

AValiação DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE QUEIJOS – UMA META-ANÁLISE E ESTUDO BIBLIOMÉTRICO¹

Matheus Venzon², Weber da Silva Robazza³, Igor Gabriel Kaiser⁴, Alessandro Cazonatto Galvão⁵,
Patrícia Alves Ferreira⁶

¹ Vinculado ao projeto “Avaliação da atividade antimicrobiana de óleos essenciais em diferentes alimentos”

² Acadêmico do Curso de Engenharia Química – CEO – Bolsista PIBIC-AF/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO – weber.robazzi@udesc.br

⁴ Acadêmico do Curso de Engenharia Química – CEO

⁵ Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO

⁶ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – CEO

Recentemente, as indústrias do setor de alimentos têm enfrentado desafios significativos na produção de alimentos seguros, uma vez que precisam manter alta qualidade de conservação, preservando ao mesmo tempo os valores nutricionais e as características sensoriais desejáveis. Essa situação é agravada pela crescente conscientização dos consumidores sobre os riscos associados ao uso de conservantes químicos sintéticos na alimentação. Nesse cenário, os óleos essenciais (OEs) têm emergido como uma alternativa natural promissora, reconhecida por suas propriedades antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antivirais, antiparasitárias e inseticidas.

Os OEs são complexas misturas de fenilpropenos, terpenos e outros constituintes voláteis, sendo os compostos fenólicos como timol, carvacrol e eugenol amplamente conhecidos por suas atividades antimicrobianas, agindo na penetração das membranas bacterianas e na inibição de alvos celulares lipofílicos. O crescente interesse pelo uso de OEs nas indústrias de alimentos é motivado pela percepção de sua segurança, reconhecida pela Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos, Federal Drug Administration (FDA). Essa tendência reflete a busca por soluções naturais que assegurem o consumo seguro de alimentos sem comprometer a qualidade ou a saúde dos consumidores. Além de serem reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, os OEs vêm despertando um interesse crescente na indústria alimentícia, sendo aplicados também na produção de queijos. Esses compostos têm o potencial para prolongar a vida útil dos alimentos ao inibir o crescimento de microrganismos indesejado. Aplicados durante o processo de fabricação, na superfície dos queijos ou como revestimentos comestíveis, os OEs estão se consolidando como uma tendência robusta na indústria alimentícia, sendo considerados uma alternativa adequada aos aditivos alimentares artificiais devido à sua baixa toxicidade e eficácia contra microrganismos. Neste contexto, o presente estudo explora como a bibliometria e a meta-análise podem aprofundar o entendimento sobre os efeitos dos OEs em produtos lácteos (queijos), identificando novas oportunidades para pesquisas futuras nessa área dinâmica e em crescimento. Ele visa fornecer uma compreensão mais precisa de como os OEs podem contribuir para a inibição do crescimento de microrganismos patogênicos em queijos, contribuindo para um conhecimento robusto e fundamentado sobre seu uso na indústria alimentícia.

A primeira etapa do estudo consistiu na realização de um levantamento bibliográfico sobre o tema nas bases de dados Scopus, Web of Science e Pubmed. A busca foi realizada levando em conta as particularidades de cada base de dados tendo sido empregada a seguinte combinação de

palavras-chave: “essential oil” AND cheese AND (antimicrobial OR antibacteri* OR bacteri*). A análise bibliométrica foi realizada com o software VOSviewer 1.6.20. Através desta análise foram gerados mapas bibliométricos contendo as palavras-chave encontradas nos textos, os autores dos artigos e seus países de origem.

