

A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOCELULOSE: UMA ABORDAGEM

FERREIRA FILHO, Aniltair Divino¹; BRITO, Caio Renderson Farias²; PINTO, Ellen Godinho³; MARTINS, Wiaslan Figueiredo⁴; SOARES, Dayana Silva Batista⁵, FERNANDES, Ana Paula Stort⁶

¹ Estudante do Curso de Superior em Tecnologia de Alimentos - TAL – IF Goiano, E-mail: aniltair14@hotmail.com; ² Estudante do Curso de Superior em Tecnologia de Alimentos - TAL – IF Goiano, E-mail: caiofariasbrito@gmail.com; ³ Docente Depto de alimentos – TAL – IF Goiano. E-mail: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br; ⁴ Docente Depto de alimentos – TAL – IF Goiano. E-mail: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br; ⁵ Docente Depto de alimentos – TAL – IF Goiano. E-mail: dayana.soares@ifgoiano.edu.br; ⁶ Docente Depto de alimentos – TAL – IF Goiano. E-mail: ana.stort@ifgoiano.edu.br;

RESUMO: A indústria tem tido um grande interesse pelo aproveitamento de subprodutos, nisso uma das alternativas foi o investimento no desenvolvimento da biocelulose, polímero de origem microbiana com características e valor comercial desejáveis. Os meios de cultivos necessários para a produção deste polímero normalmente são carboidratos, nitrogênio, sais e açúcares. Com isso, o presente trabalho utilizou do motor de buscas do google scholar para montar uma base de dados do período de 2017-2021, sobre o desenvolvimento de celulose bacteriana (CB) a partir de resíduos agroindustriais, abordando a formação por *Komagataeibacter xylinus*, um dos principais microrganismos (MO's) utilizados. Foi tratada a produção involuntária de CB em kombucha, a utilização do melão de soja e a utilização dos produtos oriundos do suco de caju. Foi observado que há potencial na produção de CB, com o uso de técnicas mais simples e que sejam mais sustentáveis e comercialmente aceitas.

Palavras-chave: celulose; celulose Bacteriana; kombucha; melão de soja; suco do caju.

INTRODUÇÃO

O interesse por materiais a partir de polímeros que melhore o desempenho ambiental, impulsiona o estudo sobre novas fontes e aplicações no conceito de química limpa. Um dos materiais de maior interesse está a celulose, um dos polímeros vegetais mais abundantes, e o principal constituinte da parede celular das plantas. Embora normalmente encontrada em fontes vegetais, a celulose pode ser sintetizada por microrganismos, e passa a ser conhecida como celulose bacteriana (CB) (DUARTE et al., 2019).

O biopolímero apresenta características como alta resistência mecânica e a tração, e que possibilita na inserção de materiais para a obtenção de compósitos bio compatíveis à alta absorção de água (APARECIDO et al., 2021).

Os meios de cultivos são os principais responsáveis pelos custos de um bioprocessamento, uma vez que os nutrientes necessários como carboidratos, nitrogênio e sais devem estar contidos nestas fontes. Nisso, um meio alternativo para a redução de custos de produção, é a utilização de resíduos agroindustriais como fontes de macro e micronutrientes (ALMEIDA; FURTADO, 2020).

Os resíduos agroindustriais, na maioria das vezes apresentam uma alta composição de polissacarídeos, proteínas, lipídios, fibras e compostos antioxidantes, que são descartados de maneira não adequada, e que poderia dar origem a novos produtos. Com isso, esses resíduos podem ser reutilizados pois, por serem ricos em polissacarídeos e proteínas, possuem potencial para a formação de filmes biodegradáveis (BRAZEIRO; IMTHON, 2021).

Com isso o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma revisão literária, e avaliar as técnicas empregadas na produção celulósica a partir da biodegradação de resíduos agroindustriais.

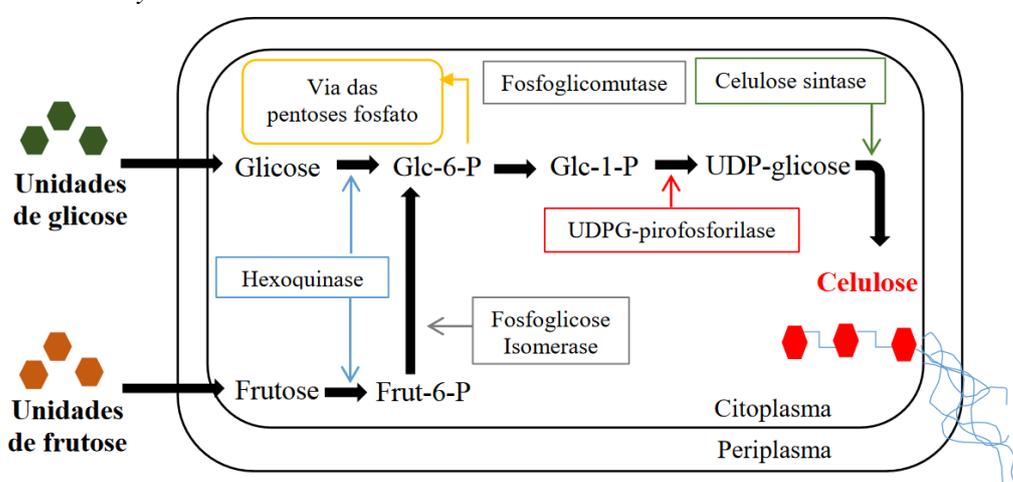
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biocelulose pode ser produzida a partir de vários tipos de microrganismos de diversos gêneros, alguns deles sendo *Komagataeibacter*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sarcina* e *Salmonella*. Esses organismos produzem membranas celulósicas a partir

