

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA ATRAVÉS DA DIFUSÃO DO CLORETO DE SÓDIO EM PROCESSO DE SALGA

LITERATURE REVIEW: MASS TRANSFER MECHANISM THROUGH SODIUM CHLORIDE DIFFUSION IN THE SALTING PROCESS.

DENIZE APARECIDA MARTINS<sup>1\*</sup>, LETTICIA MORONARI ANDRADE<sup>1</sup>, TIAGO MARCEL OLIVEIRA<sup>2</sup>

1. Acadêmico do curso de graduação do curso Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 2. Professor Mestre, em Engenharia Industrial, Disciplina Transferência de Massa do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga.

\* Rua Joaquim Gonçalves Rosa, 1380, Ipatinga, Minas Gerais, Brasil. CEP: 35162-275. [denizeamartins@hotmail.com](mailto:denizeamartins@hotmail.com)

Recebido em 23/08/2021. Aceito para publicação em 20/09/2021

## RESUMO

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica sobre processo de difusão de NaCl, cujo objetivo do presente artigo é estudar a transferência de massa desse sólido cristalino, e possibilitar uma melhor compreensão quanto aos aspectos teóricos e práticos do processo de difusão do cloreto de sódio, aplicado nas técnicas de salga do queijo e alimentos oriundos do pescado. Por meio deste, foi possível compreender como decorre a aplicação da difusão de NaCl ao processo de salga de alimentos, visto que na indústria de pescado, o sal é utilizado, devido à sua eficiência na conservação e preservação do peixe, tal como na maturação do queijo. O principal objetivo do trabalho foi compreender sobre como decorre a difusão de salga em salmouras, sua obtenção por meio de técnicas analíticas, os fatores que influenciam ao processo e os novos recursos utilizados para substituição do NaCl para o KCl, uma vez que o consumo excessivo deste sal pode acarretar problemas de saúde. Para atingir tais objetivos, realizou-se pesquisas em livros e artigos científicos, em base de dados como Google Acadêmico, Scielo, libgen, dissertações e monografias com informações publicadas do ano de 1998 ao ano de 2020.

**PALAVRAS-CHAVE:** Difusão; NaCl (cloreto de sódio); transferência de massa; queijo; pesca.

## ABSTRACT

The present work is a bibliographical review on the NaCl diffusion process, whose objective of this article is to study the mass transfer of this crystalline solid, and to enable a better understanding of the theoretical and practical aspects of the sodium chloride diffusion process, applied in the techniques of salting cheese and foods from fish. Through this, it was possible to understand how the application of NaCl diffusion to the food salting process takes place, since in the fish industry, salt is used, due to its efficiency in the conservation and preservation of fish, as well as in the maturation of the cheese. The main objective of the work was to understand how the diffusion of salting in brines, its obtainment through analytical techniques, the factors that influence the process and the new resources used to replace NaCl for KCl, since the excessive consumption this salt can lead to health problems. To achieve these goals, research was carried out in books and

scientific articles, in databases such as Google Academic, Scielo, libgen, dissertations and monographs with information published from 1998 to 2020.

**KEYWORDS:** Diffusion, NaCl (sodium chloride), mass transfer, cheese, fishing.

## 1. INTRODUÇÃO

A transferência de massa, é um fenômeno de constante referência para diversas áreas da engenharia. Este processo, é concebido por meio do transporte de moléculas, por um meio de alta concentração para um meio menos concentrado<sup>1,2</sup>.

O fenômeno de transferência de massa nos sólidos cristalinos, ocorre com deslocamento do átomo, no qual se baseia, em ocupar vazios, seja em consequência de falhas em sua estrutura, seja por motivo de intervalos entre os átomos da fonte cristalina. Em alguns casos, acontece pela ocupação de vazios de forma literal, em outros o átomo se transporta entre os átomos vizinhos, denominando-se de mecanismo intersticial, neste cenário o átomo do soluto apresenta menor extensão do que o da matriz cristalina. Há ocorrências em que os átomos dos dois contém o mesmo tamanho, e o átomo do soluto impele o átomo da matriz, para ocupar o espaço vazio, mecanismo nomeado como difusão interfacial. A difusão em sólidos cristalinos pode ser dividida em estado estacionário e não estacionário, originado a partir destes conceitos a primeira e segunda lei de Fick<sup>3</sup>.

Os compostos usualmente categorizados como sais, tendo como exemplo o NaCl e KCl, são considerados representantes dos sólidos cristalinos apresentando em suas características, ligações iônicas. O cloreto de sódio, é uma ligação iônica entre o Na (sódio) + e o Cl (cloro), possuindo em sua organização uma estrutura comum, portando elevados ponto de fusão (803°C) e ebulição (1430°C), devido à forte atração elétrica entre os íons, necessitando desse modo, de uma abundante quantidade de energia para quebra-la<sup>4,5</sup>.

