheat germ, storage.

INTRODUÇÃO

Vários produtos comerciais hoje aproveitam as características oferecidas pela proteína de soja. Processadores de alimentos voltados para nutrição esportiva desenvolvem seus produtos diante do desafio de proporcionar combinações de seus ingredientes para melhorar a performance, enquanto que ao mesmo tempo o produto apresente sabor, textura e

aparência atrativos. A adição de proteínas na dieta é utilizada frequentemente devido à necessidade de aminoácidos essenciais não produzidos pelo corpo, que devem ser supridos pela dieta. Além disso, a soja possui isoflavonas e outras substâncias capazes de atuar na prevenção de doenças crônico-degenerativas. As isoflavonas podem também agir na redução da incidência de doenças do coração e nas disfunções das taxas colesterolêmicas (1). Para os processadores de alimentos e

suplementos esportivos, a proteína de soja contribui de maneira viável nas características funcionais em processamentos oferecendo também completa digestibilidade. Os isolados e concentrados de proteína de soja são facilmente digeridos pelos humanos e equivalem na qualidade das proteínas do leite, carnes e ovos. Os concentrados texturizados de soja são utilizados em uma variedade de extrusados de formas, tamanhos e cores que podem ser adaptados a muitos tipos de alimentos processados (2).

Paralelamente, a popularidade de barra de cereais está agora entre os mais sofisticados consumidores através de apelos como "ingredientes naturais" e "saúde" (3). Segundo Hollingsworth (4), a categoria de "snacks" teve um crescimento fenomenal de 25% entre os anos de 1999 e 2002. Portabilidade, sabor e valor nutricional são parte da equação de sucesso neste competitivo mercado.

A expansão do mercado de barra de cereais vem se mostrando favorável até agora, mas desde que inovações como produtos saudáveis, de alto teor de fibras e baixo teor de gorduras expandiram, uma maior competição vem se destacando (5). Um trabalho de Boustani e Mitchell (6) examinou a opinião de consumidores de barra de cereais e constatou que respostas associadas com alimento saudável, e apelos relacionando "saúde" e "sabor", são as razões de compra do produto. "Snacks" e produtos açucarados continuam sendo uma fatia dominante na dieta desses consumidores, ancorados, ambos processadores e consumidores, na imagem saudável destes produtos.

Alguns estudos sobre barra de cereais vêm reportando características e preferências de consumidores em análise sensorial e crescimento do mercado. A partir da última década, o crescimento do segmento de barra de cereais nos Estados Unidos foi catalisado por produtos inovadores focados em saúde e conveniência, conforme o relato de Boustani e Mitchell (6), que investigou os apelos envolvidos no marketing de barra de cereais. Só nos dois últimos anos, o consumo americano aumentou cerca de 40%, o equivalente a US\$ 2,9 bilhões. No Brasil, atualmente, consome-se US\$ 4 milhões de barras de cereais por ano (7). Porém, pouca informação tem sido publicada sobre dados físico-químicos e suas propriedades de textura.

Assim, considerando que o consumo de barras de cereais vem conquistando grande importância, e visando o aproveitamento da proteína de soja, cada vez mais usada em alimentos funcionais, o objetivo deste trabalho foi estabelecer informações sobre características físico-químicas e de textura de uma formulação de barra de cereais desenvolvida para fornecer elevado teor protéico e vitamínico, acondicionadas em três filmes de embalagem diferentes durante o armazenamento. Gérmen de trigo, aveia, melão de cana, vitamina C e vitamina E foram inseridos à formulação com o objetivo de conferir maior conteúdo de vitaminas e minerais, além de inovar no uso de ingredientes normalmente não utilizados nas formulações convencionais de barras de cereais encontradas no mercado.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

A barra de cereais foi manufaturada utilizando-se os seguintes ingredientes: proteína texturizada de soja MÅXTEN R-120 (Bunge Alimentos S/A, Esteio/RS - Brasil), gérmen de trigo (torrado a 180°C por 8 minutos após ter o teor de umidade aumentado a 28% e distribuído em bandejas numa proporção de 0,1 g/cm²) e aveia em flocos (Natu's Alimentos Naturais, Hortolândia/SP - Brasil), banana desidratada (Naturama Produtos Naturais Ltda., Campinas/SP - Brasil).