de fontes de carbono e nitrogênio e podem utilizar uma grande variedade de materiais, como o melaço de soja proveniente do seu beneficiamento, a manieira líquida, resultado da prensagem de raízes de mandioca, no processo de fabricação da farinha, ou a milhocina, proveniente da prensagem do milho (SOUZA et al., 2021; BORRO, 2021). Com isso, é apresentada uma gama de alternativas para a reutilização desses resíduos, podendo ser aplicados na produção de combustíveis, rações, fármacos e biopolímeros (SOUZA et al., 2021).

Chagas (2018), descreve que, para que ocorra a formação de celulose bacteriana, deve ocorrer o processo de biossíntese, onde, por meio de vários processos enzimáticos e catalíticos utilizando proteínas reguladoras sintetizará CB. Chagas (2018), descreve o processo de sintetização, onde é dito que quando utilizado de glicose como produto da reação, com a utilização do microrganismo *Komagataeibacter xylinus* ela ocorrerá em quatro etapas. A primeira etapa envolve o transporte de glicose para o interior celular, onde, pela ação da enzima hexoquinase realiza fosforilação. Consequentemente a enzima fosfoglicomutase isomeriza a molécula glicose-6-fosfato transformando-a em glicose-1-fosfato. Com a utilização dessa molécula é realizado a síntese de UDP-glicose pela enzima UDPG-pirofosforilase, que posteriormente realizará a síntese de celulose bacteriana. A Figura 1 esquematiza o processo de sintetização de celulose bacteriana

Figura 1 - Esquema da via metabólica para síntese de celulose bacteriana por *Komagataeibacter xylinus*.

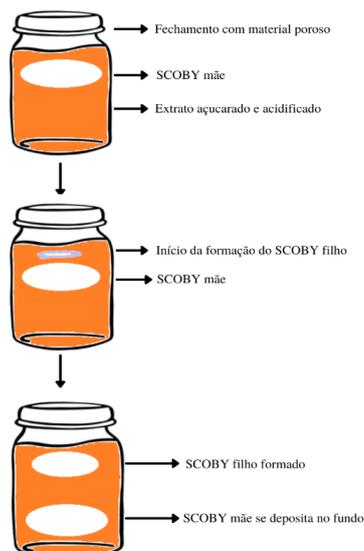


Fonte: (CHAGAS, 2018) adaptado de LEE et al. (2014) e NARITOMI et al. (1998).

Para Leonarski (2020), a produção de celulose bacteriana, pode ser explorada pela indústria fabril no processo de fabricação da bebida kombucha, pois, nas etapas de produção, ocorre a formação do biofilme. Martini (2022), descreve a matéria sintetizada por microrganismos como tapete e a floculação de fibras celulósicas como SCOBY mãe (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts*). Esse meio possui os microrganismos (Mo's) necessários para crescer e desenvolver novos Filhos (Figura 2), Nisso Paludo (2021), descreve que no processo de obtenção de um novo SCOBY, deve-se realizar o emprego de glicose no processo metabólico do microrganismo *Komagataeibacter xylinus*. Abd El-Salam (2012), completa que, para que o processo ocorra, é necessário ter garantidos parâmetros como temperaturas entre 20 °C e 50 °C demonstradas mais ideais, é requerida também a suplementação de oxigênio para fermentação com área superficial dimensionada. Leonarski (2020) diz que, quando comparado com outros tipos de produção, e avaliando a criação de CB como processo secundário, esse método demonstra um custo inferior quando comparado com outros processos.

Para o processo de produção de CB, Sá Filho (2018) e Matos Sá (2020), descrevem a fabricação celulósica com utilização do microrganismo *Komagataeibacter xylinus* ATCC 53582. Os autores utilizam do melaço de soja e os extratos do suco de caju respectivamente para se produzir celulose, tendo como metodologias, processos semelhantes. O crescimento da levedura é realizado em aguar e a extração de glicose é feita por métodos hidrolíticos. As amostras são encubadas com 3 e 10 dias por Sá Filho (2018) e Matos Sá (2020) respectivamente. Ambos ressaltam a neutralização do pH da celulose em solução de NaOH há 2% e 30% com temperaturas de 80 °C e 90 °C Ambos realizam a secagem em estufa a temperatura constante, tendo o tempo como aspecto diferencial em seus métodos, Sá Filho (2018) utiliza de 24 horas há 50 °C e Matos (2020) realiza em 48 horas.

