

Avaliação da influência das ondas sonoras e do campo magnético no desenvolvimento do bolor em queijos

Evaluation of the influence of sound waves and magnetic field on the development of mold in cheeses

Evaluación de la influencia de las ondas sonoras y el campo magnético en el desarrollo de moho en quesos

Recebido: 14/02/2023 | Revisado: 27/02/2023 | Aceitado: 28/02/2023 | Publicado: 05/03/2023

Leandro Mendes de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-8365>
Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil
E-mail: leandroms@ufsj.edu.br

Márcia Eduarda Meira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8385-4698>
Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil
E-mail: eduardamarcia020@gmail.com

Tayane Pereira de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6666-7981>
Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil
E-mail: tayane.eng.oliveira@gmail.com

Resumo

O queijo é um derivado lácteo fresco ou curado, composto por proteínas, lipídios, sais minerais, carboidratos, vitaminas, cálcio e fósforo, produzido pela coagulação do leite. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de ondas sonoras e a influência do campo magnético no desenvolvimento de fungos que crescem em queijos. Foram realizados 3 experimentos utilizando as ondas sonoras em intervalos de exposição diferentes (6h/dia por 7 dias, 6h/dia por 11 dias e 24h/dia por 7 dias) e 2 experimentos utilizando o campo magnético (3 dias e 7 dias). Nos experimentos com ondas ultrassônicas, foi observado que a mudança no odor dos queijos que estavam submetidos ao ultrassom acontecia antes daqueles que não estavam submetidos ao ultrassom, mas as demais alterações não eram significativas. Já nos experimentos sob a influência do campo magnético foi observado, em ambos os ciclos, alterações sensoriais significativas em relação à amostra controle quanto ao surgimento de colônias de fungos visualmente detectáveis.

Palavras-chave: Arduino; Ultrassom; Fungos; Imã; Sensorial.

Abstract

Cheese is a fresh or cured dairy product, composed of proteins, lipids, minerals, carbohydrates, vitamins, calcium and phosphorus, produced by the coagulation of milk. The present work aimed to evaluate the influence of sound waves and the influence of the magnetic field on the development of fungi that grow on cheese. Three experiments were performed using sound waves at different exposure intervals (6h/day for 7 days, 6h/day for 11 days and 24h/day for 7 days) and 2 experiments using the magnetic field (3 days and 7 days). In experiments with ultrasonic waves, it was observed that the change in the odor of cheeses that were subjected to ultrasound occurred before those that were not subjected to ultrasound, but the other changes were not significant. In the experiments under the influence of the magnetic field, significant sensory changes were observed in both cycles in relation to the control sample in terms of the appearance of visually detectable fungal colonies.

Keywords: Arduino; Ultrasound; Fungi; Magnet; Sensory.

Resumen

El queso es un producto lácteo fresco o curado, compuesto por proteínas, lípidos, minerales, carboidratos, vitaminas, calcio y fósforo, producido por la coagulación de la leche. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de las ondas sonoras y la influencia del campo magnético en el desarrollo de hongos que crecen en el queso. Se realizaron tres experimentos utilizando ondas sonoras a diferentes intervalos de exposición (6h/día durante 7 días, 6h/día durante 11 días y 24h/día durante 7 días) y 2 experimentos utilizando el campo magnético (3 días y 7 días). En experimentos con ondas ultrasónicas se observó que el cambio en el olor de los quesos que fueron sometidos a ultrasonido ocurrió antes que los que no fueron sometidos a ultrasonido, pero los demás cambios no fueron significativos. En los experimentos bajo la influencia del campo magnético, se observaron cambios sensoriales

significativos en ambos ciclos en relación con la muestra de control en cuanto a la aparición de colonias fúngicas detectables visualmente.

Palabras clave: Arduino; Ultrasonido; Hongos; Imán; Sensorial.

