



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

EFEITO DA MICROENCAPSULAÇÃO DE EPA E DHA E
DO USO DE URUCUM NA QUALIDADE DE LINGUIÇA
DE TILÁPIA

Diógenes Gomes de Sousa

Engenheiro de Alimentos

Bananeiras – PB

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

EFEITO DA MICROENCAPSULAÇÃO DE EPA E DHA E
DO USO DE URUCUM NA QUALIDADE DE LINGUIÇA
DE TILÁPIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar (PPGTA), do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar (Processos e Tecnologia de Produtos Agroalimentares).

Diógenes Gomes de Sousa
Engenheiro de Alimentos

Orientadora: Dra. Valquíria Cardoso da Silva Ferreira
Coorientadores: Prof. Dr. Sthelio Braga da Fonseca
Profª. Dra. Neiva Maria de Almeida

Bananeiras – PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725e Sousa, Diógenes Gomes de.

EFETO DA MICROENCAPSULAÇÃO DE EPA E DHA E DO USO DE
URUCUM NA QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA / Diógenes
Gomes de Sousa. - Bananeiras-PB, 2020.
76 f.

Orientação: Valquíria Cardoso da Silva Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA/PPGTA.

1. compostos bioativos, micropartículas, oxidação lip.
I. Ferreira, Valquíria Cardoso da Silva. II. Título.

UFPB/BC

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Efeito da microencapsulação de EPA e DHA e do uso de urucum na qualidade de linguiça de tilápia

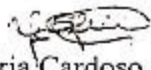
AUTOR: Diógenes Gomes de Sousa

ORIENTADORA: Profa. Dra. Valquíria Cardoso da Silva Ferreira

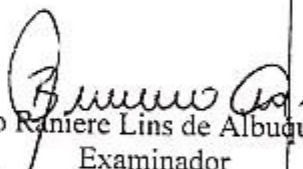
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Profa. Dra. Valquíria Cardoso da Silva Ferreira
Orientadora
Universidade Federal da Paraíba/UFPB


Profa. Dra. Iris Braz da Silva Araújo
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba/UFPB


Prof. Dr. Bruno Raniere Lins de Albuquerque Meireles
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande/UFCG

Bananeiras, 21 de fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força durante toda essa trajetória, e pelos teus planos serem sempre maiores que meus sonhos.

Aos meus pais, Pedro de Sousa Silva e Izónaria Gomes da Silva Sousa, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando ao longo de toda a minha trajetória, e por não medirem esforços para que eu pudesse concluir meus estudos.

A minha orientadora, Dra. Valquíria Cardoso da Silva Ferreira, por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa, com toda a paciência e dedicação e por tornar possível a conclusão dessa dissertação.

Ao meu comitê de orientação, professor Dr. Sthelio Braga da Fonseca e professora Dra. Neiva Maria de Almeida, por todos os ensinamentos, colaboração e disponibilidade para realização desse trabalho.

A toda a minha família, em especial aos meus irmãos Ewerton Gomes de Sousa e Ismara Gomes de Sousa, pelo amor, paciência e por todo carinho a mim ofertados.

A minha namorada, Cecylyana Leite Cavalcante, por todo amor, carinho pela compreensão e paciência demonstrada, me encorajando durante o período do projeto.

A Universidade Federal da Paraíba – UFPB e Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias – CCHSA, assim como ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar (PPGTA) e todos os professores e técnicos do mestrado pela elevada qualidade do ensino oferecido.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante esses 24 meses de mestrado.

A empresa NETUNO pescados, pela doação da carne moída de tilápia, ao qual foi utilizada nesse experimento.

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal e aos Laboratórios de Carnes, Ovos e Pescados – LACAPE e de Análises Avançadas, em nome dos professores Sthelio Braga da Fonseca e Bruno Ranieri Lins de Albuquerque Meireles, cuja dedicação e atenção desses profissionais foram essenciais para que este trabalho fosse concluído satisfatoriamente.

Aos meus amigos do mestrado, que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo, e a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Tilápia: Produção e consumo	14
2.2 Tendências em alimentação com pescado	15
2.3 Aporte lipídico de pescados e consequência	16
2.3.1 Ácidos graxos em pescado	16
2.3.2 Processos oxidativos	18
2.4 Técnicas para minimizar os processos oxidativos em pescado	19
2.4.1 Uso de antioxidante	19
2.4.2 Uso de técnica de barreira	21
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E USO DE ANTIOXIDANTE NATURAL NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Delineamento experimental	31
2.2 Obtenção do pó do urucum	32
2.3 Obtenção e caracterização da micropartícula	32
2.3.1 Processo de obtenção	32
2.3.2 Eficiência da microencapsulação	33
2.3.3 Microscopia da partícula	33
2.4 Obtenção da linguiça de tilápia	33
2.4.1 Elaboração da linguiça	33
2.4.2 Determinação da composição química da linguiça e da partícula	34
2.4.3 Características físicas	34
2.4.4 Análises do frescor	36
2.4.5 Análises oxidativas da linguiça	37
2.4.6 Análise de dados	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
3.1 Caracterização da micropartícula	38
3.1.1 Microscopia e eficiência	38
3.1.2 Composição química da partícula	39

3.2 Influência do microencapsulamento de óleo de peixe marinho e uso de antioxidante natural nas características químicas e físicas de linguiça de tilápia.....	40
3.3 Influência do microencapsulamento de óleo de peixe marinho e uso de antioxidante natural no frescor e oxidação lipídica de linguiça de tilápia. .	45
4. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE OXIDATIVA DE LINGUIÇAS DE TILÁPIA ADICIONADAS DE URUCUM E DE ÓLEO DE PEIXE MICROENCAPSULADO.....	55
1. INTRODUÇÃO	56
2. MATERIAL E MÉTODOS	57
2.1 Características físicas	58
2.2 Características de frescor	59
2.3 Características de oxidação lipídica	59
2.4 Determinação e identificação do perfil de ácidos graxos	60
2.5 Análise estatística dos dados.....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.1 Influência da micropartícula e uso do urucum nas características físicas das linguiças de tilápia durante armazenamento congelado.....	61
3.2 Influência da micropartícula e uso do urucum nas características de frescor das linguiças de tilápia durante armazenamento congelado.....	64
3.3 Influência da micropartícula e uso do urucum na estabilidade oxidativa das linguiças de tilápia congeladas.....	66
3.4 Influência da micropartícula e uso do urucum no perfil de ácidos graxos das linguiças de tilápia congeladas.....	68
4. CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78

LISTAS DE ABREVIATURA

AOAC	Associação de Químicos Analíticos Oficiais
a*	Cor Vermelha
b*	Cor Amarela
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
C Com	Controle Com Antioxidante
CRA	Capacidade de Retenção de Água
C Sem	Controle Sem Antioxidante
DC	Dienos Conjugados
DHA	Ácido Docosahexaenóico
EPA	Ácido Eicosapentaenóico
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FC	Força de Cisalhamento
H	Molécula de Hidrogênio
HUFA's	Ácidos Graxos Altamente Insaturados
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LCFA	Ácidos Graxos de Cadeia Longa
L*	Luminosidade
MDA	Malonaldeído
N-BVT	Nitrogênio das Bases Voláteis Totais
OL	Óleo Livre
OL Com	Óleo Livre Com Antioxidante
OL Sem	Óleo Livre Sem Antioxidante
OM	Óleo Microencapsulado
OMS	Organização Mundial da Saúde
OM Com	Óleo Microencapsulado Com Antioxidante
OM Sem	Óleo Microencapsulado Sem Antioxidante
PPC	Perda de Peso por Cocção
PUFA's	Ácidos Graxos Poliinsaturados
ROO•	Radical Peroxila
ROOH•	Hidroperóxidos

RH	Ácidos Graxos Insaturados
R•	Radicais Livres
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
µm	Micrometro

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E USO DE ANTIOXIDANTE NATURAL NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA

Tabela 1	Formulações Experimental.....	31
Tabela 2	Formulações experimentais de linguça de tilápia enriquecida com óleo de peixe e urucum.....	34
Tabela 3	Composição química da partícula microencapsulada.....	39
Tabela 4	Composição química e físicas das linguças de tilápia.....	41
Tabela 5	Valores médios para a luminosidade (L*), cor vermelha (a*) e cor amarela (b*) das linguças de tilápia armazenadas a -18 °C.....	43
Tabela 6	Valores médios das características de frescor e da oxidação lipídica das linguças de tilápia.....	45

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE OXIDATIVA NO ARMAZENAMENTO DE LINGUIÇAS DE TILÁPIA ADICIONADAS DE URUCUM E DE ÓLEO DE PEIXE MICROENCAPSULADO

Tabela 1	Formulações Experimentais das linguças de tilápia.....	58
Tabela 2	Valores médios da aw para linguças de tilápia armazenadas durante 90 dias a -18 °C.....	62
Tabela 3	Valores médios do perfil de ácidos graxos das linguças de tilápia após 90 dias armazenadas a -18°C.....	70

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura 1	Mecanismo da oxidação lipídica.....	18
-----------------	-------------------------------------	----

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E USO DE ANTIOXIDANTE NATURAL NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA

Figura 1	Apresentação esquemática da produção da partícula.....	32
-----------------	--	----

Figura 2	Imagem da microscopia da micropartícula	39
-----------------	---	----

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE OXIDATIVA NO ARMAZENAMENTO DE LINGUIÇAS DE TILÁPIA ADICIONADAS DE URUCUM E DE ÓLEO DE PEIXE MICROENCAPSULADO

Figura 1	Parâmetros da capacidade de retenção de água (CRA) das linguças de tilápia armazenadas a – 18 °C durante 90 dias de armazenamento.....	63
-----------------	--	----

Figura 2	Parâmetros de cor (valores de L*, a* e b*) das linguças de tilápia armazenadas a – 18 °C durante 90 dias de armazenamento.....	64
-----------------	--	----

Figura 3	Parâmetros de frescor (N-BVT e pH) das linguças de tilápia armazenadas a – 18 °C durante 90 dias de armazenamento.....	65
-----------------	--	----

Figura 4	Formação de dienos conjugados nas linguças de tilápia armazenadas a – 18 °C em um período de 90 dias.....	66
-----------------	---	----

Figura 5	Formação de TBARS nas linguças de tilápia armazenadas a – 18 °C em um período de 90 dias.....	68
-----------------	---	----

EFEITO DA MICROENCAPSULAÇÃO DE EPA E DHA E DO USO DE URUCUM NA QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA

RESUMO- Objetivou-se produzir linguiça de tilápia enriquecida com EPA e DHA e avaliar o efeito da microencapsulação de óleo de peixe marinho e da adição do urucum durante armazenamento sob congelamento. Foi utilizada a técnica de gelificação iônica para a microencapsulação do óleo de peixe marinho. Foram elaboradas 6 diferentes formulações de linguiças de tilápia, mediante ao planejamento fatorial 3x2, sendo 3 inclusões de óleo (Controle; óleo livre - OL e óleo microencapsulado - OM) e dois níveis de urucum (0 e 0,05%). As micropartículas foram avaliadas quanto a sua composição química e eficiência da microencapsulação, enquanto as linguiças de tilápia foram avaliadas quanto a composição química, física, frescor e oxidação lipídica imediatamente após seu processamento e ao longo de 90 dias armazenamento. A micropartícula apresentou um elevado teor de umidade (81,71%), ocasionado pela técnica de gelificação iônica. Os valores de carboidratos (8,06%) podem ser atribuídos ao material de encapsulamento enquanto os valores de lipídios (8,91%) na partícula estão relacionados a adição do óleo de peixe marinho. Todas as linguiças atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação, com exceção do teor de umidade, que ficou acima de 70% para todas as formulações, justificada pelo alto teor de umidade presente nos peixes de água doce. O material de parede, estabeleceu uma menor força de cisalhamento nas linguiças, enquanto, o uso do urucum atuou como colorífico. Durante todo o período de armazenamento as amostras contendo OM apresentaram características de carne fresca, apresentando menores teores de N-BVT e pH, possivelmente relacionados com a acidificação do material encapsulante. O urucum não atuou no primeiro período de armazenamento, entretanto aos 90 dias de armazenamento foi encontrado redução ($p < 0,05\%$), quanto a formação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), que pode ter relação com suas propriedades bioativas, que atuam na eliminação de radicais livres. As linguiças contendo OM destacou-se por apresentar maior ($p < 0,05$) concentração de EPA (4,15 %) e DHA (2,26 %) após 90 dias de armazenamento, atuando na proteção desses ácidos graxos e na manutenção da qualidade lipídica do produto. Logo, o presente estudo mostra a eficiência da técnica de microencapsulação na proteção dos ácidos graxos (EPA e DHA) contra os processos oxidativos em linguiças de tilápia, e que o uso do pó de urucum, pode ser uma alternativa na substituição dos corantes sintéticos, além de atuar como antioxidante.

Palavras-chave: compostos bioativos, micropartículas, oxidação lipídica

EFFECT OF EPA AND DHA MICROENCAPSULATION AND THE USE OF ANNATTO ON TILAPIA SAUSAGE QUALITY

ABSTRACT- The objective was to produce tilapia sausage enriched with EPA and DHA and evaluate the effect of microencapsulation of marine fish oil and the addition of annatto during storage under freezing. The ionic gelation technique was used for the microencapsulation of marine fish oil. Six different tilapia sausage formulations were prepared, through a 3x2 factorial design, with 3 oil inclusions (Control; free oil - OL and microencapsulated oil - OM) and two levels of annatto (0 and 0.05%). Microparticles were evaluated for their chemical composition and microencapsulation efficiency, while tilapia sausages were evaluated for chemical, physical, freshness and lipid oxidation immediately after processing and over 90 days of storage. The microparticle had a high moisture content (81.71%), caused by the ionic gelation technique. The values of carbohydrates (8.06%) can be attributed to the encapsulation material while the values of lipids (8.91%) in the particle are related to the addition of marine fish oil. All sausages met the standards established by legislation, with the exception of the moisture content, which was above 70% for all formulations, justified by the high moisture content present in freshwater fish. The wall material, established a lower shear strength in sausages, while the use of annatto acted as colorific. During the entire storage period, samples containing OM showed characteristics of fresh meat, with lower levels of N-BVT and pH, possibly related to the acidification of the encapsulating material. The annatto did not act in the first storage period, however, at 90 days of storage, a reduction ($p < 0.05$) was found in the formation of substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS), which may be related to its bioactive properties, that act in the elimination of free radicals. Sausages containing OM stood out for presenting a higher ($p < 0.05$) concentration of EPA (4.15%) and DHA (2.26%) after 90 days of storage, acting in the protection of these fatty acids and maintaining the lipid quality of the product. Therefore, the present study shows the efficiency of the microencapsulation technique in protecting fatty acids (EPA and DHA) against oxidative processes in tilapia sausages, and that the use of annatto powder can be an alternative in replacing synthetic dyes, in addition to acting as an antioxidant.

Keyword: bioactive compounds, microparticles, lipid oxidation

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o aumento da população mundial e a estagnação das capturas de pescado tem tornado a aquicultura uma alternativa importante para a obtenção de proteína animal no mundo (FAO, 2010). Devido às divulgações e incentivos permanentes sobre os benefícios do consumo de pescados, a procura por esta fonte de proteína tem aumentado paulatinamente (Bayir e Bayraktar, 2012). Segundo Schaafsma (2008), o pescado pode ser considerado como: fonte de nutrientes indispensáveis a população, alimento que reduz o risco de doenças crônicas e que serve de base para a concepção de alimento funcional. Tais benefícios estão relacionados principalmente com a composição proteica e lipídica do pescado.

Os benefícios do pescado relacionados ao seu conteúdo lipídico devem-se a presença de ácidos graxos altamente insaturados, como o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA). Entretanto, esses ácidos graxos são mais encontrados em espécies de peixes marinhos, apresentando menor disponibilidade nos animais de água doce (Souza et al. 2007; Tonial et al., 2009). Contudo, diversos produtos estão sendo produzidos tendo os peixes como matéria prima, em especial os de água doce, como a tilápia.

A tilápia é um dos peixes mais produzidos no mundo e o mais produzido no Brasil (FAO, 2016). Atualmente, diversos produtos estão sendo pesquisados a partir da carne de tilápia, a exemplo de linguiça, hambúrguer e empanado. Entretanto, tais produtos apresentam baixos níveis de EPA e DHA. Deste modo, o enriquecimento desses produtos com estes ácidos graxos acarretará benefícios a saúde.

Apesar da grande importância do EPA e DHA ao organismo humano, por se tratarem de ácidos graxos altamente insaturados, esses também estão mais susceptíveis ao processo de auto-oxidação, devido a presença de duplas ligações em sua estrutura (Calkins e Hodgen, 2007). Dentre as diversas estratégias para controlar a oxidação lipídica em alimentos o uso de

antioxidantes naturais e aplicação de técnicas que possam aumentar a estabilidade de produto, como a microencapsulação, merecem destaque.

O urucum é considerado um antioxidante natural, capaz de minimizar os efeitos da oxidação, atuando na proteção dos ácidos graxos altamente insaturados (Figueirêdo et al., 2015), por apresentar compostos bioativos (fenólicos e os carotenoides) que podem atuar na proteção à oxidação celular (Moreira et al., 2014).

A técnica de microencapsulação propicia a adição de nutrientes ao produto, sem que ele seja deteriorado por processos naturais (Anal e Singh, 2007; Shoji et al, 2013), protegendo o produto ativo de fatores externos, tais como luz, temperatura e oxigênio, através da rede tridimensional formada. Com isso, objetivou-se produzir linguça de tilápia enriquecida com EPA e DHA microencapsulados e avaliar este efeito em sinergia com a adição de urucum durante o armazenamento sob congelamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tilápia: Produção e consumo

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de água doce originária da África, que foi introduzida no Brasil no ano de 1971 (Eknath e Hulata, 2009). É um dos peixes mais produzidos no mundo e também no Brasil, destacando-se pelo seu grande desempenho e capacidade de adaptação, além de possuir uma carne de excelente textura, baixo custo e aceitabilidade por parte dos consumidores (FAO, 2016).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 2013 e 2015 a produção de tilápia aumentou em 22,8%, passando de 169 para 219 mil toneladas, demonstrando uma tendência de crescimento, e um impacto socioeconômico positivo (IBGE, 2015). De acordo com o levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2017), a produção brasileira de tilápia foi de 357.639 toneladas em 2017, colocando o Brasil entre os quatro maiores produtores de tilápia do mundo, atrás apenas da China, Indonésia e Egito.