O trabalho tem por objetivo compreender sobre o mecanismo da difusão de NaCl, um sólido cristalino iônico, ocorrido durante dois diferentes processos, em primeiro caso, o NaCl no processo de pescado, tal como o NaCl no processo de salga do queijo, através de técnicas analíticas realizadas, apontando também, alternativas para a substituição do NaCl, devido a sua direta relação entre o teor de sódio em alimentos e sua influência com os problemas de saúde quando consumidos em excesso.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este presente artigo é uma revisão bibliográfica que aborda conceitos e aplicações da difusão atômica, evidenciando a difusão em sólidos iônicos. Para esclarecer o fenômeno de transferência foi abordado aplicações industriais quanto ao processo de salga, constando como exemplo método na atividade do pescado e do queijo. Detalhando como é realizado o procedimento da salga e como ela pode ser afetado no produto final quanto sua qualidade, cor e textura. Para atingir os objetivos propostos, foram realizadas pesquisas em livros didáticos, livros paradidáticos e artigos científicos, em base de dados como Google acadêmico, Sielo, libgen, dissertações e monografias. Foram utilizadas informações publicadas do ano de 1998 até o ano de 2020, onde os estudos realizados estavam relacionados diretamente com o tema. Foram utilizadas as palavras chaves: Difusão, NaCl (cloreto de sódio), transferência de massa, queijo, pesca.

## 3. DESENVOLVIMENTO

### 3.1 NaCl no processo de pescado

Em razão do elevado valor nutricional, rico em vitamina, minerais e proteínas, o pescado ao longo do século vem aumentando o consumo, especificamente o peixe, por ter uma elevada importância na alimentação humana. Além de ser um alimento de baixo índice calórico, o seu consumo pode prevenir o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e Alzheimer. A diversidade biológica do pescado permite a aparição de diferentes valores no mercado, sendo uns mais acessíveis, dependendo não somente da espécie apreendida, mas como a qualidade e quantidade do pescado. Dessa forma, a sua aquisição é disponível para todas as classes sociais<sup>6</sup>.

A conservação de alimentos oriundos da pesca tem a possibilidade de ser realizada por meio do processamento como fumaça, salga, congelamento, secagem, entre outros. Todavia, a salga é o recurso mais habitual de conservação de alimentos mais empregado, uma vez que é realizada desde os tempos antigos com o objetivo a sua estabilização e armazenamento prolongado. O processamento de preservação é benéfico devido ser economicamente simples, e não exige instalações de equipamentos modernos. O uso do sal no processamento de pescado, possui como outro objetivo o melhoramento das suas organolépticas (cor e textura)

devido ao produto final ser algo de extrema importância para os consumidores<sup>7</sup>.

Com o tempo evoluindo tem melhorado e reformulado outros métodos para a salga do pescado, tendo finalidade uma qualidade melhor para o produto final, fazendo com que as expectativas do consumidor final sejam correspondidas. Dessa forma, na atualidade, a produção da salga do peixe pode ser realizada de várias formas<sup>8</sup>.

#### 3.1.1 Salga em Salmoura

A salga em salmoura tem sido utilizada devido suas vantagens quando comparada com a salga seca. Com essa técnica os produtores conseguem ter um maior controle em relação a redução de água no tecido muscular e a absorção de sal. Por isso, torna-se o método mais eficiente em relação ao absorvimento de sal no músculo do peixe, em um período de menor tempo que os demais processamentos, fazendo com que tenha a consequência de melhor rendimento<sup>9</sup>.

São empregues altas concentrações de NaCl nas salmouras tem como intuito o prolongamento do prazo da conservação do peixe. Tendo como importância a porcentagem de sal devido influenciar a taxa de difusão do sal nos tecidos musculares. Quando a concentração de NaCl é inferior a 12%, o peixe apenas o absorve, fazendo com que não haja perda de fluidos solúveis e nem de água<sup>10</sup>.

Por ser elaborada por imersão, gera-se uma ineficiência deste tipo de salga. Pelo fato da grande concentração de água apresentada no peixe, ocasionou de forma mais imediata a decomposição do produto final à medida do tempo, consequentemente reduzindo seu período de vida útil. Para melhor eficácia dos rendimentos estão a diminuição da altura do empilhamento do peixe, o acréscimo significativo das concentrações salinas, a impregnação a vácuo para uma baixa perda de água, e uma significativa redução do tempo de salga, onde a salmoura na matriz alimentar acontece por penetração forçada<sup>11</sup>.

#### 3.1.2 Salga Seca

A salga seca é um dos processos mais utilizados na indústria alimentar em relação à conservação do pescado. É uma típica técnica de cura pelo sal que é empregada durante o tratamento do peixe, em particular o bacalhau. A aplicação se dá em substituir a água presente no tecido muscular normalmente pelo NaCl, através do método osmótico, até que seja concluída a estabilidade entre o meio externo e o meio interno do peixe<sup>12</sup>.

O processo se dá em empilhar os peixes com sal seco entre as camadas, sendo importante toda superfície do peixe fique em contato com o sal. A salmoura natural formada durante o processamento da salga deverá ser drenada, sendo mais habitual existir furos nos recipientes em que são colocados o pescado. Esse método tem como vantagem a rápida velocidade de penetração do sal o que facilita a proteção do peixe da deterioração desde o início do processo, um forte efeito

desidratante e podem ser realizadas em barcas comuns. Todavia, possui como desvantagem a grande desnaturação do peixe, tendo consequência uma aparência desagradável e o pescado sendo sujeito a oxidação da gordura<sup>13</sup>.

### 3.1.3 Salga Mista

A salga mista é uma junção do processo da salga em salmoura e a salga seca. As combinações dos processos são benéficas para o produto final, pois permitem o desenvolvimento de propriedades sensoriais e aumenta o período de conservação do pescado<sup>14</sup>.

