

Aproveitamento do rúmen bovino na alimentação humana através de sua extrusão termoplástica

Recovery of bovine rumen for human nutrition through thermoplastic extrusion

ABSTRACT

CONTI, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Recovery of bovine rumen for human nutrition through thermoplastic extrusion. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = *J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP. v.22, p. 21-31, dez., 2001.

*The meat industry disposes of a great amount of by-products with a high protein content that are not consumed, mainly because of customer rejection due to their unappealing color, flavor and texture. Bovine rumen, one of these by-products, is potentially recoverable for human consumption. The objective of this work was to develop, through thermoplastic extrusion, a product that can be used as a meat substitute. The optimization of the process of rumen extrusion began with the employment of the response-surface methodology, defining the expansion ratio as the dependent variable. The resulting products were then hydrated in hot water, and then submitted to a texture profile analysis and color evaluation on a spectrometer CIE L*A*B* system. The independent variables of the experimental design were: moisture level of 20 %, 30 % and 45%; processing temperature of 130C and 150C; and screw speed of 120, 160 and 200 rpm. The initial results indicated that the moisture level for maximum expansion was at 30%; there was no dependence of the expansion ratio on temperature and there was also an interaction between moisture and screw speed. The most expanded product presented after hydration the texture parameters: hardness of 19.30N; springiness of 0.51; cohesiveness 0.57; chewiness of 5.62N ml; and shearing force of 3.34N. The color parameters of this same product were L* 66.6, c* 25.3 and θ hue angle 82°. These results indicate a product with potential to be used as a meat substitute.*

Keywords: bovine rumen; extrusion; optimization; texture; color

ANA CAROLINA CONTI¹;
JOSÉ ALFREDO GOMES
ARÊAS¹

¹Departamento
de Nutrição - Faculdade
de Saúde Pública -
Universidade de
São Paulo

**Endereço para
correspondência:**

Av. Dr. Arnaldo, 715 -
2º andar - Cerqueira
César - São Paulo - SP
CEP 01246-904

e-mail: jagareas@usp.br

**Financiamento e
agradecimento:**

Fundação de Amparo à
Pesquisa do Estado de
São Paulo - FAPESP

(processos
nºs 98/08095-9
e 00/11434-1)

RESUMEN

La industria de carnes elimina gran cantidad de residuos de elevado contenido proteico, pero inadecuados para el consumo debido a sus características organolépticas tales como color, sabor, aroma y textura impropias al paladar. Uno de estos residuos es el rumen bovino, el cual presenta alto potencial de recuperación para utilización en la alimentación humana. El objetivo de este trabajo fue elaborar, por medio de extrusión termoplástica, un producto para ser utilizado directamente como sustituto de la carne. El procedimiento fue realizado en extrusora de laboratorio y se fundamentó en la Metodología de Superficie de Respuesta, considerando la razón de expansión como variable respuesta. Los productos obtenidos fueron rehidratados en agua caliente y sometidos a análisis de textura y a evaluación del color en espectrofotómetro de la Hunter Lab (Color Quest II) por el sistema CIE $L^*a^*b^*$. El delineamiento para la optimización usó como variables independientes: humedad de 20, 30 y 45%, temperatura de procesamiento de 130 y 150 °C, y velocidad de rotación de la rosca de 120, 160 y 200 rpm. Los datos iniciales indicaron una humedad óptima en torno de 30% y una interacción de esta variable con la rotación de la rosca. Los parámetros de textura para los productos que presentaron mayor razón de expansión 1,55 fueron: dureza de 19,30N, elasticidad de 0,51, cohesividad de 0,57, masticabilidad de 5,62N.mm y fuerza para el cisallamiento completo de 3,34N. Los parámetros de color observados fueron L^* 66,6, c^* 25,3 y ángulo de ton θ 82°. Estos resultados indican un producto con potencial para aprovechamiento como sustituto de carne.