Segundo a FAO (2016), o consumo *per capita* de pescado no Brasil é em torno de 9,6 Kg/*per capita* ao ano, entretanto, a previsão é que até o ano de 2025

a população nacional consome em média 12,6 Kg/*per capita* de pescado. De acordo com o IBGE (2016), a população brasileira é estimada em 200 milhões de habitantes, e em média cada brasileiro consome cerca de 1,72 kg de tilápia por ano, considerando a estatística oficial de produção.

Devido ao aumento do consumo de tilápia no cenário mundial, há uma tendência de aumento das exportações, seguido pela situação favorável e pela maior demanda internacional de alimentos, que se posiciona como uma das principais espécies para o desenvolvimento do mercado de pescado mundial (IPEA, 2017).

2.2 Tendências em alimentação com pescado

O crescente aumento da população mundial, exige elevada demanda por alimentos, como também por obtenção de novas fontes proteicas. Uma alternativa para suprir a demanda por proteína de origem animal é a produção de organismos aquáticos em cativeiro, que vem sendo apontada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), como uma opção para incrementar a oferta de pescado no mundo (FAO, 2004). Segundo a própria FAO, a produção de pescado, em especial aquela oriunda da aquicultura, tem aumentado significativamente nos últimos anos, desempenhando um papel importante como fonte de proteína e lipídios com elevado valor nutricional (FAO, 2014).

Em diferentes espécies de pescado, os lipídios são tidos como o segundo maior componente bioquímico, perdendo apenas para as proteínas (Guzmán, 1994). Os pescados são citados como uma opção para uma alimentação saudável, principalmente pelo perfil lipídico, com baixos níveis de gordura saturada e quantidades elevadas de ômega 6 e ômega 3, em especial os ácidos graxos altamente insaturados (Gonçalves, 2011).

O aumento do consumo de pescado pode estar associado a presença de lipídios e proteínas de alto valor biológico, o que acarreta em maior aceitação do pescado pelo consumidor (FAO, 2016). Este aumento do consumo, faz surgir no mercado alimentício demanda para diversos produtos elaborados com carne de peixe, como por exemplo: linguiça, hambúrguer, almôndega, presunto, entre outros produtos. Deste modo, torna-se importante o desenvolvimento de tecnologias que aumentem o valor nutricional de produtos à base de tilápia, uma

vez que, os peixes de água doce apresentam menores quantidade de ácidos graxos poliinsaturados em relação aos peixes de água marinha. A produção de embutidos de pescado pode ser uma alternativa para atrair os consumidores que buscam por alimentos de fácil preparo e alto valor nutricional. Além de favorecer o consumo de pescado, que é considerado baixo no país, se comparado a outras fontes proteicas de origem animal (Bartolomeu, 2011).

Com a crescente procura por novos produtos e com uma maior facilidade de preparo, junto ao aumento da produção e consumo da tilápia nos últimos anos (FAO, 2016), muitas indústrias têm mostrado interesse em utilizar o pescado como matéria prima, podendo ser uma alternativa de agregar valor ao produto, e possibilitar o aumento do consumo deste alimento nobre e saudável (Higuchi et al., 2010). Logo, a elaboração de produtos cárneos a base de pescado se torna uma alternativa promissora, onde o grande desafio passa a ser o desenvolvimento de produtos mais saudáveis e que mantenham características esperadas pelo consumidor (Vogel et al., 2011).

A linguiça frescal é um produto que mostra potencial no mercado, devido a sua alta aceitabilidade pelos consumidores e facilidade na comercialização. Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Linguiça instaurado pela Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por linguiça o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de diferentes espécies animais, submetida aos mais diversos e adequados processos tecnológicos, adicionado ou não de tecidos adiposos, ingredientes e embutidos em envoltórios naturais ou artificiais, e submetido ao processo tecnológico adequado. (BRASIL, 2000).

2.3 Aporte lipídico de pescados e consequência

2.3.1 Ácidos graxos em pescado

Os ácidos graxos podem ser definidos quimicamente por moléculas constituídas por um grupo carbônico no final da primeira cadeia alifática e por um grupo metil no final de sua cadeia. Os ácidos graxos podem apresentar cadeia simples (saturadas) ou com a presença de duplas ligações, também denominadas de insaturações (Vance e Vance, 1985). Aqueles ácidos graxos compostos por duas ou três duplas ligações entre átomos de carbono são

denominados de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA's). Quando os ácidos graxos possuírem mais de três duplas ligações em sua cadeia carbônica serão denominados por ácidos graxos altamente insaturados (HUFA's). Os HUFA's também poderão ser chamados por ácidos graxos de cadeia longa (LCFA) (Lehninger et al. 2014).

O perfil lipídico dos peixes é um bom indicador da sua origem, que podem ser classificados entre marinhos e de água doce. Os peixes marinhos normalmente apresentam maiores quantidades de HUFA's em relação aqueles oriundos da água doce, em especial o ácido graxo eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA). Segundo Martin et al. (2006), a maior quantidade desses ácidos graxos nos tecidos dos peixes marinhos está relacionada a sua grande quantidade de consumo de plâncton marinho, o qual atua como base da cadeia trófica. Essa relação baseia-se no fato da dieta alimentar refletir na composição química do pescado, em especial no tocante ao perfil de ácidos graxos (Gonçalves, 2011).

Os ácidos graxos EPA e DHA são considerados essenciais na alimentação humana e devem ser fornecidos pela dieta ou através de suplementos (Borges, 2014). Dentre seus benefícios para o consumidor, pode-se destacar o efeito redutor sobre os teores de triglicerídeos e colesterol sanguíneo, reduzindo assim os riscos de doenças cardiovasculares como arteriosclerose, infarto do miocárdio e trombose cerebral (Karim et al., 2017).

Dentre os peixes marinhos, pode-se destacar o salmão, atum e sardinha como animais ricos em HUFA's. Já os peixes de água doce apresentam menores quantidades de HUFA (Gonçalves, 2011), e como exemplo desses animais pode-se citar as carpas, tambaqui e a tilápia, sendo este último um dos peixes mais produzido no mundo e o mais produzido no Brasil (FAO, 2016).

Apesar da tilápia não ser uma fonte rica em HUFA's (Souza et al. 2007; Tonial et al., 2009), sua produção e consumo vem aumentando de forma significativa ao longo dos últimos anos (FAO, 2016). Este fato está relacionado com a facilidade para criação em cativeiros, custo acessível e pela alta aceitabilidade de sua carne por parte dos consumidores, ocasionando assim o aumento de sua demanda.

A adição de óleo de peixe marinho em produtos à base de tilápia poderá ser uma alternativa para proporcionar o enriquecimento nutricional desses

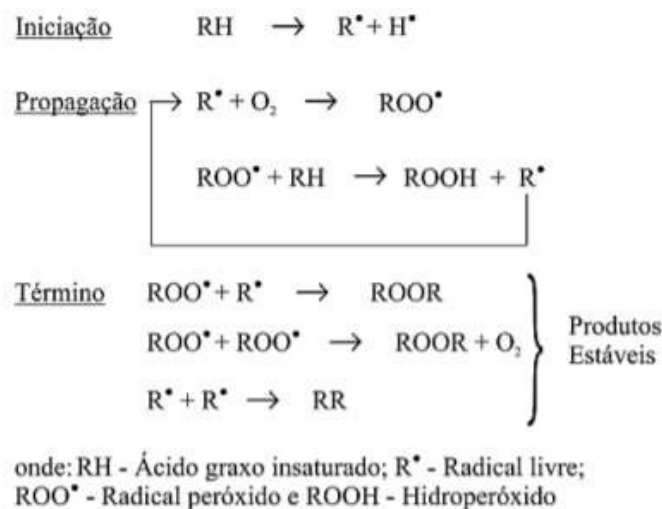
produtos, em especial no tocante aos níveis de HUFA's. Entretanto, como esses ácidos graxos são altamente insaturados, é possível que sua adição, sem uma proteção prévia no produto, torne-o mais suscetível aos processos oxidativos.

2.3.2 Processos oxidativos

Apesar dos grandes benefícios que o óleo de peixe, em especial os ricos em ômega-3 podem trazer aos consumidores, sua suscetibilidade, causada principalmente pela deterioração com a presença do oxigênio, podem vir a causar alterações oxidativas produzindo assim, compostos primários, secundários e terciários com o passar do tempo (Binsi et al., 2017; Faruk; Ozyurt, 2019).

A auto-oxidação é um dos principais mecanismos de oxidação de óleos e gorduras, e está associada com reações de oxigênio com os ácidos graxos insaturados. O mecanismo da oxidação lipídica está na Figura 1.

Figura 1. Mecanismo da oxidação lipídica.



Fonte: Ramalho e Jorge, (2006).

Apresenta-se um período de indução (fase de iniciação), onde ocorre poucas mudanças nos lipídeos, que é caracterizado pelo baixo consumo de oxigênio e a formação de radicais livres ($R^{\bullet}$) dos ácidos graxos, onde o radical lipídico alquila é formado através da abstração de uma molécula de hidrogênio (H) dos ácidos graxos insaturados (RH), fase essa, que é dependente de um iniciador em condições favorecidas de luz e calor. Posteriormente ao período de indução, a oxidação lipídica ocorre mais rapidamente, com o acúmulo dos

radicais alquilas, na presença do oxigênio formando um novo radical peroxila ($\text{ROO}\bullet$), dando início a fase de propagação, (Ramalho; Jorge, 2006; Pratt; Tallman; Porter, 2011; Porter, 2013).

Os radicais livres são facilmente susceptíveis ao oxigênio da atmosfera, que reage com outros radicais dando origem a outros compostos. O radical peroxila abstrai uma molécula de átomo de H, de outros RH, dando origem aos produtos primários da oxidação lipídica os hidroperóxidos ($\text{ROOH}\bullet$) e peróxidos. Um novo radical também é formado e irá continuar com uma sequência de reações. Assim, os produtos primários são bastante estáveis e sofrem transformações químicas que inclui a decomposição dos hidroperóxidos dando origem a outros produtos de oxidação secundária, produzindo aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos carboxílicos, compostos esses que contribui para os processos oxidativos. O radical peroxila pode reagir com as ligações duplas dos ácidos graxos, formando o composto o malonaldeído (MDA), que é um dialdeído formado durante a oxidação de ácidos graxos poliinsaturados (Shahidi; Zhong, 2010; Cropotova et al., 2019).

Para minimizar a formação desses compostos, faz-se necessário utilizar técnicas com características bioativas e funcionais capazes de retardar ou inibir os processos oxidativos e consequentemente prolongar a vida útil do produto. Condições essas, encontradas na técnica de microencapsulação e uso de antioxidantes naturais (Gómez et al., 2018).

2.4 Técnicas para minimizar os processos oxidativos em pescado

2.4.1 Uso de antioxidante

O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta originária da América Tropical, pertencente à família botânica Bixaceae. Suas sementes são utilizadas para a obtenção de produtos naturais ricos em carotenoides, amplamente utilizados na indústria, como corante de diversos alimentos como queijo, manteiga, embutidos e produtos estruturados (Bitencourt et al., 2018; Stringheta et al., 2018).

Devido a demanda por produtos mais saudáveis e com a exigência do mercado consumidor, as indústrias alimentícias buscam por novas tecnologias de processamento e novos sistemas de ingredientes que possam substituir os aditivos sintéticos. O urucum, além de ser utilizado como corante natural, possui

propriedades antioxidantes que podem beneficiar a indústria de alimentos, e consequentemente, o fornecimento de tecnologias mais seguras e saudáveis para o consumidor (Bolognesi et al., 2018).

Os antioxidantes são adicionados aos alimentos para minimizar ou atrasar o processo de oxidação, que é um fator limitante na qualidade e aceitação de carne, pois afeta atributos sensoriais tais como sabor, cor, textura e valor nutricional. Os radicais livres são geralmente os iniciadores da oxidação, com reações em cadeia associadas à integração de oxigênio com os lipídios, resultando na formação de algumas substâncias de decomposição como o malonaldeído e óxido de colesterol (Ribeiro et al., 2019).

O urucum possui compostos bioativos (fenólicos e os carotenoides) envolvidos com as propriedades funcionais, responsáveis pela proteção à oxidação celular. Esses compostos atuam como antioxidantes em proteção ao organismo humano contra os radicais livre, quebrando a reação em cadeia, decompondo peróxidos e diminuindo o oxigênio (Moreira et al., 2014).

Alguns estudos relatam atividades biológicas do urucum, como antioxidantes. Figueirêdo et al., (2015), ao explorar o uso do urucum e bixina para limitar a oxidação de lipídios e colesterol nas espécies de peixe Atlântico sarda (*Scomber scombrus*) e arenque (*Clupea harengus*), durante o processamento de alta pressão e subsequente armazenado refrigerado a 5 °C, observaram uma eficiência na proteção do colesterol contra a oxidação, e que o urucum, protegeu os ácidos graxos poliinsaturados.

Sancho et al., (2011), ao avaliar o efeito do pó de urucum (0,1 g / 100 g) e do coentro (0,5 g / 100 g) quanto à oxidação lipídica em almôndegas de pescada branca armazenadas a – 18 °C por 120 dias, observaram uma eficiência no controle da oxidação lipídica após 90 dias de armazenamento, conservando ácidos graxos essenciais como EPA e DHA.

Figueirêdo et al., (2014), ao estudar o efeito antioxidante do pó de urucum (0,05%) em hambúrgueres feitos de lombo suíno armazenados a -18 °C por 120 dias, observaram uma redução na formação de substâncias reativas ao tiobarbitúrico (TBARS), assim como na oxidação do colesterol.

Apesar dos diferentes estudos comprovando os efeitos positivos dos antioxidantes, os mesmos apresentam limitações como a exposição ao oxigênio,

luz, pH, temperatura e tempo de armazenamento, com isso, torna-se necessário oferecer condições para minimizar esses efeitos (Gómez et al., 2018).

2.4.2 Uso de técnica de barreira

A tecnologia de microencapsulação é definida como o empacotamento de materiais sólidos, líquidos ou gasosos em cápsulas extremamente pequenas com a finalidade de proteger o material encapsulado (Karim et al., 2017). Essa técnica tem sido amplamente utilizada para proteger materiais encapsulados das condições adversas de processamento e armazenamento de alimentos. Ela consiste na embalagem de substâncias ativas utilizando um revestimento de polímero fino, que atua como uma película protetora aplicada ao material a ser encapsulado (Anal e Singh, 2007; Shoji et al, 2013).

Na ciência dos alimentos, a microencapsulação tem sido vista como um método promissor para superar as limitações relacionadas com a instabilidade das diversas substâncias incorporadas nos alimentos, tais como micronutrientes (Nesterenko et al., 2014; Wang et al., 2011), a exemplo dos HUFA's. Como consequência desse processo tem-se a preservação do material encapsulado e aumento de sua biodisponibilidade após a ingestão.

A tecnologia da microencapsulação tem sido empregada em óleos insaturados como uma estratégia para suprir as limitações contra a oxidação, minimizando a deterioração oxidativa (Kaushik et al., 2015; Menin et al., 2018). Uma das técnicas, utilizadas nesses casos, é a gelificação iônica. Esse método resulta na formação instantânea de microesferas que encapsulam e protegem os compostos ativos dentro de uma rede tridimensional, oferecendo maior estabilidade e permitindo a obtenção de micropartículas com características mais estáveis (Kurozawa et al., 2017).

Desse modo, é provável que a microencapsulação de óleo de peixe marinho, rico em HUFA's, assim como a utilização do urucum como antioxidante natural, seja eficiente no enriquecimento de produtos à base de tilápia, mantendo assim a estabilidade do material encapsulado e, como consequência, gerando uma maior disponibilidade deste para o consumidor.

REFERÊNCIAS

Anal, Anil Kumar; Singh, Harjinder. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 18, n. 5, p.240-251, maio 2007. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.004>>.

Associação Brasileira da Piscicultura – PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura**. 2017. São Paulo, v. 2017.

Bartolomeu, D. A. F. S. Desenvolvimento e avaliação da aceitação de embutido defumado “tipo mortadela” elaborado com CMS de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e fibra de trigo. 2011, 120f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Binsi, P. K.; Nayak, N.; Sarkar, P. C.; Jeyakumari, A.; Ashraf, P. M.; Ninan, G.; Ravishankar, C. N. Structural and oxidative stabilization of spray dried fish oil microencapsulates with gum arabic and sage polyphenols : Characterization and release kinetics. **Food Chemistry**, v. 219, p. 158–168, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.126>>.

Bitencourt, A. P. R.; Duarte, J. L.; Oliveira, A. E. M. F. M.; Cruz, R. A. S.; Carvalho, J. C. T.; Gomes, A. T. A.; Ferreira, I. M.; Ribeiro-Costa, R. M. Preparation of aqueous nanodispersions with annatto (*Bixa orellana* L.) extract using an organic solvent-free and low energy method. **Food Chemistry**, v. 257, n. February, p. 196–205, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.067>>.

Bolognesi, V. J.; Garcia, C. E. R. **Replacers in Meat Products**. p. 355–384, 2018.

Borges, Mariane Curado et al. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e lúpus eritematoso sistêmico: o que sabemos?. **Revista Brasileira de Reumatologia**, [s.l.], v. 54, n. 6, p.459-466, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbr.2013.12.002>.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - **Instrução 457 Normativa nº 4**. Anexo III - Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de 458 Linguiça, 31 de março de 2000.

Bayir, Abdulkadir; Bayraktar, Kursat. The Effect of the Replacement of Fish oil with Animal Fats on the Growth Performance, Survival and Fatty Acid Profile of Rainbow Trout Juveniles, *Oncorhynchus mykiss*. **Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.661-666, jul. 2012. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v12_3_14>.

Calkins, C. R., Hodgen, J, M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, 77, 63–80, 2007.

Carvalho, H.H.; Jong, E.V.; Belló, R.M.; Souza, R.B; Terra, M.F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2002,180p.

Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Beate, I.; Rustad, T. Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. **Food Control**, v. 104, n. April, p. 1–8, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.016>>.

Eknath, A. E.; Hulata, G. 2009. Use and exchange of genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Reviews in Aquaculture**, 1, 197–213. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01017.x>>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma: FAO, 2016. Disponível em <<http://www.fao.org/3/ai5555e.pdf>><<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

FAO, 2014. The **State of World Fisheries and Aquaculture 2014 (SOFIA)**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO, 2010. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. 218pp.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2004**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004.

Faruk, A.; Ozyurt, G. Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 240, n. 14, p. 171–182, 2019. Disponível em: <10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021>.

Figueirêdo, B. C.; Bragagnolo, N.; Skibsted, L. H.; Orlie, V. **Inhibition of Cholesterol and Polyunsaturated Fatty Acids Oxidation through the Use of Annatto and Bixin in High-Pressure Processed Fish**. v. 80, n. 8, 2015.

Figueirêdo, B. C.; Trad, I. J.; Regina, L.; Mariutti, B.; Bragagnolo, N. Effect of annatto powder and sodium erythorbate on lipid oxidation in pork loin during frozen storage. **FRIN**, v. 65, p. 137–143, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.016>>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FishStat J: universal software for fishery statistical time series**. Version 2.12.5 Rome: FAO, 2016.

Gómez, B.; Barba, F. J.; Domínguez, R.; Putnik, P.; Bursać Kovačević, D.; Pateiro, M.; Toldrá, F.; Lorenzo, J. M. Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. **Trends in Food Science and Technology**, v. 82, n. October, p. 135–147, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.006>>.

Gonçalves, A. A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu; 2011.

Guzmán Contreras- E. **Bioquímica de pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP; 1994.

Higuchi, L. H.; Veit, J. C.; Freitas, J. M. A.; Reis, E. S.; Feiden, A.; Boscolo, W. R. **Caracterização centesimal e microbiológica de nuggets de mandi-pintado (*Pimelodus britskii*)**. II Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca e XII Semana Acadêmica de Engenharia de Pesca. 30 de agosto a 03 de setembro de 2010.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

IBGE/SIDRA – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PPM – **Produção da Pecuária Municipal, 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_grandes_regioes.shtm>. Acesso em: 23 dez. 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Evolução da Piscicultura no Brasil: Diagnóstico e Desenvolvimento da Cadeia Produtiva de Tilápia**. Rio de Janeiro, agosto de 2017. Disponível em <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2018.

Karim, F. T.; Ghafoor, K.; Ferdosh, S.; Al-juhaimi, F.; ALI, E.; Yunus, K. Bin; Hamed, M. H.; Islam, A.; Asif, M.; Zaidul, I. S. M. Microencapsulation of fish oil using supercritical antisolvent process. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 25, n. 3, p. 654–666, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.017>>.

Kaushik, P.; Dowling, K.; Barrow, C. J.; Adhikari, B. Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods. **Journal of Functional Foods**, v. 19, p. 868–881, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.029>>.

Kurozawa, L. E.; Hubinger, M. D. Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation. **Current Opinion in Food Science**, v. 15, p. 50–55, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2017.06.004>>.

Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Savier, 1294., 2014.

Martin, C. A.; Almeida, V. V.; Ruiz, M. R.; Visentainer, J. E. L.; Matshushita, M.; Souza, N. E.; Visentainer, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, [s.l.], v. 19, n. 6, p.761-770, dez. 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52732006000600011>>.

Menin, A.; Zanoni, F.; Vakarelova, M.; Chignola, R.; Donà, G.; Rizzi, C.; Mainente, F.; Zoccatelli, G. Effects of microencapsulation by ionic gelation on the oxidative stability of flaxseed oil. **Food Chemistry**, v. 269, n. June, p. 293–299, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.144>>.

Moreira, V. S.; Rebouças, T. N. H.; Moraes, M. O. B.; José, A. R. S.; Silva, M. V. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. v. 15, p. 201–209, 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81333269011>>.

Nesterenko, A.; Alric, I.; Silvestre, F.; Durrieu, V. Comparative study of encapsulation of vitamins with native and modified soy protein. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 38, p.172-179, jul. 2014. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.011>>.

Porter, N. A. A Perspective on Free Radical Autoxidation: The Physical Organic Chemistry of Polyunsaturated Fatty Acid and Sterol Peroxidation. **The Journal of Organic Chemistry**, v. 78, n. 8, p. 3511–3524, 19 abr. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jo4001433>>.

Pratt, D. A.; Tallman, K. A.; Porter, N. E. D. A. Free Radical Oxidation of Polyunsaturated Lipids: New Mechanistic Insights and the Development of Peroxyl Radical Clocks. v. 44, n. 6, 2011.

Ramalho, V.C; Jorge, N. Revisão. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755–760, 2006.

Ribeiro, J. S.; Santos, M. J. M. C.; Silva, L. K. R.; Pereira, L. C. L.; Santos, I. A.; Da Silva Lannes, S. C.; Da Silva, M. V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. **Meat Science**, v. 148, n. October, p. 181–188, 2019.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>>.

Sancho, R. A. S.; Lima, F. A.; Costa, G. G.; Mariutti, L. R. B.; Bragagnolo, N. Effect of Annatto Seed and Coriander Leaves as Natural Antioxidants in Fish Meatballs during Frozen Storage. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 6, 2011.

Schaafsma, G. **Introduction to part II: Health benefits of seafood**. In: Borresen, T (ed). Improving seafood products for the consumer. Boca Raton, FL: CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd; 2008.p. 113-115.

Shahidi, F.; Zhong, Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. **Chemical Society Reviews**, p. 4067–4079, 2010.

Shoji, A. S.; Oliveira, A. C.; Balieiro, J. CC.; Freitas, O.; Thomazini, M.; Heinemann, R. JB.; Okuro, P. K.; Favaro-Trindade, C. S. Viability of *L. acidophilus* microcapsules and their application to buffalo milk yoghurt. **Food And Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 91, n. 2, p.83-88, abr. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2012.08.009>>.

Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A.; Taniwaki, M.H.; Santos, R.F.S.; Gomes, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4º ed. Varela, São Paulo, 2010.

Souza, N. E.; Matsushita, M. Oliveira, C. C.; Franco, M. R. B.; Visentainer, J. V. Manipulation of fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets with flaxseed oil. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [s.l.], v. 87, n. 9, p.1677-1681, 2007. Wiley-Blackwell. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2877>>.

Stone, H. S.; Sidel, J. L. **Sensory evaluation practices**. San Diego: Academic Press, 1993. 308p.

Stringheta, P. C.; Silva, P. I.; Costa, G. V. Annatto / Urucum — Bixa orellana. **Exotic Fruits Reference Guide**, p. 23–30, 2018. Disponível em: < DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00006-X>>.

Tonial, I. B.; Stevanato, F. B.; Matsushita, M.; Souza, N. E.; Furuya, W. M.; Visentainer, J. V. Optimization of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 15, n. 6, p.564-568, dez. 2009. Wiley-Blackwell. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00623.x>>.

Vance, D.E. e J.E Vance. 1985. **Biochemistry of lipids and membranes**. Benjamim Cumming.

Vogel, C. C.; Pazuch, C. M.; Sarmiento, C. M. P.; Back, L. Secco, T. H. Desenvolvimento de salsicha com teor de sódio reduzido (sal light). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 13, n. 3, edição especial, p. 305-316, 2011.

Wang, H.; Shi, H.; Cheung, A. C.; Xin, J. H. Microencapsulation of vitamin C by interfacial/emulsion reaction: Characterization of release properties of microcapsules. **Journal Of Controlled Release**, [s.l.], v. 152, p.78-79, nov. 2011. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2011.08.135>>.

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E USO DE ANTIOXIDANTE NATURAL NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE LINGUIÇA DE TILÁPIA

Resumo: Objetivou-se avaliar a influência da microencapsulação de ácidos graxos insaturados e uso do urucum nas características de qualidade em linguças de tilápia. Foi utilizado o método de gelificação iônica para microencapsulação do óleo de peixe. Para elaboração das linguças foi utilizado um esquema fatorial 3 x 2, com 3 inclusões de óleo (Linguça Controle – L-CON, Linguças com óleo livre – L-OL e Linguças com óleo microencapsulado – L-OM) e duas condições de antioxidante (sem e com urucum). As linguças de tilápia foram avaliadas quanto a composição química, física, frescor e oxidação lipídica. As características físicas da linguça foram afetadas pela inserção do óleo microencapsulado e pela utilização do antioxidante, na qual, a pectina, material de revestimento da micropartícula, contribuiu para uma menor força de cisalhamento e a utilização do urucum influenciou na claridade das linguças. A adição do óleo microencapsulado e do urucum influenciou na formação dos dienos conjugados, porém não foi detectado efeito protetor. Na formação dos compostos secundários, houve efeito protetor da micropartícula, reduzindo os teores de TBARS (mg de malonaldeído / kg de amostra) (L-OL – 0,05; L-OLu – 0,05), (L-OM – 0,03; L-OMu – 0,04). A micropartícula e a utilização do antioxidante resultaram na melhoria do frescor quando observamos os valores de NBVT. A utilização da microencapsulação e uso do urucum, mostrou-se ser uma alternativa viável para melhoria de aspectos físicos do produto, assim como melhoria para qualidade de frescor das linguças. A microencapsulação consistiu em alternativa para conservação e proteção de EPA e DHA, podendo ainda reduzir a oxidação dos compostos secundários no produto.

Palavras-chave: oxidação lipídica, pectina, pescado, textura.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o consumo de peixe vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, havendo uma projeção do crescimento de 20% em 2030, em relação a 2016, o que representa um aumento de 30 milhões de toneladas (FAO, 2018). O aumento no consumo tem relação, dentre outros aspectos, com a alta quantidade de ácidos graxos insaturados presentes nesses animais, em especial ao ácido eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA), que atuam na redução dos teores de triglicerídeos e do colesterol LDL (Low Density Lipoproteins) sanguíneo (Endo e Arita, 2016).

Os peixes são fontes importantes de proteína animal, de alta qualidade na dieta humana, sendo considerados uma fonte de vitaminas e minerais, e seus lipídeos são reconhecidos pelo seu elevado valor nutritivo, principalmente os ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 e 6 (Erkan et al., 2010). A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um dos peixes mais produzidos no mundo e um dos mais produzido no Brasil. Sua grande aceitação por parte dos consumidores se deve principalmente, por ser uma espécie que apresenta carne branca de excelente textura e sabor agradável, além da ausência de espinhos em forma de “y” (FAO, 2016).

Apesar da grande aceitação por parte dos consumidores e por se tratar de um peixe de água doce, a tilápia é pobre em ácidos graxos poliinsaturados. Segundo Erkan et al., (2010), esses ácidos graxos são encontrados principalmente em peixes marinhos, em especial o EPA e DHA. Essa relação baseia-se no fato da dieta alimentar refletir na composição química do pescado, em especial ao perfil de ácidos graxos (Gonçalves, 2011). Assim, a adição de um óleo de peixe marinho com altas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados em produtos à base de tilápia pode ser uma alternativa para o enriquecimento do produto. Embora a presença desses ácidos graxos traga benefícios a saúde de seus consumidores, ainda existe um grande desafio quanto a sua alta suscetibilidade aos processos oxidativos e de qualidade do produto (Yu, 2017).

Para que essa inclusão seja feita de forma eficiente, é necessário oferecer condições para minimizar os processos oxidativos e alterações físicas e

bioquímicas, que podem influenciar negativamente o produto. A microencapsulação de óleo de peixe é reconhecida por ser uma técnica adequada para melhorar a disponibilidade do produto, além de ocasionar uma redução dos processos oxidativos que possam ocorrer (Binsi et al. 2017).

A utilização de um antioxidante natural pode ser uma alternativa para a substituição dos antioxidantes sintéticos, ao mesmo tempo melhorando as características do produto (Stringheta et al, 2018). Com isso, objetivou-se avaliar a influência da microencapsulação de ácidos graxos insaturados e utilização de antioxidante natural (urucum) nas características de qualidade de linguiça de tilápia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal da Paraíba – Campus III - Bananeiras e na Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal. A carne moída de tilápia foi doada pela indústria NETUNO pescado, o óleo de peixe marinho de marca CATARINENSE, Lote 28783, foi adquirido no comércio local de Pombal-PB, enquanto as sementes de urucum foram obtidas no comércio local do município de Solânea-PB.

2.1 Delineamento experimental

Para o delineamento experimental (Tabela 1) foi utilizado um esquema fatorial 3 x 2, sendo 3 formas de inclusão do óleo e 2 níveis de urucum (0 e 0,05%). Todo o experimento foi realizado com 3 repetições.

Tabela 1. Formulações Experimental

Tratamentos	Óleo	Urucum (0,05%)
L-CON	0% - Linguiça Controle	Sem
L-CONu	0% - Linguiça Controle	Com
L-OL	1,89% - Linguiça com óleo Livre	Sem

L-OLu	1,89% - Linguiça com óleo Livre	Com
L-OM	1,89% - Linguiça óleo microencapsulado	Sem
L-OMu	1,89% - Linguiça óleo microencapsulado	Com

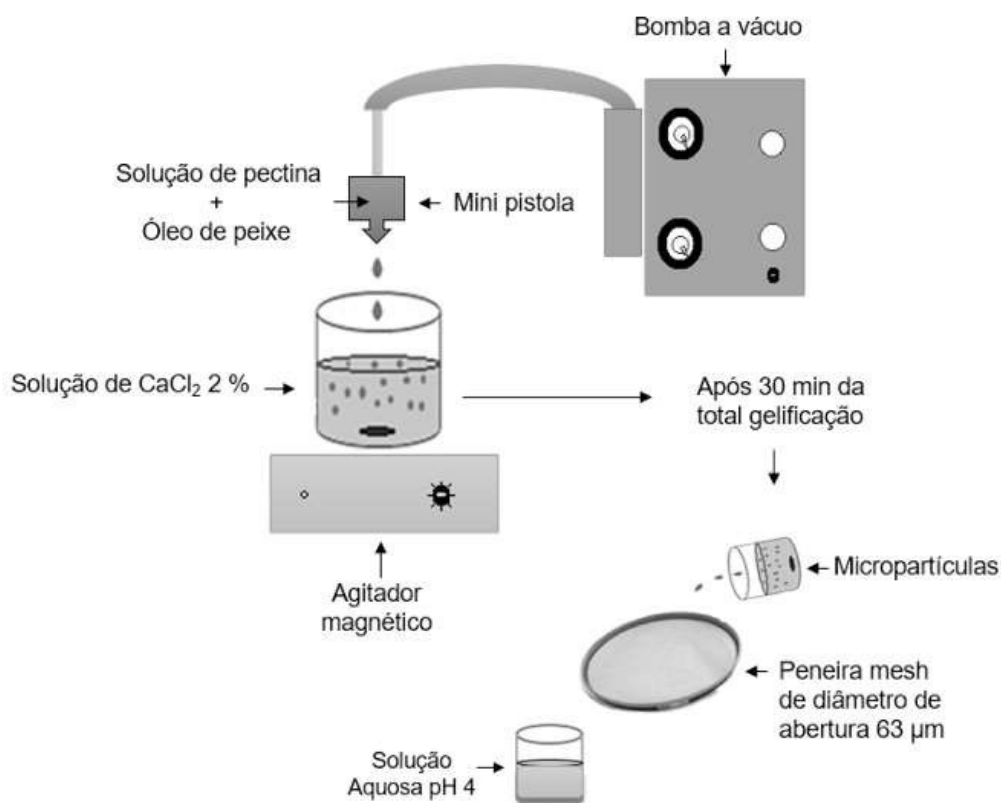
2.2 Obtenção do pó do urucum

Após a aquisição das sementes de urucum, a mesma foi mantida a – 80 °C até a sua utilização. As sementes de urucum foram moídas em um triturador doméstico e peneiradas (100 mesh) para que atingissem uma granulometria uniforme.

2.3 Obtenção e caracterização da micropartícula

2.3.1 Processo de obtenção

Figura 1. Apresentação esquemática da produção da partícula



A microencapsulação (Figura 1) foi realizada na Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal. As micropartículas foram produzidas através da mistura de uma solução de pectina (2% p/v com pH 4,0) com o óleo de peixe marinho (CATARINENSE, Lote 28783), o qual foi caracterizado quanto ao perfil de ácidos graxos. A mistura foi homogeneizada em turrax por 3 min e a emulsão formada foi aspergida em uma solução de 2% de cloreto de cálcio (CaCl_2), pH 4,0, sob agitação (410 rpm) através de um bico atomizador de 250 μm , conforme descrito por Krasaekoopt et al. (2003). Em seguida, a solução foi deixada sob agitação constante por 30 min para completa gelificação. Após esse procedimento a solução foi submetida a um peneiramento (abertura 63 μm), e lavadas com uma solução aquosa com pH 4,0 para retirada do excesso do CaCl_2 . O pH das soluções (pectina, CaCl_2 e solução aquosa) foram ajustados utilizando-se uma solução ácida de HCl.

2.3.2 Eficiência da microencapsulação

A eficiência da microencapsulação foi calculada com base na equação descrita por Bae e Lee (2008):

Eficiência da microencapsulação = (% Lipídeo encapsulado / % Lipídeo na emulsão pectina) x 100.

2.3.3 Microscopia da partícula

Foi utilizada a microscopia de luz, utilizando radiações de ondas luminosas, refletidas através de lentes de vidro, com objetivas de 10, 40 e 100, proporcionando uma visão panorâmica de aumento aproximado de 100x, 400x e 1.000x, respectivamente.

2.4 Obtenção da linguiça de tilápia

2.4.1 Elaboração da linguiça

A elaboração da linguiça de tilápia foi realizada na Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal-PB. Para cada uma das formulações, foram utilizadas 2,2 kg de carne moída de tilápia (NETUNO) e sal (2%) e 1,89% para as formulações com adição de óleo (Tabela 2). Após a homogeneização completa da carne com o sal e dos ingredientes de cada formulação, a carne foi

embutida em envoltórios naturais (tripa suína) com auxílio de um bico embutidor calibre de 32 mm acoplado em moedor de carne. Em seguida as linguças foram acondicionadas em bandejas de isopor, envolvidas em filme plástico, identificadas e congeladas a -18 °C até realização das análises, que ocorreram logo após seu processamento. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 2. Formulações experimentais de linguça de tilápia enriquecida com óleo de peixe e urucum.