Para realizar o processo coloca-se o peixe entre as camadas de sal, até o máximo do recipiente, que logo após será tampado com um peso em cima. Sendo assim o peixe é prensado e consegue a garantia que a água expelida produza a salmoura exigida para encobrir cada unidade. No caso dessa solução não cobrir toda a superfície dos peixes, depois de um a dois dias, será acrescentada uma solução extra de salina para integralizar a produção<sup>15</sup>.

A ordem do processo poderá ocorrer de forma invertido, ou seja, primeiro a salmoura e logo após a salga a seco. As alterações na ordem ocorrem normalmente na estação de verão em razão das elevadas temperaturas e são executadas com intuito impossibilitar a perda da qualidade da mercadoria durante o processo de salga seco<sup>16</sup>.

### 3.2 Difusão de NaCl no tecido do peixe

A salga vem passando por melhorias devido a sua expansão de produção ao longo dos anos, colocando a qualidade do produto em primeiro lugar no quesito de melhoria. Levando a aperfeiçoamentos, passou a diminuir o tempo do processo e tendo um controle sobre as condições ideais para o armazenamento<sup>17</sup>.

A principal base desse procedimento corresponde na difusão de sal no músculo do peixe, por meio da diálise, na penetração e na extração de água existente no interior no seu interior devido a pressão osmótica. Essa troca de fluidos acontece devido à diferença de concentração existentes nos dois meios e as mudanças estruturais que sucedem nas proteínas existentes no músculo. Por consequência, o pH dos produtos é reduzido. Essa transferência de massa mantém-se até que o equilíbrio seja alcançado<sup>18</sup>.

Na época atual, o sistema de conservação do pescado possui uma abrangência quantidade de formas para ser realizada, como a por injeção, salga a seco, salmoura, impregnação sob vácuo ou harmonizando várias técnicas. Posteriormente, serão apresentadas práticas fundamentais de salga, empregados nos produtos provenientes de pesca na indústria alimentícia<sup>19</sup>.

### 3.3 Fatores que influenciam o processo do pescado

O método de transferência de massa, particularmente o de difusão, podem ser motivados por diversos fatores extrínsecos e intrínsecos. Dessa forma, afeta a eficiência

do processo osmótico, taxa de difusão do sal no tecido da musculatura do peixe, as propriedades organolépticas e a qualidade do artefato final<sup>20</sup>.

A qualidade do sal aplicado no peixe também é considerada um fator extrínseco que afeta a cor e a textura do salgado, por isso possuem diversos estudos referentes às diversidades do peixe, como o exemplo do bacalhau, onde consegue comprovar que a concentração do NaCl afeta os mecanismos dos parâmetros cinéticos e o de transferência de massa que são envolvidos no modo de preparo da salga. Por isso, tem como consequência a indução de modificação do peso inicial do peixe o que pode desencadear um incremento da dureza do artefato final consequente da desnaturação proteica<sup>21</sup>.

A armazenagem também influencia sobre o pescado, para que possa ter uma qualidade e segurança alimentar dentro das condições necessárias pelo fato do pescado ter um teor elevado de sal na composição. A presença do sal não impossibilita totalmente a contaminação por microrganismos e não inativa as enzimas que existem na matriz alimentar. Consequentemente se faz necessário controlar constantemente a temperatura e a umidade, sendo a temperatura de suprema importância devido o processo de aceleração da salga e a qualidade do alimento depender desse fator<sup>22</sup>.

Alternativa encontrada para impossibilitar esses possíveis riscos é adicionar compostos na etapa de conservação e armazenagem, em razão de serem esses compostos que promovem a estabilidade da qualidade do produto final. Um dos exemplos é o uso do aditivo polifosfato que tem como função a preservar a descoloração muscular durante todo o processamento de armazenagem, impedindo que o pescado fique com aspecto amarelado. Além do mais, os polifosfatos ajudam na redução da perda de fluidos no decorrer da descongelação e cozadura<sup>23</sup>.

### 3.4 NaCl no processo de salga do queijo

O método de transferência de massa, para o processo de salga do queijo, sendo esta a principal etapa em sua produção, isto porque o NaCl desempenha funções significativas em se tratando do sabor, durabilidade, dentre outras condições, apresentam grande influência em sua etapa de maturação, visto que pode modificar suas atividades microbiológicas e enzimáticas, sendo este um dos motivos mais comuns para induzir erros ao produto final<sup>24</sup>.

O estudo das propriedades de concentração de sal produzido no queijo no decorrer do processo de transferência de massa, é essencial para explicar o objetivo dos mecanismos aplicados, posto que os meios e as condições de salga intervêm em sua velocidade de distribuição, bem como nas características bioquímicas e microbiológicas do produto<sup>25</sup>. Desta forma, após estudos realizados sobre os mecanismos que monitoram a penetração do sal no queijo, foi determinado que este deslocamento do sal decorre por um processo denominado como difusão<sup>26</sup>.

São utilizados três métodos para a salga do queijo, sendo estes, a imersão em salmoura, pela aplicação direta do sal na superfície, ou pela combinação do sal com a coalha. Dentre elas, a imersão em salmoura é a mais utilizada, em grande parte dos casos, com exceção de tipos ou tecnologias específicas<sup>27</sup>.

A salga acontece sob condições consideravelmente isotérmicas, onde se considera neste processo a difusão do solvente, e do soluto. Sua concentração, pode ser analisada através da 2ª lei de Fick, empregando-se um coeficiente de difusão do soluto no líquido<sup>28</sup>.