Palabras clave: rumen bovino; extrusión; optimización; textura; color

RESUMO

A indústria de carnes elimina grandes quantidades de resíduos altamente protéicos que não são consumidos, principalmente pela rejeição do consumidor devido a sua cor, sabor, aroma e textura inadequados. Sendo o rúmen bovino um destes resíduos com alto potencial a ser recuperado para utilização na alimentação humana, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, através da texturização termoplástica, um produto que possa imitar a textura da carne e ser usado para consumo direto. A otimização do processo de extrusão do rúmen foi iniciada utilizando-se a Metodologia de Superfície de Resposta, em extrusora de laboratório, considerando-se a razão de expansão como variável resposta. Os produtos, previamente reidratados em água quente, foram submetidos à análise do perfil de textura e à avaliação de cor em espectrômetro pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$. O delineamento para a otimização teve como variáveis independentes: umidade de 20, 30 e 45%, temperatura de processamento de 130 e 150°C e velocidade de rotação da rosca de 120, 160 e 200rpm. Os dados não mostraram dependência da razão de expansão com a temperatura. Pelo modelo, a umidade para máxima razão de expansão foi de 30% e houve interação entre as variáveis umidade e rotação da rosca. Os parâmetros de textura para os produtos que apresentaram maior razão de expansão (1,55) foram: dureza de 19,30N, elasticidade de 0,51, coesividade de 0,57, mastigabilidade de 5,62 N.mm, e força para o cisalhamento completo de 3,34 N. Os parâmetros de cor observados foram L^* 66,6, c^* 25,3 e ângulo de tom θ 82°. Estes resultados indicam um produto com potencial para aproveitamento como substituto de carne.

Palavras-chave: rúmen bovino; extrusão; otimização; textura; cor

INTRODUÇÃO

Há uma série de matérias-primas que são subutilizadas devido a alguns fatores limitantes, principalmente a rejeição estética, incluindo cor, sabor e aroma, associada à baixa qualidade textural (ARÊAS, 1993). Entre esses subprodutos, o rúmen representa um resíduo a ser explorado por ser uma ótima fonte protéica e possuir baixo custo pela sua pequena utilização na alimentação humana.

Em base úmida, o rúmen bovino possui cerca de 14,56% de proteína, que apresenta alta digestibilidade (96,5%) e alta qualidade nutricional comparável à caseína (NPU de 76,9 e valor biológico em relação à proteína do ovo de 79,7%) (SWINGLER et al, 1978; ANDERSON, 1988; LAWRIE e LEDWARD, 1988). Este órgão representa em torno de 0,6% do peso vivo do bovino, ou seja, cerca de 2,7 kg (YOUNG e LAWRIE, 1974; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Como o número de bovinos abatidos no Brasil sob inspeção federal foi de, aproximadamente, 17 milhões de cabeças em 2000 (IBGE, 2001), chega-se ao montante de 6,70 milhões de kilogramas de proteína desperdiçada, que seria capaz de alimentar, naquele ano, mais de 335.000 indivíduos adultos (com peso médio de 70kg), segundo recomendação de 0,8g de proteína/kg/dia (OMS, 1985). Portanto, os valores acima ilustram a importância desse desperdício de proteínas e como o mesmo poderia ser útil na alimentação humana.

Por isso, levando-se em consideração a textura inadequada como principal fator limitante para o aproveitamento do rúmen como alimento, sua texturização seria conveniente, permitindo, assim, sua recuperação e utilização como matéria-prima.

A extrusão, um processo em que é usada alta temperatura por um curto espaço de tempo, é largamente empregada na reestruturação de materiais amiláceos e proteínicos para produzir uma variedade de alimentos de conveniência texturizados (proteínas vegetais texturizadas, cereais matinais, “snacks” e alimentos infantis) (KINSELLA, 1978; HARPER, 1979; ARÊAS, 1992; ARÊAS, 1996).