INGREDIENTES	TRATAMENTOS					
	L-CON	L-CONu	L-OL	L-OLu	L-OM	L-OMu
Carne moída de tilápia (kg)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
NaCl (%)	2	2	2	2	2	2
Urucum (%)	-	0,05	-	0,05	-	0,05
Óleo livre (%)	-	-	1,89	1,89	-	-
Óleo microencapsulado (%)	-	-	-	-	1,89	1,89

L-CON: Linguça Controle; L-CONu: Linguça Controle com urucum; L-OL: Linguça óleo livre; L-OLu: Linguça óleo livre com urucum; L-OM: Linguça óleo microencapsulado; L-OMu: Linguça óleo microencapsulado com urucum.

2.4.2 Determinação da composição química da linguça e da partícula

As análises da composição foram efetuadas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000). A extração e determinação dos lipídeos totais foram realizadas através da metodologia de Folch et al. (1957).

2.4.3 Características físicas

2.4.3.1 Determinação da atividade de água

Para determinação da atividade de água, foi utilizado o aparelho 4TE, AQUALAB a 25°. As amostras foram descongeladas e retiradas do envoltório e

a massa cárnea foi utilizada para preencher a cápsula do AQUALAB. Em seguida foram realizadas a leitura da atividade de água.

2.4.3.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

As amostras foram analisadas de acordo com a metodologia de Grau e Hamm (1953), modificado por Hoffmann et al. (1982). Foi realizada uma pré-secagem do papel de filtro na estufa de circulação por 1 hora. Logo após, foi colocado o papel filtro no dessecador até esfriar. Foram pesados 1 g da amostra. A amostra foi colocada entre dois papéis de filtro e em seguida, entre duas placas de petri. Foi colocado um peso de 10 Kg por 10 minutos. Em seguida foi pesado novamente para encontrar o peso final.

$$CRA = \frac{100 - (Pf - Pi) * 100}{\text{Umidade \%}} \text{ (Equação. 1)}$$

Onde:

Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

2.4.3.3 Determinação da cor

Para determinação colorimétrica, as amostras foram avaliadas utilizando o Colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, com sistema de iluminação padrão D65, com ângulo de visão 10°. Os parâmetros L* (luminosidade), a* (-a = verde; +a = vermelho) e b* (-b = azul; +b = amarelo) foram expressos conforme o sistema de cor da Commission Internationale de L'Eclairage (CIELAB). As leituras foram efetuadas na parte interna da massa cárnea sem o envoltório, totalizando 12 repetições.

2.4.3.4 Determinação da força de cisalhamento (FC)

A força de cisalhamento foi realizada com auxílio de um texturômetro TA-XT Express Enhanced, Texture Analyzer – Stable Microsystem, equipado com um probe P/2 (2 mm de diâmetro) e uma célula de carga 10 kg, operando a uma

velocidade teste de 2,00 mm/sec e pós teste de 10 mm/sec a uma distância de 25,0 mm. Os resultados foram expressos em F(kg).

2.4.3.5 Perda de peso por cocção (PPC)

Para a análise de PPC, foi utilizado a metodologia descrita por Honikel (1987), onde as linguças foram embaladas em sacos plásticos termorresistente e levadas ao cozimento em banho maria a uma temperatura de 85 °C até que a temperatura interna das linguças atingisse 75 °C. Após o cozimento as amostras foram resfriadas até que a temperatura interna das linguças atingisse 25 °C. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda pela diferença de peso antes e após o cozimento.

$$PPC = \frac{(P_i - P_f) * 100}{P_i} \text{ (Equação. 2)}$$

Onde:

Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

2.4.4 Análises do frescor

2.4.4.1 Determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT)

Para determinação das bases nitrogenadas voláteis, foi seguido a metodologia da Embrapa (2009), onde foram pesadas 20 g da massa cárnea, sem envoltório, na qual foi triturada e transferida para um Becker, onde foi acrescentado 120 mL de ácido tricloroacético (TCA), e homogeneizado por 3 min, deixando-as decantar por 30 min. Em seguida foram filtradas e transferidos 20 mL para um tubo digestor de proteína e acrescentando 1 g de óxido de magnésio (MgO). Em um erlenmeyer foram colocadas 20 mL de solução receptora (ácido bórico 4%), onde foram destiladas até 70 mL no aparelho micro-kjeldahl, e titulado com HCL (0,01N).

2.4.4.2 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH, foi utilizado um pHmetro digital Q400AS (Quimis, São Paulo, Brasil). As amostras foram analisadas seguindo a metodologia da Embrapa (2009). 10 g das amostras foram pesadas e adicionadas 40 mL de água destilada, em seguida foram homogeneizadas e feitas as leituras das amostras.

2.4.5 Análises oxidativas da linguiça

2.4.5.1 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS

A análise de TBARS foi realizada seguindo a metodologia descrita por Estévez e Cava (2004), com adaptações. Em tubo de falcon de 50 mL foram pesadas 2,5 g da amostra e adicionadas 0,25 mL do BHT + 7,5 mL de ácido perclórico 3,86%, em seguida homogeneizadas vórtex por 3 min. Após esse procedimento, com um papel filtro, foi realizada a filtração da amostra em um tubo de falcon de 15 mL, na qual foi completada com água destilada até volume de 10 mL. As amostras foram levadas para centrifugada refrigerada (marca Hettich Zentrifugen, modelo universal 320 R, Tuttlingen-Alemanha) por 3 min a 3500 rpm, em seguida foi tomada 2 mL do extrato e adicionado 2 mL da solução de TBA (0,02 M), em tubo de vidro de 8 mL. As amostras foram levadas a banho-maria durante 30 min a 90 – 100 °C, posteriormente as amostras foram resfriadas em água fria com gelo e foi feita a leitura em espectrofotômetro (modelo UV5100, marca MINGYI, Henan-China) a 532 nm. Os valores foram calculados com auxílio de um branco, contendo ácido perclórico 3,86% e solução de TBA (0,02 M), e uma curva padrão de Tetraetoxipropano (TEP) que variou de $2,8 \times 10^{-9}$ a $1,1 \times 10^{-6}$ mg TEP.mL⁻¹.

2.4.5.2 Determinação dos dienos conjugados (DC)

A determinação dos dienos conjugados seguiu a metodologia descrita pela (IUPAC, 1992), com adaptação. Após a quantificação dos lipídeos presente no extrato, foi coletado 0,5 g de extrato lipídico em um balão de vidro de 75 mL. Em seguida foi realizada a evaporação do clorofórmio utilizando um evaporador rotativo (430 mbar, 45 °C). Após a evaporação a massa lipídica da amostra foi suspendida com Iso-octano e transferida para um balão de 50 mL com auxílio do

funil, e completado o volume para 50 mL. Em seguida as amostras foram transferidas para cubetas de quartzo e realizado a leitura em espectrofotômetro (modelo UV5100, marca MINGYI, Henan-China) a 234 nm. A determinação dos dienos conjugados foi calculado através da Equação 3.

$$E_{cm}^{1\%}(234) = \frac{A_{\lambda}}{C * d} \quad (Equação.3)$$

Onde:

A_{λ} = Absorbância da amostra no comprimento de onda de 234 nm;

C = Concentração da amostra g/100 ml;

d = distância do caminho ótico da cubeta.

2.4.6 Análise de dados

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (ANOVA) em esquema fatorial 3 x 2 e 3 repetições, sendo 3 inclusões de óleo (Controle, Livre e Microencapsulado) e 2 níveis de antioxidantes (0 e 0,05%). Quando foi necessário utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo programa computacional estatístico SAS® versão 9 (2012), licenciado para a Universidade Federal da Paraíba.

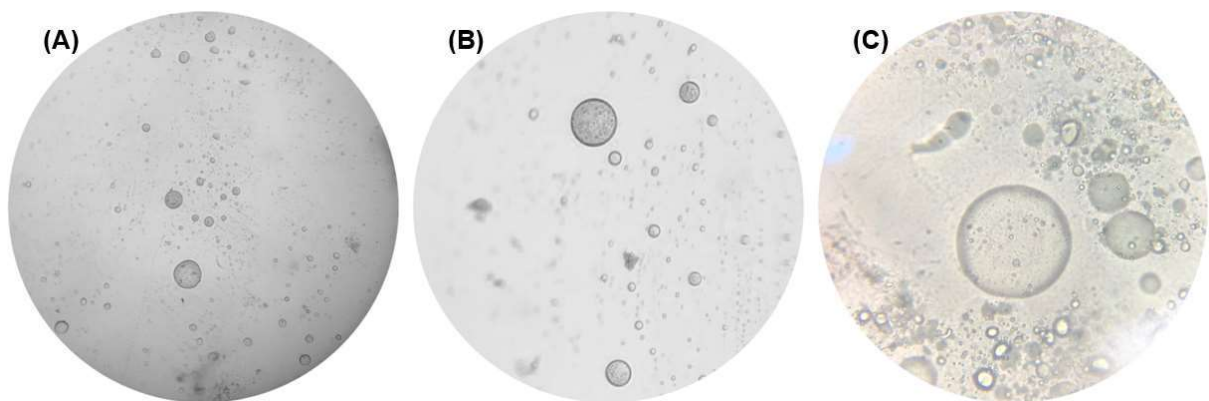
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização da micropartícula

3.1.1 Microscopia e eficiência

A eficiência da microencapsulação foi de aproximadamente 89% (Figura 2), superior ao encontrado por Tsai et al. (2017), que obtiveram valores entre 60 a 87% de eficiência de encapsulamento ao trabalhar com gelificação ionotrópica. Como o desempenho da partícula e do agente encapsulado está diretamente relacionado com a eficiência da encapsulação, observa-se que valor encontrado no presente estudo, está de acordo com Silva et al., (2003), onde afirma que a eficiência da encapsulação pode variar entre 70 a 85%, o que garantem uma boa estabilidade da micropartícula.

Figura 2. Imagem da microscopia da micropartícula



(A) Aumento aproximado 100x; (B) Aumento aproximado 400x; (C) Aumento aproximado 1000x.

A eficiência da microencapsulação está diretamente ligada com capacidade que a pectina tem em formar géis em baixo grau de metoxilação (DM – degree of metoxilation). A pectina passa a conter uma maior quantidade de ácidos carboxílicos livres, que passam a interagir com íons de cálcio, formando uma rede contínua (Das; NG, 2010; Fraeye et al., 2010).

3.1.2 Composição química da partícula

Na Tabela 3 estão expressos os resultados da composição química da partícula. O elevado teor de umidade (81,71%) está associado com a técnica de gelificação iônica, uma vez que, a água fica retida dentro da rede tridimensional do hidrogel (Belscak-Cvitanovic et al., 2011). Elevado teores de umidade, também foram encontrados por Belcak-Cvitanovic et al., (2015, 2016), ao estudar a técnica de gelificação iônica, logo esses valores de umidade são aceitáveis, visto que os valores de umidade da partícula, tendem a ser semelhantes ao da solução pela qual foi originada, fazendo com que, o gel possa reter os componentes de interesse e conseqüentemente a água presente na solução de cloreto de cálcio.

Tabela 3. Composição química da partícula microencapsulada.

Componente	mg/100g (média ± DP*)
Umidade	81,71 ± 1,31

Lipídeos	8,91 ± 0,40
Carboidratos	8,06 ± 0,00
Cinzas	0,93 ± 0,08
Proteínas	0,38 ± 0,11

* Desvio padrão

Da mesma forma, os valores de carboidratos 8,06% podem ser atribuídos ao material de encapsulamento, uma vez que, as micropartículas são produzidas a partir da pectina, que é um polímero natural de polissacarídeo, que podem transportar componentes funcionais tanto hidrofílicos como hidrofóbicos por meio de ligações iônicas (Noh et al., 2018). A quantidade de lipídeos (8,91%) presente na partícula está associada com a adição do óleo de peixe marinho, comprovando mais uma vez a eficiência do processo de encapsulação. Cinzas (0,93%) e proteínas (0,38%) são os compostos menos presentes no material encapsulante.

3.2 Influência do microencapsulamento de óleo de peixe marinho e uso de antioxidante natural nas características químicas e físicas de linguiça de tilápia.

Com relação aos teores de umidade (Tabela 4), as linguiças apresentaram valores acima do permitido pela legislação (Brasil, 2000), porém, isso pode estar atribuído ao alto teor de água característico da carne de tilápia. Segundo Gonçalves (2011), o pescado pode englobar em torno de 60 a 85% de teores de umidade. As amostras L-OL, L-OLu, L-OM e L-OMu apresentaram menores teores de umidade com relação as amostras L-CON e L-CONu. Segundo Lago et al., (2018), os teores de umidade estão diretamente ligados aos teores de gordura, logo, proporcionalmente, a adição do óleo aumentou o teor lipídico e conseqüentemente, diminuiu a quantidade de umidade do produto. Teores acima de 70% de umidade também foram encontrados pelo mesmo autor.

Com relação ao teor de proteína, 15% em média (Tabela 3), todas as formulações se encontram dentro dos limites estabelecidos pela legislação

(Brasil, 2000), não apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Segundo Oetterer (2006) a quantidade de proteína no pescado pode variar de 15 a 25% considerando uma variação entre espécies, estando os valores encontrados nesse trabalho dentro desse intervalo. Para o teor de lipídeos, como era esperado, os tratamentos L-OL, L-OLu, L-OM e L-OMu apresentaram os maiores teores de lipídeos quando comparadas com as amostras L-CON e L-CONu. A adição do óleo de peixe marinho foi suficiente para agregar valor lipídico ao produto, porém, apesar desse aumento, as amostras ainda se encontram abaixo dos 30% de gordura máxima permitida (Brasil, 2000). Não há legislação específica para embutidos de pescado no Brasil, no entanto, a legislação brasileira regulamenta para linguças frescas uma quantidade máxima de 70% de umidade, gordura máxima de 30% e proteína mínima de 12%, estando as linguças de tilápia dentro dos valores estabelecidos, para lipídeos e proteína, pela legislação (Brasil, 2000).

Tabela 4. Composição química e física das linguças de tilápia

Fonte Lipídica	Urucum		EPM	ANOVA		
	Sem	Com		Óleo	Uruc	Óleo x Uruc
Umidade mg/100						
L-CON	75,30±0,66aA	75,36±0,45aA	0,52	0,001*	0,199	0,218
L-OL	73,87±0,54aB	73,78±0,61aB				
L-OM	74,53±0,28aAB	73,87±0,48aB				
Proteína mg/100						
L-CON	15,45±0,68aA	15,30±0,38aA	0,48	0,447	0,102	0,300
L-OL	15,67±0,35aA	15,05±0,25aA				
L-OM	15,17±0,58aA	15,13±0,51aA				
Lipídeos mg/100						
L-CON	5,31±0,40aB	5,88±0,09aB	0,49	0,001*	0,337	0,280
L-OL	7,32±0,61aA	7,08±0,19aA				
L-OM	7,17±0,77aA	7,42±0,53aA				
Cinzas mg/100						
L-CON	2,39±0,06aA	2,32±0,08aA	0,05	0,001*	0,634	0,020*
L-OL	2,35±0,06aA	2,41±0,03aA				
L-OM	2,11±0,03aB	2,15±0,05aB				

Aa						
L-CON	0,9825±0,0034aB	0,9817±0,0012aB				
L-OL	0,9835±0,0021aB	0,9839±0,0013aB	0,002	0,001*	0,689	0,788
L-OM	0,9880±0,0020aA	0,9876±0,0014aA				
PPC %						
L-CON	28,77±1,08aB	28,50±0,51aB				
L-OL	26,48±0,20aB	28,82±0,83aB	0,90	0,001*	0,067	0,073
L-OM	33,76±0,39aA	34,27±1,61aA				
CRA %						
L-CON	83,81±1,24aA	83,69±2,37aA				
L-OL	86,22±1,76aA	84,47±1,90aA	1,91	0,001*	0,735	0,182
L-OM	74,04±2,03aB	75,25±2,01aB				
FC (kg)						
L-CON	3,80±0,47aA	3,94±0,19aA				
L-OL	3,77±0,36aA	3,98±0,27aA	0,35	0,001*	0,429	0,851
L-OM	2,69±0,26aB	2,70±0,46aB				

*Significância estatística no teste de anova: Óleo: Efeito do óleo; Uruc: Efeito do Urucum; Óleo x Uruc: Efeito da Interação entre o óleo e o urucum. EPM: Erro padrão da média. Aa: Atividade de água; PPC: Perda de peso por cozimento; CRA: Capacidade de retenção de água; FC: Força de cisalhamento. L-CON: Controle; L-OL: Linguças óleo livre; L-OM: linguças óleo microencapsulado. Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre a adição do urucum ao nível de 5% ($p<0,05$). Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre as fontes lipídicas ao nível de 5% ($p<0,05$).

Quanto aos valores de cinzas (Tabela 4), houve efeito de interação entre o óleo e o urucum, as formulações L-OM e L-OMu apresentaram valores inferiores ($p<0,05$) as demais formulações, podendo estar associado ao material encapsulante. Segundo Contreras-Guzman (1994) os peixes de água doce apresentam variações de 0,9 a 3,39% de cinzas em sua composição, estando as linguças dentro desses intervalos.

A linguça de tilápia apresentou uma atividade de água média de 0,98 (Tabela 4). Os valores obtidos estão de acordo com os encontrados por Dallabona et al., (2013) e Oliveira Filho et al. (2010) em embutidos de tilápia. As formulações L-OM e L-OMu, apresentaram diferença significativa em relação

aos demais linguiças, provavelmente por que o óleo está microencapsulado e não participar da emulsão, deixando mais água livre. Apesar disso, os valores estão de acordo com os descritos por Fellows (2006), que estabelece uma atividade de água em torno de 0,985 para carne fresca.