Ao longo do processo de salga em salmoura, a casca do queijo atua como uma membrana semipermeável, no qual possibilita a incidência de dois fatores importantes, sendo elas a entrada do NaCl no queijo, que ocorre através do processo de difusão e o segundo fator é a saída de água pela perda, ocasionada em certos sólidos solúveis existentes nele por osmose<sup>29</sup>.

Conforme o teor de sal vai aumentando na massa, haverá mais chances de ocorrer o equilíbrio osmótico, ocasionando em uma diminuição da velocidade de transferência de sal no queijo. Existem teorias, ainda não comprovadas, em que apontam esta redução de velocidade, em razão do aumento da viscosidade, o que pode afetar o fator de difusão do sal no decorrer do processo<sup>30,31</sup>.

A transferência de água e solutos da fase aquosa, como o NaCl apresentam um papel importante no processo de maturação do queijo, de forma que no decorrer do procedimento, ocorrerá uma movimentação líquida dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, com o intuito de igualar o potencial químico desses elementos no interior do queijo, conseqüentemente ocasionando um desequilíbrio na pressão osmótica, resultando dessa forma na movimentação da água, que se espalha em toda superfície do queijo, para que este equilíbrio seja restaurado<sup>32</sup>.

A salga em salmoura decorre de maneira lenta, podendo levar horas ou até dias, além de depender de alguns fatores como temperatura, pH do meio, concentração, teor de umidade e cálcio da salmoura, tamanho, formato, e tempo de salga. Segundo Flourey *et al.* (2010), o período essencial para se atingir o equilíbrio de sal em queijos do tipo pasta mole, varia em torno de uma a duas semanas, no entanto em se tratando de queijos semiduros, levaria meses<sup>33</sup>.

De certa forma, a temperatura ideal para a salga em salmouras varia entre 10 e 12 °C, cuja finalidade é o controle das fermentações e da velocidade de difusão realizada. Quanto mais alta a temperatura da salmoura, mais acelerado será a absorção de sal pelo queijo, entretanto, alguns fatores podem interferir sua qualidade, como a ocorrência de exsudação (ato de expelir) de gordura para a área superficial do queijo. Todavia, quando submetidas a temperaturas abaixo de 7 °C, considerada demasiada baixa para a salga, poderá provocar o retardamento do processo<sup>34</sup>.

A umidade também é um fator predominante no processo de salga, pois quanto maior a umidade e menor a porção de gordura, maior será a absorção de sal

pelo queijo. A taxa de absorvência do NaCl também possui a influência da área superficial do queijo, de modo em que, aquele que apresenta um formato plano, possui maior vantagem a aquele com formato esférico, por desempenhar maior eficiência ao processo de absorção de sal, quando submetidos a um mesmo tempo de salga. Já em relação ao fator tempo, quanto mais tempo o queijo fica dentro da salmoura, maior será o sal absorvido, apesar de não ser uma relação linear, pois a concentração adquirida não espelha em igual aumento de sal adquirido pelo queijo, visto que ele absorve maior parte nas primeiras horas, reduzindo gradualmente até que se atinja sua capacidade máxima de absorção<sup>35</sup>.

A difusão durante o processo de salga em salmoura, promove o aumento de sódio ao queijo, em formato de paracaseinato de sódio, e o aumento do cálcio a salmoura em formato de cloreto de cálcio. Este enriquecimento de cálcio acontece até um certo período, de modo em que, quanto maior o teor de cálcio, mais lenta será a capacidade do queijo em salgar-se, auxiliando na perda de massa<sup>36</sup>.

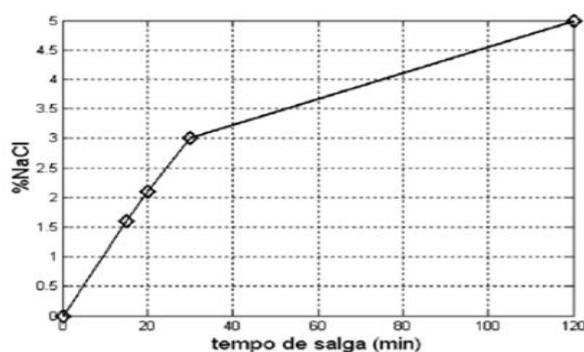
Sabe-se que a salga do queijo em salmoura, é um processo que envolve transferência de massa e calor, aspectos que interferem na qualidade do produto final. Azarias, (2017)<sup>37</sup>, conceitua que a ação de penetração do sal no queijo, e a saída em direção oposta da água podem ser caracterizados como difusão impedida, no qual as partículas iônicas de água e NaCl se deslocam em decorrência do gradiente de concentração, tendo esta deslocação atrapalhada pela condição ou atrito ocasionados pelos glóbulos de gordura de caseína, bem como a viscosidade do líquido. Por esta razão, o valor de difusão do sal no queijo é menor do que em solução pura.

A difusão da água e sobretudo do NaCl sofre influência das características físico-químicas, pela microestrutura e arranjo da matriz. De modo que a medição dessas transferências, serão determinadas através do coeficiente de difusão (D), onde diversos autores retratam este fenômeno, se baseando na lei de difusão de Fick, neste caso utilizando o coeficiente de difusão como uma constante para o processo. Desse modo, a Lei de Difusão de Fick, é utilizada para avaliar esta absorção de sal pelo queijo, considerando a concentração de sal na salmoura, tempo de salga, volume e área, permitindo-se assim, a mensura do tempo necessário de salga e o coeficiente de difusão de sal presente no queijo<sup>38</sup>.