Através dela é possível recuperar subprodutos, agregar valores antes inexistentes em um determinado produto e texturizar proteínas que não seriam aproveitadas de outra forma (KINSELLA, 1978). Além disso, a rápida aceitação da extrusão como um importante método de processamento de alimentos para a produção de diversos produtos resulta de suas vantagens. Entre elas: alta produtividade, alta qualidade dos produtos (com o emprego de alta temperatura e tempo curto a degradação de nutrientes é reduzida e a inibição de fatores antinutricionais é eficiente), proteção ambiental (não produz resíduos e não gera problemas de poluição do meio ambiente) e baixo custo (HARPER, 1978, 1981; CHEFTEL, 1986; ARÊAS, 1992; KILLEIT, 1994).

Assim, este trabalho teve como objetivos texturizar, por extrusão, o rúmen bovino, e avaliar suas propriedades texturais e de cor, a fim de verificar sua viabilidade de utilização na alimentação humana.

METODOLOGIA

MATERIAL

O rúmen bovino utilizado, fornecido pela Sadia S/A (Toledo/PR), foi retirado de animais saudáveis, inspecionado pelo SIF (Serviço de Inspeção Federal), triturado e congelado. Posteriormente, foi liofilizado em condições de higiene próprias para consumo humano pela empresa Nutribrás S/A (Cotia/SP).

Anteriormente à extrusão, a matéria-prima foi desengordurada utilizando-se extrator de Soxhlet e etanol como solvente, por ser um dos solventes mais eficientes na extração de lípides deste tecido (ARÊAS, 1985; ARÊAS e LAWRIE, 1984).

EXTRUSÃO

Para texturização do material foi utilizada extrusora de laboratório de rosca única (Mod. Miotto, ELM/20 - Brasil). O equipamento apresenta um diâmetro interno de 20mm e uma relação comprimento/diâmetro (L/D) de 20:1. O cilindro é composto de três zonas, sendo cada uma aquecida por uma resistência elétrica específica. O controle da temperatura é feito por termopares acoplados a uma válvula solenóide e cada zona é resfriada por ar comprimido e água. A alimentação manual do extrusor é feita através de um funil dotado de uma rosca condutora. Acoplado à extrusora há um painel para controle da temperatura, velocidade de rotação da rosca, velocidade de alimentação, torque e consumo de energia total do sistema.

No processo de otimização, a variável independente temperatura é a referente à zona 2 do cilindro, a zona de compressão máxima.

METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Na otimização das condições de extrusão foi adotada a Metodologia de Superfície de Resposta (BARROS NETO et al, 1995; BOX e DRAPER, 1987). Foram consideradas como variáveis independentes a umidade da amostra, temperatura de processamento e velocidade de rotação da rosca, e como dependente (variável resposta) a razão de expansão, pois esta é uma medida de fácil obtenção e excelente indicadora da textura do produto final e da eficiência do processo de extrusão.

Baseado em experimentos preliminares, as variáveis independentes velocidade de alimentação, taxa de compressão do parafuso e diâmetro do orifício de saída foram fixadas em 40rpm (correspondente a $70\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$), 3,55:1 e 3mm, respectivamente.

Estabeleceu-se então um delineamento incompleto com as três variáveis, umidade (X_1), temperatura (X_2) e velocidade de rotação da rosca (X_3), considerando-se o modelo polinomial

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + E,$$

sendo:

y = variável resposta: razão de expansão

X₁ = umidade

X₂ = temperatura

X₃ = rotação da rosca

B₀, B₁, B₂, ..., B_n = coeficientes constantes

E = o erro experimental com distribuição normal, média zero e variância δ^2 .

Esse modelo polinomial responde, no geral, por mais de 90% da variação observada no processo de extrusão (AGUILERA e KOSIKOWISKI, 1976; BATISTUTI et al, 1991; CHAVEZ-JAUREGUI et al, 2000).

A razão de expansão foi obtida pelo quociente entre o diâmetro médio dos extrusados (30 determinações aleatórias medidas por paquímetro) e o diâmetro do orifício de saída do extrusor.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A matéria-prima e o extrusado tiveram sua composição centesimal determinada por métodos descritos pelo (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985) e (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC, 1990).