1. Introdução

No Brasil, a produção de queijo vem aumentando ao longo dos anos. No ano de 2017, por exemplo, a produção aumentou 2% em relação ao ano anterior (Santos, 2021). Estima-se que o consumo anual de queijos seja de 2,3 kg per capita, sendo Minas Gerais o estado que mais se destaca como produtor de queijo (Perry, 2004). O queijo é um produto lácteo fresco ou maturado (Brasil, 2017), composto por proteínas, lipídios, sais minerais, carboidratos, vitaminas, cálcio e fósforo (Perry, 2004). No entanto, o processo de fabricação do queijo pode ser foco de contaminação por vários microrganismos como bactérias, fungos filamentosos (bolors) e leveduras que afetam a qualidade e a vida útil do produto (Santos, 2021). Alguns tipos de queijos como o roquefort necessitam da presença do fungo *Penicillium roqueforti* para a sua maturação, sendo denominado de queijo azul. Podemos citar os queijos camembert, gorgonzola e stilton como queijos que também necessitam da presença de fungos para maturação (Perry, 2004; Ribeiro, et al., 2020), mas na maioria dos casos a presença de fungos em queijos causam a sua deterioração, ou seja, são indesejáveis, alterando o sabor, coloração e produzindo micotoxinas que podem causar impactos econômicos e problemas de saúde pública (Abreu, et al., 2010). Os fungos mais encontrados em queijos são do gênero *Penicillium* e *Aspergillus* (Lavoie, et al., 2012; Santos, 2021), mas há estudos que comprovam a contaminação por fungos do gênero *Fusarium*, *Mucor*, *Geotrichum* e *Trichoderma* (Callon, et al., 2007; Budak, et al., 2016; Ribeiro, et al., 2020). Abreu, et al., 2010, realizou um estudo na Universidade de Lavras em 5 amostras de queijo ralado detectando a presença dos fungos dos gêneros *Aspergillus* spp. em maior quantidade, seguida de *Cladosporium* sp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Epicoccum* sp..

Com o avanço da tecnologia na indústria de alimentos, o uso do ultrassom e do campo magnético vem ganhando cada vez mais espaço. São técnicas não térmicas com potencial de conservar os alimentos, mantendo o seu valor nutritivo, sabor, textura e cor (Chemat, Zill-e-Huma & Khan, 2011). O ultrassom é uma tecnologia que utiliza a propagação de ondas com frequência superior a 20 kHz, valor este superior a faixa de ondas sonoras percebidas pelos ouvidos humanos (Soares, 2020). O sistema de geração de ondas ultrassônicas consiste em um gerador, um transdutor e um emissor (Mulet, et al., 2003) e suas aplicações são divididas em duas classificações, sistemas de baixo e alta energia, levando em consideração que a energia pode ser quantificada pela potência do som, intensidade do som e potência volumétrica (Bermúdez-Aguirre, 2017). Embora tenha poucos estudos sobre a aplicação de ondas ultrassônicas em alimentos, há comprovação de que ondas ultrassônicas de alta intensidade são capazes de romper células e desnaturar enzimas enquanto as ondas de baixa intensidade são capazes de modificar o metabolismo das células (Verruck & Prudencio, 2018). As principais vantagens de aplicação da técnica ultrassônica na indústria de alimentos para conservação é o baixo custo, além de ser uma técnica sustentável, não poluente, segura e sua ação é eficiente (Chemat et al., 2011).

A aplicação do campo magnético na indústria alimentícia também é promissora pelo fato de ser uma tecnologia capaz de preservar os alimentos inibindo ou estimulando o crescimento microbiano (Ueki, 2013). Na produção de queijo pode-se mostrar eficaz tanto no estímulo dos microrganismos desejáveis como na inibição de patógenos que podem aparecer durante os longos períodos de maturação. Tal possibilidade é objeto de investigação desse trabalho.