Com relação a CRA e PPC (Tabela 4) as amostras L-OM e L-OMu apresentaram menor CRA e maior PPC em relação aos demais tratamentos. São vários os fatores que podem interferir nas características de CRA da carne, tais como, aplicações de pressões externa, procedimentos de corte ou moagem, temperatura, trituração e a prensagem. Segundo Huff-Lonergan e Lonergan, (2005), os valores da CRA estão inversamente interligados aos de PPC, quanto maior for a CRA, menor a PPC, comportamento esse, observado nesse trabalho. Sleder et al., (2015) ao estudarem linguiça de tambaqui com diferentes teores de gordura, encontraram valores de 71,83 a 74,61% para CRA, e 24,21 a 26,59% para PPC. Henrique et al., (2019) ao estudarem linguiças frescas de peixe-gato marinho com adição de gordura suína defumada encontraram valores de 79,54% para CRA, e 28,16% para a PPC.

Quanto a FC (Tabela 4), as amostras L-OM e L-OMu, apresentaram valores inferiores ($p < 0,05$) em relação as demais linguiças. Tal fato pode estar relacionado ao efeito gelificante da pectina que foi utilizada como material encapsulante. Segundo Canteri et al., (2012) o uso da pectina pode interferir na estabilidade do produto melhorando a maciez e consequentemente textura do produto.

Os resultados obtidos para os parâmetros de luminosidade (L^*), cor vermelha (a^*) e para cor amarela (b^*) das linguiças de tilápia estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores médios para os parâmetros de cor luminosidade (L^*), cor vermelha (a^*) e cor amarela (b^*) de linguiças de tilápia

Fonte Lipídica	Urucum		EPM	Anova		
	Sem	Com		Óleo	Uruc	Óleo x Uruc
L*						
L-CON	59,45±1,02bB	61,00±1,41aB	1,9	0,001*	0,001*	0,001*
L-OL	62,72±1,45aA	61,08±0,89bB				

L-OM	59,05±3,88bB	64,38±1,01aA				
a*						
L-CON	1,37±0,52bA	2,10±0,27aA				
L-OL	1,70±0,27aA	2,17±0,48aA	0,78	0,001*	0,001*	0,001*
L-OM	1,54±1,72aA	1,18±1,18aB				
b*						
L-CON	10,94±0,65bAB	12,45±0,48aA				
L-OL	11,36±0,49bA	12,67±0,82aA	1,28	0,322	0,001*	0,001*
L-OM	10,32±2,74bB	13,31±0,97aA				

*Significância estatística no teste de anova: Óleo: Efeito do óleo; Uruc: Efeito do Urucum; Óleo x Uruc: Efeito da interação entre o óleo e do Urucum. EPM: Erro Padrão da Média. L-CON: Controle; L-OL: Linguças óleo livre; L-OM: linguças óleo microencapsulado. Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre a adição do urucum ao nível de ($p<0,05$). Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre as fontes lipídicas ao nível de ($p<0,05$).

Conforme observado na Tabela 5, houve efeito de interação entre o óleo e urucum para todos os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) ($p<0,05$). A adição do urucum provocou um leve aumento dos parâmetros L^* e b^* com exceção da amostra L-OLu. Aumentos de L^* e b^* foram encontrados por Figueirêdo et al., (2015) ao estudar o efeito do urucum e da bixina em arenque picado (*Clupea harengus*) e cavala picada (*Scomber scombrus*). Segundo Minozzo, (2010), a luminosidade é parâmetro que expressa a claridade da amostra e pode variar de 0 a 100, onde quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra.

Com relação ao parâmetro a^* , as linguças apresentaram valores abaixo de 2,17, comum para produtos de pescado de carne branca, como a tilápia, que apresenta menor concentração de mioglobina. Roberto et al., (2012) ao estudar subprodutos da tilápia encontrou valores entre 0,67 a 2,29 para o parâmetro a^* , característicos do músculo da carne de tilápia, que possui cor clara. As amostras contendo L-OL e L-OM não apresentaram diferença significativa com relação as L-OLu e L-OMu, tal fato pode ser associado a quantidade de óleo e material encapsulante utilizado. Houve um aumento do valor a^* da amostra L-CONu em relação à L-CON, associado ao efeito da adição do urucum. Este mesmo

comportamento foi descrito por Figueirêdo et al. (2015) ao estudar o comportamento da adição de urucum em *cavala* e *arenque*.

3.3 Influência do microencapsulamento de óleo de peixe marinho e uso de antioxidante natural no frescor e oxidação lipídica de linguça de tilápia.

Com relação ao parâmetro N-BVT (Tabela 6), houve efeito da interação entre óleo e urucum, na qual, as amostras contendo L-OM, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparadas com as demais amostras CON e L-OL, tal fato, pode estar relacionado com o efeito protetor da microcápsula. As amostras contendo urucum não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos, entretanto, vale destacar o efeito positivo das amostras L-CONu em relação as amostras L-CON, pois segundo Moreira et al., (2014), o urucum possui compostos bioativos e propriedades funcionais que podem atuar como antioxidante minimizando os processos de degradação.

Os teores de N-BVT obtidos nesse estudo, estão de acordo com os limites estipulados pelo RIISPOA - Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal (Brasil, 2017), que considera impróprio para o consumo, o pescado com valores superiores ou igual a 30 mgN/100 g de amostra. Além disso, os valores obtidos enquadram o produto como de excelente estado de frescor, já que obteve valores entre 5 e 10 mgN/100 g de carne para peixes (Ogawa e Maia, 1999).

Tabela 6. Valores médios das características de frescor e da oxidação lipídica das linguças de tilápia.

Fonte Lipídica	Urucum		EPM	Anova		
	Sem	Com		Óleo	Uruc	Óleo x Uruc
N-BVT (mgN/100g)						
L-CON	4,21±0,01aA	3,18±0,62bA				
L-OL	4,48±0,90aA	4,03±0,45aA	0,55	0,001*	0,045*	0,019*
L-OM	3,18±0,53aB	3,51±0,40aA				
pH						
L-CON	6,29±0,05aA	6,17±0,04bB				
L-OL	6,25±0,13aA	6,33±0,12aA	0,08	0,001*	0,213	0,017*

L-OM	5,85±0,06aB	5,80±0,01aC				
DC %						
L-CON	6,02±0,51aC	7,66±0,89aB				
L-OL	9,07±0,60bB	11,34±0,84aA	0,81	0,001*	0,001*	0,042*
L-OM	11,51±1,29aA	11,62±0,31aA				
TBARS (mg MDA/kg amostra)						
L-CON	0,042±0,005aA	0,040±0,001aA				
L-OL	0,055±0,006aA	0,055±0,024aA	0,01	0,006*	0,443	0,326
L-OM	0,030±0,001aB	0,043±0,005aA				

*Significância estatística no teste de anova: Óleo: Efeito do óleo; Uruc: Efeito do Urucum; Óleo x Uruc: Efeito da interação entre o óleo e do Urucum. EPM: Erro Padrão da Média. N-BVT: Bases nitrogenadas voláteis totais; DC: Dienos conjugados; TBARS: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. L-CON: Controle; L-OL: Linguiças óleo livre; L-OM: linguiças óleo microencapsulado. Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre a adição do urucum ao nível de ($p<0,05$). Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre as fontes lipídicas ao nível de ($p<0,05$).

Com relação ao pH, as amostras variaram de 5,80 a 6,33 (Tabela 6), apresentando interação entre o óleo e urucum, comportamento semelhante aos dados de N-BVT. As amostras contendo L-OM e L-OMu apresentaram valores inferiores ($p<0,05$) aos demais tratamentos, tal fato pode estar relacionado ao pH ácido da partícula (4,0) ocasionando a redução do pH da linguiça. Segundo Milani et al., (2003), quanto maior o pH, maior a possibilidade de proliferação de microrganismos. Todos os tratamentos encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela RIISPOA (BRASIL, 2017), que estipula um limite de pH inferior ou igual a 7 para carne de peixe. Além disso, estão próximos a faixa indicada por Ordóñez et al., (2005) que determina valores entre 5,8 a 6,2 para produtos à base de carne. Bezerra et al., (2012) encontraram valores entre 5,7 e 6,2 para linguiças toscana e Mantovani et al., (2011) que consideram como valores normais, produtos cárneos com pH entre 5,4 e 6,2.

Quanto a formação dos dienos conjugados, houve efeito de interação entre o óleo e urucum, atuando de forma negativa para formação dos dienos conjugados (Tabela 6). A quantificação de dienos conjugados tem sido bastante estudado para determinações de óleos e gorduras, onde avalia a decomposição com a formação de hidroperóxidos conjugados, compostos resultantes da oxidação primária. Sancho et al., (2011), ao estudar o efeito antioxidante das sementes de urucum e folhas de coentro em almôndegas de peixe, não

encontraram efeitos significativos para os teores de dienos conjugados. Os radicais formados na oxidação primária, são bastante estáveis e sofrem transformações dando origem a produtos de oxidação secundária a exemplo do malonaldeído, quantificados pela análise de TBARS (Cropotova et al., 2019).

Quanto aos teores de TBARS, as amostras não apresentaram efeito do antioxidante (Tabela 6), entretanto, foi detectado efeito significativo ($p < 0,05$) na adição do óleo, onde as amostras L-OM apresentaram valores inferiores de TBARS em relação as demais amostras (com exceção das amostras L-OMu), fato que pode estar associado a menor exposição dos ácidos graxos das linguças ao oxigênio atmosférico, resultado do efeito protetor da micropartícula e manutenção da qualidade lipídica. Efeito protetor contra as TBARS também foram relatados por (Fonseca et al., 2019) ao estudar a microencapsulação de ácidos graxos polinsaturados em linguça de tilápia. Não existe legislação de quantidade TBARS máxima tolerável, porém, segundo a literatura, os valores de TBARS são aceitáveis sensorialmente entre 1 a 2 mg de malonaldeído / kg de músculo (Shakila et al., 2005). Todas as formulações apresentaram valores bem abaixo desses intervalos, estando essas linguças em bom estado de conservação. Valores entre 0,01 e 0,03 mg de malonaldeído / kg de amostra foram encontrado por Ebadi et al., (2019), ao estudar revestimentos de quitosana incorporados com extrato de própolis em sargo japonês (*Nemipterus japonicus*).

4. CONCLUSÃO

A microencapsulação de EPA e DHA maximiza a estabilidade lipídica de linguça de tilápia, assim como melhora a maciez do produto, além de ser uma técnica eficiente de enriquecer linguça de tilápia com EPA e DHA. A utilização de 0,05% do pó urucum não foi o suficiente para gerar efeito antioxidante imediatamente após o processamento das linguças de tilápia, entretanto, atuou como colorífico, melhorando a coloração do produto.

REFERÊNCIAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 17.ed. Washington, 1018p, 2000.

Bae, E. K., e Lee, S. J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. **Journal of Microencapsulation**, 1–12.

Belscak-Cvitanovic, A.; Busic, A.; Barisc, L.; Vrsaljko, D.; Karlovic, Sven.; Spoljaric, I.; Vojvodic, A.; Mrsic, G.; Komes, D. Emulsion templated microencapsulation of dandelion (*Taraxacum officinale* L.) polyphenols and β -carotene by ionotropic gelation of alginate and pectin. **Food Hydrocolloids**, v.57, p.139-152, junho., 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.020>>.

Belscak-Cvitanovic, A.; Komes, D.; Karlovic, S.; Djakovic, S.; Spoljaric, I.; Mrsic, G.; Jezek, D. Improving the controlled delivery formulations of caffeine in alginate hydrogel beads combined with pectin, carrageenan, chitosan and psyllium. **Food Chemistry**, v. 167, p. 378–386, jan., 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.011>>.

Belscak-Cvitanovic, A.; Stojanovi, R.; Manojlovi, V.; Juranovi, I.; Nedovi, V.; Bugarski, B. Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate – chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion. **Food Research International Journal**, v. 44, p. 1094–1101, 2011.

Bezerra, M. V. P.; Abrantes, M. R.; Silvestre, M. K. S.; Sousa, E. S.; Rocha, M. O. C.; Faustino, J. G., Silva., J. B. A. **Avaliação microbiológica e físico-química de linguiça toscana no município de Mossoró**, RN. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.79, n.2, p.297-300, abr./jun., 2012.

Binsi, P. K.; Nayak, N.; Sarkar, P. C.; Jeyakumari, A.; Ashraf, P. M.; Ninan, G.; Ravishankar, C. N. Structural and oxidative stabilization of spray dried fish oil microencapsulates with gum arabic and sage polyphenols: Characterization and release kinetics. **Food Chemistry**, v. 219, p. 158–168, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.126>>.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa Nº 4, de 31 de março de 2000.** Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha Diário Oficial da União de 05/04/2000, Seção 1, Página 6.

Canteri, M. H. G.; P, A. De. **Pectina : da Matéria-Prima ao Produto Final.** v. 22, p. 149–157, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010414282012000200009&lng=pt&tlng=pt>.

Chattopadhyay, K.; Xavier, K. A. M.; Balange, A.; Layana, P. LWT - Food Science and Technology Chitosan gel addition in pre-emulsified fish mince - Effect on quality parameters of sausages under refrigerated storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 110, n. April, p. 283–291, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.081>>.

Contreras-Guzmán, E.S. 1994. **Bioquímica de pescados e derivados.** Jaboticabal: Funep, BR.

Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Beate, I.; Rustad, T. Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. **Food Control**, v. 104, n. April, p. 1–8, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.016>>.

Dallabona, B. R.; Karam, L. B.; Wagner, R.; Aline, D.; Silva, F.; Mikos, J. D.; Gabriel, J.; Francisco, P.; Freitas, R. E.; Macedo, D.; Kirschnik, P. G. Revista Brasileira de Zootecnia Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 835–843, 2013.

Das, Surajit.; NG, ka-you. Colon-specific delivery of resveratrol: Optimization of multi-particulate. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 385, p. 20–28, 2010.

Ebadi, Z.; Khodanazary, A.; Hosseini, S. M.; Zanguee, N. International Journal of Biological Macromolecules The shelf life extension of refrigerated Nemipterus japonicus fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.204>>.

Embrapa. **Métodos para análises de pescado**. Teresina, PI, maio, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80694/1/documento-189.pdf>>.

Endo, J.; Arita, M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Cardiology**, v. 67, n. 1, p. 22–27, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jjcc.2015.08.002>>.

Erkan, N.; Selçuk, A.; Ozden, O. Amino Acid and Vitamin Composition of Raw and Cooked Horse Mackerel. **Food Analytical Methods** p. 269–275, 2010.

Estévez, M.; Cava, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. **Meat science**, v. 68, p. 551–558, 2004.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - **Meeting the sustainable development goals**. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma: FAO, 2016. Disponível em <<http://www.fao.org/3/ai5555e.pdf>><<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

Fellows, P. J. (2006). **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**, 2nd ed. Porto Alegre, Brazil: Artmed.

Figueirêdo, B. C.; Bragagnolo, N.; Skibsted, L. H.; Orlén, V. Inhibition of Cholesterol and Polyunsaturated Fatty Acids Oxidation through the Use of

Annatto and Bixin in High-Pressure Processed Fish. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 8, 2015.

Folch, J.; Lees, M.; Sloane-Stanley, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal Biological Chemical**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

Fonseca, S. B.; Melo, R. P. F.; Sousa, D. G; Meireles, B. R. L. A.; Chaves, K. S.; Júnior, J. C. S.; Alcântara, M. A. 2019. **Microencapsulação de Hufas para o Enriquecimento de Linguça de Tilápia**. p. 205-218. In: Atena Editora, As Ciências Biológicas e da Saúde na Contemporaneidade; v. 4 – Ponta Grossa-PR.

Fraeye, I.; Colle, I.; Vandevenne, E.; Duvetter, T.; Buggenhout, S. Van; Moldenaers, P.; Loey, A. Van; Hendrickx, M. Influence of pectin structure on texture of pectin – calcium gels. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 2, p. 401–409, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.015>>.

Gonçalves, A. A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu; 2011.

Grau, R.; Hamm, R. Eine einfache method zurbestimmung der wasserbindung in muskel, **Naturwissenschaften**, v. 40, p. 29-30,1953.

Grunwald, E. W., e Richards, M. P. (2006). Studies with myoglobin variants indicate that released hemin is the primary promoter of lipid oxidation in washed fish muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54(12), 4452–4460.

Henrique, P.; Vieira, D. S.; Barros, C. N. De; Mendes, E. S.; Inês, M.; Maciel, S.; Andrade, H. A. De; Roberto, P.; Oliveira, C. De. Acta Scientiarum Development and characterization of fresh sausages made with marine catfish *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794). **Acta Scientiarum**, p. 1–9, 2019.

Hoffmann, K.; Hamm, R.; Bluchel, E. Neubes die bestimmung der wasserbindung des nut hieffilterpapierpremethods. **Fleishwirtsch**, n.62, p. 87-94,1982.

Honikel KO. The water binding of meat. *Fleischwirtsch.* 1987;67:1098-1102.

Huff-lonergan, E.; Lonergan, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science** 71 p.194–204, 2005.

IUPAC. **Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives** (7th ed.). Oxford, UK: Pergamon Press, 1992.

Krasaekoopt, W.; Bhandari, B.; Deeth, H. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 6946, n. December, p. 2–13, 2003.

Lago, A. M. T.; Pimenta, M. E. S. G.; Aoki, I. E.; Figueiredo, A. F.; Schiassi, M. C. E. V.; Pimenta, C. J. Fish sausages prepared with inclusion of Nile tilapia minced : Correlation between nutritional , chemical , and physical properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. January, p. 1–11, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/jfpp.13716>>.

Maia, E.L.; Rodriguez-Amaya, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 53, p. 5, 1993.

Mantovani, D.; Corazza, M.L.; Cardozo Filho, L.; Costa, S.C. Avaliação higiênico-sanitária de linguças tipo frescal após inspeção sanitária realizada por órgãos federal, estadual e municipal na região noroeste do Paraná. **Revista Saúde e Pesquisa**, v.4, n.3, p.357-362, 2011.

Milani, L.I.G.; Fries, L.L.M; Paz, P.B.; Bellé, M.; Terra, N.N. Bioproteção de linguça de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.161-166, 2003.