MEDIDAS DE TEXTURA

As amostras, reidratadas por 5 minutos em água sob fervura, tiveram seu perfil de textura determinado de acordo com (FRIEDMAN et al., 1963) e (SZCZESNIAK, 1963), com as modificações sugeridas por (BOURNE, 1978) e (ARÊAS e LAWRIE, 1984). Para tal foi utilizada cela (sonda) cilíndrica de alumínio com 25mm de diâmetro acoplada a um texturômetro (Mod. TAXT2i - Stable Systems - Inglaterra) e com software “Texture Expert”.

Para a determinação da força necessária para o cisalhamento completo do produto (ARÊAS, 1986) utilizaram-se amostras preparadas da mesma forma já citada anteriormente e uma cela de uma lâmina tipo “Warner Bratzler”.

ANÁLISE DE COR

Os extrusados, secos e reidratados, foram triturados em um homogeneizador, e as análises de cor do material pulverizado e tamizado para granulometria constante (CLYDESDALE, 1984) obtidas em espectrômetro (Mod. Color Quest II - Hunter Lab - EUA), utilizando sistema CIE L*a*b*, ângulo de incidência de radiação 10° e iluminante D65.

RESULTADOS

As análises de composição centesimal da matéria-prima e do extrusado são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Composição centesimal do rúmen (matéria-prima) e de seu extrusado, em base seca

	Matéria-prima	Extrusado*
Proteína (%)	84,57 ± 2,98	98,47 ± 12,19
Lípide (%)	16,93 ± 0,19	1,99 ± 0,27
Cinza (%)	1,65 ± 0,02	1,41 ± 0,02

* produzido com as seguintes variáveis independentes: umidade de 20%, temperatura de processamento a 150°C e velocidade de rotação da rosca de 200rpm

METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

O delineamento com as três variáveis, umidade (X_1), temperatura (X_2) e velocidade de rotação da rosca (X_3), e os correspondentes valores de razão de expansão estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2 Delineamento das variáveis de extrusão e resultados para a razão de expansão dos produtos obtidos

Ensaio*	Variáveis codificadas			Variáveis originais			Razão de expansão y (± DP)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	
1	-2	0	-2	20%	150°C	120rpm	1,36 ± 0,27
2	-2	0	0	20%	150°C	160rpm	1,49 ± 0,31
3	-2	0	2	20%	150°C	200rpm	1,41 ± 0,34
4	0	0	-2	30%	150°C	120rpm	1,44 ± 0,26
5	0	0	0	30%	150°C	160rpm	1,55 ± 0,31
6	0	0	2	30%	150°C	200rpm	1,53 ± 0,40
7	3	0	-2	45%	150°C	120rpm	1,40 ± 0,39
8	3	0	0	45%	150°C	160rpm	1,31 ± 0,29
9	3	0	2	45%	150°C	200rpm	1,31 ± 0,24
10	0	-2	2	30%	130°C	200rpm	1,54 ± 0,27

* ensaios realizados em ordem aleatória

Os dados experimentais de razão de expansão observados foram submetidos à análise de regressão múltipla de ajuste ao modelo polinomial adotado cujos resultados são mostrados na Tabela 3. A análise de variância para esta mesma variável está ilustrada na Tabela 4.

Tabela 3 Análise de regressão múltipla para o modelo de Segunda Ordem da variável razão de expansão (Y), obtida segundo delineamento mostrado na Tabela 2

Fonte de variação	Coefficiente	t-estimativa	Nível de significância
Constante	1,534444	33,8810	0,0001
X ₁ (Umidade)	0,003778	0,2925	0,7890
X ₂ (Temperatura)	-0,016901	-0,4454	0,6862
X ₃ (vel. rot. rosca)	0,006711	0,5341	0,6303
X ₁ ²	-0,019778	-2,7437	0,0711
X ₃ ²	-0,010417	-0,9698	0,4037
X ₁ X ₃	-0,007632	-1,2643	0,2954

Tabela 4 Análise de variância para razão de expansão

	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Média quadrática	F- calculado	P- ns
Regressão	0,0639640	6	0,0106607	2,88750	0,2065
Resíduo	0,0110760	3	0,00369201		
Total	0,0750400	9			

$$R^2 = 0,852398$$

Nota-se que a variação linear da umidade da amostra, temperatura e velocidade da rosca não foram significativas.

