



PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS MESÓFILAS, PSICROTRÓFICAS E ÁCIDO-LÁCTICAS EM CARNE BOVINA EMBALADA A VÁCUO E REFRIGERADA

Jorge L. d. Silva¹; Adelino d. C. Neto²; Maxsueli A. M. Machado²; Eduardo E. d. S. Figueiredo²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT – Campus São Vicente.

²Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

jorge.luz@ifmt.edu.br.

Palavras-Chave: bactérias deteriorantes, microbiologia preditiva, *shelf-life*.

Introdução

Com um mercado cada vez mais exigentes, as indústrias buscam constante inovações, aliando praticidade, economia, qualidade sensorial e higiênico-sanitária de seus produtos, de forma a obter segurança na produção alimentícia, atendendo às necessidades dos consumidores.

Nesse contexto, a segurança alimentar se torna fundamental, onde a busca por produtos inócuos é primordial. Sendo assim, todas as medidas referentes a eliminação de qualquer tipo de contaminação, quer seja por microrganismos patogênicos ou deteriorantes é a meta principal da cadeia produtiva.

Entender como funciona o mecanismo de desenvolvimento de um microrganismo em alimentos é de grande valia para a indústria e estabelecimentos comerciais. Entre estes segmentos, destaca-se a indústria brasileira de carne bovina, que no ano de 2025 apresentou dados significativos, como, uma produção de 12,35 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), 47,79 milhões de bovinos abatidos, movimentação de R\$ 1,159 trilhão e exportação de 3,5 milhões de toneladas para 177 países, com faturamento recorde de US\$ 18 bilhões, sendo o maior produto e maior exportador de carne bovina (ABIEC, 2025).

A carne bovina é um alimento propício para a proliferação de microrganismos, pois apresenta alto valor nutricional (teores de proteína, lipídeos, vitaminas e minerais), além de grande quantidade de água livre, o que confere ao alimento alta perecibilidade.

Compreender o comportamento de um microrganismo em alimentos é um dos maiores desafios na busca de melhoria na qualidade organoléptica, sensorial e segurança alimentar.

Esta descrição pode ser alcançada por meio da utilização da análise de microbiologia preditiva. Os estudos desta técnica permitem que sejam verificados a eficácia de métodos de conservação dos produtos alimentícios.

Segundo Dannenhauer (2010), a microbiologia preditiva descreve de forma quantitativa os efeitos ambientais (temperatura, pH, concentração de sais, aditivos, entre outros) na sobrevivência, crescimento e inativação microbiana nos alimentos, fazendo uso de modelos matemáticos derivados de estudos quantitativos.

O objetivo desta técnica é descrever e compreender o crescimento microbiano em alimentos, o que requer intensiva investigação dos efeitos dos fatores inibidores, das baixas temperaturas e controle da cadeia do frio (BARANYI e ROBERTS, 1994).



Sarmento (2006) destaca que a microbiologia preditiva unifica a microbiologia, a engenharia e a estatística para obter previsões sobre o comportamento microbiano em sistemas alimentares, auxiliando na tomada de decisões sobre análise de risco, segurança, aspectos sensoriais, vida de prateleira e desenvolvimento de novos produtos.

Entre os métodos de conservação utilizados ao longo da cadeia de carne bovina, destacam-se a utilização de resfriamento e congelamento (cadeia do frio), e o uso de embalagem a vácuo.

Em relação à cadeia do frio, as indústrias processadoras de produtos refrigerados e empresas que trabalham com transporte de cargas refrigeradas devem seguir às exigências da Portaria CVS-6/99 (BRASIL, 1999), que determina como limites toleráveis para refrigeração a temperatura entre 4°C a 7°C. Temperaturas acima destes limites podem causar sérios prejuízos à cadeia, devido ao aumento da proliferação de microrganismos deterioradores.

O controle da temperatura também é fundamental no processo de maturação sanitária, onde a carcaça bovina é submetida a 4°C por 24 horas, para resolução do rigor mortis (conversão do músculo em carne), e também para a maturação comercial.

Neste contexto, o presente estudo visa verificar o comportamento de bactérias mesófilas, psicotróficas e ácido-láticas em carne bovina embalada a vácuo e refrigerada a 4°C.

Material e Métodos

Os cortes cárneos foram adquiridos em matadouro frigorífico que funciona sob Serviço de Inspeção Federal (SIF), e que atende às condições de Boas Práticas de Fabricação (BPF). Os cortes foram transportados (com auxílio de caixas isotérmicas contendo gelo e com constante aferição da temperatura) ao Laboratório de Biologia Molecular e Microbiologia de Alimentos (LABMMA) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), onde foram realizados o preparo das unidades amostrais, desenvolvimento do experimento, e análise da microbiota original da amostra (contagem de mesófilos, psicotróficos e bactérias ácido-láticas).