A meta-análise foi conduzida de acordo com a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, na sigla em inglês), a qual estabelece critérios que devem ser seguidos pelos praticantes deste tipo de trabalho. Como critérios de elegibilidade para seleção dos documentos que poderiam ser utilizados na meta-análise, somente foram aceitos artigos escritos em língua inglesa, sendo retirados livros e capítulos de livros, trabalhos em congressos, notas editoriais e artigos de revisão. Além disso, foram selecionados somente estudos incluindo o tamanho da amostra e medidas contendo os valores médios com respectivos desvios-padrão da contagem de duas bactérias patogênicas: *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. Foram selecionadas como variáveis moderadoras o tipo de óleo utilizado, o tipo de queijo analisado no estudo e o tempo de armazenamento da amostra. Embora certamente a dose de óleo utilizada afete os resultados, não foi possível incluir este parâmetro na análise devido à dificuldade de padronização dos artigos, já que muitos autores utilizam unidades diferentes para caracterizar a dosagem dos óleos (m/m, v/v ou mg/ml), o que inviabiliza a comparação. A variável avaliada foi a diferença na contagem bacteriana entre a amostra inoculada com a bactéria de interesse e a amostra controle. Como os resultados dos diferentes estudos são afetados por diferentes fatores, foi selecionado o modelo de efeitos aleatórios para calcular o valor agregado da redução da contagem bacteriana. Este modelo estabelece pesos diferentes para cada estudo individual levando em conta a precisão de cada trabalho. A heterogeneidade dos resultados foi estimada através da estatística I^2 de Higgins, cujo valor varia entre 0% e 100%, sendo que valores superiores a 75% indicam uma alta heterogeneidade. Todos os cálculos da meta-análise foram realizados empregando a biblioteca metafor do software R v. 4.3.3.

A Figura 1 mostra o mapa bibliométrico obtido com o auxílio do software VOSviewer 1.6.20 contendo os países dos autores dos artigos selecionados. A partir da figura, é possível observar que os países com maior número de trabalhos são Brasil, Irã, Espanha, Egito e Estados Unidos, sendo que há bastante cooperação entre autores destes países, como pode ser visualizado através das conexões entre estes países. A partir da análise das palavras-chave, obteve-se que as bactérias mais estudadas no tema de aplicação de óleos essenciais em queijos foram *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*.

Após a seleção dos documentos elegíveis, restaram um total de 12 artigos que puderam ser utilizados na meta-análise. Os resultados para a contagem de *Escherichia coli* demonstraram que a adição de óleos diminui a contagem média desta bactéria em queijos em 1,91 log(UFC/g). Trata-se de um resultado importante porque a presença desta bactéria está diretamente relacionada às condições de higiene nas quais a amostra foi manipulada e armazenada. Como a heterogeneidade foi elevada (99,7%) foi realizada uma análise de subgrupos para cada variável moderadora utilizada. Os resultados obtidos demonstraram que o tempo de armazenamento do queijo não afeta os resultados, mas o tipo de óleo e o tipo de queijo (ver Figura 2) afetam os valores da redução bacteriana. Os melhores resultados foram observados para o óleo essencial de alho e cravo enquanto que os piores resultados foram obtidos para o óleo essencial de cominho preto. Com relação ao tipo de queijo, as maiores reduções bacterianas foram observadas para queijo fresco e as menores para queijo Domiati.

Os resultados obtidos para a redução de *Listeria monocytogenes* em amostras de queijo com adição de óleos essenciais não foram muito diferentes daqueles obtidos com *Escherichia coli*. A redução média foi de 1,59 log(UFC/g). A heterogeneidade observada também foi alta (96,9%) e

as mesmas variáveis moderadoras afetaram os resultados: o tipo de óleo e o tipo de queijo. Para o tipo de óleo, os melhores resultados foram obtidos para o OE de acácia-branca (inibição média de 3,43 log(UFC/g) em relação ao controle, respectivamente), ao passo que os piores resultados foram observados para as amostras adicionadas com OE de cominho-preto (inibição média de 0,92 log(UFC/g) em relação ao controle), aroeira-vermelha (inibição média de 0,51 log(UFC/g) em relação ao controle) e limão com uma inibição média em relação ao controle de 0,67 log(UFC/g). Já quanto ao tipo de queijo, os maiores valores de inibição bacteriana foram obtidos para as amostras de queijo muçarela (valor médio de 3,43 log(UFC/g)) e os menores valores foram observados para as amostras de queijo Domiati (valor médio de 0,92 log(UFC/g)), queijo fresco (média de 0,51 log(UFC/g) e ricota (média igual a 0,67 log(UFC/g)). Os demais tipos de queijo resultaram em inibições bacterianas aproximadamente semelhantes entre si com resultados estatisticamente equivalentes.

