

AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DO ULTRASSOM SOBRE ASPECTOS FÍSICO- QUÍMICOS E NUTRICIONAIS DE MARINADOS DE FILÉS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)

Evaluation of ultrasound technology on physical, chemical
and nutritional aspects of Nile tilapia fillet marinates
(*Oreochromis niloticus*)

**Eloá Dandara Carvalho da Silva¹, Rodrigo Pinheiro Crasto Amaral²,
Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho³**

¹ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, graduanda em Engenharia de Pesca na
Universidade Federal Rural de Pernambuco

² Graduando em Engenharia de Pesca na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

³ Docente, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Tecnologia do Pescado (LATPESC),
Recife, PE, Brasil. E-mail: paulo.coliveirafo@ufrpe.br

RESUMO

O consumo médio de pescado no Brasil é abaixo do mínimo recomendado pela OMS. Entre os vários fatores para o baixo consumo desse alimento estão a falta de preferência em relação a outros tipos de carnes, a falta de conhecimento no preparo do pescado e a pouca variabilidade de produtos de pescado destinados à comercialização. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar aspectos físico-químicos e nutricionais de marinados de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos à tecnologia do ultrassom. Os filés de tilápia marinados submetidos ao ultrassom (US) foram mais escuros, menos vermelhos e menos amarelos que os filés de grupo controle (CON). A aplicação do ultrassom (US) não causou modificações nos parâmetros de textura e pH com o tratamento CON. Os filés de tilápia marinados com a presença de US apresentaram menor atividade de água (Aw). As bases nitrogenadas voláteis não apresentaram variações entre os tratamentos. Os marinados submetidos a US apresentaram maior umidade. Os demais componentes nutricionais (lipídeos, proteínas e cinzas) não apresentaram diferença entre tratamentos. Observa-se, portanto, um grande potencial de utilização do ultrassom em filés marinados de tilápia, principalmente pela influência positiva na segurança alimentar (menor Aw) sem interferir na proteína, na gordura e nas cinzas.

Palavras-chave: pescado, marinado de pescado, ondas sônicas, qualidade do pescado.

Recebido em: 23/09/2021

Aprovado em: 08/04/2022

Publicado on-line em: 10/08/2022

ABSTRACT

The average consumption of fish in Brazil is below the minimum recommended by the WHO. Among several factors for the low consumption of this food is the lack of preference in relation to other types of meat, lack of knowledge in the preparation of fish and little variability of fish products destined for commercialization. Therefore, the objective of the study was to evaluate physicochemical and nutritional aspects of marinated Nile tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*) submitted to ultrasound technology. The marinated tilapia fillets submitted to ultrasound (US) were darker, less red and less yellow than the fillets from the control group (CON). The application of ultrasound (US) did not cause changes in texture and pH parameters with the CON treatment. Tilapia fillets marinated with US showed lower water activity (A_w). The volatile nitrogenous bases did not show variations between treatments. The marinades submitted to o US had higher humidity. The other nutritional components (lipids, proteins and ash) showed no difference between treatments. Therefore, there is a great potential for the use of ultrasound in marinated tilapia fillets, mainly due to the positive influence on food safety (lower A_w) without interfering with protein, fat and ash.

Keywords: fish, fish marinade, sonic waves, fish quality.

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). O consumo de pescado mundial foi estimado em 156,4 milhões de toneladas, o que equivale a 20,5 kg *per capita* no ano de 2018, enquanto 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, o consumo médio de pescado é aproximadamente 10 kg *per capita* em 2018 (Fao, 2020), contrastando com a média mundial e estando abaixo da recomendação da OMS, que é de um consumo mínimo de 12 kg *per capita*/ano para haver uma boa suplementação desse alimento (Asbran, 2022). Entre alguns motivos para o baixo consumo de pescado no Brasil estão a falta de preferência em relação a outros tipos de carnes, a falta de conhecimento no preparo do pescado e a pouca variabilidade de produtos de pescado destinados à comercialização (Lopes; Oliveira & Ramos, 2016).