Figura 2 - Formação do SCOBY filho a partir de um SCOBY mãe na fermentação da kombucha.



Fonte: MARTINI, 2022

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com estas avaliações, pode-se identificar alguns dos meios de produção de celulose bacteriana (CB). Pode-se entender o processo enzimático do microrganismo *Komagataeibacter xylinus*, na sintetização de biocelulose. Quando avaliados os processos para a produção de biocelulose, a fabricação do composto em meio a kombucha pode ser identificada como uma alternativa barata e simples, e que o uso de celulose bacteriana, pode reduzir custos de produção e se obter sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. O.; FURTADO, I. F.S. **Avaliação de materiais oriundos da agroindústria como meio de cultivo visando à obtenção de celulose bacteriana.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2020.

APARECIDO MACHADO, R.; MACHADO, M. L.; OLIVEIRA, P. C. M. **celulose bacteriana: biossíntese e aplicações.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em QUÍMICA) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2021.

BORRO, J. A. **Produção de celulose bacteriana utilizando substratos alternativos no meio de cultura.** 2021. 101 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2021.

BRAZEIRO, F. S. G.; IMTHON, N. D. **Filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas, extraídos de resíduos industriais para aplicação em embalagens de alimentos: revisão sistemática da literatura.** 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos., Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021

CHAGAS, B. S. **Produção de celulose bacteriana em meio à base de melado de soja em cultivo estático.** 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

DUARTE, E., ANDRADE, F., LIMA, H., NASCIMENTO, E.S., CARNEIRO, M., BORGES, M.D.F., ROSA, M. D.F. **Celulose bacteriana: propriedades, meios fermentativos e aplicações.** Embrapa Agroindústria Tropical, 2019.

LEONARSKI, E. **Produção de bebida tipo kombucha e celulose bacteriana utilizando subproduto da acerola como matéria-prima.** 87 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Sc, 2020.

MARTINI, G. V. **Perspectivas de reaproveitamento de celulose bacteriana de kombucha por hidrólise enzimática para obtenção de açúcares.** 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - Sc, 2022.

MATOS SÁ, N. M. S. **Utilização da fibra poda do cajueiro como fonte de lignina e nanocristais de celulose para incorporação em filmes de celulose bacteriana.** 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

PALUDO, N. **Obtenção e aplicação de nanofibras de resíduo industrial de kombucha em filmes biodegradáveis.** 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

SÁ FILHO, E. B. **Desenvolvimento de um protótipo de processo de produção de celulose bacteriana em meio estático.** 66 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SOUZA, F. R. A.; OLIVEIRA, J. S. T. de; SILVA, D. P. da; OLIVEIRA, M. G. de; NEVES, D. D.; SILVA, W. E. da; STAMFORD, T. C. M. BIOPOLÍMEROS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: do aproveitamento de resíduos agroindustriais a produção de biopolímero. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Editora Científica Digital, v. 4, p. 370-388, 2021.



MODELAGEM PREDITIVA DO CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS PATOGÊNICAS EM CARNE DE PERU REFRIGERADA E EMBALADA SOB ATMOSFERA MODIFICADA

SALGADO, Guilherme Henrique¹; SILVA, Luiz Felipe Diniz Aniceto²; ALVES, Andherson Henrique Cruz³; SOARES, Dayana Silva Batista⁴; PINTO, Ellen Godinho⁵; FERNANDES, Ana Paula Stort⁶; MARTINS, Wiaslan Figueiredo⁷

¹ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, guilherme.salgado@estudante.ifgoiano.edu.br; ² Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, luisfelipediniz3@gmail.com; ³ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, andhersonhenriquealves@gmail.com; ⁴ Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, dayana.soares@ifgoiano.edu.br; ⁵ Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, ellen.godinho@ifgoiano.edu.br; ⁶ Professora do Departamento de Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, ana.stort@ifgoiano.edu.br; ⁷ Professor do Departamento de Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br

RESUMO: A carne de aves, como o peru, é altamente susceptível à deterioração microbiana. Objetivou-se, neste trabalho, modelar o crescimento de bactérias patogênicas em carne de peru refrigerada a 7 °C e armazenada em atmosfera modificada, utilizando o *software Combase*. Os dados de crescimento de diferentes micro-organismos patogênicos foram obtidos da pesquisa de Mano, Ordoñez e Fernando (2000). O modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado às curvas de crescimento, utilizando o DMFit *on-line*. Os resultados demonstraram que o modelo apresentou bom desempenho para descrever o crescimento das bactérias em carne de peru. Assim, pode-se concluir que a aplicação de modelos preditivos e *softwares* de fácil utilização podem ser usados para orientar as indústrias de carnes de aves a se adequarem a legislação vigente quanto à validação de variações de temperatura no corte e manipulação de carne de peru, para evitar o crescimento de bactérias patogênicas.