Portanto, a presente pesquisa demonstrou a eficácia da adição de óleos essenciais para inibir o crescimento de duas bactérias patogênicas importantes em diferentes tipos de queijo e permitiu que se verificasse quais tipos de óleo são mais adequados para inibir cada bactéria, além de uma estimativa quantitativa do efeito da adição de OEs em cada tipo de queijo.

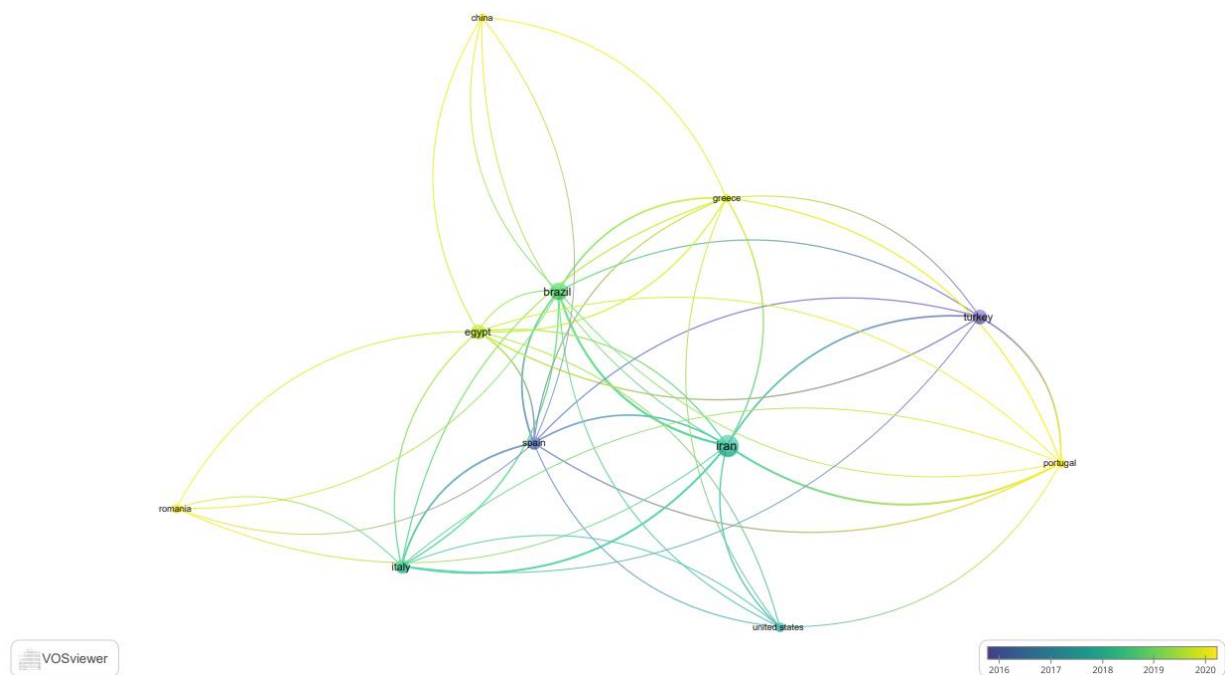


Figura 1. Mapa bibliométrico contendo os países de origem dos autores.