Apesar de nenhum dos demais níveis de significância terem sido menores que 0,05, foram consideradas, na construção do modelo, a umidade ao quadrado (X₁²) e a interação umidade – velocidade de rotação da rosca (X₁X₃). Os resultados mostram que a temperatura de processamento não afetou a razão de expansão do produto.

A equação preditiva obtida levando em consideração apenas os coeficientes citados foi:

$$Y = 1,5344 - 0,0198 X_1^2 - 0,0076 X_1 X_3$$

A superfície de resposta do modelo assim construído é mostrada na Figura 1.

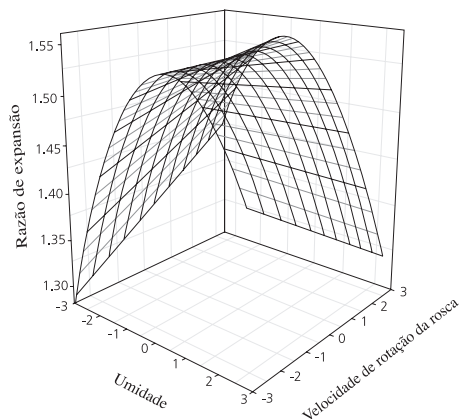


Figura 1 Superfície de Resposta* da razão de expansão em função da umidade da amostra e da velocidade da rosca

* correspondente a uma tendência de resposta da razão de expansão em função da umidade e rotação da rosca

ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA, FORÇA DE CISALHAMENTO E ANÁLISE DE COR

Estão dispostos na Tabela 5 os resultados das análises das amostras que apresentaram máxima expansão (1,55), antes e após a sua reidratação. Os valores mostrados na Tabela 5 são: diâmetro das amostras, parâmetros texturais relevantes medidos e calculados, e as leituras dos valores L^* , a^* , b^* e os valores calculados c^* e θ .

Tabela 5 Diâmetro das amostras, análise do perfil de textura e de cor antes e após reidratação, dos produtos extrusados de rúmen com máxima razão de expansão (1,55)

	Anterior à reidratação	Após reidratação
Diâmetro (mm)	4,41 ± 0,27	5,02 ± 0,34
Dureza (N)	-	19,30 ± 5,60
Elasticidade (mm)	-	0,51 ± 0,03
Coabilidade (adimensional)	-	0,57 ± 0,02
Mastigabilidade (N.mm)	-	5,62 ± 1,63
Força cisalhamento (N)	-	3,34 ± 0,87
L^*	75,10	66,55
a^*	4,58	3,54
b^*	25,89	25,04
c^*	26,29	25,29
q	79,97	81,95

DISCUSSÃO

A superfície de resposta desejada para que um processo seja considerado otimizado com sucesso deve indicar uma região de máxima ou de mínima, ou seja, uma região na qual a variável resposta responda, conforme desejado, maximamente ou minimamente, às variáveis independentes. Tem-se mostrado que, em produtos altamente protéicos, a melhor texturização é obtida na máxima expansão do produto (AGUILERA e KOSIKOWISKI, 1976; ARÊAS e LAWRIE, 1984; ARÊAS, 1992).

A Figura 1 mostra que houve maior expansão do produto ao redor da umidade 30%, indicando uma tendência de resposta do processo. Observou-se também uma interação entre umidade e velocidade de rotação da rosca, sendo que em menores valores de umidade, o aumento da velocidade causa a elevação da razão de expansão, enquanto em umidades maiores, o aumento da velocidade diminui a expansão do produto. Apesar de se ter atingido uma região de máxima resposta ao longo da trajetória de umidade igual a 30% (codificado como 0 na Figura 1), essa é apenas uma tendência de comportamento e novos delineamentos serão realizados com o intuito de produzir modelos que respondam significativamente pela variação observada. Novas faixas de temperatura e umidade serão exploradas e delineamentos mais detalhados serão adotados. A qualidade textural de produtos protéicos aumenta com razões de expansão próximas de 2 (AGUILERA e KOSIKOWISKI, 1976; ARÊAS e LAWRIE, 1984), e o máximo encontrado neste trabalho foi de apenas 1,55.