1.1 Arduino

Arduino é uma plataforma de computação física criada para proporcionar a interação física entre o ambiente e o computador usando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em software e hardware livres. Portanto, o arduino é um microcontrolador capaz de permitir a associação com uma ampla gama de sensores relacionados à pressão, intensidade da

luz, movimento, e outros, sendo o microcontrolador formado por microprocessador, memória e periféricos de entrada e saída, podendo ser programado para algumas funções específicas (Cavalcante, et al., 2011). A placa do arduino pode ser montada ou adquirida de forma pré-montada e o software usado para a programação pode ser baixado de forma gratuita (Cavalcante, 2013). É utilizado o arduino juntamente com um sensor ultrassônico HC-SR04 e o software PLX-DAQ a fim de agrupar os dados numa planilha para serem plotados. O sensor ultrassônico é um sensor de distância que emite pulsos ultrassônicos na frequência de 40 kHz, os quais são refletidos no anteparo e retornados ao detector. Esses dados são registrados e, através do conhecimento da velocidade do som, torna-se possível converter o tempo em distância dentro do hardware do arduino, através de um código (Pereira, et al., 2021; Filho, 2015; Dworakowski, et al., 2016). O Arduino é capaz de acionar o sensor a cada 0,1s e medir o tempo de deslocamento do pulso ultrassônico, enviando o valor registrado através do cabo USB responsável por alimentar o circuito (Pereira, et al., 2021).

1.2 Campo Magnético e Ondas Sonoras

Os estudos desenvolvidos investigam se há indícios de que o campo magnético e as ondas sonoras possam alterar a dinâmica do crescimento de fungos em queijos. O campo magnético é uma grandeza física cujo primeiro registro foi realizado por Tales de Mileto, na Grécia antiga (640-546 a.C), quando notou que algumas pedras poderiam atrair materiais ferrosos (Silva, 2014). A região onde ele estava possuía um solo que continha magnetita, que é um material com propriedades magnéticas, dando origem a pedras com tais propriedades (Silva, 2014). Por definição, o campo magnético é uma região do espaço onde cargas elétricas que se movem sofrem ação de força magnética, a qual também atua em materiais dotados de propriedades magnéticas que adentrem nessa região do espaço (Fuke & Yamamoto, 2016). Vários foram os cientistas que colaboraram com o desenvolvimento desta área da Física. Dentre eles temos Hans Christian Oersted (1777-1851) que foi um importante físico e químico dinamarquês (Batalhão, 2014). Ao observar que a agulha de uma bússola tinha sua direção alterada quando estava próxima de uma corrente elétrica, desenvolveu importantes trabalhos que buscavam correlacionar fenômenos elétricos com fenômenos magnéticos (Silva, 2014). Considera-se que os estudos de Oersted colaboraram para os trabalhos precursores do eletromagnetismo (Fuke & Yamamoto, 2016). Posteriormente, Michael Faraday (1791-1867) propôs a lei da indução eletromagnética, criada a partir da percepção que a variação de um fluxo de indução magnética cria uma força eletromotriz. (Fuke & Yamamoto, 2016). Tais estudos foram complementados por James Clerk Maxwell, que juntamente com a contribuição de outros estudiosos criou um grupo de equações que compõem a base do eletromagnetismo clássico (Silva, 2014). Tais equações permitem compreender que o campo magnético provocado por um ímã permanente é da mesma natureza daquele provocado por eletroímãs. Sendo assim, nesse trabalho optou-se por ímãs permanentes, visto que não provocam alteração na temperatura do seu entorno.

As ondas sonoras escolhidas foram ondas ultrassônicas, porque estão fora da faixa audível. Sendo assim, caso seja verificado a possibilidade de construção de algum protótipo, tais ondas não seriam um incômodo para as pessoas próximas. De forma generalista, podemos entender que uma onda consiste num sinal propagado entre dois pontos, realizando o transporte de energia sem transportar matéria. Uma onda sonora ultrassônica consiste numa onda mecânica que transporta um sinal cuja frequência é superior a 20kHz, propagado num meio físico através de pulsos de máximos e mínimos de pressão (Cavalcante, 2013). Nesse trabalho, optou-se por utilizar o Arduino para geração das ondas ultrassônicas de 40kHz devido ao seu baixo custo e facilidade de implementação.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar a influência das ondas sonoras e do campo magnético em queijos mussarela em formato de palitos (queijo mussarela-palito). A análise será realizada de forma sensorial, buscando avaliar visualmente se há alteração significativa ou não, principalmente em relação ao crescimento de fungos. Também será realizada a observação dos odores exalados durante o processo.

