



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

ELOÁ DANDARA CARVALHO DA SILVA

**EQUIPARAÇÃO DE ATIVIDADE DE PROGRAMA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA (PIBIC): RELATÓRIO FINAL SOBRE AVALIAÇÃO DA
TECNOLOGIA DO ULTRASSOM SOBRE ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E
NUTRICIONAIS DE FILÉS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Recife, 2024

ELOÁ DANDARA CARVALHO DA SILVA

EQUIPARAÇÃO DE ATIVIDADE DE PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC): RELATÓRIO FINAL SOBRE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DO ULTRASSOM SOBRE ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E NUTRICIONAIS DE FILÉS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Relatório do Programa de Iniciação Científica apresentado como requisito para equiparação ao Estágio Supervisionado Obrigatório, como exigência para a obtenção do título de Engenheira de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho

Recife, 2024

ELOÁ DANDARA CARVALHO DA SILVA

EQUIPARAÇÃO DE ATIVIDADE DE PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC): RELATÓRIO FINAL SOBRE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DO ULTRASSOM SOBRE ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E NUTRICIONAIS DE FILÉS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Relatório de atividade de Programa de Iniciação Científica julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca. Defendido e aprovado em 06/06/2024 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. D. Sc. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho
(Orientador)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª. D Sc. Neide Kazue Sakugawa Shinohara
(Membro titular)
Departamento de Tecnologia Rural
Universidade Federal Rural de Pernambuco

M. Sc. Rildo José Vasconcelos de Andrade
(Membro titular)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife, 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e a todas as pessoas que estiveram presentes comigo durante a graduação, me incentivando e nunca me permitindo desistir de meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, por sempre me incentivarem e me darem apoio durante todo o curso.

Ao meu orientador por todo o ensinamento, paciência e apoio durante todos esses anos de laboratório.

A toda equipe do LatPesc pela ajuda e orientação durante todas as etapas de execução deste trabalho.

Ao departamento de Pesca e Aquicultura por todos esses anos de suporte e aprendizado.

Ao CNPQ pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica que possibilitou a realização desse trabalho.

À Rodrigo Amaral pelo apoio durante todos esses anos de graduação e pelo apoio durante toda a trajetória em laboratório.

Ao técnico do Laboratório de Físico-Química, José Carlos, por todo o auxílio, parceria e amizade durante a realização das análises e nesses anos de UFRPE.

À banca examinadora por ter aceito o convite e por todas as orientações durante o processo de escrita do presente trabalho.

A todas as pessoas que estiveram comigo em todas as etapas da vida acadêmica e da realização deste presente trabalho, colegas e amigos da faculdade.

RESUMO

O pescado tem sido um dos alimentos mais estudados nos últimos anos devido ao seu alto valor nutricional e menor valor calórico em relação aos outros tipos de carnes. No entanto, é um produto perecível, sendo necessário o estudo de inovações tecnológicas com o intuito de garantir maior tempo de vida útil como por exemplo, a marinação com ácido acético utilizando o ultrassom. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar aspectos físicos, químicos e nutricionais de marinados de filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos à tecnologia do ultrassom como forma de melhorar os aspectos de qualidade. Os filés de tilápias marinados submetidos ao ultrassom (US) foram mais escuros ($\Delta L < 0$), menos vermelhos ($\Delta a < 0$) e menos amarelos ($\Delta b < 0$) que os filés de grupo controle (CON). A aplicação do ultrassom não foi capaz de causar modificações nos parâmetros de textura instrumental como dureza, coesividade e elasticidade dos marinados de filés de tilápias. Os filés marinados de tilápias não apresentaram variação significativa nos valores de pH entre o tratamento CON e US. No entanto, em termos numéricos, os filés de tilápias submetidas ao US apresentaram pH abaixo de 4,5, no qual contribui com a inibição de bactérias patogênicas. Os filés de tilápias marinadas com a presença de US apresentaram menor atividade de água (A_w). As bases nitrogenadas voláteis não apresentaram variações entre os tratamentos US e CON. Os valores de umidade, os marinados submetidos ao US apresentaram maior teor. Os demais componentes nutricionais como lipídeos, proteínas e cinzas não apresentaram diferença entre tratamentos. Observa-se, portanto, um grande potencial de utilização do ultrassom em filés marinados de tilápias, principalmente pela influência positiva na segurança alimentar (pH abaixo de 4,5 e menor A_w) do produto sem interferir nos quesitos nutricionais de proteína, gordura e cinzas.