Minozzo M.G. Patê De Pescado: Alternativa Para Incremento Da Produção Nas Indústrias Pesqueiras. 2010, 228f. **Tese** (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

Moreira, V. S.; Rebouças, T. N. H.; Moraes, M. O. B.; José, A. R. S.; Silva, M. V. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. v. 15, p. 201–209, 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81333269011>>.

Noh, J.; Kim, J.; Sic, J.; Soo, Y.; Tai, S.; Park, J. Microencapsulation by pectin for multi-components carriers bearing both hydrophobic and hydrophilic active agents. **Carbohydrate Polymers**, v. 182, n. August 2017, p. 172–179, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.026>>.

Oetterer, M.; Regitano-d'Arce, M. A. B.; Spoto, M. H. F. **Fundamentos de Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 612 p.

Ogawa, M.; Maia, E. L. **Manual da Pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela.1999.

Oliveira Filho, P.R.C.; Fávaro-Trindade, C.S.; Trindade, M.A. et al. Quality of sausage elaborated using minced Nile Tilapia submitted to cold storage. **Scientia Agrícola**, v.67, n.2, p.183-190, 2010a.

Ordóñez, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 279 p.

Pinho APS, Kindlein L, Mcmanus C. Lipídios totais, textura e perda por cocção de cortes de carne bovina de diferentes marcas comerciais. **Acta Sci. Vet.** 2012;40(3):1-8.

Roberto, P.; Oliveira, C. De; Macedo, E. M.; Kamimura, E. S.; Trindade, M. A.; Maria, E.; Viegas, M. Evaluation of Physicochemical and Sensory Properties of Sausages Made with Washed and Unwashed Mince from Nile Tilapia By-products Evaluation of Physicochemical and Sensory Properties of Sausages Made with Washed and Unwashed Mince from Nile Tilapia By-pr. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 8850, 2012.

SAS Institute. SAS/STAT. User's Guide: Statistics. Ver. 9, 2012.

Sancho, R. A. S.; Lima, F. A.; Costa, G. G.; Mariutti, L. R. B.; Bragagnolo, N. Effect of Annatto Seed and Coriander Leaves as Natural Antioxidants in Fish Meatballs during Frozen Storage. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 6, 2011.

Shakila, R.; Jeyasekaran, G.; Vijayalakshmi, S. Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seerfish (*Scomberomorus commersonii*) chunks during refrigerated storage, **Journal of Food Science and Technology** 42 (2005) 438–443.

Silva, C.; Ribeiro, A.; Ferreira, D.; Veiga, F. Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 39 (2003), pp. 1-20.

Sleder, F.; Cardoso, D. A.; Abreu, J. S. De; Castro, A.; Oliveira, S. De; Sampaio, E.; Filho, D. A. Desenvolvimento e elaboração e caracterização de embutido de tambaqui. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 604–612, 2015.

Stringheta, P. C.; Silva, P. I.; Costa, G. V. Annatto / Urucum — Bixa orellana. **Exotic Fruits Reference Guide**, p. 23-30, 2018 p. 23–30, 2018. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00006-X>>.

Tsai, F.; Kitamura, Y.; Kokawa, M. International Journal of Biological Macromolecules Liquid-core alginate hydrogel beads loaded with functional compounds of radish by-products by reverse spherification: Optimization by response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 96, p. 600–610, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.12.056>>.

Wang, Z.; He, Z.; Gan, X.; LI, H. Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. **Meat Science**, v. 146, n. 2, p. 131–139, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.006>>.

Yu, F. Influence of encapsulation techniques on the structure , physical properties , and thermal stability of fish oil microcapsules by spray drying. n. March, **Journal of Food Process Engineering**, p. 1–9, 2017.

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE OXIDATIVA DE LINGUIÇAS DE TILÁPIA ADICIONADAS DE URUCUM E DE ÓLEO DE PEIXE MICROENCAPSULADO

Resumo: Objetivou-se avaliar a estabilidade física e oxidativa, durante 90 dias, de linguças de tilápia enriquecidas com ácidos graxos altamente insaturados microencapsulados e com adição do urucum. Para a microencapsulação do óleo de peixe foi utilizada a técnica de gelificação iônica. Foram elaboradas seis diferentes formulações de linguças, sendo 3 inclusões de óleo e 2 níveis de urucum (0 e 0,05%). Foram realizadas as análises de cor e Aa para avaliar as características físicas do produto, N-BVT e pH para avaliar o grau do frescor das linguças, dienos conjugados e a análise de TBARS para medir a oxidação lipídica. Todas os tratamentos encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação quanto aos parâmetros de N-BVT e pH, sendo as amostras L-OM (linguiças óleo microencapsulado) e L-OMu (linguiças óleo microencapsulado com urucum) as que apresentaram maior grau de frescor durante todo o armazenamento. A adição do urucum provocou um leve aumento ($p < 0,05$) nos parâmetros de cor nos primeiros dias de armazenamento. Apesar do aumento dos valores de dienos conjugados nos primeiros 30 dias de armazenamento, foi detectada uma redução do conteúdo de dienos conjugados nas amostras L-OM, L-OMu e L-OLu. As amostras L-OM, obtiveram menores resultados ($p < 0,05$), até os 30 dias de armazenamento, para os compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS), porém aos 90 dias de armazenamento congelado as amostras com adição de urucum apresentaram menores valores de TBARS. O uso isolado da microencapsulação e do urucum atuaram na proteção dos ácidos graxos EPA e DHA. Logo, a utilização destes podem ser uma alternativa viável para melhoria da qualidade lipídica, além de contribuir para os aspectos de frescor de linguça de tilápia durante o armazenamento congelado por 90 dias.

Palavras-chave: frescor, oxidação, pescado, microencapsulação

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente procura por alimentos mais saudáveis e de alto valor biológico, a carne de peixe vem ganhando cada vez mais espaço no mercado. Seus inúmeros benefícios à saúde, atribuídos principalmente aos altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) que estão presentes em sua composição, a exemplo do eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA). Estes reduzem os teores de triglicerídeos e do colesterol sanguíneo, e melhoram os efeitos sobre doenças cardiovasculares e cânceres (Yuan et al., 2019).

Segundo a FAO (2016), a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é um dos peixes mais produzidos no mundo e também no Brasil. Entretanto, apesar da sua grande produção e aceitação por parte dos consumidores, a mesma apresenta baixos teores de PUFAs em relação aos peixes de origem marinha (Ribeiro, et al. 2012). A adição de óleo de peixe marinho com alta concentração de EPA e DHA, em produtos à base de tilápia, pode ser uma alternativa para melhorar a qualidade nutricional do produto, além da diversificação de novos produtos no mercado. No entanto, esses ácidos graxos apresentam alto grau de insaturações que podem acelerar a oxidação de ácidos graxos poliinsaturados, resultando na deterioração e pior qualidade destes produtos (Calkins e Hodgen, 2007).

São vários os processos de oxidação lipídica que podem ocorrer durante o armazenamento dos produtos. Os mais comuns é a geração de substâncias reativas que formam compostos de oxidação, como os aldeídos e o malonaldeídos (MDA) na presença do oxigênio. Esses compostos acarretam no desenvolvimento de ranço e de sabores desagradáveis que interferem negativamente na qualidade do produto (Sousa et al., 2017).

Muitas técnicas estão sendo estudadas visando minimizar os processos oxidativos de lipídeos, entre eles merece destaque a microencapsulação, que consiste no aprisionamento de um ingrediente ativo em um material de revestimento, capaz de proteger de fatores externos, como, luz, oxigênio, umidade e calor, fatores considerados iniciadores da oxidação lipídica (Comunian; Favaro-Trindade, 2016). Entre as técnicas de microencapsulação, a gelificação iônica, que se baseia na utilização de um polissacarídeo, como a pectina, com propriedade formadoras de gel através de interações de íons

polivalentes, está sendo bastante utilizada pela indústria de alimentos (Aguilar et al., 2015).

Além da microencapsulação, outra alternativa para melhorar as características físicas e oxidativas, é a utilização de antioxidantes naturais. O urucum (*Bixa orellana* L.) é um dos principais corantes naturais, de coloração amarelo alaranjado, bastante utilizadas em produtos cárneos (Shibata et al., 2008; Matuo et., al 2013) e com propriedades antioxidantes comprovados (Sancho et al., 2011; Figueirêdo et al., 2014). Assim, diante do exposto, objetivou-se avaliar a estabilidade física e oxidativa de linguças de tilápia enriquecidas com ácidos graxos altamente insaturados microencapsulados e adição de antioxidante natural durante o armazenamento congelado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal – PB e na Universidade Federal da Paraíba – Campus III – Bananeiras – PB. A carne moída de tilápia foi doada pela indústria NETUNO pescados, o óleo de peixe marinho da marca CATARINENSE, Lote 28783, foi adquirido no comércio local de Pombal-PB, enquanto as sementes de urucum foram obtidas no comércio local da cidade de Solânea – PB onde foram armazenadas a – 80 °C até o momento de sua utilização.

Para que as sementes de urucum atingissem uma granulometria uniforme, foi utilizado o processo de trituração e em seguida peneiramento em peneiras com diâmetro de abertura de 100 mesh.

As micropartículas foram produzidas através de uma mistura de pectina (2%, p/v; pH 4) com óleo de peixe marinho 10%, caracterizado previamente em relação ao perfil de ácidos graxos, e homogeneizadas em turrax por 3 minutos. Posteriormente, a emulsão formada foi aspergida em solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) a 2%, pH 4, sob agitação (410 rpm) através de um bico aspersor de 250 μm . Em seguida, a solução foi submetida a uma agitação constante por 30 min para completa gelificação. Após esse procedimento a solução foi submetida a um peneiramento (63 μm), e lavadas com solução aquosa ácida (pH 4,0) para retirada do excesso do CaCl_2 . As partículas foram acondicionadas a 4 °C, até o momento de adição ao produto.

Foram elaboradas seis formulações de linguiça de tilápia, todas com adição de 2% de sal, variando três inclusões de óleo e utilização do urucum (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações Experimental

Tratamentos	Óleo	Urucum (0,05%)
L-CON	0% - Linguiça Controle	Sem
L-CONu	0% - Linguiça Controle	Com
L-OL	1,89% - Linguiça com óleo Livre	Sem
L-OLu	1,89% - Linguiça com óleo Livre	Com
L-OM	1,89% - Linguiça óleo microencapsulado	Sem
L-OMu	1,89% - Linguiça óleo microencapsulado	Com

Para a elaboração da linguiça de tilápia, após a homogeneização completa da carne com o sal, e da adição dos ingredientes de cada tratamento, a massa cárnea foi embutida em envoltório naturais (tripa suína) com auxílio de um bico embutidor calibre de 32 mm acoplado em moedor de carne. Em seguida, as linguiças foram acondicionadas em bandejas de isopor, envolvidas em filme plástico, identificadas e congeladas a -18 °C durante 90 dias. Todas as análises foram realizadas, em intervalos de 30 dias, em triplicata, para os parâmetros físicos, características de frescor e oxidação lipídica.

2.1 Características físicas

Para determinação da atividade de água (Aa), foi utilizado um aparelho (4TE, AQUALAB). A capacidade de retenção de água (CRA) das amostras foi analisada de acordo com a metodologia de Grau e Hamm (1953), modificado por Hoffmann et al. (1982). Para determinação da cor, as amostras foram avaliadas utilizando o Colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, com sistema de iluminação padrão D65, com ângulo de visão 10°. Os parâmetros L*

(luminosidade), a^* ($-a$ = verde; $+a$ = vermelho) e b^* ($-b$ = azul; $+b$ = amarelo) foram expressos conforme o sistema de cor da Commission Internationale de L'Eclairage (CIELAB). As leituras foram efetuadas na parte interna da massa cárnea sem o envoltório, totalizando 12 repetições.

2.2 Características de frescor

A determinação das Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (N-BVT) e do potencial Hidrogeniônico (pH), foi realizado seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

2.3 Características de oxidação lipídica

Para a determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico–TBARS – foi utilizada a metodologia descrita por Estévez e Cava (2004), com adaptações. Em tubo de falcon de 50 mL foram pesadas 2,5 g da amostra, e adicionadas 0,25 mL do BHT (2%)+ 7,5 mL de ácido perclórico 3,86%, em seguida homogeneizadas em vórtex por 3 min. Após esse procedimento, foi realizada a filtragem da amostra em um tubo de falcon de 15 mL, na qual foi completada com água destilada até volume de 10 mL. As amostras foram centrifugadas (marca Hettich Zentrifugen, modelo universal 320 R, Tuttlingen-Alemanha) por 3 min a 3500 rpm, em seguida foi tomada 2 mL do extrato e adicionado 2 mL da solução de TBA (0,02 M). As amostras foram levadas a banho-maria durante 30 min a 90 – 100 °C, posteriormente as amostras foram resfriadas em água fria com gelo e foi realizada a leitura em espectrofotômetro (modelo UV5100, marca MINGYI, Henan-China) a 532 nm. Os valores foram calculados com auxílio de um branco, contendo ácido perclórico 3,86% e solução de TBA (0,02 M), e uma curva padrão de Tetraetoxipropano (TEP) que variou de $2,8 \times 10^{-9}$ a $1,1 \times 10^{-6}$ mg TEP.mL⁻¹.

Para a determinação dos dienos conjugados, a extração da gordura foi realizada através da metodologia de Folch et al. (1957). A determinação dos dienos conjugados seguiu a metodologia descrita pela (IUPAC), 1992, com adaptação. Após a quantificação do lipídeo presente no extrato, foi coletada em um balão de vidro de 75 mL uma quantidade do extrato lipídico referente a 0,5 g de lipídios. Em seguida foi realizada a evaporação do clorofórmio utilizando um evaporador rotativo (430 mbar, 45 °C). Após a evaporação a massa lipídica da

amostra foi suspendida com Iso-octano e transferida para um balão de 50 mL com auxílio do funil, e completado o volume para 50 mL. Em seguida as amostras foram transferidas para cubetas de quartzo e realizado a leitura em espectrofotômetro (modelo UV5100, marca MINGYI, Henan-China) a 234 nm. A determinação dos dienos conjugados foi calculado através da equação 1.

$$E_{cm}^{1\%}(234) = \frac{A_{\lambda}}{C * d} \quad (Eq. 1)$$

Onde: A_{λ} = Absorbância da amostra no comprimento de onda de 234 nm;
C = Concentração da amostra g/100 ml; d = distância do caminho ótico da cubeta.

2.4 Determinação e identificação do perfil de ácidos graxos

Foram determinados e identificados o perfil de ácidos graxos do óleo de peixe marinho e das linguças de tilápia após 90 dias de armazenamento.

A extração e quantificação lipídica foram realizadas através da metodologia de Folch et al. (1957). Inicialmente foram preparados os ésteres metílicos dos ácidos graxos, usando-se o procedimento de Maia e Rodriguez-Amaya (1993) em que 300 mg de lipídeos da amostra foram saponificados, para depois agregar 5 mL do reagente esterificante (metanol, cloreto de amônio, ácido sulfúrico, 30:1:1,5 V/M/V) e uma solução saturada de NaCl, agitando-se por 30 segundos e acrescentando-se a seguir 5 mL de hexano.

Para análise de perfil dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás equipado com colunas capilares Thermo TR-FAME (30 m x 0,25 mm ID, 0,25 µm film), com injetor manual e detector por ionização de chamas. A injeção foi realizada no modo *Split*, a 250 °C. O detector foi configurado para operar a 280 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 50 °C durante 3 minutos, elevando-se na rampa a uma taxa de 10 °C/min, até atingir 280 °C, mantendo-se por 10 minutos, resfriando-se em seguida. Foi utilizado o gás hélio como gás de arraste a uma vazão de 1,5 mL/min. O ar comprimido e o hidrogênio foram fornecidos ao detector em uma vazão de 350 e 35 mL/min, respectivamente.

2.5 Análise estatística dos dados

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (ANOVA), sendo analisado 6 tratamentos. Quando necessário foi utilizado o teste de Tukey considerando-se o nível de probabilidade de erro (p) menor ou igual a 5%. Os dados foram analisados pelo programa computacional estatístico SAS® versão 9 (2012), licenciado para a Universidade Federal da Paraíba.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Influência da micropartícula e uso do urucum nas características físicas das linguças de tilápia durante armazenamento congelado

Conforme observado na Tabela 2, as linguças não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para os teores de atividade de água (Aa) nos primeiros dias de estocagem. Aos 60 dias de armazenamento, com exceção das linguças L-OM, todas as amostras apresentaram valores semelhantes, fato esse, também observado por Lago et al., (2018), que ao estudar a vida útil de embutidos de tilápia congelados em um período de 60 dias, suas amostras permaneceram estáveis. Apesar da diferença significativa das amostras L-OM aos 60 dias, essa diferença não foi verificada aos 90 dias de armazenamento. Os valores encontrados no presente estudo, estão próximos aos estabelecidos por Fellows (2006) para carne fresca. As linguças podem ser classificadas como alimentos com alta atividade de água (0,98), o que favorece a proliferação de microrganismos que podem atuar na deterioração do produto, necessitando que sejam armazenados sob refrigeração (Barretto; Pollonio, 2009; Albertos et al., 2019).

Tabela 2. Valores médios da Aa para linguças de tilápia armazenadas durante 90 dias a -18 °C.

Formulação	Dias de Armazenamento			
	0	30	60	90
L-CON	0,9825±0,0034 aAB	0,9766±0,0024 abB	0,9835±0,0025 aA	0,9804±0,0039 abAB
L-CONu	0,9817±0,0012 aAB	0,9753±0,0025 bB	0,9797±0,0020 abAB	0,9838±0,0049 abA
L-OL	0,9836±0,0021 aA	0,9766±0,0018 abB	0,9795±0,0025 abAB	0,9790±0,0041 abAB
L-OLu	0,9839±0,0013 aA	0,9766±0,0017 abB	0,9788±0,0010 abAB	0,9780±0,0031 aAB
L-OM	0,9880±0,0020 aA	0,9820±0,0015 aA	0,9751±0,0043 bB	0,9821±0,0031 abA
L-OMu	0,9876±0,0015 aA	0,9800±0,0027 abB	0,9841±0,0032 aAB	0,9848±0,0065 bAB

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P < 0.05). Letras maiúsculas diferente na linha diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P < 0.05). (L-CON) Linguça Controle; (L-CONu) Linguça Controle com urucum; (L-OL) Linguça com óleo livre; (L-OLu) Linguça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguça óleo microencapsulado com urucum.

