

Uso de regressão linear para estimar parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade do *jerked beef*

Marcos Franke PINTO¹
Elisa Helena Giglio
PONSANO¹
Ana Paula da Silva
ALMEIDA¹
Sílvia Helena Ventrulli
PERRI¹
Massami SHIMOKOMAKI²

1 - Universidade Estadual Paulista, Araçatuba - SP
2 - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR

Resumo

O *jerked beef* é oficialmente descrito como carne bovina salgada, curada e dessecada. Os parâmetros físico-químicos utilizados na determinação do seu padrão oficial de identidade e qualidade são a atividade de água e os teores de umidade, matéria mineral (ou cinzas) e nitrito residual. Neste trabalho, foi avaliada a evolução desses parâmetros durante o processamento do produto. Verificou-se haver uma correlação significativa entre eles, o que permitiu estabelecer equações estatísticas, que possibilitam estimar todos esses parâmetros através da aferição de apenas um deles.

Palavras-chave:

Jerked beef.
Regressão linear.
Controle de qualidade.
Parâmetros físico-químicos.

Correspondência para:
MARCOSFRANKE PINTO
Departamento de Apoio, Produção e
Ciência Animal.
R. Clóvis Pestana, 793
Caixa Postal 341
CEP: 16050-680 - Araçatuba-SP
mfypinto@fmva.unesp.br

Recebido para publicação: 30/08/2005
Aprovado para publicação: 13/02/2006

Introdução

O *jerked beef* é um produto cárneo cuja tecnologia de processamento se assemelha à do charque tradicional, diferindo basicamente pela utilização de sais de cura - nitrato e nitrito de sódio - na etapa de salga úmida e pela forma de adição da salmoura à carne, feita através de injetoras automáticas, enquanto, na fabricação do charque, esse processo é feito em *tumblers*^{1,2}. Recentemente, o Ministério da Agricultura regulamentou o padrão de identidade e qualidade do *jerked beef*, definindo-o como um “produto cárneo industrializado obtido de carne bovina, adicionado de cloreto de sódio e sais de cura, submetido a um processo de maturação e dessecação”. Assim como o charque, o *jerked beef* pode ser considerado um alimento de umidade intermediária. Segundo Leistner^{3,4}, são assim classificados os alimentos que apresentam atividade de água entre 0,6 e 0,9, cuja estabilidade à temperatura ambiente se deve à ação de um ou mais fatores adicionais. No caso do *jerked beef*, esse fator adicional que, junto à baixa atividade de água, age como um obstáculo ao desenvolvimento microbiano, é representado pelo elevado teor de NaCl. O Ministério da Agricultura⁵ estabeleceu, entre os critérios adotados para

padronização do produto, as seguintes características físico-químicas: no máximo 55% de umidade, 18,3% de matéria mineral ou cinzas, 50 ppm de nitrito residual e 0,78 de atividade de água. Para o monitoramento da qualidade do produto, buscando o atendimento de um mercado consumidor cada vez mais exigente e para a observância das especificações legais, as indústrias necessitam de métodos e ferramentas analíticas que proporcionem uma análise constante e de custo acessível.

Materiais e Métodos

Neste trabalho, foram coletadas amostras do músculo peitoral ascendente em 10 diferentes etapas da linha de processamento industrial do *jerked beef* (Industrias Allyson, Santana do Parnaíba/SP). De cada etapa, foram tomadas 3 amostras. Após retirada da gordura ostensiva, a porção muscular resultante foi triturada em aparelho multi-processador de alimentos e submetida à determinação, em triplicata, dos teores de umidade, cinzas, NaCl e NaNO₂⁶. Também foi determinada a atividade de água das amostras, em equipamento Novasina modelo TH2/RD-33BDS.

Estatística descritiva foi realizada com

os cálculos de médias e desvios padrões para cada variável estudada em cada etapa do processo de fabricação do *jerked beef* e coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis estudadas. Estatística inferencial foi realizada por meio de análise de regressão linear e análise de variância⁷.

Resultados e Discussão

A tabela 1 mostra o comportamento dos parâmetros físico-químicos estudados, durante o processamento de *jerked beef*. As médias observadas no produto final se enquadraram nos limites estipulados no padrão de identidade e qualidade do produto⁵.

Os resultados demonstraram uma correlação significativa ($p < 0,01$) entre as variáveis estudadas (Tabela 2), o que permitiu formular equações de regressão linear para estimar todos os parâmetros legais através da determinação de apenas um deles (Tabelas 3 e 4).

A tabela 2 mostra que os valores de umidade são correlacionados positivamente com os valores de atividade de água (A_w) e NaNO_2 , mas negativamente com os valores de cinzas e NaCl . Esta significativa correlação ($p < 0,01$) permitiu ajustar equações de regressão linear simples considerando umidade como variável independente de acordo com os seguintes modelos (Tabela 3):

1. $A_w = 0,008 \text{ umidade} + 0,3496$
2. Cinzas = $-0,4043 \text{ umidade} + 38,725$
3. $\text{NaCl} = -0,3686 \text{ umidade} + 35,149$
4. $\text{NaNO}_2 = 1,6698 \text{ umidade} - 86,818$

De acordo com a ANOVA, a umidade pode explicar a variabilidade dos valores de A_w , cinzas, NaCl e NaNO_2 ($p < 0,01$) com coeficientes de determinação $R^2 = 88,4\%$; $82,3\%$; $76,7\%$ e $43,3\%$ respectivamente. A tabela 3 mostra os valores preditos e os respectivos intervalos de 95% de confiança para 50% e 55% de umidade.