PALAVRAS-CHAVES: tilápia do Nilo, marinado de pescado, ultrassom, qualidade do pescado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O pescado constitui um alimento muito importante na dieta dos seres humanos em muitas partes do mundo e, com o aumento do consumo, cresce também a necessidade de inovar nas formas de conservar esse pescado (Sallam et al., 2007). Segundo dados da FAO (2018), o consumo de pescado mundial foi estimado em 148,8 milhões de toneladas, o que equivale a 20,2 kg *per capita*, enquanto que em 2011 o consumo era de 18,5 kg *per capita*, demonstrando que em sete anos o consumo do pescado aumentou aproximadamente 10%. No Brasil, segundo o IBGE (2017) o consumo médio de pescado é de 9,5 kg *per capita*/ano, contrastando com a média mundial e estando abaixo da recomendação da FAO, que é de um consumo mínimo de 12 kg *per capita*/ano para haver uma boa suplementação deste alimento. Dentre alguns motivos para o baixo consumo de pescado no Brasil está o preço elevado devido a pesca artesanal, principal forma de pesca realizada no país, ser de baixa produtividade para o grande mercado e a rápida deterioração do pescado, que acaba encarecendo o produto final.

O marinado é uma forma de preservação do pescado que ocorre por meio de tratamento osmótico com uma solução de cloreto de sódio e uma fonte de ácido orgânico. No processo de marinação o ácido acético causa a perda das estruturas secundárias e terciárias das proteínas, além da perda de água, desnaturando a proteína muscular, resultando na degradação em peptídeos e aminoácidos. Além disso, algumas frações de colágeno são dissolvidas, alterando o sabor e a textura do produto (Cadun et al., 2008).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um peixe que habita uma grande variedade de locais tais como rios, lagos e canais de irrigação (Bailey, 1994). Com hábitos diurnos, alimenta-se principalmente de fitoplâncton, algas bentônicas, larvas de inseto, perifíton e detritos (Lamboj, 2004). No Brasil, a produção de tilápia cresceu 12,5% em 2020, atingindo 486.155 toneladas, o que faz com que represente 60,3% do total de peixes produzidos (Peixe BR, 2021). As principais características favoráveis que tornam a tilápia do Nilo tão cultivada são o rápido crescimento, tolerância a mudanças drásticas de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e também a facilidade de se reproduzir em cativeiro em um período curto de tempo, levando a um alto fluxo de comercialização (Silva et al., 2015).

O ultrassom é uma tecnologia em que ondas sonoras de baixa frequência e alta intensidade (20 a 100 kHz) são transmitidas em um meio líquido possuindo a capacidade de causar cavitação (Piyasena et al., 2003). No processo, ondas longitudinais são criadas

quando uma onda sônica encontra um meio líquido, criando regiões de compressão e expansão alternadas (Sala et al., 1995a). As ondas de ultrassom de alta intensidade pode ser utilizada isoladamente ou em combinação com outros métodos de preservação para impedir o desenvolvimento microbiano nos alimentos e garantir a inativação de enzimas (Ulusoy e Karakaya, 2011).

As mudanças de pressão causam cavitação e formação de bolhas de gás no meio. Para aplicações de ultrassom são conhecidos dois tipos de bolhas de cavitação, cavitação transitória e estável (Feng et al., 2008). Essas bolhas de cavitação geram uma série de efeitos físicos e químicos que são a base para a aplicação do ultrassom na descontaminação de superfícies em produtos alimentícios (Zhou et al., 2012). Nos produtos marinados o ultrassom pode ser utilizado para transportar mais uniformemente o sal e o ácido acético para dentro da camada celular.

Alguns trabalhos já foram realizados com marinados de pescado (Kilinc & Cakli, 2005; SallamSalam et al., 2007; Ozogul et al., 2009; Capaccioni et al., 2011; Szymczak & Kołakowski, 2012; Kaya & Basturk, 2014; Freitas & Oliveira Filho, 2016; Topuz, 2016), no entanto ainda não foi testado o uso do ultrassom para o auxílio na marinação de filés de tilápias. Em carne bovina, González-González et al. (2017) estudaram o efeito do ultrassom (40 kHz por 20, 40 e 60 min) na marinação de bifes sobre aspectos sensoriais e distribuição do sal. Os autores observaram que o processo de ultrassom melhorou a distribuição do sal nos marinados sem causar variação na aceitação sensorial com a técnica tradicional de marinação. Em outro estudo avaliou-se o efeito do ultrassom combinado com bicarbonato de sódio, somente com bicarbonato e cura tradicional na eficiência e amaciamento de peito de frango (Xiong et al., 2020). Os resultados indicaram que os tratamentos combinação do ultrassom mais bicarbonato de sódio ou somente bicarbonato de sódio tiveram maior impacto no amaciamento da carne, capacidade de retenção de água e eficiência no processo de cura. Gómez-Salazar (2018) avaliaram o efeito da marinação assistida pela força de ultrassom na qualidade da carne de coelho. As soluções de marinação foram preparadas com 70, 140 ou 200 g NaCl/L, 3 g de NaNO₂ e 1,5% de ácido cítrico. Observou-se que a aplicação do ultrassom tem um alto potencial para ser aplicado na marinação da carne de coelho, diminuindo o tempo de imersão no marinado e mantendo a boa qualidade do produto. Isso mostra um campo muito vasto de aplicações do ultrassom nos marinados de pescado.

