



APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCO MICROBIOLÓGICO EM PRODUTOS LÁCTEOS

Gustavo Luis de Paiva Anciens Ramos^{a,b}, Janaína dos Santos Nascimento^a,
Adriano Gomes da Cruz^a

a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ),
Departamento de Alimentos

b Faculdade de Farmácia – Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ

RESUMO

A avaliação quantitativa de risco microbiológico é uma das etapas da análise de risco e exerce um importante papel na evolução dos processos de gestão de segurança em alimentos. A partir de dados e desenvolvimento matemático, é possível obter riscos numéricos associados à probabilidade de infecções ou doença em populações específicas, associados a determinados alimentos. Os produtos lácteos possuem extrema relevância no contexto de segurança de alimentos e a análise de risco microbiológico vem sendo empregada nestes alimentos para desenvolvimento da cadeia produtiva de processamento e entendimento de hábitos de consumo regionais. Assim, esta revisão tem como objetivo abordar noções gerais da avaliação quantitativa de risco microbiológico e sua aplicação em produtos lácteos.

Palavras-chave: produtos lácteos, segurança do alimento, análise de risco



1. INTRODUÇÃO

A análise de risco abrange toda a cadeia produtiva do alimento, gerando informações de proteção da saúde pública, e assim, tendo uma característica de gestão estratégica muito mais abrangente que análises laboratoriais isoladas e processos de gestão tradicionais como APPCC. Por definição, a análise de risco é estruturada pela avaliação de risco (associada a um perigo com efeito adverso à saúde humana), gestão de risco (aborda a implementação de medidas de controle) e comunicação de risco (troca de informação sobre os riscos e fatores relacionados pelas partes interessadas) (Collineau et al., 2020; Sant'Ana & Franco, 2010).

A avaliação de risco pode abordar perigos microbiológicos ou químicos, e pode oferecer dados qualitativos (como probabilidade de contaminação alta, média ou baixa) ou dados quantitativos, baseados em valores sobre prevalência e enumeração de patógenos e equações matemáticas geradas por modelos preditivos. (Campagnollo et al., 2018).

Assim, esta revisão tem como objetivo oferecer noções básicas de entendimento da avaliação quantitativa de risco microbiológico (QMRA, do inglês *Quantitative Microbiological Risk Assessment*) e descrever sua aplicação em produtos lácteos.

1.1 Avaliação quantitativa de risco microbiológico em alimentos

A QMRA consiste de quatro etapas: a identificação do perigo microbiológico, onde é escolhida a combinação patógeno-alimento que será alvo do estudo; a caracterização do perigo, que aborda o papel do patógeno como agente causador de doenças nos consumidores do alimento tratado; a avaliação de exposição, que consiste



na utilização de modelos preditivos que descrevem matematicamente as respostas comportamentais do micro-organismo; e a caracterização de risco, que envolve a integração dos resultados, fornecendo uma estimativa, em probabilidade, do risco associado (Kundu et al., 2018; Sant’Ana & Franco, 2010).

Para a construção do modelo de QMRA são determinados módulos, desde a matéria prima até o consumo, e é utilizada a simulação de Monte Carlo, onde a estimativa de um ponto é substituída por uma distribuição probabilística. Na análise sensível, é possível visualizar quais fatores de processamento ou consumo afetam mais ou menos a probabilidade de contaminação ou doença (Tan et al., 2019; Dogan et al., 2019). O resultado, ou *output*, do QMRA pode se dar em concentração de micro-organismo no produto ou porção de consumo, ou probabilidade de doença em determinada população (Membré & Boué, 2017).

O *Appropriate Level of Protection* (ALOP) é um valor estabelecido pelas autoridades de saúde que define o limite tolerável de casos de doença ou contaminações. Assim, caso o ALOP seja maior que o output do QMRA, devem haver medidas para reduzir o risco. O FSO (*Food Safety Objective*) representa a concentração máxima de perigo no alimento no momento do consumo, contribuindo assim para o alcance do ALOP e fornecendo base para discussão de medidas de controle (Pujol et al., 2013).

A avaliação de risco comprova que nenhum alimento é livre de riscos e que cada etapa da cadeia produtiva tem seu papel na segurança do produto final, fornecendo aos gestores de risco as informações científicas necessárias para a compreensão da natureza e magnitude do risco abordado, capacitando assim o planejamento de ações de controle e prevenção. A avaliação de risco também pode ser executada no sentido



de avaliar a equivalência de processos tecnológicos para a inativação de um patógeno, comprovando a eficácia de novos processamentos (Tan et al., 2019).