Segundo Bortolon (2012)<sup>39</sup> a concentração da salmoura indicada é de 20 a 24% de sal para salgar um queijo e a temperatura limite ideal para o monitoramento frequente da salmoura de queijo Minas Frescal pode variar entre 10 a 12 °C, para uma hora e meia, mas em outras aplicações de salga, o tempo pode se alterar, podendo chegar a uma estimativa de 36 a 48 horas. De modo em que no final do processo, o queijo é removido da salmoura e armazenado até atingir seu estado de equilíbrio. Mas apesar do tipo de salga aplicado, a qualidade final do produto deve sempre ser considerada. Se atentando sempre a quantidade média

ideal de sal indicado, que geralmente varia entre 0,5 a 2,5%, podendo chegar de 5 a 8% em tipos específicos como o queijo do tipo Feta e Crioulo<sup>40</sup>.

Conforme um estudo realizado por Hofmeister, *et al.* (2005)<sup>41</sup>, a salga de queijo do tipo Minas pode ser realizada através do método de impregnação a vácuo (IV), possibilitando a obtenção de um queijo com uma quantidade de 1,6% em massa de sal em apenas 15 minutos, podendo ser uma alternativa acessível no ponto de vista tecnológico e econômico. Onde a solução empregada foi uma salmoura a 22% em massa de cloreto de sódio, e o experimento utilizado se baseou na aplicação do queijo na salmoura, e posteriormente aplicou-se o vácuo de 85,3kPa de forma descontínua até um período, obtendo-se assim um ganho de massa no queijo, estas variações tendem a aumentar quando submetidas a determinado tempo nas salmouras. As concentrações de sal, de acordo com o experimento realizado pelos autores, apresentaram uma evolução, conforme mostrado na (figura 1). As concentrações foram determinadas através da soma ponderada da quantidade de sal presente para cada corte de queijo. Em comparativo com outro experimento com a salga em pressão atmosférica, cujo resultado apresentou uma taxa média de 3,17g de cloreto de sódio, precisando em torno de 2,5h para se alcançar um resultado igual a 1,6% em massa, observou-se que a salga por impregnação a vácuo é bem mais eficiente por apresentar este resultado somente em 15 minutos.



**Figura 1.** Representação gráfica da concentração de NaCl obtida na salga do queijo por impregnação a vácuo. **Fonte:** Hofmeister, *et al.*, 2005<sup>41</sup>.

### 3.5 Substituição de NaCl por KCl

Com a sociedade cada vez mais ciente em relação dos problemas de saúde gerados pelo consumo elevado de sal, cresce a procura de produtos alimentícios com pouca concentração de sal. Sendo assim, maneiras para retirada, diminuição e substituição estão sendo adequadas e adicionadas na indústria alimentícia, com intuito principal de não perder a qualidade e aceitação do produto<sup>42</sup>.

O KCl é considerado como uma alternativa de substituição, por ser considerado o sal que mais se assemelha com o NaCl, em quesitos de características organolépticas, multifuncionais e antimicrobianas. Possuindo características salinas, que permite substituir em cerca de 30%, ou se for combinado com outros ingredientes, aproximadamente 50%<sup>43</sup>.

Nos dias atuais, estudos foram realizados para descobrir a influência desta parcial substituição do NaCl por KCl na indústria do pescado e do queijo. Ao realizarem os testes, não foram identificadas alterações nas características do produto final. Por exemplo, nos produtos de pesca defumados ao realizar a substituição não detectadas nenhuma toxina e não obteve alterações significativas quanto aos termos sensoriais<sup>44</sup>.

E se tratando do queijo, conforme retrata FIDELIS, (2016)<sup>45</sup>, como uma alternativa para se obter um queijo com valor diminuído no teor de sódio, sugeriu-se o teste deste processo de difusão, em sua etapa de maturação. Este experimento foi realizado no queijo do tipo Prato, colocado em uma salmoura contendo NaCl e KCl, obtendo desta forma, uma quantidade em massa, deduzindo-se assim que uma quantidade de 70% de NaCl e 30% KCl, empregada no processo não causaria modificações consideráveis. Esta dedução se deu após realizados diferentes combinações de NaCl e KCl na produção de queijo Prato, após inúmeras proporções, chegou-se a conclusão, que aqueles salgados com uma porcentagem de 100% de KCl, relacionado com um de 30% de NaCl e 70% de KCl, apresentaram um sabor insatisfatório, em razão do KCl, porém aqueles salgados com 100% de NaCl, comparados com outro de 70% de NaCl e apenas 30% de KCl, mostraram propriedades sensoriais aproximadas, com um sabor mais agradável. Confirmando dessa forma, o KCl como uma alternativa mais viável, porém em apenas 30%.

## 4. CONCLUSÃO

Com esta revisão bibliográfica, foi possível concluir que o processo de transferência de massa nos sólidos cristalinos, decorre através do deslocamento do átomo, que consiste em ocupar espaços vazios. Os compostos categorizados como sais, são aplicados de forma habitual em processos industriais, devido às suas características e eficiência ao conservar e preservar alimentos. Empregados no processo de salga, o NaCl e o KCl são os sólidos cristalinos iônicos mais utilizados.

A transferência dos sólidos cristalinos ocorre mediante a movimentação dos átomos por meio de migração, sendo assim, constata-se que este deslocamento do sal decorre por um processo denominado como difusão. A salga na indústria do pescado, ocorre de diversas formas, como por exemplo pela salga mista, em salmoura e na salga seca, visando um produto de qualidade e melhor aparência.