2. OBJETIVOS

Geral

Avaliar a tecnologia do ultrassom como forma de melhorar os aspectos de qualidade de marinados de filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Específicos

- ✓ Avaliar aspectos físicos e químicos de marinados de filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a tecnologia do ultrassom.
- ✓ Avaliar aspectos nutricionais de marinados de filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a tecnologia do ultrassom.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Matéria prima

Para o experimento foram adquiridos 3kg de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) congelados, de uma empresa comercial, Azevedo Pescado, localizado na Rodovia BR-101 Sul km 70, 550 - Curado, região metropolitana do Recife/PE. Os filés congelados foram acondicionados em caixas térmicas com gelo em escamas e transportados até o Laboratório de Tecnologia do Pescado (LATPESC) do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, Recife, PE. No laboratório, os filés de tilápias foram acondicionados em freezer (-20°C) por 3 dias antes da realização do experimento.

Marinação

Após 3 dias de armazenagem, os filés de tilápia foram retirados do freezer e mantidos em bandejas dentro de um refrigerador a 4 °C para o descongelamento lento e gradual (Figura 1).



Figura 1. Filés de tilápias após processo de descongelamento.

Então, os filés foram salgados em uma solução de salmoura a 3% de NaCl por 1h na temperatura de 4°C em uma relação de peixe e salmoura de 1:1 (Copaccioni et al., 2011). Após este período, os filés foram retirados da salmoura, colocados em outros recipientes e adicionado solução de marinação composta de 30% de ácido acético e 10% de sal (Copaccioni et al., 2011) em uma relação de líquido de marinação e pescado de 1,5:1 (Sallam et al., 2007; Ozogul et al., 2009; Szymczak & Kolakowski, 2012; Kaya & Basturk, 2012, 2014) e mantidos nesta solução por 72h a 4°C.

Para o tratamento com aplicação de ultrassom, os filés marinados foram acondicionados em sacos tipo Ziploc® e submetidos a força ultrassônica dentro de um banho ultrassônico (Elmasonic, modelo E60H, capacidade de 5,75L, dimensões da cuba de 300 x 151 x 150mm, dimensões do cesto de 255 x 115 x 75mm, frequência ultrassônica de 37 kHz, com potência ultrassônica efetiva de 100W) durante 10 min (Figura 2).



Figura 2. Filés de tilápias pós salmoura dentro de sacos tipo Ziploc® e imersas em banho ultrassônico

Depois destes procedimentos, os filés do tratamento controle (CON) e submetidos ao banho ultrassônico (US) foram retirados da solução de marinação e colocados em frascos de vidros previamente limpos e esterilizados e adicionado alho, pimenta do reino em grão, óleo de girassol previamente aquecido, colocados as tampas, submetidos a pasteurização por 4 minutos a 85°C e armazenados a 4°C até o momento das análises laboratoriais (Figura 3).



(a)



(b)

Figura 3. Filés de tilápias marinados e submetidos ao ultrassom (recipiente à esquerda) ou somente marinados (recipiente à direita, tratamento controle) (a); Adição de líquido de cobertura nos filés de tilápias marinados (b).

Análises

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-química dos Alimentos do Departamento de Ciências do Consumo da UFRPE, Campus Recife, em triplicata dos tratamentos dos marinados de filés de tilápias submetidos ao ultrassom (US) e controle (CON).

Análises físico-químicas

Cor instrumental

Para a determinação da cor instrumental dos marinados foi utilizado um colorímetro portátil (Konica Minolta®, modelo CR – 400) previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz uma lâmpada de xenônio, iluminante C ($Y=92.78$; $x=0.3139$; $y=0.3200$), ângulo de observação de 2° e área de medição de 8 mm de diâmetro em 3 pontos de três nhoques de cada tratamento (Figura 4). A cor foi expressa utilizando-se os padrões de cor do sistema CIELAB: L^* [luminosidade (+) mais claro a (-) mais escuro], a^* [intensidade da cor vermelha (+) a verde (-)] e b^* [intensidade da cor amarela (+) a azul (-)]. A partir das coordenadas L^* , a^* e b^* foi calculada a diferença de cores (ΔL : L tratamento – L controle; Δa : a tratamento – a controle; Δb : b tratamento – b controle)



Figura 4. Análise de cor instrumental de marinados de filés de tilápias

Textura instrumental

O perfil de textura instrumental (TPA) foi determinado em filés de cada tratamento utilizando um texturômetro (CT3 *Texture Analyser* Brookfield®), comprimidos em 50% da espessura total com velocidade do pré-teste, teste e pós-teste de 2 mm/s a temperatura de 25°C de acordo com Bourne (2002). Os parâmetros estudados foram: dureza (N), coesividade (admissional) e elasticidade (mm). A dureza é a força

necessária para produzir certa deformação do produto, demonstrada pelo pico de força durante a primeira compressão. A elasticidade é a habilidade da amostra em recuperar sua altura original após remoção da força de compressão. A coesividade é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura (Bourne, 2002).