No Brasil, a produção de tilápia-do-nilo 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 tão cultivada são o rápido crescimento, a tolerância a mudanças drásticas de temperatura, a salinidade, o 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 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 da proteína, além da perda de água, e, portanto, a proteína muscular se desnatura, o que resulta na degradação em peptídeos e aminoácidos. Além disso, algumas frações de colágeno são dissolvidas, alterando o sabor e a textura do produto (Cadun; Kışla & Çaklı, 2008).

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; Mohareb & MCKellar, 2003). No processo, ondas longitudinais são criadas quando uma onda sônica encontra um meio líquido, criando regiões de compressão e expansão alternadas (Rediske; Rapoport & Pitt, 1995). As ondas de ultrassom de alta intensidade podem ser utilizadas isoladamente ou em combinação com outros métodos de preservação para impedir o desenvolvimento microbiano nos alimentos e garantir a inativação de enzimas.

Essas 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, a cavitação transitória e a estável (Feng; Yang & Hielscher, 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; Lee & Feng, 2012). Nos produtos marinados, o ultrassom pode ser utilizado por 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; Sallam *et al.*, 2007; Ozogul; Kuley & Ozogul, 2009; Capaccioni; Casales & Yeannes, 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 tilápia. Alguns estudos já foram realizados com o uso do ultrassom para melhorar a distribuição de sal em marinados de carnes bovinas (González-González *et al.*, 2017), amaciamento de peito de frango (Xiong *et al.*, 2020) e diminuição do tempo de imersão do líquido de marinação em carne de coelho (Gómez-Salazar *et al.*, 2018). Isso mostra um campo muito vasto de aplicações do ultrassom em carnes marinadas. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a tecnologia do ultrassom nos aspectos físico-químicos e nutricionais de marinados de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

Para o experimento foram adquiridos 3 kg de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) congelados da empresa comercial Azevedo Pescado, localizada 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 tilápia foram acondicionados em freezer (-20° C) por três dias antes da realização do experimento.

Marinação

Após três 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. Então, os filés foram salgados em uma solução de salmoura a 3% de NaCl por uma hora na temperatura de 4° C em uma relação de peixe e salmoura de 1:1 (Capaccioni; Casales & Yeannes, 2011). Após esse 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 (Capaccioni; Casales & Yeannes, 2011) em uma relação de líquido de marinação e pescado de 1,5:1 (Sallam *et al.*, 2007; Ozogul; Kuley & Ozogul, 2009; Szymczak &

Kolakowski, 2012; Kaya & Basturk, 2014) e mantidos nessa solução por 72 horas a 4° C (tratamento controle - CON).

Para o tratamento com aplicação de ultrassom (tratamento ultrassom - US), 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 150 mm, dimensões do cesto de 255 x 115 x 75 mm, frequência ultrassônica de 37 kHz, com potência ultrassônica efetiva de 100W) durante 10 minutos (Figura 1).

Depois desses 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 adicionados alho, pimenta-do-reino em grão, óleo de girassol previamente aquecido a 80° C, tampados, submetidos à pasteurização em banho-maria por 4 minutos a 85° C e armazenados a 4° C por três dias antes das análises laboratoriais (Figura 2).

Figura 1 - Filés de tilápia pós-salmoura dentro de sacos tipo Ziploc® e imersas em banho ultrassônico



Figura 2 - Filés de tilápia marinados e submetidos ao ultrassom - tratamento US (recipiente à esquerda) - ou somente marinados - tratamento CON (recipiente à direita, tratamento controle) (a); adição de líquido de cobertura nos filés de tilápia marinados (b)



(a)



(b)

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 graus 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).

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 uma 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).