As amostras L-OM e LOMu apresentaram menores valores de CRA ($p < 0,05$) ao longo de todo o armazenamento (Figura 1). São vários os fatores que podem influenciar na capacidade de retenção de água, tais como, trituração, processos de corte, prensagem ou cocção (Lawrie, 2005).

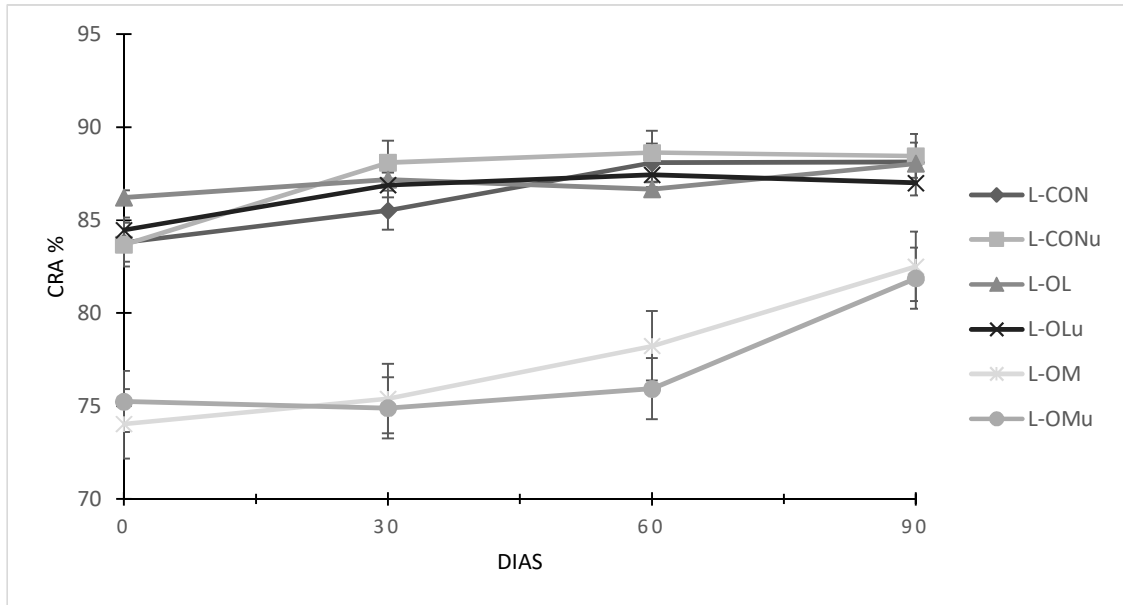
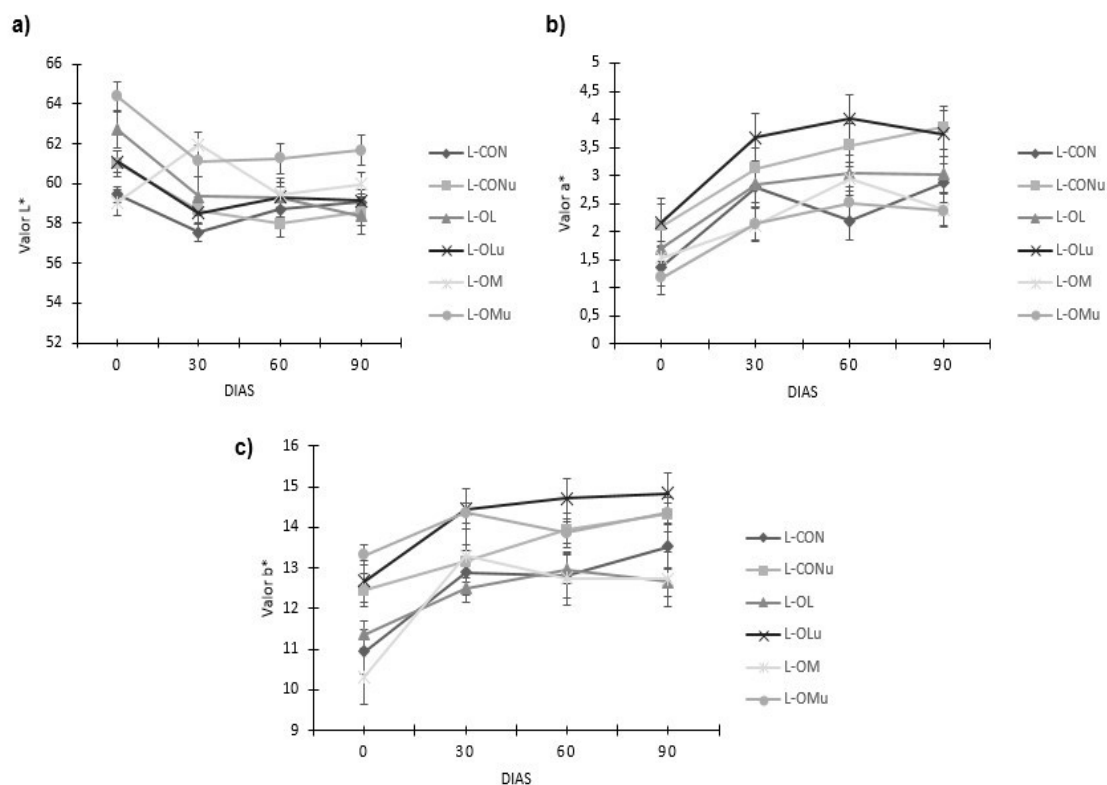


Figura 1 – Parâmetros da Capacidade de retenção de água (CRA) das linguças de tilápia armazenadas a -18°C durante 90 dias de armazenamento. (L-CON) Linguça Controle; (L-CONu) Linguça Controle com urucum; (L-OL) Linguça com óleo livre; (L-OLu) Linguça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguça óleo microencapsulado com urucum.

Segundo Castro et al., (2007), o pH tem relação direta com a CRA, quanto maior o pH menor é a desnaturação protéica e maior será a capacidade de retenção de água. Além disso, a relação entre a acidificação das amostras L-OM e LOMu através das partículas, estando próximo do ponto isoelétrico (p_i) do peixe, que é em torno de pH 4,5 - 5,5, podendo ter contribuído para uma menor CRA. Apesar das amostras L-OM e LOMu terem apresentado menor CRA em relação as demais amostras, os valores obtidos estão próximos aos resultados de Sleder et al., (2015) onde encontrou valores entre 71,83 a 74,61% ao estudar linguça de tambaqui.

Na Figura 2 estão expressos os valores obtidos para os parâmetros de luminosidade L^* , cor vermelha a^* e cor amarela b^* armazenadas a -18°C durante 90 dias de armazenamento.

Figura 2 – Parâmetros de cor a) L^* , b) a^* e c) b^* das linguças de tilápia armazenadas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias de armazenamento. (L-CON) Linguça Controle; (L-CONu) Linguça Controle com urucum; (L-OL) Linguça com óleo livre; (L-OLu) Linguça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguça óleo microencapsulado com urucum.



Conforme observado na Figura 2, as amostras com adição de urucum apresentaram um leve aumento para os parâmetros L^* , a^* e b^* no início do armazenamento, podendo ser explicado, pela coloração amarelo alaranjado, característica do próprio urucum (Stringheta et al, 2018). Durante o armazenamento as amostras com urucum, apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$) para os parâmetros b^* e principalmente para coloração vermelha a^* , comportamento semelhantes aos encontrados por Figueirêdo et al., (2015) ao estudar o comportamento da adição de urucum em *cavala* e *arenque*.

3.2 Influência da micropartícula e uso do urucum nas características de frescor das linguças de tilápia durante armazenamento congelado

As amostras não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) no primeiro dia de armazenamento para os parâmetros de N-BVT (Figura 3). No entanto, os resultados mostraram um aumento significativo dos valores de N-BVT para todas as amostras ao longo do armazenamento. Tal fato, pode estar relacionado com a deterioração por bactérias e atividade de enzimas endógenas, que causam o desenvolvimento de alguns compostos voláteis, como amônia, dimetilamina e trimetilamina originados da quebra de nucleotídeos e da desaminação de aminoácidos por microrganismos (Oliveira Filho et al., 2010; Albertos et al., 2019).

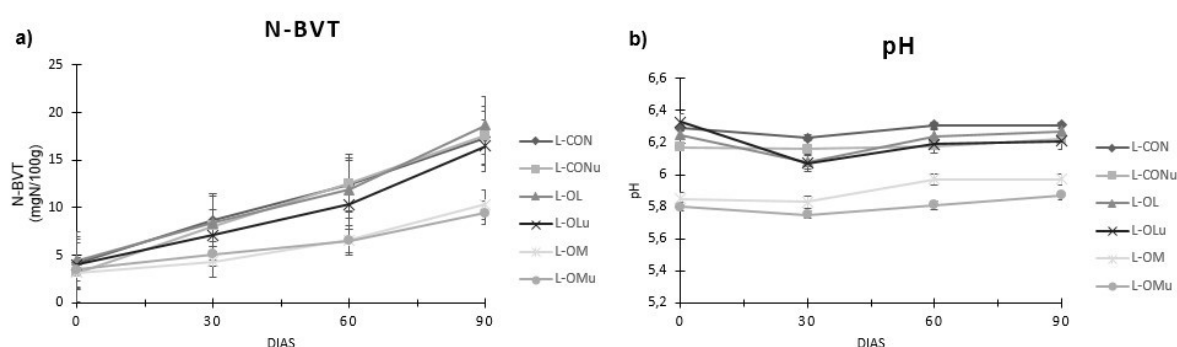


Figura 3 - Parâmetros de frescor a) N-BVT e b) pH das linguças de tilápia armazenadas a -18°C durante 90 dias de armazenamento. (L-CON) Linguça Controle; (L-CONu) Linguça Controle com urucum; (L-OL) Linguça com óleo livre; (L-OLu) Linguça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguça óleo microencapsulado com urucum.

Apesar do aumento ao longo dos 90 dias de armazenamento, todas as linguças estão de acordo com os limites estipulados pelo RIISPOA - Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal (Brasil, 2017), que considera impróprio para o consumo, o pescado com valores superiores ou igual a 30 mgN/100 g de amostra. Destacando-se as amostras L-OM e L-OMu, que apresentaram menores teores de N-BVT durante todo o armazenamento, estando essas, com maior grau de frescor.

Quanto ao pH (Figura 3), as linguças L-OM e L-OMu apresentaram valores inferiores ($p < 0,05$) em relações as demais amostras. As linguças apresentaram variações entre 5,75 a 6,31, estando abaixo dos limites máximo estabelecidos pelo RIISPOA (Brasil, 2017), que estipula um limite de pH inferior ou igual a 7 para carne de peixe. Os menores valores encontrados para as amostras com o óleo microencapsulado pode estar associado ao baixo valor do

pH da partícula (próximo de 4), (Aguilar et al., 2015). Assim como o N-BVT, as amostras contendo OM apresentaram menores valores de pH ao longo de todo armazenamento, enfatizando o efeito protetor das micropartículas. O aumento do pH para as demais amostras pode ser atribuído ao acúmulo de compostos alcalinos, como amônia e trimetilamina gerados a partir de enzimas endógenas (Ebadi et., 2019). Apesar da diferença significativa entre as amostras, os valores ficaram próximos aos encontrados por Bezerra et al., (2012), variando entre 5,7 e 6,2 para linguças toscana.

3.3 Influência da micropartícula e uso do urucum na estabilidade oxidativa das linguças de tilápia congeladas

Os valores de dienos conjugados (DC) (Figura 4) foram usados como medida dos produtos primários de oxidação lipídica nas linguças de tilápia armazenadas a -18°C , por um período de 90 dias.

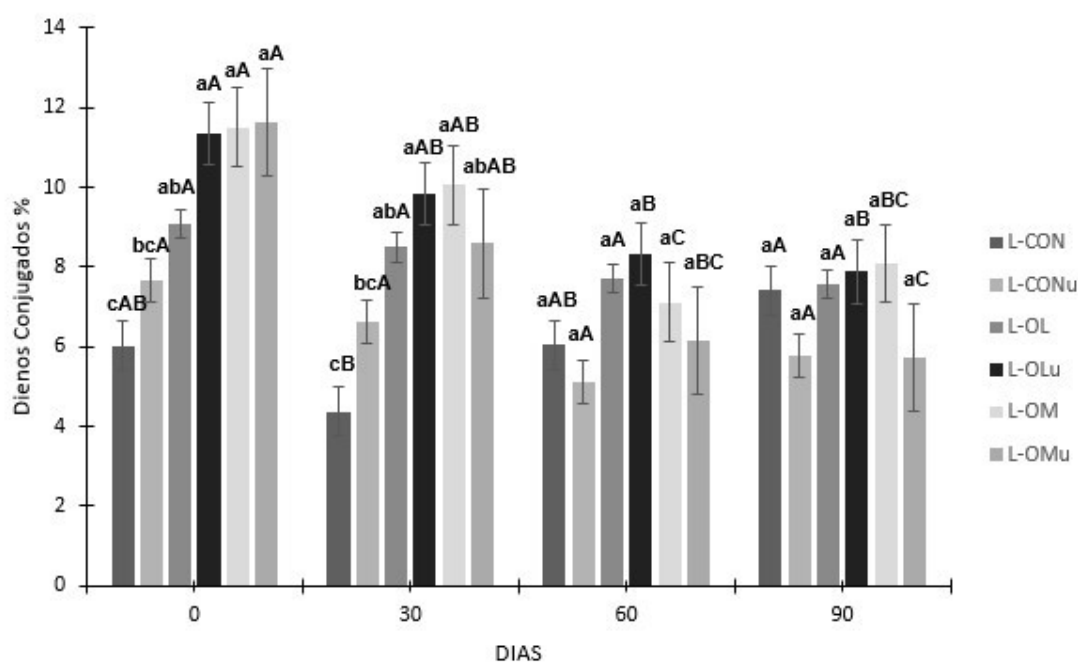


Figura 4 - Valores de dienos conjugados nas linguças de tilápia armazenadas a -18°C em um período de 90 dias. Letras minúsculas diferentes no mesmo período de armazenamento, diferem estatisticamente pelo teste de tukey ($p < 0,05$). Letras maiúsculas iguais em diferentes períodos de armazenamento, não diferem estatisticamente pelo teste de tukey ($p < 0,05$). (L-CON) Linguça Controle; (L-CONu) Linguça Controle com urucum; (L-OL) Linguça com óleo livre; (L-OLu) Linguça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguça óleo microencapsulado com urucum.

As amostras com adição de óleo apresentaram valores superiores quanto a formação de DC (Figura 4) no primeiro período de armazenamento, podendo estar relacionado com o alto grau de insaturações, causando alterações oxidativas, e consequentemente a formação de compostos de oxidação primários (Binsi et al., 2017; Faruk; Ozyurt, 2019). A partir dos 60 dias de armazenamento as amostras não apresentaram diferença significativas ($p < 0,05$), entretanto, foi detectada uma redução do conteúdo de dienos conjugados nas amostras L-OM, L-OMu e L-OLu. Segundo Zuta et al., (2007), os antioxidantes podem retardar a formação de oxidação primária através das eliminações de radicais livres.

Os valores de TBARS (Figura 5) das linguças de tilápia no primeiro período de armazenamento apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras L-OM e as amostras L-OL e L-OLu. Tal fato, pode estar relacionado com o efeito protetor da micropartícula, retardando a formação de compostos secundários. Menor formação de TBARS também foram encontrados por Binsi et al., (2017), ao estudar a microencapsulação do óleo de peixe.

Após 30 dias de armazenamento as amostras L-OL e L-OLu, apresentaram um aumento significativo em relação as demais amostras, o que pode estar associado ao alto grau de insaturações, estando mais susceptíveis aos processos oxidativos (Calkins e Hodgen, 2007). Após 60 dias de armazenamento não foi encontrado diferença significativas entre as linguças, no entanto, aos 90 dias de armazenamento as linguças contendo antioxidante apresentaram uma redução significativa dos valores de TBARS em relação as amostras L-CON e L-OL (Mariutti; Nogueira; Bragagnolo, 2009). Comportamento semelhante foi encontrado por Sancho et al., (2011) ao estudar o efeito antioxidante das sementes de urucum e coentro, onde obtiveram valores máximos de TBARS aos 75 dias e diminuição até os 90 dias de armazenamento.

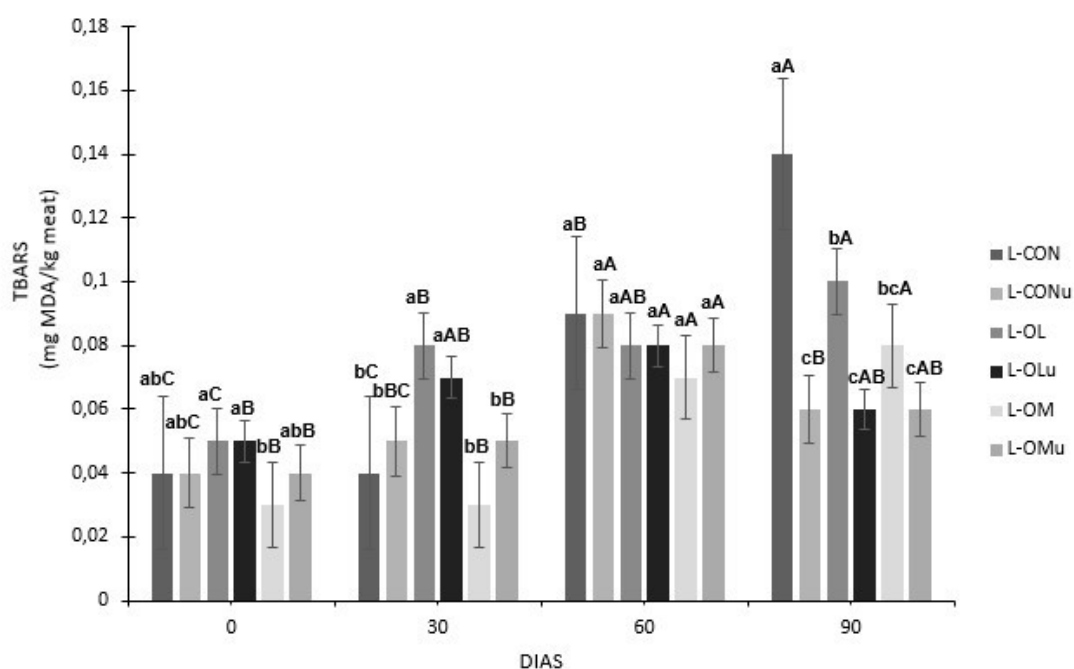


Figura 5 - Formação de TBARS nas línguas de tilápia armazenadas a – 18 °C em um período de 90 dias. Letras minúsculas diferentes no mesmo período de armazenamento, diferem estatisticamente pelo teste de tukey ($p < 0,05$). Letras maiúsculas iguais em diferentes períodos de armazenamento, não diferem estatisticamente pelo teste de tukey ($p < 0,05$). (L-CON) Língua Controle; (L-CONu) Língua Controle com urucum; (L-OL) Língua com óleo livre; (L-OLu) Língua óleo livre com urucum; (L-OM) Língua óleo Microencapsulado; (L-OMu) Língua óleo microencapsulado com urucum.