2. Metodologia

O presente trabalho apresenta uma abordagem qualitativa, a qual busca realizar a identificação da evolução de microrganismos através de percepções sensoriais olfativas e visuais. A construção da metodologia foi fundamentada nos princípios apresentados na obra “Fundamentos de Metodologia Científica; Teoria da ciência e iniciação à pesquisa” (Koche, 2011). As amostras serão divididas em grupos de controle e grupo de teste. O grupo de controle não sofrerá efeito da variável avaliada e o grupo de teste será submetido à exposição da variável. Durante o período de experimentação os aspectos dos grupos serão comparados de forma sensorial. Não é objetivo do trabalho identificar a quantidade de espécies de microrganismos, mas sim o quanto agentes físicos externos possam impactar em seu significativo aparecimento nos queijos, mostrando indícios de que o controle dessas variáveis possa beneficiar consumidores e produtores. Tais variáveis foram selecionadas através de uma revisão bibliográfica prévia.

Para a realização dos experimentos, foram adquiridas 5 embalagens de aproximadamente 400g de queijo tipo mussarela em formato de palito (queijo mussarela-palito). Os utensílios utilizados para a realização do experimento que avalia a influência do campo magnético foram 3 recipientes com dimensões de aproximadamente 19x14x12cm, higienizados com álcool 70%, uma faca também higienizada para o corte dos queijos e oito discos de ímãs Neodímio higienizados e com os polos marcados. Os recipientes de plástico foram utilizados para armazenar as amostras evitando o contato com o meio externo. Foi criado um campo magnético com a presença dos ímãs no interior dos recipientes que continham as amostras de teste. Entretanto, um dos três recipientes, intitulado como “Recipiente Controle”, não possuía ímã, mantendo-se isento da influência do campo magnético em análise. Nesse recipiente foram colocadas fatias de queijo que serviriam de base para a comparação. Os outros dois recipientes foram preparados e possuíam ímãs permanentes em suas extremidades. Sobre cada ímã foi depositado uma fatia da amostra de queijo. Porém, o sentido do campo magnético no recipiente R1 era contrário ao sentido do campo magnético no recipiente R2, para avaliar se haveriam diferenças significativas relativas ao sentido de aplicação do campo. Os três protótipos já preparados foram fechados e armazenados em um local onde estavam submetidos a uma mesma temperatura local, sem umidade nem luminosidade direta nos recipientes. O primeiro experimento teve duração de três dias e o segundo experimento, com os mesmos preparos supracitados, teve duração de 7 dias. O acompanhamento foi realizado através de registro por fotos de todas as alterações visuais, bem como o registro das alterações sensoriais relativas ao odor.

Para verificar a influência das ondas sonoras, foram utilizados dois potes recicláveis com dimensões de aproximadamente 19x14x12cm, higienizados com álcool 70%. Em um dos vasilhames foi feita uma pequena abertura circular na tampa para o encaixe do emissor ultrassônico do arduino, o qual emitirá pulsos ultrassônicos na frequência de 40 kHz. Foram realizados 3 experimentos com queijo mussarela-palito. No primeiro experimento foram analisadas 2 amostras, sendo uma amostra com queijo mussarela-palito sem a influência de ondas ultrassônicas, denominada controle, e a segunda amostra com queijo mussarela-palito sobre a condição de influência de ondas ultrassônicas, denominada teste. O experimento foi realizado em um período de 6 horas/dia com uma duração de 7 dias. O segundo experimento foi realizado durante 11 dias com influência de ondas sonoras durante 6 horas/dia, sendo utilizados 2 amostras também (amostra controle e amostra teste). O terceiro experimento foi realizado durante 7 dias sob influência contínua de ondas ultrassônicas 24 horas/dia, sendo também observados 2 amostras, uma amostra controle sem a influência de ondas sonoras e uma amostra de teste com a influência de ondas sonoras. Os monitoramentos dos experimentos também foram realizados diariamente em todos os casos, realizando o registro por meio de fotos e anotações, buscando avaliar de forma qualitativa o aspecto visual e odores.