A aglutinação dos ingredientes foi feita com uma mistura açúcar cristal e melão de cana na proporção de (95:5), xarope de glicose de milho EXCELL tipo 1040 e maltodextrina MOR REX 1910 (Corn Prods Brasil, Balsa Nova/PR, Brasil) e materiais gordurosos lecitina de soja LECSAM L e gordura vegetal hidrogenada (Bunge Alimentos S/A, Esteio/RS, Brasil). O produto foi enriquecido com as vitaminas ácido ascórbico e acetato de α -tocoferol 50% (Roche Vitaminas Brasil Ltda., São Paulo/SP, Brasil). A Tabela 1 mostra a formulação da barra de cereais desenvolvida. A composição aproximada dos principais ingredientes utilizados e da barra de cereais está descrita na Tabela 2.

TABELA 1

Proporção dos ingredientes usados na manufatura das barras de cereais de elevado teor protéico e vitamínico

	(%)
Ingredientes secos	45,5
Açúcares	44,5
Materiais gordurosos	7,5
Água	2,5

TABELA 2

Composição centesimal aproximada (% base úmida) das matérias-primas e da barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico

Componente	Proteína texturizada de soja	Aveia	Gérmen de trigo	Barra de cereais
Proteínas (N x 6,25)	53,41±0,127	14,50±0,097	35,32±0,178*	15,31±0,035
Matéria Graxa	0,36±0,005	7,84±0,069	10,57±0,029	5,64±0,05
Fibras Totais	15,30±0,001	10,38±0,001	12,77±0,003	5,17±0,004
Fibras Insolúveis	11,35±0,003	7,78±0,001	10,41±0,004	4,30±0,004
Fibras Solúveis	3,94±0,003	2,60±0,002	2,37±0,006	0,87±0,0007
Cinzas	6,45±0,039	1,80±0,001	4,58±0,186	2,20±0,009
Umidade	2,92±0,054	9,42±0,091	10,99±0,192	10,71±0,25
Carboidratos**	21,56	56,06	22,36	60,97

Freitas e Moretti (2004)

* Proteína, % (N x 5,7)

** teor de carboidratos calculado por diferença.

Foram utilizados três filmes de embalagem de composição e características de espessura, taxa de permeabilidade ao va-

por de água (TPVA) e ao oxigênio (TPO₂) diferentes, descritas na Tabela 3.

TABELA 3
Especificações técnicas e propriedades de barreira dos filmes de embalagem

	Composição*	g /m ² *	Espessura (mm)	TPO ₂ (cm ³ /m ² .dia.atm)	TPVA (g água/m ² .dia)
Embalagem A	Poliéster (PET)	17,0	0,0760	0,215	6,713
	Tintas	3,9			
	Adesivo	2,0			
Embalagem B	Poliétileno (PEBD)	65,0	0,0556	0,160	7,113
	Poliéster (PET)	17,0			
	Tintas	4,5			
	Metalização (met)	0,1			
	Adesivo	2,0			
Embalagem C	Poliétileno (PEBD)	45,0	0,0842	0,120	3,633
	Poliéster (PET)	17,0			
	Tintas	4,1			
	Poliétileno (PEBD)	15,0			
	Alumínio (AL)	21,6			
	Poliétileno (PEBD)	45,0			

Freitas e Moretti (2004)

* dados fornecidos pelo fabricante Shellmar Embalagens Modernas Ltda., São Paulo/SP, Brasil

