

ESTUDO DE PERDA DE MASSA DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO DE CHIPS DE QUEIJO DO REINO NO FORNO MICRO-ONDAS

STUDY OF MASS LOSS IN THE DEHYDRATION PROCESS OF KNOWN CHEESE CHIPS IN THE MICROWAVE

DOI: 10.65747/conali2025v3c27

Jara Nicácio De Araújo Gomes¹; João Pedro Ferreira²; Thamires Dos Anjos Lopes³; Krause Gonçalves Silveira Albuquerque⁴; Gerla Castello Branco Chinelate⁵; Alberto Einstein Pereira De Araújo⁶

¹Graduanda em Engenharia de Alimentos, UFAPE; ²Docente do Curso de Engenharia de Química, UFRPE; ³Graduanda em Engenharia de Alimentos, UFAPE; ⁴Mestrando em Ciências Ambientais, UFAPE; ⁵Docente do Curso de Engenharia de Alimentos, UFAPE; ⁶Docente do Curso de Engenharia de Alimentos, UFAPE;
Contato: jaranicacio04@gmail.com

Resumo: Este estudo avaliou a produção de chips de queijo do reino por desidratação em forno micro-ondas, com foco na perda de massa e nas alterações físico-químicas. Amostras padronizadas (2,6cm de diâmetro × 0,3cm de espessura) foram submetidas a sete combinações de potência (40-60%) e tempo (1-3 min). O tratamento mais eficiente foi o T4 (60% de potência, 3 minutos). Após o processamento, observou-se redução expressiva da umidade de (39,653 ± 0,697%) para (13,530 ± 1,567%) e da atividade de água de (0,881 ± 0,005) para (0,529 ± 0,034), garantindo maior estabilidade microbiológica. O teor de matéria gorda apresentou aumento relativo de (35,333 ± 4,714%) para (39,666 ± 0,471%) em decorrência da diminuição da umidade. Os chips obtidos no T4 apresentaram coloração dourada uniforme, textura crocante e boa integridade estrutural. A cinética de perda de massa demonstrou secagem rápida, típica do aquecimento volumétrico por micro-ondas. Conclui-se que essa técnica é eficiente para a obtenção de chips de queijo do reino e apresenta potencial de aplicação em escala industrial.

Palavras-chave: chips de queijo; desidratação de chips; queijo do reino; queijos; secagem por micro-ondas

Abstract: This study evaluated the production of Queijo do Reino chips by dehydration in a microwave oven, focusing on mass loss and physicochemical changes. Standardized samples (2.6cm in diameter × 0.3cm in thickness) were subjected to seven combinations of power (40-60%) and time (1–3 min). The most efficient treatment was T4 (60% power, 3 minutes). After processing, a significant reduction in moisture was observed from (39.653 ± 0.697%) to (3.530 ± 1.567%) as well as in water activity from (0.881 ± 0.005) to (0.529 ± 0.034), ensuring greater microbiological stability. The fat content showed a relative increase from (35.333 ± 4.714%) to (39.666 ± 0.471%) due to the decrease in moisture. Chips obtained in T4 presented a uniform golden color, crunchy texture, and good structural integrity. The mass loss kinetics demonstrated rapid drying, typical of volumetric microwave heating. It is concluded that this technique is efficient for obtaining Queijo do Reino chips and presents potential for industrial-scale application.

Keywords: cheese chips; cheeses; chip dehydration; microwave drying; queijo do reino (brazilian edam-style cheese)

INTRODUÇÃO

Queijos são amplamente consumidos em todo o mundo e possuem grande importância nutricional, cultural e econômica. No Brasil, a produção de queijo é uma atividade essencial do setor de laticínios, contribuindo para o crescimento econômico e a geração de empregos em várias regiões. O país se destaca como um dos maiores produtores de queijo da América Latina, com uma vasta diversidade de tipos, desde os industrializados até os artesanais, que carregam forte identidade regional e histórica (1). Além do valor gastronômico, a cadeia produtiva do queijo movimenta bilhões de reais anualmente, sendo essencial para a sustentabilidade econômica de pequenos e médios produtores rurais (2).