O malonaldeído é um produto de oxidação secundária resultantes das degradações dos ácidos graxos poliinsaturados durante a oxidação lipídica, tais compostos podem ser estimados pela determinação TBARS, no entanto, o método deve ser utilizado com cuidado, pois outros compostos envolvidos ou não com a oxidação lipídica podem reagir com o ácido tiobarbitúrico (Figueirêdo et al., 2014).

3.4 Influência da micropartícula e uso do urucum no perfil de ácidos graxos das línguas de tilápia congeladas

O óleo de peixe marinho caracterizou-se pela presença de 40,85% de ácidos graxos saturados e 43,68% de ácidos graxos insaturados (Tabela 3), dos quais, 12,8% são monoinsaturados e 31,40% de poliinsaturados. Destacando-se a presença do ácido graxo EPA ($C_{20:5n3}$), constituindo cerca de 27,09% dos lipídeos totais presente no óleo. Dados experimentais de Endo e Arita, (2016) e

Karim et al., (2017) demonstram que a ingestão desse ácido graxo, auxilia na redução de infarto do miocárdio, confirmando a atividade cardioprotetora, além de possuir propriedade anti-inflamatórias.

Após 90 dias de armazenamento, as linguças apresentaram variações entre 36,99 a 39,91 % de ácidos graxos saturados e 60,28 a 62,44 % de ácidos graxos insaturados (Tabela 3). Apesar das pequenas variações, as linguças contendo OM destacou-se por apresentar maior ($p < 0,05$) concentração de EPA (4,15 %) e DHA (2,26 %). Segundo Calkins e Hodgen, (2007) esses ácidos graxos por apresentarem alto grau de insaturações, podem acelerar os processos oxidativos resultando na deterioração do produto. Por outro lado, as amostras L-OM e L-OMu não apresentaram maiores valores para oxidação, o que evidencia a proteção desses ácidos graxos através do processo da microencapsulação. Efeito protetor de ácidos graxos poliinsaturados através de micropartículas em linguça de tilápia foram relatados por Fonseca et al., (2019).

O urucum atuou na proteção dos ácidos graxos EPA (3,01 %) e DHA (1,84 %) nas amostras I-OLu. Segundo Figueirêdo et al., (2015), o urucum possui compostos fenólicos que atuam na proteção dos ácidos graxos poliinsaturados pela doação de átomos de hidrogênio, mecanismo comum para o efeito antioxidante. Apesar disso, quando combinado com a microencapsulação, o urucum não obteve o mesmo efeito protetor.

Tabela 3. Valores médios do perfil de ácidos graxos das linguças de tilápia após 90 dias armazenadas a -18°C

ÁCIDOS GRAXOS (%)		Óleo de Peixe							
		Área %							
Saturados	Óleo de Peixe	L-CON	L-CONu	L-OL	L-OLu	L-OM	L-OMu	EPM	
C8:0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C10:0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C12:0	0,15	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C14:0	0,18	3,48±0,01b	3,72±0,04ab	4,66±0,86a	4,34±0,09ab	4,61±0,07a	4,37±0,43ab	0,39	0,02
C15:0	0,57	0,22±0,01b	0,21±0,01b	0,28±0,30a	nd	0,28±0,01a	0,27±0,02a	0,02	0,97
C16:0	24,00	28,41±0,25a	26,75±0,20a	27,78±2,30a	26,07±0,11a	26,31±0,10a	27,59±0,45a	0,07	0,81
C17:0	2,04	0,23±0,01bc	0,21±0,01bc	nd	0,41±0,01a	0,26±0,02ab	0,19±0,02bc	0,21	0,07
C18:0	5,14	5,9±0,28a	5,79±0,06ab	5,90±0,06a	5,33±0,06b	5,39±0,15b	6,02±0,29a	0,21	0,07
C20:0	1,97	0,1±0,01b	0,12±0,02b	0,37±0,34ab	0,70±0,01a	0,44±0,38ab	1,12±0,09ab	-	-
C21:0	1,59	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C22:0	2,29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C23:0	0,29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C24:0	2,53	nd	0,19±0,08b	0,27±0,01ab	0,22±0,17ab	0,50±0,03a	0,35±0,06ab	0,1	0,07
Monoinsaturados									
C14:1	0,27	0,24±0,01a	0,29±0,01a	0,26±0,08ab	nd	nd	0,21±0,01a	-	-
C15:1	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C16:1	0,19	6,58±0,12b	7,32±0,10ab	7,80±0,94a	7,91±0,02a	8,11±0,12a	7,66±0,45a	0,40	0,07

C17:1	0,26	0,13±0,01c	0,11±0,06ab	0,34±0,08b	nd	0,56±0,04a	0,36±0,06b	0,06
C18:1n9	10,79	38,99±0,24a	37,25±0,10ab	35,68±0,64bc	34,99±0,36c	33,96±0,36c	35,58±1,70bc	0,21
C20:1n9	0,39	1,00±0,10b	1,18±0,02ab	1,15±0,11ab	1,24±0,01a	1,25±0,05a	1,36±0,14a	0,10
C22:1n9	0,23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
C24:1n9	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-

Poliinsaturados

C18:2n6	0,59	10,08±0,14ab	11,04±0,09a	8,61±0,85d	9,75±0,13bc	8,76±0,22cd	8,42±0,15d	0,38
C18:3n3	0,20	0,64±0,04ab	0,77±0,01a	0,65±0,18ab	0,73±0,01ab	0,41±0,25b	0,63±0,01ab	0,13
C18:3n6	nd	0,85±0,02b	1,19±0,01a	0,76±0,23b	0,89±0,02b	0,77±0,06b	0,70±0,01b	0,10
C20:2	0,11	0,14±0,04ab	0,68±0,01a	0,20±0,34a	0,33±0,32a	0,50±0,02a	0,54±0,01a	0,19
C20:3n6	nd	0,61±0,07ab	0,74±0,06a	0,41±0,26b	0,62±0,07ab	nd	0,51±0,03ab	0,12
C20:3n3	0,31	0,93±0,01a	1,07±0,01a	0,88±0,29a	1,13±0,03a	0,68±0,32a	0,82±0,11a	0,18
C20:4n6	1,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
C20:5n3 (EPA)	27,09	0,39±0,02c	0,27±0,11c	2,43±1,18b	3,01±0,10ab	4,15±0,36a	2,26±0,40b	0,53
C22:2	0,90	0,14±0,04ab	0,32±0,16a	0,16±0,01b	nd	nd	nd	0,08
C22:6n3 (DHA)	1,10	0,11±0,01d	0,19±0,04d	0,95±0,42c	1,84±0,05b	2,56±0,21a	1,33±0,28bc	0,22

Σ SATURADOS

	40,85	38,34	36,99	39,26	37,07	37,79	39,91	
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Σ INSATURADOS

	43,68	60,83	62,42	60,28	62,44	61,71	60,38	
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Σ MONOINSATURADOS

	12,28	46,94	46,15	45,23	44,14	43,88	45,17	
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Σ POLIINSATURADOS

	31,40	13,89	16,27	15,05	18,30	17,83	15,21	
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (p<0,05). (L-CON) Linguíça Controle; (L-CONu) Linguíça Controle com urucum; (L-OL) Liguíça com óleo livre; (L-OLu) Linguíça óleo livre com urucum; (L-OM) Linguíça óleo Microencapsulado; (L-OMu) Linguíça óleo microencapsulado com urucum.

4. CONCLUSÃO

A adição do urucum influenciou na coloração das linguças além de atuar na redução da oxidação lipídica ao longo do armazenamento. A técnica de microencapsulação mostrou-se eficiente tanto para melhoria do grau de frescor, quanto para a manutenção da qualidade lipídica das linguças. Quando adicionados isoladas a microencapsulação e o uso do urucum, atuaram na proteção de ácidos graxos EPA e DHA aos 90 dias de armazenamento, no entanto quando adicionadas em conjunto não obtiveram efeito protetor.

REFERÊNCIAS

Aguilar, K. C.; Tello, F.; Bierhalz, A. C. K.; Romo, M.A. G. G.; Flores, H. E. M.; Grosso, C. R. F. Protein adsorption onto alginate-pectin microparticles and films produced by ionic gelation. **Journal of Food Engineering, Essex**, v. 154, p. 17–24, 2015.

Albertos, I.; Burón, M.; Rico, D. Development of functional bio-based seaweed (*Himanthalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelf life of fresh fish burgers. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, n. August, p. 100382, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>>.

Barretto A. C. S.; Pollonio M. A. R. Aplicação de fibras como substituto de gordura em mortadela e influência sobre as propriedades sensoriais. **Higiene Alimentar**, v. 23(174/175), p. 181-188, 2009.

Bezerra, M. V. P.; Abrantes, M. R.; Silvestre, M. K. S.; Sousa, E. S.; Rocha, M. O. C.; Faustino, J. G., Silva., J. B. A. **Avaliação microbiológica e físico-química de linguiça toscana no município de Mossoró**, RN. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.79, n.2, p.297-300, abr./jun., 2012.

Binsi, P. K.; Nayak, N.; Sarkar, P. C.; Jeyakumari, A.; Ashraf, P. M.; Ninan, G.; Ravishankar, C. N. Structural and oxidative stabilization of spray dried fish oil microencapsulates with gum arabic and sage polyphenols: Characterization and release kinetics. **Food Chemistry**, v. 219, p. 158–168, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.126>>.

Castro DA. Perdas de água em filé de pescado do pantanal. **Dissertação**. Campo Grande: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Mato-Grosso do Sul; 2007.

Calkins, C. R., Hodgen, J, M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, 77, 63–80, 2007.

Comunian, T. A.; Favaro-Trindade, C. S. Food Hydrocolloids Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols

and omega-3 fatty acids: A review. **Food Hydrocolloids**, Cambridge, v. 61, p. 442–457, 2016.

Ebadi, Z.; Khodanazary, A.; Hosseini, S. M.; Zanguee, N. International Journal of Biological Macromolecules The shelf life extension of refrigerated *Nemipterus japonicus* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.204>>.

Embrapa. **Métodos para análises de pescado**. Teresina, PI, maio, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80694/1/documento-189.pdf>>.

Endo, J.; Arita, M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Cardiology**, v. 67, n. 1, p. 22–27, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jjcc.2015.08.002>>.

Estévez, M.; Cava, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. **Meat science**, v. 68, p. 551–558, 2004.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma: FAO, 2016. Disponível em <<http://www.fao.org/3/ai5555e.pdf>><<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

Faruk, A.; Ozyurt, G. Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 240, n. 14, p. 171–182, 2019. Disponível em: <[10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021)>.

Fellows, P. J. (2006). **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**, 2nd ed. Porto Alegre, Brazil: Artmed.

Figueirêdo, B. C.; Bragagnolo, N.; Skibsted, L. H.; Orlén, V. Inhibition of Cholesterol and Polyunsaturated Fatty Acids Oxidation through the Use of

Annatto and Bixin in High-Pressure Processed Fish. **Journal of Food Science** v. 80, n. 8, 2015.

Figueirêdo, B. C.; Trad, I. J.; Regina, L.; Mariutti, B.; Bragagnolo, N. Effect of annatto powder and sodium erythorbate on lipid oxidation in pork loin during frozen storage. **FRIN**, v. 65, p. 137–143, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.016>>.

Folch, J.; Lees, M.; Sloane-Stanley, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal Biological Chemical**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

Fonseca, S. B.; Melo, R. P. F.; Sousa, D. G; Meireles, B. R. L. A.; Chaves, K. S.; Júnior, J. C. S.; Alcântara, M. A. 2019. **Microencapsulação de Hufas para o Enriquecimento de Linguça de Tilápia**. p. 205-218. In: Atena Editora, As Ciências Biológicas e da Saúde na Contemporaneidade; v. 4 – Ponta Grossa-PR.

Grau, R.; Hamm, R. Eine einfache method zurbestimmung der wasserbindung in muskel, **Naturwissenschaften**, v. 40, p. 29-30,1953.

Hoffmann, K.; Hamm, R.; Bluchel, E. Neubes die bestimmung der wasserbindung des nut hielfilterpaperpremethods. **Fleishwirtsch**, n.62, p. 87-94,1982.

IUPAC. **Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives** (7th ed.). Oxford, UK: Pergamon Press, 1992.

Karim, F. T.; Ghafoor, K.; Ferdosh, S.; Al-juhaimi, F.; ALI, E.; Yunus, K. Bin; Hamed, M. H.; Islam, A.; Asif, M.; Zaidul, I. S. M. Microencapsulation of fish oil using supercritical antisolvent process. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 25, n. 3, p. 654–666, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.017>>.

Lago, A. M. T.; Pimenta, M. E. S. G.; Aoki, I. E.; Figueiredo, A. F.; Schiassi, M. C. E. V.; Pimenta, C. J. Fish sausages prepared with inclusion of Nile tilapia

minced : Correlation between nutritional , chemical , and physical properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. January, p. 1–11, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/jfpp.13716>>.

Lawrie RA. **Ciência da carne**. 6a ed. Porto Alegre: Artmed; 2005. 384p.

Maia, E.L.; Rodriguez-Amaya, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 53, p. 5, 1993.

Matuo, M.C.S., de Oliveira Takamoto, R.T., Kikuchi, I.S., de Jesus Andreoli Pinto, T., 2013. Effect of bixin and norbixin on the expression of cytochrome P450 in HepG2 cell line. **Cell Biol. Int.** 37, 843_848.

Mariutti, L. R. B.; Nogueira, G. C.; Bragagnolo, N. Solid Phase Microextraction - Gas Chromatography for the Evaluation of Secondary Lipid Oxidation Products in Chicken Patties during Long-Term Storage. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 10, p. 1849–1855, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532009001000012>>.

Oliveira Filho, P.R.C.; Fávaro-Trindade, C.S.; Trindade, M.A.; Balieiro, J. C. C.; Viegas, E. M. M. V. Quality of sausage elaborated using minced Nile Tilapia submitted to cold storage. **Scientia Agrícola**, v.67, n.2, p.183-190, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=3&script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000200009&lng=en&tlng=en>.

Ribeiro, P. A. P.; Melo, D. C.; Costa, L. S.; T, E. A. **Manejo Nutricional de peixes de água doce**. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <<https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/EDITORIA/20131002140549.pdf>>.

Ribeiro, E. P.; Seravalli, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 184 p.

Sancho, R. A. S.; Lima, F. A.; Costa, G. G.; Mariutti, L. R. B.; Bragagnolo, N. Effect of Annatto Seed and Coriander Leaves as Natural Antioxidants in Fish Meatballs during Frozen Storage. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 6, 2011.

Sousa, B. C.; Pitt, A. R.; Spickett, C. M. Free Radical Biology and Medicine Chemistry and analysis of HNE and other prominent carbonyl-containing lipid oxidation compounds. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 111, n. February, p. 294–308, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2017.02.003>>.

Shibata, A.; Nakagawa, K.; Sookwong, P.; Tsuzuki, T.; Oikawa, S.; Miyazawa, T. Tumor anti-angiogenic effect and mechanism of action of delta-tocotrienol. **Biochem. Pharmacol.** 1;76(3):330-9, agosto, 2008. Disponível em: <[doi:10.1016/j.bcp.2008.05.017](https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.017)>.

Sleder, F.; Cardoso, D. A.; Abreu, J. S. De; Castro, A.; Oliveira, S. De; Sampaio, E.; Filho, D. A. Desenvolvimento e Elaboração e caracterização de embutido de tambaqui. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 604–612, 2015.

Stringheta, P. C.; Silva, P. I.; Costa, G. V. Annatto / Urucum — Bixa orellana. **Exotic Fruits Reference Guide**. 23–30, 2018. Disponível em: < DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00006-X>>.

Yuan, Y.; Pan, B.; Niu, X.; Yao, X.; Sun, M.; Xu, M.; Zhu, Q. LWT - Food Science and Technology Impacts of epicatechin on the formation of advanced lipid oxidation end products (ALEs) in a fish oil oxidation model. **LWT - Food Science and Technology**, v. 111, n. November 2018, p. 582–587, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.081>>.

Zuta, P. C.; Simpson, B. K. Food Chemistry The effect of α -tocopherol on the oxidation of mackerel oil. **Food Chemistry**, v. 100, p. 800–807, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.003>>.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostra a importância da técnica de microencapsulação de ácidos graxos altamente insaturados (EPA e DHA), para minimizar os processos oxidativos em linguças de tilápia. O uso do pó de urucum, pode ser uma alternativa na substituição dos corantes sintéticos por corantes naturais para a indústria alimentícia, uma vez, que atuou como colorífico. Além disso, atua como antioxidante, devido aos componentes bioativos, presentes nas sementes do urucum.

O estudo também mostra, que com o crescimento da produção de tilápia no mercado e a tendência de consumo de produtos mais saudáveis, a diversificação de novos produtos a base de pescado, a exemplo da linguça de tilápia enriquecida com EPA e DHA, parece ser uma alternativa viável para diversificação de novos produtos no mercado, com agregação de um conteúdo lipídico mais saudável.