†TPO₂: Taxa de permeabilidade ao oxigênio ‡TPVA: Taxa de permeabilidade ao vapor de água

Métodos

Para a preparação do xarope de aglutinação, os ingredientes foram aquecidos sob agitação, com acompanhamento do teor de sólidos solúveis totais em refratômetro digital Leica AR200 (Leica Microsystems Inc., EUA), até a obtenção de um xarope de 85-89° Brix. Os ingredientes secos foram misturados ao xarope de aglutinação à temperatura em torno de 95°C, seguida de enformagem e prensagem, para a obtenção de forma. Após resfriamento, as barras de cereais foram desenformadas e cortadas em tamanhos retangulares de aproximadamente 90mm X 30mm X 15mm, de peso constante de 25 gramas cada unidade. As barras de cereais foram então acondicionadas individualmente em embalagens de filme flexível.

As barras de cereais foram armazenadas em condições de temperatura (25±2°C) e umidade relativa (56% em média) ambiente por um período de seis meses. As características físico-químicas e de textura foram verificadas durante o armazenamento, sendo estas determinações realizadas logo após o processamento e em intervalos de 45 dias, conforme ASTM (8).

Características físico-químicas

Foram realizadas as determinações de umidade, através do método descrito pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (9); atividade de água em aparelho AQUA Lab CX 2 (Degagon Devices Inc., Washington -EUA); pH em aparelho Digimed DM-20 (Digicron Analítica Ltda., São Paulo, Brasil); e acidez total titulável, pelo método padrão AOAC (10).

Textura instrumental

Resistência ao corte, dureza e coesividade (deformação) foram determinados com o analisador de textura TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra), segundo Onwulata et al. (11). A força de corte foi definida pela medida da máxima força requerida para quebrar as amostras de barras de cereais (peças de aproximadamente 45mm X 30mm X 15mm) utilizando-se o "probe" Warner-Bratzler na velocidade de 0,2mm/s. A dureza foi medida pela penetração das amostras com um "probe" de 6mm, sendo a medida da máxima força no ciclo da primeira compressão. A coesividade foi determinada como a razão entre as forças representadas pela altura das áreas da primeira e segunda compressão. A velocidade para as medidas foi de 1mm/s e as medidas foram realizadas a temperatura de 25°C. Os dados reportados são médias de 10 testes.

Análise dos dados

As amostras foram retiradas aleatoriamente para análise durante o período de armazenamento, sendo constituída de três unidades de cada embalagem para as determinações físico-químicas e cinco unidades de cada embalagem para as medidas de textura instrumental. Os dados obtidos foram avaliados pelo método de análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey, ambos do software estatístico SAS (12).

RESULTADOS

Os valores de atividade de água (A_w), umidade, acidez total e pH da barra de cereais armazenadas nas três diferentes embalagens durante 180 dias estão descritos na Tabela 4.

Os resultados para as medidas texturais de resistência ao corte, dureza e coesividade (deformação) das barras de cereais durante o armazenamento estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 4
Características físico-químicas das barras de cereais durante armazenamento

	Dias	A_w	Umidade (%)	Acidez total (ml de NaOH)	pH
Embalagem A	0	0,613 ^c	10,190 ^c	8,875 ^a	4,84 ^b
	45	0,654 ^a	10,866 ^{bc}	7,167 ^{bc}	5,23 ^a
	90	0,643 ^b	12,350 ^a	7,100 ^{bc}	5,14 ^a
	135	0,648 ^{ba}	11,465 ^{ba}	6,466 ^c	5,17 ^a
	180	0,646 ^{ba}	11,810 ^a	7,700 ^b	5,14 ^a
Embalagem B	0	0,628 ^b	11,345 ^b	8,050 ^a	4,83 ^c
	45	0,663 ^a	11,616 ^{ba}	8,167 ^a	5,17 ^b
	90	0,619 ^b	11,600 ^{ba}	6,033 ^b	5,17 ^b
	135	0,652 ^a	11,517 ^{ba}	7,200 ^{ba}	5,32 ^a
	180	0,664 ^a	12,086 ^a	8,000 ^a	5,21 ^b
Embalagem C	0	0,649 ^c	10,930 ^a	8,850 ^b	4,91 ^c
	45	0,656 ^{cb}	11,196 ^a	8,100 ^{bc}	5,23 ^a
	90	0,666 ^{ba}	11,323 ^a	6,333 ^d	5,17 ^b
	135	0,672 ^a	11,867 ^a	7,900 ^c	5,32 ^{ba}
	180	0,654 ^{cb}	11,397 ^a	9,833 ^a	5,16 ^b