Queijos como a muçarela, o prato e o requeijão culinário estão ganhando valor no mercado de commodities, de grande consumo, assim como os queijos finos, entre eles o queijo do reino. Esses produtos também estão ganhando reconhecimento e se consolidando como algumas das variedades mais apreciadas, especialmente no Brasil, devido ao seu sabor único e potencial para inserção no mercado internacional (3).

O queijo do Reino é tradicionalmente caracterizado por sua textura firme e casca fina, que apresenta uma coloração vermelha ou rósea, além de uma tonalidade interna alaranjada e com pequenas olhaduras. Seu sabor picante e aroma acentuado são características marcantes, assim como a embalagem, geralmente feita em latas hermeticamente fechadas, que ajudam na preservação de suas qualidades sensoriais (3). Além dessas características, a secagem desempenha um papel essencial na obtenção da textura e na redução da umidade do queijo, influenciando diretamente sua maturação e estabilidade microbiológica.

A secagem é uma técnica antiga que veio para conservar os alimentos que servem para retirar a água dos alimentos. Sendo uma prática utilizada na indústria, constantemente aprimorada para oferecer melhorias na conservação dos alimentos e redução do tempo de processamento. Contribui para minimizar o potencial de deterioração dos produtos durante o armazenamento, reduzir os custos de transporte e facilitar a padronização (4).

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas que tem uma faixa de comprimentos de onda de 1mm e 1m, sendo assim ele consegue ter energia suficiente para interagir diretamente com os constituintes polares dos alimentos. Quando um alimento é exposto a um campo elétrico alternado, como o gerado pelas micro-ondas, as moléculas dipolares, sobretudo a água, tentam continuamente se realinhar com o campo, produzindo calor devido ao atrito interno gerado por essa movimentação intensa. Esse mecanismo resulta na rápida elevação da temperatura e, conseqüentemente, na evaporação da água presente no alimento. A eficiência desse processo não depende apenas das micro-ondas em si, mas também de fatores intrínsecos ao alimento, como o teor de umidade, a proporção de gordura e o tipo de proteína predominante na matriz, como caseínas e proteínas do soro, que afetam a forma como a energia é absorvida e distribuída (5,6,7).

Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar a perda de massa durante o processo de desidratação de chips de queijo do reino submetidos ao forno micro-ondas, visando compreender a eficiência da técnica e suas implicações nas características do produto final.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MÉTODO EXPERIMENTAL

Os insumos utilizados para a elaboração das atividades propostas foram adquiridos no comércio local de Garanhuns - PE, sendo utilizado o queijo do reino como ingrediente principal para a produção dos chips.

As ações foram realizadas nos Laboratórios Multiusuários de Ciência e Tecnologia de Alimentos - SLCTAL da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, localizada na cidade de Garanhuns/PE.

Os queijos foram fatiados com o auxílio de um fatiador, e as dimensões foram medidas com paquímetro, obtendo-se aproximadamente 2,6cm de diâmetro e 0,30cm de espessura. Na sequência, as fatias foram distribuídas uniformemente em papel manteiga apropriado e submetidas ao processo de secagem em forno de micro-ondas (LG, capacidade de 30L, 127V, frequência de 2,45GHz), conforme as condições experimentais estabelecidas. Antes da secagem todas as amostras foram pesadas. Após o término da secagem, as amostras foram transferidas para um dessecador e posteriormente medidas e pesadas para análise da perda de massa durante o processo. Foi selecionado o melhor tratamento, sobre o qual foram realizadas as análises de atividade de água, teor de gordura e umidade.

Tabela 1 - Variáveis níveis do planejamento experimental completo de 2^2 , para os métodos de secagem estudados.