1.2 Aplicação da QMRA em produtos lácteos

Alguns trabalhos descritos na literatura relatam a aplicação da QMRA em produtos lácteos, tais como leite cru e pasteurizado e diversos tipos de queijos.

No estudo de Ding et al. (2015), foi executada QMRA com o objetivo de quantificar o risco de doença por *S. aureus* e sua toxina em leite cru na China. Neste estudo, devido a particularidades de consumo da região, foi incluído um módulo de tratamento térmico e estocagem pelo consumidor, visto que ocorre venda de leite cru, considerando tempo e temperatura de fervura doméstica. Nas distribuições de probabilidade de tempo e temperatura de estocagem, foram considerados valores máximos extremos, pois é de conhecimento dos autores que as práticas de armazenamento e higiene não são satisfatórias na região para garantir a qualidade do produto. Para estimar a produção de toxina, que ocorre a partir de concentração de *S. aureus* de 5 log UFC foi utilizada uma relação matemática em função da temperatura. Segundo dados da literatura, a concentração mínima de toxina para causar problemas à saúde humana é de 20 ng, e o estudo mostrou probabilidade de 7.6% de o leite fervido em casa superar este valor. Como o procedimento de fervura doméstica não é controlado, oferece maior risco. A análise sensitiva revelou que as etapas que possuem maior influência no risco são temperatura de estocagem na planta de processamento e temperatura de fervura, para leite processado e fervido pelo consumidor, respectivamente (Ding et al., 2015).



Em alguns países, principalmente na Itália, leite cru é vendido através de máquinas de auto-atendimento, sendo esta prática cada vez mais popular em países como a Nova Zelândia. Esse tipo de consumo se desenvolve em decorrência do desejo de alimentos menos processados pelos consumidores, além de ser mais barato que o leite pasteurizado. Em estudo italiano foi avaliado o risco de campilobacteriose em leite cru destas máquinas, que podem conter leite de apenas uma fazenda por máquina e possuem aviso para fervura do leite antes do consumo. No estudo, foram avaliados 36 cenários, considerando diferentes binômios tempo-temperatura na máquina, porcentagem de consumidores que fervem o leite cru, porcentagem de consumidores crianças, entre outros. Como resultados, obtiveram uma contagem estimada em zero UFC no produto final se todos os consumidores fervem o leite antes do consumo, mesmo nas piores condições de tempo/temperatura nas máquinas. O risco de infecção na população com idade inferior a cinco anos é cerca de 2.5 vezes maior. Verificou-se que as porcentagens de consumidores com menos de cinco anos e de consumidores que não fervem o leite são os fatores de maior influência no risco, exaltando a importância de considerar hábitos de consumo no QMRA e a necessidade de programas educacionais em países que permitem a venda de leite cru (Giacometti et al., 2015).

Em estudo na África do Sul, executou-se QMRA para avaliar risco de síndrome hemolítica urêmica causada por *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) via leite cru. Na África do sul, há uma alta prevalência de STEC em leite, 11 e 7.3% para leite cru e pasteurizado vendido diretamente pelo produtor, respectivamente, retratando um problema regional. Para menores de cinco anos, o número de casos estimado por ano foi cerca de 15 vezes maior comparativamente à população geral. A



análise sensitiva revelou que os parâmetros mais influentes são a presença de fervura antes do consumo e o tempo deste processo (Ntuli et al., 2018).

Estudo de QMRA executado por Serraino et al. (2014) abordou os riscos relativos à presença de *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* (MAP) em leite pasteurizado, o qual representa majoritariamente um risco zoonótico, mas também pode causar doença de Crohn em humanos. MAP é frequentemente encontrado em leite cru e pode sobreviver a tipos mais brandos de pasteurização, sendo encontrado também no varejo, em sua forma viável. O estudo avaliou três plantas industriais de leite pasteurizado na Itália, sendo obtidas probabilidades entre 0.55 e 0.98% para leite com concentração maior que zero (Serraino et al., 2014).

Um trabalho realizado no Brasil buscou determinar o risco associado à ocorrência de salmonelose relacionada ao consumo de achocolatado. Por ser um produto lácteo com mais uma matéria prima, a inserção de outro módulo se fez necessária para análise do processamento do cacau, prévia ao processamento do milk chocolate em si. Foi observado que um menor número de casos por semana foi obtido quando a concentração inicial de patógeno era menor no grão de cacau. Na análise sensitiva foi revelado que para concentrações iniciais de patógeno mais baixas, a etapa de fermentação dos grãos teve um maior efeito, enquanto para as concentrações maiores, a composição do achocolatado teve maior influência (Campagnollo et al., 2020).