Conforme os resultados relatados anteriormente, se permite concluir que é possível realizar a salga de queijo de diferentes formas, e que alguns fatores influenciam ao tempo e a qualidade final do produto, como a difusividade do sal no queijo, o gradiente de concentração, a temperatura de salga e a composição do queijo. Também é possível realizar a salga com um tempo muito inferior ao estabelecido pelos métodos convencionais, através da impregnação a vácuo.

Em relação a substituição do cloreto de sódio para o cloreto de potássio, para a redução do sódio, quando adicionados em porcentagem adequada, se obtém um

resultado satisfatório, sem ocasionar alterações na qualidade do produto.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Cremasco MA. Difusão Mássica. 1st rev. ed. São Paulo: Blucher; 2019. 284 p. ISBN: 9788521213901.
- [2] Amoreira J, De Jesus M. Física Do Estado Sólido. [Internet]. Departamento de Física da Universidade da Beira Interior, 2001. [cited 2021 Jun 1]; Disponível em: <http://www.dfisica.ubi.pt/~amoreira/lectnotes/fesnts.pdf>
- [3] Cremasco MA. Fundamentos de Transferência de Massa. 3rd ed. e atual. São Paulo: Blucher; 2016. 460 p. ISBN: 9788521209041.
- [4] Andreani LK. Influência De Funcionais De Densidade Sobre O NaCl, TiO<sub>2</sub> E Cgraf [Internet]. UEPG, 2017. [cited 2021 Jun 1]; Disponível em: [https://siseve.apps.uepg.br/storage/eaic2017/9\\_Leonardo\\_Konopaski\\_Andreani-150695526788228.pdf](https://siseve.apps.uepg.br/storage/eaic2017/9_Leonardo_Konopaski_Andreani-150695526788228.pdf)
- [5] Friaça FG. Estabilidade e Reologia de Emulsões Inversas de Olefina Linear com Soluções Saturadas de NaCl e CaCl<sub>2</sub> [Dissertação]. UFU, 2020. [cited 2021 Jun 1]; Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29236/1/EstabilidadeReologiaEmuls%c3%b5es.pdf>
- [6] Melo MPF, Santos AFBS, Pires CRF, Kato HCA, Sousa DN. Desenvolvimento Tecnológico E Caracterização Nutricional De Massa Alimentícia Enriquecido Com Farinha De Peixe. [Internet]. Universidade Federal do Tocantins, 2017. [cited 2021 Jun 1]; Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1094121/1/CNPASA2018ProceedingsBIP165.pdf>
- [7] Bombardelli RA, Sypperreck MA, Sanches EA. Situação Atual E Perspectivas Para O Consumo, Processamento E Agregação De Valor Ao Pescado. [Internet]. UNIPAR, 2005. [cited 2021 may 28]; Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/57/38>
- [8] Aiura FS, Carvalho MRB, Viegas EMM, Kirschnick PG, Lima TMA. Conservação De Filés De Tilápia-Do-Nilo (*Oreochromis Niloticus*) Em Salga Seca E Salga Úmida. [Internet]. São Paulo, 2008. [cited 2021 may 17]; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3YZfyzS87wWFjbyZvGrXYSH/?lang=pt&format=pdf>
- [9] Bernardes JP. Consumo E Transformação De Peixe Entre O Mundo Romano E O Islâmico. [Internet]. Campo Arqueológico de Mértola/ Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto, 2015. [cited 2021 my 24]; Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.1/10575>
- [10] Pereira TFA. Novas Estratégias De Redução Dos Teores De Sal Nos Produtos Da Pesca e Aquicultura. [Dissertação]. Universidade Nova de Lisboa, 2020. [cited 2021 may 27]; Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/115908/1/Pereira\\_2\\_020.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/115908/1/Pereira_2_020.pdf)
- [11] Filho MR. Aprimoramento Do Processo De Salga E Secagem Do Peixe Serra No Município De Raposa - MA. [Dissertação]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012. [cited 2021 may 18]; Disponível em: <https://tede.ufrjr.br/jspui/bitstream/jspui/3625/2/2012%20-%20Marcelino%20Rufino%20Filho.pdf>
- [12] Freitas JMA, Higuchi LH, Feiden A, Maluf MLF, Dallagnol JM, Boscolo WR. Salga Seca E Úmida De Filés De Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). [Internet]. Londrina, 2011. [cited 2021 Jun 1]; Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/42618/WOS000297934400021.pdf?sequence=1&isAlloWed=y>
- [13] Cunha MRS. Avaliação Das Condições Higio-Sanitárias Da Produção E Comercialização Do Peixe Salgado Seco Na Cidade De Luanda. [Internet]. Universidade de Lisboa, 2018. [cited 2021 may 17]; Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/17389>
- [14] Oliveira FR, Lira GM, Torres EAFS, Soares RAM, Mendonça S, Silva KWB, et al. Efeito Do Beneficiamento Sobre O Valor Nutricional Do Peixe Mandim (*Arius spixii*). [Internet]. Universidade Federal de Alagoas, Universidade de São Paulo, 2008. [cited 2021 may 18]; Disponível em: [https://www.scielo.br/j/rbcf/a/7M5FFHmRCGhPflgy\\_c3vvcGk/?format=pdf&lang=pt](https://www.scielo.br/j/rbcf/a/7M5FFHmRCGhPflgy_c3vvcGk/?format=pdf&lang=pt)
- [15] Carvalho GGA. Salga E Dessalga De Peixes: Aspectos Químicos, Físicos E Efeito Antioxidante Do Extrato Aquoso De Manjeriço (*Ocimum basilicum*). [Dissertação mestrado]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Centro de Aquicultura de Jaboticabal, 2013. [cited 2021 jun 2]; Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/86665>
- [16] Catelan CA, Pedro MAM. Estudos De Métodos De Conservação De Pescados Por Adição De Sal: Uma Breve Revisão. [Internet]. UNILAGO, 2018. [cited 2021 may 20]; Disponível em: <http://189.112.117.16/index.php/revista-cientifica/article/view/101>
- [17] Guimarães JLB, Calixto FAA, Keller LAM, Latini JTP, Furtado AAL, Mesquita EFM. Alternativa Tecnológica Na Utilização De Peixe De Baixo Valor Comercial Oriundo Da Modalidade De Pesca De Arrasto: Tira Percophis Brasiliensis Enlatado. [Internet]. Curitiba, 2020. [cited 2021 jun 4]; Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/11783/9830>
- [18] Soares KMP, Gonçalves AA. Qualidade E Segurança Do Pescado. [Internet]. UFERSA, 2012. [cited 2021 jun 3]; Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267449264\\_Qualidade\\_e\\_seguranca\\_do\\_pescado](https://www.researchgate.net/publication/267449264_Qualidade_e_seguranca_do_pescado)
- [19] Mársico ET, Silva C, Barreira VB, Mantilla SPS, Moraes IA. Parâmetros Físico-Químicos De Qualidade De Peixe Salgado E Seco (Bacalhau) Comercializados Em Mercados Varejistas. [Internet]. Rio de Janeiro, 2009. [cited 2021 jun 4]; Disponível em: [http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-98552009000300012&lng=pt&nrm=iso](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552009000300012&lng=pt&nrm=iso)
- [20] Neves CV, Staudt J, Santos GL, Schneider LT, Módenes AN. Otimização Da Eficiência De Uma Coluna De Leito Fixo Para Adsorção Do Corante Reativo Azul 5g Pela Escama De Peixe. [Internet]. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019. [cited 2021 may 21]; Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/V-032.pdf>
- [21] Ramos JFP. Controlo Dos Teores De Sal Do Pescado Em Conserva. [Internet]. Porto, 2020. [cited 2021 jun