Tratamento	Tempo	T (°C)
1	-1	-1
2	-1	+1
3	+1	+1
4	+1	-1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Fonte: Autores, 2025

Tabela 2 - Planejamento experimental dos tempos e potências dos tratamentos térmicos utilizados em forno de micro-ondas.

Tratamento	potência	Tempo(min)
1	40	1
2	60	1
3	40	3
4	60	3
5	50	2
6	50	2
7	50	2

Fonte: Autores, 2025

2.2. DETERMINAÇÃO ANALÍTICAS

O teor de gordura foi determinado pelo método de Van Gulik, seguindo as instruções da IN 68/2006, com a quantificação do extrato graxo seco (GES/FDB) para posterior comparação com o padrão legal estabelecido pela IN 48/2018, que utiliza a base seca como referência (13).

A determinação da umidade foi realizada em estufa convencional a 105 °C, utilizando cadinhos de porcelana ou metal previamente secos e pesados. Para cada amostra, foram pesadas aproximadamente 2 a 5g em triplicata. Os cadinhos contendo as amostras foram colocados na estufa até atingir secagem completa, sendo transferidos para um dessecador para resfriamento à temperatura ambiente entre as pesagens, repetindo-se o procedimento até que o peso se mantivesse constante, garantindo a estabilidade da medida. O percentual de umidade foi calculado pela relação:

$$\% \text{ Umidade} = N/P * 100$$

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

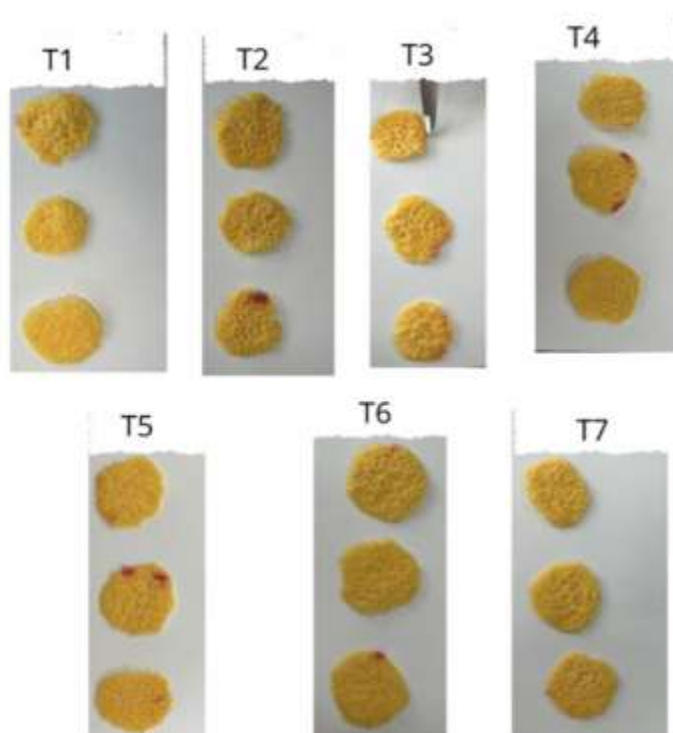
A atividade de água (aw) foi medida utilizando o equipamento AQUALAB, com sensor de constante dielétrica e termistores de condutividade elétrica. As leituras foram realizadas a temperatura ambiente, com calibração prévia utilizando padrões salinos. O aparelho apresenta exatidão de $\pm 0,015$ aw e resolução de $\pm 0,001$ aw, sendo a faixa operacional de 0,05 a 1,000 aw, com exatidão da temperatura da amostra de $\pm 0,2$ °C. O volume de amostra utilizado foi de 7 ml (15 ml máximo), e o tempo de medição de aproximadamente 5 minutos. A interface de dados é compatível com RS232A (código ASCII de 8 bits, 9600baud, sem paridade, 1 bit de parada). O material do revestimento do equipamento é alumínio pintado a pó, com dimensões de 24,1 × 22,9 × 8,9 cm, peso de 3,2 kg e alimentação 110-220 V CA, 50/60 Hz, consumindo menos de 0,4 A. O equipamento é certificado pelo CE e aprovado pela AOAC para medição de aw.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO VISUAL DOS CHIPS

A figura a seguir representam os chips de queijo após o processo de secagem realizado no forno micro-ondas.