Determinação do pH

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

Bases nitrogenadas voláteis (BNV)

As bases nitrogenadas voláteis (BNV) foram determinadas pelo método de Howgate (1976). Aproximadamente 10 g de amostra de filés previamente homogeneizados foram misturados com 60 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) 10% por um minuto e mantido em repouso por duas horas. Então, a amostra foi filtrada em papel filtro quantitativo de filtração média (Unifil ø150 mm), pipetada (25 ml do filtrado + 1 g de óxido de magnésio) para um balão do aparelho de destilador de nitrogênio, destilada com 15 ml 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:

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

Atividade de água

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

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. Após a análise de umidade, a matéria seca foi submetida às demais análises de composição centesimal. A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$) e a gordura foi extraída com éter

de petróleo em um extrator tipo Soxhlet, conteúdo de cinzas por meio de incineração em mufla a 550° C por 5 horas.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (marinados de filés de tilápia sem aplicação do ultrassom, controle – COM, e com aplicação do ultrassom – US) e três repetições cada (três amostras de marinados de filés de tilápia). 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®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

Cor instrumental

Os marinados de filés de tilápia 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 I). No entanto, quando se aplicou o cálculo dos valores de delta, observou-se que os filés de tilápia 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). Isso pode ter ocorrido pelo fato de 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, fazem com que haja regiões de compressão e expansão alternadas, facilitando, assim, esse processo (Rediske; Rapoport & Pitt, 1995). Gómez-Salazar *et al.* (2018) também observaram que a aplicação do ultrassom deixou os marinados de carne de coelho mais escuros (menor valor de L^*).

Tabela I – Resultados (média \pm desvio padrão) da cor instrumental de marinados de filés de tilápia-do-nilo com ultrassom (US) e sem ultrassom – controle (CON)¹

Parâmetros de cor	Marinados de filés de tilápia-do-nilo		Valor de p
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
L^*	73,29 \pm 4,30	73,85 \pm 1,97 ^{ns2}	0,848
ΔL^*	-0,56		
a^*	-2,36 \pm 0,30	-2,26 \pm 0,09 ^{ns}	0,621
Δa^*	-0,10		
b^*	5,91 \pm 0,11	6,06 \pm 0,79 ^{ns}	0,750
Δb^*	-0,15		

¹Diferença significativa ($p < 0,05$) ao Teste-t de Student.

²NS – Não apresenta 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 tilápia (Tabela II). A ausência de variação na textura dos filés marinados de tilápia pode ter ocorrido pelo fato de os parâmetros de tempo e força de ultrassom utilizados no estudo não terem sido capazes de causar variações nesse parâmetro físico. Isso 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 II – Resultados (média ± desvio padrão) de textura instrumental de marinados de filés de tilápia-do-nylo com ultrassom (US) e sem ultrassom – controle (CON)¹

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

^{1*} Diferença significativa (p < 0,05) ao Teste-t de Student.

² NS - Não apresenta 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 & Collignan, 2000). Os filés marinados de tilápia não apresentaram variação significativa nos valores de pH entre o tratamento controle e com aplicação do ultrassom (Tabela III). No entanto, em termos numéricos, os filés de tilápia submetidos ao ultrassom apresentaram pH abaixo de 4,5, o qual contribui com a inibição de bactérias patogênicas. Turhan, Saricaoglu e Oz (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 tilápia.

Atividade de água (Aw)