3. Resultados e Discussão

As análises presentes nesse artigo referem-se a uma avaliação sensorial e macroscópica, não tendo sido realizadas análises microscópicas e moleculares. De acordo com a metodologia foram preparados dois protótipos sob influência do campo

magnético, criado por ímãs orientados e um terceiro recipiente utilizado como controle, contendo as amostras idênticas aos demais. Foram avaliadas duas rodadas de experimentos. As amostras de controle encontram-se na Figura 1.

Figura 1 - Amostras do recipiente de controle. Queijo mussarela-palito sem influência de campo magnético, após período de experimentação.



Fonte: Souza et al (2023).

Na Figura 1 as amostras foram isoladas no recipiente durante o experimento sem presença dos ímãs, pois foi determinado que tais amostras seriam usadas como controle para possíveis comparações de aspectos sensoriais. Observa-se nelas uma coloração mais clara, indicando um crescimento menos acentuado de fungos.

Foi possível observar alterações sensoriais notórias nas amostras dos recipientes com a presença dos ímãs quando comparadas às amostras do recipiente sem presença de ímãs. As Figuras 2 e 3 apresentam aspecto diferente da Figura 1 ao final do tempo de observação. Também foi registrado significativas diferenças nos odores das amostras submetidas ao campo magnético quando comparadas ao grupo de controle. A Figura 2 apresenta o recipiente R1, com campo para cima.

Figura 2 - Amostras do recipiente R1. Queijo mussarela-palito com presença de campo magnético para cima, com alterações na coloração e formação de crosta, após período de experimentação.



Fonte: Souza et al (2023).

Na Figura 2 as amostras sobre os ímãs apresentam ressecamento devido à possível perda de água durante o processo. Além disso, há uma coloração mais escura com formação de uma espécie de crosta nas laterais das amostras e odor mais acentuado em comparação às amostras utilizadas como controle, observadas na Figura 1. A Figura 3 apresenta o recipiente R3, com campo magnético para baixo.

Figura 3 - Amostras do recipiente R2. Queijo mussarela-palito com presença de campo magnético para baixo, com alterações na coloração e formação de crosta, após período de experimentação.



Fonte: Souza et al (2023).

Nas amostras apresentadas na Figura 3 foi verificado, com o decorrer dos dias de experimentos, um cheiro mais acentuado, perda contínua de água, coloração mais escura com formação de uma espécie de crosta nas laterais das amostras, apresentando características similares às amostras presentes na Figura 2. Embora também ocorressem diferenças sensoriais nas amostras que não foram submetidas ao campo magnético, quando comparado o aspecto do início com o aspecto das amostras no fim do experimento, tais diferenças foram mais acentuadas nos recipientes com amostras submetidas ao campo magnético, independente do sentido do campo.

Ao final do período experimental contendo as duas rodadas de experimentos verificou-se que os resultados obtidos na primeira rodada foram similares aos obtidos na segunda rodada. Desse modo, percebe-se que as amostras submetidas ao campo magnético apresentam alterações sensoriais mais acentuadas e visíveis do que as amostras não submetidas a campo magnético. Percebe-se uma possível propensão maior ao surgimento de colônias de fungos em amostras submetidas a campos magnéticos, independente da direção do campo. Experimentos em continuidade do trabalho devem ser realizados para avaliar microscopicamente quais as espécies de fungos são mais impactadas pelo campo magnético, verificando se o campo pode estimular o surgimento de fungos presentes nos queijos maturados também. Caso seja verificado, pode-se propor protótipos que promovam a imersão de queijos em campos magnéticos com objetivo de acelerar o processo de maturação.

Já no teste de influência das ondas sonoras, foram realizados três experimentos que permitiam a comparação entre amostras de queijo que sofreram influência de ondas ultrassônicas dentro de um recipiente com amostras de controle que estavam em recipiente sem influência de ondas ultrassônicas. Durante o experimento foram feitas as verificações referentes aos aspectos visuais e olfativos de ambas as amostras diariamente. As amostras contidas no recipiente de controle são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Amostra de queijo mussarela-palito utilizada como controle sem influência ultrassônica, após período de experimentação.



Fonte: Souza et al (2023).

Na Figura 4, com decorrer do tempo, as amostras que encontravam-se na ausência de ondas sonoras apresentaram alterações na coloração, além de um odor acentuado. As amostras submetidas às ondas sonoras ultrassônicas estão presentes na Figura 5.