Figura 5. Análise de textura instrumental de marinados de filés de tilápias

Determinação do pH

O pH foi determinado com o auxílio de um phmetro utilizando eletrodo de imersão, diretamente na amostra de 10g de filés previamente homogeneizados com 40 ml de água destilada, de acordo com Oliveira Filho et al. (2012) (Figura 6).



Figura 6. Análise de pH de marinados de filés de tilápias

Análises químicas

Bases nitrogenadas voláteis (BNV)

As bases nitrogenadas voláteis (BNV) foram determinadas pelo método de Howgate (1976) (Figura 7). Aproximadamente 10g de amostra de filés previamente homogeneizados foram misturados com 60 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) 10% por 1 minuto e mantido em repouso por duas horas. Então, a amostra foi filtrada em papel filtro quantitativo de filtração média (Unifil ø150 mm), pipetada (25ml do filtrado + 1g de óxido de magnésio) para um balão do aparelho de destilador de nitrogênio, destilada com 15ml de indicador misto (composto de vermelho de metila e verde bromocresol) e titulada com HCL 0,02N. O resultado da análise foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$BNV \left(\frac{mgN}{100g} \right) = \frac{(vol. HCL(ml) \times normalidade\ do\ HCL \times 14 \times vol. extr. TCA \times 100)}{(25 \times peso\ da\ amostra)}$$



Figura 8. Análise de bases nitrogenadas voláteis (BNV) de marinados de filés de tilápias

Atividade de água

A atividade de água foi determinada utilizando filés de cada tratamento pré-homogeneizados em um processador de alimentos a temperatura de 25°C em um equipamento Aqualab CX-2 (Decagon Devices) (Figura 9).

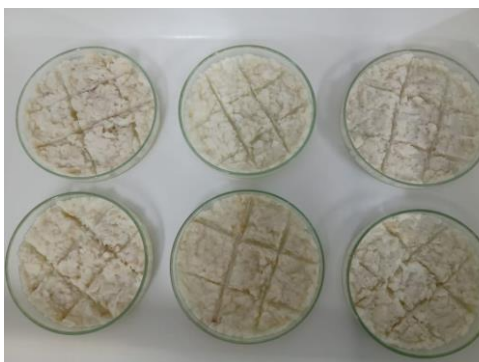


Figura 9. Análise de atividade de água de marinados de filés de tilápias

Análises de composição nutricional

A composição nutricional dos marinados foi determinada de acordo com a metodologia oficial da AOAC (2012). Primeiramente foi realizada a análise de umidade por gravimetria em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante (Figura 10 A, B). Após a análise de umidade a matéria-seca foi submetida as demais análises de composição centesimal. A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$) (Figura 11), gordura foi extraída com éter de petróleo em um extrator tipo Soxhlet

(Figura 12), conteúdo de cinzas por meio de incineração em mufla a 550°C por 5 horas (Figura 13).



(A)



(B)

Figura 10. Análise de umidade de marinados de filés de tilápias antes (A) e depois (B) de secos em estufa

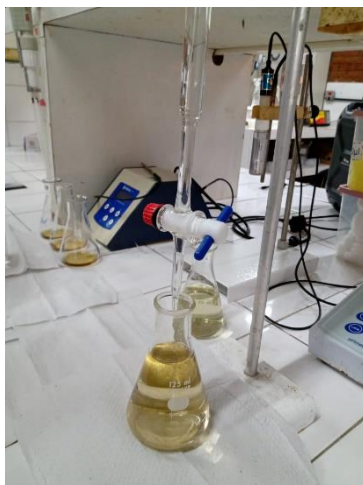


Figura 11. Análise de determinação da proteína bruta de marinados de filés de tilápias



Figura 12. Análise de extrato etéreo (determinação de gordura) de marinados de filés de tilápias



Figura 13. Análise de cinzas de marinados de filés de tilápias

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos (marinados de filés de tilápias controle – COM e com aplicação do ultrassom - US) e três repetições cada (três amostras de marinados de filés de tilápias).