A análise de atividade de água (Aw) quantifica a água livre do alimento, a qual os microrganismos são capazes de utilizar para o seu desenvolvimento, sendo mais propício quando está entre 0,98 e 0,88 (Jatobá & Oliveira Filho, 2017). Houve variação significativa entre tratamentos, sendo que os filés de tilápia marinados com a presença de ultrassom (US) apresentaram menor atividade de água (Tabela III). Isso pode indicar que os filés marinados com aplicação de ultrassom podem apresentar maior vida útil. Marinados de filés de anchova (*E. anchiota*) apresentaram Aw de 0,96 (Capaccioni; Casales & Yeannes, 2011), ou seja, próximo ao observado no presente estudo com os filés de tilápia. 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, ocasionada por bactérias deteriorantes durante a armazenagem refrigerada (Yapar, 1999). As BNV dos filés de tilápia marinados não apresentaram variações entre tratamentos (Tabela III). Duyar e Eke (2009) encontraram valores de BNV de marinados de anchova (*E. anchiota*) e bonito (*Katsuwonus pelamis*) entre 10,73 e 12,60 mg/10g respectivamente. Esses valores são próximos às BNV dos filés marinados de tilápia. De acordo com a legislação brasileira, os valores de BNV dos filés de tilápia do presente estudo estão abaixo do limite máximo permitido para o consumo humano, que é de 30 mg/100g (Brasil, 2017), ou seja, mostrando a boa qualidade química do produto em questão.

Tabela III - Resultados (média ± desvio padrão) das análises de pH, Aw e BNV de marinados de filés de tilápia-do-nylo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON)¹

Parâmetros	Marinados de filés de tilápia-do-nylo		Valor de p
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
pH	4,23 ± 0,09	4,59 ± 0,32 ^{ns2}	0,131
Aw	0,96 ± 0,00	0,97 ± 0,00*	0,017
BNV (mgN/100g)	12,85 ± 2,00	9,83 ± 2,00 ^{ns}	0,138

¹* Diferença significativa (p < 0,05) ao Teste-t de Student.

²NS - Não apresenta diferença significativa (p > 0,05) ao Teste-t de Student.

Análise de composição nutricional

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 desses produtos (Viana *et al.*, 2013). Os filés de tilápia submetidos ao ultrassom (US) apresentaram maior teor de umidade (p < 0,05) do que o tratamento controle (CON) (Tabela IV), o que poderia ser um fator interessante no aspecto sensorial por deixar o produto mais succulento. Segundo Sanchez *et al.* (1999), o ultrassom pode causar perda de umidade de produtos alimentícios. No entanto, como os filés de tilápia estavam dentro de sacos herméticos, essa umidade pode ter saído do interior do músculo, porém tenha permanecido junto aos filés.

O conhecimento do teor de lipídeos na carne do pescado é importante tanto pela questão nutricional como pela possibilidade de esse 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 tilápia do tratamento controle (CON) (Tabela IV). Em concordância com o presente estudo, Pedrós-Garrido *et al.* (2017) também não observaram variação no teor de lipídeos de salmões submetidos ao ultrassom e com o grupo controle. Isso pode indicar que o teor de lipídeos totais no pescado não é influenciado pela aplicação do ultrassom, o que torna essa tecnologia interessante, visto que os lipídeos presentes nos peixes são de reconhecida qualidade nutricional.

Para a análise de proteína também não houve diferença significativa (p > 0,05) entre os dois tratamentos (Tabela IV). Provavelmente, parte das proteínas já tivesse sido desnaturada devido à adição do ácido acético, porém sem variação com a utilização do ultrassom. 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 cinza entre o tratamento com aplicação do ultrassom ou do grupo controle (Tabela IV). Diferentemente, em estudo realizado por Gomez-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 IV - Resultados (média ± desvio padrão) da análise de composição nutricional (umidade, lipídeos, proteína e cinzas) de marinados de filés de tilápia-do-nylo com ultrassom (US) e sem ultrassom - controle (CON)¹

Parâmetros (%)	Marinados de filés de tilápia-do-nylo		Valor de p
	Ultrassom (US)	Controle (CON)	
Umidade	64,41 ± 0,34*	62,00 ± 0,58	0,003
Lipídeos	16,33 ± 0,29	18,62 ± 1,74 ^{ns2}	0,088
Proteína	23,40 ± 0,81	23,03 ± 1,37 ^{ns}	0,710
Cinzas	2,99 ± 0,66	2,29 ± 0,24 ^{ns}	0,157

¹* Diferença significativa (p < 0,05) ao Teste-t de Student.