Foram utilizados um total de 45 bifes (100g cada) de contra-filé (*Longissimus Dorsi*), sendo embalados a vácuo, com auxílio de seladora a vácuo DZ-420, com barra de selagem de 45cm, solda grossa de 1 cm de espessura.

Os bifes foram embalados em plástico (20 x 30 cm) de polietileno de baixa densidade, impermeável a gases (150 cm³/24h m² bar de CO₂, 35 cm³/24h m² bar de O₂ e 1,4 cm³/24h m² bar de N₂ a 22°C). Os bifes embalados foram armazenados a temperatura de 4°C por 21 dias (504h), em estufa incubadora tipo B.O.D. (modelo Biotech). Nos dias 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 de estocagem (15 pontos/dias de análises), 3 bifes (3 repetições) foram utilizados para as análises de contagem total em placa de colônias de bactérias aeróbias mesófilas, psicotróficas e bactérias-ácido láticas (BAL).

A contagem de bactérias mesófilas e psicotróficas foi realizada conforme a técnica de plaqueamento em profundidade, conforme metodologia da APHA (2015). Nesta análise, 25g da amostra foi adicionada em 225mL de água peptonada tamponada, e homogeneizou-se (diluição 10⁻¹). Em seguida realizou-se as diluições seriadas até a diluição 10⁻³. Após, alíquotas de 1mL das diluições 10⁻² e 10⁻³ foram depositadas na placa de petri estéril, em duplicata. Em seguida, foram adicionados às placas o ágar padrão de contagem (PCA). Posteriormente, o homogeneizou-se a mistura, e após a solidificação do ágar, as placas foram



incubadas. Para mesófilos a incubação foi de 36°C/48h, e para psicrotróficos, 7°C por 10 dias. Para BAL o ágar utilizado foi o de man rogosa sharpe (MRS) (sobrecamadas), e as placas colocadas em câmaras de anaerobiose, com incubação a 36°C/48h.

Ao final, realizou-se a contagem das colônias formadas, com o auxílio de um contador manual de colônia da marca Phoenix (CP608). O resultado foi expresso em UFC/g e depois convertido para Log de UCF/g.

Ao final os dados foram analisados através do software DMFit (BARANYI e ROBERTS, 1994), com o objetivo de ajustar os dados a um modelo de crescimento/sobrevivência para obter estimativas de parâmetros cinéticos como: velocidade máxima de crescimento/morte, fase de latência (lag), número inicial de células, número de células finais e estimativas de erros típicos para estes parâmetros.

Resultados e Discussão

A taxa de crescimento das bactérias mesófilas, psicrotróficas e ácido-láticas, durante o tempo de experimento foram de 0,036759 log UFC/g/h, 0,027431 log UFC/g/h e 0,011331 log UFC/g/h respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros cinéticos de crescimento de bactérias mesófilas, psicrotróficas e ácido-láticas em carne bovina embalada a vácuo e estocada a temperatura de resfriamento 4°C.

Microrganismo	Parâmetros de crescimento			
	Rate (log UFC/g/h)	Lag (duração em horas)	Y0 (log UFC/g inicial)	Yend (log UFC/g final)
Mesófilos	0,036759	291,8413	3,159577	6,551855
Psicrotróficos	0,027431	178,373	1,990364	6,660162
Bactérias Ácido lácticas	0,011331	-	0,058462	-

Obs.: Rate = taxa de crescimento, Lag = duração da fase de latência, Y0 = concentração inicial, Yend = concentração final, log UFC/g = logaritmo de unidade formadora de colônia por grama, log UFC/g h = logaritmo de unidade formadora de colônia por grama por hora.

Com relação aos mesófilos, o tempo de duração de fase Lag foi de 291,84 horas (12,16 dias), ou seja, a partir deste período estes microrganismos entraram na fase de crescimento exponencial, com concentrações que apresentaram valores inicial de 3,159 log UFC/g e concentração final, após os 21 dias de experimento (na fase estacionária) de 6,55 log UFC/g.

Já para as bactérias psicrotróficas, a duração de fase lag foi de 178,373 horas (7,43 dias), apresentando concentração inicial de 1,99 log UFC/g e concentração final, após os 21 dias de armazenamento (na fase estacionária) de 6,66 log UFC/g.