Na avaliação da textura do produto reidratado observou-se que houve um aumento do diâmetro das amostras após reidratação, sendo que estas apresentaram uma textura típica de um produto altamente protéico.

Comparando-se os valores da análise do perfil de textura com os resultados de (PALKA e DAUN, 1999) (Tabela 6), nota-se, no geral, uma aproximação entre os valores do extrusado de rúmen e de carne cozida a 121°C. Este é um resultado encorajador pois, embora não tenha se obtido a otimização completa do processo, já se conseguiu um produto com textura que se aproxima da carne. A texturização obtida produziu filamentos orientados longitudinalmente no produto final, cuja estrutura, após reidratação, permite supor que esse produto poderá ser tanto utilizado diretamente como substituto de carne como também utilizado como ingrediente protéico em formulações de alimentos.

Tabela 6 Parâmetros de Análise de Perfil de Textura de carne crua e aquecida a 121°C

	Carne crua	Carne aquecida a 121°C
Dureza (N)	4,19 ± 1,50	21,34 ± 2,02
Elasticidade (-)	0,66 ± 0,09	0,55 ± 0,06
Coesividade (-)	0,60 ± 0,06	0,42 ± 0,03
Mastigabilidade (N)	1,67 ± 0,73	4,86 ± 1,02

Fonte: PALKA e DAUN (1999).

Em relação à análise de cor, observou-se que a amostra não reidratada apresentou maior luminosidade (L^*) e maior valor de b^* que a reidratada, indicando que aquela era mais clara e mais amarela que esta. Verificou-se também que o croma (c^*) da amostra não reidratada apresentou maior valor, tendo, portanto, cor mais acentuada que a reidratada, embora as mudanças não tenham sido significativas e os resultados indiquem apenas uma pequena alteração nesses parâmetros com a reidratação do produto extrusado. Quanto ao ângulo de tom θ , a amostra reidratada apresentou valor ligeiramente maior que a não-reidratada, mas essa diferença não foi significativa.

A cor é uma característica determinante na aceitação de um produto, e o extrusado apresentou um tom amarelado que não sofreu grandes mudanças com a sua reidratação. Ensaio sensoriais devem ser conduzidos no futuro para se determinar se essa cor obtida é adequada para o consumo direto desse produto.

Caso não seja possível o uso direto, o extrusado de rúmen também poderá ser utilizado como ingrediente alimentar devido ao seu alto conteúdo e valor protéico. Por isso, novos delineamentos serão feitos levando-se em consideração algumas propriedades funcionais como capacidade de retenção de água, capacidade de emulsificação e solubilidade, as quais permitem uma avaliação de sua capacidade de utilização como ingrediente tradicional.

CONCLUSÃO

Os resultados mostrados neste trabalho indicam a viabilidade do uso da extrusão termoplástica na texturização do rúmen bovino para a produção de um substituto de carne. As características texturais obtidas até o presente mostram um produto ainda impróprio para cumprir este papel. Dado o alto potencial nutricional dessa matéria-prima que é, no momento, subutilizada, novas tentativas serão realizadas tanto para a melhoria textural dos produtos obtidos para consumo direto como para a avaliação das propriedades funcionais deste produto como ingrediente alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCE

- AGUILERA, J.M.; KOSIKOWSKI. Soybean extruded product: a response surface analysis. *J. Food Sci.*, v.41, p.647-51, 1976.
- ANDERSON, B.A. Composition and nutritional value of edible meat by-products. In: Pearson, AM; Dutson, TR. *Edible meat by-products: advances in meat research*. London: Elsevier Applied Science, 1988, v.5, p.15-45.
- ARÊAS, J.A.G. Extrusion of food proteins. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v.32, p.365-92, 1992.
- _____. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. *Boletim SBCTA*, v.30, p.28-30, 1996.
- _____. *Interrelação entre composição, estrutura e textura na extrusão de isolados protéicos de pulmão bovino*. São Paulo, 1986. 152p. Tese. (Livre-Docência) Faculdade de Ciências Farmacêuticas-USP.