Os valores de A_w são correlacionados positivamente com os valores de umidade e NaNO_2 , mas negativamente com

os valores de cinzas e NaCl (Tabela 2). Esta significativa correlação ($p < 0,01$) permitiu ajustar equações de regressão linear simples considerando A_w como variável independente de acordo com os seguintes modelos (Tabela 4):

1. Umidade = $110,93 A_w - 31,446$
2. Cinzas = $-47,994 A_w + 54,106$
3. $\text{NaCl} = -44,195 A_w + 49,584$
4. $\text{NaNO}_2 = 190,25 A_w - 143,58$

De acordo com a ANOVA, A_w pode explicar a variabilidade dos valores de umidade, cinzas, NaCl e NaNO_2 ($p < 0,01$) com coeficientes de determinação $R^2 = 88,4\%$; $83,2\%$; $80,6\%$ e $40,3\%$ respectivamente. A tabela 4 mostra os valores preditos e os respectivos intervalos de 95% de confiança para 0,75 % e 0,78% de A_w .

Durante a elaboração de *jerked beef*, o nível máximo de nitrito foi atingido logo após a injeção da salmoura, e não ultrapassou 41 ppm. Durante o processamento, esse nível foi diminuindo, chegando a valores insignificantes no produto final (Tabela 1). Os baixos valores de nitrito residual observados no produto final fizeram com que, pela aplicação das equações de regressão, valores mais baixos de umidade e atividade de água correspondessem a valores de nitrito residual negativos (Tabelas 3 e 4). Na prática, observa-se que quando os parâmetros legais de atividade de água e umidade são atingidos, os valores de nitrito residual estão bastante reduzidos, devido às reações de degradação. Portanto, se respeitada a forma correta de processamento tecnológico, o nível de nitrito residual do produto não é um fator preocupante para sua qualidade. Quanto aos demais parâmetros legais, foi possível demonstrar que, entre os valores de 50 e 55% de umidade (Tabela 3), os valores preditos de cinzas e atividade de água, incluindo o intervalo de confiança, permanecem próximos dos limites estipulados pela legislação.

Observando a tabela 4, é possível obter conclusão semelhante, já que dentro do intervalo de 0,75 e 0,78 de atividade de água, considerando o intervalo de confiança,

os valores determinados de cinzas e umidade permanecem dentro de uma faixa próxima dos padrões legais estabelecidos pelo Ministério da Agricultura⁵.

A aferição da umidade apresenta a vantagem de requerer equipamentos mais simples e de custo mais acessível. Já a avaliação da atividade de água permite obter resultados mais rapidamente, e o equipamento para essa aferição já é disponível em modelos portáteis, que fornecem leitura em 5 minutos ou menos. No entanto, seu custo é maior em relação aos equipamentos utilizados para a determinação da umidade. Desse modo, este trabalho propõe uma

ferramenta matemática, que permite monitorar os parâmetros físico-químicos do produto durante o processamento, com maior facilidade, economia e rapidez.

Conclusão

Os parâmetros físico-químicos utilizados na definição legal do padrão de identidade e qualidade de *jerked beef* apresentam correlação significativa entre si, o que permite estimar vários parâmetros a partir da determinação do valor de apenas um deles, através de equações de regressão linear.

Tabela 1 - Evolução dos parâmetros físico-químicos durante o processo de fabricação do *jerked beef* (média \pm dp)

Etapa do processamento	Tempo de processamento (dias)	Umidade (%)	Cinzas (%)	NaCl (%)	Aw	NaNO ₂ (ppm)
Matéria prima	0	76,7 \pm 0,7	1,2 \pm 0,2	0,2 \pm 0,1	0,98 \pm 0,02	3,1 \pm 2,8
Recém injetada	0	71,4 \pm 1,2	8,6 \pm 0,6	7,5 \pm 0,6	0,95 \pm 0,03	39,3 \pm 12,3
Salga seca	1	71,1 \pm 2,4	9,9 \pm 1,1	8,8 \pm 0,9	0,92 \pm 0,02	41,1 \pm 19,0
Ressalga	2	67,1 \pm 1,8	10,9 \pm 2,1	9,9 \pm 2,2	0,90 \pm 0,05	34,2 \pm 15,4
1º tombo	3	61,4 \pm 5,4	14,2 \pm 1,5	13,1 \pm 0,5	0,85 \pm 0,03	24,9 \pm 7,3
Final dos tombos	7	65,3 \pm 1,6	13,4 \pm 1,1	12,0 \pm 1,1	0,87 \pm 0,03	11,6 \pm 0,4
Após lavagem	8	66,8 \pm 1,6	11,8 \pm 0,6	10,9 \pm 0,3	0,86 \pm 0,03	13,4 \pm 5,2
1º abafamento	10	56,7 \pm 1,6	17,2 \pm 0,8	15,5 \pm 1,0	0,81 \pm 0,02	4,0 \pm 0,6
2º sol	12	62,9 \pm 2,3	13,6 \pm 0,7	12,3 \pm 0,8	0,85 \pm 0,01	5,6 \pm 0,7
Produto final	15	52,1 \pm 1,3	18,1 \pm 0,9	16,5 \pm 0,6	0,75 \pm 0,01	8,6 \pm 5,1