* dados são médias de três replicatas. †Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$).

‡Embalagem A: PET/PEBD; embalagem B: PETmet/PEBD; embalagem C: PET/PEBD/AL/PEBD

DISCUSSÃO

Características físico-químicas

A A_w das barras durante o período de estocagem tendeu a variações com nível próximo a 0,64 nas três embalagens utilizadas. Notou-se que as maiores variações aconteceram até 135 dias, no entanto, apenas na embalagem C (PET/PEBD/AL/PEBD) houve um aumento gradativo da A_w durante este período. Estas pequenas variações podem ter ocorrido devido à característica heterogênea das amostras de barra de cereais, bem como variações na manufatura dos lotes.

A umidade das barras de cereais tendeu a um aumento, sendo que variações significativas aconteceram nos filmes A (PET/PEBD) e B (PETmet/PEBD), de menor barreira ao vapor de água (TPVA de 6,713 e 7,113 g água/m².dia, respectivamente). A umidade das barras durante todo o período de estocagem na embalagem C (PET/PE/AL/PEBD) não diferiu estatisticamente, confirmando melhor barreira conseqüente à folha de alumínio em sua composição.

TABELA 5
Medidas de textura instrumental das barras de cereais durante armazenamento

Tempo (dias)	Embalagem		
	A	B	C
<i>Resistência ao corte (N)</i>			
0	^c 2206,0 ^a	^c 3096,2 ^a	^b 2502,1 ^a
45	^a 4756,5 ^b	^a 5093,0 ^a	^a 5575,6 ^a
90	^b 3637,6 ^b	^{ba} 4240,1 ^a	^a 4925,3 ^b
135	^{cb} 2890,9 ^c	^{ba} 3912,9 ^a	^a 5826,1 ^{ab}
180	^b 2709,5 ^b	^b 3983,2 ^{ab}	^a 5488,8 ^a
<i>Dureza (N)</i>			
0	^a 1170,6 ^a	^a 1346,04 ^a	^a 1031,46 ^b
45	^{ab} 941,42 ^b	^a 1357,7 ^a	^a 1361,0 ^a
90	^{ab} 1007,0 ^a	^{ba} 942,7 ^{ab}	^a 1241,5 ^a
135	^{ab} 798,9 ^{ab}	^{ba} 989,6 ^a	^a 947,2 ^a
180	^b 731,2 ^b	^b 722,1 ^b	^a 1197,9 ^a
<i>Coesividade</i>			
0	^a 0,148 ^b	^b 0,060 ^a	^a 0,089 ^c
45	^b 0,101 ^a	^b 0,056 ^a	^b 0,066 ^a
90	^c 0,042 ^a	^b 0,032 ^a	^c 0,037 ^a
135	^{cb} 0,066 ^a	^b 0,050 ^a	^{cb} 0,055 ^a
180	^c 0,043 ^b	^a 0,028 ^a	^{cb} 0,047 ^{ab}

^{a-c}: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$)

^{A-C}: Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$)