Os resultados obtidos das análises foram submetidos ao Teste-t de *Student* com distribuição bicaudal, variação igual de duas amostras (homoscedástica) e nível de significância de 5% ($p < 0,05$) utilizando o pacote Microsoft Excel®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

Cor Instrumental

Os marinados de filés de tilápias submetidos ao ultrassom (US) não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) nos valores de cor L^* , a^* e b^* em relação aos marinados do grupo controle (CON) (Tabela 1). No entanto, quando se aplicou o cálculo dos valores de delta, observou-se que os filés de tilápias submetidos ao ultrassom (US) foram mais escuros ($\Delta L < 0$), menos vermelhos ($\Delta a < 0$) e menos amarelos ($\Delta b < 0$) que os filés de grupo controle (CON). Isto pode ter ocorrido devido a aplicação do ultrassom facilitar a movimentação de sal e ácido acético para o interior do músculo do pescado, causando mudanças na coloração dos filés, pois as ondas longitudinais criadas quando uma onda ultrassônica encontra um meio líquido faz com que haja regiões de compressão e expansão alternadas facilitando assim este processo (Sala et al., 1995a). Gómez-Salazar et al. (2018) observaram variação significativa entre os tratamentos controle e com ultrassom em marinados de carne de coelho, com diminuição no valor de L^* , aumento do valor de a^* e b^* quando aplicado o ultrassom.

Assim como ocorreu nos marinados de filés de tilápias, o marinado de carne de coelho submetido ao ultrassom também ficou mais escuro após a aplicação do ultrassom.

Tabela 1. Cor instrumental (média $\pm$ desvio padrão) de marinados de filés de tilápias do Nilo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON).

Parâmetro s de cor	Marinados de tilápia do Nilo		Valor de <i>p</i>
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
<i>L</i> *	73,29 $\pm$ 4,30	73,85 $\pm$ 1, 97 ^{ns}	0,848
<i>a</i> *	-2,36 $\pm$ 0,30	- 2,26 $\pm$ 0,09 ^{ns}	0,621
<i>b</i> *	5,91 $\pm$ 0,11	6,06 $\pm$ 0,7 9 ^{ns}	0,750
ΔL	-0,56		
Δa	-0,10		
Δb	-0,15		
ΔE	3,82		

*Diferença significativa ($p < 0,05$) ao *Teste-t* de Student.

Textura instrumental

A aplicação do ultrassom não foi capaz de causar modificações nos parâmetros de textura instrumental como dureza, coesividade e elasticidade dos marinados de filés de tilápias (Tabela 2). No entanto, em um estudo avaliando o efeito do ultrassom combinado com bicarbonato de sódio, somente bicarbonato e cura tradicional na eficiência e amaciamento de peito de frango, observou-se que a combinação do ultrassom mais bicarbonato de sódio teve maior impacto no amaciamento da carne (Xiong et al., 2020). A ausência de variação na textura dos filés marinados de tilápias pode ter ocorrido pelos parâmetros de tempo e força de ultrassom utilizados no estudo não terem sido capazes de causar variações neste parâmetro físico. Isto pode ser um fator positivo pois na carne de pescado, diferente dos animais terrestres, não é desejável o amaciamento, pois já são por natureza macias.

Tabela 2. Textura instrumental (média $\pm$ desvio padrão) de marinados de filés de tilápias do Nilo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON).

Parâmetros	Marinados de tilápia do Nilo		Valor de p
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
Dureza (N)	27,83 $\pm$ 6,12	29,22 $\pm$ 3,52 ^{ns}	0,75
Coesividade	0,15 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,04 ^{ns}	0,82
Elasticidade (mm)	1,01 $\pm$ 0,35	1,05 $\pm$ 0,71 ^{ns}	0,93

*Diferença significativa ($p < 0,05$) ao *Teste-t* de Student.

Determinação de pH

O controle do pH na indústria alimentícia é um fator importante pois influencia no desenvolvimento microbiológico do alimento. Muitas espécies de bactérias se desenvolvem quando o pH do alimento se encontra próximo da neutralidade. Porém, o desenvolvimento microbiano é inibido quando o produto apresenta pH abaixo de 4,5 (Poligne e Collignan, 2000). Os filés marinados de tilápias não apresentaram variação significativa nos valores de pH entre o tratamento controle e com aplicação do ultrassom (Tabela 3). No entanto, em termos numéricos, os filés de tilápias submetidas ao ultrassom apresentaram pH abaixo de 4,5, no qual contribui com a inibição de bactérias patogênicas. Turhan et al. (2013) observaram que o pH do marinado de anchova com aplicação de ultrassom apresentou menor valor (pH = 4,60), em relação aos filés que não foram aplicados o ultrassom (4,78 a 4,89), ou seja, mostrando a mesma tendência do estudo com os marinados de tilápias.

Atividade de Aw

A análise de atividade de água (Aw) quantifica a água livre do alimento, no qual os microrganismos são capazes de utilizar para o seu desenvolvimento, sendo mais propício quando está entre 0,98 a 0,88 (Jatobá & Oliveira Filho, 2017). Houve variação significativa entre tratamentos, sendo que os filés de tilápias marinadas com a presença de ultrassom (US) apresentaram menor atividade de água (Tabela 3). Isto pode indicar que os filés marinados com aplicação de ultrassom podem apresentar maior vida útil.