²NS - Não apresenta diferença significativa (p > 0,05) ao Teste-t de Student.

CONCLUSÃO

A aplicação do ultrassom em filés marinados de tilápia tornou o produto mais ácido, além de ter diminuído a atividade de água, que são fatores que inibem o desenvolvimento microbiano. Apesar de o ultrassom ter causado um leve escurecimento (menor valor de L^*) dos filés de tilápia, 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. Além disso, o ultrassom não interferiu nos demais quesitos da composição nutricional como gordura, proteína e cinzas, mantendo, portanto, o mesmo valor nutricional com o tratamento controle. Observa-se, assim, um grande potencial de utilização do ultrassom em filés marinados de tilápia, principalmente pela influência positiva na segurança alimentar do produto sem interferir nos quesitos nutricionais. Futuros estudos poderão ser realizados para otimizar as variáveis de tempo e força de ultrassom nos filés marinados de tilápia-do-nylo, além de análises microbiológicas e de aceitação sensorial.

Agradecimentos - Ao CNPq, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à primeira autora, e também ao técnico do Laboratório de Físico-Química dos Alimentos do Departamento de Ciências do Consumo da UFRPE e a José Carlos de Andrade Alves, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asbran, 2022. Disponível em: <https://www.asbran.org.br/noticias/ministerio-da-saude-incentiva-o-consumo-de-pescados#:~:text=Segundo%20a%20Pesquisa%20de%20Or%C3%A7amentos,de%20pescado%20por%20habitante%2Fano>. Acesso em: 20 mar. 2022.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official methods of analysis of the AOAC*. 19th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012.
- Bourne, M.C. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed., New York: Academic Press, 2002, 427 p.
- 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 Chem.*, v. 109, n. 1, p. 81-87, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.021>.
- 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. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 31, n. 4, p. 884-890, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400009>.
- Duyar, H.A & Eke, E. Production and quality determination of marinade from different fish species. *J. Anim. Vet. Adv.*, v. 8, n. 2, p. 270-275, 2009.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations 2020. *The State of world Fisheries and Aquaculture – Sustainability in action*. Roma: Fao, 2020.
- Feng, H.; Yang, W. & Hielscher, T. Power ultrasound. *Food Sci. Technol. Int.*, v. 14, n. 5, p. 433-436, 2008. <https://doi.org/10.1177/1082013208098814>.