* Embalagem A: PET/PEBD; embalagem B: PETmet/PEBD; embalagem C: PET/PEBD/AL/PEBD

A acidez total das barras de cereais mostrou grande variação durante todo o período de estocagem, nos três diferentes filmes de embalagem. Houve uma tendência de decréscimo no período de 90 dias, seguido de um aumento até o final do experimento, supostamente pela degradação do ácido ascórbico adicionado na formulação. O posterior aumento poderia estar relacionado a processos de degradação microbiológica ou ação de degradação de lipídeos (presença de ácidos graxos provenientes da hidrólise dos glicerídeos). Para qualquer tipo de bactéria, o valor mínimo de atividade de água requerido para o crescimento é de 0,75 (bactérias halófilas), enquanto que as leveduras osmófilas e fungos xerófilos são capazes de se desenvolver em atividade de água de 0,61 e 0,65, respectivamente, usando como substrato açúcares e glicose, originando produtos como ácido cítrico, ácido glucônico, e ácidos oléico, linoléico, e palmítico (13, 14).

Observou-se um aumento significativo de pH nas barras de cereais aos 45 dias de estocagem, associado à diminuição da acidez total das barras, nos três tipos de filmes de embalagem. Ligeiras variações ocorreram após este período, em torno do valor de pH 5,2.

Textura instrumental

A manufatura das barras de cereais foi realizada em três lotes diferentes a partir de uma mesma formulação, para cada tipo de filme de embalagem, o que explicaria variações nas medidas texturais nas determinações pós-processamento (tempo 0). Segundo DeMan et al. (15), os fatores responsáveis pelas variações naturais de textura em alimentos são as diferenças na composição química ou forças físicas que atuam sobre ele. Neste caso, variáveis do produto e na força empregada no processo manual de prensagem das barras contribuíram para a variabilidade das medidas, uma vez que houve uma padronização das condições em que os testes texturais foram efetuados. A importância da padronização dos testes é baseada nos fatos de que a medida de força de corte depende da espessura do probe, é proporcional à área do corte transversal e aumenta linearmente com a espessura da amostra acima da faixa de 2-13 mm. As medidas de deformação são dependentes da área e perímetro da punção (16).

As barras de cereais apresentaram estrutura heterogênea considerando-se as formas e tamanhos dos seus ingredientes inteiros, assim como variações de espessura ao longo do comprimento. Gaines (17) afirma que produtos de panificação apresentam variabilidade de amostra para amostra, lote para lote e, as variações nas medidas de textura vem do método, do instrumento e condições utilizados no teste ou das próprias amostras. O mesmo se considera nas medidas instrumentais de cookies e crackers, medidas que se tornam complicadas por sua natureza heterogênea e inconstante estrutura.

Antes da medida de textura ser efetuada, a quantidade de exposição do produto à umidade, temperatura e pressão de vapor ambiente influencia a natureza física e, conseqüentemente, a textura do produto (17). As barras de cereais foram retiradas das embalagens imediatamente antes da realização das medidas e, portanto, as variações durante o armazenamento foram atribuídas a influência das propriedades de barreira das embalagens testadas.

Durante o período de armazenamento, a relação entre as medidas instrumentais de textura das barras de cereais e o tempo foi avaliada através da Análise de Variância (ANOVA). A força máxima de corte, dureza e coesividade apresentaram correlação significativa ($p \leq 0,05$) com o tempo de estocagem nas barras de cereais armazenadas em filme de PET/PEBD (Embalagem A) e PETmet/PEBD (Embalagem B). Este fato deve ser explicado devido as menores propriedades de barreira ao ambiente destes filmes. Para o filme de embalagem C (PET/PEBD/AL/PEBD), somente a medida de coesividade apresentou correlação significativa ($p \leq 0,05$) com o tempo.