Palavras-chave: Legislação; Microbiologia preditiva; Patógenos; Refrigeração; Segurança de alimentos.

INTRODUÇÃO

Carne de aves é um dos alimentos mais consumidas em todo o mundo. Em 2017, o Brasil foi o terceiro maior exportador mundial de carne de peru e o estado de Santa Catarina foi o destaque como maior produtor e maior exportador do Brasil (ABPA, 2018).

A carne é um alimento de fácil deterioração devido à sua composição. Embora a carne possa ser em uma embalagem com atmosfera controlada ou modificada e sob refrigeração, a sua deterioração ocorre mesmo que de forma mais lenta (CARVALHO, SHIMOKOMAKI, ESTÉVEZ, 2017).

A carne e produtos de aves, como o peru, são altamente susceptíveis à deterioração microbiana e, no caso de armazenamento em atmosfera modificada, geralmente predominam o crescimento de *Brochothrix thermosphacta* e bactérias ácido-lácticas (BAL). No entanto, essa condição de embalagem pode, em alguns casos, permitir ou até mesmo estimular o crescimento de patógenos, como *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Yersinia enterocolitica* (FRANCO; LANDGRAF, 2015).

O comportamento dos microrganismos nos alimentos (crescimento, sobrevivência e morte) é determinado pelas propriedades dos alimentos (atividade de água, pH etc.) e pelas condições de armazenamento (temperatura, umidade relativa e atmosfera do meio que a rodeia) (NAKASHIMA et al., 2000). Nesse contexto, a ferramenta da microbiologia preditiva torna-se importante para avaliar esse comportamento.

Muitos sistemas de modelagem preditiva foram desenvolvidos nas últimas décadas (TENENHAUS-AZIZA; ELLOUZE, 2015). Entre as ferramentas *online* gratuitas, destaca-se o DMFit do *ComBase* (www.combase.cc), que possibilita a simulação do crescimento de micro-organismos em alimentos e meio de

cultivo, sendo um *software* de fácil utilização. Portanto, objetivou-se, neste trabalho, modelar o crescimento de bactérias patogênicas em carne de peru refrigerada a 7 °C e armazenada em atmosfera modificada, utilizando o *software Combase*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de crescimento de diferentes micro-organismos patogênicos foram obtidos do navegador *ComBase* (www.combase.cc), utilizando a categoria de alimento “poultry” e a faixa de temperatura entre 4 °C e 8 °C. Foram selecionados dados do crescimento (\log_{10} UFC/g) de *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes/innocua*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Yersinia enterocolitica* em carne de peru (pH = 6,0 e $a_w = 0,99$) armazenada a 7 °C. Os dados foram reportados da pesquisa de Mano, Ordoñez e Fernando (2000), publicada no periódico *Food Microbiology*.

O modelo de Baranyi e Roberts (BAR) (BARANYI; ROBERTS, 1994) (Equações 1, 2 e 3) foi ajustado às curvas de crescimento, utilizando o DMFit *on-line*, disponível no *Combase*.

$$Y(t) = y_0 + \mu_{m\acute{a}x} F(t) - \ln \left\{ 1 + \frac{e^{\mu_{m\acute{a}x} F(t)} - 1}{e^{y_{m\acute{a}x} - y_0}} \right\} \quad (1)$$

$$A(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{m\acute{a}x}} \right) \ln \left[e^{(-\mu_{m\acute{a}x} t)} + e^{(-h_0)} - e^{(-\mu_{m\acute{a}x} t - h_0)} \right] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{m\acute{a}x} \lambda \quad (3)$$

Nas equações, $Y(t)$ é o logaritmo da concentração microbiana N (UFC/g) no tempo t (horas), ou seja, $y(t) = \log [N(t)]$. O parâmetro $\mu_{m\acute{a}x}$ é a velocidade máxima específica de crescimento (h^{-1}); λ é a duração da fase de latência (h); y_0 é o logaritmo da concentração microbiana inicial, $y_0 = \log (N_0)$; $y_{m\acute{a}x}$ é o logaritmo da população máxima, $y_{m\acute{a}x} = \log (N_{m\acute{a}x})$; h_0 é o parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); $F(t)$ é a função de ajuste do modelo Baranyi e Roberts.