Para bactérias ácido-láticas, com os dados do experimento, não foi possível prever o tempo de fase lag, e nem a concentração final, o que significa que as bactérias se encontravam em fase de crescimento ao longo do tempo do experimento. O único dado que foi possível prever, refere-se à concentração inicial de 0,058462 log UFC/g.

Com os valores de contagem, e utilizando o programa DMFit, foi possível realizar uma curva de crescimento dos microrganismos analisados (Figura 1).

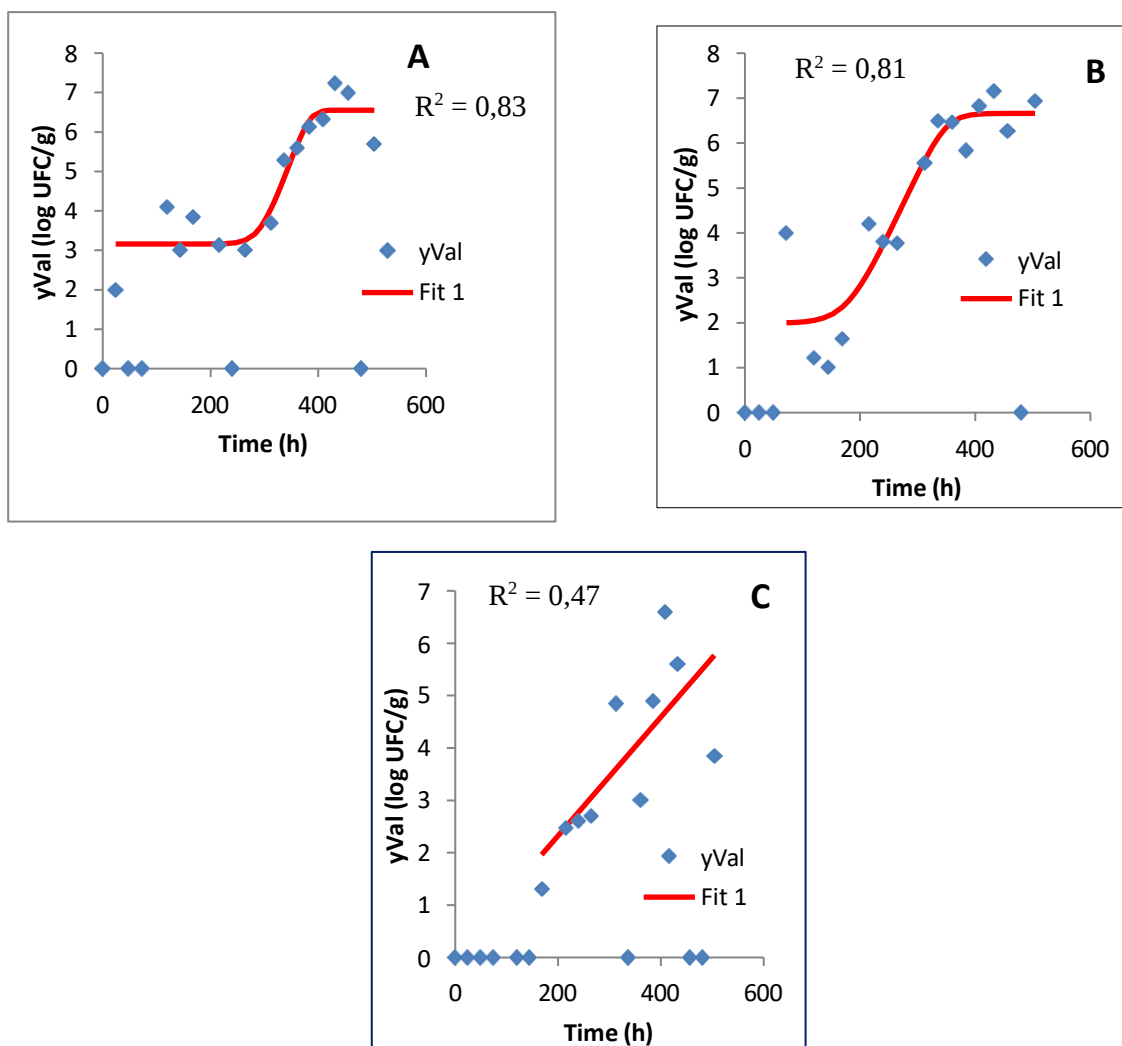


Figura 1. Curva de crescimento de bactérias em carne bovina embalada a vácuo e refrigerada (4°C), utilizando o programa DMFit (Baranyi e Roberts, 1994). **Onde:** **A** = curva de crescimento para bactérias mesófilas, **B** = curva de crescimento para psicrotróficos, **C** = curva de crescimento para bactérias ácido lácticas.