- ARÊAS, J.A.G. Lipid protein interactions in of fal protein isolates: effect of several solvents on lipid extraction. *J. Food Sci.*, v.50, p.1392-5, 1398, 1985.
- _____. Uso de matérias-primas não convencionais na composição de dietas especiais. *CADERNOS de Nutrição*, v.6, Supl., p.11-5, 1993.
- ARÊAS, J.A.G.; LAWRIE, R.A. Effect of lipid-protein interactions on extrusion of of fal protein isolates. *Meat Sci.*, v.11, p.275-99, 1984.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. Washington DC., 1990, p.1098-99.
- BARROS-NETO, B; SACARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. *Planejamento e otimização de experimentos*. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1995, 278p.
- BATISTUTI, J.P.; BARROS, R.M.C.; ARÊAS, J.A.G. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) defatted flour by response surface methodology. *J. Food Sci.*, v.56, p.1695-8, 1991.
- BOURNE, M.C. Texture profile analysis. *Food Technol.*, v.32, p.62-6, 1978.
- BOX, G.E.P.; DRAPER, N.R. *Empirical model-building and response surfaces*. New York: John Wiley & Sons Inc., 1987. 669p.
- CHAVEZ-JAUREGUI, R.N.; PINTO e SILVA, M.E.M.; ARÊAS, J.A.G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus*, L.). *J. Food Sci.*, v.65, p.1009-15, 2000.
- CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food Chem.*, v.20, p.263-83, 1986.
- CLYDESDALE, F.M. Color measurement. In: GRUENWEDEL, D.W.; WHITAKER, J.R., ed. *Food analysis: principles and techniques*. New York: Marcel Dekker Inc., 1984. v.1, p.95-150.
- FRIEDMAN, H.H.; WHITTNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A.S. The texturometer: a new instrument for objective texture measurements. *J. Food Sci.*, v.28, p.390-6, 1963.
- HARPER, J.M. *Extrusion of foods*. Florida: Boca Raton, 1981. 2v.
- _____. Extrusion processing of food. *Food Technol.* v.32, p.67-72, 1978.
- _____. Food extrusion. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v.11, p.155-215, 1979.
- IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagro-pecuaria/default.shtm>. 17/04/2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3.ed. São Paulo. 1985. v.1.
- KILLEIT, U. Vitamin retention in extrusion cooking. *Food Chem.*, v.49, p.149-55, 1994.
- KINSELLA, J.E. Texturized proteins: fabrication, flavoring and nutrition. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v.10, p.147-207, 1978.
- LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. Edible protein recovery and upgrading of meat packinghouse waste. In: Pearson AM; Dutson TR. *Edible meat by-products: advances in meat research*. London: Elsevier Applied Science. 1988. v.5, p.231-60.
- LOCKERMAN, H.W.; HANSEN, C.L. *Industrialización de subproductos de origen animal*. Zaragoza: Editora Acribia, S.A., 1994. 387p.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Energy and protein requirements*. Geneva: World Health Organization, 1985. (Technical Report Series, n. 724).
- PALKA, K.; DAUN, H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci.*, v.51, p.237-43, 1999.
- SWINGLER, G.R.; NEALE, R.J.; LAWRIE, R.A. The nutritive value of protein isolates and fibres from meat industry by-products. *Meat Sci.*, v.2, p.31-9, 1978.
- SZCZESNIAK, A.S. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.*, v.28, p.385-9, 1963.
- YOUNG, R.H.; LAWRIE, R.A. Utilization of edible protein from meat industry by-products and waste. I – Factors influencing the extractability of protein from bovine and ovine stomach and lungs. *J. Food Technol.*, v.9, p.69-78, 1974.

Recebido para publicação em 22/10/01