Tabela 2 - Correção linear de Pearson entre as variáveis estudadas

Variáveis	Umidade	Cinzas	NaCl	NaNO ₂	Aw
Umidade	1,000				
Cinzas	-0,907*	1,000			
NaCl	-0,876*	0,985*	1,000		
NaNO ₂	0,658*	-0,665*	-0,665*	1,000	
Aw	0,940*	-0,912*	-0,898*	0,635*	1,000

*p<0,01

A aplicação dessas equações demonstra que os limites estabelecidos pela legislação são adequados e se ajustam ao comportamento dos parâmetros físico-químicos envolvidos.

Tabela 3 - Valores preditos, intervalo de confiança e equações de regressão das variáveis físico-químicas, de acordo com valores pré-determinados de umidade

Valor de Umidade (%)	Variável	Valor Predito	Intervalo de Confiança		Equação de Regressão
50	Aw	0,75	0,70	0,79	Aw = 0,008 umidade + 0,3496
	Cinzas	18,5	15,7	21,3	Cinzas = -0,4043 umidade + 38,725
	NaCl	16,7	13,7	19,8	NaCl = - 0,3686 umidade + 35,149
	NaNO ₂	-3,3	-31,8	25,2	NaNO ₂ = 1,6698 umidade - 86,818
55	Aw	0,79	0,75	0,83	Aw = 0,008 umidade + 0,3496
	Cinzas	16,5	13,8	19,2	Cinzas = -0,4043 umidade + 38,725
	NaCl	14,9	11,9	17,8	NaCl = - 0,3686 umidade + 35,149
	NaNO ₂	5,0	-22,4	32,5	NaNO ₂ = 1,6698 umidade - 86,818

Tabela 4 - Valores preditos, intervalos de confiança e equações de regressão das variáveis físico-químicas, de acordo com valores pré-determinados de Aw

Valor de Aw (%)	Variável	Valor Predito	Intervalo de Confiança		Equação de Regressão
0,75	Umidade	51,8	46,7	56,8	Umidade = 110,93 Aw - 31,446
	Cinzas	18,1	15,4	20,8	Cinzas = -47,994 Aw + 54,106
	NaCl	16,4	13,7	19,2	NaCl = -44,195 Aw + 49,584
	NaNO ₂	-0,90	-29,9	28,1	NaNO ₂ = 190,25 Aw - 143,58
0,78	Umidade	55,1	50,2	60,0	Umidade = 110,93 Aw - 31,446
	Cinzas	16,7	14,0	19,3	Cinzas = -47,994 Aw + 54,106
	NaCl	15,1	12,4	17,8	NaCl = -44,195 Aw + 49,584
	NaNO ₂	4,8	-23,4	33,0	NaNO ₂ = 190,25 Aw - 143,58

Use of linear regression to estimate physicochemical parameters associated to jerked beef quality

Abstract

Jerked beef is officially defined as salted, cured and dried beef. Water activity (Aw), moisture, ash and residual nitrite are the physicochemical parameters that define this product identity and quality standards. In this work, the behavior of these parameters during jerked beef processing was evaluated and a significant correlation among them was revealed. These results allowed the establishment of statistical equations that enable the estimation of all the physicochemical parameters from the results obtained in the measurement of just one of them.

Key words:

Jerked beef.
Linear regression.
Quality control.
Physicochemical parameters.

Referências

1 SHIMOKOMAKI, M.; FRANCO, B. D. G. M.; BISCONTINI, T. M. B.; PINTO, M. F.; TERRA, N. N.; ZORN, T. M. T. Charqui meats are Hurdle Technology meat products. **Food Rev. Int.**, New York, v. 14, n. 4, p. 339-349, 1998.

2 SHIMOKOMAKI, M.; FRANCO, B. D. G. M.; CARVALHO Jr., B. C. Charque e produtos afins: tecnologia e conservação - uma revisão. **Bol. Soc. Bras. Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 25-35, 1987

3 LEISTNER, L. Hurdle technology applied to meat products of the shelf stable products and intermediate moisture foods types. In: MULTON, J. L. Ed. **Properties of water in foods**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985. p. 309-329.

4 LEISTNER, L. Shelf stable products and intermediate moisture foods based on meats. In: ROCKLAND, L. B. and BEUCHAT, L. R. (Ed.). **Water activity: theory and applications to food**. N. York: Mercel Dekker, 1987. p. 295-327.

5 BRASIL. Portaria n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 2000. Seção 1, p. 16-27.

6 (AOAC) - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1980.

7 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 930 p.