Analisando o gráfico, pode-se perceber a curva de crescimento predita (em vermelho), onde verifica-se claramente, para mesófilos (A) e psicrotróficos (B) as etapas de fase lag, log ou exponencial e estacionária. Já para o gráfico de bactérias ácido láctica (C), somente estimou-se a fase exponencial, não conseguindo prever a fase lag e nem a fase estacionária, indicando que após os 21 dias de experimento a tendência das BAL ainda era de crescimento.



Destaca-se que após os 21 dias de armazenamento/experimento, a concentração final de bactérias mesófilas e psicrotróficas na carne bovina foi de 6,55 log UFC/g e 6,66 log UFC/g, respectivamente. Estes valores são preocupantes, pois concentrações acima de 6 log UFC/g podem estar relacionadas com o início de deterioração do alimento.

A deterioração da carne é avaliada de acordo com alterações causadas pelos microrganismos, como a produção de metabólitos, durante o crescimento bacteriano. Após a esfolia a carcaça bovina, obtida em condições higiênicas, a contagem bacteriana na carne apresenta-se entre 3 e 4 log UFC/cm². Quando a população bacteriana atingir entre 6 e 7 log UFC/cm², o odor torna-se perceptível, e com uma população de 8 log UFC/cm² a carne apresenta limosidade superficial (JAY, 2005).

Com a microbiologia preditiva, consegue avaliar quantitativamente o risco microbiano em produtos alimentícios. Vários modelos de microbiologia preditiva estão disponíveis, formando uma grande base de dados para prever em quais circunstâncias a carga microbiana crescerá a nível preocupante para a saúde pública (POUILLOT e LUBRAM, 2011).

A carne oferece boas condições para o crescimento bacteriano, possui alta umidade (75%), alto teor de proteína (19%) e teor variável de lipídios. O carboidrato é um fator limitante ao crescimento bacteriano, por isso a maioria das bactérias deteriorantes são proteolíticas (PARDI *et al.*, 2001).

A carne não refrigerada ou com refrigeração inadequada sofre a ação de microrganismos deteriorantes. São bactérias que se caracterizam pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás e crescer na presença de sais biliares. Além de deteriorantes estes grupos são utilizados como indicadores higiênico-sanitários da carne (ROÇA *et al.*, 2002).

No caso de bactérias psicrotróficas, o ICMS (1996) destaca que apesar de crescer em temperaturas de resfriamento, seu desenvolvimento é bastante reduzido em temperaturas abaixo de 5°C. Em temperaturas acima de 7°C ou 10°C, seu desenvolvimento será mais rápido. A 4,1°C seu tempo de geração é de 9,9h, mas a 8,7°C é de 4,8h.

Para bactérias ácido-láticas, Massaguer (2005) aponta que a deterioração causada por este grupo bacteriano é primordial devido à produção de metabólitos que causam mudanças indesejáveis na aparência, textura e “flavor” do substrato.

Em um estudo conduzido por Reid *et al.* (2017), avaliando contagens bacterianas em carne bovina embalada a vácuo e estocada a 2°C por 6 meses, crescimento nas contagens de bactérias mesófilas foram observadas de valores iniciais de 6,21 log UFC/cm² a final de 13,57 log UFC/cm². Já para BAL esses dados variaram de 3,63 log UFC/cm² iniciais e 11,34 log UCF/cm² finais.

Isto sem contar que algumas bactérias patogênicas são classificadas como mesófilas e psicrotróficas, sendo, portanto, a presença, e elevada concentração destes grupos de bactérias, um possível perigo para a segurança dos consumidores.

Silva *et al.* (2020) analisaram as contagens de bactérias mesófilas, psicrotróficas e BAL em carne bovina embalada a vácuo e estocada a 4°C durante 21 dias. Para mesófilos a



concentrações iniciais e finais variaram de 5,71 log UFC/g a 20,19 log UFC/g respectivamente. Já para psicrotróficos, estes valores foram de 5,57 a 18,93 log UFC/g inicial e final, respectivamente, enquanto que as BAL os valores iniciais e finais foram de 3,17 a 10,93 log UFC/g respectivamente.

É importante ressaltar que o modelo utilizado neste estudo, não conseguiu prever a concentração final de BAL, tendo apresentado uma concentração inicial de 0,05 log de UCF/g e ao final dos 21 dias de experimento, conforme o gráfico C (figura 1), percebe-se as bactérias em fase de crescimento exponencial, e com concentração entre 5 a 6 log UFC/h, o que indica que o referido grupo bacteriano ainda está em crescimento, e não atingiu a fase estacionária.