Figura 1 - Amostras de chips de queijo do reino submetidas a diferentes tratamentos em forno micro-ondas.



Fonte: Autores, 2025

Após a secagem no forno micro-ondas, o melhor resultado foi obtido no tratamento T4. Os chips de queijo do reino apresentaram coloração dourada uniforme, textura crocante e boa formação. Conforme ilustrado na Figura 1, as imagens evidenciam que o tratamento T4 proporcionou uma secagem eficiente e equilibrada, resultando em produtos com boas características visuais e de textura para os chips.

Conforme observado na tabela 3, os chips de queijo do reino são submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram mudanças dimensionais, evidenciando que o método de secagem influencia diretamente na deformação dimensional dos produtos, afetando comprimento e largura após o processamento de secagem. Segundo Sousa *et al.*, (9) existe uma tendência de aumento da difusividade efetiva com o incremento da espessura das amostras, o que influencia diretamente na eficiência da remoção de água durante o processo de secagem.

Tabela 3 - Dimensões (comprimento e largura) dos chips de queijo do reino após a secagem no forno micro-ondas.

Tratamento	Comprimento depois da secagem	Largura depois dessa secagem
1	38,98 ± 3,90	43,22 ± 4,12
2	42,57 ± 3,02	42,56 ± 1,22
3	41,05 ± 4,45	40,94 ± 3,43
4	36,60 ± 4,57	44,39 ± 2,21
5	38,95 ± 1,60	42,55 ± 2,04
6	42,74 ± 2,05	44,20 ± 0,84
7	43,11 ± 2,54	43,91 ± 1,93

Fonte: Autores, 2025

Chigbo *et al.*, (10) observaram que o aumento da espessura das fatias de banana provocou uma redução na taxa de secagem e resultou em diminuição da espessura e largura dos produtos ao final do processo, devido à perda de umidade. No presente estudo, no entanto, foi identificado um comportamento oposto, com aumento da espessura dos chips após a secagem. Essa diferença pode ser explicada pelas características próprias da matriz alimentícia utilizada, já que o queijo possui composição proteico-gordurosa, distinta da estrutura celular vegetal da banana.

3.2. CINÉTICA DE PERDA DE MASSA DOS CHIPS

Inicialmente, foi avaliada a perda de massa em todos os tratamentos. Em seguida, a análise da cinética de secagem foi realizada apenas para um tratamento específico de cada forno. A Tabela 4 apresenta os valores registrados de perda de massa em todos os tratamentos, acompanhada pela Figura 2, que apresenta esses resultados em formato de gráfico de barras.

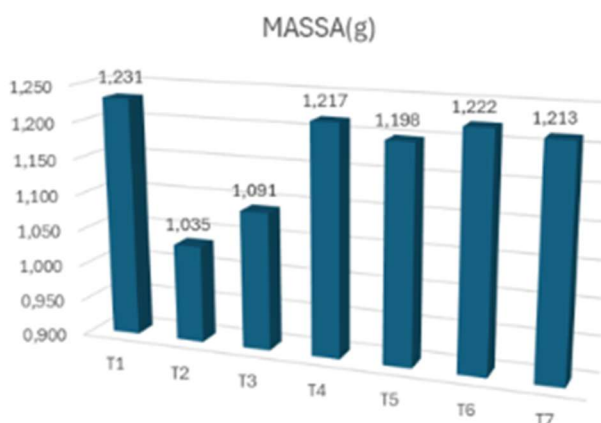
A cinética de secagem foi determinada apenas para o melhor tratamento, T4, por meio da medição do peso inicial das amostras e dos valores obtidos ao longo do tempo, até que a massa se estabilizasse. Esses dados possibilitaram a construção da curva de secagem, representando a perda de massa em função do tempo. A Tabela 5 apresenta os resultados registrados para o tratamento T4 no forno de micro-ondas.