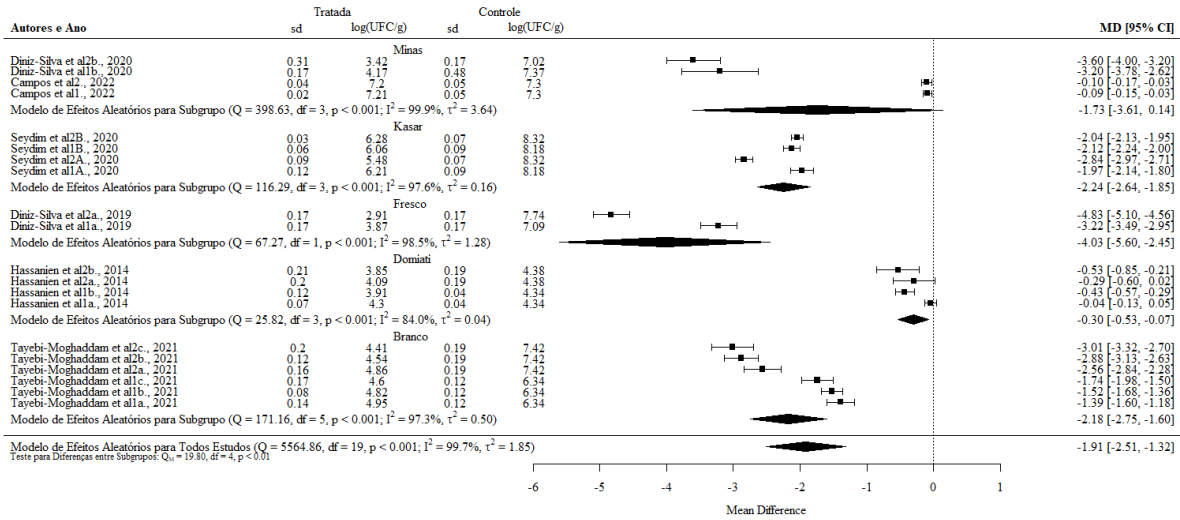


Figura 2. Forest plot contendo os efeitos do tipo de queijo sobre a redução de *Escherichia coli*.

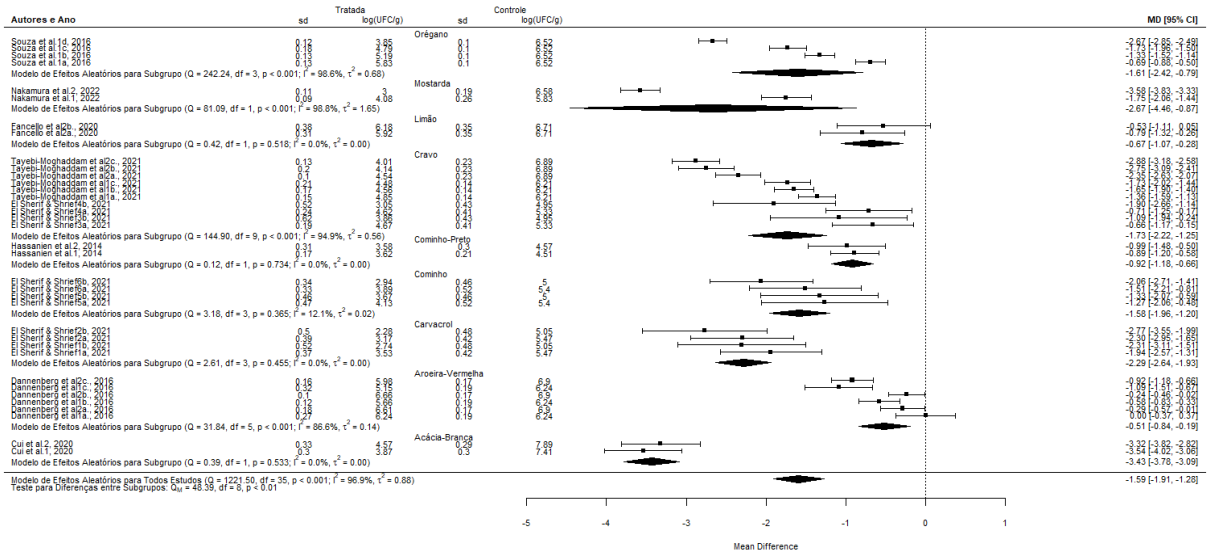


Figura 3. Forest plot contendo os efeitos do tipo de óleo sobre a contagem de *Listeria monocytogenes*.

Palavras-chave: Bactérias patogênicas. Óleos essenciais. Inativação microbiana.