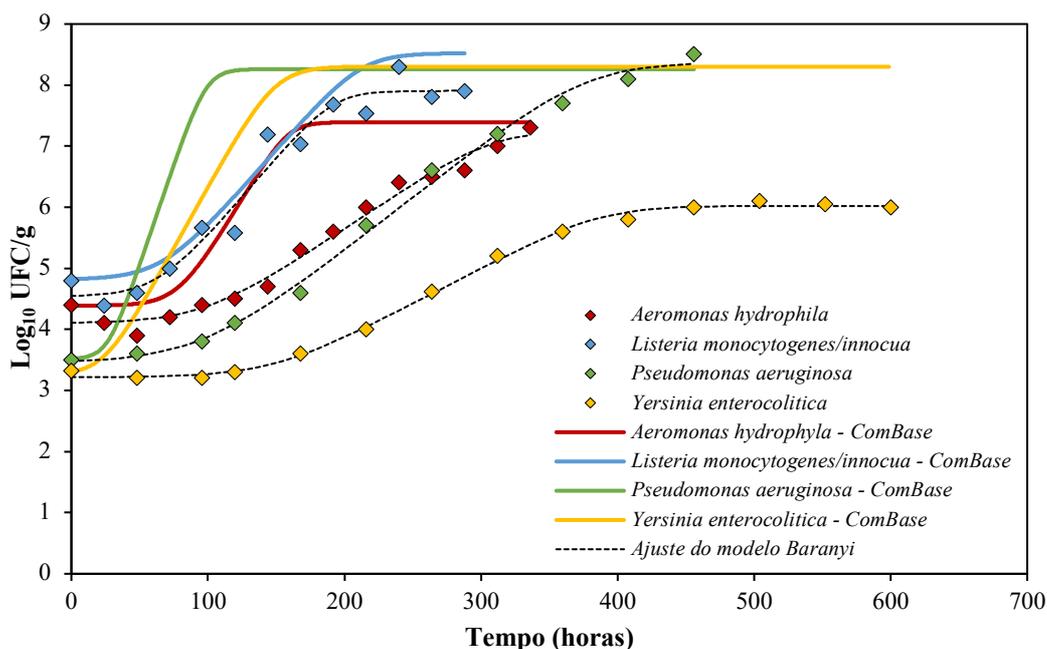
Para avaliar o modelo de crescimento em meio de cultivo, disponível no *ComBase*, foram realizadas simulações do crescimento para cada bactéria, considerando o pH = 6, $a_w = 0,99$ embalada em atmosfera modificada (100% de nitrogênio) e armazenada a temperatura de refrigeração de 7 °C e os parâmetros de crescimento foram comparados com os obtidos em carne de peru.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais utilizados neste trabalho foram obtidos da pesquisa de Mano, Ordoñez e Fernando (2000). Os autores avaliaram o crescimento de bactérias em carne de peru refrigerada e armazenada sob diferentes atmosferas modificadas. Os autores não aplicaram a ferramenta da microbiologia preditiva para estudar o comportamento dos micro-organismos. No entanto, após a publicação do trabalho, os dados foram disponibilizados no *software ComBase*, de acesso gratuito. Assim, a relevância deste trabalho deve-se à atualização do Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiénico-Sanitária de Carne de Aves (BRASIL, 2019), o qual cita, pela primeira vez em uma legislação brasileira, o uso da ferramenta da microbiologia preditiva para estabelecer e validar a variação aceitável de temperatura dos produtos no ambiente de corte e manipulação de carcaças de aves, de forma garantir a manutenção do binômio tempo e temperatura que garanta a ausência de multiplicação de patógenos.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1 o modelo BAR apresentou um bom ajuste para todas as bactérias estudadas. É possível verificar um maior crescimento para *L. monocytogenes*, enquanto *Y. enterocolitica* teve seu crescimento mais lento. No entanto, ao considerar a curva de crescimento de *Y. enterocolitica* (linha contínua amarela, Figura 1) pela simulação realizada no *ComBase* em meio de cultivo, nas mesmas condições, é possível verificar que o modelo BAR superestima o crescimento. Apenas para a bactéria *L. monocytogenes* foi verificado o crescimento semelhante quando comparado a carne de peru e a simulação em meio de cultivo. Esses resultados podem ser comprovados pelo parâmetro $\mu_{m\acute{a}x}$, que representa a velocidade específica máxima de crescimento (Tabela 1). *L. monocytogenes* apresentou $\mu_{m\acute{a}x}$ de $0,026 \text{ h}^{-1}$ em carne de peru e $0,025 \text{ h}^{-1}$ em meio de cultivo (simulação). Esses resultados destacam que a carne de peru é um excelente meio de cultivo para o crescimento de patógenos, especialmente, *L. monocytogenes*.

Figura 1. Curvas de crescimento de bactérias patogênicas em carne de peru armazenada em atmosfera modificada (100% de nitrogênio) e resfriada a 7 °C, os ajustes do modelo BAR (linhas tracejadas) e a simulação do crescimento das bactérias patogênicas em meio de cultivo utilizando a ferramenta do *ComBase* (linhas contínuas).



Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Para avaliar o desempenho do modelo BAR em descrever os dados de crescimento de diferentes patógenos em carne de peru a 7 °C, os índices estatísticos R^2 e Erro médio foram utilizados (Tabela 1). Verificou-se um bom ajuste para todos os micro-organismos, com destaque para *Y. enterocolitica* e *P. aeruginosa*, que apresentaram R^2 de 0,997 e 0,994, respectivamente. No entanto, os valores dos índices para todos os micro-organismos são considerados satisfatórios, pois ao utilizar uma matriz alimentar (carne de peru) para construção de curva de crescimento a microbiota natural pode influenciar no formato sigmoidal da curva.