Tabela 4 - Valores médios (\pm desvio padrão) da perda de massa (g) dos chips de queijo do reino em diferentes tratamentos no forno micro-ondas (n = 3).

Tratamento	Média Inicial da Perda de Massa (g)	Média Final da Perda de Massa (g)
1	2,785 \pm 0,098	1,553 \pm 0,261
2	2,611 \pm 0,153	1,576 \pm 0,076
3	2,669 \pm 0,156	1,578 \pm 0,149
4	2,838 \pm 0,016	1,621 \pm 0,032
5	2,834 \pm 0,018	1,645 \pm 0,020
6	2,861 \pm 0,013	1,639 \pm 0,013
7	2,866 \pm 0,017	1,653 \pm 0,026

Fonte: Autores, 2025

Figura 2 - Perda de massa (g) dos chips de queijo do reino em todos os tratamentos no forno micro-ondas, representada em gráfico de barras.



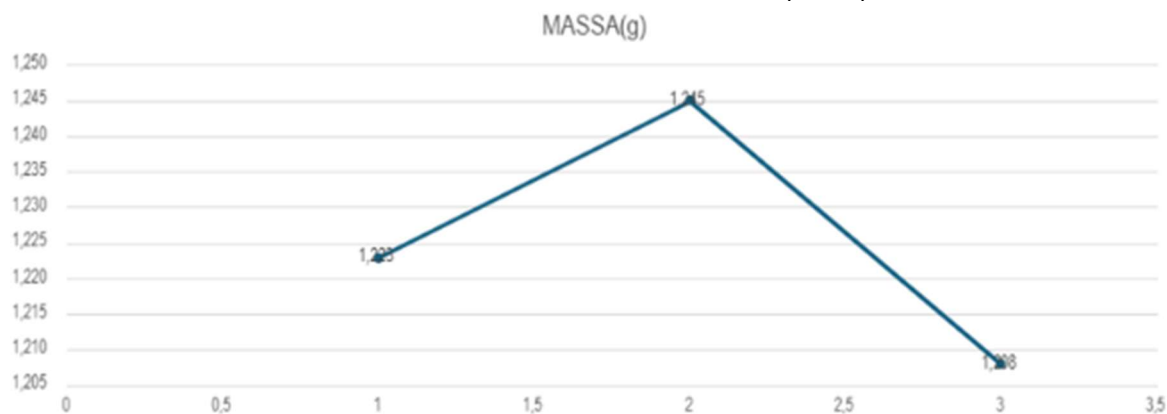
Fonte: Autores, 2025

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão da perda de massa das amostras submetidas ao tratamento T4 no forno micro-ondas (n = 3).

Tempo (min)	Média Inicial da Perda de Massa (g)	Média Final da Perda de Massa (g)
1	3,033 \pm 0,010	1,810 \pm 0,014
2	3,031 \pm 0,007	1,786 \pm 0,034
3	3,032 \pm 0,011	1,824 \pm 0,007

Fonte: Autores, 2025

Figura 3 - Valores médios e desvios padrão da perda de massa acumulada das amostras do tratamento T4 no forno micro-ondas (n = 3).



Fonte: Autores, 2025

A Tabela 5 apresenta os valores médios da perda de massa das amostras submetidas ao tratamento T4 no forno micro-ondas, considerando três tempos de exposição (1, 2 e 3 minutos). Para o cálculo da perda de massa, foi considerada a diferença entre a massa inicial e a massa final das amostras em cada tempo analisado.