Houve um aumento significativo da resistência ao corte aos 45 dias de armazenamento nas barras de cereais armazenadas nos filmes avaliados. Um estudo realizado por Jin, Hsieh e Huff (18) em um preparado de milho extrusado

observou que a força de quebra aumenta com o aumento do conteúdo de fibras e açúcar do extrusado. Considerando-se pequenas variações na composição química dos lotes, este fato foi atribuído a possível cristalização do xarope de aglutinação após o resfriamento completo das barras de cereais. O xarope preparado e aquecido até a concentração final de 85-89° Brix pode ter sofrido uma supersaturação, que acontece mediante a evaporação do solvente, ou abaixando-se a temperatura de uma solução não-saturada, ocorrendo a diminuição da solubilidade dos açúcares (19). A proteína texturizada de soja, principal ingrediente da formulação das barras numa proporção de 15,4 g/100g, tem capacidade de absorver água, podendo ter contribuído para a supersaturação do xarope. No processo de cristalização, a velocidade com que as moléculas se arranjam na fase de crescimento dos cristais depende de suas formas e tamanhos, e também da intensidade das forças que os unem. Uma solução de sacarose satura facilmente, mas nos casos onde se realiza o batimento da solução, a nucleação e o crescimento dos cristais são imediatos (20).

Uma diminuição gradativa da força de quebra ocorreu nas barras de cereais dos filmes A e B (PET/PEBD e PETmet/PEBD) após 45 dias de estocagem e pode ser explicada pelo ganho significativo de umidade nas barras de cereais ao longo do tempo (Tabela 4) nestas embalagens. O conteúdo de umidade de um produto promove diferenças e significativa influência em vários aspectos de medidas de textura em produtos de baixo teor de umidade (17). Gómez, Coll e Gutiérrez (21) estudaram a força de quebra e dureza de massa de pastel frente ao teor de umidade da mesma. Observou-se que ambos os parâmetros diminuem com o aumento da umidade, sendo esta diminuição superior para a dureza. Este fato é confirmado pelo comportamento das barras de cereais armazenadas no filme C (PET/PEBD/AL/PEBD), que conferiu maior barreira ao ganho de umidade, não permitindo a diminuição da força de quebra ao longo do período de estocagem.

A dependência da umidade para as medidas de dureza também foi observada. Os filmes A e B, de menor barreira à umidade, permitiram a diminuição significativa ($p \leq 0,05$) da medida durante o armazenamento, não havendo diferença significativa na dureza das barras de cereais estocadas no filme C durante todo o período.

A coesividade das barras de cereais tendeu a um declínio significativo durante 90 dias de armazenamento, não variando significativamente após este período para os três filmes de embalagem. A coesividade é uma medida de deformação, que relata a mudança de altura ou diâmetro de um alimento sob a aplicação de uma força (16). Segundo Gómez, Coll e Gutiérrez (21), os valores de deformação tendem a aumentar com o aumento de umidade em massa de pastel. No entanto, os dados obtidos nas barras de cereais foram opostos, possivelmente devido a diferenças nas condições dos testes e da complexidade

na composição das barras. Pode-se considerar ainda, que a absorção de água do xarope de aglutinação pela proteína texturizada de soja tenha diminuído a elasticidade das barras de cereais, e esta medida seja menos dependente do conteúdo de umidade.

Os valores elevados da medida de força de corte e dureza das barras de cereais nem sempre estão associados à baixa aceitação sensorial do produto. Geralmente, produtos formulados com alto teor de fibras resultam em produtos mais densos e duros, o que não implica que terão menor aceitação. Anderson et al. (22) obtiveram sucesso na aceitação de pães contendo 20,4% de fibras totais, embora o produto tenha sido mais denso e duro que o controle sem fibras. Croghan (23) reportou o uso de fibras para produzir um produto extrusado mais aceitável com melhor textura e crocância.

CONCLUSÃO

O efeito das diferentes propriedades de barreira dos filmes de embalagens testados foi significativo na estabilidade das medidas de umidade e de textura instrumental das barras de cereais durante a estocagem, sendo o filme C (PET/PEBD/AL/PEBD) o que proporcionou as menores variações ao longo do tempo.