Marinados de filés de anchovas (*E. anchiota*) apresentaram A_w de 0,96 (Capaccioni *et al.*, 2011), ou seja, próximo ao observado no presente estudo com os filés de tilápias. Apesar de ser um produto com alta atividade de água, o marinado de tilápia pode ser considerado um produto de baixa possibilidade de desenvolvimento microbiano devido ao pH ácido.

Bases nitrogenadas voláteis (BNV)

As bases nitrogenadas voláteis correspondem a amônia e aminas de cadeia curta. A análise de BNV é usada para a determinação do nível de deterioração do pescado, ocasionado por bactérias deteriorantes durante a armazenagem refrigerada (Yapar, 1999). As BNV dos filés de tilápias marinadas não apresentaram variações entre tratamentos (Tabela 3). Duyar e Eke (2009), encontraram valores de BNV de marinados de anchova (*E. anchiota*) e bonito (*Katsuwonus pelamis*) entre 10,73 e 12,60mg/100g, respectivamente. Estes valores são próximos as BNV dos filés marinados de tilápias. De acordo com a legislação brasileira, os valores de BNV dos filés de tilápias do presente estudo estão abaixo do limite máximo permitido para o consumo humano, que é de 30mg/100g (Brasil, 2017), ou seja, mostrando a boa qualidade química do produto em questão.

Tabela 3. Resultados (média $\pm$ desvio padrão) das análises de pH, a_w e BNV de marinados de filés de tilápias do Nilo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON).

Parâmetros	Marinados de tilápia do Nilo		Valor de p
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
pH	4,23 $\pm$ 0,09	4,59 $\pm$ 0,3 2 ^{ns}	0,131
A_w	0,96 $\pm$ 0,00	0,97 $\pm$ 0,0 0*	0,017
BNV (mgN/100g)	12,85 $\pm$ 2,00	9,83 $\pm$ 2,0 0 ^{ns}	0,138

*Diferença significativa ($p < 0,05$) ao *Teste-t* de Student

Composição nutricional

Umidade

A determinação do teor de umidade no pescado e derivados é importante para avaliar a vida útil e assim determinar metodologias adequadas para a conservação destes produtos (Viana et al., 2013). Os filés de tilápias submetidos ao ultrassom (US) apresentaram maior ($p < 0,05$) teor de umidade do que o tratamento controle (CON) (Tabela 4). Segundo Sanchez et al. (1999) o ultrassom pode causar perda de umidade de produtos alimentícios. No entanto, como os filés de tilápias estavam dentro de sacos herméticos, esta umidade pode ter saído do interior do músculo, porém tenha permanecido junto aos filés. Em marinados de anchoveta (*Engraulis anchoita*) observou-se que o aumento do tempo de marinação e o aumento da força de ultrassom diminui a umidade dos marinados (Turhan et al., 2013). Porém neste estudo o ultrassom foi aplicado com um probe diretamente na solução de marinação com os filés de anchovetas.

Lipídeos

O conhecimento do teor de lipídeos na carne do pescado é importante tanto pela questão nutricional como também pela possibilidade deste componente se oxidar (Viana et al., 2013). O tratamento dos filés marinados com ultrassom (US) não causou variação significativa na porcentagem de lipídeos em relação aos filés de tilápias do tratamento controle (CON) (Tabela 4). Pedrós-Garrido et al. (2017) estudaram os efeitos do ultrassom no teor de lipídeos de salmões observando diminuição do teor total de lipídeos após o uso da tecnologia, embora também sem diferença com o tratamento controle.

Proteína

Para a análise de proteína também não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois tratamentos (Tabela 4). Provavelmente parte das proteínas já tivessem sido desnaturadas devido a adição do ácido acético (FIB, 2012), porém sem variação com a utilização do ultrassom. Em comparação, no estudo de Sharedeh et al. (2015) houve aumento do teor de proteínas agregadas à carne marinada, sendo essas mudanças, segundo os autores, relacionadas aos fragmentos de miofibrilas musculares decorrentes da desnaturação de proteínas, resultando na formação de carbonilas, e afetando assim as estruturas de proteínas.

Cinzas

A determinação do teor de cinzas na carne do pescado é importante para indicar a quantidade total de minerais, tais como potássio e cálcio (Tilami & Sampels, 2018). O resultado do presente estudo não mostrou diferença significativa nos teores de cinzas entre o tratamento com aplicação do ultrassom ou do grupo controle. Diferentemente, em estudo realizado por Gómez-Salazar (2018), observou-se que a absorção de sal (NaCl) na carne de coelho marinada aumentou com a aplicação do ultrassom. No entanto, ressalta-se que fatores técnicos como força de aplicação e tempo de ultrassom, além das variações entre espécies de animais, podem influenciar na absorção de minerais.