Figura 5 - Amostra de queijo mussarela-palito sofrendo influência de ondas sonoras geradas pelo sensor do Arduino, após período de experimentação.



Fonte: Souza et al (2023).

As amostras presentes na Figura 5 são as que foram submetidas a ondas geradas pelo Arduino através de um emissor ultrassônico. Nos três experimentos foi possível observar um odor forte de podridão, coloração amarelada intensa e presença de fungos em ambas as amostras. Observando as Figuras 4 e 5, percebe-se que nenhuma alteração significativa foi verificada quando comparadas entre si. Sendo assim, as amostras controle e as amostras que sofreram influência ultrassônica, exceto pelo fato do odor forte ter se iniciado antes nas amostras que estavam submetidas ao ultrassom, apresentam aspecto similar. Quanto ao odor, verificou-se que as amostras submetidas ao ultrassom começavam a ter odor de podridão 2 dias antes das amostras que não estavam sob influência de ultrassom. Tal fato pode ser resultado de desenvolvimento de colônias de bactérias, cuja a identificação não pôde ser feita através apenas do aspecto visual.

Avaliando os resultados, verifica-se que um campo magnético tem maior potencial para influenciar efetivamente o desenvolvimento de fungos do que ondas ultrassônicas. Esse estudo tem como objetivo nortear estudos mais aprofundados que possam indicar métodos para alterar a velocidade de crescimento de fungos, permitindo a criação de protótipos com essa função. Para isso, serão necessários experimentos em ambiente laboratorial com parâmetros de controle mais rigorosos, com ciclos de experimentos mais extensos, bem como a realização de análises microscópicas e moleculares.

4. Conclusão

Ao final dos períodos de experimentos com as amostras de queijo tipo mussarela-palito submetidos ao campo magnético, foi possível avaliar pontos relevantes como o fato de ter sido observado, em ambos os ciclos, alterações sensoriais significativas. Essas alterações são perceptíveis quando é feita a comparação entre a amostra de controle e as amostras de teste. O surgimento de colônias de fungos foi observado de forma visual. Quando comparada a amostra de teste com a amostra controle, verifica-se que houve maior concentração de fungos na amostra submetida ao campo magnético. Entretanto, para realizar a confirmação e classificação das espécies seriam necessárias análises microscópicas, as quais podem ser contempladas na continuidade desse trabalho. Uma forma de melhorar os resultados obtidos poderia ser através da realização das observações de conhecidas colônias de fungos isoladas e inseridas no meio orgânico em condições laboratoriais cujo ambiente é ainda mais controlado. Não foram constatadas diferenças sensoriais significativas promovidas pela alteração do sentido do campo magnético. Pois as amostras submetidas ao campo para cima tiveram alterações similares às que ocorreram nas amostras com campo para baixo.

Quanto aos ensaios referentes à aplicação de ondas ultrassônicas, as amostras de queijo mussarela-palito não apresentaram alterações significativas se comparadas com as amostras sem a influência das ondas sonoras, exceto pelo odor forte que as amostras submetidas ao ultrassom tiveram antes das amostras que não estavam submetidas ao ultrassom. Entretanto, através dos resultados apresentados neste trabalho não se pode afirmar que há influência de ondas sonoras no desenvolvimento de fungos em queijos, se considerado apenas o aspecto visual. Mas vale ressaltar que este trabalho sugere que deve-se investigar a influência de ondas sonoras em outros microrganismos presentes no queijo, pois foram observadas diferenças no odor entre as amostras controle e teste no início do ciclo de testes. Este fato pode estar relacionado ao estímulo do metabolismo de determinados microrganismos presentes no queijo. Conhecer os mecanismos que estimulam o crescimento desses microrganismos pode ser útil para propostas de dispositivos de conservação ou de maturação dos queijos.