A umidade das barras de cereais tendeu a um aumento durante o armazenamento, o que acarretou influência significativa ($p \leq 0,05$) nas características de textura de resistência ao corte e dureza das barras de cereais. Os maiores valores de resistência ao corte aconteceram no início do período de estocagem, atribuído a possível cristalização do xarope de aglutinação das barras. A proteína texturizada de soja utilizada na formulação pode ter contribuído para a cristalização por sua característica higroscópica, interferindo também na diminuição das medidas de coesividade (deformação) ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- Mahungu SM, Diaz-Mercado S, Li J, Schwenk M, Singletary K, Faller J. Stability of isoflavones during extrusion processing of corn/soy mixture. *J Agric Food Chem.* 1999; 47: 279-84.
- Mott S. Soya protein in sports nutrition. *Food Marketing and Technology.* 1997; 11:10-11.
- New generation gelatins present opportunities for cereal bars. *Confectionery Production.* 1997; 63: 14.
- Hollingsworth P. One-handed cuisine and other business trends to watch. *Food Technol.* 2002; 56: 18.
- Bower JA, Whitten R. Sensory characteristics and consumer linking for cereal bar snack foods. *J Sens Stud.* 2000; 15: 327-45.
- Boustani P, Mitchell V-W. Cereal bars: A perceptual, chemical and sensory analysis. *British Food Journal.* 1990; 92: 17-22.
- Francel Feiras. Barra de cereais: grande filão para comércio com EUA. Disponível em: www.francal.com.br/codigo/p-noticias-conteudo.asp?noticias_ID=758. Acesso em: 16 set. 2003.
- American Society For Testing And Material (ASTM). Standard guide for the shelf life determination of consumer products by sensory evaluation. Philadelphia: ASTM International; 1993.
- Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3rd ed. São Paulo: Editora do Instituto Adolfo Lutz; 1985.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. 3rd rev. Gaithersburg, MD: AOAC International; 1997.
- Onwulata CI, Konstance RP, Strange ED, Smith PW, Holsinger VH. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. *Cereal Foods World.* 2000; 45: 470-73.
- SAS Institute. SAS User's Guide: statistics. Cary, USA: SAS Inst., 1993.
- Evangelista J. Tecnologia de Alimentos. 2nd ed. São Paulo: Editora Atheneu; 2003.
- Silva JA. Tópicos da Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Livraria Varela; 2000.
- DeMan JM, Voisey PW, Rasper VF, Stanley DW. Rheology and Texture in Food Quality. Westport: The AVI Publishing Company Inc.; 1976.
- Bourne MC. Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement. New York: Academic Press; 1982.
- Gaines CS. Instrumental measurement of the hardness of cookies and crackers. *Cereal Foods World.* 1991; 36: 989, 991-94, 996.
- Jin Z, Hsieh T, Huff HE. Effects of soy, fiber, salt, sugar and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. *Journal of Cereal Science.* 1995; 22: 185-94.
- Carlos LA. Indução de cristalinidade durante o congelamento de soluções-modelo (açúcares de frutos) com adição de álcoois para reduzir a higroscopicidade dos correspondentes pós-liofilizados. [Tesis doctoral]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras; 1995.
- Birch GG, Parker KJ. Sugar: Science and Technology. London: Applied Science Publishers, Ltd.; 1979.
- Gómez MC, Coll L, Gutiérrez ML. Análisis de textura de la masa de hojaldre y del hojaldre elaborado a partir de la misma. *Alimentaria.* 1996; 274: 87-93.
- Anderson Y, Hedlund B, Jonsson L, Svensson S. Extrusion cooking of a high-fiber cereal product with crisp bread character. *Cereal Chem.* 1981; 58: 370-73.
- Croghan M. High fiber extrusion success. *Food Science and Technology Int.* 1998; 12.

Recibido: 24-01-2005

Aceptado: 06-09-2005