- 3]; Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.14/32998>
- [22] Ferreira VC. Estudo Da Comercialização E Condições De Armazenamento Do Pescado Em Duas Feiras Da Cidade De Parintins-AM. [Internet]. Universidade do Estado do Amazonas, 2019. [cited 2021 may 27]; Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/1735>
- [23] Fernandes CFM. Monitorização Da Utilização De Polifosfatos No Processamento De Bacalhau. [Dissertação]. Universidade de Lisboa, 2016. [cited 2021 may 20]; Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/12137>
- [24] Paula JCJ, Carvalho AF, Furtado MM. Princípios Básicos De Fabricação De Queijo: Do Histórico À Salga. [Internet]. Viçosa, 2009. [cited 2021 may 20]; Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/76>
- [25] Rocha JS, Buriú FCA, Saad SMI. Condições De Processamento E Comercialização De Queijo-De-Minas Frescal. [Internet]. USP, 2006. [cited 2021 may 22]; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/kQRFV6MRngFqPhPZHgWwrPG/?lang=pt>
- [26] Baptista DP. Proteólise De Queijo Prato Com Diferentes Teores De Sal. [Dissertação mestrado]. Universidade Estadual de Campinas. [cited 2021 jun 06]; Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/305407/1/Baptista\\_DeboraParra\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/305407/1/Baptista_DeboraParra_M.pdf)
- [27] Xavier JL, Marra KN, Ribeiro NL, Mota TED. Características Físico-Químicas de Queijo Minas Frescal Comercializados na Cidade de Anápolis-GO. [Internet]. Universidade Estadual de Goiás, 2018. [cited 2021 jun 06]; Disponível em: [http://ojs.rpqsena.org.br/index.php/rpq\\_n1/article/view/445/432](http://ojs.rpqsena.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/445/432)
- [28] Cremasco HS, Galvan D, Bordin MSP, Moreira I, Denobi BAF, Borsato D, et al. Influência Do Coeficiente De Filme Durante A Difusão De KCl/NaCl Em Biossólido Alimentar Por Simulação Computacional. [Internet]. UEL, 2016. [cited 2021 jun 08]; Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/2/9370-23007.html>
- [29] Pereira EB. Avaliação De Queijos Colonial E Colonial Imbriago Submetidos A Diferentes Tempos De Produção E Maturação. [Dissertação]. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014. [cited 2021 jun 08]; Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/1567>
- [30] Couto BD. Produção De Queijo Tipo Minas Frescal Com Reduzido Teor De Sódio E Suplementado Com Quercetina E Vitamina B2 Encapsulados Em Nanoestruturas De B-Lactoglobulina. [Dissertação]. Universidade Federal de São João Del-Rei, 2020. [cited 2021 jun 09]; Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeq/DISSERTACAO%20-%20DEFESA%20-%20BRUNNA%20DONOFRE%20COUTO.pdf>
- [31] Machado F, Lima EL, Pinto JC. Uma Revisão Sobre Os Processos De Polimerização Em Suspensão. [Internet]. UFRJ, 2007. [cited 2021 jun 09]; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/fRtq6gHvLxMt33CzqTZYffp/?lang=pt>
- [32] Hachiya JSA. Redução Do Sódio Em Queijo Minas Padrão: Efeito Nas Características Físico-Químicas E No Perfil De Textura. [Dissertação]. Londrina, 2015. [cited 2021 jun 09]; Disponível em: [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1383/1/LD\\_PPGTAL\\_M\\_Hachiya%2c%20Jefferson%20Sussumu%20de%20Aguiar\\_2015.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1383/1/LD_PPGTAL_M_Hachiya%2c%20Jefferson%20Sussumu%20de%20Aguiar_2015.pdf)
- [33] Floury J, Jeanson S, Aly S, Lortal S. Determination Of The Diffusion Coefficients Of Small Solutes In Cheese: A Review. [Internet]. France, 2010. [cited 2021 jun 09]; Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1051/dst/2010011>
- [34] Viana LF. Descrição Do Fluxograma E Avaliação De Alguns Defeitos Do Queijo Tipo Mussarela. [Internet]. Universidade Federal de Goiás, 2012. [cited 2021 jun 11]; Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/webv/up/67/o/semin%C3%A1rio\\_2\\_2012\\_vers%C3%A3o\\_3.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/webv/up/67/o/semin%C3%A1rio_2_2012_vers%C3%A3o_3.pdf)
- [35] Cabrini CC. Influência Do Fermento Natural Sobre As Características Microbiológicas, Físico-Químicas E Perfil De Textura Do Queijo Minas Artesanal Da Região Campo Das Vertentes. [Dissertação]. Universidade Federal de Minas Gerais, 2017. [cited 2021 jun 11]; Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/NCAP-AVHMCY/1/disserta\\_o\\_carolina\\_campos\\_corrigida\\_final\\_pdf.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/NCAP-AVHMCY/1/disserta_o_carolina_campos_corrigida_final_pdf.pdf)
- [36] Barth AP. Efeito Do Ph Na Hidrólise De Fosfatos, Textura E Propriedades Funcionais De Requeijão Cremoso. [Dissertação]. Universidade Estadual de Campinas, 2016. [cited 2021 jun 11]; Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322654/1/Barth\\_AnaPaula\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322654/1/Barth_AnaPaula_M.pdf)
- [37] Azarias CA. Utilização Da Espectroscopia De Infravermelho Para Determinação Rápida Do Índice De Maturação Em Queijos Pecorino, Maturado E Gouda Fabricados Com Leite De Ovelha. [Internet]. 2017. [cited 2021 jun 15]; Disponível em: [http://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/5785/1/co\\_smeantonioazarias.pdf](http://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/5785/1/co_smeantonioazarias.pdf)
- [38] Bierhalz ACK. Desenvolvimento De Biofilmes De Alginato Impregnados Com Natamicina E Aferição De Seu Potencial Antimicrobiano. [Tese on the internet]. Universidade Estadual de Campinas, 2014. [cited 2021 jun 15]; Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266086/1/Bierhalz\\_AndreaCristianeKrause\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266086/1/Bierhalz_AndreaCristianeKrause_D.pdf)
- [39] Bortolon E. Avaliação Da Qualidade De Salmouras Empregadas Na Salga De Queijos De Laticínios Inscritos No Serviço De Inspeção Do Paraná (SIP) Na Microrregião De Francisco Beltrão - PR. [Monografia on the internet]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. [cited 2021 jun 15]; Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11654/2/FB\\_COALM\\_2012\\_1\\_05.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11654/2/FB_COALM_2012_1_05.pdf)
- [40] De Paula JCJ, De Carvalho AF, Furtado MM. Princípios Básicos De Fabricação De Queijo: Do Histórico À Salga. [Internet]. UFV, 2009. [cited 2021 jun 15]; Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/76/82>
- [41] Hofmeister LC, Souza JAR, Petrus JCC, Laurindo JB. Salga De Queijo Tipo Minas Por Impregnação A Vácuo. [Internet]. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. [cited 2021 jun 17]; Disponível em:

- <https://www.scielo.br/j/cta/a/htRWNCsBjL4kCxDKqYtDJ5F/?lang=pt>
- [42] Nascimento R, Campagnol PCB, Monteiro ES, Pollonio MAR. Substituição De Cloreto De Sódio Por Cloreto De Potássio: Influência Sobre As Características Físico-Químicas E Sensoriais De Salsichas. [Internet]. Araraquara, 2007. [cited 2021 jun 17]; Disponível em: <http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/view/167/175>.
- [43] Moreira P, Sousa AS, Guerra RS, Santos A, Borges N, Afonso C, et al. Sodium and potassium urinary excretion and their ratio in the elderly: results from the Nutrition UP 65. [Internet]. Universidade do Porto, 2018. [cited 2021 jun 20]; Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5846206/>
- [44] Liem DG, Miremadi F, Keast R. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. [Internet]. Austrália, 2011. [cited 2021 jun 20]; Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/221755990\\_Reducing\\_Sodium\\_in\\_Foods\\_The\\_Effect\\_on\\_Flavor](https://www.researchgate.net/publication/221755990_Reducing_Sodium_in_Foods_The_Effect_on_Flavor)
- [45] Fidelis DAS. Difusão Multicomponente Durante A Maturação Do Queijo Tipo Prato. [Dissertação on the internet]. Universidade Estadual de Londrina, 2006. [cited 2021 jun 29]; Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp022981.pdf>