Para realização de trabalhos futuros, pretende-se realizar a avaliação microscópica dos organismos ao final do período de teste. Isso permitirá identificar quais os microrganismos estão presentes e quais desenvolveram maior densidade populacional. Sugere-se que as avaliações microscópicas sejam feitas para outros microrganismos, além dos bolores. Também pretende-se desenvolver um protótipo que permita estabilizar a temperatura, permitindo que sejam utilizados eletroímãs para gerar o campo magnético. Ao utilizar eletroímãs pode-se variar a intensidade de campo magnético ao qual as amostras estão submetidas. Com o controle de temperatura e a variação da intensidade de campo magnético, pode-se construir modelos matemáticos que dimensionem a população de microrganismos em função da temperatura e intensidade de campo magnético. Também deve-se investigar ondas sonoras de outras frequências e com maiores potências sonoras.

Agradecimentos

Agradecemos à PROPE/UFSJ e à FAPEMIG que concederam bolsa de iniciação científica, fornecendo o suporte financeiro. Agradecemos também ao Departamento de Ciências Exatas e Biológicas e ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei.

Referências

- Abreu, A. et al. (2010). Identificação de fungos filamentos em queijo ralado comercializado em Minas Gerais. XIX Congresso de Pós-Graduação da UFLA, p. 3.
- Batalhão, B. T. (2014). Laboratório de Física III Livro de Práticas. Universidade de São Paulo (Instituto de Física de São Carlos Laboratório de Ensino de Física) São Carlos.
- Bermúdez-Aguirre, D. (2017). Ultrasound : advances in food processing and preservation. *Elsevier*, 1-536.

- Brasil. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal*. Brasília, DF. <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html>.
- Budak, S. O. et al. (2016). The diversity and evolution of microbiota in traditional Turkish Divil Cave cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 58, 50-53.
- Callon, C. et al. (2007). Stability of microbial communities in goat milk during a lactation year: molecular approaches. *Systematic and applied microbiology*, 30 (7), p. 547-60.
- Cavalcante, M. A. et al. (2011). Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(4), 4503.
- Cavalcante, M. A. (2013). Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 30(3), 579-613.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–35.
- Dworakowski, L. A. et al. (2016). Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Rio Grande do Sul, 38(3).
- Filho, Gilberto Fetzner. (2015). Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduiuno-UNO. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 207.
- Fuke, F. L., & Yamamoto, K. (2016). Física para o ensino médio- Eletricidade Física Moderna. *Saraiva*. FISICA_EM_V3_PNL2018_Capa_PR.pdf (windows.net)
- Koche, C. J. (2011) Fundamentos de Metodologia Científica, Teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Editora Vozes.
- Lavoie, K. et al. (2012). Characterization of the fungal microflora in raw milk and specialty cheeses of the province of Quebec. *Dairy science & technology*, 92(5), p. 455-68.
- Mulet, A. et al. (2003). Ultrasonic mass transfer enhancement in food processing. In: J. Welti-Chanes, F. Vélez-Ruiz and Barbosa-Cánovas, G. V., Eds., *Transport Phenomena of Food Processing*, Chapter 18, Boca Raton.
- Pereira, P. D. M. et al. (2021). Construção de um kit experimental com Arduino para ensino de oscilações em tempo real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43.
- Perry, K S. P. (2004). Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Química Nova*, 27(2), 293-300.
- Ribeiro, E. S. S. et al. (2020). Occurrence of filamentous fungi isolated from matured blue cheese. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019074. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07419>.
- Silva, E. F. (2014). Resgatando a importância do experimento de Hans Christian Oersted. Monografia (Curso de Licenciatura em Física Semipresencial) – Universidade Federal do Ceará.
- Santos, I G C. (2021). Diversidade genética e potencial deteriorante de fungos leveduriformes e filamentosos isolados em queijos tipo minas frescal comercializados informalmente na região norte do Tocantins. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Pós-Graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública, Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína. Tocantins, p.46.
- Soares, A S. (2020). Efeito da tecnologia de ultrassom na atividade de enzimas comerciais. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa. p. 98.
- Ueki, R. (2013). Ação do campo magnético pulsado sobre as propriedades do caldo de cana ao longo do armazenamento. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de São Paulo (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos).
- Verruck, S, & Prudencio, E S. (2018). Ultrassom na indústria de alimentos:aplicações no processamento e conservação. *Atena Editora*.