- Freitas, M.M. & Oliveira Filho, P.R.C. Estabilidade e aceitação sensorial de marinados de camarão-cinza (*Litopenaeus vannamei*). *Act. Fish. Aquac. Res.*, Aracaju, v. 4, p. 44-49, 2016. <https://doi.org/10.2312/Actafish.2016.4.2.44-49>.
- 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. *J. Food Qual.*, v. 2018, p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5754930>.
- González-González, L.; Luna-Rodríguez, L.; Carrillo-López, L.M.; Alarcón-Rojo, A.D.; García-Galicia, I. & Reyes-Villagrana, R. Ultrasound as an alternative to conventional marination: acceptability and mass transfer. *J. Food Qual.*, v. 2017, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8675720>.
- Howgate, P. *Determination of total volatile bases*. Aberdeen: Torry Research Station, TD 564, Appendix 4, 1976.
- Jatobá, R.F. & Oliveira Filho, P.R.C. Silagem biológica elaborada com resíduos de filetagem de saramunete (*Pseudupeneus maculatus*). *Rev. Bras. Eng. Pesca*, São Luis, v. 10, n. 1, p. 58-68, 2017. <https://doi.org/10.18817/repesca.v10i1.1170>.
- Kaya, G.K. & Bastürk, O. Organoleptic and chemical changes during storage of sea bass marinades (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). *J. Food Process. Preserv.*, v. 38, p. 1072-1079, 2014. Doi: 10.1111/jfpp.12065.
- 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. Doi: 10.1016/j.foodcont.2004.07.004.
- Lopes, I.G.; Oliveira, R.G. & Ramos, F.M. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 6, n. 2, p. 62-65, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p62-65>.
- 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. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, v. 21, p. 222-237, 2012. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.590270>.
- Ozogul, Y.; Kuley, E. & Ozogul, F. Quality changes of marinated Tench (*Tinca tinca*) during refrigerated storage. *Food Sci. Technol. Int.*, v. 15, n. 5, p. 513-521, 2009. Doi: 10.1177/1082013209350541.
- Peixe BR. Produção de tilápia cresce 12,5% em 2020, atingindo 486.155 toneladas. *Anuário Peixe BR da Piscicultura*, 2021, 71 p.
- Pedrós-Garrido, S.; Condón-Abanto, S.; Beltrán, J.A.; Lyng, J.G.; Brunton, N.P.; Bolton, D. & White, P. Assessment of high intensity ultrasound for surface decontamination of salmon (*S. salar*), mackerel (*S. scombrus*), cod (*G. morrhua*) and hake (*M. merluccius*) fillets and its impact on fish quality. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 41, p. 64-70, 2017.
- Piyasena, P.; Mohareb, E. & MCKellar, R.C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int. J. Food Microbiol.*, v. 87, n. 3, p. 207-216, 2003. Doi: 10.1016/s0168-1605(03)00075-8.
- Poligne, I. & Collignan, A. Quick marination of anchovies (*Engraulis encrasicolus*) using acetic and gluconic acids: quality and stability of the end product. *LWT - Food Sci. Technol.*, v. 33, n. 3, p. 202-209, 2000. Doi: 10.1006/fstl.2000.0635.
- Rediske, A.M.; Rapoport, N. & Pitt, W.G. Reducing bacterial resistance to antibiotics with ultrasound. *Appl. Microbiol.*, v. 28, n. 1, p. 81-84, 1995.

- 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 Chem.*, v. 102, n. 4, p. 1061-1070, 2007. Doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2006.06.044.
- Sanchez, E.S.; Simal, S.; Femenia, A.; Benedito, J. & Rossello, C. Influence of ultrasound on mass transport during cheese brining. *Eur. Food Res. Technol.*, v. 209, p. 215-219, 1999.
- Silva, G.F.; Maciel, L.M.; Dalmass, M.V. & Gonçalves, M.T. *Tilápia-do-nylo: criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná*. Curitiba: GIA, 2015, 292 p.
- Szymczak, M. & Kołakowski, E. Losses of nitrogen fractions from herring to brine during marinating. *Food Chem.*, v. 132, n. 1, p. 237-243, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.062>.
- 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. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>.
- Turhan, S.; Saricaoglu, F.T & Oz, F. The Effect of ultrasonic marinating on the transport of acetic acid and salt in anchovy marinades. *Food Sci. Technol. Res.*, v. 19, n. 5, p. 849-853, 2013. Doi: 10.3136/fstr.19.849.
- Topuz, O.K. Effects of marinating time, acetic acid and salt concentrations on the quality of little tunny fish (*Euthynnus alletteratus*) fillet. *J. Food Process. Preserv.*, v. 40, n. 6, p. 1154-1163, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12696>.
- 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. *Rev. Ciênc. Méd. Biol.*, Salvador, v. 12, n. 2, p. 157-162, 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. *Ultrason. Sonochem.*, v. 60, p. 104808, 2020. Doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104808.
- Yapar, A. Quality changes in salted anchovy (*Engraulis encrasicolus*) produced using three different salt concentrations. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, v. 23, n. EK3, p. 441-446, 1999.
- Zhou, B.; Lee, H. & Feng, H. Microbial decontamination of food by power ultrasound, p. 300-321, in Demirci, A. & Nagdi, M.O. Microbial decontamination in the food industry. *ScienceDirect*, 2012, 804 p.