Tabela 1. Parâmetro $\mu_{m\acute{a}x}$ e índices estatísticos obtidos pelo ajuste do modelo BAR aos dados de crescimento de bactérias patogênicas em carne de peru refrigerada a 7 °C e armazenada em atmosfera modificada com 100% de nitrogênio.

Bactéria	Parâmetro $\mu_{m\acute{a}x}$ (h ⁻¹)		Índices estatísticos	
	Mano et al. (2000)	ComBase	R^2	Erro médio
<i>A. hydrophila</i>	0,015	0,037	0,978	0,173
<i>L. monocytogenes/innocua</i>	0,026	0,025	0,948	0,328
<i>P. aeruginosa</i>	0,018	0,066	0,994	0,152
<i>Y. enterocolitica</i>	0,012	0,040	0,997	0,068

Fonte: elaborada pelos autores (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de Baranyi e Roberts apresentou bom desempenho para descrever o crescimento de bactérias patogênicas em carne de peru, com a estimativa da velocidade específica máxima de crescimento. Assim, pode-se concluir que a aplicação de modelos preditivos e *softwares* de fácil utilização podem ser usados para orientar as indústrias de carnes de aves a se adequarem a legislação vigente quanto à validação de variações de temperatura no corte e manipulação de carne de peru e outros produtos relacionados, bem como no armazenamento adequado, para evitar o crescimento de bactérias patogênicas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Ao Grupo Multidisciplinar de Pesquisas em Ciência e Tecnologia de Alimentos (GMPCTA-CNPq) pela contribuição intelectual no desenvolvimento deste trabalho, que faz parte da linha de pesquisa “Microbiologia preditiva: modelagem matemática e computacional aplicada à alimentos”.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, Relatório Anual. Disponível em Acesso: 28/09/2022.

BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. **International Journal of Food Microbiology**, v. 23, p. 277-294, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria Nº 74 de 7 de maio de 2019. Brasília: 2019.

CARVALHO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; ESTÉVEZ, M. Poultry Quality Evaluation: Quality Attributes and Consumer Values. **Food Science, Technology and Nutrition**, c. 6, p. 133-157, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu. 183 p., 2005.

MANO, S. B.; ORDOÑEZ, J. A.; FERNANDO, G. D. G. Growth/survival of natural flora and *Aeromonas hydrophila* on refrigerated uncooked pork and turkey packaged in modified atmospheres. **Food Microbiology**, v. 17, p. 657-669, 2000.

NAKASHIMA, S. M. K.; ANDRÉ, C. D. S.; FRANCO, B. D. G. M. Aspectos básicos da microbiologia preditiva (Revisão). **Braz. Journal Food Technology**, p. 41-51, 2000.

TENENHAUS-AZIZA, F.; ELLOUZE, M. Software for predictive microbiology and risk assessment: A description and comparison of tools presented at the ICPMF8 Software Fair. **Food Microbiology**, v. 45, p. 290–299, 2015.



RELAÇÃO ENTRE MICRO-ORGANISMOS PSICOTRÓFICOS E LEITE INSTÁVEL NÃO ÁCIDO (LINA) NOS PARÂMETROS QUALITATIVOS DO LEITE: UMA REVISÃO

ALVES, Andherson Henrique Cruz¹; SANTOS, Wallacy Barbacena Rosa²; FERNANDES, Ana Paula Stort³; MARTINS Wiaslan Figueiredo⁴; FERREIRA, Ana Clara Novais⁵; RIBEIRO, Jeferson Corrêa⁶; CESÁRIO, Andréia Santos⁷; SALGADO, Guilherme Henrique⁸; SILVA, Luiz Diniz Aniceto⁹; CLEMENTINO, Abner Josué Costa¹⁰;

¹ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: andhersonhenriquealves@gmail.com; ² Professor do Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: wallacy.barcacena@ifgoiano.edu.br; ³ Professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: ana.stort@ifgoiano.edu.br; ⁴ Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br; ⁵ Discente do Curso Técnico de Alimentos, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: ana.novais@estudante.ifgoiano.edu.br; ⁶ Professor do departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: jeferson.ribeiro@ifgoiano.edu.br; ⁷ Professora do Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: andrea.cesario@ifgoiano.edu.br; ⁸ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: guilherme.salgado@estudante.ifgoiano.edu.br; ⁹ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: luisfelipediniz3@gmail.com; ¹⁰ Graduando em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e-mail: abnner.josue@estudante.ifgoiano.edu.br;

RESUMO: Objetivou-se, com este trabalho, identificar os artigos científicos que abordam a deterioração do leite cru por bactérias psicrotróficas e o leite LINA como uma possível consequência, tomando como base o portal de periódicos da Capes. Utilizou-se como descritores “leite cru”, “bactérias psicrotróficas”, “caseína”, “qualidade microbiológica” e “LINA”. A qualidade do leite é um assunto bastante discutível, por se tratar de um alimento de alto valor biológico e imprescindível na alimentação humana. Por esse motivo, é considerado um meio ótimo para o crescimento de micro-organismos deteriorantes que alteram sua qualidade e, conseqüentemente, dos derivados lácteos. Dentre esses micro-organismos, destacam-se as bactérias psicrotróficas, principalmente as pertencentes ao gênero *Pseudomonas* que são encontradas na microbiota do leite e que, possivelmente, podem estar relacionadas à produção do Leite Instável Não Ácido (LINA), causando prejuízos a toda cadeia produtiva do leite.