Em estudo que avaliou o risco de HUS em queijo produzido a partir de leite cru, foram considerados cinco principais tipos de STEC na Europa. As diferentes tecnologias de processamento de queijos podem influenciar a probabilidade de contaminação e sobrevivência de STEC. Com um valor de ALOP calculado sugerido de 4.4×10^{-6} , cerca



de 20% dos lotes ficariam acima do valor. Cenários que consideraram intervenções, como tratamento com probióticos ou vacinação, geraram redução de prevalência de STEC nas fezes, ocasionando em redução de risco de 76 a 98%. Um outro cenário considerou a exclusão das fazendas com piores condições de higiene de ordenha, gerando redução de risco em 87% (Perrin et al., 2015).

Tiwari et al. (2015) executaram um trabalho com o objetivo de prever a contaminação por *Listeria monocytogenes* em queijo produzido com leite cru e pasteurizado oriunda do ambiente da fazenda e da contaminação cruzada pelo processamento e estocagem. Foram consideradas rotas indiretas de contaminação por grama/silagem, origem fecal e água/solo, sendo realizadas distribuições de probabilidade para cada rota estimada associadas aos dados de prevalência. Estimando um FSO de 2 log UFC, 15% dos queijos crus estariam fora do limite. Avaliando-se um cenário com uma alta contaminação inicial da matéria prima, é observado um risco 35% maior no queijo cru e 45% maior no queijo pasteurizado. Em cenário considerando apenas a contaminação cruzada no processo de produção, observou-se uma redução no risco de 24% para o queijo cru e 97% para o queijo pasteurizado, ressaltando o grande problema da contaminação pós-pasteurização. Em cenário com condições de estocagem inapropriadas nos pontos de venda (temperatura maior que 4°C), houve aumento de risco em 39% e 64% para os produtos cru e pasteurizado, respectivamente. A análise sensitiva indica que para o queijo cru e etapa que mais influência no risco final são os hábitos de consumo, enquanto para o queijo pasteurizado, é a temperatura de estocagem (Tiwari et al., 2015).

Campagnollo et al. (2018) executaram QMRA para verificação de risco de listeriose oriunda de queijos tipo fresco e semiduro. Pela natureza do produto, os



queijos frescos são muito mais susceptíveis à contaminação microbiana, devido a características como maior pH e atividade de água, menor concentração de sal e condições de armazenamento refrigerado. O risco obtido para os queijos frescos foi 6000 e 190 vezes maior em comparação ao queijo semiduro, para população geral e vulnerável, respectivamente. Observou-se que o risco do queijo semiduro diminui conforme o tempo de maturação aumenta. Sendo assim, conclui-se que as fontes de contaminação de maior relevância são o leite, para o queijo semiduro, e a contaminação pós-pasteurização, para o queijo fresco (Campagnollo et al., 2018).

Em QMRA executado para determinar o risco associado à *S. aureus* em queijo processado (*Cheddar*, *Mozzarella* e *Gouda*fatiados) e queijo natural (*Brie* e *Camembert*) na Coreia, foi relatada ausência de crescimento significativo até o consumo devido à boa cadeia de frio no país, ressaltando a especificidade geográfica das QMRA. A análise sensitiva revelou que o fator de maior impacto é a frequência de consumo, para ambos os tipos de queijos (Lee et al., 2015).

2. CONCLUSÕES

Os resultados gerados no QMRA podem ser usados com o objetivo de desenvolver a segurança alimentar e estabelecer limites seguros no âmbito da gestão de alimentos internacional. Os estudos existentes relacionados à produtos lácteos são limitados, sendo necessária a expansão para outros derivados, como iogurte, bebidas fermentadas e sorvete. Ainda, se torna interessante a avaliação comparativa com tecnologias emergentes, verificando assim seu potencial tecnológico aliado a parâmetros de segurança do alimento.



3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campagnollo, F., Furtado, M., Silva, B., Margalho, L., Carminati, J., Sant'Ana, A., Nascimento, M. (2020). A quantitative risk assessment model for salmonellosis due to milk chocolate consumption in Brazil. *Food Control*, 107: 106804.