Observa-se que, ao longo do tempo, ocorre uma redução da massa final em relação à massa inicial, evidenciando a perda de água ou de outros compostos voláteis durante o processo de aquecimento. No primeiro minuto, a diferença entre a massa inicial (3,033 g) e a final (1,810g) foi de aproximadamente 1,223g. Aos 2 minutos, essa diferença foi de 1,245 g, enquanto no terceiro minuto alcançou 1,208g.

Esses resultados, ilustrados na Figura 3, indicam que a maior perda de massa ocorreu no segundo minuto de aquecimento, com leve estabilização no terceiro minuto. Esse comportamento sugere que o processo de secagem foi mais intenso nos primeiros instantes do tratamento, tendendo a se estabilizar posteriormente, quando a quantidade de água residual disponível para evaporação já é menor.

3.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A Tabela 6 apresenta os valores médios, obtidos em triplicata, de gordura, atividade de água e umidade do queijo do reino e de seus chips.

O teor de gordura determinado para o queijo do reino foi de $35,33 \pm 4,71\%$. A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 48/2018 estabelece, para o queijo do reino, um mínimo de 45% de gordura no extrato seco (7). Vale destacar que os valores não são diretamente comparáveis, uma vez que o resultado experimental considera a amostra como foi obtida, enquanto o padrão legal se baseia

no extrato seco, o qual naturalmente concentra o teor de gordura. Dessa forma, o valor encontrado está dentro do esperado para o produto, considerando-se essa diferença metodológica.

Tabela 6 - Resultados das determinações da composição físico-química do queijo do reino e de seus chips (n = 3).

Determinação	Queijo do reino	Chips do queijo
Matéria gorda (%)	35,333 ± 4,714	39,666 ± 0,471
Atividade de água	0,881 ± 0,005	0,529 ± 0,034
Umidade	39,653 ± 0,697	13,530 ± 156,707

Fonte: Autores, 2025

O teor médio de umidade obtido para o queijo do reino foi de $39,653 \pm 0,697$ %, valor ligeiramente inferior ao limite máximo estabelecido pela Instrução Normativa SDA/MAPA n.º 48, de 29 de outubro de 2018, que determina 40 % como teor máximo de umidade para este tipo de queijo. A proximidade com o valor limite indica que o produto se encontra dentro do padrão legal, mantendo características físico-químicas compatíveis com o perfil esperado para queijos do reino. A variação observada ($\pm 0,697$ %) está dentro de uma faixa aceitável para amostras desse tipo, refletindo pequenas diferenças naturais entre unidades analisadas ou decorrentes do processo produtivo. Este resultado também sugere que o controle de umidade foi eficiente, o que é relevante para a conservação e a estabilidade sensorial do produto, visto que umidade excessiva pode comprometer a textura e favorecer o desenvolvimento microbiano.

O método de secagem por micro-ondas apresenta perda significativa de umidade. De acordo com Richards *et al.*, (8), o uso de micro-ondas a vácuo em queijos provolone promove redução acentuada desse parâmetro, contribuindo para a modificação da textura. No presente estudo, o queijo do reino apresentou teor inicial de umidade de $39,653 \pm 0,697$ %, reduzindo para $13,530 \pm 0,707$ % após o processamento em micro-ondas para obtenção dos chips de queijo. Essa diminuição expressiva confirma o comportamento descrito para o provolone, demonstrando que o micro-ondas é eficiente na remoção de água em queijos, independentemente do tipo, evidenciando sua capacidade de concentrar a matriz seca e alterar a estrutura do produto. Tarapata *et al.*, (11) verificaram que temperaturas elevadas aceleram a taxa de perda de umidade, especialmente em amostras com maior massa inicial, confirmando a eficiência do micro-ondas em comparação a métodos convencionais.