Tabela 4. Resultados (média $\pm$ desvio padrão) da análise de composição centesimal (umidade, lipídeos, proteína e cinzas) de marinados de filés de tilápias do Nilo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON).

Parâmetros (%)	Marinados de tilápia do Nilo		Valor de <i>p</i>
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
<i>Umidade</i>	64,41 $\pm$ 0,34	62,00 $\pm$ 0,58	0,003
	*		
<i>Lipídeos</i>	16,33 $\pm$ 0,29	18,62 $\pm$ 1,74 ⁿ	0,088
		s	
<i>Proteína</i>	23,40 $\pm$ 0,81	23,03 $\pm$ 1,37 ⁿ	0,710
		s	
<i>Cinzas</i>	2,99 $\pm$ 0,66	2,29 $\pm$ 0,24 ^{ns}	0,157

*Diferença significativa ($p < 0,05$) ao *Teste-t* de Student

5. CONCLUSÃO

A aplicação do ultrassom em filés marinados de tilápias tornou o produto mais ácido, além de ter diminuído a atividade de água, que são fatores que inibem o desenvolvimento microbiano. Apesar do ultrassom ter causado um leve escurecimento (menor valor de L^*) dos filés de tilápias, não foi constatado diferença significativa com o grupo controle. Assim como para a análise de textura instrumental e bases nitrogenadas voláteis que também não apresentaram variação significativa com o grupo controle. A falta de variação na textura entre tratamentos foi positiva pois em alguns estudos realizados com marinados de carne de animais terrestres o uso do ultrassom causou amaciamento da carne o que não é desejável para o pescado, que já possui carne naturalmente macia. A aplicação do ultrassom tornou os filés de tilápias marinados mais úmidos, o que poderia ser um fator interessante no aspecto sensorial por deixar o produto mais suculento. Além disso, o ultrassom não interferiu nos demais quesitos da composição centesimal como gordura, proteína e cinzas, mantendo, portanto, o mesmo valor nutricional com o tratamento controle. Observa-se, portanto, um grande potencial de utilização do ultrassom em filés marinados de tilápias, principalmente pela influência positiva na segurança alimentar do produto sem interferir nos quesitos nutricionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the AOAC. 19th edn. Gaithersburg, 2012.

Bailey, R.G. Guide to the fishes of the River Nile in the Republic of the Sudan. Journal of Natural History, v.28, n.4, p. 937-970, 1994.

Bourne, M.C. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2ed. New York: Academic Press, 2002. 427p.

Brasil. Decreto nº.9.013 de 29/03/17. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília: SIPA, DICAR, Ministério da Agricultura. 2017.

Cadun, A., Kışla, D., Çaklı, Ş. Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. Food Chemistry, v. 109, n. 1, p. 81-87, jul. 2008.

Capaccioni, M.E., Casales, M.R., Yeannes, M.I. Acid and salt uptake during the marinatio process of *Engraulis anchoita* fillets influence of the solution: fish ratio and agitation. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.31, n.4, p.884-890, 2011.

Duyar, H.A, Eke, E. Production and Quality Determination of Marinade from Different Fish Species. Journal of Animal and Veterinary Advances, v. 8, n. 2, p. 270-275, 2009.

FAO. World fisheries and aquaculture production and utilization. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals, 2018.

Feng, H., Yang,W., Hielscher, T. Power ultrasound. Food Science and Technology International, n. 14, p. 433, 2008.

FIB. Revista Food Ingredients Brasil. Dossiê Proteínas. Editora São Paulo FiHBA, n 22, 2012.

Freitas, M.M.; Oliveira Filho, P.R.C. Estabilidade e aceitação sensorial de marinados de camarão-cinza (*Litopenaeus vannamei*). Actapesca, v.4, p.44-49, 2016.

Gómez-Salazar, J.A.; Ochoa-Montes, D.A.; Cerón-García, A.; Ozuna, C.; Sosa-Morales, M.E. Effect of acid marination assisted by power ultrasound on the quality of rabbit meat. *Journal of Food Quality*, v.2018, p.1-6, 2018.

González-González, L.; Luna-Rodríguez, L.; Carrillo-López, L.M.; Alarcón-Rojó, A.D.; García-Galicia, I.; Reyes-Villagrana, R. Ultrasound as an alternative to conventional marination: acceptability and mass transfer. *Journal of Food Quality*, v.2017, p.1-8, 2017.

Howgate, P. Determination of total volatile bases. Torry Research Station. Aberdeen, TD 564, Appendix 4, 1976.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal, 2017.