Campagnollo, F., Gonzales-Barron, U., Pilão-Cadavez, V., Sant'Ana, A., Schaffner, D. (2018). Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in traditional Minas cheeses: The cases of artisanal semi-hard and fresh soft cheeses. *Food Control*, 92: 370-379.

Collineau, L., Chapman, B., Bao, X., Sivapathasundaram, B., Carson, C., Fazil, A., Reid-Smith, R. and Smith, B.(2020). A farm-to-fork quantitative risk assessment model for *Salmonella Heidelberg* resistant to third-generation cephalosporins in broiler chickens in Canada. *International Journal of Food Microbiology*, 330: 108559.

Ding, T., Yu, Y., Schaffner, D. W., Chen, S., Ye, X., Liu, D. (2016). Farm to consumption risk assessment for *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins in fluid milk in China. *Food Control*, 59: 636-643.

Dogan, O., Meneses, Y., Flores, R., Wang, B. (2020). Risk-based assessment and criteria specification of the microbial safety of wastewater reuse in food processing: Managing *Listeria monocytogenes* contamination in pasteurized fluid milk. *Water Research*, 171: 115466.

Giacometti, F., Bonilauri, P., Amatiste, S., Arrigoni, N., Bianchi, M., Losio, M., Bilei, S., Cascone, G., Comin, D., Daminelli, P., Decastelli, L., Merialdi, G., Mioni, R., Peli, A., Petruzzelli, A., Tonucci, F., Piva, S., Serraino, A.(2015). Human Campylobacteriosis Related To The Consumption Of Raw Milk Sold By Vending Machines In Italy: Quantitative Risk Assessment Based On Official Controls Over Four Years. *Preventive Veterinary Medicine*, 121: 151-158.

Kundu, A., Wuertz, S., Smith, W. (2018). Quantitative microbial risk assessment to estimate the risk of diarrheal diseases from fresh produce consumption in India. *Food Microbiology*, 75: 95-102.



Lee, H., Kim, K., Choi, K. and Yoon, Y. (2015). Quantitative Microbial Risk Assessment for *Staphylococcus Aureus* in Natural and Processed Cheese In Korea. *Journal of Dairy Science*, 98: 1-15.

Membré, J., Boué, G. (2018). Quantitative microbiological risk assessment in food industry: Theory and practical application. *Food Research International*, 106: 1132-1139.

Ntuli, V., Njage, P., Bonilauri, P., Serraino, A., Buys, E. (2018). Quantitative Risk Assessment of Hemolytic Uremic Syndrome Associated with Consumption of Bulk Milk Sold Directly from Producer to Consumer in South Africa. *Journal of Food Protection*, 81(3): 472-481.

Perrin, F., Tenenhaus-Aziza, F., Michel, V., Miszczucha, S., Bel, N., Sanaa, M. (2014). Quantitative Risk Assessment of Haemolytic and Uremic Syndrome Linked to O157:H7 and Non-O157:H7 Shiga-Toxin Producing *Escherichia coli* Strains in Raw Milk Soft Cheeses. *Risk Analysis*, 35(1): 109-128.

Pujol, L., Albert, I., Johnson, N., Membré, J. (2013). Potential Application of Quantitative Microbiological Risk Assessment Techniques to an Aseptic-UHT Process In The Food Industry. *International Journal of Food Microbiology*, 162: 283-296.

Sant'ana, A., Franco, B. (2010). Revisão: Avaliação quantitativa de risco microbiológico em alimentos: conceitos, sistemática e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, 12(04): 266-276.

Serraino, A., Bonilauri, P., Arrigoni, N., Ostanello, F., Ricchi, M., Marchetti, G., Bonfante, E., Albonetti, S., Giacometti, F. (2014). Quantitative risk assessment of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* survival in pasteurized milk in three dairy plants in Italy. *Food Control*, 45: 120-126.

Tan, C., Malcolm, T., Premarathne, J., New, C., Kuan, C., Thung, T., Chang, W., Loo, Y., Rukayadi, Y., Nakaguchi, Y., Nishibuchi, M., Radu, S. (2019). Preliminary quantitative microbial risk assessment of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in short mackerel in Malaysia. *Microbial Risk Analysis*, 12: 11-19.



Tiwari, U., Cummins, E., Valero, A., Walsh, D., Dalmaso, M., Jordan, K., Duffy, G.(2015). Farm to Fork Quantitative Risk Assessment of *Listeria monocytogenes* contamination in Raw and Pasteurized Milk Cheese in Ireland. *Risk Analysis*, 35(6): 1140-1153.