Em relação à atividade de água, também foi observada redução significativa nas amostras tratadas por micro-ondas. Essa diminuição é fundamental para a estabilidade microbiológica, visto que, segundo Araújo *et al.*, (12), valores de AW inferiores a 0,60 são considerados seguros para inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que o processo de desidratação de chips de queijo do reino em forno micro-ondas é eficiente na redução da umidade e da atividade de água, promovendo maior estabilidade microbiológica e melhoria na textura do produto final. O tratamento T4 (60% de potência por 3 minutos) apresentou os melhores resultados, garantindo coloração dourada uniforme, crocância e boa integridade estrutural. A redução significativa de umidade, aliada ao aumento relativo da matéria gorda, evidencia que o micro-ondas é uma alternativa tecnológica viável para a elaboração de produtos inovadores à base de queijo, com potencial de aplicação em escala industrial. Além disso, os resultados corroboram estudos anteriores sobre a eficiência da secagem por micro-ondas, ressaltando a importância dessa técnica para a agregação de valor e diversificação de produtos lácteos no mercado.

REFERÊNCIAS

1. VIANA, L. A. Avaliação da condição microbiológica e da desidratação de queijos prato por secagem através do método de caixas plásticas empilháveis. 2022. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), 2022.
2. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Anuário leite 2024: indicadores da produção de leite no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Gado de Leite, 2024.
3. FALCÃO, B. M. L.; PINTO, M. L. G.; COSTA, L. S. Queijo do Reino: caracterização físico-química de cor e textura. 2019. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos), 2019.
4. SILVA, T. K. P.; SILVA, K. L. P. Secagem de proteína do soro do queijo em secador de leite de jorro convencional: uma alternativa de proteção ambiental. (S.l.): Editora Licuri, 2023. p. 84–92.
5. RATTI, C. Advances in food dehydration. New York: CRC Press, 2009.
6. GURTLER, J. B.; DOYLE, M. P.; KORNACKI, J. L. The microbiological safety of low water activity foods. London: Springer, 2014.
7. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA/MAPA nº 48, de 29 de outubro de 2018. Estabelece o padrão de identidade e qualidade para o queijo do reino. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 out. 2018. Seção 1, p. 9. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_48-2018_rt_queijo_reino.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.
8. RICHARDS, D.; BARRETO, C.; LAURINDO, J. B. Queijos comerciais desidratados por processo de micro-ondas a vácuo: análise de textura. In: RIOS, A. O.; MEDEIROS, E. L.; SILVA, J. S. (org.). Avanços em ciência e tecnologia de alimentos. São Carlos: Editora Científica Digital, 2020. v. 1. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/201001770.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.
9. SOUSA, E. P. de et al. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 7, p. 493–498, 2017.
10. CHIGBO, K. S.; LINUS-CHIBUEZEH, A.; MOUFUNANYA, U. F.; ADINDU-LINUS, C. O.; ADEPOJU, F. O.; EKE, A. B.; OKECHUKWU, Q. N. Modelagem matemática dos efeitos da espessura e da temperatura na cinética de secagem em camada delgada de bananas secas em estufa (*Musa spp.*, subgrp. ABB). Food Production, Processing and Nutrition, v.

- 6, n. 51, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s43014-024-00233-9>. Acesso em: 25 jul. 2025.
11. TARAPATA, N. A.; HRYHORIEVA, O. Y.; MALYSH, A. M. et al. Modeling of cheese drying process with control of moisture content and mass changes. *Foods*, v. 14, n. 2, p. 165, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/2/165>. Acesso em: 22 set. 2025.
 12. ARAÚJO, M. F.; SILVA, D. R.; LOPES, G. M. et al. Atividade de água e segurança microbiológica em alimentos desidratados: uma revisão atualizada. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 17, n. 2, p. 45–53, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/rtcfa.v17n2.2022.005>. Acesso em: 22 set. 2025.
 13. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 dez. 2006. Seção 1, p. 8.