Vale destacar que a IN 161 da ANVISA (Brasil, 2022) preconiza um limite mínimo e máximo de microrganismos aeróbios mesófilos em carne bovina de 10^5 a 10^6 UFC/g, respectivamente, sendo assim, a amostra analisada neste estudo, com 6,5 log UFC/g (acima de 10^6 UFC/g), ao final dos 21 dias de estocagem, requer uma atenção especial, sendo necessário novos testes para corroborar com este valor.

Massaguer (2005) destaca que o controle do crescimento das bactérias mesófilas, psicrotróficas e ácido-láticas merecem destaque no aumento da shelf-life da carne bovina. A deterioração causada por BAL é prejudicial à qualidade da carne, devido a produção de metabólitos que causam mudanças indesejáveis na aparência, textura e “flavor” do produto.

Neste sentido cuidados a cerca do controle de qualidade, das medidas higiênic-sanitárias e das Boas Práticas de Fabricação devem ser constantemente monitorados em todas as etapas da cadeia produtiva.

Conclusões

A carne bovina embalada a vácuo e refrigerada a 4° por 21 dias apresentou elevadas contagens de bactérias mesófilas e psicrotróficas, o que aponta para a necessidade de controle sanitário nas etapas de produção, visto que somente o resfriamento não inativa o crescimento destes microrganismos, sendo a principal medida a ser tomada, a diminuição da carga inicial de concentração.

O modelo utilizado não conseguiu prever a contagem final de bactérias ácido-láticas, ficando o referido grupo bacteriano em crescimento exponencial, nas condições da pesquisa.

A utilização da microbiologia preditiva trata-se de uma ferramenta fundamental para estudo do comportamento de microrganismos em alimentos, no caso em questão, carnes, com o intuito de verificar a vida de prateleira dos alimentos e garantir a segurança dos consumidores.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT e CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro.



Referências

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Rebanho bovino brasileiro**. 2026.
- APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5 ed. Washington, DC: APHA 2015.
- BARANYI, J.; ROBERTS, T.A. **A dynamic approach to predicting bacterial growth in food**. Journal of Food Microbiology, DES Moines, v. 23, n. 3-4, p. 277-294, nov. 1994.
- BRASIL. Instrução normativa – IN nº 161, de 1º de julho de 2022. **Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos**. Ministério da Saúde/ANVISA. 2022.
- DANNENHAUER, C. E. **Desenvolvimento de um aplicativo computacional para microbiologia preditiva**/Cristiano Édio Dannenneuer. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis – SC. 2010.
- ICMFS. **Microorganisms in Foods 5: Characteristics of Microbial Pathogens**. Ed. Blackie Academic & Professional. London, 513 p., 1996.
- JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2005, 711 p.
- MASSAGUER, P. R. de. **Microbiologia dos processos alimentares**. São Paulo: Varela, 2005.
- PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; ELMO, R.S.; PARDI, H.S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia, 622p, 2001.
- POUILLOT, R; LUBRAN, M. B. Predictive microbiology models vs. Modeling microbial growth within *Listeria monocytogenes* risk assessment: what parameters matter and why. **Food Microbiology**, London, v. 28, n. 4, p. 720-726, June 2011.
- RIED, R. et al. Comparison of hot versus cold boning of beef carcasses on bacterial growth and the risk of blown pack spoilage. *Meat Science*, v. 125, p. 46-52, 2017.
- ROÇA, R. O.; CARAMORI, J. G.; GOMES, L. A.; JOAQUIM, C. F. **Avaliação da contaminação microbiana durante o abate Kasher de bovinos**. Higiene Alimentar. Vol. 16, n. 96, p. 82-87, 2002.
- SARMENTO, C. M. P. Modelagem do crescimento microbiano e avaliação sensorial no estudo da vida de prateleira de mortadela e linguiça defumada em armazenamento isotérmico e não isotérmico. 2006. **Tese (Doutorado em Engenharia Química)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- SILVA, J.L.; CADAVEZ, V.; MACHADO, M.A.M.; DIAS, B.C.L.; CUNHA NETO, A.; GONZALES-BARRON, U.; FIGUEIREDO, E.E.S. Behavior of spoilage bacteria and *Salmonella enterica* subspecies *enterica* O:4,5 in vacuum-packaged beef during refrigeration. **Ciência Rural**, v. 50, p. 1-7, 2020.