Jatobá, R., Oliveira Filho, P. Silagem biológica elaborada com resíduos de filetagem de saramunete (*Pseudupeneus maculatus*). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v.10, n.1, p. 58-68, 2017.

Kaya, G.K., Bastürk, O. Organoleptic and chemical changes during storage of sea bass marinades (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). *Journal of Food Processing and Preservation*, v.38, p.1072-1079, 2014.

Kilinc, B.; Cakli, S. Determination of the shelf life of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades in tomato sauce stored at 4°C. *Food Control*, v.16, n.7, p.639–644, 2005.

Lamboj, A. The Cichlid Fishes of Western Africa. Birgit Schmettkamp Verlag, Bornheim, Germany, p.255, 2004.

Oliveira Filho, P.R.C., Viegas, E.M.M., Kamimura, E.S., Trindade, M.A. Evaluation of physicochemical and sensory properties of sausages made with washed and unwashed mince from Nile tilapia by-products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v.21, p.222-237, 2012.

Ozogul, Y., Kuley, E., Ozogul, F. Quality changes of marinated Tench (*Tinca tinca*) during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, v.15, n.5, p.513-521, 2009.

Peixe BR. Produção de tilápia cresce 12,5% em 2020, atingindo 486.155 toneladas. Anuário Peixe BR da Piscicultura, p. 14, 2021.

Pedrés-Garrido, S., Condón-Abanto, S., Beltrán, J.A., Lyng, J.G., Brunton, N.P., Bulton, D., White, P. Assessment of high intensity ultrasound for surface decontamination of salmon (*S. salar*), mackerel (*S. scombrus*), cod (*G. morrhus*) and hake (*M. merluccius*) fillets and its impact on fish quality. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 41, p. 64-70, Junho, 2017.

Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. International Journal of Food Microbiology, v. 87, n. 3, p. 207-216, 2003.

Poligne, I., Collignan, A. Quick Marination of Anchovies (*Engraulis encrasicolus*) Using Acetic and Gluconic Acids. Quality and Stability of the End Product, LWT - Food Science and Technology, v. 33, p. 200-209, 2000.

Sala, F. J., Burgos, J., Condón, S., López, P., & Raso, J. Reducing bacterial resistance to antibiotics with ultrasound. Applied Microbiology, v. 28. n. 1, p. 81–84, 1995a.

Sallam, K.I.; Ahmed, A.M.; Elgazzar, M.M.; Eldaly, E.A. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4°C. Food Chemistry, v.102, p.1061-1070, 2007.

Sanchez, E.S., Simal, S., Femenia, A., Benedito, J. and Rossello, C. (1999). Influence of ultrasound on mass transport during cheese brining. Eur. Food Res. Technol., p. 215-219, 1999.

Sharedeh, D., Batellier, P., Astruc, T. Daudin, J.O. Effects of pH and NaCl levels in a beef marinade on physico-chemical states of lipids and proteins and on tissue microstructure. Meat Science, v. 110 p. 24-31, 2015.

Silva, G., F. S. Tilápia-do-nylo: criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná. Ingredients Brasil, p. 23 – 25, Curitiba, 2015.

Szymczak, M., Kołakowski, E. Losses of nitrogen fractions from herring to brine during marinating. Food Chemistry, v.132, p. 237–243, 2012.

Tilami, S.K. & Sampels, S. Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, v. 26, n. 2, p., 243-253, 2018.

Turhan, S., Saricaoglu, F.T, Oz, F. The Effect of ultrasonic marinating on the transport of acetic acid and salt in anchovy marinades. *Food Science and Technology Research*, v. 19, n. 5, p. 849-853, 2013.

Topuz, O. K. I. Effects of marinating time, acetic acid and salt concentrations on the quality of little tunny fish (*Euthynnus alletteratus*) fillet. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.40, p. 1154–1163, 2016.

Ulusoy, K., Karakaya, M. Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı. *Gıda* , v. 2, n. 36 , p. 113-120, 2011.

Viana, Z. C. V., Silva, E., Fernandes, G. B., Santos, V. L. C. S. Composição centesimal em músculo de peixes no litoral do estado da Bahia/ Brasil. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*. v.12, n.2, p.157-162, Salvador, mai./ago. 2013.

Xiong, G.; Fu, X.; Pan, D.; Qi, J.; Xu, X.; Jiang, X. Influence of ultrasound-assisted sodium bicarbonate marination on the curing efficiency of chicken breast meat. *Ultrasonics – Sonochemistry*, v.60, 104808, 2020.

Yapar, A. Quality changes in salted anchovy (*Engraulis encrasicolus*) produced using three different salt concentrations. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 23-3, p. 441-445, 1999.

Zhou, B., Lee, H., Feng, H. Microbial decontamination of food by power ultrasound. *Microbial Decontamination In The Food Industry*, p. 300-321, 2012.