Palavras-chave: Caseína; Deterioração; Microbiologia do leite; Micro-organismos; Proteases.

INTRODUÇÃO

O leite bovino é caracterizado como um alimento dotado de um alto valor nutritivo, sendo considerado um dos mais presentes na mesa do consumidor brasileiro, devido sua aceitabilidade e inclusão na alimentação, atendendo a todas as faixas etárias. As quantidades dos nutrientes presentes podem variar de acordo com alguns fatores, dentre esses, os principais são: a raça do animal, a genética explorada e o manejo nutricional (TEIXEIRA et al., 2019; PACHECO; 2011).

Diferentemente da Europa, Estados Unidos e outros países, grande parte do leite cru brasileiro é advindo de pequenos produtores, pequenas propriedades, conhecidas por apresentarem índices zootécnicos defasados e, por consequência, apresentam qualidade microbiológica abaixo do esperado, contrariando os parâmetros desejados pelos laticínios para produção de derivados lácteos (OHI et al., 2010). A composição nutricional do leite propicia ótimo meio de cultura para o desenvolvimento de micro-organismos, como as bactérias psicrotróficas, que acabam afetando as características qualitativas do leite.

Segundo Zeni et al. (2013), alguns estudos apontam que pode haver uma relação entre a instabilidade da caseína e a conseqüente agregação das partículas com a ação das proteases sintetizadas pelas bactérias psicrotróficas presente na microbiota do leite. As ações dessas enzimas sobre a caseína podem de alguma

forma, estar relacionadas com a ocorrência de um leite instável não ácido (LINA), um problema multifatorial enfrentado por várias propriedades leiteiras.

Portanto, no intuito de abordar essa temática em trabalhos de pesquisa futuros, objetivou-se com essa revisão, demonstrar uma possível relação entre os micro-organismos psicrotróficos e a ocorrência do LINA na deterioração do leite, por meio de estudos científicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo do estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa e descritiva sobre a relação entre os micro-organismos psicrotróficos e o LINA na qualidade físico-química do leite. Na pré-seleção, foram descartados artigos que não tinham qualquer relação direta com o assunto. Nesta presente abordagem, foram coletadas informações relacionadas ao estudo no ambiente para pesquisas acadêmicas (Google Acadêmico). As palavras-chaves utilizadas foram “Leite Cru”, “Bactérias Psicrotróficas suas alterações no leite”, “Caseína”, “Qualidade Microbiológica” e “LINA”.

REVISÃO DE LITERATURA

Quando se trata da qualidade do leite, a contagem microbiológica se destaca por ser um indicador das condições higiênicas de ordenha e da saúde da glândula mamária, e isso é extremamente relevante, visto que os micro-organismos possuem alta capacidade de crescimento e conseqüente deterioração do leite, principalmente as bactérias (PAULO et al., 2021).

O grupo das bactérias psicrotróficas é o que mais favorece a deterioração do leite e produtos lácteos, atuando principalmente sobre as características sensoriais do produto (sabor, odor e aparência) (EMBRAPA, 2020). A contaminação dos utensílios e equipamentos de ordenha, como também dos tetos e úbere e a água de má qualidade estão entre os fatores que podem desencadear o crescimento e desenvolvimento desses micro-organismos (ANDRADE et al., 2021).

Em algumas propriedades que atendem às exigências no quesito higiene, pautadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a proliferação de bactérias psicrotróficas corresponde a menos de 10% dos micro-organismos da microbiota total do leite. No entanto, se essa higiene for realizada de forma precária, as contagens podem atingir mais de 75% da microbiota (SERRA, 2014).

Segundo Izidoro (2008), dentro do grupo dos psicrotróficos existe uma vasta variedade de micro-organismos, incluindo bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, sendo que as principais predominantes são as do gênero *Pseudomonas*, sendo as espécies *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida* as mais frequentes encontradas na microbiota do leite. Os psicrotróficos se enquadram nas características dos grupos pertencentes aos micro-organismos mesófilos. Segundo Furtado (2005), eles se desenvolvem melhor em temperaturas entre 20 e 30°C. Enquanto Arcuri et al. (2008) relataram que esses micro-organismos possuem uma atividade enzimática maior em baixas temperaturas, em torno de 7°C.

A atividade enzimática, principalmente das proteases bacterianas sobre o leite, desencadeia um processo de gelificação/coagulação, atuando principalmente sobre os componentes físico-químicos do leite, além de formar compostos que conferem sabores e odores desagradáveis ao consumidor e a perda do rendimento na produção de derivados. A ação dessas enzimas sobre a beta-caseína e kappa-caseína, subgrupos de proteínas que compõem a principal proteína do leite, causa a desestabilização das micelas e, por conseqüência, a rejeição do leite, mesmo antes do recolhimento na propriedade (VASCONCELOS, 2022; COLANTUONO et al., 2020; FAIRBAIRN et al., 1986).

As proteases termorresistentes, um dos grupos enzimáticos atuantes no leite, possuem a capacidade de hidrolisar e provocar a desestabilização da caseína, com preferência pela k-caseína, como demonstrado por Pinto (2004), afetando drasticamente as qualidades físico-químicas do produto. Esse autor avaliou o efeito dessas enzimas sobre as micelas de caseína após 48 horas de armazenamento do leite no tanque de resfriamento, por meio da eletroforese em gel de poliácridamida e constatou hidrólise total da caseína e, conseqüentemente, a sua instabilidade.

Conforme Nielsen (2002), a hidrólise da caseína pode desencadear a sua desestabilização e uma conseqüente coagulação do leite. Portanto, é possível denotar que, a atuação das enzimas produzidas pelos micro-organismos psicrotróficos sobre a caseína pode estar relacionada com a ocorrência do LINA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bactérias psicrotróficas, em especial *Pseudomonas* spp., representam um papel relevante na diminuição da qualidade do leite, afetando as principais características qualitativas do produto, inviabilizando a sua utilidade pelos laticínios, devido à sua deterioração, além de poderem estarem associadas à ocorrência



do LINA. No entanto, para reforçar a hipótese deste trabalho, se faz necessário mais estudos e a realização de pesquisas em laboratório.

REFERÊNCIAS

- ARCURI, E. F.; BRITO M. A. V. P.; BRITO, J. R. F.; PINTO, S. M.; ÂNGELO, F. F.; SOUZA, G. N. Qualidade microbiológica do leite refrigerado nas fazendas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. (3), p. 440- 446, 2006.)
- ANDRADE, Isadora Paulo; MONTANHINI, Maíke Taís Maziero; RIBEIRO, Laryssa Freitas. Consequência da presença de bactérias psicrotroficas em leite e derivados. **Revista GeTeC**, v. 10, n. (25), 2021.
- COLANTUONO, A; D'INCECCO, P; FORTINA, M. G.; ROSI, V.; RICCI, G.; PELLEGRINO, L. Milk substrates influence proteolytic activity of *Pseudomonas fluorescens* strains, *Food Control*, Volume 111, 2020.
- EMBRAPA. Tipos de Microrganismos. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_182_21720039246.html. Acesso em: 06 dez. 2020.
- FAIRBAIRN, D.; LAW, B. Proteinases of psychrotrophic bacteria: Their production, properties, effects and control. **Journal of Dairy Research**, 53(1), 139-177. 1986.
- FURTADO, M.M. Principais problemas dos queijos: causa e prevenção. 2. ed. São Paulo: **Fonte Comunicações e Editora**, 2005. 200 p
- IZIDORO, T. B. **Efeito da Multiplicação de Microrganismos Psicotróficos Sobre as Características Físico-químicas do Leite Cru**. 2008. 107 pag. Dissertação (Pós-Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu - São Paulo.
- Nielsen, S. S., 2002. Plasmin system and microbial proteases in milk: characteristics, roles and relationship. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50, 6628-6624.
- OHI M. et al. Princípios básicos para a produção de leite bovino. Curitiba: UFPR, 2010. 144p.
- PACHECO, Manuela. Tabela de equivalentes, medidas caseiras e composição química dos alimentos. In: Tabela de equivalentes, medidas caseiras e composição química dos alimentos . 2011. pág. 669-669
- PINTO, Cláudia Lúcia de Oliveira. Bactérias psicrotólicas proteolíticas do leite cru refrigerado granelizado destinado à produção do leite UHT. 2004.
- RODRIGUES, Rafaela da Silva. Formação de biofilme de *Pseudomonas fluorescens* em aço inoxidável e seu controle por biossurfactantes. 2019.
- SERRA, M. J. B. **Qualidade microbiana e físico-químico do leite cru produzido na região de Pardinho, SP**. 2004. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.
- TEIXEIRA, Camilla Mércia Silva; FIGUEIREDO, Mariana Andrade. Qualidade microbiológica do leite bovino no Brasil associada a *Staphylococcus aureus*. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 6, n. (1), p. 196-216, 2019.
- VASCONCELLOS, Alenia Naliato. **Quantificação de glicomacropéptido em leite proveniente de vacas com alelos A1 e A2 para β^2 -caseína, experimentalmente contaminado com *Bacillus cereus* ss e *Pseudomonas fluorescens***. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. p. 57, 2022.

ZENI, Maisa Paula et al. Influência dos microrganismos psicrotróficos sobre a qualidade do leite refrigerado para produção de UHT. **Unoesc & Ciência-ACET** , v. 4, n. (1), pág. 61-70, 2013.